# Neobnovljivi resursi mineralnih sirovina

**Varga, Bruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

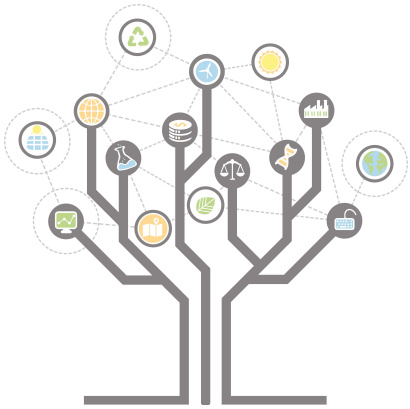
**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:422591

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**



*Repository / Repozitorij:*

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# Neobnovljivi resursi mineralnih sirovina

**Varga, Bruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:422591

*Rights / Prava:* In copyright

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-10-27**

*Repository / Repozitorij:*

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering








SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

Bruno Varga

# Neobnovljivi resursi mineralnih sirovina

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

# Neobnovljivi resursi mineralnih sirovina

KANDIDAT:

Bruno Varga

MENTOR:

Prof. dr. sc. Josip Mesec

VARAŽDIN, 2018.

# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

**NEOBNOVLJIVI RESURSI MINERALNIH SIROVINA**

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Prof. dr. sc. Josipa Meseca.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 6.9.2018.

Bruno Varga

(Ime i prezime)

Varga Bruno

(Vlastoručni potpis)

# SAŽETAK:

Ime i prezime autora: Bruno Varga

Naslov teme: Neobnovljivi resursi mineralnih sirovina

Sve organske i neorganske mineralne sirovine u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju u prvobitnom ležištu, nanosima, jalovištima, talioničkim troskama ili prirodnim rastopinama smatraju se rudnim blagom, a nalazište obuhvaća koncentraciju minerala i mineralnih sirovina na površini Zemlje, ili ispod nje. Mineralne sirovine su neobnovljivi resursi, a svrstavaju se shodno namjeni u određene vrste, kao na primjer: arhitektonsko-građevni kamen, drago kamenje, plemeniti metali, energetske mineralne sirovine (primarni energenti), metali i metalne rude, soli, geotermalne i mineralne vode, nemetalne mineralne sirovine, tehnički građevni kamen, građevni pijesak i šljunak te opekarska glina.

**Ključne riječi:** mineralne sirovine, rudno blago, neobnovljivi resursi

# SADRŽAJ


**1. UVOD** 1

**2. VRSTE I POSTANAK STIJENA** 2

**2.1 Eruptivne ili magmatske stijene** 2

**2.2 Sedimentne stijene** 3

**2.3 Metamorfne stijene** 3

**3. METALI I METALNE RUDE** 5

**3.1 Željezo** 5

**3.2 Krom i nikal** 7

**3.3 Aluminij** 7

**3.4 Bakar** 9

**3.5 Cink i olovo** 12

**4. PLEMENITI METALI I DRAGO KAMENJE** 14

**4.1 Zlato** 14

**4.2 Srebro** 15

**4.3 Platina** 16

**4.4 Dijamant** 17

**4.5 Rubin, safir i smaragd** 17

**5. ARHITEKTONSKO – GRAĐEVNI KAMEN** 19

**6. TEHNIČKO – GRAĐEVNI KAMEN** 22

**7. NEMETALNE MINERALNE SIROVINE** 24

**7.1 Kvarc** 24

**7.2 Grafit** 24

**7.3 Gips** 25

**7.4 Sumpor** 25

**7.5 Gline** 26

**7.6 Soli** 28

**8.ENERGETSKE MINERALNE SIROVINE (PRIMARNI ENERGENTI)** 29

**8.1 Ugljen** 29

**8.2 Nafta i zemni plin** 30

**8.3 Uran** 32

**9.ZAKLJUČAK** 33

**LITERATURA** 34

# POPIS SLIKA

Slika 3.11 Magnetit [3] 5
Slika 3.12 Hematit [4] 5
Slika 3.13 Rudnik Hamersley u Australiji [15] 6
Slika 3.14 Shematski prikaz prelaska željezne rude u čelik uporabom visokih peći [5] 6
Slika 3.31 Boksit [7] 8
Slika 3.32 Shmatski prikaz prelaska boksita u aluminij [5] 8
Slika 3.33 Izljev crvenog mulja [8] 9
Slika 3.41 Rudnik bakrenih ruda Escondida [16] 10
Slika 3.42 Halkopirit [10] 11
Slika 3.43 Shematski prikaz taljenja bakrene rude u bakar [5] 11
Slika 3.51 Sfalerit [11] 12
Slika 3.52 Olovni sjajnik ili galenit 13
Slika 4.11 Zlato [13] 15
Slika 4.12 Zlatna poluga mase 1 unce [14] 15
Slika 4.31 Grumeni samorodne platine [17] 16
Slika 4.41 Kimberlit sa dijamantom [18] 17
Slika 4.42 Rudnik dijamanata u Sibiru [19] 17
Slika 4.51 Rubin [20] 18
Slika 4.52 Safir [21] 18
Slika 4.53 Smaragd [22] 18
Slika 5.1 Tehnološka shema eksploatacije na površinskim kopovima arhitektonskog kamena [9] 20
Slika 5.2 Ležište i eksploatacija Bračkog kamena [23] 21
Slika 7.11 Kvarc [24] 24
Slika 7.41 Sumpor [25] 26
Slika 7.61 Halit [26] 28

# 1. UVOD

Mineralne sirovine su prirodni spojevi koji su koncentrirani na različitim mjestima u zemljinoj kori. Oni predstavljaju neobnovljive resurse koji se eksploatiraju radi svojih ekonomskih dobara. Grana koja se bavi pridobivanjem mineralnih sirovina naziva se rudarstvo. Mineralne sirovine dobivaju se površinskim, podzemnim, podvodnim i/ili drugim načinima, te ako je potrebno oplemenjuju se u rudarskim postrojenjima.

Mineralne sirovine su uz vodu, zrak i hranu osnova za ljudski život, a igrali su ključnu ulogu od samog početka ljudske civilizacije. U početcima prve uporabe minerala (kvarc, obsidian,bazalt itd.) bili su korišteni kao lovni alati, sredstva za potpalu, izgradnju nastambi i slično. Nakon nekog vremena ljudi su shvatili kako se pečenjem gline mogu izrađivati pločice, glineni vrčevi, zdjele i razne druge stvari koje omogućuju lakše življenje. Od oko 3900 do 2100 pne. koristio se bakar u takozvanom Bakrenom dobu, nakon toga bronca od oko 2100 do 1200 pne. te željezo od 1200 do 50 pne. Drago kamenje, zlato i plemeniti metali privukli su drevne civilizacije poput Egipćana, Babilonaca i Asirijaca što datira oko 2000 pne. [1]

Tijekom razvoja industrije skokovito je porasla potražnja za svim vrstama mineralnih sirovina čiji se trend prati sve do danas, stoga su postali nezaobilazni dio sadašnjice. Postoje razne vrste mineralnih sirovina, a svrstavaju se prema svojoj namjeni pa tako imamo: arhitektonsko-građevni kamen, metale i metalne rude, soli, energetske mineralne sirovine, plemenite metale i slično. Danas se u industriji koristi širok opseg mineralnih sirovina, ali mi njihovu važnost općenito uzimamo zdravo za gotovo. Kao primjer uzimamo „ pametni telefon „ koji je danas vrlo česta pojava, a može sadržavati metale poput zlata, srebra, bakra, platine, paladija i još mnoge druge rijetke zemaljske elemente.

Eksploatacija mineralnih sirovina za sobom povlači i negativne utjecaje odnosno probleme po okoliš kao što su klimatske promjene, oštećenja ozonskog omotača, uništenje šuma, prijetnja ekosustavima i sl. Radi zaštite okoliša od uvodi se pojam održivog razvoja koji predstavlja smanjenje štetnih utjecaja po okoliš. Nije moguće potpuno spriječiti negativne utjecaje prilikom eksploatacije, ali ih je moguće bitno smanjiti. Rudarstvo odnosno mineralne sirovine usko su vezane za opstanak i razvoj civilizacije stoga možemo očekivati njihovo korištenje i u daljnjoj budućnosti.

# 2. VRSTE I POSTANAK STIJENA

Stijena je sastavni dio litosfere odnosno Zemljine kore i plašta, pri čemu ima određeni način geološke pojave (geneze), teksture, strukture i mineralnog sastava. Mogu se sastojati od jednog ili više minerala, tj. mogu biti monomineralne ili polimineralne. Prema postanku stijene se mogu podijeliti na sljedeće:

## 2.1. Eruptivne ili magmatske stijene

Magmatske stijene čine približno 95% gornjeg dijela Zemljine kore. Nastaju kristalizacijom iz magme, pretežito silikatne taljevine iz Zemljine unutrašnjosti. Sastav magme čini 8 glavnih elemenata i fluidnih sastojaka:

- O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K i Mg
- Plinovi ($H_2S$, $SO_2$, CO, $CO_2$, H, N)
- Pare ($H_2O$)

Eruptivne stijene redovno su silikatnog sastava pa se prema količini SiO2 dijele na: kisele (>63% SiO2), neutralne (52-63 % SiO2), bazične (45-52 % SiO2), ultrabazične (<45 % SiO2).

Prema mjestu postanka eruptivne stijene dijele se na:

- Intruzivne ili plutonske - koje nastaju u dubini u uvjetima visokog tlaka, polaganimhlađenjem i potpunom kristalizacijom iz magme. Najčešće se mineralna zrna u ovakvim stijenama mogu razlikovati golim okom i sva su približno iste veličine (zrnate strukture). Najčešća stijena je granit.
- Efuzivne ili vulkanske - koje nastaju ohlađivanjem na površini. Dolazi do naglog hlađenja lave uslijed velike promjene temperature te nastaju sitnozrnati kristali. Najčešća efuzivna stijena je balzat.
- Hipoabisalne ili žične stijene - su stijene prijelaznog oblika između intruzivnih i efuzivnih stijena. Nastaju plitko ispod površine zemlje pri visokom tlaku, brzim hlađenjem i kristalizacijom magme, lave, vrućih otopina i para utisnutih u pukotinske prostore litosfere te poprimaju štapičasti oblik. Najčešća žična stijena je dijabaz.

Tablica 2.11 Podjela stijena prema postanku i udjelu SiO2 [2].

| | Kisele | Neutralne | Bazične | Ultrabazične |
|---|---|---|---|---|
| Intruzivne | granit, adamelit, granodiorit, tonalit | Moncinit, diorit, sijenit, alkalijski sijeniti | Gabro, norit | Peridotit, dunit, lercolit, serpentinit |
| Efuzivne | Riolit, delenit, dacit | Latit (trahiandezit), andezit, trahit, fonoliti | Bazalt, dijabaz, dolerit, spilit | |

## 2.2 Sedimentne stijene

Nastaju mehaničkim, kemijskim i biološkim razaranjem drugih stijena. Sedimentne stijene čine svega 5 % ukupnog volumena Zemljine kore, ali zauzimaju više od 75 % površine Zemlje. Sedimentne stijene u Hrvatskoj imaju veliko značenje jer izgrađuju više od 90 % terena. [2]

Sedimentne stijene dijele se na:

- Klastične – proces nastanka uključuje: trošenje (fizičko i kemijsko), transport rastrošenog materijala, taloženje i dijagenezu (okamenjivanje, cementacija). Stijene predstavnice su pješčenjaci, konglomerati, breče, lapori, glinjaci.
- Piroklastilne ili vulkanoklastične – klastiti uglavnom sastavljeni od vulkanskog materijala: pepela, lapila i vulkanskih bombi. Predstavljaju ih vulkanski konglomerati, vulkanske breče, aglomerati i tufovi.
- Kemijske i biokemijske – nastaju kristalizacijom iz otopine, te mogu nastati taloženjem organskih i/ili anorganskih tvari poput skeleta, koralja i slično. Predstavnici su ugljen, vapnenci, sol, dolomit.

## 2.3 Metamorfne stijene

Metamorfne stijene nastaju metamorfozom ili izmjenom postojećih stijena u litosferi pri promjenama fizičko-kemijskih uvjeta. Glavni čimbenici metamorfnih procesa su: temperatura, tlak i kemijski aktivni fluid. Povećanje temperature događa se prvenstveno radi geotermijskog stupnja, djelovanjem topline iz magme, i radi trenja stijena pri

tektonskim pokretima. Mineralni sastav metamorfnih stijena je različit, zbog različitog fizičko-kemijskih slojeva pod kojim se vrši kristalizacija. Metamorfne stijene čine veliki dio Zemljine kore, a klasificirane su prema strukturi i teksturi te kemijskom i mineralnom sastavu. Proučavanjem metamorfnih stijena, izloženih na Zemljinoj površini zbog procesa izdizanja i djelovanja erozije, dobivaju se vrlo vrijedne informacije o temperaturama i tlakovima koji se javljaju na velikim dubinama unutar Zemljine kore [2].

Prema porastu tlaka i temperaturi razlikuju se [2]:

- Epizona, najbliža površini, većinom mehanička metamorfoza,
- Mezozona, visoki hidrostatski tlak i temperatura, zbiva se najveći dio promjena u stijenama, djelomična do potpuna prekristalizacija stijena,
- Katozona, najdublja, vrlo visoki hidrostatski tlak i temperatura.

Prilikom metamorfoze stijena zbivaju se mineraloške, strukturne i teksturne promjene. Metamorfoza može biti [2]:

- Progradna - nastaju nove skupine minerala koji kristaliziraju pri višim temperaturama i
- Retrogradna - nastaju kristalizacijom pri nižim temperaturama nego sastojci ishodišne stijene.

Metamorfoza stijena se dijeli na [2]:

- Kataklastičnu,
- Termalnu,
- Dinamotermalnu,
- Plutonsku.

# 3. METALI I METALNE RUDE

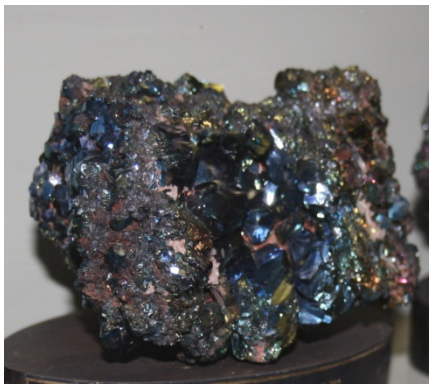
Metali su materijali koji imaju vrlo velike uloge u inženjerstvu. Još od povijesti koristili su se u razne svrhe pa su tako i doba upravo nazvana po nekim metalima. Odlikuju se visokom čvrstoćom, kovnošću, električnom provodljivošću, neki od metala su magnetični i sl.

## 3.1 Željezo

Željezo (Fe) je metal srebrnkastog sjaja, razmjerno mekano te je lako kovan metal sa gustoćom od 7870 kg/m$^3$. Odlikuje se dobrim feromagnetskim svojstvima što bi značilo da zadržava magnetska svojstva. U Zemljinoj kori zastupljeno je oko 5% željeza, odnosno to je njezin četvrti najzastupljeniji element, dok su željezne naslage odnosno rudna dobra tek oko 25% te vrijednosti. Na zraku je vrlo reaktivno te brzo oksidira, te ga je moguće otopiti u neoksidirajućim kiselinama. Najčešće mineralne rude su: magnetit ($Fe_3O_4$)***slika 3.11***, hematit ($Fe_2O_3$)***slika 3.12***, siderit ($FeCO_3$) i goetit ($Fe(OH)_3$). Dosta čest je i željezov mineral pirit ($FeS_2$) no obično se ne eksploatira zbog toga što se teško riješiti sumpora tijekom taljenja.




Slika 3.11 Magnetit [3]



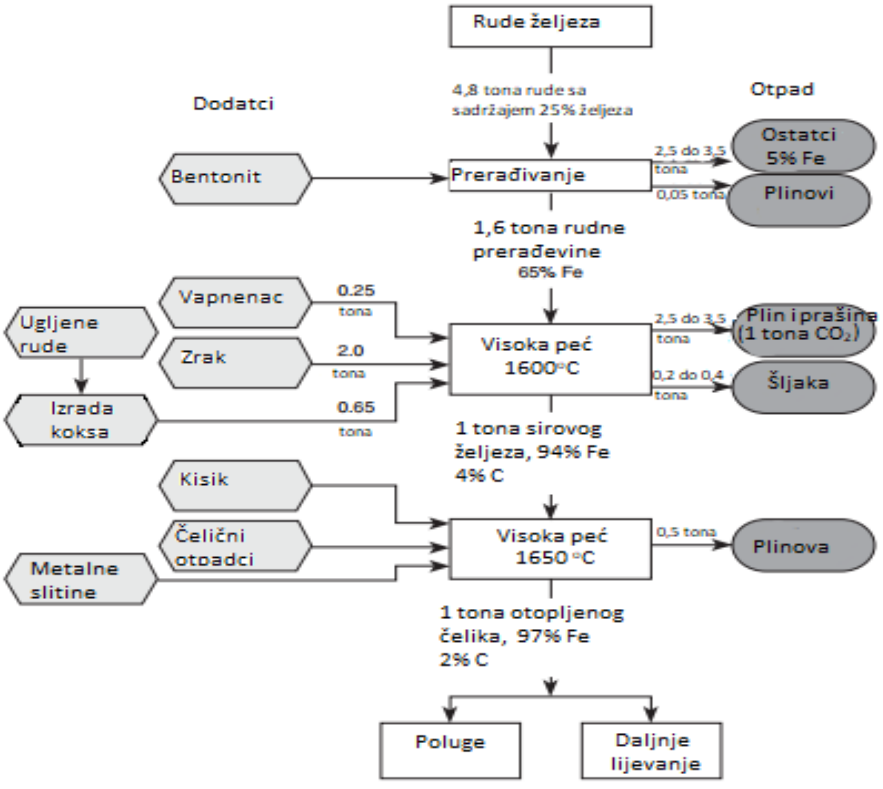
Slika 3.12 Hematit [4]

Željezo se iz oksidnih ruda (magnetit, hematit) dobiva iz visokih peći na način da se rude ubacuju sa koksom i nekim talioničkim dodatkom ovisno o rudi. Najdonji dio koksa se zapali te mu se dovodi vreli zrak obogaćen kisikom. Dobiveni proizvod naziva se sirovo željezo (eng. pig iron) koje je iznimno krhko i slabo obradljivo. Zanimljivo je da za koks koji je potreban za izradu 1 kg takvoga željeza potrebno čak 140 kg drveta. Najveći proizvođači željeza u svijetu su Australija, Brazil, Kina i India. Najveći rudnik željezovih ruda je Hamersley u Australiji***slika 3.13***.



Slika 3.13 Rudnik Hamersley u Australiji [15]

Čelik, metalna legura koja je proizvedena od sirovog željeza sa primjesom ugljika od 0,05 – 2%. Sirovo željezo se pročišćava u visokim pećima na temperaturama oko 1650$^{o}$C tako da se ostatak razdvoji od željeza, a višak ugljika pređe u plin poput ugljikova dioksida. Najčešće se čelik izrađuje odmah nakon sirovog željeza postupkom direktne redukcije.




Slika 3.14 Shematski prikaz prelaska željezne rude u čelik uporabom visokih peći [5]

Čelik se upotrebljava svakodnevno i nezaobilazan je dio današnjice. Primjenjuje se u građevini za izradu raznih konstrukcija, u mehanizaciji, zdravstvu, praktički može se reći da se koristi u skoro svakoj grani industrije.

### 3.2 Krom i nikal

**Krom (Cr)** je plavobijeli do srebrno sivi, sjajni metal gustoće 7200 kg/$m^3$. U dodiru sa kisikom, zrakom ili vodenom parom stvara na površini oksidacijski sloj otporan na koroziju. Pri povišenim temperaturama reagira s mnogim nemetalima. Krom je jako tvrd i krt materijal te je podatan za kovanje. Jedina važna ruda kroma naziva se kromit ($FeCr_2O_4$). Prosječna vrijednost zastupljenosti kroma u zemljinoj kori je tek 0,0135% te oko 0,26% u plaštu. Najveći proizvođači kroma su Južna Afrika i Kazahstan. Glavna primjena kroma je u metalurgiji gdje se dodaje konstrukcijskim čelicima za povećanje tvrdoće te za izradu legura raznih vrsta čelika od kojih je najpoznatiji nehrđajući čelik (eng. stainless steel).

**Nikal (Ni)** je srebrnastobijeli sjajni metal koji je plastičan, žilav i teško taljiv, gustoće 8900 kg/$m^3$. Otporan je na koroziju u raznim sredinama, ali mu se zagrijavanjem povećava reaktivnost. Procjenjuje se da je oko 1,9% planeta građeno od nikla, ali je sav taj dio praktički u jezgri Zemlje. Zemljina kora sadrži oko 0,0059% dok je u stijenama koje sačinjavaju plašt oko 0,196%. Najveći proizvođači nikla su Australija, Brazil, Kanada, Indonezija i Filipini. Nikal se kao i krom koristi u proizvodnji nehrđajućeg čelika, ali mu je najveća primjena kod izrade turbina, mlaznih motora te za spremnike kemijske industrije. Navodi se kako se koristi i u proizvodnji baterija kao nikal metal hidrid (NiMH) koje se nalaze u Toyota Prius automobilima. [6]

### 3.3 Aluminij

Aluminij (Al) je srebrnobijeli sjajni metal male gustoće od oko 2700 kg/$m^3$, te je vrlo otporan na koroziju. S obzirom na svoju gustoću relativno je čvrst metal sa niskom temperaturom tališta te dobro provodi električnu energiju. Aluminij čini više od 8% Zemljine kore te je jedan od glavnih sastojaka mnogih uobičajenih minerala. Unatoč svom obilju aluminija, gotovo sva globalna proizvodnja aluminija dolazi iz rude boksit. Boksit sadrži 40-60% Al2O3 (kemijski oblik u kojem se pojavljuje aluminij) a ostatak se sastoji od minerala gline, željezovih i titan oksida, kvarca i drugih oblika silicijevog

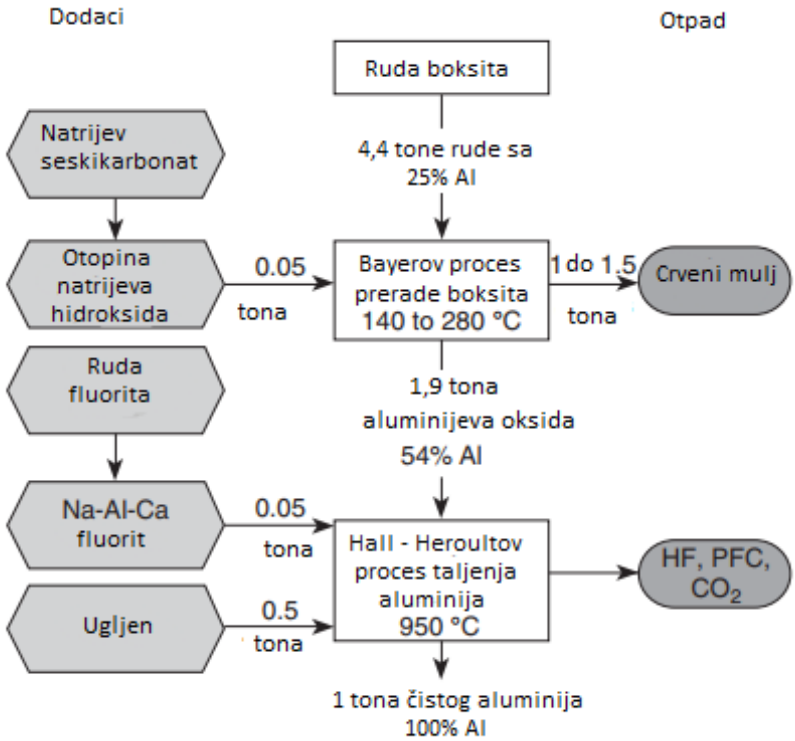
dioksida. Zanimljivo je što je za izradu tone aluminija potrebno 542 GJ ($10^6$ Džula), a za tonu čelika oko 15 GJ.

Najveći proizvođači aluminija u svijetu su Australija, Kina, Brazil, Indija, Gvineja i Jamajka sa oko 90% ukupne proizvodnje aluminija. [5]

Boksit***slika 3.31*** je u Hrvatskoj veoma rasprostranjen, tako da Hrvatska pripada u države koje su boksitom najbogatije. Glavna su mu ležišta po krajevima dalmatinskoga i ličkoga krša. Tu je postao otapanjem vapnenaca. Kako su vapnenci topljivi u vodi, a boksitni minerali nisu, voda je otapala vapnence, a ostavljala boksitne minerale. Pretežiti dio naših boksita nije dobar za eksploataciju aluminija iz razloga što sadrži više od 3-4% silicijeva dioksida ($SiO_2$).



Slika 3.31 Boksit [7]




Slika 3.32 Shematski prikaz prelaska boksita u aluminij [5]

Crveni mulj (eng. red mud) je glavni otpad od proizvodnje aluminija, koji nastaje prijelazom aluminija iz boksita. Takav otpad je toksičan jer sadrži teške metale i uz to ima visok pH od oko 13. 2010. Godine u susjednoj Mađarskoj u mjestu Ajka dogodila se nesreća***slika 3.33*** prilikom čega je došlo do izlijevanja oko milijun kubnih metara crvenog mulja uslijed pucanja otpadnog rezervoara. Poginulo je oko 10 ljudi, a 150 ih je bilo ozlijeđeno od kemijskih opekotina i zatrpavanja muljem. U rijeci Marcal je sav život bio izbrisan.



Slika 3.33 Izljev crvenog mulja [8]

### 3.4 Bakar

Bakar (Cu) je vjerojatno prvi metal koji se naširoko koristio od strane ljudi. Koristio se za ukrase već prije 10000 godina, a prije otprilike 6000 godina bio je glavna prodavna roba. Do prije otprilike 5600 godina na Bliskom Istoku bakar je bio taljen iz svojih ruda te je bio preinačavan u bakrene predmete, pribore za jelo, oružje i sl. [5]

Bakar je svijetlo crvene do crvenkastosmeđe boje, te gustoće od 8920 - 8960 kg/m$^3$. Relativno je mekan, ali vrlo žilav i savitljiv, te je lako je obradiv i kovan. Ima izrazito dobru električnu i toplinsku provodnost. Otporan je na koroziju, vodu i relativno je postojan na zraku. Na zraku dužim stajanjem potamni od oksida, a izlaganjem utjecaju atmosferilija na bakrenim predmetima tijekom vremena nastaje poznata zeleno-bijela do plavo-zelena patina, koja predstavlja zaštitni površinski sloj i štiti ga od daljnje

oksidacije. Vodeće zemlje za proizvodnju bakra su Čile, Kina, Rusija, Peru i Sjedinjene Američke Države. Najveći rudnik bakra na svijetu Escondida nalazi se u Čileu.



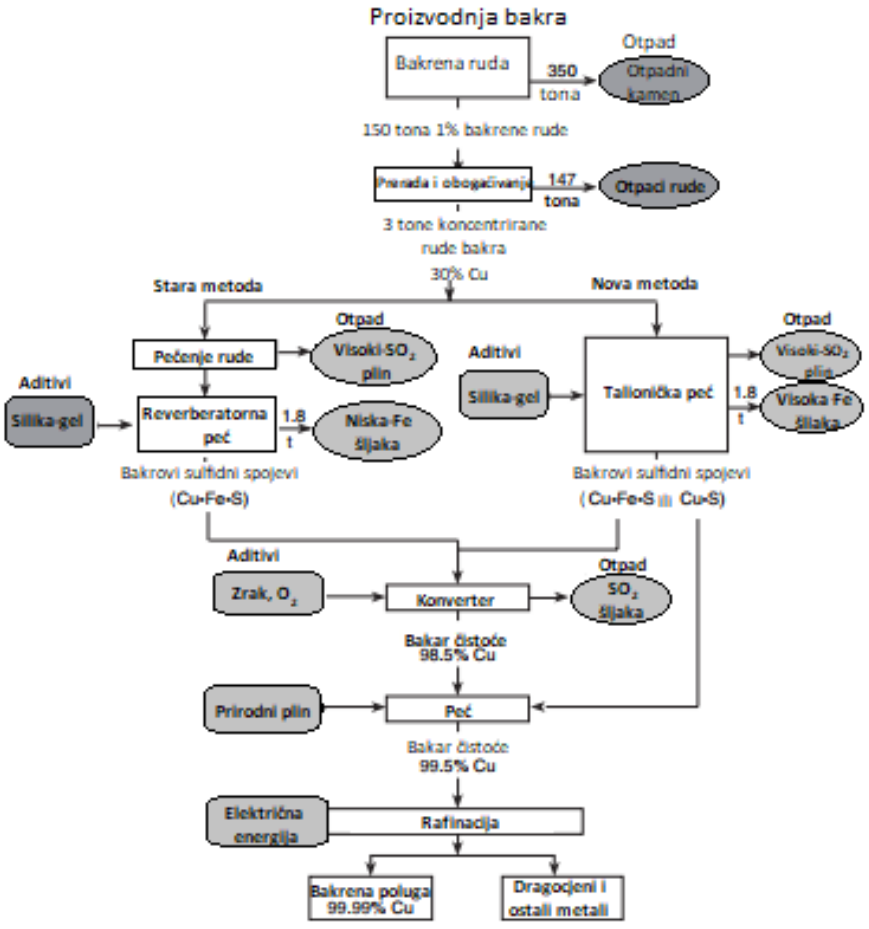
Slika 3.41 Rudnik bakrenih ruda Escondida [16]

U prirodi rijedak u elementarnom stanju, može ga se naći raspršenoga u stijenama u obliku sitnog zrnja, pločica, grančica ili mahovinasto isprepletenih niti (najčešće kao kemijski čistoga ili sa malo primjesa srebra i bizmuta). Poznato je oko 240 ruda bakra. Najviše ga ima u sulfidnim rudama: halkopirit***slika 3.42*** (CuFeS2), kovelit, halkozin i bornit (Su5FeS4), zatim u oksidnim (kuprit) i u karbonatnim rudama (malahit i azurit). Halkopirit daje oko 80 % svjetske proizvodnje bakra (sa srebrom i zlatom kao nusproduktima). Sadržaj bakra u rudama relativno je nizak. Bogate rude sadržavaju 3-10% bakra. Zahvaljujući efikasnim metodama obogaćivanja eksploatiraju se i siromašnije rude, te se najveća količina bakra danas dobiva iz ruda koje sadržavaju 0,5-2 % bakra, stoga se mora prethodno koncentrirati uklanjanjem jalovine. Ležišta bakrovih ruda eksploatiraju se površinskim kopovima. Koncentriranje se vrši postupkom flotacije (latinski fluo = plivati) tako da se sitno samljevena ruda pomiješa s puno vode u koju je dodano sredstvo za pjenjenje (posebna vrsta ulja). [9]

Bakar se ima raznoliku primjenu, a najviše se u elektrotehnici za izradu elektromotora, generatora i raznih ožičenja. Današnji automobili sadrže oko 25 kg bakra u vidu elektroničkih komponenti. Bakar se još koristi i za velike pokrove npr. vrhovi crkava, te se još koristi u metalurgiji kao legirajući metal (mjed, bronca).



Slika 3.42 Halkopirit [10]




Slika 3.43 Shematski prikaz taljenja bakrene rude u bakar [5]

### 3.5 Cink i olovo

**Cink (Zn)** je plavkasto-bijeli metal osrednje čvrstoće te se da kovati. Gustoća mu iznosi 7000 kg/m$^3$. Topljiv je u kiselinama i jakim lužinama. U prirodi se ne nalazi u prirodnom stanju. Dobiva se iz cinkovih ruda od kojih je najvažnija sfalerit***slika 3.51*** (ZnS) pri čemu su kadmij, galij i indij nusprodukti, te iz smithsonita ($ZnCO_3$) i hemimorfita ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$). Na sobnim temperaturama je krhak odnosno lomljiv, a pri temperaturama oko 150$^o$C postaje rastezljiv. Ruda, redovito prethodno obogaćena, flotacijskim se prženjem provodi u oksid i onda se prerađuje destilacijom ili elektrolizom. Destilacija se provodi bez pristupa zraka uz dodatak ugljena u posudama od vatrostalnog materijala, takozvanim mufolama, kojih ima po 200 i više u jednoj peći grijanoj generatorskim plinom. Cink-oksid reducira se ugljenom na cink, koji izlazi kao para i kondenzira se.



Slika 3.51 Sfalerit [11]

Koristi se u građevinarstvu za limove, krovne cijevi, u industriji boja te se koristi za zaštitu metala od korozije takozvanim pocinčavanjem. Koristi se i u metalurgiji za izlučivanje metala iz otopine te kao sastojak za razne legure. U kemijskoj industriji koristi se za izradu bijelog pigmenta, čišćenje lužina u elektrolizi i kao redukcijsko sredstvo.

**Olovo** (Pb) je sivkast do sivkastoplav metal čiji je prerez vrlo sjajan. Stajanjem na zraku potamni zbog stvaranja zaštitnog sloja oksida. Olovo je mekano i teško sa niskim talištem te gustoćom od 11340 kg/m$^3$. Mehanička svojstva olova su slaba, te je slab vodič topline i elektriciteta. Olovo je kovno i rastezljivo pa je podložno deformacijama odnosno lako se savija i valja. Korozijski je vrlo postojan metal te je otporan prema

većini kiselina, nagrizaju ga organske oksidirajuće kiseline i alkalijske lužine. Najvažnija olovna ruda je galenit ili takozvani olovni sjajnik (PbS)***slika 3.52***. Konvencionalno taljene olova iz ruda odvija se u visokim pećima prilikom čega se dobivaju olovne poluge sa nečistoćama u vidu cinka i srebra. Nakon toga se olovne poluge prže, te idu na glavno taljenje pri čemu se cink uklanja kao para ostavljajući tako olovo čišćim. Eksploatacija i prerada olova mora biti savjesna jer olovo može biti opasno onečišćavalo zbog toga što isparava na niskim temperaturama. Dobiva se površinskim kopovima. Trovanje olovom naziva se saturnizam od čega može doći čak i do smrti. Olovo se koristi za proizvodnju akumulatora, zaštite od rendgenskih zraka, cijevi, uređaji otporni protiv sumporne kiseline, puščana zrna i sačma, olovne boje kao npr. tetraetil – olovo.



Slika 3.52 Olovni sjajnik ili galenit

Najveći proizvođači tj. izvoznici cinka i olova su Australija i Peru.

# 4. PLEMENITI METALI I DRAGO KAMENJE

Plemeniti metali i drago kamenje bili su među prvim mineralima cijenjeni od civilizacija te su svoju cijenjenost i privlačnost zadržali tisućljećima. Čak i u svom sirovom stanju, drago kamenje i plemeniti metali lako se prepoznaju kao posebnima i lijepima. Svi plemeniti metali i drago kamenje su izuzetno rijetki, te se za njih koriste posebne mjerne jedinice za masu. Tako se masa za zlato i srebro mjeri u troy uncima (oz t) i iznosi oko 31 gram, a masa dijamanata i drugih dragulja mjeri se u karatima koji iznose oko 0,2 grama.

## 4.1 Zlato

Zlato (Au) je plemeniti metal žute boje i jakog sjaja, relativno mekan metal, vrlo rastezljiv i sa gustoćom 19320 kg/m$^3$. Čistoća zlata mjeri se u karatima pa je tako 24 karatno zlato potpuno čisto. Karat označava čistoću na način da 1 karat iznosi otprilike 4,17% udjela zlata u nekoj leguri tj. ako se radi o 14 karatnom zlatu onda takva legura sadrži oko 58,4% zlata dok je ostatak najčešće bakar. Čisto zlato izvanredno je otporno prema zraku, vodi, kisiku, sumporu, sumporovodiku, rastaljenim alkalijama, kiselinama i većini solnih otopina, a otapa se u klornoj vodi i smjesama solne kiseline s jakim oksidacijskim sredstvima. Sredstvima poput natrij – peroksida zlato se dobiva recikliranjem iz elektroničkih komponenata kao što su mobiteli, matične ploče kompjutera i slično.

Zlato***slika 4.11*** je većinom nađeno kao samorodno ili u nekoj primjesi sa najčešće srebrom. Zlato je jedan od najrjeđih elemenata u Zemljinoj kori, a računa se da ga ima samo oko dvije milijuntine postotka. Dobiva se površinskim kopovima. Na primarnom ležištu nalazi se redovito u obliku zrnaca, ljuskica, ploča ili razgrananih žica u kiselom i neutralnom eruptivnom kamenju, uprskano obično u kremenim žilama (gorsko zlato); ponekad ga prati pirit, arsenopirit, srebro i bakar. uprskano obično u kremenim žilama (gorsko zlato); ponekad ga prati pirit, arsenopirit, srebro i bakar. Često se nalazi na sekundarnim ležištima, aluvionima, naplavinama ili pijescima. Zlato se iz pijeska dobivalo u staro vrijeme ispiranjem; stariji industrijski postupak je amalgamacija pri kojemu se zlato od jalovine odvaja s pomoću žive; u novo vrijeme zlato se dobiva cijanizacijom, tj. izluživanjem zlata iz rude otopinama cijanida. Taj je postupak

omogućio brz porast proizvodnje zlata u posljednjih 50 godina. Znatne količine zlata dobivaju se iz anodnog mulja koji otpada pri elektrolitskoj rafinaciji bakra i srebra. [9]

Najveći proizvođači zlata u svijetu su Kina, Sjedinjene Američke Države, Australija, Rusija i Južna Afrika.

Tehnička upotreba zlata vrlo je ograničena. Zlato se najviše upotrebljava za izradu nakita, katalizatora, elektroničkih komponenata za mobitele, laptope i slično. Koristi se u medicini pri izradi koloidalnih otopina te za razne laserske operacije, u dentalnoj medicini, te kao podloga za nacionalne fondove gdje se sprema u bankama u vidu zlatnih poluga.



Slika 4.11 Zlato [13]




Slika 4.12 Zlatna poluga mase 1 unce [14]

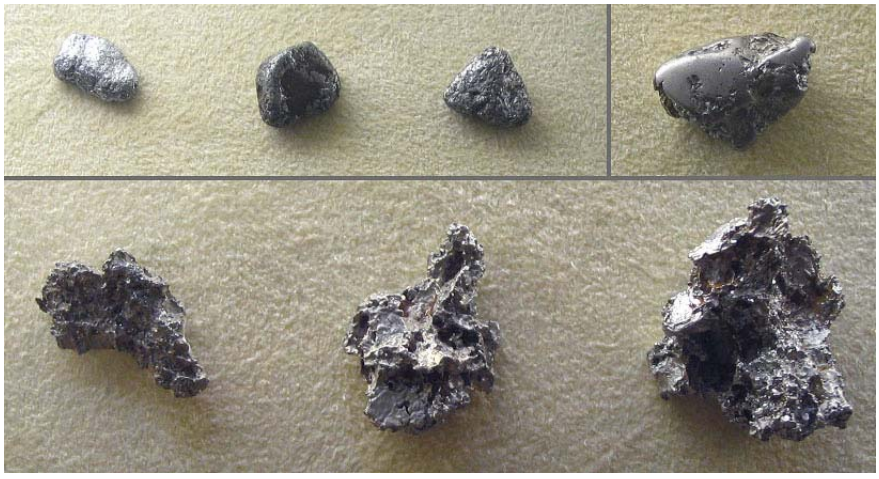
**4.2 Srebro**

Srebro (Ag) jest bijel metal sa karakterističnim srebrnim sjajem kad je ulašteno. Srebro kovak, lako obradiv, mekan i vrlo rastezljiv plemeniti metal gustoće 10500 kg/m$^3$. Srebro je najbolji vodič električne energije među svim metalima. Otapa se u dušičnoj i vrućoj koncentriranoj sumpornoj kiselini. U prirodi se nalazi samorodno, najčešće u društvu sa zlatom i bakrom; i u rijetkim rudama: argentitu ($Ag_2S$), pirargiritu ($Ag_3SbS_3$), prusitu ($Ag_3AsS_3$), miargiritu ($Ag_2Sb_2S_4$), stefanitu ($Ag_{10}Sb_2S_8$), kerargiritu (AgCl), silvanitu ($AgAuTe_2$). Dobiva se površinskim kopovima. Tehnički se najveće količine srebra dobivaju iz sirovog olova suhim ili mokrim načinom (izluživanjem, većinom s pomoću otopine natrijeva cijanida - cijanizacija). Znatne količine srebra dobivaju se i pri elektrolitskoj rafinaciji bakra. Nalazišta srebra su u Sjedinjenim Američkim Državama, Australiji, Kanadi, Meksiku, Njemačkoj, Čileu i Norveškoj. Najveća količina srebra koristi se za kovanje novca, u proizvodnji nakita i pribora za

jelo. Osim toga služi za dobivanje srebrnih soli, za tvrdo lemljenje, u zubarstvu (kao amalgam srebra), te u kemijskoj industriji za izradu posuđa otpornog prema alkalijama i koroziji. Zbog odlične vodljivosti koristi se u elektrotehnici i elektronici za izradu vodiča tiskanih pločica, električnih kontakata i osigurača.

### 4.3 Platina

Platina (Pt) je metal gustoće 21.450 kg/m$^3$ koji je u elementarnom stanju sivkasto bijel ili siv, sjajan, ne osobito tvrd, dosta žilav, koji se, užaren, može kovati i zavarivati. Platina je plemenit metal, otporan prema većini kemikalija: prema svim kiselinama, halogenima na običnoj temperaturi, rastaljenim solima i živi; nagrizaju je vruća zlatotopka, klor iznad 500 °C, rastaljene alkalije, otopine cijanida u nazočnosti zraka i sumpor na povišenoj temperaturi. Obično se u prirodi javlja zajedno s ostalim platinskim metalima (platina, paladij, rodij, rutenij, iridij i osmij) i dolazi ili u samorodnom oblik***u slika 4.31*** u aluvijalnim ležištima ili vezana u sulfide i arsenide u niklu, bakru i željeznim sulfidnim rudama. Dobiva se površinskim kopovima. Najveći proizvođači platine su Južna Afrika, Rusija, Kanada, Sjedinjene Američke Države i Kolumbija. Koristi se u proizvodnji katalizatora, elektroda, senzora za kisik, svjećice, izradu satova itd. Koristi se i u petrokemijskoj industriji te u medicini kao sastavni dio citostatika – cisplatina koji služi za liječenje mnogih vrsta karcinoma.



Slika 4.31 Grumeni samorodne platine [17]

### 4.4 Dijamant

Dijamant je najtvrđi mineral u prirodi, a sastoji se od čistog ugljika, te spada u 1. red dragog kamenja. Većinom je bezbojan ili proziran no može biti i u boji i taman zbog raznih inkluzija u njemu, te je jake refleksije. Dijamanti u prirodnom stanju oko sebe imaju naslagu koja ga čini sličnim običnom šljunku ili kamenčiću pa tek brušenjem dobiva lijep oblik i sjaj. Postoje različiti načini brušenja dijamanata, a najuobičajeniji je briljant. Dijamanti nastaju kristalizacijom magme u velikim dubinama zemlje, odnosno pri visokim temperaturama i tlakovima. Većina dijamanata pronalazi se u ultramafitnim stijenama bogatim magnezijem poznatih pod nazivom kimberlit**slika 4.41**. Kimberliti s dijamantima uglavnom se nalaze u debeloj kontinentalnoj kori gdje se formiraju u obliku cilindričnih, žičnih stijenskih tijela. Mogu se dobivati površinskim kopovima i podzemnim metodama te kombinacijom obaju metoda. Najvažniji proizvođači dijamanata su Bocvana, Rusija, Kanada, Angola i Južna Afrika. Dijamanti se koriste za izradu alata za rezanje, brušenje, poliranje i bušenje. Također se zbog svoje ljepote koriste pri izradi nakita.





Slika 4.41 Kimberlit sa dijamantom [18] Slika 4.42 Rudnik dijamanata u Sibiru [19]

### 4.5 Rubin, safir i smaragd

**Rubin*slika 4.51*** je crveni dragi kamen i predstavlja varijaciju korunda ($Al_2O_3$). Boja mu može varirati od ružičaste do crvene pa čak i do pomalo smečkastih nijansi. Crvena boja potiče iz kroma kojeg rubin sadrži. Rubin je drugi najtvrđi mineral poslije dijamanta. Koristi se u izradi nakita.Najveća nalazišta rubina su u Mjanmaru, Šri Lanci, Keniji i Madagaskaru.

**Safir*slika 4.52*** je plavi dragi kamen, te također kao i rubin predstavlja varijaciju korunda. Na Mohsovoj skali tvrdoće dijeli mjesto sa rubinom. Plavu boju daju mu željezo i titan, a ljubičastu vanadij. Uglavnom se koristi za izradu nakita, ali se može naći i u infracrvenim optičkim komponentama. Najveća nalazišta safira su Kašmir, Mjanmar, Tajland, Indija, Sjedinjene Američke Države i Australija.

**Smaragd** ($Be_3Al_2(SiO_3)_6$)***slika 4.53*** je dragi kamen iz grupe berila i najdragocjeniji je u toj grupi minerala. Smaragdi se javljaju u zelenoj i plavozelenoj boji. Svoju zelenu boju dobiva od kroma, a ponekad i od vanadija. U ovom kamenu su česte nakupine sitnih nečistoća koje ga čine mutnim i neprozirnim te su samo rijetki primjerci smaragda prozirni i čisti. Takvi se ubrajaju u najskupocjenije drago kamenje. Koristi se za izradu nakita. Glavna su nalazišta u Kolumbiji, Brazilu, Uralu, Južnoj Africi i Australiji.



Slika 4.51 Rubin [20]



Slika 4.52 Safir [21]



Slika 4.53 Smaragd [22]

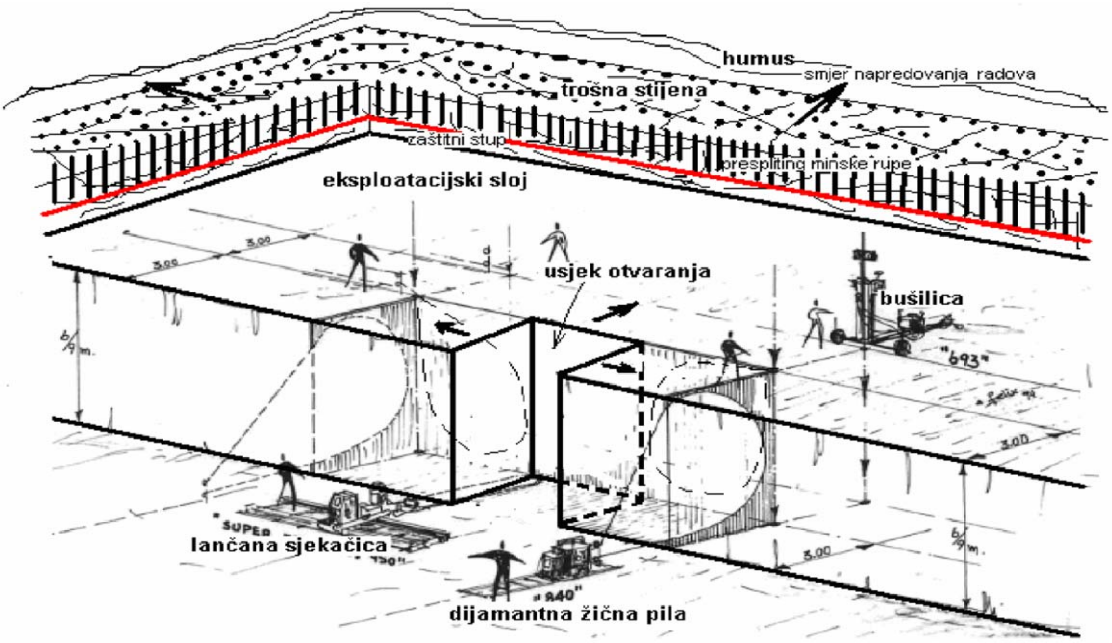
# 5. ARHITEKTONSKO – GRAĐEVNI KAMEN

U Hrvatskoj se za arhitektonsko-građevni kamen rabi i izraz ukrasni kamen. Arhitektonsko – građevni kamen koristi kao dekorativno – funkcijski element građevinskih objekata, odnosno njegova prvenstvena uloga jest oplemenjivanje čovjekova okoliša kojeg ukrašava. Koristi se kao blokovski, zatim u pločama za unutarnja i vanjska horizontalna i vertikalna oblaganja tj. kao dekorativno – zaštitni i dekorativno – funkcijski element građevinskih objekata. Koristi se i za arhitekturu spomenika, groblja, kiparstvo te za različite proizvode zanatskih djelatnosti. U povijesti je arhitektonsko – građevni kamen imao ulogu nosivog elementa građevine ili se primjenjivao, ali se u suvremenoj gradnji njegova funkcija nosivog elementa istisnula zbog korištenja armiranog betona.

Proizvod kamenoloma arhitektonsko – građevnog kamenoloma je masivni zdravi blok pri čemu je kakvoća kamena jednaka karakteru njegova ležišta. Prema tome arhitektonsko – građevni kamen postiže svoju punu vrijednost samo ako se iz stijenske mase odnosno ležišta mogu vaditi kameni blokovi pogodni za industrijsku preradu. Zbog toga ležišta arhitektonsko – građevnog kamena mora biti okarakterizirana masivnošću, bankovitošću i kompaktnošću stijenske mase. Ležište mora imati takvu strukturu koja omogućava eksploataciju ekonomski značajnih količina zdravih blokova pogodnih za industrijsku preradu. Pukotinski sustav pri eksploataciji arhitektonskog kamena ima negativan značaj, jer se stijenske mase razbijaju na manje i nepravilne komade. Koeficijent iskoristivosti blokovske mase arhitektonskog kamena silikatnog sastava kreće se od 20 do 65%, a kod ležišta karbonatnog sastava od 5 do 40%. S obzirom na malu iskoristivost, ležišta arhitektonskog kamena su zbog svoje kakvoće i dekorativnosti ekonomski isplativa.

Otkopavanje kamenih blokova moguće je površinskim i podzemnim metodama. Na ležištima arhitektonskog kamena izbjegava se uporaba eksploziva jer je cilj dobivanje zdravog bloka. Ukoliko se eksplozivi koriste miniranja su obično plitka i oprezna, te se koriste isključivo radi uklanjanja gornjeg debljeg i čvršćeg trošnog sloja ili otkrivke. Pri tomu, miniranjima obično prethodi podrezivanje, čime se trošni jalovi pokrov fizički odvaja od zdrave stijene, odnosno onemogućava izazivanje naprezanja i deformacija u homogenoj stijeni. Najkorištenija tehnološka shema eksploatacije na površinskim brdskim kamenolomima sastoji se od sljedećih radnih operacija što se može vidjeti i na

***slici 5.1*** : strojno uklanjanje pokrovnog humusa ili zemlje, podrezivanje trošne stijenske mase, oprezno miniranje i uklanjanje trošne otkrivke, otvaranje kopa, piljenje i prevrtanje primarnih blokova, oblikovanje komercijalnih blokova cijepanjem ili piljenjem iz primarnih blokova, te utovar i otprema komercijalnih blokova.




Slika 5.1 Tehnološka shema eksploatacije na površinskim kopovima arhitektonskog kamena [9]

Arhitektonski kamen komercijalno se može podijeliti na **granite** i **mramore**.

**Graniti** obuhvaćaju sve stijene silikatnog sastava bez obzira na njihovu genezu, prvenstveno magmatske i metamorfne. Prema petrografskim nazivima tu spadaju stijene iz grupe granita, diorita, gabra, labradorita, gnajs i kvarciti. Grupa granita objedinjuje izrazito tvrde silikatne stijene za čiju se obradu koristi tehnologija obrade granita. Zajedničko svojstvo im je trajnost i nepromjenjivost izgleda. Najvećim se dijelom glačaju i poliraju do visokog sjaja, ali im se površinska lica mogu obraditi i na druge načine. S obzirom na fizička i mehanička svojstva imaju široku primjenu u oblaganju horizontalnih i vertikalnih površina eksterijera i interijera te za izradu spomenika.

**Mramori** obuhvaćaju kategorije tvrdih i srednje tvrdih karbonatnih, kalcitnih i dolomitnih stijena sedimentnog i metamorfnog postanka. To su stijene koje se veoma dobro i relativno lako obrađuju tehnologijom obrade mramora. Nepostojane su prema djelovanju atmosferilija, a posebice u urbanom okolišu pri čemu glačane površine gube

sjaj, a stalnost boje ovisi im o stabilnosti prirodnog pigmenta. Kamen iz ove grupe prvenstveno je namijenjen za oblaganje interijera. Koriste se za oblaganje vertikalnih površina interijera jer nisu baš otporni na habanje, u izradi spomenika, sitnih ukrasnih predmeta i slično.



Slika 5.2 Ležište i eksploatacija Bračkog kamena [23]

# 6. TEHNIČKO – GRAĐEVNI KAMEN

Tehničko-građevni kamen je nemetalna mineralna sirovina koja je široko zastupljena u Republici Hrvatskoj, različite geneze, mineralnog i petrografskog sastava, strukturno-tektonskih značajki te različitog načina geološkog pojavljivanja, a zadovoljava tehničke uvjete za primjenu u graditeljstvu. Čine ga lomljeni kamen različite obrade i namjene, kameni agregati različitog stupnja prerade i plemenita kamena sitnež. Tehničko-građevni kamen je prije svega mineralna sirovina s niskom tržišnom cijenom čija je upotreba ograničena transportnim troškovima od mjesta eksploatacije do potrošača, odnosno do mjesta upotrebe. Prirodni materijali koji se koriste kao tehničko-građevni kamen za izradu različitih agregata mogu se prema mineraloško petrografskom sastavu svrstati u dvije skupine, a to su:

- silikatni kamen (stijene magmatskog, metamorfnog i sedimentnog postanka)
- karbonatni kamen (stijene sedimentnog i metamorfnog postanka)

Ležišta tehničko-građevnog kamena dijelimo na :

- Sedimentna ležišta koja su uglavnom zastupljena vapnencima i dolomitima, rjeđe vapnenim brečama. Najčešće su slojevite građe u obliku tanjih ili debljih slojeva različitog nagiba. Dolomiti se ponekad pojavljuju bez izražene slojevitosti u tzv. masivnom obliku. Razlomljenost ovakvih ležišta utječe na kakvoću materijala, odnosno umanjuje njenu vrijednost što je posebice izraženo kod ležišta koja su jako razlomljena u površinskoj zoni, što zbog tektonskih procesa, okršavanja ili procesa površinskog trošenja, čime se omogućuje miješanje s pokrovnim i drugim jalovinskim materijalima što otežava eksploataciju i smanjuje kakvoću mineralne sirovine.
- Ležišta magmatskog podrijetla su najčešće masivnog oblika koji je nešto složeniji za istraživanje s obzirom da je magma često bila utisnuta u druge stijene. Složenost se odražava ponajviše u teškoćama oko definiranja kontakta s okolnim stijenama. Mogu također biti jako raspucana, ali i podvrgnuta brojnim i složenim procesima trošenja. Sve to znatno utječe na njihovu kakvoću. U ovu skupinu, kod nas, najčešće spadaju ležišta dijabaza, andezita i trošnih bazalta.

- Ležišta metamorfnog podrijetla ponajviše obilježava strukturni i teksturni element škriljavosti s obzirom da on utječe na izbor načina istraživanja i definiranja kontakta s okolnim stijenama. U Republici Hrvatskoj, kao najznačajniji varijetet, može se izdvojiti amfibolit.

Pri eksploataciji tehničkog kamena, nakon uklanjanja površinske jalovine, korisna mineralna sirovina dobiva se masovnim miniranjem. Odminirana stijenska masa se sa viših etaža zgrče na niže etaže sve do osnovnog platoa.

Tehnički građevni kamen koristi se u graditeljstvu [9]:

- u niskogradnji: za izradu nasipa; za izradu posteljica; za izradu obložnih zidova; za izgradnju i održavanje lokalnih i gospodarskih cesta; za izradu nosivih slojeva stabiliziranih mehanički ili hidrauličkim vezivima; za izradu tucaničkih zastora; za proizvodnju drobljenog kamenog agregata, drobljenog pijeska i kamenog brašna za izradu asfaltnih mješavina i betona, za izradu habajućih slojeva,

- u visokogradnji: kao lomljeni kamen za zidanje; za proizvodnju drobljenog kamenog agregata i drobljenog pijeska; za izradu betona; za izradu žbuka i mortova,

- u hidrogradnji: za izradu kamenog nabačaja ("rip-rap"); za izradu obaloutvrda;za izradu vodopropusta; za izradu drenažnih sustava; za proizvodnju drobljenog kamenog agregata i drobljenog pijeska za izradu betona. S obzirom na način pridobivanja tehničkog građevnog kamena, razlikuju se sljedeći proizvodi : prirodna drobina, odminirani kamen, lomljeni kamen, nefrakcionirani i frakcionirani kameni agregat, drobljeni nefrakcionirani i frakcionirani kameni agregat, drobljeni pijesak i kameno brašno.

# 7. NEMETALNE MINERALNE SIROVINE

## 7.1 Kvarc

Kvarc (kremen)***slika 7.11*** ili silicijev dioksid ($SiO_2$) je vrlo čest mineral te kao takav čini 12% zemljine kore. Pojavljuje se ili u čistom obliku ili zajedno sa drugim elementima kao silikat. Nalazi se u eruptivnim, sedimentnim i metamorfnim stijenama. I u prirodi oko nas kvarc je svugdje prisutan. Staklaste je sjajnosti  i poveće tvrdoće, lomi se nepravilno, a na prijelomu je masnoga sjaja. Kemijski je otporan mineral. Djelovanjem tlaka na kristale kvarca izaziva njihovo električno nabijanje. To svojstvo naziva se piezoelektričnost. Obično je bezbojan i proziran te se kao takav naziva prozirac, ljubičasti je ametist, smeđi čađavac, crni morion, žuti citrin, a bijeli mliječnjak. Koristi se u proizvodnji lijevanih metala, stakla, ulja, kabela s optičkim vlaknima ili mikročipovima za računala, u farmaceutskoj industriji, u području medicine ili u industriji ukrasnih proizvoda.



Slika 7.11 Kvarc [24]

## 7.2 Grafit

Grafit je heksagonska modifikacija ugljika. Ime je dobio po sposobnosti ostavljanja vidljivog traga na podlozi. U prirodi nastaje uglavnom pri metamorfozi sedimenata koji sadržavaju ugljevitu tvar organskog podrijetla ili se može dobiti zagrijavanjem

mješavine ugljena i gline. Pojavljuje se u zrnatim, lisnatim i ljuskavim agregatima metalna sjaja, a može biti i zemljasta izgleda, tamnosiv do crn. Grafit krasi dobra toplinska i električna vodljivost. Grafit je krhak, mekan i kemijski inertan. Grafit se rabi kao materijal za izradbu lonaca i kalupa za taljenje i lijevanje metala, zatim za izradbu elektroda u električnim člancima i elektrokemijskim reaktorima, upotrebljava se i kao termički otporno mazivo (grafitna mast), suspendiran u ulju dobro je sredstvo za zaštitu od korozije i za podmazivanje satova, brava i malih strojnih dijelova. Služi i za izradbu olovaka, lučnih svjetiljki, četkica i kontakata za električne motore. Novim tehnologijama iz grafita se izrađuju izuzetno čvrsta grafitna vlakna. Grafitna vlakna koriste se za izradu metalnih ili nemetalnih kompozitnih materijala male gustoće i izuzetno visoke čvrstoće koji se koriste u zrakoplovnoj i svemirskoj tehnologiji, ali i u građevinarstvu. Polimerna grafitna vlakna dodaju se u plastične mase te tvore grafitno-plastične kompozite također visoke čvrstoće i povećane tvrdoće (takozvani poliakrilni kompoziti).

### 7.3 Gips

Gips ($CaSO_4 * 2H_2O$) je vrlo mekan mineral a po kemijskom sastavu kalcijev sulfat dihidrat. Nastaje metamorfozom anhidrita, kada ovaj primi vodu Pojavljuje se u bezbojnim monoklinskim kristalima, može biti mliječnobijel, a od primjesa i siv ili crvenkast. Rasprostranjen je u zrnastim, listićavim i vlaknastim agregatima. Zrnasti bijeli agregati zovu se alabasteri. Mehaničke su primjese gipsa glina, organske tvari, karbonati, kremen i druge materije. Koristi se u graditeljstvu pri izradi laganih pregradnih zidova, za arhitektonske ukrase i štokature, u tvornicama cementa, za izradu odljeva i medicini.

### 7.4 Sumpor

Sumpor (S)***slika 7.41*** je poznat od davnih vremena. Ime mu potječe od sanskrtskog sulvari što znači neprijatelj bakra. U elementarnom stanju dolazi u nekoliko alotropskih modifikacija. Najvažniji je obični, žuti (rompski) sumpor koji tvori krte grude ili štapiće netopljive u vodi, teško topljive u organskim otapalima, lako topljive u sumporougljiku. U prirodi se pojavljuje samorodan i u spojevima s metalima, sulfida (pirit [$FeS_2$], galenit [PbS], sfalerit [ZnS], cinabarit [HgS] i drugi) i u obliku soli sulfatne kiseline, sulfata

(gips [$CaSO_4$ * $2H_2O$], anhidrit [$CaSO_{4]}$, barit [$BaSO_{4]}$ i drugi). Vulkanski plinovi sadržavaju sumporovodik ($H_2S$). [9]

Prirodni elementarni sumpor dobiva se rudarskim iskopavanjem ili se u podzemna nalazišta uvodi vodena para, a nastala se sumporna talina komprimiranim zrakom potiskuje kroz cijevi na površinu (Frashov postupak). Čisti se sublimacijom ili pretaljivanjem. Važno je i dobivanje sumpora preradbom sumporovodika pri dobivanju nafte, prirodnoga plina i ugljena. Sumpor se rabi za uništavanje štetočina, za vulkanizaciju kaučuka, za proizvodnju sumporne kiseline i drugih kemikalija, sumpornih bojila, u mastima i preparatima protiv kožnih bolesti itd.



Slika 7.41 Sumpor [25]

### 7.5 Gline

Gline su sedimenti nastali raspadanjem magmatskih, kao i silikatnih metamorfnih stijena, pod utjecajem atmosferilija ili hidrotermi. Svi su minerali glina filosilikati. Čiste gline imaju bijelu ili sivkastu boju, a nečiste žutu od limonita, crvenu od hematita, zelenkastu od glaukonita, tamnosivu odnosno crvenu od organskih materijala. Kompaktnost gline je veća što joj je manji postotak vode. Sastoje se od sitnih čestica minerala glina promjera zrna manja od 0,002 mm, o kojima ovise osnovna svojstva dotičnoga sedimenta, te različitih primjesa kao što su kremen, oksihidroksidi željeza i aluminija, zaostali feldspati ili tinjci, kloriti, ugljevita tvar. Tri najznačajnije skupine su skupine kaolinita, skupina montmorilonita i skupina ilita.

**Bentoninte gline** dobile su ime po nalazištu minerala u SAD-u, Fort Bentonu. Po svom sastavu je vrsta gline koja se sastoji od više minerala od kojih je najvažniji montmorilonit. Primjena bentonita je višestruka. U najnovije vrijeme bentonitne gline koriste se kao glavne komponente pokrovnog i temeljnog zaštitnog sustava geosintetičkih glinenih pokrova na odlagalištima otpada. Glinobetonska isplaka od bentonitne suspenzije koristi se pri izvedbi betonskih zidova građevinskih jama. Bentonit se koristi i za bistrenje i stabilizaciju vina, zahvaljujući adsorptivnim i elektrostatičkim svojstvima. Osim toga, bentonitne gline koriste se za pripremu svih vrsta pješčanih kaluparskih mješavina u ljevarstvu, pri bušačkim radovima itd. Posebno se montmorilonit obilno koristi pripremljen u suspenziji koju zovemo bentonitna isplaka (eng. bentonite suspension) za pridržanje vertikalnih iskopa tj. tijekom izvedbe zagatnih stijena ili bušenja. [9]

**Keramičke gline** obično su sive i svijetlosive boje, a ponekad žućkaste ili crvenkaste. Od minerala su najčešći su kaolinit, ilit, kvarc, glinenci, tinjci te limonit. To su uglavnom visokoplastične gline , u čijem je kemijskom sastavu najdominantniji kvarc, a zatim slijede $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $TiO_2$, CaO, MgO, $K_2O$ itd. Uporaba keramičkih glina je raznolika, a najčešća za izradu svih vrsta keramičkih pločica, sanitarija i posuđa. [9]

**Vatrostalne gline** slične su po svojem mineraloškom i kemijskom sastavu keramičkim glinama. Vatrostalne gline su veziva sa malim postotkom primjesa (oksidi željeza, alkalije, kalcijev karbonat i ostalo). Visoki stupanj vatrostalnosti (1. stupanj znači da kod 1500 °C ostaju nepromijenjene), omogućava im široku primjenu, naročito u ljevaonicama. Primjer za to je i nalazište vatrostalne gline Grahovljani, koja se rabi u ljevaonici peći u Požegi. Najčistija vrsta je kaolin, koji se topi na temperaturi preko 1800 °C, upotrebljava se u metalurgiji kao vatrostalno vezivo kod zidanja obloga visokih i drugih peći, te za izradu šamota i šamotnih opeka u građevinarstvu. Šamot je proizvod koji se dobiva pečenjem vatrostalne gline na temperaturi 1250 - 1350 °C, a zatim finim mljevenjem pečenog proizvoda. Dodavanjem određene količine nepečene vatrostalne gline (40 - 60%) dobiva se šamotna mješavina koja se upotrebljava za izradu šamotnog morta, šamotnih opeka i drugih vatrootpornih proizvoda. [9]

## 7.6 Soli

Sol je stijena – mineral/kristal, halit***slika 7.61*** (NaCl). Kemijski gledano to je jedna od najjednostavnijih molekula na Zemlji, a ipak bez nje bi život bio nezamisliv. Čovjekovom organizmu je neophodna za pravilno funkcioniranje. Dobiva se iz dva glavna izvora. Prvi je morska voda, a drugi su naslage ispod Zemljine površine. Kad se promatra povijest soli, slobodno se može reći da je riječ i o povijesti čovječanstva, jer je sol duboko ukorijenjena u čovjekovu kulturu, religiju, gospodarstvo, društveno politički razvoj. Dovoljno je samo zaviriti u povijest i odmah se dolazi do saznanja da je bila korištena kao sredstvo plaćanja i da su mnogi ratovi vođeni zbog soli. Neki povjesničari smatraju vrlo izvjesnim i teoriju da je prvi rat uopće, uz rijeku Jordan, vođen upravo zbog soli. Prema načinu primjene najjednostavnije bi je bilo podijeliti na: kuhinjsku sol, industrijsku sol, sol za stoku i sol za ceste. Danas kada se sol većinom koristi za kuhanje, malo je poznato da ona ima više od 14 000 različitih komercijalnih primjena. Koristi se u prehrambenoj industriji, omekšavajući vodu, štiti strojeve i instalacije od kamenca. Sol otopljena u vodi sprječava njeno pretvaranje u led, topi snijeg i led na prometnicama pa je stoga neizostavna u zimskom održavanju cesta diljem svijeta, a neophodna je i u životinjskoj ishrani. [2]



Slika 7.61 Halit [26]

# 8. ENERGETSKE MINERALNE SIROVINE (PRIMARNI ENERGENTI)

Ugljen, nafta i prirodni plinovi su energetske mineralne sirovine odnosno nazivaju se još fosilnim gorivima zbog načina njihovog nastanka. Nastali su raspadanjem ostataka biljnog i životinjskog porijekla, takozvanih organskih tvari, koje su ostale sačuvane pod stijenama. Uran je također jedan od primarnih energenata, međutim on ne spada u fosilna goriva.

## 8.1 Ugljen

Ugljen je crna ili crno smeđa, sedimentna stijena, sa sadržajem ugljika od oko 30% (lignit) do 98% (antracit), pomiješanog s malim količinama sumpornih i dušikovih spojeva. Nastao je raspadanjem i kompakcijom biljne tvari u močvarama tijekom milijuna godina. Tri su osnovna dijela ugljena: čista goriva tvar, pepeo i voda. Čistu gorivu tvar čini osnovna organska komponenta ugljena, koja se sastoji ponajprije od ugljika i vodika te kisika, dušika i sumpora. Sumpor u ugljenu može biti u elementarnom obliku, te u obliku sulfida ili sulfata.

Razlikuju se dvije faze nastanka ugljena: u prvoj fazi nakupljena organska tvar taloži se u slatkovodnim sredinama i redukcijskim uvjetima. Tada dolazi do truljenja organskih ostataka djelovanjem ograničene količine kisika i aerobnih bakterija, te gnjiljenja i raspadanja djelovanjem anaerobnih bakterija. Tako organski ostaci postupno prelaze u humusne tvari i treset. Druga faza ili pougljenjivanje zbiva se nakon slijeganja tla i prekrivanja treseta nanosima pijeska i gline, pod utjecajem fizikalnih i kemijskih činitelja (povišeni tlak i temperatura, djelovanje mineralnih primjesa, kemijski učinak plinova). To je proces redukcije i kompakcije u kojem se i dalje istiskuje voda, a treset počinje pretvorbu u lignit (ili po nekim klasifikacijama u mekani smeđi ugljen). Nastavkom dehidratacije stvara se (tvrdi) smeđi, zatim kameni ugljen, a na kraju eventualno antracit. [9]

S obzirom na stupanj karbonizacije razlikuju se smeđi ugljen i kameni ugljen. **Smeđi ugljen** je svijetlo smeđe boje nastao od močvarnog bilja. Postoji više vrsta smeđeg ugljena, koje se međusobno mogu makroskopski razlikovati po izgledu, boji i strukturi. To su meki, zemljasti, škriljasti i čvrsti smeđi ugljen. Meki smeđi ugljen naziva se

lignitom. To je najmlađi smeđi ugljen s vidljivim ostatcima matične biljne tvari, katkad s izraženom drvenastom strukturom, boje je žute do tamnosmeđe. Svježe iskopan, može sadržavati do 50% vode; sušenjem na zraku vlaga mu se smanjuje na 25 do 15%. Uskladišten, lako se mrvi i raspada. Zemljasti smeđi ugljen svijetlosmeđe je do tamnosmeđe boje, neravna, zemljasta izgleda lomne plohe. Često sadrži velike udjele pepela i vode. Gubitkom vlage mrvi se i raspada. Škriljasti smeđi ugljen ima škriljast izgled lomne plohe, ne gubi lako vodu i rijetko se raspada u prašinu. Čvrsti smeđi ugljen kompaktan je, crne boje, bez vidljivih ostataka matične biljne tvari. Može sadržavati do 15% vode. Čvrsti tamni smeđi ugljen nema sjaja, a lomna ploha, koja nije usporedna sa slojevitošću, ima kockast, rjeđe školjkast izgled. Ne raspada se i ne gubi boju. **Kameni ugljen** je među ugljenima na najvišoj cijeni zbog velike toplinske vrijednosti. Nastao je u okolnostima vrlo tople i vlažne klime uz vrlo bujnu vegetaciju. Crn je, čvrst, sjajan, uglavnom kockasta ili rompskoga izgleda lomne plohe. Vrste kamenoga ugljena teško se mogu razlikovati pogledom, pa se to čini na temelju razlika u pogledu udjela hlapljivih tvari, toplinske vrijednosti , omjera dušika i kisika prema vodiku i izgleda koksnoga ostatka. Prema porastu udjela hlapljivih tvari i smanjenju udjela ugljika, kameni se ugljen dijeli na antracit, poluantracit, masni, mršavi, plinski i plameni ugljen.

Ugljen se vadi u ugljenokopima. Ugljen se može i proizvesti takozvanim postupkom suhe destilacije na način da se organska materija (drvo) zagrijava bez prisutnosti zraka. Koks je najpoznatija vrsta umjetnog ugljena. Ugljen se koristi za proizvodnju električne energije, pri čemu je njegov udio za dobivanje takove vrste energije najveći i iznosi 38% svjetske energije. Druga važna uporaba mu je u proizvodnji čelika, pri čemu je za oko 70% proizvodnje čelika u svijetu potreban ugljen kao ključni sastojak. Nalazišta ugljena su u Sjedinjenim Američkim Državama, Rusiji, Ukrajini, Kini, Indiji i mnogim drugima.

### 8.2 Nafta i zemni plin

**Nafta** je tamna i viskozna tekućina koja se pronalazi akumulirana u Zemljinoj kori. To je vrlo složena smjesa različitih spojeva, pretežito ugljikovodika alkanskog, cikloalkanskog i aromatskog reda. Smatra se da ugljikovodici u nafti potječu od organskih tvari izumrlih kopnenih i morskih organizama. Prvi korak bio je prije 300 - 400 milijuna godina. Tada su se ostaci počeli taložiti na dno oceana i s vremenom ih je pokrio pijesak i mulj. Prije 50 - 100 milijuna godina ti ostaci su već bili prekriveni

velikim slojem pijeska i mulja koji je stvarao ogromne pritiske i visoke temperature. U tim prilikama nastali su sirova nafta i prirodni plin.

Najveći dio naftnih zaliha nalazi se u ležištima pod velikim tlakovima koji su približno jednaki hidrostatskomu tlaku. U takvim je uvjetima u nafti otopljena veća količina naftnoga plina. To je prirodni plin koji se u ležištu nalazi neotopljen u kontaktu s naftom ili je u njoj otopljen. Što je količina plina u nafti veća, to je nafta laganija i pogodnija za dobivanje. Nafta se na površinu iznosi kroz izrađene bušotine. Bušotine se postavljaju u trokutnoj ili četverokutnoj mreži. Razmak između bušotina ovisi o viskoznosti nafte te o propusnosti, dubini i debljini ležišta i obično iznosi između 300 i 400 m. Dva su načina iznošenja nafte na površinu: samoizlijevanjem (eruptiranjem) i mehaničkim podizanjem. Nakon bušenja, u početnoj fazi iskorištavanja ležišta, zbog prirodnog pritiska bušotine eruptiraju naftu. Nakon toga u bušotini se nalazi još uvijek oko 75 % početne količine nafte. Kada tlak ležišta postane nedostatan za iznošenje nafte na površinu, primjenjuje se podizanje s pomoću fluida ili dubinskih sisaljki. Kroz neku drugu bušotinu pumpaju vodu u nalazište i time istiskuju jedan dio preostale nafte. Na kraju u nalazištu preostaje oko 60% nafte koju za sada još uvijek ne možemo ispumpati.

Dobivena nafta naziva se sirova nafta i kao takva ne može se upotrebljavati. Sirova nafta prerađuje se u rafinerijama procesima separacije, pretvorbe i čišćenja. Naftne prerađevine koriste se za pokretanje vozila, dobivanje električna energije, proizvodnju plastike i kemikalija. Najveći proizvođači nafte su Saudijska Arabija, Rusija, Sjedinjene Američke Države, Iran, Irak i Meksiko.

**Zemni ili prirodni plin** je fosilno gorivo koje se najvećim dijelom (85 do 95 %) sastoji od metana ($CH_4$), koji je najjednostavniji ugljikovodik bez mirisa i okusa. Preostali udio (5 do 15 %) su složeniji ugljikovodici poput etana i propana, dušik i ugljični dioksid. Nalazište mu je u podzemlju uglavnom u sedimentnim stijenama na velikim dubinama gdje se nalazi u plinovitom stanju, otopljenom u sirovoj nafti ili je sa njom u kontaktu.

Prirodni plin dobiva se kao i nafta, odnosno bušenjem na velikim dubinama pri čemu se eruptiranjem dovodi na površinu u vidu plinskog kondenzata. Preradba plinskog kondenzata provodi se frakcijskom destilacijom pri atmosferskom tlaku. Plin se koristi u kućanstvu, sredstvo za grijanje te za pogon motornih vozila. Najveći proizvođači zemnog plina su Rusija, Iran, Katar, Saudijska Arabija i Ujedinjeni Arapski Emirati.

### 8.3 Uran

Uran (U) je metal, u čistom stanju sjajan poput srebra. On je sastavni dio Zemljine kore te mu je zastupljenost na njoj sa oko 0,0003 %, a njegov najčešći minera je uranitit ($U_3O_8$), crne ili tamnosmeđe boje visoke gustoće. Uran je po prirodi radioaktivan. Dobrom uranovom rudom smatra se svaka sa sadržajem urana većim od 0,1 %. Tehnologije rudarenja omogućile su koncentriranje uranove rude do čistoće 50 % prirodnog urana i više. Prirodni uran mješavina je tri izotopa: $^{238}U$ (99,285 %), $^{235}U$ (0,71 %) i $^{234}U$- (0,005 %). [2]

Uran se dobiva dubinskim površinskim iskopima ili u podzemnim rudnicima. Prirodne rude urana čiste se različitim postupcima tako da se dobije što čišći uranov oksid ili uranov fluorid. Tek tada se pristupa obogaćivanju – procesu povećavanja udjela $^{235}U$ u izotopnom sastavu urana, budući da se za kasnije potrebe u nuklearnim reaktorima i u proizvodnji nuklearnog oružja pokazalo nužnim da udjel $^{235}U$ bude veći nego što ga se nalazi u prirodi. Obogaćivanjem urana, nastaje velika količina otpada u vidu osiromašenog urana čija je aktivnost oko 60% prirodnog urana.

Obogaćeni uran koristi se za proizvodnju nuklearnog goriva u formi tableta dugih oko 2,5 cm. Takve tablete koriste se u nuklearnim elektranama za proizvodnju električne energije procesom koji se naziva fisija. Jedna takva tableta može dati otprilike jednaku količinu energije kao i jedna tona ugljena. Koristi se još i za proizvodnju nuklearnog oružja. Osiromašeni uran koristi se za glaziranje u boji, legiranje čelika, ojačavanje municije i slično. Najveća nalazišta su u Australiji, Kazahstanu, Kanadi i Južnoafričkoj Republici.

# 9. ZAKLJUČAK

Mineralne sirovine, odnosno rude predstavljaju jednu vrstu blaga, jer je bez njih opstanak i razvoj civilizacije nemoguć.

Mineralne sirovine dobivaju se raznim metodama, kao na primjer: površinskim, podzemnim, podvodnim, kombinacijom površinske i podzemne eksploatacije. Eksploatacija ruda predstavlja zahtjevan i vrlo složen proces, koji podrazumijeva poznavanje različitih vrsta znanosti. Razlog tomu je prvo potreba identifikacije ležišta, odnosno utvrđivanje vrste, ekonomske isplativosti i tomu slično, te nakon toga najprihvatljivije metode eksploatacije, te mogući rizici i tehnička sanacija, odnosno rekultivacija ležišta.

Povećanje industrijskog razvoja za sobom povlači i sve veće potrebe za mineralnim sirovinama, odnosno njihovom eksploatacijom, pri čemu dolazi i do niza problema vezanih uz okoliš. Problematika ovisi o vrsti ležišta pri čemu se sanaciji mora postupiti adekvatno. Onečišćenje okoliša glavni je problem eksploatacije mineralnih sirovina i prerade mineralnih sirovina. Prilikom onečišćenja okoliša može doći do oštećenja ozonskog omotača, zagađenja tla i voda, promjene svojstava tla, prijetnju održanju bioloških vrsta i slično. Problematika ne mora nužno biti vezana samo uz onečišćenje, već može imati utjecaj na promjenu krajobraza, što narušava vizualne aspekte okoliša.

Ekonomski gledano rudarstvo nezaobilazno i prijeko potrebno razvitku civilizacije, a gledano sa okolišne strane, trebalo bi biti manje invazivno po okoliš. To bi se ponajprije postiglo unaprjeđenjem tehnologije otkopavanja, te recikliranjem i ponovnom uporabom prerađenih ruda kada je to moguće.

# LITERATURA


1. Mihir Deb, Sanjib Chandra Sarkar (2017): Minerals and Allied Natural Resources and their Sustainable Development, Springer
2. Mesec, J. (2009): Mineralne sirovine, vrste i načini dobivanja, Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet, sveučilišni udžbenik.
3. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Magnetit.jpg/300px-Magnetit.jpg
4. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Hematit_1.jpg
5. Stephen E. Kesler and Adam C. Simon (2015): Mineral Resources, Economics and the Environment 2nd edition, Cambridge University Press
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius#Batteries
7. http://www.koval.hr/blogeky/kristali/bar/imag-m/boksit1.jpg
8. https://i.guim.co.uk/img/static/sys-images/Environment/Pix/columnists/2014/1/7/1389117898456/Toxic-red-mud-flood-of-an-007.jpg?w=300&q=55&auto=format&usm=12&fit=max&s=1f9052d9677b59e1635999ff9be7a5f8
9. Mesec, J. Eksploatacija mineralnih sirovina. Dostupno na: https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=21210 Datum pristupa 11.08.2018.
10. http://www.stellar.rs/wp-content/uploads/2015/02/Halkopirit_6.jpg
11. http://www.mineralscollector.com/media/catalog/product/cache/4/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/j/h/jh1_2.jpg
12. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/GalenaKansas.jpg/800px-GalenaKansas.jpg
13. https://www.numisbids.com/sales/hosted/sedwick/021/image00284.jpg
14. https://prospectorsgoldandgems.com/wp-content/uploads/2015/03/Prospectors-Gold-Gems-1-Ounce-Hand-Poured-Gold-Bar-1.jpg
15. https://www.mediastorehouse.com/p/632/tom-price-open-cut-iron-ore-10134956.jpg
16. https://www.bhp.com/-/media/images/2017/171113_escondida_hq.jpg
17. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/Platinum_nuggets.jpg

18. https://www.crystalclassics.co.uk/Uploads/ShopItems/00/02/56/13/ShopItemImg3_PICT/CC7416-Diamond-in-Kimberlite-Russia-2017-04-19-12-20-42-C-ed.jpg
19. https://geek.hr/wp-content/uploads/2013/01/rudnik-dijamanata-mir5.jpg
20. https://www.diamant-edelstein.de/info/images/rubin_pear_11.jpg
21. https://kamencic.files.wordpress.com/2012/01/safir.jpg
22. https://smykkebutikken.com/images/smykker/perfekt-smaragd-q320096-p.jpg
23. https://inter-fairs.com/Content/img/Logos/46/4648/464890/header1.jpg
24. https://www.mineralexpo.hr/wp-content/uploads/2017/08/kvarc1-1.jpg
25. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Aragonite-Sulfur-lw114a.jpg/360px-Aragonite-Sulfur-lw114a.jpg
26. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Halit_5.JPG/800px-Halit_5.JPG