

# Razrada ležišta mineralnih sirovina površinskim kopom

---

Škvarić, Sara

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:979966>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

SARA ŠKVARIĆ

RAZRADA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA POVRŠINSKIM  
KOPOM

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

RAZRADA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA POVRŠINSKIM  
KOPOM

KANDIDAT:  
SARA ŠKVARIĆ

MENTOR:  
Prof. dr. sc. Josip Mesec

NEPOSREDNI VODITELJ:  
Jasmin Jug, mag.ing.geoing.

VARAŽDIN, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: SARA ŠKVARIĆ

Matični broj: 2622 - 2015./2016.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

RAZRADA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA POVRŠINSKIM KOPOM


Rad treba sadržati: 1. Uvod

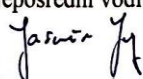
2. Stijene i minerali – postanak i vrste
3. Vrste i primjena pojedinih mineralnih sirovina
4. Površinsko dobivanje mineralnih sirovina
5. Načini otkopavanja tehničko građevnog kamena, gline, šljunka i pijeska površinskim kopom
6. Zaključak

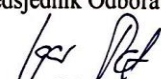
Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 11.12.2019.

Rok predaje: 03.02.2020.

Mentor:   
Prof.dr.sc. Josip Mesec

Neposredni voditelj:   
Jasmin Jug, mag.ing.geoing.

Predsjednik Odbora za nastavu:   
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

### RAZRADA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA POVRŠINSKIM KOPOM

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof.dr.sc. Josipa Meseća** i neposrednog voditelja **Jasmina Juga mag.ing.geoling.**

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, 03.02.2020.

SARA ŠKVARIĆ  
(Ime i prezime)

Škvaric Sara  
(Vlastoručni potpis)

## **SAŽETAK**

Ime i prezime autora: Sara Škvarić

Naslov teme: Razrada ležišta mineralnih sirovina površinskim kopom

Površinski kopovi otvaraju se poglavito na detaljno istraženim zemljopisnim područjima, na kojima ukupno iskopana količina i kvaliteta rude omogućava pozitivne gospodarske efekte, a primijenjena metoda otkopavanja osigurava najdjelotvorniju zaštitu okoliša. Površinskim kopom smatra se rudarski objekt i sustav rudarskih radova kojima se iskorištavaju mineralne sirovine što leže na površini ili plitko ispod površine. Površinski kopovi na kojima se dobivaju tehničko-građevni ili arhitektonski kamen, šljunak i pijesak te glina nazivaju se kamenolomi, tupinolomi, šljunčare, pješčare i glinokop. Iskorištavanje ležišta površinskim kopom obuhvaća raskrivanje rudnoga tijela (uklanjanje otkrivke ili jalovine), otvaranje (najčešće u obliku usjeka ili zasjeka), otkopavanje i rekultivaciju otkopanog prostora.

**Ključne riječi:** površinski kop, raskrivanje, otkopavanje, rekultivacija

# Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| <b>1.UVOD</b> .....  | 1  |
| <b>2.STIJENE I MINERALI- POSTANAK I VRSTE</b> .....                    | 2  |
| 2.1. Eruptivne stijene .....   | 2  |
| 2.2. Sedimentne stijene .....  | 3  |
| 2.3. Metamorfne stijene .....  | 5  |
| <b>3. VRSTE I PRIMJENA POJEDINIH MINERALNIH SIROVINA</b> .....         | 6  |
| 3.1. Arhitektonsko-građevni kamen .....                                | 6  |
| 3.2. Drago kamenje .....   | 7  |
| 3.3. Plemeniti metali .....  | 8  |
| 3.4. Energetske mineralne sirovine .....                               | 10 |
| 3.5. Metali i metalne rude .....                                       | 12 |
| 3.6. Soli .....  | 14 |
| 3.7. Geotermalne i mineralne vode .....                                | 14 |
| 3.8. Nemetalne mineralne sirovine.....                                 | 15 |
| 3.9. Tehničko građevni kamen, pijesak i šljunak, opekarska glina ..... | 16 |
| <b>4. POVRŠINSKO DOBIVANJE MINERALNIH SIROVINA</b> .....               | 18 |
| 4.1. Površinski kop .....  | 19 |
| 4.2. Vrste površinskih kopova.....                                     | 19 |
| 4.3. Razrada površinskih kopova .....                                  | 22 |
| 4.3.1. Otkrivanje ležišta .....  | 22 |
| 4.3.2. Otvaranje i razrada površinskih kopova.....                     | 23 |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.3. Sanacija ili rekultivacija otkopanog prostora.....   | 26        |
| <b>5. NAČINI OTKOPAVANJA TEHNIČKO GRAĐEVNOG KAMENA, GLINE,<br/>ŠLJUNKA I PIJESKA POVRŠINSKIM KOPOM.....</b> | <b>27</b> |
| 5.1. Strojno otkopavanje bagerima cikličkog načina .....  | 27        |
| 5.2. Miniranje.....   | 30        |
| <b>6.ZAKLJUČAK .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>LITERATURA.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>POPIS SLIKA .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>POPIS TABLICA .....</b>  | <b>36</b> |



## 1.UVOD

Mineralne sirovine su sve organske i neorganske sirovine koje se nalaze u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju u prvobitnom ležištu, nanosima, jalovištima, talioničkim troskama ili prirodnim rastopinama koje se dobivaju površinskom, podzemnom, podvodnom ili nekim drugim načinom eksploatacije. Mineralne sirovine ili rude, su nacionalno blago i neobnovljivi resurs. Rudarstvo je opsežna i kompleksna grana tehnike, bez koje je nezamisliv opstanak civilizacije. Važnost ruda vidimo i primjećujemo u svakodnevnom životu.

Od posebne važnosti koju ističemo danomice je sol, bez koje bi naš život bio nezamisliv. Također vidimo povezanost graditeljstva i kiparstva s vapnenim planinama, povezanost cementa sa naslagama lapora koje su sastavljene od vapnenca i gline.

U osnovi dobivanje mineralnih sirovina, može biti: površinsko (podrazumijeva dobivanje odnosno vađenje mineralnih sirovina površinskim kopovima), podvodno i podzemno, (jamski način dobivanja). Osim užih znanstvenih disciplina, obuhvaća izučavanje gotovo svih prirodnih znanosti (npr. geologije, matematike, fizike), većinu primijenjenih znanosti (npr. strojarstvo, elektrotehniku), te neke interdisciplinarne znanosti (npr. inženjerstvo okoliša i geotehniku) i društvene znanosti (npr. ekonomiju, pravo, sociologiju).

Rudarski pozdrav "Sretno!" više je od običnog pozdrava jer je u njemu sadržana najplemenitija i najiskrenija želja da se nakon svakog ulaska, na kraju smjene izađe živ iz rudnika. Rudarska zastava sadrži dvije boje; zelenu i crnu. Zelena označava nadu rudara da će živi izaći iz rudnika, a crna vječnu tamu i mrak podzemlja. Čekić i dlijeto bili su do početka 19. stoljeća najvažnija oruđa rudara, a danas predstavljaju simbol rudarske struke i oznaku za rudnik na zemljopisnoj karti. Sveta Barbara je zaštitnica rudara i svih onih kojima prijete opasnost od iznenadne smrti ili stradavanja. U njenu čast postavlja se kipić na ulazu u rudnik [1].

## **2.STIJENE I MINERALI- POSTANAK I VRSTE**

Stijena je sastavni dio litosfere (Zemljine kamene kore i gornjeg plašta) određenog načina geološkog pojavljivanja sklopa i sastava. Stijene se sastoje od jednog ili više minerala, te su monomineralne ili polimineralne, a njihovim postankom i građom bavi se petrologija. Mineral je produkt prirodnih procesa. Odlikuje se određenim, ne nužno i fiksnim kemijskim sastavom, stabilnošću u određenim fizikalnim uvjetima te pravilnom unutrašnjom strukturom. Minerali su osnovna komponenta od koje su izgrađene stijene čvrste Zemljine kore. Kemijski i fizički su homogeni, što znači da im se sastav može zapisati kemijskom formulom. U prirodi se najčešće nalaze u čvrstom kristalnom stanju. Simetrična unutarnja građa uvjetuje i pravilnu vanjsku građu. Nastaju procesom kristalizacije, pa se zbog toga nazivaju kristali.

### **2.1. Eruptivne stijene**

Eruptivne ili magmatske stijene nastale su kristalizacijom ili očvršćivanjem silikatne taljevine (magne ili lave), u litosferi ili na površini Zemlje. Magmatske stijene čine približno 95% gornjeg dijela Zemljine kamene kore, a njihovo obilje skriveno je na Zemljinoj površini relativno tankim, ali raširenim slojem sedimentnih i metamorfnih stijena. Svojstva magmatskih stijena: obično su masivne, zbog stezanja pri hlađenju može nastati lučenje, njihov oblik je pločasti, stupčasti, kockasti, kuglasti, nepravilan.

Prema mjestu postanka eruptivne stijene ( **Tablica 1.**) dijele se na [1]:

- **Intruzivne ili plutonske** - koje nastaju kristalizacijom magme u dubini,
- **Efuzivne ili vulkanske** - koje nastaju ohlađivanjem na površini,
- **Hipoabisalne ili žične stijene** - su stijene prijelaznog oblika.

**Tablica 1.** Podjela eruptivnih stijena prema količini SiO<sub>2</sub> i mjestu postanka [1]

|                   | <b>Kisele</b>                                | <b>Neutralne</b>  | <b>Bazične</b>                      | <b>Ultrabazične</b>                           |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|---|
| <b>Intruzivne</b> | granit, adamelit,<br>granodiorit,<br>tonalit | moncinit, diorit,<br>sijenit, alkalijski<br>sijenit     | gabro, norit                        | peridotit, dunit,<br>lercolit,<br>serpentinit |
| <b>Efuzivne</b>   | riolit, delenit, decit                       | latit<br>(trahiandezit),<br>andezit, trahit,<br>fonolit | balzat, dijabez,<br>dolerit, spilit |   |

Podjela po mineralnom sastavu (udio kremena i kremene kiseline) na:

1. Kisele (>62% SiO<sub>2</sub>),
2. Neutralne (50-62% SiO<sub>2</sub>),
3. Bazične i ultrabazične (<50% SiO<sub>2</sub>).

## 2.2. Sedimentne stijene

Sedimentne ili taložne stijene, nastale su na površini Zemlje kao rezultat fizičkih, kemijskih i bioloških procesa. Njihov postanak vezan je uz slijedeće procese:

- fizičko-kemijsko raspadanje ili trošenje starijih stijena (eruptivnih, sedimentnih i metamorfnih),
- transport čestica (gravitacijom, vodom, vjetrom, ledom)
- sedimentacija (taloženje),
- očvršćivanje ili okamenjivanje (diageneza).

Postanak nekih sedimentnih stijena najjasnije oslikava takozvani jednostavni model. Ključ za razumijevanje sedimentacije stijena prema tom modelu je u procesima sedimentacije, kroz koje iz matične eruptivne stijene kao finalni produkti nastaju pješčenjaci, škriljci i vapnenci. Sedimentacija se odvija uslijed trošenja, transporta i taloženja.

Procesom trošenja minerali se razlažu u druge, čine mora slanija, ili se razgrađuju u stabilne mineralne oblike na Zemljinoj površini. Transportom i taloženjem se s vremenom dobiva sve više i više materijala iz izvora. Sedimentne stijene sadrže podatke o povijesti Zemlje, u njima su sačuvani fosili iz kojih možemo saznati o razvoju života, a koje ne možemo naći u magmatskim ili metamorfnim stijenama. Slojevitost je najvažnija značajka sedimentnih stijena. Slojevitost može biti planarna, kosa, ukrštena ili valovita. S druge strane može biti nepravilna ili pravilna. Pravilna slojevitost (**Slika 1.**) je ritmička ili ciklička (vertikalno izmjenjivanje različitih slojeva i njihovo ponavljanje).



**Slika 1.** *Pravilna slojevitost [2]*

Sedimentne stijene dijele se na [1]:

- klastične,
- neklastične.

Klastične sedimentne stijene sastavljene su od čestica nastalih razaranjem drugih stijena. Neklastične sedimentne stijene mogu biti kemogene, nastale kristalizacijom iz otopine. Na primjer vapnenci i dolomiti, te organogene stijene nastale taloženjem organskih tvari ili anorganskih skeletnih dijelova organizama, (ugljen i treset).

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 [1].

### 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,
- kemijski aktivni fluidi.

Povećanje temperature zbiva se zbog geotermijskog stupnja, djelovanja topline iz magmatskog tijela utisnutog u hladnije postojeće stijene i radi trenja stijena pri tektonskim pokretima. Usmjereni tlak (naprezanje) se događa u plićim, a hidrostatski tlak u dubljim dijelovima litosfere [1]. Prema porastu tlaka i temperature razlikuju se [1]:

- **Epizona** - najbliža površini (stres, umjerena temperatura), većinom mehanička metamorfoza,
- **Mezozona** - visoki hidrostatski tlak i temperatura, dolazi do najvećih promjena u stijenama, djelomična do potpuna prekrystalizacija stijena,
- **Katazona** - najdublja, vrlo visoki hidrostatski tlak i temperatura, potpuna prekrystalizacija stijena.

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 [1]. Mramor je tipična metamorfna stijena, nastaje regionalnom i kontaktnom metamorfozom vapnenaca i dolomita, uz umjereni tlak i visoku temperaturu. Mramori (**Slika 2.**) uglavnom sadrže kristale kalcita. U pravilu su to kompaktne stijene, bilo homogene ili škriljave teksture i trakastog izgleda. Prilikom metamorfoze stijena zbivaju se mineraloške, strukturne i teksturne promjene. Metamorfoza može biti [1]:

- **Progradna** - nastaju nove skupine minerala koji kristaliziraju pri višim temperaturama,
- **Retogradna** - nastaju kristalizacijom pri nižim temperaturama nego sastojci ishodišne stijene.



**Slika 2.** *Mramor [3]*

### **3. VRSTE I PRIMJENA POJEDINIH MINERALNIH SIROVINA**

#### **3.1. Arhitektonsko-građevni kamen**

Umjesto klasičnog naziva arhitektonsko – građevni kamen, u Hrvatskoj se dugo vremena rabio izraz ukrasni kamen. Arhitektonsko – građevni kamen koristi se u blokovima (**Slika 3.**), u pločama (za unutarnja i vanjska horizontalna i vertikalna oblaganja, tj. kao dekorativno – zaštitni i dekorativno funkcijski element građevnih objekata svih namjena), zatim za arhitekturu (spomen – obilježja, arhitekturu groblja i kiparstvo), te za različite proizvode zanatske djelatnosti. U suvremenom graditeljstvu je klasični način primjene kamena gotovo potpuno istisnut. Kod klasičnog načina građenja kamen je bio nosivi element konstrukcije objekta ili se primjenjivao u veoma debelim pločama za oblaganje. U suvremenom graditeljstvu kao nosiva konstrukcija koristi se uglavnom armirani beton, a kamen se koristi kao ukrasno zaštitna obloga te konstrukcije. Temeljni oblik pri takvom suvremenom korištenju kamena kao arhitektonsko – građevnog elementa su ploče, najčešće debljine 2 do 4 cm [4]. Arhitektonsko – građevni kamen podijeljen je na dvije grupe: granite (tvrđi kamen) i mramore (meki kamen). Ovom je podjelom arhitektonsko – građevni kamen razvrstan u dvije skupine, koje se bitno razlikuju prema svojoj petrografskoj građi, fizičko – mehaničkim i kemijskim svojstvima, geološkim značajkama, načinima eksploatacije, tehnologiji prerade i obrade, te prema namjeni obzirom na vremensku trajnost i funkciju u ugrađenim konstrukcijama.



**Slika 3.** *Kamenolom arhitektonsko - građevnog kamena- Sveti Nikola [5]*

### **3.2. Drago kamenje**

Drago kamenje su mineralni prirodnog porijekla istaknuti svojom ljepotom i rijetkošću. Klasificiraju se prema različitim kriterijima: kemijskom sastavu, boji i nekim fizičkim svojstvima. Ipak, kako je izgled jedan od najvažnijih atributa dragog kamena, najčešće se klasificiraju prema ljepoti i vrijednosti. Postoji više od 30 popularnih vrsta dragog kamena. Osnovna podjela je na drago kamenje i poludrago kamenje. Drago kamenje se onda opet dijeli na redove, prema optičkim svojstvima, čistoći ili rijetkosti. Vrijednost kamena može se povećati ako ima neki neobični optički fenomen ili slavnu prošlost. Najtvrđi mineral u prirodi je dijamant (**Slika 4.**), spada u 1.red dragog kamena, jake je refleksije, većinom bezbojan i proziran. Ime dijamant potječe od grčke riječi *adamas* = nesalomljiv. Dijamant nastaje kristalizacijom magme u velikim dubinama zemlje [1].



**Slika 4.** *Dijamant (brilijant) [6]*

### 3.3. Plemeniti metali

Plemeniti metali su metali koji imaju specifične osobine i rijetki su u prirodi. Najčešće se koriste za izradu nakita, a ranije su se koristili za izradu novca( zlatnici, srebrnjaci). U grupu plemenitih metala spadaju zlato, srebro, platina, a najčešće se koriste kao legure. Osim toga što se koriste za izradu nakita, koriste se za specijalne vrste kontakata, a u novije vrijeme imaju veliku primjenu u medicini [7].

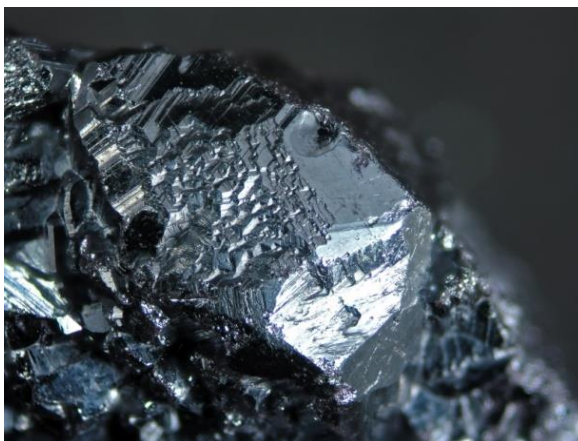
**Zlato(Au)** – jedan od najrjeđih elemenata u Zemljinoj kori (**Slika 5.**). U elementarnom stanju zlato je plemenit metal žute boje i jaka sjaja, mekan, vrlo rastezljiv, težak (relativna gustoća 19,3). Čisto zlato izvanredno je otporno prema zraku, vodi, kisiku, sumporu, sumporovodiku, rastaljenim alkalijama, kiselinama i većini solnih otopina. Pojavljuje se u prirodi redovito samorodno, pa je bilo poznato već u prehistorijsko doba. Na primarnom ležištu nalazi se redovito u obliku zrnaca, ljuskica, ploča ili razgrananih žica u kiselom i neutralnom eruptivnom kamenju. Često se nalazi na sekundarnim ležištima, aluvionima, naplavinama ili pijescima. Prirodno zlato sadrži gotovo uvijek i srebra. 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. Oznaka za vrstu legure (ili čistoću zlata) je karat (iako je karat u biti mjera za težinu i iznosi oko 0.2 grama). 24 karatno zlato je čisto zlato. U prodaji je uobičajeno 14 karatno zlato koje sadrži 58,4% zlata dok je ostatak bakar [8].



**Slika 5.** Zlato [9]



**Srebro (Ag)** – prirodno se pojavljuje kao kristal ili kao kompaktna masa (**Slika 6.**). U elementarnom stanju je bijel, kovak, vrlo rastezljiv plemenit metal, topljiv u nitratnoj i vreloj sulfatnoj kiselini, otporan i prema alkalijama u rastaljenom stanju. U prirodi se nalazi samородno, najčešće u društvu sa zlatom i bakrom. 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. Budući da se srebro dobiva kao sporedni proizvod pri dobivanju drugih metala kojima je inače proizvodnja u toku posljednjih stoljeća stalno rasla, njegova je cijena za to vrijeme stalno padala, danas je to oko 1 : 22. Oko jedne trećine svjetske proizvodnje srebra upotrebljava se za kovanje novca, ostatak najvećim dijelom za stolni pribor i za nakit.



**Slika 6.** Srebro [10]

**Platina (Pt)** - plemenit metal, otporan prema većini kemikalija; prema svim kiselinama, halogenima na običnoj temperaturi, rastaljenim solima i živi (**Slika 7.**). U elementarnom stanju sivkasto bijel ili siv, sjajan, ne osobito tvrd, dosta žilav metal, koji se, užaren, može kovati i zavarivati. Rasprostranjena je u zemaljskoj kori više nego drugi metali platinske grupe. S fosforom daje lako taljive legure. Ima jako katalitičko djelovanje, osobito kad je u obliku platinskog crnila. Upotrebljava se ponajviše kao katalizator u kemijskoj sintezi i pri prerađivanju nafte.



**Slika 7.** *Platina [11]*

### **3.4. Energetske mineralne sirovine**

**Nafta** je jedino prirodno tekuće gorivo. Pronalazi se ispod površine Zemlje ili morskog dna, tamna je i viskozna tekućina. Po kemijskom sastavu nafta je smjesa ugljikovodika, od kojih sadrži najviše alkana i cikloalkana, a manje aromatskih ugljikovodika. Sastav nafte mijenja se od nalazišta do nalazišta. Nastala je iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo stotina milijuna godina u vodi [12]. U industriji je postala značajna krajem 19. stoljeća, osobito nakon 1900. godine, kada se počela razvijati automobilska industrija. Nove rezerve nafte stalno se istražuju. Cijene nafte i njenih derivata podložne su svakodnevnim promjenama što još više oslikava njenu ulogu u svjetskim događanjima. Do onečišćenja naftom (**Slika 8.**) može doći za vrijeme istraživanja ležišta i pri njenoj eksploataciji (kvar na bušotinama, sabirnom sustavu, može doći do eksplozije), prilikom transporta, tijekom prerade ili pri potrošnji.



**Slika 8.** *Prikaz onečišćenja mora naftom [13]*

**Prirodni ili zemni plin** je smjesa nižih alifatskih ugljikovodika, pretežito metana ( $\text{CH}_4$ ) 85% do 95%, koji je najjednostavniji ugljikovodik bez mirisa i okusa. Obično prati ležišta nafte pa se može reći da se istim istražnim radovima utvrđuju nalazišta obje mineralne sirovine. No ležišta prirodnog plina mogu se javiti i bez postanka nafte jer geneza postanka prirodnog plina nije uvijek vezana za postanak nafte već i za neke duge kemijske procese. Najveće svjetske zalihe zemnog plina su u Rusiji, a u Republici Hrvatskoj najveći izvor se nalazi u Molvama (**Slika 9.**) i tamo se proizvodi 70% plina za domaće potrebe.



**Slika 9.** Centralna plinska stanica Molve [14]

**Ugljen (Slika 10.)** je vrsta fosilnog goriva, crna ili crno-smeđa, sedimentna stijena, sa sadržajem ugljika od 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. Ugljen se vadi u ugljenokopima, a primarno se upotrebljava kao goriv [15].



**Slika 10.** Ugljen [16]

**Uran** je sastavni dio Zemljine kore, a zastupljen je u njoj sa oko 0,0003% [4]. Najčešći uranov mineral je uraninit, crni ili tamnosmeđi mineral visoke gustoće, po kemijskom sastavu uranov oksid ( $U_3O_8$ ). Dobrom uranovom rudom smatra se svaka sa sadržajem urana većim od 0,1% [1]. Tehnologije rudarenja omogućile su koncentriranje uranove rude do čistoće 50% prirodnog urana i više. Znanstvenici su od samih početaka istraživanja radioaktivnosti bili suočeni s opasnostima ionizirajućeg zračenja, utjecajima kako na čovjeka tako i na okoliš. Čisti uran je vrlo radioaktivan metal i najviše se upotrebljava kao gorivo u nuklearnim elektranama. Najveće nuklearne katastrofe su Černobil, Otok tri milje i Fukushima.

### 3.5. Metali i metalne rude

**Željezo (Fe)** je kemijski element koji je zastupljen u Zemljinoj kori sa 0,41%. Za dobivanje željeza upotrebljavaju se oksidne i karbonatne rude. Kada je potpuno čisto željezo je mekano i srebrnog je sjaja. Danas je jedan od najvažnijih tehničkih metala koji se upotrebljavaju na mnoge načine. Željezo hrđa na vlažnom zraku te se otapa u razrijeđenim kiselinama. U prirodi najčešće dolazi kao mineral magmatit, a u Zemljinoj je kori najrasprostranjeniji metalni element i po masenom udjelu odmah je iza aluminija.

**Bakar (Cu)** je kemijski element, crvenkast i mekan teški metal gustoće  $8,92 \text{ g/cm}^3$ , tališta  $1083^\circ\text{C}$ , nakon srebra najbolji vodič topline i elektriciteta (**Slika 11.**), otporan prema koroziji, lako se prerađuje i stvara slitine. Bakar je poznat još iz prapovijesnih vremena. U prirodi je bakar u elementarnom stanju rijedak, raspršen u stijenama, najčešće kemijski čist ili s malo primjesa srebra i bizmuta. Poznato je oko 240 bakrenih ruda [17].



**Slika 11.** Bakar najbolji vodič topline i elektriciteta [8]

**Cink (Zn)** je kemijski element, plavkasto-bijeli metal, da se kovati i valjati u tanke ploče, otapa se u kiselinama i jakim lužinama. U prirodi ga nema u elementarnom stanju. Pri sobnoj temperaturi je lomljiv, a na temperaturi 100°C - 150°C omekša i postane rastezljiv, pa se lako oblikuje i valja u tanke ploče i u žicu. Iznad 200°C ponovno postaje krhak i mrvi se u prah. Cink ne korodira i na zraku je prilično stabilan, te je dobar vodič električne struje. U prirodi ga možemo naći u elementarnom stanju, najčešće se dobiva iz cinkovih ruda sfalerita (ZnS).

**Olovo (Pb)** je elementarnom stanju sivkast, na svježim prerezima modrikasto - bijel, sjajan, mekan i mehanički slab metal relativne gustoće 11,33 - 11,36 g/cm<sup>3</sup>. Kovak je, lako se izvalja u vrlo tanke folije i ispreša (ekstrudira) u obliku cijevi( **Slika 12.**) talište mu je nisko, 327,5°C. Radi dobivanja olova ruda se prži da prijeđe u oksid koji se onda reducira ugljenom. Iza željeza i cinka, olovo je najjeftiniji tehnički metal. Od olova se prave akumulatori, plaševi i kablovi, električni osigurači, zaštitni oklopi protiv rendgenskih zraka, kemijski uređaji, crpke, cijevi, uređaji otporni protiv sumporne kiseline, alauna, korozivnih plinova i slično. Olovne folije i tube služe za ambalažu, olovne cijevi za vodovodne instalacije.



**Slika 12.** Olovo izvaljano u tanke folije [8]

**Krom (Cr)** je kemijski element iz skupine prijelaznih elemenata, u prirodi nalazi se samo u spojevima uglavnom kao mineral kromit. On je plavo-bijeli do srebrno sivi, sjajni metal, jako tvrd i krt i može se ispolirati do visokog sjaja. Nije otrovan, ali su otrovni njegovi spojevi, posebice kromna kiselina i alkalijski dikromati. Komercijalni proces ekstrakcije kroma iz kromita sastoji se od zagrijavanja rude u prisustvu aluminijske i silicijске.

### 3.6. Soli

Morska sol, kemijski gledano jedna je od najjednostavnijih molekula na Zemlji, a ipak bez nje bi život bio nezamisliv. Čovjekovom organizmu je neophodna za pravilno funkcioniranje. Pojednostavljeno, sol nije ništa drugo nego stijena-mineral/kristal, halit (NaCl) (Slika 13.). 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 [1].



Slika 13. NaCl [18]

### 3.7. Geotermalne i mineralne vode

**Geotermalna voda** je obnovljivi izvor energije, nalazimo ju ispod površine zemlje u velikim rezervoarima na različitim dubinama, a u rijetkim slučajevima ona izbija i na samu površinu (Slika 14.). Geotermalne i mineralne vode imaju u današnje doba široku primjenu, od zdravstvenog i topličkog turizma do korištenja u zagrijavanju prostorija, te kao napitak. Područje Hrvatske, naročito njen sjeverozapadni dio, obiluje izvorima geotermalne vode, dok mineralnih i termomineralnih izvora ima manje. Termalne i mineralne vode sjeverozapadne Hrvatske vezane su uz određene tektonske i litostratigrafske uvijete koji moraju postojati kako bi ona izbila na površinu ili kako bi je se našlo u podzemlju. Kod toga su najvažniji litološki sastav, zdrobljenost i okršenost stijena,

te tektonska građa šireg područja. Voda koja se nakupljala u trijaskim dolomitima planina spuštala se po njima u podzemlje. U podzemlju se voda zagrijavala, a zatim izvirala iz tjemena antiklinale na onim mjestima gdje izbijaju na površinu. Geotermalne vode su sve vode čija je temperatura tijekom cijele godine veća od srednje godišnje temperature zraka u području na kojem se nalazi izvor.

Obzirom na temperaturu, geotermalne vode se klasificiraju u 4 grupe [1]:

- Subtermalne 13°C - 20°C,
- Hipotermalne 20°C - 34°C,
- Homotermalne 34°C - 38°C,
- Hipertermalne više od 38°C.



**Slika 14.** *Geotermalna voda izbija na površinu [19]*

Mineralne vode povoljno djeluju na očuvanje i poboljšanje zdravlja, poboljšanje kvalitete života te sprečavanje i liječenje različitih bolesti, kao i oporavak i rehabilitaciju. Hrvatska je bogata izvorima mineralnih voda. U popisu mjesta s prirodnim ljekovitim činiteljima u njih 103 nalaze se izvori mineralnih voda.

### **3.8. Nemetalne mineralne sirovine**

**Nemetalne mineralne sirovine** - su one sirovine koje nam prilikom topljenja ne daju novu sirovinu, a obično su vezane uz sedimentne stijene. U svjetskoj potrošnji nemetala, mineralne sirovine sudjeluju sa sljedećim udjelima: sve vrste kamena 49% - pijesak i pjeskoviti materijal 43% - glina, sol, fosfati i gips 7% - druge vrste nemetala 1% što predstavlja 70% ukupne svjetske proizvodnje svih mineralnih sirovina. Od nemetalnih mineralnih sirovina treba izdvojiti kvarcne sirovine, gline, gips, sol, dolomit, grafit, boksit i cementne sirovine, premda ima i mnogo drugih [20].

### 3.9. Tehničko građevni kamen, pijesak i šljunak, opekarska glina

**Tehničko građevni kamen** je nemetalna mineralna sirovina koja je široko zastupljena u Republici Hrvatskoj. Tehničko – građevnim kamenom smatra se onaj koji se može primijeniti za neku od tehničkih namjena. Od svih eksploatacija i prerada mineralnih sirovina na svijetu najveća je eksploatacija i prerada tehničko građevinskog kamena, šljunka i pijeska (kameni materijali). Kameni materijali su i danas jedan od osnovnih građevinskih materijala u niskogradnji i visokogradnji, koji se koriste u velikim količinama, a s cijenom se moraju i mogu uklapati u tokove razvoja [21]. U niskogradnji se koristi za izradu nasipa, za izgradnju i održavanje lokalnih i gospodarskih cesta, za izradu asfaltnih mješavina i betona i dr. U visokogradnji se koristi kao lomljeni kamen za zidanje, za izradu betona, žbuka i mortova, za proizvodnju drobljenog agregata i drobljenog pijeska i dr. U hidrogradnji se koristi za izradu kamenog nabačaja, za izradu vodopropusta, drenažnih sustava i dr. Čine ga lomljeni kamen različite obrade i namjene, kameni agregati različitog stupnja prerade i plemenita kamena sitnež (**Slika 15.**).



**Slika 15.** Kamenolom tehničko-građevnog Loskunja kod Vojnića [22]

**Građevni pijesak i šljunak** su nevezane sedimentne stijene dimenzija čestica krupnijih od čestica gline i praha (**Slika 16.**). Pijesak je prirodni materijal sačinjen od fino razdvojenih čestica stijena i minerala. U prirodi se najčešće može pronaći u pustinjama i na plažama. Najčešće nastaje drobljenjem stijena u moru pri čemu valovi udaraju u obalu i odlamaju komade tvrdih stijena koje se djelovanjem mora dalje usitnjavaju dok se ne pretvore u pijesak. Najčešće se koristi kao sirovina za izradu posteljica za infrastrukture, za izradu žbuka, kao komponenta kojom se korigira granulometrijski sastav mješavina za beton i asfalt beton i ostalo. Šljunak je najkorišteniji materijal u graditeljstvu, najčešće se dobiva



iskopom materijala iz riječnog korita. Prema tipu mineralne sirovine mogu se razlikovati ležišta šljunka s većim ili manjim udjelom pijeska od ležišta čistog pijeska. Najčešći tipovi isticanja kakvoće su: granulometrijski sastav, čistoća i mineralno- petrografski sustav.



**Slika 16.** *Prikaz građevnog pijeska i šljunka [23]*

**Opekarska glina** je karakteristično da u svom sastavu u odnosu na bentonitne, keramičke ili vatrostalne gline imaju veću količinu željeza i magnezija. Pri žarenju se željezni i magnezijски minerali lakše tale, vežu se s ostalim česticama i daju nakon pečenja čvrstu masu. Proizvodi od pečene gline u različitim oblicima upotrebljavali su za potrebe građevinarstva još prije više od 50 stoljeća. Pretpostavlja se da je do prvih paljenih zidnih opeka došlo slučajno, kad je u ljudskoj nastambi, izrađenoj od sirove gline ili od sirovih glinenih komada nastao požar, koji je prouzrokovao grom ili kakav drugi izvor. Opeka se koristila i kod gradnje cesta u Babilonu prije 2500 godina [1]. Rimljani su također gradili odlične ceste, a kod izrade čvrstog nosivog sloja koristili su poznatu rimsku opeku. U drugom vijeku prije nove ere je u Kineski zid (**Slika 17.**) izgrađen u duljini od oko 2.500 km, bilo ugrađeno tijekom vremena oko 80 milijardi opeka.



**Slika 17.** *Kineski zid [24]*

Otprilike posljednjih sto godina upotreba opeke i ostalih glinenih proizvoda u građevinarstvu naročito je porasla, pa se stoga i tehnička proizvodnja te robe razvila do savršenstva. Od opekarske gline najčešće se proizvodi puna i šuplja klasična opeka, blok opeka, gredice, fasadna opeka i crijep.

#### **4. POVRŠINSKO DOBIVANJE MINERALNIH SIROVINA**

Pod pojmom površinskog dobivanja podrazumijeva se u osnovi vađenje mineralnih sirovina površinskim kopovima iz plićih (do cca 100 metara), i dubljih slojeva litosfere (do cca 1000 metara). Površinski kopovi otvaraju se poglavito na detaljno istraženim zemljopisnim područjima, na kojima ukupno iskopana količina i kvaliteta rude omogućava pozitivne gospodarske efekte, a primijenjena metoda otkopavanja osigurava najdjelotvorniju zaštitu okoliša. Površinski kopovi na kojima se dobivaju građevni materijali kao tehničko-građevni ili arhitektonski kamen, šljunak i pijesak te glina nazivaju se kamenolomi, tupinolomi, šljunčare, pješčare i glinokopi [1]. Ovisno o padu razlikuju se četiri grupe ležišta: horizontalna, blago nagnuta (do  $25^{\circ}$ ), polustrma ( $25^{\circ}$  do  $45^{\circ}$ ) i strma ( $45^{\circ}$  do  $90^{\circ}$ ). Najkraća udaljenost krovine od podine je debljina sloja. Osnovni kriteriji za odabir načina otvaranja površinskog kopa [25]:

- minimalni opseg rudarskih radova,
- minimalna investicijska otkrivka,
- što kraći transportni putevi,
- što kraći rok izgradnje,

## 4.1. Površinski kop

Površinskim kopom smatra se rudarski objekt i sustav rudarskih radova kojima se iskorištavaju mineralne sirovine što leže na površini ili plitko ispod površine (**Slika 18.**). Iskorištavanje ležišta površinskim kopom obuhvaća raskrivanje rudnoga tijela (uklanjanje otkrivke ili jalovine), otvaranje (najčešće u obliku terasa – etaža) i otkopavanje. Prednosti su površinskog iskorištavanja pred podzemnim velika produktivnost i koncentracija rada, veliko iskorištenje rudnoga tijela te bolji i sigurniji uvjeti rada, a nedostaci su rješavanje imovinsko pravnih odnosa, ovisnost o klimatskim uvjetima, veliki troškovi raskrivanja rudišta i ograničenja u vezi sa strogim zahtjevima za očuvanjem prirode [26].



**Slika 18.** Prikaz površinskog kopa [27]

## 4.2. Vrste površinskih kopova

Prema položaju ležišta u odnosu na referentnu razinu okolnog terena, razlikuju se slijedeći tipovi površinskih kopova[1]:

- plitki, do cca 100 m dubine,
- duboki, do cca 1000 m dubine,
- brdski, kada se ležište nalazi iznad referentne razine terena,
- brdsko - dubinski, kada se ležište nalazi iznad i ispod referentne razine terena.

**Plitki površinski kopovi** većinom su kopovi pijeska, šljunka, ugljena, brojnih nemetalnih ruda i ruda bogatih metalima željezom i bakrom. Plitki površinski kop Garzweileru (**Slika 19.**) SR Njemačkoj je smješten na 4 800 hektara površine. Godišnja proizvodnja iznosi 35 do 45 milijuna tona, pri čemu treba prethodno godišnje skinuti 175 do 225 milijuna tona otkrivke (odnos ruda jalovina 1:5) [8].



**Slika 19.** *Površinski kop Garzweileru [28]*

**Duboki površinski kop** bakra, Bingham Canyon (**Slika 20.**) nalazi se na jugozapadno od Salt Lake Citya. Spada u najveće i najdublje površinske kopove na svijetu. Kop je otvoren 1906. godine, dubok je cca 1000 metara, širok 3,8 kilometara. Dokazano je najproduktivniji rudnik na svijetu, sa ukupno 1400 zaposlenih rudara. U 2004. godini iskopano je više od 17 milijuna tona bakra. Uz bakar kopaju se i zlato, srebro i molibden. Ukupna vrijednost izvađenih ruda u 2006. godini dosegla je 1,8 milijuna dolara.



**Slika 20.** *Bingham Canyon [29]*

**Brdski tip kamenoloma** jedan od tipova kamenoloma arhitektonskog kamena je i Cararra, Italija (**Slika 21.**). Za dobivanje blokova koji se kasnije prerađuju, prethodi skidanje trošne otkrivke. Kamen se u Cararri vadi već preko 2 000 godina, iz doba rimskog carstva. Zbog velike čistoće i bjeline, vjekovima se koristio za izradu skulptura, što su dobro znali Michelangelo, Canova, DaVinci i drugi poznati skulptori. Savršeno obrađen, mramor iz Cararre koristi se za vanjska i unutarnja oblaganja u graditeljstvu.



**Slika 21.** *Kamenolom Cararra [30]*

**Brdsko – dubinski tip površinskog kopa** karakterizira ležište koje se nalazi iznad i ispod referentne razine terena. Površinski kop zlata Fimiston (**Slika 22.**), kolokvijalno nazvan Superkop, je najveći kop zlata u Australiji koji je dovoljno velik da se vidi iz svemira. Od 1893. godine iz njega je izvađeno više od 1 550 tona zlata, a svake godine iz njega izvade 28 tona zlata.



**Slika 22.** *Kop zlata Fimiston [31]*

### 4.3. Razrada površinskih kopova

Pod razradom površinskih kopova podrazumijevaju se u osnovi svi radovi na otkrivanju, otvaranju, otkopavanju i biološkoj sanaciji otkopanih prostora koji su potrebni kako bi se mineralna sirovina iz kopa iscrpila do projektiranih konačnih kontura. Navedene radove treba izvoditi prema zadanoj godišnjoj proizvodnji te utvrđenoj dinamici i vremenskom planu otkopavanja. Prema fizikalno mehaničkim svojstvima mineralne sirovine i popratnih stijena, odabire se način otkrivanja i otkopavanja, odnosno tehnologija kojom će se projektirani rudarski radovi izvoditi.

#### 4.3.1. Otkrivanje ležišta

Otkrivka odnosno jalovina obično pokriva rudu koju se namjerava otkopavati, ona je stalne ili promjenjive debljine. Otkrivanje ležišta tada je prvi izvedbeni korak u procesu eksploatacije mineralnih sirovina površinskim kopom. S druge strane, kada su jalovi proslojci u različitim oblicima „utisnuti“ u rudno tijelo, vade se odvojeno od rude u procesu otkopavanja (**Slika 23.**) [1].



**Slika 23.** Prikaz jalovine [8]

Količina otkrivke ili jalovine u odnosu na količinu korisne mineralne sirovine u površinskom kopu izražava se koeficijentom otkrivke. Taj koeficijent služi za ocjenu pogodnosti eksploatacije ležišta mineralnih sirovina površinskim kopom, utvrđivanje ekonomski opravdane dubine površinskih rudarskih radova i tekuće planiranje troškova vađenja mineralne sirovine, a izražava se maseno, volumenski i kombinirano.

Jalovina unutar mineralne sirovine zahtijeva posebne prostore unutar ili izvan prostora otkopavanja. Takvi prostori nazivaju se jalovišta ili odlagališta, a mogu biti privremena ili stalna (trajna). Oblik i veličina jalovišta ovisi o volumenu jalovih masa, fizičko-mehaničkim značajkama otkrivke te nosivosti podloge na koju se jalovina odlaže. Na osnovi navedenih kriterija proračunavaju se i odabiru geometrijske veličine jalovišta kao visina pojedine etaže i kut nagiba kosina. Formiranje odlagališta na kamenolomima, kopovima šljunka, pijeska i glinokopima izvodi se strojno. Privremena jalovišta formiraju se uz aktivna otkopna polja. Naime, privremeno odložena jalovina vraća se najkraćim mogućim pravcima i putovima u otkopane prostore koji se na taj način rekultiviraju u paralelnom tijeku sa eksploatacijom.

#### **4.3.2. Otvaranje i razrada površinskih kopova**

U ovisnosti o tipu površinskog kopa odabire se mjesto i način otvaranja, te sistem eksploatacije i vođenja čela projektiranih rudarskih radova. Otvaranje površinskih kopova je u biti investicijski rudarski rad, kojim se uspostavlja transportna veza mjesta utovara otkopanih rudnih ili jalovih masa unutar kopa sa mjestima istovara tih masa na projektiranim površinama (separacije, odlagališta i drugo).

Pri otvaranju ležišta, koriste se [1]:

- zasjeci i
- usjeci otvaranja.

Način i izbor figure otvaranja ovisi o vrsti mineralne sirovine koju se namjerava otkopavati, tipu površinskog kopa, topografiji terena i najpovoljnijem mjestu otvaranja u postojećim uvjetima.

Mjesto otvaranja treba izabrati tamo gdje je [8]:

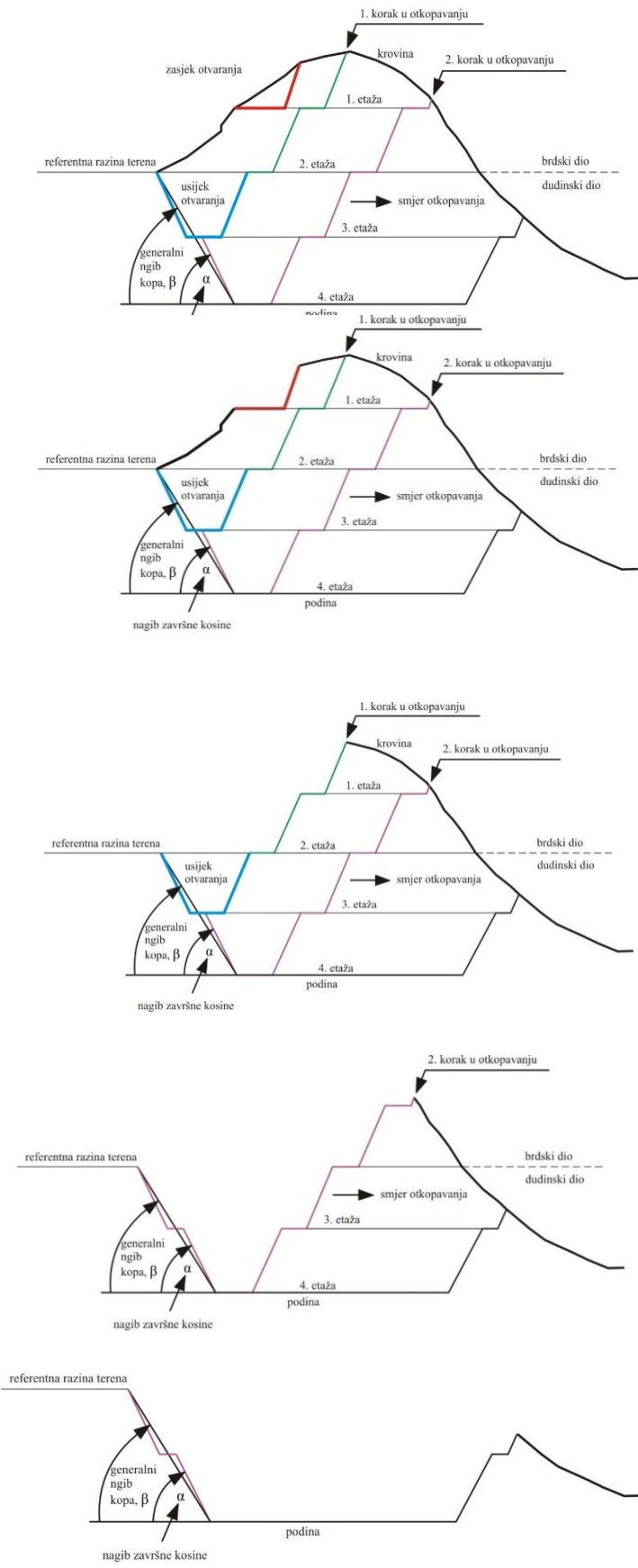
- Najpovoljniji odnos krovine (otkrivke, jalovine) prema mineralnoj sirovini,
- Uvjeti odvodnjavanja što povoljniji,
- Omogućeno što ranije odlaganje jalovine u otkopani prostor, kako bi se izbjegao transport otkrivke na udaljeno vanjsko odlagalište (jalovište),
- Ostvarena najkraća srednja transportna udaljenost

- Ostvarena najveća trenutna stabilnost radnih kosina. To znači, da treba izbjegavati otvaranje i napredovanje otkopnih fronti tako da je pad slojeva u kop, ili otvaranje na tektonski poremećenim zonama, odnosno u rudarski nepovoljnim radnim sredinama.

Slikovno je prikazan mogući profil brdsko-dubinskog tipa površinskog kopa (**Slika 24.**) s karakterističnim detaljima kod razrade sistemom etažnog dobivanja odozgo prema dolje s uskim etažnim ravninama, te koracima u otkopavanju. Ako je rudno tijelo pozicionirano iznad i ispod referentne razine terena, razrada ležišta započinje odstranjivanjem otkrivke (krovine, jalovine). U tu svrhu je najznačajnije kao prvi korak izraditi pristupni put na najvišu kotu ležišta [8].

Nakon što se projektom utvrdi osnovna geometrija otkopavanja kao što su visine i radni nagibi pojedinih etaža te tehnologija dobivanja, pristupa se otvaranju ležišta zasjekom otvaranja. Zatim se prema odabranom sistemu eksploatacije ležište otkopava u projektiranom smjeru otkopavanja do završnih kontura. Time je mineralna sirovina u cijelosti iscrpljena do projektiranih završnih kosina, odnosno izvedena je tehnička sanacija otkopanog prostora.





**Slika 24.** Razrada brdsko-dubinskog tipa površinskog kopa [8]

### 4.3.3. Sanacija ili rekultivacija otkopanog prostora

Biološka sanacija i rekultivacija površinskih kopova mineralnih sirovina je provođenje određenih tehničkih i bioloških zahvata u svrhu ozelenjivanja eksploatacijom nastalih ogoljenih površina i provođenje najpogodnijih namjeni. Ozelenjivanje površinskih kopova je vrlo složen zahvat kojemu prethodi detaljna analiza prirodnih značajki i vrijednosti područja uz osnovne klimatske elemente koji vladaju u tom području. Pri tomu se otkopani prostor uređuje i radi buduće specifične prenamjene kao poljoprivredna površina, sportsko-rekreacijski centar, skladišni prostor, odlagalište otpada i drugo. (Slika 25.).

Rekultivacija prostora površinskih kopova je zakonska i moralna obveza čovjeka iz razloga, što je iskorištavanje rudnih bogatstava jedna od aktivnosti kojom se najrazornije djeluje na tlo, biljni i životinjski svijet, na reljef i posredno se razmjerno često mijenja izvorna cjelovita i prepoznatljiva slika krajolika [32].



Slika 25. Biološka sanacija – prenamjena prostora [8]

## **5. NAČINI OTKOPAVANJA TEHNIČKO GRAĐEVNOG KAMENA, GLINE, ŠLJUNKA I PIJESKA POVRŠINSKIM KOPOM**

Otkopavanje tehničko-građevnog kamena moguće je u ovisnosti o fizičko - mehaničkim značajkama na dva načina [8]:

- strojno,
- miniranjem.

### **5.1. Strojno otkopavanje bagerima cikličkog načina**

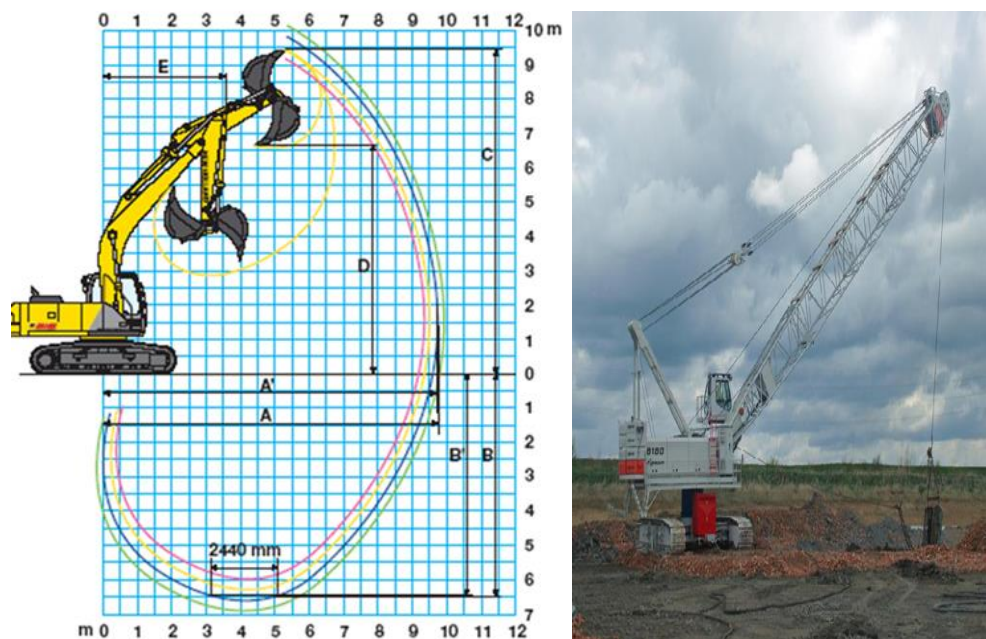
Bageri cikličkog načina rada, ili bageri sa jednim radnim elementom (lopatom, grabilicom, skreperskom posudom) rabe se u rudarstvu za kopanje mekih i srednje čvrstih stijena, a poneki tipovi cikličkih bagera uspješno otkopavaju i vrlo čvrste stijene.

Na kamenolomima, kopovima šljunka, pijeska i glinokopima ciklički bageri su osnovni strojevi za dobivanje, dok su na velikim površinskim kopovima metalnih ruda, ugljena i ostalih mineralnih sirovina oni uglavnom pomoćni strojevi.

Dvije su osnovne vrste bagera cikličkog načina rada [8]:

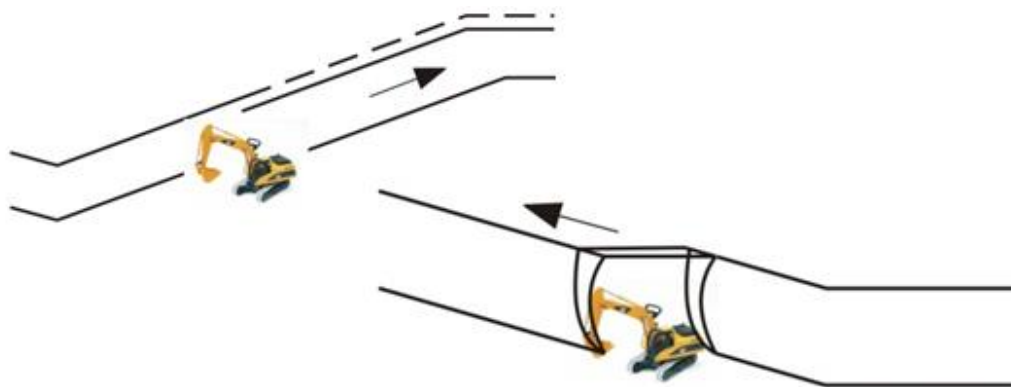
- **bageri s čvrsto priključenom lopatom,**
- **bageri sa slobodno zavješenom lopatom.**

Razlikuju se po izgledu, tehničkim značajkama, tehnologiji rada i uvjetima primjene, a jedina sličnost je u tomu što posjeduju jedan radni element, lopatu odnosno skrepersku posudu (**Slika 26.**).



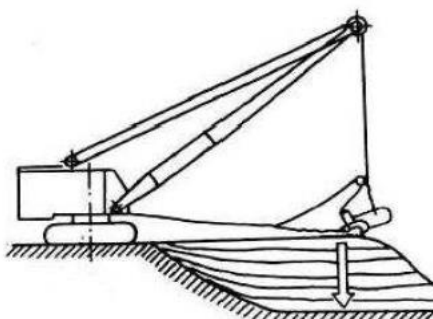
**Slika 26.** Bageri cikličkog načina rada [8]

**Bageri s čvrsto priključenom lopatom** su moderni bageri koji se rabe na manjim površinskim kopovima kao što su kamenolomi šljunčare, pješčare i glinokopi, isključivo se koriste hidraulički bageri gusjeničari. Kod njih su svi mehanizmi prijenosa i rada alata na hidraulični pogon. Hidraulički pogon je prevladavajući pogon posebice za prijenos energije kod suvremenih rudarskih strojeva, alata, uređaja te ostale tehnološke opreme za potrebe rudarstva. Lopata hidrauličkih bagera može biti dubinska (bager kopa odozgo prema dolje) ili visinska (bager kopa odozdo prema gore). Visine etaža na manjim površinskim kopovima koje se izrađuju hidrauličkim bagerima iznose u visinskom zahvatu do 12 m, a u dubinskom oko 9 metara. Za rad na kamenolomima, tupinolomima, šljunčarama, pješčarama i glinokopima volumen lopate kreće se u rasponu od 0,5 do 3,0 m<sup>3</sup>. Eksploatacijski kapacitet dobivanja izravno ovisi o snazi stroja, volumenu lopate, vrsti i stanju materijala koji se kopa, kutu okretanja bagera od položaja zahvata do položaja istovara nakopanog materijala iz lopate, te obučnosti strojara [8]. Nastup hidrauličkih bagera u procesu kopanja može biti čelni ili u bloku (**Slika 27.**).

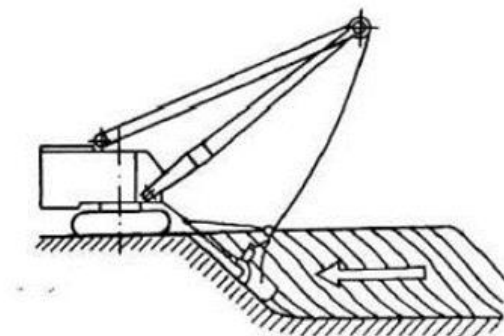


**Slika 27.** Prikaz čelnog kopanja i kopanja u bloku [8]

**Bageri sa slobodno zavješanom lopatom** još se nazivaju skreperski ili povlačni bageri uglavnom su na gusjenicama. Gibanje strijele i bagerske posude izvodi se pomoću pletene čelične užadi preko vitala i koloturnika. Skreperski bageri imaju povlačnu lopatu. Skreperski ili povlačni bageri izvode otkopavanje u dubinskom radu, ali se mogu primijeniti s manjim kapacitetom i kod visinskog rada. Slobodni ovjes posude ima prednost pri nailasku na prepreku (veći blok, panj ili slično) kod otkopavanja. Dva su osnovna pravca putanje povlačne lopate (skrepera) odnosno reza (zahvata); horizontalni i kosi [8]. Kod horizontalnog reza utrošak energije je manji, jer pri otkopavanju nema rada na dizanju posude. Kod iste vučne sile koristi se veća sila kopanja (**Slika 28.**). Kod kosog reza ciklus rada je kraći, ali se bager poslije svakog reza mora pomaknuti u smjeru otkopavanja (**Slika 29.**).



**Slika 28.** Horizontalni rez skeperskog bagera [8]



**Slika 29.** *Kosi rez skreperskog bagera [8]*

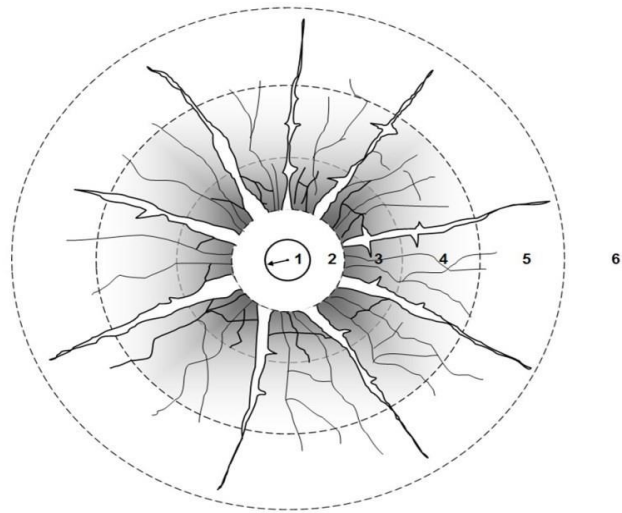
## 5.2. Miniranje

Eksplozivi su kemijski spojevi ili smjese koje zagrijavanjem, udarcem, trenjem ili paljenjem u kratkom vremenskom razmaku oslobađaju veliku količinu energije. Kod gotovo svih eksploziva kemijska je reakcija trenutna oksidacija: potrebni kisik nalazi se u molekulama samog eksploziva, na primjer sumpor i ugljen u crnom barutu izgaraju na račun kisika kojega u salitri ( $\text{KNO}_3$ ) ima oko 50 %. Stoga sumpor i ugljen izgaraju mnogo brže u barutu nego na zraku. Eksplozija je egzotermna reakcija, odnosno reakcija pri kojoj se razvija toplina. Ovako razvijena energija izaziva golem učinak zbog trenutačnosti reakcije. Moderni eksplozivi se dijele na potisne (deflagrantne) eksplozive i brizantne eksplozive. U deflagrantne eksplozive spadaju baruti i eksplozivna salitra. Izazivaju eksploziju prvog reda kod koje je brzinu detonacije manja od oko 1000 m/s. Imaju potiskujuće djelovanje. Brizantni eksplozivi izazivaju eksploziju drugog reda čija je brzina detonacije veća od 1000 m/s. Djeluju razarajuće na okolinu eksplozije. Složeni brizantni eksplozivi se dijele na opasne eksplozive (praskava želatina, dinamit) koji se više ne proizvode, i pouzdane (sigurnosne) gospodarske (privredne ili rudarske) eksplozive [8].

Prema važećem «Zakonu o eksplozivnim tvarima za gospodarsku uporabu» u Republici Hrvatskoj, “gospodarski eksplozivi su eksplozivne tvari koje se rabe za lomljenje, rastresanje i usitnjavanje mineralnih sirovina i drugih materijala, rušenje građevinskih i drugih objekata te oblikovanje predmeta i materijala energijom oslobođenom pri detonaciji eksplozivnih punjenja”. Velika brzina kemijske reakcije, od 2500 do 9000 m/s, i visoka

temperatura uvjetuju naglo povišenje tlaka u reakciji oslobođenih plinova. Tlačni udarni val koji se pri tomu pojavljuje širi se u stijeni radijalno na sve strane brzinom od 1500 do 5000 m/s. Od centra eksplozivnog naboja, ili zone eksplozije (**Slika 30.**) u stijeni, kao mediju kružno se oblikuju :

1. minska bušotina,
2. zona drobljenja,
3. značajno frakturirana zona,
4. umjereno frakturirana zona,
5. malo frakturirana zona i
6. neporemećena stijenske masa.

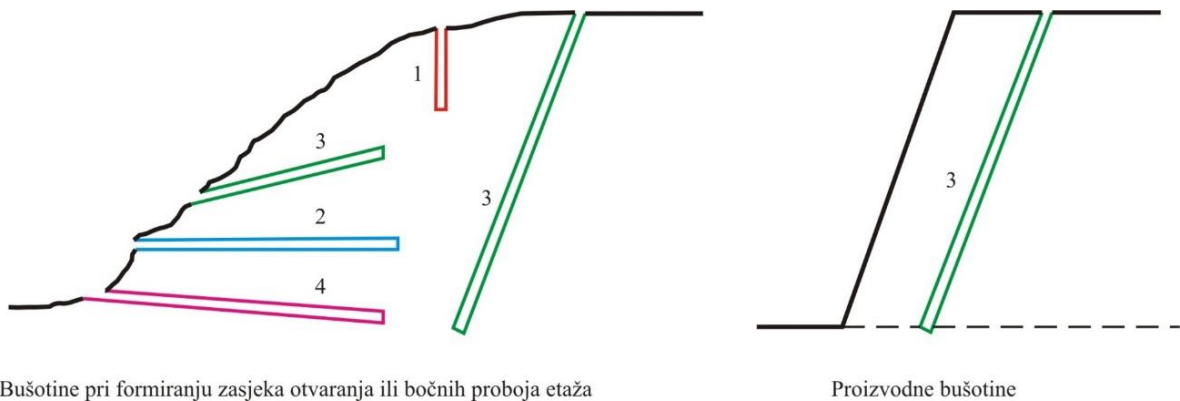


**Slika 30.** Zone djelovanja eksplozije u stijeni [8]

S obzirom na duljinu minske bušotine su:

- plitke do 5 m,
- duboke 5 do 50 m.

Prema smjeru u odnosu na horizontalnu ravninu minske bušotine su: vertikalne (1), horizontalne (2) ili kose prema gore ili prema dolje (3), blago nagnute prema dolje (4) (**Slika 31.**).



**Slika 31.** Bušotine za različite namjene na površinskim kopovima [8]

## 6.ZAKLJUČAK

Mineralne sirovine se dobivaju površinskim, podzemnim, podvodnim ili drugim načinima. Pod pojmom površinskog dobivanja podrazumijeva se u osnovi vađenje mineralnih sirovina površinskim kopovima iz plićih (do cca 100 metara), i dubljih slojeva litosfere (do cca 1000 metara). Površinski kopovi otvaraju se poglavito na detaljno istraženim zemljopisnim područjima, na kojima ukupno iskopana količina i kvaliteta rude omogućava pozitivne gospodarske efekte, a primijenjena metoda otkopavanja osigurava najdjelotvorniju zaštitu okoliša. Rude su nacionalno blago i neobnovljivi resurs, a rudarstvo je opsežna i kompleksna grana tehnike, bez koje je nezamisliv opstanak civilizacije. Osim užih znanstvenih disciplina, obuhvaća izučavanje gotovo svih prirodnih znanosti. Prednosti površinskog iskorištavanja, pred podzemnim, velika su produktivnost i koncentracija rada, veliko iskorištenje rudnoga tijela te bolji i sigurniji uvjeti rada. Nedostatci su rješavanje imovinsko pravnih odnosa, ovisnost o klimatskim uvjetima, veliki troškovi raskrivanja rudišta i ograničenja u vezi sa strogim zahtjevima za očuvanjem prirode. Pod razradom površinskih kopova podrazumijevaju se u osnovi svi radovi na otkrivanju, otvaranju, otkopavanju i biološkoj sanaciji otkopanih prostora, koji su potrebni kako bi se mineralna sirovina iz kopa iscrpila do projektiranih konačnih kontura. Navedene radove treba izvoditi prema zadanoj godišnjoj proizvodnji, te utvrđenoj dinamici i vremenskom planu otkopavanja.



## LITERATURA

- [1] Mesec, J. (2009): Mineralne sirovine, vrste i načini dobivanja, Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet, sveučilišni udžbenik
- [2] <http://pixelizam.com/wp-content/uploads/2013/07/relativno-datiranje.jpg>
- [3] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Mramor>
- [4] [http://rgn.hr/~tkorman/nids\\_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam01.pdf](http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/AGKAMEN/poglavlja/agkam01.pdf),
- [5] <http://delta-dragun.hr/2015/12/10/kamenolom-za-ekspolataciju-kamena-sveti-nikola/>
- [6] <https://geek.hr/znanost/wp-content/uploads/sites/14/2012/09/dijamant.jpg>
- [7] [https://sh.wikipedia.org/wiki/Plemeniti\\_metal](https://sh.wikipedia.org/wiki/Plemeniti_metal)
- [8] Mesec, J. Eksploatacija mineralnih sirovina. Dostupno na <http://moodle.srce.hr/2016-2017/course/view.php?id=10329>.
- [9] <https://karlabosnjak2.wixsite.com/zlato?lightbox=dataTable-jf3xibky>
- [10] <http://www.takta.rs/blog/razlike-izme%C4%91u-srebra-999-i-srebra-92>
- [11] <https://sh.wikipedia.org/wiki/Platina>
- [12] <https://bs.wikipedia.org/wiki/Nafta>
- [13] <https://www.tportal.hr/media/thumbnail/w1000/87211.jpeg>
- [14] [https://adriaticmedianethr.files.wordpress.com/2015/10/pxl\\_121114\\_2034.jpg?q](https://adriaticmedianethr.files.wordpress.com/2015/10/pxl_121114_2034.jpg?q)
- [15] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljen>
- [16] <https://storage.bljesak.info/article/25475/1280x880/ugalj-ugljen-cumur.jpg>
- [17] <http://adriakamen.hr/wp-content/uploads/2014/12/pikamirani-kamen.jpg>
- [18] <https://sc02.alicdn.com/kf/UT8suLxXMxaXXagOFbX3/Common-Salt-Sodium-Chloride-NaCl-.jpg>
- [19] [https://obnovljiviizvorienergije.weebly.com/uploads/5/0/8/0/50809843/7744725.jpg?  
250](https://obnovljiviizvorienergije.weebly.com/uploads/5/0/8/0/50809843/7744725.jpg?250)
- [20] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Nemetalne\\_mineralne\\_sirovine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Nemetalne_mineralne_sirovine)
- [21] Ekološke monografije 8 (1996); Znanstveno – stručni skup, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina; Miroslav Bušić, Proizvodnja tehničko građevnog kamena, šljunka i pijeska na prostoru Republike Hrvatske
- [22] J. Mesec (2017): Seizmički efekti miniranja utvrđeni prilikom prvog proizvodnog miniranja kod otvaranja kamenoloma Loskunja – Vojnić, Mesec Mining d.o.o., Zagreb
- [23] <http://www.gradimo.hr/blobs/cc4c18ee-cbad-4879-94f1-a327e21a8fe2.jpg>
- [24] [http://www.novilist.hr/var/novilist/storage/images/infoun/zanimljivosti/kineski-zid-dva-i-pol-puta-duzi/1560038-1-cro-HR/Kineski-zid-dva-i-pol-puta-duzi\\_ca\\_large.jpg](http://www.novilist.hr/var/novilist/storage/images/infoun/zanimljivosti/kineski-zid-dva-i-pol-puta-duzi/1560038-1-cro-HR/Kineski-zid-dva-i-pol-puta-duzi_ca_large.jpg)

- [25] [http://rudar.rgn.hr/~mklanfar/nids\\_mklanfar/POVRSINSKA%20EKSPLOATCIJA/POVRSINSKA\\_Otvaranje%20kopova%202.pdf](http://rudar.rgn.hr/~mklanfar/nids_mklanfar/POVRSINSKA%20EKSPLOATCIJA/POVRSINSKA_Otvaranje%20kopova%202.pdf),«
- [26] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49858>
- [27] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Twincreeksblast.jpg>
- [28] [https://www.blog-der-republik.de/wp-content/uploads/2018/01/1200px-Garzweiler.strip\\_.mine\\_-1024x679.jpg](https://www.blog-der-republik.de/wp-content/uploads/2018/01/1200px-Garzweiler.strip_.mine_-1024x679.jpg)
- [29] [https://www.ststworld.com/wp-content/uploads/2019/06/Bingham\\_Canyon\\_Mine.jpg](https://www.ststworld.com/wp-content/uploads/2019/06/Bingham_Canyon_Mine.jpg)
- [30] <https://i0.hippopx.com/photos/159/730/574/carrara-marble-cave-alps-preview.jpg>
- [31] <https://www.ice.org.uk/ICEDevelopmentWebPortal/media/what-is-civil-engineering/projects/kalgoorlie-super-pit.jpg?ext=.jpg>
- [32] Ekološke monografije 8 (1996); Znanstveno – stručni skup, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina; Amalija Denich, Tehnička i biološka rekultivacija površinskih kopova mineralnih sirovina

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. <i>Pravilna slojevitost [2]</i> .....                                     | 4  |
| Slika 2. <i>Mramor [3]</i> .....   | 6  |
| Slika 3. <i>Kamenolom arhitektonsko - građevnog kamena- Sveti Nikola [5]</i> ..... | 7  |
| Slika 4. <i>Dijamant (brilijant) [6]</i> .....                                     | 7  |
| Slika 5. <i>Zlato [9]</i> .....  | 8  |
| Slika 6. <i>Srebro [10]</i> .....  | 9  |
| Slika 7. <i>Platina [11]</i> .....   | 10 |
| Slika 8. <i>Prikaz onečišćenja mora naftom [13]</i> .....                          | 10 |
| Slika 9. <i>Centralna plinska stanica Molve [14]</i> .....                         | 11 |
| Slika 10. <i>Ugljen [16]</i> .....   | 11 |
| Slika 11. <i>Bakar najbolji vodič topline i elektriciteta [8]</i> .....            | 12 |
| Slika 12. <i>Olovo izvaljano u tanke folije [8]</i> .....                          | 13 |
| Slika 13. <i>NaCl [18]</i> .....   | 14 |
| Slika 14. <i>Geotermalna voda izbija na površinu [19]</i> .....                    | 15 |
| Slika 15. <i>Kamenolom tehničko-građevnog Loskunja kod Vojnića [22]</i> .....      | 16 |
| Slika 18. <i>Prikaz površinskog kopa [27]</i> .....                                | 19 |
| Slika 19. <i>Površinski kop Garzweileru [28]</i> .....                             | 20 |
| Slika 20. <i>Bingham Canyon [29]</i> .....   | 20 |
| Slika 21. <i>Kamenolom Cararra [30]</i> .....                                      | 21 |
| Slika 22. <i>Kop zlata Fimiston [31]</i> .....                                     | 21 |
| Slika 23. <i>Prikaz jalovine [8]</i> .....   | 22 |
| Slika 24. <i>Razrada brdsko-dubinskog tipa površinskog kopa [8]</i> .....          | 25 |
| Slika 25. <i>Biološka sanacija – prenamjena prostora [8]</i> .....                 | 26 |
| Slika 26. <i>Bageri cikličkog načina rada [8]</i> .....                            | 28 |
| Slika 27. <i>Prikaz čelnog kopanja i kopanja u bloku [8]</i> .....                 | 29 |
| Slika 28. <i>Horizontalni rez skeperskog bagera [8]</i> .....                      | 29 |
| Slika 29. <i>Kosi rez skreperskog bagera [8]</i> .....                             | 30 |
| Slika 30. <i>Zone djelovanja eksplozije u stijeni [8]</i> .....                    | 31 |
| Slika 31. <i>Bušotine za različite namjene na površinskim kopovima [8]</i> .....   | 31 |

## POPIS TABLICA

|   |   |
|---|---|
| Tablica 1. <i>Podjela eruptivnih stijena prema količini SiO<sub>2</sub> i mjestu postanka [1] .....</i> | 3 |
|---|---|

