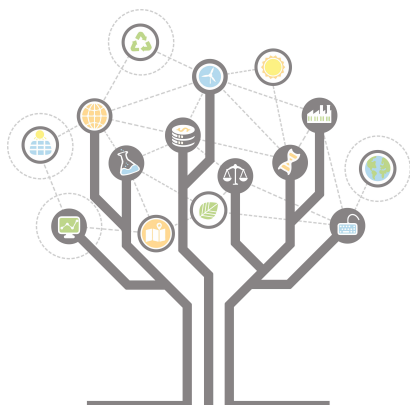


\_\_\_\_\_

**Figure 1.** The effect of the number of trials on the mean accuracy of the responses. The error bars represent the standard error of the mean.

\_\_\_\_\_

---



---



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

Ana Faltak

**METODE ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA MINERALNIH  
SIROVINA**

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

**METODE ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA MINERALNIH  
SIROVINA**

KANDIDAT:

*Ana Faltak*  
Ana Faltak

MENTOR:

Prof. dr. sc. Josip Mesec

NEPOSREDNI VODITELJ:

Dr. sc. Denis Težak

VARAŽDIN, 2019.



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: ANA FALTAK

Matični broj: 2515 - 2014./2015.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

METODE ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA

Rad treba sadržati: 1. Uvod

2. Povijesni razvoj i gospodarski značaj mineralnih sirovina
3. Mineralne sirovine
4. Istraživanje mineralnih sirovina
5. Mineralne sirovine Varaždinske županije
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: 10.04.2019.

Rok predaje: 05.07.2019.

Mentor:

Prof.dr.sc. Josip Mesec

Neposredni voditelj:

Dr.sc. Denis Težak

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

### **Metode istraživanja ležišta 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 Mesec**.

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, 01. srpnja 2019. godina

Ana Faltak

---

(Ime i prezime)

*Ana Faltak*

---

(Vlastoručni potpis)

# SAŽETAK

Ime i prezime: Ana Faltak

Naslov rada: Metode istraživanja ležišta mineralnih sirovina

Rudarstvo je temeljna i kompleksna grana gospodarstva koja se bavi mineralnim sirovinama od istraživanja i otkopavanja do konačnog proizvoda koji se dobije iz rude oplemenjivanjem, radi primjene u svakodnevnom životu. Prerada odnosno oplemenjivanje se vrši pomoću različitih metoda na rudarskim postrojenjima. Mineralne sirovine su neobnovljivi resursi pa ih samim time smatramo nacionalnim blagom bez kojeg bi nam život bio nezamisliv i znatno otežan. Nalaze se na površini Zemlje ili ispod nje, mogu biti organske i neorganske, u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju.

U svrhu saznanja o postojanju ležišta mineralnih sirovina potrebno je provesti istraživanja koja se svode na odabir zemljopisnog područja koje se temelji na iskustvenim podacima i geološkim saznanjima. Osnovni cilj istraživanja je utvrditi kvalitetu i količinu mineralne sirovine u ležištu. Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi. Istraženost ležišta čvrstih mineralnih sirovina prema hrvatskim propisima utvrđuje se geološkim, geofizičkim, geokemijskim, hidrogeološkim i inženjersko-geološkim metodama, svim vrstama površinskih i podzemnih istražnih rudarskih radova te površinskim i jamskim istražnim bušenjem. Ako se utvrdi da je ležište bogato mineralnim sirovinama vrše se postupci kojima se omogućava iskopavanje mineralne sirovine.

**Ključne riječi:** mineralne sirovine, istraživanje ležišta mineralnih sirovina, metode istraživanja

# SADRŽAJ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SADRŽAJ .....                                                                                          | 6  |
| 1. UVOD.....                                                                                           | 1  |
| 2. POVIJESNI RAZVOJ I GOSPODARSKI ZNAČAJ MINERALNIH SIROVINA .                                         | 2  |
| 3. MINERALNE SIROVINE .....                                                                            | 7  |
| 3.1. Vrste i primjena pojedinih vrsta mineralnih sirovina .....                                        | 7  |
| 3.1.1. Arhitektonsko – građevni kamen.....                                                             | 7  |
| 3.1.2. Drago kamenje.....                                                                              | 8  |
| 3.1.3. Plemeniti metali.....                                                                           | 13 |
| 3.1.4. Energetska mineralne sirovine .....                                                             | 16 |
| 3.1.5. Soli.....                                                                                       | 19 |
| 3.1.6. Geotermalne i mineralne vode.....                                                               | 20 |
| 3.1.7. Bentonitne, keramičke i vatrostalne gline .....                                                 | 22 |
| 3.1.8. Pijesak i šljunak .....                                                                         | 25 |
| 3.1.9. Tehničko - građevni kamen .....                                                                 | 25 |
| 4. ISTRAŽIVANJE MINERALNIH SIROVINA.....                                                               | 27 |
| 4.1. Svrha istraživanja mineralnih sirovina .....                                                      | 27 |
| 4.2. Metode istraživanja mineralnih sirovina .....                                                     | 28 |
| 4.2.1. Geološke metode .....                                                                           | 28 |
| 4.2.2. Geofizičke metode.....                                                                          | 31 |
| 4.2.3. Magnetotelurika.....                                                                            | 33 |
| 4.2.4. Raskopi i istražno bušenje .....                                                                | 34 |
| 4.2.5. Istražno i eksploatacijsko bušenje na naftu i plin .....                                        | 36 |
| 5. MINERALNE SIROVINE VARAŽDINSKE ŽUPANIJE.....                                                        | 37 |
| 5.1. Prikaz geološke potencijalnosti mineralnih sirovina Varaždinske županije                          | 39 |
| 5.2. Sadašnje stanje istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina u<br>Varaždinskoj županiji ..... | 41 |

|      |                                                                                                                |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3. | Analiza postojećeg stanja i gospodarskog značenja eksploatacije mineralnih sirovina Varaždinske županije ..... | 43 |
| 6.   | ZAKLJUČAK.....                                                                                                 | 44 |
| 7.   | LITERATURA .....                                                                                               | 46 |
| 8.   | POPIS SLIKA .....                                                                                              | 48 |
| 9.   | POPIS TABLICA.....                                                                                             | 49 |

## 1. UVOD

Rudarstvo je temeljna grana gospodarstva koja se bavi istraživanjem, iskopavanjem, oplemenjivanjem i pripremom mineralnih sirovina za iskorištavanje i neposrednu primjenu u svakodnevnom životu. Mineralne sirovine su nacionalno blago i neobnovljivi su resurs, a rudarstvo je opsežna i kompleksna grana tehnike koja se bavi mineralnim sirovinama bez koje bi opstanak civilizacije bio nezamisliv. [1]

Mineralne sirovine se dobivaju na različite načine ovisno o kojoj mineralnoj sirovini se radi, a prerađuju se različitim metodama na rudarskim postrojenjima. Prije samog eksploatiranja mineralne sirovine potrebno je izvršiti istraživanje ležišta mineralnih sirovina.

Istraživanje ležišta mineralnih sirovina tijekom pripreme i organizacije svodi se na odabir određenog zemljopisnog područja. Istraživanja se vrše s ciljem traženja specifične rude ili specifičnog tipa ležišta na području bogatom mineralima. Kako bi istraživanje bilo potpuno potrebno je sakupiti što više podataka o ležištu, važno je imati što više vlastitih odnosno tuđih iskustvenih podataka, te geoloških saznanja temeljenih na modelima ili novijim teorijama.

Osnovna svrha istraživanja ležišta mineralnih sirovina je utvrđivanje kvalitete i količine rezervi. Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi. [1]

Ovaj završni rad obrađuje temu u 5 poglavlja. U poglavlju 2. „Gospodarski značaj i povijesni razvoj dobivanja mineralnih sirovina“ prikazan je povijesni razvoj rudarstva. Navedene su godine i događaji koji su obilježili rast i razvoj pojedinih metoda i istraživanja tijekom proteklih godina.

U poglavlju 3. „Mineralne sirovine“ opisane su vrste i primjeri pojedinih vrsta mineralnih sirovina te njihove značajke i primjena u svakodnevnom životu.

U poglavlju 4. „Istraživanje mineralnih sirovina“ obrazložena je svrha istraživanja mineralnih sirovina, te metode pomoću kojih se vrše istraživanja. Svaka pojedina metoda je opisana i navedeni su detalji vezani uz metodu o kojoj je riječ.

U poglavlju 5. „Mineralne sirovine varaždinske županije“ iz Studije Geološko rudarske osnove varaždinske županije navedeni su podaci vezani uz ležišta koja se nalaze na području varaždinske županije.

## **2. POVIJESNI RAZVOJ I GOSPODARSKI ZNAČAJ MINERALNIH SIROVINA**

O značaju ruda i rudarstva već su davne 1914. godine na specifičan način pisali Mijo Kišpatić i Fran Tućan u svojoj knjizi *Slike iz rudstva*: „Ma da rude ne svraćaju na se čovjekovu pozornost onoliko koliko biline i životinje, ipak su one isto tako važni članovi prirode, kao biline i životinje. Što više, možemo i moramo ustvrditi, da je u rudstvu klica života, koja se onako lijepo razbujala u biljku i životinju. Bez ruda ne bi bio moguć opstanak bilinskoga carstva. Jer moramo naime znati, da biline ponajglavnije tvari, bez kojih one ne bi mogle ni časa živjeti dobivaju od rude. Što bi biljka primjerice bez fosfora? Za hranu joj je to počelo nužno potrebno, a otkuda da ga dobije? Nigdje ga ne će naći, nego u kamenju i tlu, koje je sastavljeno baš od ruda, u kamenju i tlu, gdje mu je sijelo. Fosfor je tu vezan na jednu rudu, koju nazvaše apatitom. No, nesamo fosfor, nego i još neka druga nužna počela, može bilina dobiti samo iz rude, jer ih drugdje nigdje nema.“ [2]

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 *slika 1.* se sastoji iz dvije boje, zelene i crne. Zelena označava nadu rudara da će živ 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. [1]



*Slika 1. Rudarska zastava [3]*

Sveta Barbara je zaštitnica rudara i svih onih kojima prijeti opasnost od iznenadne smrti ili stradavanja. U njenu čast postavlja se kipić na ulazu u rudnik.

H. Davy je konstruirao 1816. godine rudarsku sigurnosnu svjetiljku *slika 2.* namijenjenu za rasvjetu u rudniku, ali i za rano otkrivanje metana. Ta svjetiljka je spasila život nebrojenim rudarima.



*Slika 2. Davy-eva rudarska svjetiljka [4]*

Najstariji poznati rudnici jesu neolitički rudnici kremena u raznim dijelovima sjeverne Europe kao Spiennes u Belgiji, Grimes Graves u Engleskoj, Krzemionki u Poljskoj i Mauer u Austriji.

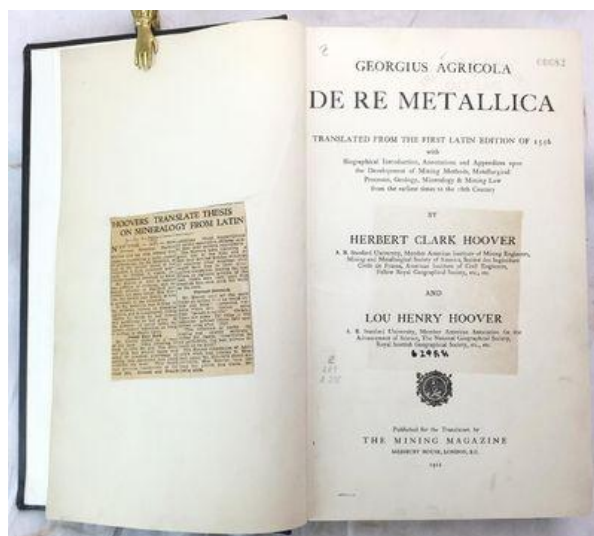
U rudniku kremena Grimes Graves u istočnoj Engleskoj, iskopan je 15 m duboki rov kako bi se došlo do najkvalitetnijeg kremena. Grube procjene govore da se od sirovine dobivene s tog lokaliteta moglo proizvesti oko 28 milijuna kremenih sjekira. [1]

Površinska eksploatacija je najstarija grana rudarstva, jer je prema literaturi jedan od prvih površinskih kopova u mlađem kamenom dobu bio kop kremena Mauer kraj Beča, otvoren oko 4000 godina prije Krista. Postignuta dubina iznosila je 8 metara. Na toj se dubini nalazio sloj crvenkastog rožnjaka - radiolarita. [1]

Taj crveno patinirani kamen je bio osobito prikladan za izradu različitog oruđa; sječiva, šiljaka, strugala i slično, a razbijao i kopao se kukama od rogovlja, klinovima i

čekićima koji su također pronađeni in situ. To ukazuje na činjenicu da su površinski kopovi nastali na mjestima gdje su korisne mineralne sirovine bile na površini ili vrlo blizu nje.

Ipak, zbog sve rjeđih pojava mineralnih sirovina na površini Zemlje i nedostatka tehničkih sredstava, razvoj površinske eksploatacije počeo je stagnirati, a drugi način dobivanja, podzemna eksploatacija postaje sve značajniji. Najznačajnije djelo, koje najbolje u 12 knjiga sistematizira praktično rudarstvo i metalurgiju davnog doba je knjiga *De Re Metallica* slika 3., a napisao ga je Georgius Agricola (1494. – 1555. godina).



*Slika 3. Knjiga De Re Metallica, Georgius Agricola [5]*

U 19. stoljeću je praktično cjelokupna proizvodnja mineralnih sirovina, osim građevinskih materijala, ostvarena podzemnim načinom. Proces dobivanja čelika iz željezne rude je od sredine 19. stoljeća omogućio uporabu čelika u strojogradnji, brodogradnji i ratnoj industriji. Time je započelo čelično doba, i nagli razvoj rudarstva.

Početkom 20. stoljeća, zahvaljujući znanstveno-tehničkoj revoluciji, površinska eksploatacija se razvija paralelno s podzemnom, odnosno jamskom.

Vrlo značajnu ulogu je odigralo usavršavanje parnog stroja, te otkriće motora s unutarnjim sagorijevanjem. Razvoj velikih bagera u drugoj polovici 20. stoljeća je omogućio „silazenje“ površinskih kopova na relativno velike dubine.

Tako je na primjer, danas službeno najdublji površinski kop, kop bakrene rude Chuquicamata u Čileu dubok 900 metara slika 4.



*Slika 4. Kop bakrene rude dubine 900 metara u Chuquibambilla, Peru [6]*

Zahvaljujući razvoju tehnike površinske eksploatacije, konstrukciji velebagera i transportera s kapacitetom od 240 000 m<sup>3</sup>/dan, omogućena je vrlo ekonomična eksploatacija ugljena kao goriva i s nižom energetsom vrijednošću, a pri nepovoljnom odnosu otkrivke prema ugljenu.

Najbolji primjer za to je površinski kop Hambach u rajnskom reviru lignita, otvoren 1978. godine. Godišnja proizvodnja iznosi oko 50 milijuna tona ugljena, a odnos otkrivke prema ugljenu iznosi 6,2 m<sup>3</sup>/t.

Veliki porast proizvodnje mineralnih sirovina i iscrpljenost rudnih rezervi na površini i u plićim dijelovima Zemljine kore, te teškoće u podzemnoj eksploataciji, ubrzali su razvoj podvodne eksploatacije i geotehnoloških (bušotinskih) metoda dobivanja. Podvodna eksploatacija je započela u industrijskim razmjerima tridesetih godina 20. stoljeća.

Geotehnološke metode se zasnivaju na preoblikovanju mineralne sirovine u transportno stanje toplinskim, kemijskim ili hidrodinamičkim postupcima.

Intenzivni industrijski razvoj koji povlači za sobom sve veće potrebe za eksploatacijom mineralnih sirovina, naročito energenata, u najnovije doba je izazvao niz problema vezanih za okoliš. To su: klimatske promjene, oštećenje ozonskog omotača, suše, uništenje šuma, prijetnje održanju bioloških vrsta i ostalo.

Rješavanje tih problema nameće sasvim novi pristup u svim djelatnostima, pa tako i u rudarskoj. Taj pristup u osnovi podrazumijeva izravno uključivanje zaštite i očuvanja okoliša u planove razvoja. S tim u vezi je definiran takozvani koncept održivog razvoja, koji nakon izvješća Svjetske komisije za okoliš i razvoj 1987. godine postao glavnim pojmom i idejom vodio novog pristupa zaštiti i očuvanju okoliša.

Najčešća definicija održivog razvoja je ona po kojoj takav razvoj zadovoljava potrebe sadašnjice, te omogućuje budućim generacijama da zadovolje svoje potrebe. Kako se ne zna što su potrebe budućih naraštaja, pretpostavlja se da one neće biti manje od današnjih.

Rudarstvo u budućnosti neće biti orijentirano samo na otvaranje novih rudarskih pogona, već će sekundarne sirovine dobivati sve više na značaju, recikliranjem i ponovnim korištenjem u izradi novih proizvoda. Time će se u prvom redu čuvati okoliš. Danas se sve više razmatra i mogućnost vađenja korisnih mineralnih sirovina s morskog dna, pa čak i ispod njega jer se velike rezerve vrijednih mineralnih sirovina nalaze ispod dna svjetskih oceana koji čine 2/3 Zemljine površine. Opstanak i razvoj civilizacije u budućnosti i nadalje će biti usko vezan uz rudarstvo jer bez njega nije moguć daljnji napredak.

Osnovna svrha istraživanja ležišta mineralnih sirovina je utvrđivanje kvalitete i količine rezervi, prema Pravilniku o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi, NN 48/1992.

Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi. Za svaku kategoriju utvrđuju se kriteriji, značajke i uvjeti za razvrstavanje [1]

### **3. MINERALNE SIROVINE**

Mineralne sirovine su 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.

#### **3.1. Vrste i primjena pojedinih vrsta mineralnih sirovina**

Mineralne sirovine 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. Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi.

Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi.

##### **3.1.1. Arhitektonsko – građevni kamen**

Arhitektonsko-građevni kamen pripada u geomaterijale, u skupinu nemetalnih mineralnih sirovina. Vadi se u blokovima čijim se piljenjem i daljnjom obradom proizvode kameni elementi slika 5. koji se polažu pri gradnji. Osim kakvoće u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava i mineralnog sastava, arhitektonsko-građevni kamen treba imati i dekorativnu vrijednost. Odlikuje se svojom teksturom i strukturom.[7]

Arhitektonsko-građevni kamen koristi se u graditeljstvu kao zidani element, u vidu ploča i elemenata različitih profila slika 6., za unutarnja i vanjska oblaganja, za izradu raznih nekonstruktivnih elemenata građevina, uređenje interijera, odnosno kao dekorativno-zaštitni i funkcijski element građevnih objekata svih namjena, te u kiparstvu, arhitekturi spomen obilježja i groblja, za izradu fontana, uređenje terasa, trgova i parkova, te za različit proizvode zanatske djelatnosti.[7]

Granit je jedan od najznačajnijih materijala koji se koristio za izgradnju stupova, obeliska, sarkofaga, faraonskih piramida. Graniti su vrlo otporne stijene, njihova trajnost

može biti narušena djelovanjem topline, hladnoće, kiše, snijega i ostalih klimatskih promjena.



*Slika 5. Kamenolom arhitektonsko-građevnog kamena Plano [8]*



*Slika 6. Eksploatacija kamenolom Plano kod Trogira [8]*

### **3.1.2. Drago kamenje**

Drago kamenje je rijetki mineral koji se odlikuje lomom svjetlosti i velikom tvrdoćom. Klasificira se prema kemijskom sastavu, boji i nekim fizičkim svojstvima te po ljepoti i vrijednosti zbog čega se koristi u izradi ukrasnih predmeta i nakita. Postoji više od 30 vrsta dragog kamena, a podijeljeni su na drago kamenje i poludrago kamenje. Drago kamenje dijelimo na redove, prema optičkim svojstvima, čistoći ili rijetkosti.

Vrijednost kamena može se povećati ako ima neki neobični optički fenomen ili slavu prošlost. Masu mjerimo u karatima, jedan karat iznosi 0,2 grama.

Drago kamenje 1. reda: dijamant, rubin, smaragd, safir

Drago kamenje 2. reda: akvamarin, topaz, spinel, opal

**Dijamant** je najtvrdi mineral u prirodi, potječe od grčke riječi *adamas* što znači nesalomljiv. Dijamant slika 7. je najtvrdi materijal koji se može naći u prirodi. Tvrdća dijamanta je 140 puta veća od tvrdoće rubina i safira. Većinom je bezbojan ili lagano žućkast, ali ga se povremeno može naći i u zelenoj, plavoj, crnoj ili crvenoj boji.

Pretpostavlja se da dijamanti nastaju kristalizacijom ugljika pri visokim temperaturama i jakim pritiscima u velikim dubinama zemljine kore. Vulkanska masa tada te kristale potiskuje prema gore na površinu zemljine kore gdje se hlade u kimberlit ili lamporit cijevima, a tamo se i dan danas nalazi većina dijamana. [9]

Vrijednost dijamanta određuje se klasifikacijom četiriju glavnih faktora: boja, čistoća, brušenje i težina (popularno 4C - *colour, clarity, cut, carat*), gdje brušenje predstavlja njegovu proporciju i simetriju te kvalitetu završne obrade. Još dva manje važna faktora utječu na vrijednost dijamanta, a to su oblik kamena i stil brušenja, što se često pogrešno miješa s prije spomenutim pojmom kvalitete brušenja, te eventualni naknadni tretmani na dragom kamenu. [9]



Slika 7. Briljantno brušeni dijamant [9]

**Rubin** je dobio ime po svojoj crvenoj boji (*lat. rubens = crveni kamen*) i spada u grupu korunda. Razne varijante crvene boje slika 8. od ružičaste do boje krvi mogu se

naći u istim nalazištima tako da nije moguće naknadno odrediti izvor od kuda kamen potječe. Najveća su nalazišta u južnoj Aziji, osobiti u Mianmaru i Šri Lanki. Supstanca zbog koje je rubin tako crven je krom dok je u slučaju smečkastih nijansi prisutno i željezo. Kako bi se pojačala boja rubina, kamen se nerijetko podvrgava tretmanu zagrijavanja. Isti postupak može se upotrijebiti za optičko uklanjanje inkluzija, čime se povećava prozirnost rubina. [10]



*Slika 8. Obrađeni rubin u prstenu [10]*

**Smaragd** (grč. smaragdus = zeleni kamen) slika 9. je zeleno obojeni dragi kamen iz grupe berila i najdragocjeniji u toj grupi minerala. 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. Glavna su nalazišta smaragda u Kolumbiji, Brazilu, Uralu, južnoj Africi i zapadnoj Australiji. [1]



*Slika 9. Smaragd u prstenu od bijelog zlata [11]*

**Safir** slika 10. je ime koje je upotrebljavano za razno drago kamenje. U srednjem vijeku tako su nazivali i lapis lazuli. Oko 1800. godine priznati su safir i rubin kao varijacije korunda. Tada se plavo kamenje nazivalo safirima, crveno rubinima, a sve drugih boja svrstavalo se pod mineral korund. Danas se minerali iz grupe korunda svih boja osim crvenih nazivaju safirima. Plavu boju safirima daju željezo i titan, ljubičastu vanadij. Mali dio željeza dat će rezultate u žutim i zelenim tonovima, a krom će prouzročiti rozu boju kamena. Najveća nalazišta safira su Kašmir, Mianmar, Tajland, Indija, SAD i Australija. [1]



*Slika 10. Safir [12]*

**Akvamarin** (lat. aqua=voda + marinus=morski) vrsta je minerala berila, po kemijskom sastavu silikat. Boja, koja dolazi od željeza u njegovom sastavu, varira od svjetlo plave do morsko plave, slika 11. Na temperaturama 400-500°C boja se može lagano promijeniti u tamnije nijanse, dok na višim temperaturama može doći do potpunog gubitka boje. Zato je potrebna velika pažnja kod izrade i popravaka nakita s tim kamenom. Intenzitet boje se također može pojačati pomoću gama zračenja, ali to onda neće biti trajnog karaktera. [13]

Najvažnija nalazišta su u Brazilu, južnoj Africi, Kini, Indiji i u SAD-u. Najveći akvamarin ikad pronađen težio je preko 110 kg. [1]



*Slika 11. Akvamarin - prije i poslije brušenja [13]*

**Topaz** slika 12. je dobio ime po mjestu pronalaska na otoku u Crvenom Moru, Topazos. Boju dobiva zbog željeza i kroma. Najviše se cijene žuti i bezbojni topazi. Podložan je pucanju pa ga treba pažljivo ugrađivati u nakit. Također nije otporan na sumpornu kiselinu.

Danas su najpoznatija nalazišta u Brazilu, a ostala u Afganistanu, Australiji, Burmi, Kini, Japanu, Meksiku, Namibiji, Nigeriji i Rusiji. Poznati su plavi topazi nađeni 1964. u Ukrajini, svaki težak preko 100 kg. [1]



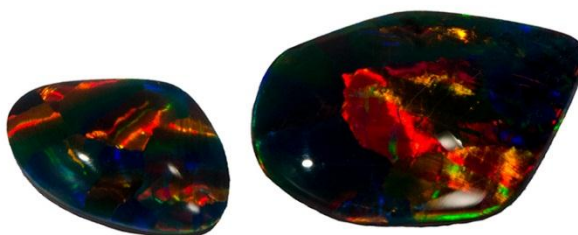
*Slika 12. Raznobojni topaz [14]*

**Spinel** se u mineralogiji naziva čitava grupa srodnih minerala, ali samo neki od njih služe kao drago kamenje. Uglavnom su to crveni zeleni ili plavi spineli, slika 13. Njihovu boju daju im krom, željezo vanadij i kobalt. Spinel je razvrstan kao poseban mineral prije 150 godina. Prije toga se klasificirao kao rubin tako da su neki svjetski poznati rubini zapravo spineli (rubin u Engleskoj kruni). Ima ih u Mianmaru, Šri Lanki, Tajlandu. [1]



*Slika 13. Spinel [15]*

**Opal** slika 14. sa svojim posebnom karakteristikom, a to je njegov mliječno-plavkasti ili biserni (voštani) izgled površine i njegove razne boje koje mogu biti promjenjive, ovisno od kuta promatranja razlikuje se od ostalog dragog kamenja. Opal uvijek u sebi sadrži 3-30% vode. Tijekom vremena postoji mogućnost da kamen izgubi tekućinu, pukne i izgubi opalne vizualne osobine površine. Zbog toga se ne preporučuje njegovo izlaganje toplini. Opal je također neotporan na kiseline i razne kemikalije te treba izbjegavati kontakt sa sapunom i parfemima. Neke vrste opala ubrajaju se u poludrago kamenje. Opal navodno ima izuzetno negativno djelovanje. Taj kamen koji se sjaji u svim bojama kod brojnih ljudi izaziva strah, a tvrdi se da je u tim bojama Bog ovjekovječio 7 smrtnih grijeha. [1]



*Slika 14. Opal [16]*

### **3.1.3. Plemeniti metali**

Grupu plemenitih metala čine zlato, srebro, platina i platinski metali.

**Zlato** slika 15., kemijski simbol Au (lat. Aurum), u elementarnom stanju zlato je plemeniti metal žute boje i jakog sjaja, mekan i vrlo plastičan. Temperatura topljenja zlata je 1064°C, jedna je od fiksnih točaka za baždarenje termometara. Čisto zlato izvanredno

je otporno na zrak, vodu, kisik, sumpor, sumporovodik, rastaljeni alkalij, kiselinu i većinu solnih otopina; otapa se u klornoj vodi i u smjesama solne kiseline s jakim oksidacijskim sredstvima dajući zlato(II)- klorid.

Zlato je jedan od najrjeđih elemenata u Zemljinoj kori. Računa se da ga ima samo oko dvije milijuntine postotka. 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, uprskano obično u kamenim žilama; ponekad ga prati pirit, arsenopirit, srebro i bakar.

Najveće nalazište zlata je na Witwatersrandu u Južnoafričkoj Republici, 1000-3000 m ispod površine Zemlje. Druga značajna nalazišta jesu u Kaliforniji, Koloradu, Aljasci, Kanadi, Australiji i na Uralu.



*Slika 15. Zlato [17]*

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.

Godišnja svjetska proizvodnja zlata iznosi oko 1000 t. Ukupna vrijednost svjetskih zaliha iznosi oko 70 milijardi dolara. Sve više zlata troši se danas u elektronskoj industriji i za programe istraživanja svemira. Oznaka za vrstu legure 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.

**Srebro** slika 16., kemijski simbol Ag ( lat. Argentum). Elementarno srebro jest bijeli, kovak, vrlo rastezljiv plemenit metal, topljiv u nitratnoj i vreloj sulfatnoj kiselini,

otporan i prema alkalijama u rastaljenom stanju. U prirodi se nalazi samorodno, najčešće u društvu sa zlatom i bakrom; i u rijetkim rudama: argentitu, pirargiritu, prusitu, miargiritu, stefanitu, kerargiritu, silvanitu. Tehnički se najveće količine srebra dobivaju iz sirovog olova suhim ili mokrim načinom. Danas se srebro iz rude većinom dobiva mokrim načinom, izluživanjem, većinom s pomoću otopine natrijeva cijanida (cijanizacija). Iz otopine se srebro može taložiti električnom strujom (elektrolizom) ili dodatkom cinka.

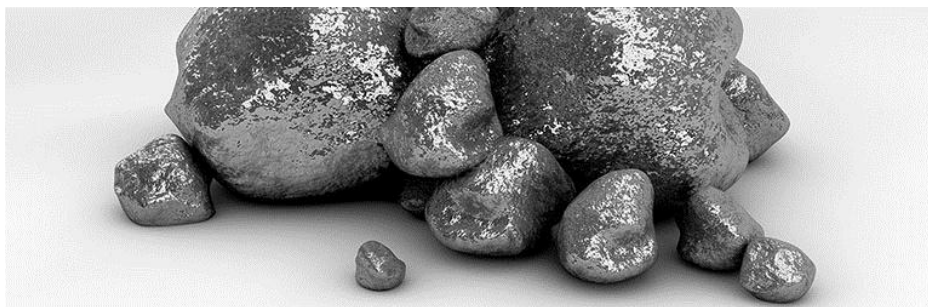


*Slika 16. Srebro*

Oko jedne trećine svjetske proizvodnje srebra upotrebljava se za kovanje novca, ostatak najvećim dijelom za stalni pribor i za nakit; inače se srebro upotrebljava za dobivanje soli srebra, za tvrdo lemljenje, u zubarstvu za amalgam (legura srebra sa živom i kositrom), u elektronici za osigurače, u kemijskoj industriji za posude otporne prema alkalijama i kao katalizator. Srebro se prirodno pojavljuje kao kristal, ali više kao kompaktna masa. Nalazišta su u Norveškoj, Njemačkoj, Meksiku, Čileu, Kanadi, Australiji, Sardiniji i SAD-u.

**Platina**, kemijski simbol Pt (lat. Platinum) slika 17. U elementarnom stanju sivkasto bijel ili siv, sjajan, ne osobito tvrd, dosta žilav metal, koji se užaren može kovati i zavarivati. Relativna gustoća joj je 21,45. Rasprostranjena je u zemaljskoj kori više nego drugi metali platinske grupe i više nego jod, kadmij, srebro, bizmut i živa, ali se na rijetkim ležištima nalazi u većoj koncentraciji; na Uralu, Aljasci i u Kolumbiji dolazi samorodna u naplavinama, u smjesi s paladijem, iridijem, rodijem, osmijem i rutenijem. Platina je plemenit metal, otporan prema većini kemikalija: prema svim kiselinama, halogenima na običnoj temperaturi, rastaljenim solima i živi; nagriza ju je vruća

zlatotopka, klor iznad 500°C, rastaljene alkalije, otopine cijanida u nazočnosti zraka i sumpor na povišenoj temperaturi.



*Slika 17. Platina*

Način dobivanja platine ovisi o sirovini; osniva se većinom na topljivosti platine u zlatotopki, topljivost kloroplatinata u lužini ( za razliku od ostalih teških metala koji ispadaju kao hidroksidi), na taloženju amonijkloroplatinata iz kisele otopine amonij-kloridom i na njegovo prelaženje u platinu pri žarenju.

#### **3.1.4. Energetska mineralne sirovine**

**Ugljen** kao vrsta fosilnog goriva je 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 gorivo. Ugljen slika 18. je organskog podrijetla, uglavnom biljnog, a u manjoj mjeri životinjskog.

Ugljen se dijeli na prirodni i umjetni. Prirodni ugljen nastaje milijunima godina procesom koji se zove karbonizacija ili pougljenjivanje. Umjetni ugljen nastaje tako što se organska materija zagrijava bez prisutnosti kisika, taj proces se zove suha destilacija. S obzirom na sastav ishodišne tvari ugljen može biti humusni, sapropelitni ili liptobiolitni. Na Zemlji ima najviše humusnog ugljena, dok su sapropelitni i liptobiolitni rjeđi.

S obzirom na stupanj karbonizacije razlikuju se kameni ugljen ili smeđi ugljen te treset koji se ne smatra pravim ugljenom. Ugljen se može razlikovati po geološkoj starosti i po primjeni (energetski i tehnološki). Najmlađi je treset, pa smeđi ugljen. Kameni ugljen je stariji, a antracit je najstarija vrsta ugljena.



*Slika 18. Ugljen*

**Nafta** kao vrsta fosilnog goriva je tamna i viskozna tekućina koja se obično pronalazi ispod površine Zemlje ili morskog dna slika 19. To je vrlo složena smjesa različitih spojeva, pretežito ugljikovodika alkanskog, cikloalkanskog i aromatskog reda čiji se sastav mijenja od nalazišta do nalazišta. Nafta je nastala iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo milijuna godina u vozi.

Danas se buši kroz duboke slojeve pijeska, mulja i stijena kako bi se došlo do nalazišta nafte. Prije nego počne bušenje kroz sve te slojeve, znanstvenici i inženjeri proučavaju sastav stijena. Ako sastav ukazuje na moguće nalazište nafte počinje bušenje. Veliki problem prilikom bušenja i transporta je mogućnost isticanja nafte u okoliš. Nove tehnologije omogućavaju povećanje preciznosti kod pronalaženja nafte, a to rezultira manjim brojem potrebnih bušotina.



*Slika 19. Eksploatacija nafte s morskog dna [18]*

Većina ljudi misli da se nafta nalazi u neakvim podzemnim bazenima, ali to nije tako. Nafta se nalazi zbijena u sitnim porama između stijena pod velikim pritiskom. Kada se napravi bušotina do dubine u kojoj se nalaze pore s naftom, te sitne kapljice zbog velikog pritiska navale na bušotinu. To se može usporediti s ispuštanjem zraka iz balona. Zbog tog se prije događalo da se velike količine nafte razliju oko bušotine zbog nepripremljenosti. U početku prirodni pritisak tjera naftu van kroz bušotinu, a nakon toga se naftne kompanije odlučuju na pumpanje nafte iz bušotine.

Pretpostavlja se da će u bliskoj budućnosti proizvodnja nafte doći do vrhunca, a do 2015. godine će biti iscrpljene sve zalihe. Zbog velikog gospodarskog rasta Kine i Indije dolazi do povećane potražnje. Zbog tog bi vrlo lako moglo doći do krize velikih razmjera u svjetskom gospodarstvu. Najveći proizvođači nafte su: Saudijska Arabija, Rusija, Sjedinjene Američke Države, Iran, Irak i Meksiko.

**Zemni i prirodni plin** je fosilno gorivo koje se najvećim dijelom sastoji od metana ( $\text{CH}_4$ ), koji je najjednostavniji ugljikovodik bez mirisa i okusa. Preostali udio su složeniji ugljikovodici, dušik i ugljični dioksid. Kao fosilno gorivo, prirodni plin ima ograničene zalihe. Procijene su da bi zalihe prirodnog plina uz svakidašnju razinu iskorištavanja mogle potrajati još nekih sto godina.

Upotreba prirodnog plina je raznovrsna. Plin se upotrebljava u kućanstvu, koristi se kao sredstvo za grijanje, u industriji, ali se u zadnje vrijeme sve više javlja kao i alternativno gorivo prema nafti za pogon motornih vozila.

Prednost upotrebe prirodnog plina za pogon je u tome što motori pogonjeni prirodnim plinom ispuštaju za polovicu manje štetnih plinova od odgovarajućih dizel motora koji ispunjavaju Euro 2 normu. Osim toga prednost mu se očituje i u činjenici nepostojanja krutih čestica u ispušnoj cijevi, buka je neusporedivo manja kao i niža cijena u odnosu na dizel ili benzin.



*Slika 20. Objekt prerade plina Molve*

Najveći izvor plina u Republici Hrvatskoj se nalazi u Molvama slika 20., malom mjestu u Podravini koje proizvodi čak 70% plina za domaće potrebe. Tamo je i najmoderniji pogon za vađenje, prerađivanje i distribuiranje plina u ovom dijelu Europe. Prema WEC (World Energy Council) svjetske rezerve plina su dovoljne za više od 100 godina.

**Uran** je sastavni dio Zemljine kore, a zastupljen je na njoj s oko 0,0003%. najuobičajeniji i najčešći uranov mineral je uraninit, crni ili tamnosmeđi mineral visoke gustoće, po kemijskom sastavu uranov oksid ( $U_3O_8$ ).

Nalazišta s višim postotkom uranovih ruda rijetka su i stoga to značajnija. Najpoznatija su: Shinkolobwe (Afrika, Kongo), Veliko medvjede jezero (Kanada) i Joachimsthal – Jachymov (Češka)

### **3.1.5. Soli**

Morska i kamena sol, NaCl slika 21. jedna je od najjednostavnijih molekula na Zemlji, a ipak bez nje bi život bio nezamisliv. Čovjekovim organizmu je neophodna za pravilno funkcioniranje. Sol nije ništa drugo nego stijena- mineral/kristal, halit. Dobiva se iz dva glavna izvora. Prvi je morska voda, a drugi su naslage ispod Zemljine površine. Prema načinu proizvodnje razlikuju se morska i kamena sol.



*Slika 21. Sol, NaCl*

Danas 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. Prema načinu primjene najjednostavnije bi je bilo podijeliti na: kuhinjsku sol, industrijsku sol, sol za stoku i sol za ceste.

Solana Pag najveći je proizvođač morske soli u Hrvatskoj, a svoju proizvodnju temelji na tisućljetnoj tradiciji proizvodnje soli na otoku Pagu. Uz sitnu i krupnu morsku sol, industrijsku sol, ona proizvodi i sol za perilice posuđa, razne soli za kupanje te začine za pripremu hrane.

### **3.1.6. Geotermalne i mineralne vode**

Geotermalne vode su sve vode čija je temperatura tijekom cijele godine veća od srednje godišnje temperature zraka u području na kojem se nalazi izvor. Prirodnim mineralnim vodama, koje izlaze iz mineralnih izvora, nazivamo vode koje sadrže više od 1 gram sastojaka u jednoj litri vode ili pak veće količine sastojaka koji se redovito ne nalaze u podzemlju, izvorima ili površinskim vodama ili su u njima prisutni samo u neznatnim tragovima. Danas geotermalne i mineralne vode imaju široku primjenu, od zdravstvenog i topličkog turizma do korištenja u zagrijavanju prostorija. Gospodarenje njima trebalo bi biti znatno ekonomičnije i racionalnije nego dosad, za dobrobit svih stanovnika koji se njima koriste. Geotermalna energija se danas koristi u raznim

namjenama kao što su: proizvodnja električne energije, za grijanje, u poljoprivredi (sustav grijanja staklenika, uzgoj riba...).[19]

*Tablica 1. Osnovna klasifikacija termalnih i mineralnih voda [20]*

| Karakteristiku daje   |                  | Naziv vode  |
|-----------------------|------------------|-------------|
| Prirodna temperatura  | ispod 20°C       | hladna      |
|                       | od 20°C do 34°C  | Hipoterma   |
|                       | od 34° C do 38°C | Izoterma    |
|                       | iznad 38°C       | Hiperterma  |
| Ukupna mineralizacija | iznad mg/kg      | mineralna   |
| Elementi u tragovima: |                  |             |
| Željezo               | iznad 10 mg/kg   | Željezovita |
| Arsen                 | iznad 0,7 mg/kg  | Arsenska    |
| Fluor                 | iznad 2 mg/kg    | fluorna     |
| Jod                   | iznad 1 mg/kg    | Jodna       |
| Plinovi:              |                  |             |
| Karbon-dioksid        | iznad 1000 mg/kg | Kiselica    |
| Sumpor                | iznad 1 mg/kg    | sumporna    |
| Radioaktivne tvari:   |                  |             |
| Radion                | iznad 2,2 u nc/l | radonska    |
| Radij                 | iznad 0,1 u nc/l | radijska    |

Prirodni termalni (temperatura najmanje 20°C) izvori u Hrvatskoj su:

- Tuheljske toplice
- Krapinske toplice
- Stubičke toplice
- Sutinska vrela (Podsused)
- Daruvarske toplice
- Velika

- Lešće
- Topusko

Prirodni mineralni izvori (najmanje 1g/L krutih tvari):

- Apatovac
- Jamnica
- Lasinja
- Mokošica

Prirodni termo-mineralni izvori (temperatura > 20°C; >1g/L):

- Varaždinske Toplice slika 22.
- Lipik
- Sveti Stjepan-Istarske Toplice
- Split [20]



*Slika 22. Prirodno termo-mineralni izvor Varaždinske Toplice [20]*

### **3.1.7. Bentonitne, keramičke i vatrostalne gline**

Gline su sedimenti nastali raspadom magmatskih stijena pod utjecajem atmosferskih prilika. Specifičnost gline je u tomu da pri temperaturi od 550°C u potpunosti gube vodu. Čiste gline imaju bijelu ili sivkastu boju, a nečiste žutu od limonita, crvenu od hematita, zelenkastu od glaukonita, tamnosivu odnosno crvenu od organskih materijala.

**Bentonitne gline** slika 23., bentonit je dobio 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. Bentonit se koristi za bistrenje i stabilizaciju vina. Bentonitne gline koriste se za pripremu svih vrsta pješčanih kaluparskih mješavina u ljekarstvu, pri bušačkim radovima.



*Slika 23. Bentonitne gline*

**Keramičke gline** obično su sive i svjetlosive boje, a ponekad žućkaste ili crvenkaste. Od minerala su najčešći kaolinit, ilit, kvarc, glinenci, tinjci te limonit. To su uglavnom visokoplastične gline u čijem je sastavu najdominantniji kvarc  $\text{SiO}_2$ .

Riječ keramika dolazi od grčke riječi *keramos*, što znači lončar ili lončarija. Prve napravljene posude su pronađene u Palestini, Siriji i jugoistočnoj Turskoj. Na samom početku razvoja keramičarske vještine ukrašavanja u Hrvatskoj se javlja tzv. *impresso*-keramika gdje se ornament stvara utiskivanjem noktom, trskom ili školjkom, a primjeri su nađeni kraj Zadra. Neolitska keramika je nepravilna jer je oblikovana rukom bez primjene lončarskog kola slika 24. U plodnim ravnicama istočne Slavonije razvila se osebujna varijanta lončarstva u prijelaznom eneolitskom razdoblju (3500-2300. godina prije nove ere), takozvana *vučedolska kultura*, *vučedolska golubica*. [1]



*Slika 24. Keramička glina*

**Vatrostalne gline** slika 25. slične su po svojem mineraloškom i kemijskom sastavu keramičkim glinama. Visoki stupanj vatrostalnosti ( 1. stupanj znači da kod  $1500^{\circ}\text{C}$  ostaju nepromijenjene), omogućava im široku primjenu, naročito u ljevaonicama.



*Slika 25. Gotovi proizvod izrađen od vatrostalne gline*

Primjer za to je i nalazište vatrostalne gline Grahovljani, koja se rabi u ljevaonici peći u Požegi. Vatrostalne gline su veziva s malim postotkom primjesa. Najčistija vrsta je kaolin, koji se topi na temperaturi preko  $1800^{\circ}\text{C}$ , upotrebljava se u metalurgiji kao vatrostalno vezivo kod zidanja obloga visokih i drugih peći, te za izradu šamota.

Šamot je proizvod koji se dobiva pečenjem vatrostalne gline na temperaturi od  $1250^{\circ}\text{C}$  -  $1350^{\circ}\text{C}$ , a zatim finim mljevenjem pečenog proizvoda. [1]

### 3.1.8. Pijesak i šljunak

Šljunak i pijesak spadaju u krupnozrnato, nevezano, koherentno tlo. Promjer zrnaca šljunka je od 60 mm do 2 mm dok je promjer zrnaca pijeska od 2 mm do 0,06 mm.

Šljunak je najkorišteniji materijal u građevinarstvu. Ovisno o primjeni šljunka, javljaju se potrebe za upotrebom šljunka čija zrna pripadaju određenom opsegu veličina. Eksploatacija pijeska i šljunka prikazana na slici 26. Takav šljunak se dobiva prosijavanjem, odnosno separacijom. Na taj se način šljunak i pijesak razvrstava u grupe koje se nazivaju separacije.



*Slika 26. Eksploatacija pijeska i šljunka*

U rudarstvu se pod pojmom „građevni pijesak i šljunak“ podrazumijevaju nevezane sedimentne stijene dimenzija čestica krupnijih od čestica gline i praha. U graditeljstvu se koristi za različite namjene, kao prirodni ili frakcionirani agregat, npr. za beton i asfalt. Pijesak se najčešće kao rovna sirovina iz ležišta koristi za izradu posteljice za infrastrukturne vodove, za izradu žbuke, kao komponenta kojom se korigira granulometrijski sastav mješavina za beton i asfalt beton i ostalo. [1]

### 3.1.9. Tehničko - građevni kamen

Radi potpunog razumijevanja, treba razlučivati termin kamen (opći naziv za tvrdi prirodni anorganski materijal) od termina tehnički građevni kamen slika 27. (mineralna sirovina). Svaki kamen nije ujedno i tehnički građevni kamen. Tehničko građevni kamen je onaj koji se može primijeniti za neku od tehničkih namjena, što je uvjetovano njegovim fizičkim, kemijskim i tehničko-tehnološkim svojstvima, koja pak moraju udovoljavati

tehničkim uvjetima za primjenu u graditeljstvu. Nešto sveobuhvatnija definicija glasi: pod tehničkim građevnim kamenom podrazumijevaju se sve vrste kamena eruptivnog, metamorfnog ili sedimentnog podrijetla, odvojenog od stijene na prirodan ili umjetan način, a koristi se u graditeljstvu za visokogradnju i niskogradnju, bilo kao lomljeni kamen, nadrobljeni ili drobljeni, nefracionirani ili fracionirani kamen agregat.



*Slika 27. Iskapanje tehničko-građevnog kamena [8]*

Tehničko građevni kamen koristi se u graditeljstvu:

- 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
- U visokogradnji: kao lomljeni kamen za zidanje, za proizvodnju drobljenog kamenog agregata i drobljenog pijeska, za izradu betona, žbuka i mortova
- U hidrogradnji: za izradu kamenog nabačaja, za izradu obalautvrda, za izradu vodopropusta, za izradu drenažnih sustava, za proizvodnju drobljenog kamenog agregata i drobljenog pijeska za izradu betona. [1]

## **4. ISTRAŽIVANJE MINERALNIH SIROVINA**

Na temelju članka 171. Zakona o rudarstvu (»Narodne novine« broj 56/2013) ministar gospodarstva, donosi Pravilnik o istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina. [18]

Ovim pravilnikom određuje se sadržaj prijedloga fizičke osobe ili pravne osobe za raspisivanje javnog nadmetanja za odabir najpovoljnijeg ponuditelja za istraživanje mineralnih sirovina radi davanja koncesije za eksploataciju, imenovanje odgovornog voditelja izvođenja rudarskih radova u istražnom prostoru, jamstva za troškove sanacije istražnog prostora, izvješća o obavljenim rudarskim radovima u istražnom prostoru, zahtjev ovlaštenika istražnog prostora za utvrđivanje eksploatacijskog polja, zahtjev ovlaštenika eksploatacijskog polja za davanje koncesije, imenovanje odgovornog voditelja izvođenja rudarskih radova eksploatacije mineralnih sirovina, jamstva za troškove sanacije eksploatacijskog polja i neispunjavanje obveza iz ugovora o koncesiji, obveze rudarskih gospodarskih subjekata i prekršajne odredbe. [18]

### **4.1. Svrha istraživanja mineralnih sirovina**

Istraživanje mineralnih sirovina svodi se na odabir određenog zemljopisnog područja. Taj izbor zasnovan je na kriteriju traženja specifične rude ili specifičnog tipa ležišta na području bogatom mineralima. Važno je da za potencijalni istražni prostor postoji dovoljno vlastitih odnosno tuđih iskustvenih podataka, te geoloških saznanja temeljenih na modelima ili novijim teorijama. Osnovna svrha istraživanja ležišta mineralnih sirovina je utvrđivanje kvalitete i količine rezervi. [1]

Istraženost ležišta čvrstih mineralnih sirovina prema hrvatskim propisima utvrđuje se svim metodama geoloških, geofizičkih, geokemijskih, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja: svim vrstama površinskih i podzemnih istražnih rudarskih radova te površinskim i jamskim istražnim bušenjem. Podaci iz bilance rezervi mineralnih sirovina za svako pojedino ležište poslovna su tajna rudarskog poduzeća ili samostalnog poduzetnika i bez njegove suglasnosti, ne smiju se javno objavljivati.

Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi tablica 2. Za svaku kategoriju utvrđuju se kriteriji, značajke i uvjeti za razvrstavanje.

*Tablica 2. Klasifikacija i utvrđivanje rezervi mineralnih sirovina [1]*

|                                                                                                           |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Kategorije rezervi- utvrđuju se ovisno o stupnju istraženosti (potvrđenosti) i stupnju poznavanja kakvoće |                            |
|                                                                                                           | A, B, C1 (utvrđene)        |
|                                                                                                           | C2, D1 i D2 (potencijalne) |
|                                                                                                           |                            |
| Utvrđene rezerve A,B i C1 kategorije- klasificiraju se ovisno o mogućnostima njihove eksploatacije        |                            |
|                                                                                                           | Bilančne                   |
|                                                                                                           | Izvanbilančne              |

U bilančne rezerve uvrštavaju se one koje se poznatom tehnikom i tehnologijom mogu rentabilno eksploatirati. U izvanbilančne se pak svrstavaju one utvrđene rezerve, koje se poznatom tehnikom i tehnologijom ne mogu eksploatirati.

Ležišta čvrstih mineralnih sirovina dijele se na skupine i podskupine na temelju: veličine i složenosti oblika (morfoloških obilježja), pripadnosti određenim genetskim tipovima odnosno rudonosnim formacijama, mineralnog sastava i njegovih obilježja, karaktera raspodjele korisnih komponenti, strukturno-tektonskih obilježja i zahvaćenosti posrednim tektonskim pokretima.

Pripadnost ležišta određenoj skupini i podskupini određuje optimalnu vrstu i gustoću odnosno međusobnu udaljenost istražnih radova.

## **4.2. Metode istraživanja mineralnih sirovina**

### **4.2.1. Geološke metode**

Oprema koja je potrebna za geološka istraživanja su geološki čekić, geološki kompas, lupa, visinomjer, GPS uređaj, mobitel, terenska mapa, pribor za uzorkovanje, vrećice za uzorke i bočica HCl.

Geološki čekić slika 28. služi za odvajanje i lomljenje dijelova stijene kako bi se dobio svjež prijelom, geologu potreban za utvrđivanje teksture, strukture, prirode, mineralnog i fosilnog sastava stijene te njene starosti. Glava čekića je s jedne strane tupa i njome se udara po dijelu koji se želi odlomiti od matične stijene ili pak po već

odlomljenom komadu stijene, kako bi ga se prepolovilo. Druga strana čekića je zašiljene u obliku pijuka.



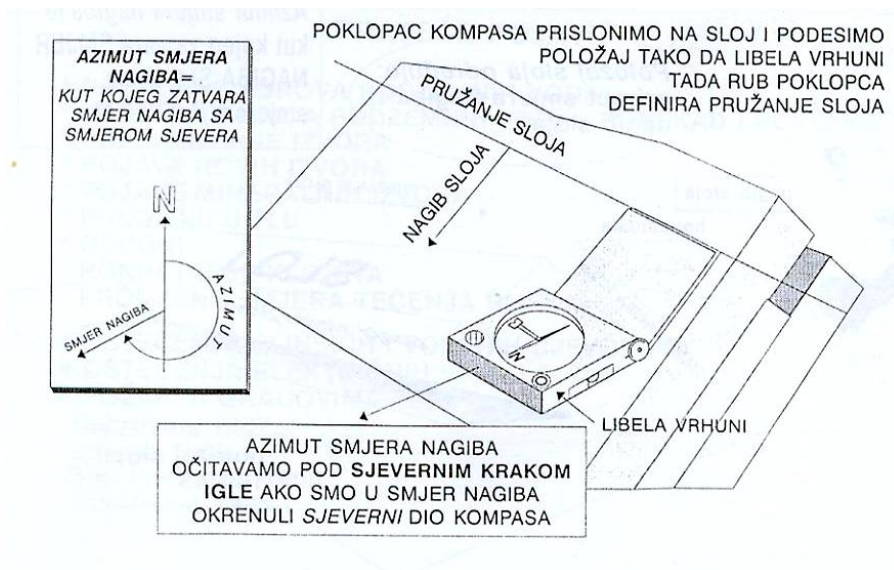
*Slika 28. Geološki čekić [21]*

Izrađen je od posebnih materijala metalne legure (posebne vrste čelika) te mu je drška obložena plastičnim materijalom koji amortizira udarac i onemogućava klizanje drške, metalni dio čekića se obavezno izrađuje od jednog dijela.



*Slika 29. Geološki kompas*

Geološki kompas slika 29. koristi se za mjerenje položaja sloja te smjer nagiba. Geološki kompas razlikuje se od uobičajenog kompasa po obrnutom položaju sjevera i juga. Mjerenje položaja sloja na terenu vrši se tako što poklopac kompasa prislonimo na sloj slika 30. i podesimo položaj tako da libela vrhuni, tada rub poklopca definira pružanje sloja. Azimut smjera nagiba očitavamo pod sjevernim krakom igle ako smo u smjer nagiba okrenuli sjeverni dio kompasa. Azimut smjera nagiba je kut kojeg zatvara smjer nagiba sa smjerom sjevera.



Slika 30. Mjerenje položaja sloja na terenu pomoću geološkog kompasa [1]

Geološka lupa slika 31. je optički instrument koji služi za terensko uočavanje sitnih detalja u stijeni koji su nevidljivi golom oku. ima povećanje obično 10 do 12 puta. Treba biti što kvalitetnija, sa što većim vidnim poljem i što manjom distorzijom.



Slika 31. Geološka lupa

GPS uređaj slika 32. je instrument za očitavanje geografskih koordinata. Funkcionira pomoću 27 satelita od kojih je 24 aktivno, a tri služe kao pričuva u slučaju kvarova. Za računanje je potreban signal od najmanje tri satelita. Vrijeme koje je emitirano signalu potrebno da prijeđe put između jednog satelita i točke na Zemlji služi za kalkulaciju njihove udaljenosti. Preciznost ovog sistema iznosi oko 10 cm. GPS sistem pripada vlasništvu američkih vojnih snaga.



*Slika 32. GPS uređaj*

#### **4.2.2. Geofizičke metode**

U geofizička istraživanja spadaju neinvazivne metode ispitivanja kojima se neizravno ispituju geotehnički parametri tla. Rezultat geofizičkih metoda je dobivanje uvida u karakteristike tla i rasprostiranje slojeva u 2D i 3D prostoru. Geofizička istraživanja slika 33. primjenjuju se za indirektno istraživanje geološke građe i fizičko-mehaničkih značajki tla ili stijena.

Geofizičke metode koje se koriste u geološkim istraživanjima su seizmičke metode koje rabe umjetno izazvane seizmičke valove i geoelektrične metode kod kojih se mjeri prolaz električnih struja. Koristi se i električna tomografija koja omogućuje potpuno pokrivanje trodimenzionalnog prostora i definiranje preciznih prognoznih geoloških modela, te georudarske metode koje koriste mjerenje promjera veličine gravitacije Zemlje za određivanje dubokih geoloških struktura.

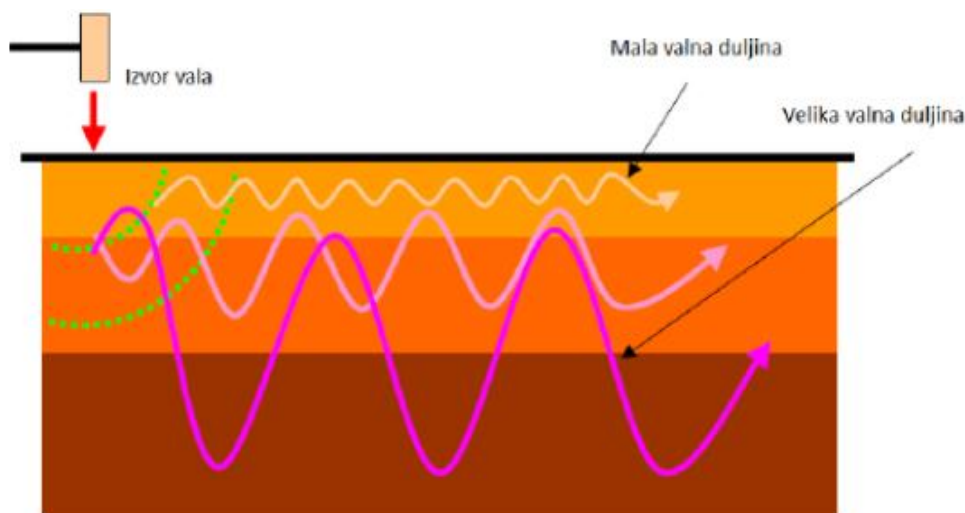


*Slika 33. Geofizičko istraživanje [22]*

Postoje različite vrste geofizičkih metoda, a razlikuju se po tome što mjere različita svojstva tla (elastična, magnetska, električna, radioaktivna i dr.). Najvažnije geofizičke metode su seizmičke geofizičke metode. Njihovim istraživanjem i primjenom bavi se najviše geofizičara i drugih znanstvenika. Također, u njih se u svijetu i ulaže najviše financija

**Seizmičke metode** kod geofizičkog istraživanja mjere brzinu prodiranja umjetno izazvanih elastičnih seizmičkih uzdužnih, longitudinalnih ili primarnih P-valova i poprečnih, transversalnih ili sekundarnih S-valova slika 34.

Osnovne seizmičke metode su seizmička refrakcija i seizmička refleksija. Seizmički valovi su umjetno inicirani pomoću eksplozije ili jačeg udarca. Seizmička refleksija i refrakcija koriste longitudinalne (P) valove jer ih je najlakše generirati, a pošto su i najbrži najlakše ih je registrirati. Kod geotehničkih i seizmičkih istraživanja potrebno je poznavati brzinu kretanja posmičnih (S) valova ( $V_s$ ) jer o njoj najviše ovise modul smicanja (G) i Young-ov modul (E) koji se koriste pri projektiranju konstrukcija. Prema tome, brzina posmičnih valova ( $V_s$ ) predstavlja osnovni geomehanički parametar.



Slika 34. Disperzija površinskih valova ovisno o frekvenciji i valnoj duljini [23]

Brzina S valova blizu površine terena može se utvrditi sa refrakcijskim seizmičkim istraživanjima. Pri ovoj vrsti istraživanja koriste se horizontalni geofoni i poseban način generiranja posmičnih valova. Jedan od načina je udaranjem čekića po bočnoj strani metalne ploče koja je čvrsto usidrena u tlo. Ako na terenu imamo već gotove bušotine, brzina S valova može se odrediti mjerenjima u jednoj bušotini (*down-hole* i *up-*

*hole* metode) ili mjerenjem u dvije bušotine (*cross-hole* metoda). Seizmičke refrakcijske metode s mjerenjem S valova su razmjerno teške i dugotrajne, a mjerenja u bušotinama zahtijevaju i skupo bušenje.

Refrakcijskom metodom moguće je uspješno izdvojiti sredine različitih elastičnih konstanti naslaga u podlozi (debljina sedimenata iznad osnovne stijene, stupanj trošnosti i okršenosti stijenske mase i slično), a refleksijskom metodom geološku građu.

**Geoelektrične metode,** pri geoelektričnim metodama u geofizičkim istraživanjima mjeri se prolaz električnih struja ili prirodnog električnog polja. U geološkim istraživanjima koriste se sljedeće geoelektrične metode: metoda električnog otpora, elektromagnetska metoda i metoda spontanog potencijala. Dvije osnovne metode mjerenja električnog otpora geoelektrično sondiranje i geoelektrično profiliranje, koriste činjenicu da pojedine vrste stijena imaju različit specifični otpor prilikom prolaska električnih struja. Elektromagnetska metoda temelji se na pojavi indukcije prilikom prolaska električnih struja u vodljivim vrstama stijena. Metoda spontanog potencijala temelji se na mjerenju električkog potencijala koje izaziva tok podzemne vode, elektrokemijski procesi u rudnim ležištima i slično. Georadarska metoda koristi elektromagnetske zrake iz radarskog dijela spektra za otkrivanje anomalija u geološkoj građi u plićem dijelu podzemlja, do dubine 10-15 metara.

#### **4.2.3. Magnetotelurika**

Magnetotelurika je elektromagnetska metoda koja daje raspodjelu električnih otpornosti u podzemlju, međutim koristi se mjerenjem prirodnog električnog i magnetskog polja Zemlje. Budući da dubina zahvata zavisi isključivo od frekvencija koje se registriraju, snimanjem dugih perioda moguće je postići vrlo duboki zahvat, i do više desetaka kilometara. Magnetotelurika je jedna od rijetkih geofizičkih metoda koja omogućuje istraživanje Zemlje na mnogo kilometara mjerise se pomoću instrumenata za mjerenje električnog i magnetskog polja slika 35. Novim načinima obrade podataka magnetotelurike moguće je osim rasporeda otpornosti predvidjeti i raspored temperatura u podzemlju.



*Slika 35. Uređaj za mjerenje metodom magnetotelurika*

Omogućuje vrlo brzo i operativno preliminarno istraživanje hidrogeoloških ili geotehničkih ležišta. Osnovna pretpostavka da se pojedina geološka tijela razlikuju svojom otpornošću i magnetskom propusnošću. Propusnost na korištenim frekvencijama nije značajna. Glavni ograničavajući faktor je poremećaj elektromagnetskog polja koji značajno odstupaju od modela ravnog vala koji udara okomito na Zemljinu površinu.

Teorija se temelji na ideji da su izvori prirodnog elektromagnetskog polja dovoljno udaljeni od mjesta mjerenja, tako da se prirodno magnetsko polje može lokalno aproksimirati ravninskim elektromagnetskim valovima koji udaraju okomito na Zemljinu površinu

#### **4.2.4. Raskopi i istražno bušenje**

Raskopi se obično izrađuju tamo gdje je pokrivač tanak i rastresit pa je moguće izravno promatranje i mjerenje građe pokrivača i površine osnovne stijene. Pri tomu se često za izradu raskopa koriste i strojevi, na primjer cikličkog načina rada. Poremećeni uzorci dobiveni „in situ“ otpremaju se u laboratorij radi daljnjih analiza.

Geotehničko istražno bušenje slika 36. je jedna od metoda istraživanja podzemlja te je vrlo često sastavni dio geotehničkih istražnih radova. Omogućava vizualni uvid u geološki i geotehnički profil istraživane lokacije. Najbitniji rezultat istražnog bušenja je bušača jezgra koja predstavlja dubinski profil podloge istraživane pozicije.



*Slika 36. Istražno bušenje [22]*

S obzirom na način izvedbe razlikujemo sljedeće metode istražnog bušenja:

- Rotacijsko istražno bušenje – bušači alat se strojno rotira i hidraulički utiskuje s površine terena pomoću šupljih bušačkih šipki
- Udarno istražno bušenje – predstavlja metodu strojnog ili ručnog istražnog bušenja, kojom se šuplje bušaće šipke udarno utiskuju s površine terena pomoću strojnih uređaja ili alata
- Istražno bušenje sa spiralom – metoda strojnog ili ručnog istražnog bušenja koja koristi čeličnu plosnatu spiralu učvršćenu na bušaču šipku, a koja se sa spiralom strojno uvrće u tlo
- Prospektorsko istražno bušenje – koristi se bušaća garnitura za rotacijsko istražno bušenje s punim svrdlom bez jezgrovanja. Prospektorsko istražno bušenje se koristi za utvrđivanje debljine pokrivača [1]

Od navedenih metoda istražnog bušenja, jedino se rotacijsko istražno bušenje može izvoditi u čvrstim stijenama, dok se u slabim stijenama ograničeno mogu izvesti i druge metode istražnog bušenja. Bez obzira na metodu istražnog bušenja, bušotina se može zaštititi zaštitnom cijevi (kolonom) od urušavanja kada prolazi kroz pijesak ili šljunak, ili od istiskivanja kada prolazi kroz slojeve meke gline.

#### **4.2.5. Istražno i eksploatacijsko bušenje na naftu i plin**

Energenti kao što su nafta i plin su pokretači gospodarskog rasta. Hrvatska ima bogatu povijest proizvodnje nafte i plina koja traje preko 60 godina.

Domaća proizvodnja u RH pada te je potrebno osigurati nove investicije u istraživanje ugljikovodika s ciljem povećanja domaće proizvodnje nafte i plina s obzirom na to da su svojevremeno ulaganja u istražne radnje pala zbog nedostatnih sredstva u nova ulaganja kako na moru tako i na kopnu. Proizvodnja nafte je od 2007. do 2013. pala za 34.6%, dok je proizvodnja plina pala za 28.5%.

Trenutno se u RH proizvodi oko 70% potreba plina i 20% potreba nafte slika 37. Energenti kao što su nafta i plin su pokretači gospodarskog rasta. U današnje vrijeme, dostupan energent znači jeftin energent te je energetska neovisnost pitanje suvereniteta i sigurnosti svake države.[1]

Istražni prostor je prostor na kojem je moguće istraživati ugljikovodike uz strogu kontrolu i ograničenja. Istražni prostor je prostor na kojem je moguće provesti istražne radnje u svrhu istraživanja ugljikovodika pod strogo kontroliranim uvjetima. Na području Jadranskog mora definirano je 28 istražnih prostora prosječne veličine između 1.000 i 1.600 km<sup>2</sup>. Istražni prostori koji su definirani u travnju 2014. godine odmaknuti su 10 km od obale i 6 km od otoka što ranije nije bio slučaj s obzirom na to da su istražni prostori zauzimali 100% Jadranskog mora te su uključivali otoke i obalu.

Na istražnom prostoru postoje razna ograničenja te je istražne aktivnosti moguće provoditi isključivo u skladu s ograničenjima. U 5 godina koliko traje istraživanje, istražne radnje u moru traju samo 6 mjeseci.

Eksploatacijsko polje je prostor na kojem je utvrđeno komercijalno otkriće nafte i/ili plina te su potvrđene rezerve i dozvoljena je eksploatacija. Trenutno na sjevernom dijelu Jadrana RH ima 3 eksploatacijska polja na kojima radi 20 proizvodnih plinskih platformi.

Eksploatacijska ugljikovodika podrazumijeva proizvodnju nafte ili plina, koja zavisno o veličini samog ležišta traje u prosjeku 25 godina.

Istražnom bušotinom čija izrada zavisno o dubini mora traje između mjesec dana pa do četiri mjeseca potvrđuje se identificirano ležište ugljikovodika za koje se sumnja da ima značajne količine nafte i/ili plina.



*Slika 37. Crpilište nafte u Ivanić Gradu*

Eksploatacijskom bušotinom razrađuje se potvrđeno ležište s ciljem proizvodnje nafte ili plina iz potvrđenog ležišta.

Eksploatacijske bušotine kojima se razrađuje potvrđeno ležište spajaju se na platformu. Na jednu platformu može biti spojeno nekoliko eksploatacijskih bušotina, što zavisi o samom ležištu. Primjerice na sjevernom Jadranu imamo 20 plinskih platformi, na koje je spojeno 50-ak eksploatacijskih bušotina.

## **5. MINERALNE SIROVINE VARAŽDINSKE ŽUPANIJE**

Hrvatski geološki institut u srpnju 2015. godine izdao je konačnu Rudarsko-geološku studiju Varaždinske županije. Naručitelj ove studije je Varaždinska županija, a izvoditelj je Hrvatsko geološki institut, Zavod za mineralne sirovine. Studija je obuhvatila sve gradove i općine Varaždinske županije.

Polazne osnove za izradu rudarsko-geološke studije su ciljevi prostornog uređenja, kojima se želi ostvariti ravnomjeran prostorni razvoj usklađen s gospodarskim, društvenim i okolišnim polazištima, uravnoteženjem regionalnih razvojnih procesa i s

njima povezanih zahvata u prostoru i različitim potreba i interesa korisnika prostora, postižu se primjenom načela prostornog uređenja u izradi, donošenju i provedbi prostornih planova. S obzirom da se Studija bavi rudarskom djelatnošću (sektor gospodarstva: rudarstvo) i prirodnim, uglavnom neobnovljivim resursima (domena prirodnih resursa: mineralne sirovine) svi su ciljevi i načela ovdje važni te su navedeni u cijelosti. U planiranju rudarskih radova važno je, između ostalog, poznavati razine i usklađenost prostornih planova. U slučaju neusklađenosti prostornih planova, a prilikom izdavanja akata za provedbu prostornog plana postupa se tako što se akt za provedbu prostornog plana izdaje u skladu sa zakonom, prostornim planom i drugim propisima donesenim na temelju ovoga zakona i posebnim propisima, ako zakonom nije propisano drukčije. Sve djelatnosti koje se smatraju rudarskim radovima u smislu Zakona u rudarstvu mogu se izvoditi samo izvan građevinskih područja. Izvan građevinskog područja može se planirati istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina. [24]

U slučaju kada fizička osoba ili pravna osoba podnosi prijedlog za raspisivanje javnog nadmetanja za dobivanje koncesije za istraživanje u svrhu eksploatacije, u prijedlogu obvezno mora prema članku 24. Zakona o rudarstvu naznačiti, odnosno priložiti dokaz da je zatraženi prostor za istraživanje u svrhu eksploatacije dokumentima prostornog uređenja planiran za izvođenje rudarskih radova (dokaz iz članka 23. stavka 1. Zakona o rudarstvu). Predmetni dokaz može predstavljati lokacijska informacija iz članka 36, a u svezi članka 124. Zakona o prostornom uređenju.[24]

Kao sredstvo provođenja dokumenata prostornog uređenja propisana je lokacijska dozvola, koja se izdaje u skladu s dokumentima prostornog uređenja i posebnim propisima. U postupku donošenja odluke o koncesiji prema posebnom zakonu na temelju koje će se provesti zahvat u prostoru, mora se pribaviti lokacijska dozvola, što znači da se za svaku eksploataciju mineralnih sirovina mora ishoditi lokacijska dozvola.

Rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš obavezno je za sve zahvate u rudarstvu. Slijedom odredbi Zakona o zaštiti okoliša donijeta je i Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 64/08, 67/09). Njome je propisano da je Procjena utjecaja na okoliš potrebna za sve zahvate u nadležnosti Zakona o rudarstvu: Eksploatacija mineralnih sirovina: - energetske mineralne sirovine, ugljen, nafta i plin (crpljenje, oplemenjivanje to jest odstranjivanje nečistoća i vode, transport kada je u vezi s eksploatacijskim poljem i skladištenje u geološkim strukturama), mineralne sirovine iz kojih se mogu proizvoditi

metali i njihovi spojevi, nemetalne mineralne sirovine - grafit, sumpor, magnezit, fluorit, barit, azbest, tinjac, fosfat, gips, kalcit, kreda, bentonitna glina, kremen, kremeni pijesak, kaolin, keramička i vatrostalna glina, feldspat, talk, tuf, sirovine za proizvodnju cementa i vapna, te karbonatne i silikatne sirovine za industrijsku preradu, arhitektonsko - građevni kamen, sve vrste soli i solnih voda, mineralne i geotermalne vode iz kojih se mogu dobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe, tehničko-građevni kamen, građevni pijesak i šljunak te ciglarska glina Eksploatacija šljunka i pijeska iz obnovljivih izvora koja se odvija pri tehničkom održavanju vodotoka spada u područje nadležnosti Zakona o vodama i za nju nije propisana procjena utjecaja na okoliš.[24]

Eksploatacija mineralnih sirovina u tokovima rijeka i njihovom inundacijskom području, odnosno u području važnom za vodni režim obavlja se po Zakonu o vodama. U člancima 97. do 104., poglavlju VI. Korištenje voda, točki 7. Šljunak i pijesak u području važnom za vodni režim propisuje se da je zabranjena eksploatacija šljunka i pijeska: – iz neobnovljivih ležišta u vodotocima i drugim tijelima površinskih voda, – u uređenom inundacijskom području te – u neuređenom inundacijskom području, osim ako propisima o rudarstvu nije drukčije uređeno.

U praksi se ne dozvoljava istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina iz akumulacija, jezera i otvorenih vodotoka. Dozvoljava se eksploatacija u IV. zoni vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko-kavernoznom poroznosti i u III. zoni obje vrste vodonosnika ako poseban elaborat mikrozoniranja dokaže neštetnost zahvata u smislu Zakona o vodama.

### **5.1. Prikaz geološke potencijalnosti mineralnih sirovina Varaždinske županije**

Na temelju geološke građe i litoloških karakteristika stijena koje mogu sadržavati korisne nakupine mineralne tvari (sirovine), istraživanja na postojećim eksploatacijskim poljima ili istražnim prostorima, bazi podataka o napuštenim kopovima i ležištima (njihovim vrstama) i učestalosti, izdvojene su grupe mineralnih sirovina s geološkom potencijalnošću koje se nalaze na području Varaždinske županije slika 38. (Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije, „Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 29/16).

Pa tako na području Varaždinske županije su prisutne ove vrste mineralnih sirovina:

1. Nemetalne mineralne sirovine:

- a. ciglarska glina
- b. tuf
- c. bentonitna glina
- d. građevni pijesak i šljunak
- e. mineralne sirovine za proizvodnju cementa
- f. kremenij pijesak
- g. tehničko-građevni kamen
- h. arhitektonsko-građevni kamen
- i. karbonatna sirovina za industrijsku preradu
- j. silikatne mineralne sirovine za industrijsku preradu

2. Energetske mineralne sirovine:

- a. ugljen (smeđi ugljen, lignit)
- b. geotermalne vode iz kojih se može koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe
- c. ugljikovodici (nafta i prirodni plin);

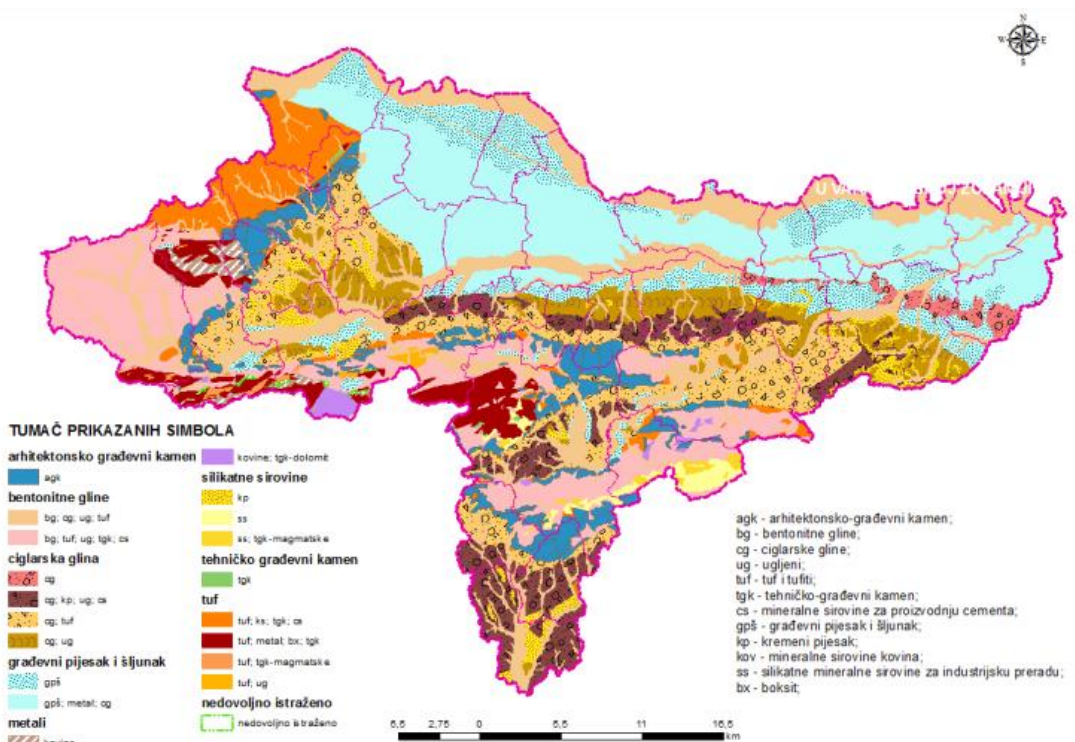
3. Mineralne sirovine kovina:

- a. kovine (olovna ruda, zlato, željezna ruda, manganska ruda, cinkova ruda)

4. Geološki nedovoljno istraženi prostori :

- a. trenutno bez geološkog potencijala (paleozojske stijene)[25]

Karta geološke potencijalnosti Varaždinske županije (slika 38) prikazuje prirodno prostiranje pojedinih zona mineralnih sirovina (čvrstih mineralnih sirovina) bez prostorno planskih ili zakonskih ograničenja ili zabrana u prostoru. Zbog vrijednosti mineralnih sirovina te njihove neobnovljivosti kad se jednom eksploatiraju trebamo ih promatrati tako da kada ih eksploatiramo znamo njihove mogućnosti iskoristivosti kako bi toj primarnoj mineralnoj sirovini u konačnici dali dodanu vrijednost.



Slika 38. Karta geološke potencijalnosti Varaždinske županije [26]

## 5.2. Sadašnje stanje istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina u Varaždinskoj županiji

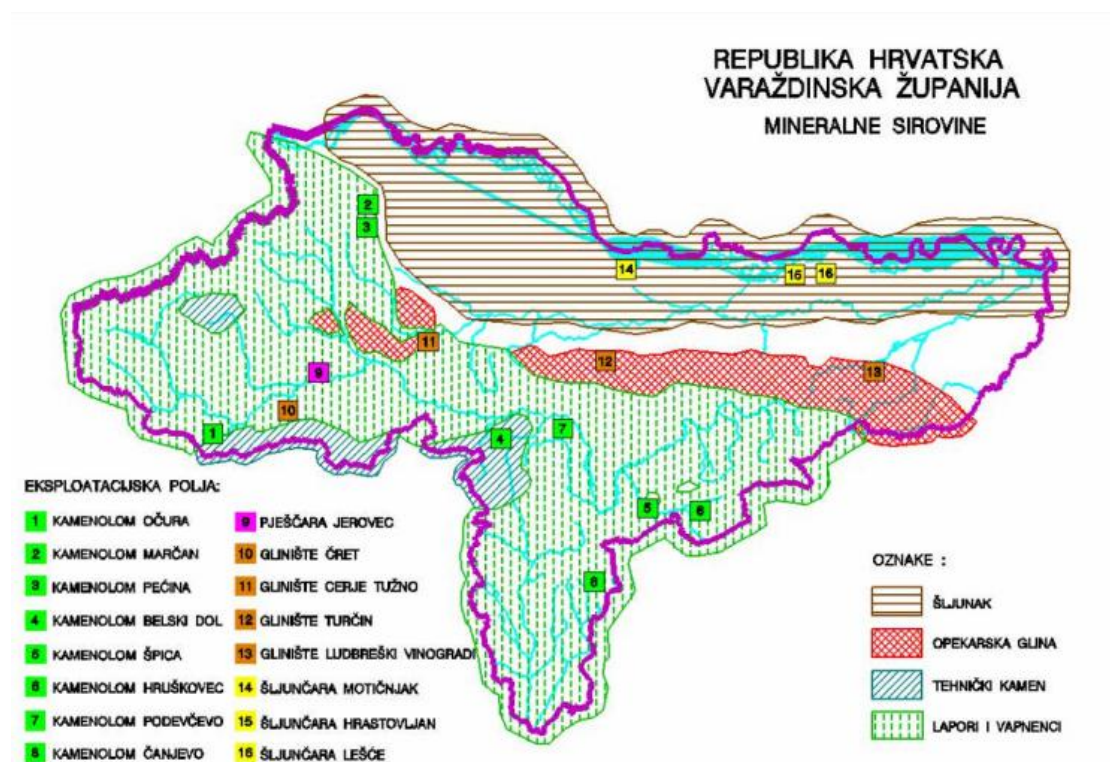
Danas se na području Varaždinske županije sukladno propisima o rudarstvu, eksploatiraju mineralne sirovine s isključivom primjenom u graditeljstvu: eksploatacija i prerada tehničkog građevnog kamena, građevnog pijeska i šljunka, te ciglarske gline, i to temeljem odobrenja, odnosno rješenja nadležnog tijela o istražnim prostorima i eksploatacijskim poljima, odnosno dodijeljenim koncesijama za eksploataciju.

U Varaždinskoj županiji bilježi se najveći postotak eksploatacije šljunka i pijeska u Hrvatskoj (30% proizvedenih/iskopanih sirovina u 2006. godini prema zadnjem raspoloživom podatku iz Studije potencijala i osnove gospodarenja mineralnim sirovinama na području Varaždinske županije, 2007.godina). Veći dio iskopanih sirovina koristi se za potrebe izvan Varaždinske županije.

Sukladno Zakonu o rudarstvu iz 2013. godine, podaci o postojećim eksploatacijskim poljima i istražnim prostorima vodili su se u Registru odobrenih istražnih prostora i Registru utvrđenih eksploatacijskih polja mineralnih sirovina, u Uredima državne uprave u županijama (za mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala: tehničko-

građevni kamen, građevni pijesak i šljunak i ciglarsku glinu) dok je Ministarstvo nadležno za energetske mineralne sirovine, mineralne sirovine za industrijsku preradbu, arhitektonsko-građevni kamen i mineralne sirovine kovina. Krajem 2017. godine, temeljem Zakona Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta preuzelo je od Ureda državne uprave sve nadležnosti vezane uz gospodarenje mineralnim sirovinama na postojećim istražnim prostorima i eksploatacijskim poljima.

U Registrima koje je vodio Ured državne uprave u Varaždinskoj županiji (za mineralne sirovine za koje je bio nadležan sukladno Zakonu), na području Varaždinske županije evidentirano je ukupno 17 aktivnih eksploatacijskih polja (7 tehničko-građevnog kamena, 7 građevnog pijeska i šljunka i 3 ciglarske gline), te 5 istražnih prostora građevnog šljunka i pijeska slika 39. Za neka od eksploatacijskih polja i istražnih prostora ovlaštenicima je oduzeto pravo eksploatacije/istraživanja mineralne sirovine, te nadležno tijelo takva polja smatra pasivnima (slika 41).[25]



*Slika 39. Prikaz istražnih prostora i eksploatacijskih polja mineralnih sirovina u Varaždinskoj županiji [26]*

### **5.3. Analiza postojećeg stanja i gospodarskog značenja eksploatacije mineralnih sirovina Varaždinske županije**

Vezano za Varaždinsku županiju, gravitacijski prostori izvoza kamenih agregata su veliki, a to možemo povezati zbog velikih količina, te niske vrijednost mineralne sirovine za cijenu transporta same mineralne sirovine. Zbog snažne gospodarske aktivnosti u gradu Zagrebu i Zagrebačkoj županiji (stanogradnja te cestogradnja) logična su gravitacijska područja izvoza kamenih agregata iz Varaždinske županije.

Trenutne potrebe za mineralnim sirovinama i uvozom nije moguće sagledati bez podataka nadležnih tijela Varaždinske županije, rudarskih privrednih subjekata i planskih dokumenata o potrošnji građevinskih materijala u županiji.

Prema podacima Ministarstva gospodarstva, Uprave za rudarstvo eksploatacijske rezerve građevnog pijeska i šljunka u Varaždinskoj županiji iznose 45.000.000 m<sup>3</sup>, dok eksploatacijske rezerve tehničko-građevnog kamena iznose oko 28.000.000 m<sup>3</sup>. (Rudarsko - geološka studija Varaždinske županije, „Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 29/16). 62 Rudarsko - geološka studija Varaždinske županije navodi da prema podacima od MINGA u posljednjih 10 godina (2004. do 2013.), prosječno je eksploatirano 959.309 m<sup>3</sup> građevnog pijeska i šljunka. [25]

Tehničko-građevnog kamena prosječno je eksploatirano između 1.062.577 m<sup>3</sup> u 2007 god. i 720.590 m<sup>3</sup> u 2010 god., dok građevnog pijeska i šljunka između 1.694.681 m<sup>3</sup> u 2007 god. i 716.310 m<sup>3</sup> u 2010 god. što znači da bi vijek trajanja eksploatacije bio oko 30 godina (28.086.261:959.309) računajući s rezervama eksploatacijskih polja koja imaju koncesiju, onda vidimo da su dosadašnje rezerve dostatne bez otvaranja novih eksploatacijskih polja do 2045. god. Kada se pribroje rezerve s eksploatacijskih polja koja nemaju koncesiju onda bi vijek trajanja eksploatacije bio produljen na 56 godina. Isto tako napravljena je analiza i za ciglarsku glinu promatrano razdoblje u posljednjih 10 godina (2004. do 2013.), prosječno je eksploatirano 126.120 m<sup>3</sup> ciglarske gline kao mineralnih sirovina za građevne materijale. [25]

Ciglarske gline prosječno je eksploatirano između 169.210 m<sup>3</sup> u 2005 god. i 28.120 m<sup>3</sup> u 2009 god., što znači da bi vijek trajanja eksploatacije bio oko 38 godina (4.779.500: 126.120) računajući s rezervama eksploatacijskih polja koja imaju koncesiju, onda vidimo da su dosadašnje rezerve dostatne bez otvaranja novih eksploatacijskih polja do 2053. god. Kada se pribroje rezerve s eksploatacijskih polja koja nemaju koncesiju onda bi vijek trajanja eksploatacije bio produljen na 73 godine. [25]

## 6. ZAKLJUČAK

Priprema i organizacija istraživanja ležišta mineralnih sirovina svodi se u osnovi na izbor određenog zemljopisnog područja. Taj izbor zasnovan je obično na kriteriju traženja specifične rude ili specifičnog tipa ležišta na području bogatom mineralima.

Osim toga, važno je da za potencijalni istražni prostor postoji dovoljno vlastitih odnosno tuđih iskustvenih podataka, te geoloških saznanja temeljenih na modelima ili novijim teorijama.

Osnovna svrha istraživanja ležišta mineralnih sirovina je utvrđivanje kvalitete i količine rezervi. Kod nas se istraživanja provode prema Pravilniku o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi, NN 48/1992.

Ukupne rezerve mineralnih sirovina svrstavaju se u određene kategorije prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kvalitete sirovine i parametara za utvrđivanje rezervi. Za svaku kategoriju utvrđuju se kriteriji, značajke i uvjeti za razvrstavanje.

U bilančne rezerve uvrštavaju se one koje se poznatom tehnikom i tehnologijom mogu rentabilno eksploatirati. U izvanbilančne se pak svrstavaju one utvrđene rezerve, koje se poznatom tehnikom i tehnologijom ne mogu eksploatirati.

Ležišta čvrstih mineralnih sirovina dijele se na skupine i podskupine na temelju: veličine i složenosti oblika (morfoloških obilježja), pripadnosti određenim genetskim tipovima odnosno rudonosnim formacijama, mineralnog sastava i njegovih obilježja, karaktera raspodjele korisnih komponenti, strukturno-tektonskih obilježja i zahvaćenosti

postrednim tektonskim pokretima. Pripadnost ležišta određenoj skupini i podskupini određuje optimalnu vrstu i gustoću odnosno međusobnu udaljenost istražnih radova.

Na području Varaždinske županije sukladno propisima o rudarstvu, eksploatiraju mineralne sirovine s isključivom primjenom u graditeljstvu: eksploatacija i prerada tehničkog građevnog kamena, građevnog pijeska i šljunka, te ciglarske gline, i to temeljem odobrenja, odnosno rješenja nadležnog tijela o istražnim prostorima i eksploatacijskim poljima, odnosno dodijeljenim koncesijama za eksploataciju.

U Rudarsko geološkoj studiji rezervi mineralnih sirovina varaždinske županije navodi se da s obzirom na utvrđene rezerve i gospodarske projekcije razvoja, u bližoj budućnosti nema potrebe za formiranjem novih istražnih prostora odnosno izdavanjem odobrenja za nova eksploatacijska polja.

## 7. LITERATURA

- [1] Mesec Josip, *Mineralne sirovine vrste i načini dobivanja*. Varaždin.
- [2] Kišpatić Mijo and Tućan Fran, *Slike iz rudarstva*. Zagreb, 1914.
- [3] "Rudarska zastava." [Online]. Available: [https://www.google.com/search?tbm=isch&q=rudarska+zastava&chips=q:rudarska+zastava,online\\_chips:rudarstvo&sa=X&ved=0ahUKEwicwpP6wNDhAhVRI MUKHQJLCUgQ4IYIKCgC&biw=1600&bih=757&dpr=1#imgsrc=1lZZZVvG4Qg0\\_M](https://www.google.com/search?tbm=isch&q=rudarska+zastava&chips=q:rudarska+zastava,online_chips:rudarstvo&sa=X&ved=0ahUKEwicwpP6wNDhAhVRI MUKHQJLCUgQ4IYIKCgC&biw=1600&bih=757&dpr=1#imgsrc=1lZZZVvG4Qg0_M): [Accessed: 14-Apr-2019].
- [4] "Davy-eva rudarska svjetiljka." [Online]. Available: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/40356591-ffe5-43ee-9ed2-7bdd822a675e/kemija-8/m03/j02/index.html>. [Accessed: 15-Apr-2019].
- [5] A. Georg, *Georgius Agricola De re metallica : 1494-1555*. .
- [6] "Mina de Chuquicamata - fotografije Kopa bakrene rude," 2019. [Online]. Available: [https://www.tripadvisor.co.za/LocationPhotoDirectLink-g644404-d4285228-i246441341-Mina\\_de\\_Chuchuicamata-Calama\\_Antofagasta\\_Region.html](https://www.tripadvisor.co.za/LocationPhotoDirectLink-g644404-d4285228-i246441341-Mina_de_Chuchuicamata-Calama_Antofagasta_Region.html). [Accessed: 26-Jun-2019].
- [7] Pletikosić Lado, "Primjena kamena u graditeljstvu," Zagreb, 2007.
- [8] Dragun D., "Eksploatacija arhitektonsko-građevnog i tehničkog-građevnog kamena PLANO," 2011. [Online]. Available: <http://delta-dragun.hr/2015/12/10/kamenolom-za-ekspolataciju-kamena-sveti-nikola/>. [Accessed: 26-Jun-2019].
- [9] "Dijamant." [Online]. Available: <http://www.zlatarna.com/kamenje/dijamant>. [Accessed: 03-May-2019].
- [10] "Rubin." [Online]. Available: <http://www.zlatarna.com/kamenje/rubin>. [Accessed: 03-May-2019].
- [11] "zlatarna.com | Smaragd |." [Online]. Available: <http://www.zlatarna.com/kamenje/smaragd>. [Accessed: 03-May-2019].
- [12] "Safir dragi kamen." [Online]. Available: <https://cenazlatasrebra.com/safir-dragi-kamen/>. [Accessed: 03-May-2019].
- [13] "zlatarna.com | Akvamarin |." [Online]. Available: <http://www.zlatarna.com/kamenje/akvamarin>. [Accessed: 03-May-2019].
- [14] "Benefits of Wearing Topaz Gemstone - Ratna Jyoti." [Online]. Available: <https://www.ratnajyoti.com/Benefits-of-topaz>. [Accessed: 03-May-2019].
- [15] "Spinel Value, Price, and Jewelry Information." [Online]. Available: <https://www.gemsociety.org/article/spinel-jewelry-and-gemstone-information/>. [Accessed: 03-May-2019].
- [16] c\=AU\;o\=Australia G. Australia, "Opal," 2018.
- [17] "Zlato," 2019. [Online]. Available: <https://www.dnevnik.ba/vijesti/australci-u-vareshu-otkrili-nova-nalazista-zlata-i-srebra>. [Accessed: 26-Jun-2019].
- [18] Narodne novine d.d., "Pravilnik o istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina." [Online]. Available: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_11\\_142\\_3044.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_11_142_3044.html). [Accessed: 13-Apr-2019].
- [19] dr. sc. B. C. T. Vučetić Tajana, "GEOTERMALNE I MINERALNE VODE HRVATSKE," 2009. [Online]. Available: <https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf:3926/preview>. [Accessed: 15-May-2019].
- [20] R. Biondić, "Termalne i mineralne vode," in *Hidrogeologija*, Varaždin.

- [21] "Geološki čekić." [Online]. Available: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Geološki\\_čekić](https://hr.wikipedia.org/wiki/Geološki_čekić). [Accessed: 26-Jun-2019].
- [22] "Geotehničko istražno bušenje GEOTECH d.o.o." [Online]. Available: <https://www.geotech.hr/geotehnicko-istrazno-busenje/>. [Accessed: 06-Jun-2019].
- [23] G. Mario, "Geofizičke metode istraživanja."
- [24] Hrvatski Geološki Institut, "Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije."
- [25] Srpak M., "Istraživanje mineralnih sirovina," Varaždin, 2019.
- [26] "Varaždinska županija - Karta geološke potencijalnosti mineralnih sirovina." [Online]. Available: <http://www.hgi-cgs.hr/Varazdinska-zupanija.htm>. [Accessed: 27-Mar-2019].

## 8. POPIS SLIKA

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Rudarska zastava.....                                                                                 | 2  |
| Slika 2. Davy-eva rudarska svjetiljka [3].....                                                                 | 3  |
| Slika 3. Knjiga De Re Metallica, Georgius Agricolla [4].....                                                   | 4  |
| Slika 4. Kop bakrene rude dubine 900 metara u Chuquicamata, Čile .....                                         | 5  |
| Slika 5. Kamenolom arhitektonsko-građevnog kamena Plano .....                                                  | 8  |
| Slika 6. Eksploatacija kamenolom Plano kod Trogira.....                                                        | 8  |
| Slika 7. Briljantno brušeni dijamant [6].....                                                                  | 9  |
| Slika 8. Obradeni rubin u prstenu [7] .....                                                                    | 10 |
| Slika 9. Smaragd u prstenu od bijelog zlata [8] .....                                                          | 10 |
| Slika 10. Safir [9].....                                                                                       | 11 |
| Slika 11. Akvamarin - prije i poslije brušenja [10].....                                                       | 12 |
| Slika 12. Raznobojni topaz [11] .....                                                                          | 12 |
| Slika 13. Spinel [12] .....                                                                                    | 13 |
| Slika 14. Opal [13].....                                                                                       | 13 |
| Slika 15. Zlato .....                                                                                          | 14 |
| Slika 16. Srebro.....                                                                                          | 15 |
| Slika 17. Platina .....                                                                                        | 16 |
| Slika 18. Ugljen .....                                                                                         | 17 |
| Slika 19. Eksploatacija nafte s morskog dna .....                                                              | 17 |
| Slika 20. Objekt prerade plina Molve .....                                                                     | 19 |
| Slika 21. Sol, NaCl .....                                                                                      | 20 |
| Slika 22. Prirodno termo-mineralni izvor Varaždinske Toplice.....                                              | 22 |
| Slika 23. Bentonitne gline.....                                                                                | 23 |
| Slika 24. Keramička glina.....                                                                                 | 24 |
| Slika 25. Gotovi proizvod izrađen od vatrostalne gline.....                                                    | 24 |
| Slika 26. Eksploatacija pijeska i šljunka.....                                                                 | 25 |
| Slika 27. Iskapanje tehničko-građevnog kamena .....                                                            | 26 |
| Slika 28. Geološki čekić .....                                                                                 | 29 |
| Slika 29. Geološki kompas .....                                                                                | 29 |
| Slika 30. Mjerenje položaja sloja na terenu pomoću geološkog kompasa .....                                     | 30 |
| Slika 31. Geološka lupa .....                                                                                  | 30 |
| Slika 32. GPS uređaj.....                                                                                      | 31 |
| Slika 33. Geofizičko istraživanje .....                                                                        | 31 |
| Slika 34. Širenje S i P valova.....                                                                            | 32 |
| Slika 35. Uređaj za mjerenje metodom magnetotelurika.....                                                      | 34 |
| Slika 36. Istražno bušenje .....                                                                               | 35 |
| Slika 37. Crpilište nafte u Ivanić Gradu .....                                                                 | 37 |
| Slika 38. Karta geološke potencijalnosti Varaždinske županije .....                                            | 41 |
| Slika 39. Prikaz istražnih prostora i eksploatacijskih polja mineralnih sirovina u Varaždinskoj županiji ..... | 42 |

## **9. POPIS TABLICA**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Osnovna klasifikacija termalnih i mineralnih voda .....       | 21 |
| Tablica 2. Klasifikacija i utvrđivanje rezervi mineralnih sirovina ..... | 28 |