Prostorna distribucija i vizualizacija prirodno radioaktivnih materijala u Hrvatskoj

Stipanović, Hana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:870424

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij rudarstva

PROSTORNA DISTRIBUCIJA I VIZUALIZACIJA PRIRODNO RADIOAKTIVNIH MATERIJALA U HRVATSKOJ

Diplomski rad

Hana Stipanović

R – 211

Zagreb, 2019.

Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Dariu Perkoviću na svesrdnoj pomoći, ukazanom vremenu i strpljenju za svako moje pitanje prilikom pisanja i izrade ovog rada.

Također, veliko hvala i doc.dr.sc. Želimiru Veinoviću na pomoći i svim korisnim savjetima kojih ću se sigurno rado sjetiti i kasnije u životu.

I za kraj se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima što su bili uz mene i pružali mi podršku kroz cijelo moje školovanje.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

PROSTORNA DISTRIBUCIJA I VIZUALIZACIJA PRIRODNO RADIOAKTIVNIH MATERIJALA

HANA STIPANOVIĆ

Diplomski izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

U diplomskom radu identificirane su lokacije prirodno radioaktivnih materijala na području Republike Hrvatske. Radi se o lokacijama različitih materijala, od ležišta mineralnih sirovina do industrijskog otpada. Cilj rada je započinjanje izrade baze podataka i identifikacije lokacija s prirodno radioaktivnim materijalima i reziduima. Svrha izrade je olakšavanje planiranja budućih industrijskih radova i urbanizacije, s naglaskom na zaštitu okoliša i ljudskog zdravlja te povećanje kvalitete života. Baza podataka u ovom radu je rađena pomoću GIS softvera koji omogućuje lakše prikupljanje, upravljanje, analizu te vizualizaciju podataka. Koristeći GIS softver identificirane lokacije su označene na karti, uz popratne opise o samoj lokaciji te materijalu.

Ključne riječi: radioaktivnost, GIS, karta
Diplomski rad sadrži: 62 stranice, 40 slika, 3 tablice, 22 reference
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
Voditelj: Dr. Sc. Dario Perković, docent
Pomoć pri izradi: Dr. Sc. Želimir Veinović, docent
Ocjenjivači: Dr. Sc. Dario Perković, docent
Dr. Sc. Želimir Veinović, docent
Dr. Sc. Uroš Barudžija, docent
Datum obrane: 15.11.2019.

University of Zagreb Master's Thesis

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

SPATIAL DISTRIBUTION AND VISUALISATION OF NATURALLY RADIOACTIVE MATERIALS

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

This master's thesis identifies the locations of naturally radioactive materials in the territory of the Republic of Croatia. These are locations of different materials, from mineral deposits to industrial waste. The aim of the thesis is to start to develop a database and to identify the locations with naturally occurring radioactive materials and residues. The purpose of the work is to facilitate the planning of future industrial works and urbanization with an emphasis on environmental and human health and to increase the quality of life. The database in this thesis was created using GIS software that makes it easier to collect, manage, analyse and visualize data. Using GIS software, identified locations are marked on the map with accompanying descriptions of the site itself as well as the material.

Key words: radioactivity, GIS, maps

Thesis contains: 62 pages, 40 figures, 3 tables, 22 references

Original in: Croatian

Thesis deposited at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor Dario Perković, PhD

Technical support and assistance: Assistant Professor Želimir Veinović, PhD

Reviewers: Assistant Professor Dario Perković, PhD
Assistant Professor Želimir Veinović, PhD
Assistant Professor Uroš Barudžija, PhD

Defence date: 15th November, 2019.

1. SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PRIRODNO RADIOAKTIVNI MATERIJALI 3
2.1. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE 3
2.1.1. Alfa zračenje 3
2.1.2. Beta zračenje 4
2.1.3. Gama zračenje 6
2.1.4. Mjerenje i doze ionizirajućeg zračenja 7
2.2. PRIRODNO RADIOAKTIVNI MATERIJALI 9
2.2.1. Rezidui 9
2.2.2. Plomin 10
2.2.3. Kaštel Sućurac 11
2.2.4. Kutina 13
3. MINERALNE SIROVINE KAO MOGUĆI NOSITELJI RADIONUKLIDA 16
3.1. Rezultati dosadašnjih istraživanja 16
4. GEOINFORMACIJSKI SUSTAV – GIS 23
4.1. Prednosti GIS sustava 24
4.2. Primjena GIS tehnologije 24
5. FAZE RAZVOJA GIS PROJEKTA 26
5.1. Ulaz podataka u GIS 26
5.2. Tematsko modeliranje 38
5.3. Prostorno povezivanje 39
5.4. Vizualizacija podataka 42
6. ZAKLJUČAK 58
7. LITERATURA 60

POPIS TABLICA

Tablica 2.1 Vrste ionizirajućeg zračenja (mirion.com, 2019) 3
Tablica 2.2 Vrijednosti faktora kvalitete (Q) za različite vrste zračenja (Giambattistaet al., 2007) 8
Tablica 5.1 Prikaz razlika u nazivima lokaliteta 30

POPIS SLIKA

Slika 2.1 Zaustavljanje ionizirajućeg zračenja (thefreedictionary.com, 2019).....7
Slika 2.2 Plomin (hep.hr, 2019).....11
Slika 2.3 Lokacije odlagališta na području bivše tvornice Jugovinil (Google Maps, 2019) ...12
Slika 2.4 Područje bivše tvornice Jugovinil u Kaštel Sućurcu (kastela.org, 2010) 12
Slika 2.5 Lokacije tvornice Petrokemija i njenog odlagališta fosfogipsa (Google Maps, 2019) 14
Slika 3.1 Karta lokacija prirodno radioaktivnih materijala u Republici Hrvatskoj 16
Slika 5.1 Opis lokaliteta Rudnica.....27
Slika 5.2 Prikaz kazala u Atlasu Republike Hrvatske s označenom odabranom lokacijom....28
Slika 5.3 Oznaka uz imena (vrste toponima) u Velikom atlasu Hrvatske 28
Slika 5.4 Kartografski prikaz lokacije u Velikom atlasu Hrvatske.....31
Slika 5.5 Naredba *Select By Attributes* 32
Slika 5.6 Dijaloški okvir *Select By Attributes*.....33
Slika 5.7 Naredba *Zoom To Selected Features*.....34
Slika 5.8 Prikaz odabrane lokacije u GIS-u 34
Slika 5.9 Naredbe *Start Editing* i *Editing Windows*.....35
Slika 5.10 Dijaloški okvir *Start Editing*.....35
Slika 5.11 Prikaz oznake na lokaciji 36
Slika 5.12 Atributna tablica sloja lezista_tocke u GIS-u 37
Slika 5.13 *Excel* tablica.....38
Slika 5.14 Prikaz naselja i OGK mreže 39
Slika 5.15 Naredba Excel brojača.....39
Slika 5.16 Naredba *Join and Relates* 40
Slika 5.17 Dijaloški okvir naredbe *Join*.....41
Slika 5.18 Atributna tablica u GIS-u nakon spajanja s *excel* tablicom.....41
Slika 5.19 Prikaz svih lokacija prirodno radioaktivnih materijala u Hrvatskoj.....43
Slika 5.20 Opcija *Properties*.....44
Slika 5.21 Dijaloški okvir *Definition Query*.....44
Slika 5.22 Dijaloški okvir *Query Builder* 45
Slika 5.23 Karta prirodno radioaktivnih mineralnih sirovina u Hrvatskoj 46
Slika 5.24 Karta pojava prirodno radioaktivnih materijala u industriji i rezidui 47
Slika 5.25 Karta pojava radona i torona u vodi i tlu 48

Slika 5.26 Karta pojava ugljena 49
Slika 5.27 Karta pojava željeznih ruda 50
Slika 5.28 Karta pojava termalnih i termo-mineralnih izvora 51
Slika 5.29 Karta pojava uranija 52
Slika 5.30 Karta pojava bakrovih ruda 53
Slika 5.31 Karta pojava olovo-cinkovih ruda 54
Slika 5.32 Karta pojava fosforita 55
Slika 5.33 Karta pojava rijetkih minerala 56
Slika 5.34 Karta ostalih mineralnih pojava 57

1. UVOD

Pojam „radioaktivnost“ najčešće izaziva osjećaj straha kod većine ljudi, neovisno o tome o kakvoj vrsti radioaktivnosti te o kojim dozama se radi. Po definiciji, radioaktivnost je spontano emitiranje alfa-čestica i beta-čestica iz tvari, često praćeno i emisijom gama-elektromagnetskih valova, pri čemu se mijenjaju svojstva tvari, tj. kemijski elementi prelaze iz jednih u druge te se oslobađa energija u obliku kinetičke energije emitiranih čestica ili energije elektromagnetskih valova (enciklopedija.hr, 2019).

Ovaj rad bazira se na prirodnoj radioaktivnosti koja se zapravo javlja u svim materijalima, u različitim dozama. Ovisno o dozama, materijale svrstavamo u one sa značajnijom dozom prirodne radioaktivnosti i njih je potrebno identificirati i označiti, te one koji svojim dozama ne predstavljaju rizik. Pojam prirodno radioaktivni materijal uključuje prirodno radioaktivne materijale korištene u ljudskim djelatnostima, a koji se ne može zanemariti sa stajališta zaštite od zračenja. Prirodno radioaktivne materijale možemo razvrstati u materijale s prirodnim pojavljivanjem radioaktivnosti te materijale koji su nastali kao rezultat industrijskih procesa (rezidui). Kada se govori o materijalima s prirodnim pojavljivanjem radioaktivnosti najčešće se spominje uranij. Uranij je radioaktivni element koji se ponajprije primjenjuje kao nuklearno gorivo. Rudu uranija je moguće pronaći na području Papuka te u malim dozama u ugljenima u Istri. Osim uranija, često se spominje i radioaktivni plin radon, za kojeg je poznato da je radioaktivan, radiotoksičan te kancerogen ako se udiše. To je plin bez boje i mirisa te ga je, bez mjerenja koncentracije, nemoguće otkriti. Koncentracija radona ovisi o mnogim čimbenicima, a ponajviše o vrsti materijala i sastavu tla, te su najviše koncentracije u vulkanskim stijenama. No, postoji i veći broj mineralnih sirovina koje se sa aspekta radioaktivnosti često zanemaruju, a također mogu posjedovati određenu značajniju dozu radioaktivnosti kao što je fosforit, rijetki minerali, ugljen, termalni i termo-mineralni izvori, bakrove rude, olovo-cinkove rude te rude željeza. Osim materijala nastalih prirodnim pojavljivanjem, bitno je spomenuti i materijale koji nastaju kao rezultat industrijskih procesa gdje najčešće govorimo o reziduima. Rezidui su materijali u kojima se uslijed tehnoloških procesa povećava koncentracija prirodnih radionuklida pri njihovom nastajanju u industriji. U Hrvatskoj su identificirane tri lokacije rezidua, a to su Plomin, Kaštel Sućurac te Kutina.

Unatoč većem broju prirodno radioaktivnih materijala oni nisu sustavno identificirani niti uneseni u bazu podataka ili kartu. Stoga je cilj ovog rada početak izrade baze podataka i

identifikacija lokacija s prirodno radioaktivnim materijalima i reziduima. Svrha izrade je olakšavanje planiranja budućih industrijskih radova i urbanizacije s naglaskom na zaštitu okoliša i ljudskog zdravlja te povećanje kvalitete života. Baza podataka u ovom radu je rađena pomoću GIS softvera koji omogućuje lakše prikupljanje, upravljanje, analizu te vizualizaciju podataka (karte). Radi se o sustavu koji je relativno nov i koristi se za unos, obradu, analizu i prikaz prostornih informacija. Specifičnost GIS-a je da geografske podatke pohranjuje zajedno s njihovim značajkama i karakteristikama. Najveće prednosti softvera su vizualizacija podataka te povezivanje geografskih i atributnih podataka. Osim toga, GIS služi kao vrlo kvalitetan izvor podataka za druge aplikacije te je omogućena interdisciplinarnost. Zbog svega nabrojanoga, bilo je moguće napraviti kvalitetnu bazu prirodno radioaktivnih materijala koja može služiti svima kojima su potrebne lokacije te podatci o lokacijama prirodno radioaktivnih materijala u Republici Hrvatskoj.

2. PRIRODNO RADIOAKTIVNI MATERIJALI

2.1. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

Zračenje ili radijacija *(lat. radiatio)* je oblik energije koju elektromagnetski valovi ili snopovi atomskih i subatomskih čestica usmjereno nose kroz prostor (Hrvatska opća enciklopedija, 2009). Ionizirajuće zračenje je, prema Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, prijenos energije u obliku čestica ili elektromagnetskih valova duljine 100 nanometara i manje (frekvencije $3 \cdot 10^{15}$ hertza ili više), a koji mogu izravno ili neizravno proizvoditi ione. (NN 118/18) Elektromagnetska zračenja razlikuju se isključivo svojom valnom duljinom tj. sadržajem energije (Tehnička enciklopedija, 1988). To je zračenje koje ima dovoljno energije da u međudjelovanju s tvari ionizira tu tvar. Ono je popratna pojava mnogih prirodnih procesa u mikrosvijetu i dio kozmičkog zračenja (prirodno zračenje) te umjetno potaknutih procesa u nuklearnim reaktorima ili nuklearnim eksplozijama (umjetno zračenje) (enciklopedija.hr, 2019).

Tablica 2.1 Vrste ionizirajućeg zračenja (mirion.com, 2019)

Vrste ionizirajućeg zračenja				
Alfa zračenje	Beta zračenje	Gama zračenje	X zrake	Neutronsko zračenje
Emisija alfa čestica iz jezgre atoma	Emisija beta čestica iz jezgre atoma	Emisija visokoenergetskih valova iz jezgre atoma	Emisija visokoenergetskih valova iz elektronskog oblaka atoma	Emisija neutrona iz jezgre atoma

2.1.1. Alfa zračenje

Alfa zračenje je vrsta ionizirajućeg zračenja do kojeg dolazi kada je atom podvrgnut radioaktivnom raspadu pri čemu nastaju alfa zrake koje su zapravo jezgre ^{4}He. U alfa

raspadu, izvorni (roditeljski) nuklid se pretvara u „kćer“ emisijom alfa čestice. Jezgra helija je skupina od dva protona i dva neutrona koji su vrlo čvrsto vezani. Kako ta jezgra sadrži samo dva protona, emisijom alfa čestice smanji se broj protona u jezgri za 2, a nukleonski broj za 4 pri čemu se oslobađa i energija prilikom raspada, tzv. energija prijelaza. Dakle, alfa čestice oslobođene u određenom radioaktivnom raspadu imaju karakterističnu energiju, uz pretpostavku da je početna kinetička energija roditelja beznačajna i može biti jednaka nuli.

Emisija alfa čestica je najčešći tip radijacijskog raspada za velike nuklide (Z>83). S obzirom da niti jedan takav nuklid nije stabilan, emitiranjem alfa čestica nuklid postiže stabilnost smanjenjem i Z i N za 2. Emisija alfa čestica povećava omjer neutrona i protona. Veći nuklidi s manjim omjerom neutrona i protona imaju veću vjerojatnost da će se raspadati alfa raspadom nego slični nuklidi s većim omjerom neutrona i protona (Giambattista et al., 2007).

Alfa čestice su teško naelektrizirane čestice i imaju znatnu moć ionizacije i malu prodornost. One su izbačene iz teških atomskih jezgara kao što su npr. jezgre uranija, torija i radija. Energija alfa čestica je uglavnom 1-10 MeV te se njihova prodornost obično izražava dometom u zraku koji ne prelazi 10 cm (Tehnička enciklopedija, 1988).

Alfa čestice su vrlo teške i vrlo energične u usporedbi s ostalim tipovima zračenja i šire se brzinom od oko 1/20 brzine svjetlosti, što je dovoljno sporo da mogu relativno dugo djelovati s materijom te zbog toga imaju jako ionizirajuće djelovanje. No, ako se unesu u tijelo hranom ili udisanjem mogu biti vrlo opasne. One ne predstavljaju problem s gledišta zaštite jer ih može zaustaviti koža ili list papira (medioteka.hr, 2009).

2.1.2. Beta zračenje

Beta zračenje je vrsta ionizirajućeg zračenje gdje su beta čestice elektroni ili pozitroni, koji se još ponekad nazivaju česticama beta-minus (β^-) i beta-plus (β^+) pa stoga razlikujemo i β^- i β^+-raspad. Beta čestice su čestice koje gube energiju u ionizacijskim procesima, te je njihova specifična ionizacija mala i imaju veći domet nego teško alfa čestice. Beta zračenje ima dovoljnu energiju da u međudjelovanju s tvari ju ionizira, ali je njegovo djelovanje puno slabije od djelovanja alfa zračenja. Za razliku od alfa raspada, beta raspad radionuklida ne mijenja broj protona ili neutrona, nego pri raspadu neutron prelazi u proton ili obrnuto. Poluvrijeme ovakvog raspada je 10,2 minute (Giambattista et al., 2007).

Razlikujemo β^+-zračenje i β^--zračenje s β^+-česticama s pozitivnim nabojem i β^- -česticama s negativnim nabojem. β^- -čestice su čestice identične atomskim elektronima, a β^+-čestice zovu se pozitroni.

β^--zračenje je posljedica tzv. β^--raspada, odnosno procesa pretvorbe jednog neutrona u jezgri u proton uz stvaranje elektrona i antineutrina. Ta pretvorba je objašnjena sljedećom relacijom:

$$n \rightarrow p + e^- + \nu' \qquad (2\text{-}1)$$

gdje je:

n- neutron

p - pozitron

e^- - elektron

ν' - antineutrino

Antineutrin, koji se zrači u ovom raspadu, je neutralna čestica čija je masa nula ili praktički nula, a međudjelovanje s tvarima joj je izuzetno slabo. Ona prodire kroz tvari velikih debljina s vrlo malom vjerojatnošću sudara. S druge strane, antineutroni su pozitroni, tj.antičestice atomskih elektrona.

β^+-zračenje je posljedica tzv. β^+-raspada kada u jezgri s viškom protona dolazi do pretvorbe jednog protona u neutron, uz zračenje pozitrona i neutrina prema sljedećoj relaciji:

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu \qquad (2\text{-}2)$$

gdje je:

p - pozitron

n - neutron

e^+ - elektron

ν - neutrino

Ovisno o energiji, beta čestice će putovati do nekoliko metara u zraku, a zaustavljaju se tankim slojem metala. U ljudsko tijelo prodiru do nekoliko centimetara dubine. Opasno je po zdravlje ako se navedeni izvor zračenja unese u organizam (Tehnička enciklopedija, 1988).

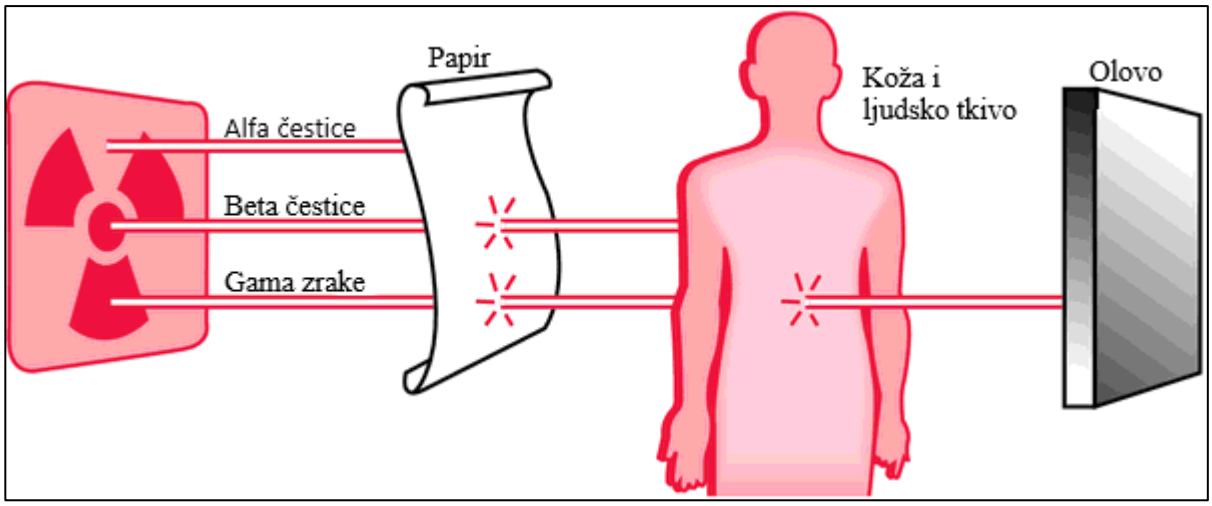
2.1.3. Gama zračenje

Gama zračenje, za razliku od alfa ili beta, ne sastoji se od nikakvih čestica, već se sastoji od fotona visoke energije koji se emitira iz nestabilne jezgre (Giambattista et al., 2007). Gama zrake reagiraju s materijom na način da predaju svoju energiju elektronima, koji zatim budu izbačeni iz svog uobičajenog položaja u strukturi atoma. Elektron koji je tako izbijen može dalje samostalno vršiti ionizacijske procese (Tehnička enciklopedija, 1988).

Gama zračenje je elektromagnetsko zračenje valnih duljina kraćih od 0,1 pm, a širi se brzinom svjetlosti. Pri radioaktivnom raspadu, npr. nakon alfa ili beta zračenja, jezgre često emitiraju gama zračenje koje se može znatno razlikovati po energiji. Kvantna stanja atomskih jezgri, između kojih dolazi do gama-prijelaza, najčešće imaju vrlo oštro definiranu energiju, pa su stoga i energije fotona vrlo precizno određene, mnogo preciznije nego što se mogu izmjeriti. Izuzetak čine neki gama-prijelazi u lakim jezgrama (Tehnička enciklopedija, 1988).

Gama-čestice (γ-čestice) su neutralne, bez mase ili naboja, i imaju znatno veću prodornost od α-čestica i β-čestica. Gama zračenje može putovati znatno dalje kroz zrak nego alfa ili beta. Ovisno o svojoj početnoj energiji, gama zrake mogu putovati od 1 do nekoliko stotina metara u zraku i lako mogu proći kroz ljude. Gama zračenje ima najveću dubinu prodiranja te ga ne može u potpunosti zaustaviti ni olovna ploča debljine par milimetara (Dresto-Alač, 2012).
Najbolje ga apsorbiraju materijali velikog atomskog broja (olovo) i velike gustoće, što je prikazano na slici 2.1 zajedno s materijalima koji zaustavljaju alfa i beta čestice.

2.1.4. Mjerenje i doze ionizirajućeg zračenja



Slika 2.1 Zaustavljanje ionizirajućeg zračenja (thefreedictionary.com, 2019)

Mjerenjem utjecaja ionizirajućeg zračenja na tvari i mjerenjem doza bavi se dozimetrija. Dozimetrija obuhvaća mjerenje i računanje energije koju zračenje predaje tvari. Veličine koje opisuju izloženost tvari ionizirajućem zračenju i oštećenja uzrokovana energijom zračenja su npr. apsorbirana doza, efektivna doza i ekvivalentna doza, a brzinu raspadanja radioaktivne tvari opisuje aktivnost radioaktivnog izvora (enciklopedija.hr, 2019).

Apsorbirana doza je količina energije koja je deponirana ionizirajućim zračenjem u jedinici mase tijela. Fizikalna jedinica kojom se izražava apsorbirana doza je grej (Gy), 1 Gy = 1 J/kg. Još jedna uobičajena jedinica za apsorbiranu dozu je rad, 1 rad = 0,01 Gy. Naziv „rad“ označava dozu koja se apsorbira zračenjem (eng. *Radiation Absorbed Dose*) (Giambattista et al., 2007). Efektivna doza jest proračunom apsorbirana doza kojom se izražava rizik izlaganja ionizirajućem zračenju uzimajući u obzir različitu biološku učinkovitost različitih vrsta ionizirajućeg zračenja i različitu osjetljivost tkiva i organa ljudskog tijela s obzirom na ionizirajuće zračenje. Fizikalna jedinica kojom se izražava efektivna doza je sivert (Sv). Aktivnost radioaktivnog izvora je broj raspada radionuklida u jedinici vremena. Jedinica aktivnosti je bekerel (Bq) (NN 118/18).

Različite vrste zračenja uzrokuju različita biološka oštećenja, čak i ako je apsorbirana doza ista. Učinci na zdravlje također ovise o vrsti tkiva koje je izloženo. Svakoj vrsti zračenja pripisuje se količina koja se naziva faktor kvalitete (Q), koji se ponekad naziva i relativna

biološka učinkovitost. Q je relativna mjera biološkog oštećenja uzrokovanog različitim vrstama zračenja u usporedbi s rendgenskim zrakama od 200 keV, za koje je Q = 1. Q varira ovisno o vrsti zračenja (alfa, beta, gama), energiji zračenja, vrsti izloženog tkiva i biološkim učincima koji se razmatraju. Na osnovu navedenoga dobivene su odgovarajuće Q vrijednosti prikazane u tablici 2.2.

Tablica 2.2 Vrijednosti faktora kvalitete (Q) za različite vrste zračenja (Giambattista et al., 2007)

Vrijednosti faktora kvalitete (Q)	
Gama zrake	0,5-1
Beta čestice	1
Protoni, neutron	2-10
Alfa čestice	10-20

Kao što je ranije u definiciji iz Zakona objašnjeno, za mjerenje biološke štete uzrokovanje izlaganjem zračenju izračunavamo biološki ekvivalentnu dozu, čija je SI jedinica sivert (Sv). Prosječna doza zračenja koju osoba primi od prirodnih izvora u godini dana iznosi oko 0,003 Sv. Od toga, oko 0,002 Sv je posljedica udisanja ^{222}Rn i njegovih proizvoda raspada. ^{222}Rn se konstantno proizvodi alfa raspadom ^{226}Ra prisutnog u tlu i stijenama. Radon obično ulazi u kuće kroz pukotine u temeljima i njegovim udisanjem može doći do značajnog zračenja alfa čestica u pluća. Količina radona koji ulazi u zgradu uvelike varira od mjesta do mjesta. U nekim mjestima, radon nije veliki problem, dok u drugim mjestima, s velikim količinama radija u tlu i geološkim formacijama koje olakšavaju plinovima radona da pronađu put do podruma kuća, on predstavlja glavni uzrok raka pluća, odmah nakon pušenja. No, taj problem je vrlo lako rješiv brtvljenjem pukotina i ugradnjom ventilacije te korištenjem testa za određivanje koncentracije radona u zraku koji je vrlo jeftin. Od prosječne godišnje doze, oko 0,0007 Sv je posljedica radioaktivnih nuklida koji ulaze u tijelo pomoću hrane i vode (npr. ^{14}C i ^{40}K) ili su prisutni u tlu i u građevinskim materijalima (npr. polonij, radij, torij i uran), a preostalih 0,0003 Sv je posljedica kozmičkih zraka kojima su najviše izloženi ljudi koji žive na velikim visinama i oni koji provode veću količinu vremena u zrakoplovima. Ovim dozama iz prirodnih izvora se još može dodati 0,0006 Sv koji uglavnom dolaze iz medicinske i stomatološke dijagnostike, uglavnom rendgenski snimci. Simptomi utjecaja zračenja mogu uključivati mučninu, proljev, povraćanje i gubitak kose. Zračenje može biti

smrtonosno ukoliko je doza velika. Jedna doza od oko 4-5 Sv je smrtonosna u polovici slučajeva. Dugoročna izloženost zračenju uzrokuje povećani rizik od raka te genske mutacije (Giambattista et al., 2007).

2.2. PRIRODNO RADIOAKTIVNI MATERIJALI

Pojam prirodni radioaktivni materijal uključuje prirodne radioaktivne materijale korištene u ljudskim djelatnostima koji dovode do izlaganja radnika ili stanovništava, a koji se ne može zanemariti sa stajališta zaštite od zračenja (2013/59 Euratom). Navedeni pojam Zakonom je definiran kao prirodne radioaktivne tvari sa svojstvima promijenjenim korištenjem tehnoloških postupaka. Ovaj pojam prema Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 118/18) je definiran kao prirodna tvar u kojoj je koncentracija pojedinih radionuklida promijenjena ljudskim djelovanjem izvan nuklearnog gorivog ciklusa tako da je aktivnost ili koncentracija aktivnosti radionuklida, koje sadrži takva radioaktivna tvar, iznad granice propisane pravilnikom.

2.2.1. Rezidui

Rezidui su materijali u kojima se uslijed tehnoloških procesa povećava koncentracija prirodnih radionuklida pri njihovom nastajanju u industrijskim sektorima prema Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (NN 118/18). U RH se nalaze tri lokacije prirodno radioaktivnih materijala koji moraju biti pod regulatornim nadzorom. To su lokacije Plomin (termoelektrana), Kaštel Sućurac (bivša tvornica Jugovinil) i Kutina (Petrokemija). Na prve dvije lokacije radi se o pepelu i šljaki koji su nastali izgaranjem ugljena s povišenim koncentracijama prirodnih radionuklida uranija i radija. U Kutini se radi o fosfogipsu koji nastaje preradom fosfatne rude u umjetno gnojivo. Fosfogips također sadrži povišene koncentracije uranija i radija.

2.2.2. Plomin

U Plominu se nalazi odlagalište pepela i šljake koji su nastali kao produkt izgaranja ugljena u TE Plomin 1 snage 125 MW koja je u pogonu od 1970. godine i TE Plomin 2 snage 210 MW koja je u pogonu od 2000. godine. Procijenjeno je kako je od 1970. do 2001. godine na lokaciji odloženo oko 900.000 m^3 pepela i šljake nastale radom TE Plomin 1, koja je koristila lokalne ugljene s visokim koncentracijama urana i radija. Od početka rada TE Plomin 2, obje elektrane koriste uvozni ugljen niske koncentracije prirodnih radionuklida. Iz tog razloga nije potreban regulatorni nadzor Zavoda nad pepelom i šljakom nastalom nakon 2000. godine, te se mogu koristiti kao dio u tehnološkim procesima proizvodnje cementa. U razdoblju od 2001. do 2015. godine odloženo je dodatnih 210.000 m^3. Za obujam postojećeg odlagališta pretpostavlja se da bi trebao biti dostatan za prihvat pepela i šljake do 2045. godine. Od tri navedene lokacije, ovo je jedina koja je u potpunosti sanirana. Uređenjem odlagališta 2002. godine, na najmanju moguću mjeru je smanjen radiološki utjecaj odloženog materijala na ljude i okoliš. Postavljen je sustav nadzora koji uključuje praćenje utjecaja odlagališta na okoliš te praćenje stanja na samom odlagalištu koji obuhvaća praćenje utjecaja na površinske i podzemne vode, dok je utjecaj na zrak na širem području reguliran s programom praćenja utjecaja TE Plomin na okoliš, što je prikazano na slici 2.2. Odlagalište je prekriveno brtvenim bentonitnim tepihom, preko kojeg je položen zemljani materijal minimalne debljine od 40 do 60 cm s funkcijom zaštite pokrova od oštećenja. Izgrađeni su kanal za oborinske vode, kanal odvodnje zaobalnih voda te kanal odvodnje oborinskih voda s odlagališta. Odlagalište je ozelenjeno i ograđeno te je izgrađen trajni kontrolirani ulaz. Program sanacije izvršen je na samoj lokaciji i bio je usklađen s prostornim i urbanističkim planovima uređenja lokalne zajednice, te je uzeta u obzir mogućnost oporabe materijala, te provođenje kontinuiranog radiološkog nadzora (NN 125/14).



Slika 2.2 Plomin (hep.hr, 2019)

2.2.3. Kaštel Sućurac

Na lokaciji u Kaštel Sućurcu, na području bivše tvornice Jugovinil (slika 2.3) koja se bavila proizvodnjom plastičnih masa, nalaze se dva odlagališta pepela i šljake (slika 2.4) koji su nastali kao produkt sagorijevanja ugljena u tvorničkoj termoelektrani, te nekim drugim termoelektranama u bivšoj Socijalističkoj Federativnoj Republici Jugoslaviji (SFRJ). Navedeni materijal korišten je i za izravnavanje terena te nasipanje dijela obale. Tvornica je radila od 1947. godine, a prvo odlagalište je sanirano 1974. godine te sadrži oko 38.000 m^3 pepela i šljake, dok se na lokaciji velike taložnice, prostoru između tvornice i mora, nalazi oko 180.000 m^3 pepela i šljake koja je tamo odlagana nakon sanacije. Na navedenoj lokaciji također je registrirano još nekoliko onečišćenih zona na kojima se nalaze nanosi pepela i šljake čiji obujam zajedno iznosi oko 100.000 m^3.



Slika 2.3 Lokacije odlagališta na području bivše tvornice Jugovinil (Google Maps, 2019)



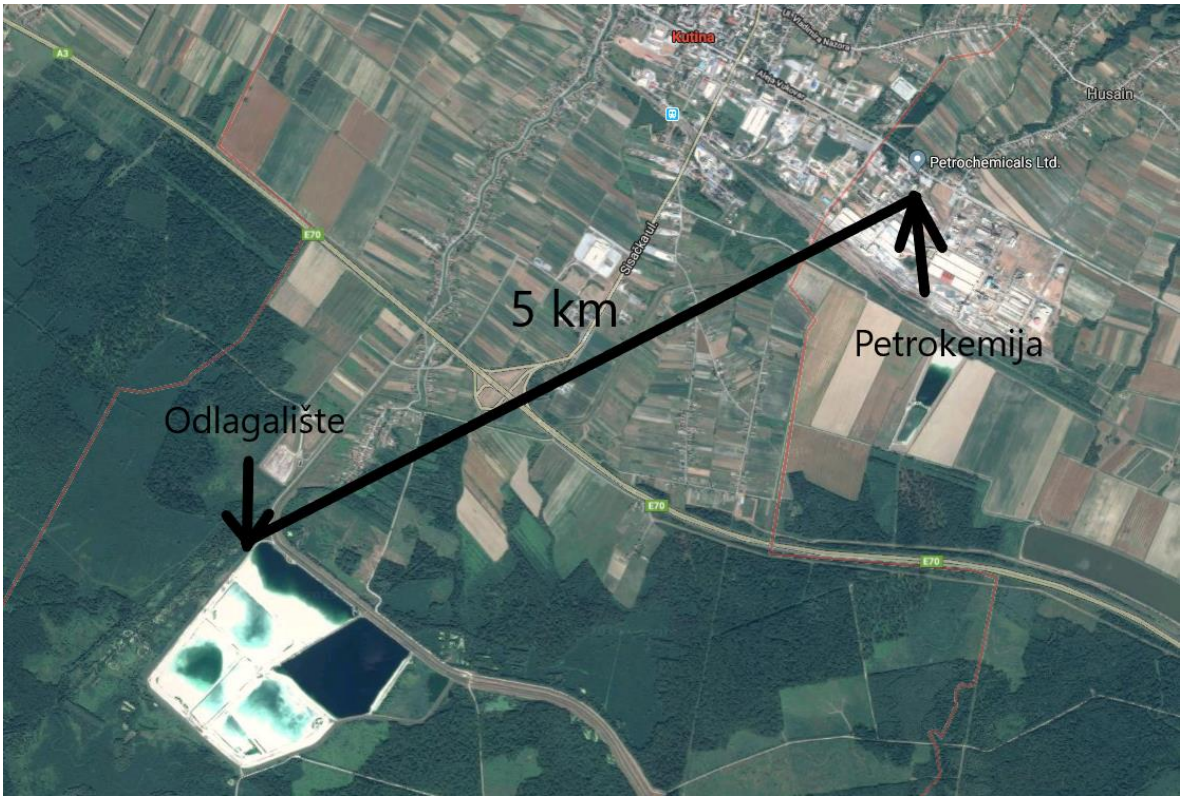
Slika 2.4 Područje bivše tvornice Jugovinil u Kaštel Sućurcu (kastela.org, 2010)

Sustavno su provedena radiološka mjerenja prije, tijekom i nakon sanacije. Sanacijom lokacije je sav materijal s povišenim koncentracijama uranija i radija prikupljen i odložen u uređeno odlagalište na samoj lokaciji. Navedeno odlagalište je izgrađeno u skladu s tadašnjim propisima zaštite od ionizirajućeg zračenja i odgovarajućim barijerama. Pepeo i šljaka niske radioaktivnosti raspoređeni su na podlogu od suhozida, a materijal je onda obložen plastičnom folijom debljine 1 mm. Na tu podlogu su nasuti pepeo i šljaka više koncentracije uranija, a zatim su dodatno ograđeni materijalom niže koncentracije urana. Sloj pepela i šljake u odlagalištu je debljine od oko 2 m. Površina je izravnata i dodatno pokrivena slojem plastične folije debljine 1 mm kako bi se spriječilo prodiranje površinskih voda te se smanjila difuzija radona prema površini. Preko folije je još nanesen sloj gline debljine od 20 do 40 cm. Preko gline je nanesen sloj „pršca“, mješavine sitnog kamena i humusa te je uređen drenažni kanal za prihvat oborinskih voda dok je prema moru uređen zaštitni kameni nasip. Nakon izvedene sanacije odlagalište je ozelenjeno travom te je izostavljen bilo kakav zahvat na pokrovnom sloju koji bi narušio strukturu zaštitnog sloja. Radiološka istraživanja koja je proveo Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) 2010. godine na čitavom području bivše tvornice pokazala su da odloženi pepeo i šljaka predstavljaju nizak rizik za ljude i okoliš, ukoliko ne dolazi do narušavanja integriteta postojećih odlagališta. Unatoč tome, potrebno je izraditi novi Program sanacije koji bi uključivao i oporabu materijala koji se mogu osloboditi regulatornog nadzora. Cilj za ovu lokaciju je da se lokacija koristi za namjenu koju planiraju vlasnici, a mora biti koordiniran i usklađen s prostornim i urbanističkim planovima. Potrebno je za svaku od planiranih budućih namjena provesti postupak procjene utjecaja na okoliš, uključujući i procjenu rizika. Odlagalište je trenutno bez fizičke zaštite te bez redovitog radiološkog nadzora (NN 152/14).

2.2.4. Kutina

Posljednja od tri lokacije je odlagalište fosfogipsa u Kutini koje se nalazi oko 5 km od tvornice Petrokemija, što je prikazano na slici 2.5. Fosfogips se na navedenoj lokaciji odlaže od 1983. godine. Odlagalište se sastoji od četiri kasete koje zauzimaju površinu od 1,6 km^2, a ukupni obujam kaseta na razini zemljanih brana iznosi oko 7·106 m^3. Trenutačno se na odlagalištu nalazi više od 545 kg fosfogipsa i oko 212 m^3 vode. Odlagalište je pod radiološkim nadzorom, a utjecaji na podzemne vode prate se analizom vode iz 5

piezometara. IMI je i na ovoj lokaciji proveo istraživanja kojima je kao i u Kaštelu Sućurcu zaključeno da nije potreban dodatni radiološki nadzor osim onog postojećeg, kao niti dodatne mjere radiološke zaštite.



Slika 2.5 Lokacije tvornice Petrokemija i njenog odlagališta fosfogipsa (Google Maps, 2019)

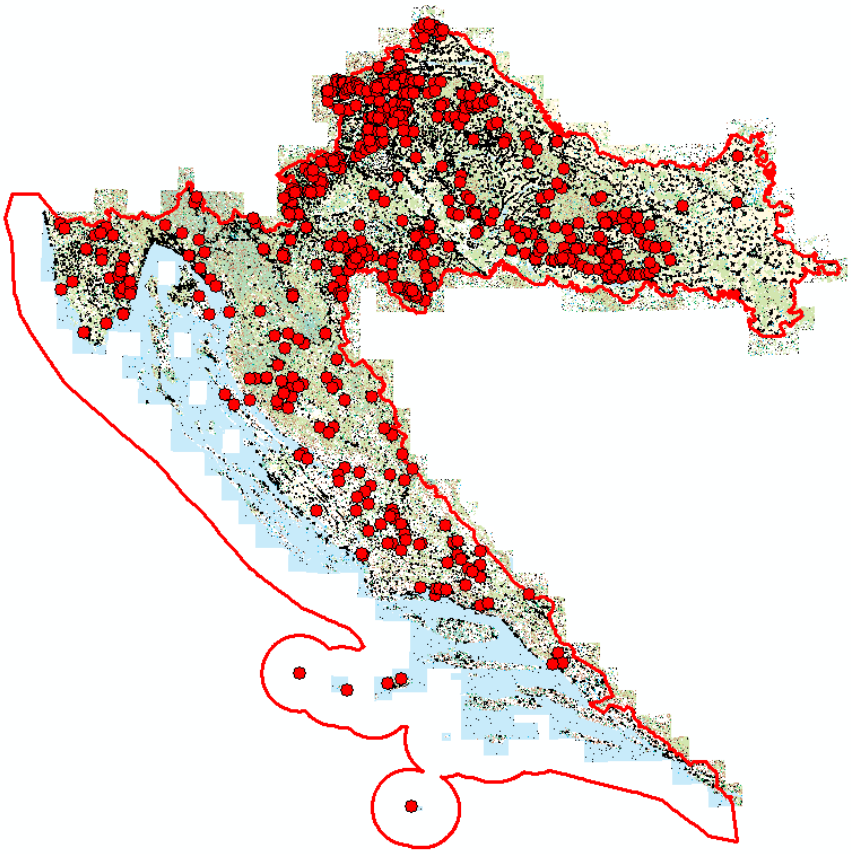
Provedena su geodetska i geotehnička istraživanja, no potrebno je dovršiti *Idejno rješenje zatvaranja lokacije i procjenu utjecaja na okoliš zahvata sanacije*. Planira se razmotriti i mogućnost uporabe materijala, ukoliko dodatna mjerenja, istraživački radovi i analize pokažu da su aktivnosti fosfogipsa ispod zakonom propisanih granica lokacije će se otpustiti iz regulatornog nadzora. Idejno rješenje zatvaranja odlagališta fosfogipsa obuhvaća popis potrebne dokumentacije za zatvaranje odlagališta prema važećoj regulativi, tehniku postupnog zatvaranja cjelokupne površine s obradom trenutno prisutne kisele otpadne vode i one koja će se generirati tijekom i poslije zatvaranja zbog procjeđivanja i oborina, procjenu operativnih i investicijskih troškova te troškova monitoringa okoliša. Rješenje treba biti izrađeno tako da dokaže mehaničku otpornost i stabilnost odlagališta. Idejno rješenje ne bi obuhvaćalo poseban tretman fosfogipsa jer provedena istraživanja nisu utvrdila negativan utjecaj fosfogipsa na okoliš. Planira se razmotriti i mogućnost uporabe materijala, a kroz

procjenu utjecaja na okoliš koja treba sadržati procjenu rizika, odlučit će se o mogućem izuzimanju od nadzora (NN 152/14).

3. MINERALNE SIROVINE KAO MOGUĆI NOSITELJI RADIONUKLIDA

3.1. Rezultati dosadašnjih istraživanja

Korišteni rezultati dosadašnjih istraživanja u ovom radu se odnose na rezultate istraživanja urana, fosforita, rijetkih minerala, termalnih i termo-mineralnih izvora, ugljena (treseta, lignita, smeđeg i kamenog ugljena), bakrovih ruda, olovo-cinkovih ruda te željezne rude, čije su lokacije prikazane na slici 3.1.



Slika 3.1 Karta lokacija prirodno radioaktivnih materijala u Republici Hrvatskoj

Posljednjih je desetljeća u Hrvatskoj provedeno dosta istraživanja nuklearnih sirovina, tako da je do danas istražena većina područja u kojima se moglo očekivati njihovo nalaženje.

Posljednja istraživanja koja su provedena u razdoblju 1978. do 1986. donijela su prve konkretne rezultate pojava uranove mineralizacije u Papuku i Krndiji. Uranova mineralizacija nalazi se na Papuku i Krndiji unutar paleozojskih stijena, izgrađenih od slabo metamorfoziranih ili nemetamorfoziranih konglomerata, konglomeratičnih pješčenjaka, metagrauvaka, grafitičnih pješčenjaka i škriljavaca, tufova, spilita i ostalih stijena, poznatih u literaturi pod zajedničkim nazivom „Radlovačka serija“. Orudnjenje se pojavljuje unutar nižeg dijela ovih naslaga koji je vjerojatne devonske starosti. Najbolje je istraženo nalazište u sjevernom dijelu Papuka i Krndije, gdje se pojava uranonosne zone s prekidima može pratiti od potoka Radlovca do Remetske rijeke u duljini od oko 5 km. (Marković, 2002.) Na tom području je istraženo nekoliko anomalija (Piki 1, Piki 2, Štef A, Štef B, Zmago 1, Zmago 2, Milan, Mac, Jasna, Greben, Vedrana i Janez) kojima su dobiveni različiti rezultati, ali svi ukazuju na značajniju pojavu uranove mineralizacije. Najviše koncentracije od 300 ppm su izmjerene na području anomalije Štef B iako su najviše istražene anomalije Zmago 1 i Zmago 2. Kod većine anomalija su najviše vrijednosti ukupne gama radioaktivnosti izmjerene u sitno do srednjezrnatom škriljavom pješčenjaku, osim anomalija Mac gdje je maksimalna vrijednost izmjerene u vrlo trošnim gnajsevima a tek rjeđe u škriljavcima. Osim nje, u anomaliji Jasna je najveća razina izmjerena u seriji glinovitih šriljavaca i pješčenjaka srednjeg karbona te u anomaliji Vedrana gdje su one pak izmjerene u grafitičnim škriljavcima. (Crnogaj, 1981, Čorak, 1981, Dravec, 1981)

Rezultati istraživanja forsforita su dokazali ležišta i pojave na više mjesta u istarskom i dalmatinskom kršu, koja su davno iskorištena. U Istri je dosad otkriveno jedno nalazište, u Bujama, na području srednje Dalmacije nekoliko nalazišta (Ervenik, Razvođe i Mideno brdo), dok je veći broj rudnih pojava zabilježen na južnim padinama Mosora (Zvečanje, Seoca). Osim nalazišta fosforita, zabilježeno je i nekoliko pećina s većim količinama pećinskog fosfata (guana) Ta nalazišta nisu rudarski istražena, ali bi mogla biti iskoristiva. Način pojavljivanja fosforita je dvojak. Na području Ervenika i Drniša rudom su ispunjene kaverne i pukotine u gornjokrednim vapnencima tako da su ruda i rudna tijela izgledom slični ležištima boksita. Drugi način pojavljivanja, koji se javlja na južnoj strani Mosora, a prema oskudnim podatcima i u Istri, je u obliku gomolja razasutih po podlozi izgrađenoj od različitih mezozojskih vapnenaca ili akumuliranih u udubljenjima nastalima okršavanjem tih vapnenaca. U oba slučaja riječ je o sekundarnim ležištima ili pojavama, nastalima razaranjem i pretaloživanjem fosforita koji je primarno mogao biti i različita podrijetla.

Nalazišta rijetkih minerala u Hrvatskoj nisu česta i svode se na nekoliko zanimljivih pojava, među kojima su najpoznatija nalazište ahata u sjevernom podnožju Ivanščice te pojedinačne pojave minerala granita, monacita, ortoklasa, šelita i topaza na području Moslavačke gore. Također su istraživani i potočni nanosi na području Psunja i Papuka, ali nisu postignuti očekivani rezultati te je samo mjestimice utvrđena povećana koncentracija šelita, monacita i još nekih minerala.

U Hrvatskoj je poznato nekoliko desetaka prirodnih, mineralnih i mineraliziranih izvora. U termalne izvore spadaju izvori s temperaturom od najmanje 20°C, dok u termo-mineralne spadaju oni koji zadovoljavaju dva uvjeta, da je temperatura 20°C te da sadrže najmanje 1 g/l krutih tvari koje potječu od izlučivanja primarnih stijena. Najpoznatiji termalni izvori se nalaze ne području Hrvatskog zagorja (Harina Zlaka, Tuheljske Toplice, Krapinske Toplice, Šemnica, Sutinsko, Topličica (Gotalovec), Topličica (Kamena Gorica), Stubičke Toplice) gdje je u prošlosti dokazano da su vode vadoznoga podrijetla, dok rezultati novijih geoloških istraživanja upućuju na to da su ti izvori vezani uz tjemena međusobno paralelnih antiklinala i na mjesta gdje su vodonosni horizonti najbliže površini, tako da za izbijanje vode nije nužna jaka rasjedna linija kako se u prošlosti mislilo. U području Samoborskoga gorja poznata su dva izvora termalne vode, Toplica (kod Svete Jane) i Sveta Helena (SZ od Samobora). Izvori se nalaze u području gornjotrijaskih dolomita i gornjokrednih klastičnih naslaga. Na obodu Papuka poznata su tri izvora termalne vode, po jedan na zapadnoj (Daruvar), južnoj (Velika) i sjevernoj strani (Orahovica). Rezultati istraživanja na području Daruvara potvrđuju složene hidrogeološke odnose. Dokazano je da su svi do sada pronađeni izvori povezani i da termalna voda komunicira s podzemnom vodom kvartarnog nanosa, a vodonosne su naslage srednjo- i gornjotrijaskih dolomita. U području Središnje Hrvatske najpoznatiji su termalni izvori Lešće i Topusko. Njihovo pojavljivanje vezano je uz tektonsku poremećenost terena. Geološki odnosi koji su omogućili izbijanje tople vode na površinu do danas nisu razjašnjeni. Termo-mineralni izvore nalazimo na području Sjeverne Hrvatske (Varaždinske Toplice, Lipik) te Istre (Sveti Stjepan) i Dalmacije (Split). Voda iz izvora u Varaždinskim Toplicama se ukupnom mineralizacijom tek približava vrijednosti od 1g/l, ali je i dalje uvrštavamo u termo-mineralne izvore. Pretpostavlja se da se vode izvora u Varaždinskim Toplicama prikupljaju u naslagama trijaskih dolomita, dok kod izvora u Lipiku još uvijek nije u potpunosti razjašnjeno podrijetlo vode. Što se tiče izvora u Svetom Stjepanu, poznatom još i kao „Istarske toplice“, njegova specifičnost je dokazana radioaktivnost vode koja je otkrivena još 1933. godine. Podatci o izmjerenim vrijednostima su različiti, ovisno o tome

je li mjerena hladna ili topla voda jer su u određenom području hladnije vode radioaktivnije od toplih. Nastanak terme veže se uz reverzni rasjed između strukture izgrađene iz gornjokrednih vapnenaca i struktura s naslagama fliša, te njemu paralelan rasjed unutar krednih naslaga. U Splitu se nalaze sumporno-slani izvori koji su poznati još od Dioklecijana koji je zbog ljekovitosti splitske vode tamo i sagradio palaču. Potankosti o hidrogeološkim odnosima u području izora nisu poznate. U jednom zapisu spominje se kako voda izvire u eocenskim naslagama.

Sve poznatije vrste ugljena (treset, lignit, smeđi i kameni ugljen) u našim su krajevima otkrivene davno i dugo iskorištavane, izuzev treseta. U Hrvatskoj je otkriveno nekoliko većih tresetišta, ali im do sada nije posvećivana osobita pozornost. Najpoznatija tresetišta su u Podravini, Posavini i Krbavskome polju, a slojevi treseta utvrđeni su i u brojnim istraživačkim bušotinama u Podravini i Slavoniji. Ležišta i pojave lignita pronađene su diljem sjeverne Hrvatske (Hrvatsko zagorje, obodi Medvednice i Kalnika, Bilogora, pribrežje Moslavačke gore, Papuka, Psunja, Požeške gore i Dilja, Vukomeričke gorice, obod karlovačke kotline, Kordun, Banija), u Lici (Krbavsko polje), Primorju (Bribir) i Dalmaciji (Strmica, dolina Cetine, Sinj). Otkriven je u naslagama različite stratigrafske pripadnosti počevši od miocenskih pa do pliocensko-pleistocenskih taložina. U gospodarskom pogledu, najznačajnija su ležišta razvijena u naslagama panona, gornjeg ponta i srednjega-gornjega pliocena u sjevernoj Hrvatskoj te miocena u Cetinskoj krajini. Ležišta smeđeg ugljena otkrivena su u Hrvatskoj u naslagama eocenske starosti (Bukovica, Promina, Svilaja, Imotski) i miocenskih sedimenata (Samoborsko gorje, Medvednica, Moslavačka gora, Papuk, Psunj, Požeška gora, Dilj gora, Kordun, Banija, Ogulin, Slunj, otok Pag), te u pliocenskim taložinama u Međimurju. Nalazišta kamenog ugljena u Hrvatskoj su pak vrlo rijetka. Najpoznatija i gospodarstveno vrijedna ležišta razvijena su jedino u naslagama paleocenske starosit u Istri u tu su kameni ugljen počeli rudariti pred više od 350 godina. Zabilježeno je desetak manjih nalazišta koja su jedva spomena vrijedna, a otkrivena su u paleozojskim klastičnim naslagama (Lika) te mezozojskim i pretežito karbonatnim, a rjeđe klastičnim sedimentima (Žumberak, Gorski kotar, Lika). Unatoč nevelikim nalazištima, u prošlosti su i u njima zabilježeni pokušaji rudarenja.

Ležišta i pojava bakrovih ruda ima u Hrvatskoj malo. Najveća ležišta nađena su u Samoborskom gorju i Trgovskoj gori, a zanimljivije mineralne pojave otkrivene u Gorskome kotaru, Medvednici, Petrovoj gori i na otoku Visu. U Samoborskom gorju (Rude) te Petrovoj gori (Španov brijeg) ležišta se nalaze unutar permskih pješčenjaka, a tvore ga mezotermalne

kvarcno-sideritne žice s halkopiritom i drugim sulfidima. U Trgovskoj gori se nalaze naša najpoznatija rudišta bakrovih ruda. Orudnjenje je vezano za karbonske naslage glinovitih škriljavaca s proslojcima raznih tipova pješčenjaka. Vjeruje se da je mineralizacija nastajala singenetski, kao produkt vulkanogeno-eshalativnih, submarinskih procesa u vrijeme hercinske metalogene epohe, dok se sve postojeće teksture i strukturne značajke ruda i stijena smatraju posljedicom naknadne metamorfoze.

Olovo-cinkove rude otkrivene su u Ivanščici, Kalniku, Samoborskome gorju, Medvednici, Papuku, Petrovoj i Trgovskoj gori, Lici i Dalmaciji. Na području Ivanščice nalazište se nalazi unutar srednjotrijaskih vapnenaca, neposredno iznad podinskih donjotrijaskih klastita. Pojave na području Medvednice mogu se usporediti sa sličnim pojavama u Ivanščici, Petrovoj gori i na Lisini kraj Srba, koja su genezom sekundarno-hidrotermalna orudnjenja mezozojskoga geosinklinalnog magmatskog ciklusa. Najpoznatija hrvatska nalazišta srebronosnih olovskih ruda nalaze se u Trgovskoj gori. Nositelji su orudnjenja naslage karbonskih glinovitih škriljavaca i pješčenjaka u kojima su konkordantno uložene rudne žice. Mineralizacija je postankom i načinom pojavljivanja jednaka ležištima željeza i bakra na istom području. Na području Petrove gore pronađena je pojava olovo-cinkove rude u ilovinama nedaleko od izdanaka bituminoznih dolomita trijaske starosti. U Lici i Dalmaciji je orudnjenje odloženo uglavnom u donjotrijaskim i srednjotrijaskim vapnencima, a ponegdje i u dolomitima. Posebna pojava elementarnog olova u obliku zrnaca pronađena je u starim ispiralištima zlata na području Papuka.

Nalazišta željeznih ruda pronađena su diljem Hrvatske. Pronađena su u Hrvatskom Zagorju, u ozaljskom kraju, Žumberku, Samoborskome gorju, Medvednici, slavonskim planinama, Baranji, u Kordunu, Petrovoj gori, Baniji i Trgovskoj gori, u Gorskome kotaru, Lici, oko Kninu i drugdje. Nalazišta su i po nekoliko puta istraživana te se puno o njima zna. U Hrvatskom Zagorju su to uglavnom samo pojave, ali je u prošlosti bilo i pokušaja rudarenja. Orudnjenja su se uglavnom nalazila u trijaskim naslagama kao i na području Pribića nedaleko od Krašića. Orudnjenja na području Samoborskog gorja (Rude) čine hematitne i sideritne rude što su vezane za naslage permskih pješčenjaka i sitnozrnatih konglomerata. Zapadno i JZ od Ozlja postoje brojna nalazišta limonita koji se pojavljuju unutar plicensko-pleistocenskih šljunaka i šljunaka. Dio limonita nastao je singenetski, a drugi je klastičnog podrijetla i mehanički transportiran. Najljepši komadi nađeni su u pliocensko-pleistocenskim sedimentima u okolici sela Podbrežja. Nalazišta na Medvednici nisu brojna, a ni bogata, ali u prošlosti je ipak bilo manjih eksploatacijskih radova. Pronađena su

uglavnom u zelenim škriljavcima i paraškriljavcima te mramoriziranim vapnencima. U niskim brežuljcima oko Moslavačke gore i SI od Ivanić-Grada željezovito orudnjenje nalazi se unutar pliocenskih naslaga, a zastupljeno je proslojcima glinovitoga limonita, centimetarsko-decimetarskih debljina. Željezna je ruda na području Papuka pronađena na više mjesta, ali nikada za njih nije bilo većeg zanimanja. Orudnjenja su vezana uz paleozojske stijene te su relativno česte pojave žica tinjčastoga hematita unutar porfiroblastičnih gnajsova i granita. Pozornost istraživača privukla je svojedobno samo pojava hematita u kamenolomu dolomita istočno od Sirača, gdje se u zoni milonitnih breča nalazi ruda centimetarske debljine. U Požeškoj gori pojavljuju se dva tipa orudnjenja željeznim rudama. Prvi u kompleksu gornjokrednih eruptivnih stijena albitporfira te kredno-paleogenskih eruptivnih stijela spilita i dijabaza gdje su zastupljene pojave hematita. Drugi tip orudnjenja sedimentnog je podrijetla i zastupljen lećama ili manjim slojevima limonita, istaloženim unutar nižeg dijela donjomiocenskih pješčenjaka, pijesaka i glina. Petrova gora, njezin obod i sjeverni dio Banije poznati su po brojnim ležištima i pojavama željeznih ruda. Rudišta se odlikuju velikom raznolikošću, kako po postanku i mineralnoj paragenezi tako i po vrsti i starosti stijena u kojima je mineralizacija odložena, a i po vremenu njena nastanka. Po postanku razlikujemo rudišta hidrotermalnoga podrijetla i nekoliko tipova ležišta sedimentnog postanka. Najznačajnija nalazišta željeznih ruda u Hrvatskoj se nalaze na Trgovskoj gori. Sveobuhvatni prikaz trgovskogorskih rudokopa željeznih ruda gotovo je nemoguć. Ležišta se uglavnom nalaze unutar gornjokarbonskih glinovitih škriljavaca, pješčenjaka i konglomerata pojavljuje se žični tip ležišta u obliku kvarcno-sideritnih žica. U paragenezi rudnih žica nalaze se siderit, kvarc te sulfidi (pirit i halkopirit). U Lici je u prošlosti zabilježeno otkopavanje manjih razmjera, sve na području Velebita. Uglavnom se radilo o hematitu, te vrlo malo limonita, a pronađena su na kontaktu ladiničkih i karničkih naslaga. U prostoru oko Knina željezovitih ruda ima na više mjesta, a najpoznatija su rudišta pronađena u okolici Pribudića i Pađena (SZ od Knina) te nedaleko od Karenovca (JI od Knina). Prva predstavljaju poseban oblik željezovitog orudnjenja, kako po mineralnoj paragenezi i postanku tako i po načinu pojavljivanja. Mineralnu paragenezu čine hematit, željezoviti silikati (šamozit), illit, karbonati, dijaspor, hidrargilit, titanit, cirkon, pirit, markaz i getit, a glavni su rudni minerali hematit i željezovi silikati. U Gorskom kotaru otkrivena su dva različita genetska tipa željeznih ruda. Jedan, daleko češći i poznatiji oblik orudnjenja, nalazi se unutar permskih naslaga i zastupljen je piritom, sporadično hematitom i uglavnom limonitom. Drugi je tip mineralizacije razvijen u obliku limonita bobovca. Također, po

vapnencima dalmatinskog krša, među boksitom i crvenicom se nalazi dosta limonita u istom obliku, limonita bobovca (Marković, 2002)

4. GEOINFORMACIJSKI SUSTAV – GIS

Geografski informacijski sustav (GIS) je tehnologija za prikupljanje, upravljanje i analizu podataka. GIS integrira razne vrste podataka te analizira prostorni položaj i organizira slojeve informacija u vizualizacije pomoću karata i 3D prikaza. (esri.com, 2019.) GIS je sustav koji omogućava brz i efikasan način analize podataka, njihovo manipuliranje i pohranjivanje koje ima za konačan cilj kreiranje novih informacija i izlaznih rezultata prvenstveno u grafičkom obliku.

Teško je reći kada je GIS zapravo nastao, ali on je prvenstveno nastao kao skup tehnologija spojenih u jednu nazvanu GIS, i kao takav se počeo koristiti šezdesetih godina prošlog stoljeća. Korištenje GIS-a doživjelo je bez presedana rast u zadnjih desetak godina. S moćnom tehnologijom dobivanja jeftinih i sustavnih baza podataka koje mogu sadržavati veliku količinu podataka može se reći da je GIS u svom zlatnom dobu. GIS olakšava donošenje odluka u raznim situacijama jer većina ljudi preferira vizualni medij, a nema boljeg vizualnog medija od karte. Karte su lako prepoznatljive i zanimljive, te fleksibilna i univerzalna metoda komunikacije u raznim disciplinama.

Radi se o sustavu koji je relativno nov i koristi se za unos, obradu, analizu i prikaz prostornih informacija. Sadrži prostorna informacije organizirane kao skup prostornih podataka, opisnih podataka i topoloških odrednica (odnos objekata prema okolini). Prostorni podatci odnose se na određeni položaj na Zemlji i pohranjeni su kao grafički elementi. Opisni podatci povezani su s prostornim podatcima i pohranjeni u bazi podataka. Specifičnost GIS-a je da geografske podatke pohranjuje zajedno s njihovim značajkama i karakteristikama. Značajke se obično prikazuju kao točke, linije ili površine, a mogu biti prikazane i kao rasteri. Grafička baza podataka o objektima s poznatim koordinatama koju dobijemo kao konačni proizvod rada u GIS-u zovemo georeferenciranom (geoprostornom) bazom podataka (Perković, 2010).

4.1. Prednosti GIS sustava

Tri glavne prednosti GIS sustava su:

- Vizualizacija podataka,
- Povezivanje geografskih i atributnih podataka,
- Mogućnost interdisciplinarnog odlučivanja.

Vizualizacija podataka u GIS-u se odnosi na mogućnost prikazivanja velike količine podataka pohranjenih u računalu na jednostavan i slikovit način koji je blizak čovjeku. Povezivanje geografskih i atributnih podataka računala pruža velike mogućnosti analize, zaključivanja i logičkog interpretiranja dok je interdisciplinarno povezivanje različitih područja promatranja potencijal ograničen samo čovjekovom maštom. (Perković, 2010.)

Osim navedenog prednost GIS-a je to što ima vrlo kvalitetan izvor podataka u druge aplikacije u grafičkom, negrafičkom, statičkom i dinamičkom obliku (formatu) koji se mogu dalje mogu koristiti za širok spektar primjena. Korištenje svih nabrojanih prednosti bi trebale dovesti do boljeg upravljanja informacijama, kvalitetnijih analiza te povećanja efikasnosti nekog konkretnog projekta.

4.2. Primjena GIS tehnologije

Danas je GIS tehnologija koja se neprestano razvija i raste te ima sve veći značaj i primjenu u različitim područjima. Neka od njih su:

- zbrinjavanje i odlaganje otpada (kartiranje lokacija odlagališta otpada, analize utjecaja odlagališta na okoliš, odabir lokacije odlagališta...)
- zaštita okoliša (upravljanje šumama, analize utjecaja, upravljanje zaštićenim područjima, kartiranje radonom ugrožena područja...)
- naftno rudarstvo (istraživanje, distribucija i proizvodnja nafte i plina...)
- geodezija (katastar zemljišta, kartografija i tematsko kartiranje...)
- vatrogasna služba (pronalaženje optimalnog puta do nesreće – duljina puta, širina puta, kvaliteta prometnice i sl.)
- zdravstvo (planiranje zdravstvene infrastrukture, kartiranje bolesti...)

- marketing i prodaja (pronalaženje kupaca i potencijala nekog tržišta...)
- osiguranje (analize rizika, planiranje katastrofa, analize usluga korisnicima...)
- komunalno gospodarenje gradova (voda, struja, grijanje, telekomunikacije, televizija, internet)
- meteorologija (kartiranje senzora za praćenje udara munje, prikaz grmljavinskih karata…)
- turizam (prikaz hotela, restorana, plaža…)

5. FAZE RAZVOJA GIS PROJEKTA

Svaki GIS projekt se sastoji od nekoliko faza razvoja:

- Ulaza podataka,
- Tematskog modeliranja,
- Prostornog povezivanja,
- Vizualizacije podataka.

5.1. Ulaz podataka u GIS

Ulazni podatci su najbitniji i vitalni dio svakog GIS projekta. Oni su ono na čemu se temelji sve ostalo u GIS-u. U obuhvatu podataka treba razlikovati:

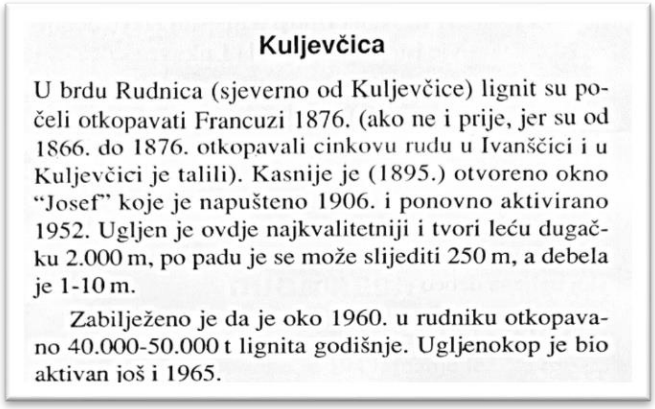
- Prostorne podatke (geometrijske objekte s koordinatama),
- Pripadajuće opisne podatke (atribute geografskih objekata)

Prostorne podatke često nazivamo i grafičkim podatcima dok se za pripadajuće opisne podatke kaže da su to negrafički podatci. Postoji više metoda prikupljanja grafičkih podataka, najčešće se koristi metoda digitalizacije karata. Prednost digitalizacije je u cijeni koja je daleko niža od ostalih metoda, dok je mana moguća starost i neažuriranost karata. Postoje dvije vrste digitalizacije: vektorska i rasterska. Negrafički se podatci pak prikupljaju i unose u bazu podataka na uobičajene načine kao i kod drugih informacijskih sustava, u ovom radu npr. neposredno preko tipkovnice računala i čitanjem datoteke spremljene u standardnom formatu (*MS Excel*) (Perković, 2010).

Kao izvori za unos podataka u ovom radu korištene su razne literature, od Elaborata „Regionalna i poludetaljna istraživanja na području Papuka“ (Dravec-Braun, 1981), diplomskih radova „Radiometrijska i emanometrijska istraživanja urana na području Papuka (Crnogaj, 1981) te „Geokemijska istraživanja urana na području Papuka“ (Čorak, 1981), sve do sveobuhvatne knjige „Mineralne sirovine Hrvatske“ (Marković, 2002) u kojoj su navedene i opisane sve mineralne sirovine Hrvatske i njihove lokacije te znanstvenih radova na temu uranija i drugih potencijalno prirodno radioaktivnih pojava u Republici Hrvatskoj. Osim nabrojanoga korištena je i knjiga „Veliki atlas Hrvatske“ (Grupa autora, 2002) koji je služio lakšem pronalaženju lokacija koje nisu uvijek bile naselja prema Državnom zavodu

za statistiku. Elaborati su korišteni za pronalaženje lokacija uranija na području Papuka, kao i diplomski radovi, dok je knjiga „Mineralne sirovine Hrvatske“ korištena za sve ostale mineralne sirovine (ugljen, fosforit, termalne i termo-mineralne vode, rude željeza, bakrove rude i olovo-cinkove rude) zajedno s raznim znanstvenim člancima.

Iz navedenih izvora su uzete lokacije koje su zatim unošene u GIS. Unos se izvodio na način da je potrebnu lokaciju,(npr. iz knjige Mineralne sirovine Hrvatske), bilo potrebno pronaći u knjizi Veliki atlas Hrvatske, a zatim unositi u GIS projekt, odnosno točkasti GIS sloj s lokacijama. Rađeno je na taj način jer često lokacije nisu bile naselja, već gorja, rijeke, potoci, zaseoci ili dijelovi naselja. Iz tog razloga je rađen sljedeći postupak, objašnjen na primjeru lokaliteta u brdu Rudnica, sjeverno od Kuljevčice, koji je u radu nazvan Rudnica. Nakon što je u literaturi pronađen lokalitet zajedno sa svojim opisom (slika 5.1), potrebno ga je pronaći u kazalu atlasa.



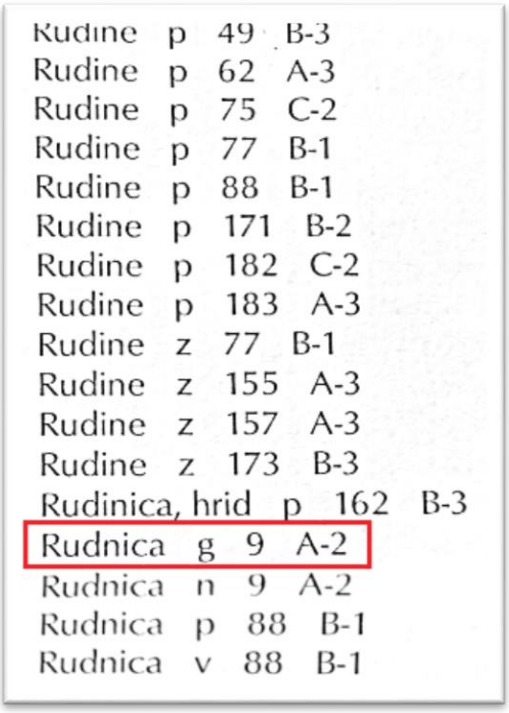
Kuljevčica

U brdu Rudnica (sjeverno od Kuljevčice) lignit su počeli otkopavati Francuzi 1876. (ako ne i prije, jer su od 1866. do 1876. otkopavali cinkovu rudu u Ivanščici i u Kuljevčici je talili). Kasnije je (1895.) otvoreno okno "Josef" koje je napušteno 1906. i ponovno aktivirano 1952. Ugljen je ovdje najkvalitetniji i tvori leću dugačku 2.000 m, po padu je se može slijediti 250 m, a debela je 1-10 m.

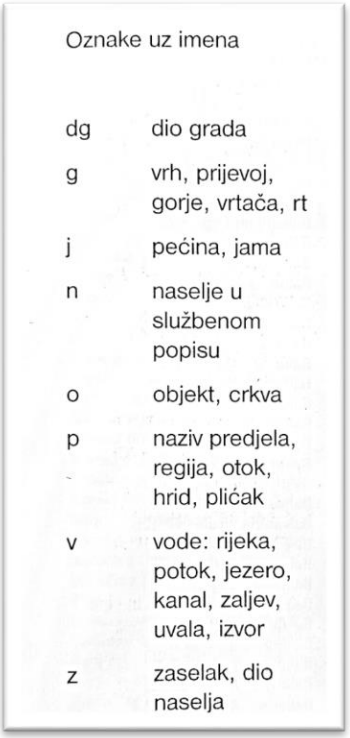
Zabilježeno je da je oko 1960. u rudniku otkopavano 40.000-50.000 t lignita godišnje. Ugljenokop je bio aktivan još i 1965.

Slika 5.1 Opis lokaliteta Rudnica

Nakon što je pronađen, potrebno je pored naziva pogledati oznaku koja pokazuje o kojoj vrsti lokaliteta se radi. Naime, na slici 5.2 je vidljivo da za isti lokalitet postoji više mogućih lokacija, stoga je potrebno znati koji se traži te koristiti legendu (slika 5.3) u kojoj je objašnjeno što označavaju slova pored naziva. Ponekada je moguće da postoje dva ili više lokaliteta istog naziva i opisa u atlasu. U tom slučaju potrebno je znati u kojem dijelu Hrvatske se lokalitet nalazi kako bi se pristupilo procesu eliminacije i odabira pravog lokaliteta. U primjeru Rudnice proces odabira tražene lokacije je, unatoč više lokaliteta s istim nazivom, je bio jednostavan jer je postojao samo jedan lokalitet koji je bio brdo.



Slika 5.2 Prikaz kazala u Atlasu Republike Hrvatske s oznaĉenom odabranom lokacijom



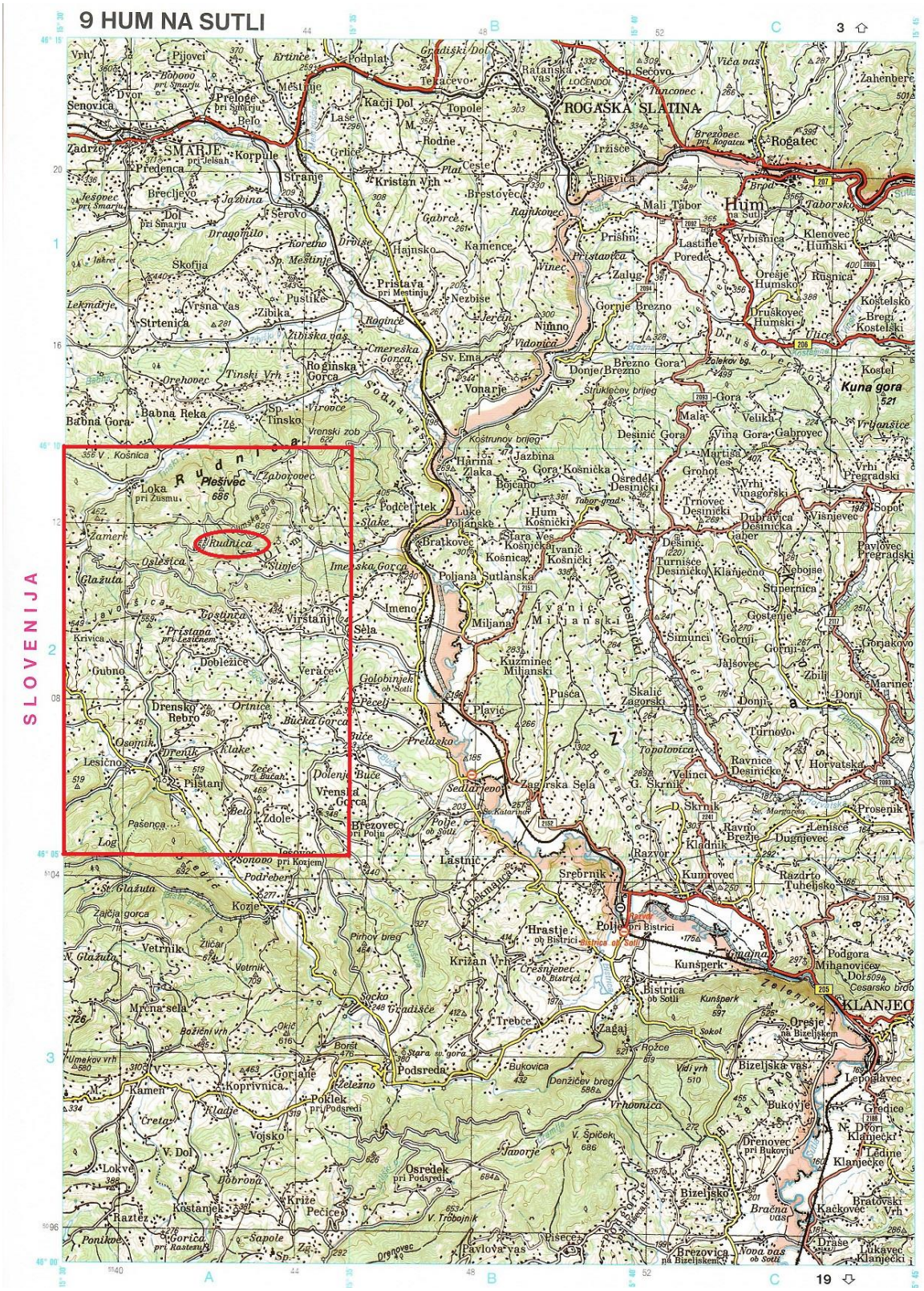
Slika 5.3 Oznaka uz imena (vrste toponima) u Velikom atlasu Hrvatske

Pored svakog lokaliteta u kazalu se, osim oznake o kojoj vrsti lokaliteta se radi, nalazi i opis na kojem dijelu karte se on nalazi te je potrebno otvoriti stranicu za koju je navedeno da se taj lokalitet nalazi i pronaći ga tamo (slika 5.4). Ukoliko se ne radi o naselju, potrebno je pronaći najbliže naselje kako bi ga bilo moguće pronaći u GIS-u. U slučaju Rudnice, radilo se o naselju naziva Kuljevčica. Naime, u GIS-u se proces nalaženja lokacije odvijao na način da je bilo potrebno pronaći naselje te na osnovu njega ručno tražiti točan lokalitet, ukoliko se nije radilo o odabranom naselju uz napomenu da i sloj s naseljima sadrži samo naselja koja postoje u popisu Državnog zavoda za statistiku. Lakšem ručnom pronalaženju su često pomagali opisi iz literature koji bi govorili gdje se nalazi lokalitet u odnosu na neko naselje, na kojoj strani svijeta. Kada je proces traženja u atlasu završio, pristupa se pronalaženju odabrane lokacije u GIS-u.

Prilikom traženja određenih lokaliteta u GIS-u došlo je do zanimljive situacije. Naime, javile su se neke razlike u nazivima lokaliteta u literaturi i GIS kartama. U tablici 5.1 su prikazane sve te razlike, a kao mjerodavni nazivi za ovaj rad su uglavnom uzeti oni koji se nalaze na kartama u GIS-u.

Tablica 5.1 Prikaz razlika u nazivima lokaliteta

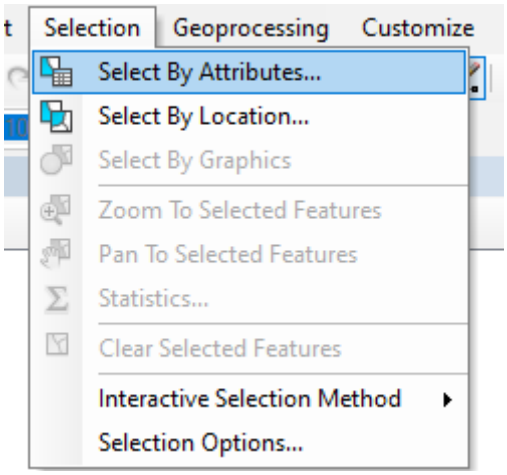
GIS karte	**Literatura**
Harina Žlaka	Harina Zlaka
Varda	Narda
Kunići Ribički	Kunić
Bušetina	Bušetine
Vrhovac	Ivanečki Vrhovec
Dubrava Zabočka	Dubrava
Graćenica	Gračenica
Rešetari	Brđani Rešetari
Strmendolac	Stmen Doc
Svinjala	Svinjača
Vrhi Pregradski	Pregradski Vrhi
Završje Podbelsko	Završje
Ivanovo Polje	Ivanpolje
Podgorje Bistričko	Podgorje
Pusti dol	Pustodol
Španovo brdo	Španov brijeg
Rudni vrh	Rudnica
Suva Perna	Suha Perna


9 HUM NA SUTLI
SLOVENIJA
Rudnica
Plešivec
686
ROGAŠKA SLATINA
Rogatec
Hum
Kuna gora
521
KLANJEC
SMARJE
pri Jelšah
Kozje
Podsreda
Bistrica
ob Sotli
Bizeljsko
Sedlarjevo
Lastnič
Pišlanj
Brezovec
pri Polju
Imeno
Sela
Miljana
Poljana Sutlanska
Hrastje
ob Bistrici
Križan Vrh
Kunšperk
Bizeljska vas
Bukovje
Trebče
Zagaj
Srebrnik
Kumrovec
Razvor
Kladnik
Dugnjevec
Razdrto
Tuheljsko
Prosenik
Lenišče
Podgora
Mihanovičev
Dol
Oresje
na Bizeljskem
Leskovec
Gredice
N. Dvori
Klanjecki
Ledine
Klanjecke
Bratovski
Vrh
Kačkovec
Draše
Lukavec
Klanjecki
Brezovica
na Bizeljskem
Nova vas
ob Sotli
Pavlova vas
Osredek
pri Podsredi
Križe
Pečice
Kostanjek
Raztez
Ponikve
Goričica
pri Rastezu
Sapole
Lokve
V. Dol
Vojsko
Kamen
Koprivnica
Gorjane
Podsreda
Borst
Okič
Božični vrh
Umekov vrh
Mrčna sela
Vetrnik
N. Glažuta
Sv. Glažuta
Zajčja gorca
Pašenca
Log
Drenik
Lesično
Gubno
Osojnik
Drensko Rebro
Ortinica
Bučka Gorca
Buče
Dolenje
Vrensica
Gorca
Zdole
Bela
Zeče
pri Bučah
Dobležice
Veračice
Golobinjek
ob Sotli
Pečelj
Plavič
Pusca
Skalič
Zagorski
Turnovo
Topolovica
Velinci
G. Skrnik
D. Skrnik
Ravnice
Desinićke
V. Horvatska
Gornji
Donji
Jajsovec
Zbilj
Marinec
Gorjakovo
Simunci
Gosteje
Stupernica
Nebojse
Klanjećno
Turnišće
Desinićko
Desinić
Desinićka
Gaber
Trnovec
Desinički
Dubravica
Desinićka
Višnjevec
Sopot
Pavlovec
Pregradski
Vrhi
Pregradski
Vrhi
Vinagorski
Grohot
Martinja
Ves
Vina Gora
Gabrovec
Vrhanšice
Mala
Velika
Gora
Desinić Gora
Donje Brezno
Brezno Gora
Gornje Brezno
Druškovec
Humski
Druškovec
Humsko
Oresje
Humsko
Rusnica
Kostelsko
Bregi
Kostelski
Vinec
Nimno
Vidovica
Zalug
Lastine
Poredje
Vrbišnica
Klenovec
Humski
Prišlin
Pristavica
Mali Tabor
Rajkovec
Brestovec
Kamence
Nezbise
Jerčin
Pristava
pri Mestinju
Hajnsko
Gabrce
Kristan Vrh
Plat
Česte
Riavica
Brod
Taborsko
Tržišče
Sp. Sečovo
Vrh
Pijovci
Podplat
Terlačevo
Ratanska vas
Kačji Dol
Topole
Rodne
Laše
Grliče
Stranje
Serovo
Jazbina
Brecljevo
Predenca
Korpule
Zadrže
Dvor
Senovica
Preloge
pri Smarju
Bohovo
pri Smarju
Pijovci
Ježovec
pri Smarju
Dol
pri Smarju
Škofija
Sp. Mestinje
Dragomilo
Loretno
Dravše
Hajnsko
Kamence
Vinec
Pristavica
Zalug
Lastine
Poredje
Vrbišnica
Klenovec
Humski
Prišlin
Rajkovec
Brestovec

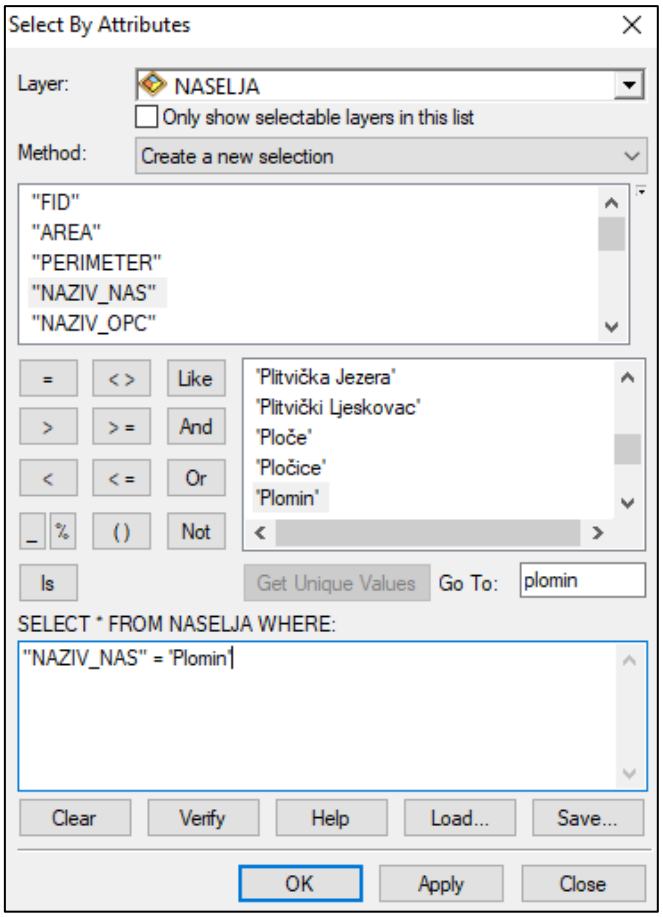
Podatci se u GIS unose postavljanjem točke na željenu lokaciju. Prije toga potrebno je pronaći željenu lokaciju na karti. To se izvodi naredbom *Select By Attributes* kao što je prikazano na slici 5.5.

Nakon odabira naredbe otvara se dijaloški okvir u kojem se odabire sloj (*layer*) u kojem se nalaze željene informacije, u ovom slučaju „NASELJA“. Ostatak se namjesti na sljedeći način, prikazan na slici 5.6:

- Dupli klik na „NAZIV_NAS“
- Dupli klik na =
- Lijevi klik na *Get Unique Values* čime se izbacuju sva postojeća naselja u RH
- U prozorčić pored upisujemo naselje koje tražimo i kada ga nađemo dupli klik na njega
- Kada je gotovo lijevi klik na OK

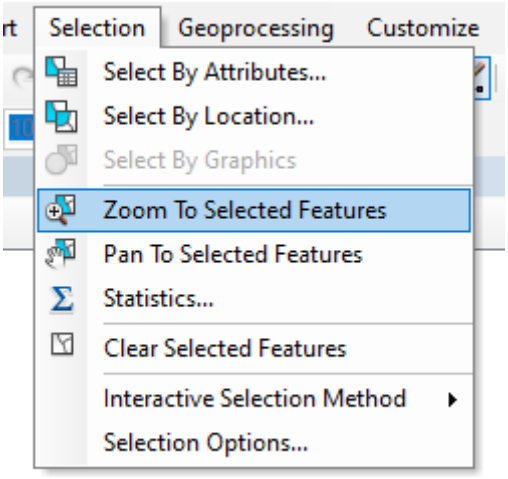


Slika 5.5 Naredba *Select By Attributes*

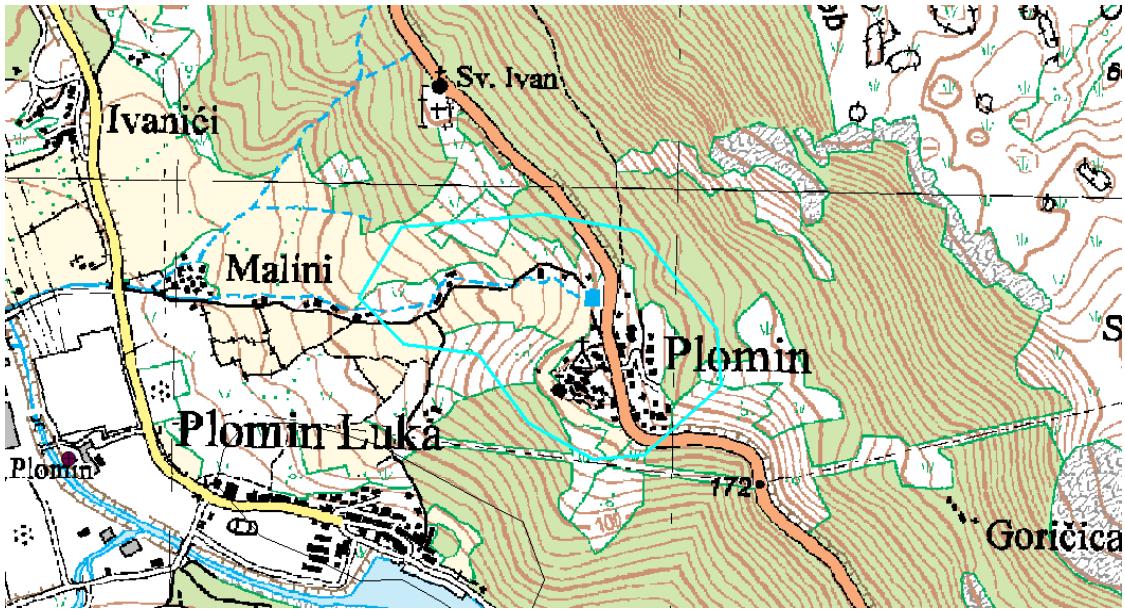


Slika 5.6 Dijaloški okvir *Select By Attributes*

Zatim je potrebno naći odabranu lokaciju na karti za što je ponovno potrebno otići u alatnu traku i lijevi klik na *Selection* i potrebno je odabrati naredbu *Zoom To Selected Features*, slika 5.7., nakon čega bi trebala biti prikazana odabrana lokacija na karti, slika 5.8.



Slika 5.7 Naredba *Zoom To Selected Features*

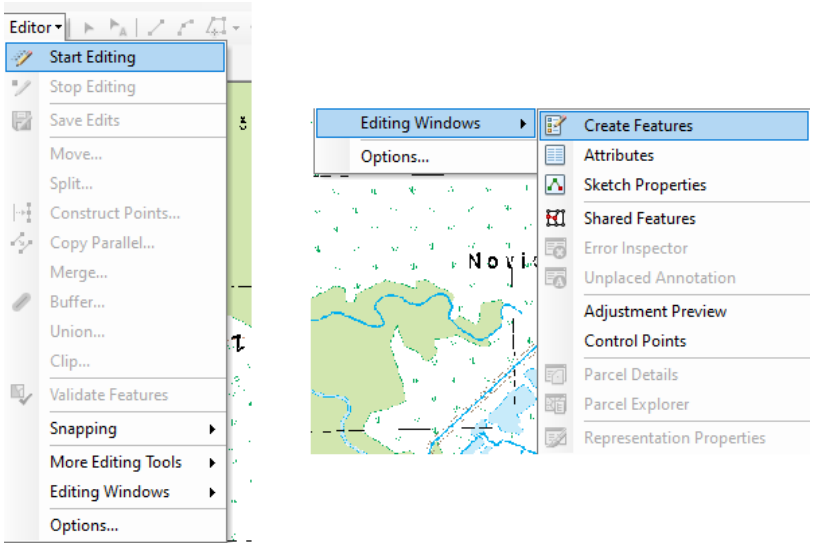


Slika 5.8 Prikaz odabrane lokacije u GIS-u

Nakon što je na karti pronađena željena lokacija, potrebno ju je i označiti. Pomoću opisa lokacije iz literature moguće je pronaći precizniju lokaciju unutar pronađenog naselja. Na primjer, na prikazanom području Plomina, tražena lokacija iz literature se zapravo nalazi izvan područja samog mjesta te ju je kao takvu potrebno pronaći na karti i označiti. Ukoliko nema detaljnijih opisa samog položaja tražene lokacije onda je označeno na području naselja,

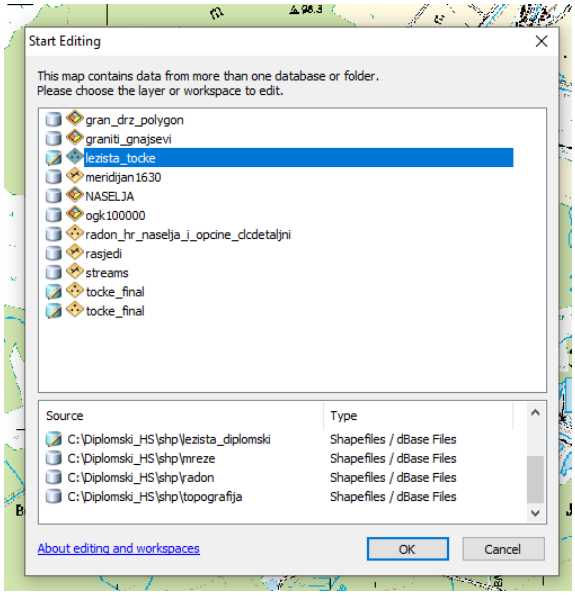
ali uglavnom se radi o manjim naseljima, zaseocima, potocima ili brdima, pa odstupanje označene do stvarne lokacije nije veliko.

Za označavanje lokacije odnosno dodavanje objekta (eng. *feature*) u točkasti GIS sloj, prvo je potrebno uključiti naredbu *Start Editing*(slika 5.9.) nakon čega je potrebno u istom dijaloškom prozoru pod *Editing Windows* koristeći *Create Features* (slika 5.9.) stvoriti sloj u kojem će se nalaziti označene lokacije (lezista_tocke).



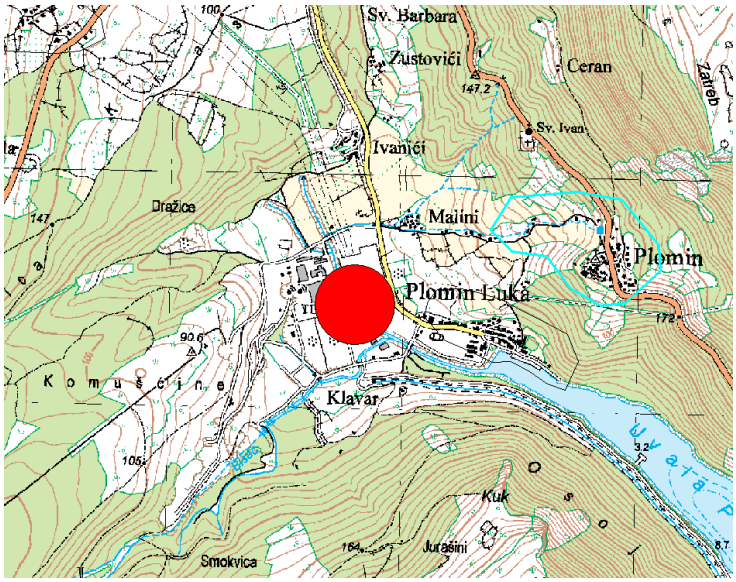
Slika 5.9 Naredbe *Start Editing* i *Editing Windows*

Nakon ovoga se automatski otvara dijaloški okvir u kojem se odabire sloj u kojem se želi označavati. Za označavanje lokacija u ovom radu je korišten sloj lezista_tocke kao što je prikazano na slici 5.10.



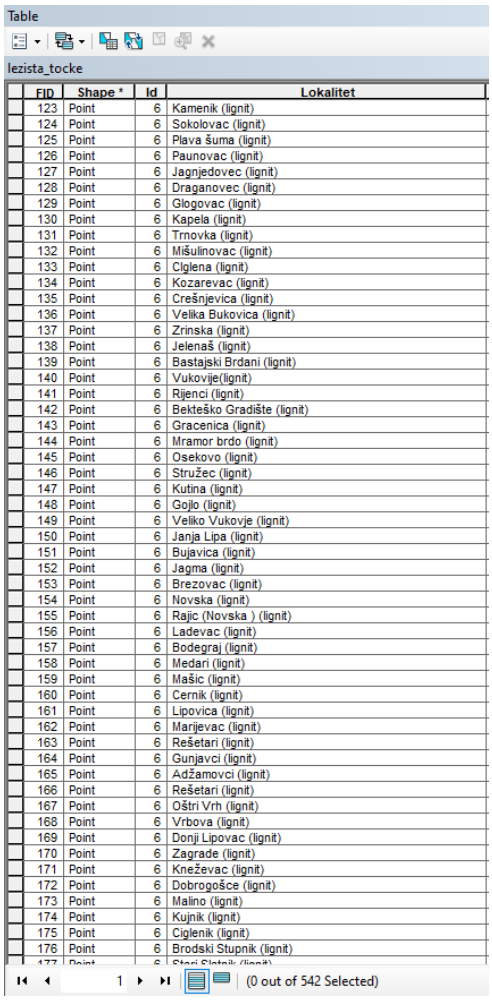
Slika 5.10 Dijaloški okvir *Start Editing*

Nakon što je odabran sloj potrebno je odabrati rad s točkom i po želji urediti kako će ona izgledati (dizajn, oblik, boja) te nakon što je to učinjeno lijevim klikom kliknuti na lokaciju koju želimo označiti te bi se trebala prikazati točka, u ovom slučaju crveni kružić, kao što je prikazano na slici 5.11.



Slika 5.11 Prikaz oznake na lokaciji

Nakon što je lokacija označena, automatski se otvara atributna tablica GIS sloja u koji je potrebno upisati naziv lokaliteta te Id broj koji u strukturi tablice služi kao polje za tip objekta, a time i simbola te omogućava lakšu identifikaciju o kojoj mineralnoj sirovini se radi, kao što je prikazano na slici 5.12.


Table

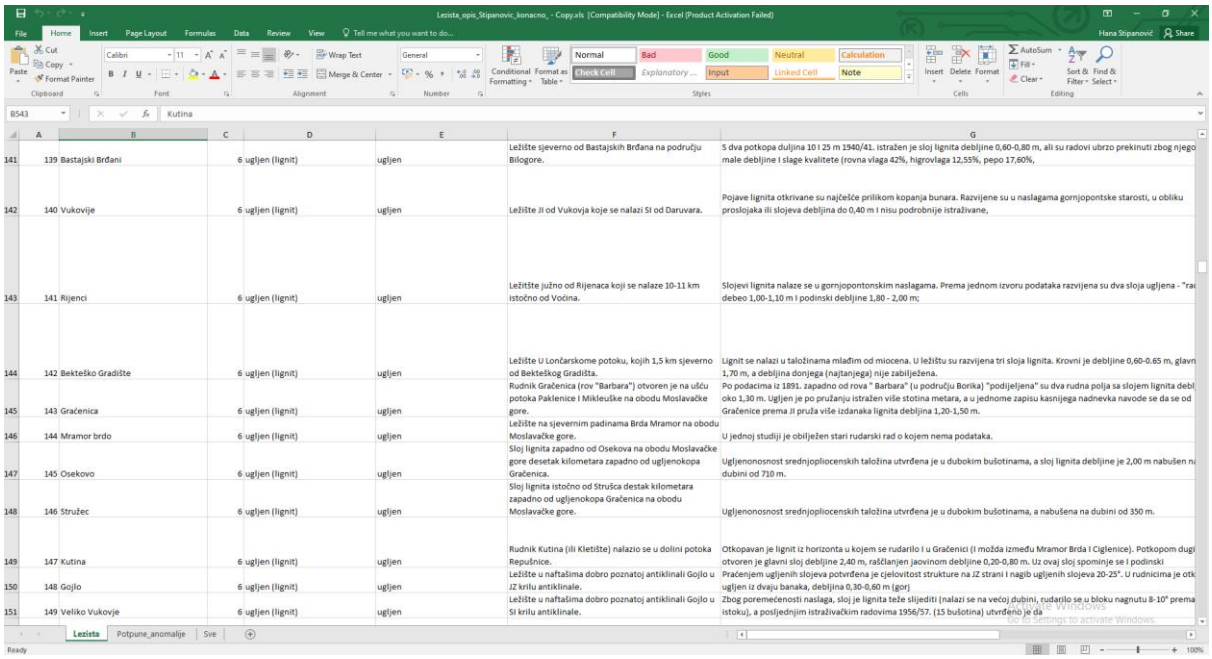
lezista_tocke

FID	Shape *	Id	Lokalitet
123	Point	6	Kamenik (lignit)
124	Point	6	Sokolovac (lignit)
125	Point	6	Plava Šuma (lignit)
126	Point	6	Paunovac (lignit)
127	Point	6	Jagnjedovec (lignit)
128	Point	6	Draganovec (lignit)
129	Point	6	Glogovac (lignit)
130	Point	6	Kapela (lignit)
131	Point	6	Trnovka (lignit)
132	Point	6	Mišulinovac (lignit)
133	Point	6	Clglena (lignit)
134	Point	6	Kozarevac (lignit)
135	Point	6	Crešnjevica (lignit)
136	Point	6	Velika Bukovica (lignit)
137	Point	6	Zrinska (lignit)
138	Point	6	Jelenaš (lignit)
139	Point	6	Bastajski Brdani (lignit)
140	Point	6	Vukovije(lignit)
141	Point	6	Rijenci (lignit)
142	Point	6	Bekteško Gradište (lignit)
143	Point	6	Gracenica (lignit)
144	Point	6	Mramor brdo (lignit)
145	Point	6	Osekovo (lignit)
146	Point	6	Stružec (lignit)
147	Point	6	Kutina (lignit)
148	Point	6	Gojlo (lignit)
149	Point	6	Veliko Vukovje (lignit)
150	Point	6	Janja Lipa (lignit)
151	Point	6	Bujavica (lignit)
152	Point	6	Jagma (lignit)
153	Point	6	Brezovac (lignit)
154	Point	6	Novska (lignit)
155	Point	6	Rajic (Novska) (lignit)
156	Point	6	Ladevac (lignit)
157	Point	6	Bodegraj (lignit)
158	Point	6	Medari (lignit)
159	Point	6	Mašic (lignit)
160	Point	6	Cernik (lignit)
161	Point	6	Lipovica (lignit)
162	Point	6	Marijevac (lignit)
163	Point	6	Rešetari (lignit)
164	Point	6	Gunjavci (lignit)
165	Point	6	Adžamovci (lignit)
166	Point	6	Rešetari (lignit)
167	Point	6	Oštri Vrh (lignit)
168	Point	6	Vrbova (lignit)
169	Point	6	Donji Lipovac (lignit)
170	Point	6	Zagrade (lignit)
171	Point	6	Kneževac (lignit)
172	Point	6	Dobrogošce (lignit)
173	Point	6	Malino (lignit)
174	Point	6	Kujnik (lignit)
175	Point	6	Ciglenik (lignit)
176	Point	6	Brodski Stupnik (lignit)

1 (0 out of 542 Selected)

Slika 5.12 Atributna tablica sloja lezista_tocke u GIS-u

Paralelno s atributnom tablicom u GIS-u iste podatke se upisuje i u *Excel*tablicu zajedno s dodatnim informacijama, kao što je naziv mineralne sirovine, broj koji je jedinstveno opisuje kao i u GIS-u, opis lokacije te opis ležišta (slika 5.13.), čime se završava unos podataka. U atributnoj tablici u GIS-u i u *excel* tablici moraju postojati stupci (FID u GIS-u i Redni_broj u *excel*-u) koji sadrže iste redne brojeve za iste lokacije kako bi kasnije mogla biti korištena naredba join, objašnjena u poglavlju 5.3., kojom se podatci iz *excel* tablice automatski kopiraju u GIS atributnu tablicu.



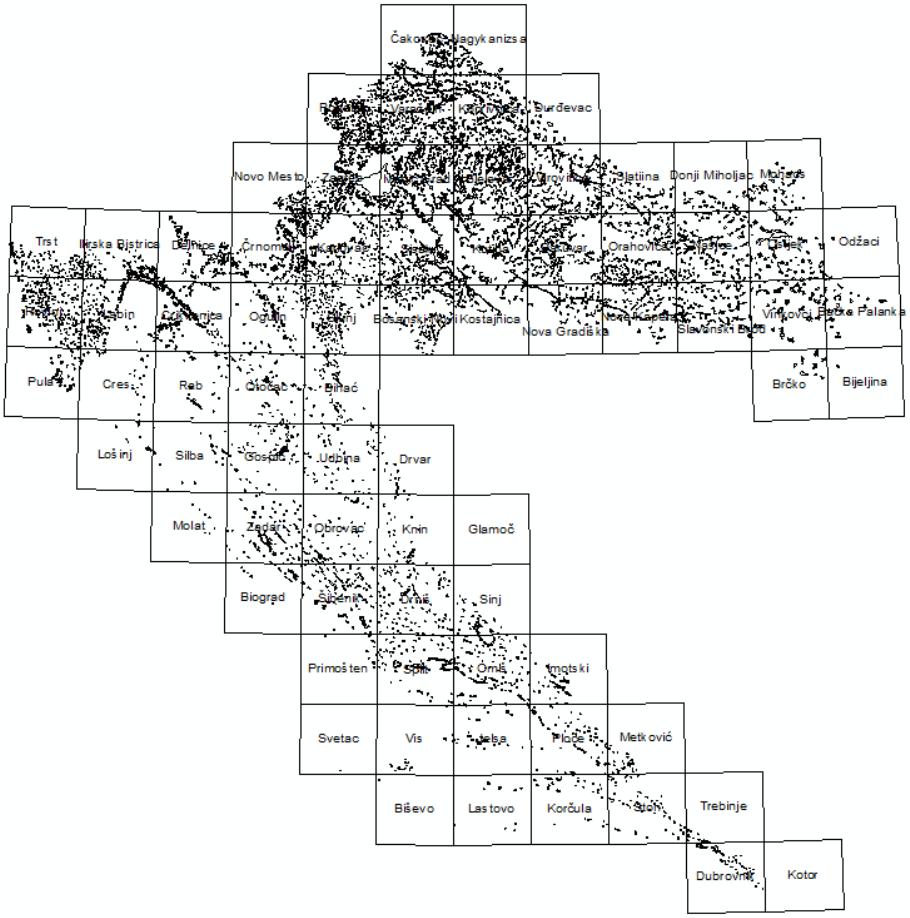
	A	B	C	D	E	F	G
141	139	Bastajski Brđani	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište sjeverno od Bastajskih Brđana na području Bilogore.	S dva potkopa duljina 10 I 25 m 1940/41. istražen je sloj lignita debljine 0,60-0,80 m, ali su radovi ubrzo prekinuti zbog njego male debljine I slage kvalitete (rovna vlaga 42%, higrovlaga 12,55%, pepo 17,60%,
142	140	Vukovije	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište JI od Vukovja koje se nalazi SI od Daruvara.	Pojave lignita otkrivane su najčešće prilikom kopanja bunara. Razvijene su u naslagama gornjopontske starosti, u obliku proslojaka ili slojeva debljina do 0,40 m I nisu podrobnije istraživane,
143	141	Rijenci	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište južno od Rijenaca koji se nalaze 10-11 km istočno od Voćina.	Slojevi lignita nalaze se u gornjopontonskim naslagama. Prema jednom izvoru podataka razvijena su dva sloja ugljena - "rac debeo 1,00-1,10 m I podinski debljine 1,80 - 2,00 m;
144	142	Bekteško Gradište	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište U Lončarskome potoku, kojih 1,5 km sjeverno od Bekteškog Gradišta.	Lignit se nalazi u taložinama mlađim od miocena. U ležištu su razvijena tri sloja lignita. Krovni je debljine 0,60-0.65 m, glavn 1,70 m, a debljina donjega (najtanjega) nije zabilježena.
145	143	Graćenica	6	ugljen (lignit)	ugljen	Rudnik Graćenica (rov "Barbara") otvoren je na ušću potoka Paklenice I Mikleuške na obodu Moslavačke gore.	Po podacima iz 1891. zapadno od rova " Barbara" (u području Borika) "podijeljena" su dva rudna polja sa slojem lignita debl oko 1,30 m. Ugljen je po pružanju istražen više stotina metara, a u jednome zapisu kasnijega nadnevka navode se da se od Graćenice prema JI pruža više izdanaka lignita debljina 1,20-1,50 m.
146	144	Mramor brdo	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište na sjevernim padinama Brda Mramor na obodu Moslavačke gore.	U jednoj studiji je obilježen stari rudarski rad o kojem nema podataka.
147	145	Osekovo	6	ugljen (lignit)	ugljen	Sloj lignita zapadno od Osekova na obodu Moslavačke gore desetak kilometara zapadno od ugljenokopa Graćenica.	Ugljenonosnost srednjopliocenskih taložina utvrđena je u dubokim bušotinama, a sloj lignita debljine je 2,00 m nabušen na dubini od 710 m.
148	146	Stružec	6	ugljen (lignit)	ugljen	Sloj lignita istočno od Strušca destak kilometara zapadno od ugljenokopa Graćenica na obodu Moslavačke gore.	Ugljenonosnost srednjopliocenskih taložina utvrđena je u dubokim bušotinama, a nabušena na dubini od 350 m.
149	147	Kutina	6	ugljen (lignit)	ugljen	Rudnik Kutina (ili Kletište) nalazio se u dolini potoka Repušnice.	Otkopavan je lignit iz horizonta u kojem se rudarilo I u Graćenici (I možda između Mramor Brda I Ciglenice). Potkopom dugi otvoren je glavni sloj debljine 2,40 m, raščlanjen jaovinom debljine 0,20-0,80 m. Uz ovaj sloj spominje se I podinski
150	148	Gojlo	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište u naftašima dobro poznatoj antiklinali Gojlo u JZ krilu antiklinale.	Praćenjem ugljenih slojeva potvrđena je cjelovitost strukture na JZ strani I nagib ugljenih slojeva 20-25°. U rudnicima je otk ugljen iz dvaju banaka, debljina 0,30-0,60 m (gor)
151	149	Veliko Vukovje	6	ugljen (lignit)	ugljen	Ležište u naftašima dobro poznatoj antiklinali Gojlo u SI krilu antiklinale.	Zbog poremećenosti naslaga, sloj je lignita teže slijediti (nalazi se na većoj dubini, rudarilo se u bloku nagnutu 8-10° prema istoku), a posljednjim istraživačkim radovima 1956/57. (15 bušotina) utvrđeno je da

Slika 5.13 *Excel* tablica

5.2. Tematsko modeliranje

Svaki objekt prikazan u GIS-u u geometrijskom obliku povezuje se s nekim tematskim aspektima. Zato GIS mora imati sposobnost geometrijskog i tematskog modeliranja prostornih podataka. Analizom podataka moguće je prekrivanje, tj. tematsko spajanje slojeva, čime se mogu dobiti razna rješenja prema željenim kriterijima (Perković, 2010).

U ovom radu su korišteni brojni slojevi jer se kao i inače prostornim povezivanjem informacija s različitih slojeva dolazi se do konačnog rješenja. Slojevi korišteni u ulazu u ovom radu su županije, naselja, mreža listova Osnovne geološke karte 1:100000, granice države, pojave radona, rasjedi, nalazišta granita i gnajseva. Na slici 5.14 su prikazana naselja i OGK mreža kao značajniji ulazni podatci u ovom radu.



Slika 5.14 Prikaz naselja i OGK mreže

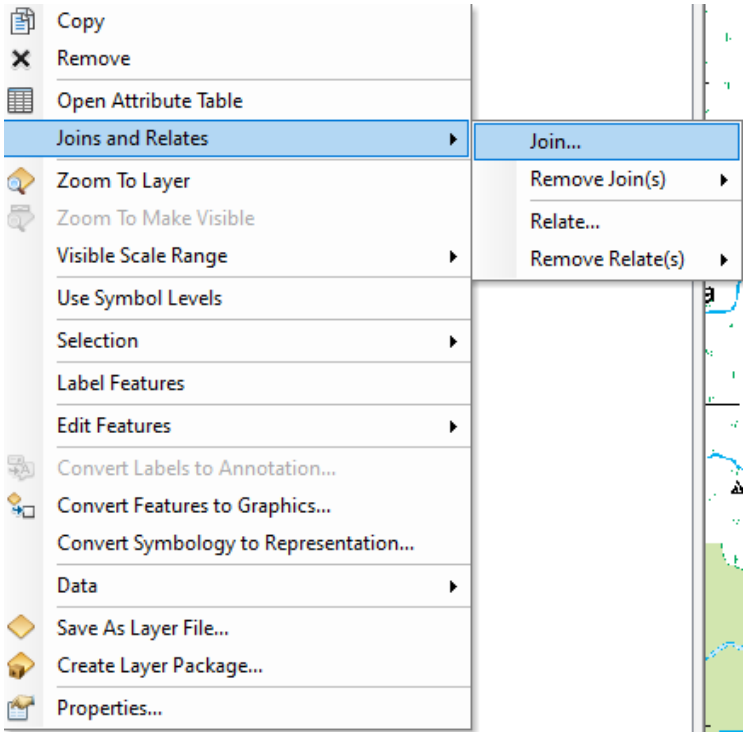
5.3. Prostorno povezivanje

Nakon što je završen unos podataka potrebno je povezati lokalitete koji se nalaze u GIS-u s podatcima iz *Excel* tablice. Prije povezivanja potrebno je *Excel* tablicu prilagoditi ograničenjima koji postoje u GIS-u zbog čega je i rađena *Excel* tablica, a ne direktan unos u atributnu tablicu u GIS-u. Naime, sve opise koji sadrže više od 250 znakova po ćeliji je bilo potrebno razdvojiti na manje dijelove kako bi svaka ćelija imala do 250 znakova što je u *Excel*-u rađeno koristeći brojač znakova, za koji je primjer naredbe prikazan na slici 5.15.



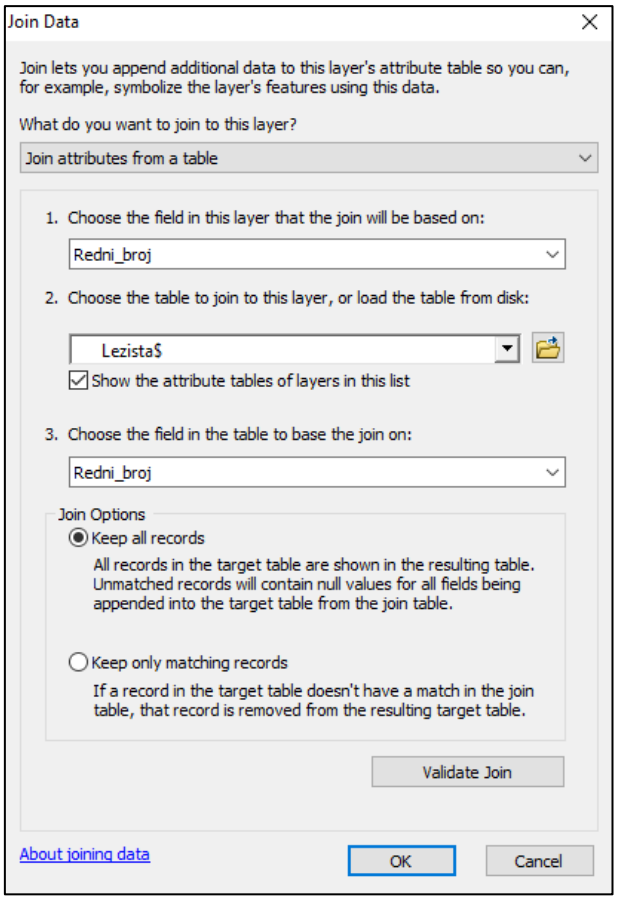
Slika 5.15 Naredba Excel brojača

Nakon što je priprema *excel* tablice za povezivanje s GIS-om gotova, može se pristupiti povezivanju koristeći naredbu *Join and Relates* (slika 5.16), do koje se dolazi desnim klikom na sloj s kojim se želi povezati. U ovom radu je povezivano sa slojem tocke_final koji je stvoren kao priprema u GIS-u kao konačni sloj, koji je finalna verzija sloja tocke_diplomski, u kojem će se nalaziti svi podatci i koji će biti moguće urediti i koristiti pri izradi karata.

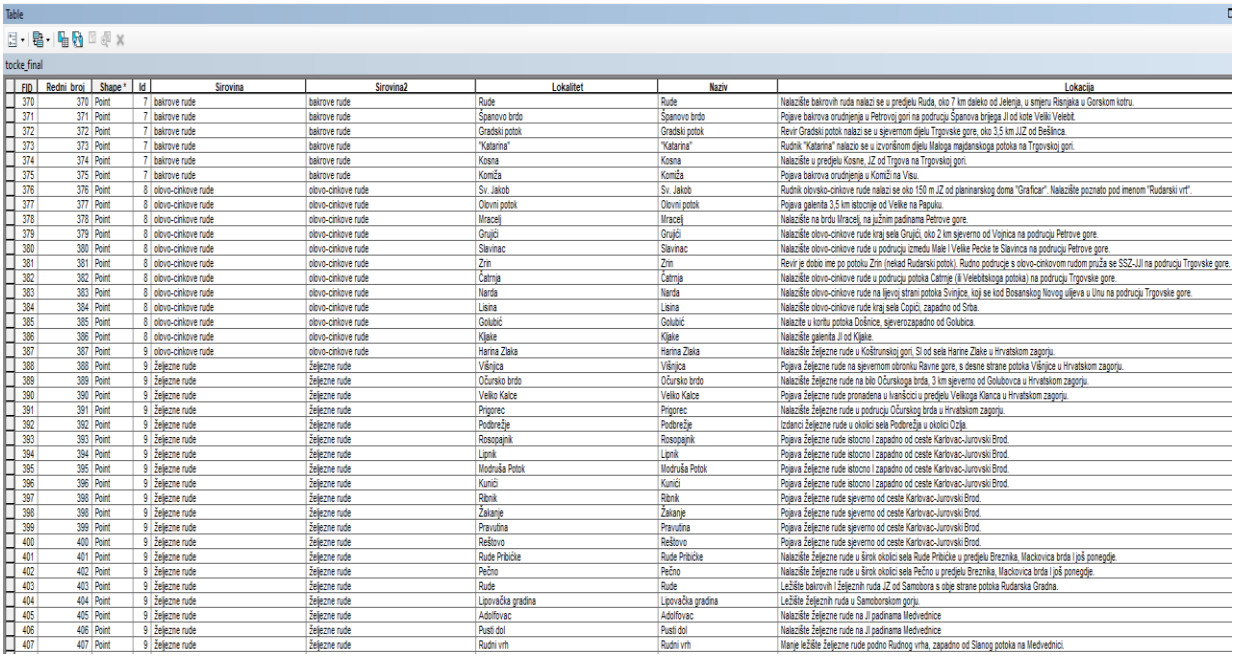


Slika 5.16 Naredba *Join and Relates*

Nakon lijevog klika na naredbu *Join and Relates* potrebno je odabrati *Join* nakon čega se automatski otvara dijaloški okvir u kojem je potrebno namjestiti uvjete spajanja (slika 5.17), odnosno na osnovi kojeg podatka će ono biti izvršeno, u ovom slučaju to je bilo polje Redni_broj te koji dokument (*excel* tablicu) želimo spojiti, te potvrditi sve odabrano s OK. Nakon čega bi spajanje trebalo biti izvršeno i svi podatci iz *excel* tablice se pojaviti u atributnoj tablici u GIS-u (slika 5.18).



Slika 5.17 Dijaloški okvir naredbe *Join*



Table

tocke_final

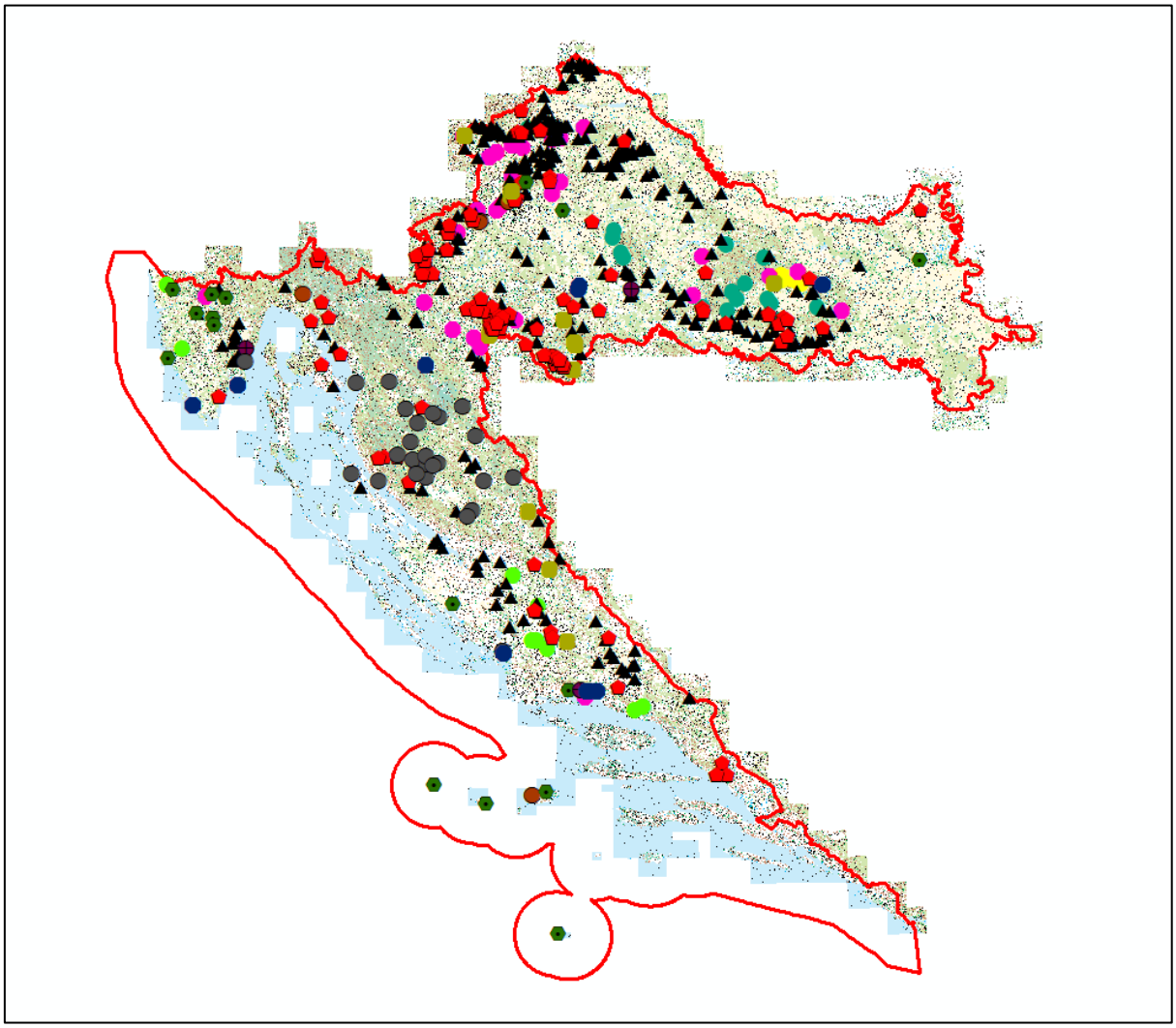
FID	Redni_broj	Shape *	Id	Sirovina	Sirovina2	Lokalitet	Naziv	Lokacija
370	370	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	Rude	Rude	Nalazište bakrovih ruda nalazi se u predjelu Ruda, oko 7 km daleko od Jelenja, u smjeru Risnjaka u Gorskom kotru.
371	371	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	Španovo brdo	Španovo brdo	Pojave bakrova orudnjenja u Petrovoj gori na području Španova brijega JI od kote Veliki Velebit.
372	372	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	Gradski potok	Gradski potok	Revir Gradski potok nalazi se u sjevernom dijelu Trgovske gore, oko 3,5 km JJZ od Bešinca.
373	373	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	"Katarina"	"Katarina"	Rudnik "Katarina" nalazio se u izvorišnom dijelu Maloga majdanskoga potoka na Trgovskoj gori.
374	374	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	Kosna	Kosna	Nalazište u predjelu Kosne, JZ od Trgova na Trgovskoj gori.
375	375	Point	7	bakrove rude	bakrove rude	Komča	Komča	Pojava bakrova orudnjenja u Komči na Visu.
376	376	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Sv. Jakob	Sv. Jakob	Rudnik olovsko-cinkove rude nalazi se oko 150 m JZ od planinarskog doma "Graficar". Nalazište poznato pod imenom "Rudarski vrt".
377	377	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Olovni potok	Olovni potok	Pojava galenita 3,5 km istocnije od Velike na Papuku.
378	378	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Mracej	Mracej	Nalazište na brdu Mracej, na južnim padinama Petrove gore.
379	379	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Grujići	Grujići	Nalazište olovo-cinkove rude kraj sela Grujići, oko 2 km sjeverno od Vojnica na podrucju Petrove gore.
380	380	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Slavinac	Slavinac	Nalazište olovo-cinkove rude u podrucju izmedu Male I Velike Pecke te Slavinca na podrucju Petrove gore.
381	381	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Zrin	Zrin	Revir je dobio ime po potoku Zrin (nekad Rudarski potok). Rudno područje s olovo-cinkovom rudom pruža se SSZ-JJI na podrucju Trgovske gore.
382	382	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Čatrnja	Čatrnja	Nalazište olovo-cinkove rude u podrucju potoka Čatrnje (ili Velebitskoga potoka) na podrucju Trgovske gore.
383	383	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Narda	Narda	Nalazište olovo-cinkove rude na ljevoj strani potoka Svinjce, koji se kod Bosanskog Novog uljeva u Unu na podrucju Trgovske gore.
384	384	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Lisina	Lisina	Nalazište olovo-cinkove rude kraj sela Copici, zapadno od Srba.
385	385	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Golubić	Golubić	Nalazite u koritu potoka Došnice, sjeverozapadno od Golubica.
386	386	Point	8	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Kljake	Kljake	Nalazište galenita JI od Kljake.
387	387	Point	9	olovo-cinkove rude	olovo-cinkove rude	Harina Zlaka	Harina Zlaka	Nalazište željezne rude u Koštrunskoj gori, SI od sela Harine Zlake u Hrvatskom zagorju.
388	388	Point	9	željezne rude	željezne rude	Višnjica	Višnjica	Pojava željezne rude na sjevernom obronku Ravne gore, s desne strane potoka Višnjice u Hrvatskom zagorju.
389	389	Point	9	željezne rude	željezne rude	Očursko brdo	Očursko brdo	Nalazište željezne rude na bilo Očurskoga brda, 3 km sjeverno od Golubovca u Hrvatskom zagorju.
390	390	Point	9	željezne rude	željezne rude	Veliko Kalce	Veliko Kalce	Pojava željezne rude pronadena u kvrščici u predjelu Velikoga Klanca u Hrvatskom zagorju.
391	391	Point	9	željezne rude	željezne rude	Prigorec	Prigorec	Nalazište željezne rude u podrucju Očurskog brda u Hrvatskom zagorju.
392	392	Point	9	željezne rude	željezne rude	Podbrežje	Podbrežje	Izdanci željezne rude u okolici sela Podbrežja u okolici Ozlja.
393	393	Point	9	željezne rude	željezne rude	Rosopajnik	Rosopajnik	Pojava željezne rude istocno I zapadno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
394	394	Point	9	željezne rude	željezne rude	Lipnik	Lipnik	Pojava željezne rude istocno I zapadno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
395	395	Point	9	željezne rude	željezne rude	Modruša Potok	Modruša Potok	Pojava željezne rude istocno I zapadno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
396	396	Point	9	željezne rude	željezne rude	Kunići	Kunići	Pojava željezne rude istocno I zapadno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
397	397	Point	9	željezne rude	željezne rude	Ribnik	Ribnik	Pojava željezne rude sjeverno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
398	398	Point	9	željezne rude	željezne rude	Žalanje	Žalanje	Pojava željezne rude sjeverno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
399	399	Point	9	željezne rude	željezne rude	Pravutina	Pravutina	Pojava željezne rude sjeverno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
400	400	Point	9	željezne rude	željezne rude	Reštovo	Reštovo	Pojava željezne rude sjeverno od ceste Karlovac-Jurovski Brod.
401	401	Point	9	željezne rude	željezne rude	Rude Pribičke	Rude Pribičke	Nalazište željezne rude u širok okolici sela Rude Pribičke u predjelu Breznika, Mackovica brda I još ponegđe.
402	402	Point	9	željezne rude	željezne rude	Pečno	Pečno	Nalazište željezne rude u širok okolici sela Pečno u predjelu Breznika, Mackovica brda I još ponegđe.
403	403	Point	9	željezne rude	željezne rude	Rude	Rude	Ležište bakrovih I željeznih ruda JZ od Samobora s obje strane potoka Rudarska Gradna.
404	404	Point	9	željezne rude	željezne rude	Lipovačka gradina	Lipovačka gradina	Ležište željeznih ruda u Samoborskom gorju.
405	405	Point	9	željezne rude	željezne rude	Adolfovac	Adolfovac	Nalazište željezne rude na JI padinama Medvednice
406	406	Point	9	željezne rude	željezne rude	Puši dol	Puši dol	Nalazište željezne rude na JI padinama Medvednice
407	407	Point	9	željezne rude	željezne rude	Rudni vrh	Rudni vrh	Manje ležište željezne rude podno Rudnog vrha, zapadno od Slanog potoka na Medvednici.

Slika 5.18 Atributna tablica u GIS-u nakon spajanja s *excel* tablicom

5.4. Vizualizacija podataka

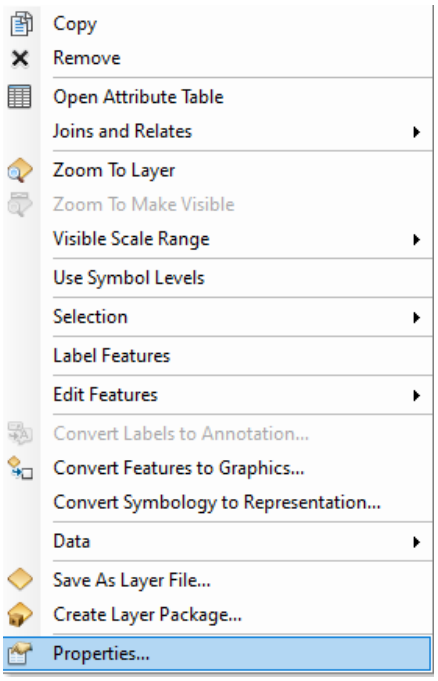
Konačni produkt GIS projekta, koji se dobiva kao odgovor na zadani cilj, je u obliku tematske karte. Vizualizacija informacija u obliku karte ima niz značajnih prednosti u odnosu na numeričke izvještaje. Raspored, pravila kretanja i promjene nekih vrijednosti puno je lakše uočiti na tematskoj karti, nego što se može naći u tablicama sa slovno brojčanim podatcima. GIS omogućava kreiranje različitih oblika izvještaja, od tematskih 2D karata do 3D modela terena, ali i klasičnih tabličnih izvještaja.

Tako je i konačni produkt ovog rada dobivanje raznih karata s raznim mineralnim sirovinama te drugim pojavama koje spadaju u skupinu prirodnih radioaktivnih pojava. Na slici 5.19 se nalazi karta svih lokacija prirodno radioaktivnih materijala u RH.

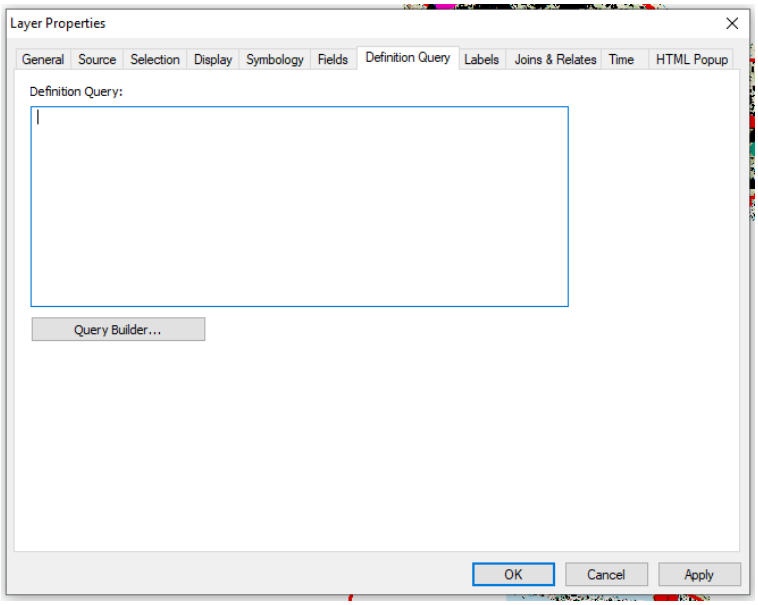


Slika 5.19 Prikaz svih lokacija prirodno radioaktivnih materijala u Hrvatskoj

Osim prikaza svih lokacija odjednom moguće je i izraditi selektivni prikaz lokacija na karti. Za to je potrebno otvoriti desnim klikom na sloj *Properties* (slika 5.20) te u dijaloškom okviru koji se otvori odabrati opciju *Definition Query* (slika 5.21).

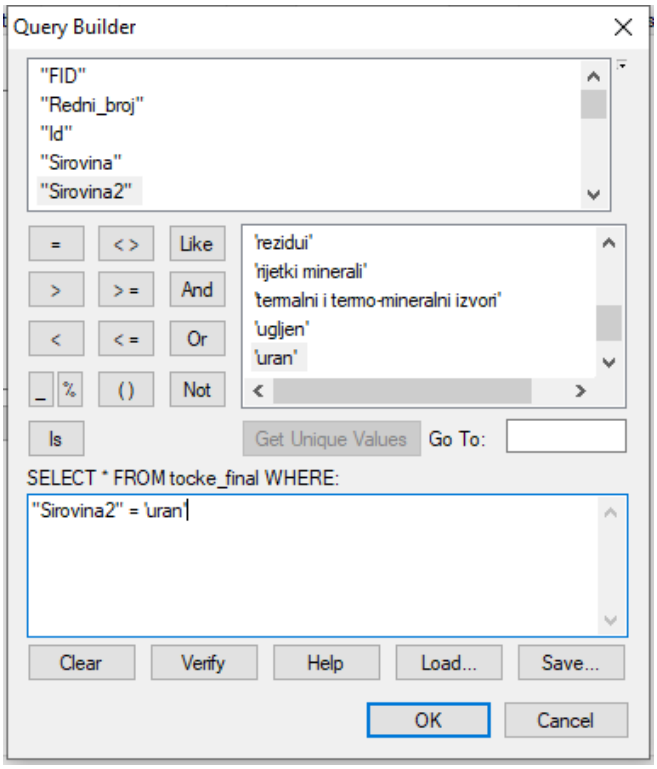


Slika 5.20 Opcija *Properties*



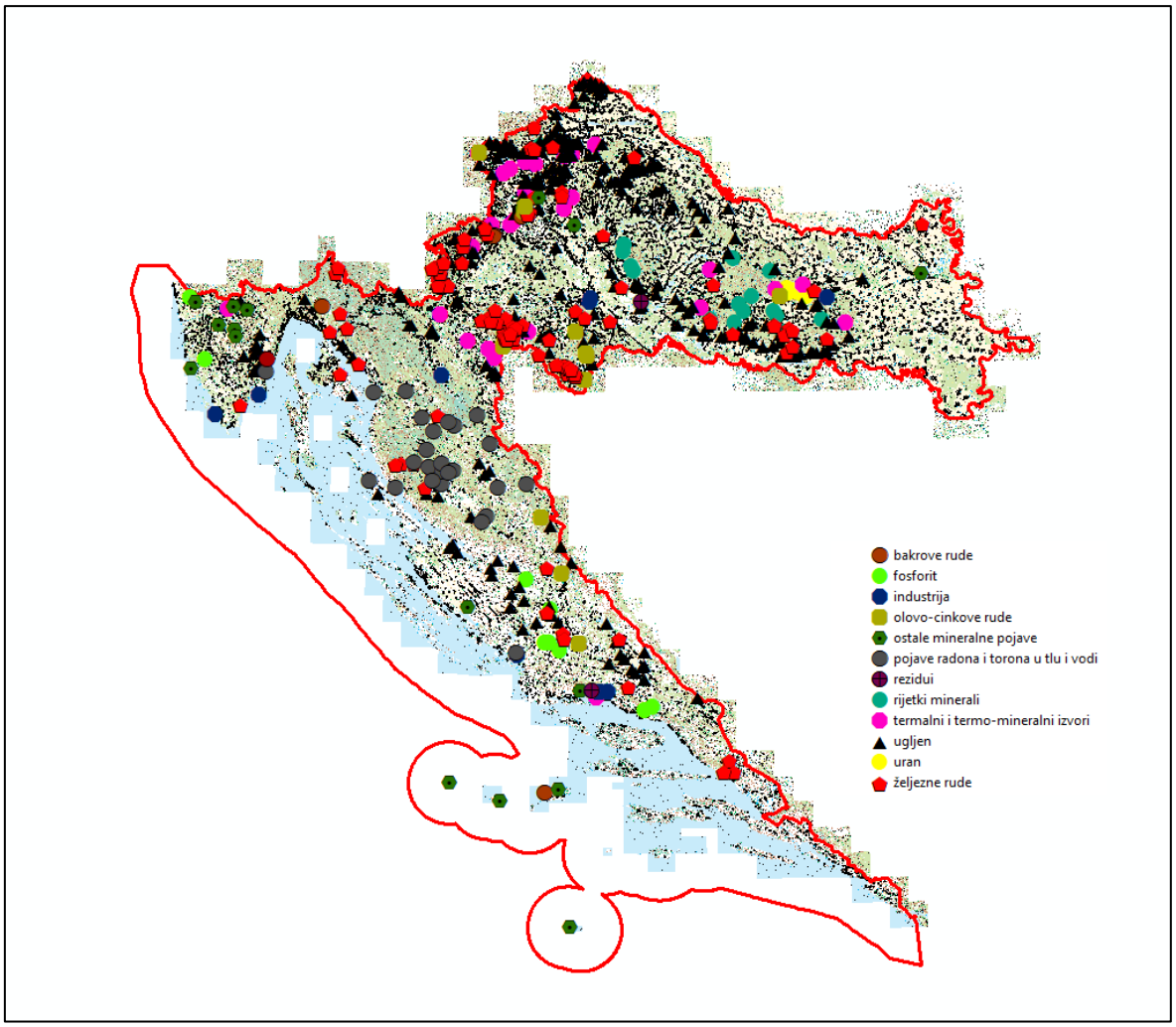
Slika 5.21 Dijaloški okvir *Definition Query*

Nakon što je otvoren *Definition Query* potrebno je otvoriti *Query Builder* koji funkcionira na sličan način kao i *Select by Attributes*. Nakon što ga se otvori potrebno je odabrati na osnovi kojeg podatka će se selektirati, zatim „=“, te nakon *Get Unique Values* odabrati koju vrstu lokacija se želi odabrati (slika 5.22).



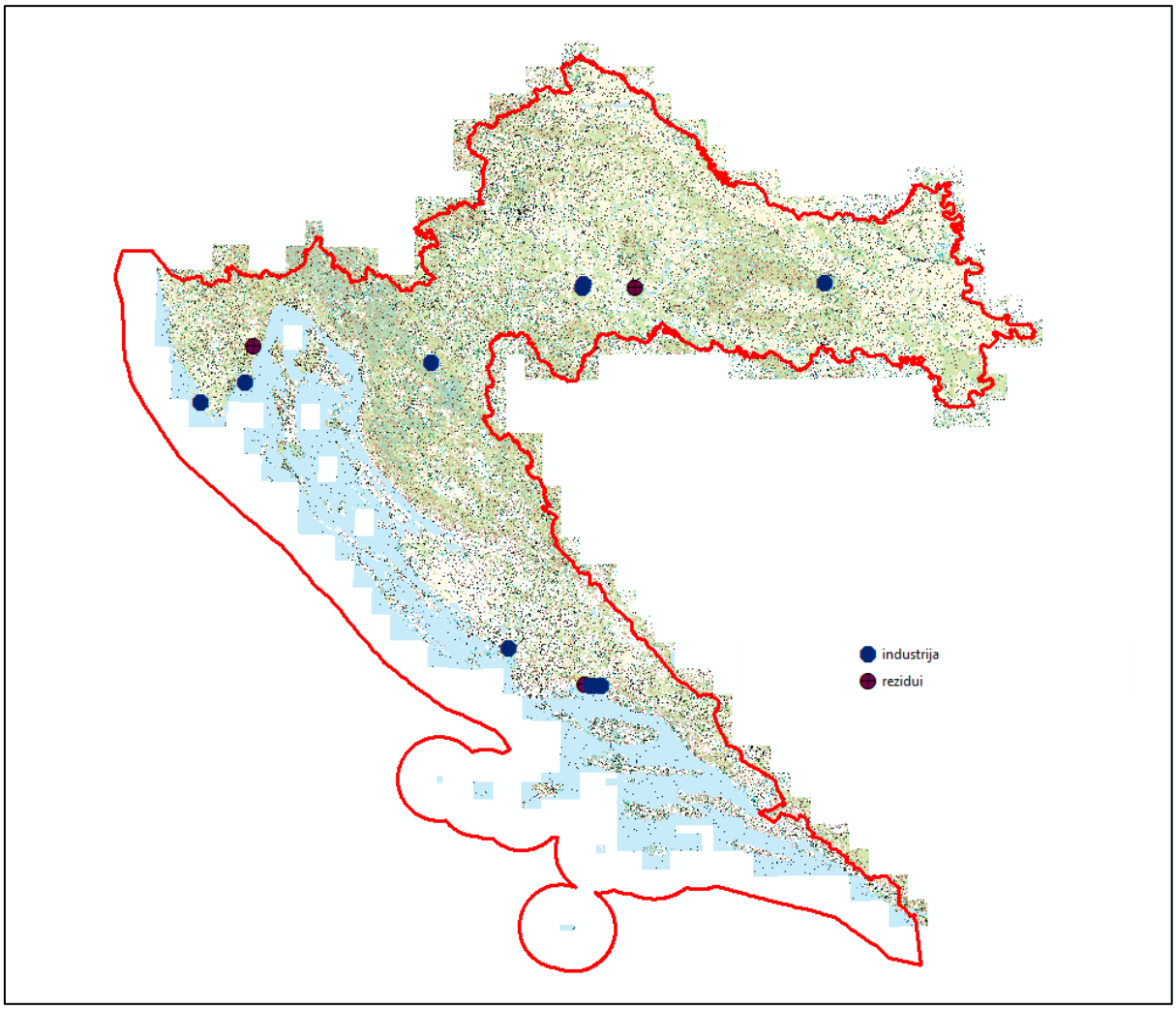
Slika 5.22 Dijaloški okvir *Query Builder*

Na taj način je moguće izraditi razne vrste karata s raznim kombinacijama lokacija koje mogu biti korištene za razne analize. Na slici 5.23 je prikazana karta lokacija svih lokacija prirodno radioaktivnih mineralnih sirovina na kojoj je vidljivo da postoje njihove pojave diljem Hrvatske, ali da su koncentriranije ipak u sjevernoj i sjeverozapadnoj Hrvatskoj te zapadnoj Slavoniji zbog većih količina ugljena koji prevladava.

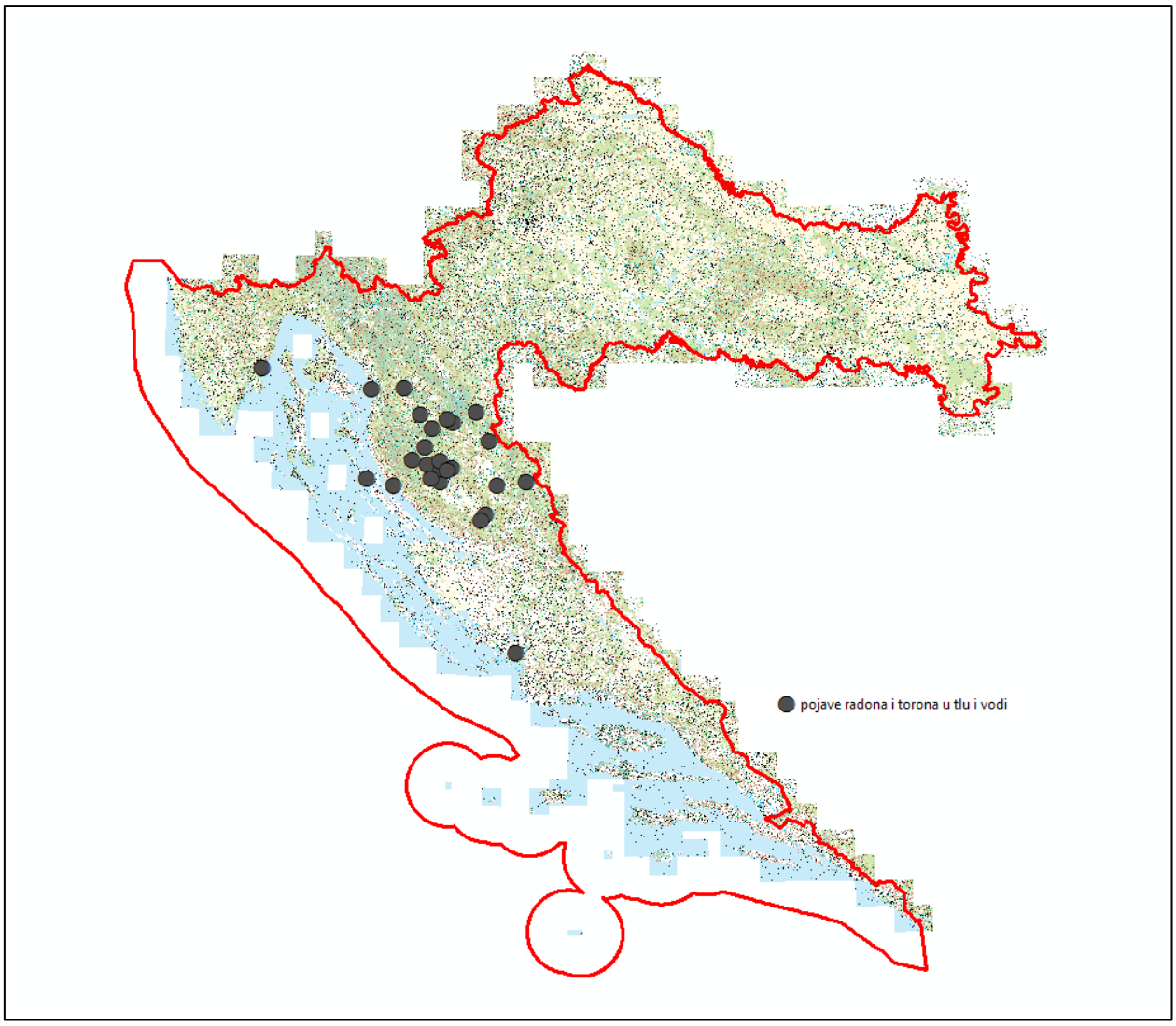


Slika 5.23 Karta prirodno radioaktivnih mineralnih sirovina u Hrvatskoj

Osim mineralnih sirovina, postoje i druge pojave prirodno radioaktivnih materijala u Hrvatskoj, kao što je npr. iz industrijske prerade te rezidui kao specifična vrsta industrijskog otpada (slika 5.24). Osim nabrojanog, postoje i lokacije s pojavama radona i torona u vodi i tlu, uglavnom na području Like (slika 5.25).

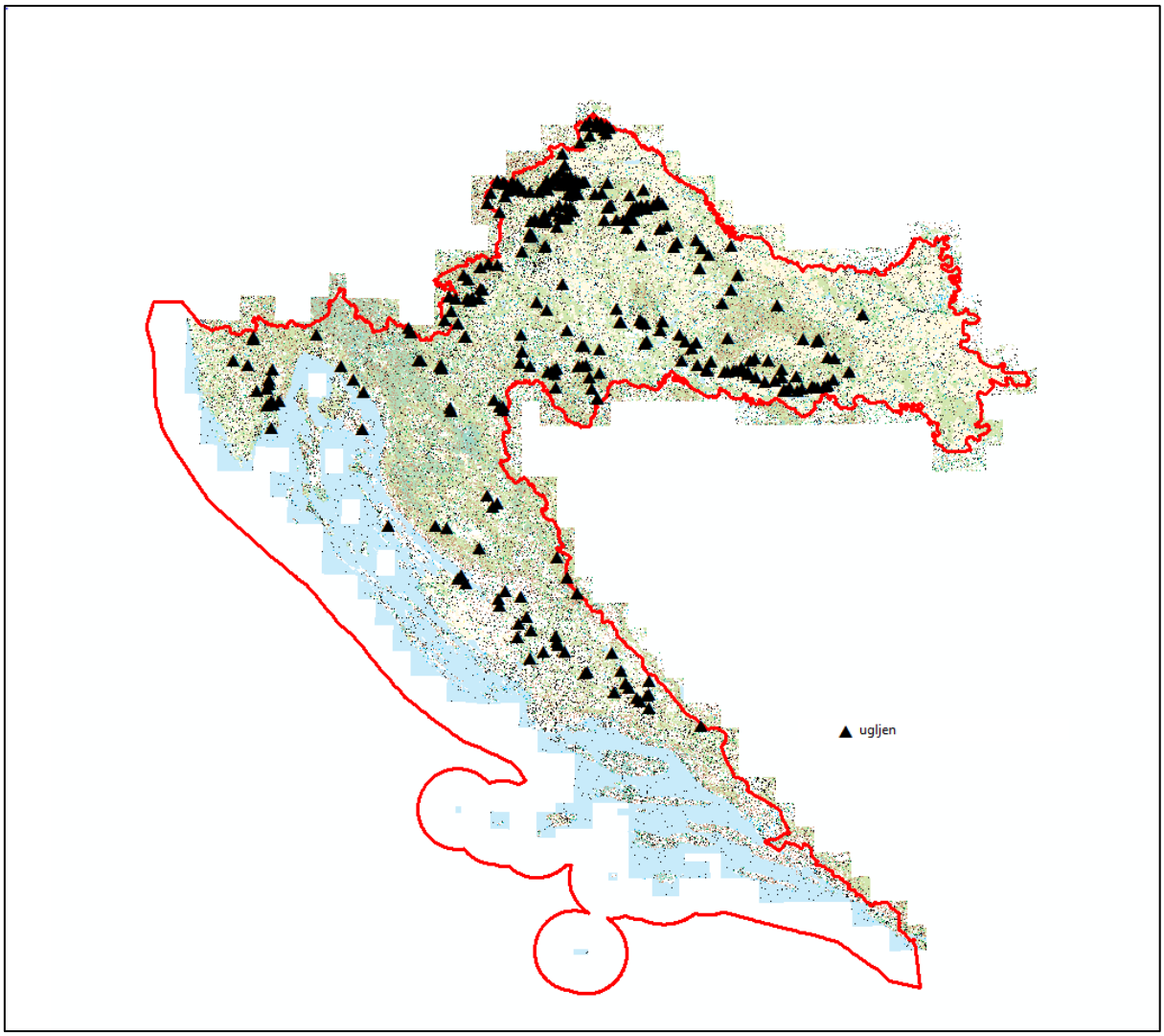


Slika 5.24 Karta pojava prirodno radioaktivnih materijala u industriji i rezidui

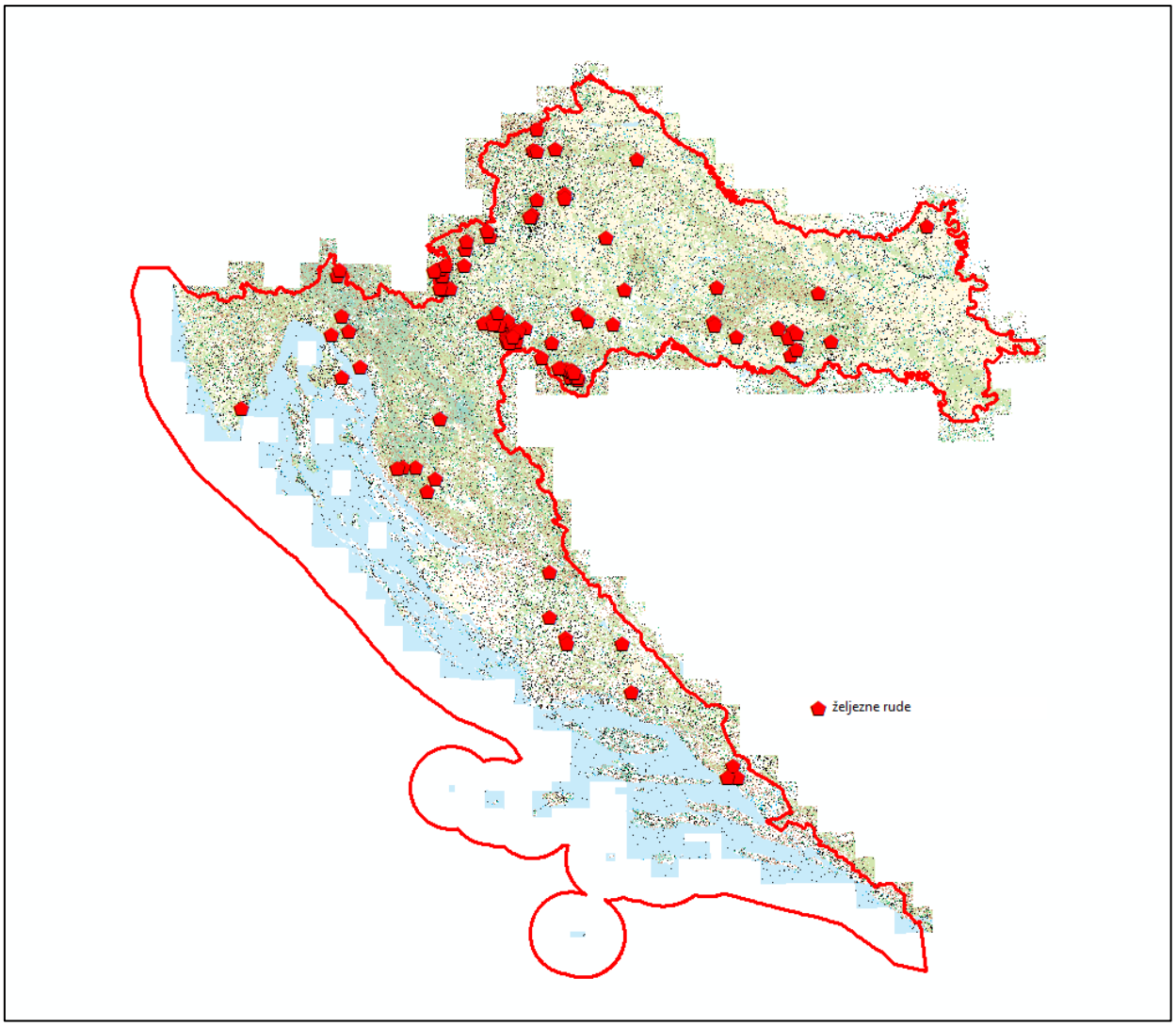


Slika 5.25 Karta pojava radona i torona u vodi i tlu

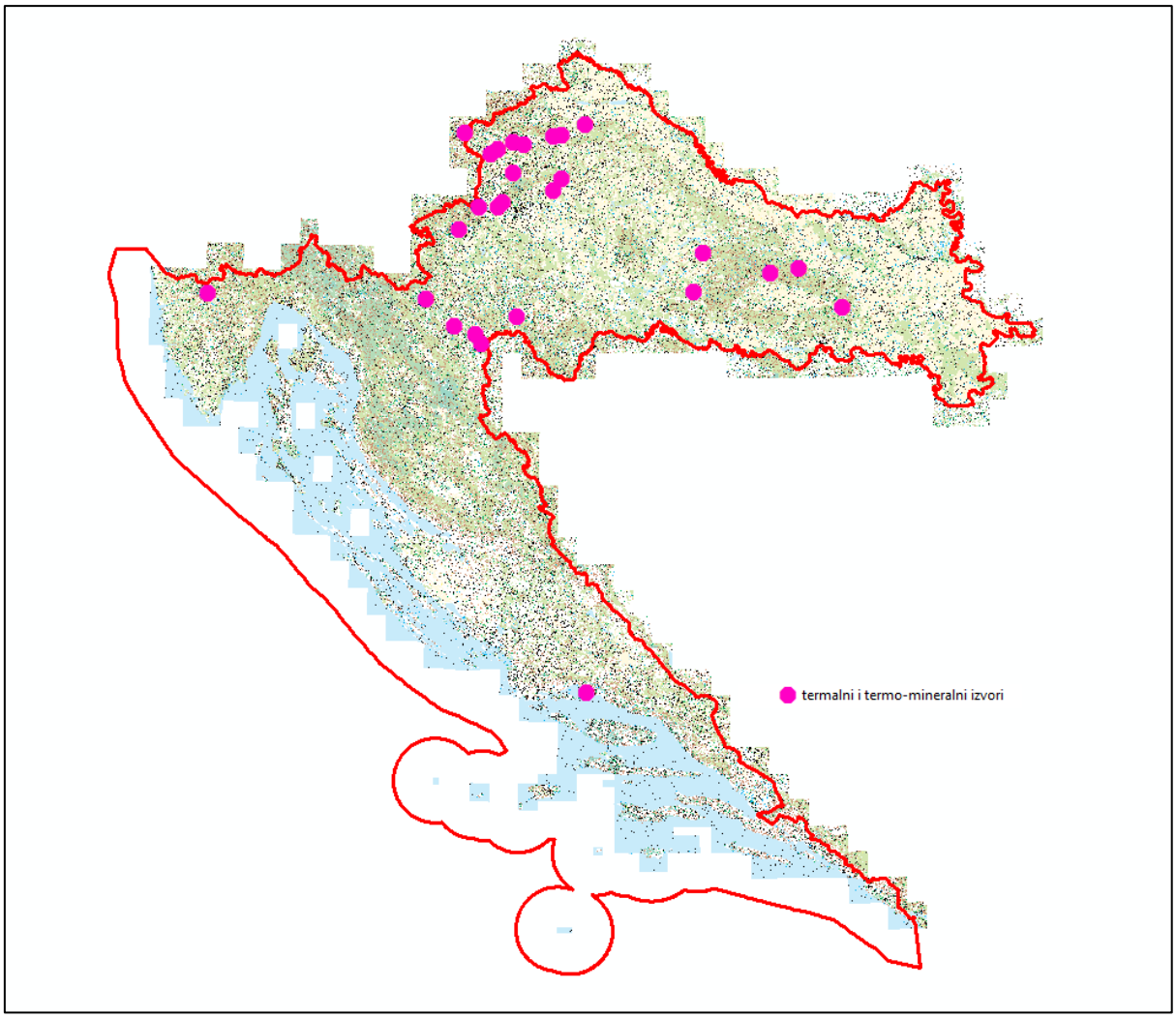
Najčešća mineralna sirovina koja se javlja u navedenim lokacijama je ugljen (slika 5.26) zbog pojava više raznih vrsta ugljena. Osim ugljena, postoji i veći broj lokacija željeznih ruda (slika 5.27) te termalnih i termo-mineralnih izvora (slika 5.28). Mineralna sirovina koja se najčešće veže uz radioaktivnost je uranij (slika 5.29) koji je prikazan na području Papuka, no postoje i njegove moguće pojave na području Istre, koje ovdje nisu prikazane. Osim nabrojanih, tu su još i bakrove rude (slika 5.30), olovo-cinkove rude (slika 5.31), fosforit (slika 5.32), rijetki minerali (slika 5.33) te ostale mineralne pojave za koje je dokazano su prirodno radioaktivne (slika 5.34).



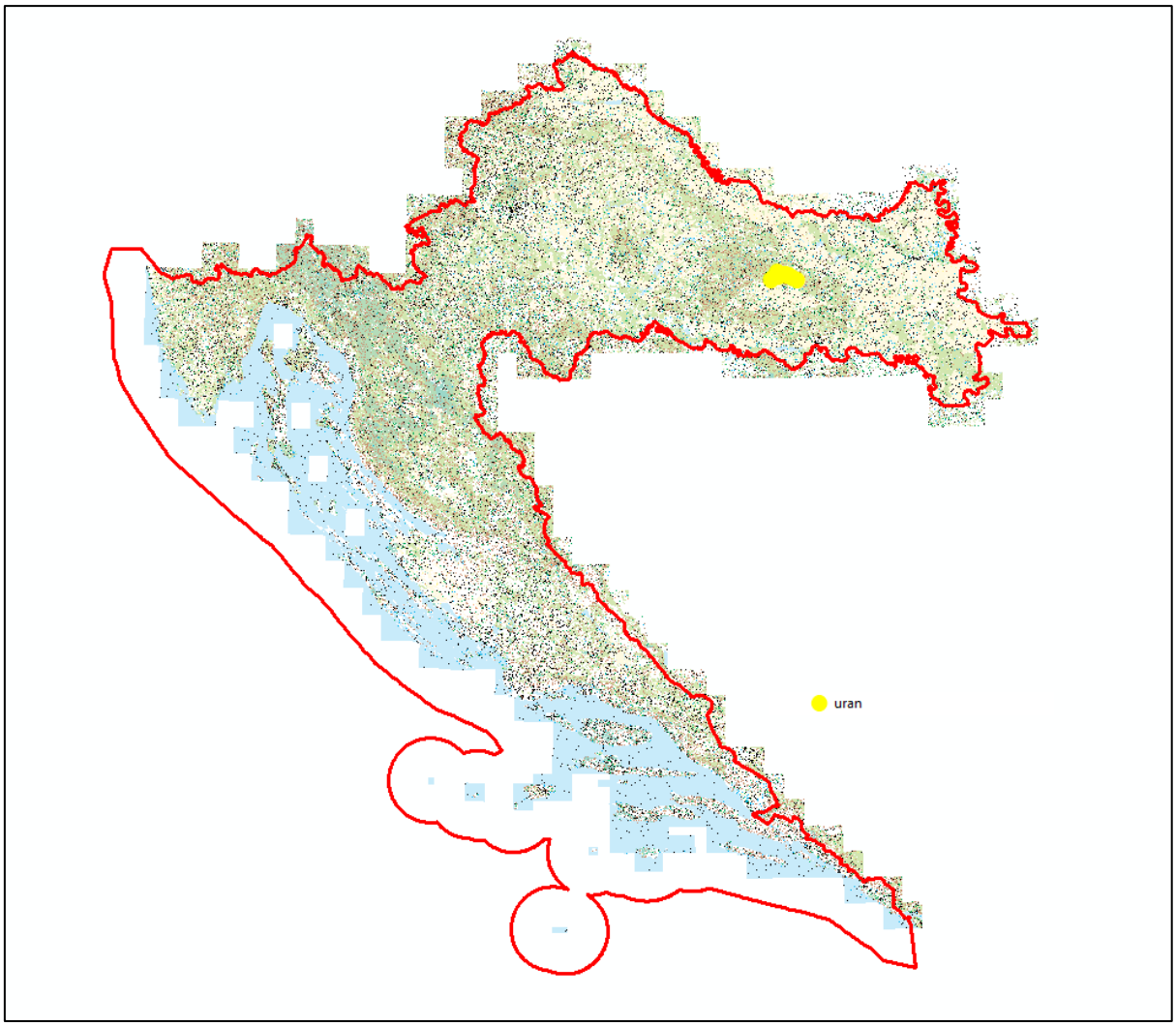
Slika 5.26 Karta pojava ugljena



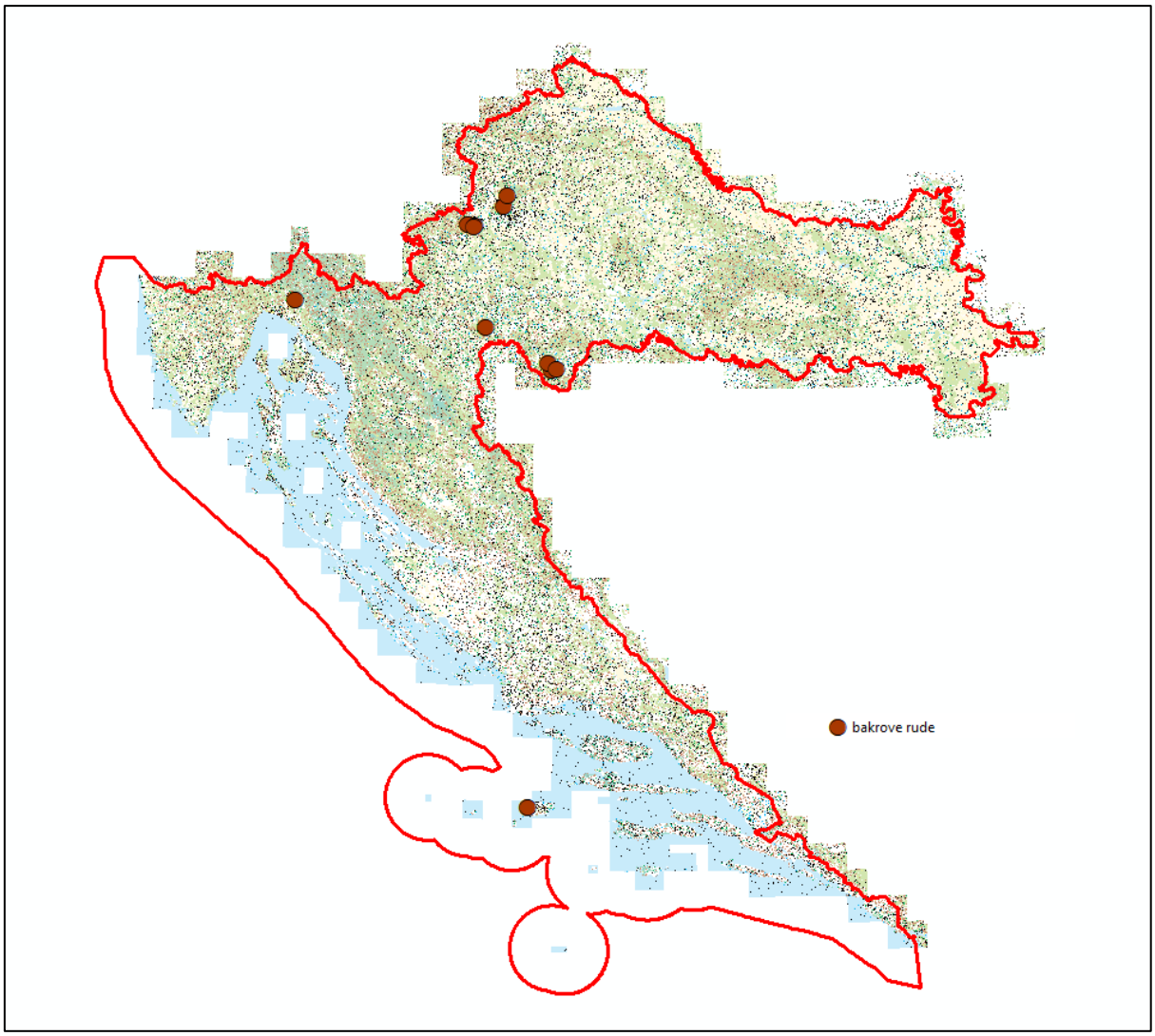
Slika 5.27 Karta pojava željeznih ruda



Slika 5.28 Karta pojava termalnih i termo-mineralnih izvora



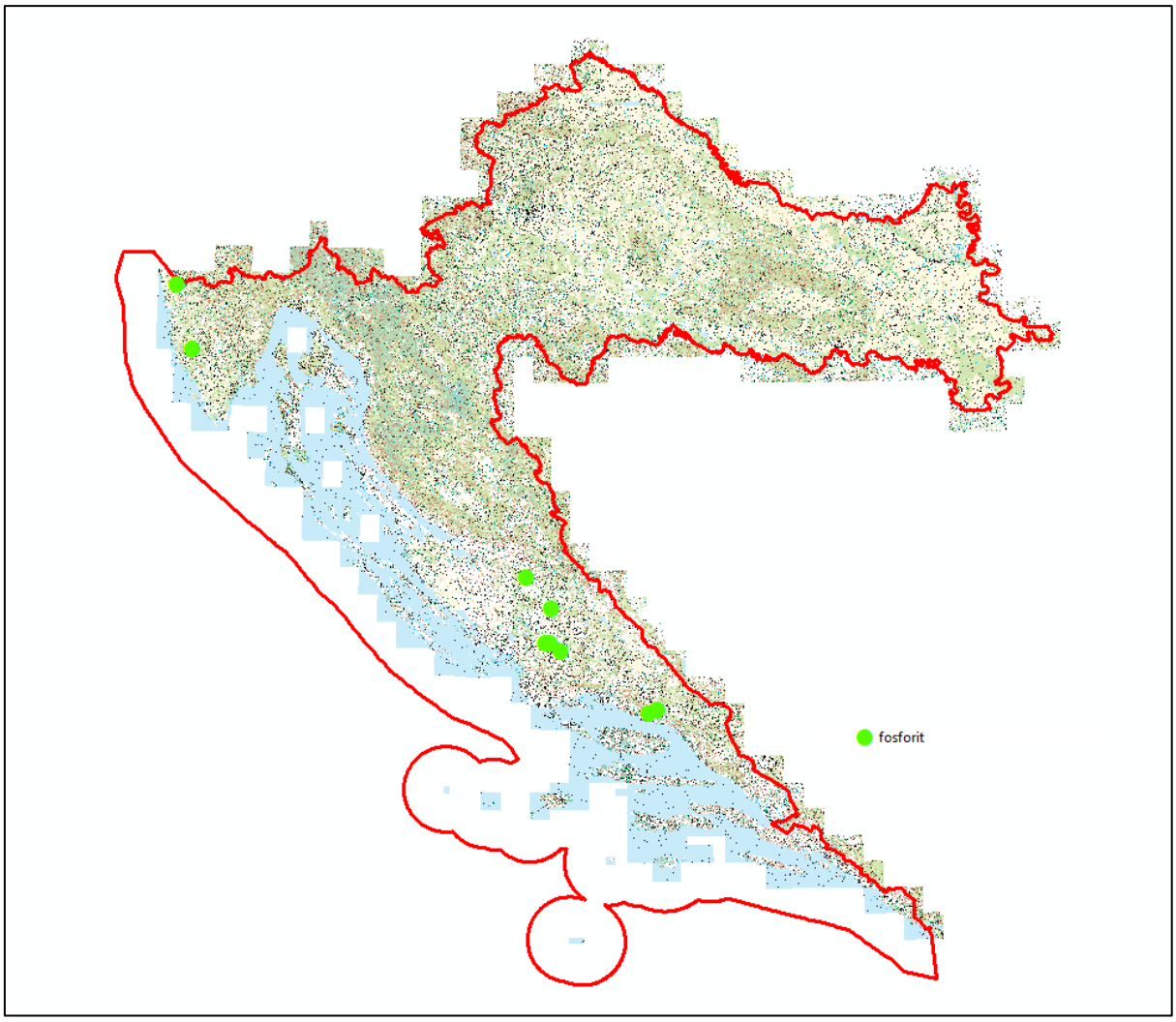
Slika 5.29 Karta pojava uranija



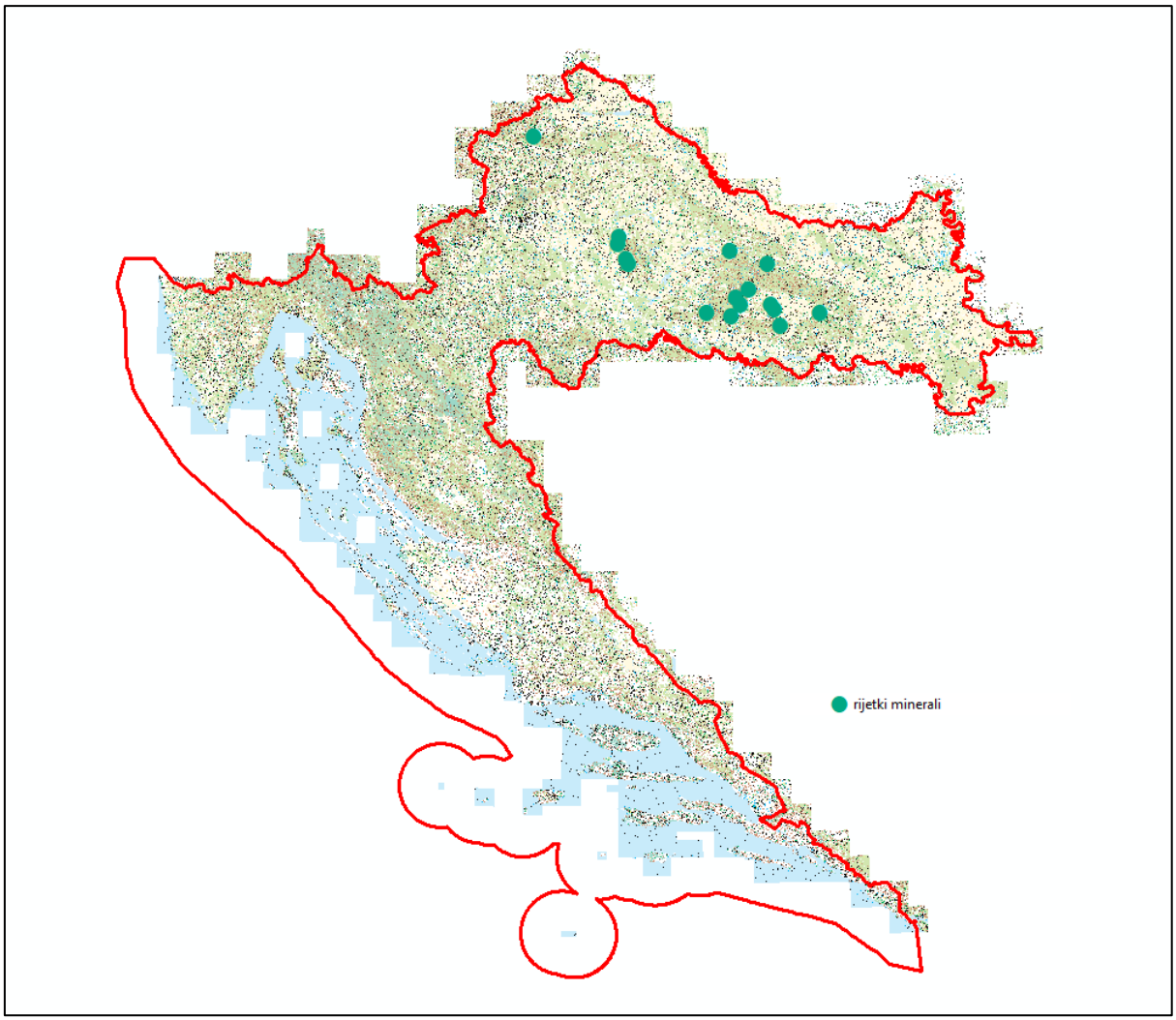
Slika 5.30 Karta pojava bakrovih ruda



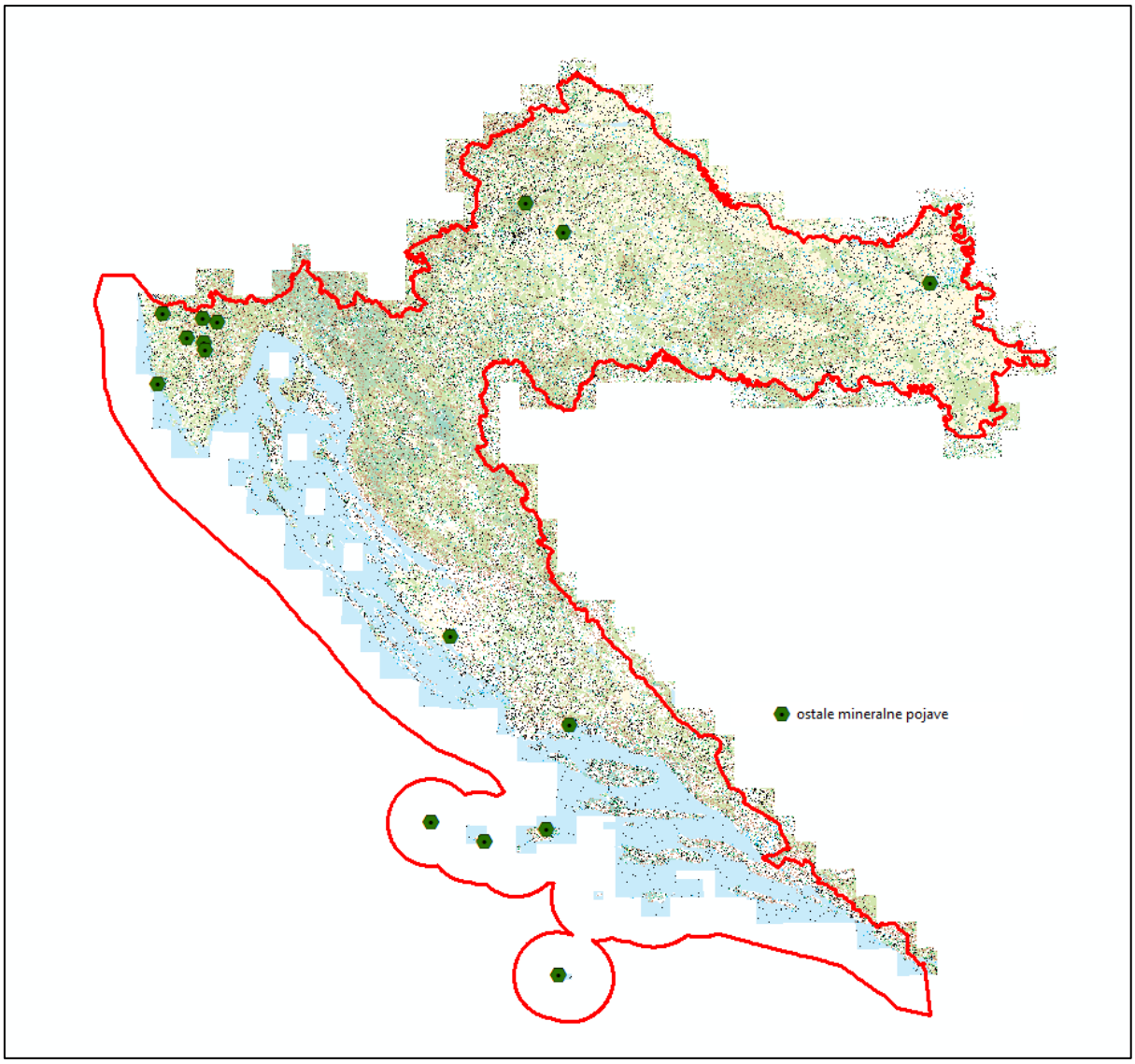
Slika 5.31 Karta pojava olovo-cinkovih ruda



Slika 5.32 Karta pojava fosforita



Slika 5.33 Karta pojava rijetkih minerala



Slika 5.34 Karta ostalih mineralnih pojava

6. ZAKLJUČAK

Na području Republike Hrvatske identificirana je 541 lokacija prirodno radioaktivnih materijala. Radi se o lokacijama različitih materijala, od ležišta mineralnih sirovina do industrijskog otpada. Uzimajući u obzir postojanje tako velikog broja lokacija, nužno je postojanje baze podataka o prirodno radioaktivnim materijalima u Republici Hrvatskoj.

Dobiveni rezultati prikazani pomoću karata prikazuju postojanje prirodno radioaktivnih materijala u gotovo svim dijelovima Republike Hrvatske. Veća gustoća lokacija je vidljiva na području kontinentalne Hrvatske, za što je najviše zaslužna zastupljenost ugljenih slojeva na području Hrvatskog Zagorja te slavonskih planina. Lokacije ugljenih slojeva je također, u manjim količinama, moguće pronaći i u drugim dijelovima Republike Hrvatske, a bitni za spomenuti su ugljeni slojevi u Istri, za koje je dokazano da posjeduju određenu dozu radioaktivnosti. Osim ugljena, mineralna sirovina kao potencijalni nositelj prirodne radioaktivnosti, koja također ima veću zastupljenost na području Republike Hrvatske je ruda željeza, koja je prema karti najzastupljenija na području Trgovske i Petrove gore, ali ih je moguće naći i u drugim dijelovima države. Slična situacija je i s pojavama bakrovih i olovo-cinkovih ruda koje su ipak nešto slabije zastupljene. Osim navedenih, postoji još nekoliko vrsta mineralnih sirovina koje mogu sadržavati određenu dozu prirodne radioaktivnosti, kao što su fosforiti, zastupljeni na području Dalmacije, rijetki minerali koje uglavnom nalazimo na području središnje Hrvatske te termalni i termo-mineralni izvori kao specifična vrsta sirovine koju uglavnom nalazimo na području kontinentalnog dijela Republike Hrvatske.

S aspekta radioaktivnosti, najbitnija mineralna sirovina je uran, čije postojanje je dokazano na području Papuka. Također, identificirano je još nekoliko lokacija mineralnih sirovina sa dokazanom dozom prirodne radioaktivnosti, kao što je nekoliko ležišta boksita i vapnenca u Istri. Osim ležišta mineralnih sirovina, identificirane su i lokacije sa izmjerenim povećanim dozama radona i torona u tlu i vodi, što iziskuje njihovo pohranjivanje u bazu podataka, kao i potrebu utvrđivanja uzroka povećanih koncentracija. U prirodno radioaktivne materijale svrstavamo i industrijski prerađene sirovine koje dokazano sadrže određene doze radioaktivnosti kao i aktivne industrijske pogone kao što su npr. cementare koje koristeći

određene sirovine mogu emitirati određenu dozu radioaktivnosti. U bazi podataka o prirodno radioaktivnim materijalima je stoga bilo potrebno identificirati i lokacije koje, unatoč relativno malom broju naspram mineralnih sirovina, mogu imati veliki utjecaj na okoliš i kvalitetu života ljudi u neposrednoj blizini. Iz tog razloga je potreban kvalitetan i pouzdan monitoring, kao i svjesnost o postojanju navedenih lokacija kako bi se uslijed primjerice građevinskih radova na vrijeme moglo reagirati na moguće povećane emisije i poduzeti potrebne mjere zaštite.

7. LITERATURA

BOROVAC, I., 2002. Veliki atlas Hrvatske. 480 str. Zagreb: Mozaik knjiga

BROZOVIĆ, D., 2009. Hrvatska opća enciklopedija. 9320 str. Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža

COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM, 2013. Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. Official Journal of the European Union

CRNOGAJ, S., 1981. Radiometrijska i emanometrijska istraživanja urana na području Papuka, Diplomski rad. 53 str. Zagreb: RGN fakultet

ČORAK, M., 1981. Geokemijska istraživanja urana na području Papuka, Diplomski rad. 68 str. Zagreb: RGN fakultet

DRAVEC-BRAUN, J., 1981. Regionalna i poludetaljna istraživanja na području Papuka u 1981. godini. Elaborat. 2 sveska. Zagreb: Geološki zavod

GABRIĆ, A., PROHIĆ, E., 1995. Povišeni sadržaj radioaktivnosti u nekim ležištima boksita i ugljena u Istri. Zbornik radova. 3 str. Opatija. 1. Hrvatski geološki kongres

GIAMBATTISTA, A., RICHARDSON, B., RICHARDSON, R., 2007. College Physics. 1102 p. New York: McGraw-Hill

MARKOVIĆ, S., 2002. Hrvatske mineralne sirovine. 544 str. Zagreb: Institut za geološka istraživanja, Zavod za geologiju

MIKO, S., KRUK, B., DEDIĆ, Ž., KRUK, LJ., PEH, Z., KOVAČEVIĆ-GALOVIĆ, E., GABRIĆ, A., 2013. Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama Istarske županije. 389 str. Znanstvena studija. Zagreb. Hrvatski geološki institut

MIŠUR, I., 2017. Geodinamska evolucija metasedimentnih stijena niskog stupnja metamorfizma na Medvednici. Doktorska dizertacija. 215 str. Zagreb. Prirodoslovno-matematički fakultet

NARODNE NOVINE 152/14. Strategija zbrinjavanja radioaktivnog otpada, iskorištenih izvora i istrošenog nuklearnog goriva. Zagreb. Narodne novine d.d.

NARODNE NOVINE 118/18. Zakon o radiološkoj I nuklearnoj sigurnosti. Zagreb. Narodne novine d.d.

PERKOVIĆ, D., 2010. Faze razvoja GIS-a. Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Zagreb

PETRINEC, B., 2010. Radiološka karakterizacija srednjeg i južnog Jadrana. Doktorska disertacija. 145 str. Zagreb. Prirodoslovno-matematički fakultet. Fizički odsjek.

PODHORSKY, R., 1988. Tehnička enciklopedija. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod

Popis internetskih izvora

DRESTO-ALAČ, B., 2012. Radioaktivnost.

URL: https://www.fzsri.uniri.hr/files/FAKULTET/KATEDRE/Katedra_temeljne/Microsoft%20Word%20-%20Radioaktivnost_Primjena%20u%20medicini_povjerenstvo_Z.pdf (7.5.2019.)

HEP. TE Plomin.

URL: http://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane/te-plomin/1563 (20.6.2019.)

LEKSIKOGRAFSKI ZAVOD MIROSLAV KRLEŽA. Ionizirajuće zračenje.

URL: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=27754 (29.4.2019.)

MIRION TECHNOLOGIES. Types of Ionizing Radiation.

URL: https://www.mirion.com/learning-center/radiation-safety-basics/types-of-ionizing-radiation (29.4.2019.)

MEDICAL DICTIONARY. Ionizing radiation.

URL: https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/ionizing+radiation (17.8.2019.)

MEDIOTEKA. Zračenje.

URL: http://www.medioteka.hr/portal/print.php?tb=ss_kem2&vid=49 (4.5.2019.)

PERKOVIĆ, D., 2010. Faze razvoja GIS-a. URL: http://rudar.rgn.hr/~dperko/nids dperkovic/predavanja/06 Faze razvoja GIS-a 01092010.pdf (19.8.2019.)