

Spektrometrijsko ispitivanje prirodne radioaktivnosti kristalinskih stijena Moslavačke gore

Lončarić, Tina

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:169:941696>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

**SPEKTROMETRIJSKO ISPITIVANJE PRIRODNE
RADIOAKTIVNOSTI KRISTALINSKIH STIJENA
MOSLAVAČKE GORE**

Završni rad

Tina Lončarić
GI-2144

Zagreb, 2021.

**SPEKTROMETRIJSKO ISPITIVANJE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI
KRISTALINSKIH STIJENA MOSLAVAČKE GORE
TINA LONČARIĆ**

Završni rad izrađen Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Na području Moslavačke gore, većinom sjevernim obroncima, provedena su ispitivanja prirodne radioaktivnosti stijenskih izdanaka. Korišten je prijenosni spektrometar te su izmjerene koncentracije pojedinih radionuklida i ukupna energija gama zračenja u stijenama determiniranim na površini. Podatci su uspoređeni s prosječnim svjetskim vrijednostima te ukazuju na korelaciju prirodne radioaktivnosti s litološkim sastavom te razlikama u protolitu. Stijene amfibolitnog facijesa pokazuju vrijednosti manje od svjetskog prosjeka, dok u ostalim metamorfnim stijenama koje nalazimo na području Moslavačke gore, migmatitima i gnajsevima, prirodna radioaktivnost veća je od prosjeka u svijetu. Najveće izmjerene vrijednosti na ispitivanim uzorcima zapažene su u granitnim stijenama.

Ključne riječi: geologija, litološki sastav, granitni pluton, prirodna radioaktivnost, spektrometrija, radon, Moslavačka gora, Hrvatska

Završni rad sadrži: 30 stranica, 22 slika i 30 referenca.

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Mentor: 1. Izv. prof. dr. sc. Marko Cvetković

Komentor: 2. Dr. sc. Josipa Kapuralić

Ocjenjivači: 1. Izv. prof. dr. sc. Marko Cvetković
2. Doc. dr. sc. Iva Kolenković Močilac
3. Izv. prof. dr. sc. Jasna Orešković
4. Dr. sc. Josipa Kapuralić

Datum obrane: 16.09.2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	2
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	5
3.1. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	5
3.2. POVIJEST OBLIKOVANJA TERENA.....	5
3.3. STRUKTURNO-TEKTONSKI ODNOSI.....	7
3.4. LITOLOŠKI SASTAV	9
3.4.1. Metamorfne stijene.....	9
3.4.2. Magmatske stijene.....	10
3.4.3. Sedimentne stijene.....	10
4. RADIOAKTIVNOST	12
4.1. TEORIJA RADIOAKTIVNOG RASPADA.....	12
4.2. PRIRODNA RADIOAKTIVNOST.....	13
4.3. ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA.....	15
5. ISPITIVANJE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI STIJENA.....	18
5.1. INSTRUMENT ZA MJERENJE PODATAKA.....	18
5.2. OPIS LOKACIJA MJERENJA.....	19
5.3. PRIKAZ PODATAKA DOBIVENIH MJERENJEM.....	23
6. ZAKLJUČAK.....	26
7. LITERATURA.....	27

POPIS SLIKA U TEKSTU:

Slika 1: Položaj Moslavačke gore te njezin najviši vrh Humka u okvirima RH (MESIĆ, 2018).....	3
Slika 2: Hipsometrijska karta Moslavačke gore te veća okolna naselja (MESIĆ, 2018).	3
Slika 3: Jedan od ribnjaka na području rijeke Česme, koji su od velike važnosti za mnogobrojne vrste ptica močvarica (JAVNA USTANOVA PRIRODA BBŽ, 2008)....	4
Slika 4: Srednjovjekovna utvrda Garić grad iz ptičje perspektive (HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ, 2019).....	4
Slika 5: Položaj središnjeg Paratethysa između planinskih pojasa Karpata, Alpa i Dinarida (PAVELIĆ, 2002).....	7
Slika 6: Geološka karta Moslavačke gore (KOROLIJA et al., 1985).....	8
Slika 7: Isječak Osnovne geološke karte SFRJ Lista Bjelovar koji obuhvaća sjeverne padine Moslavačke gore (KOROLIJA i CRNKO, 1985). Geološki profil prikazuje odnose stijena na površini i u dubini, na području Samarice pa sve do rijeke Česme. Stijene amfibolitnog facijesa (zeleno) te migmatiti (svijetlo ružičasto) čine izdvojene mase uklopljene u kompleks granita (tamno ružičasto). Na navedene naslage transgresivno naliježu neogenski sedimenti (žute nijanse).....	11
Slika 8: Prosječne vrijednosti izloženosti čovjeka radijaciji iz različitih izvora radioaktivnosti.....	12
Slika 9: Prosječan udio četiri grupe prirodnih izvora radioaktivnosti kojima je čovjek izložen.....	14
Slika 10: Mehanizmi prodiranja radona u stambeni objekt (MIRSAD, 2017).....	15
Slika 11: Prikazan je presjek površine Zemlje te letjelica koja iz zraka mjeri prirodnu radioaktivnost velike površine tla (GEOSCIENCE AUSTRALIA, 2019).....	16
Slika 12: Primjer slike snimljene iz zraka s podacima o koncentraciji pojedinih radionuklida (GEOSCIENCE AUSTRALIA, 2019).....	17

Slika 13: Prijenosni spektrometar gama zraka „Gamma Surveyor Vario“ sa VB6 BGO sondom (GF INSTRUMENTS, 2020).....	18
Slika 14: Prosječna vrijednost efektivne dubine ispitivanja za navedeni prijenosni spektrometar iznosi 500 mm (CVETKOVIĆ et al., 2021).....	19
Slika 15: Karta lokacija snimanja prirodne radioaktivnosti.....	20
Slika 16: Stijena amfibolitnog sastava na geolokalitetu Pleterac (foto: Brcković, 2021).....	21
Slika 17: Stijena granitnog sastava unutar kamenoloma Donji Miklouš (foto: Brcković, 2021).....	22
Slika 18: Jezgra gnajsnog sastava dobivena bušenjem (foto: Brcković, 2021).....	22
Slika 19: Koncentracija radionuklida ^{40}K u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.....	24
Slika 20: Koncentracija radionuklida ^{238}U u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.....	24
Slika 21: Koncentracija radionuklida ^{232}Th u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.....	25
Slika 22: Ukupna doza energije gama zračenja u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.....	25

1. UVOD

Područje istraživanja ograničeno je na sjeverni dio Moslavačke gore, niskog planinskog masiva nastalog prilikom kompleksnih geodinamičkih procesa uključenih u zatvaranje oceana Tethys. Masiv je smješten između Savske i Dravske depresije, odnosno u sklopu hrvatskog dijela Panonskog sustava bazena koji čini kenozojski šav Jadranske mikroploče i europskog kontinenta.

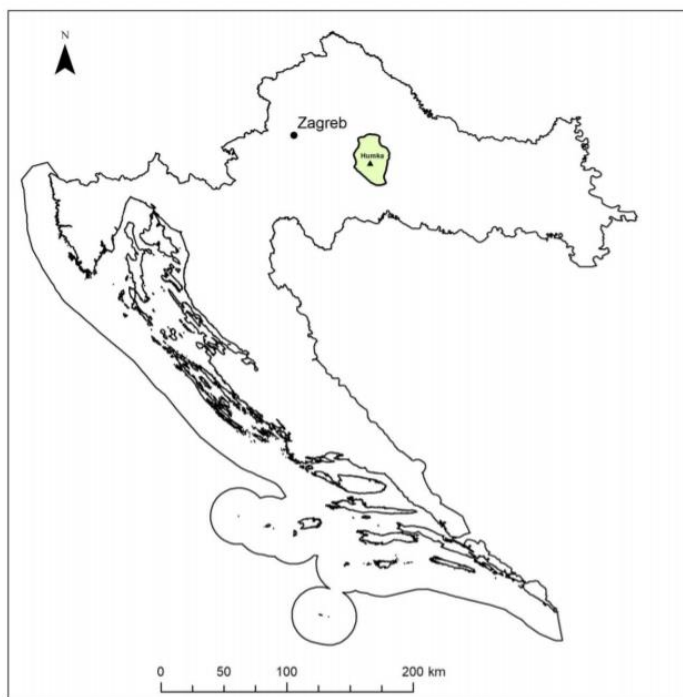
Uz ostale Slavonske planine, Moslavačka gora izgrađena je od najstarijih stijena na području Hrvatske. Sačinjavaju ih stijene metamorfnog postanka izdignute za vrijeme prekambrija. A zatim u razdoblju mlađe krede na području Moslavačke gore dolazi do izdizanja granitskog plutona koji je prožet kroz stariji metamorfni sklop.

Cilj završnog rada ispitati je prirodnu radioaktivnost istraživanog područja. Na temelju determinacije stijena odrediti postoji li međuovisnost podataka te usporediti i smjestiti rezultate u okviru globalnih pojava. Ovaj rad napravljen je u sklopu projekta „GEOloška karakterizacija podzemlja istočnog dijela Dravske depresije s ciljem procjene Energetskog Potencijala – GEODEP (UIP-2019-04-3846)“.

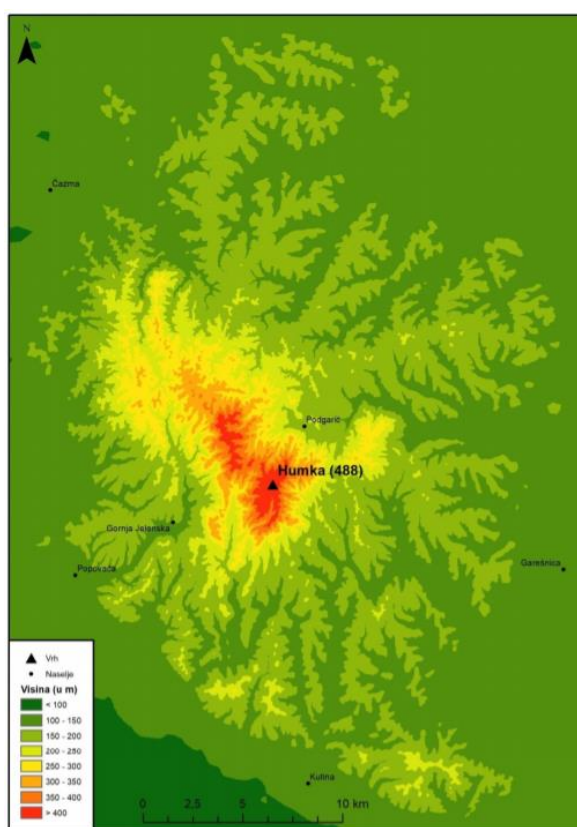
2. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Prostor istraživanja nalazi se u Moslavini koja je danas rascjepkana na područje tri županije: Sisačko-moslavačke, Zagrebačke i Bjelovarsko-bilogorske. Naziv Moslavina potječe iz razdoblja Hrvatskog Kraljevstva, dolazi od naziva „Mons Claudius“, odnosno današnja Moslavačka gora. Zračna udaljenost od glavnog grada–Zagreba pa do Moslavačke gore je oko 50 km u smjeru jugoistoka (**Slika 1**). Iako Moslavačka gora pripada u niska reljefna uzvišenja, budući da joj se najviši vrh, Humka, nalazi na nadmorskoj visini od 489 m, masiv se znatno ističe naspram okolnih nizina Lonje, Ilove i Česme. Cjelokupna Moslavačka gora čini površinu od oko 180 km², a središnji izdignuti dio, gdje su visine veće od 200 m.n.v., čini samo oko 15 km² te se ističe u obliku grebena (**Slika 2**). Osim najvišeg hrbata, gora se odlikuje razvedenim reljefom s mnoštvom grebena i jaraka koji se postupno spuštaju u doline rijeka. Sjeverozapadno od gore uz rijeku Česmu nalaze se mnogobrojni ribnjaci koji su važni za očuvanje pedeset pet vrsta ptica na europskoj razini, ali i drugih vrsta kao što su crveni mukač, žuti mukač, vidra, veliki tresetar (JAVNA USTANOVA PRIRODA BBŽ, 2011).

Područje Moslavačke gore šumovito je i slabo naseljeno, prevladavaju guste šume bukve, graba, hrasta i breze, dok se u nižim predjelima nalaze kultivirani voćnjaci te vinova loza koja predstavlja staru kulturu u Moslavini, još iz doma Rimljana (LONČAR, 2008). Moslavačku goru, kao dio kontinentalne Hrvatske, karakterizira kontinentalna klima s toplim ljetima i umjereno hladnim zimama sa snježnim padalinama. Prosječna godišnja temperatura iznosi 11°C (LAG MOSLAVINA, 2013). Veća naselja u okolici su Popovača, Kutina, Garešnica i Čazma, dok su najbliži veći gradovi Bjelovar i Sisak (**Slika 2**). Značajnu vrijednost Moslavine čine i brojne srednjovjekovne utvrde, kao što su Garić grad, Jelen grad i Košut grad. Fosilni nalazi praslona i nosoroga nađeni su u rudniku bentonitne gline u Gornjoj Jelenskoj 1994. godine. Također, na području ima više kamenoloma od kojih su neki napušteni, a najznačajniji su Pleterac, Mikleuška te Samarica. „Zbog krajobrazne, geološke i biološke raznolikosti te bogate kulturno-povijesne i tradicijske baštine 2011. godine Moslavačka gora proglašena je drugim regionalnim parkom u Hrvatskoj“ (JAVNA USTANOVA PRIRODA BBŽ, 2011).



Slika 1: Položaj Moslavačke gore te njezin najviši vrh Humka u okvirima RH (MESIĆ, 2018).



Slika 2: Hipsometrijska karta Moslavačke gore te veća okolna naselja (MESIĆ, 2018).



Slika 3: Jedan od ribnjaka na području rijeke Česme, koji su od velike važnosti za mnogobrojne vrste ptica močvarica (JAVNA USTANOVA PRIRODA BBŽ, 2008).



Slika 4: Srednjovjekovna utvrda Garić grad iz ptičje perspektive (HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ, 2019).

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

3.1. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Prvi geološki podaci vezani za Moslavačku goru potječu od geologa iz bivše Austro – Ugarske Monarhije. VUKOTINOVIĆ (1852) je napravio prvu geološku kartu Moslavačkog gorja te navodi da je masiv većinski izgrađen od gnajsa probijenog žilama granita. U njegovom daljnjem radu detaljnije opisuje granit kojeg smatra dijelom granitskog plutona Papuka i Krndije (VUKOTINOVIĆ, 1868). Prvi uočava da na Moslavačkoj gori nedostaju paleozojske i mezozojske naslage te da na gnajsu i granitu direktno naliježu stijene neogenske starosti. Uz opis neogenskih sedimenata i fosila, također prvi spominje izdanak nafte kod Mikleuške (KORALIJA et al., 1985). U granitima Moslavačke gore COHEN (1887) determinira do tada ne-zapažen mineral andaluzit, dok ga dvije godine kasnije KIŠPATIĆ (1889) detaljno analizira. U analizi obuhvaća još i biotitni i muskovitni gnajs, amfibolit te biotitni i aktinolitni škriljavac. Opisuje njihov postanak te genezu minerala koja ih izgrađuje, a kao značajni podatak navodi postupne prijelaze granita u gnajs.

Nakon završetka Drugog svjetskog rata vladao je poseban interes za istraživanjem stijena spomenutog masiva, prvenstveno zbog ležišta mineralnih sirovina, a od najvažnijeg ekonomskog značenja tu su nafta i plin: „Moslavačka gora sa svojim kristalastim stijenjem od naročito je značenja za nas, a to zato što je za nju vezan osnutak naše petrografije“ navodi TUĆAN (1953). On je u svojem istraživanju proučavao pegmatite te je prvi registrirao pojavu minerala forsterita. Petrografska istraživanja nastavlja BARIĆ (1954 – 1972) te kao bitan doprinos poznavanju metamorfnog kompleksa Moslavačke gore prvi prepoznaje mineral kordijerit. U kasnijem istraživanju VRAGOVIĆ i MAJER (1980) konstatiraju znatno širu rasprostranjenost toga minerala nego se je smatralo do tada. Apsolutnu starost granita na kristalinu određuje DELEON (1969) te se starost procjenjuje na 95 do 57 milijuna godina, odnosno geološko razdoblje gornje krede te paleocena.

3.2. POVIJEST OBLIKOVANJA TERENA

Tijekom oligocena dolazi do zatvaranja Tethyskog oceana rotacijom Afrike u smjeru suprotnom od kazaljke na satu te se počinje razvijati ocean Paratethys. Prostirao se od zapadnog Mollasnog bazena u Švicarskoj i bazena rijeke Rhone u Francuskoj prema jezeru Aral u Aziji. Paratethys se dijeli na zapadni, središnji i istočni dio (**Slika 5**). Središnji Paratethys rasprostire se od Bavarske do Karpata, a u geotektonskom smislu njegov najveći dio predstavlja Panonski sustav bazena (PAVELIĆ, 2002). Moslavačka gora primjer je granitoidnog plutona nastalog prilikom kompleksnih geodinamičkih procesa uključenih u zatvaranje oceana Tethys te predstavlja dio kenozojskog šava Jadranske mikroploče i europskog kontinenta, odnosno pojas Panonskog sustava bazena. Pretpostavlja se da je u okviru hercinske orogeneze izdizanjem granitnog plutonskog tijela - batolita došlo do razbijanja starije strukturne jedinice koju su sačinjavale metamorfne stijene, a čije dijelove batolit nosi na sebi.

Granitne intruzije važan su tektonski element unutar srednjeg i gornjeg dijela kontinentalne kore, a za njihovo smještanje potrebni su krti uvjeti ponašanja stijena. U petrologiji magmatskih stijena formiranje plutona opisuje se kroz sedam osnovnih procesa: 1) stvaranjem kupola ili doma, 2) asimilacijom okolnih stijena, zonskim taljenjem i parcijalnim taljenjem materijala u koji se utiskuje pluton, 3) formiranjem dajkova i silova, 4) procesima zalamanja, 5) plastičnom deformacijom okolnih stijena i njihovim potiskivanjem u dublje dijelove, 6) lateralnim pomicanjem okolnih stijena duž rasjeda i bora, i 7) smještanjem vezanim uz esktenzijske pokrete (WINTER, 2001). Prema OLIĆ (2018) mogući tragovi smještanja plutona zalamanjem na Moslavačkoj gori nalaze se na danas neaktivnom kamenolomu Pleterac na sjevernom obodu Moslavačke gore. „U njemu su jasno vidljivi veliki blokovi metabazitnih ksenolita s oštrim kontaktima prema okolnoj granitnoj masi te veće i manje žile granita koje uglavnom diskordantno presijecaju okolne stijene“ (OLIĆ, 2018).

Nakon kompleksa koji danas čini izmjena blokova granita i metamorfnih stijena, prvi sljedeći geološki član čine naslage iz perioda donjeg i srednjeg miocena. Sedimentaciju karakterizira raznolikost litofacijesa, koja započinje brečama i konglomeratima s prijelazom u šljunke i slabo vezane pješčenjake. Postupnom stabilizacijom uvjeta sedimentacije stvaraju se okoliši u kojima se talože litotamnijski vapnenci, a u njima se nalaze sačuvane gornjobadenske foraminifere. Već krajem badena dolazi do oslađivanja dotadašnjeg

marinskog prostora, pri čemu se talože i brakični sedimenti. Nastavak neogenske sedimentacije te daljnjeg oslađivanja bazena prate pjeskovito – laporoviti facijesi u mlađem panonu. Na području današnje strukture Križ talože se pijesci i gline s proslojcima ugljena. Na prijelazu pliocen – kvartar dolazi do snažnog izdizanja kojim su stvoreni novi kopneni prostori izloženi djelovanju erozije. Izdizanje se nastavlja i tijekom würmske glacijacije za vrijeme pleistocena kada se taloži les, koji je kasnije većinom erodiran (KOROLIJA et al., 1985)

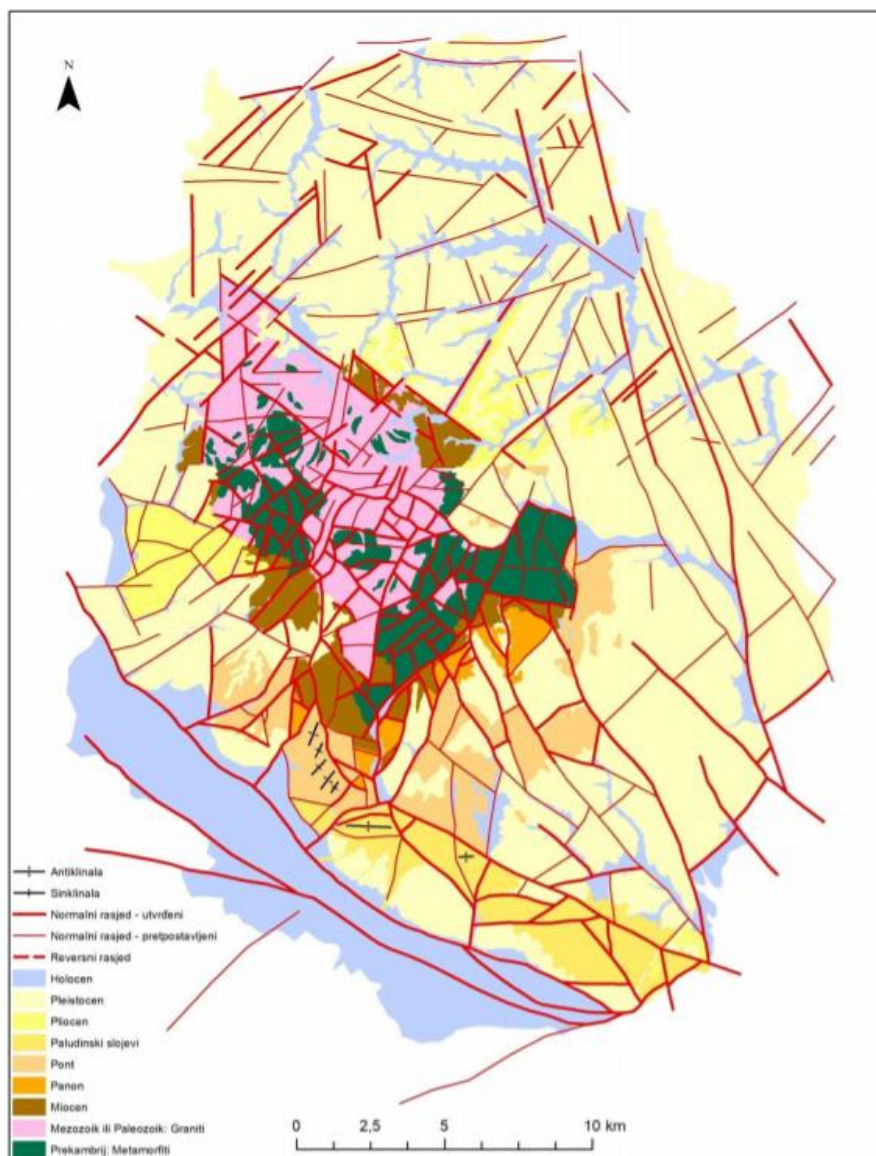


Slika 5: Položaj središnjeg Paratethysa između planinskih pojasa Karpata, Alpa i Dinarida (PAVELIĆ, 2002).

3.3. STRUKTURNO-TEKTONSKI ODNOSI

U formiranju strukturne građe područja između rijeka Save i Drave presudnu su ulogu odigrali tektonski pokreti radijalnog tipa, što je imalo za posljedicu formiranje velikog broja uzdignuća i depresija. Kristalin Moslavačke gore čini cjelina koja je najvjerojatnije formirana u okviru hercinske orogeneze, izdizanjem batolita te razbijanjem starijeg metamornog kompleksa čije dijelove batolit sadrži. Tijekom alpskog orogenetskog ciklusa,

kristalin se ponašao kao kruta cjelina, ali pojedine jače tektonske faze ostavile su tragove u obliku normalnih i rijede reverznih rasjeda. Na to ukazuje i orijentacija ksenolita u granitu, od kojih svaki blok ima vlastitu orijentaciju, što je posljedica rotacije prilikom izdizanja plutona. Područje Moslavačke gore obilježava izrazita razlomljenost i rasjednutost. Rasjedi koji se mogu zamijetiti na površini svrstavaju se u dvije kategorije. Razlikuju se longitudinalni rasjedi dinarskog pravca pružanja (SZ – JI) koji najčešće odvajaju veće morfostrukturne cjeline te rasjedi smjerova S – J do SI – JZ koji su mlađi, sijeku dinaridske pravce i ne utječu na stvaranje lokalnih struktura (KOROLIJA et al., 1985)(Slika 6).



Slika 6: Geološka karta Moslavačke gore (KOROLIJA et al., 1985).

3.4. LITOLOŠKI SASTAV

Područje istraživanja većinom su sjeverni obronci Moslavačke gore, koji su prikazani na Osnovnoj geološkoj karti lista Bjelovar. Obuhvaćeno je područje između Vrtlinske, Miklouša i Samarice. Granitne stijene čine većinu kristalina pa se u literaturi nerijetko nazivaju „Moslavačkim granitom“. Nešto manji udio čine metamorfne stijene koje su ujedno i najstarije stijene u Republici Hrvatskoj, zajedno s prekambrijskim naslagama na Slavonskim planinama – Psunju, Papuku i Krndiji. Na sjevernim obroncima kristalina metamorfni kompleks pojavljuje se u obliku manjih (dm, m) ili rijetko većih enklava (hm, km), a unutar kojih se može zamijetiti izmjena homogenih i heterogenih migmatita, različitih varijeteta amfibolita i amfibolitnih škriljavaca, paragnajseva te leukokratskih granita. Međutim, jedna od vrlo uočljivih karakteristika ovog kompleksa jest velika rastrošenost izdanaka tako da je kora trošenja, grus, često debljine i preko 10 metara (KOROLIJA et al., 1985). Na kristalinu 90 % stijena čine magmatske stijene, a manjinu čine metamorfne i sedimentne stijene (**Slika 7**). U kombinaciji s metamorfnim stijenama pojavljuju se i leukokratni graniti nastali pretaljivanjem starijih metamorfita. Tijekom neogena na kristalin naliježu sedimenti promjenjivih debljina naslaga.

3.4.1. METAMORFNE STIJENE

Metamorfne stijene koje su danas uklopljene u blokove granita, prvobitno su bili sedimenti sastavljeni od pelita, grauvaka i arkoza s tanjim ulošcima lapora i vapnenaca koji su regionalno metamorfozirani do nivoa amfibolitsko – piroksenskog facijesa. Po mineralnom sastavu, strukturi i teksturi metamorfne stijene mogu se podijeliti na sitnozrnaste tinjčaste paragnajseve i leptite, heterogene migmatitske gnajseve, homogene migmatitske gnajseve, amfibolite, amfibolitske škriljavce i diopsid-amfibolitske škriljavce. (KOROLIJA et al., 1985).

Glavni sastojci paragnajseva i leptita su kvarc, feldspati – mikroklin i kiseli plagioklas te biotit i muskovit. Kod sitnosrnastih tinjčastih paragnajseva sadržaj feldspata veći je od 20 % volumena stijene, a u nekim varijetetima nalazi se i kordijerit. Kod navedene stijene ne primjećuje se razdvajanje tinjčastih lamina, za razliku od tinjčastih škriljavca. Muskovit i biotit često uklapaju i silimanit, a akcesorni minerali su cirkon, apatit i turmalin.

Skupina amfibolita, amfibolitskih škriljavca i diopsid-amfibolitskih škriljavca najbolje je zamijećena u danas neaktivnom kamenolomu Pleterac. Mineralni sastav pretežno

čine amfiboli – smeđe hornblende te neutralni do bazični plagioklas sa podređenom količinom diopsida, coisita, epidota i granata. Odlikuju se izrazitom škrljavošću i često paralelnom teksturom (KOROLIJA et al., 1985).

Kod migmatitskih gnajseva jasno se vidi izdvajanje paleosoma i neosoma što u cjelini daje izrazitu paralelnu slojevitost teksturu. U većoj mjeri nalaze se u centralnom dijelu kristalina.

3.4.2. MAGMATSKE STIJENE

Magmatske stijene zastupljene su u okviru raznih varijeteta granitoidnih stijena koje čine glavnu masu kristalina. Uz uobičajene mineralne sastojke, kao što su kvarc, plagioklas – oligoklas te mikroklin, od posebnog značaja za moslavačke granitske stijene su andaluzit i silimanit. Biotita i muskovita ima relativno malo, dok se muskovit lako prepoznaje po karakterističnim relativno krupnim listićima bijele boje. Boja granita varira od bijele, crvene pa do blijedo zelene i plave boje, ovisno o zastupljenosti minerala koji ga tvore.

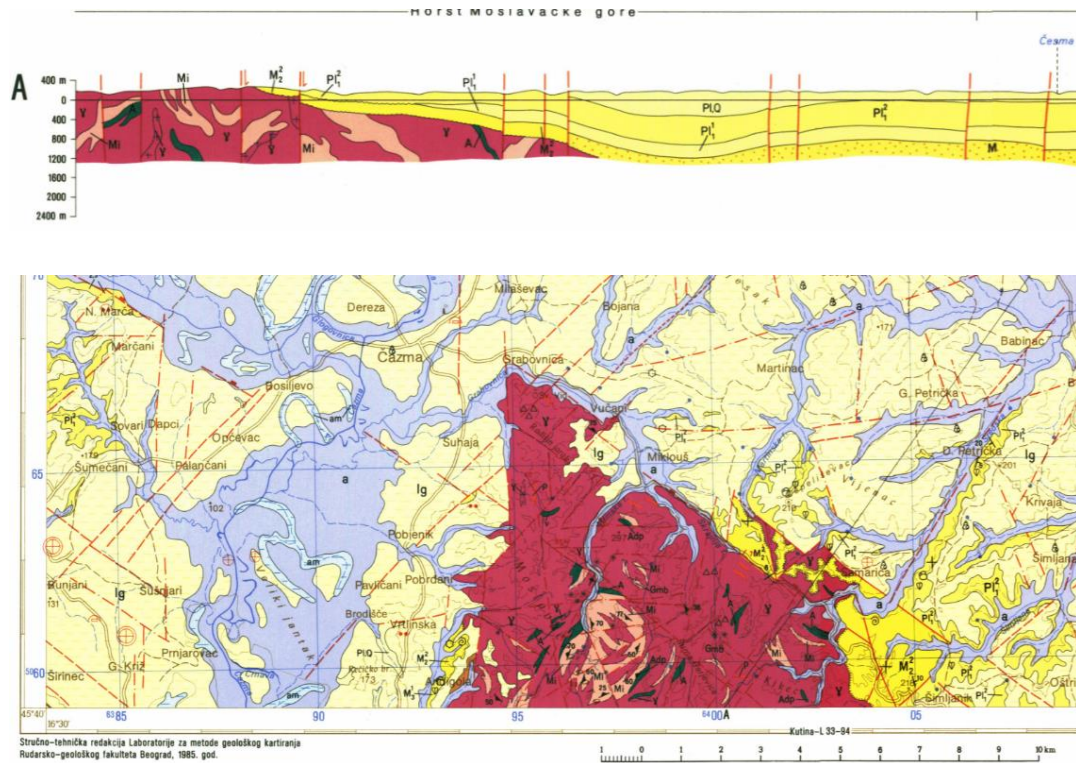
U sklopu manjih ili većih enklava, zajedno s migmatitskim gnajsom, pojavljuje se i granit u obliku žila, koji je zasigurno stariji od kompleksa granitskog plutona, odnosno veže ga se uz raniji metamorfizam. Pojava gabra registrirana je samo na jednom lokalitetu, dok su andeziti i bazalti konstatirani samo kao sekundarni. Pegmatiti i apliti rijetko se pojavljuju, no u njima se često nalaze krupni idiomorfni do alotriomorfni turmalini.

3.4.3. SEDIMENTNE STIJENE

Naslage neogena koncentrirane su na nižim dijelovima padina Moslavačke gore. Na kristalin transgresivno naliježe kompleks neogenskih sedimenata koji započinje donjim i srednjim miocenom. Iako su naslage utvrđene na većem broju lokaliteta vrlo su ograničene rasprostranjenosti. Nisu otkrivene u vremenskom kontinuitetu slijeda naslaga, već pojedini katovi nedostaju, što ukazuje na različitost amplituda tektonskih pokreta.

Za vrijeme miocena talože se pijesci, lapori, pješčenjaci, konglomerati, vapnenci, ugljen, gline i tufovi, a u okviru sjevernih obronaka Moslavačke gore nalaze se na dva odvojena lokaliteta – kod Vrtlinske i na području Samarice. Laporovito–pješčane naslage gornjeg panona, tzv. Kloštar Ivanić Formacija, koja se nalazi u debljim slojevima kod Bjelovara, idući prema kristalinu, Samarici i Mikloušu, formacija se u potpunosti istanjuje. Aluvijalni nanosi holocenske starosti, sastoje se od zaglinjenih pijesaka, šljunaka, gline,

pretaloženog lesa i mulja, a nalaze se na zaravnjenim predjelima podno gorskih padina i dolinama tokova (KOROLIJA et al., 1985).



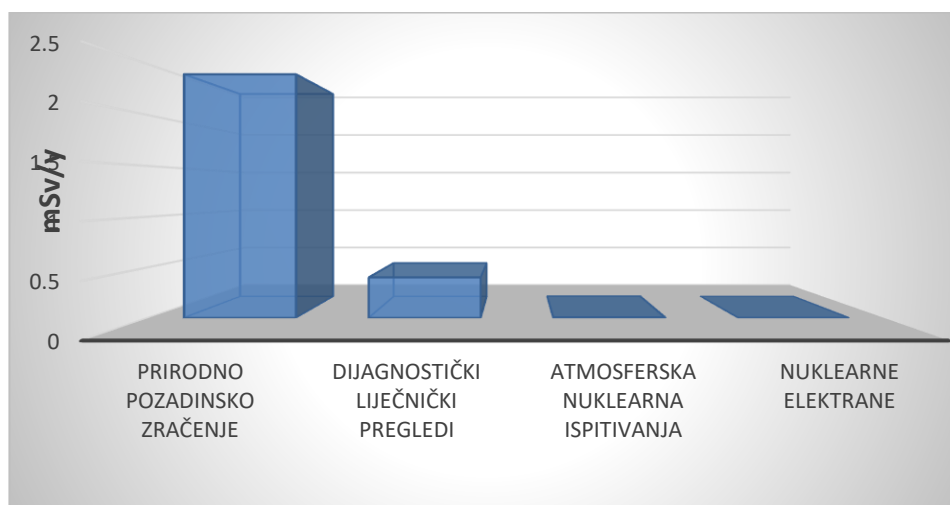
Slika 7: Isječak Osnovne geološke karte SFRJ Lista Bjelovar koji obuhvaća sjeverne padine Moslavačke gore (KOROLIJA i CRNKO, 1985). Geološki profil prikazuje odnose stijena na površini i u dubini, na području Samarice pa sve do rijeke Česme. Stijene amfibolitnog facijesa (zeleno) te migmatiti (svijetlo ružičasto) čine izdvojene mase uklopljene u kompleks granita (tamno ružičasto). Na navedene naslage transgresivno naliježu neogenski sedimenti (žute nijanse).

4. RADIOAKTIVNOST

4.1. TEORIJA RADIOAKTIVNOG RASPADA

Spontani proces u kojem se jezgra atoma nekog elementa mijenja tvoreći novi element, pri čemu emitira energiju u obliku zračenja, naziva se radioaktivnost. Karakterističan je za nestabilne atomske jezgre koje se nazivaju radionuklidima, a čestice koje emitiraju iz atoma čine radioaktivno zračenje. Nuklearnim/radioaktivnim raspadom nuklidi prelaze u stabilnije stanje, a osim emisije čestičnog zračenja (α , β), uobičajeno ih prati i emisija gama-fotona (γ). Radioaktivna zračenja ubrajaju se u ionizirajuća zračenja, budući da je prelaskom u stabilnije stanje energija emitiranih čestica dovoljno velika da izbija elektrone iz atoma tj. ionizira tvari (DRESTO-ALAC, 2012). Specifična svojstva radioaktivnosti korisna su za razne svrhe, primjenjuju ih geokemičari, geofizičari, geolozi, seizmolozi te je primjenjiva i u području medicine.

Nestabilnost jezgre koja uzrokuje radioaktivno zračenje može biti uzrokovana prirodno, ali i stvorena umjetnom nuklearnom reakcijom. Prema podacima UNSCEAR (2000) čovjek je u najvećoj mjeri izložen prirodnom pozadinskom zračenju, čija prosječna vrijednost od 2,4 mSv godišnje čini 86 % ukupne izloženosti čovjeka radijaciji (Slika 8). Međutim ta vrijednost varira u ovisnosti o značajkama tla i stijena te o iznimnim slučajevima kao što je velika Černobilska nesreća.



Slika 8: Prosječne vrijednosti izloženosti čovjeka radijaciji iz različitih izvora radioaktivnosti.

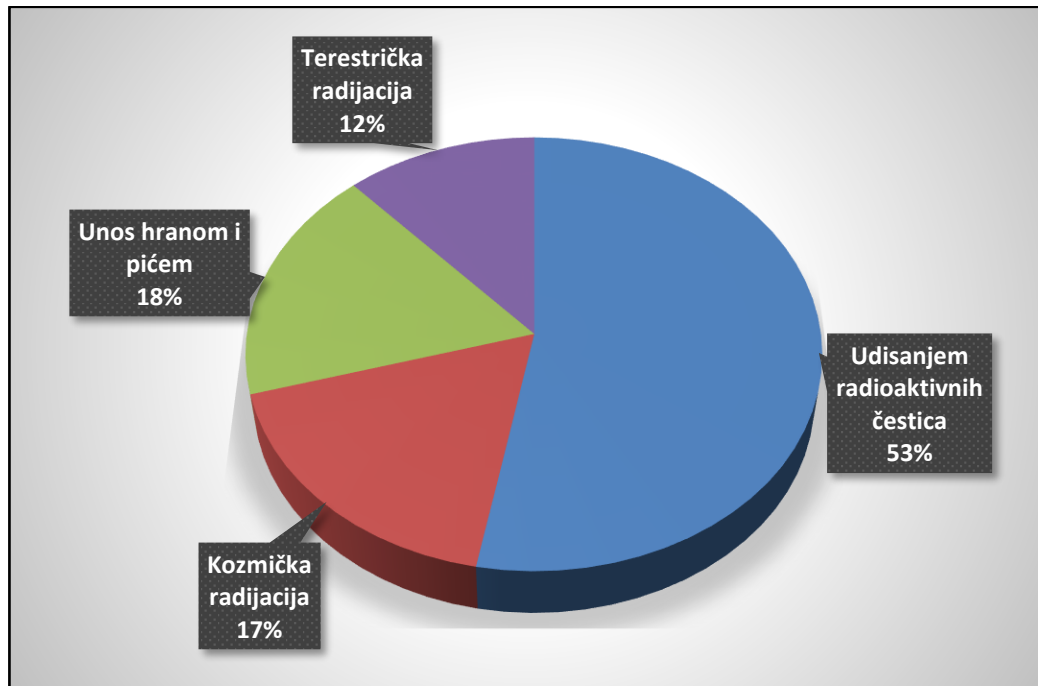
4.2. PRIRODNA RADIOAKTIVNOST

Prirodno radioaktivno zračenje oduvijek je dio našeg okoliša baš kao i svjetlost i toplina sunčevih zraka. Relativno niska razina zračenja koja potječe iz tla ili stijena je prirodna pojava, odnosno nije potaknuta ljudskim djelovanjem. Nastaje iz radioaktivnih elemenata i njihovih izotopa koji su dio minerala i stijena te sačinjavaju Zemljinu koru. Budući da trošenjem takvih stijena i minerala nastaju tla, samim time i hrana koju jedemo sadrži radioaktivne elemente. Isto tako i voda koju pijemo i zrak koji udišemo.

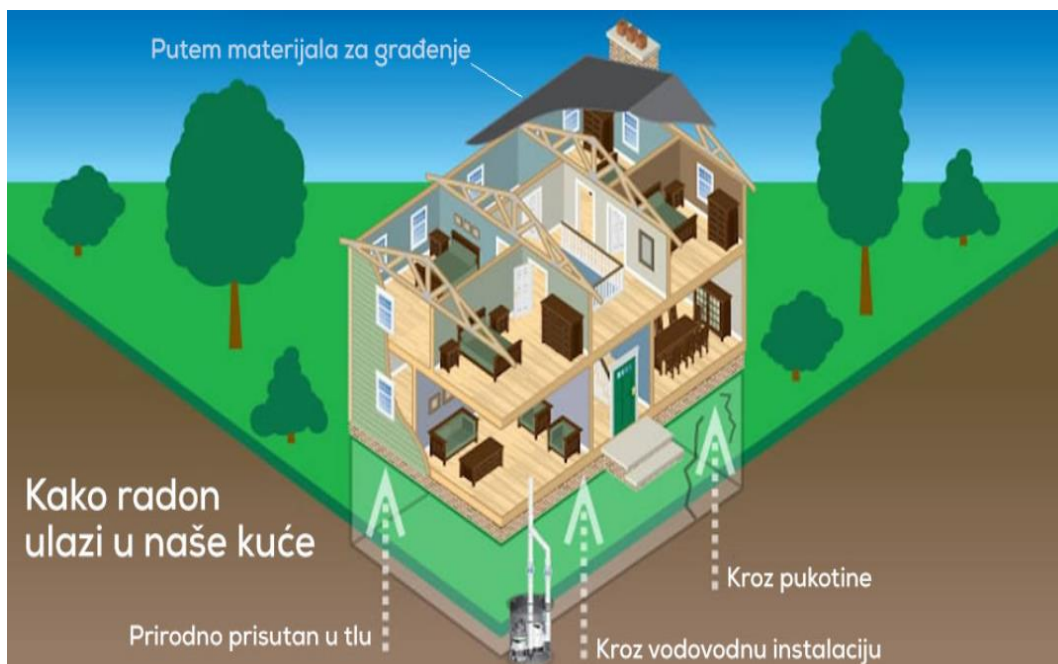
Prirodno pozadinsko zračenje konstantni je izvor ionizirajućeg zračenja u okolišu te se ono emitira iz različitih izvora. Prema UNSCEAR (2000) četiri su načina na koje prirodno radioaktivno zračenje dopire do ljudi, a procjenjuje se da je čovjek godišnje izložen dozi od 2,4 mSv. Nestabilne atomske jezgre koje se nalaze u stijenama od njihova postanka te se upotrebom kamena kao građevnog ili dekorativnog materijala unose u unutarnje prostore. Međutim, na taj način, direktno djeluju u vrlo malim postocima na ljude. Najveći utjecaj radioaktivnog zračenja na ljude proizlazi upravo udisanjem njihovih produkata raspada, najčešće plina radona. Udisanjem u prosjeku čovjek unosi skoro pa 40% od ukupne doze prirodnog zračenja godišnje. Također, manje je zastupljeno zračenje koje prodire u tijelo čovjeka hranom koju jedemo i vodom koju pijemo. Osim raspada radona, kalij-40 jedan je od glavnih uzročnika radioaktivnosti koji se nalazi u raznim svakodnevnim namirnicama. Osim nabrojanih načina, prirodno zračenje uzrokuju i kozmičke zrake, one potječu iz različitih događaja u Svemiru te prodire u Zemljinu atmosferu (CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION, 2020) (**Slika 9**).

Razina zračenja iz tla povezana je s geološkim sastavom te koncentracijom radionuklida ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K u stijenama (RANGASWAMY i SANNAPPA, 2016). Gotovo sve stijene i minerali pokazuju nisku razinu prirodne radioaktivnosti koja se može pripisati barem jednom od navedenih elemenata. Relativna radijacija povezuje se s količinom radionuklida u tlu pa tako vulkanske, fosfatne i granitne stijene pokazuju veću radijaciju (JOHNSON, 1991). Sadržajna koncentracija radionuklida određuje se u jedinici ppm, gdje 1 ppm (engl. parts per million) označava jedan dio na milijun dijelova, odnosno prirodno pozadinsko zračenje vrlo je nisko te se ne smatra zdravstvenim problemom. Međutim, u posljednje vrijeme jedan od izotopa u seriji raspada uranija-232, a to je radon-222 privukao je značajnu pažnju zbog tendencije zadržavanja u zatvorenim prostorima te se povezuje s razvojem raka pluća. Radon je plemeniti plin koji se ne može vidjeti, okusiti ni

namirisati, može se detektirati jedino posebnim uređajima. U zatvorene prostorije ulazi kroz pukotine na zidovima, putem vodovoda i kanalizacijskih otvora ili potječe iz građevinskog materijala od kojeg je kuća izgrađena (PEJAK, 2020) (Slika 10). Međutim, od velike je važnosti i vrsta tla ispod kuće, budući da tla visoke propusnosti, poput pjeskovitog tla, omogućavaju lakšu emisiju radona.



Slika 9: Prosječan udio četiri grupe prirodnih izvora radioaktivnosti kojima je čovjek izložen.

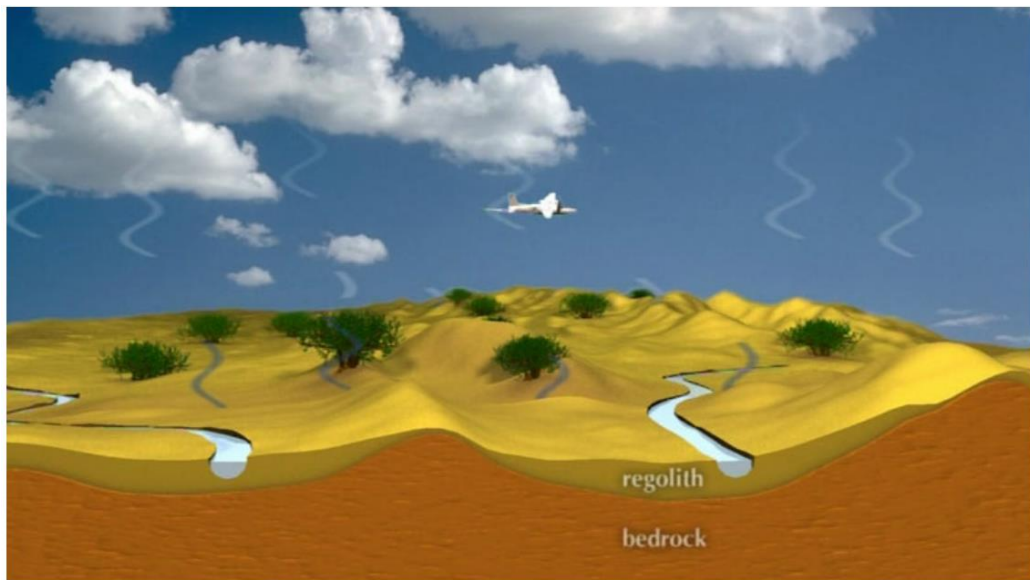


Slika 10: Mehanizmi prodiranja radona u stambeni objekt (MIRSAD, 2017).

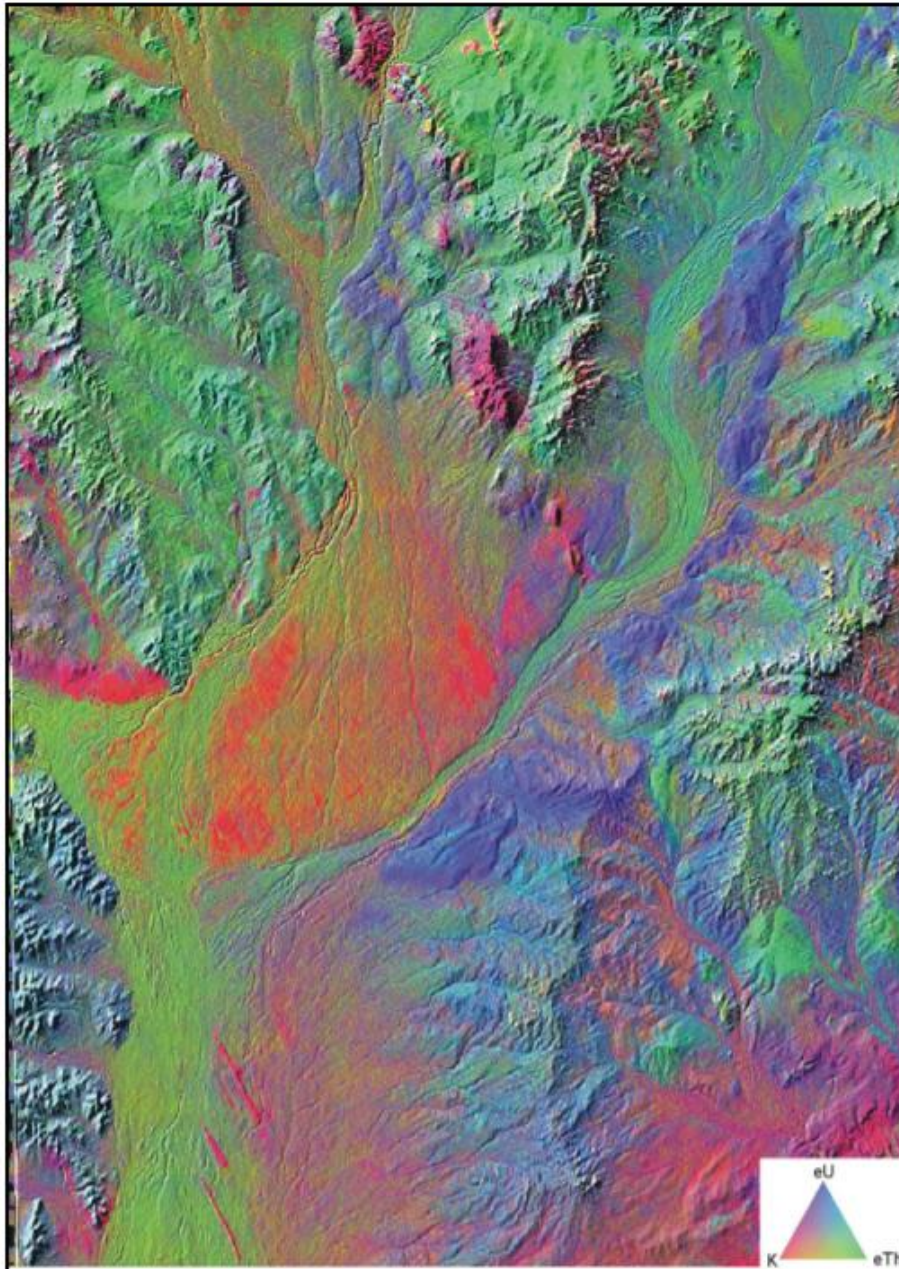
4.3. ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA

Određivanje radioaktivnosti nekog okoliša postiže se detektiranjem gama zraka koje su ujedno i najprodornije zrake iz svih prirodnih i umjetnih izvora. Gama zrake koje emitiraju pojedini radionuklidi specifične su energije, odnosno karakteristične energije za određeni element i njegov izotop. Postoje dva načina na koje se gama zrake mogu detektirati. Jedan način obuhvaća mjerenje ukupnog broja gama-fotona svih energija, a koristi se za praćenje ukupne razine gama zračenja te za otkrivanje eventualnih anomalija. Zatim na drugi način, mjeri se pomoću spektrometra, koji osim ukupne energije određuju i intenzitet što omogućuje detektiranje izvora zračenja. Stoga je radiometrija, odnosno spektrometrija gama zraka moćan alat za praćenje radioaktivnog zračenja u okolini. Danas postoje spektrometri pomoću kojih se radioaktivnost može mjeriti na većim površinama iz zrakoplova i motornih vozila (**Slika 11 i 12**), zatim ručni prijenosni spektrometri pomoću kojih se mjerenja izvode direktno na tlu. Također, moguća su i istraživanja morskog dna, dok laboratorijski spektrometri mogu mjeriti točne vrijednosti za pojedine uzorke u laboratoriju. Rezultati takvih istraživanja pokazuju ili ukupni broj radioaktivnog zračenja ili koncentraciju pojedinih radioelemenata.

Ispitivanje gama zračenja koristi se u raznim znanstvenim područjima. Vršiti se kartiranje za ekološke, geološke, geokemijske svrhe te za istraživanje pojedinih minerala. Koriste se za procjenu radioaktivnog zračenja u okolišu, odnosno za identificiranje područja potencijalno visokog zračenja. Tako se na primjer, koriste za određivanje rizičnih lokacija za gradnju i život zbog potencijalno opasne koncentracije plina radona. Istraživanja se redovito provode oko nuklearnih postrojenja gdje postoji mogućnost ne željenog ispuštanja radioaktivnosti. Radionuklidi te njihovi proizvodi raspadanja široko su rasprostranjeni u tlu, vodi i zraku, a spektrometrija gama zračenja omogućuje nam njihovo ispitivanje te definiranje prostorne raspodjele razine radijacije. Na svjetskoj razini izrađene su razne radiometrijske karte koje se međusobno mogu uspoređivati pokazujući regionalni trend u distribuciji radionuklida te njihov radiološki potencijal (IAEA, 2003)



Slika 11: Prikazan je presjek površine Zemlje te letjelica koja iz zraka mjeri prirodnu radioaktivnost velike površine tla (GEOSCIENCE AUSTRALIA, 2019).



Slika 12: Primjer slike snimljene iz zraka s podacima o koncentraciji pojedinih radionuklida (GEOSCIENCE AUSTRALIA, 2019).

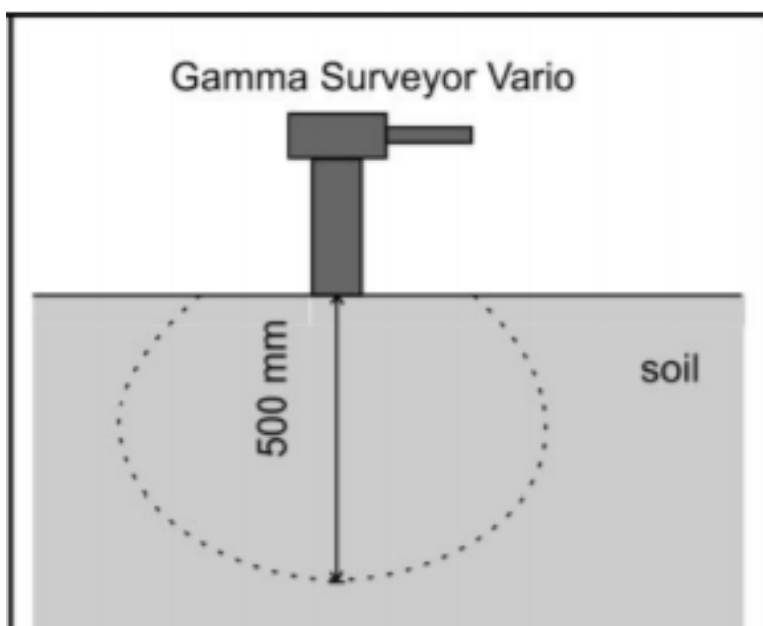
5. ISPITIVANJE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI STIJENA

5.1. INSTRUMENT ZA MJERENJE PODATAKA

Za dobivanje radioloških podataka iz stijena i tla korišten je prijenosni spektrometar gama zraka „Gamma Surveyor Vario“ sa VB6 BGO sondom (**Slika 13**). Taj geofizički instrument koristi se za određivanje koncentracije radionuklida K [%], U [ppm] i Th [ppm], te „dose rate“ ukupne energije gama zraka [nGy/h ili nSv/h]. Materijal koji gama zračenje pretvara u vidljivu svjetlost te ga na taj način detektira je scintilator od bizmut-germanijevog oksida (bizmut-germanat, BGO). Vrijeme mjerenja potrebno za očitavanje ovisi o radioaktivnosti izvora te željenoj preciznosti. Konkretno, pri mjerenjima za ovaj rad, vremenski interval postavljen je na 1 minutu. Spektrometar nam daje podatke o radioaktivnom potencijalu u gornjem dijelu kore, odnosno za detektor postavljen na tlo, efektivna dubina ispitivanja ovisi o vrsti tla, a u prosjeku je 50 cm (**Slika 14**). Koncentracija uranija ²³⁸-U sadržana u tlu i stijenama izravno utječe i na potencijalno opasnu koncentraciju plina radona ²²²-Rn, jer je jedan u nizu njegovih produkta raspadanja (CVETKOVIĆ et al., 2021).



Slika 13: Prijenosni spektrometar gama zraka „Gamma Surveyor Vario“ sa VB6 BGO sondom (GF INSTRUMENTS, 2020).

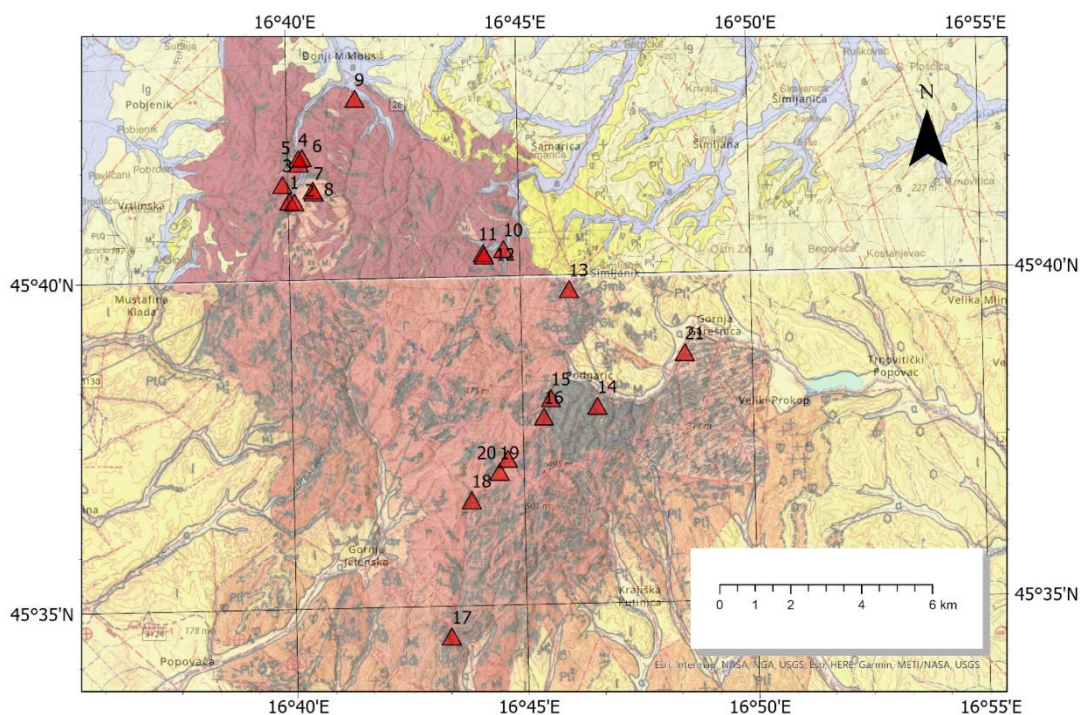


Slika 14: Prosječna vrijednost efektivne dubine ispitivanja za navedeni prijenosni spektrometar iznosi 500 mm (CVETKOVIĆ et al., 2021).

5.2. OPIS LOKACIJA MJERENJA

Istraživanja stijena provedena su većinom na sjevernim obroncima Moslavačke gore. Na 21 lokaciji izvedena su 74 mjerenja prirodne radioaktivnosti stijena prijenosnim spektrometrom (**Slika 15**). Dvije lokacije nalaze se u području eksploatacije tehničko-

građevnog kamena, a to su neaktivni kamenolom Pleterac te kamenolom Donji Miklouš koji je u daljnjoj upotrebi (točke 1 i 9 na karti na sl. 15). Kamenolom Pleterac značajan je geolokalitet, jer se smatra da je u njemu „upisana“ geološka evolucija nastanka Moslavačkog kristalina. U njemu su, zahvaljujući eksploataciji kamena, vidljivi strukturni odnosi između granitne intruzije te starijeg sklopa metamornih stijena – prvenstveno tamnih odlomaka stijena, amfibolitnog sastava (ČAZMA NATURA, 2015)(Slika 16). Za razliku od kamenoloma Pleterac u danas aktivnom kamenolomu Donji Miklouš eksploatiraju se stijene granitnog sastava (Slika 17). Na šestoj lokaciji snimanja zamijećen je pjeskoviti grus bogat sitnim biotitima, po sastavu najbliži gnajsu. Na navedenom lokalitetu izvedeno je bušenje i uzorkovanje jezgre (Slika 18).



Slika 15: Karta lokacija snimanja prirodne radioaktivnosti.



Slika 16: Stijena amfibolitnog sastava na geolokalitetu Pleterac (foto: Brcković, 2021).



Slika 17: Stijena granitnog sastava unutar kamenoloma Donji Miklouš (foto: Brcković, 2021).



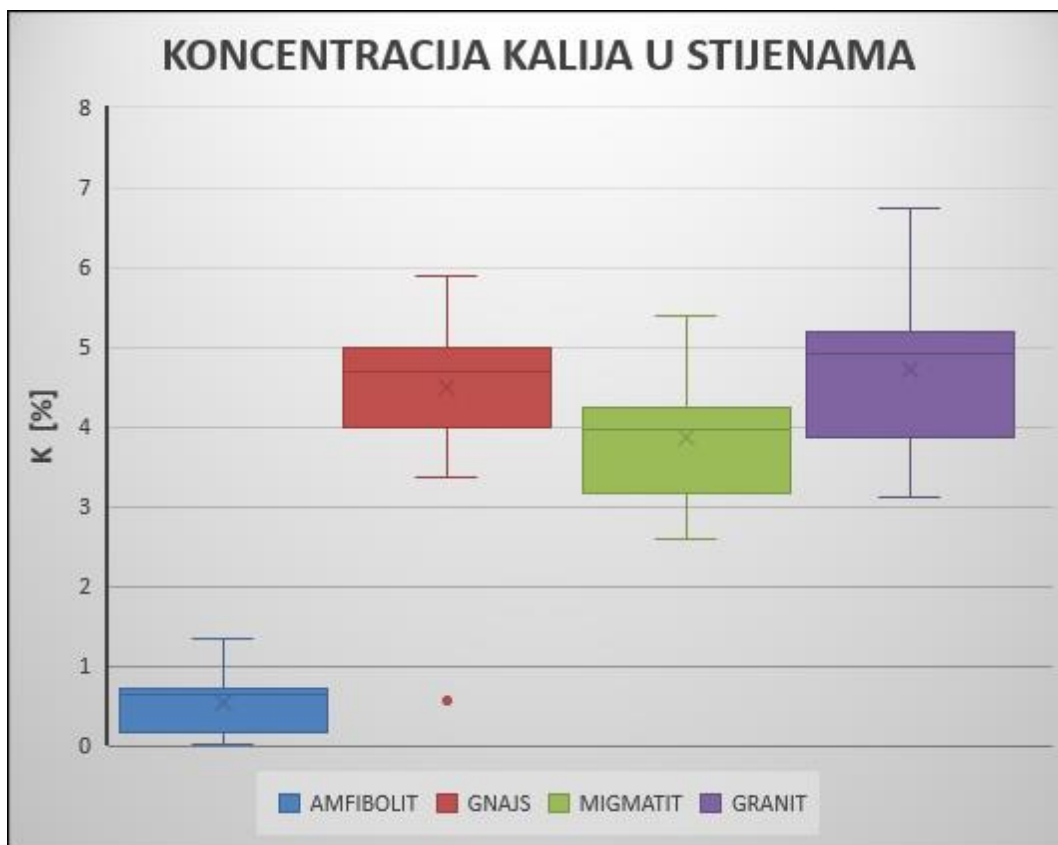
Slika 18: Jezgra gnajsnog sastava dobivena bušenjem (foto: Brcković, 2021).

5.3. PRIKAZ PODATAKA DOBIVENIH MJERENJEM

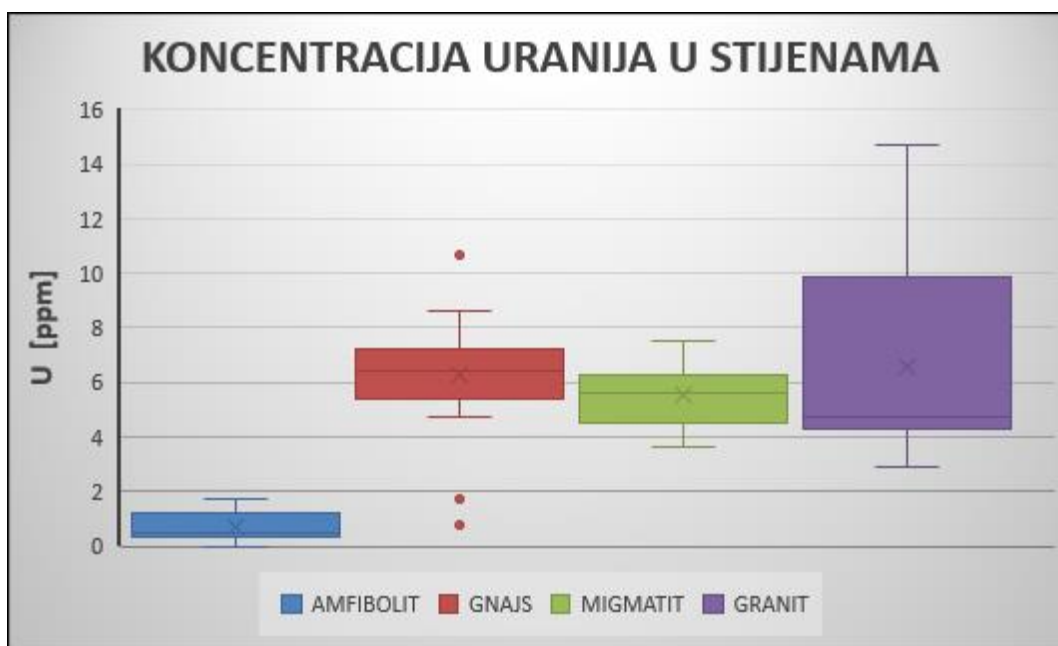
Provedena mjerenja daju nam informacije o razini prirodne radioaktivnosti u gornjem sloju Zemljine kore. Koncentracije nestabilnih jezgara ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K glavni su izvori zračenja iz tla i stijena. Podatci dobiveni mjerenjem ukazuju na povezanost litološkog sastava s ukupnom vrijednošću gama zračenja. Ispitivane amfibolitne stijene pokazuju najmanje koncentracije radionuklida te najmanje izmjerene vrijednosti ukupnog radioaktivnog zračenja.

Prosječne vrijednosti koncentracija radionuklida u Zemljinoj kori kreću se u rasponu od 2 do 2,5 % za kalij, od 2 do 3 ppm za uranij te 8 do 12 ppm za torij (IAEA, 2003). U usporedbi sa prosječnim koncentracijama radionuklida ispitivane amfibolitne stijene u svim varijablama su ispod prosjeka. Za ostale vrste ispitivanih stijena koncentracije su uglavnom povišene, iznimka su koncentracije torija, koje su za većinu gnajseva i granita unutar prosjeka, dok su za migmatite povišene. Vrijednost ukupne doze gama zračenja iz prirodnih izvora veća je za stijene koje su bogate uranijem, dok prosječna vrijednost za cijelu Zemlju iznosi 0,5 mSv/y, odnosno 57 nSv/h (CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION, 2020).

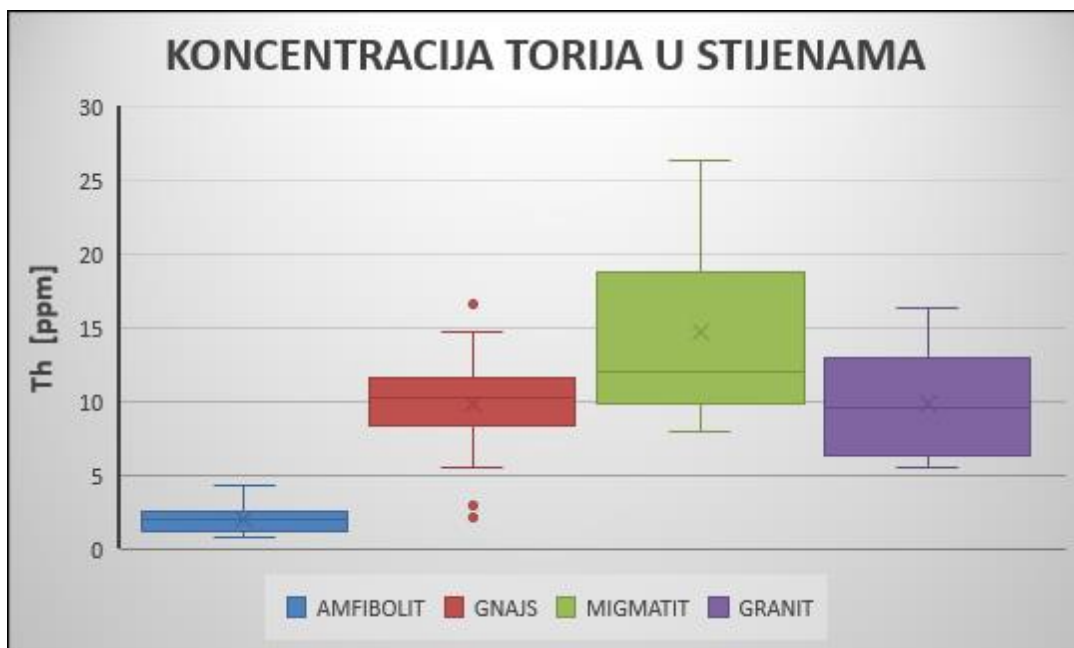
U ovome istraživanju maksimalna izmjerena vrijednost ukupnog gama zračenja iz stijena iznosi 182,9 nSv/h (1,6 mSv/y). Zapažena je u stijeni granitnog sastava sa povećanim koncentracijama osnovnih radionuklida ^{238}U od 9,5 ppm, zatim ^{232}Th u iznosu od 16,4 ppm te je popraćena maksimalnom izmjerenom vrijednošću ^{40}K u iznosu od 6,75 %. Koncentracija kalija u ispitivanim granitnim stijenama varira od 3,11 do 6,75 %, a ovisi o količini kalijevih feldspata te minerala glina koji se pojavljuju u silikatnim stijenama. Najmanje vrijednosti ukupnog gama zračenja uočene su na stijenama koje odgovaraju amfibolitnom litofacijesu. Najmanja izmjerena vrijednost ukupnog gama-zračenja je 5,4 nSv/h čiji je postotak svih radionuklida manji od 0,2%. (Slike 19, 20, 21, 22).



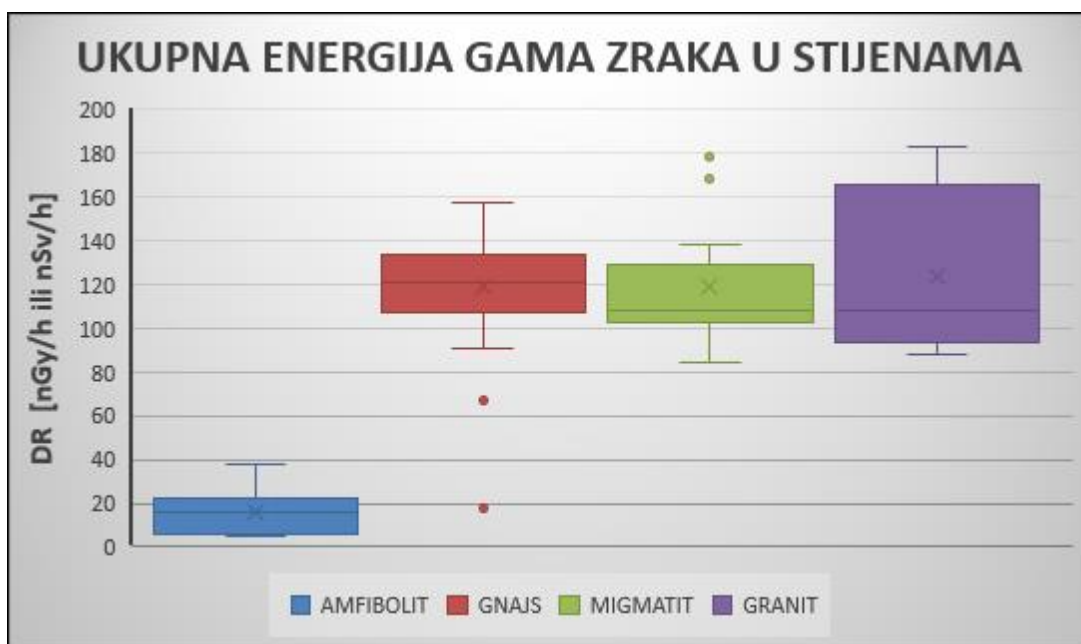
Slika 19: Koncentracija radionuklida ^{40}K u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.



Slika 20: Koncentracija radionuklida ^{238}U u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.



Slika 21: Koncentracija radionuklida ^{232}Th u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.



Slika 22: Ukupna doza energije gama zračenja u ovisnosti o litološkom sastavu stijena.

6. ZAKLJUČAK

Prirodna radioaktivnost stijena, ispitivana pretežito na sjevernim obroncima Moslavačke gore, varira u ovisnosti o litološkom sastavu stijena. Izvedena su sedamdeset i četiri mjerenja koncentracije radionuklida te ukupnog gama-zračenja u različitim vrstama magmatskih i metamorfnih stijena. Tamni blokovi amfibolitnog litofacijesa pokazuju vrlo niske koncentracije radionuklida, kao i nisku ukupnu razinu zračenja. Za razliku od ostalih metamorfnih stijena, gnajsa i migmatita, za koje su iznosi mjerenja uglavnom iznadprosječni u odnosu na vrijednosti u Zemljinoj kori.. Pri tome zaključujemo da su postojale razlike u ishodišnoj stijeni – protolitu za vrijeme nastanka tih stijena. Mjerenja provedena u stijenama determiniranim na površini kao granitima ukazuju na doze zračenja 2 do 3 puta veće od prosječne vrijednosti prirodnog zračenja iz stijena. Povećane koncentracije radionuklida uranija zamjećujemo u ispitivanim granitima, migmatitima te gnajsovima. To ukazuje na mogućnost nastanka plina radona – opasnog u zatvorenim prostorima zbog čega bi trebalo obratiti pozornost prilikom upotrebe navedenih materijala u građevinskoj industriji.

7. LITERATURA

BARIĆ, LJ. (1954): *Biotitno kordijeritski škriljavac s andaluzitom iz Jaske potoka u Moslavackoj gori*. Geologija, knj., 2, Ljubljana.

CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION: *Natural background radiation* (2020). Preuzeto s <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm>

COHEN, E. (1887): *Andalusitführende Granite (Moslavina, Croatien)*. N. Jahrb. Min., Geol. Paläont., 2, Stuttgart.

CVETKOVIĆ, M., KAPURALIĆ, J., PEJIĆ, M., KOLENKOVIĆ MOČILAC, I., RUKAVINA, D., SMIRČIĆ, D., KAMENSKI, A., MATOŠ, B., ŠPELIĆ, M. (2021): Soil gas measurements of radon, CO₂ and hydrocarbon concentrations as indicators of subsurface hydrocarbon accumulation and hydrocarbon seepage. *Sustainability*, vol. 13, br. 7. Preuzeto s <https://doi.org/10.3390/su13073840>

DELEON, G. (1969): *Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stijena u Jugoslaviji*. Radovi Inst. za geol-rud. istraž., i ispit. nuklearnih i dr. min. sirovina. Sv. 6, 1, Beograd.

DRESTO-ALAČ, B. (2012): *Radioaktivnost. Primjena u medicini*. Fakultet zdravstvenih studija Rijeka. Katedra za temeljne medicinske znanosti. Preuzeto s https://www.fzsri.uniri.hr/files/FAKULTET/KATEDRE/Katedra_temeljne/Microsoft%20Word%20-%20Radioaktivnost_Primjena%20u%20medicini_povjerenstvo_Z.pdf

GEOSCIENCE AUSTRALIA: *Radiometrics* (2019). Preuzeto s <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/disciplines/geophysics/radiometrics>

GF INSTRUMENTS: *Gamma Surveyor Vario* (2020). Preuzeto s http://www.gfinstruments.cz/version_cz/downloads/GAMMA_SURVEYOR_VARIO.pdf

- GRAD ČAZMA: *Čazma natura* (2015). Preuzeto s <https://cazma-natura.com.hr/>
- HRVATSKI PLANINARSKI SAVEZ: *Moslavačka gora – vrh Vis* (2019). Preuzeto s <https://www.hps.hr/info/hrvatski-vrhovi/moslavacka-gora-vrh-vis/>
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA): *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry dana* (2003). Preuzeto s https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1363_web/PDF/print%20version.pdf
- JAVNA USTANOVA PRIRODA BBŽ: *Regionalni park Moslavačka gora* (2008). Preuzeto s <https://www.zastita-prirode-bbz.hr/podrucja/regionalni-park-moslavacka-gora/> (2011.)
- JOHNSON, S. (1991): Virginia Minerals. *Division of mineral resources*, vol. 37, br. 2. Preuzeto s https://www.dmme.virginia.gov/commercedocs/VAMIN_VOL37_NO02.PDF
- KIŠPATIĆ, M. (1889): *Kristalinični trup Moslavačke gore*. Rad JAZU, knj., 92, Zagreb.
- KOROLIJA, B., CRNKO, J. (1985). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Bjelovar L 33- 82*, Savezni geološki zavod, Beograd. Zatraženo na <https://www.hgi-cgs.hr/geoloske-karte/>
- KOROLIJA, B., VRAGOVIĆ, M., CRNKO, J. I MAMUŽIĆ, P. (1986). *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Bjelovar L33—82*. — Geološki zavod, Zagreb (1985); Savezni geološki zavod, Beograd, 45 str. Preuzeto s <https://www.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2020/07/Bjelovar.pdf>
- LAG MOSLAVINA: *Lokalna razvojna strategija*. (2013). Preuzeto s http://www.opcina-kriz.hr/ok/kriz_uploads/2016/10/LRS-LAG-a-Moslavina.pdf
- LONČAR, J. (2008) *Moslavina i Turopolje, Središnja Hrvatska*. Geografija.hr. Preuzeto s <https://geografija.hr/moslavina-povijesno-geografsko-znacenje-i-obiljezja/>

- MESIĆ, L. (2018). *Geomorfološka obilježja Moslavačke gore*. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:608962>
- MIRSAD, Š. (2017): Kako radon, prirodni plin u našim kućama uzrokuje rak pluća?; *Logično*. Preuzeto s <https://www.logicno.com/zivotni-stil/kako-radon-prirodni-plin-u-nasim-kucama-uzrokuje-rak-pluca.html>
- OLIĆ, I. (2018): *Intruzija krednog granita u stijene starijeg metamorfnog sklopa: procesi fragmentacije, smještavanja i lokalne interakcije na području kristalina Moslavačke gore*. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek. Preuzeto s <https://apps.unizg.hr/ректорова-награда/јавно/акадеmsке-године/2017/наградені-радови>
- PAVELIĆ, D. (2002): *The South - Western Boundary of Central Paratethys*. *Geologia Croatica*, 55(1), str. 83 - 92. Preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/258464568_The_South-Western_Boundary_of_Central_Paratethys
- PEJAK, I. (2020): *Ovisnost koncentracije radona o okolišnim parametrima - višestruki linearni regresijski model*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:193307>
- RANGASWAMY, D.R., SANNAPPA, J. (2016): *Distribution of natural radionuclides and radiation level measurments in Karnataka State, India*; *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*. Preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/303560723_Distribution_of_natural_radionuclides_and_radiation_level_measurements_in_Karnataka_State_India_an_overview
- TUĆAN, F. (1953): *Nov prinos poznavanju kristalastih stijena Moslavačke gore*. Sporn. M. Kispatića, JAZU, Zagreb.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC
RADIATION (UNSCEAR): *Sources and effects of ionizing radiation* (2017).

Preuzeto s

https://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf

VRAGOVIĆ, M. i MAJER, V. (1980): *Prilozi za poznavanje metamorfnih stijena Zagrebačke gore, Moslavačke gore i Papuka (Hrvatska-Jugoslavija)*. Geol. vjesnik, 31, Zagreb.

VUKOTINOVIĆ, L. (1852): *Die Moslaviner gebirge in Croatien*. Jahrb. der. KK Geol. Reichsenst. 3/2, Wien.

VUKOTINOVIĆ, LJ. (1868): *O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj*. Rad Jug. akad. znan. umjet., 2, Zagreb.

WINTER, J.D. (2001): *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice-Hall, New Jersey, 697 str. Preuzeto s
https://www.academia.edu/5256563/An_Introduction_to_Igneous_and_Metamorphic_Petrology_BY_J_D_Winter



KLASA: 602-04/21-01/113
URBROJ: 251-70-14-21-2
U Zagrebu, 9.9.2021.

Tina Lončarić, studentica

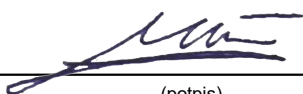
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/113, URBROJ: 251-70-14-21-1 od 26.4.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

SPEKTROMETRIJSKO ISPITIVANJE PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI KRISTALINSKIH STIJENA MOSLAVAČKE GORE

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv. prof. dr. sc. Marko Cvetković nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i suvoditeljicu Dr. sc. Josipa Kapuralić.

Voditelj:

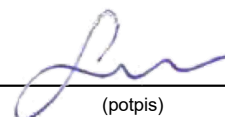


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Marko Cvetković

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko
Ružičić

(titula, ime i prezime)

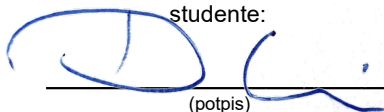
Suvoditeljica


.....
(potpis)

Dr. sc. Josipa Kapuralić

.....
(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i
studente:



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor
Kuhinek

(titula, ime i prezime)