

Petrološke, petrofizikalne i geokemijske značajke miocenskih naslaga Požeške kotline

Kovačević, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:169:711416>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-23**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

**Petrološke, petrofizikalne i geokemijske značajke
miocenskih naslaga Požeške kotline**

Diplomski rad

Monika Kovačević

G - 254

Zagreb, 2017.

Petrološke, petrofizikalne i geokemijske značajke miocenskih naslaga Požeške kotline

MONIKA KOVAČEVIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Požeška kotlina izrazito je pogodne lokacije za uočavanje i analizu geoloških i geomorfoloških specifičnosti prostora. U ovom radu određene su petrofizikalne analize površinskih uzoraka Požeške kotline i okolnih gorja. Analizama je podvrgnuto oko 50 uzoraka raznih tipova klastičnih sedimenata uzorkovanih prilikom terenskog istraživanja. Napravljene su mikroskopske analize na preparatima prikupljenih uzoraka, analize mokrog sijanja, analize mjerenja poroznosti i propusnosti te geokemijske analize koje su obavljene u laboratoriju INA d.d. Analizama mokrog sijanja ustanovljeno je kako većina fosilnog sadržaja pripada marinskom tipu okoliša. Analize poroznosti i propusnosti dale su dobre rezultate gledajući sa stajališta kolektorskih stijena, dok je geokemijskim analizama utvrđeno kako dva uzorka pripadaju matičnim stijenama skromnog potencijala za davanje ugljikovodika, dok jedan uzorak predstavlja odličnu matičnu stijenu.

Ključne riječi: Požeška kotlina, poroznost, propusnost, geokemija, naftni potencijal, matična stijena

Diplomski rad sadrži: 51 stranicu, 6 tablica, 30 slika, 1 prilog i 26 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Marko Cvetković, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Marko Cvetković, docent RGNF
Dr. sc. Domagoj Vulin, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Davor Pavelić, profesor RGNF

Datum obrane: 27. rujan 2017.

Petrological, petrophysical and geochemical features of the Miocene deposits of Požega Valley

MONIKA KOVAČEVIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Institute of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

Požega Valley is a particularly suitable location for observing and analysing geological and geomorphological specificity of area. In this thesis petrophysical analyses of surface samples of Požega Valley and surrounding mountains have been determined. About 50 various types samples of clastic sediments sampled during field research were subjected to analysis. Microscopic analysis were carried out on preparations collected samples, also wet sieving analysis, permeability and porosity measurement analysis, and geochemical analysis which were carried out in INA d.d. laboratories. Wet sieving analysis have determined that most of fossil content belongs to marine type of environment. Permeability and porosity analysis gave good results from collector rocks point of view, while geochemical analysis have confirmed that two samples belong to source rock of modest potential for giving hydrocarbons, and one sample that represent excellent source rock.

Key words: Požega Valley, porosity, permeability, geochemical analysis, petroleum potential, source rock

Thesis contains: 51 pages, 6 tables, 30 figures, 1 enclosure and 26 references.

Original in: Croatian

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

Supervisor: PhD Marko Cvetković, Assistant Professor

Reviewers: PhD Marko Cvetković, Assistant Professor
PhD Domagoj Vulin, Associate Professor
PhD Davor Pavelić, Professor

Date of defense: September 27, 2017.

Sadržaj:

1. Uvod.....	1
2. Geografske i geološke značajke istraživnog područja.....	2
3. Stratigrafski pregled	6
4. Metodologija istraživanja.....	9
4.1 Laboratorijske analize.....	11
5. Pregled površinskih istraživanja područja Požeške kotline	16
6. Rezultati laboratorijskih ispitivanja	23
6.1 Mikroskopske analize	23
6.2 Određivanje fosilnog sastava nakon metode mokrog sisanja.....	25
6.3 Analize mjerenja poroznosti i propusnosti	29
6.4 Geokemijske analize	32
7. Rasprava.....	46
8. Zaključak.....	48
9. Literatura.....	49

Popis slika:

Slika 2.1: Geografski smještaj Slavonskih planina koje okružuju kotlinu	2
Slika 2.2: Profil kroz Savsku depresiju do planine Papuk	5
Slika 2.3: Geološka karta Slavonskih planina (A – presjek profila sa slike 2)	5
Slika 4.1: Geološka karta istražnog područja s ucrtanim točkama uzorkovanja.....	10
Slika 4.2: Shema mjernog uređaja za mjerenje poroznosti helijskom porozimetrijom	13
Slika 4.3: Shema uređaja za mjerenje propusnosti protokom plina	14
Slika 5.1: Pločasti vapnenci s humčastom kosom slojevitošću.....	17
Slika 5.2: Bujičnjak miocenske starosti sa slatkovodnim naslagama	18
Slika 5.3: Profil kroz pijeske i gline (pokrupnjavanje naviše).....	19
Slika 5.4: Trakasti lapor sa tankim slojem listićavog intervala u kojem je primjećen slamp	20
Slika 5.5: Pješčenjaci / kalkareniti	20
Slika 5.6: Proslojak potencijalne matične stijene.....	21
Slika 5.7: Izdanak pijeska u podini glinovitog interval.....	22
Slika 5.8: Pijesci bogati fosilnim sadržajem	22
Slika 6.1: Mikroskopske slike preparata	24
Slika 6.2: Mikroskopski prikaz karakteristične fosilne faune	28
Slika 6.3: Graf odnosa poroznosti i propusnosti	31
Slika 6.4: Modificirani Van Krevelen dijagram površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline	33
Slika 6.5: TIC kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36	38
Slika 6.6: m/z 85 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36	38
Slika 6.7: m/z 191 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36	39
Slika 6.8: m/z 217 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36	39
Slika 6.9: TIC kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C.....	42
Slika 6.10: m/z 85 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C.....	42
Slika 6.11: m/z 191 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C.....	43
Slika 6.12: m/z 217 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C.....	43
Slika 7.1: Geološki stupovi Požeške kotline.....	47

Popis tablica:

Tablica 1: Zastupljenost fosila u Požeškoj kotlini nakon metode mokrog sisanja	26
Tablica 2: Rezultati mjerenja poroznosti i propusnosti	30
Tablica 3: Ukupni organski ugljik u površinskim uzorcima stijena s područja Požeške kotline (podatci dobiveni LECO aparatom)	44
Tablica 4: Rezultati Rock-Eval pirolize površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline	44
Tablica 5: Rezultati mikroskopske analize površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline	45
Tablica 6: Sadržaj topljive organske tvari u površinskim uzorcima stijena s područja Požeške kotline	45

Popis tabli:

Tabla 1: <u>Slika gore</u> : Izolirana organska tvar, PK – 34 (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo). <u>Slika dolje</u> : Klast huminita u amorfnoj organskoj tvari, PK – 34 (reflektirano svjetlo, uljna imerzija)	35
Tabla 2: <u>Slika gore</u> : Cista dinoflagelate u amorfnoj organskoj tvari, PK – 36 (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo). <u>Slika dolje</u> : Izolirana organska tvar, PK – 36 (reflektirano svjetlo, Uljna imerzija)	37
Tabla 3: <u>Slika gore</u> : Izolirana organska tvar, PK – 56C (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo) <u>Slika dolje</u> : Izolirana organska tvar (S=sporinit), PK – 56C (lijevo reflektirano svjetlo, uljna imerzija, desno plavo fluorescentno svjetlo, uljna imerzija).....	41

Popis priloga:

Prilog 1: Geološka karta istražnog područja s ucrtanim točkama uzorkovanja i slikama opisanih lokaliteta

1. Uvod

Požeška kotlina prostire se duž južne granice Panonskog bazenskog sustava. Okružena je s pet gora visine do 1000 m koje u literaturi susrećemo pod nazivom Slavonske planine. One predstavljaju velike blokove sastavljene od različitih, snažno tektoniziranih pred-miocenskih temeljnih stijena, na kojima diskordantno leže neogenske naslage te je kompleks izdignut tijekom pliocena i kvartara. Naslage u Požeškoj kotlini i okolnim Slavonskim planinama taložene u različitim uvjetima sedimentacije pri kojima su nastajali različiti sedimenti, od morskih do brakičnih. Obzirom da ista pripada Panonskom bazenu, koji je u našoj zemlji od davnina poznat po eksploataciji nafte i plina, uočeno je kako je Požeška kotlina pomalo zapostavljena s naftnogeološkim istraživanjima i još uvijek nedovoljno dobro istražena. Cilj ovog diplomskog rada bio je napraviti petrološke i petrofizikalne analize uzorkovanih površinskih uzoraka stijena uzetih sa područja Požeške kotline i obronaka okolnih gorja. U svrhu toga napravljene su analize polarizacijskim mikroskopom, analize fosilnog sastava pomoću metode mokrog sijanja, mjerenje poroznosti i propusnosti te su obavljene geokemijske analize najzanimljivijih uzoraka.

2. Geografske i geološke značajke istraživanog područja

Požeška kotlina nalazi se u središnjem dijelu sjeverne Hrvatske, u Slavoniji, te se proteže duž južne granice Panonskog bazenskog sustava. Kotlina je izdužena u smjeru zapad – istok, široka je 15 do 20 kilometara i dugačka oko 40 kilometara te gotovo potpuno okružena gorskim masivima koji se još nazivaju i „otočne planine“. Depresija je okružena planinama izdignutim tijekom pliocena i kvartara prema Pavelić (2001). Sjeverni rub kotline spušta se od sjeverozapada prema jugoistoku, od najvišeg Psunja (Brezovo polje, 989 m), preko Papuka (Papuk, 953 m) na Krndiju (Kaprovac, 792 m) koja postupno silazi u ravnicu istočne Slavonije (Slika 2.1). Ovaj greben ujedno je i razdjelnica između pritoka Drave i Save. Požeška gora (Maksimov hrast, 614 m) i Dilj gora (Degman, Cinkovac, 461 m) prate isti trend i smjer spuštanja, ali su nešto niže. Te dvije gore dijele kotlinu od Posavine, a između njih Orpljava, najveća rijeka Požeške kotline, otvara jedini prirodni izlaz iz kotline prema jugu, odnosno Savi (Riđanović, 1977).



Slika 2.1: Geografski smještaj Slavonskih planina koje okružuju kotlinu

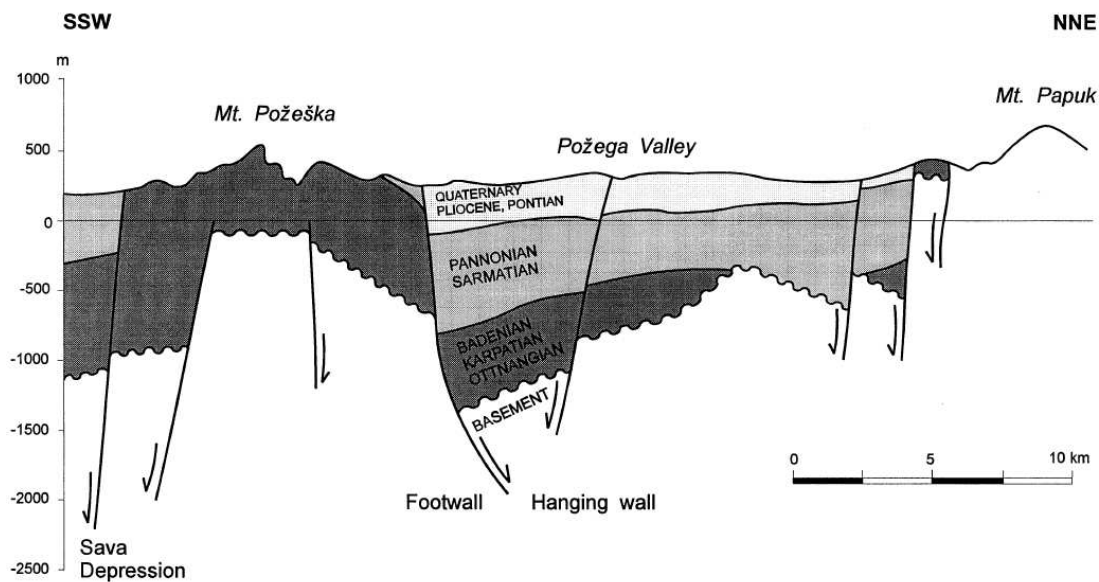
(preuzeto s Google maps)

Pobočja planinskih nizova, što omeđuju kotlinu s tri strane, predstavljena su s dugačkim i plitkim dolinama te blago zaobljenim uzvišenjima prekrivenim kvartarnim naslagama. Izrazitije su doline na sjevernoj strani, odnosno na području Papuka i Krndije, gdje se nalazi veliki broj potoka, kojima je spomenuto gorje sabirni teren (Najdenovski, 1988). Morfološke osobitosti reljefa i hidrografska mreža kotline u uskoj su i neposrednoj vezi s geološkom građom i tektonikom same kotline što potvrđuje i tok rijeke Veličanke, koja prateći rasjed Kamovci, s dionicom svog toka od sjevera prema jugu dijeli kotlinu na dva dijela. Istočni dio sa većom površinom do 200 m visine i zapadni od 200 – 300 m (Najdenovski, 1988). Porječje Orljave s najvećim pritokom Londžom i ostalim vodotocima čini gusto razgranatu mrežu koja pokriva oko 1500 km², što ove dvije rijeke čini vrlo važnim čimbenicima u oblikovanju današnjeg izgleda ovog prostora. Orjava dolazi sa sjeverozapada, gdje je njeno korito usječeno u metamorfita Psunja i Papuka. Zatim presjeca badenske vapnence, te kod mjesta Orljavac prelazi u ravničarski dio kotline usjecajući se u kvartarne naslage. Dalje nastavlja svoj tok prema jugoistoku duž istoimenog rasjeda. Druga veća rijeka, Lonđa, koja dotječe sa sjeveroistočne strane, cijelim svojim koritom usječena je u kvartarne naslage i prati istoimeni rasjed. Opisana hidrografska mreža, glavne rijeke i njihovi relativno veći pritoci uglavnom su podudarni s trasama rasjeda (Najdenovski, 1988). U geomorfološkom pogledu kotlina predstavlja prostranu asimetričnu uzdužnu dolinu ili zaravan uglavnom omeđenu izohipsom od 300 m i prekrivenu kvartarnim taložinama (Najdenovski, 1988). Isto tako, Slavonsko gorje s Požeškom kotlinom tvori zasebnu geomorfološku cjelinu čija je struktura, uz povoljne uvjete za život, lokalnim populacijama pružala i kvalitetne izvore sirovina poput kamena, gline te drveta (Potrebica, 2003).

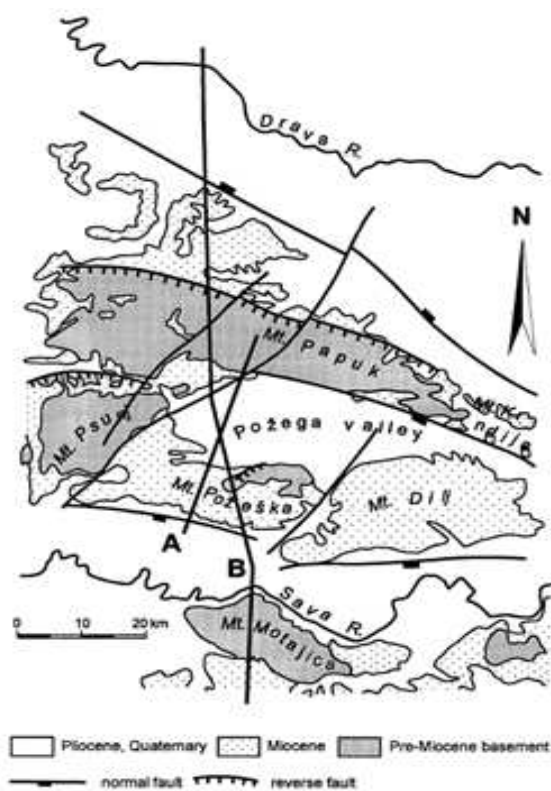
Tektonski sklop Požeške kotline, odnosno njen evolucijski put, usko je vezan za tektonske odnose Panonskog bazena, čiji je sastavni dio. Po svom strukturno – geomorfološkom sklopu, te litostratigrafskim obilježjima, ona predstavlja manju međugorsku depresiju. Postanak Panonskog bazena vezan je za Savsku orogenetsku fazu, koja se događa na prijelazu paleogena u neogen. Tada su velika područja nekadašnjih prostora izdignuta i tektonski poremećena, te su na njihovom mjestu nastali planinski sistemi, a između njih formirani su bazeni, manje više međusobno povezani. Tijekom miocena, oscilacije morske razine su jako kontrolirale sedimentaciju jer je veza između središnjeg Paratethysa s Mediteranom i Indo – pacifičkim oceanom nekoliko puta uspostavljena i prekidana (Kovačić, 2011).

Dezintegracijom Paratethysa, koja počinje u sarmatu, a nastavlja se u sve do ponta, nastaju samostalni bazeni, među kojima spada i Panonski. Bazen se nakon sarmata postupno oslađuje i s vremenom isušuje, odnosno postaje kopno u pliocenu ili pleistocenu (Najdenovski, 1988).

O tektonskim odnosima same kotline i njenom postanku malo je pisano do sada. Kotlina je prekrivena debelim kvartarnim sedimentima, što je otežavalo geološko – tektonsku interpretaciju (Najdenovski, 1988). Za postanak kotline, presudnu ulogu imali su najmlađi, tj. neotektonski pokreti, od miocena na dalje. Početak nastanka kotline može se vezati za savsku orogenezu (g. oligocen – d. miocen), kada počinje tonjenje iste, odnosno uzdizanje planinskih nizova koji ju okružuju. Ti pokreti najvjerojatnije imaju regionalni karakter. Postanak kotline uvjetovan je transkuretnim rasjedima položenim duž današnjih obodnih uzvišenja. Miocenski sedimenti najveće debljine sedimenata registriraju u zapadnom dijelu kotline, dok su za vrijeme pliocena najveće debljine u istočnom dijelu kotline. Naglašena asimetričnost kotline dolazi do izražaja i za vrijeme odlaganja sedimenata. Za vrijeme miocena intenzivnije tone zapadni dio, a u pliocenu i kvartaru istočni dio prema Najdenovki (1988). Iz područja Slavonskih planina i Požeške kotline postoji nekoliko interpretiranih seizmičkih profila koji demonstriraju sin – sedimentacijsko rasjedanje i prisustvo listričnog rasjeda koji dijeli Požešku planinu i Požešku kotlinu (*Slike 2.2 i 2.3*). Stratigrafska interpretacija miocenskih naslaga u Požeškoj kotlini je nepotpuna, zbog ograničenih izvora podataka (samo jedna bušotina bez neprekidne jezgre u cijeloj dolini) (Pavelić, 2001). Interpretirani profil pokazuje klinasto oblikovano sedimentno tijelo u donjem dijelu i pločasto sedimentno tijelo u gornjem dijelu (*Slika 2.2*). Klinasto oblikovano tijelo interpretirano je kao ispuna polugrebena formiranog tijekom perioda stanjivanja kore, dok pločasto tijelo vjerovatno reflektira širu valnu duljinu subsidencije nastale zbog hlađenja litosfere (Pavelić, 2001). Prema Najdenovski (1988) i Pavelić (1998) prva faza razvoja Požeške kotline uključivala je polu-grebene pokrenute kontinentalnim riftanjem.



*Slika 2.2: Profil kroz Savsku depresiju do planine Papuk
(Najdenovski 1988)*



*Slika 2.3: Geološka karta Slavonkih planina (A – presjek profila sa slike 2)
(Pavelić, 2001)*

3. Stratigrafski pregled

Geološku građu kotline i Slavonskih gorja čini nekoliko skupina stijena koje se razlikuju u stratigrafskom i tektonskom pogledu.

U podlogu neogena spadaju stijene paleozojske i mezozojske starosti. Prema bušotinskim i geofizičkim podacima, posebno seizmičkim, podlogu tercijara čine prvenstveno magmatske i metamorfne stijene većinom paleozojske starosti.

U skupinu paleozojskih stijena spadaju najstarije stijene podloge neogena koje pripadaju psunjskom granitno – metamorfnom kompleksu. Iznad njih slijedi sekvenca progresivno metamorfoziranih škriljavaca i gnajseva te proboji granita/ortognajseva koji su podređeno praćeni s bazičnim magmatskim stijenama. Opisani kompleks proteže se od Psunja na sjeverozapadu, veže se na Krndiju te tone na istok pod tercijarne naslage Đakovačko – vinkovačkog ravnjaka prema Najdenovski (1988).

Drugu seriju stijena čini papučki granitno – metamorfni kompleks koji se od prethodnog, psunjskog, razlikuje po prisustvu migmatitnih stijena prema Vragović (1965) te su rasprostranjeni i porfiroblastični okcasti gnajsgraniti prema Pamić (1986). Mišljenja o starosti ta dva kompleksa razilaze se u velikom vremenskom razmaku, od kambrija do srednjeg perma.

Sljedeća skupina stijena (Radlovački kompleks) koja se nalazi u podlozi neogena predstavljena je sedimentima mlađeg paleozoika koje u Požeškoj kotlini nisu nađene, no geološkim kartiranjem su utvrđene na okolnim planinama. Zastupljene su pješčenjacima, metagrauvakama, kloritskim škriljancima, tufovima, silitima i konglomeratima karbonske starosti, te pješčenjacima, filitnim konglomeratima i kvarcnim pješčenjacima permske starosti (Najdenovski, 1988). Režim sedimentacije tih naslaga govori da je došlo do oplićavanja mora, odnosno postupnog uzdizanja dna bazena, koje je najizraženije za vrijeme perma prema Najdenovski (1986). Starost kompleksa na osnovi paleoflorističkih nalaza (Brkić et al., 1974) određena je kao karbonska.

Mezozojske stijene čine drugi veliki kompleks uz paleozojske naslage. Sedimenti mezozoika u kotlini nisu zastupljeni, no, na uzvišenjima unutar bazena, a posebno na planinskim nizovima, koji okružuju kotlinu, spomenuti sedimenti su zastupljeni i geološkim kartiranjem utvrđeni. Utvrđeno je da su najviši vrhovi Papuka i Krndije izgrađeni od vapnenaca i dolomita srednjeg i gornjeg neogena (Najdenovski, 1988). U podlozi tercijara kredne naslage zastupljene su na

uzvišenjima Papuka, gdje su predstavljeni vapnencima i na Požeškoj gori gdje je kreda razvijena pretežno u klastičnom facijesu (lapori, pješčenjaci i konglomerati), te podređeno dolaze kalkareniti i mramorizirani vapnenci. Starost tih sedimenata utvrđena je kao turon – senon (Šparica et al., 1980). Uz opisane sedimente na Požeškoj gori zastupljene su i eruptivne stijene, intruzivi (granofiri) te vulkanske breče.

Formiranje kotline, tj. sedimentnog bazena počinje u ranom miocenu s terštičkom/kopnenom sedimentacijom u okolišu koji je pod strogom kontrolom klime obilježene cikličkim izmjenama sušnih i vlažnih razdoblja (Pavelić et al., 2016). Oni su zastupljeni brzim lateralnim i vertikalnim facijesnim izmjenama grubozrnatih i sitnozrnatih naslaga, s rijetkim pojavama crvenih slojeva, koji su pretežito crvene boje zbog prisutnosti ferioksida (hematita), laminiranih kalcikreta i piroklastita. Grubozrnate naslage pojavljuju se na mnogo mjesta na Psunju, Papuku i Požeškoj gori, diskordantno prekrivajući pred-neogenske naslage. Karakteriziraju ih siparišne breče i konglomerati interpretirani kao talus i sedimenti aluvijalnih lepeza. Jedinice silta i mulja uklopljene s grubo-zrnatim naslagama na Požeškoj gori indikator su eolskih naslaga prema Pavelić (2001). Međutim, na Papuku među specifičnim naslagama prevladavaju dobro uslojeni dolomiti, pelitni slojevi, pješčenjaci i tufovi (Poljanska) koji su taloženi u jezeru tipa salina (Šćavničar et al., 1983).

U počecima srednjeg miocena nastavlja se kopnena sedimentacija. Slatkovodni jezerski sedimenti naliježu iznad ranomiocenskih aluvijalnih, eolskih i salina naslaga (Šikić, 1968).

Granicu baden – sarmat karakterizira izumiranje većine potpuno morskih organizama što je posljedica početka izolacije bazena i stvaranja novih ograničenih morskih uvjeta s novom i jedinstvenom asocijacijom organizama usvojenih u različitim ekološkim uvjetima. Sarmatske naslage predstavljaju transgresivno – regresivni ciklus koji počinje s većinom kontinuiranim taloženjem plitkomorskog šljunka, kalkarenita i vapnenca sa resedimentiranom badenskom marinskom florom i faunom pokrivenom kasno badenskim naslagama. Naknadno produbljivanje uzrokuje širenje bazena i dominantno taloženje sitnozrnatih horizontalno laminiranih sedimenata. Kasni sarmat karakterizira generalni trend oplićavanja (Kovačić et al., 2015). Naslage panona naliježu kontinuirano na sarmatske naslage i predstavljaju transgresivno-regresivni ciklus. One su taložene u jezeru Panon, brakičnom jezeru nastalom nakon izolacije PBS kada dominira endemska, slatkovodna fauna. Na temelju superpozicije glavne vrste mekušaca kasnog miocena na Slavenskom gorju podijeljene su na naslage donjeg

panona koje obuhvaćaju naslage *Croatica* (*Radix croatica*) i *Banatica* (*Congeria banatica*) i naslage gornjeg panona koje obuhvaćaju naslage *Abichi* (*Paradacna abichi*) i *Rhomboidea* (*Congeria rhomboidea*). Donjopanonske *Croatica* naslage sastoje se od tankih naslaga vapnenca s umetcima lapora. Oni su taloženi u plitkovodnom okolišu, na obalnim dijelovima jezera. Porast razine jezera prouzročio je produbljivanje i taloženje lapora koji pripadaju *Banatica* i *Abichi* naslagama. U regresivnoj fazi taloženja u ranom panonu, temeljne naslage čine deltni pješćani sedimenti *Rhomboidea* naslaga nastali kao posljedica zapunjenosti i zatvaranja jezera (Kovačić et al., 2011). Pliocenske naslage Slavenskog gorja poznate su kao *Viviparus* naslage (prethodno *Paludina*). Oni su konkordantno ili transgresivno preko panonskih naslaga. Odlaganje *Viviparus* naslaga većinom je bilo u slatkovodnom jezeru koje se formiralo nakon zapunjavanja i zatvaranja slanog jezera Panon. *Viviparus* naslage građene su od siliciklastičnog materijala u kojem se mogu naći leća ugljena (Mandić et al., 2015). Naslage kvartara slične su onima iz pliocena, osim što je istaložena i velika količina eolskog materijala. Zastupljene su sedimentima pleistocenske i holocenske starosti (Šparica, 1980). Izdvojeni su sedimenti eolskog, barskog, fluvijalnog i padinskog tipa.

Naslage pleistocena (Q_1) taložene su u močvarnim i plitkim jezerskim uvjetima, te je tako nastao barski les koji se izmjenjuje sa slojevima ugljevitog gline, treseta, pijeska i glinovitog silta (Šparica, 1980). Sedimenti lesa prekrivaju velike površine u samoj kotlini, te padine okolnih planina. Porijeklo lesa je eolsko (Najdenovski, 1988).

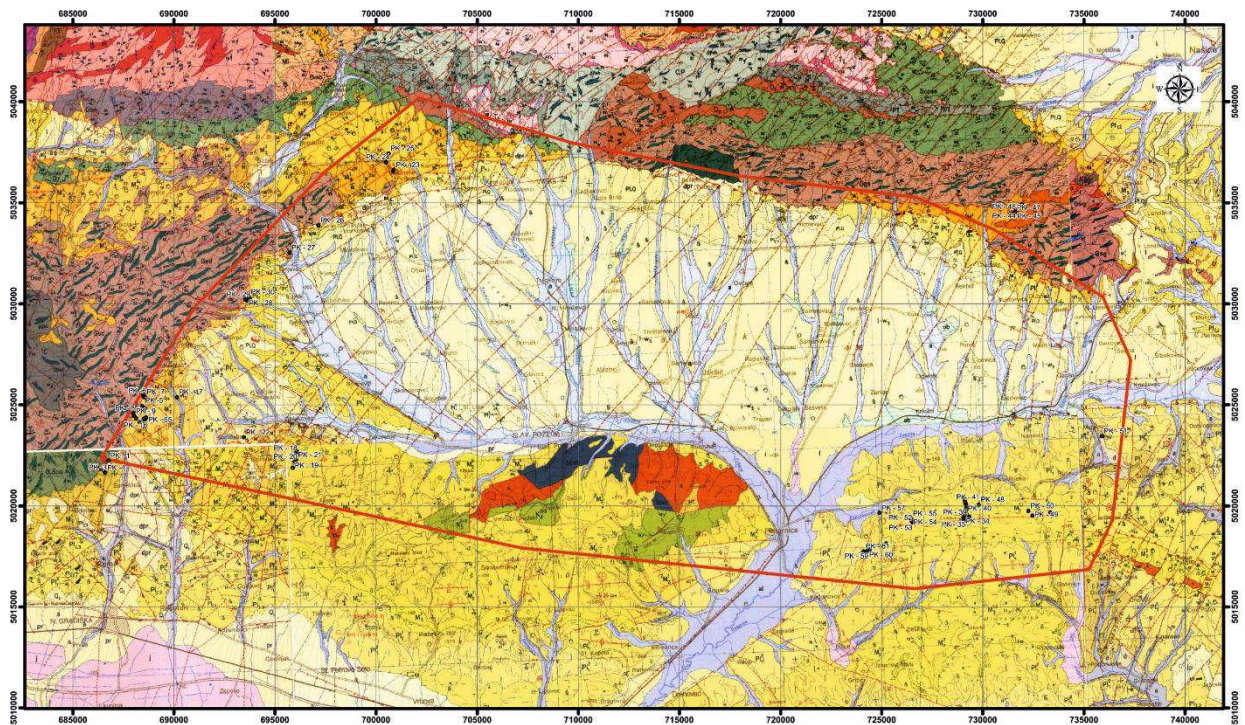
Naslage holocena (Q_2) zastupljene su na mnogo mjesta u kotlini, a čine ih organogeno – barski sedimenti koji sadrže organogeni detritus i glinoviti silt, aluvijalni nanos koji se sastoji od šljunaka i sitnozrnih pijesaka te deluvijalno – proluvijalni sedimenti koji su zastupljeni s gruboznatim brečo-konglomeratima, sastavljenim od slabosortiranog do nesortiranog kršja metamorfita prema Najdenovski (1988).

4. Metodologija istraživanja

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, provedeno je nekoliko dana na terenskim istraživanjima. Prvi teren obuhvatio je jugoistočni dio Požeške kotline u okolici mjesta Cernik. Zatim je uslijedio teren na području jugozapadnog, sjeverozapadnog, sjeveroistočnog i jugoistočnog područja kotline, kod mjesta Orljavac, Poljanska, Gradište i Pleternica te zadnji teren koji je obuhvatio jugoistočno područje kotline između mjesta Pleternice i Ruševa (*Slika 4.1*). Istraživanje je načinjeno sa svrhom utvrđivanja petrofizikalnih karakteristika Požeške kotline. Za te potrebe, opisano je više od 50 točaka opažanja gdje su uzimani uzorci različitih varijeteta lapora za šlem iz kojeg je kasnije izdvojen te analiziran fosilni sadržaj, uzorci stijena za mikroskopske analize, laboratorijsko utvrđivanje poroznosti i propusnosti te potencijalne matične stijene koje su bile podvrgnute geokemijskoj analizi u laboratoriju INA d.d.

U Požeškoj kotlini zastupljeno je mnoštvo manjih dolina i potoka koji su duboko urezani sa strmim bokovima te predstavljaju na nekim mjestima lakše, dok na nekim teže prohodne vododerine koje su uz šumske ceste bile glavne istraživačke rute na kojima su uočavane stijene, te naslage i pojave od interesa. Uzorkovanje je određeno na područjima označenim na Osnovnim geološkim kartama mjerila 1:100 000, listovi Orahovica (Jamičić et al., 1987) , Nova Gradiška (Šparica et al., 1983), Slavonski Brod (Šparica, 1986), Nova Kapela (Šparica et al., 1979), Našice (Boško et al., 1989) i Daruvar (Jamičić, 1989).

U sljedećem podpoglavlju ukratko će biti teoretski opisana priprema uzoraka te laboratorijski postupci kojima su vršene analize nad uzorkovanim stijenama.



Legenda

•	Točke uzorkovanja	lb	Barski prapor	M ₂ ¹	Konglomerati, vapnenci, lapori, tufovi
□	Područje istraživanja	dpr	Deluvijalno-proluvijalni sedimenti	² M ₂ ¹	Šljunci, pijesci, pjeskoviti lapori, gline i leća ugljena
		a	Aluvij recentnih tokova	³ M ₂ ¹	Brečo-konglomerati, šljunci, pijesci, gline, tufovi
		pr	Proluvij	M ₂ ¹	Pijesci, šljunci, konglomerati
		l	Les	K ₂₋₃ ¹⁻³	Vapnenci, lapori i pješčenjaci
		PlQ	Šljunci, pijesci, sitnopjeskovite gline	T ₂	Dolomiti, dolomitični vapnenci, vapnenci
		Pl _{2,3}	Gline, pijesci, šljunci, pojave ugljena	² PT	Kvarcni pješčenjaci
		Pl _{1,2}	Gornjopontski i paludinski pijesci, pješčenjaci i ugljevit gline	¹ PT	Filitni konglomerati
		Pl ₁ ²	Pijesci s proslojcima šljunka i lapora	Spilitizirani dijabazi	
		Pl ₁ ¹	Lapori s proslojcima pješčenjaka	C.P	Metagrauvake, metapješčenjaci, slejtovi
		M ₂ ²	Laporoviti vapnenac, lapori	D ₃	Metagrauvake, kloritoidni škriljavci
		M ₂ ³	Lapori, vapnoviti lapori, vapnenci	S _{cese}	Klorit-sericitski škriljavci
		p	Bazalt	v	Metagabri
		a	Andezit	Gsd	Granat-staurolitiski gnajsevi

Slika 4.1: Geološka karta istražnog područja s ucrtanim točkama uzorkovanja (prema OGK; listovi Orahovica (Jamičić et al., 1987), Nova Gradiška (Šparica et al., 1983), Slavonski Brod (Šparica, 1986), Nova Kapela (Šparica et al., 1979), Našice (Boško et al., 1989) i Daruvar (Jamičić, 1989))

4.1 Laboratorijske analize

U okviru analize petrografskog sastava obavljeno je mikroskopsko determiniranje izbrusaka stijena. Za promatranje minerala petrografskim mikroskopom potrebno je izraditi mikroskopski preparat. Preparat se sastoji od izbruska, tanka pločica uzorka stijene debljine približno 0,03 mm, koji je učvršćen između podložnog i pokrovnog stakalca kanadskim balzomom (prirodna smola).

Analize fosilnog sastava načinjene su nakon mokrog ispiranja (šlemanja) u Laboratoriju za mikropaleontologiju na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu. Šlemanje se definira kao mokro sijanje mekanog ili srednje tvrdog sedimenta koji u procesu ispiranja vodom prolazi kroz sustav sita veličine 1,6 mm, 0,5 mm i 0,064 mm te se iz preostalog dijela vade fosili. Fosili se vade mikroskopskim promatranjem uz pomoć tankog kista kojim se izdvajaju od preostalog šlema. Uzorke je prije šlemanja potrebno izmrviti na manje komadiće te namakati 24 sata u vrućoj vodi kojoj se doda mala količina vodikovog peroksida kako bi se materijal lakše dezintegrirao.

Laboratorijsko određivanje poroznosti i propusnosti odrađeno je u Praktikum za petrofiziku na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu. Prije samog mjerenje poroznosti i propusnosti, uzorke je potrebno pripremiti, točnije iz uzoraka stijena s terena potrebno je izbušiti valjčice promjera 5 mm što je načinjeno u Geomehničkom laboratoriju Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta te su isti podvrgnuti procesu sušenja. Uzorci su pomoću pomičnog mjerila (šublera) izmjereni prije i poslije sušenja, kako bi se zabilježila potencijalna promjena promjera i duljine valjčica (jezgre). Nakon toga, uslijedilo je mjerenje poroznosti. Poroznost (šupljikavost) je omjer volumena pora (šupljina, V_p) i ukupnog volumena (V_t) segmenta promatrane stijene (Vulin, 2017). U naftnom inženjerstvu pod poroznošću podrazumijeva se efektivna poroznost koja je omjer međusobno povezanih pora i ukupnog volumena stijena, te je ona u ovom radu i mjerena. Najčešća metoda određivanja poroznosti stijene je helijska porozimetrija koja je i u ovom radu korištena.

Metoda zahtjeva čiste, ekstrahirane uzorke kako bi se mogla zasititi dušikom ili helijem. Temelji se na Boyleovom zakonu, tj. iz referentnog spremnika poznatog volumena ispušta se plin stlačen na tlak pri kojem se plin ponaša po zakonu idealnog plina:

$$pV = nRT \quad (4-1)$$

gdje je p tlak (Pa), V je volumen (m^3), n je broj molova (mol), R je opća plinska konstanta ($R = 8,3144598 \text{ m}^3\text{PaK}^{-1}\text{mol}^{-1}$) i T je temperatura (K) u mjernu ćeliju. Uz pretpostavku da se radi o idealnom plinu i da je korelacijski faktor $Z = 1$ u uvjetima prije i nakon ekspanzije plina (helija ili dušika) prilikom mjerenja poroznosti, može se postaviti jednažba (Boyleov zakon):

$$p_1V_1 = p_2V_2 \quad (4-2)$$

Prije ispuštanja plina u mjernu ćeliju, izmjeren je tlak plina u referentnoj ćeliji i poznati su:

$$p_1 = p_{ref} \quad (4-3)$$

$$V_1 = V_{ref} \quad (4-4)$$

Nakon ispuštanja plina u mjernu ćeliju, tlak plina (p_2) se izjednačio u slobodnom prostoru (Slika 4.2). Taj slobodni prostor, V_2 jednak je zbroju volumena referentne i mjerne ćelije, umanjeno za volumen zrna V_s :

$$V_2 = V_1 + V_m - V_s \quad (4-5)$$

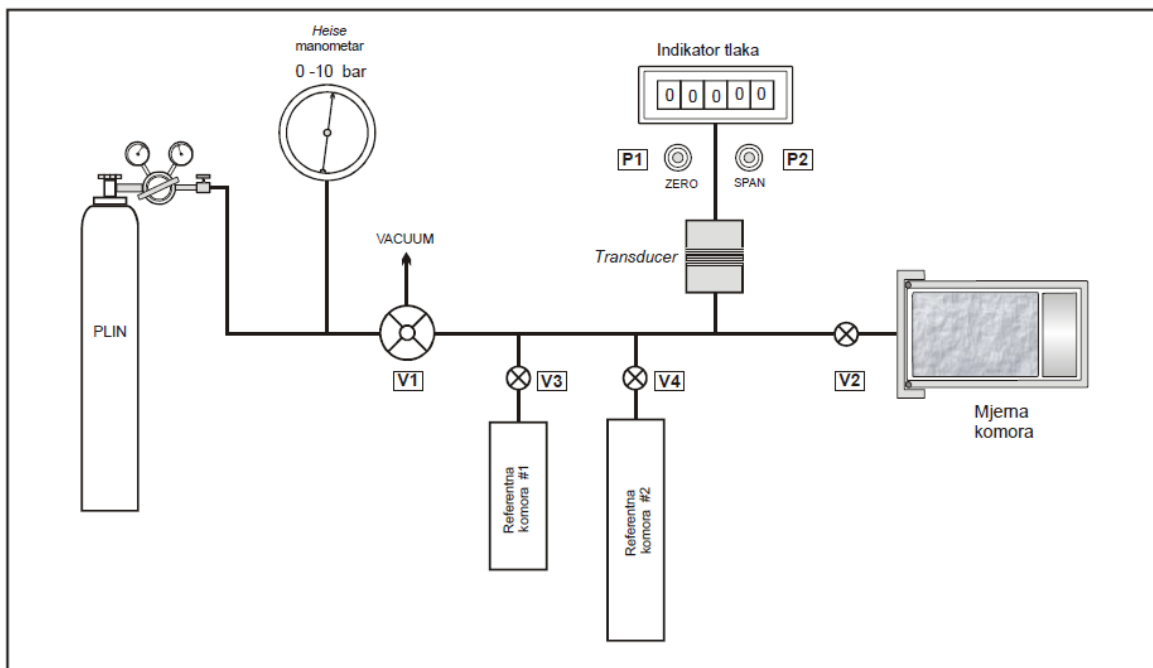
Ako su zadovoljeni uvjeti (idealno ponašanje plina) volumen zrna računamo po formuli:

$$V_s = V_1 + V_m - \frac{p_1V_1}{p_2} \quad (4-6)$$

Ukupni volumen jezgre, V_t izračunava se mjerenjem promjera i duljine uzorka (valjčića) i poroznost je tada:

$$\Phi = \frac{V_t - V_s}{V_t} = \frac{V_p}{V_t} \quad (4-7)$$

Plin je ušao samo u povezane pore stijene, te se stoga helijskom porozimetrijom izravno mjeri efektivna poroznost (Vulin, 2017).



Slika 4.2: Shema mjernog uređaja za mjerenje poroznosti helijskom porozimetrijom (Vulin, 2017).

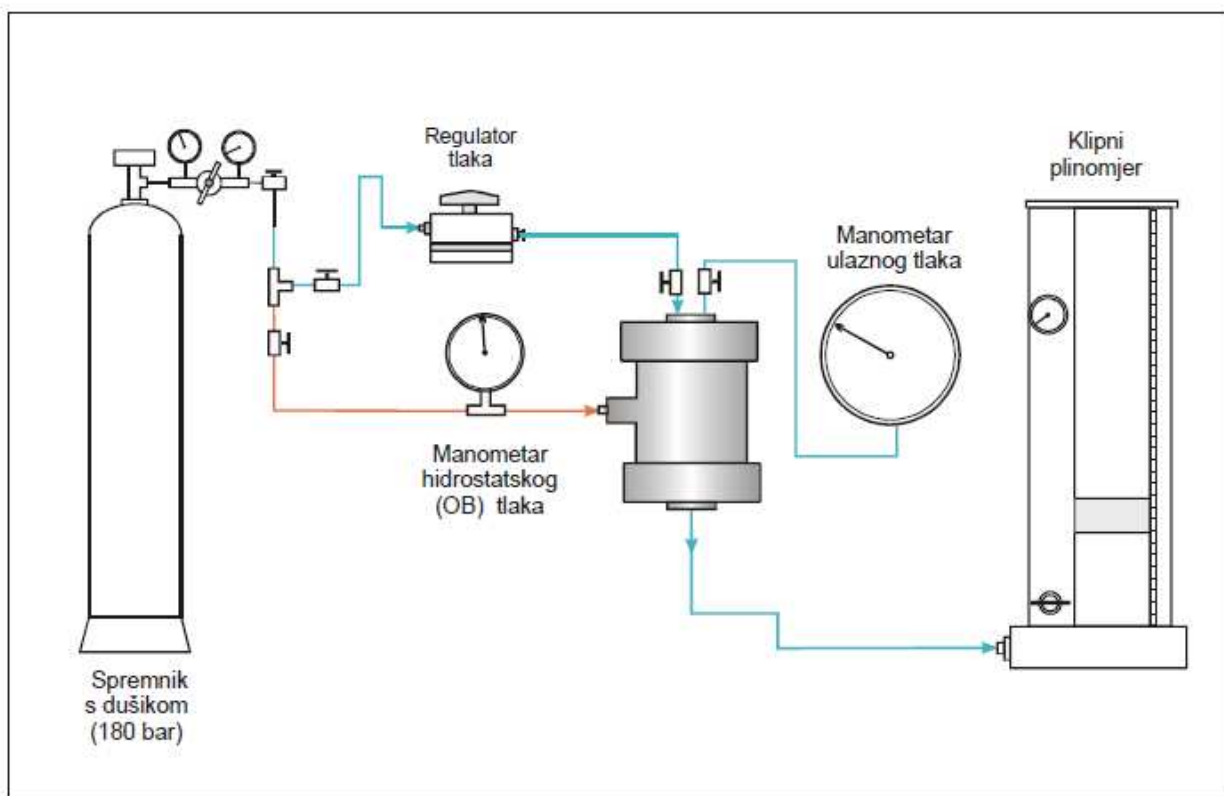
Nakon poroznosti, jezgre su išle na analizu propusnosti. Propusnost (permeabilnost) je mjera sposobnosti stijene da omogući protjecanje fluida kroz svoje pore, uslijed razlike potencijala, tj. tlakova na ulazu i izlazu u segment stijene. Kod mjerenja, tijekom eksperimenta protjecanja plina ili tekućine poznate viskoznosti kroz jezgru poznatih dimenzija, mjere se volumeni fluida u jedinici vremena (tj. volumetrijski protok, q) te pripadni tlačni gradijent. Ovi eksperimentalni podatci, uvršteni u Darcyjevu jednadžbu za protok fluida omogućuju računanje apsolutne propusnosti:

$$k = \frac{V L}{t A} \mu \Delta p \quad (4-8)$$

k – koeficijent propusnosti, V – volumen fluida, t – vrijeme protjecanja plina, L – duljina jezgre, A – površina presjeka protjecanja, μ - viskoznost fluida, Δp – tlačni gradijent.

Za mjerenje propusnosti, koristi se uređaj (Slika 4.3) s hidrostatskim držačem jezgre, kako bi se mogli simulirati ležišni uvjeti (efektivni tlak na stijenske pornog prostora, tj. razlika petrostatskog i tlaka fluida u porama) te kako bi se u gumenom rukavcu jezgre u koji se stavlja uzorak osiguralo da nema protoka pored uzorka. Dušik iz boce je izvor tlakova koji simuliraju petrostatski porni tlak. Iako se na jezgru primjenjuje tlak cca 10 bara (bitno manji od petrostatskog), svrha je postići ležišni efektivni tlak koji je razlika pornog i petrostatskog.

Regulatorom tlaka održava se konstantan ulazni tlak plina (dušika), što se očitava na manometru postavljenom iza regulatora te tlakom p_1 plin ulazi u držač i prolazi jedino kroz jezgru. Plin izlazi iz držača i visokotlačnim vodom dolazi u klipni plinomjer gdje se satom sa zapinjačem u nekoliko točaka mjeri vrijeme i volumen plina koji je prošao kroz jezgru. Također u plinomjeru postoji i manometar za očitavanje izlaznog tlaka. Mjerenje apsolutne propusnosti protokom plina ovisi o ulaznom tlaku, stoga se takvo mjerenje mora korigirati za proklizavanje plina do kojeg dolazi pri nižim tlakovima. Radi se korekcija za Klinkenbergov efekt tako da se na os x nanosi $1/(\text{ulazni tlak})$, a na os y se unose preračunati koeficijenti propusnosti. Ekstrapolacijom osrednjeg korelacijskog pravca koji najbolje korelira nekoliko mjerenja na istom uzorku, ali s različitim ulaznim tlakovima do sjecišta s osi y dobiva se korigirana apsolutna propusnost (Vulin, 2017).



*Slika 4.3: Shema uređaja za mjerenje propusnosti protokom plina
(Vulin, 2016)*

Geokemijske analize i interpretacija rezultata površinskih uzoraka stijena provedeni su u laboratoriju industrije nafte INA d.d u Službi za istraživanja stijena i fluida. Napravljene su

sljedeće analize: Određivanje organskog ugljika, Rock – Eval piroliza, Organsko petrološka ispitivanja izoliranog kerogena, analiza sadržaja topljive organske tvari te GC – MS analiza alkanske frakcije bitumena.

Organski ugljik (C_{org}) jest mjera sadržaja organske tvari u sedimentu, a izražava se masenim postotkom (Barić, 2006).

Rock – Eval piroliza je laboratorijska pirolitička tehnika koja omogućuje brzu determinaciju matične stijene, tj. određivanje tipa i zrelosti organske tvari i generirajuću sposobnost (Barić, 2006).

Plinski kromatograf-maseni spektrometar (GC – MS) analitička je tehnika koja je vezani sistem plinske kromatografije i masene spektrometrije. Plinski kromatograf odvaja organske komponente, a maseni spektrometar detektira strukturne informacije postojećih ugljikovodika. Instrument ima posebno značenje u detekciji i analizi bioloških markera (Barić, 2006).

Geokemijskom ispitivanju podvrgnuto je osam površinskih uzoraka stijena sa istraživanog područja. Svi uzorci podvrgnuti su analizi organskog ugljika, Rock – Eval pirolizi i mikroskopskoj analizi organske tvari. Organski ugljik određen je i na determinatoru ugljika LECO IR 212 i izražen kao maseni postotak. Uzorci su prethodno tretirani 18% vrućom kloridnom kiselinom u svrhu odstranjivanja karbonata. Rock – Eval piroliza napravljena je na Vinci Technologies Rock – Eval 6 instrumentu. Obradom uzoraka stijena u koncentriranoj kloridnoj i fluoridnoj kiselini i centrifugiranjem u teškoj tekućini gustoće 2,20 g/ml (zasićena otopina $ZnCl_2$) izolirana je organska tvar. Organska tvar je pregledana i fotografirana u prolaznom i plavom fluorescentnom svijetlu na Olympus BX51 mikroskopu, a u reflektiranom svijetlu (uljna imerzija) na Zeiss Axio Imager mikroskopu. Mikroskop fotometar Leitz MPV – 3 korišten je za mjerenje vitrinitne refleksije. Topljiva organska tvar dobivena je ekstrakcijom samljevenih uzoraka stijene u Soxhlet aparatu refluksiranjem u mješavini diklormetana i metanola (93:7) u trajanju od 36 sati. Višak otapala uklonjen je rotacijskom evaporacijom na 50 °C, a kvantitativno je određena količina bitumena nakon sušenja u vakuum eksikatoru. GC – MS analize provedene su na zasićenim frakcijama bitumena na plinskom kromatografu Agilent GC 7890A povezanim s kvadropol spektrometrom masa Agilent MS 5975C. Alkanska frakcija bitumena otopljen je u izooktanu i analizirana u Scan modu s helijem kao plinom nosiocem. Temperaturni program je od 60 °C, zatim 2 °C/min do 315 °C te se 315 °C održava izotermno 15 minuta.

5. Pregled površinskih istraživanja područja Požeške kotline

Proučavanjem površinskih izdanaka tijekom istraživanja terena naglasak je bio na stijenama koje bi mogle predstavljati potencijalnu matičnu ili kolektorsku stijenu. Idući od krajnjeg zapada, do istoka Požeške kotline, uzimani su uzorci sa zanimljivih lokaliteta kojima su kasnijim laboratorijskim ispitivanjima utvrđene generalne litofacijsne i petrofizikalne karakteristike. Proučavajući slijed naslaga od sjevera prema sjeverozapadu uočen je prijelaz iz temeljnog gorja u mlađe sedimente, pijeske, pješčenjake i konglomerate. Zatim su uslijedili prahovi, vapnenci i mjestimice salina (Poljanska). Lokalna transgresija koja je trajala tijekom badena na površini je uočena u naslagama konglomerata i kalkarenita, zatim je uslijedila delta s kosom slojevitošću i progradacijom u izmjeni s laporima i koraljnim dijelovima taloženim bočno. Naslage panona i ponta nisu zamijećene.

Tijekom pliocena taloženi su na području kotline prahovi, gline i pijesci (lokalitet Vranić). U nastavku će biti dan kratki opis najzanimljivijih točaka sa terena.

Kamenolom Poljanska (PK – 23, *Prilog 1*) najpoznatije je ležište tufa na Papuku. Među izmjenama slojeva silita, sitnozrnatih pijesaka i mikritičnih i laminiranih vapnenaca nije uočen potencijalni matični facijes, osim ugljena čiji se komadi nalaze u proslojcima pijeska. Naslage u ležištu Poljanska taložile su se tijekom donjeg miocena, točnije tijekom otnanga i karpata. Miocen se odlikuje izmjenama toplog i vlažnog subtropskog perioda i perioda vruće i sušne klime, te sa snažnom vulkanskom aktivnošću. Tijekom vlažne klime, taložile su se naslage u slatkoj i slanoj vodi, dok je tijekom sušnih klimatskih razdoblja jezero imalo značajke izoliranog jezera tipa salina. Tuf i tufitni slojevi ukazuju na vulkansku aktivnost na kraju ranog miocena i na početku srednjeg miocena. Povećane količine pješčanih materijala, zajedno s taloženjem marinskih sedimenata, ukazuje na postupnu uspostavu vlažnijih uvjeta i formiranje velikog otvorenog jezera u ranom badenu. Kasnije tijekom badena, otvoreno jezero zamijenjeno je morskim okolišem prema Kovačić et al. (2017). Naslage karpata na sjeverozapadu Požeške kotline utvrđene su u tankopločastim vapnencima u izmjeni s vapnencima s dosta terigene komponente (PK – 24, *Prilog 1*). Oni predstavljaju nastavak saline s postupnim oslađivanjem, što se očituje s terigenom komponentom (lišće) nađenom u njima. U pločastim vapnencima može se zamijetiti humčasta kosa slojevitost (*Slika 5.1*).



Slika 5.1: Pločasti vapnenci s humčastom kosom slojevitošću

Na južnim obroncima Papuka popeli smo se na vrh Sokolina (PK – 25, *Prilog 1*) koji se nalazi u transgresivnim badenskim konglomeratima, rjeđe pješčenjacima. Valutice izrazito propusnog facijesa su dominantno s izdignutog gorja u pozadini kristalinskog sustava, ali mogu se zamijetiti i fosili (gastropodi, bivalve) te rijetko alge u arenitim intervalima. Najmlađe naslage na sjeverozapadnom dijelu istraživanog područja su pliocenski kvarcni pijesci „Vranić“ (PK – 26, *Prilog 1*). Iste te gornjopontske naslage protežu se uz južni rub Papuka, od Vranića prema istoku-sjeveroistoku.

Daljnja istraživanja odvijala su se na jugozapadnom dijelu kotline, gdje je uočen kontakt amfibolita i neogenskih naslaga. Brečokonglomerati/tektonske breče predstavljaju predmarinske srednjomiocenske sedimente otnanga i karpata (PK – 5, *Prilog 1*). Naslage slične starosti pronađene su i na točki PK – 2 (*Prilog 1*) na istočnim obroncima Psunja. Usječeni profil u bujičnjaku prema OGK nalazi se točno na kontaktu s temeljnim gorjem. Čine ga slatkovodne naslage, počevši od prahovitih glina na dnu, zatim slijedi sloj bogat slabo karboniziranom drvovinom te krupno klastični, slabo zaobljeni materijal kojeg čine fragmenti magmatskih i metamorfnih stijena (*Slika 5.2*).



Slika 5.2: Bujičnjak miocenske starosti sa slatkovodnim naslagama

Na naslage otnanga i karpata naliže debeli slijed, dominantno klastita od slabovezanih pijesaka (konglomerata) u izmjeni sa nekoliko metara debelih laporovitih glina. Iza glina, slijed započinje fragmentima kalkarenita/vapnenca, djelomično zaobljenih u kojima ima valutica temeljnog gorja (PK – 18, *Prilog 1*). Radi se o prebadenskim konglomeratima i klastitima vjerojatno u rasjednom kontaktu s badenskim vapnencima. Na obroncima Psunja zastupljene se naslage donjeg badena koje nalazimo na usječenom izdanku (*Slika 5.3*) koji počinje sitnim fino-zrnatim pijescima koji na više pokazuju pokrupnjavanje sve do konglomeratičnih pijesaka, zatim gline (gline u izmjeni sive i crvenoljubičaste), te vršni dio profila obilježen sivkastim glinama koje oštrim kontaktom prelaze u pijeske (PK – 12, *Prilog 1*).



Slika 5.3: Profil kroz pijeske i gline (pokrupnjavanje naviše)

Naslage gornjeg-srednjeg badena očituju se u izdancima glinovitim prahova (PK – 22, *Prilog I*) na koje naliježu izdanci dominantno lapora s mjestimice trakastog lapora (*Slika 5.4*) kod kojih se pri vrhu nalazi tanki sloj izrazito listićastog intervala s izrazitim boranjem, slampiranjem koji je indikator dubokovodnog okoliša.



Slika 5.4: Trakasti lapor sa tankim slojem listićavog intervala u kojem je primjećen slamp

Naslage gornjeg badena pronađene su na točki PK – 15 (*Prilog 1*) gdje nailazimo na paket od 10 m pješčenjaka u izmjeni sa brečokonglomeratima. Kosa slojevitost je lijepo izražena, a u bazi svega su gline (*Slika 5.5*).



Slika 5.5: Pješčenjaci / kalkareniti

Drugi dio kotline, istočni – sjeveroistočni, sadrži proboje efuziva koji granicom izlivnog vulkanita prelaze u donjomiocenske sedimente, pješčenjake, slabolitificirane pijeske. Zatim slijede lapori i vapnenci te panon i pont koji su obilježeni laporima koji u sebi sadrže tragove organske tvari u izmjeni sa pijescima i prahovima koji sadrže tinjce i školjke. Naslage pliocena nisu nađene.

Istraživanje smo započeli na jugoistočnim obroncima Krndije (PK – 43, *Prilog 1*), na kontaktu srednje – donjomiocenskih naslaga i mlađih miocenskih efuziva gdje izvire potok. Niže niz

potok, promatrani su glinoviti klastični materijali, na koje naliježe pjeskoviti šljunak, šljunkoviti pijesak.

U jugoistočnom dijelu kotline, na sjevernim obroncima Dilj gore, istraživanje je započeto u glinovitim vapnencima. Spuštajući se niže niz potok uočen je grebenski tip vapnenca (grebenskog kršja), marinski, badenske starosti koji je sadržavao crvene alge i fragmente koralja (PK – 32, *Prilog 1*). Niže se uočava prijelaz u lapore i zatim u pješčenjake. Pri vrhu istočne strane potoka, pronađeni su uzorci makrofosila, točnije dobro očuvana fauna gastropoda. Potokom prema gore izmjenjivali su se lapori i laporoviti vapnenci te tankoslojeviti glinoviti vapnenci.

Gornji baden-sarmat počinje u vapnencima, koji su kasnije prešli u lapore, tamnije boje od okolnog sedimenta, ali bez mirisnih naznaka matične stijene. Nekoliko metara niže, u boku potoka uočen je sloj s fragmentima/klastima tamnijih lapora unutar svjetlije osnove (PK – 56, *Prilog 1*). Oni predstavljaju sarmatske naslage i interpretirani su kao sekundarni klasti matične stijene koji su donešeni u dublji dio okoliša (*Slika 5.6*).



Slika 5.6: Proslorjak potencijalne matične stijene

Istočnije na istraživanom području, uz šumski put uočen je izdanak pijesaka (PK – 51, *Prilog 1*), pretpostavljeno pontske starosti i glinovitog intervala iznad njih (*Slika 5.7*). U pijescima se mjestimice nalaze slabokonsolidirani klasti lapora. Također, na profilu je vidljiv i proslorjak gline izrazito bijele boje, lakodrobljive, pod prstima kao talk.



Slika 5.7: Izdanak pijeska u podini glinovitog interval

Također naslage pona pronadene su i istočno od mjesta Pleternica (PK – 61, *Prilog 1*), uz šumski put gdje profil čini bazni dio lapora s nešto mikrofosila, dok se u vrhu profila nalaze pijesci bogati fosilnim sadržajem, od glatkih tankoljuštunih školjki do izrazito ukrašenih varijeteta (*Slika 5.8*).



Slika 5.8: Pijesci bogati fosilnim sadržajem

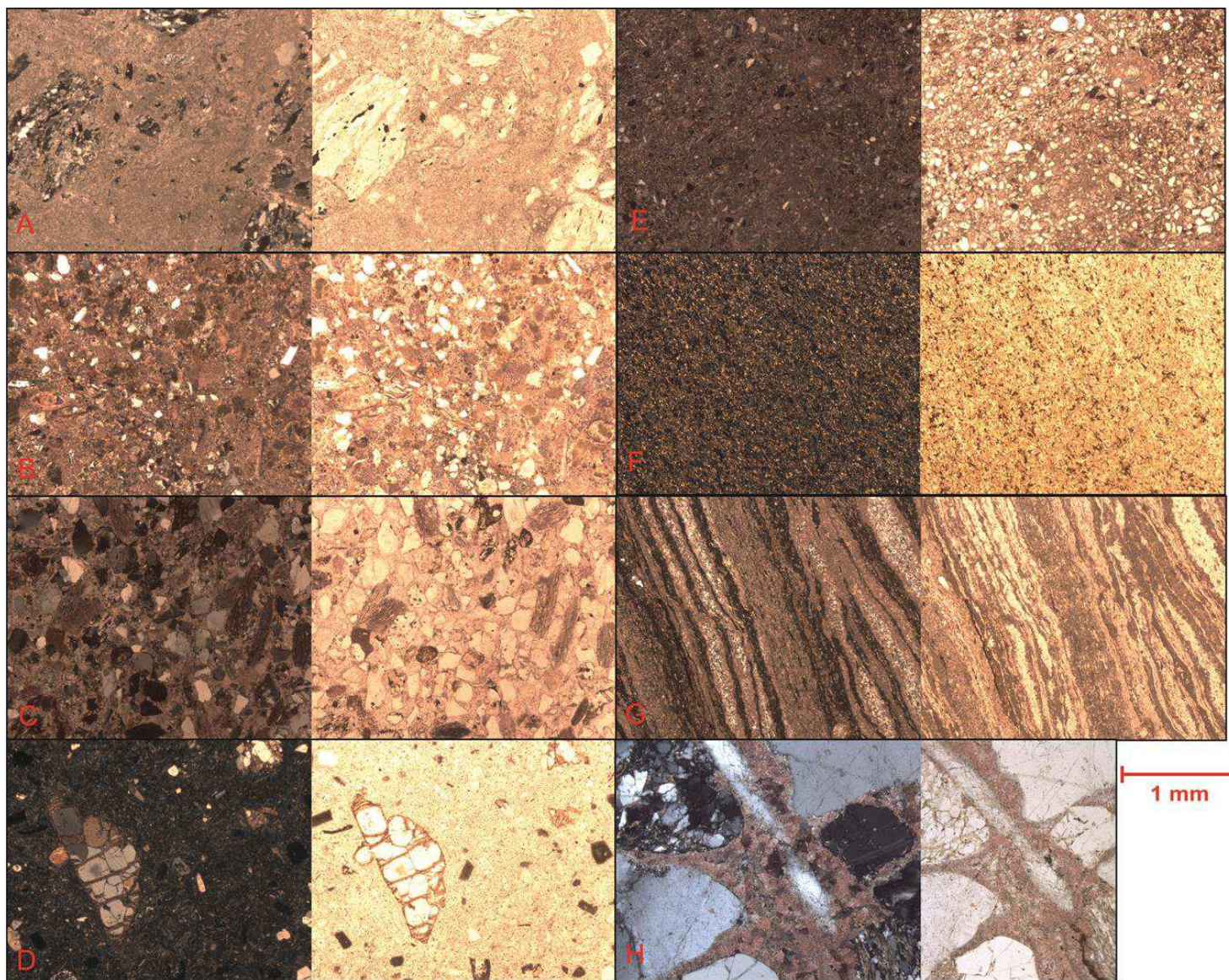
6. Rezultati laboratorijskih ispitivanja

Po završetku istraživanja, uzorci uzeti na terenu podijeljeni su u grupe, ovisno o analizama za koje su predviđeni. Cilj laboratorijskih ispitivanja, bio je odrediti petrofizikalna svojstva uzetih uzoraka, stoga neke analize nisu toliko detaljno obrađene, misleći pri tom na mikroskopske analize preparata sedimentnih stijena, dok je ostalima; mjerenju poroznosti i propusnosti, analiziranju fosilnog sadržaja nakon metode mokrog sijanja te geokemijskim analizama posvećeno više pažnje.

6.1 Mikroskopske analize

Mikroskopskom analizom preparata na polarizacijskom mikroskopu utvrđeno je kako u sjeverozapadnom dijelu kotline, na obroncima Papuka sedimentološki prevladavaju litične grauvske i siltiti. U badenskim vapnencima (kalkarenitima) južno od pjeskokopa Vranić uočen je bogati fosilni sadržaj. Niže, prema jugozapadnom dijelu kotline prevladavaju litoareniti i litične grauvske, na obroncima Psunja, uz bogat fosilni sadržaj. U sjeveroistočnom dijelu kotline, u izbruscima nije pronađen fosilni sadržaj, stijena kontakt donjomiocenskih naslaga i mlađih miocenskih efuziva determinirana je kao andezit, uz njega u naslagama miocena prevladavaju krupnozrnati siltiti. Na obroncima Dilj gore među preparatima prevladavaju litoareniti i siltiti.

Na *slici 6.1* i na *Prilogu 1* prikazane su mikroskopske slike nekih karakterističnih preparata. S lijeve strane su slike s uključenim analizatorom, a s desne bez analizatora. Sve slike imaju povećanje 5x. Na *slici 6.1 A* prikazan je krupnozrnati pješčenjak, *6.1 B* litična grauvska, *6.1 C* litični arenit, *6.1 D* andezit, *6.1 E* pjeskoviti prah, *6.1 F* silit, *6.1 G* laminirani silit i *6.1 H* fosilima bogati litični arenit/sitnozrnati brečokonglomerat.



Slika 6.1: Mikroskopske slike preparata

6.2 Određivanje fosilnog sastava nakon metode mokrog sisanja

Terenskim istraživanjima sakupljeno je preko 40 uzoraka različitih varijeteta lapora i gline kojima su metodom mokrog sisanja izdvojeni fosili koji će u ovom ulomku biti interpretirani.

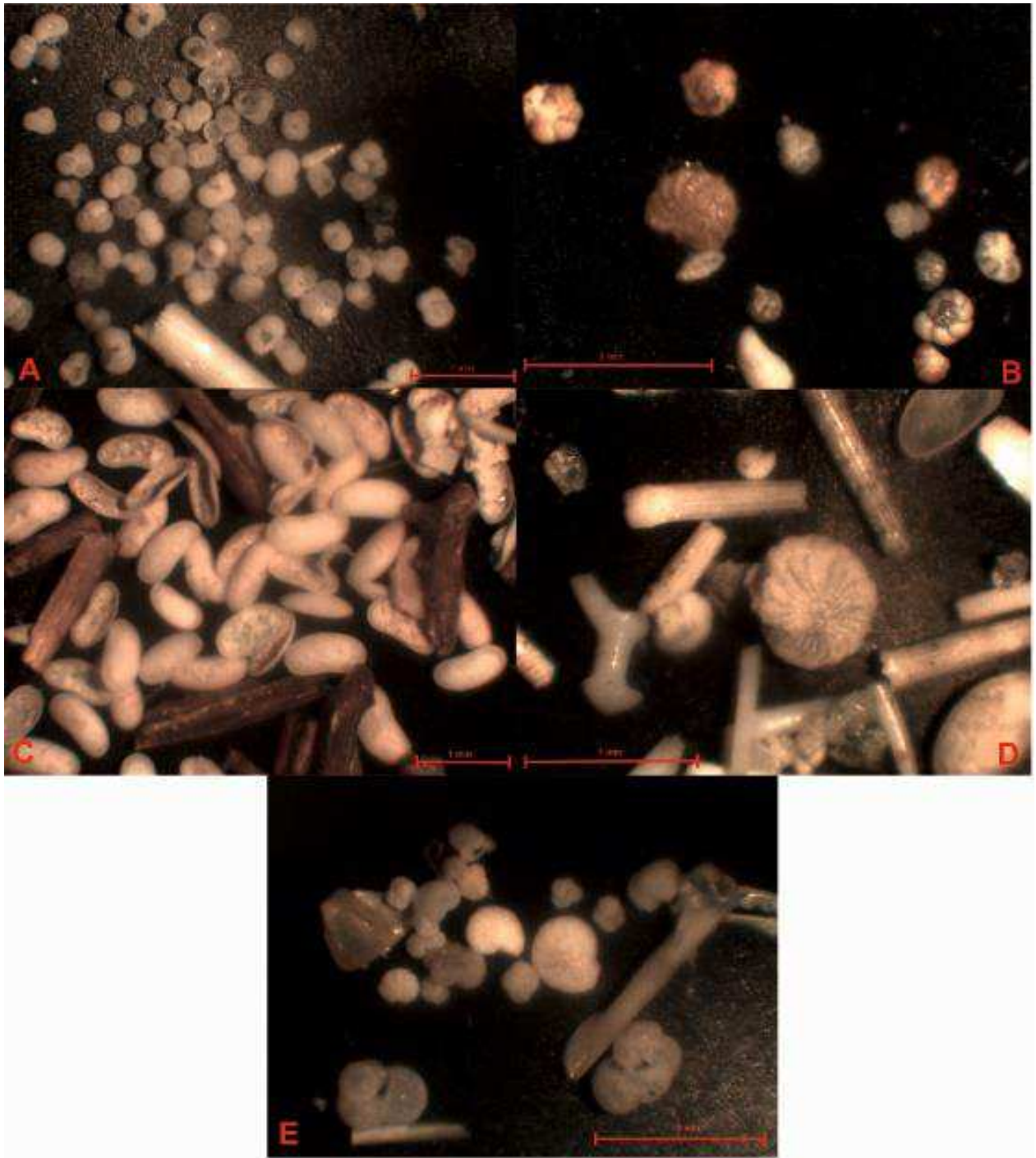
Taložni okoliši bitni su za nakupljanje određenih sedimenata koji se kasnije koriste za različite interpretacije i stratigrafske korelacije. Najviše fosilnih ostataka, a time i podataka za rekonstrukciju i interpretaciju određenih faza taloženja u geološkoj prošlosti, nalazimo u sedimentnim stijenama nastalim ponajprije u morskim, a zatim i u jezerskim i riječnim okolišima. Područje Požeške kotline za vrijeme badena bilo je prekriveno Panonskim morem, stoga ne čudi činjenica da je većina pronađenih fosila upravo marinskog tipa. Slatkovodni fosili pronađeni su samo na istočnom obodu Psunj gore gdje je brojnost fosila iz šlema bila malena i uglavnom su to bili zubi i kosti različitih organizama, školjke te haraceje.

Marinski organizmi zastupljeni su u bitno većem broju, te ovisno da li su bili vezani za morsko dno ili se po njemu kretali (bentos) ili su lebdjeli i bili prenošeni dinamikom mora (plankton) podijeljeni su na bentičke i planktonske vrste (Tablica 1). Planktonske vrste foraminifera pronađene su na obroncima Papuka, sjeverozapadno od Poljanske u naslagama srednjeg miocena, te istočno od Pleternice na obroncima Dilj gore koje geokronološki pripadaju srednjem ili gornjem miocenu. Na obroncima Dilj gore, u istim naslagama pronađene su planktonske vrste u manjem broju od bentičkih, a u manjini su zastupljene još i u Požeškoj gori te na obroncima Psunja i Papuka u srednjemiocenskim naslagama.

Tablica 1: Zastupljenost fosila u Požeškoj kotlini nakon metode mokrog sijanja

UZORAK	Foraminifere		Ostrakode	Haraceje	Zubi, kosti, bodlje i ostalo...
	bentičke	planktonske			
PK - 2	-	-	+	-	-
PK - 5A	-	-	-	+	+
PK - 5B	-	-	-	-	+
PK - 10C	-	-	+	-	+
PK - 11	+	-	+	-	+
PK - 12B	+	-/+	+	-	+
PK - 16	+	-	+	-	+
PK - 22	+	+/-	-	-	+
PK - 23D	+	+/-	+	-	-
PK - 24B	+/-	+	-	-	-
PK - 34	-	+	+	-	+
PK - 35	+/-	+	-	-	-
PK - 36	+/-	+	-	-	+
PK - 42	-	-	+	-	-
PK - 50	-	-	+	-	+
PK - 53	-	-	+	-	+
PK - 55	+	+/-	+	-	-
PK - 56B	+	+/-	+	-	-
PK - 57	-	-	+	-	+
PK - 59	-	-	+	-	-
PK - 60	+	-	+	-	+
PK - 61A	-	-	+	-	+
PK - 61B	-	-	+	-	+
PK - 61C	-	+	+	-	-
PK - 62	+	-	+	-	+

Kao što je vidljivo u prikazanoj tablici, tipičnu faunu istraživanih područja Požeške kotline čine foraminifere od kojih prevladavaju globigerine kao predstavnici planktonskih vrsta (*Slika 6.1 A*), te cibicidesi, miliolide, (bolivine, tekstularie) i ostale (*Slika 6.1 B*). U uzorcima gdje prevladavaju planktonske foraminifere, one se nalaze u znatno većoj brojnosti od bentičkih, približno u omjeru 100:1, dok je omjer u pretežno bentičkim uzorcima 10:1. To je lako objašnjivo, jer u plitkom bazenskom području uvijek je zastupljen i mali broj planktonskih vrsta, dok se u dubokom području teško može naći bentička vrsta. Uz foraminifere često su zastupljene ostrakode (*Slika 6.1 C*) te ostatci kostiju, bodlji ježinaca, zubi i ostalo (*Slika 6.1 D*). Tipična marinska fauna ovog područja prikazana je na *slici 6*. Izdvojeni fosilni sastav pripada razdoblju miocena, točnije badenu i sarmatu. U to doba Panonski je bazen još imao vezu s oceanom, sve do donjeg panona, kada postaje izoliran te dolazi do postupnog oslađivanja vode. U izoliranom bazenu uslijedio je pojačani donos materijala i njegovo postupno popunjavanje, sve do prestanka egzistiranja velikog bazenskog prostora koje se dogodilo krajem miocena, početkom pliocena.



Slika 6.2: Mikroskopski prikaz karakteristične fosilne faune

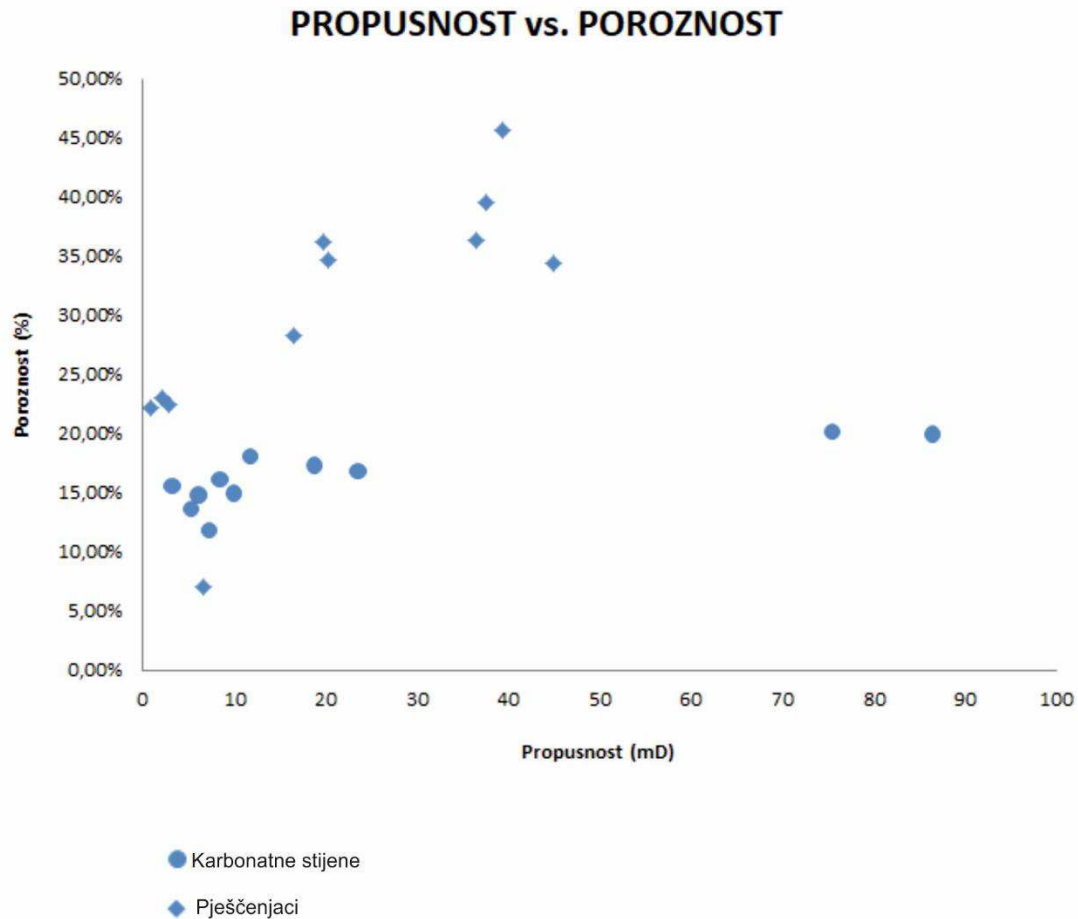
6.3 Analize mjerenja poroznosti i propusnosti

Analizi mjerenja poroznosti podvrgnuto je 30 uzoraka, dok je mjerenju propusnosti, zbog tehničkih problema podvrgnuto njih 22. Jezgre su priređene tako da su odrezane okomito na os jezgre ili usporedno s njome, te su nazvane horizontalnim (pr. 11 Hb) ili vertikalnim (pr. 11 Vc) uzorcima. Uzorci su orijentirani u odnosu na teksturne elemente.

Propusnost ležišnih stijena varira u rasponu od 0,1 do $1000 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Kakvoća stijena na temelju propusnosti ocjenjuje se kao slaba kad je $k < 1 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, kao povoljna kad je $k < 10 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, kao osrednja kad je $k = 10 - 50 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, kao dobra kad je $k = 50 - 250 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, te vrlo dobra kad je $k > 250 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (Velić, 2007). Uzevši u obzir te granice za određivanje kakvoće uzoraka, iz *tablice 2* možemo vidjeti da 10 uzoraka ima povoljnu propusnost, 6 uzoraka ima osrednju te 2 uzorka imaju dobru propusnost. Prosječna poroznost za različiti raspon stijena po sortiranoosti mijenja se od 28% za loše sortirane pijeske do 42% za izuzetno dobro sortirane (Velić, 2007). Prema Vulin (2017) tipični rasponi poroznosti nekih stijena su: pješčenjaci: 10 – 40%, vapnenci, dolomiti: 2 – 25% te gline: 20 – 45%, dok se dobrom poroznošću smatra ona koja je u rasponu od 15 – 25%. Od 31-og analiziranog uzorka, njih 7 ima poroznost $> 30\%$ što se smatra jako dobrom poroznošću. U *tablici 2* prikazani su rezultati mjerenja u uvjetima vanjskog i tlaka u dubini (OB) od 70 psi. Neki uzorci podvrgnuti su mjerenju s različitim vrijednostima tlaka u dubini (engl. Over Burden, OB), pri čemu je zabilježeno da se povećanjem tlaka propusnost smanjuje, točnije, rezultati se dosta mijenjaju pod litostatskim (petrostatskim) tlakom. Obzirom da uzorci nisu uzeti iz dubine, gdje bi stijene bile pod utjecajem petrostatskog tlaka, i mjerene poroznosti stijena su bile veće. Također, iz rezultata mjerenja, vidljivo je da je stijena jako stlačiva, što je shvatljivo, jer se radi o površinskim izdancima, te se male promijene u tlaku jako izražavaju na rezultatima. Budući da je riječ o površinskim uzorcima, jedan od važnih čimbenika koji utječe na vrijednosti poroznosti, kompakcija nije imala svog utjecaja. Naime, kompakcija je rezultat povećanja petrostatskog tlaka zbog povećanja dubine i težine mlađih sedimenata. Obzirom na sve navedeno, mjerene rezultate treba uzeti sa rezervom i više ih gledati kao orijentacijske vrijednosti za procjenu potencijala kolektorske stijene, nego kao sigurne brojke.

Tablica 2: Rezultati mjerenja poroznosti i propusnosti

Litologija	Uzorak	PROPUSNOST (mD)	POROZNOST (%)
Pješčenjak	11 Vc	36,4	36,39%
Pješčenjak	11 Hb	19,7	36,19%
Pješčenjak	11 Ha	39,4	45,66%
Krupnozrnati pješčenjak	15 Va	0,8	22,16%
Krupnozrnati pješčenjak	15 Vb	2,2	22,94%
Krupnozrnati pješčenjak	15 Hc		17,31%
Kalkarenit	17 Va	8,4	16,15%
Kalkarenit	17 Hb	23,5	16,86%
Kalkarenit	17 Hc	18,8	17,29%
Litični arenit	18 CHa		8,05%
Litični arenit	18 CHb	5,3	13,62%
Litični arenit	18 CVc		10,60%
Litični arenit	18 CVd		10,30%
Kalkarenit	18 GVe	86,4	19,93%
Kalkarenit	18 GHf	7,3	11,80%
Kalkarenit	18 GHg	9,9	14,97%
Pješčenjak/grauvaka	23 Ba	6,6	6,97%
Pješčenjak/grauvaka	23 BVb		17,39%
Pješčenjak/grauvaka	23 BHc	2,9	22,46%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AH		18,68%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AHb	6,1	14,80%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AHc		15,83%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AVd		18,17%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AVe	11,7	18,12%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AVf	3,2	15,53%
Kongl. krupnozrnati pješčenjak-kalkarenit	25 AVg	75,4	20,16%
Badenski grebenski vapnenac s crvenim algama	27Va	45	34,35%
Badenski grebenski vapnenac s crvenim algama	27 Vb	37,5	39,57%
Badenski grebenski vapnenac s crvenim algama	27 Hc	16,5	28,31%
Pješčenjak	46 BVa	20,2	34,68%

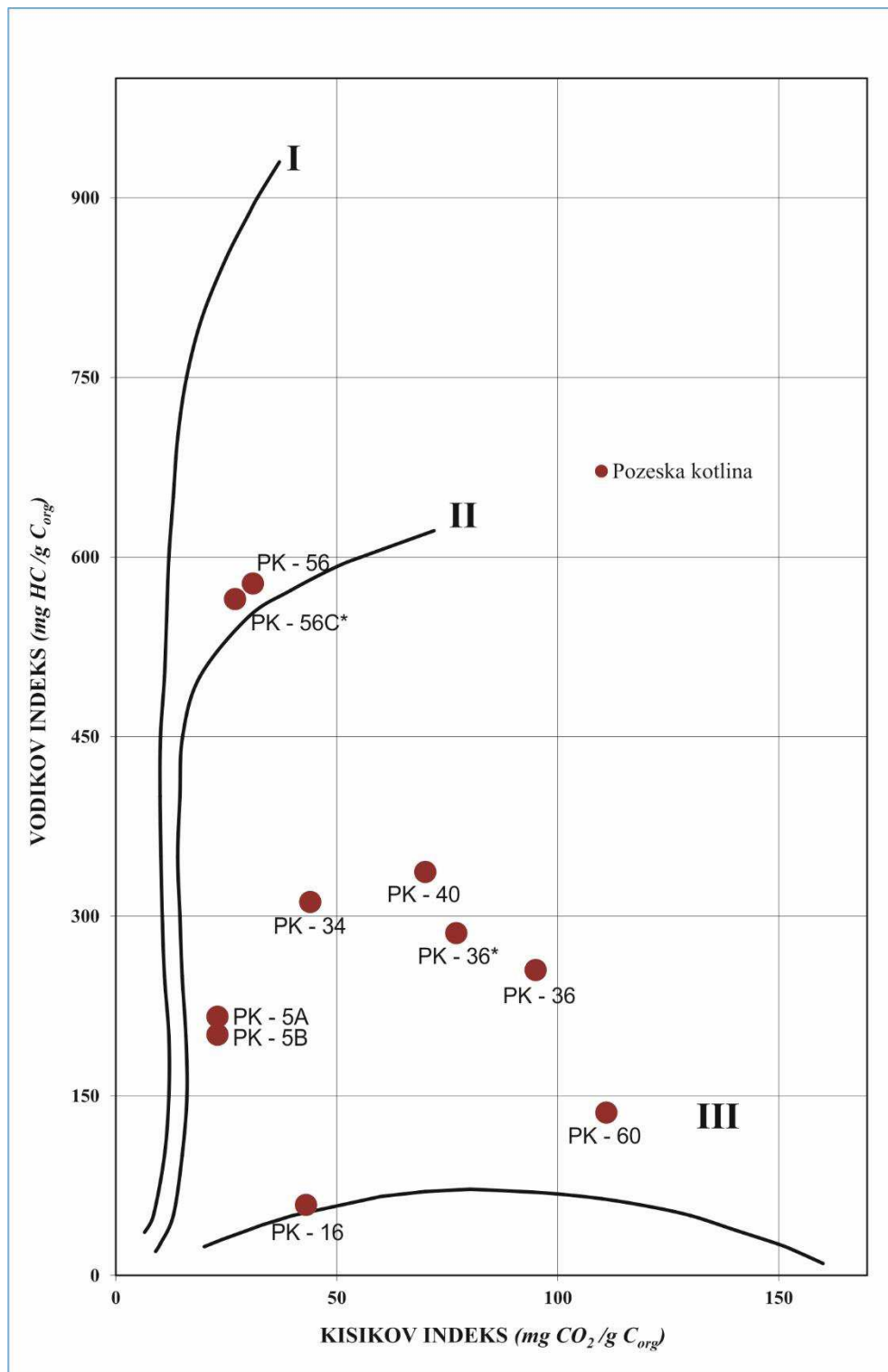


Slika 6.3: Graf odnosa poroznosti i propusnosti

Iz grafa odnosa poroznosti i propusnosti (*Slika 6.3*) vidljivo je da ne postoji značajna korelacija tih podataka. Kružićima su označene vrijednosti za stijene u kojima dominiraju karbonatna zrna, točnije kalkareniti, koji pokazuju pravilnost u poroznostima, drugim riječima, svima se poroznosti kreću od 11 do 20 %. Najveća propusnost izmjerena je u kalkarenitima i pripada uzorcima 25 AVg (75,4 mD) i 18 GVe (86,4 mD) te ti uzorci spadaju u stijene dobre propusnosti. Najveću poroznost ima uzorak pješčenjaka 11 Ha (45,66%) koji spada u jako dobro porozne stijene.

6.4 Geokemijske analize

U laboratoriju INA, d.d. u službi istraživanja stijena i fluida provedene su geokemijske analize nad osam uzoraka iz Požeške kotline. Geokemijske analize napravljene su uz veliku pomoć stručnjaka za geokemiju iz laboratorija INA d.d. koji su obavili sve dolje navedene analize. Krenuvši od jugozapadnog dijela kotline na obroncima Psunja uzeti su uzorci glinovito – laporovitih naslaga PK – 5A (donji, svjetliji sloj gline/šejla) i PK – 5B (gornji, tamniji sloj gline) koji su definirani kao predmarinski srednjomiocenski sedimenti starosti otnang – karpata. Analizom uzorka PK – 5A, pirolitički parametri pokazuju da se radi o termički nezrelom kerogenu tipa III (*Tablica 4, Slika 6.4*) koji sadrži 0,96% organskog ugljika (*Tablica 3*). Prema mikroskopskoj analizi organska tvar predstavlja mješavinu amorfnog kerogena, liptinita i inertinita u podjednakim omjerima, dok je kisikom bogatog huminita/vitrinita malo, tako da kerogen zapravo spada u mješavinu tipova II i IV (*Tablica 5*). To je imalo za posljedicu niski kisikov indeks u pirolizi. Organska tvar se nalazi na početku dijageneze. Uzorak PK – 5B sadrži organsku tvar koja je po količini, kakvoći i termičkoj zrelosti vrlo slična uzorku PK – 5A. Kerogen se neznatno razlikuje po nešto manjem sadržaju liptinita i većem sadržaju inertinita (*Tablice 3,4,5*).



Slika 6.4: Modificirani Van Krevelen dijagram površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline

Na obroncima Psunja u naslagama donjeg – srednjeg badena, uzet je i uzorak PK – 16 definiran kao mekani sivi lapor s 35 – 40% karbonatne komponente. Uzorak ne spada u klastične matične stijene jer sadrži 0,35% organskog ugljika što je nedovoljno da bi stijena bila matična. Nezrela organska tvar nema potencijal za stvaranje ugljikovodika, a nisu registrirani niti slobodni ugljikovodici (*Tablice 3,4*). Vitrinitna refleksija pokazuje ranu dijagenezu (*Tablica 5*).

Na istočnom dijelu kotline, na obroncima Dilj gore uzet je uzorak PK – 34 determiniran kao sivosmeđi lapor s dosta fosila. Lapor sadrži znatnu količinu organske tvari (1,77%, *Tablica 3*). Prema Rock – Eval pirolizi, radi se o termički nezrelom kerogenu tipa II – III (*Tablice 3,4, Slika 6.4*). Opričkim ispitivanjima uočeno je da je kerogen uglavnom amorfan, narančastosmeđe fluorescencije, što ukazuje na osrednju do dobru kvalitetu. Organska tvar je mješovitog podrijetla na što ukazuje prisutnost i akvatičnih i terestričnih strukturiranih macerala (*Tablica 5, Tabla 1*). Prema vitrinitnoj refleksiji i termičkom alteracijskom indeksu organska tvar je u ranoj dijagenezi (*Tablica 5*).

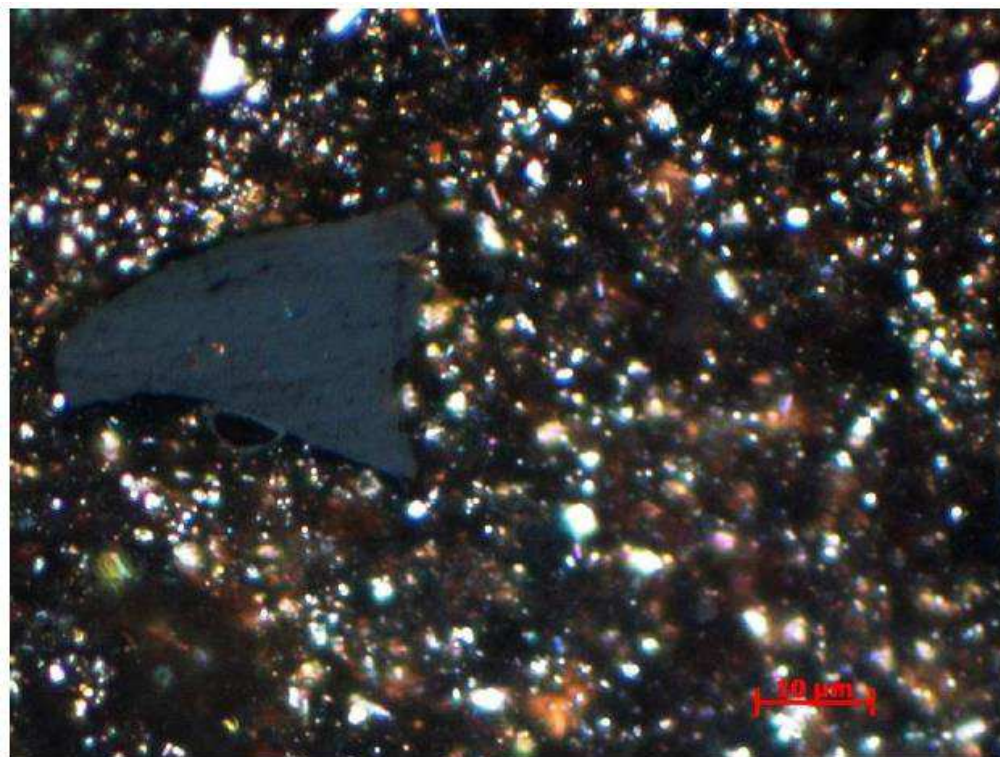
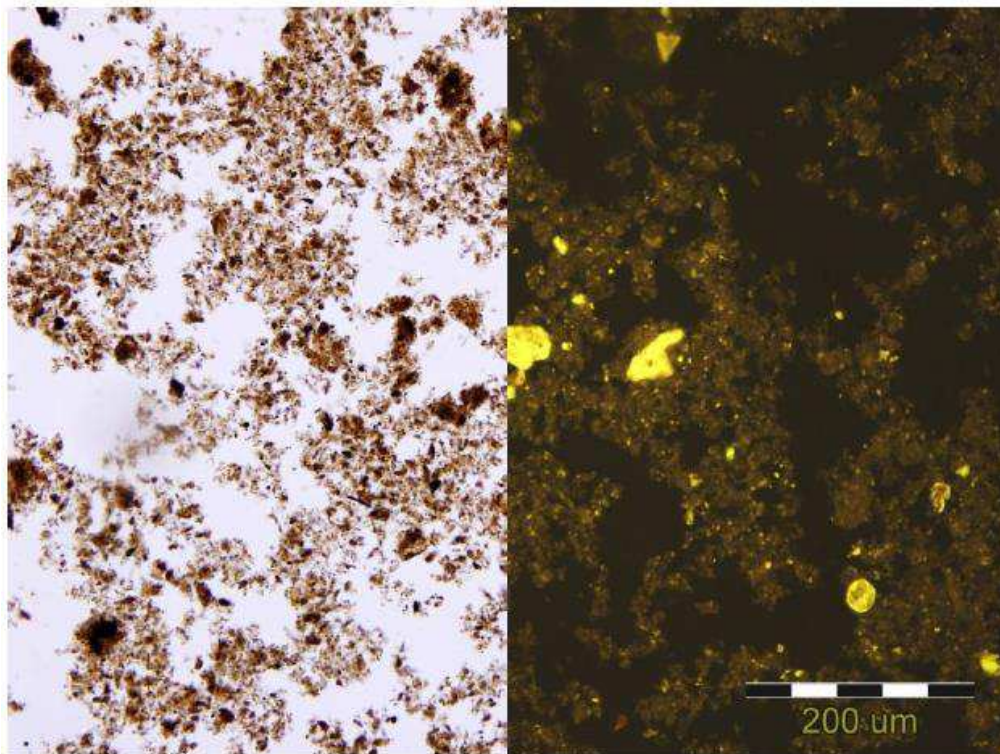


Tabla 1: *Slika gore:* Izolirana organska tvar, PK – 34 (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo). *Slika dolje:* Klast huminita u amorfnoj organskoj tvari, PK – 34 (reflektirano svjetlo, uljna imerzija)

Malo sjevernije niz potok, uzet je uzorak PK – 36 definiran kao fosiliferni siltit do laporovita glina pretpostavljene starosti sarmat – donji panon. Uzorak je ne samo makroskopski već i po svojstvima organskog facijesa vrlo sličan prethodnom, PK – 34. Glavna razlika je u još većoj količini organske tvari, što ima kao posljedicu i veći generativni potencijal (*Tablice 3,4,5, Slika 6.4, Tabla 2*). Svi maturacijski parametri, kao i mala količina ekstrakta u odnosu na organski ugljik, pokazuju da je organska tvar termički nezrela. Količina ekstrakta u odnosu na organski ugljik je mala, što je također znak termičke nezrelosti (*Tablica 6*). Alkanska frakcija ekstrakta podvrgnuta je GC – MS analizi. U TIC kromatogramu, kao i u m/z 85 kromatogramu prevladavaju izoalkani u području <C25, koji prekrivaju normalne alkane zbog istog retencionog vremena. U višem molekularnom području vidljiva je prevlast neparnih n-alkana nad parnim. Na temelju toga se može zaključiti da je bitumen jako termički nezreo, a da mu je podrijetlo mješovito, odnosno da ishodišna organska tvar potječe i od algi i od višeg bilja. Nezrelost bitumena potvrđuju i m/z 191 i m/z 217 kromatogrami, prema kojima se hopani i sterani nalaze praktički još u svojim biološkim konfiguracijama (*Slike 6.5, 6.6, 6.7, 6.8*).

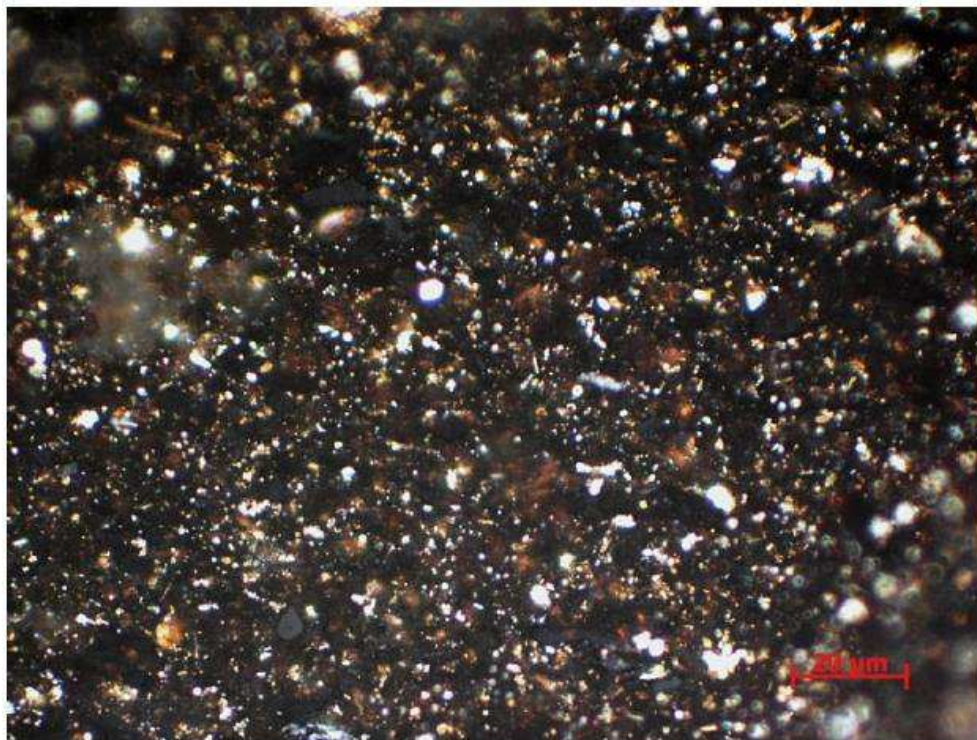
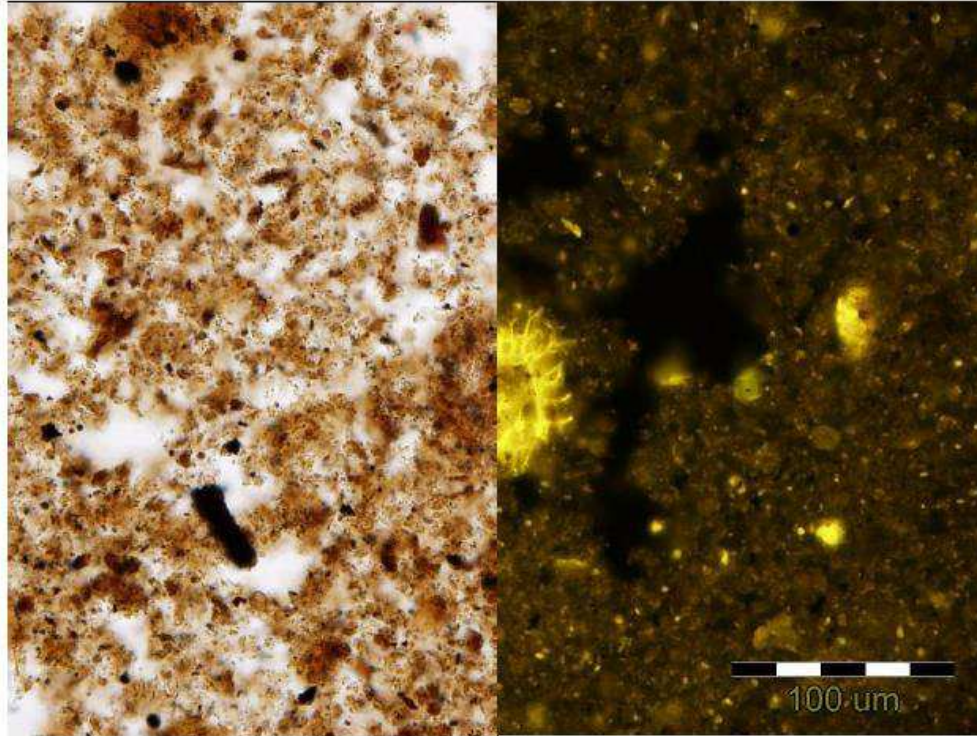
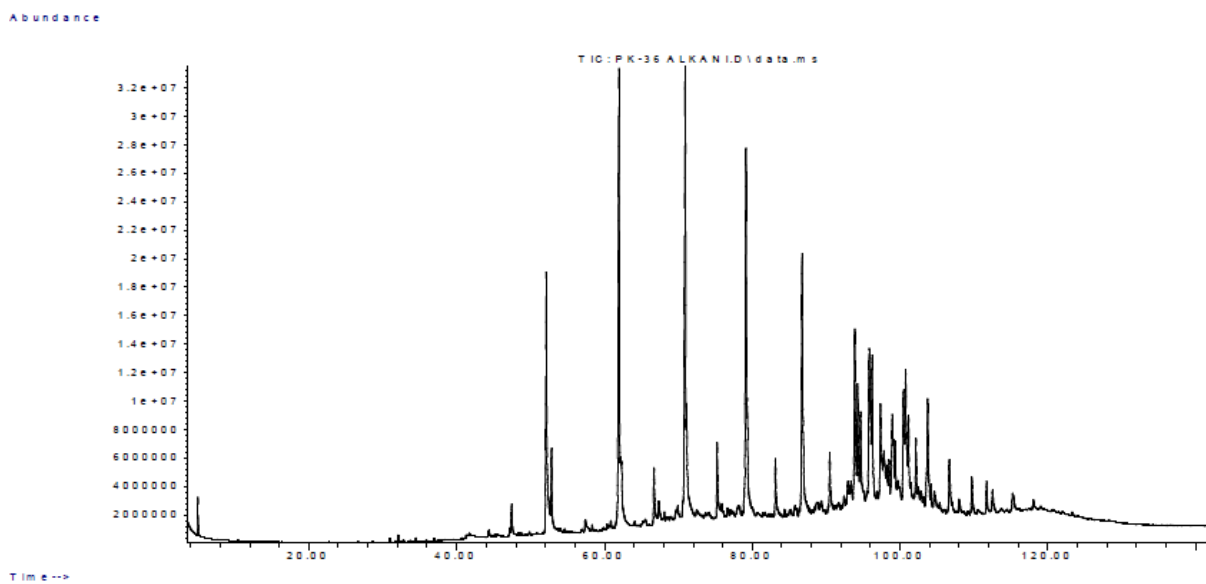
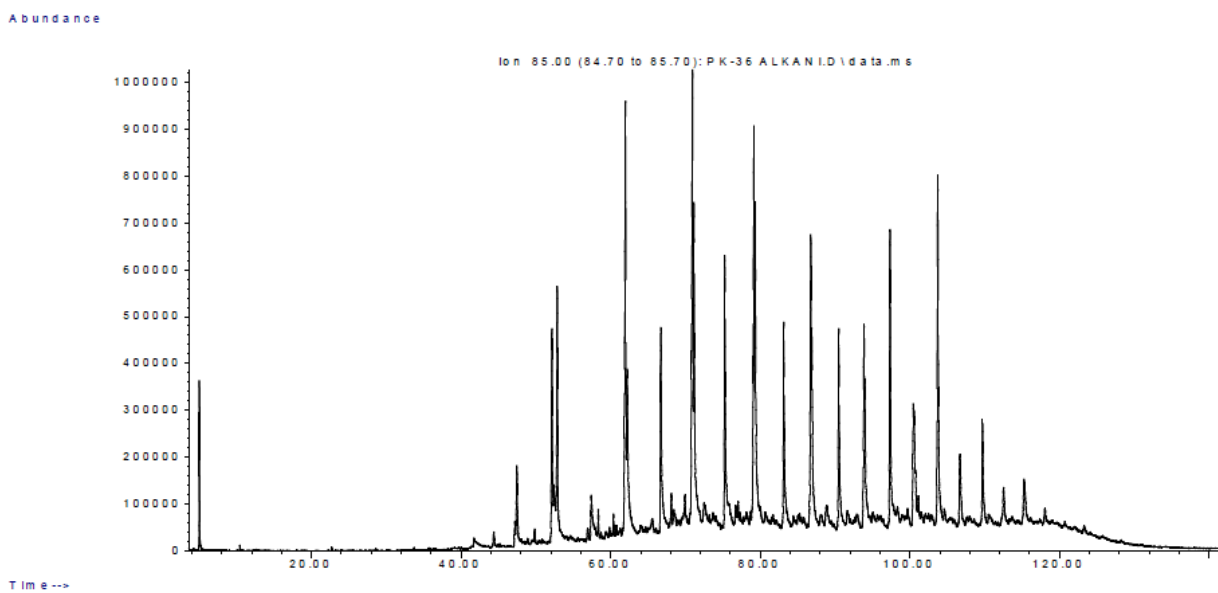


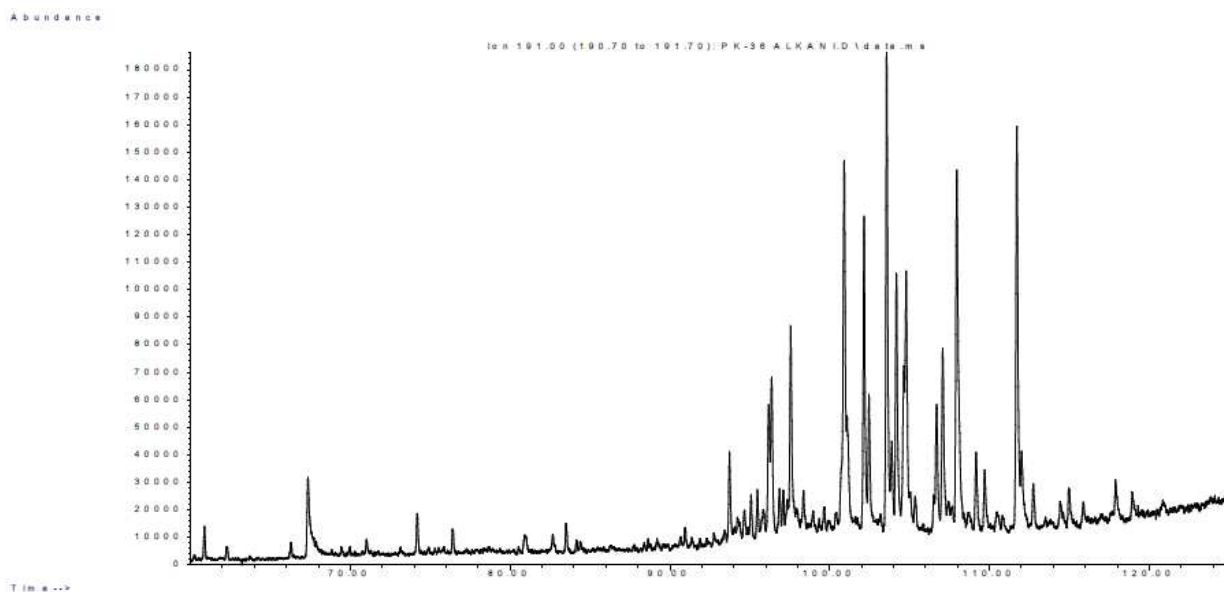
Tabla 2: Slika gore: Cista dinoflagelate u amorfnoj organskoj tvari, PK – 36 (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo). Slika dolje: Izolirana organska tvar, PK – 36 (reflektirano svjetlo, Uljna imerzija)



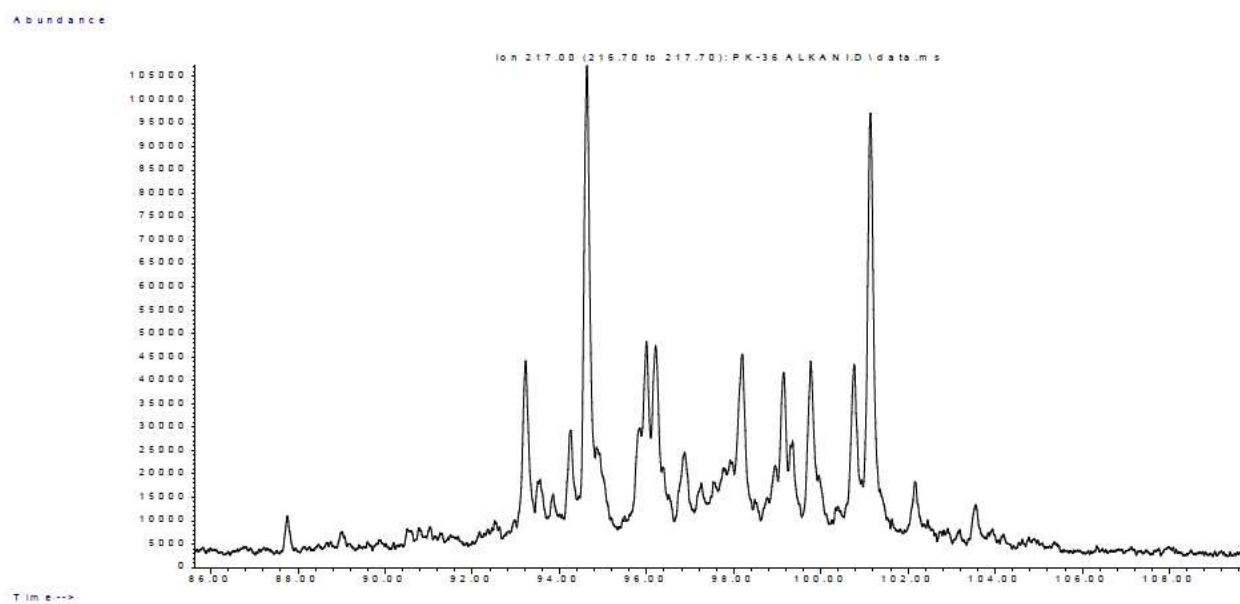
Slika 6.5: TIC kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36



Slika 6.6: m/z 85 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36



Slika 6.7: m/z 191 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36



Slika 6.8: m/z 217 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 36

Dalje niz potok, sjevernije od točke 36, nađen je sekundarni nanos trakastog vapnenca/lapora, uzorak PK – 40, koji prilikom udarca čekića oslobađa smrad nalik na sumporovodik.. Analizama je utvrđeno da se radi o silikatnoj stijeni s oko 20% karbonatne komponente koja sadrži 0,62% organskog ugljika (*Tablica 3*). Rock – Eval piroliza pokazala je da se radi o termički nezrelom kerogenu tipa II – III (*Tablica 4, Slika 6.3*). Izolirana organska tvar je pretežno amorfnu, osrednje jake fluorescencije, s velikom količinom alginata i sporinita, uglavnom bisakratnog polena (*Tablica 5*). Optički maturacijski parametri pokazuju početak dijageneze. Slabi matični parametri vjerojatno su rezultat oksidacije s obzirom da se radi o sekundarnom uzorku.

Zapadnije na obroncima Dilj gore u boku potoka uzet je uzorak PK – 56C iz sloja tamnijeg lapora unutar svjetlije osnove. Pretpostavlja se da je riječ o klastima matične stijene koji su nanešeni u dublji dio okoliša. Analizama je uzorak PK – 56C determiniran kao laminirani glinoviti lapor s velikim sadržajem organskog ugljika (10,80%, *Tablica 3*). Taj ugljik potječe od kerogena tipa II (HI=578 mh HC/g C_{org}) stoga je potencijal ove matične stijene za generiranje ugljikovodika izuzetno visok (*Tablica 4, Slika 6.4*). Veoma niska maksimalna temperatura pirolize govori o termičkoj nezrelosti, iako je dijelom posljedica i količine i tipa organske tvari (*Tablica 4*). U izoliranom kerogenu prevladava amorfnu organska tvar, čija jaka žutonarančasta fluorescencija otkriva njenu dobru kvalitetu. Na terigeni utjecaj ukazuje prisutnost terestričkih liptinita i macerala huminitno-vitrinitne grupe. Izmjerena vitrinitna refleksija i termalni alteracijski indeks pokazuju minimalne vrijednosti, odnosno ranu dijagenezu (*Tablica 5, Tabla 3*). Ekstrakta je u odnosu na ukupni organski ugljik malo (2,78%, *Tablica 6*), što je očekivano obzirom na termičku nezrelost. U TIC kromatogramu alkanske frakcije vidljivi su brojni neidentificirani pikovi, koji vjerojatno pripadaju prijelaznim spojevima između biomarkera i njihovih bioloških prekursora (*Slika 6.9*). U m/z 85 kromatogramu istaknut je C31, što je dokaz doprinosa višeg bilja (*Slika 6.10*). I u m/z 191 i m/z 217 kromatogramima dominiraju dijelom nezasićeni hopani odnosno sterani, koji su tipični za recentne sedimente (*Slike 6.11, 6.12*).

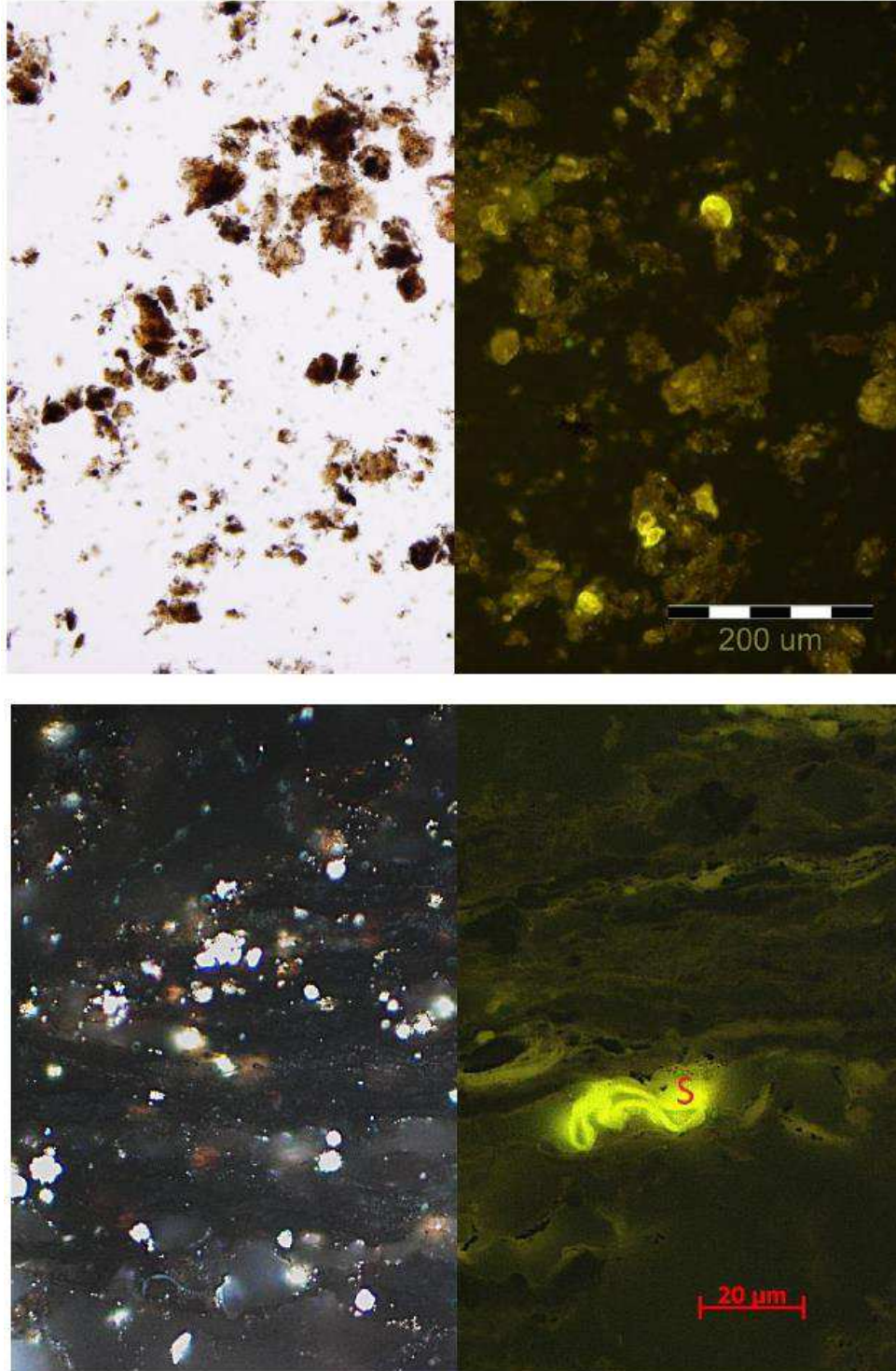
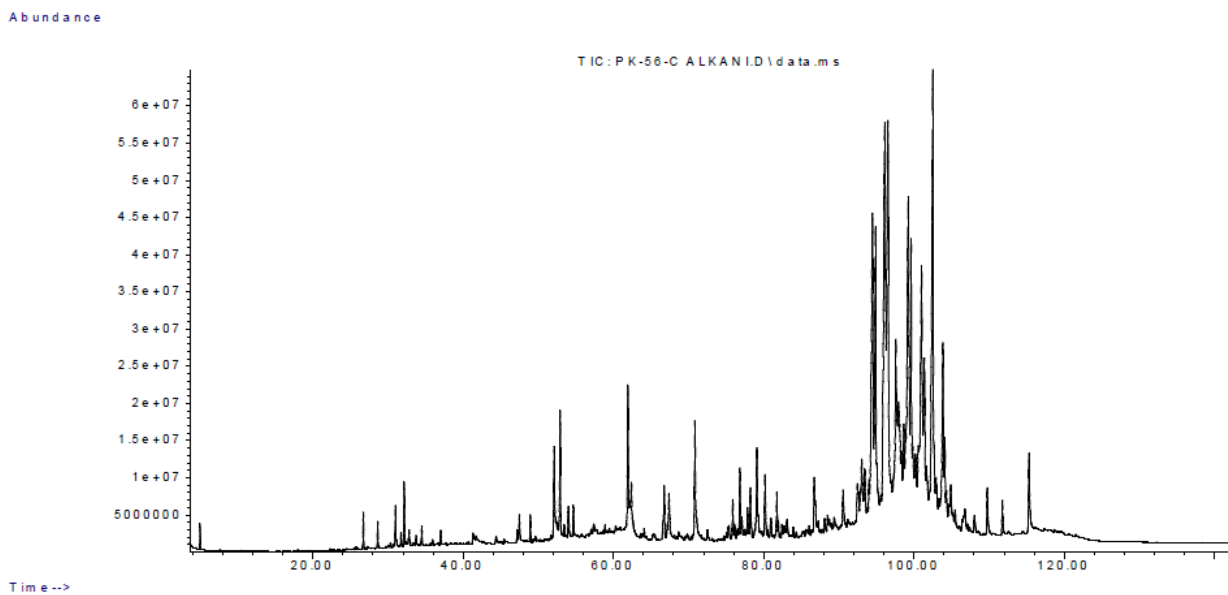
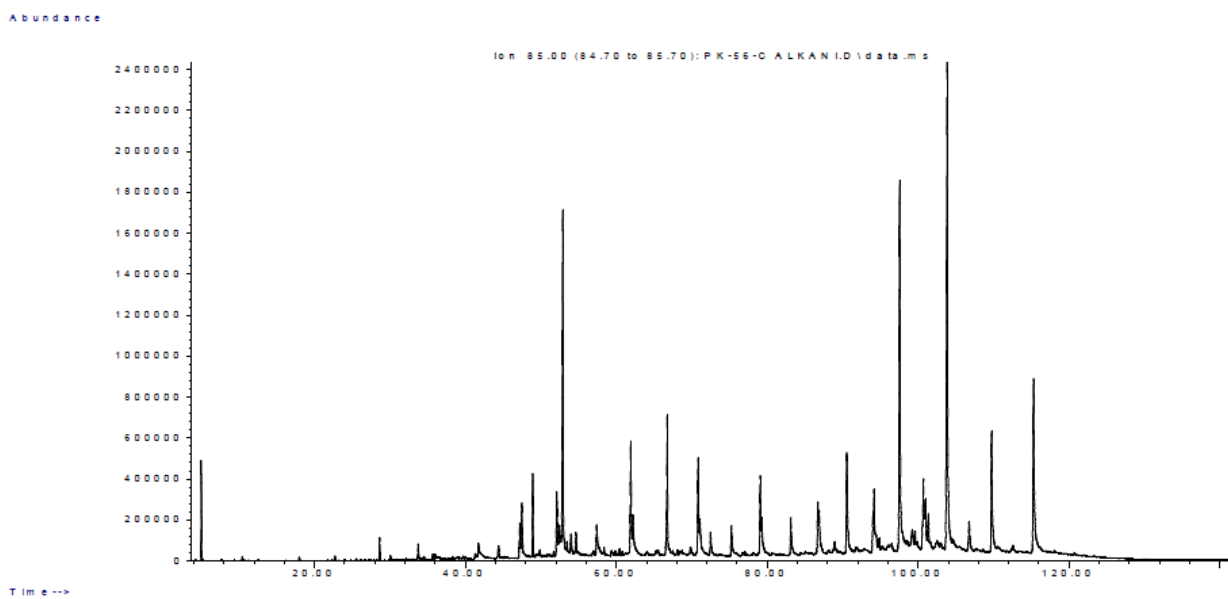


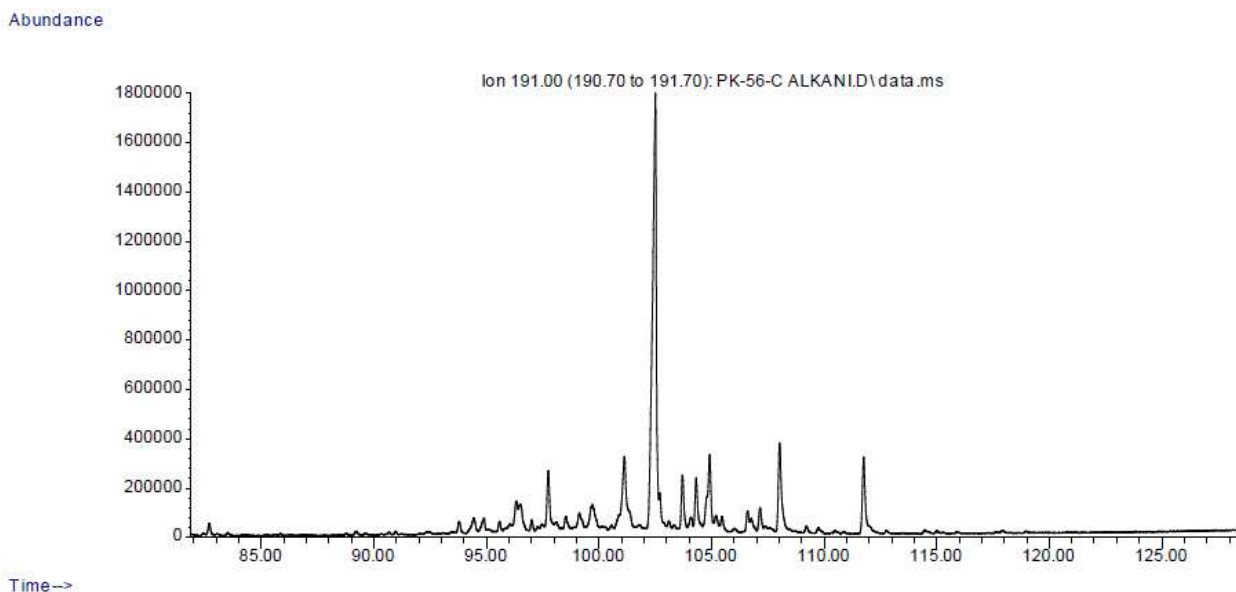
Tabla 3: *Slika gore:* Izolirana organska tvar, PK – 56C (lijevo prolazno svjetlo, desno plavo fluorescentno svjetlo) *Slika dolje:* Izolirana organska tvar (S=sporinit), PK – 56C (lijevo reflektirano svjetlo, uljna imerzija, desno plavo fluorescentno svjetlo, uljna imerzija).



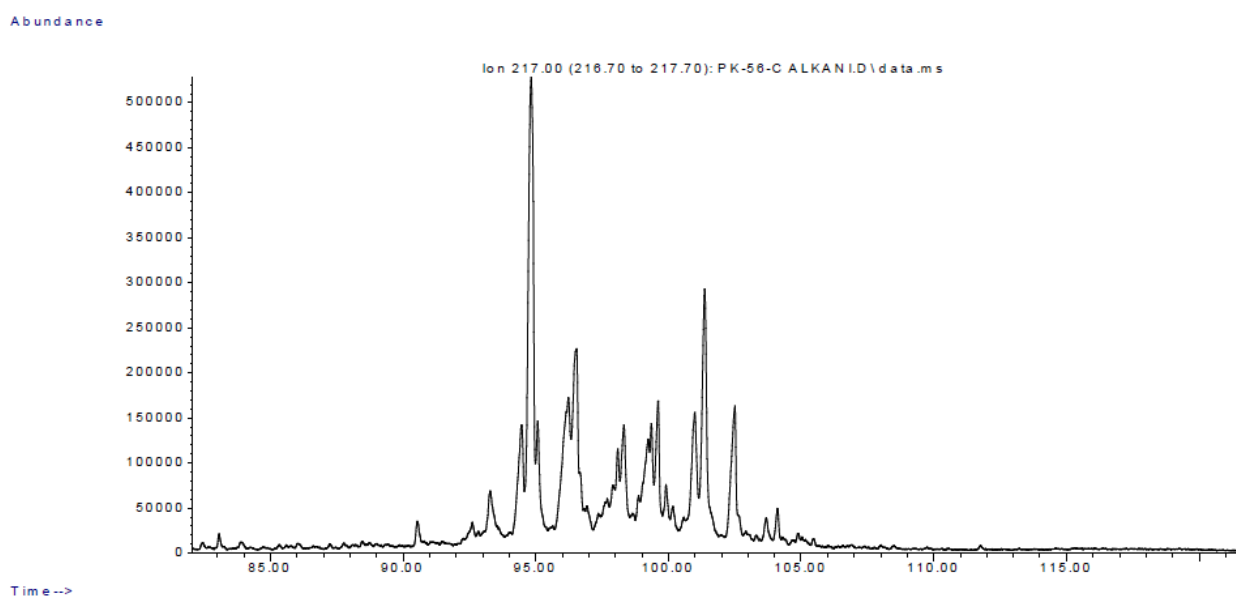
Slika 6.9: TIC kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C



Slika 6.10: m/z 85 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C



Slika 6.11: m/z 191 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C



Slika 6.12: m/z 217 maseni kromatogram alkanske frakcije bitumena uzorka PK – 56C

Također na obroncima Dilj gore uzet je i uzorak PK – 60, tamnosivi lapor s crnim šarama preostale organske materije. Analizama je određena količina organskog ugljika koja iznosi 0,51% čime se on nalazi na granici za matične stijene (*Tablica 3*). Kerogen je termički nezreo tip III (*Tablica 4, Slika 6.4*). U mikroskopskom preparatu kerogen se javlja kao pretežno amorfan, a slaba smeđa fluorescencija ukazuje na lošu kvalitetu. Termički alteracijski indeks u skladu je s maksimalnom temperaturom pirolize (*Tablica 5*).

Tablica 3: Ukupni organski ugljik u površinskim uzorcima stijena s područja Požeške kotline (podatci dobiveni LECO aparatom)

UZORAK	ORGANSKI UGLJIK (%)
PK – 5A	0,96
PK – 5B	0,95
PK – 16	0,35
PK – 34	1,77
PK – 36	2,46
PK – 40	0,62
PK – 56C	10,80
PK – 60	0,51

Tablica 4: Rezultati Rock-Eval pirolize površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline

Oznaka uzorka	C _{org} (%)	S ₁ mg HC g stijene	S ₂ mg HC g stijene	S ₃ mg HC g stijene	T _{max} (°C)	PI	S ₂ /S ₃	HI mg HC g C _{org}	OI mg CO ₂ g C _{org}	Min C (%)
PK – 5A	0,96	0,02	2,07	0,22	428	0,01	9,41	216	23	2,47
PK – 5B	0,88	0,02	1,77	0,20	433	0,01	8,85	201	23	3,91
PK – 16	0,37	0,01	0,22	0,16	424	0,03	1,38	59	43	4,51
PK – 34	1,76	0,03	5,49	0,77	424	0,01	7,13	312	44	6,06
PK – 36	2,47	0,06	6,30	2,35	424	0,01	2,68	255	95	6,40
PK – 36*	2,07	0,09	5,93	1,59	425	0,01	3,73	286	77	6,49
PK – 40	0,60	0,05	2,02	0,42	424	0,03	4,81	337	70	2,68
PK – 56	10,95	0,83	63,26	3,36	415	0,01	18,83	578	31	2,85
PK – 56C*	10,48	0,73	59,23	2,80	418	0,01	21,15	565	27	2,74
PK – 60	0,45	0,01	0,61	0,50	428	0,02	1,22	136	111	6,01

* ekstrahirani uzorci

Tablica 5: Rezultati mikroskopske analize površinskih uzoraka stijena s područja Požeške kotline

Oznaka uzorka	MACERALNI SASTAV (volumni %)				STUPANJ ZRELOSTI		
	amorfno	liptiniti	vitrititi	inertiniti	% Ro	TAI	FC
PK – 5A	30	30 (Sp, Al, Ld)	5	35 (Fu, Sf, PV)	0,28	1 ⁺	OB (A), GY-Y (L)
PK – 5B	10	20 (Sp, Ld)	20	50 (Fu, Sf, PV)	0,28	1 ⁺	B (A), Y (L)
PK – 16	70	5 (Sp, Ld)	15	10 (PV, Sf, Fu)	0,23	1 ⁺	B (A), Y-YO (L)
PK – 34	90	5 (Sp, Ld, Al)	5	Tr (Fu, Sf)	0,23	1 ⁺ -2 ⁻	OB (A), Y-YO (L)
PK – 36	90	10 (Sp, Al, Ld)	Tr	Tr (Fu)	0,22	1 ⁺ -2 ⁻	OB (A), Y (L)
PK – 40	80	20 (Sp, Al, Ld)	Tr	-	0,22	1 ⁺	OB (A), Y (L)
PK – 56C	90	10 (Sp, Ld)	Tr	-	0,20	1 ⁺	YO (A), Y (L)
PK - 60	90	10 (Ld, Al, Sp)	-	Tr (Fu)	-	1 ⁺ -2 ⁻	B (A), Y (L)

Kratice:	Boja fluorescencije:	Konverzija:	TAI	%Ro
Al=Alginit	GY=zelenožuto		1 ⁺	<0,35
Ku=Kutinit	Y=žuto		2 ⁻	0,35-0,45
Ld=Liptodetrinit	YO=žutonarančasto		2	0,45-0,55
Sp=Sporinit	O=narančasto		2 ⁺	0,55-0,70
Re=Rezinit	OB=narančastosmeđe		3 ⁻	0,70-0,95
Fu=Fuzinit	B=smeđe		3	0,95-1,25
Sf=Semifuzinit	NF=ne fluorescira		3 ⁺	1,25-2,00
Fg=Funginit			4 ⁻	2,00-3,00
PV=Pretaloženi Vitrit			4	>3,00

Tablica 6: Sadržaj topljive organske tvari u površinskim uzorcima stijena s područja Požeške kotline

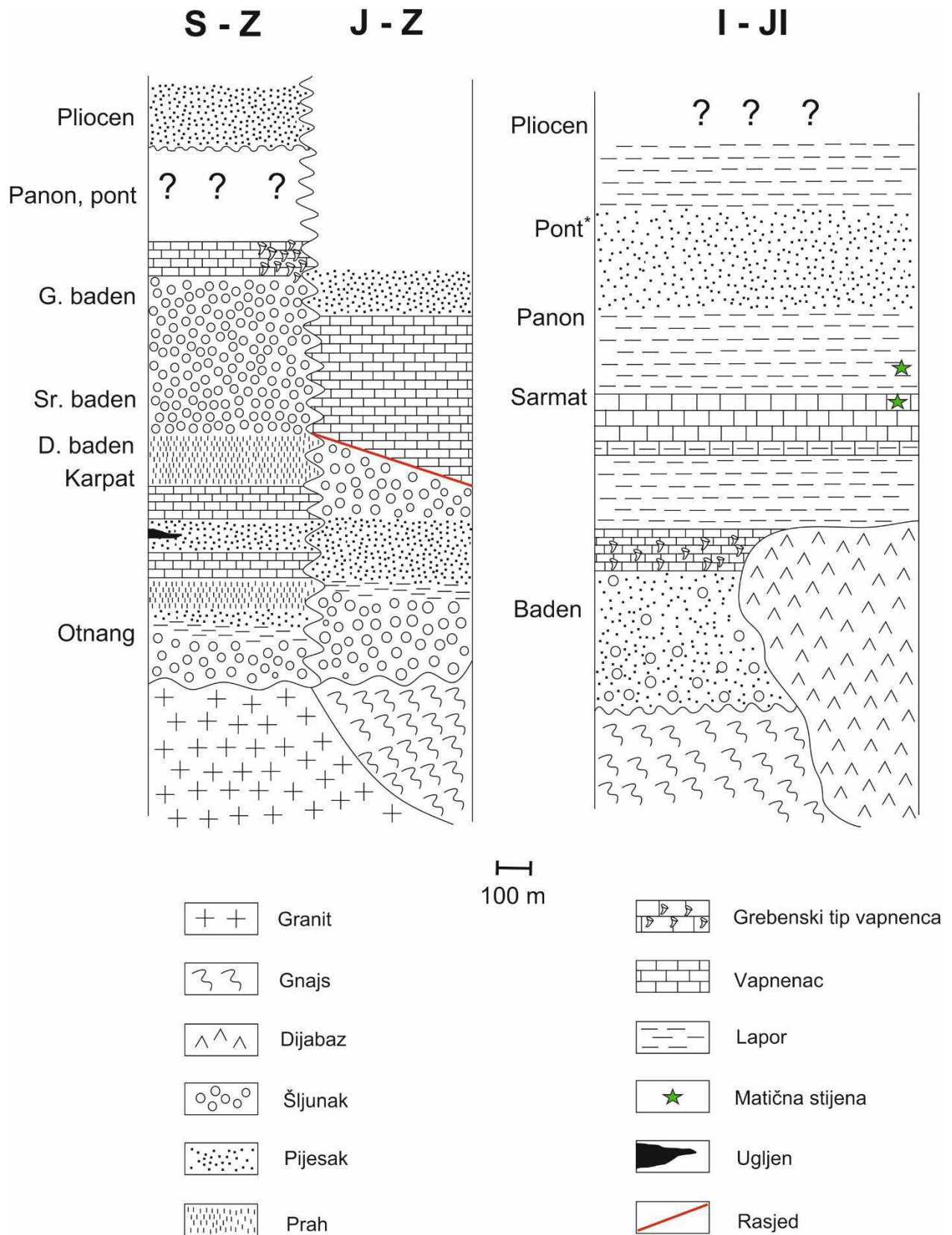
Oznaka uzorka	C _{org} (Leco)	Ekstrakt (ppm)	EOM / (C _{org} *100)
PK – 36	2,46	864	3,51
PK – 56C	10,80	2997	2,78

7. Rasprava

Na temelju površinskog kartiranja Požeške kotline izrađena su dva geološka stupa (*Slika 7.1*). Prvi je podijeljen; lijevo na sjeverozapadni dio kotline, i desno na jugozapadni dio kotline. Drugi stup prikazuje naslage istočnog – jugoistočnog dijela kotline.

Mogućnosti za prisutnost prirodnih rezervoara ugljikovodika na razmatranom području su vrlo povoljne, jer stratigrafski stup neogenskih naslaga (miocena) na obodnim masivima obiluje kvalitetnim klastičnim (siliciklastičnim i karobnatnim) rezervoarima. Površinski izdanci miocena okolnih Slavonskih gorja odlikuju se odličnim fizikalnim kolektorskim svojostima, kao primjer se mogu izdvojiti kalkareniti (25AVg) propusnosti 20,16 mD, poroznosti 75,4% te pješčenjaci (11Ha) propusnost 39,4 mD i poroznost 45, 66% i (18Gve) propusnosti 86,4 mD i poroznosti 19,93%.

Obzirom da su slojevi badena već u prethodnim ispitivanjima određeni kao kolektorske stijene za termalnu vodu (Kolbah, et al, 2017), postavlja se pitanje postoje li povoljni dubinsko strukturni odnosi na području kotline koji bi doveli do formiranja potencijalnih zamki za nakupljanje ugljikovodika. Površinskim istraživanjima pronađene su povoljne kolektorske stijene te odlični matični facijes, koji bi u nekoj bližoj geološkoj budućnosti možda mogao generirati određene količine ugljikovodika, no za takve pretpostavke potrebno je daljnje istraživanje kojim bi se dobili podatci o dubinskim odnosima stijenskih kompleksa.



Slika 7.1: Geološki stupovi Požeške kotline

8. Zaključak

Terenskim istraživanjima na području Požeške kotline sakupljeni su površinski uzorci stijena od kojih su nad odabranima obavljene analize kojima su dobiveni sljedeći rezultati. Izdvajanjem fosilnog sastava nakon metode mokrog sijanja utvrđeno je kako na području kotline prevladavaju marinske naslage. Rezultati izdvajanja fosilnog sadržaja iz šlema prikazani su u *tablici 1* iz koje je vidljiva podjednaka zastupljenost bentičkih i planktonskih vrsta foraminifera, te je prikazana zastupljenost ostale fosilne zajednice u uzorcima. Na pojedinim mjestima mogu se izdvojiti lapori s više planktonske faune što može ukazivati na distalnije i/ili dublje okoliše. Analize poroznosti i propusnosti pokazale su kako većina stijena spada u dobre ili vrlo dobre kolektorske stijene, rezultati mjerenja prikazani su u *tablici 2*, no rezultate mjerenja treba uzeti sa rezervom, obzirom da se radi o površinskim uzorcima stijena treba imati na umu da stijene nisu bile podvrgnute petrostatskom tlaku, te na njih nije utjecala kompakcija koja je jedan od ključnih čimbenika koji utječe na poroznosti i propusnosti. Stoga stijene na površini ne moraju biti vjerodostojan prikaz stijenama u dubini. Geokemijskim analizama utvrđeno je kako na uzorke PK – 34 i PK – 36 možemo gledati kao na matične stijene skromnog potencijala za davanje ugljikovodika, dok uzorak PK – 56C (*Slika 5.8*) predstavlja odličnu matičnu stijenu. Međutim, svi uzorci su termički nezreli, odnosno nalaze se u najranijoj fazi dijageneze što ukazuje da nije došlo do izrazito značajnog izdizanja područja Dilj gore. Svi navedeni rezultati koristit će se u daljnim fazama istraživanja naftnogeološkog potencijala područja Požeške kotline, prvenstveno bazenske analize.

9. Literatura

BARIĆ, G., 2006: Naftna geokemija. INA – Industrija nafte d.d. Zagreb, Zagreb 253 str.

BOŠKO, K., JAMIČIĆ, D., 1988: Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, list Našice. Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

BRKIĆ, M., JAMIČIĆ, D., PANTIĆ, N., 1974: Karbonske naslage u Papuku (sjeveroistočna Hrvatska). Geol. Vjesnik, 27, 53-58, Zagreb.

JAMIČIĆ, D., 1989: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Daruvar. Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

JAMIČIĆ, D., MRKIĆ M., 1987: Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, list Orahovica. Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

KOLBAH, S., ŠĆURIC S., ŠKRLEC M., 2017: Integration of scientific views on neogene of valis aurea with the geothermal-energy & oil/gas explorations. 7th International Workshop. Neogene of Central and South-Eastern Europe.

KOVAČIĆ, M., MARKOVIĆ, F., ĆORIĆ, S., PEZELJ, Đ.,HERNITZ-KUČENJAK, M., PREMEC-FUČEK, V. & BALEN, D. 2015: Geološki stup Nježić – marinski sediment badena s tufovima (Geological section Nježić – Badenian marine sediments with tuff). In: Vodič ekskurzija (Excursion Guide-book (Eds M. HORVAT & L. Galović). 5th Croatian Geological Congress, Osijek, 23.-25.09.2015., Croatian Geological Survey, Zagreb, Zagreb, 44–47.

KOVAČIĆ, M., HORVAT M., PIKIJA M., SLOVENEK D., 2011: Composition and provenance of Neogene sedimentary rocks of Dilj gora Mt. (south Pannonian Basin, Croatia) *Geologia Croatica*, 121-132

KOVAČIĆ, M., TIBLJAŠ, D., PAVELIĆ, D., HAJEK-TADESSE V., BAKRAČ, K., MANDIĆ, O., GALOVIĆ, I., WACHA, L., FILJAK, R., MARKOVIĆ, F., 2017: Early-middle Miocene salina-type and open lake deposits. 7th International Workshop. Neogene of Central and South-Eastern Europe.

MANDIĆ, O., KUREČIĆ, T., NEUBAUER, T.A. & HARZHAUSER, M., 2015: Stratigraphic and palaeogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene Viviparus beds in Central Croatia. *Geol. Croat.*, 68/3, 179–207.

NAJDENOVSKI, J., 1988: Dubinski geološki odnosi i razvitak struktura u tercijarnim sedimentima Požeške kotline. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, disertacija, 146 str.

NAJDENOVSKI, J., 1986: Dubinski strukturno-geološki odnosi Požeške kotline. FSD INA - Naftaplin, Zagreb.

PAMIĆ, J. 1986: Metamorfiti temeljnog gorja Panonskog bazena u savsko-dravskom međurječju na osnovi podataka naftnih bušotina. 11. Kongres geol. Jugoslavije, knjiga 3, 259-272 (Tara 1986), Beograd.

PAVELIĆ, D., 2001: Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System, *Basin Research* 359-376

PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., BANAK, A., JIMÉNEZ- MORENO, G., MARKOVIĆ, F., PIKELJ, K., VRANJKOVIĆ, A., PREMUŽAK, L., TIBLJAŠ, D. & BELAK, M., 2016: Early Miocene European loess: A new record of aridity in southern Europe.– *Geol. Soc. Am. Bull.*, 128, 110–121. doi: 10.1130/B31280.1

POTREBICA, H., 2003: Požeška kotlina i Donja Dolina u komunikacijskoj mreži starijeg željeznog doba, Arheološki zavod Filozofskog fakulteta.

RIĐANOVIĆ, J., 1977: Prirodna podloga Slavonske Požege u okviru Požeške kotline. U: *Požega 1227-1977*, Požega, 7-15.

ŠČAVNIČAR, S., KRKALO, E., ŠČAVNIČAR, B., HALLE, R. & TIBLJAŠ, D., 1983: Naslage s analcimom u Poljanskoj [Analcime bearing beds in Poljanska – in Croatian]. *Rad Jugosl. akad. znan. umjetn.*, 404, 137–169.

ŠIKIĆ, L., 1968: Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera [Stratigraphy of the Miocene on basis on foraminifera fauna – in Croatian]. *Geol. vjesnik*, 21, 213–227.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., JOVANOVIĆ, Č., ŽIVANOVIĆ, D., 1980: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Nova Kapela. Sav. Geol. Zav., Beograd.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, A., 1979: Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, list Nova Kapela. Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda. Beograd.

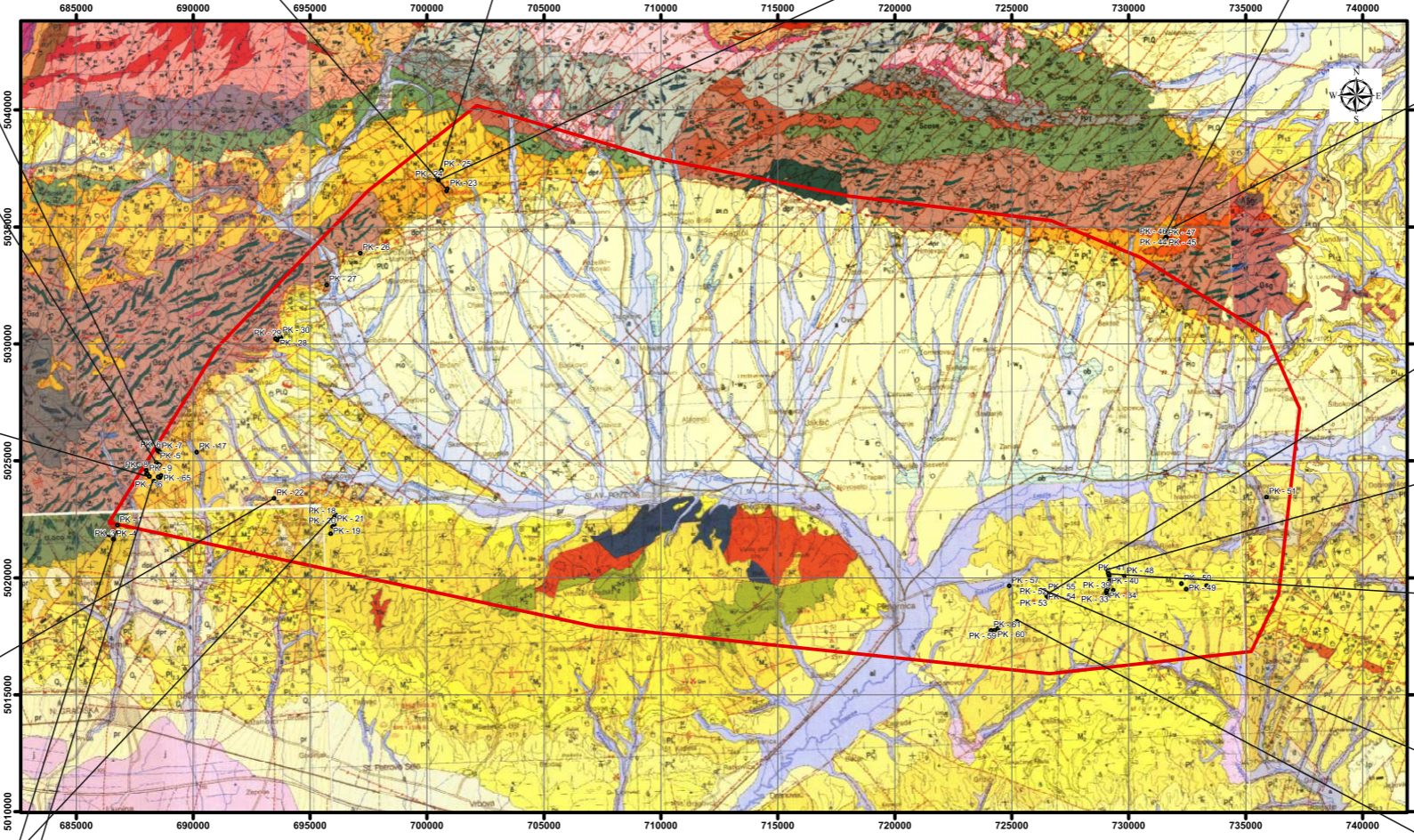
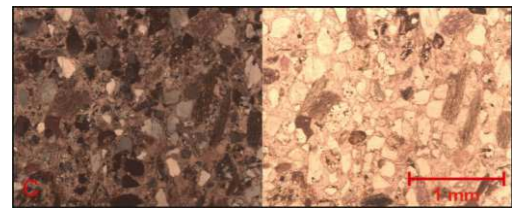
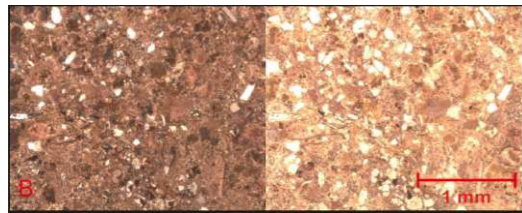
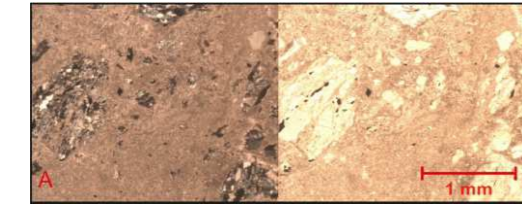
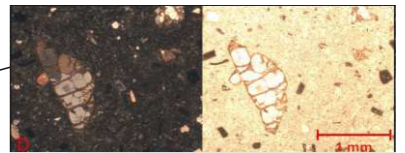
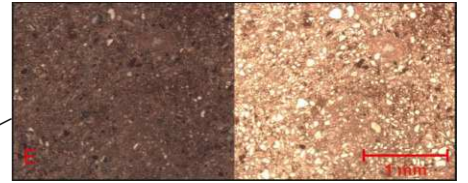
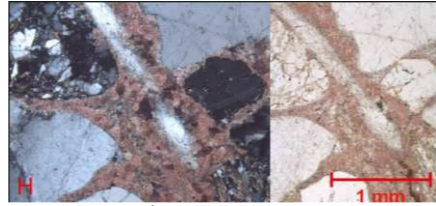
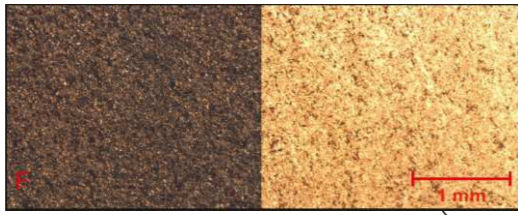
ŠPARICA, M., BUZALJKO, R., JOVANOVIĆ, C., 1983: Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, list Nova Gradiška, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

ŠPARICA, M., 1986: Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100 000, list Slavonski brod. Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda. Beograd.

VELIĆ, J., 2007: Geologija ležišta nafte i plina. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 342 str.

VRAGOVIĆ, M., 1965: Graniti i gnajsi Papuka. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Doktorska disertacija, Zagreb.


VULIN, D., 2012: Petrofizika ležišta ugljikovodika, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, skripta, Zagreb.



Legenda

- Točke uzorkovanja
- ▭ Područje istraživanja

lb Barski prapor	M₂ Konglomerati, vapnenci, lapori, tufovi
dpr Deluvijalno-proluvijalni sedimenti	M₁ Šljunci, pijesci, pjeskoviti lapori, gline i leća ugljena
a Aluvij recentnih tokova	M₂ Brečo-konglomerati, šljunci, pijesci, gline, tufovi
pr Proluvij	M₁ Pijesci, šljunci, konglomerati
l Les	K₁₋₃ Vapnenci, lapori i pješčenjaci
Pl_Q Šljunci, pijesci, sitnopjeskovite gline	T₂ Dolomiti, dolomitični vapnenci, vapnenci
Pl_{2,3} Gline, pijesci, šljunci, pojave ugljena	²PT Kvarcni pješčenjaci
Pl_{1,2} Gornjopontski i paludinski pijesci, pješčenjaci i ugljevitte gline	¹PT Filitni konglomerati
Pl₁² Pijesci s proslojcima šljunka i lapora	D₂ Spilitizirani dijabazi
Pl₁¹ Lapori s proslojcima pješčenjaka	C,P Metagrauvake, metapješčenjaci, slejtovi
M₂ Laporoviti vapnenac, lapori	D₃ Metagrauvake, kloritoidni škriljanci
M₃^{1,2} Lapori, vapnoviti lapori, vapnenci	Sc_{ose} Klorit-sericitski škriljanci
B Bazalt	M Metagabri
a Andezit	Ged Granat-stauroliitski gnajsevi



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD
Monika Kovačević

PRILOG 1:
Geološka karta istražnog područja s ucrtanim točkama uzorkovanja i slikama opisanih lokaliteta (prema OGK; listovi Orahovica (Jamičić et al., 1987), Nova Gradiška (Šparica et al., 1983), Slavonski Brod (Šparica, 1986), Nova Kapela (Šparica et al., 1979), Našice (Boško et al., 1989) i Daruvar (Jamičić, 1989))