Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Nafta i plin Moslavine

Geološka i rudarsko-naftna baština za razvoj geoturizma na području Moslavine i Zagrebačke županije



Zagreb, listopad 2026.

Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

LAG Moslavina

GEOPARK Moslavina

Zagrebačka županija

SUFINANCIRANO SREDSTVIMA ZAGREBAČKE ŽUPANIJE

Sadržaj

1 Uvod 1

2 Nafta, plin i razvoj Moslavine 2

2.1 Moslavina prije istraživanja: agrarna regija koja raste doseljavanjem 2

2.2 Od Mikleuške do Gojla: istraživanja 1855–1941. 3

2.3 Naftaplin, Stružec, INA i Petrokemija: industrijalizacija 1952–1980-ih 3

2.4 Demografska usporedba: prije i poslije nafte 4

3 Početak priče o nafti u Moslavini 6

3.1 Kako je nastao Savski bazen 7

3.2 Knjiga od stijena: tri poglavlja naslaga 8

3.3 Odakle nafta: organski bogati mulj s dna mora i jezera 10

3.4 Podzemna kuhinja: kad stijena postane nafta 12

3.5 Putovanje nafte 12

3.6 Kamene spužve: gdje se nafta skuplja 13

3.7 Zamke: kako nastaje naftno polje 14

4 Naftna i plinska polja budućeg Geoparka Moslavina 16

4.1 Bunjani 18

4.2 Ivanić 18

4.3 Jamarica 19

4.4 Janja Lipa 19

4.5 Ježevo 19

4.6 Kloštar 20

4.7 Lipovljani 20

4.8 Mramor Brdo 20

4.9 Okoli 21

4.10 Stružec 21

4.11 Šumećani 21

4.12 Vezišće 22

4.13 Voloder 22

4.14 Vrbak 22

4.15 Žutica 22

5 Najstarije polje – naftno polje Gojlo 24
5.1 Geološka svojstva polja Gojlo 24
5.2 Kako je pronađeno: od Sommermayerove karte do bušotine Gojlo-5 24
5.3 Eksploatacija: od ratne proizvodnje do zatvaranja 1966. 25
5.4 Vremenska crta 26
5.5 Gojlo kao naselje i baština 27
6 Najdublja – Donja Jelenska 1 28
6.1 Gdje se bušilo i zašto 28
6.2 Putovanje kroz milijune godina 29
6.3 Neuspjeh koji to nije bio 30
7 Najveće naftno polje- Naftno polje Stružec 31
8 Primjer lokaliteta za budući geopark: istražna bušotina Voloder-9 33
9 Izdanak nafte u Paklenici kod Mikleuške 34
9.1 Rana uporaba nafte: paklina, kolomaz i lijek 36
9.2 Rudarska eksploatacija 1855.–1943. 36
9.3 Danas: stanje lokaliteta i značaj za budući geopark 40
9.4 Stanje lokaliteta danas 40
9.5 Potrebna obnova 44
10 Skladište jezgara Mramor Brdo 46
10.1 Koliko i kakvog materijala se čuva 46
10.2 Tko je vlasnik zgrada, a tko materijala 50
10.3 Stanje objekta: izgubljene jezgre soli 51
10.4 Zašto je skladište važno i kako zaštititi građu 53
11 Literatura 55

Popis slika

Slika 2.1: Popisi stanovništva 1857.–2021. prema DZS-u, objedinjeno prema Wikipediji (s. a.) za Kutinu, Ivanić-Grad, Popovaču i Garešnicu 4
Slika 3.1: Savski bazen jedan je od nekoliko izduženih bazena na jugozapadnom rubu velikog Panonskog bazena (prema Pavelić i Kovačić, 2018). 7
Slika 3.2: Kako se mijenjao prostor sjeverne Hrvatske: od rijeka i slanih jezera (A), preko mora (C–E) i Panonskog jezera (F), do današnjeg kopna (H). Na posljednjoj slici označen je Savski bazen (prema Pavelić i Kovačić, 2018). 8
Slika 3.3: Regionalna građa Savskog bazena: starost i vrsta naslaga, okoliši u kojima su nastale, tri megaciklusa i tektonski događaji (prema Saftić i dr., 2003). 9
Slika 3.4: Kakva je organska tvar u matičnim stijenama? Većina uzoraka iz morskih (zeleno) i jezerskih naslaga (crveno) pada u polje tipa II, organske tvari koja daje naftu (prema Troskot-Čorbić i dr., 2009). 11
Slika 3.5: Koliko su debele naslage iznad stare podloge (u km) i gdje se nalaze naftna (zeleno) i plinska polja (crveno) u Savskom i Dravskom bazenu (prema Saftić i dr., 2003). 14
Slika 3.6: Pogled u dubinu Savskog bazena pomoću seizmike, „ultrazvuka“ Zemlje: obojene linije su granice glavnih skupina naslaga, a crvene linije rasjedi uz koje su se slojevi izdigli i savili (prema Saftić i dr., 2003). 15
Slika 4.1: Eksploatacijska polja ugljikovodika kojima najmanje 5 % površine leži unutar granice budućeg Geoparka Moslavina (prema podacima Agencije za ugljikovodike, s. a.b). 17
Slika 5.1: Pregled lokacija bušotina napravljenih na polju Gojlo 26
Slika 5.2: Vremenski niz razvoja polja Gojlo 26
Slika 6.1: Donja Jelenska-1 i put do nje 28
Slika 6.2: Shematski geološki profil bušotine Donja Jelenska-1 · 0–5003 m..... 29
Slika 7.1: Sjenčani reljef okolice Stružca s granicama eksploatacijskih polja. Polje Stružec obuhvaća blago uzvišenje između Stružca i Osekova, koje se ističe iz ravnice Lonje. Podloga: Copernicus DEM GLO-30 (DSM), © DLR e.V. 2010–2014 i © Airbus Defence and Space GmbH 2014–2018, ESA / Copernicus. 32
Slika 8.1: Idejni prikaz interpretacijske ploče uz ušće istražne bušotine Voloder-9, s moslavačkim krajobrazom u pozadini. 34
Slika 9.1: Sloj lignita do treseta u pliocenskim naslagama na brdu Plase, iznad izdanka nafte. Tamna boja potječe od pougljenjenih biljnih ostataka nekadašnje močvare; čekić služi kao mjerilo. 35
Slika 9.2: Prhki pliocenski pijesci na brdu Plase. Zbog velikog udjela šupljina među zrncima takve stijene mogu biti dobra kolektorska stijena, svojevrsna „spužva“ za naftu. 35
Slika 9.3: Ploča poučne staze uz bunar Martin. Shema prikazuje okno duboko 72 m i vodoravne hodnike na dnu kroz koje se nafta cijedila u bunar. 38

Slika 9.4: Bunar Martin danas: kameni zid oko okna i drveni tronožac na kojem je visjelo uže s posudom za izvlačenje nafte. 39
Slika 9.5: Pogled u otvor bunara. Drvena obloga okna crna je od nafte, a na dnu se presijava nafta koja se i danas sama skuplja u oknu. 40
Slika 9.6: Pristup bunaru Martin kroz šumu. U pozadini se vide tronožac i informativna ploča. 41
Slika 9.7: Rub bunara Martin. Kamen je crn od nafte koja se skuplja u oknu, a na rubu stoje posude kojima se nafta može zahvatiti. 42
Slika 9.8: Bunar Martin sa stražnje strane: kameni zid i daske preko dijela otvora..... 43
Slika 9.9: Ploča „Kameno-uljna tvornica“ uz poljski put. Folija je s vremenom ispucala, pa ploču treba obnoviti. 44
Slika 10.1: Skladišne zgrade u Ciglenici (listopad 2026.). 46
Slika 10.2: Unutrašnjost skladišta: drveni sanduci s jezgrama na metalnim policama. . 47
Slika 10.3: Kartonske kutije s uzorcima krhotina iz INA-inih bušotina. 48
Slika 10.4: Jezgra iz INA-ine bušotine Mustadira-1 u Siriji, interval 2047–2056 m. 49
Slika 10.5: Jezgra pješčenjaka iz bušotine ŽU-146, polje Žutica, interval 1720,5–1735,5 m. 50
Slika 10.6: Uništeni sanduci na mjestu gdje su bile jezgre soli; iznad sanduci iz bušotine Kornati More KM-1, ispod iz bušotine Jadran IKA-1..... 52
Slika 10.7: Jezgra soli prije otapanja: borana laminacija halita (fotografija iz 2009.), mjerilo u centimetrima. 53

Popis tablica

Tablica 4.1: Eksploatacijska polja ugljikovodika na području budućeg Geoparka Moslavina: vrsta ugljikovodika, površina polja i udio površine unutar granice budućeg geoparka (prema podacima Agencije za ugljikovodike, s. a.b). 17
Tablica 10.1: Vlasništvo i upravljanje skladištem Mramor Brdo i stijenskim materijalom prije i nakon 2014. godine (prema Hrvatski geološki institut, 2015; Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika, 2018). 50

1 Uvod

Moslavina je najstarije naftno područje Hrvatske. Na izdanku nafte u potoku Paklenica kod Mikleuške ljudi su stoljećima skupljali paklinu, a od 1855. nafta se ondje vadila iz ručno kopanih rudarskih okana, među kojima je najpoznatiji bunar Martin. Na južnom obodu Moslavačke gore 1930-ih je pronađeno Gojlo, prvo naftno i plinsko polje u Hrvatskoj, a nakon osnivanja Naftaplina 1952. otkrivena su i velika polja Savskog bazena, među kojima su Stružec, Žutica i Ivanić. Nafta i plin pretvorili su Moslavinu iz pretežno agrarnog kraja u jedno od industrijskih središta zemlje i ostavili trag u krajoliku, naseljima i životima ljudi.

Ova studija izrađena je kao prilog inventarizaciji geobaštine budućeg Geoparka Moslavina. Njezin je cilj na jednom mjestu prikazati kako su nafta i plin u podzemlju Moslavine nastali, kako su pronađeni i iskorištavani te kakav su utjecaj imali na razvoj regije. P

Studija se temelji na objavljenim znanstvenim i stručnim radovima o geologiji Savskog bazena, na enciklopedijskim, povijesnim i lokalnim izvorima, prostorno-planskoj dokumentaciji i popisima stanovništva te na terenskom obilasku lokaliteta. Tekst je namijenjen široj publici, pa su stručni pojmovi objašnjeni jednostavnim jezikom i usporedbama iz svakodnevnog života, uz navođenje izvora za sve važnije podatke.

Drugo poglavlje prikazuje kako su nafta i plin utjecali na gospodarski i demografski razvoj Moslavine te uspoređuje stanje prije i nakon početka sustavnih istraživanja. Treće poglavlje objašnjava geološku pozadinu: nastanak Savskog bazena, matične stijene u kojima je nafta nastala, uvjete njezina sazrijevanja, putovanje kroz podzemlje, kolektorske stijene i zamke u kojima su nastala naftna i plinska polja.

Četvrto poglavlje donosi pregled petnaest naftnih i plinskih polja koja se cijela ili djelomično nalaze unutar granice budućeg geoparka, s kartom polja i kratkim opisom svakoga od njih. Sljedećih pet poglavlja posvećeno je pojedinim lokalitetima. Peto poglavlje opisuje Gojlo, najstarije naftno polje u Hrvatskoj, od otkrića do zatvaranja i današnjeg stanja naselja. Šesto poglavlje prati bušotinu Donja Jelenska-1, jednu od najdubljih istražnih bušotina u Moslavini, koja je dala jedan od najpotpunijih zapisa naslaga ovog kraja. Sedmo poglavlje opisuje Stružec, najveće naftno polje u Hrvatskoj, i način na koji se njegov obris nazire u reljefu, a kao primjer lokaliteta za budući geopark prikazuje obližnju istražnu bušotinu Voloder-9. Osmo poglavlje posvećeno je izdanku nafte u Paklenici kod Mikleuške i bunaru Martin, njihovoj povijesti, današnjem stanju i potrebnoj obnovi. Deveto poglavlje opisuje skladište bušaćih jezgara Mramor Brdo kraj Popovače, državni repozitorij stijenskog materijala iz naftnih i plinskih bušotina, te upozorava na oštećenja građe i potrebu njezine zaštite.

2 Nafta, plin i razvoj Moslavine

Moslavina je najstarije naftno područje Hrvatske, a nafta i plin su je u drugoj polovici 20. stoljeća pretvorili iz agrarnog kraja u jedno od industrijskih središta zemlje. Dragutin Pasarić to sažima u jednoj rečenici koju prenosi Maja Nemeš u diplomskom radu *Historijsko-geografski razvoj Moslavine* (Nemeš, 2021): bez ugljikovodika Moslavina bi „vjerojatno ostala agrarna regija“, a zahvaljujući njima postala je važno industrijsko područje Hrvatske.

Ovaj tekst je objedinjuje dostupne informacije o utjecaju nafte i plina na razvoj regije iz znanstveni, enciklopedijski i lokalni izvori: od Tehničke enciklopedije i radova s PMF-a i RGN-a do publikacija Muzeja Moslavine i lokalnih portala o Gojlu. Taj utjecaj pokušava staviti u kontekst uz demografsku sliku Moslavine prije početka sustavnih istraživanja, dakle uz popise do 1931. godine, i prati što se s brojem stanovnika događa nakon 1948., kad počinje industrijska proizvodnja ugljikovodika.

Usporedba pokazuje nešto manje dramatično, ali važnije od priče o „naftnom bumu“: nafta nije toliko povećala broj stanovnika Moslavine koliko ga je prostorno preraspoređila. Kutina i Ivanić Grad su rasli dok je ostatak regije od 1950-ih stagnirao i padao, a mjesta koja su živjela isključivo od bušotina, poput Gojla, doživjela su uspon i pad unutar jedne generacije.

2.1 Moslavina prije istraživanja: agrarna regija koja raste doseljavanjem

Do 1930-ih Moslavina je bila izrazito agrarna regija čiji je rast počivao na doseljavanju, a ne na industriji. Prebeg (2022) podsjeća koliko je nisko krenula: nakon osmanskih provala i razdoblja „ničije zemlje“ između Ivanića i Lonje, Popovača je 1754. imala svega 17 obitelji, a na području Kutine 1720. nije bilo nijednog selišta; 1738. bilo je sedam sela sa 62 selišta. Naseljavanje iz Gorskog kotara, Like, Dalmacije i Zagorja popunjava kraj kroz 18. i 19. stoljeće (Nemeš, 2021).

Gospodarski je Kutina do kraja 19. stoljeća živjela od drva. Jelena Lončar (2008) navodi da je glavni proizvod bila bačvarska dužica za francusko i njemačko vinogradarstvo, a prvi paromlinovi i parne pilane javljaju se tek pred 1900. Jedini „industrijski“ trag nafte iz tog doba su plitka okna kod Mikleuške, gdje se od 1855. nafta vadila gotovo ručno i, prema HRT-ovoj reportaži (HRT, 2015), „skupljala u vjedra“. Od 1855. do 1895. u Hrvatskoj je otvoreno tridesetak takvih okana (Tehnička enciklopedija LZMK, s. a.b), bez ikakva utjecaja na strukturu stanovništva.

Demografska slika na popisima od 1857. do 1931. je slika stabilnog, ujednačenog rasta. U današnjim granicama gradova Kutina je od 7.177 stanovnika (1857.) narasla na 14.991 (1931.), Popovača s 5.869 na 13.007, a Garešnica sa 7.629 na 15.462. Sva tri područja su se, dakle, udvostručila i bila su demografski ravnopravna: Garešnica je 1931. bila nešto

veća od Kutine. Rast je bio najbrži između 1890. i 1910., u desetljećima nakon željeznice, kad Lončar bilježi doseljavanje oko 16.000 Hrvata (1880–1930), uz mađarske, njemačke i češke doseljenike koji su oko 1900. činili do 40 % stanovnika. Nije to bila regija u krizi, nego gusto naseljen seljački kraj na granici svojih agrarnih mogućnosti: Nemeš (2021) bilježi da prirodni prirast postaje negativan već od 1940-ih.

2.2 Od Mikleuške do Gojla: istraživanja 1855–1941.

Sustavna istraživanja počinju tek 1930-ih, i to na Gojlu, koje literatura jednoglasno zove kolijevkom hrvatske naftne industrije. Prva duboka bušotina izbušena je 1932. i umjesto nafte našla je plin (Nemeš, 2021); prema lokalnim izvorima plin se počeo koristiti već 1930., a nafta je otkrivena 1941. Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.b) bilježi da su bušotine duboke 650 m davale 50–70 tona nafte na dan, što je za tadašnje jugoslavenske prilike bilo značajno ležište.

Važno je uočiti što je nafta značila na razini jednog sela već prije 1945. Komunalno poduzeće Moslavina d.o.o. (s. a.) dokumentira da je vodovod Gojla, s crpnom stanicom na Ilovi, 6 km cjevovoda, filtarskom instalacijom i spremnikom, izgrađen 1937./38. isključivo za potrebe eksploatacije nafte. Uz njega su izgrađeni bazen za kupanje i šest bušenih zdenaca, a vodu je dobilo „stotinjak kućanstava“. Isti izvor zaključuje: „Rijetko je koje naselje u široj okolici imalo u to doba vodoopskrbu kao Gojlo.“ Prema nepotvrđenim lokalnim izvorima moglo se je i zaključiti i da je Gojlo s bazenom, kinom i javnim razglasom bilo „razvijenije od same Kutine“.

To je prvi i najjasniji obrazac utjecaja nafte u Moslavini: infrastruktura je stizala tamo gdje su bile bušotine, a ne tamo gdje su bili ljudi. Brdsko selo od stotinjak kuća dobilo je komunalni standard kakav Kutina kao kotarsko središte s oko 15.000 stanovnika u okolici nije imala. Isti obrazac poslije će, u većem mjerilu, odrediti i sudbinu samog Gojla kada proizvodnja nafte prestane zbog pada ležišnog tlaka i zavodnjavanja bušotina.

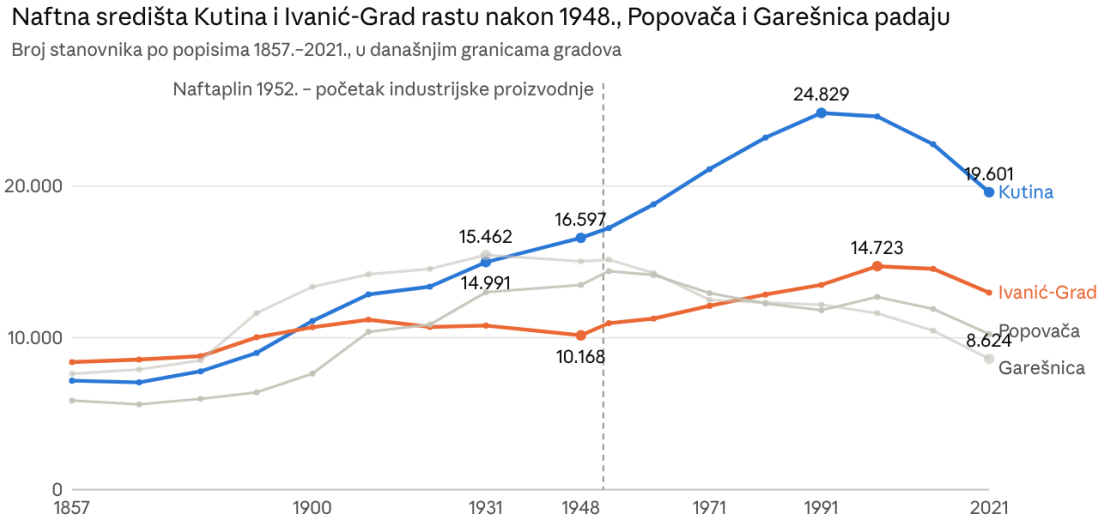
2.3 Naftaplin, Stružec, INA i Petrokemija: industrijalizacija 1952–1980-ih

Pravi zamah u istraživanjaima na području Moslavine počinje 1952. osnivanjem Naftaplina (Lončar, 2008; Nemeš, 2021; Tehnička enciklopedija LZMK, s. a.b). Godišnja proizvodnja u to vrijeme bila je na razini od 100.000 tona za što su zaslužna otkrića polja između Križa i Ivanić-Grada nakon 1948. Slijedila su otkrića najvećih moslavačka polja: Stružec (proizvodnja od 1957., ukupno oko 16 milijuna tona), Ivanić (od 1962., oko 7 milijuna tona) i Žutica (od 1966., oko 16 milijuna tona), uz naftno-plinska polja Kloštar Ivanić, Mramor Brdo i Okoli.

Financijska korist nastala pridobivanjem nafte poticala je i razvoj manjih općina na području: od 1971. INA-Naftaplin plaćao im je naknadu od 2,5 % vrijednosti proizvedenih ugljikovodika (Lončar, 2008). Na drugom kraju regije Ivanić-Grad, „grad koji spava na nafti“, dobio je 1988. lječilište Naftalan, jedinstveno po liječenju naftalanskom naftom (Muzej Moslavine, 2024).

2.4 Demografska usporedba: prije i poslije nafte

Popisne brojke pokazuju da nafta nije izazvala demografski rast Moslavine, nego preraspodjelu stanovništva prema Kutini. Do 1931. tri usporediva gradska područja rastu usporedno i gotovo jednakim tempom, a Garešnica je čak najveća. Nakon 1948. putovi se razilaze: Kutina od 16.597 stanovnika raste na 24.829 (1991.), za 50 % ili 8.200 ljudi, dok Popovača s vrhunca 1953. (14.400) pada na 11.822, a Garešnica s 15.462 (1931.) na 12.186. Ta dva područja, bez prerađivačke jezgre i s poljima koja su radnike vozila u Kutinu ili Ivanić, od 1950-ih imaju trend tipičan za agrarnu Hrvatsku .



Slika 2.1: Popisi stanovništva 1857.–2021. prema DZS-u, objedinjeno prema Wikipediji (s. a.) za Kutinu, Ivanić-Grad, Popovaču i Garešnicu

Ivanić-Grad, drugo naftno središte Moslavine, potvrđuje taj obrazac. Do 1948. stagnira oko 10.000 stanovnika, a s poljima Križ–Šumećani, Kloštar, Ivanić i Žutica raste na 13.494 (1991.) i 14.723 (2001.), za 45 % u odnosu na 1948. Rast je sporiji od kutinskog jer Ivanić-Grad nije dobio veliku prerađivačku industriju poput Petrokemije, ali je i pad nakon 2001. blaži.

Moslavina u cjelini, prema Nemeš (2021), vrhunac dostiže 1953. s preko 107.000 stanovnika i otad pada: na oko 102.000 (2001.) i 95.000 (2011.). Kutina je, drugim riječima, rasla iz regije koja se u istom razdoblju smanjivala. Dio tog rasta je prirodni prirast mladih industrijskih doseljenika, ali veći dio je unutarregionalna i međuregionalna migracija prema radnim mjestima INA-e i Petrokemije. Naftni učinak u Kutini zato je prije svega zadržavanje i koncentracija stanovništva koje bi inače otišlo, a ne stvaranje novog.

Na razini naselja razlika je još oštrija. Naselje Kutina imalo je 1991. 14.992 stanovnika, 60 % stanovništva grada (PPUG Kutine, s. a.), a 2011. 13.735 (Strategija razvoja Grada Kutine,

2015). Prije rata bilo je to trgovište od nekoliko tisuća ljudi; brojka od oko 3.400 stanovnika 1948., koju navodim iz sjećanja, treba se provjeriti u DZS-ovoj bazi *Naselja i stanovništvo RH 1857.–2001*. Nemeš potvrđuje da Kutina kao naselje ima najviše stope rasta upravo u 1980-ima, u desetljeću punog kapaciteta Petrokemije.

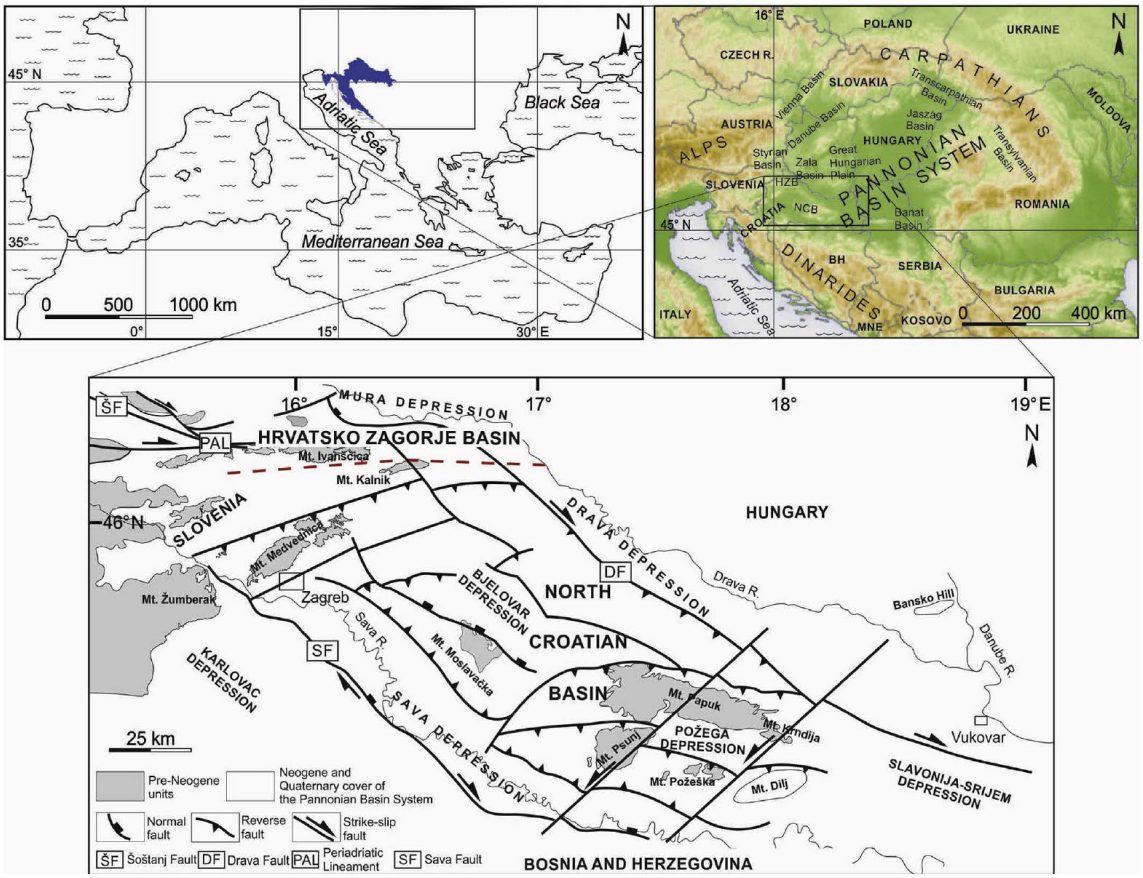
Nafta i plin jesu pretvorili Moslavinu iz agrarne u industrijsku regiju, ali popisi pokazuju da se taj preobražaj dogodio bez rasta ukupnog stanovništva. Prije istraživanja, do 1931., regija je rasla ravnomjerno i doseljavanjem, a njezina središta bila su demografski izjednačena. Nakon 1952. rast se koncentrirao u Kutini, gdje su INA i Petrokemija zadržale i privukle stanovništvo koje je iz ostatka Moslavine odlazilo, dok su naftna sela poput Gojla prošla puni ciklus uspona i pada. Deindustrijalizacija nakon 1991. je tu koncentraciju stanovništva počela ublažavati.

3 Početak priče o nafti u Moslavini

Kad se vozite autocestom između Ivanić-Grada i Lipovljana, ispod vas se, nekoliko kilometara duboko, krije jedna od najzanimljivijih geoloških priča Hrvatske. Taj prostor geolozi zovu **Savski bazen**: dugačka udolina, široka dvadesetak i duga oko devedeset kilometara, koja se pruža južno od Moslavačke gore. Kroz posljednjih osamnaest milijuna godina u nju se je nataložilo više od pet kilometara debljine stijena od vapnenaca do pješčenjaka, lapora, ugljena i glina. U tim su naslagama nastali i ostali zarobljeni nafta i plin koji su obilježili Moslavinu i njen kasniji razvoj.

U Savskom bazenu otkriveno je dvadesetak naftnih i plinskih polja, a većina ih još radi. Najveća su Stružec i Žutica, koja su zajedno dala oko 35 milijuna kubnih metara nafte i plinsko polje Okoli.

Da bi negdje nastalo naftno polje, prirodno se modra dogoditi pet različitih događaja odnosno faktora. Prvi je stijena bogata neraspadnutim ostacima sitnih organizama – „matične stijene“. Drugi je dovoljno duboka subsidencija ili kolokvijalno „zakopavanje“ da se ti ostaci polako „skuhaju“ odnosno termalno dozriju u naftu. Treći su putovi kojima nafta može putovati od mjesta nastanka do današnjih naftnih polja. Četvrti je šupljikava stijena koja je može upiti naftu, poput spužve. Peti je nepropusni „poklopac“ koji je zadrži u podzemlju da ju kasnije, nakon nekoliko milijuna godina, možemo pronaći i crpiti za rafiniranje u korisne stvari. U Savskom bazenu svih se pet sastojaka se je poklopilo, a tema ovog poglavlja je način na koji se to dogodilo.



Slika 3.1: Savski bazen jedan je od nekoliko izduženih bazena na jugozapadnom rubu velikog Panonskog bazena (prema Pavelić i Kovačić, 2018).

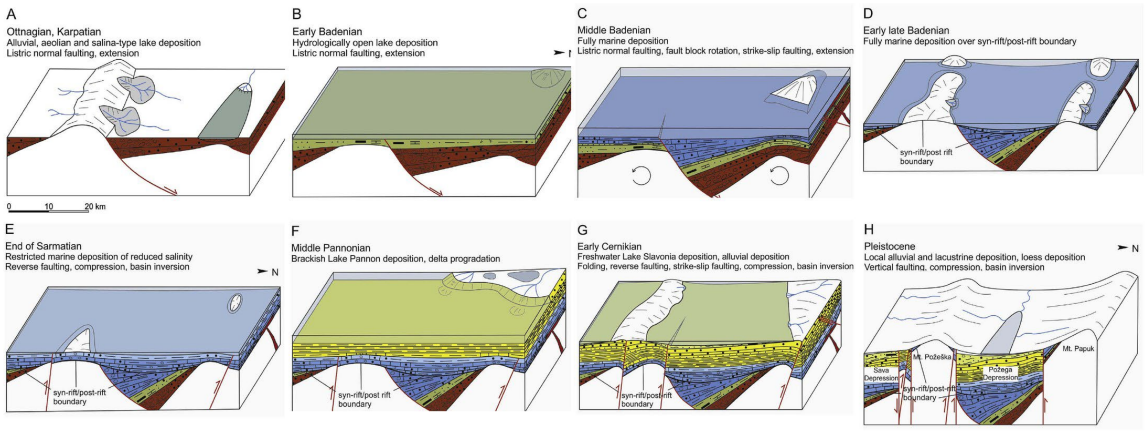
3.1 Kako je nastao Savski bazen

Savski bazen nastao je tako što se Zemljina kora ovdje, prije oko 18 milijuna godina, počela rastezati i pucati. Vizualno to možemo zamisliti kao tijesto koje razvlačite: postaje sve tanje, a na najtanjim mjestima puca. Slično se dogodilo s korom ispod današnjeg panonskog područja. Sudar kontinentalnih ploča na rubovima Alpa, Karpata i Dinarida izazvao je da se ispod nje izdigne vrući plašt, a kora se iznad njega stanjila, razlomila u blokove i počela tonuti. Tako je nastao Panonski bazen, a na njegovu jugozapadnom rubu nekoliko izduženih udolina, među kojima i Savski bazen.

Povijest bazena ima dva poglavlja (Pavelić i Kovačić, 2018). U prvom, od prije oko 18 do 14 milijuna godina, kora se lomila u nagnute blokove, poput niza nakrivljenih knjiga na polici, a između njih su se otvarale duboke udoline. Takve udoline bile su povoljne za taloženje velikih debljina sedimenata krupnijih klasta koji u Moslavačkom području nisu glavini dio priče već obilježavaju značajnu građu u Podravini. U drugom poglavlju, od prije oko 14 milijuna godina do danas, kora se više nije lomila, ali je, hladeći se, polagano tonula dalje, a udoline su se punile sedimentima. Prvo su tu bila manja jezera, zatim more, onda opet jezero, ali ovaj put jedno veliko, i naposljetku rijeke i kopno kakvo poznajemo danas.

Slika 3.2 prikazuje tu priču u osam koraka. Na početku (A) u udolinama su bile rijeke, koje su formirale šljunčane lepeze, slana jezera, a klima se izmjenjivala između sušne i vlažne.

Zatim je cijeli prostor prekrilo duboko slatkovodno jezero (B), a prije oko 15 milijuna godina i toplo more (C, D), u kojem su oko otoka rasli grebeni s algama i koraljima, a morem plivali kitovi, dupini i morski psi. Krajem sarmata more se povuklo (E), a prije oko 11,6 milijuna godina Panonsko more konačno je ostalo odsječeno od oceana i pretvorilo se u golemo Panonsko jezero (F). Rijeke su ga postupno zatrpale. Nakon njega ostalo je manje Slavonsko jezero (G), a danas tu teku rijeke Sava i Lonja (H).

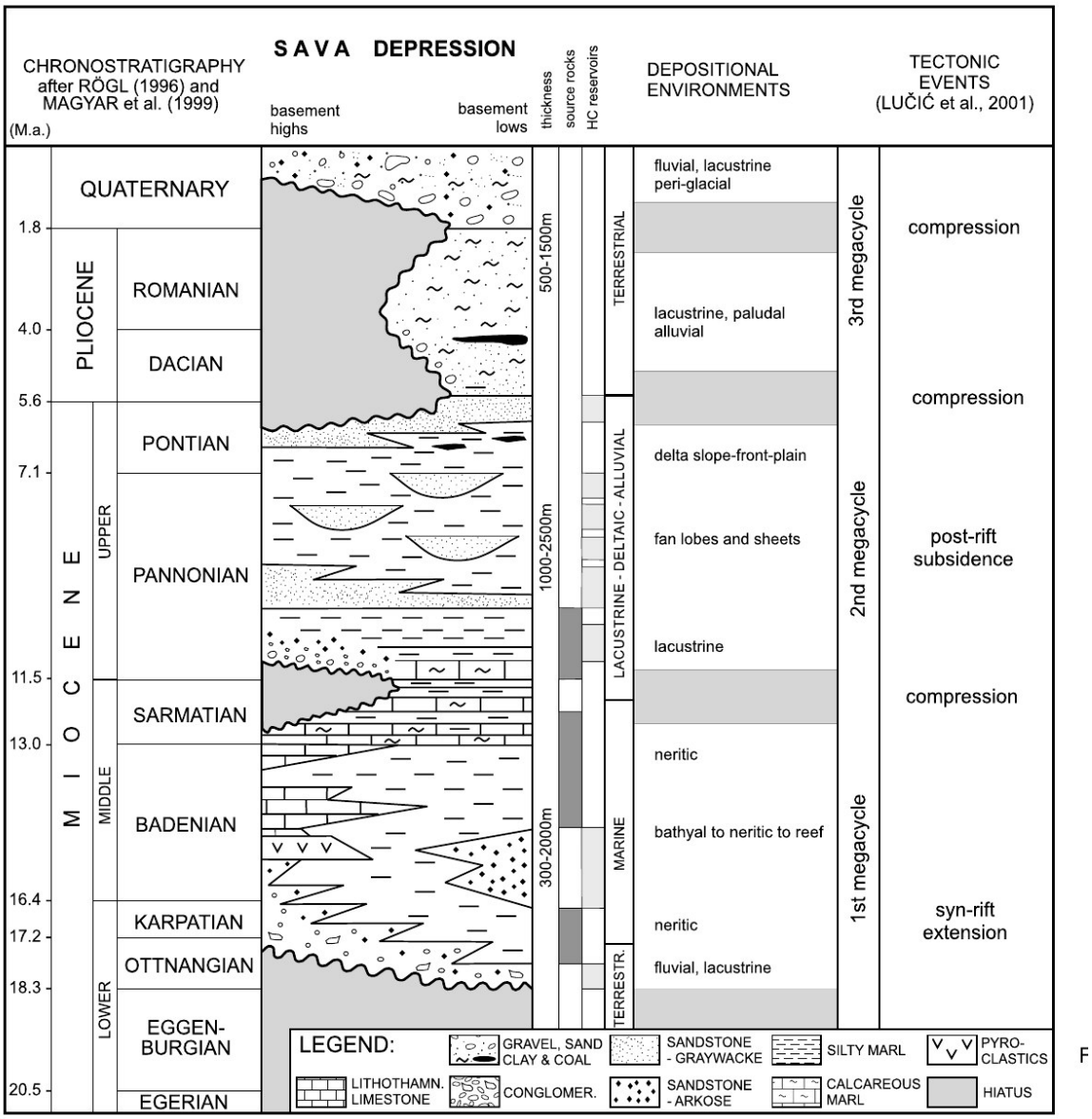


Slika 3.2: Kako se mijenjao prostor sjeverne Hrvatske: od rijeka i slanih jezera (A), preko mora (C–E) i Panonskog jezera (F), do današnjeg kopna (H). Na posljednjoj slici označen je Savski bazen (prema Pavelić i Kovačić, 2018).

Za naftu je posebno važan završni dio priče. U posljednjih pet milijuna godina kora se počela stiskati, kao da netko gura tepih s obje strane. Stari rasjedi pomaknuli su se u suprotnom smjeru, blokovi stijena izdigli su se u današnje gore poput Moslavačke gore, Psunja i Papuka, a slojevi u bazenu blago su se savili u ispupčenja. Upravo su ta ispupčenja postala zamke u kojima se skupila nafta. Savski bazen pritom je jedan od najdubljih u Hrvatskoj: na najdubljem mjestu stijene stare podloge leže na oko 5,5 km dubine.

3.2 Knjiga od stijena: tri poglavlja naslaga

Naslage Savskog bazena možemo čitati kao knjigu od tri poglavlja, koja geolozi zovu megaciklusima. Svako poglavlje počinje porastom razine mora ili jezera, a završava njezinim padom, i svako je trajalo pet do sedam milijuna godina (Saftić i dr., 2003). Granice među poglavljima su „pokidane stranice“: razdoblja kad se tlo izdizalo, a vrh naslaga bio odnesen erozijom. Svako poglavlje ima svoju ulogu u nastanku nafte (slika 3.3).



Slika 3.3: Regionalna građa Savskog bazena: starost i vrsta naslaga, okoliši u kojima su nastale, tri megaciklusa i tektonski događaji (prema Saftić i dr., 2003).

Prvo poglavlje: rijeke, jezera i more (prije oko 18 do 11,6 milijuna godina). Najprije su se u udolinama taložili šljunak i pijesak rijeka i jezera, a zatim je bazen preplavilo toplo more. U njegovim dubinama taložio se tamni mulj, a na plitkim otocima rasli su grebeni od algi. Taj tamni mulj, danas pretvoren u lapor, bit će najvažniji izvor nafte. Na samo nekoliko kilometara udaljenosti debljina ovih naslaga mijenja se od nekoliko metara do dva kilometra, ovisno o tome je li se taložilo na vrhu bloka ili u udolini.

Drugo poglavlje: Panonsko jezero (prije oko 11,6 do 5,6 milijuna godina). Kad je more ostalo odsječeno od oceana, nastalo je golemo, blago slano jezero koje je prekrivalo velik dio srednje Europe. Rijeke iz Alpa donosile su u njega ogromne količine pijeska, koji je podvodnim mutnim tokovima klizio u duboke dijelove jezera. Tako je

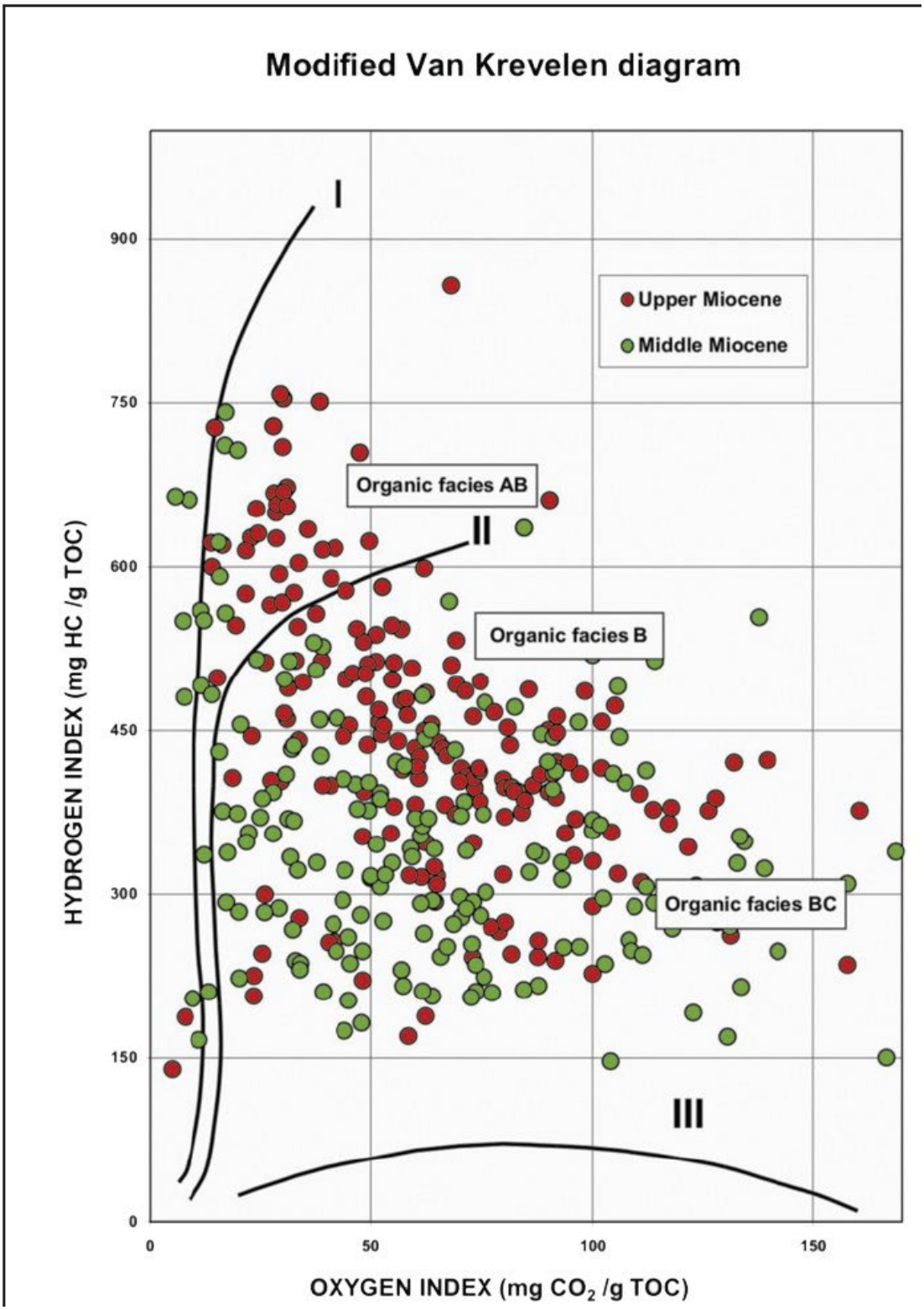
Treće poglavlje: rijeke i močvare (od prije 5,6 milijuna godina do danas). Panonsko jezero s manjkom donosa materijala i prestankom tonjenja kore pretvara se u manja jezera i močvare, a prostor su na kraju preuzeli riječni okoliši. Taložili su se pijesci, gline i slojevi lignita, koji zajedno ponegdje debeli i više od kilometar i pol. Za naftu ovo poglavlje nije toliko važno, no unutar ovih naslaga moguć je nastanak plina, sličnog kakvog možemo naći u podmorju Jadrana kakav se crpi na našim platformama.

3.3 Odakle nafta: organski bogati mulj s dna mora i jezera

Nafta Savskog bazena nastala je od mikroskopskih algi i bakterija koje su prije 15 do 11 milijuna godina živjele u moru i u Panonskom jezeru. Kad bi uginule, potonule bi na dno. Ondje, u dijelovima bazena gdje u vodi ili moru nije bilo bez kisika, nije ih imao tko razgraditi, pa su se izmiješale s muljem i ostale sačuvane. Takav tamni mulj, danas čvrsta stijena lapor, geolozi zovu **matičnom stijenom**: to je „kuhinja“ u kojoj nafta nastaje.

U Savskom bazenu postoje dvije takve kuhinje (Troskot-Čorbić i dr., 2009). Starija su tamni lapori iz razdoblja badenskog mora, debeli i do nekoliko stotina metara. Mlađa su lapori s dna Panonskog jezera iz donjeg panona. Obje sadrže prosječno oko 1,3 % organske tvari, a mjestimično i do 5 %, što je za matičnu stijenu vrlo dobro. Organska tvar u njima većinom je algalnog podrijetla, ona koja pri zagrijavanju daje upravo naftu, a ne samo plin. Na to da je dno bilo bez kisika upućuju i sitna zrnca pirita, tzv. „fools gold“ ili nešto što na prvid vrlo liči zlatu, a radi se o željeznim sulfidima, kojih u tim laporima ima mnogo.

Ideja nije nova. Još je 1944. geolog Ožegović tanke smeđe bitumenske slojeve kod Gojla i Janje Lipe proglasio „pravim matičnim stijenama zemnog ulja“ (prema Troskot-Čorbić i dr., 2009). Danas to potvrđuju analize stotina uzoraka iz istražnih bušotina.



Slika 3.4: Kakva je organska tvar u matičnim stijenama? Većina uzoraka iz morskih (zeleno) i jezerskih naslaga (crveno) pada u polje tipa II, organske tvari koja daje naftu (prema Troskot-Čorbić i dr., 2009).

Matične stijene nisu svugdje jednako dobre. Bliže obalama, uz tadašnje otoke Medvednicu i Moslavačku goru, u mulj je dospijevalo više ostataka kopnenog bilja, koje daje više plina, a manje nafte. Najbolje područje za nastajanje nafte ili tzv. „kuhinje“, nalaze se u najdubljem, južnom dijelu bazena, ispod današnje doline Save.

Postoji i treći, sasvim drukčiji izvor plina: mladi slojevi lignita u plitkim naslagama. Na lokacijama Vrbak i Benkovica plin iz takvih slojeva gotovo je čisti metan, a nastao je djelovanjem mikroorganizama, ne toplinom (Barić, 1993). To je isti proces koji stvara plin u močvarama, ali u našem Jadranskom podmorju..

3.4 Podzemna kuhinja: kad stijena postane nafta

Da bi se ostaci alga pretvorili u naftu, moraju se „skuhati“, što podrazumijeva da moraju biti dovoljno duboko i dovoljno dugo se zagrijavati. Svakim kilometrom dubine stijene su toplije, a Savski bazen je pritom osobito vruć: temperatura raste za 3 do 7 °C na svakih 100 m dubine, što je više od prosjeka na Zemlji. Razlog takve povišene topline je tanka kora ispod Panonskog bazena, kroz koju se toplina iz unutrašnjosti Zemlje lakše probija na površinu(Barić i dr., 2003).

Organska tvar počinje davati naftu na temperaturi od oko 70-tak °C i više. U Savskom bazenu ta se granica, takozvani **naftni prozor**, nalazi na dubini od oko 2000 do 2200 metara i proteže se do oko 3600 m. Dublje od toga stijene su prevruće za naftu i nastaje uglavnom plin (Troskot-Čorbić i dr., 2009).

Najveće iznenađenje je koliko je ta nafta mlada. Iako su matične stijene stare 11 do 15 milijuna godina, dovoljnu dubinu za generiranje nafte su dosegle tek nedavno. Prema Barić i dr. (2003) počele su davati naftu prije oko 5,8 do 4,2 milijuna godina.

3.5 Putovanje nafte

Kad nafta nastane, ne ostaje na mjestu. Lakša je od vode koja ispunjava pore stijena, pa se, poput kapi ulja u čaši vode, polako penje prema gore. Najprije se istiskuje iz matične stijene kroz sitne pukotine, a zatim putuje kroz propusne slojeve i uzduž rasjeda, velikih pukotina u Zemljinoj kori, sve dok je ne zaustavi nepropusna prepreka. U stručnom žargonu, to nazivamo migracijom nafte.

U Savskom bazenu to putovanje bilo je kratko: nafta je uglavnom putovala okomito i ukošeno uzduž rasjeda, iz najdubljih dijelova bazena prema obližnjim izdignutim blokovima (Saftić i dr., 2003; Troskot-Čorbić i dr., 2009). To potvrđuje i njezina kemija: nafte različitih polja vrlo su slične i imaju zajedničko podrijetlo iz istih matičnih stijena.

Kad je nafta stigla u plitka ležišta, ponegdje su je promijenili voda i bakterije. Na sjevernom rubu bazena, uz Moslavačku goru, bakterije su iz nafte „pojele“ lakše sastojke i ostavile gustu, tešku naftu (Barić, 1996). Upravo je takva naftenska nafta s polja Šumećani sirovina za lječilište Naftalan u Ivanić-Gradu, jedino takvo u Europi.

Dio nafte nikad nije stigao u zamku, nego je iscurio na površinu. Najljepši primjer je izvor nafte u potoku Paklenica kod Mikleuške, gdje je ljudi stoljećima skupljaju kao paklinu. Taj izdanak doslovno je prozor u putovanje nafte kroz Savski bazen.

3.6 Kamene spužve: gdje se nafta skuplja

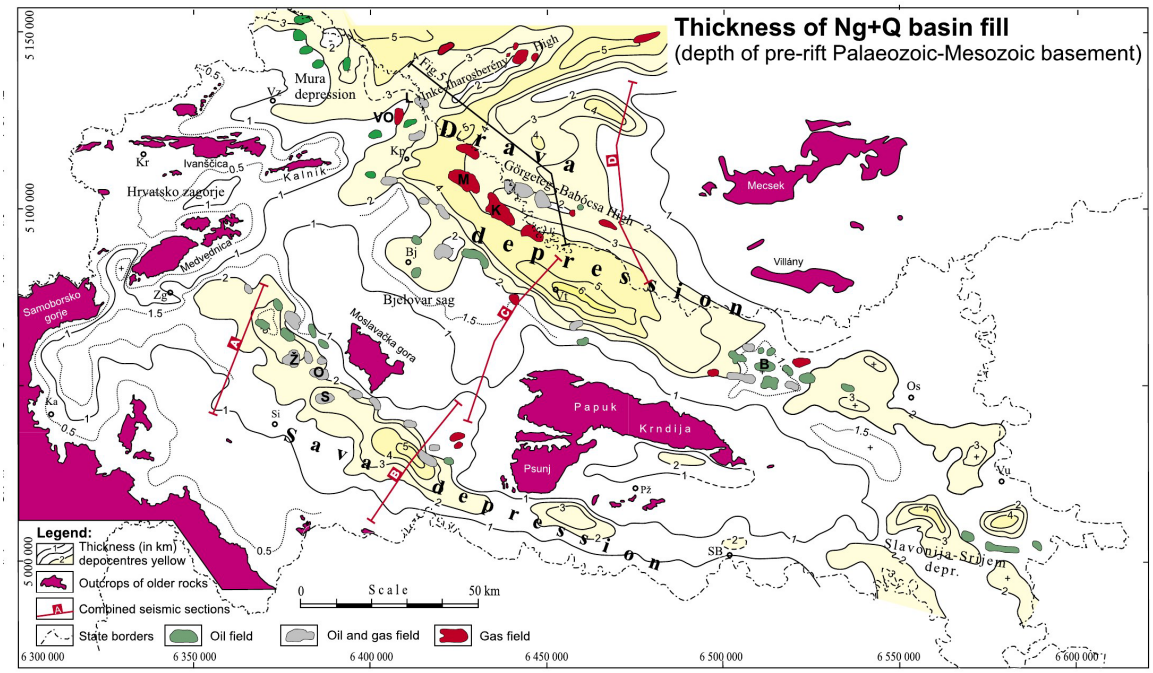
Nafta se ne nalazi u podzemnim jezerima, nego u sitnim porama stijena, kao voda u spužvi. Stijena koja može primiti i propustiti naftu zove se **kolektorska stijena**. U Savskom bazenu postoje tri vrste takvih kolektorskih stijena.

Raspucali granit. Najstarija ležišta nalaze se u samoj podlozi bazena, u granitu i gnajsu starima stotinama milijuna godina. Ista stijena koja na Moslavačkoj gori izbija na površinu, nekoliko kilometara zapadnije leži zakopana i ispucana, a u njezinim pukotinama skupila se nafta (Saftić i dr., 2003). Takva ležišta imaju, primjerice, polja Bunjani i Šumećani.

Grebeni i šljunci badenskog mora. Uz obale tadašnjih otoka taložili su se šljunci i rasli grebeni od algi. Danas su to porozni konglomerati i vapnenci, u kojima su manja, ali katkad izdašna ležišta.

Pijesci i pješčenjaci Panonskog jezera. Daleko najviše nafte nalazi se u pješčenjacima Panonskog jezera. Taj je pijesak doputovao iz Alpa: rijeke su ga donosile do jezera, a odande je podvodnim „lavinama“, takozvanim turbiditnim strujama, klizio u duboke dijelove jezera i taložio se u obliku golemih podvodnih lepeza (Saftić i dr., 2003). U Savskom bazenu jedno takvo pješčano tijelo dugo je više od 90 km i široko do 15 km (Vrbanac, 2002). Najpoznatiji su Iva i Okoli pješčenjaci. Samo Iva pješčenjak sadrži oko **30 % svih otkrivenih rezervi nafte i plina u Hrvatskoj** (Saftić i dr., 2003), a do trećine njegova volumena čine pore.

Na karti debljine naslaga (slika 3.6) dobro se vidi kako se naftna i plinska polja nizaju uz najdublje dijelove Savskog i Dravskog bazena, gdje su matične stijene najbolje „skuhane“, i na njihovim rubovima, gdje su pješčenjaci izdignuti u zamke.

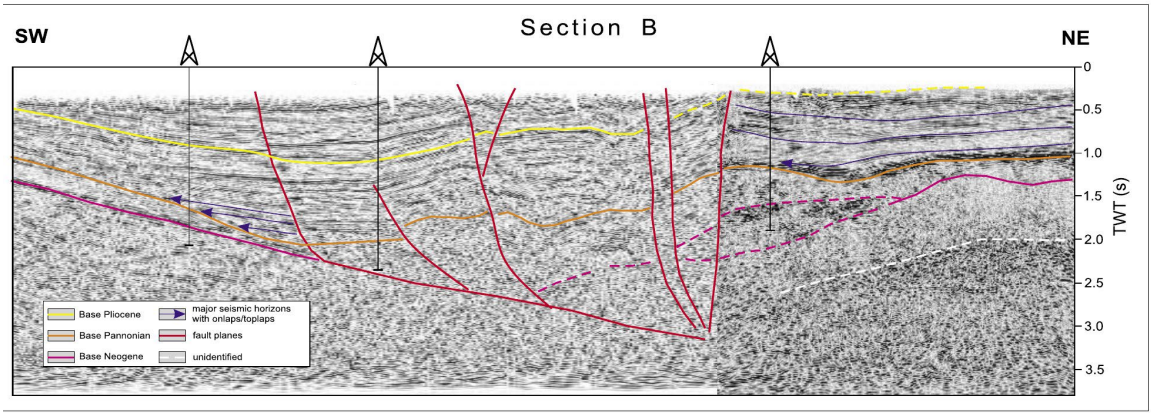


Slika 3.5: Koliko su debele naslage iznad stare podloge (u km) i gdje se nalaze naftna (zeleno) i plinska polja (crveno) u Savskom i Dravskom bazenu (prema Saftić i dr., 2003).

3.7 Zamke: kako nastaje naftno polje

Nafta koja se penje unutar pješčenjaka, ne bi se nikad zaustavila da je ne zadrži nešto nepropusno, nešto u vidu „poklopca“, a u pravom svijetu to je sloj lapora kroz koji ne može proći. Ako je taj poklopac ispupčen poput obrnute zdjele, nafta se skupi ispod njegova vrha i nastane **zamka**. U njoj se fluidi slože po težini: plin na vrhu, ispod njega nafta, a na dnu voda.

Većina polja Savskog bazena nalazi se upravo u takvim ispupčenjima, antiklinalama, iznad izdignutih blokova stare podloge (Saftić i dr., 2003). Nastajala su postupno: najprije su se slojevi blago ispupčili jer su se mekani muljevi više slegli iznad dubokih udolina nego iznad uzvisina, a zatim ih je stiskanje kore u posljednjih pet milijuna godina dodatno izdiglo i savilo (slika 3.7). Sretna je okolnost da su se zamke oblikovale u isto vrijeme kad je nafta nastajala, ili nešto prije, pa su bile spremne da je mogu uzamčiti.



Slika 3.6: Pogled u dubinu Savskog bazena pomoću seizmike, „ultrazvuka" Zemlje: obojene linije su granice glavnih skupina naslaga, a crvene linije rasjedi uz koje su se slojevi izdigli i savili (prema Saftić i dr., 2003).

Uz rub Moslavačke gore postoji i druga, posebna vrsta zamke: u engleskoj se nomenklaturi zove *buried hill*. To su stari granitni brežuljci koje je prekrilo more, a nafta se skupila u ispucanom vrhu granita i u šljuncima koji ga pokrivaju. Takva su polja Gojlo, Šumećani i Bunjani, plitka i među najstarijima u Hrvatskoj (Kranjec i Vugrinec, 1978; Velić i dr., 2012).

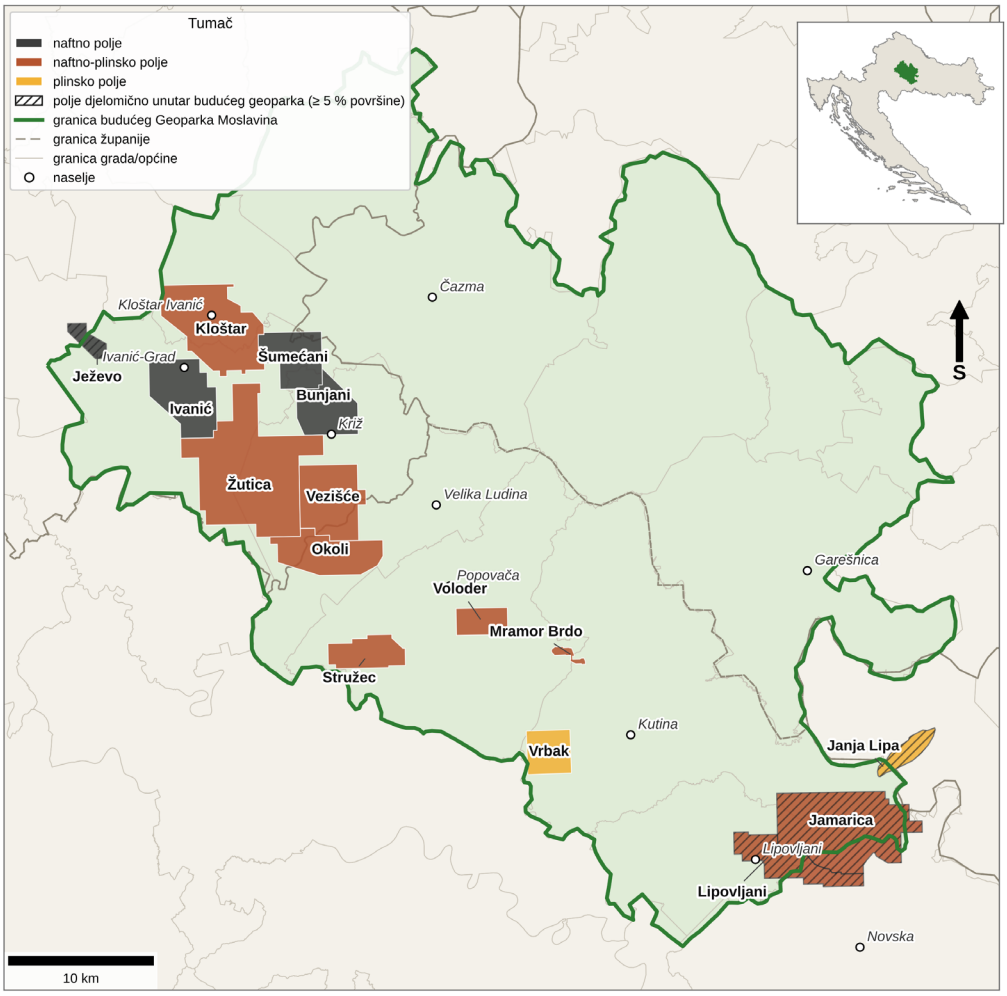
Tako se može ispričati cijela priča o nafti Savskog bazena. Alge u badenskom moru i Panonskom jezeru dale su organsku tvar. Debeli slojevi naslaga doveli su ju do velikih dubina gdje su je i zagrijali, pa se u posljednjih nekoliko milijuna godina pretvorila u naftu i plin. Rasjedi su tu naftu proveli do pijesaka nastalih iz materijala koji je doputovao iz Alpi ili do raspucalog granita. Ondje su ih zadržali nepropusni lapori u zamkama koje je oblikovalo stiskanje kore. Geolozi taj sklop nazivaju **naftnim sustavom**, a Savski naftni sustav jedan je od dva ključna u hrvatskom dijelu Panonskog bazena, uz Dravski (Barić i dr., 2003).

4 Naftna i plinska polja budućeg Geoparka Moslavina

Prethodno poglavlje objasnilo je kako su u Savskom bazenu nastali nafta i plin. Rezultat tih procesa vidljiv je na karti eksploatacijskih polja: unutar granice budućeg Geoparka Moslavina ili djelomično unutar nje nalazi se petnaest polja na kojima se nafta i plin pridobivaju ili su se pridobivali (slika 4.1, tablica 4.1). Na karti su prikazana polja kojima najmanje 5 % površine leži unutar budućeg geoparka. Jedanaest ih se u cijelosti nalazi unutar granice, a četiri polja, Jamarica, Lipovljani, Ježevo i Janja Lipa, granica presijeca.

Polja se nižu u dva pojasa. Prvi prati zapadni i južni obod Moslavačke gore, od Kloštra, Bunjana i Šumećana do Mramor Brda; to su plitka i stara polja, mnoga s ležištima u raspucanoj kristalinskoj podlozi gore. Drugi pojas čini niz polja u dubljem dijelu bazena, od Ježeva, Ivanića i Žutice preko Okola i Vezišća do Stružeca, Volodera i Lipovljana, s ležištima u pješčenjacima gornjeg panona, odnosno drugog neogenskog megaciklusa (Velić i dr., 2002; Velić, 2007). Glavni izvor podataka za opise koji slijede je udžbenik Geologija ležišta nafte i plina (Velić, 2007), dopunjen pregledima Velića i suradnika (2002, 2012) te drugim navedenim radovima. Polja su opisana abecednim redom.

Eksploatacijska polja ugljikovodika na području budućeg Geoparka Moslavina



Izvori: Agencija za ugljikovodike (eksploatacijska polja); granica budućeg Geoparka Moslavina; geoBoundaries (administrativne granice). Projekcija: WGS 84 / UTM 33N.

Slika 4.1: Eksploatacijska polja ugljikovodika kojima najmanje 5 % površine leži unutar granice budućeg Geoparka Moslavina (prema podacima Agencije za ugljikovodike, s. a.b).

Tablica 4.1: Eksploatacijska polja ugljikovodika na području budućeg Geoparka Moslavina: vrsta ugljikovodika, površina polja i udio površine unutar granice budućeg geoparka (prema podacima Agencije za ugljikovodike, s. a.b).

Polje	Vrsta	Površina polja (km^2)	Udio površine unutar budućeg geoparka (%)
Bunjani	nafta	13,6	100
Ivanić	nafta	19,2	100
Jamarica	nafta i plin	42,2	75
Janja Lipa	plin	4,9	13
Ježevo	nafta	3,2	59
Kloštar	nafta i plin	30,5	100
Lipovljani	nafta i plin	14,1	62
Mramor Brdo	nafta i plin	1,1	100
Okoli	nafta i plin	17,1	100

Polje	Vrsta	Površina polja (km^2)	Udio površine unutar budućeg geoparka (%)
Stružec	nafta i plin	10,0	100
Šumećani	nafta	13,9	100
Vezišće	nafta i plin	20,3	100
Voloder	nafta i plin	6,5	100
Vrbak	plin	9,0	100
Žutica	nafta i plin	55,9	100

4.1 Bunjani

Bunjani leže na zapadnom obodu Moslavačke gore, između Križa i Ivanić-Grada. Polje je pušteno u proizvodnju 1952. godine i, uz Gojlo, Šumećane, Kloštar i Dugo Selo, pripada najstarijoj generaciji hrvatskih naftnih polja, koja su proradila između 1941. i 1957. godine (Velić, 2007). Bunjani su školski primjer zamke tipa *buried hill*:neogenske naslage taložile su se i slijegale preko izdignutog dijela stare podloge izgrađene od paleozojskih granita i gnajsova. Upravo su ti trošni i raspucani graniti i gnajsovi, uz oligomiocenske konglomerate i pješčenjake, ležišne stijene polja, pa su Bunjani, uz Šumećane, mjesto na kojem su u Savskom bazenu utvrđene najstarije stijene s ugljikovodicima (Velić, 2007; Velić i dr., 2012). Debljina neogenskih naslaga iznad takvih struktura obično je manja od 1000 m, pa su ležišta plitka (Velić, 2007). Za budući geopark je ovo polje najbolji primjer kako ista stijena koja na Moslavačkoj gori izbija na površinu kao granit, nekoliko kilometara zapadnije, zakopana i raspucana, može biti spremnik nafte.

4.2 Ivanić

Naftno-plinsko polje Ivanić nalazi se oko 35 km jugoistočno od Zagreba, uz Ivanić-Grad, na ravničarskom terenu s kotama od 97 do 105 m (Velić, 2007). Istraživanja su počela seizmičkim snimanjima 1954. godine. Prva bušotina Iva-1 iz 1959. nije pogodila ležišne stijene u povoljnoj strukturi, a ležišta su otkrivena tri godine kasnije bušotinom Iva-2. Razradno bušenje trajalo je od 1962. do 1966., kada je ostvarena i najveća godišnja proizvodnja, oko 400.000 m^3 nafte. Ležište čine sitno- do srednjozrnati pješčenjaci starijeg dijela člana Iva formacije Ivanić-Grad (gornji panon), složeni u sedam paketa odvojenih laporima, a zamku čini antiklinala visine zatvaranja oko 80 m (Velić, 2007). Prvim proračunom utvrđeno je 25,1 milijun m^3 nafte. Primarnim crpljenjem iscrpljeno je samo oko 10 %, pa je 1972. uvedeno zavodnjavanje, a do 1995. ukupno je pridobiveno 7,98 milijuna m^3 nafte. Budući da u ležištu nakon zavodnjavanja ostaje oko 15 milijuna m^3 nafte, kao najprikladnija metoda za povećanje iscrpka predloženo je utiskivanje ugljičnog dioksida (Velić, 2007).

4.3 Jamarica

Jamarica je najistočnije veće polje na području budućeg geoparka, smješteno kod Novske. S površinom od 42 km^2 drugo je najveće eksploatacijsko polje na karti, a oko tri četvrtine njegove površine leži unutar granice budućeg geoparka (tablica 4.1). Polje je otkriveno nakon 1960. godine, u razdoblju kada su seizmička mjerenja omogućila niz novih otkrića u Savskom bazenu (Kranjec i Vugrinec, 1978). Prema ukupnoj proizvodnji nafte do 1998. godine Jamarica je osma među hrvatskim naftnim poljima, iza Stružeca, Beničanaca, Žutice, Ivanića, Šandrovca, Kloštra i Lipovljana (Velić, 2007). Kao i susjedni Lipovljani, pripada skupini polja u kojima je više ležišta smješteno jedno iznad drugoga uzduž rasjeda. Takva su polja razmjerno mala jer im je područje s kojeg se nafta skupljala malo, a odnosi slojeva i rasjeda složeni (Velić, 2007). Kod Jamarice isklinjava i član pješčenjaci Iva, najvažniji kolektor Savskog bazena, koji se od Štakorovca preko Kutine pruža na duljini od 85 km (Velić, 2007).

4.4 Janja Lipa

Janja Lipa je plinsko polje istočno od Kutine, na istočnom rubu budućeg geoparka, pa unutar njegove granice leži samo oko 13 % površine polja (tablica 4.1). Istražne bušotine na Janji Lipi izradili su njemački stručnjaci tijekom sustavnih istraživanja 1940.–1945., a u prvom poslijeratnom desetljeću Janja Lipa je uz Gojlo bila jedno od dva plinska polja u Hrvatskoj (Velić, 2007). Proizvodnja je počela 1946. godine, pa je Janja Lipa prvo plinsko polje u Savskom bazenu pušteno u pogon nakon Drugog svjetskog rata. Prema predviđanjima, mogla bi imati i najdulji vijek proizvodnje od svih hrvatskih plinskih polja, oko 65 godina (Velić, 2007). Ležišta su plitka, na dubinama od 650 do 750 m, a plin je, kao i u Lipovljanima i Vezišću, gotovo bez kondenzata (Velić, 2007). Janja Lipa tako povezuje ratna istraživanja 1940-ih s današnjom proizvodnjom i važna je točka u priči o plinu u Moslavini.

4.5 Ježevo

Ježevo je malo naftno polje zapadno od Ivanić-Grada, na zapadnom rubu budućeg geoparka. S površinom od nešto više od 3 km^2 jedno je od najmanjih polja na karti, a granica budućeg geoparka prolazi kroz njega (tablica 4.1). Iako je malo, polje je važno za razumijevanje Savskog bazena. Upravo u Ježevu član pješčenjaci Iva, ležište koje sadrži oko 30 % svih otkrivenih rezervi nafte i plina u Hrvatskoj, doseže najveću debljinu od oko 300 m, što se smatra središnjim dijelom nekadašnjeg taložnog prostora (Velić, 2007). Pijesak su ovamo donosili podvodni mutni tokovi iz smjera sjeverozapada, a taložio se u jezeru dubokom 100 do 150 m. U dubljim dijelovima ležišta, ispod 2800 m, fluidi slabo komuniciraju, što se tumači kratkim, pretežito okomitim putovima kojima je nafta došla iz obližnjih matičnih stijena (Velić, 2007). Ježevo zajedno s Ivanićem, Kloštrom i Žuticom pripada ivanićkoj zoni, nizu polja uz sjeverni rub Savskog bazena.

4.6 Kloštar

Kloštar, u starijim izvorima Ivanić Kloštar, nalazi se sjeverno od Ivanić-Grada, na zapadnim obroncima Moslavačke gore. Nafta je ovdje pronađena u prvom poslijeratnom desetljeću, a polje je pušteno u pogon 1954. godine (Velić, 2007). Po njemu je ime dobila i formacija Kloštar Ivanić, gornjopanonske naslage koje su jedna od glavnih jedinica Savskog bazena. Struktura polja nastala je taloženjem i slijeganjem mlađih naslaga preko izdignutog dijela stare podloge, pa se Kloštar s Bunjanima i Šumećanima ubraja u najstarija polja tipa *buried hill* (Velić, 2007). Kloštar je posljednja karika niza Okoli–Žutica–Ivanić–Kloštar: nafta i plin kretali su se kroz pješčenjake Iva i Okoli prema sjeverozapadu i plićim dijelovima, pa se u Okolima nalaze plin i kondenzat na oko 2200 m, a u Kloštru nafta na samo oko 1200 m dubine (Velić, 2007). Pješčenjaci Iva ovdje su najtanji, svega 41 m, što upućuje na rubni, priobalni dio nekadašnjeg jezera. Do 1970. iz Kloštra je primarnim metodama iscrpljeno 31 % nafte, a po ukupnoj proizvodnji do 1998. godine Kloštar je šesto naftno polje u Hrvatskoj (Velić, 2007).

4.7 Lipovljani

Lipovljani su naftno-plinsko polje uz istočni rub budućeg geoparka, unutar čije granice leži oko 62 % njegove površine (tablica 4.1). Struktura polja nastala je spuštanjem blokova uz rub bazena i blagim boranjem između rasjeda, a dio rasjeda je reverzni, što znači da su slojevi kasnije bili stisnuti i izdignuti (Velić, 2007). Lipovljani su polje rekorda: s 44 otkrivena ležišta imaju najveći broj ležišta od svih hrvatskih plinskih polja, a ležišta s plinom počinju već na dubini od oko 400 m (Velić, 2007). Ovdje su i najmlađa hrvatska ležišta ugljikovodika, u gornjopanonskim pješčenjacima formacije Široko Polje, s propusnošću do 410,6 × 10^{-3} μm^2, najvećom među plinskim ležištima u neogenskim pješčenjacima. Prema ukupnoj proizvodnji nafte do 1998. Lipovljani su sedmo, a prema proizvodnji plina jedanaesto polje u Hrvatskoj (Velić, 2007). Uz susjednu Jamaricu primjer su polja s više ležišta poredanih jedno iznad drugoga uzduž rasjeda.

4.8 Mramor Brdo

Mramor Brdo je malo naftno-plinsko polje na južnom obodu Moslavačke gore kod Popovače; s površinom od oko 1,1 km^2 najmanje je eksploatacijsko polje na karti. Pronađeno je u prvom poslijeratnom desetljeću, kada je od devetnaest istraženih struktura nafta nađena samo u Križu (Šumećani), Mramor Brdu, Bunjanima, Ivanić Kloštru i Dugom Selu, a uz naftu se ovdje pridobivao i plin (Velić, 2007). Struktura je nastala stupnjevitim spuštanjem blokova na rubu bazena uz blago boranje između rasjeda, kao i na Gojlu, Dugom Selu i Lipovljanima (Velić, 2007). Prvu detaljnu strukturu Mramor Brda kartirao je K. Kollmann 1948.–1949., što je izravno dovelo do otkrića polja (Crnko, 1987). Po polju je ime dobio i član pješčenjaci Mramor Brdo u formaciji Široko Polje, gornjopanonskim naslagama Savskog bazena (Velić, 2007). Mramor Brdo ističe se dugovječnošću: s predviđenih 80 godina proizvodnje izdvaja se kao najdugovječnije polje

u Velićevu pregledu, ispred Okola (74) i Stružeca (72 godine) (Velić, 2007). Uz polje se nalazi i skladište bušaćih jezgara opisano u 9. poglavlju.

4.9 Okoli

Plinsko-naftno polje Okoli nalazi se oko 50 km jugoistočno od Zagreba, kraj istoimenog sela, na zaravnjenom terenu kojim teku potok Okoli i rječica Česma (Velić, 2007). Seizmička mjerenja 1960. godine pokazala su veliku izdignutu strukturu, antiklinalu dinarskog pružanja, a 1962. bušotina Ok-1 otkrila je plin u naslagama gornjeg panona i pliocena. Okoli su zanimljivi zbog velikog raspona dubina ležišta: od samo 76 m do 2228 m, uz tlakove od 18 do 260 bara i temperature od 19 do 126 °C. Ležišta su svrstana u četiri pješčane serije; serija „b“ pripada pješčenjacima Okoli, jednom od najvažnijih regionalnih kolektora Savskog bazena (Velić, 2007). Utvrđene rezerve iznosile su 5,6 milijardi m^3 plina i 1,6 milijuna m^3 kondenzata, a do sredine 2000-ih iscrpljeno je oko 4,5 milijardi m^3 plina, pa su Okoli četvrto plinsko polje u Hrvatskoj po ukupnoj proizvodnji. Konačni iscrpak iznosi oko 77 % za plin i 71 % za kondenzat (Velić, 2007).

4.10 Stružec

Stružec je najveće naftno polje na području budućeg geoparka i jedno od najvećih u Hrvatskoj; podrobnije je opisan u 7. poglavlju. Polje leži u dubljem dijelu Savskog bazena, u sklopu strukture Osekovo, a proizvodnja je počela 1960. godine, s predviđenim trajanjem od 72 godine (Velić, 2007). Prema Kranjecovoj podjeli predstavnik je polja iz središnjih dijelova bazena, gdje debljina samo panonskih i pliocenskih naslaga prelazi 2000 m. Zamka je izdužena antiklinala, odnosno brahiantiklinala, duga 4,5 i široka 1,8 km, rasjedima podijeljena u tri bloka. Ugljikovodici se nalaze u dva pješčana sloja debela oko 70 m i u nizu tanjih slojeva formacija Široko Polje, Kloštar Ivanić i Ivanić-Grad, ukupno u 37 ležišta, s prosječnom poroznošću od 25 % (Velić, 2007). Nafta je lagana i parafinska, gustoće 820 do 830 kg/m^3. Iz polja je proizvedeno blizu 20 milijuna m^3 nafte i 1,7 milijardi m^3 plina, a zahvaljujući zavodnjavanju postignut je prosječan iscrpak od 43 % (Velić, 2007).

4.11 Šumećani

Šumećani, u starijim izvorima polje Križ, leže između Križa i Ivanić-Grada, na zapadnom obodu Moslavačke gore. Bušotina Kr-1 u Šumećanima otkrila je prvo novo naftno polje u Hrvatskoj nakon Drugog svjetskog rata, a bila je i jedna od prvih bušotina u kojima je izvedeno električno mjerenje opremom tvrtke Schlumberger, nabavljenom krajem 1948. godine (Velić, 2007). Šumećani su, s Bunjanima i Kloštrom, najstarije polje tipa *buried hill*. U njima su utvrđene najstarije stijene s ugljikovodicima u Savskom bazenu: paleozojski kristalasti škriljavci i graniti, a uz njih i oligomiocenski konglomerati i pješčenjaci (Velić, 2007). Nafta iz Šumećana najteža je u hrvatskom dijelu Panonskog bazena, s gustoćom od 959 kg/m^3. Takva teška naftenska nafta nastala je razgradnjom lakših sastojaka u plitkim ležištima uz rub Moslavačke gore i sirovina je za lječilište Naftalan u Ivanić-Gradu (Barić, 1996; Velić, 2007).

4.12 Vezišće

Vezišće je naftno-plinsko polje istočno od Žutice i sjeverno od Okola, s površinom od oko 20 km^2. Ubraja se u šest naftno-plinskih polja iz kojih se plin pridobiva i danas, a prema ukupnoj proizvodnji plina deseto je polje u Hrvatskoj (Velić, 2007). Plinska ležišta nalaze se na dubinama od 1400 do 1900 m, a plin je uglavnom bez kondenzata. Vezišće pripada i rjeđoj skupini polja čija su ležišta, uz pješčenjake, izgrađena i od donjomiocenskih breča, konglomerata i raspucanih vapnenaca (Velić, 2007). Struktura je dio niza antiklinala u dubljem dijelu bazena, odvojenih rasjedima i strukturnim sedlima; za polja Kloštar, Ivanić, Žutica, Okoli, Hrastilnica i Vezišće pouzdano je dokazano da su nafta i plin kroz ta sedla prelazili iz jedne strukture u drugu (Velić, 2007). Vezišće je tako dobar primjer kako susjedna polja nisu odvojene cjeline, nego dijelovi jednog povezanog naftnog sustava.

4.13 Voloder

Voloder je naftno-plinsko polje u središnjem dijelu Savskog bazena, između Popovače i Kutine, istočno od Stružeca. Kranjec i Vugrinec (1978) opisuju ga kao asimetričnu rasjednutu brahiantiklinalu, smještenu zajedno s Lipovljanima u gotovo središnjem dijelu bazena. Ležišta Volodera nalaze se u pješčenjacima Iva, istom članu formacije Ivanić-Grad koji je glavni kolektor Ivanića i Žutice, a koji se prema jugoistoku pruža sve do Kutine i Jamarice (Velić, 2007). Pješčenjaci Iva na ovom su polju bili i predmet posebnog istraživanja na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu (Larva, 1996, citirano u Velić, 2007). S površinom od 6,5 km^2 Voloder je manje polje, ali je za budući geopark zanimljiv jer se na njemu nalazi istražna bušotina Voloder-9, predložena kao lokalitet s pogledom na klasični moslavački krajobraz (7. poglavlje).

4.14 Vrbak

Vrbak je plinsko polje jugozapadno od Kutine, na rubu Lonjskog polja. Bitno se razlikuje od ostalih polja na karti: plin se ne nalazi u miocenskim pješčenjacima, nego u mladim pliocenskim naslagama, u pjeskovitoj leći formacije Lonja na dubini od oko 1110 do 1120 m (Barić, 1993). Pijesci, slabo vezani pješčenjaci, gline i proslojci ugljena taložili su se ovdje u mirnom slatkovodnom jezeru. Pješčano tijelo u obliku leće pruža se preko lokacija Vrbak i Benkovica, koje odvaja lokalni greben. Ugljen iz Vrbaka bogat je vodikom i termički je nezreo (Barić, 1993), pa je plin u ležištu uglavnom metan nastao djelovanjem mikroorganizama, a ne zagrijavanjem u dubini. Polje je privedeno proizvodnji tek početkom 21. stoljeća (Velić, 2007), pa je najmlađe polje na karti i primjer kako se i u plitkim, mladim naslagama Savskog bazena mogu naći isplative količine plina.

4.15 Žutica

Žutica je naftno-plinsko polje oko 40 km jugoistočno od Zagreba, južno od Ivanić-Grada, i s površinom od gotovo 56 km^2 najveće je eksploatacijsko polje na području budućeg geoparka. Teren je zaravnjen, s kotama između 97 i 103 m, a najviša točka nalazi se usred šume Žutica (Velić, 2007). Polje je otkriveno prvom bušotinom 1964. godine na mjestu pozitivne gravimetrijske anomalije, a proizvodnja je počela 1966. Na polju je izrađeno 298

bušotina. Ležišta su pješčenjaci Iva i Okoli (formacija Ivanić-Grad) te pješčenjaci Poljana (formacija Kloštar Ivanić), ukupno 17 ležišta, u složenoj rasjednutoj antiklinali s dva izdignuća i sedlom između njih (Velić, 2007). Utvrđene rezerve nafte iznosile su oko 52 milijuna m^3, a iscrpak nafte 32 %. Duboka bušotina Žu-249 probušila je svih šest formacija Savskog bazena i na 3700 m dosegnula stare škriljavce podloge (Velić, 2007). Prema ukupnoj proizvodnji nafte Žutica je treće polje u Hrvatskoj, a predviđeno je da se nafta iz nje crpi do 2031. godine.

5 Najstarije polje – naftno polje Gojlo

Gojlo je selo na južnom obodu Moslavačke gore devet kilometara od Kutine ispod kojeg se nalazi prvo naftno i plinsko polje u Hrvatskoj i mjesto na kojem je hrvatska naftna industrija prešla iz zanatskog u industrijsko razdoblje. Kranjec i Vugrinec (1978) ga u pregledu razvoja geologije nafte izrijekom navode kao „prvo naftno i plinsko polje“, otkriveno 1930., a Velić i dr. (2012) kao „prvo naftno polje u Hrvatskoj“ s početkom pokusne eksploatacije 1933. i prvom pravom naftnom proizvodnjom 21. svibnja 1941., kad je u rad puštena bušotina Gojlo-5. U trideset i tri godine, do zatvaranja 1966., polje je dalo oko 300.000 tona nafte i 170 milijuna kubičnih metara plina.

Brojke su skromne u usporedbi sa Stružecom ili Žuticom, ali značaj Gojla nije u količinama. Prije njega se nafta u Hrvatskoj, kod Peklenice u Međimurju i Paklenice-Mikleuške u Moslavini, vadila iz plitkih okana i „skupljala u vjedra“; od 1885. do 1940. izrađeno je oko 190 bušotina sa svega 70.000 metara istražnog bušenja i proizvedeno 15.000 tona nafte (Kranjec i Vugrinec, 1978). Gojlo je prvo ležište pronađeno na temelju geološkog kartiranja i razrađeno dubokim bušenjem, prvo s organiziranom proizvodnjom i prvo oko kojeg je izgrađeno pravo naftno naselje.

5.1 Geološka svojstva polja Gojlo

Gojlo se nalazi na mjestu gdje relativno blizu kristalinski masiv Moslavačke gore tone pod neogenske naslage Savskog bazena i upravo je nasljeđeni oblik tog masiva kojeg posjedjuju pliće neogeske naslage zaslužan za formiranje ležišta. Podlogu čine graniti i metamorfne stijene moslavačkog kristalina, a na njih se, prema tumaču Osnovne geološke karte lista Kutina (Crnko, 1987), kontinuirano od otnanga taleže neogenske naslage: otnang, karpat, baden, sarmat, panon te pliocen in pleistocen.

Plićina ležišta gdje je ponegdje dubina do prvog plina bila svega 300 do 400 metara od površine terena, objasnit će i tri ključne činjenice iz povijesti polja. Prvo, zašto su ovdje i u okolici već u 19. stoljeću postojali površinski izdanci nafte (Mikleuška, Paklenica) koji su privukli prve istraživače. Drugo, zašto je prva duboka bušotina 1930-ih otkrila plin, koji u plitkoj, rasjednutoj antiklinalnoj zamci čini plinsku kapu iznad nafte. I treće, zašto je poljeiscrpljeno već nakon tridesetak godina proizvodnje. Sličan položaj na obodima Moslavačke gore dijele i susjedna polja Mramor Brdo i Voloder.

5.2 Kako je pronađeno: od Sommermayerove karte do bušotine Gojlo-5

Otkriće Gojla nije bilo slučajno, nego prvo u Hrvatskoj koje je proizašlo iz geoloških istraživanja. Tumač OGK lista Kutina (Crnko, 1987) bilježi da je 1930. godine geolog L. Sommermayer izradio „prvu detaljnu kartu područja Gojla kao osnovu za bušenje“ i da je to izravno dovelo do otkrića ugljikovodika. Istraživanja su do tada bila usmjerena na površinske izdanke kod Mikleuške, gdje se nafta eksploatirala od 1855. do 1943. pa je fokus istraživanja prema strukturno povoljnim lokacijama na obodima Moslavačke gore bio logičan smjer istraživanja.

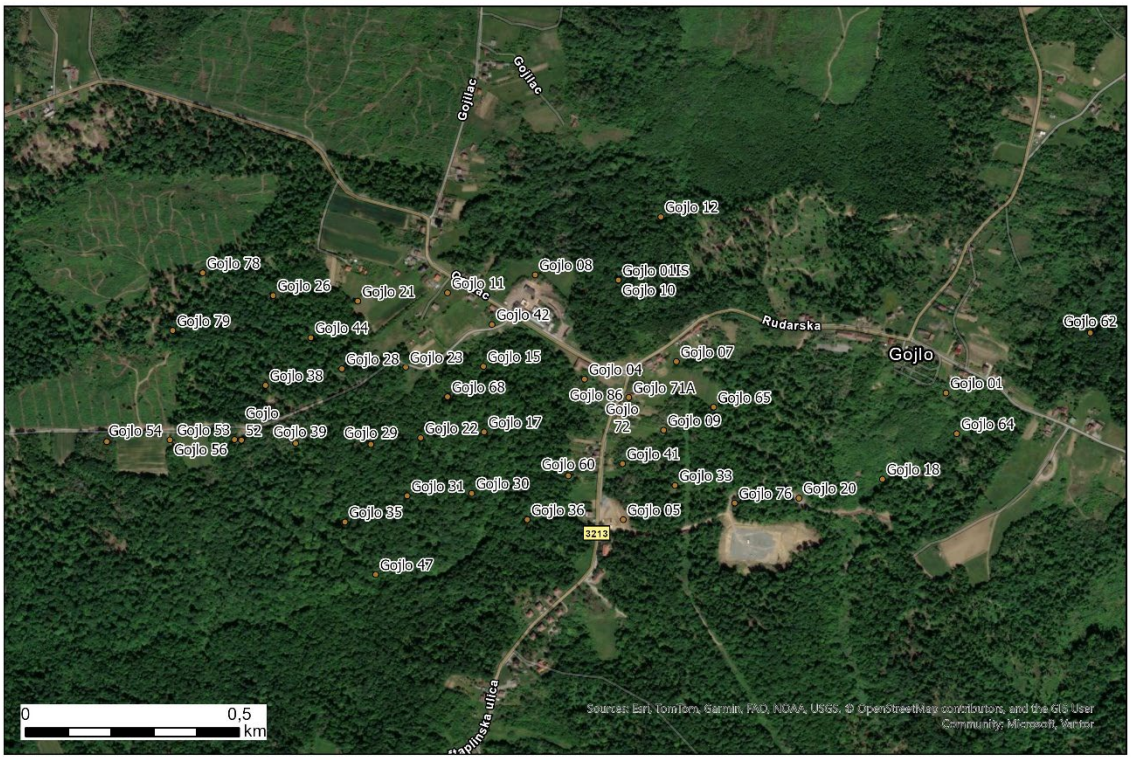
Prva duboka bušotina izbušena je 1930. ili 1932. godine (izvori se razlikuju: Kranjec i Vugrinec navode 1930. kao godinu otkrića, Nemeš (2021) prvu bušotinu datira u 1932.) i umjesto nafte otkrila je plin. Lokalni izvori bilježe da se plin na Gojlu počeo koristiti već 1930., a Velić i dr. (2012) početak eksploatacije stavljaju u 1933.

5.3 Eksploatacija: od ratne proizvodnje do zatvaranja 1966.

Eksploatacija Gojla trajala je tridesetak godina, od plina 1930-ih i nafte 1941. do gašenja proizvodnje sredinom 1960-ih. Prvo razdoblje, 1941.–1945., bilo je ratno: proizvodnja pod njemačkom upravom, s dnevnim količinama od 50 do 70 tona, a upravljanje poljem bilo je u domeni tvrtke Petrolej d.o.o. Nakon rata polje preuzima država, a od 1952. njime upravlja novoosnovani Naftaplin, koji na Gojlu gradi stambene zgrade i modernizira pogon. Tihana Rubić (2023) na temelju usmene predaje bilježi da je naftna eksploatacija u punom zamahu krenula 1945. i da je ležište najintenzivnije crpljeno do 1950-ih.

Ukupna proizvodnja od početka eksploatacije do 1966. iznosila je oko 300.000 tona nafte i 170 milijuna kubičnih metara plina (Velić i dr., 2012). Za usporedbu, Stružec, otkriven 1950-ih i u proizvodnji od 1957., dao je oko 16 milijuna tona (Tehnička enciklopedija LZMK, s. a.b). Gojlo je dakle bilo malo polje, ali je u presudnom razdoblju 1941.–1957., prije nego što su Stružec, Ivanić i Žutica ušli u proizvodnju, nosilo značajan dio hrvatske proizvodnje nafte i služilo kao poligon za buduće stručanjae koji će kasnije istraživati velika naftna i plinska polja Savskog bazena.

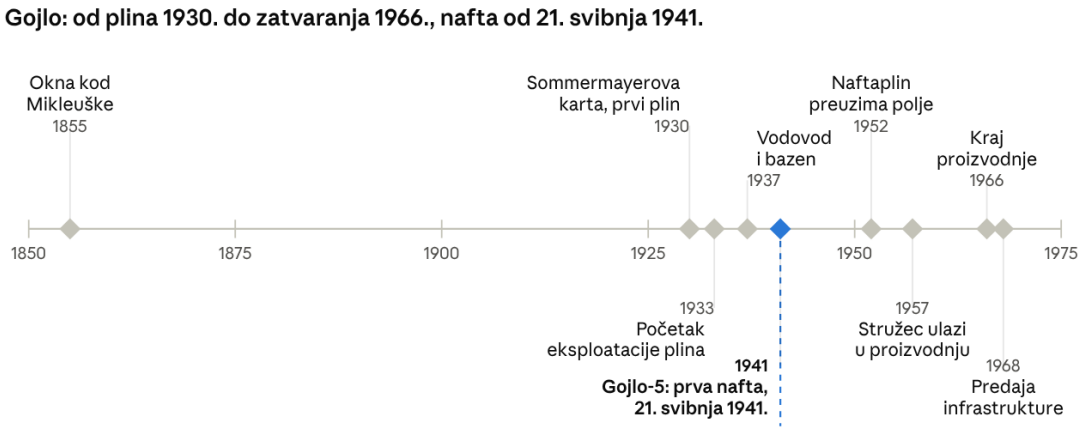
O godini zatvaranja izvori se razlikuju za koju godinu, što vrijedi zabilježiti. Velić i dr. (2012) proizvodnju zaključuju 1966. godinom. HRT-ovi sugovornici iz Gojla pamte da je „selo zamrlo kad je 1965. ugašena proizvodnja“, a komunalno poduzeće Moslavina d.o.o. (s. a.) navodi da je Naftaplin upravljao vodovodom „dok traje proizvodnja, koja se prekida 1968. godine“. Najvjerojatnije je da je redovna proizvodnja prestala 1965./66., a da su likvidacija bušotina i predaja infrastrukture trajale do 1968. Razlog je bio jednostavan: iscrpljenje plitkog, volumenom ograničenog ležišta na rubu kristalina, bez mogućnosti da se padom tlaka i porastom udjela vode proizvodnja isplati.



Slika 5.1: Pregled lokacija bušotina napravljenih na polju Gojlo

Polje ipak nije posve mrtvo u geološkom smislu. Rubić (2023) prenosi da „u Gojlu još ima plina i nafte“ i da nakon kiša iz natopljenog tla izbijaju mjehurići, što mještani doživljavaju istodobno kao nadu i kao opasnost. Nova istražna bušenja na kutinskom području (2023.–2024.) pokazuju da obod Moslavačke gore i dalje zanima istraživače, premda s ciljevima dubljim od starog Gojla koji su načinjeni u zajedničkim istraživanjima tvrtki Vermilion i INA.

5.4 Vremenska crta



Slika 5.2: Vremenski niz razvoja polja Gojlo

5.5 Gojlo kao naselje i baština

Gojlo je jedino hrvatsko naselje koje je nafta stvorila i nafta ugasila unutar jedne generacije. Rubić (2023) to sažima kao „brz uspon i još brži pad, najviše tri desetljeća“. Već prije rata selo od stotinjak kućanstava dobilo je vodovod, bazen i šest bušenih zdenaca, što je komunalni standard kakav u to doba, prema Moslavini d.o.o. (s. a.), „rijetko koje naselje u široj okolici“ imalo.

Kad je 1965./66. proizvodnja ugašena, naselje je izgubilo razlog postojanja. Radnici su preseljeni na Stružec i u Kutinu, infrastruktura je 1968. predana općini, a popis 1991. zatekao je u Gojlu 438 stanovnika (PPUG Kutine, s. a.). Rubić (2023) opisuje „gotovo nenaseljeno“ mjesto s pedesetak stanovnika, pretežno umirovljenika, ruševinama crpnih stanica i devastiranom infrastrukturom, koje i sami mještani zovu gradom duhova. Bivši stanovnici povremeno organiziraju nostalgične susrete, a karakteristične njihalice, kako bilježi HRT, postavljene su kao spomenici po cijeloj Moslavini.

6 Najdublja – Donja Jelenska 1

Usred oranica, oko kilometar i pol od sela Donja Jelenska, danas raste raznorazna vegetacija oko starog okna . Malo tko bi pogodio da je upravo tu, krajem 1980-ih, stajao bušaći toranj koji je u dubinu Moslavine prodro punih 5003 metra. Bušotina Donja Jelenska-1, u stručnim papirima kraće DJ-1, jedna je od najdubljih istražnih bušotina u ovom području.



Slika 6.1: Donja Jelenska-1 i put do nje

6.1 Gdje se bušilo i zašto

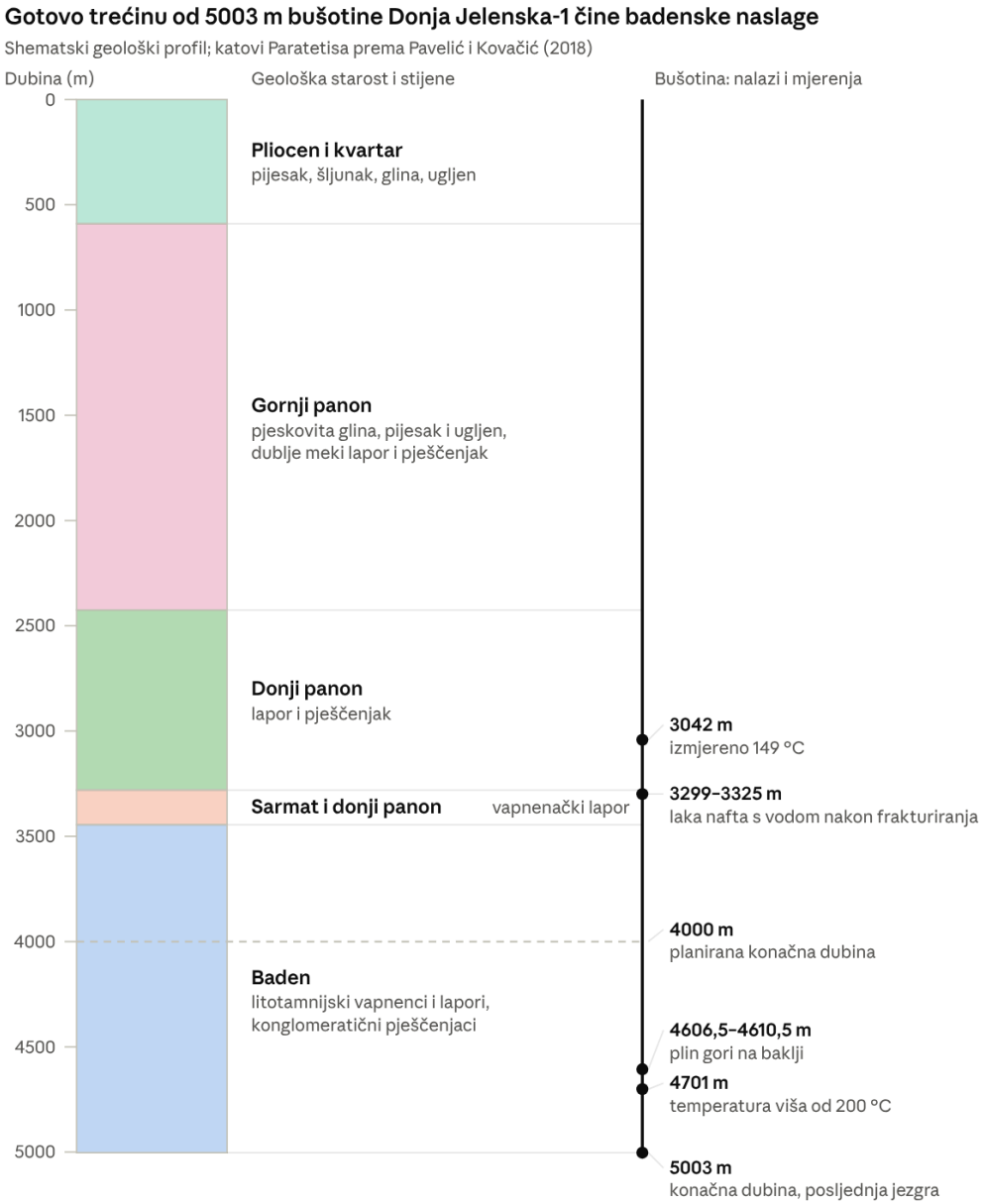
Lokaciju bušotine odredila je komisija INA-Naftaplina. Bušotina se nalazi oko 1400 metara sjeverozapadno od Donje Jelenske i oko 3300 metara jugoistočno od sela Okoli, na nadmorskoj visini od oko 96 metara. Geološki gledano, to je rubni dio Savske potoline, golemog podzemnog „korita" ispunjenog naslagama koje su se tu taložile milijunima godina.

Izbor mjesta nije bio slučajan. Interpretacijom seizmičkih snimanja šireg područja Mahova geolozi su pod Donjom Jelenskom prepoznali takozvani strukturni nos. To je izdignuti dio slojeva koji je s južne strane zatvoren rasjedom. Takve strukture mogu raditi kao zamka u kojoj se nakupljaju nafta i plin. U blizini se nalazi poznato naftno-plinsko polje Okoli, a susjedne duboke bušotine već su prije pronašle plin i kondenzat u takozvanim Iva pješčenjacima i naftu u Okoli pješčenjacima.

Zadatak bušotine bio je provjeriti ima li sličnih ležišta i ovdje. Projektom je predviđena dubina od 4000 metara. Uz potragu za naftom i plinom, bušotina je trebala odgovoriti i na znanstveno pitanje: mogu li najdublji slojevi ovog kraja biti matične stijene u kojima su ugljikovodici nastali. Bušenje je započelo 15. travnja 1988. godine s postrojenjem National-401.

6.2 Putovanje kroz milijune godina

Svaki metar bušenja bio je korak dalje u prošlost. Geolozi su na bušotini neprekidno pregledavali komadiće stijena koje isplaka iznosi na površinu. Na 17 mjesta izvadili su i jezgre, valjke stijene duge do pet metara. Tako je sastavljen „stup" naslaga Donje Jelenske.



Slika 6.2: Shematski geološki profil bušotine Donja Jelenska-1 · 0–5003 m

Debljine slojeva na slici nacrtane su u mjerilu: mlađe naslage do 3280 m zauzimaju dvije trećine bušotine, a ispod njih leže tanki sloj sarmatskih i donjopanonskih lapora te više od 1500 metara badenskih naslaga.

Najplići slojevi govore o močvarama, rijekama i jezerima. Proslojci ugljena svjedoče o nekadašnjim tresetnim močvarama. Dublje se nalaze lapori i pijesci Panonskog jezera, koje je nekad prekrivalo velik dio ovog prostora.

Najveće iznenađenje bila je formacija Prečec. Projektanti su očekivali da će oko 4000 metara naići na brečokonglomerate, krupne stijene od zaobljenih i uglatih odlomaka. Umjesto toga, bušotina je probila više od 1500 metara izmjene lapora i litotamnijskih vapnenaca koji se sporadično mogu naći i na rubovima Moslavačke gore. Te vapnence grade ostaci crvenih vapnenačkih alga, koje danas žive u toplim, plitkim morima. Stručnjaci su zapisali da ni na jednoj bušotini u Savskoj potolini nije utvrđen tako debeo razvoj tih naslaga.

6.3 Neuspjeh koji to nije bio

S gospodarskog gledišta Donja Jelenska-1 nije pronašla novo naftno polje. Sa znanstvenog gledišta bila je vrlo uspješna. Dala je jedan od najpotpunijih zapisa naslaga Moslavine i Savske potoline, od mladih riječnih šljunaka do drevnih morskih vapnenaca na pet kilometara dubine. Pokazala je i koliko je duboko podzemlje ovog kraja toplo, što je danas zanimljivo i za istraživanja geotermalne energije.

S 5003 metra Donja Jelenska-1 spada među najdubljih jedan posto svih bušotina izbušenih na kopnu.

7 Najveće naftno polje- Naftno polje Stružec

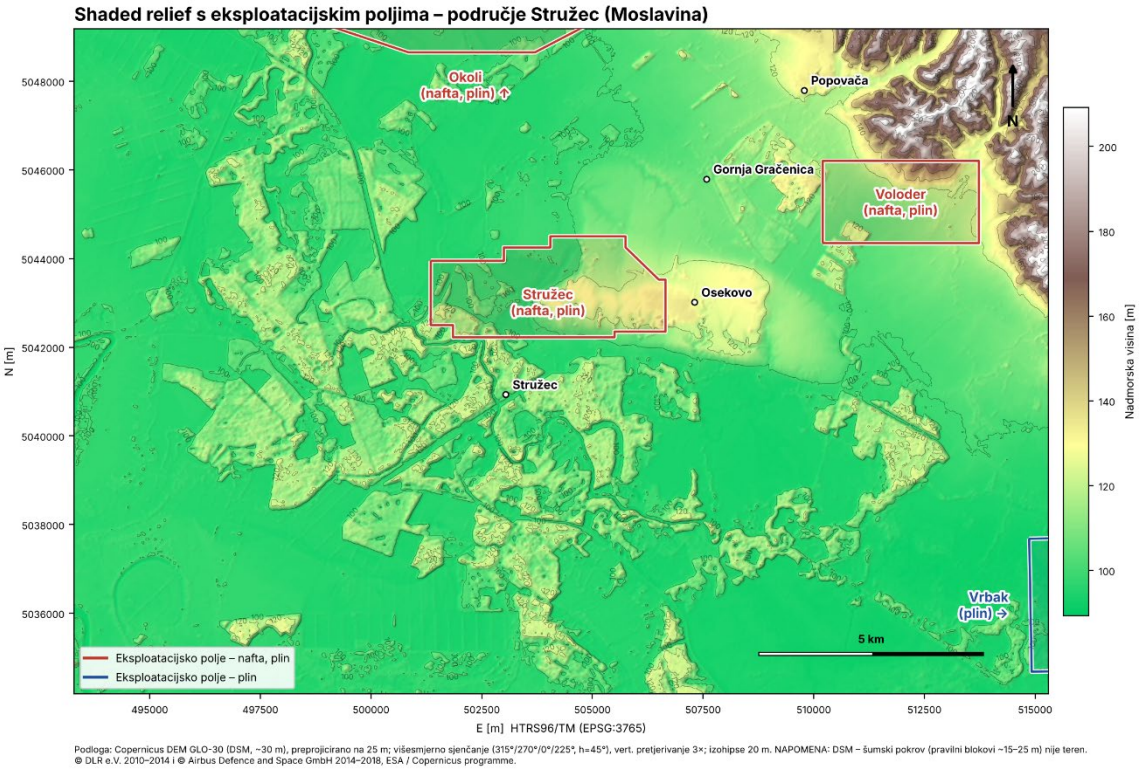
Stružec je najveće naftno polje u Hrvatskoj i, uz Gojlo, drugi stup naftne priče Moslavine: ondje gdje je Gojlo bilo malo, plitko i kratkoga vijeka, Stružec je velik, dubok i u proizvodnji već više od šest desetljeća. Polje leži u Savskoj depresiji, jugozapadno od Popovače, oko 20 km od Siska, oko istoimenog sela na brijegu koji je danas sa svih strana okružen bušotinama. Prvi znak ugljikovodika zabilježen je 1928., kad se u seoskim bunarima pojavio plin, ali je sustavno istraživanje provedeno tek 1956.–1957., u prvom zamahu Naftaplina, i otkrilo znatne zalihe nafte i plina (Grad Popovača, s. a.). Polje je svečano pušteno u proizvodnju 9. svibnja 1960., što je Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.a) zabilježila kao puštanje „Inina najvećega naftnog polja“, a prema lokalnoj predaji otvorio ga je Josip Broz Tito. Za razliku od Gojla, koje je nastalo na *buried hill* zamci uz rub kristalina Moslavačke gore, Stružec je klasično polje središnjeg dijela depresije: ležišta su pješčenjaci gornjeg panona, dakle drugog neogenskog megaciklusa, nastali ponavljanim jakim turbiditnim strujama koje su se kretale od sjeverozapada i sjevera prema jugoistoku, a strukturu su oblikovale dvije faze transtenzije i dvije faze transpresije (Velić i dr., 2012; Malvić i Velić, 2011). Kolektori imaju izvrsna svojstva, s prosječnom međuzrnskom poroznosti većom od 20 % (19,9–22,4 %) i propusnosti reda $60 \cdot 10^{-3}$ μm^2, što je uz povoljan omjer viskoznosti nafte i vode omogućilo rano uvođenje zavodnjavanja i iskorištenje od 39 %, među najvišima u velikim pješčenjačkim ležištima Hrvatske (Velić i dr., 2012, 2016). Rezultat je oko 16 milijuna tona proizvedene nafte, više nego Žutica (14 Mt) i Ivanić (7 Mt) zajedno s Gojlom (0,3 Mt), čime Stružec ulazi u prvu skupinu velikih polja hrvatskog dijela Panonskog bazena. Na polju je izbušeno oko 150 bušotina, od kojih je 56 još u aktivnoj proizvodnji; nafta se prikuplja na četiri sabirne stanice i naftovodom otprema u rafineriju Sisak (Grad Popovača, s. a.). Stružec je time i jedno od najdugovječnijih hrvatskih polja, ali i zreo sustav u kasnoj fazi, s visokim udjelom vode i proizvodnjom koja prati opći pad hrvatske proizvodnje s preko 3 milijuna tona godišnje 1980-ih na manje od 750.000 tona 2016. Za Moslavinu kao regiju Stružec je značio ono što Gojlo nije stiglo: trajna radna mjesta, trasu naftovoda prema Sisku i, kako je HRT-ovoj ekipi objasnio inženjer na terenu, slikovitu priču o nafti koja je „migrirala prema Savi“ i zaustavila se u zamkama pod nepropusnim laporima. Za budući geopark je to i prilika da se, uz ugaslo Gojlo, pokaže polje koje još radi i na kojem se cijeli ciklus od istraživanja do zavodnjavanja može vidjeti u pogonu.

Naftno polje leži na dubini većoj od kilometra, ali se njegov obris dijelom nazire i u reljefu. Na karti sjenčanog reljefa okolice Stružca vidi se ravnica Lonje i Save na oko 95–100 m nadmorske visine. Iz nje se između Stružca i Osekova izdiže blago, izduženo uzvišenje pružanja zapad–istok, visoko oko 120–135 m. Granica eksploatacijskog polja Stružec gotovo u cijelosti obuhvaća zapadni i središnji dio tog uzvišenja, a ono se prema istoku nastavlja do Osekova. Razlika od tridesetak metara malo je za oko na terenu, ali se na karti jasno ističe kao glatka, svijetla „leća“ usred zelene ravnice.

Takvo uzvišenje nije slučajno. Ležišta Stružca nalaze se u antiklinali, izbočenoj strukturi u kojoj su slojevi izdignuti poput svoda, a nafta se skuplja u njezinu tjemenu. Struktura je nastala tektonskim pokretima u Savskom bazenu, a jedna od faza kompresije djelovala je u kvartaru, dakle geološki vrlo nedavno. Ako se izdizanje nastavilo i tijekom posljednjih stotina tisuća godina, ono se moglo prenijeti do površine i izdignuti mlade naslage iznad okolne poplavne ravnice. Tako bi brijeg nad poljem bio blijedi površinski „otisak“ podzemne zamke. Za potvrdu takvog tumačenja potrebna je usporedba sa strukturnom kartom krovine ležišta. Plitki reljef oblikovale su i rijeke koje su stoljećima taložile i odnosile nanose, pa se podudarnost ne smije shvatiti doslovno.

Pri čitanju karte treba imati na umu da je podloga digitalni model površine (DSM), a ne golog tla. Brojne nepravilne, izbrazdane plohe u južnom i zapadnom dijelu karte nisu brežuljci, nego krošnje šuma Lonjskog polja, visoke 15–25 m. Uzvišenje Stružec–Osekovo, naprotiv, ima glatku, postupnu padinu i izohipse koje prate oblik terena, što upućuje na stvarni reljef.

Za posjetitelje budućeg geoparka to je zanimljiva vježba opažanja. Stojeći na ravnici južno od Popovače, teško je zamisliti da se pod nogama nalazi najveće naftno polje u Hrvatskoj. Karta reljefa pokazuje da priroda ponekad i na površini ostavi trag onoga što se krije u dubini. Isto načelo koristili su i prvi istraživači nafte, koji su bušotine smještali na brežuljke i izdignute strukture.



Slika 7.1: Sjenčani reljef okolice Stružca s granicama eksploatacijskih polja. Polje Stružec obuhvaća blago uzvišenje između Stružca i Osekova, koje se ističe iz ravnice Lonje. Podloga: Copernicus DEM GLO-30 (DSM), © DLR e.V. 2010–2014 i © Airbus Defence and Space GmbH 2014–2018, ESA / Copernicus.

8 Primjer lokaliteta za budući geopark: istražna bušotina Voloder-9

Istočno od Stružca, na susjednom eksploatacijskom polju Voloder (slika 7.1), nalazi se istražna bušotina Voloder-9. Na površini se od nje vidi samo ušće, sklop zasuna i cijevi kojim je bušotina zatvorena, ali ispod njega bušotina se spušta nekoliko kilometara u dubinu, kroz mlade kvartarne i pliocenske gline, pijeske i šljunke, sve do miocenskih pješčenjaka u kojima se skuplja plin. Upravo ta dubina čini je dobrim primjerom za budući geopark: posjetitelj stoji pokraj neupadljivog metalnog sklopa visokog nešto više od metra, a ispod njegovih nogu nalazi se cijeli presjek kroz povijest Savskog bazena, od Panonskog mora i jezera do današnjih riječnih nanosa.

Drugi razlog je okoliš. Bušotina se nalazi na otvorenoj livadi, a iza nje se pruža klasičan moslavački krajobraz: ravnica s vrbama i poljima, raštrkane kuće i blagi obronci Moslavačke gore na obzoru. Na jednom mjestu tako se vide i ravnica Savskog bazena, u čijoj se dubini nalaze ležišta, i gora čije granitne stijene čine podlogu bazena. Taj kontrast između mirnog seoskog pejzaža i „nevidljivog svijeta“ ispod površine dobra je polazna točka za priču o nafti i plinu u Moslavini.

Lokalitet je jednostavno urediti: ušće je već ograđeno i lako dostupno s poljskog puta, a uz njega je dovoljno postaviti interpretacijsku ploču sa shematskim profilom bušotine, kako je prikazano u idejnom prijedlogu na slici 7.2. Ploča bi trebala pokazati slojeve kroz koje bušotina prolazi, ležište plina u miocenskim pješčenjacima, kontakt plina i vode, rasjed uz koji su se slojevi izdigli te granitnu podlogu Moslavačke gore. Za ugradnju točnih podataka o dubini, slojevima i ležištu potrebno je pribaviti dokumentaciju bušotine od INA-e d.d.



Slika 8.1: Idejni prikaz interpretacijske ploče uz ušće istražne bušotine Voloder-9, s moslavačkim krajobrazom u pozadini.

9 Izdanak nafte u Paklenici kod Mikleuške

Izdanak nafte u potoku Paklenica kod Mikleuške najstarije je dokumentirano nalazište nafte u Hrvatskoj i jedno od rijetkih mjesta u Europi gdje se prirodno istjecanje nafte još može vidjeti na površini. Lokalitet leži jugozapadno od Kutine, na jugoistočnom obodu Moslavačke gore, u dolini potoka koji je po nafti i dobio ime: paklina je stara hrvatska riječ za „crnu, uljenu i zapaljivu tvar svojstvena mirisa“, a toponimi Paklenica kod Novske i kod Zadra te Peklenica u Međimurju svi potječu od nje (Tehnička enciklopedija LZMK, s. a.b). Danas je, kako bilježi Sumpor (2010), „dobro vidljiv jedan izdanak nafte na padini s lijeve strane potoka Paklenica“, a na mjestu stoji informativna ploča.

Iznad izdanka uzdiže se brdo Plase, gdje su uz rudarska okna nekad radile i peći za preradu nafte. U usjecima puteva na brdu Plase vide se mlade, pliocenske naslage, stare nekoliko milijuna godina. Na pojedinim mjestima izbijaju tamni slojevi lignita i treseta. To su ostaci biljaka iz močvara koje su se nekad prostirale uz rub Moslavačke gore. Iznad i ispod njih leže žućkasti, prhki pijesci. Ti pijesci dobro pokazuju kako izgleda kolektorska stijena: među zrncima pijeska ima mnogo šupljina koje mogu primiti vodu, plin ili naftu, poput spužve. U većim dubinama slični, ali stariji i bolje vezani pješčenjaci čine ležišta moslavačkih naftnih polja. Posjetitelj tako na jednom brdu može vidjeti i nekadašnju močvaru i „spužvu“ za naftu, a u potoku podno brda i samu naftu.



Slika 9.1: Sloj lignita do treseta u pliocenskim naslagama na brdu Plase, iznad izdanka nafte. Tamna boja potječe od pougljenjenih biljnih ostataka nekadašnje močvare; čekić služi kao mjerilo.



Slika 9.2: Prhki pliocenski pijesci na brdu Plase. Zbog velikog udjela šupljina među zrncima takve stijene mogu biti dobra kolektorska stijena, svojevrsna „spužva“ za naftu.

Lokalitet Paklenica je rijetko zorna točka: na jednom mjestu vidi se dokaz migracije ugljikovodika i prirodna „propuštajuća zamka“ koja je ljudima stoljećima pokazivala gdje

treba kopati. Mikleuška je ujedno i lokalitet gdje su, prema Kranjecu i Vugrincu (1978), uz Peklenicu u Međimurju, jedina dva mjesta u Hrvatskoj gdje se nafta eksploatirala prije sustavnog bušenja, što ga čini polaznom točkom cijele naftne rute Moslavine.

9.1 Rana uporaba nafte: paklina, kolomaz i lijek

Nafta se na Paklenici koristila stoljećima prije nego što je itko pomislio da je buši. Najstariji spomen veže se uz 1262. godinu, koju Muzej Moslavine na izložbi *Nafta u Moslavini* (2024.) navodi kao prvi dokumentirani trag nafte u Moslavini, a zapisi pavlinskog samostana Blažene Djevice Marije podno Garić grada, u Beloj Crkvi, govore o „višestoljetnoj vezi Moslavine s naftom“: na području potoka Paklenica kopana je paklina, bitumen, koja se pomiješana s petrolejem koristila za podmazivanje kotača kola (Sumpor, 2010). Pavlini su, kao i drugdje u srednjoj Europi, bili prvi koji su prirodnu pojavu zabilježili i gospodarski iskoristili, pa je Paklenica uz Garićgrad i samostan dio istog srednjovjekovnog krajolika.

Narodna uporaba bila je trojaka. Prva i najvažnija bila je kolomaz: gusta paklina, kako navodi Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.b), rabila se „isključivo kao kolomaz“ za drvene osovine kola, a seljaci su je sami skupljali s površine vode, „kupili i obirali poput vrhnja“, prema Vukotinovićevu opisu iz 1868. Lokalni nazivi „kolomaz“ i „šmir“ (od njemačkog *Schmiere*) sačuvani su do danas, a mjesto gdje se paklina pakirala zvalo se „šmirana“; vađena je iz zemljanih rupa užadima i posudama (Moslavačka gora, s. a.). Druga uporaba bila je ljekovita: paklina se mazala na rane ljudi i stoke i protiv kožnih bolesti, što je ista tradicija koja je u Međimurju Peklenici dala ime po „peklu“ i koja se u 20. stoljeću u Ivanić-Gradu pretvorila u lječilište Naftalan. Treća je bila rasvjeta i grijanje, ali tek nakon jednostavne destilacije, jer sirova paklina slabo gori.

Važno je uočiti kontinuitet: ista tvar koju su pavlini u 13. stoljeću zvali paklina, seljaci u 19. stoljeću kolomaz, a rudari poslije 1855. nafta, dolazi iz istog izdanka. Zato je Paklenica za budući geopark više od geološkog lokaliteta: to je mjesto na kojem se može pokazati kako je prirodna pojava prošla put od narodnog lijeka i maziva do industrijske sirovine, a da se pritom sam izvor nije promijenio.

9.2 Rudarska eksploatacija 1855.–1943.

Organizirana eksploatacija na Paklenici počela je 1855., godinu nakon što je austrijski rudarski zakon iz 1854. omogućio dodjelu koncesija za naftu, i time je Mikleuška uz Peklenicu u Međimurju jedno od najstarijih mjesta organizirane proizvodnje nafte u svijetu, četiri godine prije Drakeove bušotine u Pennsylvaniji (1859.). Prvu koncesiju dobio je rudar Martin Hermann 1855. (HRT, 2015; Muzej Moslavine, 2024), a Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.b) bilježi da je u razdoblju 1855.–1895. na prirodnim izdancima diljem Hrvatske otvoreno tridesetak okana iz kojih se nafta vadila ručno, u vjedrima. Na Paklenici je najvažnije bilo okno „Martin“, nazvano po koncesionaru: koncesija je potvrđena 29. studenoga 1865., okno je dosegnulo 72 m dubine i bilo je „svojedobno najveće u Austro-Ugarskoj“ (Sumpor, 2010). Radilo je, s prekidima, od 1865. do 1943.

Uz okna je sredinom 19. stoljeća u Velikom Boriku izgrađena i prva „kameno-uljna tvornica“, mala destilerija u kojoj se sirova nafta prerađivala u petrolej za rasvjetu; prerađena nafta, prema Sumporu, „koristila se za rasvjetljavanje Beča“, što znači da je moslavački petrolej u doba prije električne rasvjete išao na najveće tržište Monarhije. To je ujedno prva prerada nafte u Hrvatskoj, gotovo tri desetljeća prije rafinerije u Rijeci (1883.). Ukupne količine bile su skromne: u 88 godina eksploatacije, od 1855. do 1943., Paklenica je dala oko 20.000 tona nafte (Sumpor, 2010), što je manje od godišnje proizvodnje jedne osrednje bušotine na Stružecu, ali više od ukupne proizvodnje svih hrvatskih okana prije 1940., koju Kranjec i Vugrinec (1978) procjenjuju na 15.000 tona; razliku treba pripisati različitim obuhvatima i vrijedi je provjeriti.

Metoda je cijelo vrijeme ostala zanatska. Okna su kopana ručno i podgrađivana drvom, nafta se s vode skupljala i izvlačila u posudama, a tek krajem 19. stoljeća uvode se plitke bušotine. Kranjec i Vugrinec bilježe da je od 1885. do 1940. u Hrvatskoj izrađeno oko 190 bušotina sa svega 70.000 m istražnog bušenja, pa Paklenica nikad nije prerasla u polje u modernom smislu. Njezin kraj 1943. poklapa se s ratnim godinama i s preseljenjem težišta na Gojlo, gdje je od 1941. nafta tekla iz dubokih bušotina; stara okna jednostavno su prestala biti isplativa. Ono što je ostalo jest najdulji kontinuitet u hrvatskoj naftnoj povijesti, od pavlinskih zapisa do 1943., i jedini lokalitet na kojem se cijelo predindustrijsko razdoblje može pokazati na terenu.



Slika 9.3: Ploča poučne staze uz bunar Martin. Shema prikazuje okno duboko 72 m i vodoravne hodnike na dnu kroz koje se nafta cijedila u bunar.



Slika 9.4: Bunar Martin danas: kameni zid oko okna i drveni tronožac na kojem je visjelo uže s posudom za izvlačenje nafte.



Slika 9.5: Pogled u otvor bunara. Drvena obloga okna crna je od nafte, a na dnu se presijava nafta koja se i danas sama skuplja u oknu.

9.3 Danas: stanje lokaliteta i značaj za budući geopark

Izdanak je i danas aktivan i dostupan, ali slabo zaštićen i gotovo nepoznat izvan Moslavine. Sumpor (2010) ga uvrštava među prirodne vrijednosti Sisačko-moslavačke županije, ali ne navodi da ima formalni status geološkog spomenika prirode, a u javno dostupnim izvorima takav status nije potvrđen. To je prvo što inventarizacija treba provjeriti u županijskoj javnoj ustanovi za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode. Od rudarske baštine na terenu je sačuvano okno Martin, uređeno kamenim zidom i drvenim tronošcem uz poučnu stazu.

9.4 Stanje lokaliteta danas

Poučna staza uređena 2012. godine i danas vodi do bunara, ali joj je potrebno redovito održavanje. Dio puta od poljskog puta prema bunaru obrastao je kupinom, bršljanom i grmljem, pa se tronožac iz daljine tek nazire među drvećem. Dobra oznaka na ulazu u šumu olakšala bi posjetiteljima snalaženje.



Slika 9.6: Pristup bunaru Martin kroz šumu. U pozadini se vide tronožac i informativna ploča.

Bunar je očuvan i lako prepoznatljiv: kameni zid i drveni tronožac dobro dočaravaju kako je okno nekad izgledalo. Nafta se i danas skuplja u oknu i ponegdje se prelijeva preko ruba, pa je kamen oko otvora crn i sjajan. To je za posjetitelje najzanimljiviji prizor, ali zahtijeva i malo brige. Na rubu se skupljaju boce i posude koje posjetitelji ostavljaju, a otvor je

djelomično pokriven daskama. Bolje rješenje bila bi čvrsta rešetka kroz koju se nafta na dnu i dalje može vidjeti. Drvene dijelove tronošca s vremena na vrijeme treba zaštititi ili zamijeniti.



Slika 9.7: Rub bunara Martin. Kamen je crn od nafte koja se skuplja u oknu, a na rubu stoje posude kojima se nafta može zahvatiti.



Slika 9.8: Bunar Martin sa stražnje strane: kameni zid i daske preko dijela otvora.

Informativne ploče i dalje dobro vode posjetitelja kroz priču o nafti, ali na njima se vidi utjecaj vremena. Ploča uz bunar je izblijedjela, a na ploči „Kameno-uljna tvornica“ folija je ispucala, pa je povijesna fotografija teško prepoznatljiva. Zamjena ploča otpornijima bila bi jednostavan i vidljiv korak u obnovi staze.



Slika 9.9: Ploča „Kameno-uljna tvornica“ uz poljski put. Folija je s vremenom ispucala, pa ploču treba obnoviti.

Za budući geopark Moslavina, Paklenica je početna točka naftne rute i jedan od rijetkih lokaliteta koji istodobno zadovoljava geološki, povijesni i obrazovni kriterij. Geološki, prirodno istjecanje nafte na kontaktu kristalina i neogena pojava je kakvu u Europi rijetko tko može pokazati u živo; usporedivi lokaliteti u Pennsylvaniji, Galiciji (Bóbrka, na UNESCO-ovoj pristupnoj listi) i Peklenici već su uređeni kao spomen-parkovi, a Peklenica ima memorijalni park od 2001. (Gregorić i dr., 2017). Povijesno, Paklenica drži tri prvenstva u Hrvatskoj: najstariji zapis o nafti, najstariju koncesiju i prvu preradu nafte. Obrazovno, na jednom mjestu objašnjava cijeli lanac od matične stijene do potrošača, od pavlinske pakline i seljačkog kolomaza do petroleja za Beč, i tako uvodi posjetitelja u priču koja se nastavlja na Gojlu, Stružecu, Okolima i Ivaniću.

9.5 Potrebna obnova

Da bi lokalitet mogao postati jedna od ključnih točaka budućeg geoparka, potrebna je obnova u nekoliko koraka:

- **Sigurnost na prvom mjestu.** Otvor okna treba zatvoriti čvrstom rešetkom ili prozirnim poklopcem kroz koji se i dalje može vidjeti nafta na dnu. Oko bunara treba postaviti nisku ogradu.
- **Uređenje staze.** Stazu od poljskog puta do bunara treba raskrčiti, označiti i redovito održavati. Ulaz u šumu treba označiti smjerokazom, a uz livadu urediti malo parkiralište ili odmorište.

- **Obnova bunara.** Treba sanirati kameni zid i zamijeniti ili zaštititi drvene stupove tronošca, uz očuvanje izvornog izgleda.
- **Čišćenje i nadzor.** S ruba i iz okolice bunara treba ukloniti otpad. Ako se nafta prelijeva preko ruba, može se urediti kontrolirano prikupljanje, kako se ne bi natapalo tlo oko staze.
- **Nove ploče.** Postojeće ploče treba zamijeniti pločama od otpornih materijala (npr. UV-postojani tisak, emajl ili HPL ploče), s geološkim profilom, vremenskom crtom 1262.–1943., kratkim tekstom na engleskom i QR kodom s dodatnim sadržajem.
- **Zaštita i upravljanje.** Izdanak i bunar treba zaštititi kao geološki spomenik prirode ako to još nije učinjeno. Treba odrediti tko je odgovoran za redovito održavanje.

10 Skladište jezgara Mramor Brdo

Skladište bušaćih jezgara „Mramor Brdo“ nalazi se u Ciglenici kraj Popovače, na rubu Moslavačke gore, i središnje je spremište fizičkog stijenskog materijala iz istražnih i razradnih naftnih i plinskih bušotina u Hrvatskoj. Ime je dobilo po obližnjem Mramor Brdu, brahiantiklinali koja je i sama bila predmet naftno-geoloških istraživanja još 1950-ih i 1960-ih godina (Boškov-Štajner, 1961).

Objekt čini nekoliko prizemnih skladišnih zgrada uz lokalnu cestu, ograđenih žičanom ogradom (slika 9.1). Izvana djeluju neupadljivo, gotovo kao gospodarske zgrade, no unutra se, na višekatnim metalnim policama, nalazi materijal prikupljan desetljećima, u pravilu iz razdoblja kada je istraživanje ugljikovodika u Hrvatskoj obavljala INA, odnosno njezin prethodnik Naftaplin. Svaka jezgra pohranjena je u drvenom sanduku s naljepnicom na kojoj su upisani naftno polje, oznaka bušotine, interval jezgrovanja u metrima i redni metar jezgre.



Slika 10.1: Skladišne zgrade u Ciglenici (listopad 2026.).

Za budući geopark Moslavina skladište je zanimljivo dvostruko: kao mjesto koje čuva „podzemnu“ geološku povijest Panonskog bazena i Jadrana, i kao svjedočanstvo duge naftne tradicije Moslavine, gdje se nafta i plin pridobivaju od sredine 20. stoljeća.

10.1 Koliko i kakvog materijala se čuva

Prema inventuri koju je u prvoj polovici 2014. godine proveo Hrvatski geološki institut, u skladištu je pregledano **20 535 sanduka s jezgrama bušotina** i **689 uzoraka bočnih jezgara** (Hrvatski geološki institut, 2015). Jezgre su izmjerene s točnošću do centimetra, a podaci o intervalima uneseni su u elektroničku bazu. Stanje materijala bilo je vrlo

različito, od cjelovitih valjaka, preko zdrobljenih jezgara, do pojedinačnih fragmenata veličine nekoliko centimetara.

U skladištu se čuvaju četiri osnovne vrste materijala:

- **Klasične bušaće jezgre** – valjci stijene promjera desetak centimetara, izvađeni iz dubina od nekoliko stotina do više od dvije tisuće metara, složeni u drvene sanduke po metrima jezgrovanja.
- **Bočne jezgre** – mali uzorci uzeti iz stijenke već izbušene bušotine.
- **Krhotine („cuttings“)** – usitnjeni materijal iznošen isplakom, pohranjen u kartonskim kutijama s oznakom bušotine i intervala.
- **Jezgre evaporita (soli)** – osobito osjetljiv materijal topiv u vodi.

Materijal potječe s kopnenih polja Panonskog bazena (npr. Žutica u Savskom bazenu) i s jadranskog podmorja (Kornati More, Jadran), što ga čini jedinstvenim presjekom kroz cijeli hrvatski naftno-geološki prostor (slike 9.2–9.5). Uz to se čuvaju i jezgre iz bušotina koje je INA izradila u inozemstvu, primjerice u Siriji i Libiji. Na slici 9.4 vidi se sanduk s jezgrom iz sirijske bušotine Mustadira-1, pa zbirka nadilazi nacionalne okvire i svjedoči o međunarodnom radu hrvatske naftne struke. Riječ je o pješčenjacima i laporima koji su ležišne i izolatorske stijene, karbonatima, metamorfnim i magmatskim stijenama podloge te evaporitima.



Slika 10.2: Unutrašnjost skladišta: drveni sanduci s jezgrama na metalnim policama.



Slika 10.3: Kartonske kutije s uzorcima krhotina iz INA-inih bušotina.



Slika 10.4: Jezgra iz INA-ine bušotine Mustadira-1 u Siriji, interval 2047–2056 m.



Slika 10.5: Jezgra pješčenjaka iz bušotine ŽU-146, polje Žutica, interval 1720,5–1735,5 m.

10.2 Tko je vlasnik zgrada, a tko materijala

Zgrade i zemljište skladišta u vlasništvu su INA-e d.d., koja je objekt izgradila i desetljećima njime upravljala, a stijenski materijal od 2014. godine pripada Republici Hrvatskoj (tablica 9.1). Vlasništvo nad objektom i nad sadržajem tako je razdvojeno, što je ključno za pitanje tko je odgovoran za održavanje.

Tablica 10.1: Vlasništvo i upravljanje skladištem Mramor Brdo i stijenskim materijalom prije i nakon 2014. godine (prema Hrvatski geološki institut, 2015; Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika, 2018).

Razdoblje	Vlasnik/upravitelj objekta	Vlasnik/upravitelj stijenskog materijala
Do 2014.	INA (ranije Naftaplin)	INA, kao nositelj istraživanja
Od 2014.	INA d.d.	Republika Hrvatska; podacima upravlja Agencija za ugljikovodike (AZU) pod nadzorom ministarstva nadležnog za energetiku, uz stručnu potporu Geološke službe Hrvatskog geološkog instituta

Prekretnica je osnivanje **Agencije za ugljikovodike** početkom 2014. godine (Zakon o osnivanju Agencije za ugljikovodike, 2014). Iste je godine Hrvatski geološki institut, u

suradnji s Ministarstvom gospodarstva, od INA-e preuzeo arhiv geoloških, geokemijskih i geofizičkih podataka, a njegova Geološka služba provela je inventuru jezgara u Mramor Brdu (Hrvatski geološki institut, 2015).

Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika propisuje da su svi geološki, geokemijski, geofizički i inženjerski podaci „isključivo vlasništvo Republike Hrvatske“, a među fizičke podatke izričito ubraja jezgre, bočne jezgre, krhotine i uzorke fluida (Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika, 2018). Novi investitori moraju jezgre i krhotine dostaviti upravo u skladište Mramor Brdo u roku od 60 dana od jezgrovanja, uz dogovor s AZU-om, a kopije svih podataka čuvaju se u HGI-ju (Agencija za ugljikovodike, s. a.a). Skladište je time i danas živi, zakonom određeni državni repozitorij, ali smješten u tuđoj zgradi.

Otvoreno pitanje: tko je danas ugovorno odgovoran za održavanje zgrade (INA kao vlasnik ili AZU kao korisnik), treba provjeriti u ugovoru između INA-e i AZU-a, odnosno ministarstva.

10.3 Stanje objekta: izgubljene jezgre soli

Zbog lošeg održavanja zgrade dio jezgara soli nepovratno je uništen: vlaga i procjeđivanje vode otopili su halit, a s njim i sanduke u kojima je ležao. Na slici 9.6 su na srednjoj polici, između sanduka iz bušotina Kornati More KM-1 i Jadran IKA-1, vidljivi raspadnuti drveni sanduci, hrđom natopljene naljepnice s kojih se više ne mogu pročitati polje, bušotina ni interval, te korodirani čelični nosač police prekriven slanom korom. Sol je, otapajući se, postala agresivna slana otopina koja je nagrizla metal i drvo te ugrozila i susjedne sanduke.



Slika 10.6: Uništeni sanduci na mjestu gdje su bile jezgre soli; iznad sanduci iz bušotine Kornati More KM-1, ispod iz bušotine Jadran IKA-1.

Kako je ta sol izgledala prije, pokazuje fotografija iz 2009. godine (slika 9.7): polirani presjek jezgre s izrazito boranom, tamnosivom do smeđkastom laminacijom halita i nečistoćama, tipičnom za deformirane evaporite. Takva struktura bilježi uvjete taloženja i kasnije tečenje soli u dubini, a jezgre evaporita iz dubokih bušotina rijetke su i praktički nenadoknadive: ponovno jezgrovanje stajalo bi milijune eura i za većinu lokacija više nije moguće.



Slika 10.7: Jezgra soli prije otapanja: borana laminacija halita (fotografija iz 2009.), mjerilo u centimetrima.

Gubitak soli je upozorenje, a ne izoliran slučaj: isti uvjeti (vlaga, oscilacije temperature, neodržavan krov i instalacije) postupno oštećuju i drvene sanduke, naljepnice i glinovite jezgre koje se pri ciklusima vlaženja i sušenja raspadaju.

10.4 Zašto je skladište važno i kako zaštititi građu

Skladište Mramor Brdo jedina je fizička zbirka koja pokriva cijeli hrvatski podzemni prostor istražen bušenjem, pa je njegova vrijednost znanstvena, gospodarska i baštinska istodobno.

- **Znanost i nastava** – jezgre su jedini izravni uzorak dubokih naslaga Panonskog bazena i Jadrana; na njima se rade sedimentološke, petrofizikalne, paleontološke i geokemijske analize te diplomski i doktorski radovi.
- **Energetska tranzicija** – isti materijal ključan je za procjenu skladištenja CO_2 i vodika, geotermalnih ležišta te za ponovnu procjenu starih polja.
- **Gospodarska vrijednost** – trošak izrade bušotina iz kojih jezgre potječu mjeri se stotinama milijuna eura; jezgre se ne mogu ponovno izvaditi.

- **Geobaština** – za budući geopark Moslavina skladište povezuje naftnu povijest kraja s geologijom koju posjetitelji inače ne mogu vidjeti.

Fotografije u ovom poglavlju snimljene su tijekom terenskih obilazaka 2014., 2016. i 2026. godine; fotografija jezgre soli snimljena je 2009. godine.

11 Literatura

Agencija za ugljikovodike (s. a.a) *Smjernice za predaju podataka*. Zagreb: Ministarstvo gospodarstva / Agencija za ugljikovodike. Dostupno na: https://mingo.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU//Smjernice%20za%20predaju%20podataka_AZU.pdf .

Agencija za ugljikovodike (s. a.b) *Eksploatacijska polja ugljikovodika* [GIS sloj]. Zagreb: Agencija za ugljikovodike.

Barić, G. (1993) 'Coal-bed hydrocarbon characteristics of the Vrbak–Benkovica exploration locations', *Nafta*, 44(10), str. 543–554.

Barić, G. (1996) 'Organic geochemistry in the rationalization of oil and gas exploration and production', *Geologia Croatica*, 49(2), str. 191–195.

Barić, G., Tari, V. i Ivković, Ž. (2003) 'Petroleum systems in the southern part of the Pannonian basin and in the Adriatic offshore, Croatia', *Nafta*, 54(7–8), str. 299–307.

Boškov-Štajner, Z. (1961) 'Geologija brahiantiklinale Mramor Brdo', *Geološki vjesnik*. Dostupno na: https://geoloski-vjesnik.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2022/05/1961_Boskov-Stajner_139.pdf .

Copernicus (s. a.) *Copernicus DEM – Global Digital Elevation Model GLO-30*. European Space Agency; © DLR e.V. 2010–2014 i © Airbus Defence and Space GmbH 2014–2018.

Crnko, J. (1987) *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Kutina L 33-94*. Zagreb: Geološki zavod; Beograd: Savezni geološki zavod.

Grad Popovača (s. a.) *Stružec – naselja*. Dostupno na: https://www.popovaca.hr/o-gradu-popovaca/naselja/2210-struzec .

Gregorić, M., Siketić, J. i Horvat, D. M. (2017) *Peklenica kao potencijalna turistička destinacija u Međimurju*. Stručni rad. Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/file/283327 .

HRT (2015) *Moslavina, najstarije naftno područje u Hrvatskoj*. Alpe Dunav Jadran, 14. veljače 2015. Dostupno na: https://alpedunavjadran.hrt.hr/2015/14-02-2015/moslavina-najstarije-naftno-podrucje-u-hrvatskoj-3603584 .

Hrvatski geološki institut (2015) *Godišnje izvješće 2014*. Zagreb: Hrvatski geološki institut. Dostupno na: https://www.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2018/08/Godisnje-izvjesce-2014.pdf .

Kranjec, V. i Vugrinec, J. (1978) 'Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj', *Geološki vjesnik*, 30. Dostupno na: https://geoloski-vjesnik.hgi-cgs.hr/wp-content/uploads/2022/07/1978_Kranjec-Vugrinec_618.pdf .

Lončar, J. (2008) *Moslavina – povijesno-geografsko značenje i obilježja*. geografija.hr. Dostupno na: https://geografija.hr/moslavina-povijesno-geografsko-znacenje-i-obiljezja/ .

Malvić, T. i Velić, J. (2011) 'Neogene tectonics in Croatian part of the Pannonian Basin and reflectance in hydrocarbon accumulations', u: Schattner, U. (ur.) *New Frontiers in Tectonic Research – At the Midst of Plate Convergence*. Rijeka: InTech, str. 215–238. Dostupno na: https://www.intechopen.com/chapters/17665 .

Moslavačka gora (s. a.) *Geološki lokaliteti*. Dostupno na: https://sites.google.com/site/moslavackagora/atrakcije-sites/geolo%C5%A1ki-lokaliteti .

Moslavina d.o.o. (s. a.) *73 godine vodoopskrbe Gojla (od 1937. god.)*. Kutina: Moslavina d.o.o. Dostupno na: https://moslavina-kutina.hr/Informacije/Promo-materijali/73-godine-vodoopskrbe-Gojla-od-1937god .

Muzej Moslavine (2024) *Nafta u Moslavini* [izložba]. Sisak: Holandska kuća. Prikaz izložbe dostupan na: https://www.sisak.info/2024/11/27/u-holandskoj-kuci-izlozba-nafta-u-moslavini/ .

Nemeš, M. (2021) *Historijsko-geografski razvoj Moslavine*. Diplomski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Dostupno na: https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf:9747 .

PPUG Kutine (s. a.) *Prostorni plan uređenja Grada Kutine – polazišta*. Kutina: Grad Kutina. Dostupno na: https://www.zpusmz.hr/PPUG%20KUTINA/PDF/1-2%20polazista%20KUT.pdf .

Pavelić, D. i Kovačić, M. (2018) 'Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review', *Marine and Petroleum Geology*, 91, str. 455–469.

Popov, S. V., Rögl, F., Rozanov, A. Y., Steininger, F. F., Shcherba, I. G. i Kovač, M. (ur.) (2004) 'Lithological-paleogeographic maps of Paratethys', *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 250.

Prebeg, K. (2022) *Novovjekovni razvoj naselja u Moslavini*. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu. Dostupno na: https://repozitorij.hrstud.unizg.hr/islandora/object/hrstud:2965 .

Rubić, T. (2023) 'Preobrazbe, posrnuća i (zamišljene) budućnosti Gojla i Kutine', *Etnološka tribina*, 53(46). Dostupno na: https://hrcak.srce.hr/clanak/450273 .

Saftić, B., Velić, J., Sztanó, O., Juhász, G. i Ivković, Ž. (2003) 'Tertiary subsurface facies, source rocks and hydrocarbon reservoirs in the SW part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary)', *Geologia Croatica*, 56(1), str. 101–122.

Strategija razvoja Grada Kutine (2015) *Strategija razvoja Grada Kutine za programsko razdoblje 2014.–2020.*. Kutina: Grad Kutina. Dostupno na: https://www.kutina.hr/assets/files/414/201509Strategija%20razvoja%20grada%20Kutine%20za%20programsko%20razdoblje%202020.pdf .

Sumpor, D. (2010) 'Zaštićene prirodne vrijednosti Sisačko-moslavačke županije', *Hrvatska revija*, 10(3). Dostupno na: https://www.matica.hr/hr/359/zasticene-prirodne-vrijednosti-sisacko-moslavacke-zupanije-21111/ .

Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.a) 'INA – Industrija nafte d.d.', *Hrvatska tehnička enciklopedija*. Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Dostupno na: https://tehnika.lzmk.hr/ina-industrija-nafte-d-d/ .

Tehnička enciklopedija LZMK (s. a.b) 'Nafta', *Hrvatska tehnička enciklopedija*. Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Dostupno na: https://tehnika.lzmk.hr/nafta/ .

Troskot-Čorbić, T., Velić, J. i Malvić, T. (2009) 'Comparison of the Middle Miocene and the Upper Miocene source rock formations in the Sava Depression (Pannonian Basin, Croatia)', *Geologia Croatica*, 62(2), str. 123–133.

Velić, J. (2007) *Geologija ležišta nafte i plina*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Velić, J., Kišić, K. i Krasić, D. (2016) 'The characteristics of the production and processing of oil and natural gas in Croatia from 2000 to 2014', *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 31(2), str. 69–112. doi: 10.17794/rgn.2016.2.6.

Velić, J., Malvić, T., Cvetković, M. i Vrbanac, B. (2012) 'Reservoir geology, hydrocarbon reserves and production in the Croatian part of the Pannonian Basin System', *Geologia Croatica*, 65(1), str. 91–101.

Velić, J., Weisser, M., Saftić, B., Vrbanac, B. i Ivković, Ž. (2002) 'Petroleum-geological characteristics and exploration level of the three Neogene depositional megacycles in the Croatian part of the Pannonian basin', *Nafta*, 53(6–7), str. 239–249.

Vrbanac, B. (2002) 'Chronohorizons based on resistivity curve variations – Upper Miocene sediments of the Ivanić Grad Formation in the Sava Depression (NW Croatia)', *Geologia Croatica*, 55(1), str. 11–23.

Wikipedia (s. a.) *Kutina; Ivanić-Grad; Popovača; Garešnica* [podaci popisa stanovništva prema DZS-u]. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Kutina .

Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (2018) *Narodne novine*, 52/18, 52/19, 30/21. Dostupno na: https://www.zakon.hr/z/1009/zakon-o-istra%C5%BEivanju-i-eksploataciji-ugljikovodika .

Zakon o osnivanju Agencije za ugljikovodike (2014) *Narodne novine*, 14/14. Dostupno na: https://www.zakon.hr/z/701/zakon-o-osnivanju-agencije-za-ugljikovodike .