

Procjena geotermalnog potencijala nakon završetka eksploatacije ugljikovodika na naftno-plinskom polju Kućanci - Kapelna

Stanić, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:450202>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

**PROCJENA GEOTERMALNOG POTENCIJALA NAKON ZAVRŠETKA
EKSPLOATACIJE UGLJIKOVODIKA NA NAFTNO-PLINSKOM POLJU
KUĆANCI – KAPELNA**

Diplomski rad

Matea Stanić

N413

Zagreb, 2024.

PROCJENA GEOTERMALNOG POTENCIJALA NAKON ZAVRŠETKA EKSPLOATACIJE
UGLJIKOVODIKA NA NAFTNO-PLINSKOM POLJU KUĆANCI – KAPELNA
Matea Stanić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Naftna industrija u Hrvatskoj ima dugu povijest, ali posljednjih se desetljeća bilježi pad proizvodnje nafte i plina zbog starenja eksploatacijskih polja i opadanja rezervi. Upravo zbog toga se očekuje povećanje broja napuštenih bušotina, koje su pogodne za revitalizaciju. Revitalizacija tih bušotina za geotermalnu energiju, posebno u panonskom bazenu s visokim geotermalnim potencijalom, predstavlja važan aspekt održivog upravljanja resursima. Takva revitalizacija podržala bi ciljeve dekarbonizacije i prijelaza na obnovljive izvore energije u skladu s energetsom tranzicijom. Jedno od polja koje su u procesu starenja je naftno – plinsko polje Kućanci – Kapelna. Pregledom bušotinske dokumentacije ovoga polja analizirat će se petrofizikalne karakteristike ležišta kako bi se odredila mogućnost revitalizacije bušotina u svrhu geotermalne energije.

Ključne riječi: geotermalna energija, revitalizacija, naftno-plinsko polje, razrada ležišta

Diplomski rad sadrži: 61 stranicu, 1 tablicu, 12 slika, i 7 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Tomislav Kurevija, redoviti profesor RGNf-a

Pomagao pri izradi/komentor: Dr.sc. Marija Macenić, viši asistent RGNf-a

Ocjenjivači: Dr.sc. Tomislav Kurevija, redoviti profesor RGNf-a

Dr.sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNf-a

Dr.sc. Luka Perković, izvanredni profesor RGNf-a

ASSESSMENT OF GEOTHERMAL POTENTIAL AFTER THE COMPLETION OF
HYDROCARBON EXPLOITATION ON THE OIL AND GAS FIELD KUĆANCI – KAPELNA
Matea Stanić

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Petroleum and Gas Engineering and Energy
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The oil industry in Croatia has a long history, but in recent decades, there has been a decline in oil and gas production due to aging of exploitation fields and decreasing reserves. This is expected to result in an increase of abandoned wells, these wells can be suitable for revitalization. Revitalizing these wells for geothermal energy, especially in the Pannonian Basin which has high geothermal potential, is an important aspect of sustainable resource management. Such revitalization would support decarbonization goals and the transition to renewable energy sources in line with energy transition. One of the currently aging fields is the Kućanci – Kapelna oil and gas field. By reviewing the well documentation of this field, the petrophysical characteristics of the reservoir will be analyzed to determine the feasibility of revitalizing the wells for geothermal energy purposes.

Keywords: geothermal energy, revitalization, oil and gas field, reservoir development

Thesis contains: 61 pages, 1 table, 12 figures and 7 references.

Original in: Croatian

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

Supervisor: Full professor Tomislav Kurevija, PhD

Tech. assistance: Senior assistant Marija Macenić, PhD

Reviewers: Full professor Tomislav Kurevija, PhD

Full professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD

Associate professor Luka Perković, PhD

Defence date: February 22, 2024, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	VI
POPIS TABLICA	VII
1. UVOD	1
2. EKSPLOATACIJSKO POLJE KUĆANCI – KAPELNA	2
2.1. Lokacija eksploatacijskog polja Kućanci – Kapelna	2
2.2. Geološka osnova eksploatacijskog polja Kućanci – Kapelna	2
2.2.1. Ležišta E_L , F_{1a} i F_{1b}	3
2.2.2. Ležište E_k	6
2.3. Litostratigrafske jedinice eksploatacijskog polja	7
3. PREGLED BUŠOTINA IZGRAĐENIH NA POLJU KUĆANCI – KAPELNA .	10
3.1. Bušotina Ladislavci-1	10
3.1.1. Konstrukcija bušotine La-1	11
3.1.2. DST ispitivanja bušotine La-1	11
3.2. Bušotina Ladislavci-2	12
3.2.1. Konstrukcija bušotine La-2.....	12
3.2.2. DST ispitivanja bušotine La-2	12
3.3. Bušotina Ladislavci-3	13
3.3.1. Konstrukcija bušotine La-3.....	13
3.3.2. DST ispitivanja bušotine La-3	13
3.4. Bušotina Ladislavci-4	14
3.4.1. Konstrukcija bušotine La-4.....	14
3.4.2. DST ispitivanja bušotine La-4	14
3.5. Bušotina Ladislavci-5	14
3.5.1. Konstrukcija bušotine La-5.....	15
3.5.2. DST ispitivanja bušotine La-5	15
3.6. Bušotina Ladislavci-6	15
3.6.1. Konstrukcija bušotine La-6.....	16
3.7. Bušotina Ladislavci-8	16
3.7.1. Konstrukcija bušotine La-8.....	16
3.7.2. DST ispitivanja bušotine La-8	16
3.8. Bušotina Ladislavci-9	17
3.8.1. Konstrukcija bušotine La-9.....	17

3.8.2.	DST ispitivanja bušotine La-9	17
3.9.	Bušotina Ladislavci-10	17
3.9.1.	Konstrukcija bušotine La-10.....	18
3.9.2.	DST ispitivanja bušotine La-10	18
3.10.	Bušotina Ladislavci-11	18
3.10.1.	Konstrukcija bušotine La-11	19
3.10.2.	DST ispitivanja bušotine La-11	19
3.11.	Bušotina Ladislavci-12	20
3.11.1.	Konstrukcija bušotine La-12.....	20
3.11.2.	DST ispitivanja bušotine La-12	20
3.12.	Bušotina Ladislavci-13	21
3.12.1.	Konstrukcija bušotine La-13.....	22
3.12.2.	DST ispitivanja bušotine La-13	22
3.13.	Bušotina Ladislavci-14	22
3.13.1.	Konstrukcija bušotine La-14.....	22
3.13.2.	DST ispitivanja bušotine La-14	23
3.14.	Bušotina Ladislavci-15	23
3.14.1.	Konstrukcija bušotine La-15.....	23
3.14.2.	DST ispitivanja bušotine La-15	24
3.15.	Bušotina Ladislavci-16	24
3.15.1.	Konstrukcija bušotine La-16.....	24
3.15.2.	DST ispitivanja bušotine La-16	25
3.16.	Bušotina Ladislavci-17	25
3.16.1.	Konstrukcija bušotine La-17.....	25
3.16.2.	DST ispitivanja bušotine La-17	26
3.17.	Bušotina Ladislavci-18 (alfa i beta).....	26
3.17.1.	Konstrukcija bušotine La-18.....	26
3.17.2.	DST ispitivanja bušotine La-18	26
3.17.3.	Bušotina La-18 α	27
3.17.3.1.	<i>Konstrukcija bušotine La-18α.....</i>	<i>27</i>
3.17.3.2.	<i>DST ispitivanja bušotine La-18α.....</i>	<i>27</i>
3.17.4.	Bušotina La-18 β	28
3.17.4.1.	<i>Konstrukcija bušotine La-18β.....</i>	<i>28</i>

3.17.4.2. <i>DST ispitivanja bušotine La-18β</i>	29
3.18. Bušotina Ladislavci-20	29
3.18.1. Konstrukcija bušotine La-20.....	29
3.18.2. DST ispitivanja bušotine La-20	30
3.19. Bušotina Ladislavci-21	30
3.19.1. Konstrukcija bušotine La-21	30
3.19.2. DST ispitivanja bušotine La-21	30
3.20. Bušotina Kućanci-1	30
3.20.1. Konstrukcija bušotine Ku-1	31
3.20.2. DST ispitivanja bušotine Ku-1	31
3.21. Bušotina Kućanci-2	31
3.21.1. Konstrukcija bušotine Ku-2	32
3.21.2. DST ispitivanja bušotine Ku-2	32
3.22. Bušotina Kućanci-3	32
3.22.1. Konstrukcija bušotine Ku-3	33
3.22.2. DST ispitivanja bušotine Ku-3	33
3.23. Bušotina Kućanci-4	33
3.23.1. Konstrukcija bušotine Ku-4	34
3.23.2. DST ispitivanja bušotine Ku-4	34
3.24. Bušotina Kućanci-5	35
3.24.1. Konstrukcija bušotine Ku-5	35
3.24.2. DST ispitivanja bušotine Ku-5	36
3.25. Bušotina Kućanci-6 (alfa i beta)	36
3.25.1. Konstrukcija bušotine Ku-6	37
3.25.2. DST ispitivanja bušotine Ku-6	37
3.25.3. Bušotina Kućanci-6α.....	37
3.25.3.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-6α</i>	37
3.25.3.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-6α</i>	37
3.25.4. Bušotina Kućanci-6β.....	38
3.25.4.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-6β</i>	38
3.25.4.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-6β</i>	38
3.26. Bušotina Kućanci-7	39
3.26.1. Konstrukcija bušotine Ku-7	39

3.26.2. DST ispitivanja bušotine Ku-7.....	39
3.27. Bušotina Kućanci-8.....	39
3.27.1. Konstrukcija bušotine Ku-8	40
3.27.2. DST ispitivanja bušotine Ku-8	40
3.27.3. Bušotina Kućanci-8 α	41
3.27.3.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-8α</i>	41
3.27.3.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-8α</i>	41
3.28. Bušotina Kućanci-9.....	41
3.28.1. Konstrukcija bušotine Ku-9	42
3.29. Bušotina Kućanci-10 (alfa i beta)	42
3.29.1. Konstrukcija bušotine Ku-10	42
3.29.2. DST ispitivanja bušotine Ku-10	42
3.29.3. Bušotina Ku-10 α	43
3.29.3.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-10α</i>	43
3.29.3.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-10α</i>	43
3.29.4. Bušotina Ku-10 β	43
3.29.4.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-10β</i>	43
3.29.4.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-10β</i>	43
3.30. Bušotina Kućanci-11 (alfa).....	44
3.30.1. Konstrukcija bušotine Ku-11	44
3.30.2. DST ispitivanja bušotine Ku-11	44
3.30.3. Bušotina Ku-11 α	44
3.30.3.1. <i>Konstrukcija bušotine Ku-11α</i>	45
3.30.3.2. <i>DST ispitivanja bušotine Ku-11α</i>	45
3.31. Bušotina Kućanci-12.....	45
3.31.1. Konstrukcija bušotine Ku-12	46
3.31.2. DST ispitivanja bušotine Ku-12	46
3.32. Bušotina Kućanci-13.....	46
3.32.1. Konstrukcija bušotine Ku-13	47
3.32.2. DST ispitivanja bušotine Ku-13	47
3.33. Bušotina Krunoslavlje-1.....	47
3.33.1. Konstrukcija bušotine Kru-1	47
3.33.2. DST ispitivanja bušotine Kru-1	48

3.34. Bušotina Krunoslavlje-2	48
3.34.1. Konstrukcija bušotine Kru-2.....	48
3.34.2. DST ispitivanja bušotine Kru-2	49
3.35. Bušotina Rasovac-1	49
3.35.1. Konstrukcija bušotine Rs-1	49
3.35.2. DST ispitivanja bušotine Rs-1	49
4. ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA IZ VODONOSNIKA NAFTNO – PLINSKOG POLJA	51
4.1. Mogućnost iskorištavanja geotermalnog potencijala nakon eksploatacije na polju Kućanci - Kapelna	53
5. ZAKLJUČAK	60
6. LITERATURA	61

POPIS SLIKA

Slika 2-1 Prikaz eksploatacijski polja na području Dravske depresije	2
Slika 2-2 Geološki profil strukture Ladislavci	Error! Bookmark not defined.
Slika 2-3 Geološki profil područja Kućanci Istok.....	7
Slika 2-4 Shematski litostratigrafski profil bušotina Ku-2, Ku-3, Ku-4 i Ku-1.....	9
Slika 3-1 Karta bušotina naftno – plinskog polja Kućanci – Kapelna	10
Slika 3-2 Shematski prikaz konstrukcije bušotine Kućanci-5.....	36
Slika 4-1 Karta bušotine koje su pogodne za revitalizaciju na naftno – plinskom polju Kućanci – Kapelna.....	53
Slika 4-2 Ulazni ležišni podatci za proračun u Well Perform programu	55
Slika 4-3 Prikaz unesenih podataka za konstrukciju bušotine	56
Slika 4-4 Prikaz parametara za propucavanje intervala B ₈ , B ₉ i B ₁₀	56
Slika 4-5 Rezultati proračuna proizvodnje programa WellPerform za tri scenarija promjene propusnosti B serije Osječkih pješčenjaka propusnosti 10 mD (Inflow 1 – Case -1), 20 mD (Case-2) i 30 mD (Case-3).....	57
Slika 4-6 Rezultati proračuna proizvodnje programa WellPerform za tri scenarija promjene debljine slojeva B serije Osječkih pješčenjaka uz propusnost od 20 mD i debljinu od 100 m (Inflow 1 – Case -1), 75 m (Case-2) i 50 m (Case-3).....	58

POPIS TABLICA

Tablica 4-1 Pregled bušotina koje su probušile seriju B u vodenom zasićenju	52
--	----

1. UVOD

Naftna industrija u Hrvatskoj ima dugu povijest i igra ključnu ulogu u energetsom sektoru zemlje. Unatoč povijesnim uspjesima, proizvodnja nafte i plina u Hrvatskoj bilježi pad u posljednjim desetljećima. Eksploatacijska polja stare, a rezerve ugljikovodika opadaju, što stvara izazove u ovom sektoru industrije. Trenutno na kontinentalnom području Republike Hrvatske, točnije u Panonskom bazenu, postoji 56 eksploatacijskih polja ugljikovodika iz kojih se crpi nafta, plin i kondenzat (Agencija za ugljikovodike [AZU], n.d.). Pa su tako najveća nafta polja Beničanci, Stružec, Žutica, Šandrovac i Ivanić, dok su plinskih polja: Molve, Kalinovac, Stari Gradac i Okoli. S obzirom na pad proizvodnje ugljikovodika, očekuje se povećanje broja napuštenih, poplavljenih i likvidiranih naftnih i plinskih bušotina u Republici Hrvatskoj. Ove neisplative duboke bušotine mogu revitalizirati i iskoristiti za geotermalnu energiju, posebno na području Panonskog bazena. Revitalizacija naftnih i plinskih bušotina odnosi se na postupke obnove ili ponovnog oživljavanja bušotina kako bi se povećala njihova funkcionalnost ili iskoristila za nove svrhe. Ova praksa često uključuje transformaciju napuštenih, zavodnjenih ili neaktivnih bušotina kako bi se iskoristile za energetske ili ekološki prihvatljive svrhe (Macenić et al., 2022). Revitalizacija naftnih i plinskih bušotina predstavlja važan aspekt održivog upravljanja tim resursima, omogućujući im produženi životni vijek ili prilagodbu novim energetske trendovima.

Kao što je već napomenuto revitalizacija u geotermalne svrhe posebno je isplativo na području Panonskog bazena. Hrvatski dio Panonskog bazena može se promatrati kao geotermalna regija budući da prosječna vrijednost geotermalnog gradijenta iznosi 0,049 °C/m (60 % viši geotermalni gradijent od europskog prosjeka) (Kurevija i Macenić, 2022) i kao takav predstavlja izrazito visok potencijal za iskorištavanje geotermalne energije.

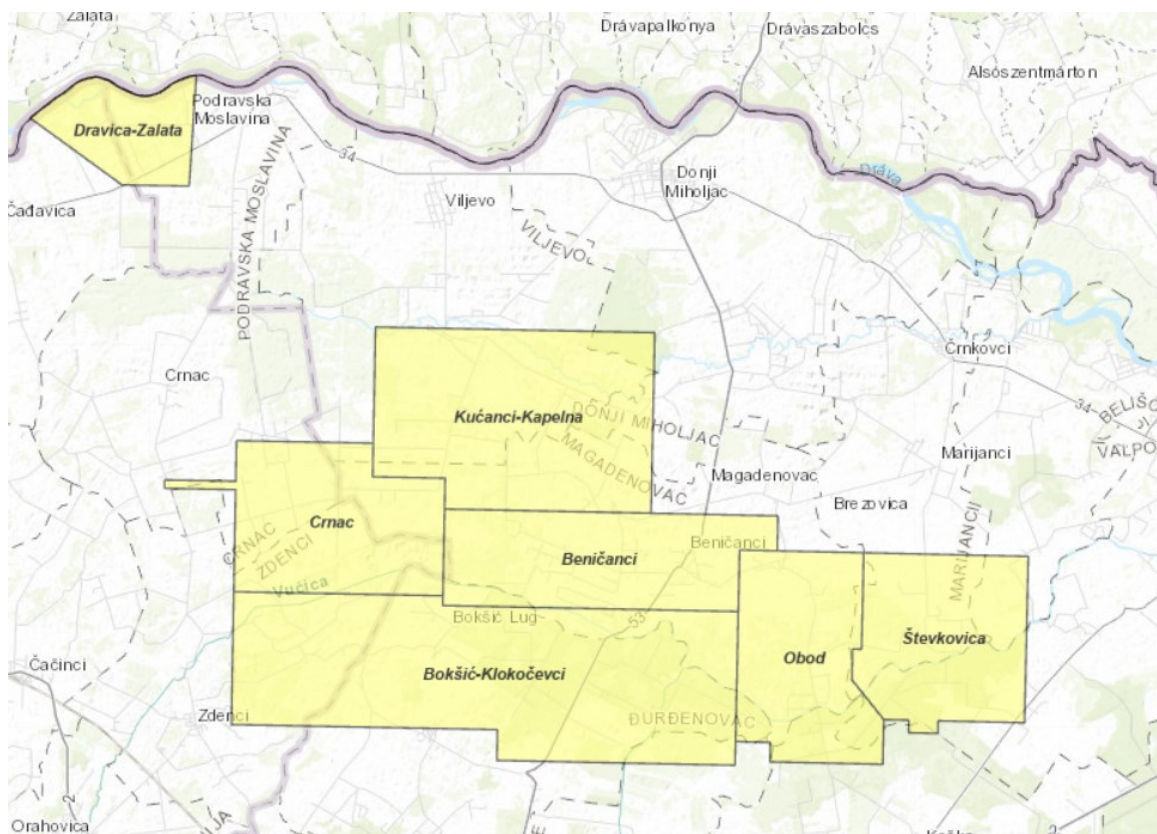
Geotermalnom revitalizacijom starih bušotina Hrvatska bi nastavila sa dosadašnjim ciljevima dekarbonizacije, prilagodbe energetske tranziciji, smanjenju emisija stakleničkih plinova i prelaska na obnovljive izvore energije.

Svrha ovog diplomskog rada je da se pomoću primjera bušotinskih podataka naftnog polja Kućanci – Kapelna, prikupljenih od Agencije za ugljikovodike, analizirati petrofizikalne karakteristike ležišta, promotriti analize rezultata testiranja ležišta i na temelju toga odredi mogućnost revitalizacije bušotina u geotermalne svrhe.

2. EKSPLOATACIJSKO POLJA KUĆANCI – KAPELNA

2.1. Lokacija eksploatacijskog polja Kućanci – Kapelna

Eksploatacijsko polje Kućanci – Kapelna smješteno je u Osječko-baranjskoj županiji, na području općina Viljevo i Magadenovac, južno od grada Donji Miholjac i rijeke Drave. Ovo područje predstavlja ravnicu Dravske regije s prosječnom nadmorskom visinom od 96 metara. Oko ovoga polja nalaze se još eksploatacijska polja Obod – Lacići, Crnac, Beničanci, Bokšić, Klokočevci i Števkovica (Slika 2-1).



Slika 2-1 Prikaz eksploatacijski polja na području Dravske depresije (AZU, n.d.)

2.2. Geološka osnova eksploatacijskog polja Kućanci – Kapelna

Prva bušotina Ku-1 izbušena je 1959. godine te je s njom potvrđeno prisustvo stijena s kolektorskim svojstvima. Nakon toga, 1973. godine, istražne bušotine La-1 i Ku-2 su izbušene, otkrivši ekonomske količine nafte u miocenskim naslagama na ovom polju. Samo polje obuhvaća četiri strukturno – morfološka uzdignuća, nazvana prema bušotinama i geografskoj poziciji (Ladislavci, Kućanci – jug, Kućanci – sjever i Kućanci – istok), također polje je okarakterizirano antiklinalom s četiri maksimuma. Središnji maksimum ima najveću površinu te su na njemu smještene bušotine Ku-2, Ku-5 i Ku-7, te bušotina Krunoslavlje-1.

Drugi maksimum smješten je jugoistočno od središnjeg maksimuma, s bušotinama Ku-4, Ku-1 i Ku-9. Treći maksimum nalazi se na jugozapadu, s bušotinom Ku-3 na istočnom dijelu i bušotinom Ku-8 na zapadnom dijelu ovog maksimuma. Četvrti maksimum, Ladislavci, nalazi se zapadno od središnjeg maksimuma, te se na njemu nalaze sve bušotine s nazivom Ladislavci. Također analizom seizmičkih profila utvrđeno je prisustvo većeg broja normalnih i reverznih rasjeda.

Struktura polja pokazuje prisutnost plinskih i naftnih ležišta u različitim stratigrafskim cjelinama, pa su tako ležišta plina formirana su unutar „B“ serije, a naftna ležišta u "E" i „F“ seriji. Geološko – fizikalnom razradom ovog polja utvrđeno je postojanje tri plinska B₄, B₅, B₆ te pet naftnih ležišta E_L, F_{1a}, F_{1b}, E_{k1}, E_{k2}.

Akumulacije ugljikovodika u naftnim ležištima ovoga polja javljaju se u četiri glavne cjeline, međusobno odvojene stratigrafskim granicama, a to su gornji trijas, jura, kreda, gornji miocen. S obzirom na ove cjeline ležišta polja Kućanci – Kapelna su dobila naziv. Ležišta E_L predstavljaju područje strukture Ladislavci dok E_k predstavljaju ležišta na području strukture Kućanci.

Naftno-plinsko polje Kućanci – Kapelna je pušteno u proizvodnju 1976. godine, s ležištima nafte F_{1a}, F_{1b}, E_L, E_{k1}, E_{k2} i plina B₄, B₅, B₆.

2.2.1. Ležišta E_L, F_{1a} i F_{1b}

Najznačajnija tektonska aktivnost na području Ladislavaca dogodila se tijekom prijelaza iz krede u paleogen Ovo je rezultiralo pucanje, boranje i pomicanje blokova mezozojskih naslaga, rezultirajući antiklinalnom strukturom. Sjeverno krilo strukture je dublje, dok je južno krilo blaže položeno, te odvojeno od strukture Crnac sa nekoliko normalnih rasjeda. Ležišta u Ladislavcima formirana su u više faza, s plinskim ležištima nastalim u mlađim naslagama donjeg pontu (ležišta B₄, B₅ i B₆). Kod kojih nisu primijećeni kasniji tektonski pokreti, a naslage panona nisu značajno poremećene. Ležišta nafte nalaze se u tri glavne cjeline: miocenske naslage u Ladislavcima (E_L), donjokredne i gornjokredne naslage te trijanske dolomitne naslage (F_{1a} F_{1b}). Fizikalne karakteristike stijena variraju među naslagama, a uvjetovane su udaljenošću od rasjednih zona i povezanošću pukotinskih sustava.

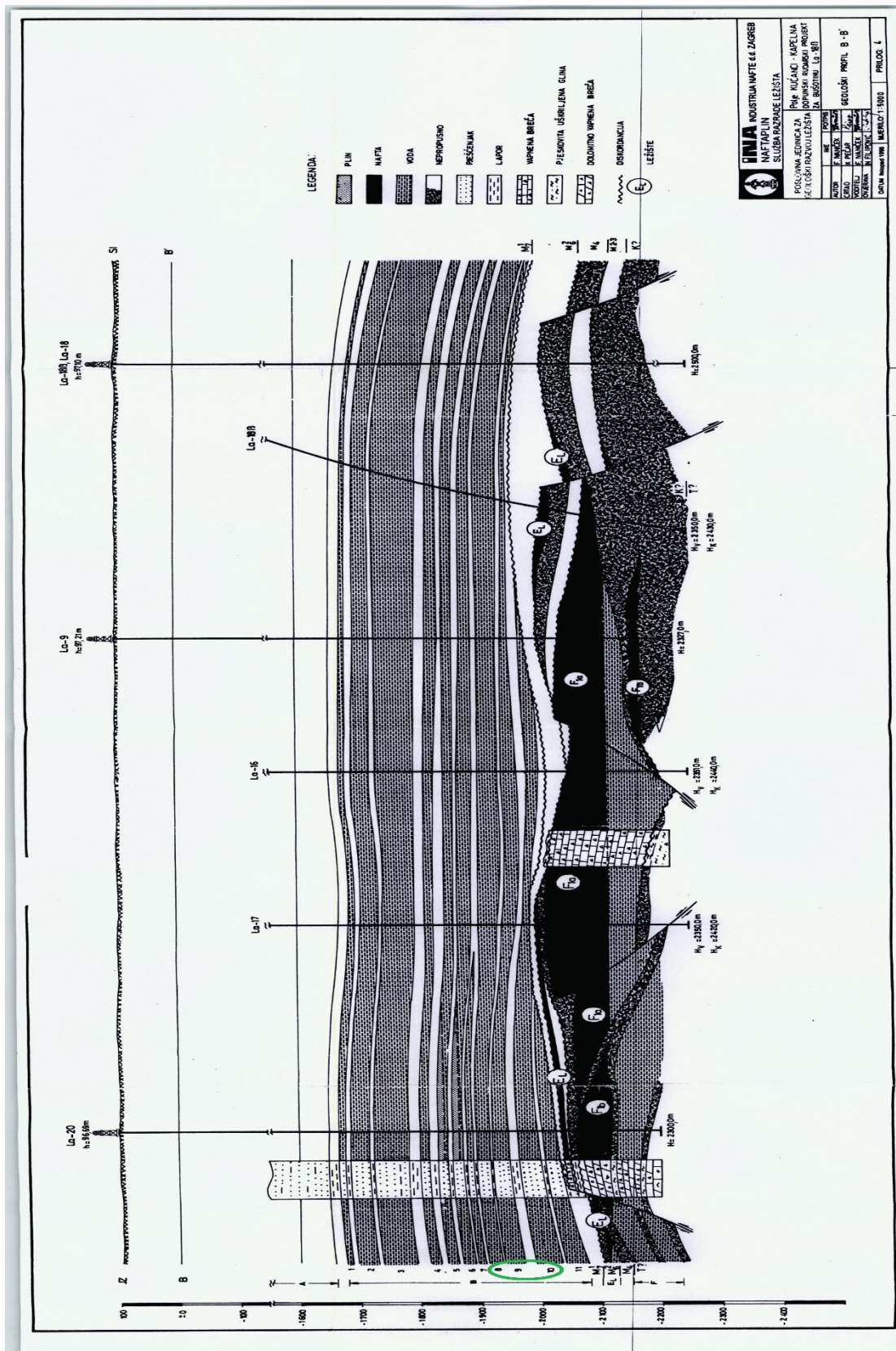
Na Slici 2-2 dan je geološki profil strukture Ladislavci na kojem se može vidjeti kako je ovo područje podijeljeno u četiri serije, A, B, E i F.

Stijene serija A i B pripadaju donjem pontu, a litološki su izgrađene od slabo do srednje vezanih pješčenjaka (kolektorske stijene) te lapora i glinovitih lapora (izolatorske stijene).

Unutar ove serije postoji deset pješćanih horizonata B₁ - B₁₀. Serija A je na svim bušotinama zasićena vodom dok je serija B, u intervalima B₄, B₅, B₆ i B₇ zasićena plinom, dok su intervali B₈, B₉ i B₁₀ zasićeni vodom, na Slici 2-2 ovi intervali su zaokruženi zelenom bojom. Ležište B₄ je najpliće ležište zasićeno plinom kod kojeg je kontakt plin – voda određen na dubini od 1793 m. Ležište B₅, kod kojeg je gornji dio ležišta u povoljnijem razvoju u odnosu na ostali dio ležišta ima kontakt plin – voda na dubini 1842 m. Kod ležišta B₆, kontakt plin – voda određen je na dubini od 1865 m. Također u poglavlju 4 dan je pregled bušotina koje su ovu seriju nabušile u vodenom zasićenju.

Serija E je predstavljena ležištem E_L koje je formirano u badenskim krupnozrnatim konglomeratičnim pješćenjacima, s nepravilnim oblikom uzrokovanim erozijom i različitim kolektorskim svojstvima na različitim dijelovima polja. Na nekim dijelovima polja badenske naslage su erodirane (La-3, La-10, La-13, La-16, La-12), a na nekim su bez kolektorskih svojstava (La-2, La-9, La-12), što je uvjetovalo izrazito nepravilan oblik ležišta. Pokrovne stijene su nepropusne panonske starosti. Ležište pripada antiklinalnom tipu s primarnom poroznošću, a kontakt nafta – voda utvrđen je na dubini od 2110 m.

Serija F je predstavljena sa ležištima F_{1a} i F_{1b}. Ležište F_{1a} je formirano u vapnenačkim brečama u post krednom razdoblju, a pripada tipu masivnog ležišta s podinskom vodom, i u većoj mjeri je prisutan sekundarna poroznost, a u manjoj primarna. Pokrovne stijene su lapori karpatske starosti, koji nedostaju u zoni bušotina La-13, La-10, La-12 tako da badenske naslage direktno naliježu na kolektore F_{1a} ležišta. Sa istočne i južne strane omeđeno je promjenom ležišnih svojstava stijena, na zapadu erozijskom diskordancijom, a na sjeveru rasjedom. Kontakt nafta – voda u ležištu F_{1a} određen je na dubinama od 2115 m i 2130 m, kontakt nafta – voda u ležištu F_{1b} je na 2115 m, 2130 m i 2180 m.



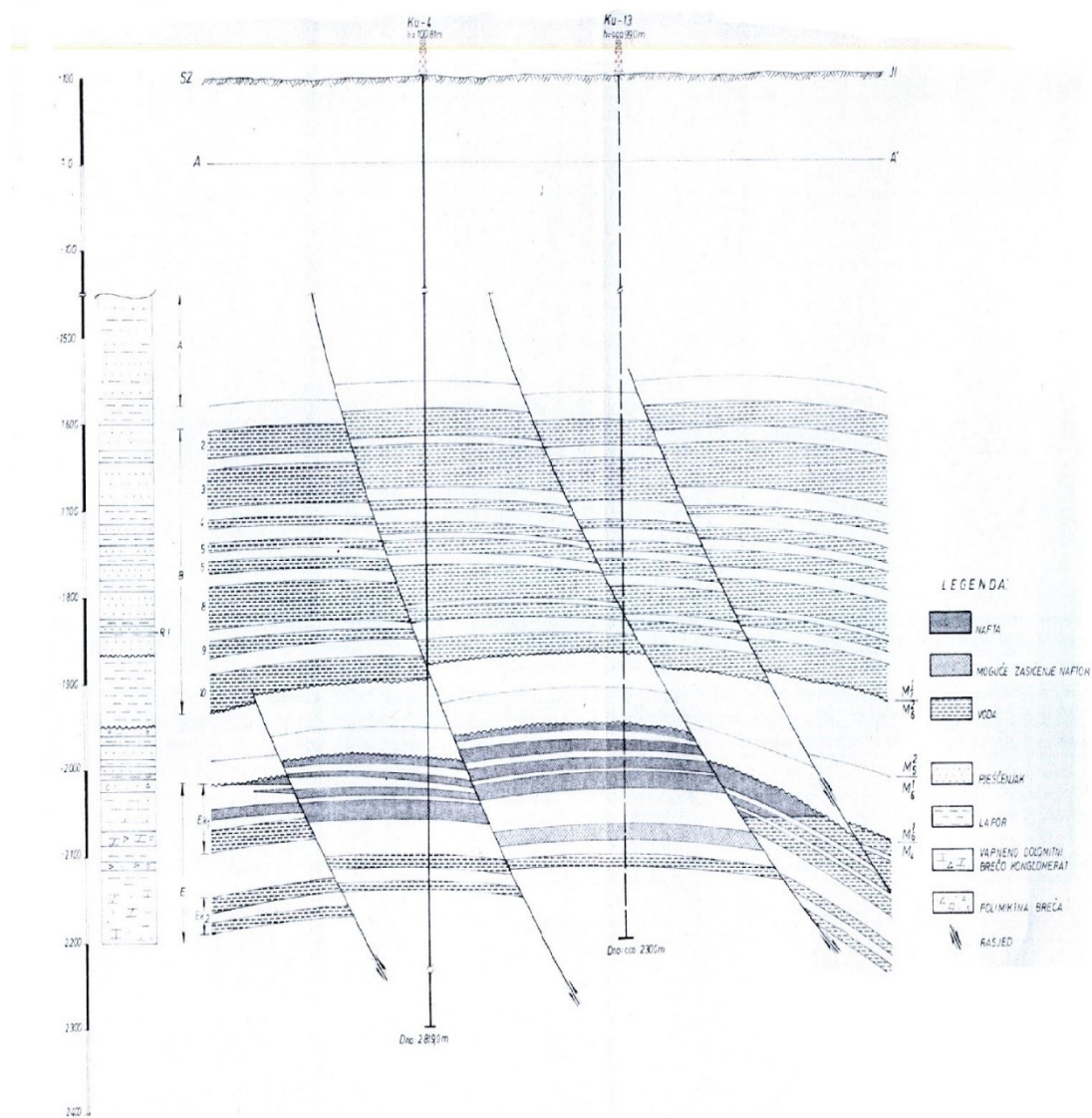
Slika 2-2 Geološki profil strukture Ladislavci (AZU, 1999)

2.2.1.1. *Ležište E_k*

Područje Kućanci je predstavljeno sa tri serije A, B i E. Zbog velike tektonske aktivnosti ovo područje je podijeljeno u blokove koji su relativno podignuti ili spuštenu. Reverzni rasjedi uglavnom imaju smjer istok – zapad, dok su normalni rasjedi na rubovima strukture stvorili privid horsta. Također na ovom području došlo je do poremećaj u serijama A i B, što je prikazano na Slici 2-3. Na sjeveru područja Kućanci Istok, nalazi se reverzni rasjed koji djeluje kao granica prema području Kućanci Sjever, s generalnim smjerom jugozapad – sjeveroistok i skokom između 30-60 m. Drugi reverzni rasjed prolazi kroz centralni dio strukture, račvajući se u dva dijela, pružajući se zapad – istok s skokom između 30 i 100 m. Južno od strukture nalazi se treći reverzni rasjed, pružajući se zapad – sjeverozapad istok – jugoistok, s skokom od 30-40 m. Normalni rasjedi imaju različite smjerove pružanja, a skokovi variraju između 20 i 100 m.

Serije A i B s pripadaju donjem pontu (Vinkovačka formacija), a litološki su izgrađene od slabo do srednje vezanih pješčenjaka (kolektorske stijene) te lapora i glinovitih lapora (izolatorske stijene). Unutar ove serije postoji deset pješčanih horizonata B₁ - B₁₀. Kod ovih serija svi horizonti su zavodnjeni te nema tragova postojanja ugljikovodika u istima.

Serija E predstavljena je ležištima E_{k1} i E_{k2} koje prema paleontološkoj podjeli pripadaju miocenu (Vukovarska formacij). Ležište nafte (E_{k1}) sastoji se od svijetlosivih pješčenjaka s kvarcom. Kontakt nafta voda za ovo ležište je dok je određen na dubini od 2057 m. Ležište nafte E_{k2} smješteno je četrdesetak metara dublje od prethodnog ležišta i sastoji se od vapneno-dolomitne breče.



Slika 2-3 Geološki profil područja Kućanci Istok (AZU, 1991)

2.3. Litostratigrafske jedinice eksploatacijskog polja

Unutar polja naftno – plinskog polja Kućanci – Kapelna nalazi se pet glavnih litostratigrafskih jedinica koje su opisane na temelju Geološkog izvješća s bušotine Kućanci-2 (AZU, 1974), te su iste prikazane na Slici 2-4.

- Vuka formacija

Vuka formacija je najmlađa slojevitá jedinica na ovom području, te obuhvaća naslage pliocena i kvartara. Ove naslage se sastoje se od različitih sedimentnih materijala, uključujući gline, pijeske, pjeskovito-laporovite slojeve, pješčenjake i ugljen.

- Vera formacija

Vera formacija sastoji se od tri glavna sloja: Jarmina član, Županjski pješčenjaci i Borovo lapor, te ove slojevi obuhvaćaju naslage gornjeg pontá. Jarmina član obuhvaća slojeve

lapora, pješčenjaka i proslojke ugljena. Županjski pješčenjaci sastoje se od izmjene pjeskovitog lapora i svijetlosivog kvarcno-tinčastog pješčenjaka. Borovo lapor, kao najstariji član Vera formacije, sastoji se od srednje vezanog pjeskovitog lapora.

- Vinkovačka formacija

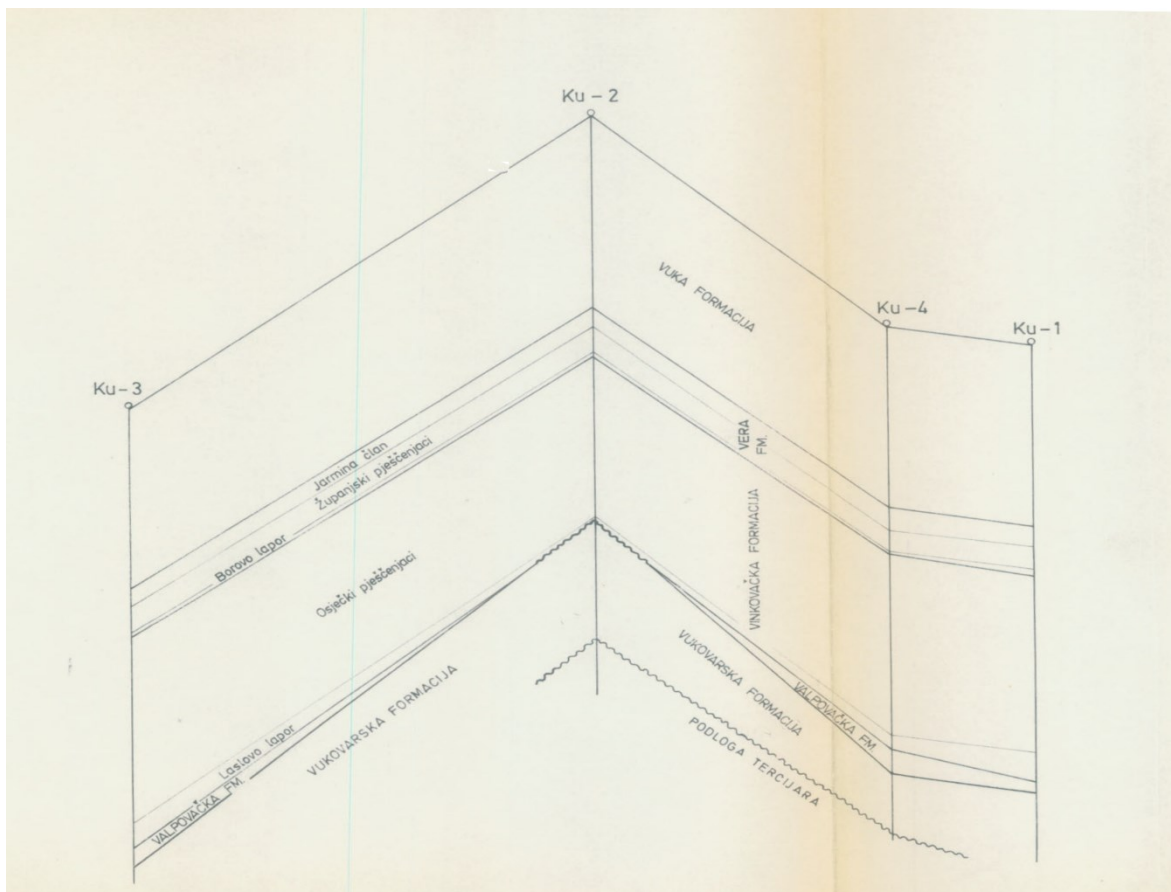
Unutar Vinkovačke formacije, identificirana su dva značajna litostratigrafska člana: Osiječki pješčenjaci i Laslovo lapor, ovi slojevi obuhvaćaju donji dio gornjeg pontu te donji pont. Osiječki pješčenjaci karakterizirani su izmjenom lapora i pješčenjaka. Gornji dio lapora ima glinovito-pjeskovitu strukturu, dok se dublje u formaciji lapori postaju tvrdi i gube glinovitu komponentu. Pješčenjaci se sastoje od kvarcno-tinčastog materijala, s slabije vezanim slojevima prema vrhu formacije, dok su dublje u formaciji pješčenjaci srednje vezani. Laslovo lapor je tamnosivi, zelenkastosivi i sivi tvrdi lapor s tankim slojevima svijetlosivog, srednje zrnatog kvarcno-tinčastog zalaporenog pješčenjaka.

- Vukovarska formacija

Vukovarska formacija izgrađena je od konglomerata, lapora, vapnenačkih lapora, vapnenaca, kalkarenitskih pješčenjaka i polimiktnih breča, te obuhvaćaju naslage miocena.

- Temeljno gorje

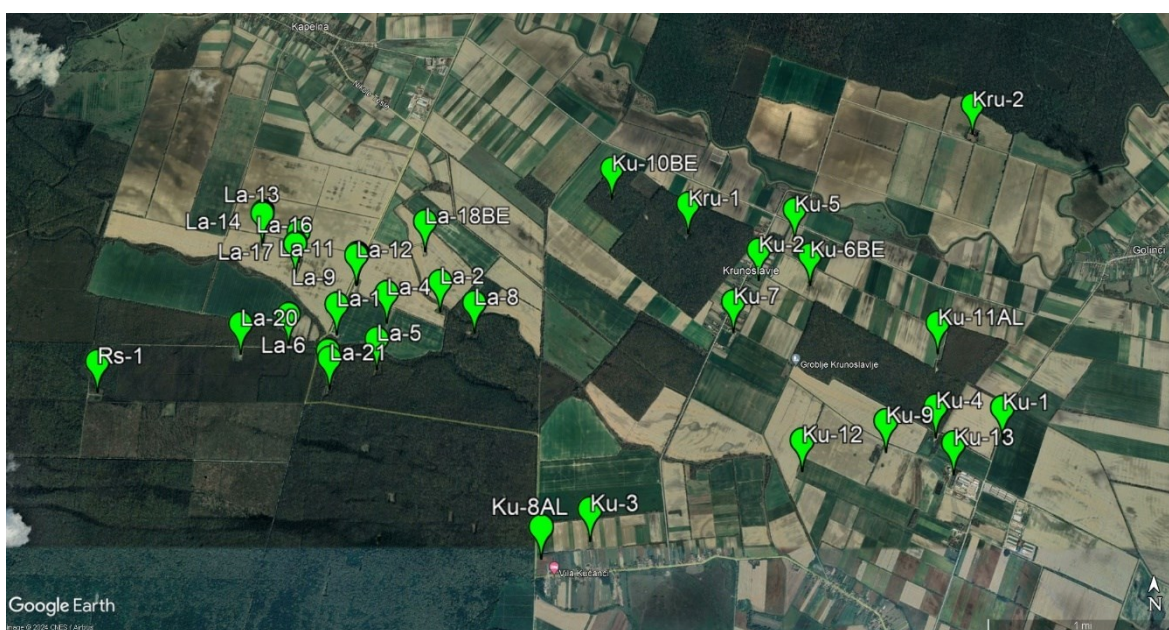
Temeljeno gorje sastoji se od svijetlosivih zelenkastosivih kvarc-tinčastih škriljaca s blago izraženom škriljavom teksturom, te obuhvaća naslage paleozoika.



Slika 2-4 Shematski litostratigrafski profil bušotina Ku-2, Ku-3, Ku-4 i Ku-1 (AZU, 1974)

3. PREGLED BUŠOTINA IZGRAĐENIH NA POLJU KUĆANCI – KAPELNA

Na eksploatacijskom polju Kućanci – Kapelna ukupno je izgrađeno 42 kanala bušotina od kojih je 13 ima koso usmjereni kanala bušotine. Površina ovog eksploatacijskog polja iznosi 61,64 m² (AZU, n.d.). Većina bušotina smještena je uz prometnice s čime je olakšan pristup istima. Na Slici 3-1 prikazana je karta smještaja bušotina. U idućim poglavljima dan je pregled svih bušotina u kojem je uključen krati opis lokacije bušotine, konstrukcija bušotine te obavljena testiranja u otvorenom kalanu bušotine. Svi podatci navedi od podpoglavlja 3.1. do 3.35.2. izrađeni su u skladu sa internom dokumentacijom Agencije za ugljikovodike.



Slika 3-1 Karta bušotina naftno – plinskog polja Kućanci – Kapelna (Google Earth, vlastita grafika 2024)

3.1. Bušotina Ladislavci-1

Koordinate bušotine Ladislavci-1 su:

$$Y = 6\ 505\ 921,72$$

$$X = 5\ 059\ 827,09$$

$$H = 96,7\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-1 (La-1) smještena je na vrhu antiklinale Ladislavci te predstavlja prvu istražnu bušotina sa kojom se započelo ispitivanje te strukture. Glavni cilj ove bušotine bio je doseći i ispitati razvoj tercijarnih naslaga u podlozi strukture Ladislavci. Također dodatni zadatak ove bušotine bio je utvrditi i ispitati moguće prisustvo nafte i plina na strukturi Ladislavci.

Tijekom bušenja izvađeno je šest jezgara od kojih su pet za intervala koji obuhvaćaju Osječke pješčenjake odnosno iz dijela Vinkovačke formacije. Fizikalnim ispitivanjima određena je propusnost koja se kreće od minimalne vrijednosti od 0 mD do maksimalne vrijednosti od 18,2 mD. Poroznost ovih pješčenjaka kreće se od 3,9 – 20,3 %, dok je zasićenje vodom od 50 – 90 % što jasno ukazuje na to da su ovi pješčenjaci zasićeni vodom i bez tragova ugljikovodika.

3.1.1. Konstrukcija bušotine La-1

Duljina kanala bušotina La-1 iznosi 2501 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 212,2 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1740 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2413 m i zacementirana do 1540 m.

Otvoreno je tri intervala, sedam intervala je zatvoreno cementnim čepovima na dubinama od 2175 m i 2137,5 m. Bušotina je opremljena kao eksploatacijska te je u nju ugrađena oprema za plinski lift.

3.1.2. DST ispitivanja bušotine La-1

Duboka istražna bušotina Ladislavci-1 je u toku bušenja ispitana sa ukupno tri operacije testiranja od čega je samo prva tehnički uspjela.

Prva operacija testiranja u otvorenom kanalu bušotine izvedena je na intervalu 1913,0 – 1925,6 m što u litostratigrafskom smislu pripada donjem dijelu osječkih pješčenjaka. U toku bušenja prilikom raskrivanja ispitivanoga sloja na kontinuiranoj plinskoj karotaži registrirano je maksimalno 75% novoga plina u isplaci. Prema proračunu uzlazne brzine isplake, plin potječe sa dubine od 1920 m. Osim plina u bušaće šipke je doteklo 0,35 m³ zaplunjene isplake. Za vrijeme protoka uzeta su dva uzorka plina za laboratorijsku kromatografsku analizu te je analiza pokazala da dobiveni plin, prema komponentnom sastavu smjese, spada u kategoriju „suhog plina“. Ekstrapolirana vrijednost statičkog tlaka iznosi 197 bara, a temperatura od 76,2 °C izračunata je iz temperaturnog gradijenta prema maksimalnoj temperaturi na dnu bušotine snimljene prilikom završnih EK mjerenja. Propusnost izračunata iz pravca porasta tlaka iznosi svega 0,96 mD dok propusnost izračunata prema Darcyjevom zakonu i teoretskom drenažnom radijusu (koji za ovu bušotinu iznosi 3297 m) iznosi 9,25 mD. Testirani pješčenjaci ostvarili su dotok od 44 370 m³/dan

plina, što kao zaključak daje kako su kolektorske osobine testiranih pješčenjaka nisu najpovoljnije ali su za dobivene propusnosti ipak dovoljne.

Drugim i trećim testiranjem, ispitivan je isti interval, od 2126,5 – 2144,5 m što prema litostratigrafskoj podjeli pripada krovini vukovarske formacije. Temperatura na dnu bušotine izmjerena dubinskim termometrom iznos 106 °C. Operacija testiranja tehnički je neuspjela zbog komunikacije iza pakera, brtvljenje se pokušalo ostvariti u još dva navrata no neuspješno.

3.2. Bušotina Ladislavci-2

Koordinate bušotine Ladislavci-2 su:

Y = 6 506 839,29

X = 5 060 037,66

H = 97,06 m

Bušotina La-2 smještena je na istočnom, strukturno najplićem dijelu lokaliteta Ladislavci. Glavni zadatak ove bušotine bio je probušiti i ispitati kompletan niz tercijarnih naslaga, kao i ispitati moguće prisustvo ugljikovodika u istima. Bušotinom La-2 probušene su sve predviđene formacije prema geološkoj osnovi, odnosno utvrđen je normalan slijed naslaga uz iznimku izostanka Valpovačke formacija. Što za posljedicu ima diskordantno nalijeganja donjeg dijela Vinkovačke formacije na Vukovarsku formaciju. Iako je bušotina ispunila glavni zadatak likvidirana je kao negativna pošto nije utvrđeno prisustvo ugljikovodika.

3.2.1. Konstrukcija bušotine La-2

Duljina kanala bušotine La-2 iznosi 2513 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 263,6 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1741,14 m i zacementirana do ušća.

3.2.2. DST ispitivanja bušotine La-2

Bušotina La-2 je tijekom bušenja ispitana jednom operacijom testiranja u intervalu 2128 – 2220 m, kojim su obuhvaćeni sedimenti Vukovarske i djelomično Vinkovačke formacije. Na samom početku testiranja manifestacije na površini nisu registrirane zbog začepljenja gumenog crijeva, nakon čišćenja crijeva ukupno je dobiveno 5,20 m³ fluida uz male količine plina (3,6 m³ isplake i 1,6 m³ emulzije, isplaka – voda). S pomoću ovih podataka izračunata je proizvodnja od 202,38 m³/dan, te propusnost od 1,25 mD, izračunata iz pravca porasta,

dok je propusnost od 8,71 mD izračunata prema Darcyjevom zakonu i teoretskom drenažnom radijusu koji iznosi 413 m. Maksimalna temperatura u bušotini dobivena tijekom elektrokarotažnih mjerenja iznosi 121 °C, a ekstrapolirani slojni tlak iznosi 190 bara.

3.3. Bušotina Ladislavci-3

Koordinate bušotine Ladislavci-3 su:

$$Y = 6\,505\,496,93$$

$$X = 5\,059\,732,77$$

$$H = 96,78 \text{ m}$$

Bušotina La-3 smještena je na središnjem dijelu antiklinale Ladislavci. Glavni zadatak bušotine bio je probušiti i ispitati slojeve tercijarnih sedimenata te utvrditi moguće prisustvo ugljikovodika. Bušotina je ispunila zadatak probušivši sve predviđene naslage prema geološkoj osnovi. Kao i kod bušotine La-2 i kod ove bušotine nedostaje Valpovačka formacija.

Tijekom bušenja izvađeno je osam jezgara od kojih su četiri sa intervala osječkih pješčenjaka. Rezultatima njihovog ispitivanja utvrđeno je kako se propusnost kreće od 0 mD do 18,1 mD, dok je poroznost između 9,2% i 20,1 %. Tijekom izrade bušotine, iz intervala osječkih pješčenjaka, došlo je do slabog dotoka plina od 0,1 – 3 % relativne koncentracije.

3.3.1. Konstrukcija bušotine La-3

Duljina kanala bušotina La-3 iznosi 2653 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 270 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1743 m i zacimentirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2270 m i zacimentirana do 1300 m.

U bušotini je ukupno otvoreno dva intervala, a tri intervala su zatvorena čepovima koji se nalaze na dubinama od 2215 m i 2148 m. Bušotine je opremljena kao mjerna bušotina.

3.3.2. DST ispitivanja bušotine La-3

DST testiranjem ispitan je interval 1911,7 – 1921 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada osječkim pješčenjacima. Ispitivanjem je dobiveno 0,33 m³ isplake i veće količine plina, proračunom je dobivena proizvodnja od 27 177,14 m³/d. Također proračunat je i ekstrapolirani slojni tlak od 199 bara, propusnost od 1,87 mD iz pravca porasta tlaka te

propusnost od 1,72 prema drenažnom radijusu koji iznosi 2800 m. Maksimalna temperatura u bušotini prema EK mjerenjima iznosi 115 °C.

3.4. Bušotina Ladislavci-4

Koordinate bušotine Ladislavci-4 su:

$$Y = 6\ 506\ 364,25$$

$$X = 5\ 059\ 934,92$$

$$H = 97,22\text{ m}$$

Bušotina La-4 smještena je na tjemenu dijelu zapadnog maksimuma Ladislavci. Zadatak bušotine bio je probušiti naslage tercijara te nabušiti njegovu podlogu, utvrditi naftno i plinsko zasićenje u serijama B i E te dobivanje boljeg uvida u strukturno – tektonski odnos strukture Ladislavci. Bušotina je ispunila svoj zadatak te je nakon ispitivanja ugrađena eksploatacijska kolona. Također tijekom bušenja na dubini od 2299,4 m došlo je do loma dlijeta u navoju te je dlijeto ostavljeno u bušotini nakon neuspješne instrumentacije.

3.4.1. Konstrukcija bušotine La-4

Duljina kanala bušotina La-4 iznosi 2300 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 222,1 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1188,5 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2295,5 m i zacementirana do ušća.

3.4.2. DST ispitivanja bušotine La-4

Prvim DST testiranjem bušotine ispitan je interval 1760,62 – 1771 m, koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Donjem pontu. Ispitivanjem je dobiveno 0,3 m³ isplake i 1,3 m³ vode.

Drugim DST testiranjem bušotine ispitan je interval 2135,25 – 2148 m, koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Miocenu. Ispitivanjem je dobiveno 0,45 m³ razvodnjene isplake.

Maksimalna temperaturu u bušotini prema EK mjerenjima iznosi 138 °C.

3.5. Bušotina Ladislavci-5

Koordinate bušotine Ladislavci-5 su:

$$Y = 6\ 506\ 296,31$$

$$X = 5\ 059\ 512,62$$

$$H = 94,45\text{ m}$$

Bušotina La-5 smještena je na tjemenu dijelu zapadnog maksimuma Ladislavci. Zadatak bušotine bio je utvrditi naftno i plinsko zasićenje u serijama B i E te dobivanje boljeg uvida u strukturno – tektonski odnos strukture Ladislavci. Bušotina je ispunila svoj zadatak te je nakon ispitivanja ugrađena eksploatacijska kolona.

3.5.1. Konstrukcija bušotine La-5

Duljina kanala bušotina La-5 iznosi 2319 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 226,21 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1200,29 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2315 m i zacementirana do 1000 m.

U bušotini je ukupno otvoreno četiri interval te su dva intervala zatvorena čepom koji se nalazi u dubini od 2225 m. Bušotina je opremljena kao mjerna bušotina.

3.5.2. DST ispitivanja bušotine La-5

U bušotini La-5 tijekom bušenja izvršena su četiri DST testiranja gornjeg dijela E serije.

Prvim testiranjem ispitan je interval 2149 – 2167 m no paker nije držao te je odlučeno da se testiranje ponovi uz pomicanje dubine ugradnje pakera s čime je novi ispitan interval 2157,6 – 2167 m, ovim ispitivanjem je dobiveno 0,01 m³ isplake.

Treće testiranje izvršeno je u intervalu 2172 – 2187,5 m te je došlo do slabog utoka plina i dobiveno je 9,3 m³ nafte i 0,455 m³ isplake. Prilikom izvlačenja testera iz bušotine došlo je do kontrolirane erupcije, koja je nakon kraćeg vremena uspješno ugušena.

Četvrtim testiranjem ispitan je interval 2250,26 – 2265,8 m te je dobiveno 0,1 m³ isplake.

Maksimalna temperatura u bušotini iznosi 111 °C.

3.6. Bušotina Ladislavci-6

Koordinate bušotine Ladislavci-6 su:

$$Y = 6\ 505\ 870$$

$$X = 5\ 059\ 385$$

$$H = 97\text{ m}$$

Bušotina La-6 smještena je na južnom dijelu maksimuma lokaliteta Ladislavci, te joj je glavni zadatak bio ostvariti proizvodnju plina iz ležišta B serije. Bušotina je ispunila svoj zadatak probušivši naslage miocenske starosti u kojima se nalaze ležišta plina B₄, B₅ i B₆.

3.6.1. Konstrukcija bušotine La-6

Duljina kanala bušotina La-6 iznosi 2110 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 19^{\circ}47'$$

$$L = 244,19 \text{ m}$$

$$H_v = 1904,78 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ "") ugrađena do 114 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ "") ugrađena do 901 m i zacimentirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 $\frac{1}{2}$ "") ugrađena do 2107 m i zacimentirana do 900 m.

3.7. Bušotina Ladislavci-8

Koordinate bušotine Ladislavci-8 su:

$$Y = 6\,507\,154,10$$

$$X = 5\,059\,842,07$$

$$H = 97,62 \text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-8 smještena je na istočnom dijelu strukture Ladislavci, te je njezin zadatak bio je nabušiti sva poznata ležišta na polju zaključno sa ležištem u seriji E.

3.7.1. Konstrukcija bušotine La-8

Duljina kanala bušotina La-8 iznosi 2282 m,

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ "") ugrađena do 126,05 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ "") ugrađena do 1200 m i zacimentirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 $\frac{1}{2}$ "") ugrađena do 2230 m i zacimentirana do 1000 m.

U bušotini je zatvoreno ukupno pet intervala sa cementnim čepovima.

3.7.2. DST ispitivanja bušotine La-8

Prvim testiranjem ispitan je interval 2157,1 – 2169,7 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada miocenu. Ispitivanjem je dobiveno 0,02 m³ emulzije, voda – isplake.

Drugim testiranjem ispitan je interval 2161,9 – 2183,5 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada miocenu. Ispitivanjem je dobiveno 0,15 m³ isplake. Završni statički tlak iznosi 57 bara (mjereno na dubini od 2183,5 m).

Maksimalna temperatura na dnu bušotine iznosi 119 °C.

3.8. Bušotina Ladislavci-9

Koordinate bušotine Ladislavci-9 su:

$$Y = 6\ 506\ 077,62$$

$$X = 5\ 060\ 277,35$$

$$H = 97,21\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-9 smještena je na sjevernom dijelu strukture Ladislavci. Zadatak bušotine La-9 bio je utvrditi naftno i plinsko zasićenje u serijama B i E, dati informacije potrebne za dodatnu korekciju interpretacije seizmičkih podataka.

3.8.1. Konstrukcija bušotine La-9

Duljina kanala bušotina La-9 iznosi 2327 m,

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 143,6 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1103 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2300 m i zacementirana do 1938 m.

U bušotini je otvoreno ukupno četiri intervala dok je deset intervala odvojeno čepom na dubini 2147,07 m. Bušotina je opremljena kao mjerna.

3.8.2. DST ispitivanja bušotine La-9

Testiranjem je ispitan interval 2147 – 2164 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Miocenu. Testiranjem je dobiveno 0,1 m³ isplake, temperatura od 113 °C je izmjerena na dubini od 2162 m, što uz prosječnu godišnju temperaturu od 10,5 °C daje gradijent od 4,74 °C/ 100 m), statički tlak izmjeren manometrom na dubini od 2163 m iznosi 8,5 bara. Na osnovu dobivenih podataka zaključeno je kako su testirane vapneno – dolomitne breče vrlo slabe propusnosti.

3.9. Bušotina Ladislavci-10

Koordinate bušotine Ladislavci-10 su:

$$Y = 6\ 505\ 540$$

$$X = 5\ 060\ 500$$

$$H = 97\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-10 smještena je na sjevernom dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio utvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F i B serije. Bušotina je ispunila svoj zadatak probušivši sve naslage te je utvrđeno ležište F_{1a} u naftnom zasićenju.

3.9.1. Konstrukcija bušotine La-10

Duljina kanala bušotina La-10 iznosi 2410 m,

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ " ugrađena do 257,07 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ " ugrađena do 1772,5 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 $\frac{1}{2}$ " ugrađena do 2300 m i zacementirana do 1470 m.

U bušotini je raskriveno ukupno šest intervala, te je bušotina opremljena kao eksploatacijska sa opremom za plinski lift.

3.9.2. DST ispitivanja bušotine La-10

DST testiranjem ispitan je interval 2051,07 – 2064 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada brečama miocenske starosti. Testiranjem je dobiveno 71,5 m³ nafte. Manometar se nalazio na dubini od 2063 m te je izračunati ekstrapolirani tlak 173 bara ($gp = 0,84\ \text{bara}/10\ \text{m}$), temperatura od 133 °C izmjerena je na dubini od 2061,85 m ($gt = 5,94\ \text{°C}/100\ \text{m}$). Prosječna propusnost izračunata je korištenjem Hornerove metode i iznosi $7,28 \times 10E-3\ \mu\text{m}^2$, prema proračunatim podacima i podacima iz dijagrama dubinskog manometra zaključeno je kako je sloj jako oštećen te da dotok iz neoštećenog dijela kolektora nije došao do izražaja.

3.10. Bušotina Ladislavci-11

Koordinate bušotine Ladislavci-11 su:

$$Y = 6\ 506\ 078,01$$

$$X = 5\ 060\ 288,72$$

$$H = 96,69\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-11 smještena je na sjevernom dijelu strukture Laidslaci. Zadatak bušotine bio je potvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F serije te osigurati proizvodnju iz istih.

3.10.1. Konstrukcija bušotine La-11

Konačna dubina bušotine La-11 iznosi 2544 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 330^{\circ}22'$$

$$L = 377,92 \text{ m}$$

$$H_v = 2413,69 \text{ m}$$

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ " ugrađena do 141,5 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ " ugrađena do 1030 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 $\frac{1}{2}$ " ugrađena do 2420 m i zacementirana do 1200 m.

U bušotini su tri zatvorena intervala.

3.10.2. DST ispitivanja bušotine La-11

Prvim DST testiranjem ispitan je interval u vapneno – dolomitnim brečama miocenske starosti na dubini 2161,5 – 2187 m ($H_v = 2081,17 - 2103,25 \text{ m}$). Testiranjem je dobiveno 0,25 m³ isplake, izmjerena temperatura od 114 °C dobivena je na dubini od 2184,8 m ($H_v = 2101,34 \text{ m}$) ($g_t = 4,93 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$). Statički tlak izmjeren na dubini od 2158,4 m ($H_v = 2078,48 \text{ m}$) iznosi 3,8 bara.

Drugim DST testiranjem ispitan je interval vapnenačkih breča miocenske starosti na u intervalu 2350 – 2362 m ($H_v = 2243 - 2253,39 \text{ m}$). Nakon aktiviranja testera primijećen je pad nivoa isplake u prstenastom prostoru pa je bušotina nadopunjena sa novom isplakom. Testiranjem je dobiveno 1,7 m³ vode i 8 m³ isplake. Veće količine isplake upućuju kako je tijekom testiranja postojala komunikacija između prstenastog prostora i bušačkih šipki. Kemijskom analizom vode utvrđen je salinitet od 0,590 gNaCl/l, a prema klasifikaciji Sulina voda pripada hidrokarbonatno – natrijskom tipu vode. Ekstrapolirana vrijednost statičkog tlaka iznosi 182 bara što daje $g_p = 0,8 \text{ bara}/10 \text{ m}$, pri čemu je tlak izmjeren na dubini od 2361 m ($H_v = 2252,54 \text{ m}$). Temperatura od 121 °C izmjerena na dubini od 2359,8 m.

Treće testiranje je provedeno kako bi se ponovno ispitaio interval iz drugog DST testiranja, zbog jakog čepjenja tijekom mjerenja protoka i velike količine isplake. Pomicanjem pakera dobiven je interval 2345,37 m – 2362 m ($H_v = 2239,25 - 2253,39 \text{ m}$), a testiranje tehnički nije uspjelo zbog propuštanja pakera.

Četvrtim testiranjem ispitan je interval u dolomitnim brečama miocenske starosti na dubini 2517,7 – 2544 m ($H_v = 2390,63 - 2413,69 \text{ m}$). Testiranjem je dobiveno 19,5 m³

slojne vode čija je kemijska analiza dala salinitet od 0,73 gNaCl/l. Prema klasifikaciji Sulina voda pripada hidrokarbonatno – natrijskom tipu vode. Ekstrapolirana vrijednost statičkog tlaka iznosi 195 bar ($g_p = 0,81 \text{ bar}/10 \text{ m}$) te je izmjeren na dubini od 2512,1 m ($H_v = 2385,72 \text{ m}$). Također završni tlak protok i završni tlak su se izjednačili što znači da je „bušotina sama sebe ugušila“. Hornerovom metodom izračunata je propusnost od $73,9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, dok je propusnost izračunata prema tipskim krivuljama protoka dala iznosi $30,5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Temperatura od $135,5 \text{ }^\circ\text{C}$ izmjerena je dubini od 2510,9 m ($H_v = 2384,67 \text{ m}$) što daje gradijent od $5,24 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$. Na osnovu mjerenja i dobivenih podataka zaključeno je kako je testirana dolomitna breča zasićena vodom i dobre propusnosti.

3.11. Bušotina Ladislavci-12

Koordinate bušotine Ladislavci-12 su:

$$Y = 6\ 506\ 074,14$$

$$X = 5\ 060\ 279,62$$

$$H = 96,67 \text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-12 smještena je na sjeveroistočnom dijelu strukture Ladislavci, te joj je zadatak bio ispitati i potvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F serije, te osigurati proizvodnju iz istih.

3.11.1. Konstrukcija bušotine La-12

Konačna dubina bušotine La-12 iznosi 2412 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 31^\circ 17'$$

$$L = 362,85 \text{ m}$$

$$H_v = 2337,64 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona ($13 \frac{3}{8}$ " ugrađena do 143 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona ($9 \frac{5}{8}$ " ugrađena do 1038 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona ($5 \frac{1}{2}$ " ugrađena do 2407 m i zacementirana do 1180 m.

U bušotini su otvorena četiri intervala te je bušotina opremljena kao eksploatacijska.

3.11.2. DST ispitivanja bušotine La-12

Prvim DST testiranjem ispitan je interval vapnenih breča kredne starosti na dubini 2250 – 2214,92 m ($H_v = 2181,42 - 2148,13 \text{ m}$). Testiranjem je dobiveno $8,7 \text{ m}^3$ nafte tijekom

reverzne cirkulacije. Temperatura izmjerena na dubini 2247,8 m (Hv = 2178,51 m) iznosi 146,1 °C te daje gradijent od 6,22 °C/100 m. Ekstrapolirani statički tlak, izmjerena na dubini od 2207,6 m (Hv = 2139,62 m), iznosi 173,8 bara, ova vrijednost tlaka daje gradijent tlaka od 0,81 bara/ 10 m. Također izračunata je i propusnost prema Hornernu koja iznosi $47,11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

Drugim testiranjem ispitane su dolomitne breče kredne starosti na dubini 2255,5 – 2276 m (Hv = 2185,86 – 2205,44 m). Testiranjem je dobiveno 13 m³ nafte sa velikim udjelom vode (5%). Ekstrapolirani statički tlak, izmjerena na dubini od 2251,3 m (Hv = 2181,85 m) iznosi 178 bara što daje gradijent od 0,82 bar/10 m, Temperatura je mjerena sa dva termometra, pa je tako prvi termometar postavljen na dubinu od 2273,9 m (Hv = 2203,4 m) dao temperaturu od 123,8 °C (gt = 5,14 °C/100 m), dok je drugi termometar, postavljen na dubinu od 2252,55 m (Hv = 2183,05 m), dao temperaturu od 125,7 °C (gt = 5,28 °C/100 m). Također izračunata je propusnost prema Horneru te je dobivena vrijednost od $129,29 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Na osnovu podataka zaključeno je kako je testirani interval dolomitnih breča zasićen naftom i vrlo dobre propusnosti.

Treće testiranje provedeno je s ciljem utvrđivanja kontakta nafta – voda u dolomitima trijase starosti. Testirani interval nalazi se na dubini 2383,93 – 2412 m (Hv = 2314,26 – 2336,32 m) te je dobiveno 19,7 m³ slojne vode. Kemijskom analizom utvrđen je salinitet od 0,739 gNaCl/l te da voda prema klasifikaciji Sulin-a pripada hidrokarbonatno – natrijskom tipu vode. Propusnost je izračunata korištenjem tipskih krivulja potoka i iznosi $2,12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Također mjerena je i temperatura na dubini 2408,8 m (Hv = 2333,26 m) te je dobiven rezultat od 146 °C što daje gradijent od 5,81 °C/100 m. Prema dobivenim rezultatima zaključeno je kako se testirani interval dolomita nalazi ispod kontakta nafta – voda te da su sami dolomit vrlo slabe propusnosti.

3.12. Bušotina Ladislavci-13

Koordinate bušotine Ladislavci-13 su:

$$Y = 6\ 505\ 200$$

$$X = 5\ 060\ 700$$

$$H = 97\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-13 smještena je na sjevernom dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio potvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F serije, ispitati njihov dotok te osigurati proizvodnju iz F serije.

3.12.1. Konstrukcija bušotine La-13

Duljina kanala bušotina La-13 iznosi 2297 m,

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 162,68 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1243 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2300 m i zacementirana do 1040 m.

U bušotini su otvorena dva intervala dok su četiri zatvorena čepovima. Bušotina je opremljena kao eksploatacijska.

3.12.2. DST ispitivanja bušotine La-13

Testiranjem su ispitane dolomitne breče miocenske starosti u intervalu 2151,15 – 2172 m te je testiranjem dobiveno 18 m³ nafte. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2148,2 m, iznosi 177 bara što daje gradijent od 0,82 bara/10 m, temperatura od 126,6 °C izmjerena je na dubini od 2170 m te daje gradijent od 5,35 °C/100 m. Također s obzirom na dobivene količine izračunata je i propusnost, za čiji proračun je korištena Hornerova metoda, te ona iznosi 42,6×10E-3 μm².

3.13. Bušotina Ladislavci-14

Koordinate bušotine Ladislavci-14 su:

$$Y = 6\ 505\ 199,44$$

$$X = 5\ 060\ 679,81$$

$$H = 96,38\ \text{m}$$

Bušotina Ladislavci-14 smještena je sjevernom dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio potvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F serije te ispitati njihov dotok.

3.13.1. Konstrukcija bušotine La-14

Konačna dubina bušotine La-14 iznosi 2500 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 64^\circ$$

$$L = 361\ \text{m}$$

$$H_v = 2403,12\ \text{m}$$

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 151,5 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1082 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 ½") ugrađena do 2330 m i zacementirana do 1330 m.

U bušotini su otvorena tri intervala, a dva su izolirana čepom na dubini od 2230,5 m. Bušotina je opremljena kao eksploatacijska.

3.13.2. DST ispitivanja bušotine La-14

Prvim testiranjem ispitane su vapnenačke breče kredne starosti na dubini 2225,68 – 2250 m (Hv = 2149,78 – 2172,17 m), te je dobiveno 0,11 m³ isplake. Analizom dobivenih rezultata zaključeno je kako su testirane karbonatne naslage vrlo slabe propusnosti.

Drugim testiranjem ispitane su dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2275,17 – 2302,5 m (Hv = 2194,67 – 2219,36 m). Testiranjem je dobiveno 3 m³ nafte i 6,15 m³ emulzije nafta – voda. Analizom nafte utvrđeno je kako u dobivenoj nafti ima velika količina vode, dok je analizom vode određen salinitet od 0,517 gNaCl/l. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2301 m (Hv = 2218,44 m) iznosi 178 bara (gp = 0,80 bara/10 m), a temperatura mjerena na dubini od 2268,22 (Hv = 2193,22 m) m iznosi 124 °C (gt = 5,18 °C/100 m). Iz dijagrama tlaka je vidljivo kako je tijekom mjerenja protoka došlo do čepljenja alata te da je zbog toga dotok bio značajno umanjen, stoga se može reći kako je testirani kolektor vrlo dobre propusnosti.

3.14. Bušotina Ladislavci-15

Koordinate bušotine Ladislavci-15 su:

Y = 6 505 201,58

X = 5 060 689,61

H = 96,38 m

Bušotina Ladislavci-15 smještena je na zapadnom dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio potvrditi zasićenje ugljikovodicima u naslagama F serije, ispitati njihov dotok te osigurati proizvodnju iz F serije.

3.14.1. Konstrukcija bušotine La-15

Konačna dubina bušotine La-15 iznosi 2449 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

A = 212°02'

L = 377,85 m

Hv = 2350,44 m

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 154,59 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1090 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2355 m i zacementirana do 900 m.

U bušotini je otvoren jedan interval dok je jedan interval izoliran čepom na 2281 m. Bušotina je opremljena kao eksploatacijska sa opremom za plinski lift.

3.14.2. DST ispitivanja bušotine La-15

Prvim testiranjem ispitane su vapneno – dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2205,6 – 2225 m (Hv = 2130,74 – 2148,96 m), te je dobiveno 0,1 m³ isplake. Temperatura izmjerena na dubini od 2222,8 m (Hv = 2146,95 m) iznosi 135 °C što daje gradijent od 5,8 °C/100 m. Na osnovi dobivenih podataka zaključeno je kako je testirani kolektor vrlo slabe propusnosti.

Drugim testiranjem ispitane su dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2245,14 – 2275 m (Hv = 2166,5 – 2193,34 m) čijim je ispitivanjem dobiveno 19,55 m³ nafte. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2242,09 m (Hv = 2163,45 m) iznosi 177 bara (gp = 0,82 bara/10 m), a temperatura na dubini od 2271,8 m (Hv = 2190,46 m) iznosi 143 °C (gt = 6,05 °C/100 m). Na osnovu dobivenih podataka zaključeno je kako su ispitane dolomitne breče zasićene naftom i dobre propusnosti.

3.15. Bušotina Ladislavci-16

Koordinate bušotine Ladislavci-16 su:

$$Y = 6\ 505\ 515,33$$

$$X = 5\ 060\ 384,64$$

$$H = 96,46\text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-16 smještena je na sjevernom dijelu strukture Ladislavci. Zadatak bušotine bio je potvrditi prisustvo ugljikovodika u naslagama F serije te osigurati proizvodnju iz istih.

3.15.1. Konstrukcija bušotine La-16

Konačna dubina bušotine La-16 iznosi 2440 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 132^{\circ}46'$$

$$L = 313,18\text{ m}$$

$$Hv = 2351,32\text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 148,6 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1080 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2428 m i zacementirana do 1200 m.

U bušotini je šest zatvorenih intervala.

3.15.2. DST ispitivanja bušotine La-16

DST testiranjem ispitane su vapnenačke breče kredne starosti u intervalu 2236,75 – 2250 m (Hv = 2168,32 – 2180 m), te je testiranjem dobiveno 0,75 m³ nafte i 0,3 m³ isplake. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2249 m (Hv = 2179,24 m) iznosi 160 bara te odgovara gradijentu od 0,73 bara/10 m, temperatura izmjerena na dubini od 2248 m (Hv = 2178,35 m) iznosi 121,11 °C što odgovara gradijentu od 5,08 °C/100 m. Na osnovu dobivenih podataka zaključeno je kako je ispitani sloj zasićen naftom ali slabe propusnosti.

3.16. Bušotina Ladislavci-17

Koordinate bušotine Ladislavci-17 su:

Y = 6 505 517,48

X = 5 060 394,41

H = 96,46 m

Bušotina Ladislavci-17 smještena je središnjem dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio potvrditi zasićenje ugljikovodicima u naslagama F serije i ispitati njihov dotok u iste te naslage.

3.16.1. Konstrukcija bušotine La-17

Konačna dubina bušotine La-17 iznosi 2420 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

A = 210°

L = 304,57 m

Hv = 2350,01 m

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 151,4 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1075 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2365 m i zacementirana do 1000 m.

U bušotini su dva intervala izolirana mehaničkim čepom, dok je pet otvorenih intervala. Također pošto je ova bušotina eksploatacijska u njezin kanal bušotine ugrađena je oprema za sustav linearnog pogona dubinske sisaljke sa klipnim šipkama.

3.16.2. DST ispitivanja bušotine La-17

DST testiranjem ispitane su vapnene breče miocenske starosti na intervalu 2200,31 – 2225 m ($H_v = 2162,83 - 2139,63$ m), iz intervala je testiranjem ostvaren dotok od $0,5 \text{ m}^3$ nafte i $0,46 \text{ m}^3$ isplake. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2224 m ($H_v = 2161,89$ m) iznosi 150 bara te odgovara gradijentu od $0,69 \text{ bara}/10 \text{ m}$. Izračunata propusnost korištenjem tipskih krivulja iznosi $0,201 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Temperatura izmjerena na dubini od 2196,13 m ($H_v = 2136$ m) iznosi $88,2 \text{ }^\circ\text{C}$ što odgovara gradijentu od $3,64 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$.

3.17. Bušotina Ladislavci-18 (alfa i beta)

Koordinate bušotine Ladislavci-18 su:

$$Y = 6\ 506\ 684,61$$

$$X = 5\ 060\ 597,27$$

$$H = 97,10 \text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-18 smještena je sjeveroistočnom dijelu strukture Ladislavci te joj je zadatak bio potvrditi zasićenje ugljikovodicima u naslagama F serije, ispitati njihov dotok u iste naslage te osigurati proizvodnju nafte iz F serije.

3.17.1. Konstrukcija bušotine La-18

Konačna dubina bušotine La-18 iznosi 2500 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona ($13 \frac{3}{8}$ ") ugrađena do 150 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona ($9 \frac{5}{8}$ ") ugrađena do 1059 m i zacementirana do ušća.

3.17.2. DST ispitivanja bušotine La-18

Prvim testiranjem ispitane su vapnenačke breče kredne starosti u intervalu 2107,81 – 2132 m. Za vrijeme testiranja u bušačim šipkama dobiveno je $0,1 \text{ m}^3$ isplake. Krivulje tlakova su u skladu sa površinskim manifestacijama i odražavaju slabu propusnost kolektora. Očitani slojni tlak od 158 bara niži je od stvarnog tlaka u sloju te nije utvrđeno zasićenje ugljikovodicima ili vodom. Temperatura izmjerena na dubini od 2129 m iznosi $100 \text{ }^\circ\text{C}$ što odgovara gradijentu od $4,2 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$.

Drugim testiranjem ispitane su vapneno – dolomitne breče trijasne starosti u intervalu 2144,25 – 2161 m. U bušačim šipkama je dobiveno cca 0,1 m³ isplake. Očitani slojni tlak od 193 bara niži je od stvarnog tlaka u sloju te nije utvrđeno zasićenje ugljikovodicima ili vodom.

Trećim testiranjem ispitane su breče trijasne starosti u intervalu 2458,43 – 2500 m. U bušačim šipkama je dobiveno cca 0,1 m³ isplake. Očitani slojni tlak od 39 bara niži je od stvarnog tlaka u sloju te nije utvrđeno zasićenje ugljikovodicima ili vodom. Temperatura izmjerena na dubini od 2497 m iznosi 140 °C što odgovara gradijentu od 5,19 °C/100 m.

3.17.3. Bušotina La-18 α

Bušotina Ladislavci-18 α izbušena je iz kanala bušotine La-18 nakon što ta bušotina nije nabušila ležište F serije u povoljnom kolektoru. Zadatak ove bušotine bio je isti kao i kod bušotine Ladislavci-18.

3.17.3.1. *Konstrukcija bušotine La-18 α*

Konačna dubina bušotine La-18 α iznosi 2445 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 313^{\circ}55'$$

$$L = 379,8 \text{ m}$$

$$Hv = 2357,09 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ "") ugrađena do 150 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ "") ugrađena do 1059 m i zacementirana do ušća.

3.17.3.2. *DST ispitivanja bušotine La-18 α*

Prvim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su vapneno – dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2253,97 – 2275 m (Hv = 2170,06 – 2189,93 m). U bušačim šipkama je dobiveno cca 0,1 m³ isplake. Dijagrami tlakova odraz su kolektora slabe propusnosti dok krivulja protoka ukazuje na prijenos isplake iz pakera. Temperatura izmjerena na dubini od 2272,8 m (Hv = 2187,85 m) m iznosi 137,7 °C što odgovara gradijentu od 5,81 °C/100 m.

Drugim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su vapneno – dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2357,13 – 2593 m (Hv = 2267,5 – 2301,36 m). U bušačim šipkama je dobiveno 0,7 m³ isplake. Iz dijagrama tlakova može se zaključiti kako je došlo do jakog

čepjenja alatki između gornjeg i donjeg manometra. Temperatura izmjerena na dubini od 2390,8 m (Hv = 2299,28 m) m iznosi 140 °C što odgovara gradijentu od 5,63 °C/100 m. Na osnovu dobivenih podataka zaključeno je kako su testirani kolektori slabe propusnosti.

Trećim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2420,52 – 2445 m (Hv = 2333,48 – 2357 m). Operacija testiranja je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera. Temperatura izmjerena na dubini od 2442,8 m (Hv = 2162,64 m) m iznosi 101 °C što odgovara gradijentu od 4,18 °C/100 m.

Četvrtim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2424,07 – 2445 m (Hv = 2336,89 – 2357 m). U bušaćim šipkama je dobiveno 17 m³ slojne vode 0,8 m³ isplake. Kemijskom analizom određen je salinitet od 0,964 gNaCl/l te da voda prema klasifikaciji Sulin-a pripada hidrokarbonatno – natrijskom tipu vode. Ekstrapolirani statički tlak, izmjeren na dubini od 2444 m (Hv= 2356,05 m) iznosi 184,4 bara što odgovara gradijentu od 0,78 bara/10 m. Temperatura izmjerena na dubini od 2442,8 m (Hv = 2354,84 m) m iznosi 107 °C što odgovara gradijentu od 4,10 °C/100 m. Također izračunata je propusnost od 170,55×10E-3 μm² korištenjem Hornerove metode. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako su ispitane dolomitne breče zasićene vodom i dobre propusnosti.

3.17.4. Bušotina La-18β

Bušotina Ladislavci-18β izbušena je kanala bušotine La-18, odnosno La-18α nakon što bušotina La-18α nije u potpunosti ispunila svoj zadatak. Bušotina La-18α probušila je „F_{1a}“ seriju ali u nepovoljnim kolektorskim svojstvima te je nabušila „F_{1b}“ seriju ali ispod kontakta nafta – voda. Zadatak bušotine La-18β isti je kao i kod bušotina La-18 i La-18α.

3.17.4.1. Konstrukcija bušotine La-18β

Konačna dubina bušotine La-18β iznosi 2430 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 221^{\circ}53'$$

$$L = 374,35 \text{ m}$$

$$Hv = 2350,16 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 150 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1059 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2330 m i zacementirana do 1200 m.

U bušotini je otvoreno pet intervala te je bušotina opremljena kao eksploatacijska.

3.17.4.2. DST ispitivanja bušotine La-18β

Prvim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su vapnene breče kredne starosti u intervalu 2179,61 – 2194 m (Hv = 2108,61 – 2121,09 m). U bušaćim šipkama je dobiveno cca 0,6 m³ nafte i 0,5 m³ isplake. Krivulje tlakova su u skladu sa površinskim manifestacijama i odražavaju slabu propusnost kolektora. Ekstrapolacijom krivulje drugog porasta tlaka dobivena je stvarna vrijednost tlaka u sloju od 178 bara (gp = 0,84 bar/10 m). Ova vrijednost dobivena je mjerenjem sa manometrom koji se nalazi na dubini od 2193 m (Hv = 2120,14 m). Temperatura izmjerena na dubini od 2191,8 m (Hv = 2118,94 m) m iznosi 120 °C što odgovara gradijentu od 5,17 °C/100 m. Također izračunata je propusnost od 1,2×10E-3 μm² korištenjem Hornerove metode. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako su ispitane vapnene breče zasićene naftom i dobre propusnosti.

3.18. Bušotina Ladislavci-20

Koordinate bušotine Ladislavci-20 su:

$$Y = 6\ 505\ 076,80$$

$$X = 5\ 059\ 647,05$$

$$H = 96,69\text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-20 smještena je na zapadnom dijelu strukture Ladislavci te joj je glavni zadatak bio nabušiti naslage E i F serije i potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima.

Tijekom izrade bušotine izmjerena je poroznost intervala koji pripadaju dijelu osječkih pješčenjaka, te ona iznosi od 3,71% do maksimalno 9,6%, također određeno je zasićenje vodom od 60 – 100% što pokazuje kako su ovi intervali vodonosni.

3.18.1. Konstrukcija bušotine La-20

Konačna dubina bušotine La-20 iznosi 2300 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 165,95 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1043 m i zacimentirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2250 m i zacimentirana do 900 m.

U bušotini su dva otvorena intervala, a bušotina je opremljena kao eksploatacijska te je u njezin kanal ugrađena oprema za plinski lift.

3.18.2. DST ispitivanja bušotine La-20

Testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su vapnene breče miocenske starosti u intervalu 2137,1 – 2154 m. Za testiranje je korišten vodeni jastuk od 100 m te je u bušaćim šipkama dobiveno 16,5 m³ isplake što je rezultat komunikacije s prstenastim prostorom. Krivulje tlakova su u skladu sa površinskim manifestacijama i odražavaju slabu propusnost kolektora. Pa je tako statički tlak od 218 bara očit na manometru koji se nalazi na dubini od 2130,25 m. Temperatura izmjerena na dubini od 2152 m iznosi 122,7 °C što odgovara gradijentu od 5,21 °C/100 m.

3.19. Bušotina Ladislavci-21

Koordinate bušotine Ladislavci-21 su:

$$Y = 6\ 505\ 886,75$$

$$X = 5\ 059\ 337,55$$

$$H = 96,79\text{ m}$$

Bušotina Ladislavci-21 smještena je na južnom dijelu strukture Ladislavci te joj je glavni zadatak bio potvrditi zasićenje ugljikovodicima u naslagama E i F serije, ispitati dotok nafte u ta ležišta te osigurati proizvodnju nafte iz navedenih ležišta.

3.19.1. Konstrukcija bušotine La-21

Konačna dubina bušotine La-21 iznosi 2390 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 139,56 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1177 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2250 m i zacementirana do 1700 m.

U bušotini je otvoren jedan intervala te je bušotina opremljena kao mjerna.

3.19.2. DST ispitivanja bušotine La-21

Testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su vapneno – dolomitne breče kredne starosti u intervalu 2186,26 – 2209 m. U bušaćim šipkama dobiveno 0,3 m³ isplake. Krivulje tlakova su u skladu sa površinskim manifestacijama i odražavaju slabu propusnost kolektora.

3.20. Bušotina Kućanci-1

Koordinate bušotine Kućanci-1 su:

$$Y = 6\ 511\ 806,49$$

$$X = 5\ 058\ 917,51$$

$$H = 98,91\text{ m}$$

Bušotina Kućanci-1 prva je izgrađena bušotina kojom je otkrivena struktura Kućanci, bušotina je locirana na samom tjemenu strukture.

Tijekom izrade bušotine provedena su fizikalna ispitivanja jezgre sa ciljem utvrđivanja propusnosti i poroznosti. Propusnost intervala koji su obuhvaćeni osječkim pješčenjacima, kreće se od 0 mD do 20,8 mD, dok je poroznost između 3,6% i 33%.

3.20.1. Konstrukcija bušotine Ku-1

Konačna dubina bušotine Ku-1 iznosi 2508 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (9 5/8") ugrađena do 297,6 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (7") ugrađena do 1610 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5") ugrađena do 2328 m i zacementirana do 1735 m.

3.20.2. DST ispitivanja bušotine Ku-1

Testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitani su konglomerati koji prema litostratigrafskoj podjeli pripadaju Panonu. U bušaćim šipkama dobiveno 0,5 m³ isplake sa tragovima nafte. Manometar nije funkcionirao pa nema očitavanja tlakova, također nije mjerena temperatura.

3.21. Bušotina Kućanci-2

Koordinate bušotine Kućanci-2 su:

$$Y = 6\ 509\ 711,50$$

$$X = 5\ 060\ 337,97$$

$$H = 95,57$$

Bušotina Kućanci-2 smještena je na sjeveroistočnom dijelu strukture Kućanci te joj je glavni zadatak bio nabušiti podlogu tercijara.

Tijekom izrade bušotine provedena su fizikalna ispitivanja na jezgrama kojima je određena propusnost i poroznost Osječkih pješčenjaka. Pa tako se propusnost kreće između 0 mD i 3,1 mD, dok se poroznost kreće između 7,9% i 15,9%. Tijekom bušenja primijećen je dotok plina iz ovih slojeva čija se vrijednost kretala između 1,2% i 4%

3.21.1. Konstrukcija bušotine Ku-2

Konačna dubina bušotine Ku-2 iznosi 2854 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 179,49 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1619 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2710 m i zacementirana do 1700 m.

U bušotini su otvorena četiri intervala dok je deset intervala zatvoreno čepovima. Bušotina je opremljena kao mjerna.

3.21.2. DST ispitivanja bušotine Ku-2

Prvim DST testiranjem ispitan je interval 1863 – 1877 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada osječkim pješčenjacima. Ispitivanjem dobiveno 0,15 m³ isplake.

Drugim DST testiranjem ispitan je interval 2110 – 2120 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Vukovarskoj formaciji. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera. Temperatura je izmjerena na dubini od 2118 m i iznosi 99 °C što daje gradijent od 4,18 °C/100 m.

Trećim DST testiranjem ispitan je interval 2093 – 2120 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Vukovarskoj formaciji. Ispitivanjem dobiveno 0,05 m³ isplake.

3.22. Bušotina Kućanci-3

Koordinate bušotine Kućanci-3 su:

Y = 6 508 194,18

X = 5 058 037,29

H = 97,07

Bušotina Kućanci-3 nalazi se na jugozapadnom maksimumu strukture Kućanci te joj je glavni zadatak bio probušiti i ispitati cijeli profil tercijarnih sedimenata te utvrditi zasićenje ugljikovodicima na ovom dijelu strukture.

Tijekom izrade bušotine provedena su fizikalna ispitivanja na jezgrama kojima je određena propusnost i poroznost Osječkih pješčenjaka. Pa tako se propusnost kreće između 0 mD i 9,3 mD, dok se poroznost kreće između 8,5% i 20,2%. Također tijekom bušenja primijećen je dotok plina iz ovih intervala u iznosu od 1,5-2% relativne koncentracije, kromatografskom analizom utvrđeno je kako se radi o mješavini metana i etana.

3.22.1. Konstrukcija bušotine Ku-3

Konačna dubina bušotine Ku-3 iznosi 2331 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 182,97 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1580 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2338 m i zacementirana do 1500 m.

U bušotini šest otvorenih intervala te četiri intervala zatvorena mehaničkim čepovima. Bušotina je opremljena kao mjerna.

3.22.2. DST ispitivanja bušotine Ku-3

Prvim DST testiranjem ispitan je interval 2094,9 – 2108,2 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Vinkovačkoj formaciji. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,8 m³ isplake. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako je ispitan sloj slabo propustan i nema zasićenja ugljikovodicima. Temperatura izmjena na dubini od 2108,2 m iznosi 101,7 °C što daje gradijent od 4,33 °C/100 m.

Drugim DST testiranjem ispitan je interval 2179 – 2188 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Valpovačkoj formaciji. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 1 m³ isplake. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako je ispitan sloj slabo propustan i nema zasićenja ugljikovodicima.

Trećim DST testiranjem ispitan je interval 2204,1 – 2213 m koji po litostratigrafskoj podjeli obuhvaća Valpovačku i Vukovarsku formaciju. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,27 m³ slabo zapljinjene isplake sa tragovima nafte. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako je ispitan sloj slabo propustan, nema zasićenja ugljikovodicima i nema slojne energiju.

Četvrtim DST testiranjem ispitan je interval 2301,25 – 2310,6 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Vukovarskoj formaciji. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,98 m³ isplake. Prema dobivenim podacima zaključeno je kako je ispitan sloj slabo propustan, nema zasićenja ugljikovodicima i nema slojne energiju.

3.23. Bušotina Kućanci-4

Koordinate bušotine Kućanci-4 su:

Y = 6 511 155,02

X = 5 058 916,98

H = 100,81 m

Bušotina Kućanci-4 nalazi se na jugozapadnom maksimumu strukture Kućanci te joj je glavni zadatak bio probušiti i ispitati cijeli profil tercijarnih sedimenata te utvrditi zasićenje ugljikovodicima na ovom dijelu strukture.

Tijekom izrade bušotine provedena su fizikalna ispitivanja na jezgrama kojima je određena propusnost i poroznost Osječkih pješčenjaka. Pa tako se propusnost kreće između 0 mD i 5,8 mD, dok se poroznost kreće između 10,7% i 20,3%. Također tijekom bušenja primijećen je dotok plina iz ovih intervala u iznosu od 0,5-2% relativne koncentracije, kromatografskom analizom utvrđeno je kako se radi o mješavini metana i vodika.

3.23.1. Konstrukcija bušotine Ku-4

Konačna dubina bušotine Ku-4 iznosi 2819 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ "") ugrađena do 212,49 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ "") ugrađena do 1658,2 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 $\frac{1}{2}$ "") ugrađena do 2252,7 m i zacementirana do 1550 m.

U bušotini je otvoreno sedam intervala dok je šest intervala zatvoreno čepovima. Bušotina je opremljena kao eksploatacijska.

3.23.2. DST ispitivanja bušotine Ku-4

Prvim DST testiranjem ispitan je interval 1607,7 – 1691,8 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada Osječkim pješčenjacima. Operacija tehnički nije uspjela zbog propuštanja pakera.

Drugim DST testiranjem ispitan je interval 2121,45 – 2131 m koji po litostratigrafskoj podjeli obuhvaća Valpovačku i Vukovarsku formaciju. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,27 m³ isplake, 0,13 m³ nafte i veće količine plina. Temperatura izmjena na dubini od 2131,1 m iznosi 106 °C što daje gradijent od 4,48 °C/100 m.

Trećim DST testiranjem ispitan je interval 2198,05 – 2206,5 m koji po litostratigrafskoj podjeli pripada donjem dijelu Valpovačke formacije. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,28 m³ isplake, 12,75 m³ vode te manje količine plina koji se izdvajao iz vode. Temperatura izmjena na dubini od 2131,1 m iznosi 106 °C što daje gradijent od 4,48 °C/100 m. Propusnost izračunata iz pravca porasta tlaka iznosi 85,6 mD dok propusnost izračunata prema Darcyjevom zakonu i teoretskom drenažni radijus (koji za ovu bušotinu iznosi 7068

m) iznosi 424,4 mD. Kemijskom analizom određen je salinitet od 11,06 gNaCl/l te da voda prema klasifikaciji Sulin-a pripada alkalnom tipu vode.

3.24. Bušotina Kućanci-5

Koordinate bušotine Kućanci-5 su:

$$Y = 6\ 510\ 053,19$$

$$X = 5\ 060\ 719,85$$

$$H = 96,10$$

Bušotina Kućanci-5 smještena je na istočnom dijelu polja „Kućanci – Kapelna“ te joj je glavni zadatak bio nabušiti naslage E serije, potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima te omogućiti proizvodnju iz istih.

3.24.1. Konstrukcija bušotine Ku-5

Konačna dubina bušotine Ku-5 iznosi 2184 m.

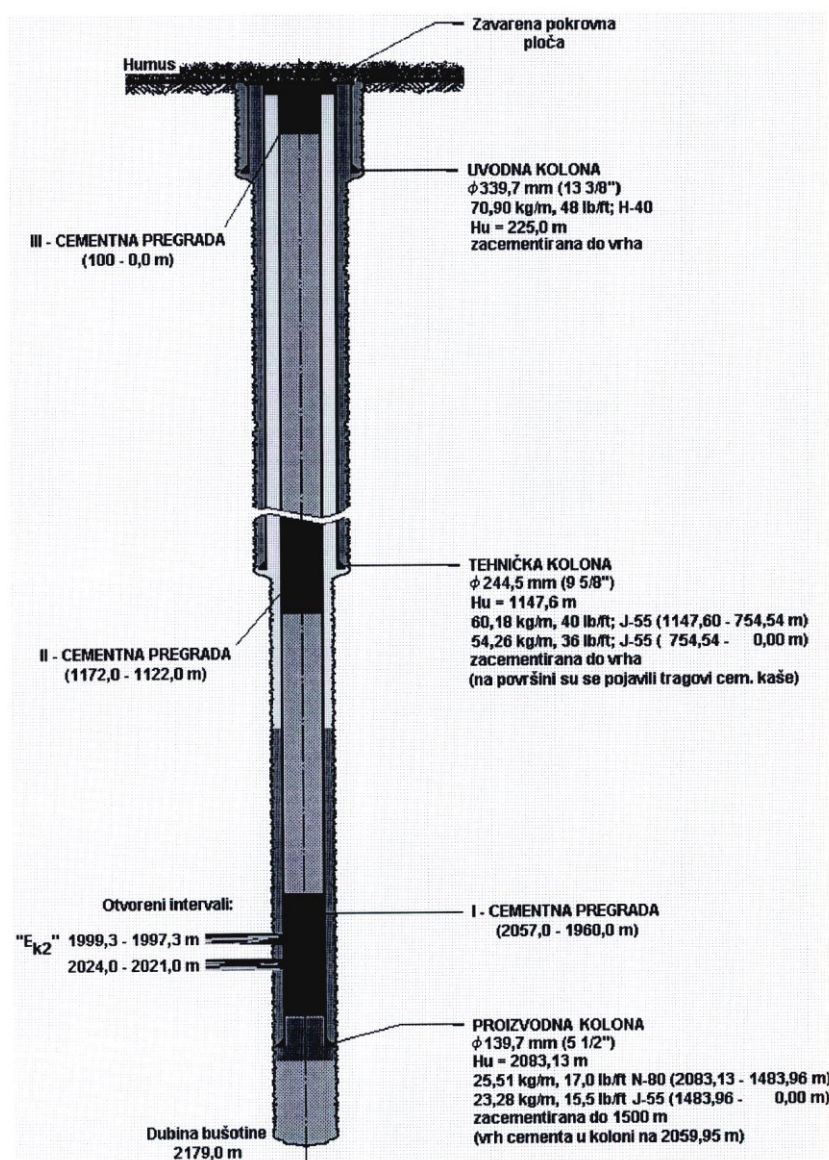
Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 225,07 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1147,6 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2083,13 m i zacementirana do 1500 m.

U bušotini su dva zatvorena intervala sa cementnim čepovima.



Slika 3-2 Shematski prikaz konstrukcije bušotine Kućanci-5 (AZU, 2000)

3.24.2. DST ispitivanja bušotine Ku-5

DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2002 – 1991,5 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,32 m³ isplake, 2,25 m³ vode s tragovima plina. Kemijskom analizom određen je salinitet od 1,66 gNaCl/l.

3.25. Bušotina Kućanci-6 (alfa i beta)

Koordinate bušotine Kućanci-6 su:

$$Y = 6\ 510\ 175,05$$

$$X = 5\ 060\ 292,04$$

$$H = 98,23$$

Bušotina Kućanci-6 smještena je na istočnom dijelu polja „Kućanci – Kapelna“ te joj je glavni zadatak bio nabušiti naslage E serije, potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima te omogućiti proizvodnju iz istih.

3.25.1. Konstrukcija bušotine Ku-6

Konačna dubina bušotine Ku-6 iznosi 2140 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 195,75 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1141,8 m i zacimentirana do ušća.

3.25.2. DST ispitivanja bušotine Ku-6

Prvim DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2036,3 – 2024,75 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog čepjenja tester alatke.

Drugim DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2037 – 2019,94 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 2,7 m³ vode i isplake. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke. Kemijskom analizom određen je salinitet od 0,68 gNaCl/l.

3.25.3. Bušotina Kućanci-6α

Bušotina Kućanci-6α izbušena je iz kanala bušotine Ku-6 nakon što ta bušotina nabušila ležište E serije ispod kontakta nafta – voda. Zadatak ove bušotine bio je isti kao i kod bušotine Kućanci-6.

3.25.3.1. Konstrukcija bušotine Ku-6α

Konačna dubina bušotine Ku-6α iznosi 2088 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 319^{\circ}09'$$

$$L = 111,9 \text{ m}$$

$$H_v = 1980,78 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 195,75 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1141,8 m i zacimentirana do ušća.

3.25.3.2. DST ispitivanja bušotine Ku-6α

Prvim DST testiranjem ispitani su pješčenjaci donjeg ponta u intervalu na dubini 1755 – 1744 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,45 m³ vode zagađene isplakom.

Drugim DST testiranjem ispitani su pješčenjaci donjeg ponta u intervalu na dubini 1801,9 – 1789 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,46 m³ isplake i 1 m³ vode. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke. Kemijskom analizom određen je salinitet od 0,497 gNaCl/l.

Trećim testiranjem ispitani su pješčenjaci donjeg ponta u intervalu na dubini 1903,8 – 1889,29 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,45 m³ isplake razrjeđene vodom. Kemijskom analizom određen je salinitet od 0,67 gNaCl/l.

Četvrtim testiranjem ispitani su pješčenjaci donjeg ponta u intervalu na dubini 1926,5 – 1909,8 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,15 m³ isplake.

Petim testiranjem ispitani su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2029,3 – 2018 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,02 m³ isplake.

Šestim testiranjem ispitani su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2033 – 2022 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera.

Sedim testiranjem ispitani su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2043,8 – 2022,8 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog neotvaranja testera.

3.25.4. Bušotina Kućanci-6β

Bušotina Kućanci-6β izbušena je iz kanala bušotine Ku-6α nakon što ta bušotina nabušila ležište E dublje nego je bilo očekivano i u nepovoljnim kolektorskim svojstvima. Zadatak ove bušotine bio je isti kao i kod bušotine Kućanci-6, odnosno Kućanci-6α.

3.25.4.1. *Konstrukcija bušotine Ku-6β*

Konačna dubina bušotine Ku-6β iznosi 2058 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 303^\circ$$

$$L = 231 \text{ m}$$

$$H_v = 1960 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 195,75 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1141,8 m i zacementirana do ušća.

3.25.4.2. *DST ispitivanja bušotine Ku-6β*

Prvim testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2017 – 2007,46 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,4 m³ isplake.

Drugim testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2008,9 – 2000 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,07 m³ isplake pomiješane sa vodom.

3.26. Bušotina Kućanci-7

Koordinate bušotine Kućanci-7 su:

$$Y = 6\ 509\ 471,13$$

$$X = 5\ 059\ 859,23$$

$$H = 98,51$$

Bušotina Kućanci-7 smještena je na istočnom dijelu polja „Kućanci – Kapelna“ te joj je glavni zadatak bio nabušiti naslage E serije, potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima te omogućiti proizvodnju iz istih.

3.26.1. Konstrukcija bušotine Ku-7

Konačna dubina bušotine Ku-5 iznosi 2201 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 204 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1143,5 m i zacimentirana do ušća (cement se nije pojavio na površini).

3.26.2. DST ispitivanja bušotine Ku-7

DST testiranjem ispitani su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2151 – 2137 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,4 m³ isplake i 0,5 m³ vode. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke. Kemijskom analizom određen je salinitet od 0,35 gNaCl/l.

3.27. Bušotina Kućanci-8

Koordinate bušotine Kućanci-8 su:

$$Y = 6\ 507\ 776,06$$

$$X = 5\ 057\ 887,92$$

$$H = 97,18$$

Bušotina Kućanci-8 nalazi se na jugozapadnom maksimumu strukture Kućanci te joj je glavni zadatak bio nabušiti naslage E serije, potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima te omogućiti proizvodnju iz istih.

3.27.1. Konstrukcija bušotine Ku-8

Konačna dubina bušotine Ku-8 iznosi 2416 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 197 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1119 m i zacementirana do ušća.

3.27.2. DST ispitivanja bušotine Ku-8

Prvim DST testiranjem ispitan je raspucani lapor miocenske starosti u intervalu na dubini 2112,4 – 2095,6 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,2 m³ isplake. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke, također na dubini od 1313 m došlo je gubitaka isplake.

Drugim DST testiranjem ispitan je raspucani lapor miocenske starosti u intervalu na dubini 2135,4 – 2120,1 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,35 m³ isplake. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke.

Trećim DST testiranjem ispitani su pješčenjaci miocenske starosti u intervalu na dubini 2176,4 – 2165,10 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera, također na dubini od 1313 m došlo je gubitaka isplake.

Četvrtim DST testiranjem ispitani su pješčenjaci miocenske starosti u intervalu na dubini 2219 – 2191,2 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera, također na dubini od 1313 m došlo je gubitaka isplake.

Peto DST testiranjem je ponovljeno testiranje intervala 2219 – 2191,2 m zbog gubitaka isplake na dubini 1313 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,085 m³ isplake.

Šestim DST testiranjem ispitane su dolomitno – vapnene breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2336,9 – 2316,2 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,5 m³ isplake i 7,2 m³ vode. Na dubini od 2310 m javili su se djelomični gubiteci isplake, a već na dubini od 2325 došlo je do totalnih gubitaka isplake. Kemijskom analizom određen je salinitet od 11,41 gNaCl/l.

3.27.3. Bušotina Kućanci-8 α

Bušotina Kućanci-8 α izbušena je iz kanala bušotine Ku-8 nakon što je ta bušotina nabušila naslage E serije ali s lošim kolektorskim svojstava (izuzev dolomitnih breča koje su zavodnjene)

3.27.3.1. *Konstrukcija bušotine Ku-8 α*

Konačna dubina bušotine Ku-8 α iznosi 2488 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 284^\circ$$

$$L = 450 \text{ m}$$

$$H_v = 2080 \text{ m}$$

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ ") ugrađena do 197 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ ") ugrađena do 1119 m i zacementirana do ušća.

3.27.3.2. *DST ispitivanja bušotine Ku-8 α*

Prvim DST testiranjem ispitan je raspucani lapor miocenske starosti u intervalu na dubini 2270 – 2294,2 m. Ispitivanjem je u bušaćim šipkama dobiveno 0,07 m³ isplake. Manometar je krivo funkcionirao pa nije moguće interpretirati podatke.

Drugim DST testiranjem ispitan su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2270 – 2294,2 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera.

Trećim DST testiranjem ispitan su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2335,5 – 2355 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera.

Četvrim DST testiranjem ispitan su konglomerati miocenske starosti u intervalu na dubini 2328,5 – 23355 m. Operacija je tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera

3.28. Bušotina Kućanci-9

Koordinate bušotine Kućanci-9 su:

$$Y = 6\ 510\ 778,60$$

$$X = 5\ 058\ 800,16$$

$$H = 97,23$$

Bušotina Kućanci-9 nalazi se na jugozapadnom maksimumu strukture Kućanci glavni zadatak bio joj je nabušiti naslage E serije, potvrditi njihovo zasićenje ugljikovodicima te omogućiti proizvodnju iz istih. Bušotina je djelomično ispunila svoj zadatak te je likvidirana

kao negativna. Tijekom bušenja za proizvodnu kolonu došlo je do velikih gubitaka isplake. Koji su objašnjeni interpretacijom EK mjerenja, naime na toj dubini nalaze se krovina B serije Donjeg Ponta koja je zalaparena i slabo propusna dok su breče zavodnjenje.

3.28.1. Konstrukcija bušotine Ku-9

Konačna dubina bušotine Ku-9 iznosi 2249 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 193,64 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1114 m i zacementirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2214 m i zacementirana do 1400 m.

U bušotini je pet zatvorenih intervala.

3.29. Bušotina Kućanci-10 (alfa i beta)

Koordinate bušotine Kućanci-10 su:

Y = 6 508 385,09

X = 5 061 101,28

H = 97,60 m

Bušotina Kućanci-10 smještena je u blizini bušotine Krunoslavlje-1 te joj je glavni zadatak bio probušiti sva poznata ležišta strukture Ladislavci – Kućanci, potvrditi predviđanja o zoni povećane sekundarne poroznosti, potvrditi zasićenja plinom u naslagama Pliocena te dati dodatne informacije o strukturno – tektonskim odnosima polja.

3.29.1. Konstrukcija bušotine Ku-10

Konačna dubina bušotine Ku-10 iznosi 2757 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 200,4 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1027,8 m i zacementirana do ušća.

U bušotinu su postavljena tri cementa čepa za skretanje kanala bušotine.

3.29.2. DST ispitivanja bušotine Ku-10

DST testiranjem ispitane su breče koje prema litostratigafskoj podjeli pripadaju Panonu, u intervalu na dubini 2005,5 – 1978,96 m. Testiranjem nije ostvaren nikakav dotok, a dijagram dubinskih manometara pokazuje ispravne manifestacije. Na temelju toga zaključeno je kako su ispitane breče slabe propusnosti i slabe slojne energije.

3.29.3. Bušotina Ku-10 α

Bušotina Kućanci-10 α izbušena je iz kanala bušotine Ku-10 nakon što ta bušotina nije potvrdila pretpostavku o postojanju zone povećane sekundarne poroznosti.

3.29.3.1. *Konstrukcija bušotine Ku-10 α*

Konačna dubina bušotine Ku-10 α iznosi 2291 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 234^{\circ}47'$$

$$L = 314,82 \text{ m}$$

$$H_v = 2060,42 \text{ m}$$

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ ") ugrađena do 200,4 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ ") ugrađena do 1027,8 m i zacementirana do ušća.

3.29.3.2. *DST ispitivanja bušotine Ku-10 α*

DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2121 – 2089 m. Testiranjem je ostvaren vrlo slab dotok, odnosno ispitani interval nalazi se u nepropusnoj formaciji.

3.29.4. Bušotina Ku-10 β

Bušotina Kućanci-10 β izbušena je iz kanala bušotine Ku-10 nakon što ta bušotina i bušotina Ku-10 α nisu potvrdile pretpostavku o postojanju zone povećane sekundarne poroznosti.

3.29.4.1. *Konstrukcija bušotine Ku-10 β*

Konačna dubina bušotine Ku-10 β iznosi 2268 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 26^{\circ}25'$$

$$L = 467,95 \text{ m}$$

$$H_v = 1940,01 \text{ m}$$

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ ") ugrađena do 200,4 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ ") ugrađena do 1027,8 m i zacementirana do ušća.

3.29.4.2. *DST ispitivanja bušotine Ku-10 β*

Prvim DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2268 – 2248 m. Operacije je tehnički neuspjela jer je paker propuštao.

Drugim DST testiranjem ispitane su breče miocenske starosti u intervalu na dubini 2268 – 2242,5 m. Testiranjem nije ostvaren nikakav dotok, odnosno ispitani interval nalazi se u nepropusnoj formaciji.

3.30. Bušotina Kućanci-11 (alfa)

Koordinate bušotine Kućanci-11 su:

$$Y = 6\ 511\ 289,46$$

$$X = 5\ 059\ 671,72$$

$$H = 97,03\ \text{m}$$

Bušotina Kućanci-11 smještena je na istočnom dijelu strukture Kućanci, glavni joj je zadatak bio potvrditi zasićenje ugljikovodicima u ležištu E serije, ispitati dotok nafte u njega, dati elemente za korekciju seizmičkih podataka, osigurati proizvodnju iz ležišta E serije i dati dodatne informacije o strukturno – tektonskim odnosima polja.

3.30.1. Konstrukcija bušotine Ku-11

Konačna dubina bušotine Ku-11 iznosi 2268 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 209,06 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1114 m i zacementirana do ušća

3.30.2. DST ispitivanja bušotine Ku-11

Testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su breče miocenske starosti u intervalu 2117,94 – 2134 m. U bušačim šipkama je dobiveno 0,05 m³ isplake. Ekstrapolacijom krivulje porasta tlaka, izmjerenog na dubini od 2133,05 m, dobivena je vrijednost od 198 bara (gp = 0,93 bar/10 m). Temperatura izmjerena na dubini od 2131,85 m iznosi 115 °C što odgovara gradijentu od 4,9 °C/100 m. Iz dobivenih podataka zaključeno je kako su ispitane breče slabe propusnosti te da je slojna energija u okvirima herostratskog tlaka.

3.30.3. Bušotina Ku-11α

Bušotina Kućanci-11α izbušena je iz kanala bušotine Ku-11 nakon što ta bušotina i nije nabušila ležište E serije u predviđenom zasićenju ugljikovodicima. Zadatak bušotine Ku-11α bio je isti kao i od bušotine Ku-11.

3.30.3.1. *Konstrukcija bušotine Ku-11a*

Konačna dubina bušotine Ku-11a iznosi 2402 m, te je bušotina koso usmjerena uz sljedeće elemente skretanja:

$$A = 190^{\circ}26'$$

$$L = 397,99 \text{ m}$$

$$Hv = 2201,58 \text{ m}$$

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 $\frac{3}{8}$ " ugrađena do 209,06 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 $\frac{5}{8}$ " ugrađena do 1114 m i zacementirana do ušća.

3.30.3.2. *DST ispitivanja bušotine Ku-11a*

Prvim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su breče miocenske starosti u intervalu 2261,6 – 2285 m (Hv = 2155,37 – 2175,43 m). U bušačim šipkama je dobiveno 2,5 m³ vode sa slabim tragovima nafte. Pošto je uzorak bio jako zagađen nije bilo moguće obaviti kompletnu analizu vode, te je određen samo salinitet koji iznosi 1,75 gNaCl/l. Nije bilo moguće napraviti ekstrapolaciju krivulje porasta tlaka zbog toga što krivulja statičkog tlaka nije zatvorena. Temperatura izmjerena na dubini od 2282,5 m (Hv = 2173,23 m) iznosi 137 °C što odgovara gradijentu od 5,82 °C/100 m. Iz dobivenih podataka zaključeno je kako su ispitane breče slabe propusnosti i zasićene vodom. Propusnost je izračunata prema metodi podešavanja sa tipskim krivuljama za protok te iznosi 0,77×10E-3 μm².

Drugim testiranjem otvorenog kanala bušotine ispitane su breče miocenske starosti u intervalu 2292,43 – 2315 m (Hv = 2181,8 – 2201,15 m). Operacija tehnički nije uspjela zbog propuštanja pakera.

Trećim testiranjem ispitan je isti interval kao i u drugom DST. Ova operacija je također tehnički neuspjela zbog propuštanja pakera. Temperatura izmjerena na dubini od 2313 m (Hv = 2198,73 m) iznosi 121 °C što odgovara gradijentu od 5,03 °C/100 m.

3.31. Bušotina Kućanci-12

Koordinate bušotine Kućanci-12 su:

$$Y = 6\ 510\ 039,80$$

$$X = 5\ 058\ 629,39$$

$$H = 97,53 \text{ m}$$

Bušotina Kućanci-12 locirana je na istočnom dijelu strukture Kućanci, zapadno od bušotine Ku-9. Zadatak bušotine bio je ispitati i potvrditi prisustvo ugljikovodika u ležištu E serije te osigurati proizvodnju iz njega. Bušotina je nabušila ležište E serije ali u zasićenju vode te je likvidirana kao negativna.

3.31.1. Konstrukcija bušotine Ku-12

Duljina kanala bušotina Ku-13 iznosi 2510 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 194,95 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1110 m i zacementirana do ušća.

3.31.2. DST ispitivanja bušotine Ku-12

Prvim testiranjem ispitan je interval 2377,65 – 2394 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Miocenu. Testiranjem je dobiveno 17,4 m³ vrlo slabo zapljinjenje slojne vode i 0,6 m³ isplake. Slojni tlak, izmjeren manometrom na dubini od 2339 m, iznosi 199 bara što daje gradijent od 0,85 bar/10 m, izmjerena temperatura na dubini od 2390,9 m iznosi 146 °C što daje gradijent od 5,67 °C/100 m. Propusnost je izračunata prema metodi podešavanja sa tipskim krivuljama za protok te iznosi 24,3×10E-3 μm².

Drugim testiranjem ispitan je interval 2489,2 – 2510 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Miocenu. Testiranjem je dobiveno 5,7 m³ slojne vode i 0,6 m³ isplake. Kemijskom analizom salinitet iznosi 14,8 gNaCl/l, te prema klasifikaciji Sulin-a pripada u hidrokarbonatno – natrijsku vodu. Slojni tlaki, izmjeren manometrom na dubini od 2483,8 m iznosi 200,5 bara što daje gradijent od 0,81 bara/10 m, temperatura od 145 °C izmjerena je na dubini od 2507,8 m te daje gradijent od 5,36 °C/100 m.

3.32. Bušotina Kućanci-13

Koordinate bušotine Kućanci-13 su:

$$Y = 6\ 511\ 357,67$$

$$X = 5\ 058\ 608,97$$

$$H = 96,38\ \text{m}$$

Bušotina Kućanci-13 locirana je rubnom dijelu strukture Kućanci – istok. Glavni zadatak bušotine je potvrditi, ispitati i osigurati proizvodnju nafte iz ležišta E. Bušotina je ispunila svoj zadatak potvrdivši projektom predviđene naslage, no nisu potvrđene ekonomski pridobive količine nafte te je bušotina likvidirana.

3.32.1. Konstrukcija bušotine Ku-13

Duljina kanala bušotina Ku-13 iznosi 2300 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 155,35 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1046 m i zacementirana do ušća.

Cementni čep nalazi se na dubini 1100 – 900 m.

3.32.2. DST ispitivanja bušotine Ku-13

DST testiranjem ispitan je interval 2183,18 – 2201 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Prkos formaciji. Za vrijeme otvorenog testera dobiveno je 1,1 m³ slojne vode pomiješane sa isplakom. Kemijskom analizom utvrđen je salinitet od 0,824 gNaCl/l te je prema klasifikaciji Sulin-a svrstana u hidrokarbonatno – natrijski tip vode. Temperatura izmjerena na dubini od 2199 m iznosi 104 °C što daje gradijent od 4,25 °C/100 m, slojni tlak, izmjeren manometrom na dubini od 2175,88 m, iznosi 109 bara (gp = 0,5 bara/10 m). Iz ovih podataka zaključeno je kako su ispitani konglomeratični pješčenjaci slabe propusnosti.

3.33. Bušotina Krunoslavje-1

Koordinate bušotine Krunoslavje-1 su:

Y = 6 509 079,74

X = 5 060 766,86

H = 96,28 m

Bušotina Krunoslavje-1 prva je istražna bušotina izgrađena na lokalitetu Krunoslavje te je locirana na južnom dijelu antiklinale. Glavni zadatak bušotine je probušiti i ispitati cijeli profil tercijarnih naslaga te utvrditi moguće zasićenje ugljikovodicima na lokalitetu Krunoslavje.

Tijekom izrade bušotine provedena su fizikalna ispitivanja jezgara s ciljem određivanja propusnost i poroznosti slojeva koji pripadaju Osječkim pješčenjacima. Propusnost se kreće između 0 mD i 5,7 mD, a poroznost između 11,8 % i 17,7%. Također tijekom bušenja kroz ove intervale registrirana je pojava plina u iznosu od 0,7% relativne koncentracije, te su zamijećeno veliko zasićenje ugljikovodicima.

3.33.1. Konstrukcija bušotine Kru-1

Duljina kanala bušotina Kru-2 iznosi 2445 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 204,3 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena od 205,5 do 1928 m i zacimentirana do ušća.

Proizvodna kolona (5 1/2") ugrađena do 2309 m i zacimentirana do 1700 m.

Cementni čepovi nalaze se na dubinama 2275 – 2265 m, 2240 – 2250 m, 1965 – 1945 m.

U bušotini se nalazi 7 otvorenih intervala, a zbog zarušavanja kanala bušotine od 2340 m do dna nisu mogući daljnji radovi.

3.33.2. DST ispitivanja bušotine Kru-1

Prvim testiranjem bušotine ispitan je interval 1943,1 – 1953,2 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Vinkovačkoj i Vukovarskoj formaciji. Testiranje nije tehnički uspješno jer je došlo do popuštanja pakera.

Drugim testiranjem ispitan je interval 1930 – 1953,2 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada vinkovačkoj i vukovarskoj formaciji. Testiranjem je dobiveno 0,5 m³ isplake sa jako slabim tragovima emulzije nafta – isplaka.

3.34. Bušotina Krunoslavje-2

Koordinate bušotine Krunoslavje-2 su:

Y = 6 511 752,41

X = 5 061 743,15

H = 93,09 m

Glavni zadatak bušotine Kru-2 bio je probušiti i ispitati ležište nafte donjeg i srednjeg miocena te probušiti i ispitati potencijalna ležišta donjeg pontaa, krovinskog dijela donjeg i srednjeg miocena te raspucale krovine temeljenog gorja.

3.34.1. Konstrukcija bušotine Kru-2

Duljina kanala bušotina Kru-2 iznosi 2273 m.

Zacjvljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 271,33 m i zacimentirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1588 m i zacimentirana do ušća.

Cementni čepovi na dubinama 2100 – 2000 m, 1650 – 1500 m i 150 – 50 m.

3.34.2. DST ispitivanja bušotine Kru-2

DST ispitivanje obavljeno je u intervali 2132,1 – 2160 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada vukovarskoj formaciji. Testiranje je obavljeno uz 250 m vodenog jastuka i 65,1 bara dušika sa površine, tijekom testiranja dobiveno je cca 0,2 m³ isplake. Tlak izmjeren na dubini od 2159 m iznosi 206 bara te daje gradijent od 0,95 bar/10 m, a temperatura od 122,7 °C, izmjerena na dubini od 2159 m, daje gradijent od 5,20 °C/ 100 m.

3.35. Bušotina Rasovac-1

Koordinate bušotine Rasovac-1 su:

$$Y = 6\ 503\ 834,57$$

$$X = 5\ 059\ 303,39$$

$$H = 96,63\ \text{m}$$

Bušotina Rasovac-1 smještena je cca 1750 m od bušotine Ladislavci-3, te joj je glavni zadatak bio detaljno ispitati litološku građu, kolektorska svojstva i mogućnost akumulacije ugljikovodika u podini Mosti člana. Također kao sekundarni zadatak bio je ispitati moguća zasićenja ugljikovodicima u B seriji unutar Kloštar Ivanić formacije i krovini Mosti člana. Bušotina je ispunila glavni zadatak no nisu dokazana prisustva ugljikovodika u B seriji.

3.35.1. Konstrukcija bušotine Rs-1

Duljina kanala bušotina La-6 iznosi 2969 m.

Zacjevljenje:

Uvodna kolona (13 3/8") ugrađena do 152,57 m i zacementirana do ušća.

Tehnička kolona (9 5/8") ugrađena do 1224 m i zacementirana do ušća.

Cementni čepovi nalaze se na dubinama 1150 – 1025 m i 150 – 97 m.

3.35.2. DST ispitivanja bušotine Rs-1

Prvim DST testiranjem ispitan je interval 2580 – 2559,9 m koji prema litostratigrafskoj podjela pripada Moslavačka Gora formaciji. Testiranje je izvedeno s 197,85 m vodenog jastuka te je dobiveno 2,3 m³ isplake. Na manometru koji je bio ugrađen na dubini od 2552,45 m očitana je tlak od 218 bara koji se može smatrati slojnim tlakom pošto je donji manometar dao sličan rezultat. Temperatura na dubini 2577,8 m iznosi 130 °C što uz srednju godišnju temperaturu od 10,5 °C daje gradijent od 4,64 °C/100 m.

Drugim DST testiranjem ispitan je interval 2796,96 m – 2834 m koji prema litostratigrafskoj podjeli pripada Moslavačka Gora formaciji. Testiranje je izvedeno s 500 m

vodenog jastuka te je testiranjem dobiveno 16,3 m³ slabo zaplunjene slojne vode vrlo niskog saliniteta (0,59 gNaCl/l, pH vrijednost od 7,13). Statički tlak izmjeren na dubini od 2789,9 m iznosi 244,6 bar što daje prosječni gradijent tlaka 0,88 bara/10 m, što je znatno ispod hidrostatičkog tlaka. Temperatura izmjerena na dubini od 2831 m iznosi 148,8 °C, dok je gradijent 4,89 °C/100 m.

4. ODREĐIVANJE GEOTERMALNOG POTENCIJALA IZ VODONOSNIKA NAFTNO – PLINSKOG POLJA

U trećem poglavlju obavljen je detaljan pregled bušotina na području Kućanci – Kapelan, s posebnim naglaskom na njihov smještaj, ispitivanje otvorenog dijela kanala bušotine te analizu konstrukcija. Analizom dostupne bušotinske dokumentacije utvrđeno je postojanje podinskog vodonosnika na zapadnom dijelu polja, unutar strukture Ladislavci (Slika 2-2), kao i na istočnom dijelu polja, odnosno unutar strukture Kućanci (Slika 2-3).

Na području strukture Ladislavci, za ležište F_{1a} i F_{1b} , određeni su kontakti između nafte i vode na dubinama od 2115 m i 2130 m, dok je za ležište E_L kontakt zabilježen na dubini od 2110 m. Unatoč postojanju manjeg vodonosnika na ovom dijelu, odlučeno je kako isti nije perspektivan za daljnji razvoj zbog svojih ograničenih dimenzija, pri čemu je debljina vodonosnika otprilike 50 m. Vodonosnik na sjevernom dijelu strukture Kućanci također je ograničenih dimenzija (oko 30 m) i obilježen razlomljenim blokovima uzrokovanim rasjedima, čime postaje neperspektivan za potrebe revitalizacije.

Serije A na ovom području je također zasićena vodom. S obzirom na to, provedeno je detaljno ispitivanje na polju Beničanci kako bi se procijenio geotermalni potencijal ove serije. Rezultati ispitivanja ukazuju na izrazito nepovoljne karakteristike serije A, pri čemu je zabilježena niska proizvodnost od 0,88 m³ vode/ sat, odnosno 21,1 m³ vode/ dan. Ova niska proizvodnost jasno ukazuje na ograničen geotermalni kapacitet serije A te ista nije uzeta u razmatranje za revitalizaciju.

Iako područje ne obiluje visokokvalitetnim vodonosnicima, primijećeno je značajno zasićenje „plićih“ slojeva serije B vodom i to gotovo na većini bušotina. Ovi slojevi imaju prosječenu temperaturu oko 100 °C, što čini ove slojeve perspektivnima u kontekstu revitalizacije bušotina. Potencijalna uporaba ovih slojeva obuhvaća širok spektar mogućnosti, uključujući primjenu u poljoprivredi, kao izvor topline za grijanje staklenika ili eventualnu implementaciju manje geotermalne elektrane. Za razmatranje geotermalnog potencijala uzeti su intervali B_8 , B_9 i B_{10} koji se nalaze ispod plinskog ležišta i iznad naftnog ležišta.

Bušotine koje su probušile B seriju u vodenom zasićenju su: Ku-10, Ku-10 α , Ku-10 β , Ku-8, Ku-8 α , Ku-7, Ku-6, Ku-6 α , Ku-6 β , Ku-5, La-21, La-18 β , La-18 α , La-18, La-17, La-16, La-15, La-14, La-13, La-12, La-11, La-10, La-9. Bušotine koje su pogodne za revitalizaciju su one bušotine koje ima status mjernih, proizvodnih i utisnih, a bušotine koje na ovom polju imaju jedan od tih statusa su prikazane u Tablici 4-1, dok je njihov geografski položaj

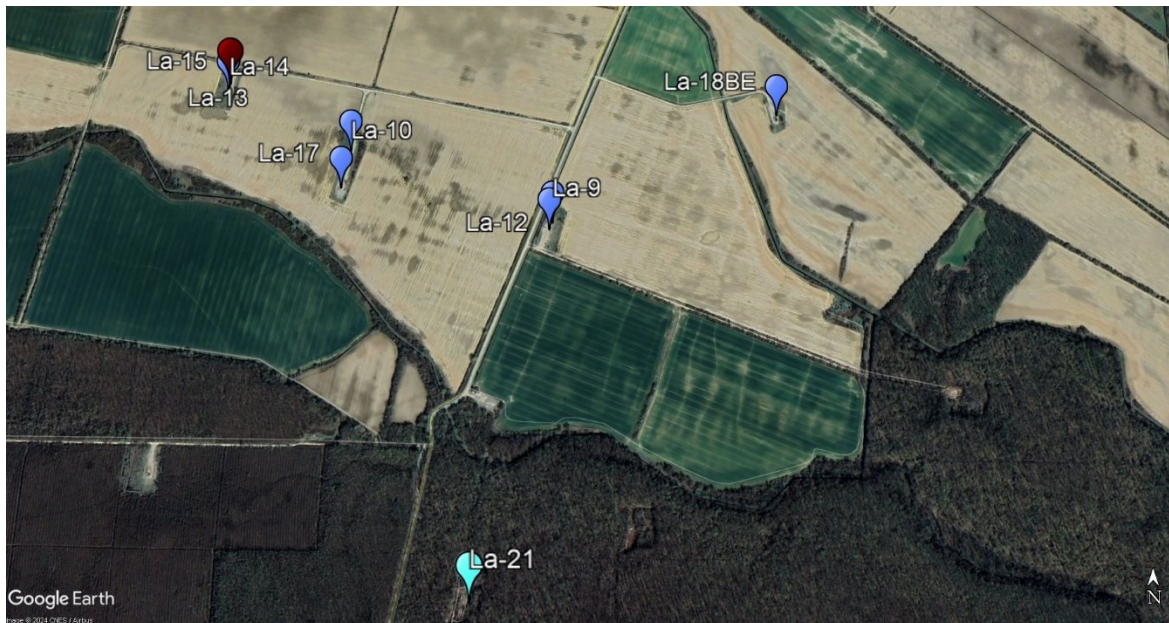
prikazan na Slici 4-1. U Tablici 4-1 pružen je pregled dubina bušotina, dubina serije B na pojedinoj bušotini, te litološki sastav stijena B serije.

Tablica 4-1 Pregled bušotina koje su probušile seriju B u vodenom zasićenju

Bušotina	Duljina kanala bušotine (m)	Dubina B serije (m)	Litologija
La-21	2390	1640 – 2160	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-18β	2430	1900 – 2127	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-17	2420	1900 – 2150	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak Temperatura od 88,2 °C izmjerena na dubini od 2136 m
La-15	2449	1812,24 – 2080,71	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-14	2500	1816,25 – 2067,48	Srednje tvrdi lapor i slabo vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-13	2297	1170 – 1700	Srednje tvrdi lapor i slabo do srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-12	2412	1776,04 – 2038,23	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak
La-10	2410	1787 – 2032	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak Temperatura od 123 °C izmjerena na dubini od 1900 m
La-9	2327	1773 – 2082	Srednje tvrdi lapor i srednje vezani sitnozrni kvarc-tinjčasti pješčenjak

Bušotina koje je odabrana za revitalizaciju kao proizvodna bušotina je Ladislavci-21 (na mapi označena tirkiznom bojom) dok je za mjernu bušotinu odabrana Ladislavci-15 (označena crvenom bojom), koja je udaljena 1,5 kilometar od proizvodne, što bi prema

matematičkim korelacijama i proračunima dosta kako ne bi došlo do interferencije između istih (Kurevija i Macenić, 2022).



Slika 4-1 Karta bušotine koje su pogodne za revitalizaciju na naftno – plinskom polju Kućanci – Kapelna (Google Earth, vlastita grafika, 2024)

4.1. Mogućnost iskorištavanja geotermalnog potencijala nakon eksploatacije na polju Kućanci - Kapelna

Proračun je obavljen u namjenskom programskom paketu WellPerform, a koji služi za analizu gradijenata tlaka u bušotini u funkciji protoka, tipa fluida, udjela otopljenog plina, ležišnih karakteristika i tehničkih parametara bušotine. U programu su detaljno unošene vrijednosti prikupljene analizom bušotinskog fonda, od konstrukcije bušotine, do planiranih remontnih radova i petrofizikalnih podataka. Na osnovi DST ispitivanja određen je gradijent tlaka u rasponu od 0,85-1,02 bar/10 m, odnosno kako se iz ovih slojeva ne očekuje eruptivna proizvodnja može se pretpostaviti kako je tlak unutar slojeva Osječkih pješčenjaka statički. Mjerenja temperature pokazuju kako se prosječni gradijent kreće u vrijednost od 4,83 °C/100 m, s prosječnom temperaturom u slojevima B serije oko 115 °C. Nažalost slojevi B serije nisu predstavljali dovoljno veliko interesno područje tijekom provođenja DST ispitivanja, stoga nisu rađena mjerenja poroznosti i propusnosti. Kako nisu određene točne vrijednosti propusnosti Osječkih pješčenjaka, pretpostavlja se kako su propusnosti u rasponu od 10 do 30 mD. Dok je poroznost je odabrana prema fizikalnim ispitivanjima jezgre te iznosi 13.5 %. Kao što je prikazano u drugom poglavlju, većina bušotina ima ugrađenu 9 5/8“ tehničku

kolonu koja je zacementirana do ušća te proizvodnu kolonu 5 ½“ koja je ugrađena od ušća, a zacementirana je do dubine od 1900 – 1200 m.

Kao početni parametar izračunata je ležišna IPR krivulja (Transient Flow Eq) temeljem pretpostavke u potpunosti razvijenog tranzijentnog tipa protjecanje nakon 100 dana. IPR krivulja omogućava proračun dinamičkih tlakova pri određenim protocima, kod dugoročne proizvodnje, što je jako važno kod geotermalnih bušotina. Za vertikalnu korekciju dvofaznog protoka korištena je korelacija MONA modified, koja proračunava padove tlaka u uzlaznim cijevima. Kako se u program kao početni fluid ne može staviti voda, kao ulazni fluid odabrana je nafta koja ima udio vode od 99,99 %, te kako na ovim bušotinama ima plina odabrana je vrijednost plina od 3 m³/m³ koji se sastoji se pretežno sastoji od metana. Za početni ležišni tlak izračunate su srednje vrijednosti tlakova za svaki sloj B serije, pa tako tlak za sloj B₈ iznosi 192,5 bara, za sloja B₉ iznosi 196,5 bara a za sloja B₁₀ iznosi 205 bara, ovi tlakovi daju srednju vrijednosti od od 198 bara, ova vrijednost je uzeta kao ulazni parametar. Kao ulazna temperatura odabrana je vrijednost od 119 °C, što je srednja vrijednost temperatura ovih slojeva. Kako nisu određene točne vrijednosti propusnosti Osječkih pješčenjaka, odabrane su vrijednosti od 10, 20 i 30 mD što se smatra prosječnom vrijednošću propusnosti ovih pješčenjaka. Efektivna poroznost je sukladno analizi epiloga listera podešena na 13,5 %, a skin pribušotinske zone iznosi 0 obzirom da se pretpostavlja obrada i stimulacija slojeva prilikom remonta. Pretpostavljen je radijus ležišta od 2000 m, uz ukupnu kompresibilnost sustava od 7,25 x 10⁻⁴ bar. Tlak ušća iznosi 3 bar (podešen tlak da se premoste otpori i pad tlaka u površinskim vodovima do energane) te se izračunava mogućnost eruptivne proizvodnje. Pad temperature pri protjecanju fluida od dna do ušća izračunat je unificiranim modelom Alvesa et al. (1992). Debljina ležišta odnosno slojeva iz kojih se očekuje proizvodnja vode su slojevima B₈, B₉ i B₁₀ čija ukupna debljina iznosi 100 m. Ovi slojevi su prožeti proslojcima lapora čija debljina je različita na svim bušotinama. Srednji promjer bušotine proračunat je prema protočnim površinama unutar bušotine, pa tako fluid od površine (0 m) do 550 m prolazi kroz 9 5/8“ tehničku kolonu koja ima unutrašnji promjer od 224,4 mm, nakon toga fluid ulazi u 5 ½“ proizvodnu kolonu unutarnjeg promjera 124,3 mm te prolazi njom do dubine od 2100 m, što je dubina podine sloja B₁₀. Proračunom je dobiveno kako je srednju radijus bušotine 158,04 mm. Za radijus ležišta odabrana je vrijednost od 2 km što predstavlja dovoljno veliku udaljenost između utisne i proizvodne bušotine kako ne bi došlo do interferencije između istih. Ulazni parametri za ležište prikazani su na Slici 4-2. Nakon unosa podataka za ležište potrebno je unijeti podatke za konstrukciju

bušotine (Slika 4-3). U bušotinu se nalazi tehnička kolona vanjskog promjera 244,48 mm te unutarnjeg promjera od 224,41 mm, koja je ugrađena od ušća do dubine od 1177,7 m. Također bušotina ima proizvodnu kolonu vanjskog promjera od 139,7 mm i unutrašnjeg promjera od 124,26 mm, koja je ugrađena od 550 m (početak cementa unutar prethodno ugrađene kolone) do 2100 m. Također ugrađen je tubing unutarnjeg promjera 193,68 mm i vanjskog promjera 178,44 m na dubini od 200 m koji služi za spuštanja potopne pumpe (ESP) na određenu dubinu ispod dinamičke razine fluida u bušotini. Pretpostavljeno je kako će se intervali raspucati sa otvorenim perforacijama čije vrijednosti su prikazane na Slici 4-4.

Reservoir Data

Name:

IPR Type:

Correct for Vogel below bubble point.

Reservoir Pressure	<input type="text" value="198.000"/>	<input type="text" value="bar"/>
Reservoir Temp	<input type="text" value="119.0"/>	<input type="text" value="°C"/>
Avg Resv Perm	<input type="text" value="10.0000"/>	<input type="text" value="md"/>
Porosity	<input type="text" value="13.5000"/>	<input style="width: 20px;" type="text" value="%"/>
Reservoir Thickness	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="m"/>
Reservoir Skin	<input type="text" value="0.000"/>	
Wellbore Radius	<input type="text" value="158.04"/>	<input type="text" value="mm"/>
Reservoir Radius	<input type="text" value="2000.0"/>	<input type="text" value="m"/>
Total Compress	<input type="text" value="7.2519E-006"/>	<input type="text" value="1/kPa"/>
Producing Time	<input type="text" value="100.0000"/>	<input type="text" value="days"/>

Horizontal Well Geometry

Min: Max:

Slika 4-2 Ulazni ležišni podatci za proračun u Well Perform programu

Wellbore Data

Wellbore Correlation: **MONA modified (1986)** Coefficients: 1.200 1.430

Name: Wellbore

Use Secondary Correlation below a depth of 0.0 m

MD m	Type	OD mm	ID mm
1177.0	Casing	244.48	224.41
2100.0	Casing	139.70	124.26
200.0	Tubing	193.68	178.44

Top of Perfs (MD): 1910.0 m

Wellhead Pressure: 3.000 bar

Flow Type at Surface: Tubular Annular

Crossover at 0.0 m

Internal diameter of casing: Min: 20.32 Max: 485.75

Slika 4-3 Prikaz unesenih podataka za konstrukciju bušotine

Completion Data: Reservoir

Completion Type: **Open Perforations**

Perforation Interval: 100.0 m

Perforation Density: 20.0 SPM

Perforation Diameter: 25.00 mm

Perforation Length: 1000.00 mm

Avg Reservoir Perm: 10.0000 md

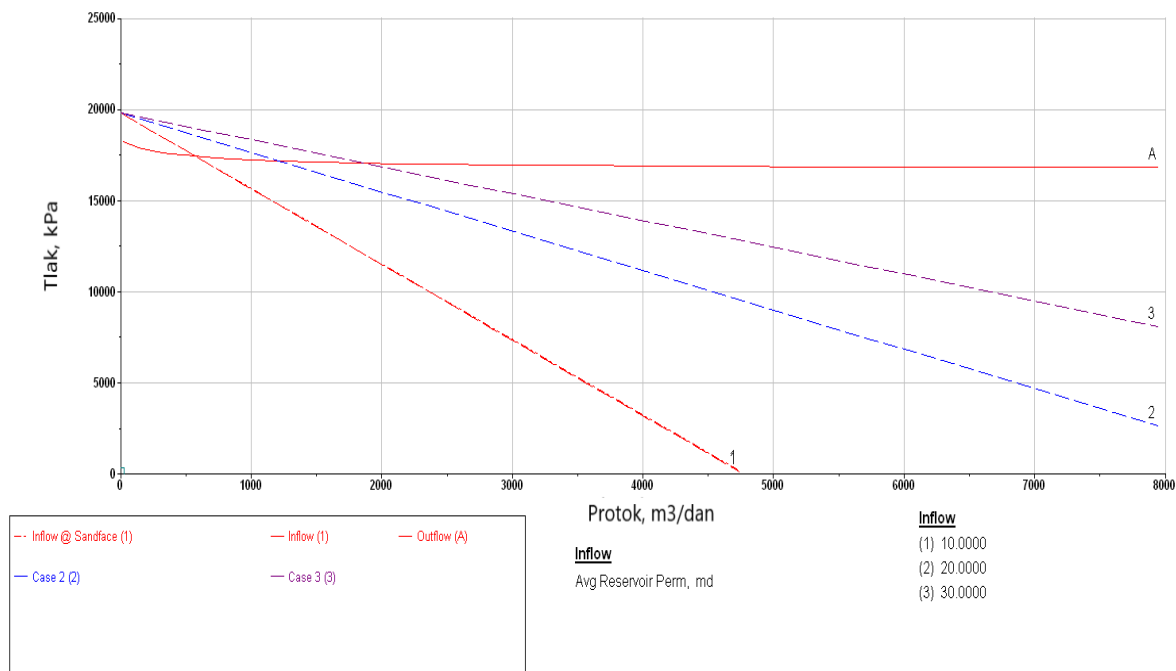
Perm Ratio - K_c/K_f : 1.000

Calculate Perf Length...

Slika 4-4 Prikaz parametara za propucavanje intervala B₈, B₉ i B₁₀

Analiza osjetljivosti dinamičkih tlakova na dnu obavljena je za efektivne propusnosti od 10, 20 i 30 mD po cijeloj debljini intervala od 100 m te naknadno analiza osjetljivosti uz konstantnu vrijednost propusnosti od 20 mD, ali uz promjenu parametra debljine sloja, koje

iznose 100, 75 i 50 m. Slika 4-5 i Slika 4-6 prikazuju rezultate analize dinamičkog tlaka na dnu bušotine i dobiveni mogući protok uz definiran dinamički tlak na dnu bušotine.



Slika 4-5 Rezultati proračuna proizvodnje programa WellPerform za tri scenarija promjene propusnosti B serije Osječkih pješčenjaka propusnosti 10 mD (Inflow 1 – Case -1), 20 mD (Case-2) i 30 mD (Case-3)

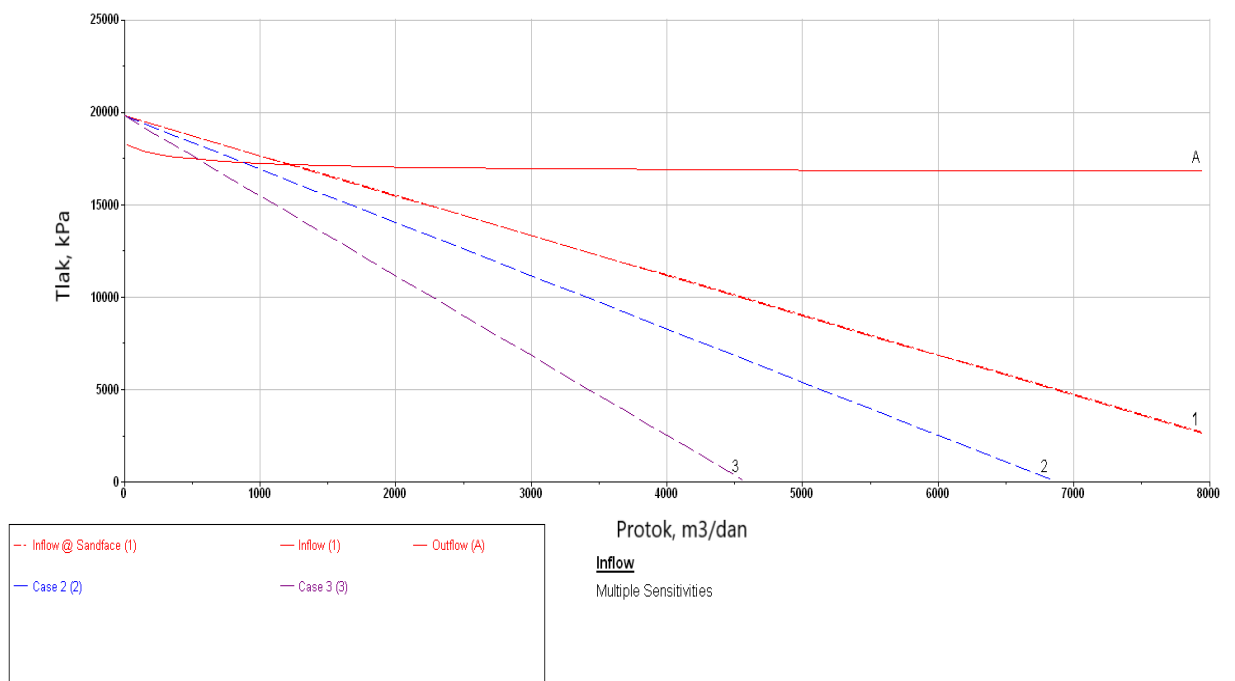
Na Slici 4-5 vidljivo je kako je moguća uspostava protoka od 569,9 m³/dan za postavljen ležišni i proizvodni model, odnosno vrijednost protoka iz sjecišta krivulja karakteristika produktivnosti ležišta (inflow) i produktivnosti kroz ugrađenu opremu (outflow) obzirom na depresije tlaka za navedenu proizvodnju, a time i posljedično dinamičke razine geotermalne vode pri usisu potopne pumpe ukoliko se koristi.

Rezultati analize osjetljivosti su sljedeći:

- Scenarij 1
 - Debljina sloja 100 m i propusnost od 10 mD:
 - Protok: 569,9 m³/dan (6,6 l/s)
 - Ustaljeni dinamički tlak: 174,29 bar
 - Temperatura ušća: 114,3 °C
- Scenarij 2
 - Debljina sloja od 100 m i propusnost od 20 mD
 - Protok: 1222,7 m³/dan (14,15 l/s)
 - Ustaljeni dinamički tlak: 171,55 bar

- Temperatura ušća: 117 °C
- Scenarij 3
 - Debljina sloja od 100 m i propusnost od 30 mD
 - Protok: 1866,1 m³/dan (21,6 l/s)
 - Ustaljeni dinamički tlak: 170,48 bar
 - Temperatura ušća: 118 °C

Obzirom na iznimno veliku investiciju u iskorištavanje geotermalne toplinske energije i proizvodnju toplinske energije iz geotermalnog fluida, nužno je uvijek ukalkulirati i geološki rizik i heterogenost cijelog člana Iva pješčenjaka. Kako bi se pokazala funkcionalna zavisnost pridobivih količina i dinamičkog tlaka na dnu bušotine analizirane su i pretpostavka tanjih slojeva koji su propusni i sudjelovali bi u cirkulaciji geotermalnog ležišta. Istovjetna analiza obavljena je uz izmjene efektivne propusne debljine od 75 i 50 m, uz realnu debljinu od 100 m, uz konstantnu propusnosti slojeva od 20 mD i poroznost od 13,5 %. Ovaj scenarij prikazan je na Slici 4-6.



Slika 4-6 Rezultati proračuna proizvodnje programa WellPerform za tri scenarija promjene debljine slojeva B serije Osječkih pješčenjaka uz propusnost od 20 mD i debljinu od 100 m (Inflow 1 – Case -1), 75 m (Case-2) i 50 m (Case-3)

Rezultati dobiveni analizom osjetljivosti su sljedeći:

- Scenarij 1
 - Debljina sloja od 100 m i propusnost od 20 mD

- Protok: 1222,7 m³/dan (14,15 l/s)
- Ustaljeni dinamički tlak: 171,55 bar
- Scenarij 2
 - Debljina sloja od 75 m i propusnost od 20 mD
 - Protok: 878,5 m³/dan (10,17 l/s)
 - Ustaljeni dinamički tlak: 172,69 bar
 - Temperatura ušća: 115 °C
- Scenarij 3
 - Debljina sloja od 50 m i propusnost od 20 mD
 - Protok: 545,1 m³/dan (6,3 l/s)
 - Ustaljeni dinamički tlak: 174,46 bar
 - Temperatura ušća: 115 °C

Iz proračunatih scenarija i analize osjetljivosti može se zaključiti kako i najlošiji scenarij, (debljina sloja od 50 m i propusnost od 20 mD, debljina sloja od 100 m i propusnost od 10 mD) imaju solidnu proizvodnju s obzirom na ležišne karakteristike slojeva. Što pokazuje kako bi se ovi slojevi mogli iskoristiti za poljoprivredne djelatnosti (grijanje staklenika). Također najbolji scenariji se mogu smatrati preoptimističnim scenarijima uz trenutno poznavanje ležišnih karakteristika. S toga se može potvrditi prisustvo geotermalne vode u slojevima B₈, B₉ i B₁₀ serije no za daljnju razradu revitalizacije bušotine potrebni su dodatni i točniji podatci.

5. ZAKLJUČAK

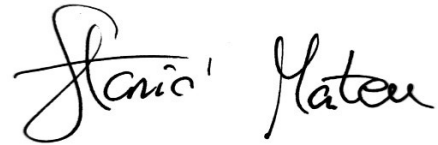
Analizom dostupne dokumentacije izgrađenih bušotina na naftno – plinskom polju Kućanci – Kapelna utvrđeno je postojanje geotermalnog potencijala. Slojevi B serije Osječkih pješčenjaka zasićeni su vodom, koja se potencijalno može iskoristiti u geotermalne svrhe. Na osnovu dostupne dokumentacije može se potvrditi prisustvo geotermalne vode, te se na osnovi prikupljenih podataka mogao provesti proračun proizvodnje za bušotinu Ladislavci-21. Proračunom su pretpostavljene vrijednosti prepunosti od 10, 20 i 30 mD te debljine slojeva od 100, 75 i 50 m pošto nema točnih saznanja o ovim parametrima. U analizi osjetljivosti pretpostavljena je efektivna vrijednost propusnosti od 20 mD te je rađena analiza osjetljivosti na dubine propusnih intervala. Navedena propusnost je srednja vrijednost procjene za cijeli interval, pa se mogu očekivati i dijelovi sloja koji su više ili manje propusni. Osim propusnost nepoznanica je i debljina sloja zbog toga što slojevi B serije imaju proslojke lapore za koje nisu točno utvrđene debljine stoga su vrijednosti pretpostavljene. Što dovodi do zaključka kako debljine slojeva iz kojih se očekuje proizvodnja mogu biti deblji ili tanji od tih vrijednosti. Rezultati koji su dobiveni pokazuju kako bi se iz ovih slojeva mogla ostvariti dobra proizvodnja geotermalne vode, koja bi se mogla iskoristiti u poljoprivredne svrhe ili za manju geotermalnu elektranu. No za detaljniju analizu revitalizacije potrebno je pregledati i podatke iz Elaborata o rezervama, kako bi se dobio bolji uvid o ležišnim karakteristikama ne samo slojeva B nego i okolnih slojeva koji utječu na njih. Rezultati analize bez dodatnih informacije su relevantni samo za slojeve koji su zasićeni vodom i koji imaju zadane parametre, dok za ostale slojeve postoji velik rizik zbog nedostatka podataka. Stoga, potrebni su daljnji i temeljitiji testovi (test interferencije, puls test, test proizvodnje i test porasta tlaka) kako bi se mogle odrediti proizvodne karakteristike ležišta i propusnost, granice (debljina naslaga koje sudjeluju u proizvodnji i prostiranje ležišta) i postojanje komunikacije između novih proizvodnih i utisnih bušotine.

6. LITERATURA

1. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE (AZU) (1959 – 2013). Bušotinski fond naftno – plinskog polja Kućanci – Kapelan. Interna dokumentacija.
2. AGENCIJA ZA UGLJIKOVODIKE (AZU). URL: <https://www.azu.hr/> (15.01.2024.)
3. ALVES I. N., ALHANATI F. J. S., SHOHAM O. 1992. *A Unified Model for Predicting Flowing Temperature Distribution in Wellbores and Pipelines*. OnePetro, 7(04), str. 363-367
4. ASHEIM, H. 1986. *MONA, An Accurate Two-Phase Well Flow Model Based on Phase Slippage*. OnePetro, 1(03), str. 221–230
5. GOOGLE EARTH. URL: <https://earth.google.com/> (21.01.2024.)
6. KUREVIJA T, MACENIĆ M. 2022. *Iskorištavanje geotermijskih ležišta*. Radna skripta. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
7. MACENIĆ, M., KUREVIJA, T. I HERBST, T. 2022. *Eksploatacija geotermalne energije revitalizacijom privremeno napuštenih bušotina*. Nafta i Plin, 41(170. - 171.), str. 89-96

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.

A handwritten signature in black ink, reading "Stanić Matea". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the text.

Matea Stanić



KLASA: 602-01/24-01/14
URBROJ: 251-70-12-24-2
U Zagrebu, 14.02.2024.

Matea Stanić, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/14, URBROJ: 251-70-12-24-1 od 26.01.2024. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

PROCJENA GEOTERMALNOG POTENCIJALA NAKON ZAVRŠETKA EKSPLOATACIJE UGLJIKOVODIKA NA NAFTNO-PLINSKOM POLJU KUĆANCI – KAPELNA

Za mentora ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada prof. dr. sc. Tomislav Kurevija nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentoricu dr. sc. Marija Macenić.

Mentor:

(potpis)

prof. dr. sc. Tomislav Kurevija

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

izv. prof. dr. sc. Karolina
Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

(potpis)

dr. sc. Marija Macenić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)