

PRILOG GEOLOŠKOM POZNAVANJU STRUKTURE KRIŽ

1. UVOD

Struktura Križ je danas najjače naftonosno proizvodno područje u FNRJ. Od druge polovine 1948 god., kad je izbušena prva duboka istražna bušotina Kr-1, na strukturi Križ izbušeno je do 1. VIII. 1953 god 118 bušotina sa 79.740 metara i proizvedeno 188.348 tona nafte.

Struktura zaprema krajnje zapadne obronke Moslavačke gore, koji su morfološki izraženi blagim brežuljcima maksimalne nadmorske visine 190 m., a za 70—80 m viši od savske nizine. Mnogobrojne doline, koje odjeluju pojedine brežuljke većim su dijelom posljedice erozije periodičnih potoka i potočića. Cijelo područje je pod raznim kulturama, a djelomično i pošumljeno. Od užeg masiva Moslavačke gore ovi brežuljci su odjeljeni dolinom rječice Česme, koja je tektonskog porijekla, a djelovanjem erozije izgrađena u prostranu aluvijalnu dolinu.

Veći dio terena pokriven je debelim pokrivačem diluvijalnih žutih i crvenih ilovača. Dolina Česme pokrivena je aluvijalnim nanosima pijeska i šljunka. Jedino na krajnjem, sjevernom, morfološki najvišem dijelu strukture, u području Vučjih Jama nalaze se na površini bijeli i žućkasti pijesci bez fosilnih ostataka, koje je KOCH u svojoj geološkoj karti Moslavačke Gore, uvrstio u paludinske naslage. Na jednom mjestu u duboko urezanom koritu malog potočića, ispod kote Kruščik, u području Vučjih Jama, izbijaju na površinu romboidea naslage, razvijene kao sivosmede laporovite i pješkovite gline i kao crne ugljevite gline, sa brojnim ostacima *Congeria rhomboidea* i *limnocardida*.

Prirodni izdanci plina i nafte nisu dosad poznati na ovoj strukturi. Od davnine su međutim, poznate pojave metana u bunarima u Ivanić Kloštru i Prečecu. To je vjerovatno i bio razlog, da je već 1904.—1905. jedno društvo počelo sa bušenjem duboke istražne bušotine na području Kloštra. Ova se bušotina nalazila oko 200 m jugozapadno od današnje ciglane u Ivanić Kloštru.

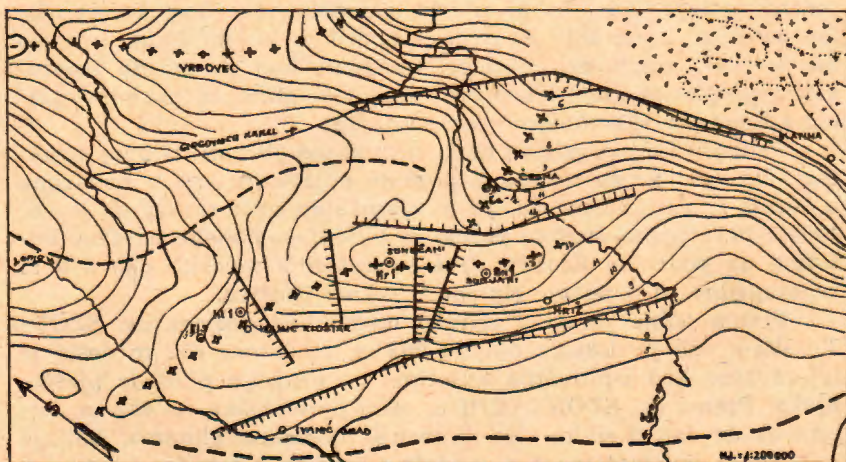
Prema jednoj kratkoj bilješci mađarskog geologa dr. SZONTAGHI-a ona je dosegla dubinu 905 m. Iz dubine 652 m došlo je (vjerovatno kod ispitivanja bušotine) do erupcije plina iz pješčenjaka. Prema dr. SZONTAGHI-u, osim pješčenjaka na 652 m, bušeno je do dna u sivim više ili manje pješčanim glinama. Daljnje je bušenje obustavljeno radi nestašice kredita, a također i zato, jer je spomenuti mađarski stručnjak smatrao da nema izgleda za pozitivan rezultat bušotine.

Radi potpunosti, navodim. da su osim ove bušotine, na širem području strukture Križ, izbušene još tri i to: u Posavskim Bregima 1922.—1923. g. 582 m duboko, i u Prečecu (na vodu) 1912. i 1927. g. 202 m odnosno 284 m.

2. GEOFIZIČKI RADOVI I PLITKA STRUKTURNA BUŠENJA

U godinama 1940.—1942. izvršen je regionalni gravimetrijski premjer sjeverozapadnog područja Hrvatske bez Hrvatskog Zagorja. Ovim premjerom što ga je izvelo poduzeće Seismos — Hannover, utvrđena je gravimetrijska struktura Križ. Ona ima duguljast oblik sa pružanjem osi dinarskog smjera NW—SO i predočuje u stvari, kako je to kasnije dubokim bušenjem utvrđeno, konture starog kristalinskog horizonta, koji svojom građom pripada masivu Moslavačke gore. U širem smislu gravimetrijska struktura Križ zaprema područje od Prečeca na sjeverozapadu do Vidrenjaka na jugoistoku u dužini od cca 25 km. Širina strukture je prosječno 4 km, tako da je njena jugozapadna granica autoput Beograd—Zagreb, a sjeveroistočna rječica Česma i Glogovnički kanal. Ovako shvaćena struktura zaprema 60 km² ili 6.000 ha.

Odnos strukture Križ prema susjednim gravimetrijskim oblicima vidi se iz sl. 1. Jugozapadno krilo tone u savsku sinklinalu, a sjeverni dio sjeveroistočnog krila u Lonjsku i Glogovničku depresiju. Središnji dio ovog krila je rasjednom dolinom rječice Česme odjeljen od gravimetrijskog »nosa« koji se pruža W—O od Vrtlinske prema Bunjanima. (Ova gravimetrijska anomalija nazvana je »Česma«). Na jugoistoku struktura prelazi u neku vrst geofizičkog, kontinentalnog praga, koji se pruža od Bunjana preko



Sl. 1 — Gravimetrijska slika strukture Križ sa glavnim rasjednim linijama

Popovače i Volodera prema Kutini. Zatvorenu gravimetrijsku strukturu predstavljaju samo izogame + 13 i + 14 mgala, unutar kojih se nalaze proizvodna polja Šumećani i Bunjani. To je područje od oko 800 ha, Detaljna gravimetrijska mjerenja nisu vršena.

Radi pokrivenosti terena debelim naslagama diluvija, nije bilo moguće geološkim kartiranjem utvrditi geološku sliku gravimetrijske strukture, stoga je izbušeno 20 strukturnih bušotina po sistemu Counter-flush. Raspored plitkih bušotina izvršen je sa stanovišta klasične antiklinalne teorije i vidi se iz sl. 2.

Ukratko rezimirani rezultati ovih bušenja su ovi (4):

a) Naslage diluvija, kojih se prosječna debljina kretala od 20 do 30 m, sastavljeni su od ilovače žute i svjetlosmeđe boje. U bazi ovih slojeva dolaze ciglasto crvene ilovače ili prapor. Šljunaka i pijesaka nije bilo u ovim naslagama.

b) Ispod diluvija probušen je donji dio gornjopaludinskih slojeva, koji su razvijeni kao šarene ponešto pješčane gline, sa vrlo rijetkim krhotinama *Unio* sp. i *Viviparus* sp. Pješčani ulošci utvrđeni su samo na bušotinama, koje su bušene na bokovima geofizičke strukture. Starost ovih naslaga odredio je dr. MOOS na temelju litološkog izgleda sedimenata i jednog primjerka *Viviparus ornatus*.

Srednje paludinske naslage nisu mogle biti faunistički utvrđene, dok donje paludinske naslage nisu razvijene ni u jednoj od izbušenih bušotina.

Debljina paludinskih sedimenata postepeno raste od sjeveroistočnog krila strukture prema savskoj potolini. Na bušotinama 17 i 19 na sjeveroistočnom boku ispod diluvija leže romboidea naslage, a na bušotini 10 na jugozapadnom boku debljina paludinskih taložina iznosila je 180 m, a još nisu bile probušene.

c) Romboidea naslage razvijene su u facijesu svjetlosmeđih i sivih pješčanih glinovitih lapora sa kongerijama i limnokardidima. Nijednom bušotinom ove nisu bile probušene.

Pojava plina bilo je na bušotinama 2, 10 i 12. Na bušotini 10 bila je i prava erupcija plina iz paludinskih naslaga.

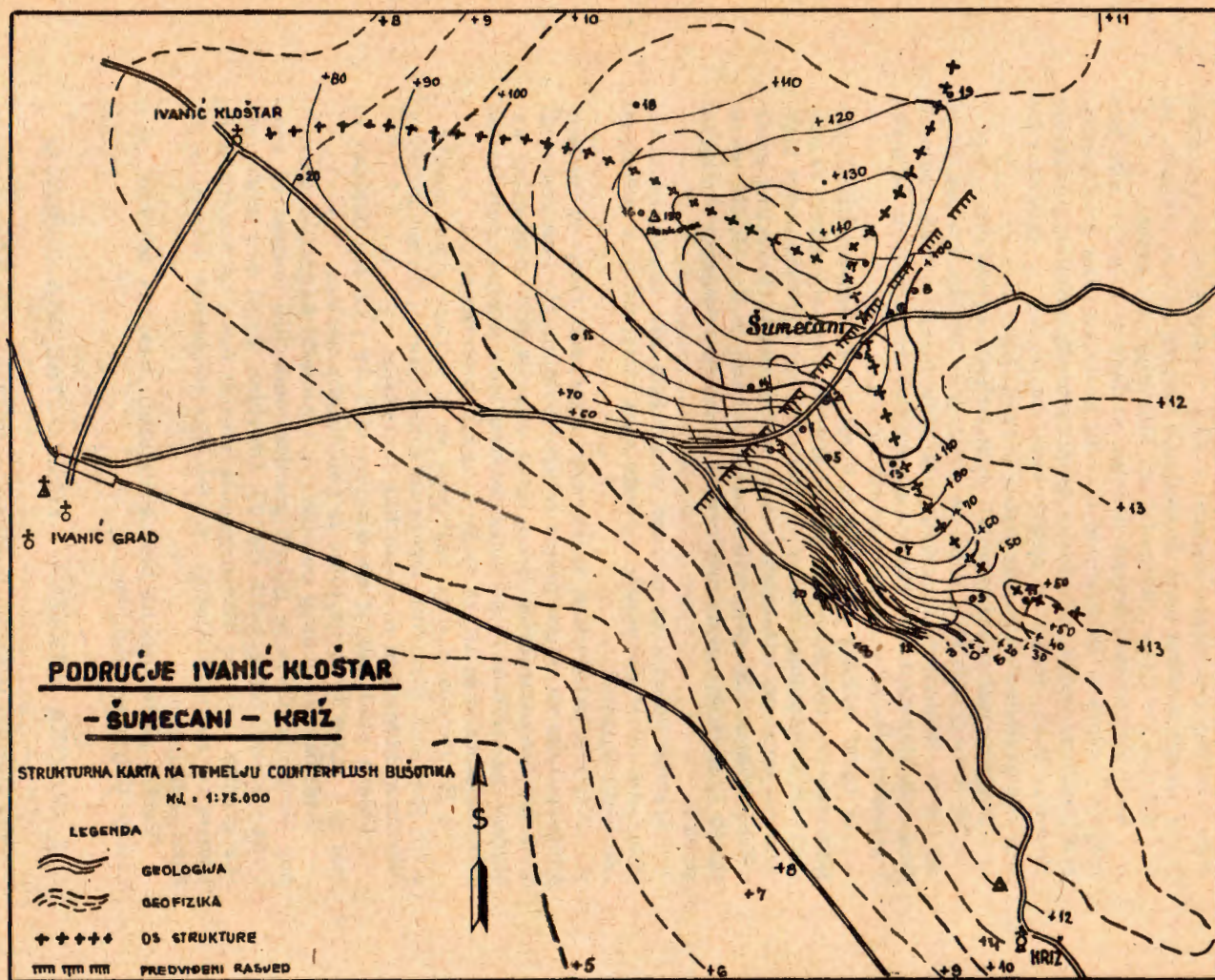
U nedostatku jednog pouzdanijeg i geološki logičnijeg provodnog horizonta, uzeta je gornja granica romboidea naslaga za konstrukciju strukturne karte (Sl. 2.). Očevidno je, da ova stratigrafska granica, koja je bila izvrgnuta eroziji, uzeta za konstrukciju izobata, u stvari predočuje morfologiju romboidea reljefa, a ne sliku antiklinale.

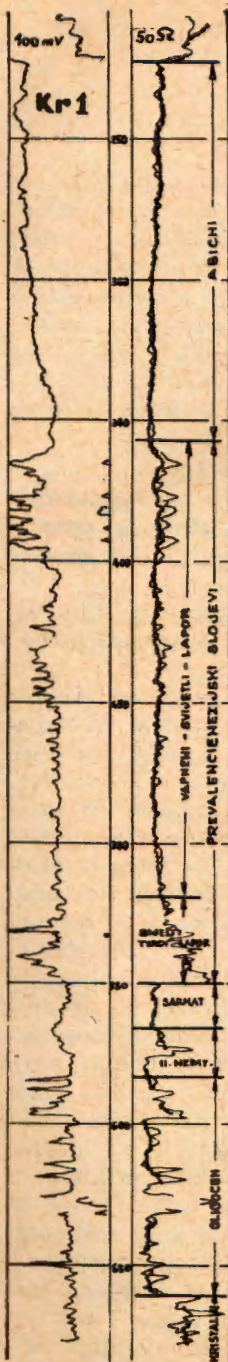
Rasjed postavljen na bazi strukturnih bušotina potvrđen je i kasnije dubokim bušenjem.

3. DUBOKA ISTRAŽNA I EKSPLOATACIONA BUŠENJA

Od dubokih istražnih bušotina jezgrovanе su do 60% od ukupne metraže samo po jedna u Šumećanima, Bunjanima, Ivanić Kloštru i Česmi. Ostale istražne i eksploatacione bušotine jezgrovanе

Sl. 2 — Strukturna karta područja Križ na temelju Counterflush bušotina





Sl. 3. Elektrotožni diagram bušotine Kr. 1 sa stratigrafskim granicama

su znatno manje i to samo u produktivnim slojevima. Njihova geološka, stratigrafska i naftonosna problematika rješavana je komparacijom i analizom elektrokarotažnih dijagrama sa prvim istražnim bušotinama. Stratigrafske granice, facijalni razvoji i naftonosni odnosi jasno se mogu očitati iz svakog tehnički kvalitetnog dijagrama. Na slici 3 dat je elektrokarotažni dijagram prve istražne bušotine Kr-1 na kojem su unešene stratigrafske granice.

Bušotina Če-1 (Česma 1) nije na strukturi Križ, ali na jednoj redakciji gravimetrijske karte Križ, mjerilo 1:25.000 izogana +13mgl (sl. 2.) produžuje se u gravimetrijski nos «Česma», tako da se prema toj karti, struktura Križ na svom jugoistočnom dijelu grana u dva kraka: jugoistočni nazvan Bunjani i istočni nazvan Česma. Dubokim bušenjem i seizmičkim profiliranjem ustanovljeno je međutim, da je gravimetrijski »nos« Česma rasjedom odjeljen od strukture Križ. Radi potpunosti prikaza potrebno je ipak osvrnuti se i na profil Česme.

4. STRATIGRAFSKI ODNOSI

Na strukturi Križ probušeni su slijedeći stratigrafski članovi:

Kvartar	aluvij	{	paludinski sl.
	diluvij		romboidea sl.
Tercijar	pliocen	{	abihi sl.
			prevalencijenezijski sl.
miocen	sarmat	{	torton
	II. mediteran		helvet
	oligocen (katijan)		

a) Temeljno gorje, nabušeno na dubini 440 (—307) m (bušotina Kr 21) do 412 (—1277) m bušotina Klo-3), izgrađeno je od granita i kristalnih škriljavaca. Oni su po svoj prilici arhajske ili paleozojske starosti, a po svom strukturnom, odnosno morfološkom obliku,

obliku, predstavljaju stari timor (horst), kojeg je reljef već u tercijaru bio oblikovan rasjedanjem i erozijom. U svom najgornjem dijelu na kontaktu sa bazalnim oligocenskim konglomeratima, kristalinski škrljavci i granit su često rastrošeni, raspucani i šupljikavi, tako da u tim dijelovima nose znatne količine nafte, ako se nalaze iznad konturne linije rubnih voda.

b) Na temeljnom gorju transgrediraju konglomerati oligocenske starosti, čija debljina ovisi o obliku reljefa temeljnog gorja. Na nekim bušotinama došije ona i 60 m, a na nekima ih uopće nema. Sastavljeni su od granitnih i kristalinskih valutića, kojih se veličina kreće od veličine kukuruznog zrna pa do veličine glave. Vrlo su slabo razvrstani, često izmiješani sa krupnozrnim pijescima, po pravilu slabo zaobljeni, ponekad i brečoliki, a vezani su glinom sivozelene ili tamnocrvene boje. Ako su dovoljno porozni, i ako imaju povoljan položaj na strukturi, nose izvjesne količine nafte. U njima se nije našlo fosilnih ostataka.

c) Na konglomeratima leži slijed (paket) slatkovodnih oligocenskih naslaga razvijenih u facijesu pješčenjaka i krupnozrnih pijesaka, koji nose naftu, zatim crnih ugljevitih glina, te sivih i zelenkastih lapora. U krovini ovih naslaga javljaju se tek sporadično slatkovodni pločasti kongerijski vapnenci.

Na bokovima strukture probušena je ova serija u debljini od 150 m, dok je na najvišem dijelu gravimetrijske strukture nema, jer je u donjem miocenu odnešena erozijom.

Veličina zrna pijesaka i pješčenjaka smanjuje se od podine prema krovini, ali se kroz cijeli profil ove serije nailazi na tanje uloške konglomeratičnih pješčenjaka. Pješčenjaci i pijesci su pretežno zelenkaste boje, idući prema krovini postaju svjetlosivi. Zrnca su pretežno kremenata, a vezivo laporovito, kremenato ili vapneno. Vezivni materijal i razne glinene primjese daju boju pješčenjacima. Zrnca su nejednolika i slabo razvrstana. Debljina pješčenjaka naslaga varira od nekoliko centimetara do 25 metara. Različite su poroznosti od jako laporovitih i nepropusnih dijelova, do sasvim čistih, krupnozrnih rahlih pješčenjaka ili pijesaka. U horizontalnom rasprostranjenju pješčenjane porozne naslage stanjuju se, odebljavaju i razdvajaju ili pak posvema nestaju (isklinjuju), već na međusobnom razmaku bušotina od 100 m. Posljedica je ovakvog razvoja, da su pojedine susjedne bušotine probušile sasvim različit broj pješčenjanih slojeva, čija debljina uzevši pojedinačno i ukupno jako varira. Stoga je nemoguće spojiti i identificirati naftonosne slojke i među najbližim bušotinama. Ovo bi upućivalo na lećasti razvoj kolektora, gdje bi pojedine pješčenjane leće bile međusobno izolovane i svaka bi imala svoj posebn odnos nafte i vode, a trebale bi biti karakterizirane volumetrijskim (plinskim) režimom kod eksploatacije. Međutim podaci dobiveni na temelju proizvodnje i profila ležišta opovrgavaju tu postavku, jer je utvrđena interferencija između bušotina i izražen vodonaporni režim. I teorija o postanku i migraciji nafte govori protiv lećastog razvoja oligocen-

skih naftonosnih pješčenjaka i pijesaka, jer je sigurno prvo: oligocenske slatkovodne tvorevine nisu matična stijená, nego je u njih nafta došla migracijom, i drugo: u izolovane male pješčane leće nafta ne bi mogla migrirati. Realnija je postavka da ovdje postoji niz pješčanih slojeva, koji se horizontalno razdjeljuju ili spajaju, ili čak i isklinjuju, ali međusobno su povezani i horizontalno i vertikalno. Ovakav razvoj sedimenata uvjetovan je prilikama u kojima se vršilo njihovo taloženje. Relativno krupni pješčenjaci i pijesci, slabo obrađena zrna, i česti ulošci sitnih konglomerata, te izmjena glinovitih i pješčanih tvorevina, upućuje na taloženje blizu obale, na znatna kolebanja jezerskog nivoa i promjene vodnih tokova. Stoga se cijela serija oligocenskih naslaga može ovdje smatrati kao sediment kontinentalnog šelfa, koji je formiran zajedničkim uticajem oligocenskog jezera i tekućih voda koje su u nj uticale.

Fauna u ovim naslagama dolazi pretežno u laporima, ali se i u pješčenjacima nađe po koji primjerak ili otisak roda *Congeria* neodredive vrste. Rod *Congeria* nalazimo često u velikoj množini, kako tvori slojine (bankove) debele do 1 m od zgnječenih i izlomljenih školjaka. U znatno manjem broju dolazi rod *Melania* i *Unio*. Pored faune dolaze otisci lišća, pougljenog bilja i tanki proslojci ugljena.

Dr. VANDA KOCHANSKY-DEVIDÉ i MELITA PAVLOVSKY odredile su iz ovih naslaga slijedeću prikupljenu faunu:

1. *Melania (Brotia, Tennyea), escheri tenuicostata*, STEUER
2. *Congeria basteroti*, DESH. (Bn-6, Bn-8, Kr-44)
3. *Congeria ef. basteroti* (Bn-8, Kr-51)
4. *Congeria ef. styriaca*, ROLLE (Bu-6, Kr-44, Kr-56)
5. *Congeria sp.* (Bn-6, Bn-8, Kr-1, Kr-23, Kr-55)
6. *Unio sp.* (Bn-6, Bn-8, Kr-56)
7. *Ostracoda* (Bn-8).

U zgradama su navedeni brojevi bušotina na polju Bunjani (oznaka Bn) i Šumećani (oznaka Kr) gdje je sakupljena fauna. Na osnovu ove faune Dr. KOCHANSKI i M. PAVLOVSKY uvrstile su ove naslage u gornji oligocen. Faunistički i facijelno oligocen na strukturi Križ posve odgovara gornjooligocenskim naslagama (kaktijan) Zagrebačke Gore u području Planina.

d) Na oligocenu leže diskordantno marinske naslage II. mediterana. Ove su u svom donjem dijelu sagrađene od tamnih i sivih tvrdih lapora, često tinjčastih i pjeskovitih, a u gornjem dijelu od vapnovitih lapora sa ili bez litotamnija, a sporadično od laporovitih i vapnovitih sitnozrnih pješčenjaka sa kršjem litotamnija. Litavski vapnenci nisu razvijeni. Donji dio svojom habitusom, faunom i stratigrafskim položajem, prema već citiranim dr. V. KOCHANSKY i M. PAVLOVSKY, odgovara helvetu, a gornji tortonu. Debljina II. mediterana se kreće od 2—50 metara. Prosječna debljina iznosi 10 metara.

Opća facijelna karakteristika ovih sedimenata je laporovitost, vrlo malo pješčanih taloga i, naročito u gornjem dijelu, velik pro-

cenat vapnovite komponente. Na najvišim dijelovima strukture dolaze u gornjem dijelu vapnoviti pjeskoviti lapori bijele boje.

U II. mediteranu nisu razvijeni kolektori, ali nije isključena mogućnost da se u poroznijim dijelovima ili harnišima nađu tragovi nafte, naravno bez ekonomskog značenja.

Prikupljena fauna određena je već po citiranim autorima

Amussium sp. (Bn-6)

Amussium de Stefani, UGOLINI (Bn-6)

Amussium denudatum, REUSS (Bn-6)

Pecten sp. (Bn-6)

Lucina (?) *mojsvari*, R. HORN (Bn-6)

Serpula sp. (Bn-8)

Foraminifere: *Robulus* sp., *Nonion* sp., *Nodosaria* sp., *Heterostegina costata*, *Cornuspira* sp.

Litotamnisko kršje.

Na temelju ove faune šlirskog facijesa naslage su uvršćene u II. mediteran.

e) Sarmatske naslage razvijene su pretežno u facijesu crnih bituminoznih škrljavih lapora, sa *Ervilia podolica*, EICH. Samo na najvišem dijelu gravimetrijske strukture razvijen je facijes bijelih lapora, a sasvim sporadično dolaze sivi pjeskoviti lapori. Debljina sarmatskih naslaga varira od 2—30 metara. Svojim habitusom, položajem i debljinom oni su identične sa već poznatim razvojem sarmata iz dubokih bušotina u Hrvatskoj.

f) Konkordantno sa sarmatom leže prevalencijenezijske naslage. Razvijene su u obliku bijelih tvrdih vapnenih lapora, koji u svojoj bazi prelaze u laporovite slatkvodne vapnence. Donji dio ovih naslaga debljine 40—60 m izgrađen od tvrdih bijelih ili sivih laporovitih vapnenaca, poremećen je mnogobrojnim strmim harnišima, koji su ispunjeni žicama kalcita i nose tragove nafte. U području Kloštra, te na nekim bušotinama u Šumećanima i Bunjanima nose i tanje pješćane proslojke. Dosad nisu bili istraživani, jer se porozni slojevi, radi vapnene komponente, mogu odrediti samo na osnovu mikrolog-dijagrama, dok se mehaničkim jezgrovanjem obično izgube pijesci. Na bušotinama br. 2 u Kloštru ovi će se slojevi detaljno ispitati.

Fauna je ovdje rijetka, a zastupaju je *limnejidi*, sitni *limnocardi* i *planorbisi*.

Gornji dio prevalencijenezijskih slojeva debljine 150—200 m znatno je siromašniji vapnenom komponentom i stoga mnogo mekaniji pri bušenju. Sadržaj vapnene komponente postepeno se smanjuje od donjih tvrdih dijelova prema abihi slojevima ali se na većini elektrokarotaznih dijagrama gornja granica bijelih lapora, prema sivim i glinovitim abihi laporima, jasno manifestira.

U ovom dijelu malo se jezgrovalo, ali prema bušotini Kr-1 gdje je 100% jezgrovano, fauna je krajnje oskudna, tako da je stratigrafsku pripadnost ovog intervala dr. OŽEGOVIĆ odredio više na bazi litološkog izgleda i stratigrafskog položaja, nego na osnovu

faune. Nije isključena mogućnost da čitav ovaj interval ili jedan njegov dio pripada abihi naslagama, za koje je poznato da dolaze također u faciji bijelih lapora.

Na bušotini br. 3 u Kloštru na sjeverozapadnom dijelu strukture, na intervalu gdje se očekivao facijes bijelih lapora probušeni su crni, tvrdi lapori, školjkastog loma, a bijelih lapora nije bilo. Po svom stratigrafskom položaju i tvrdoći, oni bi odgovarali bijelim laporima prevalencijenezijskih naslaga Šumećana i Bunjana, ali kako su posvema bez fosila, njihova starost nije se mogla sigurno utvrditi. Facijes bijelih lapora, koji je u Šumećanima i Bunjanima bio siguran kriterij prevalencijenezijske naslage, ovdje se nije mogao primijetiti. Treba međutim, uzeti u obzir, da su bijeli lapori samo facijelni pojam vezan za određene uslove sedimentacije i da postoji mogućnost razvoja i crnih lapora u prevalencijenezijskim naslagama.

g) Abihi slojevi razvijeni su u obliku sivih glinovitih slabo pjeskovitih lapora. Na užem maksimumu strukture u ovoj stepenici nema pješćanih slojeva. Tek na nekoliko bušotina primjećeni su laporoviti pijesci, koji su na Kr-89 dali izvjesne indikacije na naftu. Na perifernim dijelovima strukture u abihi naslagama postoji međutim niz tanjih i debljih pješćanih slojeva, koji nose plin ili naftu.

Idući od zatvorenog gravimetrijskog maksimuma strukture prema bokovima, pješćani se slojevi javljaju na elektrokarotaznim dijagramima kao laporoviti pijesci, koji postepeno prelaze u čiste pijeske ili pješćenjake. Istodobno njihov se broj kao i debljina povećavaju, tako da se idući prema bokovima strukture javljaju u krovini novi pješćani slojevi.

Ovakav razvoj je posljedica tektonskih pokreta koji su se odvijali istovremeno sa taloženjem abihi naslaga, i toka morskih struja, koje su taložile pješćani materijal i tako formirale naftno ležište stratigrafskog, odnosno zonalnog tipa.

Debljina abihi naslaga raste od maksimuma strukture, gdje one iznose oko 150 m, prema bokovima, gdje su probušene u debljini od 700 m. Na bokovima strukture teško ih je odijeliti od prevalencijenezijskih i romboidea naslaga, jer je facijalni i faunistički prelaz između sve tri stepenice slabo izražen.

Fauna abihi slojeva je identična sa faunom tih slojeva probušenih na Gojlu, Sedlarici, Osekovu i Mramor Brdu.

h) Romboidea naslage razvijene su u facijesu sivih i smeđastih glinovitih lapora, laporovitih pijesaka i pijesaka. Pješćani slojevi sadrže izvjesne količine plina. Od faune dolaze limnocardidi i kongerije. Debljina romboidea slojeva iznosi od 100—600 m.

i) Na romboidea naslage istaloženi su diskordantno paludinski slojevi, a na ovima diskordantno diluvij. U tim slojevima nije jezgrovano, te se ne mogu iznijeti nikakvi novi momenti, osim što je već poznato iz strukturnih bušenja.

5. GEOFIZIČKA ANOMALIJA ČESMA

Iz sl. 1 vidi se položaj gravimetrijske anomalije Česma, koja se pruža poprečno kroz aluvijalnu dolinu rječice Česme. GRYF-FINovom računskom metodom redukcije dobivena je ovdje zatvorena gravimetrijska struktura, pa je ova anomalija istražena sa dvije bušotine locirane na osi strukture. Temeljno gorje izgrađeno od granita, nabušeno je na 317 i 425 m. Na granitu transgrediraju naslage II. mediterana, koje su nešto plićege facijesa nego na strukturi Križ. U II. mediteranu pored lapora bilo je i litotamnijskih pješčenjaka, ali bez tragova nafte i plina. Razvoj ostalih stratigrafskih jedinica identičan je facijelno i faunistički sa razvojem na strukturi Križ, ali u mnogo manjoj debljini. Struktura je nakon druge izbušene bušotine napuštena kao negativna.

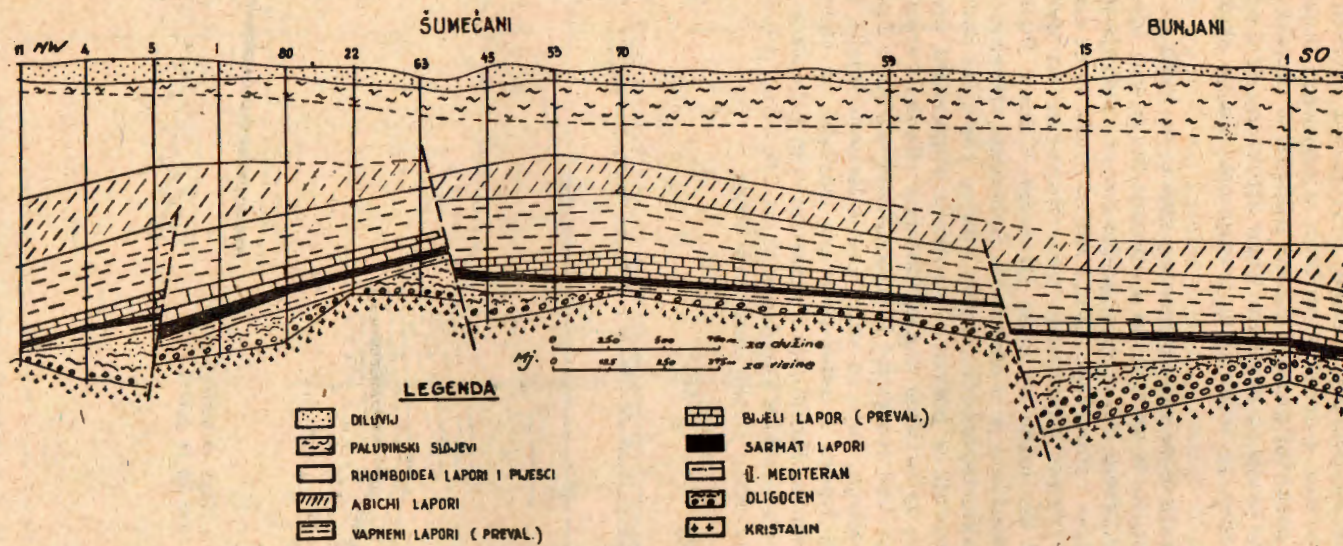
Međusobni odnos dubine i debljine pojedinih stratigrafskih članova najkarakterističnijih bušotina na strukturi Križ vidi se iz tabele:

Polje Bušotina	Šumećani		Bunjani		Kloštar		Česma Če-2
	Kr-1	Kr-17	Bn-6	Bn-7	Klo-2	Klo-3	
Nadmorska visina	+167,24	+131,25	+127,25	+115,89	+140	+135	+100
Paluđin/romboid	?	70	178	135	60	?	?
Romboid/abihi	221	255	375	270	590	675	110
Abihi/prevalenc.	363	350	530	400	1015	1182	150
Preval/sarmat	549	492	666	570	1158	1400	290
Sarmat/II. medit.	572	500	686	580	1162	1410	295
II. medit./oligoc.	585	505	728	590	1170	?	—
Oligoc./tem. gorje	659	546	795	660	1310?	1412	317

TEKTONSKI ODNOSI

Struktura Križ, kako je već u uvodu spomenuto, pripada sklopu Moslavačke gore, čija morfologija i tektonika nosi izvjesni uticaj dinarske tektonike. Kao u Moslavačkoj gori, tako se i na strukturi Križ ističu dva smjera tektonskih linija (rasjedanja). Uzdužni smjer NW—SO, koji je formirao timor istog smjera, i poprečni manje ili više okomit na uzdužni. Poprečni smjer nije toliko snažno uticao na strukturne oblike ovog područja, ali je odlučan za formiranje hidrodinamskih i facijelnih odnosa na koje nailazimo kod razrade naftnih ležišta na struktura Križ.

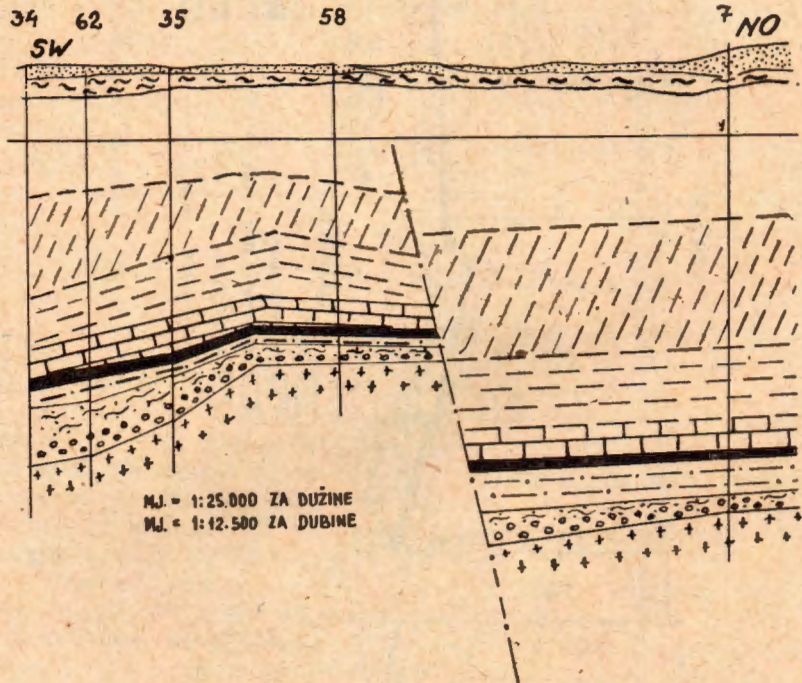
Gravimetrijska anomalija Česma odijeljena je uzdužnim rasjedom smjera NW—SO od masiva Moslavačke gore (Sl. 1) Skok rasjeda iznosi oko 250 metara. Paralelnim rasjedom, koji se pruža preko Vučjih Jama naselja Šumećani i Šušnjari, anomalija Česma odijeljena je od strukture Križ (Sl. 1) Ovim rasjedom spriječena je



Sl. 4 — Uzdužni profil kroz Šumečane i Bunjane

migracija nafte na područje Česme. Prvi rasjed utvrđen je prospekcijom na terenu, a drugi seizmičkim mjerenjem i dubokim bušenjem. Treći paralelni uzdužni rasjed poklapa se otprilike sa trasom željezničke pruge, a razdvaja timor strukture Križ od Savske depresije. Utvrđen je seizmičkim premjerom. Visina skoka iznosi oko 1000 m.

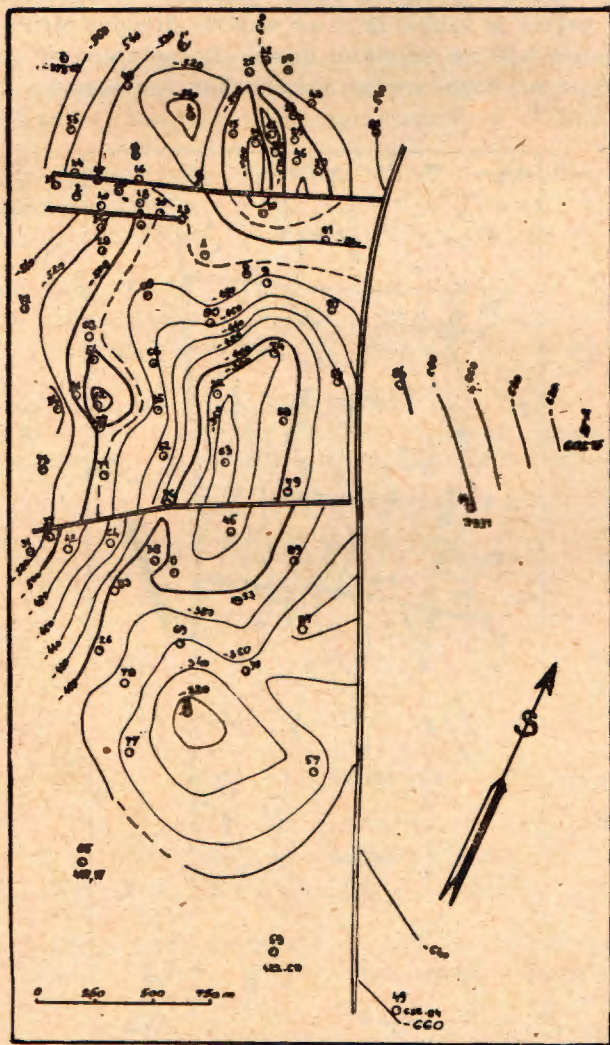
Poprečni rasjedi su znatno manjeg skoka. Na karti (sl. 1) i uzdužnom profilu (sl. 4) ucrtana su 4 odnosno 3 rasjeda. Idući na sl. 1 i sl. 4 od SO prema NW prvi poprečni rasjed razdvaja proizvodnja polja Bunjane i Šumećane. Drugi rasjed pruža se uz cestu Graberje—Čazma i dijeli proizvodno polje Šumećani na dva dijela: dio sjeverno i dio južno od ceste Graberje—Čazma. Područje između rasjeda spušteno je u odnosu na Šumećane sjeverno od ceste, i naročito karakterizirano činjenicom, da su razvijeni samo oligocenski konglomerati, a posvema manjkaju oligocenski pješčenjaci i lapori, koji su za vrijeme donjeg miocena odnešeni erozijom. Na konglomeratima leže tvorevine II. mediterana, sarmata i prevalencijenezijskih naslaga, koje su razvijene u facijesu bijelih i žućkastih vapnovitih lapora i teško se mogu izdvojiti na elektrokartažnim dijagramima. Nafta dolazi u rastrošenim dijelovima temeljnog gorja i u oligocenskim konglomeratima. Uz drugi poprečni rasjed utvrđena je dosta široka zona sa vodom.



Sl. 5 — Poprečni profil kroz Šumećane

Treći poprečni rasjed utvrđen je dubokim bušenjem, a četvrti seizmičkim mjerenjem.

Sedimentne tvorevine na strukturi Križ nastaju trasgresijom u gornjem oligocenu. Donji miocen je faza regresije i erozije, kojom je odnešen dio oligocenskih naslaga. Ne može se posve sigurno utvrditi, da li su na gravimetrijskoj anomaliji Česma oligocenske naslage erodirane za vrijeme donjeg miocena ili nisu uopće bile istaložene. Nije također riješeno pitanje da li na bokovima anomalije Česma postoje oligocenske naslage ili ne. Činjenica je, da na

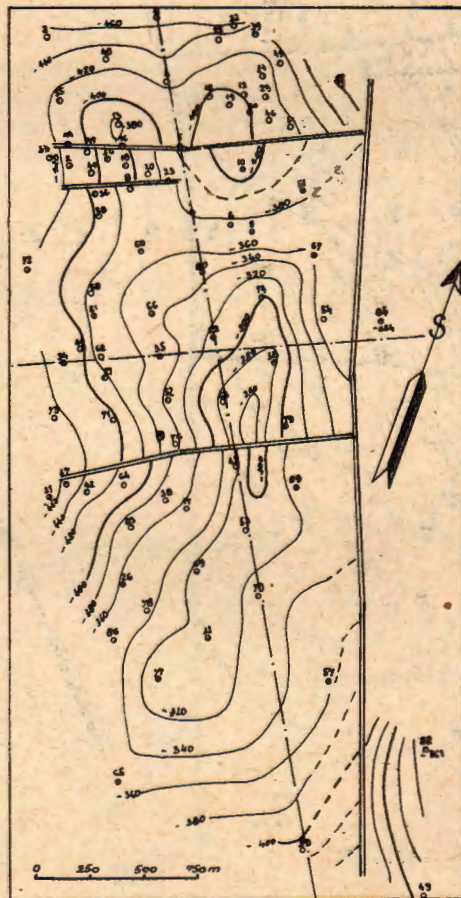


Sl. 6 — Strukturna karta Šumečana po temeljnom gorju

osi anomalije na temeljnom gorju leže sedimenti II. mediterana plićeg facijesa nego na strukturi Križ.

Drugi mediteran je faza transgresije, kad se na strukturi Križ talože naslage dubokog mora. Sve do istaloženja romboidea naslaga nema sigurnih indikacija za koju fazu regresije. Naslage sarmatskog kata, kojega je debljina u nekim slučajevima svedena na svega par metara, leže konkordantno sa naslagama II. mediterana i pliocena iako se faunistički i facijelno od njih oštro razlikuju.

Druga faza erozije bila je nakon istaloženja romboidea naslaga i po svojoj priliči je zahvatila samo najviše dijelove strukture. Naslage diluvija leže na najvišem dijelu, diskordantno sa romboidea naslagama, a na bokovima sa paludinskim naslagama.



Sl. 7 — Strukturna karta Šumečana po krovini sarmata

Osnovni tektonski oblici strukture Križ formirani su u miocenu. Osnovno gorje, sagrađeno iz čvrste kristalinske mase i na perifernom položaju dinarskih tektonskih pokreta, nije pretrpjelo ubiranja nego samo radijalne pokrete. Oni su se odvijali i kroz cijeli pliocen, uzrokujući periklinalno taloženje slojeva i zonalno odlaganje pješćanih naslaga. Ne može se pretna tome o strukturi Križ govoriti kao geološkoj antiklinali, niti o bihi, kojem proizvodnom polju na njoj kao antiklinalnom ležištu.

6. NAFTONOSNI ODNOSI

Na području strukture Križ dosad postoje tri proizvodna polja Šumećani, Bunjani i Kloštar. Šumećani su već posve razrađeni i konture određene, Bunjani su u fazi razrade, a Kloštar se tek otvara.

Sa stratigrafskog staništa nafta dolazi u ovim slojevima.

1. Rastrošeno temeljno gorje: Šumećani, Bunjani, Kloštar

2. Oligocen: Šumećani, Bunjani i neispitane pojave nafte u Kloštru.

3. Prevalencijenezijski slojevi: tragovi nafte bez ekonomske vrijednosti u Šumećanima i neispitane pojave u Kloštru.

4. Abihi naslage: Kloštar i beznačajne rijetke pojave u Šumećanima.

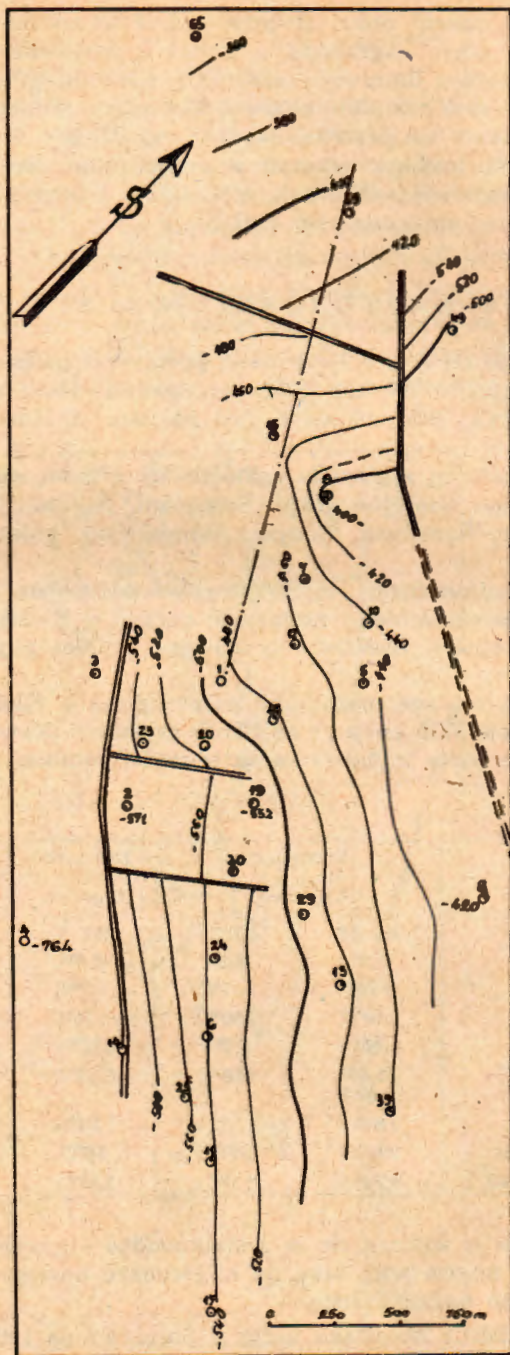
5. Romboidea naslage: neispitane pojave plina u Kloštru.

Nafta sa pojedinih polja su različitih svojstava. Navodim destilacionu analizu nafte iz četiri karakteristične bušotine sa sva tri polja:

Naziv	Šumećani		Bunjani	Kloštar
	oligocen		oligocen	abih
Bušotina	Kr-18	Kr-17	Bn-1	Klo-1
Spec. težina	0,95	0,97	0,88	0,85—0,90
Stinište	15°C	—7°C	+8°C	—15°C
Plamište	130°C	150°C	+15°C	+10°C
Parafin	0,40%	1,5%	6,03%	5,76—6,8%
Viskozitet/20°C	15,6E	648°E	7,75°E	1,99—6,34°E
	100°C			
Sumpor	0,69%	1,11%	1,91%	0,55—0,78%
Počet. destilac.	240°C	240°C	50°C	70—93°C
Koks po Cnrad.	5,34%	8,06%	3,51%	2,51—3,55%

Izvan svake je sumnje, da je u slatkovodne oligocenske naslage nafta došla migracijom, tako da oligocenske naslage predstavljaju sekundarno naftno ležište.

Znatno različitih svojstava nafte u Šumećanima i Bunjanima, iako dolaze u litološki i stratigrafski istovjetnim naslagama čine



Sl. 8 — Strukturna karta Bunjana po krovini sarmata

poseban problem. Dva su faktora mogla utjecati na kvalitet nafte: matični materijal iz kojeg je nafta nastala i uticaj stijena, kroz koje je migrirala. Koji je od ova dva faktora bio odlučujući zasad se ne može sigurno utvrditi.

U abihi naslagama nafta dolazi u pijescima i pješčenjacima zonalnog razvoja. Ova nafta je laganija i manje oksidirana od oligocenske. Način zalijeganja nafte u abihi naslagama, kao i njihov euksinski facijes, daju izvjesne indikacije, koje govore u prilog primarnog karaktera ovih ležišta.

Pojam matičnih stijena treba proširiti iznad i ispod sarmata na području tercijara u Sjevernoj Hrvatskoj, odnosno u panonskom bazenu, jer su glinovito-laporaste tvorevine marinskog ili brakičnog porijekla, sa većim ili manjim sadržajem bitumena, te više ili manje izraženim euksinskim facijesom, razvijene od baze II. mediterana do paludinskih slojeva. Strukturu Križ, sa regionalnog stanovišta, treba promatrati i interpretirati kao kontinentani prag na obodu savske depresije, koja je bila akumulacioni bazen organskog materijala iz kojeg je postala nafta. Tu depresiju, uz čiji sjeverni obod poznamo već nekoliko naftnih i plinskih polja vezanih na kontinentalni prag, treba smatrati kao jedinstveni naftonosni bazen, jer je stratigrafski razvoj ovog područja identičan sa oligocenom, poremećen lokalnim radijalnim pokretima, koji su doveli do promjena facijesa i lokalnih prekida sedimentacije.

ZAKLJUČAK

1. Gravimetrijska struktura Križ uvjetovana je kristalinskim timorom.
2. Postepeno spuštanje i radijalno rasjedanje temeljnog gorja uzrokovalo je periklinalno taloženje neogenih sedimenata i zonalni razvoj slojeva kolektora.
3. Proizvodni horizonti Šumećana i Bunjana su gornje oligocenske starosti, a ne tortonske kako se to dosad smatralo.
4. Proizvodna polja Šumećani i Bunjani ne pripadaju tipu malih izolovanih leća, već tipu naslaga kontinentalnog šelfa sa jako izraženom divergencijom slojeva kolektora.

LITERATURA

1. F. KOCH, Prilog geološkom poznavanju Moslavačke Gore. Rad Jug. Akademije knj. 139, Zagreb 1899.
2. F. KOCH, Geološka karta Moslavačke Gore. Rad Jug. Akad. knj. 139. Zagreb 1899.
3. J. BÖCKLI, Der Stand der Petroleumschürfungen in den Ländern der Ung. Heil. Krone Budapest 1909.
4. A. MOOS, Geologie der Counterflushbohrungen Šumećani-Križ Zgb. 1942. (Poseban izvještaj u arhivi »Naftaplin«).

5. Dr. F. OŽEGOVIĆ, Prilog geologiji mlađeg tercijara na temelju podataka iz novijih bušotina u Hrvatskoj. Vjestnik Hrv. drž. geol. Zavoda 1944, p. 391.
6. S. W. LOWMAN, Facies in Recent Gulf Coast Sedimentation. Journal of Sedim. Petrology, Tulsa, Oklahoma, December 1951.
7. F. MARTON, The Origin of Petroleum. Petr. Engineer, Dallas, Texas, January 1953.
8. S. J. PIRSON, Elements of Oil Reservoir Engineering, New York, 1950. p. 4—18.
9. W. KOCHANSKY-DEVIDE-M. PAVLOVSKY, Izvještaj o determinaciji mikrofaune Križ. Geološki Vjesnik V—VII, Zagreb, 1953.

Uz navedenu literaturu upotrebljavani su i izvještaji geološke službe Sumečani, koji se nalaze u arhivi »Naftaplina« i to od geologa:

Dr. F. OŽEGOVIĆA, A. RUBINIĆA, Dr. SOKLIĆA, M. MILADINOVIĆA, Ž. ĐORĐEVIĆA, S. UČCELINIA.

Galović Stjepan

ZUR KENNTNIS DER GEOLOGISCHEN STRUKTUR KRIŽ

ZUSAMMENFASSUNG

Die ölführende Struktur Križ befindet sich auf der nördlichen Seite der Seveebene 30 km südöstlich von Zagreb. Die Erschliessung erfolgte durch die regionale gravimetrische Aufschlussarbeit. Der Gesamtumfang des Gebietes beträgt 60 km². Bis jetzt befinden sich auf der Struktur drei Produktionsfelder: Sumečani, Bunjani und Ivanić Kloštar. Heute ist dies das stärkste Produktionsgebiet Jugoslawiens. In diesem Gebiete sind die oligozänen, wie auch die unterpliozänen Süßwassersandsteine und Sande ölführend. Das Erdöllager der oligozänen Schichten gehört zum Typus des kontinentalen Shelves und die Lagerstätte des unteren Pliozäns zum stratigraphischen Typus. Das Grundgebirge: Granit und kristallinischer Schiefer, liegt durchschnittlich bei Sumečani in der Tiefe von 600 m, in Bunjani bei 750 m und Kloštar bei 1350 m. Auf dem Grundgebirge transgredieren die oberoligozänen Schichten. Im unteren Miozän kommt es zu einem Aussetzen der Sedimentation und zu einer Erosionsphase, im mittleren Miozän aber wieder zu einer Transgression. Die zweite Regressionsphase entsteht wieder erst am Ende des Pliozäns.

Die gravimetrische Struktur ist durch das unterirdische kristallinische Massiv der NW-SE Richtung, welches in der Alpenen Faltungsphase formiert wurde, bedingt. Da sich diese Gegend in Randgebiete der Alpiden und Dinariden befindet und aus kristallinischen Schiefem und Granit, gebildet ist, wurde sie nicht durch Faltung, sondern nur durch Brüche der NW-SE Richtung und senkrecht zu dieser betroffen. Das Entstehen dieser Brüche setzt sich auch während des ganzen Pliozäns fort, verursachte die periklinale Sedimentation und führte zur Formierung des pliozänen stratigraphischen Lagerungstypus.