

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

Tomislav Malvić

Strukturni i tektonski odnosi, te značajke  
ugljikovodika širega područja naftnoga polja  
Galovac-Pavljani

Magistarski rad

Zagreb, 1998.

## ISPRAVKE:

- str. 2/red 2 mogu se = mogu
- str. 7/red 8 stijene = stijena
- str. 10/red 39 Bilogori = Bilogore
- str. 17 na slici 5 ispred izobata nema oznake “-“
- str. 19/red 25 Rodopskom = rodopskom
- str. 22/red 16 opisani = opisane
- str. 22/red 38 stvoreno = stvorena
- str. 25 na slici 8 prema PLETIKAPIĆ et al., 1964
- str. 26/red 11 slika 6 i 8 = slika 6
- str. 29/red 31 epidot-amfibolitskog = epidotno-amfibolitskog
- str. 31/red 37 napovršini = na površini
- str. 32/red 30 zapadu = istoku
- str. 32/red 41 anizičke = anizički
- str. 33/red 36 treba izbaciti: “Na srednjotrijasku starost...”
- str. 33/red 41 slici 10 = slici 11
- str. 36/red 8 krupniklastični = krupnoklastični
- str. 36/red 17  $h_e = h_c$
- str. 46/red 7 talože = talože se
- str. 47/red 9 siltitnog = siltnog
- str. 49/red 9 član Križevci = križevački član
- str. 49/red 32 ritmitima = ritmititima
- str. 50/red 30 (slike 20 i 21) = (slike 21 i 22)
- str. 50/red 41 član Križevci = križevački član
- str. 51/red 28 siltitni lapor = siltni lapor
- str. 55/red 24 PLETIKAPIĆ et al., 1963 = PLETIKAPIĆ et al., 1964
- str. 56/red 12 mala = male
- str. 57 na karti “h” na mjestu 300-te povučena je 500-ta izohora.
- str. 58 nedostaje legenda uz kartu.
- str. 59/red 13 treba izbaciti: “u odnosu na starije formacije”
- str. 59/red 15  $\alpha' = D'$
- str. 60/red 4 pijescima = pijesci
- str. 60/red 32  $\alpha' = D'$
- str. 61/red 24 (MAGDALENIĆ & NOVOSEL, 1986) = (KOROLIJA et al. - dionica MAGDALENIĆ & NOVOSEL, 1986)
- str. 66/red 41 (slike 21 i 22) = (slike 27 i 28)
- str. 68/red 1 (15°C na slikama 21 i 22) = (15°C na slikama 27 i 28)
- str. 74/red 5  $Rs_7 = Rs_7$
- str. 75/red 41 veća = su veće
- str. 76/red 15 viskokojoj = visokoj
- str. 79/red 17 Mezijske ..., Podolojskog ... = mezijske ..., podolojskog ...
- str. 79/red 30 iz = s
- str. 81/red 14 treba izbaciti: “kartama”
- str. 87/red 24 slici 29 = slici 31
- str. 85/red 33 treba izbaciti: “slabljenje”
- str. 86/red 23 treba izbaciti: “jo”
- str. 87/red 17 mladu = mladi
- str. 87/red 28 treba zamijeniti “,” = “.”
- str. 90/red 19 Ptk = Ptk-1
- str. 91/red 27 bušotine = bušotina
- str. 92/red 5 Gal-1a = Gal-1 $\alpha$
- str. 95 iznad krivulje otpora umjesto “R<sub>1</sub>” treba stajati “Rt”
- str. 100/red 34 krivo su pozicionirani radovi pod brojevima 38, 39, 40 i 43
- str. 105 pod br. 50 ispred ALJINOVIĆ, B dolazi VELIĆ, J.

**Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu**

**Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo**

Tomislav Malvić

**Strukturni i tektonski odnosi, te značajke ugljikovodika širega  
područja naftnoga polja Galovac-Pavljani**

Magistarski rad

Zagreb, 1998.

Ovaj magistarski rad predan je na ocjenu  
FAKULTETSKOM VIJEĆU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNOG FAKULTETA  
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

u cilju stjecanja znanstvenog stupnja  
magistra znanosti iz znanstvenog područja prirodne znanosti, polje geoznanosti, grana geologija.

Magistarski rad je napravljen u **Zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6,** te u tvrtki **INA-Industrija nafte, d.d., Šubićeva 29, Zagreb.**

Voditelj rada bio je:

**dr. sc. Zvonimir Hernitz, red. prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta**

Rad sadrži:

- 111 stranice teksta koje uključuju:
  - 32 slike i 11 tablica;
  - popis literature;
  - sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku;
  - životopis autora;
- 14 priloga (profila i karata).

## ZAHVALA

Ugodna mi je dužnost zahvaliti se svima koji su na razne načine pripomogli nastajanju ovoga magistarskog rada.

Želio bih zahvaliti voditelju prof. dr. sc. Zvonimiru Hernitzu koji mi je pomagao prilikom izbora teme, te me upućivao savjetima i provjerama prikazanih rješenja.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Josipi Velić na pažljivom čitanju rukopisa, te korisnim uputama kako ga poboljšati. Također i dr. sc. Borisu Vrbancu koji je uložio puno dobre volje i stručnosti pomagajući mi riješiti neke od problema, te kod snalaženja i dobivanja podataka u Arhivu INA-Industrija nafte, d.d. u Šubićevoj 29.

Svim djelatnicima INA-Industrija nafte, d.d., koji su mi omogućili korištenje njihovih podataka, te pomogli kod njihovog prikupljanja.

Bez spremnosti mojih kolega u Zavodu na stručnu raspravu, te pomoć kod "tehničkih" poslova rad bi sadržajno i grafički bio puno siromašniji. Zato se zahvaljujem svima, a poimenice onima koji su mi posvetili najviše vremena: mr. sc. Snježani Mihalić, gospođi Anici Mihelj, dr. sc. Bruni Saftiću i mr. sc. Bruni Tomljenoviću.

Na kraju se posebno zahvaljujem onima koji su mi svojim razumijevanjem i prisustvom bili od neprocjenjive pomoći - svojim roditeljima i Jasmini.

## SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. GEOGRAFSKA OBILJEŽJA	3
2.1. ZEMLJOPISNI SMJEŠTAJ	3
2.2. HIDROGRAFSKA MREŽA	6
2.3. KLIMATSKA OBILJEŽJA	7
2.4. VEĆA NASELJA I PROMETNA POVEZANOST	10
2.5. GEOMORFOLOŠKA ANALIZA	10
3. POVIJEST ISTRAŽIVANJA	11
4. GEOTEKTONSKI POLOŽAJ BJELOVARSKJE DEPRESIJE	19
4.1. PANONSKI BAZEN	19
4.2. MASIV PAPUKA I KRNDIJE	22
4.3. MOSLAVAČKO-VRBOVEČKI MASIV	22
4.4. KALNIČKI MASIV	23
4.5. BILOGORSKI MASIV	23
4.6. BJELOVARSKA DEPRESIJA	24
5. IZVORI PODATAKA I METODE RADA	26
6. STRATIGRAFSKI PRIKAZ	29
6.1. STIJENE PODLOGE TERCIJARA	29
6.1.1. STIJENE PALEOZOJSKE STAROSTI	31
6.1.2. STIJENE MEZOZOJSKE STAROSTI	32
6.2. MLAĐI TERCIJAR	35
6.2.1. FORMACIJA MOSLAVAČKA GORA	35
6.2.2. FORMACIJA IVANIĆ-GRAD	49
6.2.3. FORMACIJA KLOŠTAR-IVANIĆ	54
6.2.4. FORMACIJA BILOGORA	59
6.2.5. FORMACIJA LONJA	60
7. MATIČNE OSOBINE KARBONATNO-GLINOVITIH NASLAGA GORNJEG BADENA, SARMATA I DONJEG PANONA	65
7.1. KEMIJSKI I FIZIKALNI OSNOVI METODE	66
7.2. GEOLOŠKI MODEL	66
7.3. ODREĐIVANJE UKUPNE ZRELOSTI	71
7.4. INTERPRETACIJA VRIJEDNOSTI UKUPNE ZRELOSTI	72
7.5. ZRELOST BADENSKIH, SARMATSKI I DONJOPANONSKIH STIJENA U BUŠOTINAMA Pav-1 i VC-1	73
8. STRUKTURNI I TEKTONSKI ODNOSI	77
8.1. EVOLUCIJA BJELOVARSKJE DEPRESIJE U OKVIRU DRAVSKE POTONINE I PANONSKOG BAZENA	78
8.2. OPISI STRUKTURNIH I PALEOSTRUKTURNIH KARATA	80
8.2.1. KARTA PALEORELJEFA PO GRANICAMA "Pt" i "Tg"	81
8.2.2. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI EK REPERA Rs5	81
8.2.3. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI EK REPERA Z'	82
8.2.4. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI EK REPERA Δ	82
8.2.5. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI EK REPERA D'	83
8.2.6. PALEOSTRUKTURNE KARTE	84
8.3. NEOTEKTONSKI ODNOSI	87

9. NAFTNOGEOLOŠKA OBILJEŽJA NASLAGA	89
9.1. PODACI O ŠUPLJIKAVOSTI, PROPUSNOSTI I POJAVAMA UGLJKOVODIKA U PALEOZOJSKIM NASLAGAMA	89
9.2. PODACI O ŠUPLJIKAVOSTI; PROPUSNOSTI I POJAVAMA UGLJKOVODIKA U NEOGENSKO-KVARTARNIM NASLAGAMA	90
9.2.1. PODACI ZA FORMACIJU MOSLAVAČKA GORA	90
9.2.1.1. ČLAN MOSTI	90
9.2.1.2. KRIŽEVAČKI ČLAN	93
9.2.2. PODACI ZA FORMACIJU IVANIĆ-GRAD	93
9.2.3. PODACI ZA FORMACIJU KLOŠTAR-IVANIĆ	93
9.2.3.1. POLJANSKI PJEŠČENJACI	96
9.2.3.2. PEPELANSKI PJEŠČENJACI	97
9.2.4. PODACI ZA FORMACIJU BILOGORA	98
9.2.5. PODACI ZA FORMACIJU LONJA	98
9.3. VJEROJATNOST NALAŽENJA NOVIH LEŽIŠTA UGLJKOVODIKA	98
10. ZAKLJUČAK	100
11. LITERATURA	103
11.1. OBJAVLJENI RADOVI	103
11.2. RADOVI IZ FONDA STRUČNE DOKUMENTACIJE	106



POPIS SLIKA U TEKSTU:

1. Zemljopisni smještaj istraživanog područja	4
2. Topografska karta šire okolice istraživanog područja.	5
3. Raspodjela srednjih siječanjskih i srpanjskih temperatura na području Središnje Hrvatske	8
4. Raspodjela srednje godišnje temperature i količina padalina na području Središnje Hrvatske	9
5. Tektonski blokovi strukture Pavljani prikazani na karti paleoreljefa po granici "Tg"	17
6. Raspored ušća bušotina na naftnom polju Galovac-Pavlani	18
7. Geotektonska skica panonskog bazenskog sustava	20
8. Shematska karta položaja nekih važnijih struktura u bjelovarskoj depresiji	25
9. Karta položaja seizmičkih profila	28
10. Litostratigrafske jedinice dravske potonine	30
11. Pregledna geološka karta stijena u podini tercijanog sistema	34
12. Karta ukupnih debljina (karta "h") formacije Moslavačka gora	37
13. Karta ukupnih debljina propusnih taložina (karta "he") formacije Moslavačka gora	38
14. Karta odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina (karta "ss/sh") formacije Moslavačka gora	39
15. Karta broja propusnih taložina (karta "n") formacije Moslavačka gora	40
16. Karta ukupnih debljina (karta "h") člana Mosti	41
17. Ekstenzijski pokreti u badenu	43
18. Dvije glavne skupine konglomerata izdvojene prema udjelu zrna i matriksa	44
19. Krivulje raspodjele veličine zrna s koeficijentom sortiranosti za sedimente aluvijalne lepeze i lepezne delte istaložene iz vodenog toka (iz: Bull, 1963) uspoređene s krivuljama istoga značenja za sedimente člana Mosti u bušotini Pav-1	45
20. Blok dijagram i tlocrt shematizirane aluvijalne lepeze i lepezne delte	48
21. Karte ukupnih debljina (karta "h") i ukupnih debljina propusnih taložina (karta "he") formacije Ivanić-Grad	52
22. Karte odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina (karta "ss/sh") i broja propusnih taložina (karta "n") formacije Ivanić-Grad	53
23. Karte ukupnih debljina (karta "h") i ukupnih debljina propusnih taložina (karta "he") formacije Kloštar-Ivanić	57
24. Karte odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina (karta "ss/sh") i broja propusnih taložina (karta "n") formacije Kloštar-Ivanić	58
25. Karte ukupnih debljina (karta "h") formacija Bilogora i Lonja	63
26. Shematski korelacijski profil kroz paleozojske stijene, te mezozojske i neogensko-kvartarne taložine na istraživanom području	64
27. Linije povijesti dubina i linije temperature za bušotinu Pav-1	69
28. Linije povijesti dubina i linije temperature za bušotinu VC-1	70
29. Rekonstrukcija otvaranja bazena, potonina i depresija u karpato-panonskom području u vrijeme srednjeg i gornjeg neogena	77
30. Shematski blok-dijagramski prikaz nastanka romboidne grabe (eng. "pull-apart" bazena)	78
31. Geomorfološko-neotektonska karta lista Bjelovar	88
32. Intervali u bušotini Pav-4 koji odgovaraju ležištima serije "L" polja Šandrovac	95

## POPIS TABLICA U TEKSTU:

1. Duboke bušotine smještene na obrađenom području	6
2. Podaci o kronostratigrafskim granicama i litostratigrafskim jedinicama za bušotinu Pav-1	67
3. Podaci o kronostratigrafskim granicama i litostratigrafskim jedinicama za bušotinu VC-1	67
4. Vrijednosti temperatura i geotermijskih gradijenata izmjerenih u bušotini Pav-1	68
5. Odnos između temperature stijene, indeks vrijednosti $n$ i $\gamma$ -faktora	71
6. Prikaz intervalne i ukupne zrelosti ( $iTTI$ i $\Sigma TTI$ ) za stijene badenske i sarmatske starosti u bušotini Pav-1	72
7. Prikaz intervalne i ukupne zrelosti ( $iTTI$ i $\Sigma TTI$ ) za stijene badenske i sarmatske starosti u bušotini VC-1	72
8. Korelacija vrijednosti ukupne zrelosti ( $\Sigma TTI$ ) s vrijednostima vitrinitne refleksije ( $R_o$ )	73
9. Usporedba vrijednosti $\Sigma TTI$ i $R_o$ s postankom različitih vrsta ugljikovodika	73
10. Razmještaj rezervoara po bušotinama, njihove dubine i dobivene vrste i količine fluida	92
11. Usporedba pješčenjačkih intervala u bušotini Pav-4 s ležištima serije "L" polja Šandrovac	94

## POPIS PRILOGA:

1. Prikaz dijagrama konvencionalne kartoaze, te litološkog stupa u dijelu naslaga bušotina Pav-1 i VC-1. Posebno su označene naslage križevačkog člana i dijela člana Mosti s povećanim sadržajem organskog materijala (M 1:25.000).
2. Karta paleoreljefa po granicama "Pt" i "Tg".
3. Strukturna karta po plohi EK repera Rs5.
4. Strukturna karta po plohi EK repera Z'.
5. Strukturna karta po plohi EK repera Δ.
6. Strukturna karta po plohi EK repera D'.
7. Paleostrukturalna karta između granica "Pt/Tg" i EK repera Rs5.
8. Paleostrukturalna karta između EK repera Rs5 i Z'.
9. Paleostrukturalna karta između EK repera Z' i Δ.
10. Paleostrukturalna karta između EK repera Δ i D'.
11. Diferencijalni profili A-B, C-D, E-F.
12. Diferencijalni profili G-H, I-J.
13. Korelacijski profil kroz bušotine Pav-5, Pav-1 i Pav-2.
14. Korelacijski profil kroz bušotine Pav-5, Pav-4 i Pav-6.

## 1. UVOD

Dravska potonina spada u vrlo detaljno istražena područja hrvatskog dijela Panonskog bazena obzirom na pojave i ležišta nafte i plina. Dosada je većina istraživanja bila usmjerena na pješčenjačke naslage neogena koje su prema fizičkim značajkama kolektorske stijene. Bjelovarska depresija predstavlja jugozapadni ogranak dravske potonine, površine oko 2900 km<sup>2</sup>, usmjeren prema savskoj potonini. Površina preostalog hrvatskog dijela dravske depresije unutar granica Republike Hrvatske je oko 6100 km<sup>2</sup>. Zbog relativno izoliranog položaja bjelovarske depresije u odnosu na središnju potoninsku zonu, kao i maksimalne debljine neogenskih naslaga do 2500 m (u središnjoj potoninskoj zoni ta debljina iznosi preko 3500 m) prostor bjelovarske depresije nije označen kao perspektivan za otkrića većih količina ugljikovodika. Posljedica je bila da na tom području nisu načinjeni brojniji istraživački radovi, a prvenstveno nedostaje veći broj regionalnih dubokih istraživačkih bušotina.

To se donekle promijenilo 1990. godine kada je na području Grubišnog Polja otkriveno istoimeno plinsko polje, te posebno dvije godine kasnije (1992.) nakon otkrića naftnoga polja Galovac-Pavljeni. Time je potvrđena pretpostavljena naftnoplinoznost bjelovarske depresije, no, što je osobito važno, ne samo na razini lokaliteta s manjim pojavama ugljikovodika već s mogućnošću nalaženja gospodarski isplativih ležišta ugljikovodika. Kako zadnjih petnaestak do dvadesetak godina (od otkrića plinsko-kondenzatnoga polja Molve) u dravskoj potonini nije bilo novih većih nalaza ugljikovodika otkrića novih polja unutar depresije tim su vrijednija. Posljedica toga bilo je obnavljanje istraživanja (npr. izrada duboke istraživačke bušotine Bačkovića-1 1997. godine), te reinterpetacija ranije dobivenih podataka.

Gotovo čitavu površinu bjelovarske depresije prekrivaju kvartarne naslage, a tek se na sjeveroistočnom rubu Moslavačke gore, te istočno od Bjelovara pojavljuju izdanci neogenskih (pliocenskih) naslaga. Pretpostavljeno je kako su za akumulaciju ugljikovodika najznačajnije najstarije neogenske naslage badenske starosti, te vršni dio paleozojskih metamorfnih i magmatskih stijena u njihovoj podlozi sa izraženom sekundarnom poroznošću. To je i potvrđeno na otkrivenim poljima.

Obrađeno područje nalazi se na sjevernom dijelu bjelovarske depresije i prekriva površinu od približno 85 km<sup>2</sup>. Obuhvaća naftno polje Galovac-Pavljeni, lokalitete Nartu i Korenovo na zapadu, te Veliku Ciglenu, Patkovac i dijelom Šandrovac na istoku.

U radu je objedinjena većina dostupnih geoloških podataka za navedeno područje. Prema tim podacima načinjena je detaljna interpretacija (reinterpetacija) stratigrafskih i strukturalnih odnosa. Stratigrafski odnosi prikazani su kao posljedica određenih taložnih mehanizama koji su uvjetovani odgovarajućim strukturalnim i tektonskim pokretima. Na osnovi geokemijskih i temperaturnih podataka uspoređena je ranije određena zrelost matičnih stijena na polju Galovac-Pavljeni, te određena temperaturna zrelost stijena na geotermalnom polju Velika Ciglena. Time se željelo utvrditi nalaze li se u okviru istraživanog prostora zrele matične stijene. Postanak strukturalna i taloženje na istraživanom području prikazani su obzirom na tektonske pokrete i vrstu sedimentacije u širem prostoru dravske potonine.

Reinterpetacija strukturalno-tektonskih odnosa načinjena je u okviru danas prihvaćenih tektonskih modela prema kojima su se otvarali dijelovi Panonskog bazena gdje su smještene naše potonine i depresije. Pri tom se prvenstveno misli na horizontalne pokrete uz transkurentne rasjedne sustave koji su uzrokovali otvaranje depresija, te uz manje lokalne rasjedne sustave reverznog i normalnog tipa koji se javljaju zbog širenja ili tonjenja prostora. Uz pravilno određivanje taložnog mehanizma moguće je opisati model koji je vrijedio u opisanom prostoru, ali i u svim ostalim prostorima depresije sličnih paleogeomorfoloških i

litoloških značajki. Poseban je naglasak na litološke osobine, jer krupnoklastične rezervoarske stijene opisane u ovom radu mogu se činiti stratigrafske zamke.

Uz definiranje tektonskog i taložnog modela, te načinjen geokemijski model, raspolaže se s dovoljno podataka za uspješno naftnogeološko istraživanje nekog prostora ili bazena.

## 2. GEOGRAFSKA OBILJEŽJA

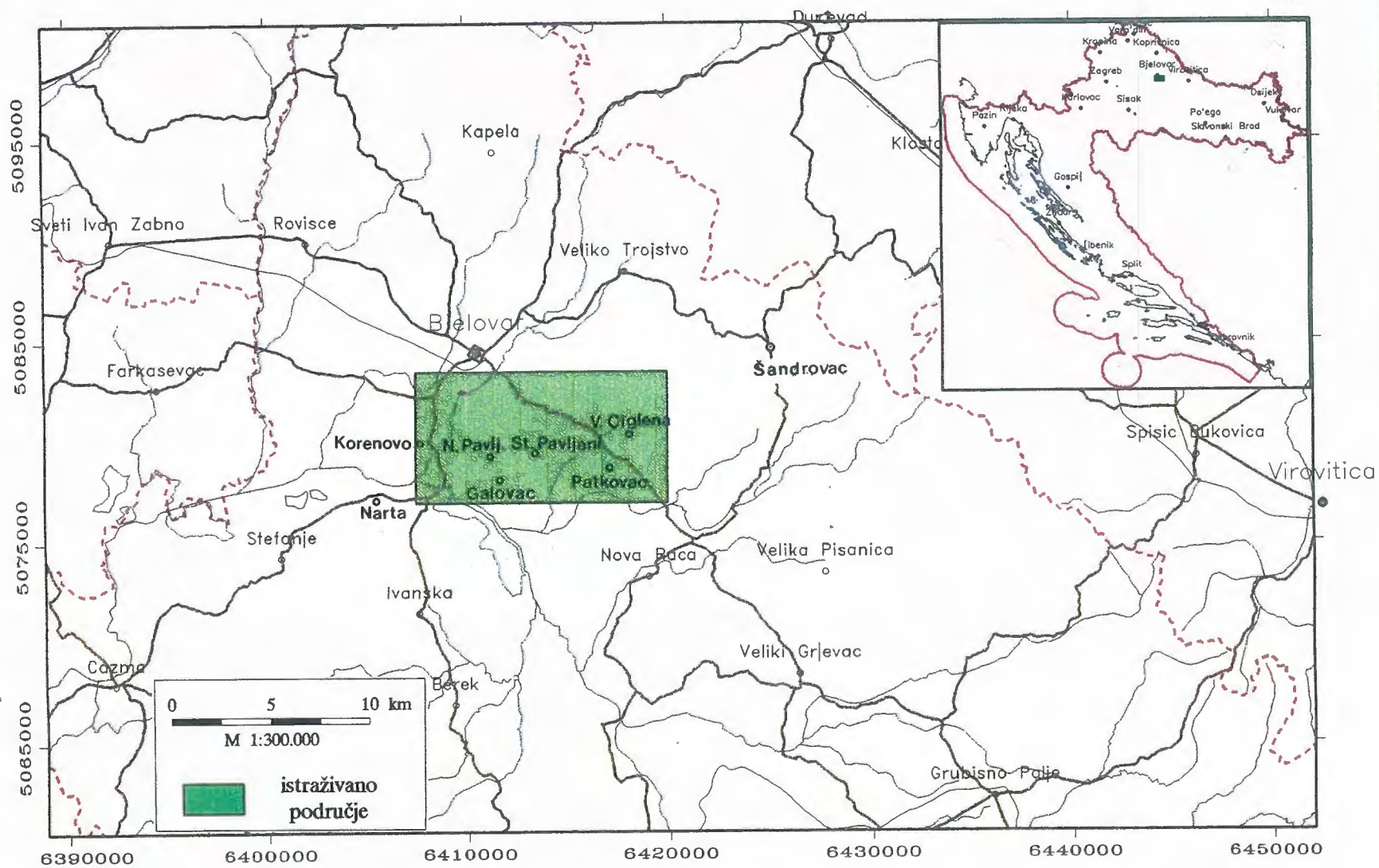
U ovom poglavlju opisani su objekti i pojave u prirodnoj sredini koji se zajednički zovu *fizička geografija*. Odvojeno su prikazana područja koje se bave prirodnim pojavama u reljefu i okolišu (hidrogeografija, klimatologija i geomorfologija), te one koje obrađuju pojave koje su posljedica ljudske djelatnosti (prometna geografija i geografija naselja - poleogeografija). Tim će podacima biti pridodan i strukturno-geomorfološki opis površine terena.

### 2.1. ZEMLJOPISNI SMJEŠTAJ

Bjelovarska depresija pripada najistočnijem dijelu Središnje Hrvatske (ŽULJIĆ, 1974). Granice bjelovarske depresije određene su na temelju geoloških odnosa s kojima se dobro podudara površinska morfologija. Zemljopisno su rubovi depresije određeni gorom Kalnik (643 m) na sjeverozapadu, Bilogorom (288 m) na sjeveroistoku, Papukom (953 m), Ravnom gorom (854 m) i Psunjem (984 m) na istoku i jugoistoku, te Moslavačkom gorom (489 m) na jugu. Na jugozapadu, između Kalnika i Moslavačke gore, bjelovarska depresija ograničena je dijelom Lonjskog polja nastalim prije utjecanja rijeke Zeline u rijeku Lonju. Na jugu, između Moslavačke gore i Psunja smjestila se dolina koju su urezale rijeke Ilova i Pakra probijajući se prema jugu.

Većina spomenutih gorja predstavlja izdignute dijelove paleozojskih i mezozojskih stijena. Jedino se Bilogora započela izdizati u pliocenu što se nastavlja kroz kvartar. Na asimetričnost Bilogore ukazao je PRELOGOVIĆ (1974a) koji navodi: *"Naročito se ističe glavna horst-antiklinala Bilogore i to u središnjem i istočnom dijelu. U zapadnom dijelu, oko Miokovićeve, te u većini slučajeva u dubokom dijelu Drave obično je aktivniji rasjed na jednom krilu strukture, čime se postiže asimetričnost. Interesantno je, da je gotovo uvijek aktivniji rasjed duž sjevernog krila struktura."* Asimetričan oblik Bilogore ukazuje na izdizanje. ROGLIĆ (1974) na temelju rasporeda vodenih tokova određuje starost pojedinih strana Bilogre. On ističe kako je pridravska strana strmija, dok je ona južna prema porječju Česme i Ilove blaža i dolinama rebrasto raščlanjena. Jača usmjerenost otjecanja prema jugu (u porječje Save), te usječenost dolina vodenih tokova i preko gorskog bila dokazuju da je sjeverna (pridravska) strana mlađa.

Istraživano područje (slika 1) smješteno je na sjevernom dijelu bjelovarske depresije, od sjevernih obronaka Bilogore na sjeveroistoku do sela Narta na jugozapadu. Ovdje se načinilo 16 dubokih bušotina nabrojanih u tablici 1. Naftno polje Galovac-Pavljani, sa šest bušotina, nalazi se na području približno trokutastog oblika kojemu vrhove predstavljaju sela Stari Pavljani (5 km jugoistočno od Bjelovara), Novi Pavljani (4,5 km južno od Bjelovara) i Galovac (5 km južno od Bjelovara). Oko 4,5 km zapadno-jugozapadno od sela Galovac smješteno je selo Narta, a 4 km sjeverozapadno selo Korenovo. U blizini mjesta načinjene su istraživačke bušotine (Nar-1 i Kor-1). Od sela Galovac 6,5 km sjevernoistočno, a 7,5 km jugoistočno od grada Bjelovara nalazi se selo Velika Ciglana gdje su izrađene tri bušotine (VC-1, VC-1 $\alpha$  i VC-2) kojima je pronađeno geotermalno polje Velika Ciglana. Približno 2 km jugoistočno od njih izađena je bušotina Ptk-1 kod sela Patkovac. Jedna bušotina naftno-plinskog polja Šandrovac smještenog na jugoistočnom dijelu Bilogore, također je unutar istraživanog područja (Ša-167 $\alpha$ ). Udaljena je približno 14 km od Bjelovara na istok, te 8,5 km od Velike Ciglane prema sjeveroistoku. Topografska karta šire okolice ispitanog područja prikazana je na slici 2.



Slika 1: Zemljopisni smještaj istraživanog područja.



Slika 2: Topografska karta šire okolice istraživanog područja.



Tablica 1: Duboke bušotine smještene na obradenom području.

Bušotina	X	Y	Nadmorska visina (m)	Konačna dubina (m)	Godina bušenja
Pav-1	5.079.185,74	6.412.687,21	133,18	1803,0	1991.
Pav-2	5.078.671,00	6.412.922,02	125,24	1381,0	1992.
Pav-4	5.079.611,99	6.412.864,91	137,71	1250,0	1992.
Pav-5	5.079.553,00	6.412.284,99	135,35	1938,0	1993.
Pav-5 $\alpha$	5.079.553,00	6.412.284,99	135,35	1296,0	1993.
Pav-6	5.079.345,03	6.413.114,14	138,61	1240,0	1994.
Gal-1	5.079.147,06	6.412.304,30	128,92	1240,0	1995.
Gal-1 $\alpha$	5.079.147,06	6.412.304,30	128,92	1244,0	1995.
Kor-1	5.079.575,26	6.408.738,33	111,45	1457,9	1958.
Nar-1	5.077.408,99	6.407.938,19	123,89	956,5	1963.
Ptk-1	5.078.294,95	6.416.643,13	120,34	2602,0	1996.
VC-1	5.079.623,69	6.418.552,90	129,71	4790,0	1989/90.
VC-1 $\alpha$	5.079.623,69	6.418.552,90	129,71	2956,0	1990.
VC-2	5.079.767,00	6.417.228,00	128,00	2526,0	1995.
Ša-167	5.083.007,58	6.419.944,02	206,94	1353,0	1972.
Ša-167 $\alpha$	5.083.007,58	6.419.944,02	206,94	2127,0	1972.

## 2.2. HIDROGRAFSKA MREŽA

Mreža tekućica na području bjelovarske depresije vrlo je razgranata. Najveće tokove predstavljaju rijeke Česma i Ilova koje izvire na istočnim obroncima Bilogore, te zatim teku pretežno prema jugozapadu, s time da Česma nedugo nakon što obide Grubišno polje sa zapada naglo skreće pod kutom od gotovo 90° prema sjeverozapadu tekući tim smjerom do sela Narta. Tamo ponovo počinje skretati i usmjeravati svoj tok prema jugozapadu. Zbog skretanja, rijeka Česma protječe sjevernim i sjeverozapadnim dijelom, a rijeka Ilova istočnim i jugoistočnim dijelom bjelovarske depresije, omeđujući donjim dijelovima svojih tokova Moslavačku goru s dvije strane. Malo veću rijeku predstavlja još Pakra koja izvire na južnim padinama Papuka, a zatim probija svoj tok uskom dolinom koja dijeli Papuk i Pšunj. Nakon izlaska iz te doline naglo skreće i nastavlja teći uz rub Pšunja, prvo približno u smjeru zapada, a zatim jugozapada. Zajedno s rijekom Ilovom urezala je dolinu između Moslavačke gore i Papuka. Ilova i Pakra utječu u Trebež, dok zapadnije Česma utječe u Lonju. Cijeli slijev pripada nizinskom području Lonjskog polja, smještenom na lijevoj strani rijeke Save.

U hidrogeografskom pogledu područje bjelovarske depresije pripada savskom pojasu otjecanja. Obilje vode ovog područja više je rezultat sastava zemljišta i njegovih hidrogeoloških osobina nego hidrometeoroloških prilika. Prema MILETIĆU (1968) obzirom na hidrogeološke osobine treba razlikovati *hidrogeološku jedinicu temeljnog gorja i taložine tercijara i kvartara*. Slično RIĐANOVIĆ (1974) izdvaja kao hidrogeološke jedinice *stijene u podlozi tercijarnog sistema i tercijarno-kvartarne naslage*.

Stijene u podlozi tercijarnog sistema izgrađuju osnovu Papuka, Pšunja i Moslavačke gore. To su stijene sekundarne poroznosti (RIĐANOVIĆ, 1974). Izvori u njima malih su kapaciteta, silaznog tipa i razbijenog izvorišta (MILETIĆ, 1968). Tek mali broj tih izvora ima kapacitet od 1 ili više litara u sekundi (izuzetno preko 10 ili čak 20 l/s), a oni se najvećim

dijelom nalaze u karbonatnim sedimentima (MILETIĆ, 1968) Zato u takvim stijenama nema uvjeta za stvaranje većih akumulacija vode.

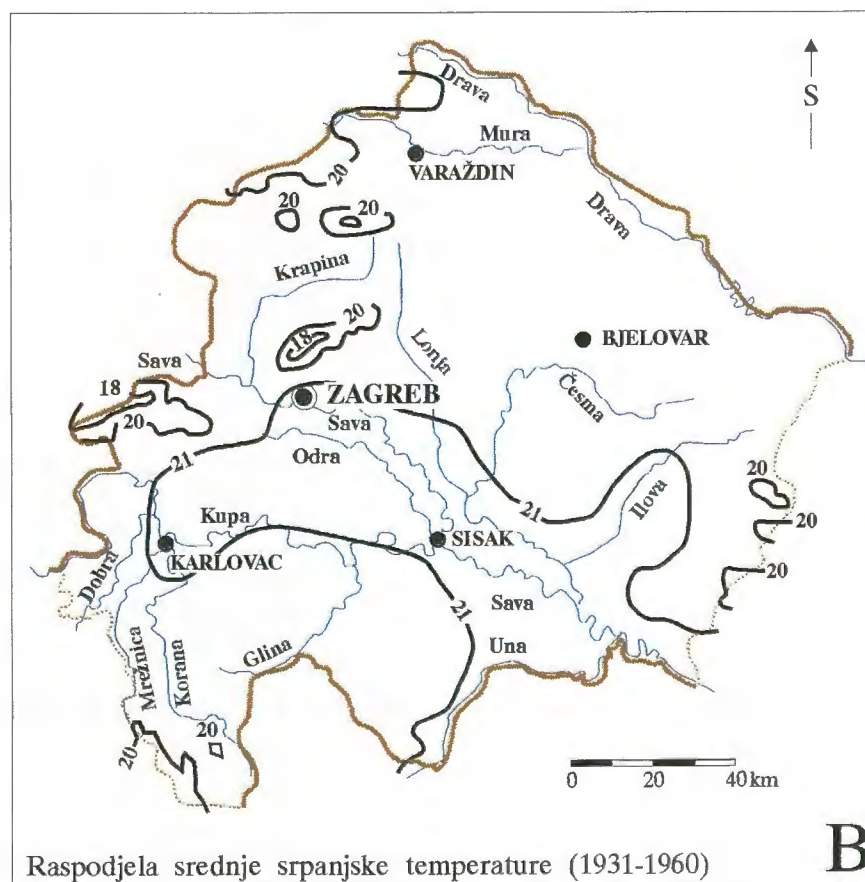
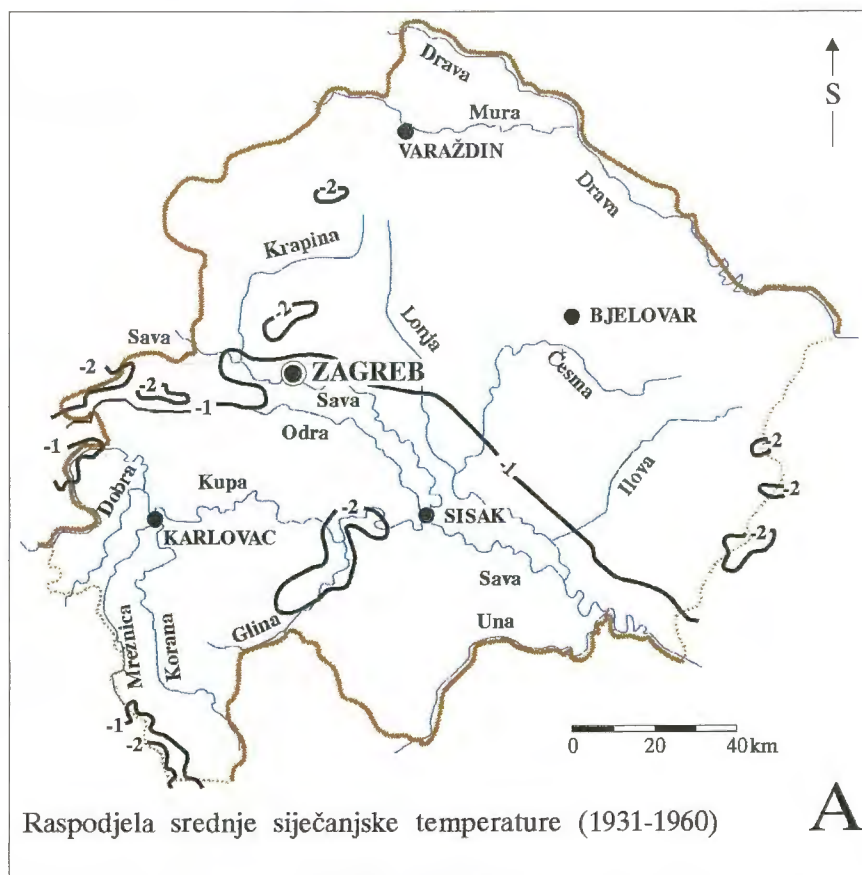
Tercijarne i kvartarne naslage izgrađuju *rebrasto-brežuljakste predjele* porječja savskih pritoka, *potočne doline* na padinama gorja i na *kvartarne vodonosne slojeve* savske i dravske nizine (RIĐANOVIĆ, 1974). Sedimenti tercijara i kvartara predstavljaju najvrijednije nositelje podzemne vode na području sjeverne Hrvatske (MILETIĆ, 1968). Hidrogeološki gledano brežuljkasti predjeli, uglavnom u tercijarnim, a tek ponegdje u kvartarnim naslagama, sastoje se od vodonosnih stijene primarne poroznosti (RIĐANOVIĆ, 1974). Na području bjelovarske depresije to su porječja Česme i Ilove, te manje tekućice na prigorjima Kalnika, Bilogore i padinama Moslavačke gore. Vodna ploha temeljnice prati reljef terena i u skladu je s hidrogeološkim osobinama stijena. Dubina na kojoj se nalazi podzemna voda naglo se mijenja. Izvori su silazanog tipa, a zbog česte izmjene stijena različite su propusnosti i kapaciteta (do 1 l/s). Iako je izdašnost izvora mala, mnogo ih je, te stalno opskrbljuju brojne tekućice. Najdublji bunari dosegli su dubinu od 180 m, a najveći kapacitet bunara je do 10 l/s. U nizinskim i ravničarskim predjelima uz veće rijeke (Česma, Ilova, Pakra) vodonosnici su kvartarne starosti. U kvartarnim sedimentima vertikalno i bočno se izmjenjuju pijesci često sa šljunkom, glina i mnogobrojni proslojci treseta, dok je čisti šljunak rijedak (MILETIĆ & URUMOVIĆ, 1975). Od zapadu prema istoku broj vodonosnih slojeva i tlak u njima općenito se povećavaju, a kapacitet izvora i vodopropusnost naslaga padaju (MILETIĆ, 1968).

### 2.3. KLIMATSKA OBILJEŽJA

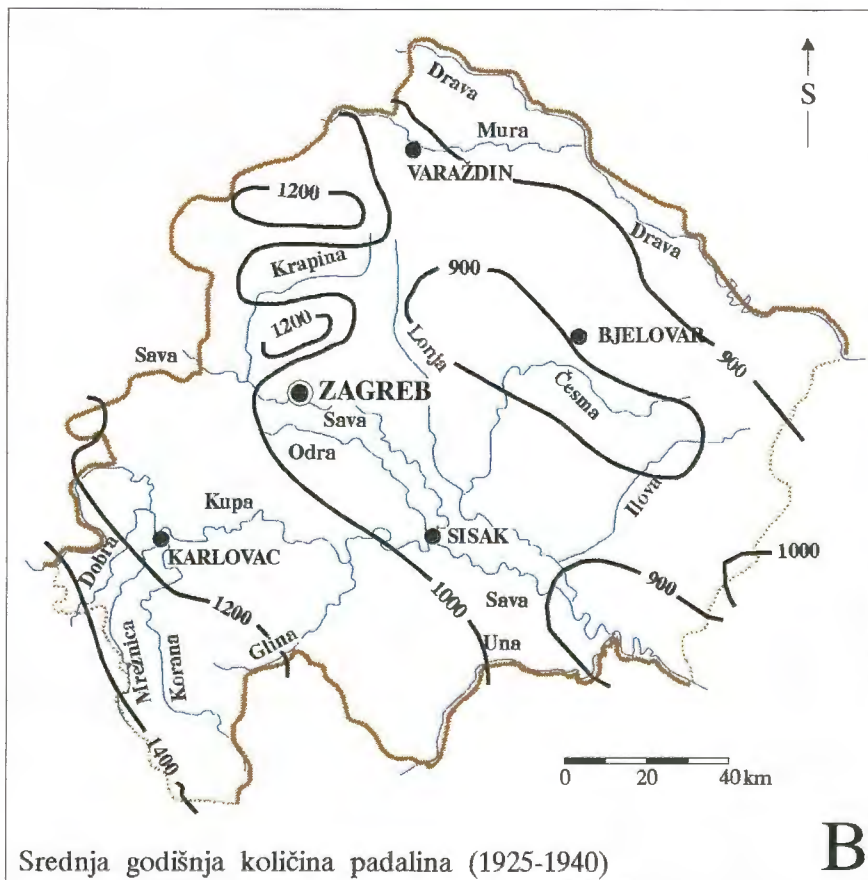
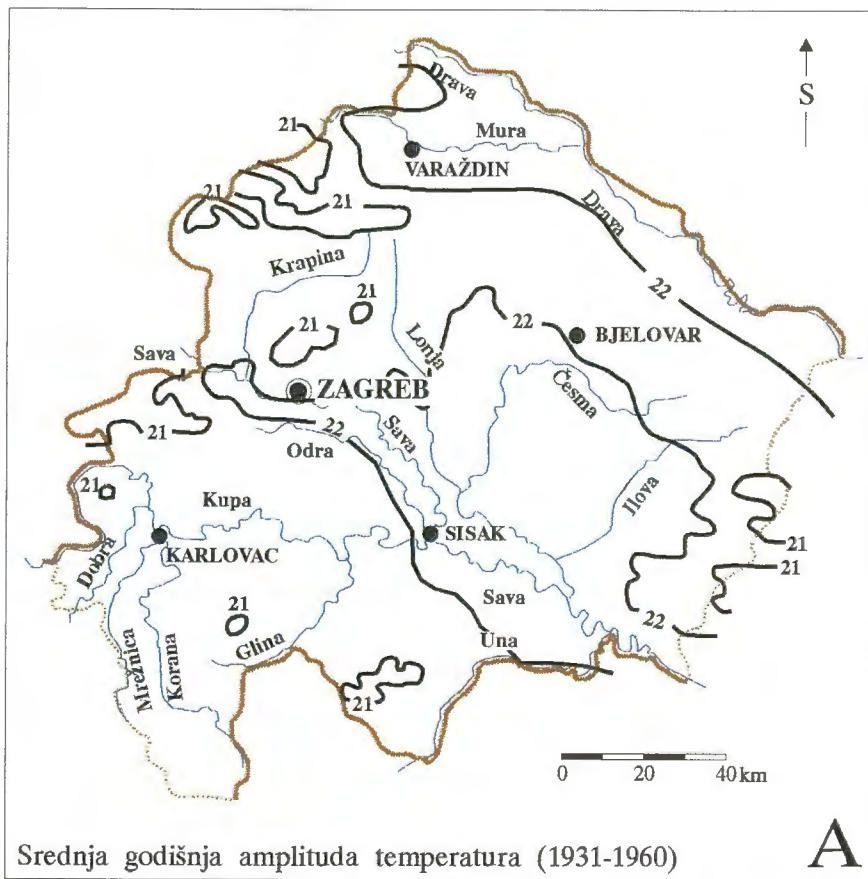
Bjelovarska depresija zemljopisno pripada području Središnje Hrvatske koji je dio Panonske nizine. U klimatskom pogledu ovo je prijelazno područje gdje na klimu utječu opća zračna strujanja karakteristična za ove geografske širine. Na smjer strujanja utječu Panonska nizina i veliki planinsko-gorski sustavi Alpi i Dinarida. Ti planinsko-gorski sustavi donekle slabe utjecaj Atlantskog oceana, a osobito Sredozemnog mora (ŠEGOTA, 1974).

Kao dio Panonske nizine, bjelovarska depresija je tijekom cijele zime ispunjena hladnim zrakom, a kontinentalno obilježje očituje se u relativno malom horizontalnom gradijentu temperature kako zimi tako i ljeti. Razlike srednje siječanjske temperature raznih dijelova tog područja vrlo su male. Ta temperatura iznosi oko  $-1^{\circ}\text{C}$ , a tek na rubovima slavonskih gora Papuka i Psunja ocrtava se izoterma  $-2^{\circ}\text{C}$ . Siječanjska srednja temperatura može biti nešto niža jedino oko riječnih dolina, što je posljedica jačeg hlađenja tih područja, odnosno općenito jačeg hlađenja konvavnih reljefnih oblika. Također i kod srednje srpanjske temperature postoji mali horizontalni gradijent, tj. male razlike temperature, na području cijele bjelovarske depresije. Može se primijetiti pružanje izoterme  $21^{\circ}\text{C}$  koja prodire dolinom Ilove prema sjeveroistoku, što ukazuje na utjecaj malih razlika u nadmorskoj visini, tj. potvrđuje pravilo da su ljeti najtopliji niži reljefni oblici (npr. riječne doline). Raspodjela srednjih srpanjskih i siječanjskih temperatura odražava utjecaj kontinentalnosti. Iz njihove razlike dobiva se srednja godišnja amplituda temperature koja opada s porastom nadmorske visine.

U geografskoj raspodjeli padalina opaža se pravilo da je njihova količina veća u gorskim, a manja u nizinskim predjelima. Tako se područja Kalnika, Bilogore i rub slavonskog gorja ističu poput otoka s više padalina od okolnih nižih krajeva. "Otok" izohijete od 900 mm u izvorišnom području rijeka Lonje, Česme i Ilove posljedica je normalnog smanjivanja količine padalina od zapada prema istoku koje je prekinuto višim reljefom Bilogore.



Slika 3: Raspodjela srednjih siječnjaških i srpanjskih temperatura na području Središnje Hrvatske (iz: Geografija SR Hrvatske, 1974).



Slika 4: Raspodjela srednje godišnje temperature i količina padalina na području Središnje Hrvatske (iz: Geografija SR Hrvatske, 1974).

## 2.4. VEĆA NASELJA I PROMETNA POVEZANOST

Ulogu gradskog središta bjelovarske depresije ima grad Bjelovar. No, on nije regionalno središte u punom smislu jer čitava regija nema izrazitog gradskog središta koje bi svojim funkcijama zadovoljavalo potrebe čitavog kraja.

Cijeli se kraj odlikuje većim brojem mikroregionalnih središta koja nadopunjuju ulogu Bjelovara kao najvećeg grada u regiji. Tako postoje mikroregionalna središta Daruvar i Pakrac na zapadnim obroncima Papuka i Psunja, te Križevci istočno od Kalnika. Još manja, područna, središta bili bi Čazma na sjeverozapadu i Garešnica na jugoistoku Moslavačke gore, Grubišno polje oko 12 km sjeverozapadno od Daruvara, te Vrbovec oko 20 km jugozapadno od Križevaca, na cesti prema Zagrebu.

Bjelovar je željeznicom preko Križevaca povezan sa Zagrebom. To nije i najkraći put, jer bi takav pravac predstavljala pruga koja bi iz Bjelovara bila izravno usmjerena k Gradecu. No, današnje stanje posljedica je izgradnje željezničke mreže koju su provodile Mađarske željeznice još krajem 19. stoljeća kada se sav promet usmjeravao prema Mađarskoj. Poslije se razvio cestovni promet koji je potisnuo potrebu za stvaranjem gušće željezničke mreže pa se nisu gradile nove veće pruge, nego je, suprotno tomu, cjelokupni bjelovarski sustav lokalnih željezničkih pruga zatvoren, a preostala je tek pruga Bjelovar-Križevci.

Najvažniji cestovni pravci u regiji su Koprivnica-Zagreb, te Đurđevac-Bjelovar-Zagreb. Gospodarski je najvažniji regionalni cestovni pravac koji iz Đurđevca ide do Bjelovara, a zatim se nastavlja preko Vrbovca do Zagreba. Na zapadu bjelovarske depresije nalazi se magistralna cesta koja povezuje sjevernu granicu Hrvatske na Dravi s južnom granicom na Savi. Ta cesta započinje u Terezinom polju (granični prijelaz prema Republici Mađarskoj), zatim ide preko Virovitice, prelazi jugoistočne obronke Bilogore i dalje preko Grubišnjog polja, Daruvara, Pakraca, Lipika i Okučana ide sve do Stare Gradiške (granični prijelaz prema Republici Bosni i Hercegovini). Uz ta dva glavna prometna pravca postoji razgranata mreža cesti nižeg reda koje dobro povezuju sva veća mjesta cijele regije.

## 2.5. GEOMORFOLOŠKA ANALIZA

Podaci o geomorfološkim obilježjima potječu su iz Tumača za osnovnu geološku kartu - list Bjelovar (M 1:100.000) gdje je detaljnu geomorfološku analizu dao HEČIMOVIĆ (1987). Prikaz naziva i geomorfoloških tipova struktura koje će biti spomenute preuzete se upravo od spomenutog autora.

Prema Osnovnoj geološkoj karti M 1:100000 - list Bjelovar (KOROLIJA & CRNKO, 1986) najveći dio površine bjelovarske depresije (oko 90%) prekriven je kvartarnim naslagama lesa i aluvijalnih nanosa. Tek na jugu na površini se nalaze paleozojske stijene - kristalin Moslavačke gore. Na geomorfološkoj karti (HEČIMOVIĆ, 1987) izdvojena su dva morfofenetska tipa reljefa: padinski i fluvijalni, te njihovi oblici i starost.

Padinski tip u sebi objedinjuje tri vrste reljefa. Najstariji je eruptivno-metamorfni kompleks Moslavačke gore stvoren kroz neogen i kvartar (Ng-Q). Na rubovima Moslavačke gore i Bilogori reljef je nastao za vrijeme najjačeg izdizanja u pliocenu i kvartaru (Pl-Q). Najmlađi reljef je gornjopleistocenske starosti (Q<sub>1</sub>) stvoren nakupljanjem eolskog materijala.

Fluvijalni reljef je holocenske starosti ( $Q_2$ ). Nastao je erozijom u raščlanjenom reljefu. Erodirani materijal se prenosio vodom i taložio na mjestima najvećih lokalnih spuštanja. Nastale su aluvijalne naslage kao npr. u dolini Česme.

Na većem je dijelu bjelovarske depresije do glavnog izdizanja došlo u kvartaru, ali su strukture naslijedene iz pliocena. Tri glavne strukture su Moslavačka gora na jugu koja se izdigla u neogenu, Bilogora na sjeveru izdignuta u pliocenu i kvartaru i područje bjelovarske depresije između njih najvećim dijelom spušteno u kvartaru. Najveći spuštene predjeli ne zahvaćaju istraživano područje. To je prostor između Crikvene i Bjelovara i uleknina kod Medurače. Te spuštene morfostrukture zajedno čine bjelovarsku depresiju. Njihovo spuštanje započelo je u pliocenu, a najveće se tonjenje odvijalo u kvartaru.

Geomorfološki oblici dijele se na indikacije područja izdizanja, spuštanja i rasjedanja što je prikazano na geomorfološko-neotektonskoj karti (slika 31).

Nekoliko geomorfoloških oblika ukazuju na izdizanje. Prema geomorfološko-neotektonskoj karti, u široj okolini istraživanog područja, to su centrifugalni tip erozijske mreže kod Šandrovca, kratke doline nižih redova koje brzo prelaze u doline viših redova i strme strane dolina s izraženom erozijom dna na Bilogori i lučne (koljeničaste) anomalije doline Bjelovarske rijeke. Također su izdvojene lokalno izdignute morfostrukture južno od Narte (antiklinala) i istočno od Bjelovara (strukturni nos).

Manje lokalne spuštene strukture prema centripetalnom tipu erozijske mreže zapažaju se na području Velike Ciglene i Patkovca. Spušteni oblici zapažaju se i uz Česmu, na što ukazuju mlake i močvarišta.

### 3. POVIJEST ISTRAŽIVANJA

Većina istraživanja koja su obuhvatila bjelovarsku depresiju prvenstveno se odnose na okolne prostore savske i dravske potonine, te gorja koja graniče depresiju, a posebno na područje Moslavačke gore. Tako su ustanovljeni geološki odnosi bjelovarske depresije predstavljali tek manji dio rezultata tih istraživanja. Ipak, nekoliko je geoloških istraživanja učinjeno i na području koje danas nazivamo bjelovarskom depresijom.

Godine 1852. VUKOTINOVIĆ daje prvu geološku skicu Moslavačke gore s izdvojenim granitima i gnajsevima okruženim terciarnim naslagama. HAUER je između 1867. i 1871. prikupio podatke i objavio prvu preglednu geološku kartu područja Bilogore na kojoj su izdvojeni kongerijski slojevi, belvederski i kvartarni šljunci, te les. KOCH (1889) objavljuje preglednu geološku kartu Moslavačke gore.

Prvi pokušaji pronalazjenja ležišta nafte i plina u dravskoj potonini načinjeni su 1855. godine na padinama Kalnika u području Poganca i Ludbrega. Radovi su povremeno prekidani i obnavljani sve do 1907. godine, a završeni su bez uspjeha, te je o njima sačuvano vrlo malo podataka (PLETIKAPIĆ, 1964).

Početkom 20. stoljeća TUĆAN (1904) piše o pegmatitima kristalina Moslavačke gore, a KOCH (1906) opisuje kristalaste škriljavce okolo granitne jezgre i izdvaja les i aluvij.

Novi radovi u cilju otkrivanja ležišta ugljikovodika načinjeni su na području Sedlarice i Marinovaca, od 1922. do 1923. godine. Izbušeno je ukupno 2570 m, no rezultati su i taj put izostali.

Prvo veće istraživanje pred II. svjetski rat provela je tvrtka Petrolej, d.d., sa tadašnjim sjedištem u Beču. Istraživalo se i kroz razdoblje rata od 1939 do 1942. godine. Za to vrijeme snimljena je regionalna gravimetrijska karta velikog dijela dravske potonine. Načinjene su dvije duboke istraživačke bušotine kod Ludbrega i jedna kod Grubišnog Polja ukupne dubine 5227 metara, zatim blizu 30 plitkih istraživačkih bušotina kod Ludbrega i Poganca, te još 5 kod Ludbrega pod nazivom "Bednja" ukupne dubine 2350 m (OŽEGOVIĆ, 1944).

Nakon završetka II. svjetskog rata pažnja je ponovo usmjerena na otkrivanje ležišta na strukturi Sedlarica i na tada novootkrivenoj strukturi Lepavina. U razdoblju od 1949. do 1952. godine izrađeno je osam istraživačkih bušotina, ukupne dubine 8974 metara, no bez rezultata. Također je izrađen veći broj plitkih istraživačkih bušotina kod Lepavine, Sokolovca, Mosti i Sedlarice (RUBINIĆ, 1954).

Iz spomentih istraživanja nisu proizašli zadovoljavajući rezultati, tj. nisu otkrivene veće količine ugljikovodika. Zato od 1956. godine dolazi do promjene pristupa istraživanju. Umjesto usmjeravanja na pojedinačne lokalitete odlučeno je započeti s izradom većeg broja regionalnih dubokih istraživačkih bušotina. Na taj način pažnja je prvenstveno usmjerena na regionalne istraživačke radove radi utvrđivanja ukupnih potencijalnih zaliha cijele potonine. U tom trenutku stupanj istraženosti bio je vrlo neujednačen. Postojale su male i gotovo neistražene površine kao prigorje Kalnika i Moslavačke gore, dok je nasuprot njih stajala glavna potoninska zona s relativno velikim stupnjem istraženosti. Usmjeravanje na regionalne radove dalo je rezultate pa je krajem pedesetih i početkom šesdesetih godina u dravskoj potonini otkriveno nekoliko naftnih i plinskih polja, npr. Cabuna (Levinovac), Ferdinandovac, Jagnjedovac i Šandrovac.

Kako bi se podrobnije ispitala naftnoplínonosnost prostora bjelovarske depresije, 1958. godine izadana je istraživačka bušotina Korenovo-1 smještena na sjevernomoslavačkoj antiklinali. No, niti u jednom propusnom horizontu nisu bile utvrđene pojave ugljikovodika. Nakon toga uspješno su provedena istraživanja kod Šandrovca na sjevernim obroncima Bilogore. Otkriveno je naftno-plinsko polje s ležištima u naslagama donjeg pontu ("abichi-naslagama") što je ponovo potaklo istraživanja na području bjelovarske depresije. Kako su pješčenjački slojevi "abichi-naslaga" dokazani i u bušotini Korenovo-1 istraživanja su ponovo prebačena na područje sjeverno od Moslavačke gore, tj. na strukturu sjevernomoslavačke antiklinale u središnjem dijelu bjelovarske depresije. Već je ranije uočeno da su u tom prostoru istaložene velike količine tercijarnih sedimenata koji bi mogli sadržavati potencijalne kolektorske stijene za naftu i plin. Uz već poznato polje Gojlo nešto ranije je na južnom i jugozapadnom dijelu Moslavačke gore, u prostoru savske potonine, otkriveno nekoliko naftnih i plinskih polja (Kloštar, Šumečani, Bunjani, Ivanić-Grad) uz već poznato polje Gojlo. Zato je 1963. godine izrađena bušotina Narta-1 čiji je cilj bio probušiti moguće pješčenjačke kolektore te nabušiti stijene u podlozi tercijarnog sistema. Očekivalo se isklinjavanje tercijarnih naslaga na sjeveroistočnom rubu Moslavačke gore što bi dovelo do stvaranja stratigrafskih zamki u pješčenjačkim slojevima. No, bušotinom nisu ustanovljena ležišta ugljikovodika. Razlog je vjerojatno što su u ovom dijelu bjelovarske depresije stijene u podlozi tercijarnog sistema još uvijek relativno duboko smještene. Najdublji dijelovi depresije imaju debljinu tercijarnih sedimenata preko 2500 m, a ovdje se stijene u podlozi tercijarnog sistema nalaze na 800 m dubine (NAJDENOVSKI & HAJNŠEK, 1982). To je puno pliće, ali još uvijek nedovoljno da bi došlo do isklinjavanja tercijarnih naslaga uz rub masiva Moslavačke gore.

Istraživalo se i na istočnoj strani bjelovarske depresije. Tako su 1961. godine na već ranije istraživanom, lokalitetu Grubišno polje izadane dvije nove bušotine (Grubišno polje-2 i Grubišno polje-3) koje su označene kao negativne jer su pronađeni samo tragovi ugljikovodika. Zbog otkrića drugih, većih, polja (npr. naftno polje Stružec u savskoj potonini) nastupio je prekid istraživanja u ovom dijelu bjelovarske depresije.

Međutim, površinska geološka istraživanja provode se i dalje, najviše u području Moslavačke gore. Tako JURIŠA (1962) na zapadu gorja (kod Vrtlinske) izdvaja predtercijarne granite i gnajse, naslage tortona, sarmata, mioplIOCena (panon i pont), te kvartara (pleistocen i holocen). Na sjeveroistoku Moslavačke gore ŠIMUNIĆ (1964), uz već određene predtercijarne magmatite i metamorfite i badenske taložine, kartira i "rhomboidea-naslage" gornjeg pontu.

Obilje novih podataka dalo je materijala za podjelu dravske potonine na više naftnogeoloških zona. To je načinjeno na temelju strukturnih (GJETVAJ et al., 1962), litofacijesnih (JURKOVIĆ, 1962; URBIHA, 1962) i hidrogeoloških (HRNČIĆ, 1962) karata. Tim kartama određeni su položaji drevnih razvodnica i vodenih tokova, te pretpostavljeni glavni putovi migracije i položaji strukturnih i stratigrafskih zamki. Na temelju tih rezultata i uz već poznata naftna i plinska polja ukupno je izdvojeno deset naftnoplínonosnih zona, koje su pojedinačno obilježene geografskom cjelovitošću, približno jednakim debljinama sedimenata i dubinom rezervoarskih stijena, te vrstom zamki. Redom su to (PLETIKAPIĆ, 1964):

- zapadnobilogorska (34% potencijalnih zaliha),
- papučko - krndijska (27%),
- moslavačka (22,50%),
- istočnobilogorska (6,50%),
- podkalnička (4,00%),
- vilanjsko - mečečka (3,00%),
- južnogergeška (1,50%),
- podbilogorska (1,00%),
- središnja potoninska (0,25%) i



- legradski prag (0,25%).

Prema istom autoru u cijeloj potonini potencijalne zalihe ugljikovodika raspodijeljene su tako da je 56% zaliha u ležištima sa stratigrafskim, 39% u ležištima sa strukturnim zamkama (31% rasjednuta ležišta, 8% antiklinalna ležišta) i 5% u ležištima s kombiniranim zamkama. Također je predviđeno da se 90% potencijalnih zaliha nalazi na dubini manjoj od 1750 metara. Rezultati su bili vrlo optimistični i poticajni za daljnje istraživanje, posebno jer su ležišta pretpostavljena na relativno manjim dubinama. Predviđenih 56% zaliha u ležištima sa stratigrafskim zamkama značajno je i u današnje vrijeme kada se pažnja sve više posvećuje dosad slabo istraženim ležištima u spomenutim tipovima zamki.

Približno u isto vrijeme HANICH (1964) fotogeološki obrađuje vrbovečko-moslavačku i bilogorsku zonu, dok nešto kasnije PRELOGOVIĆ et al. (1969) morfometrijski obrađuju strukture Bilogore.

U drugoj polovici šesdesetih i u sedamdesetim godinama objavljen je veliki broj radova o strukturnim i stratigrafskim odnosima cijele dravske potonine kao i njezinih pojedinih zona. Opisani geološki odnosi u pojedinim zonama obuhvaćali su i područja koja pripadaju bjelovarskoj depresiji ili graniče s njom. Spomenimo samo neke od njih. Na području Bilogore opisani su tektonski (HAJNŠEK, 1971), te litofacijsni odnosi mlađih neogenskih i kvartarnih naslaga (KRANJEC et al., 1971). U istom radu KRANJEC et al. (1971) utvrđuju kako su konture morfostrukturnih jedinica bjelovarske depresije, bilogorskog masiva i dubokog dijela dravske potonine stvorene u miocenu. Načinjen je prikaz tektonskih odnosa za zapadni dio dravske potonine i kutinsku zonu (NAJDENOVSKI, 1974). PRELOGOVIĆ (1975) objavljuje neotektonsku kartu Hrvatske.

Početak osamdesetih godina pojavljuju se prvi radovi koji obrađuju samo područje bjelovarske depresije. Prva detaljna obrada uslijedila je 1980. godine kada su opisane strukture i sedimentacijski razvoj na području bjelovarske depresije (NAJDENOVSKI & HAJNŠEK, 1980). Urađene su strukturne karte, karte izopaha i karte konsedimentacijskog razvoja struktura za obrađene intervale. Na osnovu toga rada planirani su daljnji geofizički radovi, a posebno seizmičko profiliranje. Ono je urađeno tijekom 1980. godine. Na osnovi dobivenih podataka, postojećih bušotinskih podataka, te starijih i novijih seizmičkih profila reinteprirani su strukturni odnosi u bjelovarskoj depresiji i graničnom području između savske i dravske potonine (NAJDENOVSKI & HAJNŠEK, 1982). Dobivene strukturne karte po podlozi tercijarnih naslaga i reperima Rs5 i D<sub>3</sub>, te geološki profili potvrdili su rješenje iz njihova prethodna rada (1980), a generalno i prijašnja rješenja iz drugih radova. Izdvojeno je još nekoliko zanimljivih područja (Žabno, Žabljak i područje Bjelovara) koja bi trebalo detaljnije obraditi, a ovim radom po prvi put su povezane dravska i savska potonina na njihovom graničnom dijelu koji se pruža od Kalnika, preko Medvednice, Moslavačke gore i Psunja.

Devedesete godine bile su najznačajnije u pogledu potvrđivanja naftoplinonosnosti bjelovarske depresije. Prvo je 1991. i 1992. detaljno gravimetrijski i geomagnetski premjeren veći dio bjelovarske depresije (LOVRIĆ, 1992), a rezultati su prikazani na kartama mjerila 1:25000 i 1:100000. Obradeno je područje oblika nepravilnog peterokutnog poligona kojem bi vrhovi približno odgovarali položaju Vrbovca, Rijeke Koprivničke, Lepavine, Patkovca i Bereka. Zahvaćeno područje prekriva sjeverozapadni dio bjelovarske depresije i svojim najistočnijim krajem prekriva dio istraživanog područja u ovome radu.

Gravimetrijskim premjerom (LOVRIĆ, 1992) dobivene su karte Bouguerovih i rezidualnih anomalija na kojima je uočeno da se najznačajnije Bouguerove anomalije pojavljuju kao najistaknutije rezidualne anomalije, ali se osim njih na kartama reziduala pojavljuje i čitav

niz anomalija koje se na karti Bouguerovih anomalija samo naslućuju. Na gravimetrijskoj karti ističu se anomalija istočno od Križevaca, te dijelom zahvaćena anomalija sjeverozapadno od Lepavine. Prva anomalija ima uzrok u plitko smještenom izdignuću u stijenama u podlozi tercijarnog sistema. Bušotinom Križevci-1 (Kr-1), smještenoj na krilu pretpostavljene strukture, nabušeni su dolomiti i vapnenci na 800 m dubine. Lepavinska gravimetrijska anomalija pripada maksimumu kalničkog masiva i podudara se s magnetskom anomalijom. U bušotini Lepavina-1 (Lp-1) na dubini od 690 m nabušen je serpentin, vjerojatni uzročnik magnetske anomalije. Uz ove dvije najveće uočeno je još nekoliko manjih anomalija. To su pozitivna gravimetrijska anomalija sjeveroistočno od Pogančeca uzrokovana antiklinalom u starijim tercijarnim stijenama. Područje negativnih Bouguerovih anomalija sjeverno od Pavlovca Vrbovečkog razdvaja prostor pozitivnih anomalija na istoku od gravimetrijskog maksimuma kod Pogančeca. Niz negativnih anomalija na potezu Česma-Ivančani-Kapele-Cugovec-V. Lovrećine-Tkalec-G. Velika upućuju na osjetna zadebljanja mlađih sedimenata tercijara i razdvajaju antiklinale na istoku i sjeveru od onih na jugozapadu i zapadu. Veliki horizontalni gradijenti na bokovima anomalija ukazuju na rasjede.

Geomagnetska ispitivanja (LOVRIĆ, 1992) ukazala su na dvije izrazite magnetske anomalije kod Lepavine i Gregurovca. Na ostalom dijelu nema istaknutih magnetskih anomalija iz čega se može zaključiti da je kristalinska podloga uglavnom demagnetična, odnosno da u njoj nema znatnih lateralnih promjena magnetskog susceptibiliteta. Dok je kod Lepavine zabilježena i gravimetrijska anomalija kod Gregurovca to nije slučaj. Uzročnik anomalije kod Lepavine je magnetska stijena velikog magnetskog susceptibiliteta - serpentin nabušen u bušotini Lp-1 na 690 m. Mjereni geomagnetski podaci dobro se podudaraju s podacima iz bušotine, jer je prema njima izračunata dubina do gornje plohe tijela od oko 700 m, a širina tijela je procijenjena na 1300 m. Kod Gregurovca vjerojatni uzročnik magnetske anomalije je ograničeni prodor magnetične mase u naslage tercijara (dijabaz, serpentin). No dimenzije tijela su vjerojatno male jer bi veće tijelo izazvalo i gravimetrijsku anomaliju. Dubina do gornje plohe tijela izračunata je na oko 1000 m, a širina tijela je mala.

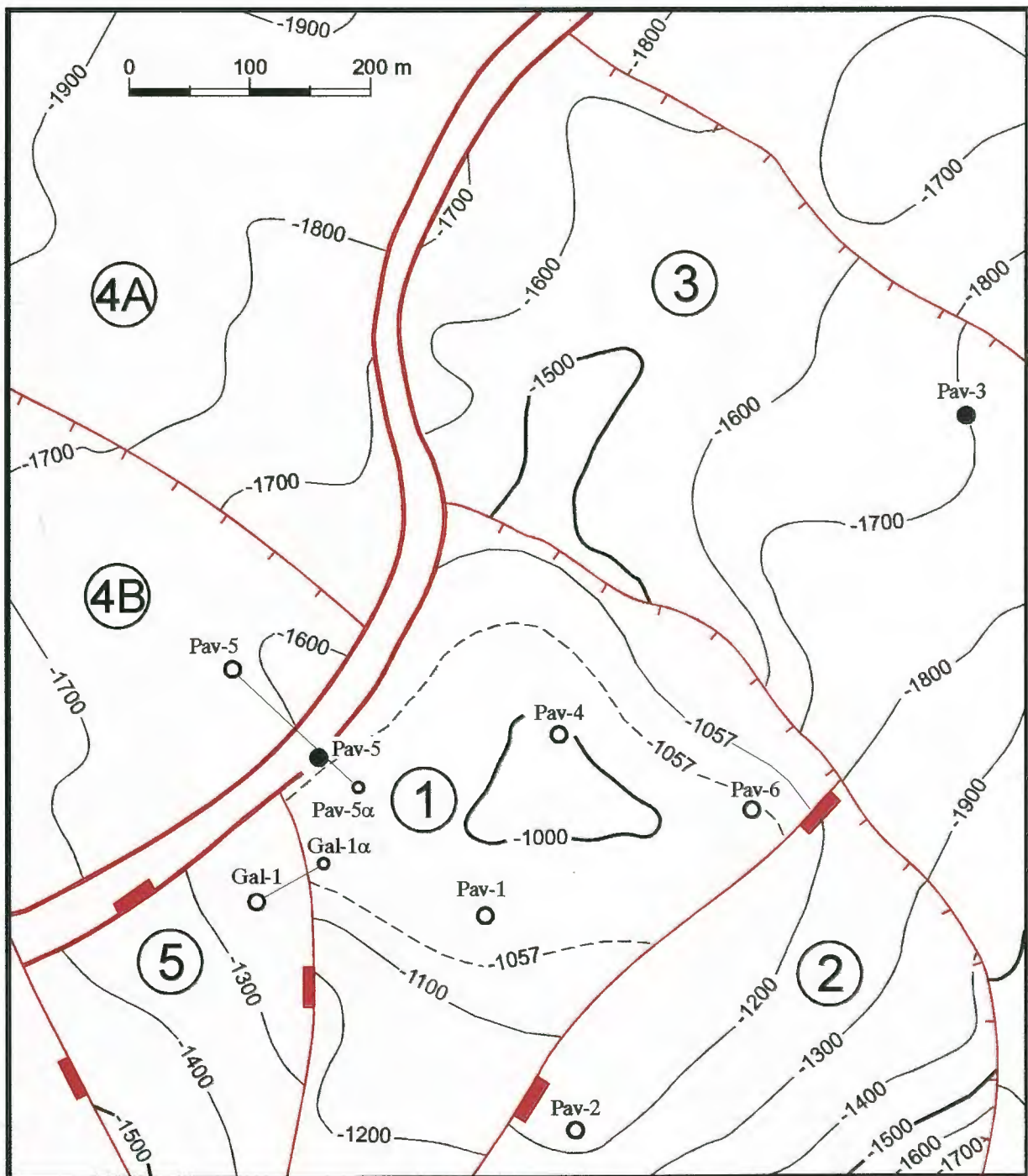
Radom autora LOVRIĆ (1992) nije se namjeravalo detaljnije ispitati područje šire okolice netom otkrivenoga naftnoga polja Galovac-Pavljeni (1991. godine), pa je tek dijelom zahvaćen njezin jugozapadni, južni i jugoistočni dio koji obuhvaća sela Nartu, Galovac i Patkovac. Slabije izraženi maksimumi na karti reziduala mogu se zapaziti između Patkovca i Galovca, te zapadno od Narte, dok se na karti geomagnetskih anomalija ti maksimumi ocrtavaju jedino istočno od Narte. Razlog zašto stijene u podlozi tercijarnog sistema na širem području polja Galovac-Pavljeni nisu bile jasno ocrtane gravimetrijskim ili magnetometrijskim maksimumom na spomenutim kartama leži u njihovim nešto većim dubinama od 1200 do 1400 m, te nemagnetičnosti (radi se o gabru i kvarcno-tinčastim škriljancima).

Godine 1991. izadana je istraživačka bušotina Pavljani-1 (Pav-1) na području između sela Stari i Novi Pavljani, te Galovac. Njome je u stijenama podloge tercijarnog sistema i badenskim brečama i brečokonglomeratima otkriveno naftno ležište, koje je pretpostavljeno na temelju prijašnjih mjerenja. Naftno polje je podijeljeno na pet tektonskih blokova (slika 5), te se u svakom pojedinačno željela utvrditi prisutnost ugljikovodika. Nakon što u bušotini Pav-2 (1992.), smještene na tektonskom bloku 2, nisu utvrđeni ugljikovodici odustalo se od bušenja ranije projektirane bušotine Pav-3 zbog procjene da niti njome ne bi bilo probušeno ležište. Kasnije je još samo bušotina Pav-5 (1993.) locirana izvan bloka 1 (na bloku 4B), no kako je i ona bila negativna iz istog kanala započeto je usmjereno bušenje kanala bušotine Pav-5 $\alpha$  (1993.) prema bloku 1 i ta je bušotina bila pozitivna. Sve ostale bušotine smještene na vrhu rasjednute izdignute strukture na nivou granice "Tg" na tektonskom bloku 1 (slika 5) probušile su ležište u brečama i brečokonglomeratima (Pav-4, 1992; Gal-1 $\alpha$ , 1996) člana Mosti (Mosti član; ŠIMON,



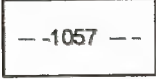



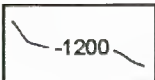

1968) ili u stijenama u podlozi terciarnog sistema (Pav-6, 1994). Raspored ušća bušotina na naftnom polju Galovac-Pavljani predočen je na slici 6.

Otkriće naftnoga polja Galovac-Pavljani potaklo je nastavak istraživanja na istoku bjelovarske depresije kod Grubišnog polja. Godine 1995. izrađena je nova istraživačka bušotina Grubišno polje zapad-1, smještena nešto zapadnije od prije određenog tjemena strukture i njome je otkriveno plinsko polje. Poslije je izađena i bušotina Grubišno polje-4 čime je plinsko polje potvrđeno. Obje su bušotine određene kao proizvodne, te je započela eksploatacija.

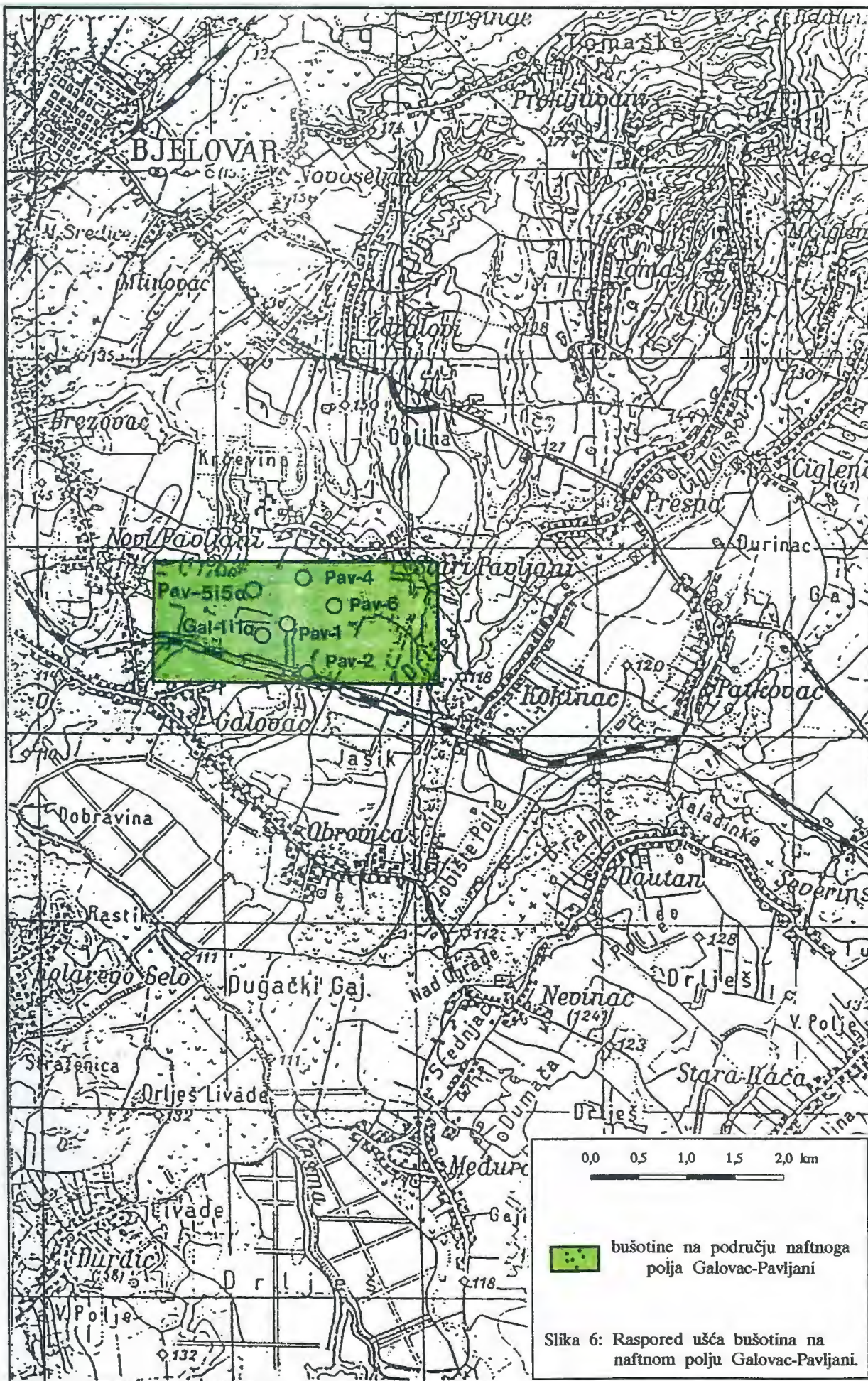
U svibnju 1997. kod sela Bačkovica, smještenog oko 25 km južno od Bjelovara, izrađena je istraživačka bušotina Bačkovica-1 (Bač-1). Osim neznatnih pojava ugljikovodika nije utvrđeno ležište. Sa spomenutom bušotinom na području bjelovarske depresije, na površini od približno 2900 km<sup>2</sup>, izbušena je ukupno 31 duboka bušotina. Od toga broja 7 bušotina su proizvodne (pet na polju Galovac-Pavljani, te dvije na Grubišnom polju), a njih 25 ima status istraživačkih.



LEGENDA:

	normalni rasjed		bušotina		dodir nafta-voda
	reverzni rasjed		predviđeni polo- žaj bušotine		tektonski blok
	izobate		otklon kanala bušotine		

Slika 5: Tektonski blokovi strukture Pavljani prikazani na karti paleoreljefa po granici "Tg" (izmj. iz. GJUKIĆ & ZENKO, 1992).



Slika 6: Raspored ušća bušotina na naftnom polju Galovac-Pavljani.

## 4. GEOTEKTONSKI POLOŽAJ BJELOVARSKJE DEPRESIJE

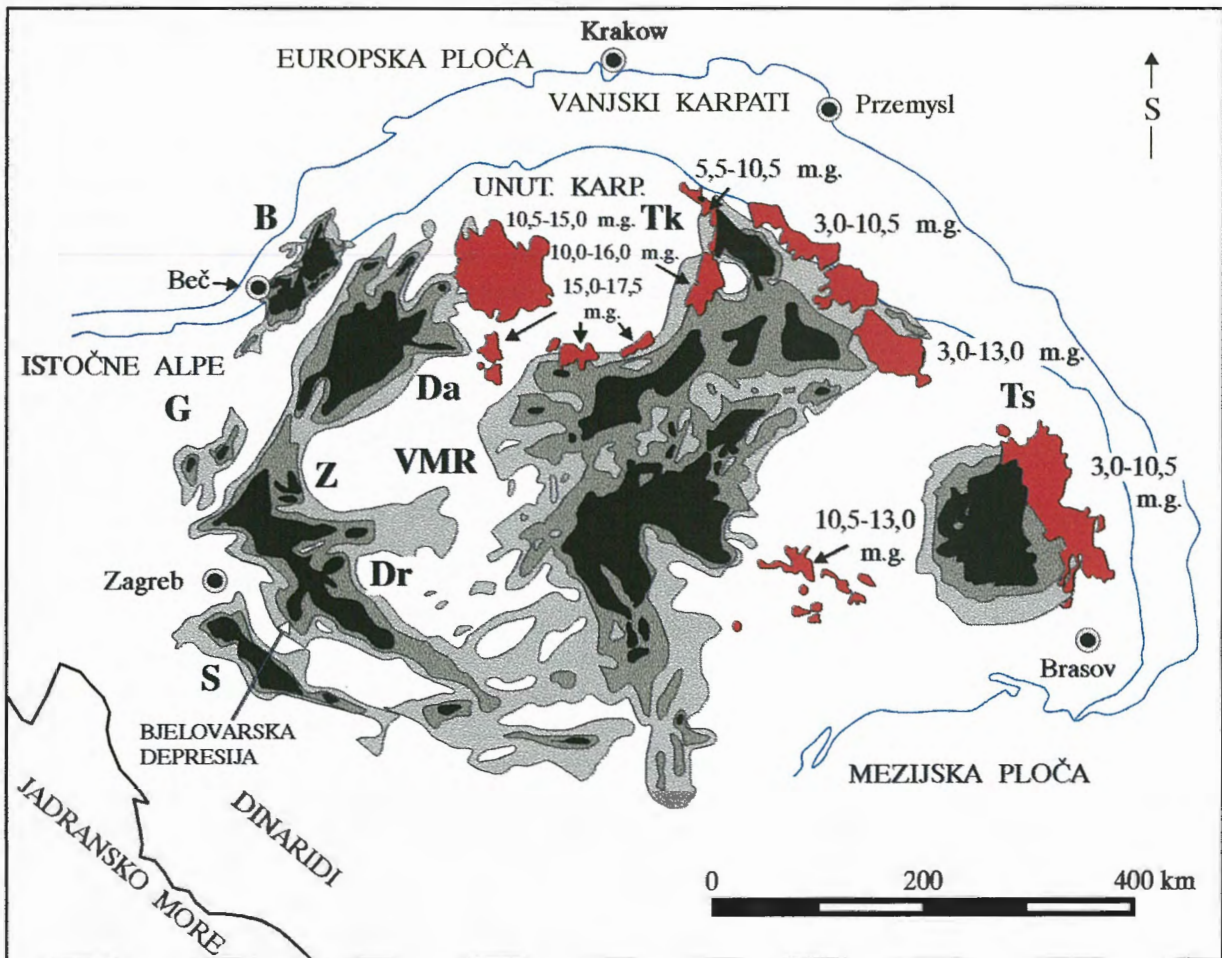
Ukratko su opisani postanak i glavne crte građe dijela Panonskog bazena kojemu pripada bjelovarska depresija. U bazenskom i geografskom smislu bjelovarska depresija je rubni dio panonskog prostora. Predstavlja jugozapadni ogranak dravske potonine koja pripada hrvatskom dijelu Panonskog bazena (slika 7).

### 4.1. PANONSKI BAZEN

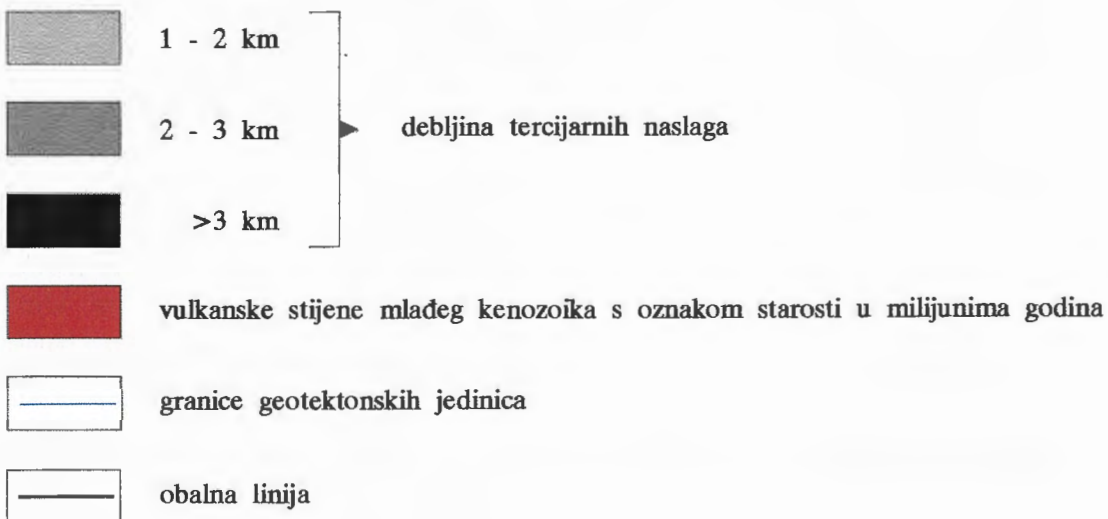
Prostor Panonskog bazena nekoć je pripadao paratethyskom moru pa su njegove granice određene na temelju tada istaloženih neogenskih naslaga. Brda i gore smještene unutar Panonskog bazena svojim rasporedom podsjećaju na "otoke". Postanak tih gora, kako onih koje ograničavaju bjelovarsku depresiju tako i ostalih gorja smještenih u sjevernom dijelu Hrvatske, dugo je vremena predstavljalo pitanje oko kojeg su brojni autori davali različite, a često i proturječne odgovore. Danas se smatra kako hrvatski dio Panonskog bazena obuhvaća strukture različitih geotektonskih makrocjelina (HERAK, 1991). Posljedica toga je heterogena predneogenska osnova. U središtu su "internidske" (unutarnje) strukture slavonskog gorja, a zapadno i jugozapadno u Posavini i Hrvatskom zagorju nalaze se "eksternidi" (rubne strukture) Unutarnjih Dinarida (Supradinarika).

Već 1863. godine PETERS kristalinske dijelove Slavonije, zajedno s "paleolitskim tlom" Balkanskog poluotoka i kristalinima Sedmogradske opisuje kao veliko kopno koje je u mezozoiku bilo s obje strane okruženo morem. MOJSISOVICS (1880) to staro kopno naziva "Orijentalno kopno", a problem određivanja jasnih granica pripisuje djelomičnom potapanju njegove površine u juri i kredi. Zapadnu granicu tog kopna smješta u području Moslavačke gore. DIENER (1902) svrstava slavonske gore u sustav Alpi, a GORJANOVIĆ - KRAMBERGER (1907) kod određivanja zapadne granice "Orijentalnog kopna" Plješivicu u Samoborskom gorju povezuje sa sustavom Alpi, a sve gore dalje na istok povezuje s gorjima sjeverne Bosne i južne Srbije. CVIJIC (1924) naziva sve gore Panonskog bazena Rodopskom masom uvrštavajući tu i goru Balkan. Pokušava odrediti granicu između Istočnih Alpi i Dinarida pa sve slavonske gore (Papuk, Krndiju, Psunj, Dilj), te Kalnik i Medvednicu shvaća isturenim dijelom rodopske mase koja je prijelazna zona između alpskog i dinarskog sustava. Nasuprot njemu KOCH (1924) granicu između panonskih struktura i Dinarida smješta u dolinu Drave. Slavonska gorja PETKOVIĆ (1961) opisuje kao horstove Unutarnjih Dinarida omeđene rovovima. ANĐELKOVIĆ (1982) strukturni kompleks između južnog ruba savske potonine (granica Dinarida), Istočnih Alpi, Karpatobalkanida i Šumadida smatra cjelinom koju naziva Panonidi.

## PANONSKI BAZENSKI SUSTAV



### LEGENDA:



Slika 7: Geotektonska skica panonskog bazenskog sustava. Bazeni: S-savski, Dr-dravski, Z-zalski, G-grački, B-bečki, Da-danubijski, Tk-transilvanijski, VMR-Veliki mađarski ravnjak. Brojevi s oznakom m.g. označavaju starost vulkanijskih stijena u milijunima godina (prema: ROYDEN & DOVENYI, 1988; VRBANAC, 1996).

Prema današnjem shvaćanju postanak spomentuih gorja vezan je uz mobilističku koncepciju kretanja ploča i mikroploča. Prema HERAKU (1991) prostori vardarskog i transilvanijskog oceana bili su povezani preko mureške zone na što upućuju današnji ostaci naslaga tih oceanskih prostora. Tom vezom predalpske strukture bile su odvojene od srpsko-makedonskog masiva. Zbog konvergentne subdukcije došlo je do kolizije kontinentalnih blokova, te zatvaranja oceanskih prostora, a područje predalpinskih struktura i srpsko-makedonskog masiva bilo je izloženo jakoj kompresiji i dezintergraciji. Isti autor navodi da: *"...je krajnji rezultat kaledonske orogeneze konsolidacija slavonskog gorja. U mlađem paleozoiku slijede molasni sedimenti, ..., praćeni prodorima granita... To su bili završni jači predalpinski pokreti s posljednjim nemirom u srednjem permu. Od tada pa do početka krede trajala je epikontinentalna sedimentacija s mjestimičnim orogenetskim nemirom u srednjem trijasu i s povremenim interkalacijama čerta... U laramijskoj su orogenezi osi bora orjentirane jug-sjever s vergencijom prema istoku, što govori o novim diferencijalnim pritiscima iz tada još labilnih prostora Dinarida i Karpata. Tada ponovno dolazi do izdizanja, a emerzija je trajala do srednjeg miocena, kada nastupa već spominjana neogenska dinamika."*

Krajem mezozoika, u donjoj kredi, započinju ponovo izraženiji tektonski pokreti vezani uz alpsku orogenezu. Nastaju veliki lomovi i dolazi do prodora novih intruzija, te boranja u graničnim prostorima panonske mase. Uz stare i nove lomove dolazi do diferencijalnih pokreta blokova, a u središnjem dijelu i u rubnim depresijama talože se pokrovni terciarni, uglavnom neogenski, slojevi na paleozojske i mezozojske stijene panonske mase stvarajući tako geotektonsku jedinicu višeg reda - Panonski bazen.

U kenozoiku se mogu razlikovati tri razdoblja nastanka struktura (PRELOGOVIĆ et al., 1995). Prve strukturne promjene dogodile su se između oligocena i donjeg miocena, glavni ekstenzijski procesi u donjem i srednjem miocenu, te novo oblikovanje strukturnog sklopa uz dominaciju desnih transkurentnih tektonskih kretanja od gornjeg pliocena do danas. Nastale geološke strukture i deformacije izravno se odražavaju u površinskoj morfologiji zapadne granice Panonskoga bazena (PRELOGOVIĆ et al., 1997). Neotektonski pokreti povezani su s promjenom smjera stresa i desnim transkurentnim tektonskim pomacima od gornjega pliocena do danas (PRELOGOVIĆ et al., 1995, 1997). Današnja rasjedna aktivnost prepoznaje se po deformacijama riječnih korita i dolina, te oblikovanju romboidnih grabi. Izraz romboidna graba upotrebljavat će se dalje uporedno s engleskim terminom "pull-apart", tj. kao mogući prijevod toga termina. Takav prijevod dobro oslikava geometriju bazenskog prostora koji se pod izrazom "pull-apart" podrazumijeva najčešće u anglo-američkoj literaturi.

U dijelu Panonskog bazena koji pripada dravskoj potonini detaljno su proučene neogenske taložine (KRANJEC et al., 1976; PLETIKAPIĆ et al., 1964; PLETIKAPIĆ, 1964; PRELOGOVIĆ, 1974a), a o stijenama u podlozi terciarnog sistema (panonska masa) dobiven je uvid na temelju podataka iz onih dubokih bušotina koje su nabušile te stijene i geoloških karata rubnih gora. U daljnjem tekstu detaljnije su opisane geotektonske jedinice dravske potonine koje ograničavaju područje bjelovarske depresije i sama bjelovarska depresija. To su (prema PLETIKAPIĆU et al., 1964): masiv Papuka i Krndije, moslavačko-vrbovečki masiv, kalnički masiv, bilogorski masiv i bjelovarska depresija. Pod pojmom masiva podrazumijevaju se istaknuti dijelovi reljefa izgrađeni pretežno od paleozojskih stijena. Jezgre tih masiva nisu prekrivene terciarnim naslagama i predstavljaju zasebne geotektonske jedinice u dravskoj potonini. Iz istoga rada navedene su poimenice strukture koje predstavljaju dijelove spomenutih geotektonskih jedinica, a njihov opis nadopunjen je podacima iz radova PLETIKAPIĆ (1964) i PRELOGOVIĆ (1974a).



## 4.2. MASIV PAPUKA I KRNDIJE

Masiv Papuka i Krndije, dinarskog pravca pružanja (sjeverozapad-jugoistok), graniči s bjelovarskom depresijom na jugoistoku. Zapadnom stranom zatvara bjelovarsku depresiju, a sjevernom graniči s glavnom potoninskom zonom. Daruvarski strukturni nos, utonula antiklinala Grubišno Polje i strukturni nos Miokovićevo (slika 8) predstavljaju utonuli nastavak masiva Papuka i Krndije prema zapadu (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Uz strukturu Grubišno Polje, zapadno od Papuka, vezano je manje plinsko polje.

Glavni poprečni potoninski rasjed brazdi od uljaničkog sedla, omeđuje daruvarski strukturni nos, siječe antiklinalu Grubišno Polje, graniči strukturni nos Miokovićevo-Pivnica i nastavlja se preko glavnog uzdužnog potoninskog rasjeda i glavne potoninske zone prema gori Mecsek na sjeveroistoku (slika 8). Papučko-krndijski rubni rasjed prati izdanke predtercijarnih stijena na sjevernom rubu masiva (slika 8). Prema Daruvaru paralelan je s glavnim poprečnim potoninskim rasjedom, a kod sela Miokovićevo povija i poprima dinarski pravac pružanja (slika 8). Posljedica je stupnjevito spuštanje slojeva od središta masiva prema bjelovarskoj depresiji (PLETIKAPIĆ et al., 1964).

Strukture na sjeverozapadnom rubu masiva nisu opisani jer ne predstavljaju granicu bjelovarske depresije.

## 4.3. MOSLAVAČKO-VRBOVEČKI MASIV

Moslavačko-vrbovečki masiv, također dinarskog pravca pružanja, zatvara bjelovarsku depresiju (i dravsku potoninu) s jugozapada. Jezgru masiva čini Moslavačka gora s otkrivenim paleozojskim granitima, gnajsima i dijabazima (slika 8) (PLETIKAPIĆ et al. 1964). Prema sjeverozapadu paleozojske stijene tonu pod naslage tercijara i nastavljaju se kao vrbovečki prag (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Središnji dio tog praga je zasebna uzvisina koja je odvojena od Moslavačke gore sedlom kod Čazme, a od Kalničkog masiva (gornjoriječkog strukturnog nosa) sedlom sjeverno od Vrbovca. Prema jugozapadu masiv se nastavlja na strukturni nos Garešnica (slika 8). Strukturni nos Garešnica prema istoku graniči sa strukturnim sedlom Uljanik, a iza njega nalazi se strukturni nos Daruvar (slika 8). Linija koja spaja osi tih struktura smatra se granicom između dravske i savske potonine.

Sjeverna strana moslavačko-vrbovečkog masiva blago tone prema bjelovarskoj depresiji. Obilježena je s nekoliko strukturnih nosova koji idu od osi masiva prema sjeveru. To su, od zapada prema istoku, križevački strukturni nos koji se od središta vrbovečkog praga izdiže prema sjeveru i završava kao antiklinala Križevci, zatim strukturni nos Dubrava-Markovac, pružanja zapad-istok, koji se naslanja na istočni dio vrbovečkog praga, te strukturni nos Korenovo, pružanja sjever-jug, koji se naslanja na Moslavačku goru (slika 8).

Strukturni nos Korenovo je najveći. Kod Moslavačke gore širina te strukture na nivou predtercijarnih stijena je oko 16 km, a prema sjeveru se brzo sužava. Kod sela Narte os strukture naglo skreće prema sjeveroistoku uz nagli pad slojeva uz os strukture. U području Bjelovara stvoreno je sinklinala koje razdvaja istočni dio bilogorskog masiva od moslavačko-vrbovečkog masiva (slika 8).

#### 4.4. KALNIČKI MASIV

Kalnički masiv, pružanja jugozapad-sjeveroistok, zatvara bjelovarsku depresiju sa sjeverozapadne strane. Na strani koja se spušta prema depresiji nalaze se: središnji greben, subotički horst i gornjoriječki strukturni nos (slika 8). Najviši dio središnjeg grebena uzdiže se kao kalničko gorje čiju jezgru čine trijaski i kredni stijene, a obrubljuju ih tercijarne taložine koje lagano tonu od središta masiva prema rijeci Dravi. Kod Legrada stvoreno je strukturno sedlo (slika 8) koje odvaja kalnički masiv od susjednog masiva Inke u Mađarskoj (PLETIKAPIĆ, 1964). Značajni su rasjedi paralelni pružanju masiva. Na jugozapadu masiva tercijarne naslage nagnute prema bjelovarskoj depresiji sijeku dva regionalna rasjeda (slika 8).

Južni subotički rasjed proteže se najjužnijim izdancima trijasa na Kalniku, južnom stranom subotičkog horsta (slika 8) i završava kod Koprivnice (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Spušteno je južno krilo rasjeda. Sjeverni subotički rasjed gotovo je paralelan s južnim rasjedom, te je 2 do 3 km bliže središnjem grebenu (slika 8). U središtu masiva taj rasjed predstavlja granicu trijasa i oligomiocena, te dalje prema sjeveroistoku graniči subotički horst sa sjeverne strane i nastavlja se do južnog kraja masiva Inka. Kod ovog rasjeda spušteno je sjeverno krilo (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Subotički horst i središnji greben dijele bjelovarsku depresiju (i dravsku potoninu) od murske potonine. Izobate subotičkog horsta pokazuju oblik utonulog strukturnog nosa, poslije završetka južnog subotičkog rasjeda strukturni nos prelazi u monoklinu koja se naslanja na sjeverni subotički rasjed (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Na potezu Slanje-Veliki Poganec-Mali Poganec središnji greben i subotički strukturni nos presječeni su mladim poprečnim rasjedom dinarskog pravca pružanja (slika 8). Južno od središnjeg masiva smješten je gornjoriječki strukturni nos koji tone prema jugu (slika 8). Ta struktura, zajedno s vrbovečkim pragom, čini zapadnu granicu bjelovarske depresije (i dravske potonine) prema savskoj potonini (PLETIKAPIĆ, 1964).

Inverzni odnosi ustanovljeni su samo u sjeveroistočnom produženju Kalnika prema masivu Inke u Mađarskoj. Na tom prostoru su se kroz mezozoik istaložile naslage velike debljine. Zatim je alpskom orogenezom čitav prostor izdignut i danas predstavlja granicu dravske prema murskoj potonini.

#### 4.5. BILOGORSKI MASIV

Pružanje bilogorskog masiva također je dinarsko. Na sjeveru je od glavne potoninske zone odvojen glavnim uzdužnim potoninskim rasjedom sa skokom na nivou paleozojskih stijena ("temelnog gorja") od 2000 do 4000 m (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Nagib slojeva na južnoj strani je blaži pa oni u istom smjeru postupno tonu stvarajući prijelaznu zonu između horsta Bilogore i bjelovarske depresije (PRELOGOVIĆ, 1974a). Od masiva Kalnika Bilogorski masiv odvojen je strukturnim sedlom kod sela Koprivnička Reka (slika 8). Na jugoistoku središnji greben utonjuje prema sinklinali stvorenoj uz glavni poprečni dravski potoninski rasjed (slika 8). Strukturni nos Cremušina-Gakovo nastavlja se na antiklinalu Grubišno Polje masiva Papuka (slika 8) (PLETIKAPIĆ et al., 1964).

U središtu masiva, kod sela Trojstvo i Vrbica, središnji greben presiječen je regionalnim zapadnobilogorskim uzdužnim rasjedom (slika 8), dinarskog pravca pružanja, uz koji je uzdignut zapadni dio Bilogore (PLETIKAPIĆ et al., 1964). Rasjed predstavlja granicu zapadnog dijela bilogorskog masiva i bjelovarske depresije. Sjeverno od Bjelovara rasjed povija prema istoku i spaja se s glavnim uzdužnim potoninskim rasjedom (slika 8).

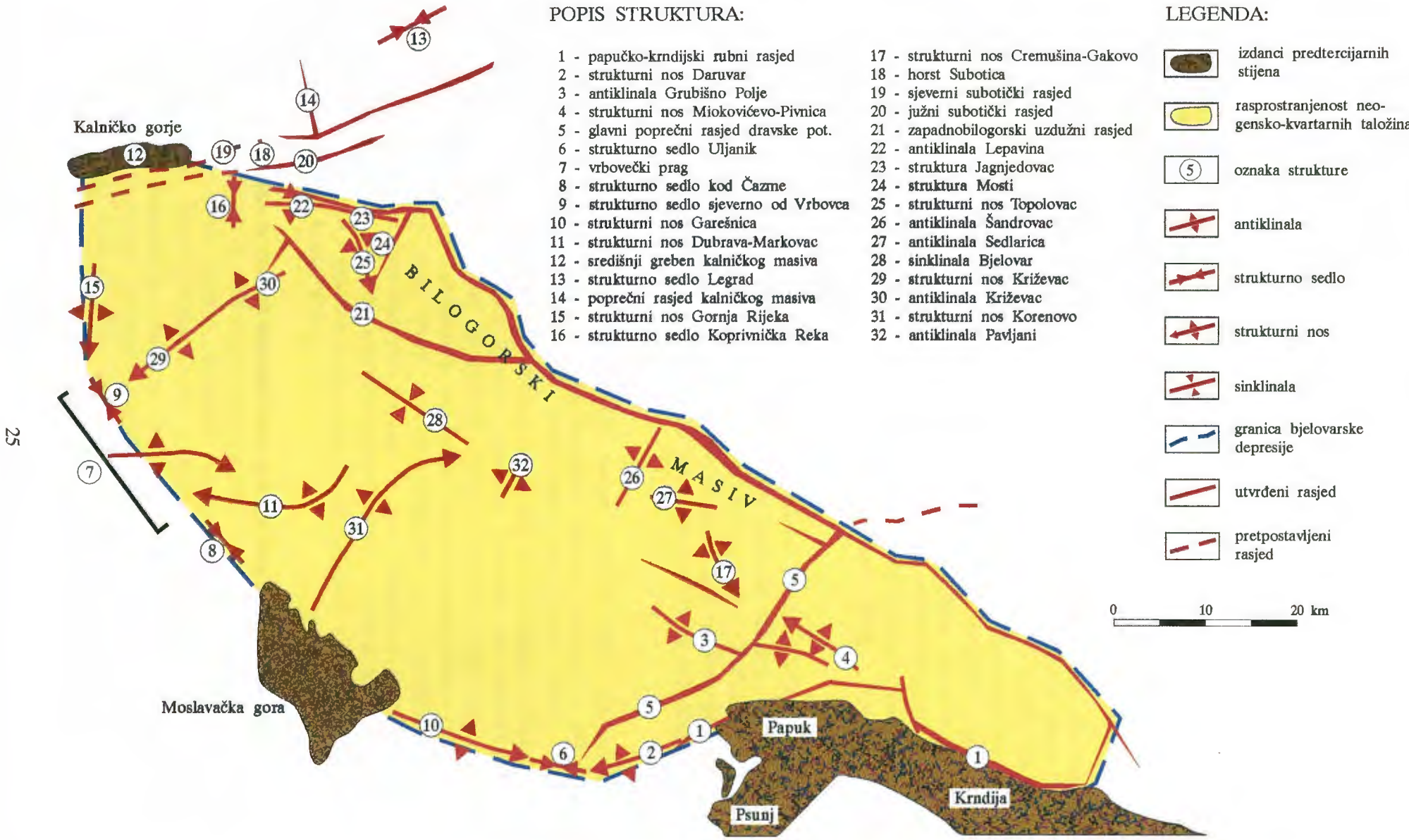
Postanak strukutra na zapadnom dijelu bilogorskog masiva vezan je uz manje poprečne i uzdužne rasjede različite starosti. Najizraženija je antiklinala Lepavina (slika 8), pružanja istok-zapad kao i većina ostalih struktura (PRELOGOVIĆ, 1974a). Na zapadu završava strukturnim sedlom kod Koprivničke Reke, a prema istoku se nastavlja na strukturu Jagnjedovac (slika 8). Od struktura Lepavina i Jagnjedovac prema jugu se odvaja strukturni nos Topolovac (slika 8). Istočno od Jagnjedovca je struktura Mosti uzdignuta uz poprečni rasjed (slika 8).

Na istočnom dijelu bilogorskog masiva dominiraju antiklinala Šandrovac i antiklinala Sedlarica (slika 8). Šandrovačka antiklinala nastavlja se na druge strukture (PLETIKAPIĆ et al., 1964). To su greben između zapadnog i istočnog dijela Bilogore, antiklinala Sedlarica i bjelovarska sinklinala.

Tri strukture bilogorskog masiva važne su u naftnogeološkom masivu. To su antiklinale Lepavina i Jagnjedovac, te antiklinala Šandrovac gdje su otkrivena naftno-plinska polja.

#### 4.6. BJELOVARSKA DEPRESIJA

Bjelovarska depresija je velika uleknina okružena papučkim, moslavačko-vrbovečkim, kalničkim i bilogorskim masivom. Ogranci masiva dijele depresiju na niz manjih i odvojenih sinklinala. Prema PLETIKAPIĆU et al. (1964) strukturni nos Korenovo, bjelovarska sinklinala i antiklinala Šandrovac stvaraju barijeru između sjeverozapadne bjelovarske sinklinale (prostor između Crikvene i Bjelovara) i jugoistočne bjelovarske sinklinale (prostor oko Međurače), što je prikazano na slici 8. Osim na shematskoj karti položaja struktura u bjelovarskoj depresiji (slika 8) položaj spomenutih lokaliteta prikazan je i na slici 31 koja prikazuje geomorfološke i neotektonske odnose depresije. Križevačka antiklinala razdvaja sjeverozapadnu bjelovarsku sinklinalu od podkalničke depresije. Oblici tih sinklinala nisu pravilni, tj. nemaju neke izrazite pravce pružanja. Granaju se u svim smjerovima stvarajući tako niz manjih uleknina između ogranaka okolnih masiva. Približno u središtu depresije, jugoistočno od bjelovarske sinklinale, smještena je antiklinala Pavljani (slika 8) s kojom je povezano naftno polje obrađeno u ovom radu.



Slika 8: Shematska karta položaja nekih važnijih struktura u bjelovarskoj depresiji (izmj. i nadopunjeno prema PLETIKAPIĆ et al., 1963).

## 5. IZVORI PODATAKA I METODE RADA

Prilikom izrade ovoga rada upotrebljena je većina dostupnih geoloških podataka iz dubokih bušotina, seizmički refleksijski profili i rezultati površinskog geološkog kartiranja. Geološki podaci dubokih bušotina (geokemijske, petrofizikalne, petrološke i sedimentološke analize) prikupljeni su iz dosjea bušotina pohranjenih u arhivu INA-Naftaplina. Iz Službe za istraživanje - Poslovne jedinice za 3D tehnologiju - Odsjeka za 2D seizmiku iste tvrtke dobiveni su seizmički profili i zakoni brzina širenja seizmičkih valova u dubokim bušotinama. Izvor podataka površinskog geološkog kartiranja bila je osnovna geološka karta lista Bjelovar u mjerilu 1:100000.

Od ukupno 31 duboke bušotine načinjene na području bjelovarske depresije njih 15 smješteno je na istraživanom području. To su sljedeće bušotine: Pav-1, Pav-2, Pav-4, Pav-5, Pav-5 $\alpha$ , Pav-6, Gal-1, Gal-1 $\alpha$ , Kor-1, Nar-1, VC-1, VC-1 $\alpha$ , VC-2, Ptk-1 i Ša-167 $\alpha$  (slike 6 i 8). Razmještaj odnosnih bušotina na istraživanom području nije ravnomjeran. Njihova najveća koncentracija bila je na naftnome polju Galovac-Pavljani što je razumljivo budući da je tu otkriveno ležište nafte. U svim bušotinama bile su snimljene krivulje konvencionalne karotaže, dok su u bušotinama na naftnom polju Galovac-Pavljani i geotermalnom polju Velika Ciglena bila dostupna i druga karotažna mjerenja kao što su mjerenje neutronske poroznosti, prirodne radioaktivnosti, mjerenja laterologa, te stalno praćenje količine CaCO<sub>3</sub> i MgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> pomoću kalcimetrije i dolomimetrije.

Iz geoloških izvještaja bušotina utvrđene su granice pojedinih litostratigrafskih jedinica reda formacije i člana. Na krivuljama konvencionalne karotaže označeni su elektrokarotažni reperi i horizonti, te su korelirane naslage na polju Galovac-Pavljani. Kod određivanja litologije posebna pažnja posvećena je opisima jezgrovanih intervala, te rezultatima geološkog praćenja uzoraka stijena sa sita, tj. krhotina dobivenih u tijeku bušenja koje su s isplakom iznesene na površinu.

U poglavlju sa stratigrafskim opisom naslaga dana je karta rasprostiranja starijih paleozojskih i mezozojskih stijena u podlozi terciarnog sistema. Kako su te stijene nabušene samo u nekim bušotinama (Nar-1, Pav-1, Pav-2, Pav-4, Pav-5, Pav-5 $\alpha$ , Pav-6, VC-1, VC-1 $\alpha$ , VC-2 i Ptk-1) takva karta ima tek informativan karakter pa je nazvana "*Pregledna geološka karta stijena u podlozi terciarnog sistema*" (slika 11). Načinjene su litofacijske karte svih formacija. To su karte ukupnih (probušenih) debljina, ukupnih debljina propusnih taložina, odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina, te broja propusnih taložina (karte "h", "he", "ss/sh" i "n"). Naslage člana Mosti formacije Moslavačka gora najvažnije su s gledišta naftonosnosti pa je radi opisa badenskih kolektora u njima načinjena i karta ukupnih debljina (karta "h") člana Mosti. Na polju Galovac-Pavljani karotaža je snimana tek od dubine od 800 m pa je zbog nedostatka podataka za formacije Bilogora i Lonja bilo moguće nacrtati samo karte ukupnih debljina (karte "h").

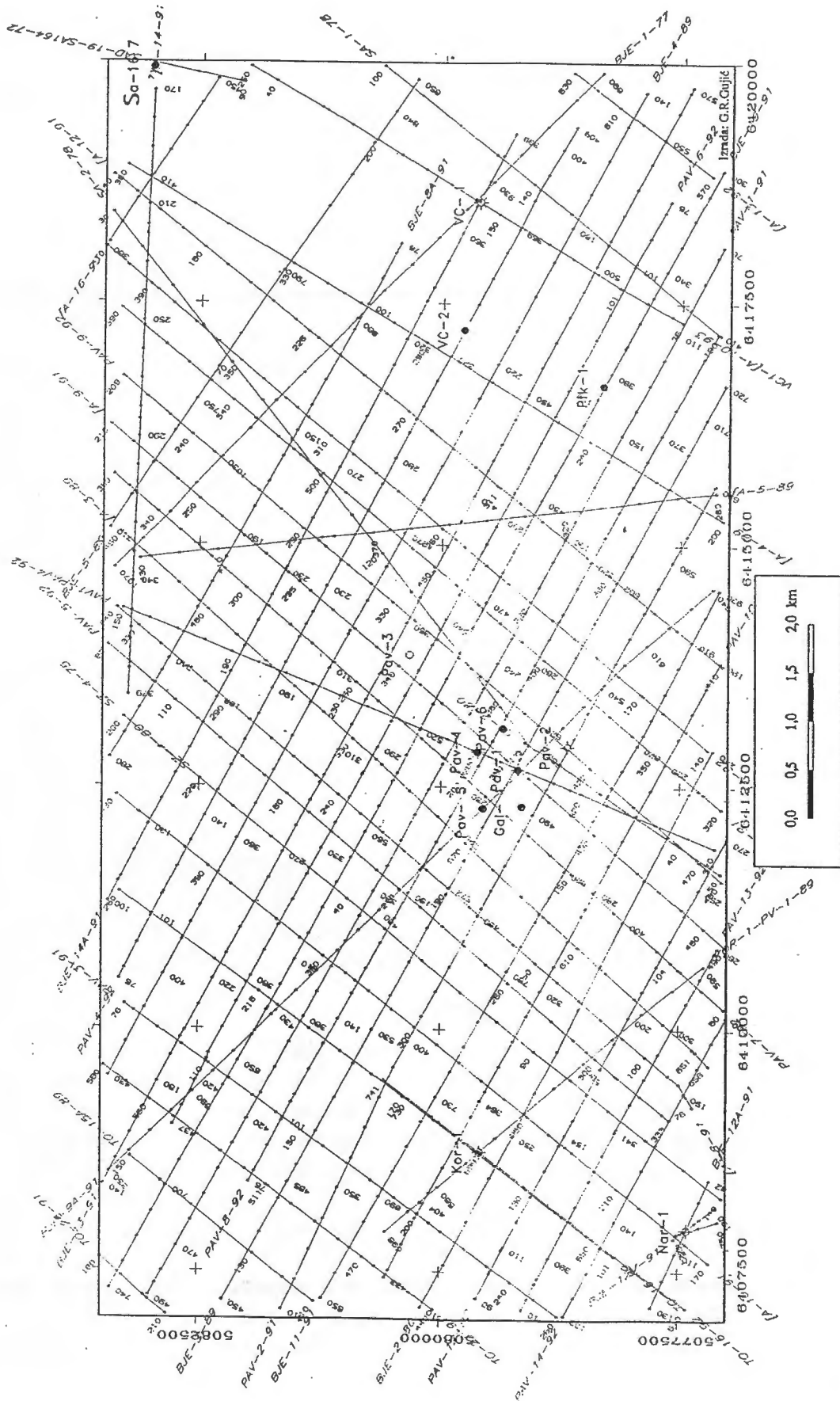
Osim podataka iz dubokih bušotina drugi temeljni izvor podataka za dubinsko kartiranje istraživanog područja bili su refleksijski seizmički profili. Upotrebljeno je sljedećih devet profila: ŠA-14-91, PAV1-PAV4-92, TO-16-89, BJE-9A-91, BJE-10-91, BJE-14A-91, KOR-1-PV-1-89, ŠA-4-89 i VC1-ŠA-10-93. Njihov položaj prikazan je na slici 9. Na temelju zakona brzina širenja seizmičkih valova određenih u bušotinama Pav-1, Pav-4, Pav-6 i VC-1 nanosene su dubine elektrokarotažnih repera što su granice pojedinih formacija. Zatim su ti slojevi izvučeni na seizmičkim profilima, te su na osnovi novodobivenih dubinskih točaka nacrtane: geološka karta stijena u podlozi terciarnog sistema, strukturne i paleostrukturne karte.

Izrađena su dva korelacijska profila kroz polje Galovac-Pavljani. Jedan profil pruža se kroz bušotine Pav-5 - Pav-1 - Pav-2, a drugi kroz bušotine Pav-5 - Pav-4 - Pav-6. Oba profila načinjena su u jednakom horizontalnom i vertikalnom mjerilu 1:5000.

U poglavlju o matičnim osobinama pelitnih sedimenata badena, sarmata i donjeg panona upotrebljena je Lopatinova metoda za naslage u bušotinama Pav-1 i VC-1. Bušotina Pav-1 odabrana je jer je njome otkriveno naftno polje Galovac-Pavljani. Zato je u kanalu te bušotine jezgrovano najviše metara, načinjena su najdetaljnija geokemijska ispitivanja i brojna mjerenja temperature. Iz podataka o temperaturi izračunati su geotermijski gradijenti u različitim vrstama naslaga. Time je spomenutom metodom načinjen proračun termičke zrelosti stijena formacije Moslavačka gora bogatih organskom tvari. Istom metodom izračunata je termička zrelost istovrsnih sedimenata u bušotini VC-1. Geokemijski podaci bili su oskudniji, a vrijednost temperature naslaga izmijenjena je samo na dnu kanala bušotine. Analizom tih dviju bušotina željelo se utvrditi predstavljaju li karbonatno-laporoviti sedimenti člana Mosti i križevačkog člana (Mosti član i Križevci član prema ŠIMONU, 1968) matične stijene za ugljikovodike na polju Galovac-Pavljani. Određivanje mjesta nastanka ugljikovodika, bilo na polju Galovac-Pavljani, bilo na polju Velika Ciglena, omogućilo bi rekonstrukciju njihova puta migracije.

Analizom postojećih rezultata kemizma slojnih voda željela se dodatno provjeriti mogućnost migracije s veće udaljenosti, utjecaj površinskih voda i hidrodinamska aktivnost u sedimentnim i magmatsko-metamorfnim stijenama u kojima je smješteno ležište na naftnome polju Galovac-Pavljani.

Nakon utvrđivanja sedimentoloških, strukturno-tektonskih i geokemijskih parametara na obrađenom području pristupilo se procjeni vjerojatnosti pronalazanja novih ležišta ugljikovodika. Kao pomoć za izračunavanje vrijednosti koje bi uputile na izradu novih i detaljnijih analiza ili nove ekonomske procjene mogućih ležišta upotrebljena je metoda koju je opisao WHITE (1993).



Slika 9: Karta položaja seizmičkih profila.

## 6. STRATIGRAFSKI PRIKAZ

Utvrđene naslage na području bjelovarske depresije mogu se podijeliti u dvije potpuno različite skupine. To su neogensko-kvartarni sedimenti i stijene u podini tercijarnog sistema. Oni se razlikuju po starosti i litološkim osobinama. Puno mlađe su neogensko-kvartarne klastične naslage taložene od badena do danas, dok stijene njihove podine izgrađuju trijaski karbonati ili paleozojski magmatiti i metamorfiti. Kronostratigrafska i litostratigrafska podjela tercijarnih i starijih stijena za dravsku potoninu prikazana je na slici 10, prema ŠIMON (1968) i FILJAK et al. (1969).

Iako različita, istraženost obje skupine stijena je dobra. Većina bušotina probušila je neogensko-kvartarne sedimente i ušla u stijene u podlozi tercijarnog sistema pa su jezgrovani i karotirani intervali i unutar paleozojskih i mezozojskih stijena. Kod naftnog polja Galovac-Pavljani i geotermalnog polja Velika Ciglana dijelovi intervala u paleozojskim odnosno mezozojskim stijenama čine ležište pa se iste željelo dosegnuti dubokim bušotinama.

### 6.1. STIJENE U PODLOZI TERCIJARNOG SISTEMA

Stijene u podlozi tercijarnog sistema mogu biti magmatske, metamorfne i taložne. U praksi tvrtke INA-Naftaplin uvriježila se upotreba dvaju naziva za te se stijene. Ako su u podini tercijarnog sistema magmatske i metamorfne stijene paleozojske starosti one se nazivaju "temeljno gorje", a granica između njih i tercijarnih naslaga označava se simbolom "Tg". No, ako podinu tercijarnih naslaga čine taložne stijene paleozojske i mezozojske starosti onda se nazivaju "podloga tercijara". Uz granicu se tada stavlja oznaka "Pt". Možda bi bilo prihvatljivije pod nazivom "podloga tercijara" podrazumijevati sve stijene koje su kronostratigrafski starije od stijena kenozojske ere.

Postanak najstarijih stijena nije tako detaljno upoznat, jer količina raspoloživih podataka opada s porastom starosti, a najčešće i dubinom zalijeganja. Tada su stijene u dubini teže dohvatljive dubokim bušotinama i rjeđe se mogu zapaziti kod geološkog kartiranja terena. U uvodu će biti opisani vrsta i postanak predtercijarnih stijena, a zatim će biti dat njihov detaljniji stratigrafski opis.

Prema JAMIČIĆU (1983) najstarije pretkambrijske stijene smještene su unutar zone koja obuhvaća Psunj, a zatim ide preko južnih padina Papuka na istok do Krndije. Te stijene bile su bajkalskom orogenezom, na granici proterozoika i kambrija ( $Pr_2/Cm$ ), progresivno metamorfozirane u facijesima od epidot-amfibolitnog do kloritskog. Litološki to su amfibolitni škriljavci, gnajsovi, mramori, serpentiniti i druge vrste stijene.

U kaledonskoj orogenezi, koja je započela približno početkom ordovicija i trajala do donjeg devona ( $O-D_1$ ), došlo je do metamorfoze i migmatizacije sedimenata. Na Papuku se mogu zapaziti takvi pješčenjaci koji sadrže vulkanski materijal. Stijene iz facijesa zelenih škriljavaca prelaze u amfibolitni facijes pa nastaju gnajsovi, kloritni škriljavci i druge vrste metamorfnih stijena. Krajnji rezultat kaledonske orogeneze je konsolidacija slavonskog gorja.



STAROST		LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE DRAVSKE POTONINE		Regionalni EK markeri		
K E N O Z O I K	T E R C I J A R	K V A R T A R	PLIOCEN	FORMACIJA LONJA	D'	
			DACIJ	ROMANIJ		
		M I O C E N	D O N J I P O N T	G. PONT	FORMACIJA BILOGORA	$\Delta$ D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub> R <sub>v</sub> D <sub>4</sub> Z' Rs4 R <sub>φ</sub> D <sub>5</sub> Rs5 Rs7 Pt/Tg
				FORMACIJA KLOŠTAR-IVANIĆ	brezinski lapor lepsičko-graberski lapor cabunski član cabunski lapor pepelanski pješčenjaci graberski čl. graberski lap. poljanski pješčenjaci lepsički lapor	
				FORMACIJA IVANIĆ-GRAD	zagrebački član okolski pješčenjaci lipovački lapor	
				FORMACIJA MOSLAVAČKA GORA	koprivnički pješčenjaci križevački član	
				član Mosti	ćeralijski član	
				STIJENE U PODLOZI TERCIJARNOG SISTEMA		
				MEZOZOIK I PALEOZOIK		

Slika 10: Litostratigrafske jedinice dravske potonine (kompilacija prema: ŠIMON, 1968; FILJAK et al., 1969).

HERNITZ (1983) ističe postojanje jedne velike geosinklinale kroz stariji i srednji paleozoik. U takvom prostoru stalno su se taložile naslage koje su zatim bile borane i metamorfozirane u vrijeme orogenetskih pokreta. Do novog, intenzivnog, boranja došlo je u mlađem paleozoiku prilikom hercinske orogeneze čije se trajanje približno podudara s razdobljem od srednjeg devona do donjeg trijasa ( $D_2-T_1$ ), a u ovom prostoru završili su u srednjem permu ( $P_2$ ) (HERNITZ, 1983). Pojavljuju se prodori granitnih intruzija. Od tada do početka krede trajala je epikontinentalna (platformska) sedimentacija s mjestimičnim jačim orogenskim pokretima u srednjem trijasu i povremenim interkalacijama rožnjaka u trijasu i juri zbog povremenih utjecaja otvorenoga mora (HERNITZ, 1983). Na opisanom području transgresija je nastupila u srednjem trijasu ( $T_2$ ) i zahvatila samo njegov istočni dio, a već u gornjem trijasu ( $T_3$ ) ponovo je došlo do izdizanja cijeloga prostora. Kopnena faza je trajala pretežno do srednjeg miocena ( $M_2$ ).

Tako pokreti laramijske orogeneze, na prijelazu iz krede u tercijar (K/Tc), nisu bitnije promijenili sliku toga područja. U širem prostoru dravske potonine ti pokreti izazvali su orijentaciju osi bora pravcem sjever-jug s vergencijom prema istoku (HERNITZ, 1983; HERAK, 1991). To je posljedica novih diferencijalnih pritisaka iz tada labilnih prostora Dinarida i Karpata. Posljedica je emerzija na gotovo cijelom području današnjeg dijela panonskoga bazenskog sustava koji pripada Hrvatskoj. U srednjem miocenu nastupa badenska transgresija povezana s neogenskom tektonikom.

#### 6.1.1. STIJENE PALEOZOJSKE STAROSTI

Na polju Galovac-Pavljani i kod sela Narta u podlozi tercijarnog sistema nabušene su stijene paleozojske starosti, za razliku od područja Velike Ciglene i Patkovca gdje su u podlozi tercijarnog sistema nabušene naslage mezozoika. Razlog tomu je izdizanje strukture Pavljani zapadno od glavnog potoninskog rasjeda tako da taj prostor nije bio zahvaćen transgresijom u trijasu.

Ulazak u stijene paleozoika određen je na osnovi elektrokarotažnih dijagrama, te na temelju geološkog praćenja uzoraka sa sita i mehaničkih jezgara. Općenito je paleozojska podloga izgrađena od granitnih intruzija i dijelova, intruzijama razbijenog, starijeg metamorfnog kompleksa. Prvobitno je istaložena vulkano-sedimentna serija sastavljena pretežno od bazičnih stijena, pelitnih sedimentata i krupnozrnatih grauvaka i arkoza. Uz njih dolaze i tanji ulošci lapora i vapnenaca. Ti sedimenti regionalno su metamorfozirani do nivoa amfibolitskog facijesa. Vrijeme metamorfoze može se odrediti samo posredno preko starosti moslavačkog granita. Njegova starost određena je na  $90 \pm 5$ , 64 i 62 mil. god. i sigurno je mlađi od metamorfnog kompleksa (DELEON, 1969). Tadašnji i kasniji orogenetski pokreti izazvali su utiskivanje gabra i granita, te prodore efuziva granodiorita. Starost gabra može biti i mezozojska. Na to je ukazao PANDŽIĆ (1979) koji je ukazao da su ofiolitske stijene u jugozapadnom dijelu Panonskog bazena nastajale i kroz cijeli mezozoik. Ako su napovršini starost tih stijena može se odrediti površinskim geološkim istraživanjem. Također HERNITZ (1983) piše o gabru i serpentinitu na sjeverozapadnoj Majevidi i Trebovcu gornjokredne starosti.

Na polju Galovac-Pavljani nabušene su magmatske stijene gabra i granodiorita, te matamorfiti gnajsa i raznih škrljavaca (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; KORDIĆ et al., 1993a; KORDIĆ et al., 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994; SOKOLOVIĆ & MILETIĆ, 1995a; SOKOLOVIĆ & MILETIĆ, 1995b). Granit nije nabušen no iz granitne magme nastale su kristalizacijom i regionalnom metamorfozom različite vrste gnajseva (amfibolitski gnajsa, muskovitski gnajsa). Granitne magme mogle su uzrokovati kontaktnu metamorfozu stijena s kojima su došle u

dodir. Posljedica kontaknte metamorfoze je postanak kvarcno-tinjčastih i kvarcno-tinjčasto-kloritnih škriljavaca.

U bušotini Pav-1 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a) u podlozi tercijarnog sistema utvrđen je metamorfni kompleks stijena sastavljen od kvarcno-tinjčastog i kvarcno-tinjčasto-kloritnog škriljavca zelene boje i naknadno kataklaziranog. Prevladavaju zrna kvarca i feldspata, a u manjoj mjeri se javljaju još minerali muskovit, klorit, biotit i coisit/klinocoisit. Ti minerali ukazuju da su stijene nastale u uvjetima niskog stupnja metamorfizma, tj. da pripadaju facijesu zelenih škriljavaca. S dubinom dolazi do promjene litologije pa se uz kvarcno-tinjčasti škriljavac javlja muskovitski paragnajs, a kasnije i amfibolitski gnajs koji pripadaju amfibolitnom metamorfnom facijesu. Bušotina Pav-5 $\alpha$  (KORDIĆ et al., 1993b) je probušila u podlozi gabro i nakon njega granodiorit, a zatim je ušla u metamorfni kompleks kvarcno-tinjčasto-kloritnog škriljavca, jednakog onomu u bušotini Pav-1.

U bušotinama Pav-2 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992) i Pav-5 (KORDIĆ et al., 1993a) u podlozi tercijarnog sistema utvrđen je gabro, tamnozeleno do sive boje, hidrotermalno izmijenjen i kataklaziran, dok je u bušotini Pav-6 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) kristalin u podlozi određen kao kataklaziran i hidrotermalno izmijenjen gabrodiorit. Metamorfne stijene nisu nabušene.

U bušotini Nar-1 (GAČEŠA, 1963; BOŠKOV-STEINER & REŠČEC, 1963) stijene podine tercijarnog sistema nabušene su 200-300 m pliće nego na strukturi Pavljani. Na temelju slične mineralne parageneze određen je muskovitski gnajs. Pojave minerala turmalina i apatita upućuju na ishodišnu stijenu granitnog sastava.

Vršni dio magmatskih i metamorfnih stijena na polju Galovac-Pavljani predstavlja rezervoar. Razvijena je sekundarna (pukotinska) poroznost kao posljedica izloženosti na površini i trošenja tih stijena kroz dugo geološko razdoblje. Ležište je dijelom smješteno u najgornjem dijelu stijena u podlozi tercijarnog sistema, a dijelom u najdonjem dijelu neogenskih naslaga i predstavlja jedinstvenu hidrodinamičku cjelinu. Dubina dodira nafta-voda zajednička je za čitavo polje i ustanovljena na apsolutnoj dubini od -1057 m.

#### 6.1.2. STIJENE MEZOZOJSKE STAROSTI

Sljedeću mlađu skupinu čine taložne stijene mezozojske starosti koje su utvrđene na zapadu istraživanog područja kod Velike Ciglene i Patkovca u bušotinama VC-1 (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 (RAKARIĆ et al., 1995) i Ptk-1 (ŠIKIĆ et al., 1996). Posebno velika debljina tih naslaga ustanovljena je u bušotini VC-1 gdje je probušeno 2230 m karbonatnih naslaga (od -2540 m do -4790 m). Starost tih karbonatnih naslaga, prema mikrofosilnoj zajednici, određena je kao srednjotrijaska. Tada dolazi do transgresije i taloženja naslaga velike debljine.

Nabušeni srednjotrijaski dolomiti mogu se korelirati s trijaskim taložinama zapadnog dijela Papuka. Na Osnovnoj geološkoj karti - list Daruvar (JAMIČIĆ, 1988) na tom području mogu se razlikovati sedimenti donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa. Prema Tumaču za list Daruvar (JAMIČIĆ et al., 1989) donjotrijaske naslage pretežno su izgrađene iz kvarcnih pješčenjaka, šejlova i siltita. Srednjotrijaski sedimenti prekrivaju znatno šire predjele, a prema fosilnom sastavu i superpoziciji odvojeni su anizičke od ladiničkih. Anizičke naslage izgrađene su od dolomita, dolomitičnih vapnenaca i dolomitno-vapnenačkih breča. Litološki su identične naslagama nabušenim kod Velike Ciglene i Patkovca. U ladiniku se talože dolomiti i vapnenci s

ulošcima laporovitih vapnenaca u kojima su nađene alge. Gornjotrijaski vapnenci i dolomiti također sadrže ostatke algi, a mjestimično i pješčenjake zelene boje.

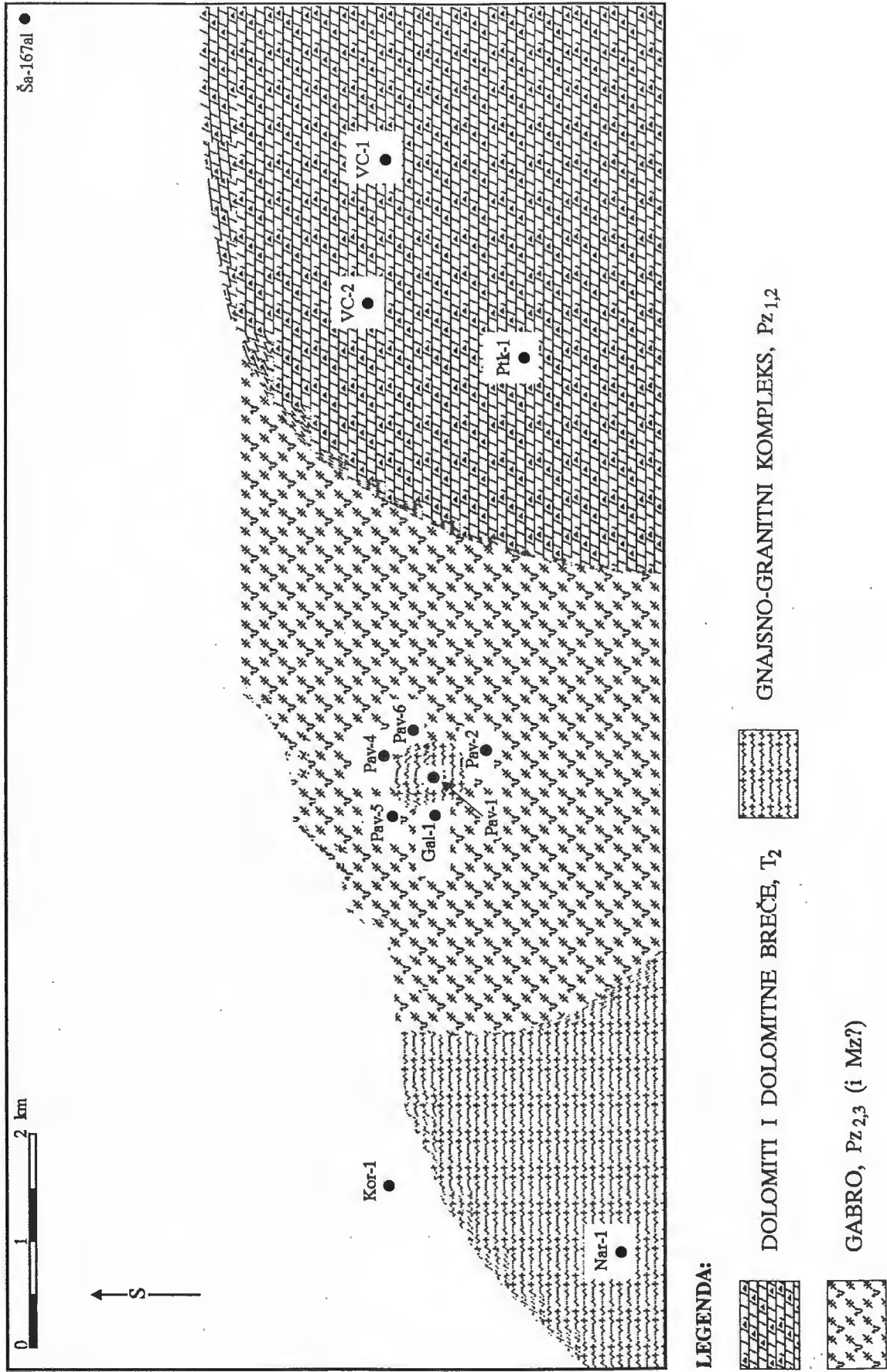
Prema Osnovnoj geološkoj karti - list Daruvar (JAMIČIĆ, 1988) trijasko taložine kontinuirano se nastavljaju na permske, dok se iznad njih talože tankouslojeni, pločasti vapnenci. Između donje i gornje krede (berijasa i senona) je stratigrafska praznina, a gornjokredni sedimenti su male debljine, najvjerojatnije zbog kondenzirane sedimentacije (JAMIČIĆ et al., 1989). Kod Velike Ciglene i Patkovca nabušene su samo srednjotrijaske naslage, preko kojih su diskordantno taložene miocenske taložine. Zato se može pretpostaviti kako je taj prostor zahvaćao zapadni rub većeg bazenskog (geosinklinalnog) prostora čiji je depocentar bio istočnije na Papuku gdje postoji slijed sedimenata od perma do jure (JAMIČIĆ et al., 1989). JAMIČIĆ et al. (1989) još piše kako krajem se srednjeg trijasa (ladinika) središnji i istočni dijelovi slavonskih planina izdižu, a sedimentacija se u području Papuka nastavila samo na zapadnom dijelu gorja. Isto izdizanje vjerojatno je zahvatilo i istočni dio istraživanog prostora oko Velike Ciglene i Patkovca. Tamo nedostaju sedimenti jure, krede i paleogena pa su srednjotrijaski dolomiti bili kroz dugo vremensko razdoblje (oko 210 milijuna godina) izloženi trošenju.

Srednjotrijaske naslage započinju svijetlosivom, dolomitnom brečom. Breča se na nekim intervalima odlikuje velikom šupljikavošću tako da je dolazilo do potpunog gubitka bušaćeg fluida. U tim slučajevima odredba stijene bila je otežana jer je bušeno bez mogućnosti cirkulacije i iznošenja krhotina stijena na površinu. Slijedi dolomit koji ponegdje prelazi u vapnenački dolomit ili dolomitični vapnenac. Točna odredba stijene načinjena je prema rezultatima kalcimetrije i dolomimetrije koje su stalno mjerene na uzorcima stijena iz isplake i na mehaničkim jezgrama. Zbog velike tektonske poremećenosti mezozojskih naslaga unutar uslojenih dolomita često dolaze intervali dolomitnih tektonskih breča, te navlačenja dolomita na dolomitne breče. Uz drobljenje, uočljivi su tragovi rekristalizacije, ferodolomitizacije i piritizacije. U vrhu mezozojskih sedimenata bušotine Ptk-1 (RAŠKAJ et al., 1996) ustanovljene su krupnoklastične silicijske naslage nastale trošenjem uzdignutih dijelova paleozojske podloge. Najbliže takvo paleogeomorfološko uzdignuće bila je struktura Pavljani na zapadu.

Tijekom bušenja kroz mezozojske naslage opažene su pojave plinova, najčešće gotovo čistog ugljičnog-dioksida ( $\text{CO}_2$ ) relativne koncentracije i do 99,7% (BALTIĆ, 1990; RAKARIĆ et al., 1995). Opažen je i sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ) u koncentraciji do 100 ppm. Dobivena slojna voda različitog je saliniteta, ovisno o intervalu, s vrijednostima od 9,9 do 23,3 g (NaCl)/l.

Paleontološki nalazi bili su oskudni i loše očuvani. Ranije spomenuta srednjotrijaska (ladinička) starost određena je na temelju nalaza ostataka algi iz reda *dasicladacea* roda *Diplopora annulata* SCHAFFHÄUTL, te roda *Teutlopora sp.* (VLAHOVIĆ et al., 1991; TADEJ et al., 1996). Drugi su rodovi previše loše očuvani za bližu odredbu. Na srednjotrijasku starost Nađene su i krhotine gastropoda, te jedan ostatak foraminifere roda *Glomospira sp.*, dok je u bušotini Ptk-1 nađen i loše sačuvan *Aulotortus sp.* (RAŠKAJ et al., 1996).

Rasprostiranje paleozojskih i mezozojskih stijena, na temelju probušenih naslaga, prikazano je na *Preglednoj geološkoj karti stijena u podini tercijarnog sistema* na slici 10. Karta je nazvana preglednom jer je pružanje granica pojedinih litoloških skupina stijena pretpostavljeno.



Slika 11: Pregledna geološka karta stijena u podini terciarnog sistema.

## 6.2. MLADI TERCIJAR

Kronostratigrafski se pod pojmom mladi tercijar podrazumijevaju neogenski sedimenti tercijarnog sistema i naslage kvartarnog sistema, što znači da su to taložine u rasponu od egerskog do holocenskog kata. U ovome radu ti sedimenti bit će obrađeni i klasificirani po litostratigrafskom klasifikacijskom sustavu. Na temelju litoških osobina uvršteni su u pojedine litostratigrafske jedinice za koje se mogu približno odrediti pripadajuće kronostratigrafske jedinice. U hrvatskom dijelu Panonskog bazena litostratigrafska razrada napravljena je za neogenske taložine, jer su u njima pronađene najveće zalihe nafte i plina. Definiranje litostratigrafskih jedinica uglavnom je završeno krajem šezdesetih godina (ŠIMON, 1968; FILJAK et al., 1969). Pri tomu je litoški kriterij uzet kao temelj jer o litoškom sastavu stijena ovisi postanak i migracija ugljikovodika, te stvaranje ležišta. Određivanjem EK horizonata i repera kao granica između pojedinih litostratigrafskih jedinica olakšano je njihovo praćenje u dubini, što bi bilo gotovo nemoguće učiniti samo na temelju fosilnog sadržaja.

### 6.2.1. FORMACIJA MOSLAVAČKA GORA

Formacija Moslavačka gora predstavlja najstariju litostratigrafsku jedinicu izdvojenu u tercijarnim naslagama dravske potonine. Vrijeme taloženje tih naslaga odgovara razdoblju od egera do donjeg panona. Naliježe izravno na stijene u podlozi tercijarnog sistema koje su kroz veći dio mezozoika (gornji trijas, jura i kreda) i cijeli stariji tercijar (paleogen) bile kao kopno izložene eroziji. Prema elektrofizikalnim obilježjima formacija Moslavačka gora u podini je ograničena dodirom sa stijenama u podini tercijarnog sistema (tj. granicama "Pt" ili "Tg"), a u krovini EK reperom Rs5. Formacija je podijeljena na niže jedinice - članove. U donjem dijelu to je član Mosti koji obuhvaća naslage od egera do sarmata, a u gornjem dijelu križevački član (Križevci član; ŠIMON, 1968) donjopanonske starosti. Ta dva člana međusobno su odvojena EK reperom Rs7.

Slijed naslaga započinje brečama i brečokonglomeratima s glinovitim i pijeskovitim, a rjeđe kalcitnim, vezivom. Prvo u izmjeni s tim sedimentima, a zatim samostalno talože se krupnozrnati pješčenjaci. U pješčenjacima je razvijena sekvencija positnjavanja prema mladim dijelovima, pa oni prelaze u srednje- i sitnozrnate pješčenjake, najčešće sive do smeđe boje, sa sparitskim vezivom. U nekim bušotinama probušen je zeleni (glaukonitni) pješčenjak. Sedimenti formacije Moslavačka gora završavaju laporom, kalcitnim laporom, glinovitim vapnencem i vapnencem. Približno istovremene naslage člana Mosti na istoku i zapadu područja različite su litologije. U badenu u bušotinama VC-1 i Ptk-1 taloženi su siltiti i lapori dok su njihovi istovremeni litoški ekvivalent na Pavljanima breče, brečokonglomerati i krupnozrnati pješčenjaci, a siltiti i lapori se talože tek u donjem panonu (član Križevac). Debljina naslaga ove formacije jako ovisi o obliku paleoreljefa.

Fosilni sadržaj je bogat. U tim sedimentima pronađene su brojne planktonske i bentoske foraminifere, zelene alge, sporomorfe, te nešto brioza, molusaka i termički degradiranih dinoflagelata. Donjomiocenska starost (vjerojatno otnang ili karpat) naslaga kod Velike Ciglene određena je na temelju nalaza foraminifera iz redova *Globigerina*, *Bolivina*, *Amphistegina* i dr., te prema rodovima sporomorfi. Badenska mikrofauna bogata je planktonskim (redovi *Globigerina*, *Globigerinoides*, *Globorotalia*, *Orbulina*, *Globorotalia*, *Praeorbulina*) i bentičkim (redovi *Amphistegina*, *Bolivina*, *Cibicides*, *Elphidium*) foraminiferima.

Starost naslaga formacije Moslavačka gora na opisanom području je badenska, sarmatska i donjopanonska. Samo u bušotinama VC-1, VC-1 $\alpha$  i Ptk-1 najstarijim tercijarnim sedimentima

određena je donjomiocenska starost. Badenske naslage započinju krupnoklastičnim sedimentima, nastavljaju se kao pretežito srednje- do sitnozrnati pješčenjak, a završavaju kao karbonatno-glinovite taložine sarmata. Slične pelitne naslage talože se i u donjem panonu.

Okoliš taloženja bio je plitkomorski. Taloženje se odvijalo u pretežno plitkomorskoj sredini normalnog saliniteta (nalazi planktonskih i bentičkih formanifera) ili u brakičnim sredinama poput laguna, zaljeva i jezera. Na brakičnu sredinu ukazuju nalazi dinoflagelata i zelenih algi, a blizinu kopna oksidirani ostaci većeg kopnenoga bilja. U moru uz obalu, otoke ili podvodna užišnja taložili su se krupnoklastični sedimenti breča i brečokonglomerata, te kršje nastalo razaranjem plitkomorskih biogenih vapnenaca. Siliciklastični materijal najvećim je dijelom snašan u taložni prostor aluvijalnih lepeznih delti. U dubljoj vodi talože se kalcitni ili pjeskoviti lapori, a u najdubljim sredinama sitnozrnate naslage gline i lapora.

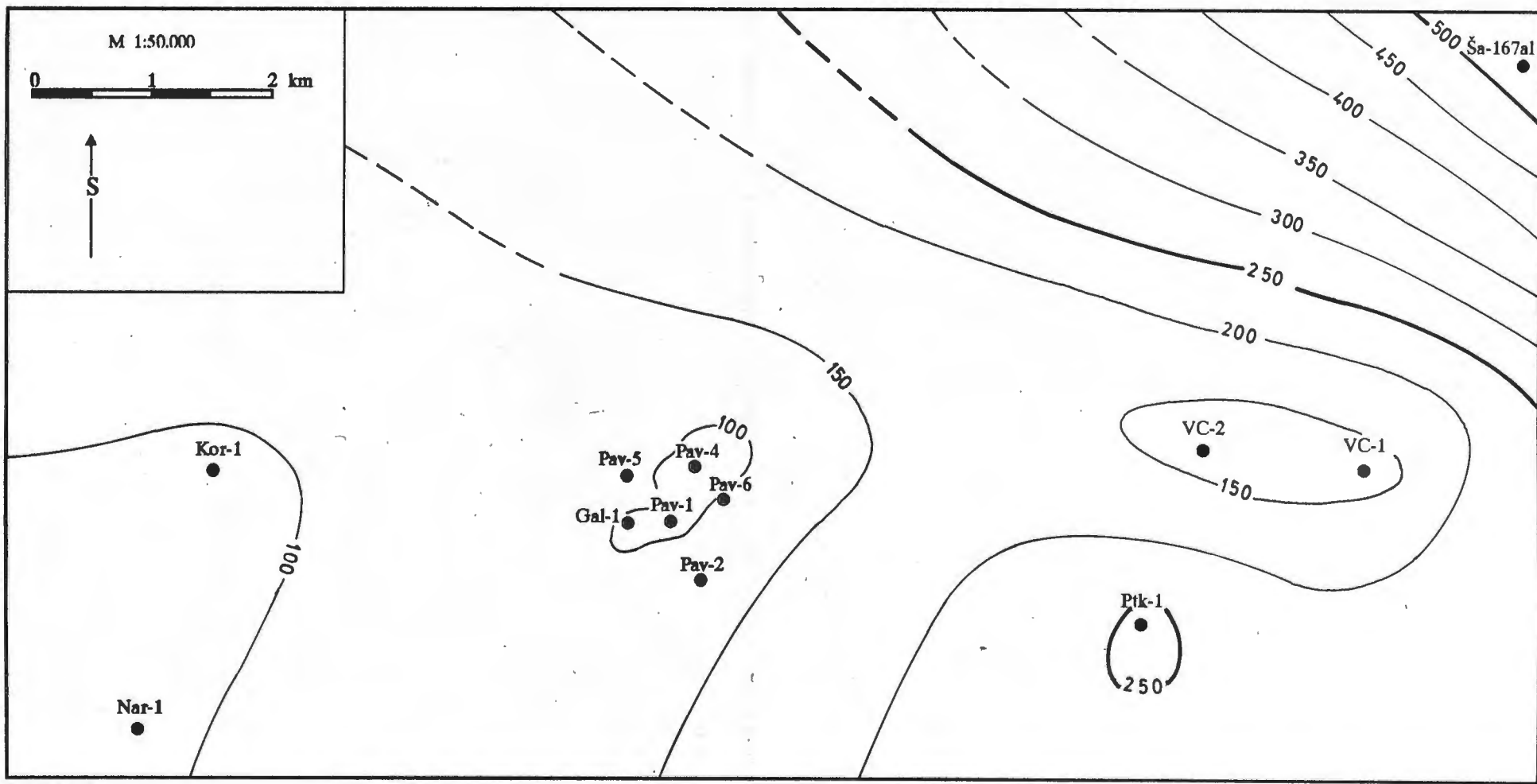
Kopneno razdoblje trajalo je približno do kraja donjeg miocena kada prostor zahvaćaju jaki ekstenzijski pokreti. Nastupa transgresija koja krajem donjega miocena zahvaća prvo najistočniji dio područja (bušotine VC-1, VC-1 $\alpha$  i Ptk-1), a u badenu more prekriva čitav prostor. Krajem badena i početkom panona dolazi do oplićavanja zbog izdizanja kopna i/ili povlačenja mora, te oslađivanja vodene sredine.

Litofacijsne karte ("h", "h<sub>e</sub>", "ss/sh" i "n") formacije prikazane su na slikama 12, 13, 14, 15. Najmanje debljine su zabilježene na strukturi Pavljani, a najveće na sjeveroistoku kod bušotine Ša-167 $\alpha$  (slika 12). Prema pravilu kompenzirane sedimentacije manje debljine posljedica su taloženja na paleouzdignućima. Pružajne izohora na karti "he" (slika 13) nalikuju pružanju izohara na karti "h". Broj pješčenjačkih slojeva ("n") (slika 15) najmanji je na području naftnoga polja, Korenova i Velike Ciglene, a raste prema sjeveroistoku (Ša-167 $\alpha$ ), a, manje izraženo, i prema jugozapadu (Nar-1). Povećanje debljina propusnih taložina i broja pješčenjačkih slojeva ("he" raste, "n" raste) prema sjeveroistoku i jugozapadu ukazuje na tektonsku aktivnost. Odnos deljina propusnih i nepropusnih taložina ("ss/sh") (slika 14) smanjuje se prema sjeveroistoku, te upućuje da je u tom smjeru postojala dublja i mirnija taložna sredina.

Č l a n M o s t i bit će detaljnije prikazan tako da će se, prema provodnim fosilima, razlučiti kronostratigrafske jedinice unutar te litostratigrafske jedinice na zahvaćenom području. Zatim će se kronostratigrafske jedinice zasebno obraditi i to tako da se prikaže njihova litološka građa, fosilni sadržaj, taložni okoliš i tektonski razvoj.

Spomenuti član je vrlo promjenjive debljine (slika 16) i raznolikih litofacijsa. Tako su na polju Galovac-Pavlani utvrđene sljedeće debljine po bušotinama: Pav-1 22 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-2 94 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 19 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), Pav-5 106 m (KORDIĆ et al., 1993a), Pav-5 $\alpha$  34,5 m (KORDIĆ et al., 1993b), Pav-6 85 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) i Gal-1 63,4 m (KIŠIĆ et al., 1995). U rubnim područjima te su debljine najčešće nešto veće pa iznose u Nar-1 36 m (GAČEŠA, 1963), Kor-1 50 m (ĐUMIĆ, 1958), VC-1 84 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  42 m (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 63 m (RAKARIĆ et al., 1995), Ptk-1 219,5 m (ŠIKIĆ et al., 1996) i Ša-167 $\alpha$  534,2 m (BJELIĆ, 1973). I starost tih naslaga nije ujednačena. Tako je na polju Galovac-Pavlani njihovo taloženje započelo transgresijom u badenu, a u bušotinama na istoku utvrđene su i donjomiocenske naslage na koje su se diskordantno istaložili badenski sedimenti. Donjomiocenske naslage određene su u bušotinama VC-1 (24 m) i Ptk-1 (105 m) (VLAHOVIĆ et al., 1991).

37



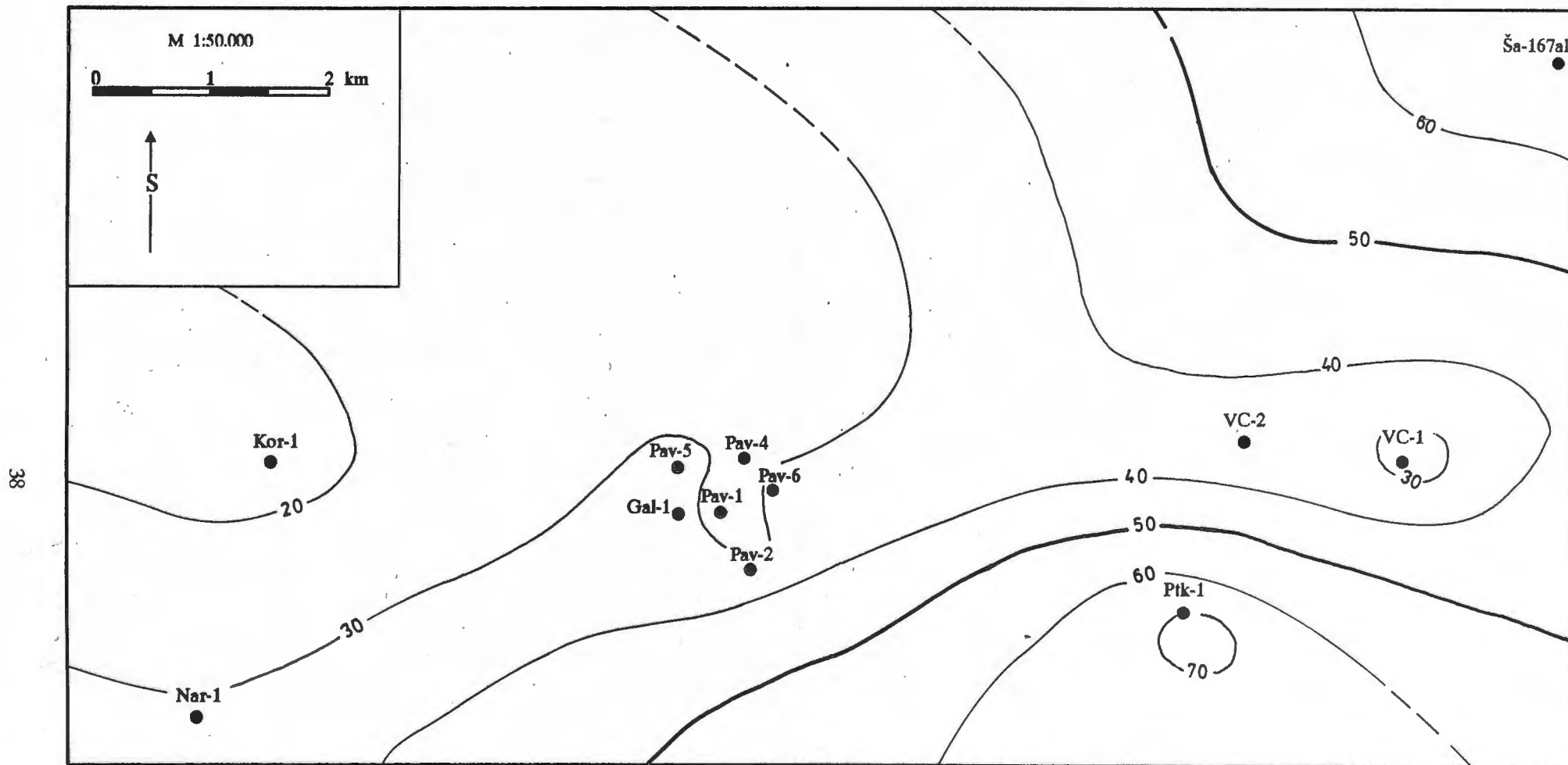
LEGENDA:

- Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv
- 100 — izohore

e=50 m

Slika 12: Karta ukupnih debljina (karta "h") formacije Moslavačka gora.





LEGENDA:



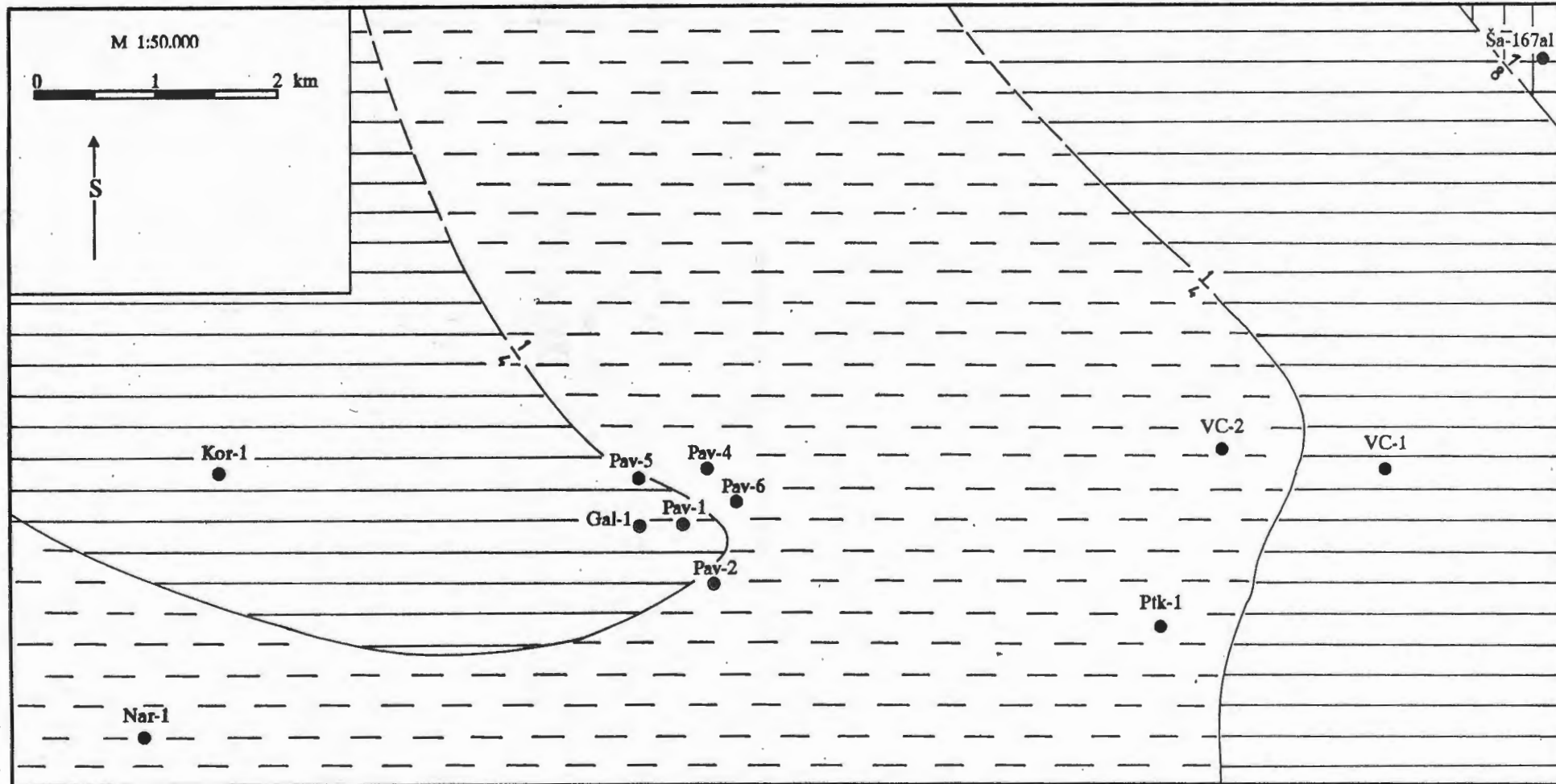
položaj ušća bušotine i njen naziv



izohore

e=10 m

Slika 13: Karta ukupnih debljina propusnih taložina (karta "hc") formacije Moslavačka gora.



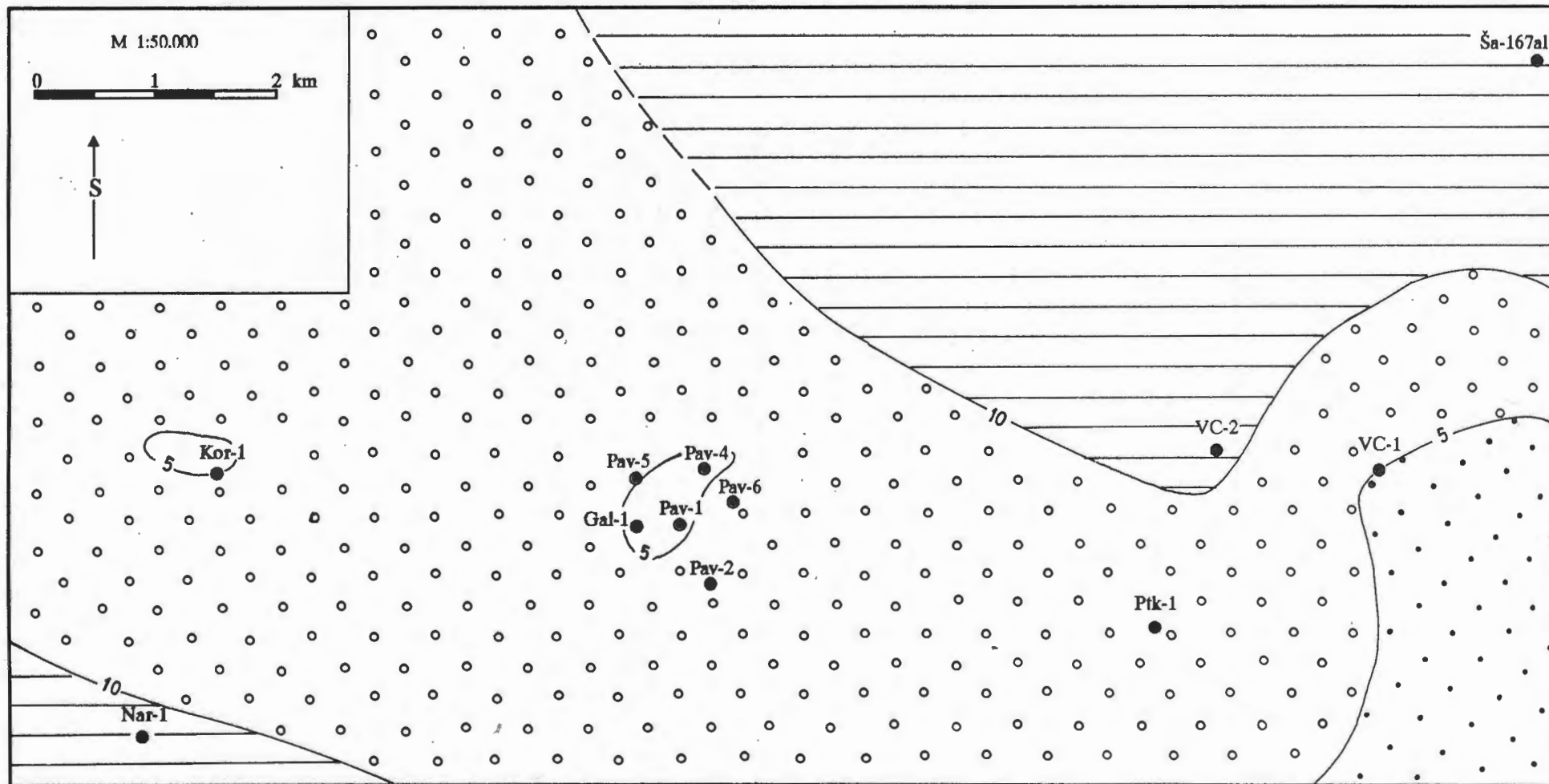
LEGENDA:

Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv; 
 
 $\frac{ss}{sh} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4}$ 

 $\frac{ss}{sh} = \frac{1}{4} - \frac{1}{8}$ 

 $\frac{ss}{sh} = \frac{1}{8} - \frac{1}{16}$ 
 ( $\frac{ss}{sh}$  je odnos debljina propusnih i nepropusnih taložina)

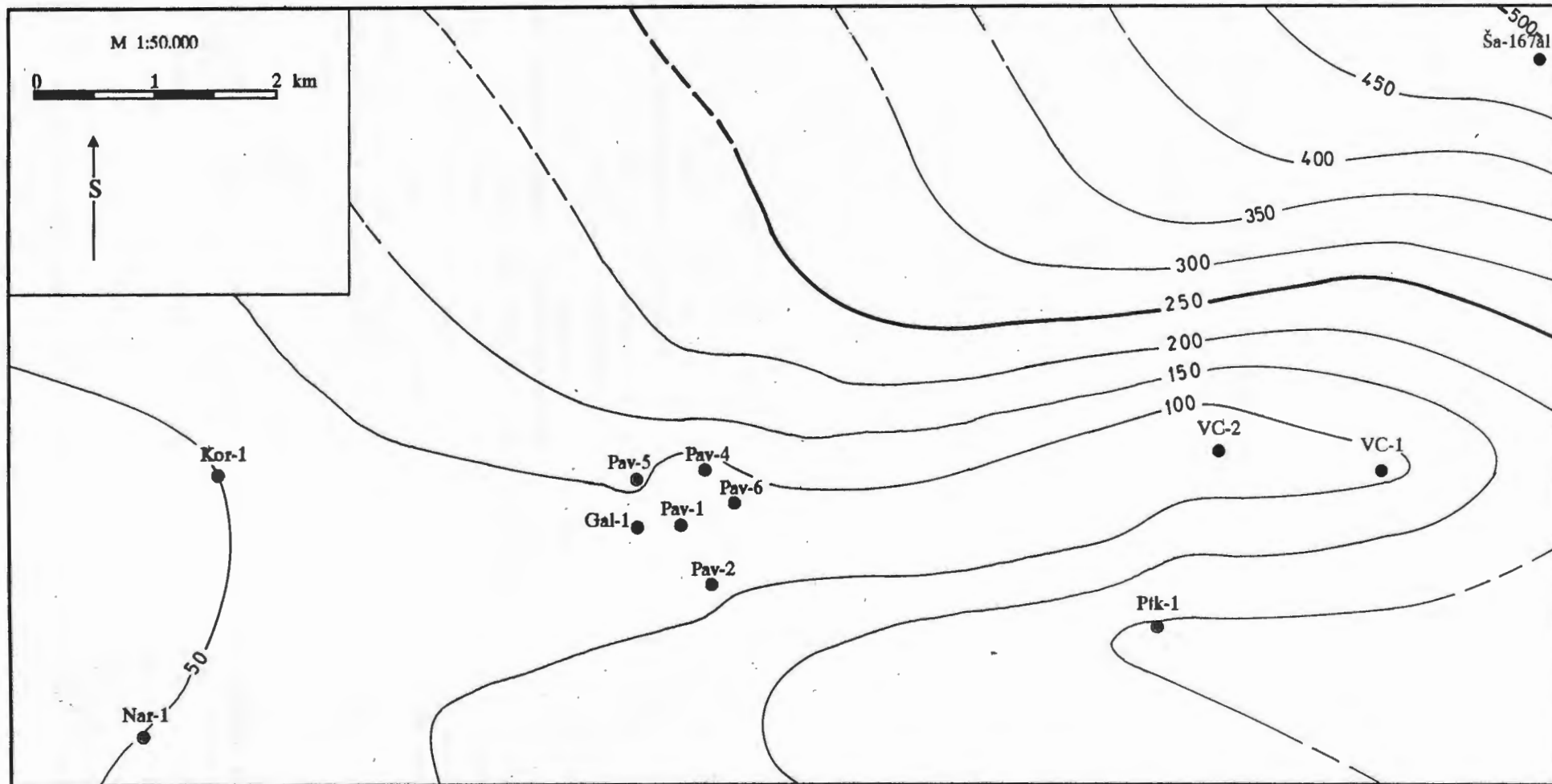
Slika 14: Karta odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina (karta "ss/sh") formacije Moslavačka gora.



LEGENDA:

Kor-1 položaj ušća bušotine i njen naziv  
 ••••• n=2-5  
 ○ ○ ○ ○ ○ n=5-10  
 ===== n=10-20 ; (n= broj propusnih taložina)

Slika 15: Karta broja propusnih taložina (karta "n") formacije Moslavačka gora.



41

LEGENDA:

-  položaj ušća bušotine i njen naziv
-  izohore

e=50m

Slika 16: Karta ukupnih debljina (karta "h") člana Mosti.

Donji miocen:

Litološki razvoj donjomiocenskih taložina nije potpuno jednak u bušotinama VC-1, VC-1 $\alpha$ ) i Ptk-1. U VC-1 i VC-1 $\alpha$  naslage su izgrađene pretežno od pješčenjaka s tufovima koji su taloženi u morskoj sredini. Diskordantno nalježu na mezozojske dolomite. U bušotini Ptk-1 donjomiocenske breče i brečokonglomerati izgrađeni su od silicikastičnog materijala s pješčenjačkim vezivom. Sličan razvoj ustanovljen je na polju Galovac-Pavlani i okolnim bušotinama u badenu. Breče i brečokonglomerati predstavljaju priobalne taložine. Radi se o kataklastičnim (tektonskim i siparnim) brečama (TIŠLJAR, 1994). Siparne breče predstavljaju proksimalne naslage aluvijalne lepezne delte. Odsutnost karbonatne komponente u brečama upućuju kako još nisu postojale veće grebenske zajednice čijim trošenjem bi nastali karbonatni fragmenti. Područje Velike Ciglene bilo je udaljenije od izvorišta materijala pa su se tu taložili dubljevodni sedimenti ili naslage distalnog dijela aluvijalne lepezne delte. Količina i veličina donšašnog materijala opadala je s udaljenošću od obale što je razlogom veće debljine tih naslaga u bušotini Ptk-1 (114,5 m) od one u bušotini VC-1 (24 m).

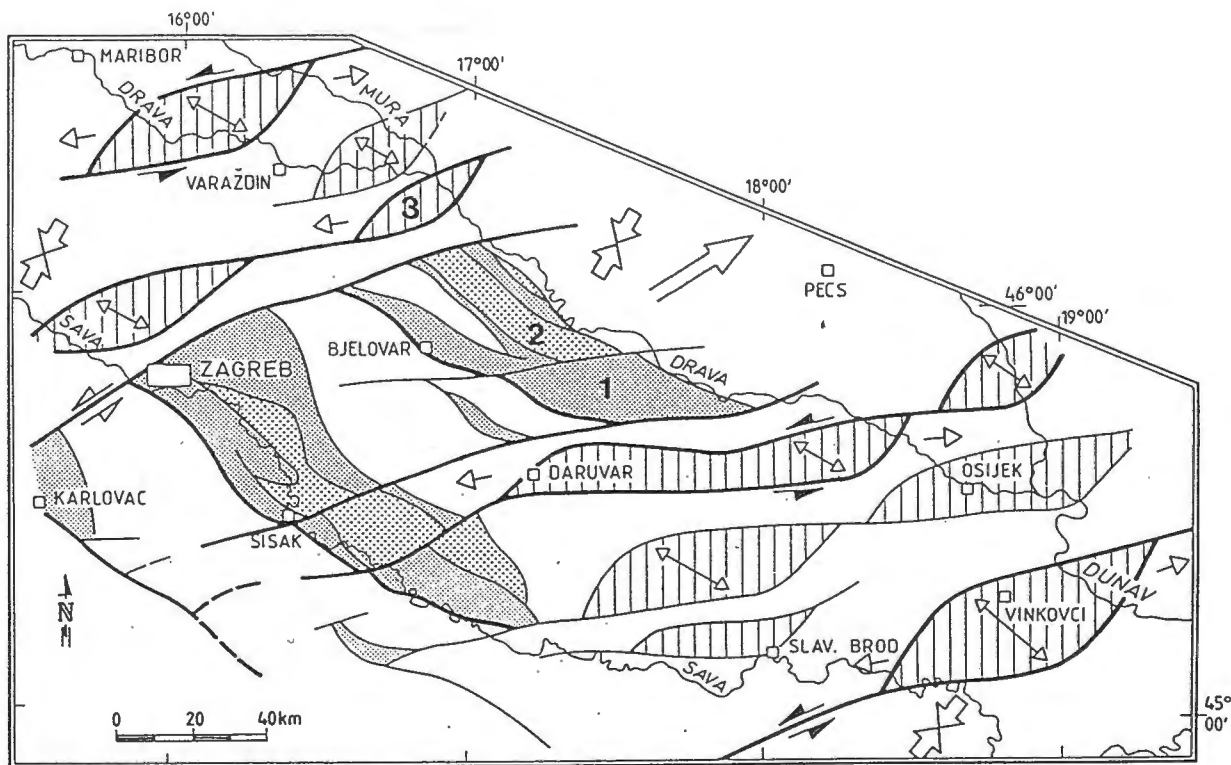
Donjomiocenska starost u bušotinama VC-1 i VC-1 $\alpha$  određena je prema nalazima sljedećih formanifera: *Amphistegina sp.*, *Bolivina sp.*, *Globigerinoides sp.*, *Globigerina*, *Marginulinopsis sp.*, *Miogypsinoides sp.* (MARKOVIĆ et al., 1990; VLAHOVIĆ et al., 1991). Uz njih su nađeni ostaci briozoa i molusaka.

Iako je veliki broj uzoraka stijena iz bušotine Ptk-1 bio mikropaleontološki sterilan dokazane su naslage donjeg i srednjeg miocena (RAŠKAJ et al., 1996). U stijenama donjomiocenske starosti nađene su foraminifere: *Globigerina sp.*, *Globigerina regularis D'ORB*, *Lenticulina sp.* i *Semivulvulina sp.* Može se zaključiti kako životni uvjeti nisu bili povoljni za razvoj mikroorganizama. Ostaci dinoflagelata termički su jako izmijenjeni i biodegradirani, pa se nije mogla odrediti taksonomska pripadnost. Brojni su ostaci zelene alge iz razreda *Chlorophyta* - *Botryococcus braunii KUTZING*, te spora i peluda nižega bilja. Najčešće spore gljiva su iz skupina: *Myringiales*, *Sphaeriales*, *Hysteriales* i *Kredinales*. Utvrđeni rodovi i vrste sporomorfi su: *Lycopodium sporites (Retitriletes) sp.*, *Betulaepollenites betuloides*, *Quercopollenites robur*, *Liquidambar pollenites stigmosus* i dr. (RAŠKAJ et al., 1996). Upravo prema sporomorfnoj tafocenozi načinjena je kronostratigrafska odredba, a utvrđeni taksoni većinom su provodni za širi stratigrafski raspon od oligocena do pliocena. No neki su na području Paratethysa znakoviti za donji miocen (NAGY, 1985; PLANDEROVÁ, 1990) pa je takvom određena i starost stijena. Taloženje se najvjerojatnije odvijalo u plićoj vodenoj sredini, uz jak kopneni utjecaj (RAŠKAJ et al., 1996). Vrsta zelene alge *Botryococcus braunii KUTZING* ukazuje na fotičku zonu (batimetrijska odredba). Dinoflagelati i zelene alge mogu ukazivati na slane do slatkovodne, no najčešće na brakične sredine. Analiza macerala ukazuje na taloženje proksimalno na kopnu (velik broj taksona sporomorfi, a vrlo mali broj dinoflagelata, te velika zastupljenost lignohuminskih klasta u palinofacijesima). Ostaci većeg bilja uglavnom su oksidirani i crne boje, što također ukazuje na plitku sredinu taloženja.

Donjomiocenska ekstenzijska tektonika u području Panonskog bazena započinje u razdoblju otnanga i karpata (ROYDEN, 1988) kada sedimentacijski prostor s marinskim naslagama, prema VRBANCU (1996), zahvaća dijelove Medvednice, savske potonine, Slavonije, a možda i rubne dijelove Pšunja. VRBANAC (1996) navodi niz autora koji smatraju da je na rubnom dijelu Moslavačke gore i zapadnog dijela Pšunja postojala neprekinuta sedimentacija na prijelazu iz donjega u srednji miocen, te da su u to vrijeme taloženi riječno-deltne sedimenti. Velika Ciglana i Patkovac vjerojatno su se nalazili unutar toga taložnog prostora, ali litološki i fosilni sastav donjomiocenskih naslaga tamo probušenih, uz korelaciju s badenskim sedimentima na strukturi Pavljani, prije bi ukazivali na njihovo marinsko podrijetlo.

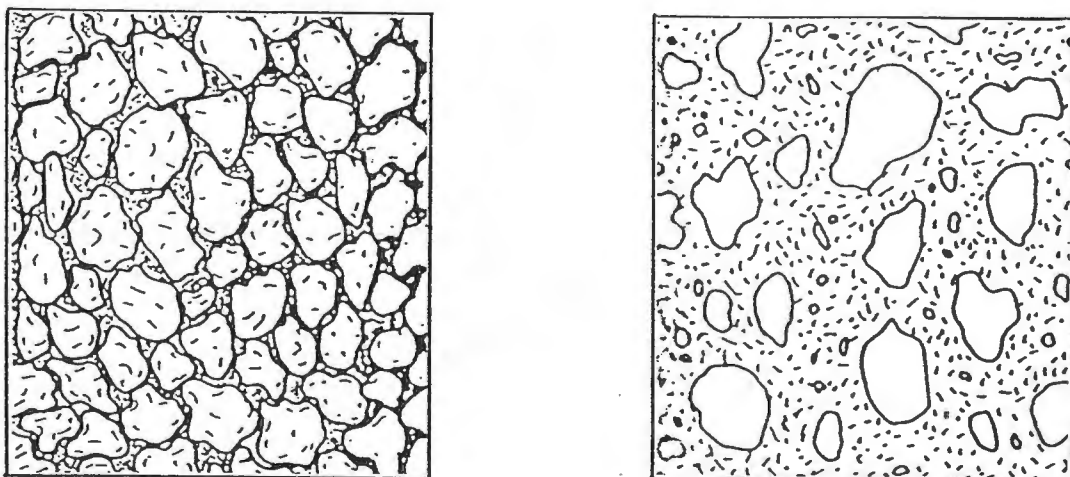
### *Baden i sarmat:*

U badenu jačaju ekstenzijski pokreti započeti u donjem miocenu. Nastaje više romboidnih (eng. "pull-apart") bazena i depresija u kojima se talože velike debljine sedimenata. Depresije su postojale jugoistočno i istočno od Bjelovara (slika 17). Prostor struktura Pavljani i Korenovo nalazio se u jugoistočnoj depresiji, dok su struktura Šandrovac i veći dio današnje Bilogore pripadali istočnoj većoj depresiji. Između njih postojalo je uzdignuto paleozojsko kopno koje se pružalo pravcem sjeverozapad-jugozastok (slika 17).



Slika 17: Ekstenzijski pokreti u badenu: (1) pliće depresije (najveća debljina naslaga manja od 1000 m; (2) dublje depresije (najveća debljina naslaga veća od 1000 m; (3) zone ekstenzije tipa romboidne grabe (eng. "pull-apart", prema: PRELOGOVIĆ et al., 1995).

Na polju Galovac-Pavlani sedimenti započinju brečama i brečokonglomeratima u kojima prevladavaju valutice metamornih stijena (amfibolita i gnajsa) pretežno vezane glinovito-pjeskovitim, a rjeđe kalcitnim materijalom (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; KORDIĆ et al., 1993a; KORDIĆ et al., 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994). Takve krupnoklastične naslage pripadaju proksimalnom dijelu aluvijalne lepezne delte. Radi se o brečokonglomeratima s dominacijom klasta nad matriksom (slika 18), tj. o brečokonglomeratima sa zrnskom potporom (eng. "clast-supported") (SERRA, 1985; TIŠLJAR, 1994). Karakteristični su za mehanizam prijenosa vodenim tokovima ("water-laid deposits") bez mnogo suspendiranog materijala. Takvi sedimenti upućuju na vlažnu klimu sa stalnim vodenim tokovima. Manji dio breča pripada siparnim i odronskim brečama koje su se taložile neposredno uz obalu.



Slika 18: Dvije glavne skupine konglomerata izdvojene prema udjelu zrna i matriksa (iz: SERRA, 1985). Slika lijevo prikazuje konglomerate sa zrnskom potporom, a slika desno konglomerate s matriksnom potporom (prema: TIŠLJAR, 1994).

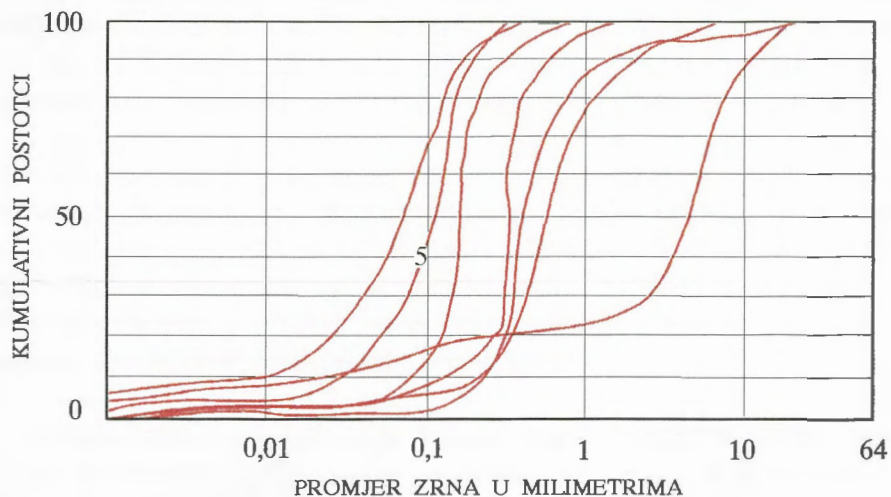
Pripadnost naslaga člana Mosti sedimentima aluvijalne lepezne delte određena je i na temelju granulometrijskih krivulja. Na slici 19 usporedene su krivulje veličine zrna na intervalu 1150,0-1154,0 m u bušotini Pav-1 (donji dio člana Mosti) (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a) s empirijskim krivuljama koje je načinio SERRA (1985). Primjećuje se vrlo dobra podudarnost krivulja označenih brojevima 1, 2 i 4 za naslage u bušotini Pav-1 s krivuljom 5 na primjeru koji je dao SERRA (1985).

Prvo u izmjeni s brečama i brečokonglomeratima, a zatim samostalno talože se šljunci i krupnozrnati, sivi pješčenjaci. U njihovoj lakoj frakciji, prema BRODARIĆU & SOKOLOVIĆU (1991), dominiraju feldspati (oko 50%). Ti minerali, među ostalim, upućuju na brzo mehaničko trošenje izdignutog reljefa. Sastav teških minerala je neujednačen, no ipak se ističe povišena koncentracija andaluzita i distena (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991) koji ukazuju na podrijetlo materijala iz paleozojskih metamorfnih stijena. Ranije su spomenute izdignute i kataklaziranih paleozojske magmatske i metamorfne stijene u neposrednoj blizini, čiji je materijal snašan manjim, brzim i brojnim vodenim tokovima. Na temelju analize mineralnog sastava ovi sedimenti mogu se povezati s tim stijenama, tj. određeno je lokalno porijeklo detritusa. Opisane naslage taložene su u središnjem dijelu lepeze ("mid-fan").

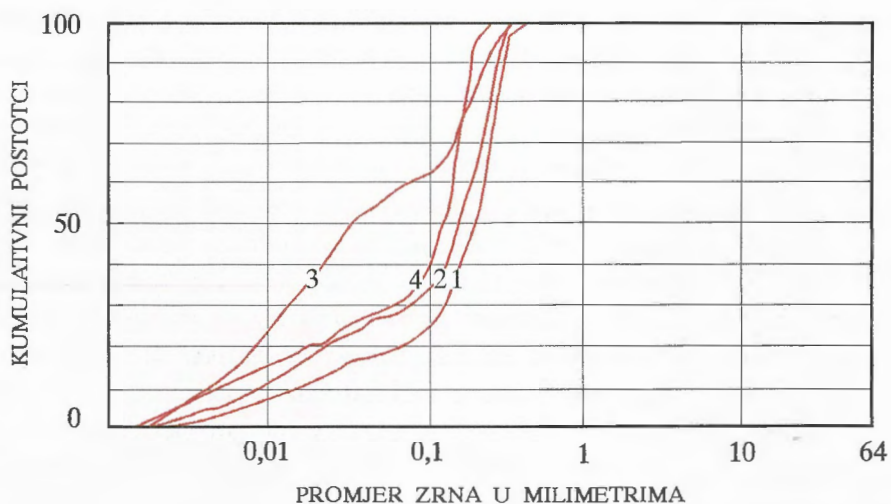
Slijed naslaga završava srednjo- i sitnozrnatim pješčenjakom koji se taložio u vanjskom dijelu aluvijalne lepezne delte ("distal-fan"). Pješčenjak je mješavina siliciklastičnog i karbonatnog materijala, te intrabazenskog fosilnog detritusa ili ooida, onkoida i peleta. Prema TIŠLJARU (1994) pješčenjak takvog sastava naziva se kalkarenacejski pješčenjak koji, ako izrazito prevladava fosilni detritus, prelazi u biokalkarenitni vapnenac.

Taloži se i pješčenjak po tipu litoarenit, bogat fosilima. Uz kvarc i odlomke stijena sadrži i nešto feldspata i tinjaca, te fragmenata briozoa i sitnih foraminifera. Vezivo je kalcitno uz primjese gline. Kao proslojci u tim se naslagama nalaze i dobro uslojeni litavci i litotamniji (glinoviti) vapnenci taloženi u području litorala.

KRIVULJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA SEDIMENATA  
IZ VODENOG TOKA ALUVIJALNE LEPEZE



KRIVULJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA KLASTIČNIH  
SEDIMENATA IZ BUŠOTINE Pav-1



Jezgrovani interval 1150,0-1154,0 m.

- Krivulja 1 - I. m 0,15
- Krivulja 2 - II. m 0,50
- Krivulja 3 - II. m 0,35
- Krivulja 4 - III. m 0,75

Slika 19: Krivulje raspodjele veličine zrna s koeficijentom sortiranosti za sedimente aluvijalne lepeze i lepezne delte istaložene iz vodenog toka (iz: BULL, 1963) usporedene s krivuljama istoga značenja za sedimente člana Mosti u bušotini Pav-1.



Kraj člana Mosti obilježen je sitnozrnatim, pelitnim sedimentima sastavljenim od lapora, siltnih lapora i laporovitih vapnenaca. Vapnenac je određen kao siltni glinoviti mikrit s primjesama siliciklastičnoga detritusa lokalnog podrijetla iz paleozojskog kristalina. Ti sedimenti su naslage sarmatske starosti koje su na području čitave bjelovarske depresije male debljine od svega nekoliko metara (KOROLIJA et al., 1986). Zato i nisu zasebno izdvojene u geološkim izvještajima bušotina iako odgovaraju sedimentima najgornjeg dijela člana Mosti.

Na naslage aluvijalne lepezne delte talože psamitsko-pelitske klastične naslage litorala s oblijem planktonskih foraminifera (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991; BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994). Taloženje takvih naslaga povremeno je prekidano većim donosom krupnozrnatog karbonatnog materijala nastalog trošenjem priobalnih vapnenačkih grebena. Općenito se naslage člana Mosti mogu usporediti sa sekvencijom postinjavanja prema gore.

Sličan litološki razvoj zabilježen je u bušotini Nar-1 (GAČEŠA, 1963). Badenske naslage započinju šarenim konglomeratom izgrađenom najvećim dijelom od valutica kvarca koje potječu iz paleozojskih stijena podloge. Na njih je istaložen glinoviti do pjeskoviti (litotamnijski) vapnenac. Dio karbonatnog materijala taložen je kao biokalkarenit, za koji materijal potječe iz odlomaka karbonatnih grebena. Slijede sarmatski mekani i krhki lapori debljine 8 m. Slojevi pješčenjaka nisu utvrđeni. Produbljivanje sredine bilo je brže nego li na ostalom području, jer se na krupnoklastične naslage odmah talože vapnenački i laporoviti sedimenti.

U bušotini Ptk-1 na donjomiocenske nastavlja se taloženje badenskih breča i brečokonglomerata izgrađenih od siliciklastičnog i karbonatnog materijala (ŠIKIĆ et al., 1996). Unutar njih utvrđen je i sivi do sivosmeđi silit koji sadrži organsku tvar. Na te naslage taložen je, kao i na polju Galovac-Pavljani, krupnozrnati do srednjozrnat, dobrovezani, kalkarenacejski pješčenjak svijetlosive do sivosmeđe boje sa sparitskim vezivom. Uz njega se javlja i pješčenjak zelenkaste boje s tinjcima i kloritom u tragovima. Zelena boja upućuje na miješanu ili hibridnu vrstu zelenih (glaukonitnih) pješčenjaka (TIŠLJAR, 1994). Oni uz siliciklastična zrna kvarca, feldspata, odlomaka stijena i tinjaca sadrže i znatan udjel (ponekad i više od 50%) međusobno slijepljenih zrnaca glaukonita, klorita, seladonita, smektita, šamozita i drugih minerala. Uz njih može više ili manje biti zastupljen fosilni detritus s kojim tada zajedno stvaraju kuglaste nakupine. One su mogle nastati dijagenetskim promjenama nabrojanog materijala u marinskoj sredini kroz razmjerno dugotrajno vremensko razdoblje u uvjetima sporog taloženja nakon transgresije (ODIN & MATTER, 1981; TIŠLJAR, 1994). Takvi pješčenjaci upućuju na reduciranu sedimentaciju u slabo reduktivnom morskom prostoru normalnog saliniteta. Na pješčenjake se ponovo taloži brečokonglomerat izgrađen od fragmenata fosilifernog vapnenca s vezivom od sitnozrnatog do konglomeratičnog pješčenjaka. Naslage člana Mosti završavaju sivim do tamnosivim, kompaktnim, gustim i mjestimično laminiranim kalcitnim laporom i glinovitim vapnencom (mudstone), s manjim pojavama pirita, sarmatske starosti. Lapori i vapnenci sadrže organsku tvar, a pukotine su zapunjene krupnokristalastim kalcitom s tragovima gline.

Udjel karbonatne komponente smanjuje se odozdo prema gore, da bi zatim u laporima i vapnencima na vrhu opet porastao (ŠIKIĆ et al., 1996). U brečama i brečokonglomeratima kalcimetrija iznosi 16-50%, a dolomimetrija 5-7%. U pješčenjacima te vrijednosti padaju na  $\text{CaCO}_3=0-10\%$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2=2-16\%$ . Zatim u kalcitnim laporima i glinovitim vapnencima vrijednosti ponovo rastu na  $\text{CaCO}_3$  66-82%, a  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  2-10%.

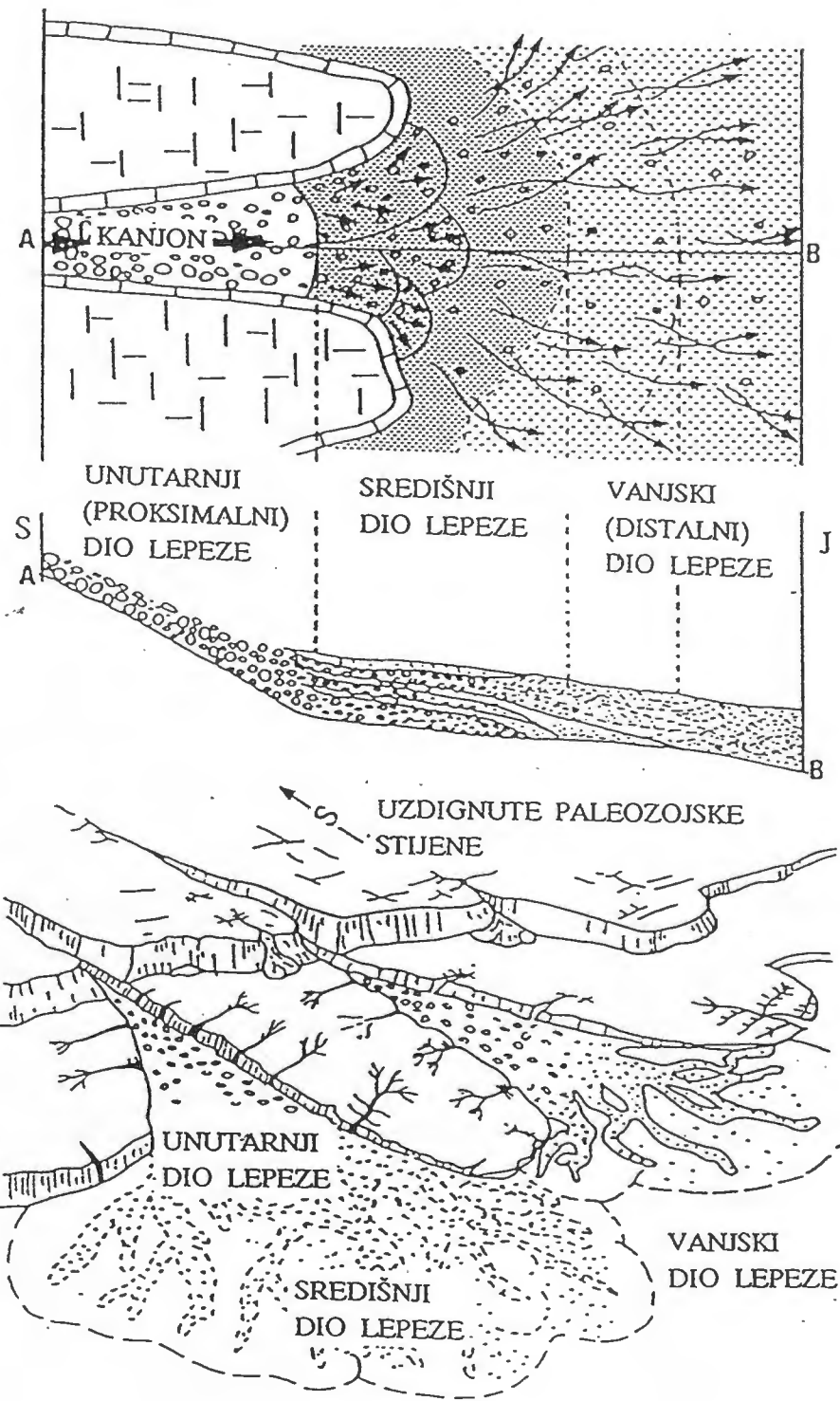
Na sjeveroistoku, u bušotini Ša-167 $\alpha$ , zabilježena je najveća debljina naslaga formacije Moslavačka gora. Svi sedimenti stariji od formacije Ivanić-Grad označeni su kao miocen (384,2 m) i "pokrov temeljnoga gorja" (150+x m). Pod nazivom "pokrov temeljnoga gorja" označeno je zadnjih 150 m nabušenih naslaga iako taj izraz ne pripada propisanoj litostratigrafskoj i

kronostratigrafskoj nomenklaturi. Prema spoznajama iznesenim u ovome radu, tj. prema podacima iz okolnih bušotina, ti sedimenti također su miocenske starosti i pripadaju formaciji Moslavačka gora. Ukupne debljina te formacije je 534,2+x m. Taložine formacije Moslavačka gora započinju sivim, zelenim i crvenkastosmeđim pješčenjakom. Veličina zrna vrlo je različita, od sitnozrnatih do krupnozrnatih. Pješčenjak može biti siltiti, a uz njega je taložen tamnosivi do sivosmeđi, tvrdi, kalcitni lapor. Kao i u Ptk-1 zeleni pješčenjak ukazuje na sporo taloženje kroz dulje vremensko razdoblje u slabo reduktivnoj morskoj sredini. Korelacijom s bušotinom Ptk-1 može se pretpostaviti badenska starost za te pješčenjake. Mlađe naslage izgrađene su od bjeličastog do tamnosivog, srednje tvrdog do tvrdog lapora, te sivog, čvrsto vezanog siltitnog do laporovitog kvarcno-tinčastog pješčenjaka s tragovima kalcitnog talka. Korelacijom s ostalim bušotinama starost tih sedimenata bila bi sarmatska, odnosno donjopanonska.

Na polju Galovac-Pavljeni u naslagama člana Mosti dokazana je badenska mikrofauna (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991; BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994). Pronađene planktonske foraminifere su: *Globigerina nepenthes* TODD, *Globigerina concina* REUSS, *Globigerina bulloides* D'ORB, *Globigerina praebulloides* BLOW, *Globigerina* sp., *Globigerinoides trilobus* REUSS, *Globigerinoides irregularis* LE ROY, *Globigerinoides bisphaerium* TODD, *Globorotalia obesa* BOLLI, *Orbulina universa* D'ORB, *Orbulina bilobata* D'ORB, *Praeorbulina transitoria* BLOW, *Praeorbulina glomerata* BLOW. Bentičke foraminifere su: *Amphistegina lessonii* D'ORB, *Amphistegina* sp., *Bolivina* sp., *Cibicides uvigerianus* D'ORB, *Elphidium macellum* FICHT & MOLL, *Elphidium crispum* LINNE, *Gypsina* sp., *Heterolepa horidiugeri* BRADY, *Heterostegina* sp., *Lenticulina cultrata* MONTF., *Melanis soldani* D'ORB, *Textularia* sp. Uz foraminifere nađeni su fragmenti briozoa, bodlje ježeve, kršja školjkaša (rod *Pecten*) i rodovi crvenih algi (raz. *Rhodophyta*, fam. *Corallinaceae*) *Lithotamnium* sp. i *Lithophyllum* sp. Sve to ukazuje kako je sredina bila plitkomorska (alge, briozoe), a planktonske foraminifere upućuju na otvorenost prema širim morskim prostorima (pučini). Krajem badena dolazi do promjene mikrofaune zbog nove, zaštićenije i mirnije životne sredine. Na oplićavanje i oslađivanje taložne sredine ukazuju foraminifere reda *Miliolidae*, te ostrakode. Tada je utvrđen i vrhunac razvoja rodova *Ammonia beccarii* LINNE i *Cibicides lobatulus* WALK&JAC.

I kod Patkovca u badenu dolazi do povoljnijih životnih uvjeta, a ustanovljena je i slična mikrofossilna zajednica (RAŠKAJ et al., 1996). Brojniji su nalazi bentičkih foraminifera: *Amphistegina lessonii* D'ORB, *Lenticulina* sp., *Elphidium crispum* LINNE i dr. Uz njih su nađene i crvene alge iz fam. *Corallinaceae*, te briozoe koje ukazuju na pliću morsku sredinu. Ustanovljene su i rijetke planktonske foraminifere: *Globigerina bulloides* D'ORB, *Globigerina nepenthes* TODD što ukazuje na povremeni utjecaj otvorenog mora. U najgornjem dijelu intervala dolazi do promjene mikrofossilne zajednice zbog smanjenja komunikacije s otvorenim morem i oplićavanja pa se javljaju foraminifere iz reda *Miliolidae* (*Cibicides* sp., *Uvigerina* sp.), te ostrakodi i ostaci zelene alge *Botryococcus braunii* KUTZING. To su organizmi koji žive u plitkim morskim sredinama.

U badenu marinski sedimentacijski prostor prekriva cijelo obrađeno područje, a i najveći dio sjeverne Hrvatske. Samo su veće gore ostale iznad morske razine i postali otoci. Na polju Galovac-Pavljeni trošenjem paleozojskog kopna u plitkomorski (priobalni) prostor lepezne delte taložen je siliciklastični materijal koji je prenošen aluvijalnim lepezama. Uz njih taloži se karbonatni detritus nastao razaranjem prigrebenskih i grebenskih zajednica crvenih algi (*Corallinacea*) i briozoa priobalnim strujama i valovima. Shema takvog taložnog prostora prikazana je na slici 20. Krajem badena ekstenzijski pokreti slabe. U sarmatu se površina mora i slanost postupno smanjuju (VRBANAC, 1996).



Slika 20: Blok dijagram i tlocrt shematizirane aluvijalne lepeze i lepezne delte. Niz lepezu i padinu opada veličina zrna, a raste uslojenost naslaga. Litologija: unutarnji dio lepeze obilježen je masivnim konglomeratima, središnji dio izmjenom konglomerata i pješčenjaka s ukriženom slojevitošću, a vanjski dio pješčenjacima s ukriženom slojevitošću (iz: MCGOWEN & GROAT, 1971).

Sljedeći je k r i ž e v a č k i č l a n čija je debljina između 30 i 135 m. Pojedinačne vrijednosti na polju Galovac-Pavljani utvrđene po bušotinama su: Pav-1 140 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), Pav-2 28 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 28 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), Pav-5 134,98 m (KORDIĆ et al., 1993a), Pav-5 $\alpha$  77 m (KORDIĆ et al., 1993b), Pav-6 125 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994), Gal-1 98 m (KIŠIĆ et al., 1995), VC-1 61 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  73 m (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 57 m (RAKARIĆ et al., 1995), Ptk-1 53,5 m (ŠIKIĆ et al., 1996), Ša-167 $\alpha$  30,5 m (BJELIĆ, 1973), Kor-1 43 m (ĐUMIĆ, 1958) i Nar-1 65 m (GAČEŠA, 1963). Talože se istovrsne naslage kao u gornjem dijelu člana Mosti. Samo u bušotini Pav-5 $\alpha$  član Križevci započinje čistim vapnencem (KORDIĆ et al., 1993b). U ostalim započinje tvrdim kalcitnim laporom do glinovitim vapnencem u izmjeni s tamnosivim do sivim laporom m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; KORDIĆ et al., 1993a; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994). Te naslage vrlo naglo prelaze u čisti lapor. Kroz cijeli slijed laporovito-vapnenačkih sedimenta udjel karbonatne komponente vrlo je visok ( $\text{CaCO}_3=68-90\%$ ). Pri vrhu križevačkog člana lapor se počinje izmjenjivati sa srednjozrnatim i srednjovezanim, kvarcno-tinčastim pješčenjakom, te se smanjuje udjel karbonatne komponente ( $\text{CaCO}_3=20-68\%$ ). Laporovito-vapnenački sedimenti nemaju izraženu šupljikavost pa predstavljaju dobar izolator za ležište u članu Mosti ispod njih (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; TROHA, 1992; DJAČANIN et al., 1993; DJAČANIN et al., 1995).

U bušotini Nar-1, na južnom dijelu ispitivanog područja, ustanovljen je ponešto drugačiji razvoj naslaga. Sedimenti donjeg panona započinju bijelim do žućkastim, dosta tvrdim i čvrstim laporom, neravnog loma (GAČEŠA, 1963). Ti slojevi označeni su kao "bijeli lapori" ("croatica-naslage") i lako se koreliraju s istovrsnim naslagama u bušotinama savske potonine. Litološki "bijeli lapor" je slabo litificirani, glinoviti vapnenac krivo nazvan laporom zbog niskog stupnja litifikacije (TIŠLJAR, 1994). Šlijedi bijelosivi, dosta kompaktni, srednje tvrdi, kalcitni lapor, a slojevi pješčenjaka nisu utvrđeni.

Fosilni sadržaj sedimenta bio je vrlo oskudan. Rijetki nalazi ostrakoda upućuju na brakičnu sredinu u donjem panonu.

Dolazi do oplićavanja i zapunjavanja taložne sredine započeto krajem badena. Razlog tomu je tektonsko izdizanje i/ili povlačenje mora. Nastaju zaštićeni plićaci u kojima se izmjenjuju tanki proslojci glinovitog vapnenca (biomikrita), kalcitnog, silitnog ili pjeskovitog lapora, čistog lapora i, rijetko, pješčenjaka. Ponavljanjem takvih sekvencija dobiva se slijed sa *ritmitima*. Izvor klastičnog materijala i dalje je paleozojski masiv na zapadu, no donos materijala je manji nego u badenu. U prostorima gdje dolazi do napredovanja (progradacije) lepezi taložna sredina se oslađuje. Tu se na marinske naslage talože se sitnozrnat, pelitsko-psamitski sedimenti.

## 6.2.2. FORMACIJA IVANIĆ-GRAD

Sljedeća mlada litostratigrafska jedinica izdvojena u dravskoj (i savskoj) potonini imenovana je Ivanić-Grad. U starijim bušotinama Ša-167 $\alpha$  (BJELIĆ, 1973) i Nar-1 (BOŠKOV-STEINER, 1963) te naslage označene su kao "banatica-naslage". Vrijeme taloženja približno odgovara gornjem panonu. Granicu prema formaciji Moslavačka gora u podini predstavlja elektrokarotažni reper Rs5, a prema formaciji Kloštar-Ivanić u krovini elektrokarotažni reper Z'. Formacija započinje lipovačkim laporom (Lipovec lapor prema ŠIMONU, 1968), a nastavlja se zagrebačkim članom (Zagreb član; ŠIMON, 1968) ili njegovim bočnim ekvivalentom okolskim pješčenjacima (Okoli pješčenjaci; ŠIMON, 1968).

Debljine tih naslaga znatno su manje od debljina formacije Moslavačka gora. Na polju Galovac-Pavljani lipovački lapor kao najniži član probušen je samo u bušotini Pav-5 smještenoj na zapadnom tektonskom bloku 4B (slika 5) (KORDIĆ et al., 1993a). Veće debljine ove formacije su u području Šandrovca (BJELIĆ, 1973), Velike Ciglene (MARKOVIĆ et al., 1990; RUKAVINA et al., 1991; RAKARIĆ et al., 1995), Patkovca (ŠIKIĆ et al., 1996) i Narte (GAČEŠA, 1963). Tamo je, kao i u bušotini Pav-5, probušen lipovački lapor, a iznad njega zagrebački član. Samo su kod Velike Ciglene probušeni okolski pješčenjaci koji su bočni ekvivalent zagrebačkog člana.

Općenito, lipovački lapor je sive do smeđe boje, relativno velike tvrdoće, a ponekad može imati povećan udjel karbonatne komponente ili proslojaka pješčenjaka. Mlađi okolski pješčenjaci pretežno su izgrađeni od sitnozrnatog, dobrovezanog, pješčenjaka. Njihov bočni ekvivalent, zagrebački član, raznolikijeg je sastava, s čestom izmjenom sitnozrnatog, sivo-smeđeg pješčenjaka i tvrdog, sivog lapora.

Fosilni sastav bio je oskudan količinom i vrstama organizama. Izdvojeni su samo neki rodovi silikoplacentina i ostrakoda. Na temelju tih nalaza i litostratigrafske pripadnosti određena je gornjopanonska starost.

Na istraživanom području je došlo do relativnog spuštanja morske razine tako da su područja izdignutog paleoreljefa i organogenih grebena (Galovac, Pavljani), koji su se ranije nalazili neposredno iznad ili ispod mora, postala dijelom kopna ili zaštićenih plićaka. Nedostatak lipovačkog lapora može ukazati da su kroz veći dio gornjeg panona na strukturi Pavljani vladali kopneni uvjeti. Na istoku i jugu istraživanog područja uvjeti su bili nešto drugačiji. Tamo je nastavljeno oplićavanje, ali taloženje je neprekidno trajalo kroz cijeli gornji panon. Prostori na istoku i zapadu (Velika Ciglena, Patkovac, Šandrovac, Narta, Korenovo) postali su plitkomorski ili plitkojezerski taložni okoliši. Prema VRBANCU (1996) u vrijeme gornjeg panona područja Panonskog bazenskog sustava u kojima se odvijalo taloženje prekrivala je slatka voda različite dubine.

Prema litofacijsnim kartama (slika 21) najveće debljine formacije Ivanić-Grad, ali i najvećih debljina propusnih taložina zabilježene su u prostoru Velike Ciglene. Nešto južnije, kod Patkovca, najveći je broj propusnih taložina, te odnos debljina propusnih i nepropusnih taložina (slika 22). Broj propusnih taložina, te odnos debljina propusnih i nepropusnih taložina veći je također u području bušotine Kor-1. Na temelju litofacijsnih parametara na kartama formacije Ivanić-Grad (slike 20 i 21) označena je i granica rasprostiranja pješčenjaka. Na temelju karte ukupne debljine (slika 21) zaključeno je kako je struktura Pavljani i dalje najistaknutiji dio paleoreljefa na obuhvaćenom području. Povećanje ukupnih debljina propusnih taložina ("h") i broja propusnih taložina ("n") približno na istim područjima Velike Ciglene, Patkovca i Korenova ukazuje na jaču tektonsku aktivnost u tim prostorima, tj. na njihovo spuštanje. Tako bi krupnoklastični materijal najvećim dijelom potjecao sa strukture Pavljani, smještene između tih prostora.

Može se zaključiti da struktura Pavljani ostaje najistaknutiji dio reljefa i vjerojatno se nastavlja izdizati i u gornjem panonu. Krajem gornjeg panona prostor je ponovo prekriven vodom pa se diskordantno na član Križevac talože naslage zagrebačkog člana.

Najniži član je l i p o v a č k i l a p o r. Utvrđene su njegove sljedeće debljine: VC-1 268 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  247 m (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 264 m (RAKARIĆ et al., 1995), Ptk-1 145 m (ŠIKIĆ et al., 1996), Nar-1 49 m (GAČEŠA, 1963), Kor-1 118 m (ĐUMIĆ, 1958), Ša-167 $\alpha$  112 m (BJELIĆ, 1973) i Pav-5 60 m (KORDIĆ et al., 1993a). Boja mu je siva do sivosmeđa, a tvrdoća srednja do velika. Mogu se pojaviti i proslojci

sitnozrnatoga, kvarcno-tinjčastog pješčenjaka (Pav-5), dok je u nekim dijelovima povećan udjel karbonatne komponente pa se radi o kalcitnom laporu (Ša-167 $\alpha$ ). U bušotini Nar-1 član započinje kalcitnim, a završava glinovitim laporom.

Najveće debljine ovoga člana zabilježene su kod Velike Ciglene gdje je taložni prostor bio najdublji. U okolnom prostoru debljina ovoga člana je znatno manja. Posebno se to odnosi na područje Narte, te Galovca i Pavljana.

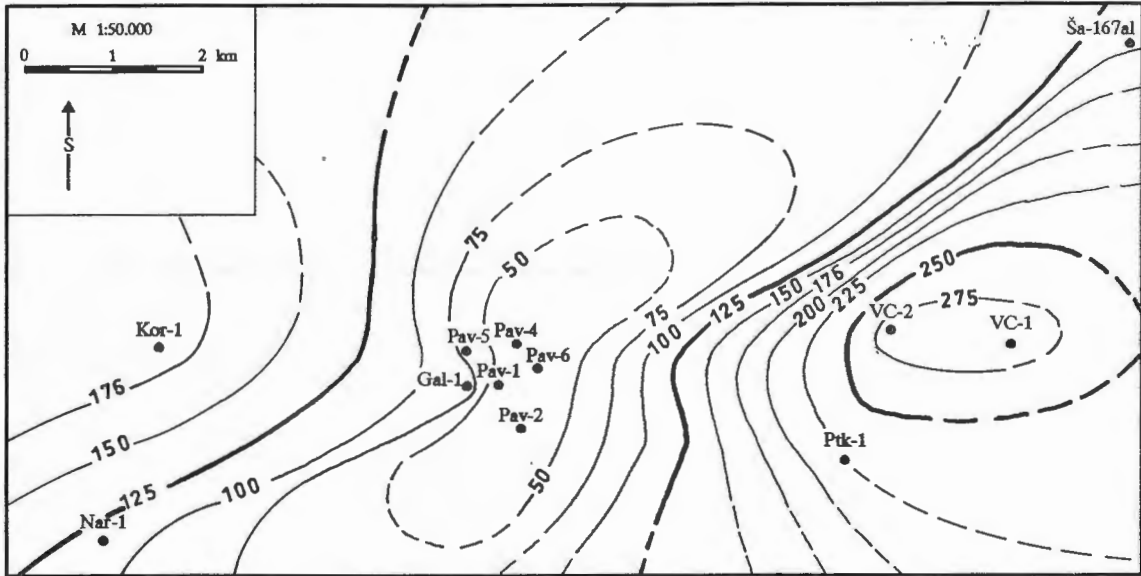
Na prethodni član taloži se litološki heterogeniji zagrebački član. Naslage su ustanovljene u svim bušotinama osim kod Velike Ciglene gdje je ustanovljen bočni ekvivalent zagrebačkog člana - okolski pješčenjaci. Ovaj član ima manje i ujednačenije debljine od prethodnoga, a po bušotinama one iznose: Pav-1 16 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), Pav-2 23 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 19 m (SOKOLIĆ & BRODARIĆ, 1992), Pav-5 13 m (KORDIĆ et al., 1993a), Pav-5 $\alpha$  34 m (KORDIĆ et al., 1993b), Pav-6 17 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994), Gal-1 84 m (KIŠIĆ et al., 1995), Ptk-1 80 m (RAŠKAJ et al., 1996), Nar-1 65 m (BOŠKOV-STEINER, 1963) i Kor-1 71 m (ĐUMIĆ, 1958). Iz podataka je vidljivo kako, nakon kopnene faze, započinje reducirana sedimentacija na strukturi Pavljani.

Naslage ovog člana predstavljene su izmjenom pješčenjaka i lapora. Radi se o kvarcno-tinjčastom, sitnozrnatom pješčenjaku, dobro do srednjovezanom. Boje mu je siva do smeđa. Lapor je srednje do velike tvrdoće, sive do tamnosive boje. Samo u bušotini Nar-1 naslage zagrebačkog člana predstavljene su uglavnom čistim laporom, po osobinama gotovo istovjetnom lipovačkom laporu. U bušotinama Kor-1, Ša-167 $\alpha$  i Ptk-1 litološki slijed započinje laporom. Prema vrhu raste udjel psamitskih čestica pa se prvo opaža pojava silita, a pri vrhu i sitnozrnatog pješčenjaka. Prema gore opada udjel kalcitne komponente ( $\text{CaCO}_3$  13-32%), a u bušotini Ptk-1 ustanovljena je i dolomitna komponentna ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  3-14%).

Na polju Galovac-Pavljeni naslage zagrebačkog člana započinju najčešće sivim laporom srednje tvrdoće. Jedino u bušotini Pav-5 $\alpha$  započinju svijetlosivim glinovitim vapnencem i kalcitnim laporom ( $\text{CaCO}_3=73-85\%$ ). Prema gore raste udjel psamitskih čestica, a smanjuje se udjel kalcitne komponente ( $\text{CaCO}_3=34-60\%$ ) i pelitnih čestica. Lapor prelazi u silitni lapor, a pri vrhu i u pješčenjak.

Bočni ekvivalent člana Zagreb su okolski pješčenjaci. Već je ranije spomenuto kako su oni probušeni samo na području Velike Ciglene. Debljine tog člana iznosile su: VC-1 31 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  28 m (RUKAVINA et al., 1991) i VC-2 21 m (RAKARIĆ et al., 1995). To su sitnozrnati, dobrovezani, kvarcno-tinjčasti pješčenjaci, svijetlosive boje. U nekim intervalima radi se o čistom (100%) pješčenjaku. Udjel kalcitne komponente nije velik i iznosi oko 15%.

KARTA "h"



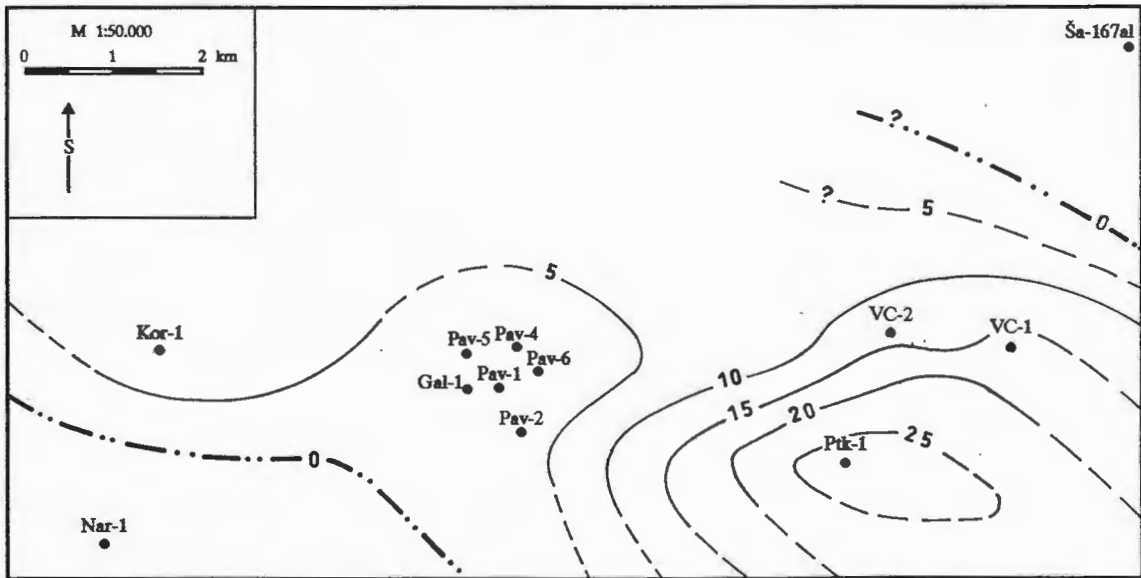
LEGENDA:

e=25 m

- Kor-1

 položaj ušća bušotine i njen naziv
- 500
 izohora

KARTA "he"



LEGENDA:

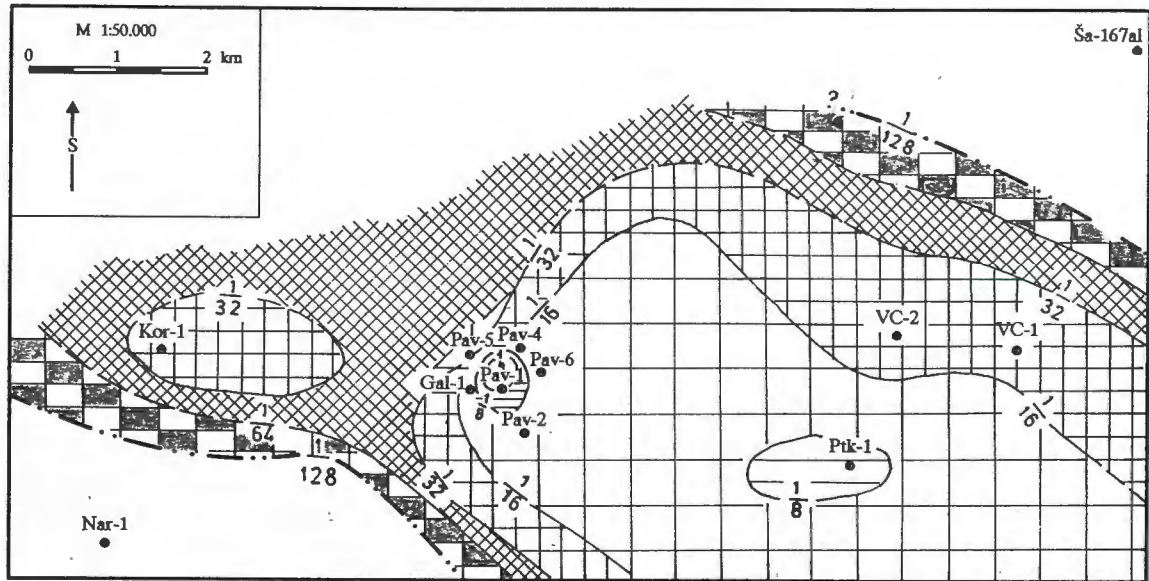
e=5 m

- Kor-1

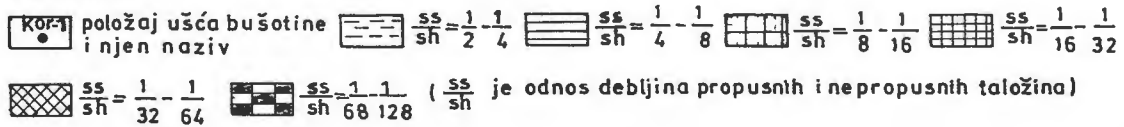
 položaj ušća bušotine i njen naziv
- 5
 izohora
- 0-
 granica rasprostranjenosti propusnih taložina

Slika 21: Karta ukupnih debljina ("h") i debljina propusnih taložina ("he") formacije Ivanić-Grad.

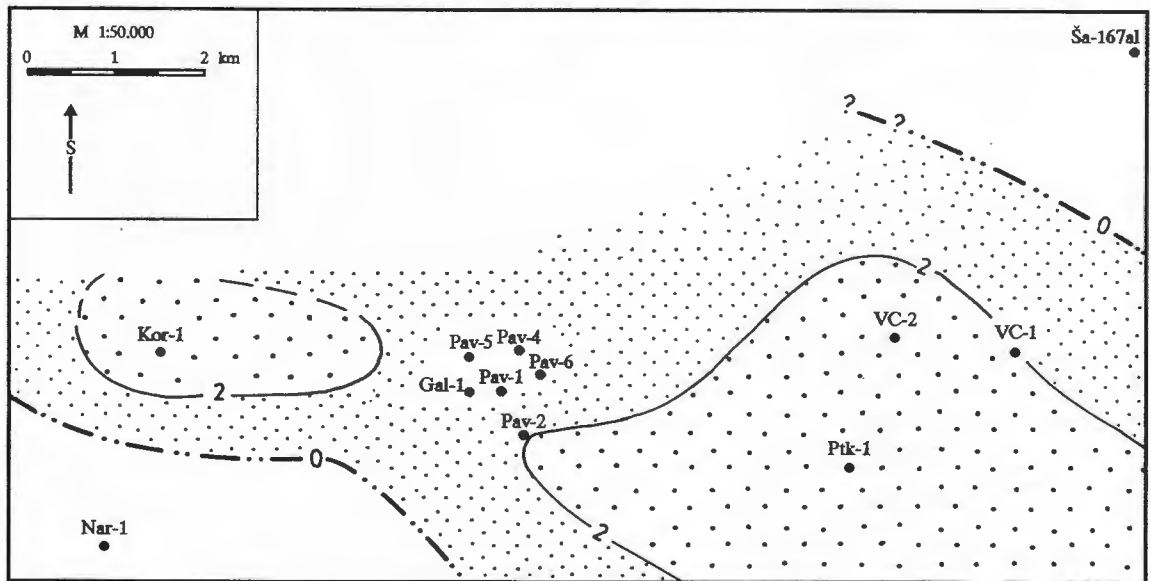
KARTA "ss/sh"



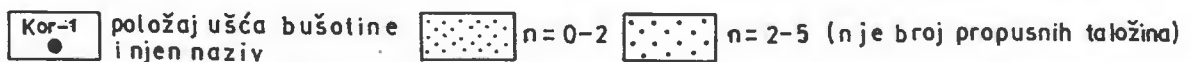
LEGENDA:



KARTA "n"



LEGENDA:



Slika 22: Karta odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina ("ss/sh") i broja propusnih taložina ("n") formacije Ivanić-Grad.



Mikrofosilni nalazi bili su vrlo oskudni, ali ipak ukazuju na taloženje u slatkovodno-brakičnoj sredini, te na panonsku starost. U laporovito-pješčenjačkim naslagama pronađeno je mnoštvo silikoplacentina, a utvrđeni su sljedeći rodovi (VLAHOVIĆ et al., 1991; TADEJ et al., 1996): *Silicoplacentina majzoni* KOWARY, *S. hungarica* KOVARY i *S. inflata* KOWARY. Određene su i ostrakode roda *Hemicytheria* sp. i *Cypridea* cf. *pannonica* (MEHES) no nalazi su bili rijetki. Većina foraminifera živi u moru normalnog saliniteta (oko 35‰) i podnose njegove vrlo male promjene (SOKAČ, 1998). To se posebno odnosi na planktonske oblike. Bentičke foraminifere su inače češće, a naseljavaju muljevita (tanje ljušturice) i pjeskovita (deblje ljušturice) dna gdje su njihovi ostaci podložni mehaničkoj eroziji (SOKAČ, 1998). Zato se može pretpostaviti kako se zbog oplićavanja i oslađivanja jako smanjio broj vrsta foraminifera u promatranom prostoru, a dio ostataka i tako malobrojnih oblika vjerojatno je bio prerađen mehaničkim djelovanjem vode.

Prema nekim autorima (VLAHOVIĆ et al., 1991; TADEJ et al., 1996) teksture jezgrovanih intervala, te prisutnost minerala glaukonita i fosila ostrakoda upućuju da su naslage gornjeg panona taložene su u prijelaznom okolišu obalne zone. Vodena sredina bila je sve brakičnija prema mlađim intervalima.

### 6.2.3. FORMACIJA KLOŠTAR-IVANIĆ

Vrijeme taloženja formacije Kloštar-Ivanić približno odgovara donjem pontu. Naslage započinju lepsičkim laporom (Lepsički lapor; ŠIMON, 1968), a zatim slijede poljanski pješčenjaci (Poljana pješčenjaci; ŠIMON, 1968), graberski lapor (Graberski lapor; ŠIMON, 1968), pepelanski pješčenjaci (Pepelana pješčenjaci; ŠIMON, 1968) i cabunski lapor (Cabunski lapor; ŠIMON, 1968). Donja granica, prema formaciji Ivanić-Grad, označena je elektrokarotažnim reperom Z', dok elektrokarotažni reper Δ u vršnom dijelu cabunskog lapora predstavlja približnu granicu s formacijom Bilogora.

Debljine formacije Kloštar-Ivanić nisu ujednačene. Na polju Galovac-Pavljani ustanovljene su sljedeće debljine: Pav-1 247 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), Pav-2 311 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 233 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), Pav-5 273 m (KORDIĆ et al., 1993a), Pav-5α 233 m (KORDIĆ et al., 1993b), Pav-6 263 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) i Gal-1 248 m (KIŠIĆ et al., 1995). Na istoku istraživanog područja debljine su najveće i iznose u bušotini VC-1 744 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1α 761 m (RUĀVINA et al., 1991), VC-2 746 m (RAKARIĆ et al., 1995), Ptk-1 697 m (ŠIKIĆ et al., 1996) i nešto manje na krajnjem sjeveroistoku u bušotini Ša-167α 434 m (BJELIĆ, 1973). Najmanje debljine su na zapadnom i jugozapadnom dijelu u bušotinama Kor-1 288 m (ĐUMIĆ, 1958) i Nar-1 134 m (GAČEŠA, 1963).

Litološki sastav je predstavljen izmjenom pješčenjaka i lapora. Laporoviti članovi pretežito su litološki homogeni, a izuzetak je povećanje pješčane komponente pri vrhu lepsičkog lapora. U najmlađem članu, cabunskom laporu, prevladava glinovita komponenta. Pješčenjački članovi nisu homogeni i često sadrže proslojke, ponegdje i značajnih debljina, lapora. To se posebno ističe u poljanskim pješčenjacima.

Utvrđena mikro- i makrofosilna zajednica nije bila raznovrsna. Nastavlja se i dalje oslađivanje prema mlađim naslagama. Određeno je nekoliko rodova silikoplacentina, a izdvojeni su i ostaci višeg bilja. Prema nalazu silikoplacentina određena je donjopontska starost. Pronađeni su ostaci ostrakoda i višeg bilja. U laporovito-pješčenjačkim sedimentima formacije Kloštar-Ivanić pobleže su određene vrste *Silicoplacentina majzoni* KOWARY, *S. hungarica*

*KOWARY* i *S. inflata KOWARY* koje potvrđuju donjopontsku starost (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994; VLAHOVIĆ et al., 1991; TADEJ et al., 1996; RAŠKAJ et al., 1996).

Svugdje su prisutni svi članovi iz čega se vidi kako je čitav prostor u vrijeme donjeg ponta bio prekriven vodom. VRBANAC (1996) navodi da se u donjem pontu stvara veza između Panonskog i Dacijskog bazena, pa voda postaje kaspibrakična, a fauna slična. Sedimenti probušeni na polju Galovac-Pavljani taloženi su u prijelaznom okolišu obalne zone. Na to upućuju teksture jezgrovanih intervala, prisutnost minerala glaukonita, te fosilni ostaci ostrakoda (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991; BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994).

Najveće debljine taložina ("h") utvrđene su u bušotinama VC-1, VC-1 $\alpha$ , VC-2 i Ša-167 $\alpha$  (slika 23) i upućuju da je u tom području taložni prostor bio najdublji. Prema istoku povećanju debljina propusnih taložina ("he") (slika 23) odgovara povećanje broja propusnih taložina ("n") (slika 24). To ukazuje na tektonsku aktivnost. Prema jugozapadu, tj. bušotini Nar-1, debljine i broj propusnih taložina se smanjuju što ukazuje na njihovo uklinjavanje. U području Narte također su najmanje ukupne debljine formacije ("h") (slika 23). Prema kartama najveći dio propusnih sedimenata nalazi se u najdubljim dijelovima prostora. Takve taložine mogle bi tamo biti donešene turbiditnim strujama. U razdoblju između aktivnosti dviju turbiditnih struja taloženi su normalni dubljevodni bazenski glinovito-karbonatni sedimenti, tj. lapori. Teško je odrediti da li je krupniji detritus lokalnog podrijetla ili je donešen s veće udaljenosti.

Prema pružanju izohora na karti ukupnih debljina ("h") (slika 23) podrijetlo materijala teško je odrediti. Na temelju prikazanih karata teško je odrediti porijeklo materijala. Dio sigurno potječe s uzdignutih područja antiklinale Pavljani i strukturnog nosa Korenovo (PLETIKAPIĆ et al., 1963). No, ako je glavina pješčanog detritusa donešena mutnim tokovima treba pretpostaviti neki puno veći izvor takvog materijala. Takav prostor, koji je u pontu "hranio" prostore naših potonina materijalom, bile bi prema ROYDEN (1988) Istočne Alpe. Problem transporta na udaljenost od nekoliko stotina kilometara nije problem za turbiditne struje velike gustoće koje mogu prenositi dio materijala i nekoliko tisuća kilometara (TIŠLJAR, 1994).

Najniži član formacije Kloštar-Ivanić je l e p s i é k i l a p o r. Debljine toga člana nisu velike i kreću se od 7 (buš. Pav-6) (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) do 13 metara (buš. Pav-4) (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992). Manje debljine zabilježene su i u bušotinama Nar-1 (11 m) (GAČEŠA, 1963), Kor-1 (24 m) (ĐUMIĆ, 1958) i Ša-167 $\alpha$  (36 m) (BJELIĆ, 1973). Suprotno tomu, na istoku istraživanog područja debljine su oko 60 m (Ptk-1 i VC-1 60 m, VC-1 $\alpha$  61 m, VC-2 63 m) (ŠIKIĆ et al., 1996; MARKOVIĆ et al., 1990; RUKAVINA et al., 1991; TADEJ et al., 1996). Litološki se radi o sivom, srednjotvrdom laporu koji je u gornjem dijelu pjeskovit.

Slijede p o l j a n s k i p j e š č e n j a c i znatno većih debljina od prethodnoga člana. Najmanja debljina ustanovljena je u bušotini Pav-5 $\alpha$  (117 m) (KORDIĆ et al., 1993b), a najveća u Pav-2 (196 m) (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b). Radi se o sitnozrnatom kvarcno-tinčastom pješčenjaku sive boje koji je u donjem dijelu člana srednje, a u gornjem dijelu slabo vezan. Podrijetlo zrna je različito, a vezivo je kalcitno. Pješčenjak je često laporovit, a pojavljuju se i proslojci čistog lapora (npr. u bušotini Pav-4 na 1000 m; SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992). U bušotini Pav-4 u donjem dijelu člana lapor čak prevladava nad pješčenjakom. Smanjenjem dubine opada stupanj kompakcije i udjel kalcitne, a raste udjel glinovite komponente pa lapor postupno prelazi u glinoviti lapor. Općenito, kod laporovitih

intervala postoji prijelaz iz čistog, preko pjeskovitog, siltnog (Pav-5; KORDIĆ et al., 1993a) do glinovitog lapora.

Veće debljine poljanskih pješčenjaka ustanovljene su kod Velike Ciglene (VC-1 298 m, MARKOVIĆ et al., 1990; VC-1 $\alpha$  306 m, RUKAVINA et al., 1991; VC-2 305 m, RAKARIĆ et al., 1995), Patkovaca (Ptk-1 280 m, ŠIKIĆ et al., 1996) i Šandrovca (Ša-167 $\alpha$  222 m, BJELIĆ, 1973). Litološki sastav nešto je drugačiji od onog na naftnome polju, a uzrok je prvenstveno u većoj dubini i stupnju kompaktacije naslaga. Radi se o izmjeni srednjotvrdih do tvrdih lapora i sitnozrnatih, dobrovezanih, kvarcno-tinčastih pješčenjaka (do 80%). Sedimenti su sive boje. Samo pri vrhu intervala ustanovljeni su sedimenti slabijeg stupnja kompaktacije (npr. VC-1, J-6) tj. slabovezani pješčenjak u izmjeni sa srednjotvrdim laporom.

Na prethodni član istaložen je g r a b e r s k i l a p o r. Debljine toga člana na polju Pavljani mala su i ujednačene. One iznose od 16,5 m u bušotini Pav-2 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b) do 29 m u bušotini Pav-1 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Veće debljine vezane su za bušotine Kor-1 (46 m, ĐUMIĆ, 1958) i Nar-1 (31 m, GAČEŠA, 1963) na zapadu, te bušotinu Ša-167 $\alpha$  (52 m, BJELIĆ, 1973) na sjeveroistoku. Zbog smanjenja kompaktacije radi se o mekanom do srednjotvrdom, glinovitom laporu.

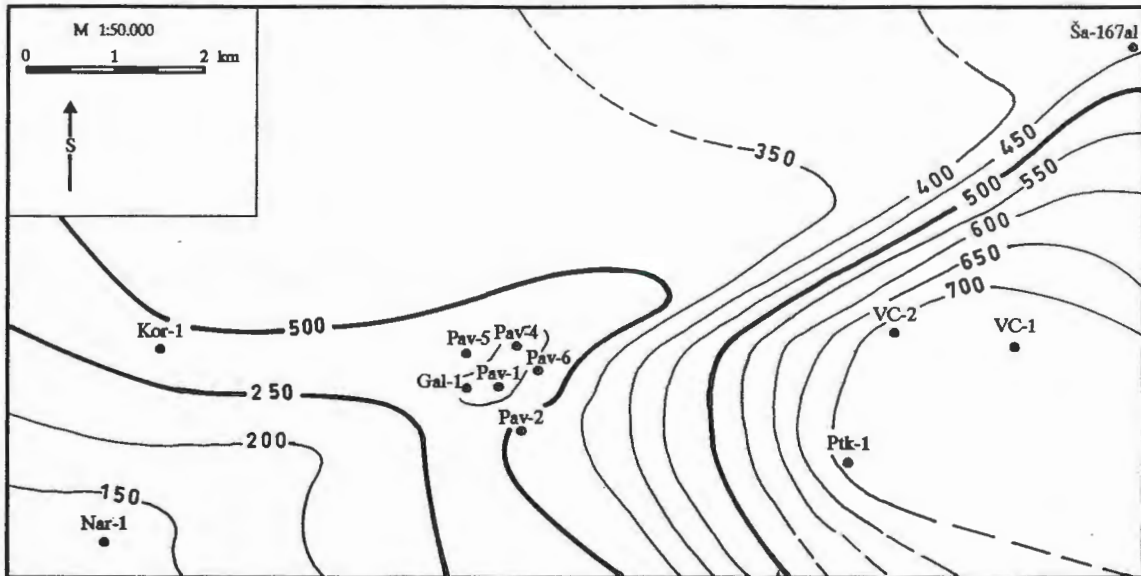
Na istoku ispitanog područja naslage su litološki heterogenije pa su, shodno tomu, imenovane g r a b e r s k i č l a n. Debljine su nešto veće, a po bušotinama iznose: VC-1 33 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  34 m (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 35 m (RAKARIĆ et al., 1995) i Ptk-1 40 m (ŠIKIĆ et al., 1996). Radi se o uglavnom pravilnoj izmjeni lapora, ponekad siltnih, te kvarcno-tinčastog pješčenjaka čiji udjel u pojedinim intervalima može doseći i 90%. Udjel karbonatne komponente veći je nego kod graberskog lapora, pa njen sadržaj može doseći 45% CaCO<sub>3</sub> (u bušotini VC-1) i 14% CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (u bušotini Ptk-1).

Slijede naslage p e p e l a n s k i h p j e š č e n j a k a koje su zanimljive kao mogući naftonosnici. Ustanovljene su relativno velike debljine koje iznose od 47 m u bušotini Pav-6 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) do 71,5 m u bušotini Pav-2 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b). Litološki sastav približno je istovrsan onome kod poljanskih pješčenjaka. Radi se o sivom, sitnozrnatom, kvarcno-tinčastom pješčenjaku, pretežno slabo, a u dubljim intervalima srednje vezanom. Na nekim intervalima, npr. na 867,3-932,6 m u bušotini Pav-5 (KORDIĆ et al., 1993a) probušeni su proslojci krupnozrnatog do konglomeratičnog pješčenjaka u čijem sastavu prevladavaju tinjci. Kroz cijeli član vrlo su česti proslojci glinovitog lapora i laporovite gline čiji udjel može povremeno doseći od 50 do čak 90%. Ipak, pretežu pješčenjaci s općenitim udjelom od 80 do 90%. Izmjene lapora i pješčenjaka su česte, a slojevi debljina od 1 do 6 m.

Na istoku debljine ovoga člana su najveće i iznose od 269 m u bušotini Ptk-1 (ŠIKIĆ et al., 1996) do 322 m u bušotini VC-1 $\alpha$  (RUKAVINA et al., 1991). No zatim ponovo značajno padaju na sjeveroistoku u bušotini Ša-167 $\alpha$  na 90 m (BJELIĆ, 1973). Radi se o sitnozrnatom, slabovezanom, kvarcno-tinčastom pješčenjaku. Boja pješčenjaka je od svijetlo- do tamnosive. Stupanj cementacije malo raste kod Šandrovca. Pješčenjak je često zalaporen ili zamijenjen laporom. To je, kod Velike Ciglene, mekani i glinoviti lapor, koji kod Šandrovca može biti i srednjotvrd. Boje mu je siva do tamnosiva.

Prema zapadu i jugozapadu poljanski pješčenjaci počinju isklinjavati i u potpunosti biti zamijenjeni laporom, što se najbolje vidi po naslagama probušenim u bušotini Nar-1 (GAČEŠA, 1963) gdje nije utvrđen razvoj pješčenjačkih slojeva već samo sitnozranto pjeskoviti i glinoviti lapor.

KARTA "h"

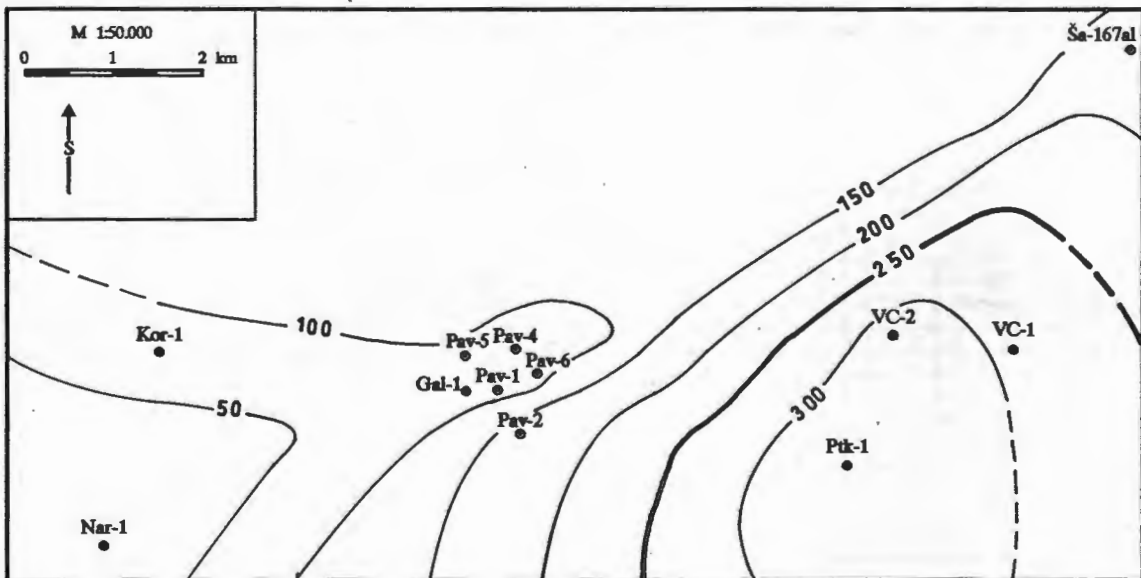


LEGENDA:

e=50 m

- Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv     
 200 — izohore

KARTA "he"



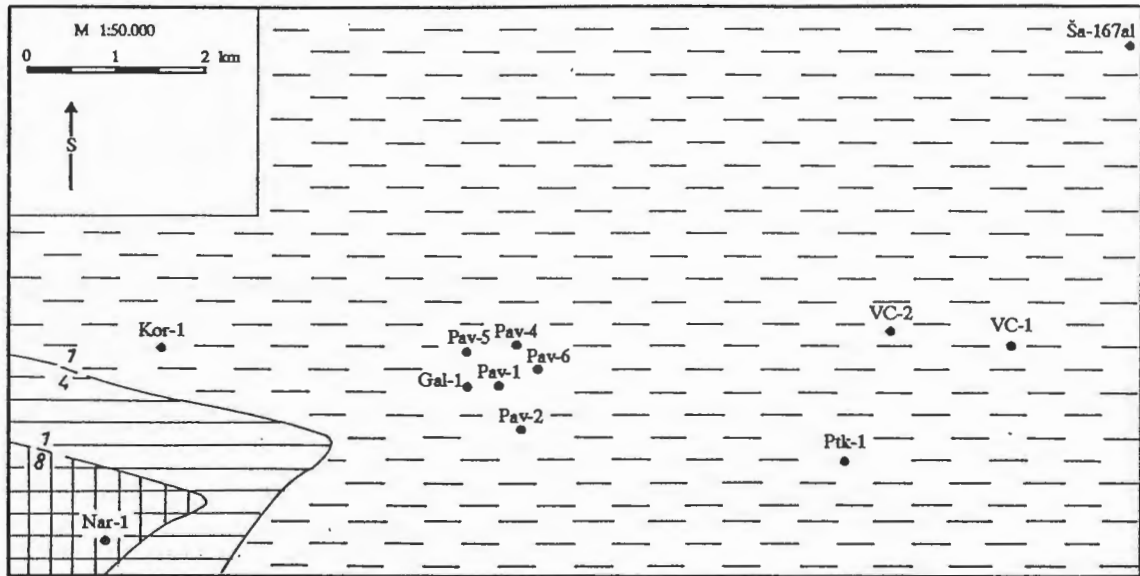
LEGENDA:

e=50 m

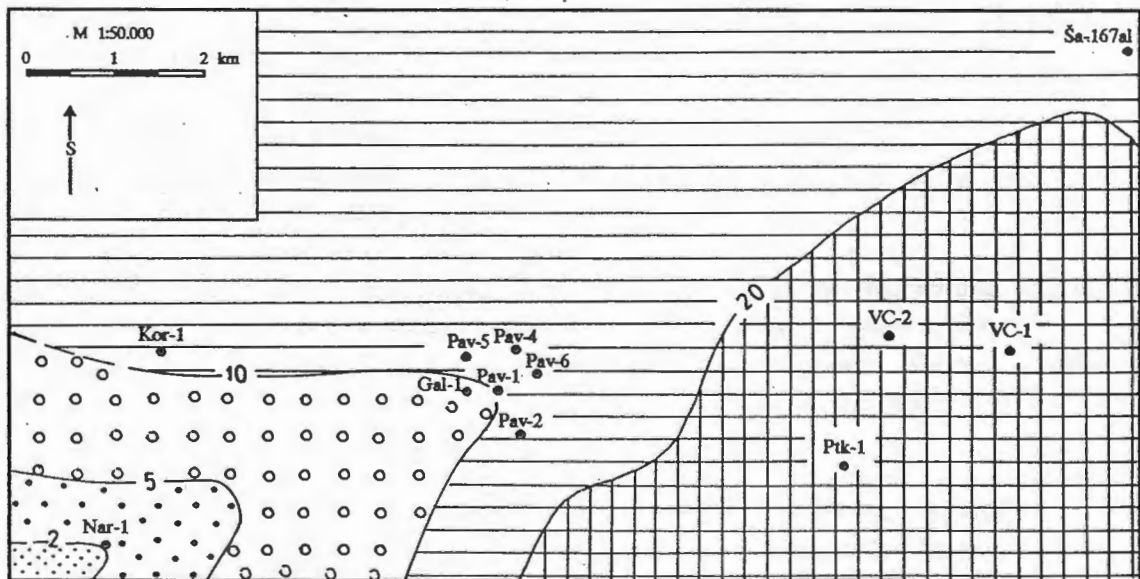
- Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv     
 50 — izohore

Slika 23: Karta ukupnih debljina ("h") i debljina propusnih taložina ("he") formacije Kloštar-Ivanić.

## KARTA "ss/sh"



## KARTA "n"



Slika 24: Karta odnosa debljina propusnih i nepropusnih taložina ("ss/sh") i broja propusnih taložina ("n") formacije Kloštar-Ivanić.

Završni član formacije Kloštar-Ivanić je c a b u n s k i l a p o r. Radi se o pretežno laporovitoj glini, svijetlosive boje. Debljine člana također su male i na naftnome polju iznose od 22 m u bušotini Pav-4 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992) do 29 m u bušotini Pav-5 (KORDIĆ et al., 1993a). Slične debljine su u bušotinama Kor-1 (20 m, ĐUMIĆ, 1958) i Nar-1 (29 m, GAČEŠA, 1963), a značajno veće opet na istoku gdje se kreću od 34 m u bušotini Ša-167 $\alpha$  (BJELIĆ, 1973), 39 m u VC-1 (MARKOVIĆ et al., 1990), 40 m u VC-1 $\alpha$  (RUKAVINA et al., 1991), 43 m u VC-2 (RAKARIĆ, 1995), pa do 48 m u bušotini Ptk-1 (ŠIKIĆ et al., 1996).

#### 6.2.4. FORMACIJA BILOGORA

Starost naslaga formacije Bilogora je približno gornji pont. Odnosne taložine nazivaju se još i "rhomboidea-naslagama" prema fosilnom školjkašu *Congerina rhomboidea*. Formacija nije podijeljena na niže jedinice (članove) zbog mnogo manje mogućnosti otkrivanja ugljikovodika, te time i potrebe detaljnijeg raščlanjivanja sedimenata kao u starijim formacijama. u odnosu na starije formacije. Od sedimenata formacije Kloštar Ivanić u podini približno je odvojena elektrokarotaznim reperom  $\Delta$ , a od formacije Lonja u krovini reperom  $\alpha'$ .

Iznosi debljina u pojedinim bušotinama imaju općenito slične maksimume i minimume kao i kod formacija Kloštar-Ivanić i Ivanić-Grad. Tako su najveće debljine ustanovljene na istoku i sjeveroistoku gdje iznose: 586 m u bušotini Ptk-1 (ŠIKIĆ et al., 1996), 604 m u VC-1 (MARKOVIĆ et al., 1990), 598 m u VC-1 $\alpha$  (RUKAVINA et al., 1991), 594 m u VC-2 (RAKARIĆ, 1995) i 621 m u bušotini Ša-167 $\alpha$  (BJELIĆ, 1973). Na polju Galovac-Pavljani debljine su manje i iznose po bušotinama: 354 m u Pav-1 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), 381 m u Pav-2 (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), 373 m u Pav-4 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), 408 m u Pav-5 (KORDIĆ et al., 1993a), 402 m u Pav-5 $\alpha$  (KORDIĆ et al., 1993b), 351 m u Pav-6 (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) i 376 m u Gal-1 (KIŠIĆ et al., 1995). Nešto veće debljine ponovo su zabilježene na zapadu i jugozapadu, tj. 494 m u bušotini Kor-1 (ĐUMIĆ, 1958) i 382 m u bušotini Nar-1 (GAČEŠA, 1963).

Taložine ove formacije na cijelom području najčešće započinju laporovitim glinama koje prema vrhu postaju mekane i slabo konsolidirane. U izmjeni s njima dolazi sitnozrnati i slabovezani pješčenjak koji u najmlađim dijelovima prelazi u pijesak. Najveće promjene u litološkom sastavu formacije Bilogora vezane su uz smanjenje kompakcije prema mladim sedimentima.

Naslage ustanovljene kod Galovca i Pavljana pretežno se sastoje od slabije konsolidiranih pješčenjaka, glinovitih lapora i laporovith glina. Najdublji dijelovi obilježeni su glinovitim laporom čiji se udjel kreće 50-100% u odnosu na pješčenjake. Prema mladim sedimentima glinoviti lapori prelaze u laporovite gline, a slabovezani pješčenjaci u pijeske. U najplićim dijelovima prevladavaju sive, mekane, pjeskovite gline s proslojcima sivog, sitnozrnatog kvarcno-tinčastog pijeska, a mogu se pojaviti i proslojci slabokarboniziranog, drvenog ugljena, na primjer u bušotini Pav-5 na 520-560 m (KORDIĆ et al., 1993a).

Na istoku, kod Velike Ciglene i Patkovca, sedimenti formacije Bilogora većih su debljina i nalaze se na dubini od 700 do 800 m, te je njihov stupanj konsolidiranosti nešto veći. Započinju glinovitim laporom, a u udjel pješčenjaka u intervalima može biti i 70%. Slijedi laporovita glina i slabovezani, sitnozrnati pješčenjak čiji udjel doseže 20%. U bušotini Ptk-1, u plićem dijelu naslaga fomacije Bilogra (850-870 m) ustanovljeni su proslojci sivosmedeg, slabokarboniziranog ugljena (RAŠKAJ et al., 1996).

Slična litologija ustanovljena je i u bušotini Ša-167 $\alpha$  na sjeveroistoku. Tamo je utvrđena i najveća debljina formacije od 621 m. Starije naslage predstavljene su laporovitim glinama i slabovezanim, kvarcno-tinčastim pješčenjacima u izmjeni. U plićim dijelovima stupanj kompaksije je mali pa su probušeni pjeskovite gline i glinoviti pijescima s proslojcima ugljena.

Na zapadu, kod Narte i Korenova, radi se o sličnim sedimentima, ali s još manjim udjelom pješčane komponente. Udjel laporovite komponente je veći u dubljim taloženjima, no prema plićim dijelovima se smanjuje pa postoji prijelaz od glinovitog lapora prema laporovitoj glini, te čistim glinama. Laporoviti sedimenti su sivi i mekani s malim sadržajem pijeska. Gline u mlađim sedimentima su sivozelenkaste, masne i pjeskovite. Uz njih dolaze pijesci sitnozrnati do srednjozrnati, rastresiti, kvarcno-tinčastog sastava i mjestimično zaglinjeni.

Ustanovljena je vrlo oskudna fosilna zajednica. Uglavnom su pronađene krhotine školjaka, ostrakode, te obilje ostataka kopnenog bilja. Od mikrofosila značajnije su vrste ostrakoda: *Amplocypris reticulata*, *Candona (Casiolla) flectimarginata*, *Hemicytheria pejinovicensis* (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991; VLAHOVIĆ et al., 1991). Od makrofosila (školjkaša) to su: *C. zagabiensis*, *Limnocardium riegeli* i dr. (BRODARIĆ & SOKOLOVIĆ, 1991; VLAHOVIĆ et al., 1991).

Taloženje iz donjeg nastavlja se i u gornjem pontu. Cijeli istraživani prostor i dalje je prekriven brakičnom do slatkovodnom vodom. Litofacijsne karte nisu rađene. U većini bušotina karotažom je mjereno od dubine od nekoliko stotina metara pa do dna bušotine. Na polju Galovac-Pavljani mjereno je od dubine -800 m. Zato na krivuljama konvencionalne karotaže nije bilo moguće odvajati propusne od nepropusnih intervala za taložine dviju najmlađih formacija - Bilogora i Lonja, pa niti izraditi potpun skup litofacijsnih karata. Načinjene su samo karte ukupnih debljina tih formacija (slika 25). Najveća debljina zabilježena je u bušotini Ša-167 $\alpha$  smještenoj na obroncima Bilogore. Iz toga se vidi kako izdizanje bilogorskog masiva još nije započelo već je taj dio taložnog prostora najdublji, tj. jače spušten od okolnog područja. Općenito najveće debljine vezane su za istok obradenog područja (slika 25) gdje je i taložni prostor i dalje bio najdublji. Najmanje debljine ocrtavaju se i dalje kod Narte, te na naftnome polju Galovac-Pavljani (slika 25).

#### 6.2.5. FORMACIJA LONJA

Najplići dio naslaga pripada formaciji Lonja koja je izdvojena kao najmlađa litostratigrafska jedinica u dravskoj i savskoj depresiji. U podini je formacija Bilogora od koje je odvojena elektrokarotažnim reperom  $\alpha'$ ; dok njezinu gornju granicu predstavlja današnja površina terena. Starost joj približno odgovara pliocenu (daciju i romaniju), te kvartaru.

Iako najmlađa formacija Lonja ima dosta velike debljine. Na polju Galovac-Pavljani one su vrlo ujednačene i iznose: Pav-1 449 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), Pav-2 462 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), Pav-4 455 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), Pav-5 454 m (KORDIĆ et al., 1993a), Pav-5 $\alpha$  451 m (KORDIĆ et al., 1993b), Pav-6 469 m (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1994) i Gal-1 434 m (KIŠIĆ et al., 1995). Na zapadu u bušotini Kor-1 394 m (ĐUMIĆ, 1958); a na jugozapadu u Nar-1 213 m (GAČEŠA, 1963). U bušotinama na istoku su probušene najveće debljine: Ptk-1 704 m (ŠIKIĆ et al., 1996), VC-1 758 m (MARKOVIĆ et al., 1990), VC-1 $\alpha$  758 m (RUKAVINA et al., 1991), VC-2 728 m (RAKARIĆ et al., 1995). One se zatim smanjuju približno na polovicu na sjeveroistoku u bušotini Ša-167 $\alpha$  na 384 m (BJELIĆ, 1973).

Litološki su to u dubljim dijelovima slabo konsolidirani sedimenti, a pri vrhu nekonsolidirani. U dubljim dijelovima dolazi svjetlosiva ili sivozelena glina veće tvrdoće, mjestimično pjeskovita ili u izmjeni sa sitnozrnati pijeskom. U gornjem dijelu tih naslaga pojavljuju se centimetarski proslojci slabokarboniziranog, crnog ugljena. U plićim sedimentima, uz površinu, taloženi su, u međusobnoj izmjeni, šljunak, pijesak, glina i slabokarbonizirani, crni ugljen. Šljunci su sitnozrnati, raznobojni, slabo sortirani s dosta pijeska. Pijesci su sivi, krupnozrnati i slabo sortirani. Glina je mekana, male tvrdoće, sivoplave boje, plastična i pjeskovita.

Nešto drugačiji razvoj ustanovljen je na istoku kod Velike Ciglene i Patkovca. U najdonjem dijelu formacije Lonja u glinovitim sedimentima raste udjel laporovite komponente. Gornjih stotinjak metara sastavljeno je uglavnom od žutosmede, mjestimično pjeskovite, plastične gline. Ispod tih naslaga nastavlja se mekana glina, sive boje, u izmjeni s raznobojnim šljunkom (do 70%) i pijeskom (do 30%). U bušotini VC-1 vrlo su česti intervali sa centimetarskim proslojcima ugljena (150-175 m, 190-225 m, 335-345 m, 490-510 m, 535-560 m, 595-615 m, 700-720 m; MARKOVIĆ et al., 1990), a dva takva intervala ustanovljena su i u bušotini Ptk-1 (210-250 m i 410-490 m; ŠIKIĆ et al., 1996). Radi se o tamnosmedem do crnom, slabo karboniziranom ugljenu.

Starost je određena prema rezultatima geološkog praćenja, te interpretaciji elektrokarotaznih dijagrama. Paleontološka ispitivanja nisu rađena. No, naslage srednjeg i gornjeg pliocena nalaze se u potočnoj dolini Hotovica na sjeveroistočnim obroncima Bilogore što je blizu ispitivanog područja. Tamo je prikupljena bogata makrofauna koja potječe iz slatkovodnih donjopaludinskih naslaga, a predstavljena je sljedećim vrstama: *Viviparus naumayeri-fuchsi*, *V. fuchi*, *Valvata (Baristheria) naticina*, *V. (Cincina) piscinalis*, *Melanopsis astahmeta* i *Unio sp.* (MAGDALENIĆ & NOVOSEĀ, 1986).

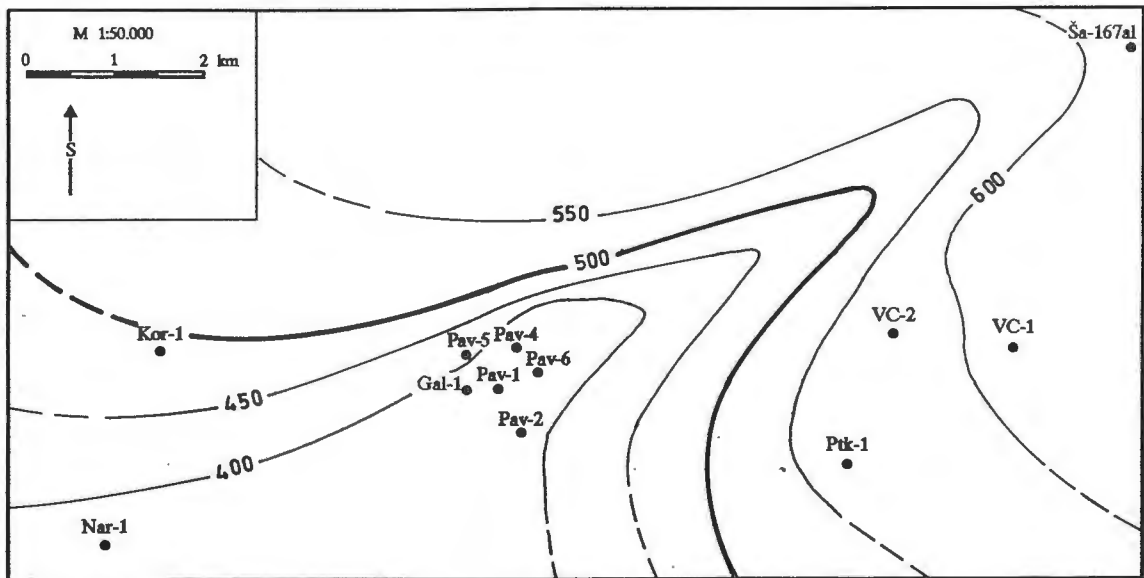
Pliocen je razdoblje kada se prostor cijeloga Panonskog bazenskog sustava dijeli na niz slatkovodnih jezera (VRBANAC, 1996). Taložni prostor šire okolice naftnoga polja Galovac-Pavlani je zapunjavao i slatkovodan. Taloženje se odvija u jezerskoj i močvarnoj sredini u koju materijal donose pritoci - rijeke i potoci. U priobalnim zonama talože se pješćani sedimenti, a u središnjim dijelovima siliti i karbonati. Prema TIŠLJARU (1994) to su jezera s klastičnom sedimentacijom koja se pojavljuju u svim klimatskim područjima. Do zapunjavaanja dolazi zbog progradacije donošenih sedimenata. TIŠLJAR (1994) opisuje Gilbertov tip delte prema kojem bi šljunčane i pjeskovite naslage pripadale gornjem i srednjem, a siltni i glinoviti sedimenti donjem dijelu takvih delti.

Karta ukupnih debljina formacije Lonja (slika 25) dijelom se razlikuje od karte ukupnih debljina prethodne formacije. Najveće debljine vezane su za prostor Velike Ciglene, a najmanje za prostor Narte. Ako se usporede područja najvećih debljina taložina formacije Ivanić-Grad (slika 21), formacije Kloštar-Ivanić (slika 23) i formacija Bilogora i Lonja (slika 25) vidi se razlika u položaju najvećih debljina, tj. u položaju središta taložnog prostora na zahvaćenom području. U gornjem panonu (fm. Ivanić-Grad; slika 21) ono je na istoku u području Velike Ciglene. Zatim se u donjem pontu (fm. Kloštar-Ivanić; slika 23) seli na jugoistok, u područje Patkovca, a u gornjem pontu (fm. Bilogora; slika 25) ponovo na sjeveroistok i istok, kod Šandrovca i Velike Ciglene. Karta najmlađe fm. Lonja (slika 25) u pliocenu i kvartaru središte taložnog prostora ponovo prikazuje pomaknuto prema istoku i jugoistoku, tj. prema Velikoj Cigleni i Patkovcu.

U ovom poglavlju dan je stratigrafski prikaz nabušenih paleozojskih stijena i mezozojskih naslaga u podlozi tercijarnog sistema, te neogensko-kvartarnih taložina probušenih na istraživanom području. Kao svojevrsan sažetak stratigrafskih odnosa načinjen je shematski



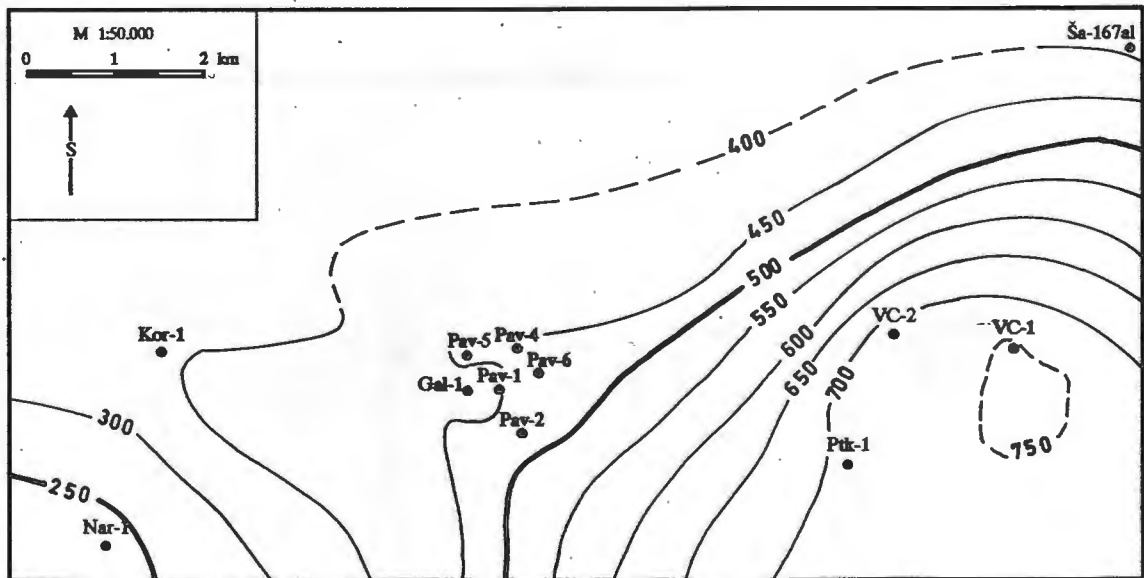
korelacijski profil prikazan na slici 26. Položaji rasjeda ucrtani su na temelju načinjenih strukturnih karata na priložima 2, 3, 4, 5 i 6. Označena litologija ucrtana je samo informativno jer se zbog presitnoga mjerila nisu mogle detaljnije naznačiti sve promjene pojedinih vrsta sedimenata unutar pojedinih formacija i članova u prostoru između bušotina. No ovim profilom dan je pregledan prikaz litoloških odnosa na zahvaćenom području.



LEGENDA:

Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv    
 500 — izohore

formacija Bilogora  
c=50 m

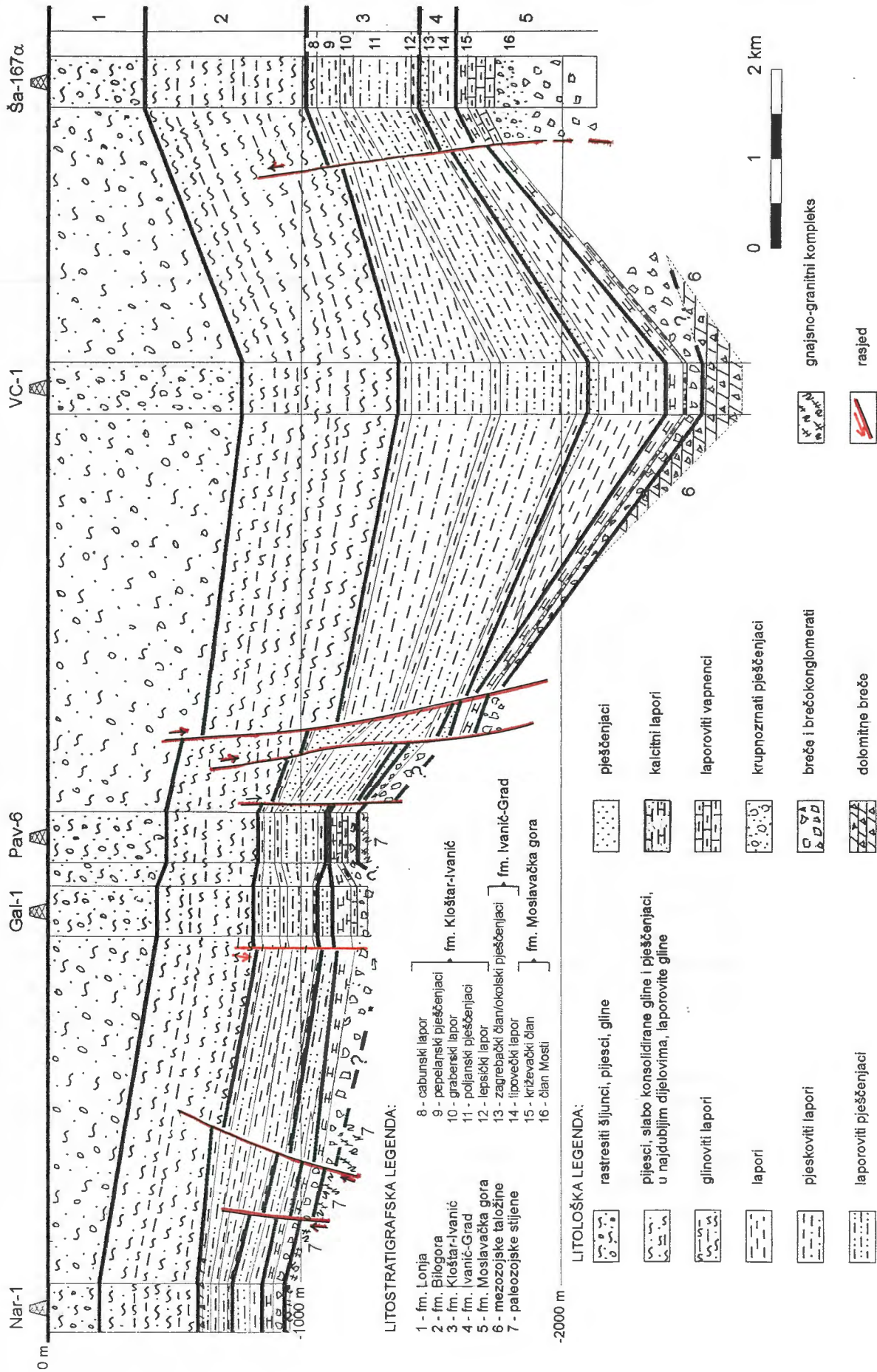


LEGENDA:

Kor-1 ● položaj ušća bušotine i njen naziv    
 500 — izohore

formacija Lonja  
c=50 m

Slika 25: Karte ukupnih debljina ("h") formacija Bilogora i Lonja.



Slika 26: Shematski korelacijski profil kroz paleozojske stijene, te mezozojske i neogensko-kvartarne taložine na istraživanom području.

## 7. MATIČNE OSOBINE KARBONATNO-GLINOVITIH NASLAGA GORNJEG BADENA, SARMATA I DONJEG PANONA

U poglavlju o stratigrafskim značajkama stijena, među ostalim, opisane su naslage na naftnome polju Galovac-Pavljani i geotermalnom polju Velika Ciglana koje bi mogle predstavljati matične stijene. Radi se o kalcitnim laporima donjeg panona (križevački član) i glinovitim vapnencima s proslojcima šejla sarmata i gornjeg badena (član Mosti). Unutar tih sedimentata formacije Moslavačka gora zabilježen je povećan sadržaj organskog materijala, te su jezgrovani i geokemijski analizirani kako bi se utvrdila njihova zrelost i generirajući potencijal.

Najdetaljnije analize obavljene su u bušotinama Pav-1 i VC-1 koje su bile i prve bušotine na odnosnim lokalitetima, te je trebalo detaljnije odrediti stratigrafske, strukturne i geokemijske odnose kako bi se što uspješnije provela daljna istraživanja. U obje bušotine određeni su geokemijski parametri za određivanje zrelosti:  $R_o$ , TAI, luminiscencija i  $T_{max}$ . Vrijednost vitrinitne refleksije ( $R_o$ ) predstavlja najvažniji parametar u određivanju stupnja karbonizacije, tj. zrelosti organske tvari. Njegovim mjerenjem na kerogenu dobiva se distribucija prisutnih macerala, a kako se samo vitrinitne čestice uzimaju kao referentne u stadiju karbonizacije organske tvari metoda je dobila naziv vitrinitna refleksija (DOW, 1977). Indeks TAI (eng. "Thermal Alteration Index") označava promjenu boje organske tvari uzrokovane termičkim djelovanjem. U prolaznom svjetlu promatra se boja palinomorfa (STAPLIN, 1969). Luminiscentne analize temelje se na svojstvu nafte da, obasjane UV (ultraljubičastim) svjetlom, luminisciraju u različitim bojama ovisno o vrsti i količini ugljikovodika koje sadržavaju. O iznosu maksimalne paleotemperature ( $T_{max}$ ) kojoj su bili sedimenti s povišenim sadržajem organske tvari ovisi i vrijednost indeksa termalne promjene (TAI) (BARIĆ, 1990). Također poznavanje te vrijednosti je neophodno kako bi se računski mogla odrediti ukupna zrelost tih naslaga.

Kako se navedene različito stare naslage nalaze na različitim dubinama i različitim su debljina njihova geološka povijest bila je bitno drugačija. Pod tim se poglavito misli na temperature pod utjecajem kojih su se ti sedimenti nalazili u odnosu na različite dubine zalijeganja i drugačije geotermijske gradijente. Zato su za obje promatrane bušotine načinjeni i temperaturno-dubinski dijagrami Lopatinovom metodom (LOPATIN, 1971) na kojima se može očitati temperaturna zrelost stijena na nekoj dubini. U daljnjem tekstu bit će objašnjena teorijska osnova metode i rezultati dobiveni njezinom uporabom u naslagama formacije Moslavačka gora u bušotinama Pav-1 i VC-1. U tim bušotinama načinjena su najdetaljnija geokemijska, paleontološka i ispitivanja geotermijskog gradijenta što omogućuje pouzdanu uporabu metode.

Podaci s dijagrama zajedno s geokemijskim podacima o vrsti organskog materijala i tipu dobivenih ugljikovodika poslužiti će za davanje odgovora na pitanje je li postojao prostor u kome su istaložene matične stijene dovoljno velikog generirajućeg potencijala i debljina da bi bile ishodišne za stvaranje ugljikovodika pronađenih na polju Galovac-Pavljani. Određivanjem položaja matičnih stijena, uz poznavanje strukturnih odnosa i tektonske povijesti, te geokemijske sličnosti kerogena, bitumena i ugljikovodika na različitim lokalitetima može se rekonstruirati put migracije ugljikovodika od mjesta nastanka do mjesta akumuliranja.

## 7.1. KEMIJSKE I FIZIKALNE OSNOVE METODE

Jedna od metoda za određivanje stupnja zrelosti organske tvari u matičnim stijenama je Lopatinova metoda razvijena 1971. godine. To je računsko-grafički postupak temeljen na činjenici da je postanak nafte ovisan o temperaturama kojima je kerogen bio izložen kroz različita vremena u geološkoj prošlosti. Kao matematička osnova upotrebljena je jednadžba kemijsko-kinetičke teorije koju je Arrhenius izrazio kao:  $k = A \times \exp\left(\frac{-E_a}{R \times T}\right)$ . Jedina nepoznanica u tom matematičkom izrazu bila je vrijednost aktivacijske energije ( $E_a$ ). Teorijski je utvrđeno kako stvaranje nafte započinje na 90°C uz energiju od 16.400 cal/mol. Kako je za kidanje veza ugljik-ugljik i ugljik-kisik potrebna energija od 40.000 do 60.000 cal/mol vladalo je mišljenje kako stvaranje nafte nije moguće bez mineralnih katalizatora u stijeni. Kasnije je utvrđeno kako nastajanje ugljikovodika uključuje istovremeno odvijanje brojnih različitih reakcija, a ukupna energija ovisi o zbroju energija svih kemijskih reakcija iz kojih nastaju molekule ugljikovodika. Zato je energija aktivacije nazvana "pseudoaktivacijska" jer opisuje odvijanje više istovremenih reakcija kojima nastaju ugljikovodici.

Termička zrelost organskog materijala izračunava se obzirom na vrijeme i temperaturu. Dobiva se vrijednost nazvana *vremensko-temperaturni indeks* (eng. "Time-Temperature Index") ili kraće TTI iz koje se može predvidjeti kada su u ispitivanim naslagama nastali ugljikovodici i koje vrste - plinoviti ili tekući.

## 7.2. GEOLOŠKI MODEL

Upotreba metode zahtijeva lako pribavljive ulazne podatke. Potrebno je poznavati granice kronostratigrafskih jedinica naslaga u bušotini, te njihovu temperaturu i geotermijski gradijent. Na grafikonu se konstruiraju dvije skupine linija - linije povijesti dubina i linije temperature.

### Linije povijesti dubina:

Na koordinatnom sustavu, gdje os x predstavlja starost stijena u milijunima godina, a os y njihovu dubinu nanose se točke koje označavaju dubine na kojima se nalazio neki reporni sloj ili horizont kroz geološku prošlost. U ovom radu kao početni horizont je uzeta donja granica formacije Moslavačka gora ("Pt" odnosno "Tg"). U tablicama 2 i 3 prikazane su kronostratigrafske granice i litostratigrafske jedinice u bušotinama Pav-1 i VC-1.

Iz datih vrijednosti, npr. za bušotinu Pav-1, može se rekonstruirati dubina naslaga formacije Moslavačka gora u šest vremenskih točaka (šest repernih slojeva ili horizonata). Vrijednosti se nanose retrospektivno, tj. prvo se nanosi najveća starost na dubinu od 0 m, prikazujući time vrijeme prije 23,8 mil. god. kada su te naslage bile na površini, tj. kada je njihovo taloženje tek započelo. Zatim je prije 11,8 mil. god. započelo taloženje križevačkog člana iste formacije donjopanonske starosti, a baza člana Mosti bila je na dubini od 54 m. Prije 10,8 mil. god. baza formacije Moslavačka gora nalazila se na dubini od 94 m i tada je započelo taloženje naslaga sljedeće formacije Ivanić-Grad. Takve točke nanose se sve do vremena 0, tj. do današnjeg dana. Dobivene se točke spoje čime se dobiva lomljena linija nazvana *linija povijesti dubina* (eng. "burial history curve"). Sve mlađe formacije, tj. njihove donje granice, imat će svoju liniju povijesti dubina paralelnu toj liniji najstarije jedinice (slike 21 i 22).

Tablica 2: Podaci o kronostratigrafskim granicama i litostratigrafskim jedinicama za bušotinu Pav-1.

Starost kronostratigrafskih jedinica (milijuna godina)	Dubina (m)	EK reper	Kronostratigrafska jedinica	Litostratigrafska jedinica (formacija)
0,0	0	-		
5,3	449	D'	romanij-dacij	Lonja
6,6	803	Δ	g. pont	Bilogora
7,8	1050	Z'	d. pont	Kloštar-Ivanić
10,8	1066	Rs5	g. panon	Ivanić-Grad
11,8	1106	Rs7	d. panon	Moslavačka
23,7	1160	Tg	baden, sarmat	gora
????	1803+x		paleozoik	temeljno gorje

Tablica 3: Podaci o kronostratigrafskim granicama i litostratigrafskim jedinicama za bušotinu VC-1.

Starost kronostratigrafskih jedinica (milijuna godina)	Dubina (m)	EK reper	Kronostratigrafska jedinica	Litostratigrafska jedinica (formacija)
0,0	0	-		
5,3	758	D'	romanij-dacij	Lonja
6,6	1367	Δ	g. pont	Bilogora
7,8	2106	Z'	d. pont	Kloštar-Ivanić
10,8	2405	Rs5	g. panon	Ivanić-Grad
11,8	2463	Rs7	d. panon	Moslavačka
23,7	2547	Tg	baden, sarmat	gora
????	4790+x		mezozoik	podloga tercijarnog sistema

Paralelnost granice svih formacija posljedica je toga što Lopatinova metoda, kod proračuna zrelosti, ne uzima u obzir kompakciju naslaga, tj. postupno smanjenje volumena kako vremenom sedimenti dolaze na sve veću dubinu. No, važno je istaknuti kako će zbog nastale greške zrelost sedimenta uvijek biti potcijenjena, a nikad precijenjena.

#### Linije temperature:

Sljedeći korak je konstruiranje *linija temperature* i njihovo preklapanje s linijama povijesti dubina. Njihov oblik izravno ovisi o vrijednostima geotermijskog gradijenta u ispitivanom prostoru. One će izravno ovisiti o broju mjerenja temperature u bušotini kao i o ranije napravljenim geološkim studijama na proučavanom terenu. Današnji geotermijski gradijent jednostavno se može izračunati ako poznajemo temperaturu i dubinu dna bušotine. Tada se izračuna geotermijski gradijent ( $G_T$ ), tj. porast temperature svakih 100 m ( $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ). Ako ne postoje podaci o temperaturi u bušotini može se upotrijebiti poznati regionalni geotermijski gradijent. Najjednostavnija pretpostavka se temelji na činjenici kako su poznati gradijent i površinska temperatura bili stalni kroz cijelu geološku povijest terena. U tom slučaju se na dubini 0 postavi izoterma s vrijednošću današnje prosječne godišnje površinske temperature

(15°C na slikama 21 i 22) i prema geotermijskom gradijentu se izvuku ostale *linije temperature* zaokružene na desetice (20, 30, 40 ... °C).

Postoje i složeniji slučajevi kada *linije temperature* nisu vodoravne niti jednako razmaknute na svim dijelovima. Najjednostavniji razlog može biti promjena površinske temperature u geološkoj prošlosti, pri čemu geotermijski gradijent ostaje jednak. Uzrok može biti globalno zagrijavanje ili hlađenje, te lokalne promjene klime uzrokovane npr. kretanjem dijelova kontinenta ili promjenama visine tla. U drugim slučajevima površinska temperatura može biti stalna, no dolazi do promjene geotermijskog gradijenta. Uzrok tomu može ležati u promjeni toplinskog toka ispod zemljine kore što uzorkuje zagrijavanje ili hlađenje litosfere. Također kada se kroz nekoliko milijuna godina talože iznimno velike količine sedimentata dolazi do pada geotermijskog gradijenta. Tada su linije temperature manje razmaknute nego li u naslagama taloženim u vrijeme slabe tektonske i sedimentacijske aktivnosti.

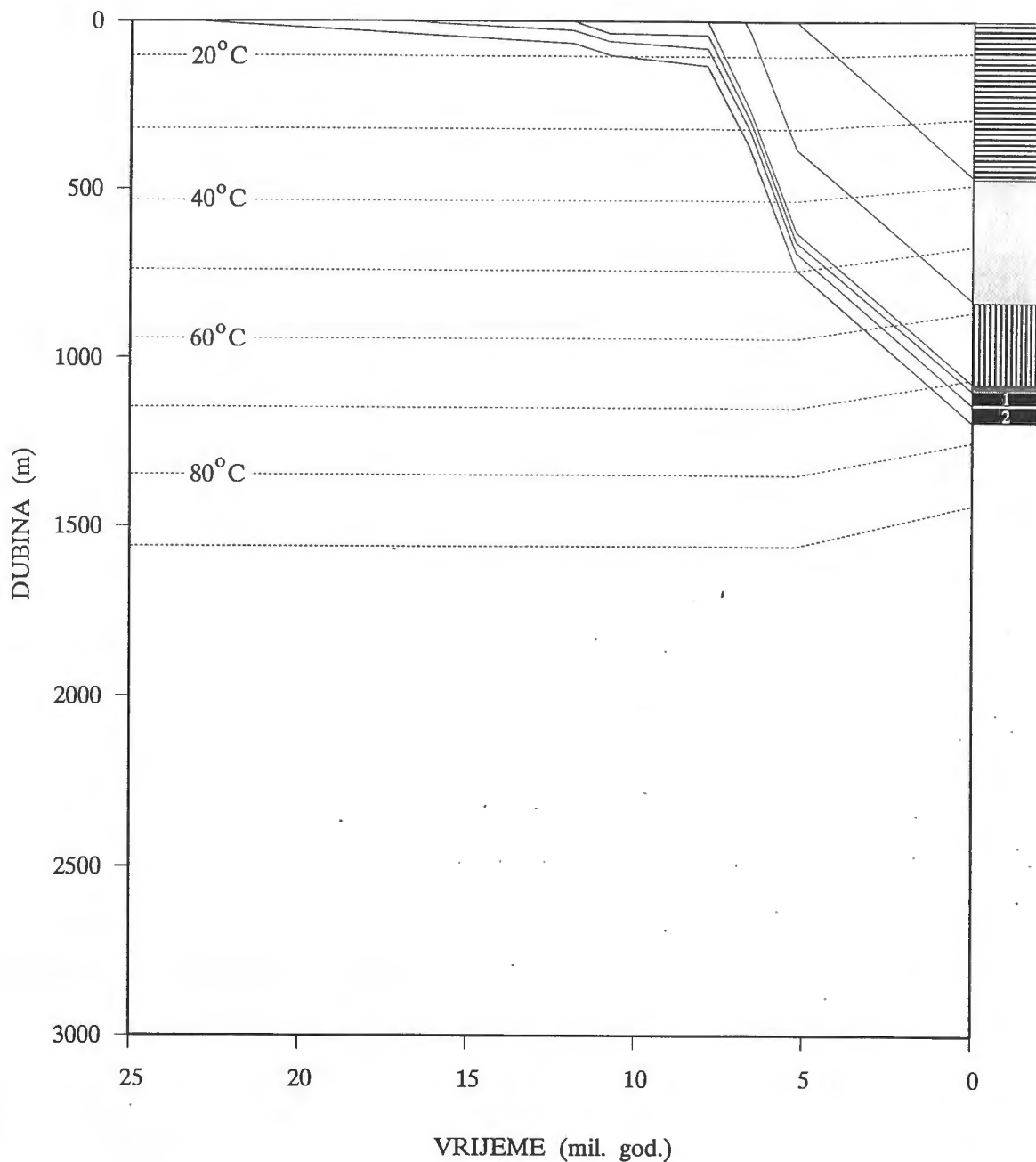
U bušotini Pav-1 rađena su mjerenja temperature stijena od 823 do 1451 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), a dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 4.

Tablica 4: Vrijednosti temperatura i geotermijskih gradijenata izmjerenih u bušotini Pav-1.






Dubina (m)	Temperatura (°C)	$G_T$ (°C/100m)	Dubina (m)	Temperatura (°C)	$G_T$ (°C/100m)
≈840,0	52,5	4,92	1178,0	81,0	5,98
915,0	59,5	5,41	1222,6	93,0	6,74
1012,8	66,0	5,40	1451,0	95,0	5,90
1152,0	72,0	5,40			

Minimalne i maksimalne vrijednosti geotermijskog gradijenta u bušotini Pav-1 (4,92-6,74 °C/100m) relativno su visoke. U naslagama formacije Moslavačka gora geotermijski gradijent iznosi od 5,13 do 5,41 °C/100m.

U bušotini VC-1 temperatura stijena nije mjerena konstantno već je u geološkom izvještaju bušotine bio jedino dostupan podatak kako je u intervalu 2574,45-2604,00 m izmjerena temperatura iznosila 148°C (MARKOVIĆ et al., 1990). Uz pretpostavljenu prosječnu površinsku temperaturu od 15°C izračunati geotermijski gradijent ( $G_T$ ) iznosio bi 5,137°C/100m. No iz razgovora s ing. Dubravkom Bobićem iz tvrtke INA Naftaplin, koji je dugi niz godina radio na tom prostoru, vrijednost geotermijskog gradijenta u neogenskim taložinama je manja i iznosi oko 4,3°C/100m.

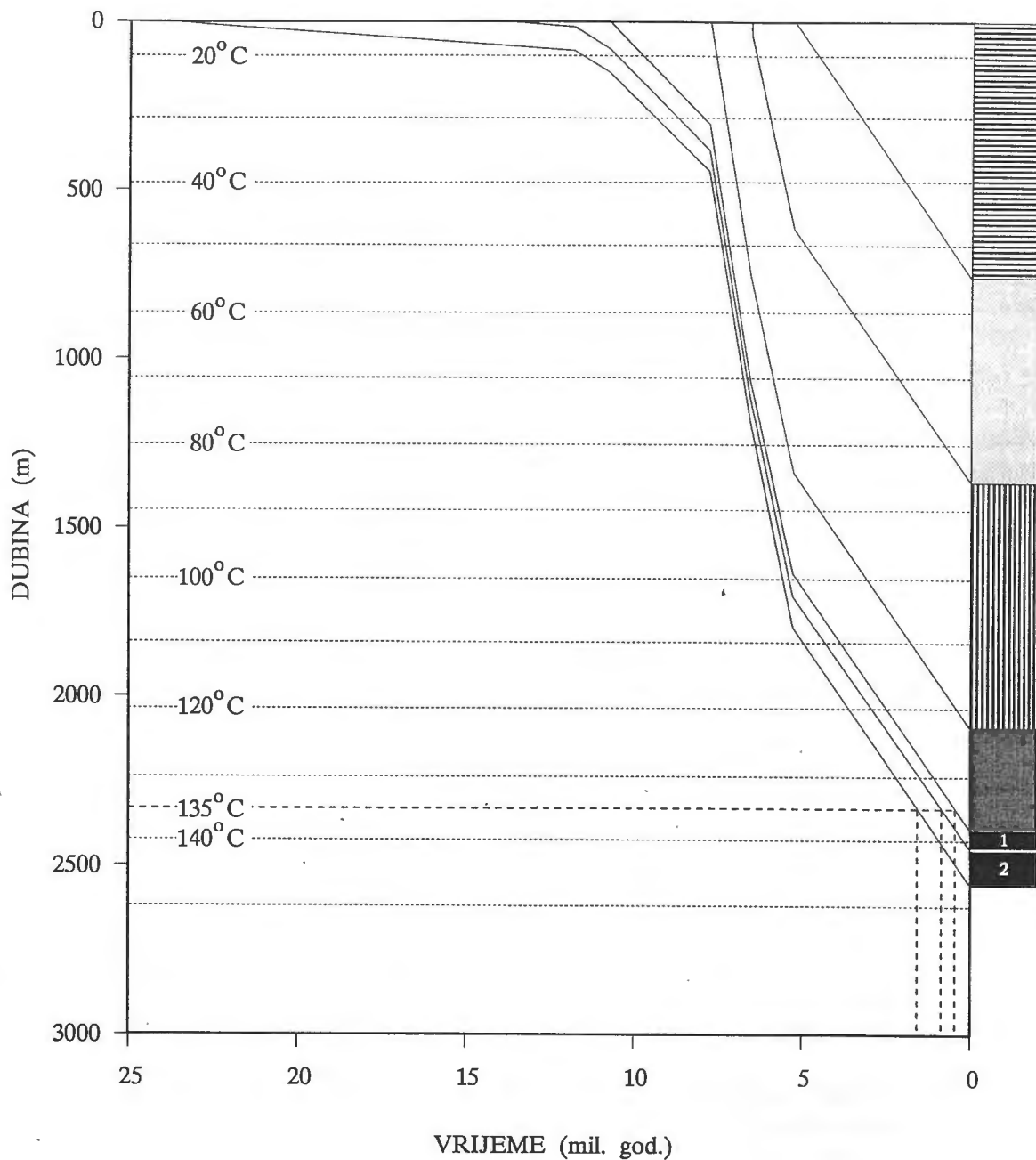


LEGENDA:





-  FM. LONJA / ROMANIJ-DACIJ
-  FM. BILOGORA / G. PONT
-  FM. KLOŠTAR-IVANIĆ / D. PONT
-  FM. IVANIĆ GRAD / G. PANON
-  FM. MOSLAVAČKA GORA:  
 (1) križevački član / D. PANON  
 (2) član Mosti / SARMAT, BADEN

Slika 27: Linije povijesti dubina i linije temperature za bušotinu Pav-1.






LEGENDA:

-  FM. LONJA / ROMANIJ-DACIJ
-  FM. BILOGORA / G. PONT
-  FM. KLOŠTAR-IVANIĆ / D. PONT
-  FM. IVANIĆ GRAD / G. PANON



temperatura na kojoj je  $\Sigma TTI=15$ , tj. započinje stvaranje nafte iz kerogena tipa III

-  FM. MOSLAVAČKA GORA:  
 (1) križevački član / D. PANON  
 (2) član Mosti / SARMAT, BADEN, EGENBURG

Slika 28: Linije povijesti dubina i linije temperature za bušotinu VC-1.

### 7.3. ODREĐIVANJE UKUPNE ZRELOSTI

Nakon konstrukcije dijagrama na kojem su prikazane *linije povijesti dubine i linije temperature* može se izračunati termička zrelost stijene. Stvaranje nafte započinje na 90°C uz pseudoaktivacijsku energiju od 16.400 cal/mol. Ta se energija približno udvostručuje za svaki porast temperature od 10°C. Lopatin je pretpostavio kako i povećanje zrelosti stijene prati to podvostručenje. WAPLES (1980) je provjerio Lopatinov model i potvrdio ga brojnim objavljenim primjerima.

LOPATIN (1971) je za svaki temperaturni interval odredio vremenski i temperaturni faktor (tablica 5). *Vremenski faktor* određen je kao duljina vremena u milijunima godina koje je stijena provela u određenom temperaturnom intervalu. *Indeks vrijednost n* daje "snagu" vremenu provedenom u svakom pojedinom intervalu. LOPATIN (1971) je izabrao interval 100°-110°C kao bazu i njemu pridjelio *indeks vrijednost n=0*. Tako se vrijednosti zrelosti izračunate za svaki interval mogu međusobno uspoređivati i zbrajati. *Temperaturni faktor* eksponencijalno raste s porastom temperature, a izražen je jednadžbom  $\gamma=2^n$ . Baza 2 izabrana je zbog dvostrukog porasta stupnja zrelosti u svakom sljedećem temperaturnom intervalu. Zato *temperaturni faktor* odražava eksponencijalnu zavisnost zrelosti i temperature.

Tablica 5: Odnos između temperature stijene, indeks vrijednosti n i  $\gamma$ -faktora (LOPATIN, 1971).

Temperaturni interval (°C)	Indeks vrijednost (n)	Temperaturni faktor ( $\gamma=2^n$ )	Temperaturni interval (°C)	Indeks vrijednost (n)	Temperaturni faktor ( $\gamma=2^n$ )
30 - 40	-7	1/128	100 - 110	0	1
40 - 50	-6	1/64	110 - 120	1	2
50 - 60	-5	1/32	120 - 130	2	4
60 - 70	-4	1/16	130 - 140	3	8
70 - 80	-3	1/8	140 - 150	4	16
80 - 90	-2	1/4	150 - 160	5	32
90 - 100	-1	1/2	160 - 170	6	64

Vremenski faktor množi se u svakom temperaturnom intervalu odgovarajućim temperaturnim faktorom čime se dobiva *vremensko-temperaturni indeks zrelosti* (eng. "Time-Temperature Index of Maturity") ili skraćeno TTI. On se može podijeliti na *intervalni i ukupni* vremensko-temperaturni indeks zrelosti, tj. kraće iTTI i  $\Sigma$ TTI. Intervalni TTI prikazuje zrelost stijene postignutu u nekom temperaturnom intervalu. Zbrajajući sve intervalne TTI vrijednosti stijene dobivamo *ukupnu zrelost stijene* ( $\Sigma$ TTI). Ukupna zrelost uvijek će rasti jer vrijednosti intervalne zrelosti nikad nisu negativne, a temperaturni faktor ( $\gamma$ ) bit će veći od 0 čak i ako temperatura stijene počne padati. Vrijednosti intervalne i ukupne zrelosti za bušotinu Pav-1 prikazane su u tablici 6, a za bušotinu VC-1 u tablici 7.

Tablica 6: Prikaz intervalne i ukupne zrelosti ( $iTTI$  i  $\Sigma TTI$ ) za stijene badenske i sarmatske starosti u bušotini Pav-1.

Temperaturni interval (°C)	Temperaturni faktor ( $\gamma$ )	Vremenski raspon (mil. god)	( $iTTI$ )	( $\Sigma TTI$ )	Proteklo vrijeme (mil. god.)
30 - 40	1/128	0,82	0,0064	0,0064	5,92
40 - 50	1/64	0,86	0,0134	0,0198	5,06
50 - 60	1/32	1,86	0,0581	0,0780	3,20
60 - 70	1/16	1,88	0,1175	0,1955	1,32
70 - 80	1/8	1,32	0,1650	0,3605	0,00

Tablica 7: Prikaz intervalne i ukupne zrelosti ( $iTTI$  i  $\Sigma TTI$ ) za stijene badenske, i sarmatske starosti u bušotini VC-1.

Temperaturni raspon (°C)	Temperaturni faktor ( $\gamma$ )	Vremenski raspon (mil. god)	( $iTTI$ )	( $\Sigma TTI$ )	Proteklo vrijeme (mil. god.)
30 - 40	1/128	1,60	0,0125	0,0125	7,80
40 - 50	1/64	0,30	0,0047	0,0172	7,50
50 - 60	1/32	0,32	0,0100	0,0272	7,18
60 - 70	1/16	0,38	0,0238	0,0509	6,80
70 - 80	1/8	0,36	0,0450	0,0959	6,44
80 - 90	1/4	0,42	0,1050	0,2009	6,02
90 -100	1/2	0,40	0,2000	0,4009	5,62
100-110	1	0,58	0,5800	0,9809	5,04
110-120	2	1,28	2,5600	3,5409	3,76
120-130	4	1,36	5,4400	8,9809	2,40
130-140	8	1,34	10,7200	19,7009	1,06
140-150	16	1,06	16,9600	36,6609	0,00

#### 7.4. INTERPRETACIJA VRIJEDNOSTI UKUPNE ZRELOSTI

Dobivene vrijednosti ukupne zrelosti moraju se usporediti s drugim mjerljivim pokazateljima, najčešće s vrijednošću vitritne refleksije ( $R_0$ ). U računu je bila upotrebljena korelacija  $\Sigma TTI-R_0$  prema WAPLESU (1980) koja je prikazana u tablici 8.

Tablica 8: Korelacija vrijednosti ukupne zrelosti ( $\Sigma TTI$ ) s vrijednostima vitritne refleksije ( $R_o$ ) (WAPLES, 1980).

$R_o$	$\Sigma TTI$	$R_o$	$\Sigma TTI$	$R_o$	$\Sigma TTI$
0,40	<1	0,90	50	2,00	900
0,50	3	1,00	75	2,50	2700
0,60	10	1,15	110	3,00	6000
0,65	15	1,35	180	4,00	23000
0,70	20	1,50	300	5,00	85000
0,85	40	1,75	500		

Na prikazanoj tablici WAPLES (1985) je odredio vrijednosti  $R_o$  i  $\Sigma TTI$  na kojima dolazi do stvaranja nafte, tj. postavio je granice "naftnog prozora" (tablica 9).

 Tablica 9: Usporedba vrijednosti  $\Sigma TTI$  i  $R_o$  s postankom različitih vrsta ugljikovodika (WAPLES, 1985).

$\Sigma TTI$	$R_o$	Postanak*
1	0,40	kondenzat iz rezinila i nafta iz kerogena tipa I
3	0,50	nafta iz kerogena tipa II bogatog sumporom
10	0,60	nafta iz ostalih kerogena tipa II
15	0,65	nafta iz kerogena tipa III
20	0,70	(maksimum stvaranja nafte)
50	0,90	
75	1,00	
180	1,35	mokri plin
900	2,00	
>900	>2,00	suhi plin

(\* U tablici 9 područje "naftnog prozora" je osjenčano)

## 7.5. ZRELOST BADENSKIH, SARMATSKIH I DONJOPANONSKIH STIJENA U BUŠOTINAMA Pav-1 i VC-1

Pelitni sedimenti s organskim tvarima probušeni su u bušotinama Pav-1 i VC-1. Njihova je starost gornjobadenska, sarmatska i donjopanonska i odgovaraju sličnim naslagama koje su se taložile od egenburga do donjeg panona, ovisno od taložnog prostora, u svim našim potoninama. Na mnogim mjestima su takve naslage određene kao matične stijene s kerogenima najčešće na prijelazu tipa II i III, te različitih generirajućih potencijala.

BARIĆ & DRAGAŠ (1996) su u murskoj potonini opisali sedimente egenburške starosti kao matične stijene koje su dale mokri plin i kondenzat u tamošnjim poljima. Organska tvar sadržana je u vrlo različitim naslagama predstavljenim gustim, kompaktnim siltitnim laporima i slabo pjeskovitim, vapnenačkim pelitima. Na malom broju lokaliteta utvrđene su matične stijene sarmatske starosti iz kojih je nastala nafta bogata parafinom, no u vrlo malim količinama tako da su akumulacije bez većeg značenja. Matične stijene su na dubinama od 3000 i više metara. Dubina "naftnog prozora" je od 1600 do 2300 m, a generiranje mokrog plina i kondenzata odvija se od 3000 do 4300 m. Organski facijes kojem pripadaju matične stijene upućuje na terigeno podrijetlo materijala, tj. na kerogen tipa III, a u manjoj količini određeni su i terigeni lipidi koji ukazuju na mješavinu kerogena tipa II i III.

HERNITZ et al. (1995) opisali su podrijetlo ugljikovodika u istočnom dijelu dravske potonine. Kao matične stijene određeni su čvrsti, jedri i gusti marliti. Kerogen u tim stijenama javlja se u obliku traka, lamina ili je raspršen unutar mineralnog matriksa. Marliti obogaćeni kerogenom pretežno su debljine do 1 m. Te stijene javljaju se ispod i iznad elektrokarotажnog repera Rs<sub>7</sub> (približna granica sarmata i panona), a većinu matičnih stijena predstavljaju badenski lapori. Iz organske tvari nastao je kerogen tipa II koji je dobar izvor naftnih ugljikovodika.

Opisani slučajevi mogu se usporediti s poljima Galovac-Pavljani i Velika Ciglena. Na polju Galovac-Pavljani organski materijal taložen je u izrazito anoksičnom okolišu, te je nastao kerogen tipa II (BARIĆ, 1991). To je vrlo povoljno jer kod takvih tipova kerogena generiranje ugljikovodika započinje na nižim temperaturama. Od ulaska u taložine križevačkog člana pa sve do dubine od 1154 m koncentracija bitumena bila je visoka. No, izračunata vrijednost ukupne zrelosti badenskih, sarmatskih i donjopanonskih sedimenata u bušotini Pav-1 iznosila je  $\Sigma TTI=0,3605$ . Ona je preniska za ulazak u područje "naftnoga prozora" (na približno  $\Sigma TTI=10$  ili  $R_o=0,60$ ) i stvaranje većih količina ugljikovodika. Vrijednost  $\Sigma TTI$  je niska zbog premale dubine na kojoj su sedimenti formacije Moslavačka gora i zbog čega nikada nisu dostigli dubinu gdje temperatura iznosi 90°C, tj. gdje započinju procesi stvaranja nafte (slika 27). Ipak zbog mjestimično izuzetno velike koncentracije organske tvari (0,57-7,18% u J-6 na dubini 1107,0-1113,0 m; BARIĆ, 1991) pretpostavljeno je da je u dijelu naslaga križevačkog člana s povoljnim organskim facijesom moglo je doći do stvaranja malih količina ugljikovodika. Na to su upućivale i vrijednosti generirajućeg potencijala u intervalima najbogatijim organskim materijalom koji je iznosio oko 604 mg CH/g Corg (ili 43,35 mg CH/g stijene) (BARIĆ, 1991). U tom slučaju vrlo povoljna okolnost je što su odmah ispod matičnih stijena istaložene naslage starijeg badena vrlo dobrih kolektorskih svojstava, pa bi put migracije bio vrlo kratak. Geokemijskim analizama (BARIĆ, 1991) utvrđeno je da su bitumen i nafta naftonosnih intervala sličnog kemijskog sastava, koji je bio različit od sastava bitumena dobivenog iz karbonatno-glinovitih sedimenata sarmata i donjeg panona, taloženih iznad. Može se zaključiti kako je nafta pretežno sekundarnog podrijetla, a tek je manji dio mogao nastati u matičnim stijenama na samom polju.

Naftnome polju najbliža bušotina u kojoj su načinjene detaljne sedimentološke i geokemijske analize bila je VC-1, odnosno VC-1 $\alpha$ . Sadržaj organskog materijala iznosio je maksimalno 3,28% u bušotini VC-1 i 3,37% u bušotini VC-1 $\alpha$  (VLAHOVIĆ et al., 1991). Iako su te vrijednosti manje od maksimuma sadržaja organskog materijala ustanovljenog u bušotini Pav-1 sedimenti na polju Velika Ciglena bili su većih debljina i na većim dubinama od litološki istovrsnih naslaga na polju Galovac-Pavljani, te su imali mogućnost dosizanja termičke zrelosti (slika 28). Sadržaj organskog materijala bio je povišen do dubine od 2500 m, dok dublje koncentracija istog pada ispod 0,5% pa te naslage nisu bile geokemijski analizirane.

Prva jezgra s visokim sadržajem organske tvari (J-6; 1747-1752 m; Corg=0,09-3,28%) uzeta je iz najstarijih naslaga graberskoga člana formacije Kloštar-Ivanić. Druga jezgra (J-8; 2464-2467 m; Corg=1,63-2,65%) zahvatila je zadnji metar križevačkog člana, te prva dva metra člana Mosti formacije Moslavačka gora.

U kerogenu iz naslaga kalcitnih lapora križevačkog člana i glinovitih vapnenaca gornjeg dijela člana Mosti uz terestički materijal pojavljuje se amorfn organski materijal podrijetlom iz algalnih ostataka tako da se kerogen klasificira kao prijelazni između tipa III i tipa II. To upućuje na taložni okoliš prijelazne zone. Pravu vrijednost generirajućeg potencijala i stupanj zrelosti tih stijena teško je odrediti jer je kod bušenja isplaci dodavana nafta pa je teško odrediti odrediti koja je količina ugljikovodika dobivena samo iz organskog materijala u stijeni. Vrijednost generirajućeg potencijala određena je na približno 200 mg CH/g Corg. Na Lopatinovom dijagramu (slika 28) načinjenom za naslage u bušotini VC-1 vidi se kako su

stijene formacije Moslavačka gora postigle termičku zrelost dovoljnu za stvaranje nafte iz svih tipova kerogena. Izračunata vrijednost  $\Sigma TTI=36,6609$  ( $R_o \approx 0,80$ ) nalazi se nešto ispod maksimuma stvaranja nafte prema vrijednostima "naftnoga prozora" označenog u tablici 9. Dobivena vrijednost odgovara zrelosti za bušotinu VC-1 u intervalu  $R_o=0,7-1,0\%$  kako je to prikazao BOBIĆ (1990). Prema korelaciji između vrijednosti  $\Sigma TTI$  i  $R_o$  prikazanim u tablici 9 (WAPLES, 1985) vrijednost  $\Sigma TTI \approx 15$  dovoljna je za započinjanje stvaranja nafte iz kerogena tipa III. Prema slici 28 tu vrijednost su sedimenti u donjem dijelu člana Mosti postigli prije približno 1,58 milijuna godina, sedimenti na granici križevačkog i člana Mosti prije približno 0,86 milijuna godina, a sedimenti u vrhu križevačkog člana otprilike prije 0,45 milijuna godina. Sedimenti formacije Kloštar-Ivanić prema termičkoj zrelosti se nalaze na početku "naftnoga prozora". Zato bi vrijeme koje su provele na toj dubini, i uz povoljan organski facijes, bilo prekratko za stvaranje većih količina ugljikovodika (slika 28).

Optičkim ispitivanjima sedimenata određen je niskokvalitetni kerogen tipa III nastao iz organskog materijala terestričkog podrijetla, koji je djelomično izmijenjen degradacijskim procesima (BARIĆ, osob. komunik.). No, analiza izotopa ukazuje na marinsko podrijetlo organske tvari i kerogen tipa II (BARIĆ, osob. komunik.). Procjena tipa organskog facijesa je vrlo otežana zbog njegove visoke termičke izmjenjenosti. Generirajući potencijal matičnih stijena na lokalitetu Velika Ciglena je izrazito nizak, ali i neujednačen. Obzirom na visoke vrijednosti Corg, ali i nizak generirajući potencijal dijelova s matičnim osobinama, moguće je pretpostaviti da su matične stijene eventualno izvor laganih kondenzata i plinova (BARIĆ, osob. komunik.). Ugljikovodici dobiveni u bušotinama na polju Velika Ciglena, posebno u bušotini VC-2 gdje je dobiveno 22 m<sup>3</sup> nafte (GORIČNIK & DJAČANIN, 1996a) genetski ne odgovaraju facijesu matičnih stijena na istome lokalitetu, tj. sekundarnog su podrijetla (BARIĆ, osob. komunik.). Protiv pretpostavke da su matične stijene u prethodnom razdoblju generirale naftu, koja je zatim migrirala, stoji podatak da su količine prisutnog kerogena, tj. Corg i danas vrlo visoke (BARIĆ, osob. komunik.). Poznata je činjenica da matične stijene koje su generirale ugljikovodike u nekom ranijem geološkom razdoblju sadrže znatno niže koncentracije organskog materijala, budući da se tijekom generiranja osiromašuju kerogenom, a povećava se koncentracija ugljikovodika.

Nakon pregleda geokemijskih parametara u bušotinama VC-1 i Pav-1 vidi se da su matične osobine gornjobadenskih, sarmatskih i donjopanonskih karbonatno-glinoviti sedimenata na ta dva lokaliteta bile različite. Generirajući potencijal u bušotini Pav-1 dosezao je preko 600 mg CH/g Corg, ali to su bile samo mjestimične pojave u dijelovima naslaga najbogatijim organskim materijalom. Sadržaj organskog materijala u karbonatno-glinovitim sedimentima iste starosti u bušotinama VC-1 i VC-1 $\alpha$  bio je niži, ali ujednačene vrijednosti 1,5-2,5%. To je slabiji tip kerogena na prijelazu tipa III u II, za razliku od kerogena tipa II na polju Pavljani. Posljedica je niži generirajući potencijal od oko 200 mg CH/g Corg, ali zbog ujednačenog sadržaja organskog materijala i prema izračunatoj ukupnoj zrelosti ( $\Sigma TTI$ ) (tablica 7) taložine gornjega dijela člana Mosti i križevačkog člana imale su matične osobine, te mogle generirati značajnije količine ugljikovodika. Također, debljine karbonatno-glinoviti naslaga formacije Moslavačka gora približno dvostruko veća u bušotinama VC-1 i VC-1 $\alpha$  nego u bušotini Pav-1 i iznosi 111 metara (prilog 1). Na elektrokarotažnim dijagramima krivulja otpora pokazuje veće otklone udesno, tj. veće vrijednosti otpora, za opisivane naslage u bušotini VC-1 nego u bušotini Pav-1 (prilog 1). To ukazuje na njihovu veću zrelost, odnosno veću količinu ranije generiranih ugljikovodika u bušotini VC-1.

Gornjobadenski i sarmatski glinoviti vapnenci vršnog dijela člana Mosti, te donjopanonski kalcitni lapori križevačkog člana u bušotini VC-1 predstavljaju zrele matične stijene. Obzirom na relativno povišene vrijednosti Corg i nizak generirajući potencijal matične stijene su mogući izvor laganih kondenzata i plinova. Prema slici 28 te stijene ulaze u katagenetsku fazu

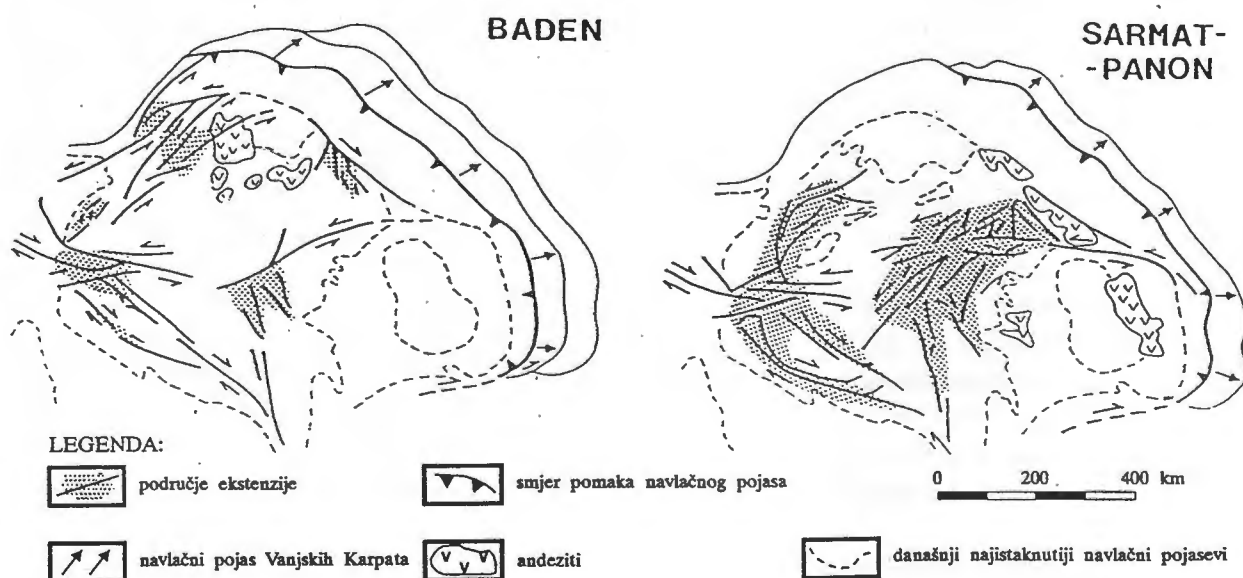
nastajanja nafte i mokrog plina i prošle su maksimum generiranja nafte. U oba slučaja sedimenti idu u pravcu termičke degradacije. To znači da je sadržaj organskog materijala smanjen u odnosu na geološku prošlost. No, i danas je koncentracija organskog materijala približno na razini prosječnog udjela istoga u pelitnim sedimentima od 2%, pa se postavlja pitanje generiranja nafte u geološkoj prošlosti. Jedna od pretpostavki bila bi da je sadržaj organskog materijala na lokalitetu Velika Ciglena bio ranije još veći, no zbog velikoga udjela vitrinitnih i inertnitnih macerala stijena nije imala dobra matična svojstva, te je ušla u fazu generiranja mokroga plina i kondenzara ne "potrošivši" još sav organski materijal. U svakom slučaju vrlo je teško postaviti korelaciju između matičnih stijena na lokalitetu Velika Ciglena i naftnog ležišta na polju Galovac-Pavljani.

Najkraći migracijski put od Velike Ciglene do polja Galovac-Pavljani iznosi nešto više od 5 km. Prema BOBIĆU (1990) zrele matične stijene s vitrinitnom refleksijom ( $R_o$ ) 0,7-1,0 i 1,0-1,3 (srednja i kasna zrelost) u sjeverozapadnom dijelu bjelovarske depresije približno su u području Velike Ciglene i Patkovca, kako je to određeno i u ovome radu. No prema količini prisutnog kerogena i relativno visokoj vrijednosti Corg malo je vjerojatno da su matične stijene u prethodnom periodu generirale naftu, koja je zatim migrirala (BARIĆ, osob. komunik.). Problem bi se očito mogao riješiti reinterpetacijom postojećih podataka ili ponovnom analizom uzoraka nafte i jezgara sa spomenutih lokaliteta. Ipak, treba napomenuti kako bi se migracijski put dulji od 10 do 15 km teško mogao očekivati u strukturno-tektonskim uvjetima kakvi su kartirani u ispitanom prostoru. Zato bi matične stijene trebalo tražiti u blizini naftnoga polja Galovac-Pavljani.

## 8. STRUKTURNI I TEKTONSKI ODNOSI

U ovom poglavlju, osim prikaza strukturnih i tektonskih odnosa na istraživanom području, u uvodu će se opisati glavna tektonska obilježja bjelovarske depresije. Ukratko će se objasniti postanak dravske potonine i u okviru nje bjelovarske depresije kao dijelova panonskog bazenskog sustava, tj. vrijeme otvaranja depresije, te način i vrsta sedimentacije. Zatim će se ti odnosi usporediti s onima na širem području polja Galovac-Pavljeni.

Panonski bazenski sustav pripada skupini pozadinskih bazena (eng. "back-arc basins"). Nastao je u kenozoiku na južnom rubu europske ploče i u mediteranskom prostoru. Postanak mu je vezan uz subdukciju i konvergenciju apulijske ploče pod Dinaride, tj. pod europsku ploču. Dio tog naprezanja uzrokovao je stvaranje perijadransko-vargarskog lineamenta na južnom rubu panonskog fragmenta, dok je dio prenesen na kretanje panonskog fragmenta i njegovo navlačenje na Vanjske Karpatate u starijem miocenu (ROYDEN, 1988). Posljedica je nastanak fliškog navlačnog pojasa u vanjskim Karpatima. U pozadini tog navlačnog pojasa lučnog oblika došlo je do ekstezije uz brojne transkurentne rasjedne sustave (eng. "strike-slip") (slika 29). Ekstenzija je započela u otnangu i karpatu, svoj maksimum dostigla u badenu i sarmatu, a završila u donjem panonu (ROYDEN, 1988). Postanak pojedinačnih bazena, potonina i depresija u okviru panonskog bazenskog sustava rezultat je lokalnog širenja kore uz rasjedne sustave s desnim ili lijevim horizontalnim pomakom (eng. "dextral or sinistral strike-slip"), tj. uz desne ili lijeve transkurentne rasjede. Postoje dva transkurentna rasjedna sustava: lijevi pružanja sjeveroistok-jugozapad i desni pružanja sjeverozapad-jugoistok. Takvi rasjedni sustavi povezuju međusobno pojedinačne bazene, potonine i depresije. Tako je u razdoblju od srednjeg do gornjeg miocena stvoren prostrani panonski bazenski prostor. Nakon toga slijedilo je razdoblje termalne subsidencije, tj. tonjenja nastalih bazena. Posebno je to bilo izraženo kod bazena i potonina smještenih dalje od navlačnog pojasa gdje su toplinski tok i temperaturni gradijent bili puno veći. Veliki dio panonskog bazenskog sustava prožet je miocenskim vulkanskim stijenama pretežno alkalnog sastava.



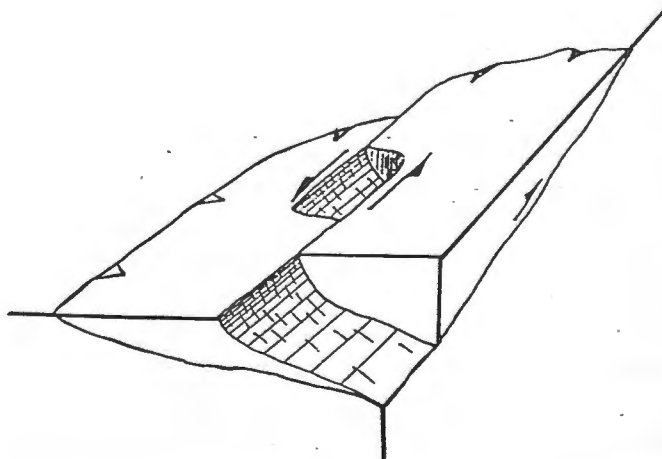
Slika 29: Rekonstrukcija otvaranja bazena, potonina i depresija u karpatsko-panonskom području u vrijeme srednjeg i gornjeg neogena (iz: ROYDEN, 1988).



## 8.1. EVOLUCIJA BJELOVARSKJE DEPRESIJE U OKVIRU DRAVSKE POTONINE I PANONSKOG BAZENA

Ekstenzijski pokreti i rasjedanje povezano s njima u dravskoj potonini odvijalo se u badenu (16,5-13,0 m.g.) i sarmatu (13,0-12,0 m.g.). Sarmatski sedimenti u prostoru dravske potonine, pa tako i na istraživanom području, malih su debljina i vrlo siromašnog fosilnog sadržaja, a nekad i sterilni. Zato ih je teško izdvojiti u jezgrama i na elektrokarotažnim dijagramima većine bušotina. Slijede naslage panona koje su najčešće u donjem dijelu jače rasjednute i borane, a u gornjem dijelu vrlo malo poremećene i uglavnom horizontalnog položaja slojeva. Sedimenti mlađi od panona uglavnom su neporemećeni. Iz takvih općih odnosa završetak ekstenzije može se smjestiti u vrijeme donjeg panona što je za cijeli panonski prostor odredila i ROYDEN (1988).

Glavni ekstenzijski pokreti odvijali su se uz velike transkurentne (eng. "strike-slip") rasjedne sustave s desnim i lijevim pomakom (ROYDEN, 1988). Posljedica tih kretanja bilo je otvaranje brojnih većih ili manjih romboidnih grabi (eng. "pull-apart" bazena) (slika 30). Takve prostore predstavljaju, na primjer, bjelovarska depresija ili bečki bazen.



Slika 30: Shematski blok-dijagramski prikaz nastanka romboidne grabe (eng. "pull-apart" bazena) (iz: ROYDEN, 1988).

Otvaranje dravske i savske potonine vezano je uz transkurentne rasjedne sustave s desnim horizontalnim pomakom (ROYDEN, 1988). Njihovo pružanje je sjeverozapad-jugoistok. Postanak tih rasjednih sustava povezano je s pomacima uz perijadransko-varđarski lineament pa dravski i savski rasjedni sustav predstavljaju dva kraka tog lineamenta kroz panonski bazenski sustav. Suprotno tomu, postanak većine drugih transkurentnih rasjednih sustava u okviru panonskoga bazenskoga sustava povezan je s aktivnošću navlačnog pojasa u vanjskim Karpatima.

Poprečno na pružanje dravske i savske potonine razvio se lijevi transkurentni rasjedni sustav pružanja sjeveroistok-jugozapad. Pokreti uz njega uzrokovali su otvaranje bjelovarske depresije približno romboidalnog oblika (PRELOGOVIĆ et al., 1995; ROYDEN, 1988). Taj rasjedni sustav na sjeveroistoku je povezan s dravskom potoninom. Na jugozapadu ne doseže savsku potoninu, jer se između njih smjestio masiv Moslavačke gore koji sprječava povezivanje dravske i savske potonine preko bjelovarske depresije.

Sedimenti unutar bjelovarske depresije pripadaju dvjema različitim genetskim skupinama, tj. dijele se na sinekstenzijske i postekstenzijske sedimente. Sinekstenzijski sedimenti taloženi su u vrijeme ekstenzijskih pokreta uz transkurentne rasjede kada se otvara depresija. Postekstenzijski sedimenti taloženi su poslije tih pokreta u vrijeme termalnog tonjenja depresije.

Stariji sinekstenzijski sedimenti danas se nalaze u najdubljim dijelovima dravske potonine i bjelovarske depresije. Radi se pretežno o plitkovodnim sedimentima tipa breča, brečokonglomerata i krupnozrnatih pješčenjaka. Vremenski odgovaraju badenu i sarmatu, a tek lokalno se mogu pronaći i donjomiocenske sinekstenzijske naslage. Njihov postanak i taloženje povezano je s jakim tektonskim pokretima u badenu koji su uzrokovali izdizanje, rasjedanje i kataklaziranje karbonatnih, magmatskih i metamorfnih predtercijarnih stijena čiji ostaci su zatim prenošeni u blisku okolicu, najčešće plitkomorski okoliš. Na to upućuje česta pojava karbonatnih fragmenata u krupnoklastičnim naslagama koji su nastali trošenjem plitkomorskih koraljnih grebena.

Ti snažni tektonski pokreti koji su započeli u otnangu ili karpatu, a svoj maksimum su imali u badenu uzrokovali su veliku badensku transgresiju kada je veći dio Panonskog bazena bio prekriven morskim prostorom. Već u karpatu (prije 17,5-16,5 mil. god.) se na području između Apusena, Mezijske ploče, Karpata i Podolojskog masiva talože jezersko-riječni sedimenti. Isti tip sedimentacije je i na rubu Alpi i češkog masiva (STEININGER et al., 1978). Evaporiti se talože na sjeveroistoku Mađarske na rubu tadašnjeg Paratetisa, a morski prostor normalnog saliniteta obuhvaća zapadni dio središnjeg Paratetisa (dijelovi Poljske, Mađarske, Slovenije, Hrvatske). Postoji veza s Mediteranom u smjeru Paratetisa, a veza s Indopacifikom nije sigurna. VRBANAC (1996) piše sljedeće: "*U karpatu se marinska sedimentacija iz sjeverozapadnog dijela Hrvatske proširila prema jugoistoku u područje Medvednice, Savske potonine i dijela Slavonije.*"

U donjem badenu i donjem dijelu srednjeg badena (prije 16,5-14,5 mil. god.) nastupa izrazita transgresivna faza koja je zahvatila prostor Transilvanije i preplavila područje oko Karpata, od Austrije do Rumunjske (STEININGER et al., 1978). Uz Karpate otočno kopno predstavljaju i Apuseni. Pronađene vrste nanoplanktona, foraminifera, ostrakoda i školjkaša, pronadene u tim sedimentima, zajedničke su za središnji Paratetis, Mediteran i Indopacifički ocean. To ukazuje na njihovu međusobnu povezanost. Veza iz Indopacifičkog oceana u Paratetis odvijala se iz Perzijskog zaljeva, preko Mezopotamijskog roga i istočne Anatolije. Veza iz Mediteranom odvijala se preko sjevernoitalskog sedimentacijskog prostora. Preko Dobruđe postoji veza s istočnim Paratetisom. U gornjem dijelu srednjeg badena dolazi do promjene facijesa (STEININGER et al., 1978). Na sjeveroistoku i istoku, od Slovačke do Transilvanije, i u području Karpata, od Poljske (Krakova) do Rumunjske i Bugarske postojao je prostor nazvan "Evaporitbecken" sa evaporitnim taložinama. Veza prema istoku prekinuta je kod Dobruđe. U gornjem badenu središnji i istočni Paratetis čine jedno more ponovo povezani preko Dobruđe (STEININGER, 1978). Veza s Mediteranom je prekinuta, no još uvijek postoji cirkulacija iz Indopacifika. Kraj veze s Indopacifičkim oceanom prije 12 mil. god. obilježen je evaporitnim sedimentima na području Mezopotamijskog roga. U badenu je gotovo čitav prostor hrvatskog dijela Panonskog bazena prekriven morem, a područje kopna obuhvaćalo je tek neka gorja koja su u to vrijeme bila otoci (VRBANAC, 1996).

Takva vrsta naslaga utvrđena je i na polju Galovac-Pavljeni. Badenski krupnoklastični sedimenti većim dijelom su nastali trošenjem i kataklaziranjem izdignutih paleozojskih stijena u podlozi. Uz obalu u plitkome moru dio naslaga potječe iz koraljnih zajednica. Siliciklastični materijal nastao na dijelovima paleoreljefa iznad razine vode bio je prenošen manjim i snažnim vodenim tokovima. To su mogle biti bujice ili brze rječice koje su obrazovale aluvijalne lepeže i lepezne delte. Manji dio naslaga vjerojatno pripada siparnim brečama koje su se taložile neposredno uz kopneni rub. Njihov mehanizam postanka vjerojatno je vrlo sličan postanku siparnih breča na poljima Ladislavci, Beničanci i Obod kako je to prikazao TIŠLJAR (1993).

U okviru panonskog bazenskog sustava sinekstezijski sedimenti bjelovarske depresije mogu se usporediti sa sinekstenzijskim naslagama bečkog bazena koje su također izgrađene od plitkovodnih krupnoklastičnih sedimenata (ROYDEN, 1988).

U vrijeme badenske i sarmatske ekstenzije glavni izvor materijala predstavljali su okolni uzdignuti dijelovi paleoreljefa, ali i prerađeni ostaci grebena.

Na te naslage istaloženi su, najčešće diskordantno, postekstenzijski sedimenti koji su puno manje rasjednuti i borani. Glavni izvor materijala u postekstenzijskom razdoblju na području bjelovarske depresije (te dravske i savske potonine) bile su Istočne Alpe (ROYDEN, 1988). Većina sedimenata panonske i pontske starosti taloženi su u okolišima delti ili na podmorskim padinama mehanizmom turbiditnih struja. Unutar dravske potonine transport se općenito odvijao od sjeverozapada prema jugoistoku na udaljenosti i od nekoliko stotina kilometara. Prostor bjelovarske depresije bio je udaljen od glavnog izvora materijala i smjera transporta pa je brzina sedimentacije i količina sedimenata bila manja nego u glavnoj potoninskoj zoni što se danas odražava u manjim debljinama neogensko-kvartarnog sedimentnog kompleksa koja ne prelazi 2500 m u odnosu na debljine u glavnoj potoninskoj zoni koje dosežu 7000 m.

Postekstenzijsko tonjenje u čitavom panonskom bazenskom sustavu uzrokovano je povećanim toplinskim tokom na pojedinim dijelovima litosfere koji su se onda zagrijavali i širili. Postekstenzijsko tonjenje bilo je najizraženije kod bazena u središnjem dijelu panonskoga bazenskog sustava gdje je njegova brzina mogla iznositi i 2 km u 10 milijuna godina. Suprotno u blizini navlačnoga pojasa povećani toplinski tokovi nisu postojali.

Bjelovarska depresija ne pripada niti središnjem dijelu bazenskog sustava niti je blizu glavnog navlačnoga pojasa. Zato su prosječni toplinski tok i geotermijski gradijent između ova dva krajnja slučaja, tj. geotermijski gradijent iznosi u prosjeku 4,9 do 5,3°C/100m.

Bjelovarska depresija ne predstavlja područje izrazite dominacije niti sinekstenzijskih niti postekstenzijskih sedimenata. Kod formiranja depresije važnu ulogu imali su horizontalni i vertikalni pomaci uz transkurentne rasjedne sustave u vrijeme badena i sarmata. Nakon njih došlo je konačnog oblikovanja prostora depresije tonjenjem povezanim s povećanim toplinskim tokom u panonu, a dijelom i pontu. Zbog svih tih obilježja bjelovarska depresija može se, prema klasifikaciji koju je za panonski prostor dala ROYDEN (1988), uvrstiti u prijelazni tip bazena.

## 8.2. OPISI STRUKTURNIH I PALEOSTRUKTURNIH KARATA

Temelj kod interpretacije strukturno-tektonskih odnosa bile su strukturne i paleostrukturne karte. Od paleostrukturnih karata za crtanje su odabrane karte debljina pojedinih formacija. U daljnjem tekstu bit će opisane strukturne karte po plohama elektrokarotažnih repera koji ograničavaju pojedine litostratigrafske jedinice reda formacije, te karta paleoreljefa po granicama "Pt" i "Tg". Nakon toga interpretirat će se napravljene paleostrukturne karte. Upotrijebljena nomenklatura odgovara litostratigrafskoj podjeli (slika 10) načinjenoj u dravskoj potonini. Sve su karte konstruirane obzirom na referentnu ravninu (ravninu crtanja) +100 m. Iz paleostrukturnih karata određeno je vrijeme tektonske aktivnosti pojedinih rasjeda.

Kod izrade karata u obzir su uzeta i prijašnja rješenja koja u većem ili manjem opsegu zahvaćaju promatrano područje.

### 8.2.1. KARTA PALEORELJEFA PO GRANICAMA "Pt" i "Tg"

Struktura Pavljani ocrta se kao uzvišenje u središnjem dijelu karte (prilog 2). Na najplićem dijelu okružena je izobatom 1200. Antiklinala je sa zapada i istoka presječena normalnim rasjedima pružanja sjever/sjeveroistok - jug/jugozapad, a sa sjevera reverznim rasjedom. To su ujedno rubni rasjedi antiklinale. Skokovi su oko 50 m, a na istočnom normalnom rasjedu dostižu i 100 m. Ti rasjedi ujedno dijele šire područje antiklinale na tektonske blokove opisane u poglavlju 3 i prikazane na slici 5.

Drugo uzvišenje, pliće od antiklinale Pavljani, smješteno je na krajnjem jugozapadu kod bušotine Nar-1 i okruženo izobatom 1000. Strukturu u blizini bušotine Kor-1 PLETIKAPIĆ et al. (1964) i PLETIKAPIĆ (1964) su opisali kao strukturni nos Korenovo. Ona se na ovoj karti uočava zapadno od bušotine Kor-1.

Dva normalna rasjeda smještena su istočnije od antiklinale Pavljani između bušotina Pav-6, Ptk-1 i VC-2. Njihovo je pružanje sjever/sjeveroistok - jug/jugozapad. Istočniji i dulji predstavlja jednu od granica utonula rova koji će se jasnije ocrtavati na sljedećim kartama strukturnim kartama, počevši od EK repera Rs5. Taj rasjed predstavlja glavni poprečni rasjed depresije pružanja približno sjever - jug (prema: PLETIKAPIĆ et al., 1964 i geol. izvještaju dub. buš. Pav-5). Skok uz taj rasjed na nekim dionicama dostiže i oko 220 m. Na ovoj karti rub rova presijeca profil BJE-9A-91 na njegovom jugoistočnom kraju, na dva mjesta u blizini točke paljenja (skaćeno T.P.) 640. Unutar rova zabilježen je minimum okružen izobatom 3100 i to je ujedno najdublji dio na kojoj se nalaze granice "Pt" i "Tg" u okviru kartiranog područja.

Sljedeća dva minimuma smještena su sjeveroistočno i sjeverozapadno od antiklinale Pavljani. Sjeverozapadni minimum okružen je izobatom 2800. Minimum na sjeveroistoku, u blizini bušotine VC-2, presječen je normalnim rasjedom sa spuštenim istočnim krilom, skokom od 50 m i izobatom 2700.

Opažaju se dva sustava reverznih rasjeda. Pet ih je pružanja sjeverozapad - jugoistok, a dva sjeveroistok - jugozapad. Osim jednog, svi rasjedi prve skupine vergencije su prema jugozapadu, a njihov postanak povezan je s kompresijom iz smjera jugozapada. Skok im iznosi do 250 m. Relaksacijske sile, koje se javljaju kao odgovor na kompresiju, slabijeg su iznosa i one mogu biti uzrok postanka jedinog rasjeda s vergencijom prema jugozapadu (profil VC1-ŠA-10-93). Manji dio potiska dolazio je iz smjera juga ili čak jugoistoka što je uzrokovalo postanak reverznih rasjeda pružanja sjeveroistok - jugozapad. Dva takva rasjeda zabilježena su na profilu KOR-1-PV-1-89 (T.P. 630-650), a jedan manji na profilu ŠA-14-91 (T.P. 240). Skok uz te rasjede je do 50 m.

### 8.2.2. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI ELEKTROKAROTAŽNOG REPERA Rs5

Najplići dijelovi izraženi na prethodnoj karti zadržali su se i na ovoj (prilog 3). To su rasjednuta antiklinala Pavljani i strukturni nos Korenovo s najplićim dijelom zapadno od bušotine Nar-1.

Najveće sinklinale ostale su također na približno istim položajima, tj. sjeverozapadno od križišta profila BJE-9A-91 i BJE-10-91 (izobata 2100), te na jugu rova vezanog uz glavni poprečni rasjed depresije na profilu BJE-9A-91 kod T.P. 630 (izobata 2600). Na karti je sada pružanje rova prema sjeveru/sjeveroistoku izraženije, a njegovi rubni rasjedi tvore antitetik ili obrnutu cvjetnu strukturu (eng. "inverse flower"). To se dobro uočava na diferencijalnim profilima (prilozi 11 i 12). Na zapadnom rubnom rasjedu rova zabilježen je najveći skok uz normalne rasjede od 300 m.

Svi reverzni rasjedi, osim jednoga, pružanja su sjeverozapad/zapad - jugoistok/istok i ukazuju na nastavak navlačenja u smjeru sjevera/sjeveroistoka zbog potiska s juga/jugozapada. Većina rasjeda ima vergenciju prema jugozapadu. Samo dva rasjeda imaju vergenciju prema sjeveroistoku i oni su nastali kao posljedica reakcije na potisak iz smjera sjevera/sjeveroistoka. Te sile bile su značajno slabije od onih s juga/jugozapada. Iznimka je jedan reverzni rasjed pružanja izrazito drugačijeg od prije navedenog, tj. pruža se pravcem sjeveroistok - jugozapad, a smješten je između dvaju velikih reverznih rasjeda na jugozapadu karte. Najveći zabilježeni skok uz reverzne rasjede iznosi oko 190 m (profil ŠA-4-89, T.P. 220-230).

### 8.2.3. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI ELEKTROKAROTAŽNOG REPERA Z'

Trase normalnih rasjeda (prilog 4) na približno su istome mjestu kao na prethodnoj karti što upućuje na strmi nagib paraklaza. Antiklinala Pavljani (s najplićom izobatom 1100) i strukturni nos Korenovo (s najplićom izobatom 800) predstavljaju i dalje najplića područja. Jedna sinklinala, sjeverozapadno od bušotine VC-2, okružena je izobatom 2100. Najveća dubina povezana je i dalje sa rovom na jugoistočnom rubu profila BJE-9A-91 gdje se ocrtava izobata 2600. Treća sinklinala najveće je površine, smještena na sjeverozapadu kartiranog područja između profila BJE-9A-91 i BJE-10-91, te je u najdubljem dijelu okružena izobatom 2000.

Na ovoj karti se najbolje uočava pravilno "domino" (eng. "en echelon") pružanje rasjeda istočno od bušotine Pav-6. Njima je općenito cijeli istočni dio prostora spušten. Spuštanje se odvijalo uz četiri približno paralelna normalna rasjeda pružanja sjever/sjeverozapad - jug/jugoistok i spuštenog istočnog krila. Najistočniji od njih graniči mladi reverzni rasjed. "Domino" strukture, zajedno s normalnim ili obrnutim "cvjetnim" strukturama, u panonskom bazenskom sustavu vezane su za rasjedne sustave s horizontalnim pomakom (transkurentne rasjede) kako je to opisala ROYDEN (1988). Takav pomak može se uočiti jugozapadno od bušotine Ša-167 $\alpha$ . Tamo je uz mladi reverzni rasjed, vergencije prema sjeveroistoku, došlo je do presjecanja i pomaka trase normalnog rasjeda sa spuštenim istočnim krilom.

Najveći skok uz normalne rasjede iznosi oko 200 m (profil BJE-14A-91, T.P. 250, te unutar rova), a uz reverzne 150 m (sjeveroistočno od bušotine Kor-1). Reverzni rasjedi su različite vergencije. Svi rasjedi istočno od bušotine Pav-6, osim jednoga (profil VC1-ŠA-10-93, T.P. 140-150) koji se gubi na nivoima plićih elektrokarotažnih repera, imaju vergenciju prema sjeveroistoku. Taj rasjed drugačijeg karaktera spomenut je kod opisa prethodne karte po plohi elektrokarotažnog repera Rs5. On presijeca profil KOR-1-PV-1-89, pružanja je sjeveroistok - jugozapad i sjeverozapadne vergencije, a graniče ga dva veća reverzna rasjeda približno poprečna na njega. Tri reverzna rasjeda istočno od bušotine Pav-6 također su pružanja približno sjeverozapad - jugoistok. Sjeverni i južni su vergencije prema sjeveroistoku, a treći smješten između njih, u blizini bušotine VC-1, suprotne je vergencije prema jugozapadu.

### 8.2.4. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI ELEKTROKAROTAŽNOG REPERA $\Delta$

Položaji najdubljih i najplićih dijelova (prilog 5) približno odogovaraju onima na prethodnoj karti. Tri su najplića dijela. Rasjednuta antiklinala Pavljani na najplićem dijelu okružena je izobatom 800. Na jugozapadu se i dalje ocrtava struktura Korenovo s najplićom kartiranom izobatom 600, a na sjeveroistoku, zapadno od bušotine Ša-167 $\alpha$ , izobate 900 i 800 prikazuju rasjednuta antiklinala. Najdublji dijelovi i dalje su sinklinala na sjeverozapadu čije je dno smješteno unutar područja izobate 1100, te dno sinklinala rasjednute zapadnim rubnim rasjedom rova i okruženo izobatama 1700 i 2000.

Područje antiklinale Pavljani suženo je između dva normalna rasjeda. Skok uz te rasjede iznosi oko 30 m. Utonuli rov smješten istočnije također je ograničen dvama normalnim rasjedima, a uz zapadnji od njih skok je veći i iznosi 300 m. Prema površini taj rov, označen kao antitetik na seizmičkim profilima, sve je širi, a zapadni rubni rasjed i dalje je moguće pratiti na tri približno paralelna profila (od juga prema sjeveru): BJE-9A-91, BJE-10-91 i BJE-14A-91. Prema sjeverozapadu, na profilu BJE-14A-91 (T.P. 170-190), ocrta se normalni rasjed sa spuštanjem zapadnim krilom. Zbog malog skoka taj se rasjed nije mogao pratiti na južnijim profilima BJE-10-91 i BJE-9A-91.

Reverzni rasjedi u okolini bušotine Kor-1 sada su smješteni bliže. Razlog je u zamjetnom pomicanju trase južnijeg od njih prema sjeveroistoku što ukazuje na blago nagnutu paraklazu. Na ovoj i prethodnoj karti ta dva rasjeda prikazana su kao najmarkantniji reverzni rasjedi kartiranog područja što približno ukazuje na vrijeme njihove aktivnosti i dubine dosega. Vergencije su prema jugozapadu. Očito je kako su najjači kompresijski pokreti bili u vrijeme pontaa. Potisak s jugozapada uzrokovao je navlačenje u zapadnom dijelu prostora. Slabije je izraženo, ali također postoji reverzno rasjedanje, no suprotne sjeveroistočne vergencije, u istočnom dijelu kartiranog prostora. Vjerojatno je kao rekacija na pritisak iz smjera jugozapada došlo do rotacije prostora istočno od polja Galovac-Pavljeni u smjeru kazaljki na satu, što je uzrokovalo nastanak tih struktura.

#### 8.2.5. STRUKTURNA KARTA PO PLOHI ELEKTROKAROTAŽNOG REPERA D'

Na strukturalnoj karti po najmlađem elektrokarotažnom reperu (prilog 6) dolazi do nekih značajnih promjena ocrta rasjeda, te smanjenja razlika između najdubljih i najplićih dijelova prostora. Najdublji dio i dalje je rov istočno od antiklinale Pavljani čiji je minimum okružen izobatom 1000. Istočni rubni rasjed rova prati zapadni, tj. glavni poprečni depresijski rasjed gotovo po cijeloj dužini. Ostala dva minimuma na karti znatno su plića. Jedan približno odgovara položaju bušotine VC-1, tj. dubini -750 m. Drugi je na sjeverozapadu i predstavlja ostatak sinklinale koja se ocrta još od granica "Pt" i "Tg". Površina tog minimuma koji siječe profil BJE-10-91 (T.P. 660-670), unutar izobate 600, sada je vrlo mala, kao i razlika u dubini u odnosu na okolni prostor.

Promjene se opažaju i uz rubne rasjede antiklinale Pavljani. Aktivnost istočnog rubnog normalnog rasjeda potpuno je nestala. Ocrta se samo zapadni rubni rasjed strukture u blizini bušotine Pav-5, sa spuštanjem zapadnim krilom. Takve promjene karaktera rasjeda ukazuju na transpresiju čiji smjer se prema ovoj karti može odrediti iz smjera jugoistoka. Još uvijek je aktivan jedan reverzni rasjed sjeverno i sjevernoistočno od bušotine Kor-1, vjerojatno zbog istih pokreta opisanih za prethodni rasjed.

Prosječan skok uz normalne rasjede je 50 m, a najveći iznosi oko 130 m (profil BJE-10-91, T.P. 440-450).

Istočno, na području Velike Ciglene, Patkovca i Šandrovca, gotovo potpuno prestaje rasjedna aktivnost uz reverzne rasjede. Aktivan je još samo jedan prikazani reverzni rasjed s malim vertikalnim pomakom od najviše 50 m. Nešto veći skok je uz drugi reverzni rasjed koji se ocrta na jugoistočnom dijelu karte, približnog pružanja sjeverozapad-jugoistok. Najveći skok sjeverno i sjevernoistočno od bušotine Kor-1 nešto je manji od 100 m.

## 8.2.6. PALEOSTRUKTURNE KARTE

Načinjene su četiri paleostrukturalne, odnosno karte debljina. To su paleostrukturalne karte između granica "Pt" i "Tg", te EK repera Rs5 (formacija Moslavačka gora), između EK repera Rs5-Z' (formacija Ivanić-Grad), EK repera Z'-Δ (formacija Kloštar-Ivanić) i EK repera Δ-D' (formacija Bilogora) (prilozi 7, 8, 9 i 10). Rekonstrukcijom iz tih karata određena je aktivnost pojedinih rasjeda u različitim vremenskim razdobljima.

Kod opisa paleostrukturalnih karata pošlo se od pretpostavke da povećani iznosi debljina pojedine formacije ukazuju na spuštanje i obratno, smanjenje debljina na izdizanje. Ta pretpostavka vrijedi samo kod taloženja klastičnih sedimenata, dok se kod biogenih i kemogenih sedimenata ne može uzeti u obzir. Primjer je taloženje na karbonatnoj platformi koje se stalno odvija blizu morske razine, a ponekad i iznad nje (TIŠLJAR, 1994). U najplićim dijelovima platforme zbog progradacije plimnih ravnica i prudova, karbonatnih pješćanih tijela i grebena u smjeru mora, te vertikalnog porasta količine sedimenata u potplimnoj zoni dolazi do oplićavanja i nastanka sekvencija positnjavanja ili pokrupnjavanja (TIŠLJAR, 1994). Ponavljanjem gornjih uvjeta dolazi do redanja takvih ciklusa pa u plitkomorskom okolišu karbontne platforme dolazi do nakupljanja velike količine sedimenata izmjenom periplimnih ili peritidalnih okoliša.

Sedimenti od formacije Ivanić-Grad do formacije Lonja predstavljeni su izmjenom klastičnih taložina. No u građi formacije Moslavačka gora česte su biogene, odnosno vapnenačke, naslage. Postanak tih karbonata vezan je uz razaranje prednjeg dijela badenskih vapnenačkih grebena snažnim olujnim valovima, što je za posljedicu imalo nakupljanje grebenskog kršja prema otvorenom moru. Dolazi do oplićavanja sredine u kojoj ponovo mogu nastajati organogeni grebeni. Zato bi se, uz nužan oprez, taloženje većih debljina sedimenata formacije Moslavačka gora uz rub izdignutih struktura moglo objasniti akumulacijom vapnenačkog (grebenskog) kršja (zajedno sa siliciklastičnim materijalom), prije nego li spuštanjem toga prostora uzrokovanog tektonikom.

Paleostrukturalna karta od granica "Pt", odnosno "Tg" do EK repera Rs5 (formacija Moslavačka gora; prilog 7) ocrta najveće debljine na približno ranije opisanim mjestima minimuma na strukturalnim kartama. Povećanje debljina se opaža i sjeverno/sjeveroistočno od polja Galovac-Pavlani (profil BJE-14A-91, T.P. 130-140) paleostrukturalnom izohorom 700. Druga veća debljina s izohorom 600 je jugozapadno od bušotine Kor-1. Debljine na području naftnoga polja su male i iznose od 60 do 140 m. Na karti nisu zabilježeni reverzni rasjedi već samo normalni što ukazuje da su u miocenu, zaključno do donjeg panona, bili aktivni ekstenzijski pokreti. Istočni rubni rasjed strukture Pavljani nije aktivan, a nije niti ocrtano povećanje debljina zbog aktivnosti istočnog rubnog rasjeda rova. Normalni rasjed na sjeveroistoku, u blizini bušotine Ša-167α, je aktivan, no pomak uz spušteno, istočno, krilo je premali da bi se uočio s upotrebljenom ekvidistancijom od 100 m.

Paleostrukturalna karta prikazana na prilogu 8 (između EK repera Rs5-Z'; formacija Ivanić-Grad) pokazuje prosječno znatno manje debljine od prethodne karte. One najčešće ne prelaze 200 m, a na antiklinali Pavljani su najmanje i kreću se između 20 i 50 metara. Drugo područje manjih debljina je sjeverno, zapadno i jugozapadno od bušotine Nar-1, s debljinama manjim od 100 m. Najveće debljine zabilježene su na istoku oko bušotina VC-1 i VC-2 gdje su okružene paleostrukturalnom izohorom 300, te na sjeveroistočnom rubu profila VC1-ŠA-10-93 kod točaka paljenja 250 i 260 (paleostrukturalna izohora 500) gdje su te debljine povezane s aktivnošću reverznog rasjeda. Aktivna je cijela dionica zapadnog rubnog rasjeda antiklinale Pavljani, te istočnog rubnog rasjeda iste strukture. Sjeverno od antiklinale sada se vide dva granična reverzna rasjeda koja završno oblikuju tektonske blokove izdvojene na naftnome polju kako je to ranije opisano i prikazano na slici 5. Ti rasjedi su mlađi od normalnih, te su njima

i ograničeni. Povećanje debljina može se pratiti i uz aktivne dijelove glavnoga poprečnoga rasjeda depresije na zapadnom i normalnog rasjeda na istočnom rubu rova. Kao i na prethodnoj karti (prilog 7) i na ovoj paleostrukturalnoj karti (prilog 8) aktivan je normalni rasjed približno upoređan s istočnim rubnim rasjedom antiklinale Pavljani, te rubnim rasjedima rova. Povećanje debljina uzrokovano spuštanjem njegova istočnog krila nije veliko, često samo 20-30 m.

Paleostrukturalna karta između EK repera Z'-Δ (približno formacija Kloštar-Ivanić) na prilogu 9 pokazuje znatne razlike u odnosu na prethodnu kartu na prilogu 8. Povećane debljine ukazuju na jače spuštanje uz istočni rubni rasjed antiklinale Pavljani, uz koji skok iznosi od 50 do 100 m. Aktivna su i dva normalna rubna rasjeda na zapadu naftnoga polja koji su se dijelom ili u potpunosti ocrtavali na prethodne dvije karte (prilozi 7 i 8). Spuštanje ukazuje na daljnju aktivnost normalnog rasjeda na sjeveroistoku kartiranog područja između profila ŠA-4-89 i VC1-ŠA-10-93, tj. blizu bušotine Ša-167α. Izraženiji je skok na južnom dijelu trase toga rasjeda od preko 100 m. Ponovo je zamrla aktivnost istočnog rubnog rasjeda rov (kao i na prilogu 8), dok je zapadni rubni rasjed rova, tj. glavni poprečni rasjed depresije, aktivan po cijeloj svojoj dionici na kartiranom području. Aktivan je najveći reverzni rasjed na obuhvaćenom području, sjeveroistočno od bušotine Kor-1 uz vrlo malo. Povećanje debljina uz krovinsko krilo toga rasjeda je malo. Najveće debljine su na sjeverozapadu karte okružene paleostrukturalnom izohorom 1000 (na profilu BJE-9A-91, između T.P. 380 i 390), zatim sjeverozapadno od bušotine VC-2 (na profilu BJE-14A-91, T.P. 300) i na sjeveroistočnom rubu karte (na profilu VC1-ŠA-10-93, između T.P. 230-240) okružene paleostrukturalnim izohorama 900.

Debljine na paleostrukturalnoj karti (prilog 10) načinjenoj između EK repera Δ i D' (približno formacija Bilogora) u prosjeku su manje od debljina na prethodnoj paleostrukturalnoj karti (prilog 9). Najveće debljine iznose preko 500 m na zapadu kartiranog područja (između profila BJE-10-91 i TO-16-89) i preko 600 m u okolini bušotina VC-1 i 1α. Najveća debljina je unutar rova na rubu profila BJE-9A-91 (T.P. 630-640) i iznosi 955 m. Glavni poprečni rasjed depresije, na zapadu rova, aktivan je gotovo cijelom svojom dužinom, dok se uz istočni rasjed spuštanje odvijalo tek na južnom dijelu njegove trase. Južno i jugoistočno od polja Galovac-Pavljanjani aktivna su dva reverzna rasjeda. Veći od njih pružanja približno sjeverozapad-jugoistok ocrtava se i na prijašnjoj paleostrukturalnoj karti (prilog 9), a činjenica da je to i najveći reverzni rasjed na kartiranom području ukazuje na veću aktivnost reverznih rasjeda u mlađim naslagama. To potvrđuje činjenicu da su nakon ekstenzijskih pokreta, tj. približno od gornjeg panona, bile dominantne kompresijske sile. Na osnovu priloga 9 i 10 u donjem i gornjem pontu smjer kompresije može se odrediti s juga/jugozapada. Također dolazi do slabljenja slabljenje tektonskih pokreta oko antiklinale Pavljani na čijem su zapadnom i istočnom rubu i dalje aktivni rubni normalni rasjedi, no povećanje debljina uzrokovano spuštanjem uz njih nije veliko (oko 40 m).

Paleostrukturalna karta između EK repera D'-rec (debljina formacije Lonja, pliokvartarne starosti) nije posebno crtana, jer bi bila istovrsna strukturalnoj karti načinjenoj po EK reperu D', a ta karta je prikazana na prilogu 6.

Promatrajući paleostrukturalne i strukturalne karte može se zaključiti kako su u početku taloženja neogenskih sedimenata dominirali ekstenzijski pokreti odraženi u stvaranju brojnih normalnih rasjeda. U badenu i sarmatu, kada su se taložili uglavnom krupnoklastični sedimenti porijeklom s izdignutih dijelova paleoreljefa, već je aktivan dio rasjeda koji će formirati tektonske blokove na strukturali Pavljani.

Kasnije u panonu, posebno gornjem, kod taloženja sedimenata formacije Ivanić-Grad, dolazi do stvaranja svih važnijih rasjeda koji su oblikovali strukturalu naftnoga polja Galovac-Pavljanjani. Sjeverno od polja nastali su reverzni rasjedi, a aktivni su također i zapadni i istočni rubni rasjed strukturalne, odnosno antiklinale Pavljani. Počinje stvaranje dominantnog rova istočno



od naftnoga polja Galovac-Pavljani kao najdublje strukture unutar kartiranog prostora. Početak kompresije očituje se u nekoliko manjih reverznih rasjeda na cijelome području.

Početak pada dolazi do taloženja formacije Kloštar-Ivanić. Debljine te formacije prosječno su veće za 500 do 700 m od naslaga prethodne formacije Ivanić-Grad. Ekstenzijski pokreti slabe, a jačaju kompresijske sile iz smjera jugozapada. Rasjedna aktivnost na antiklinali Pavljani slabi, te je još aktivan veći dio istočnog rubnog rasjeda, te dva normalna rasjeda na zapadu antiklinale. No, povećanja debljina vezana uz spuštenu krila rasjeda sada su manja posebno uz rasjede na zapadu (oko 20-40 m) kartiranog područja. Dijelovi dionica rasjeda koji ograničavaju rov također su aktivne, a pojavljuju se novi reverzni rasjed na zapadu i jugozapadu kartiranog područja. To su ujedno i najizraženiji reverzni rasjedi strukturno-tektonskog sklopa obrađenog područja. Drugi reverzni rasjed smješten je južno/jugozapadno od bušotine VC-1.

Naslage formacije Bilogora nisu jako rasjednute. Prosječne debljine te formacije kreću se između debljina formacija Ivanić-Grad i Kloštar-Ivanić, tj. iznose od 400 do 500 m. Rasjedna aktivnost se i nadalje odvija uz granice rova, posebno zapadnu (uz glavni poprečni rasjed depresije), te na rubovima antiklinale Pavljani, ali uz malo zadebljanje taložina u spuštenom krilu rasjeda. Manji reverzni rasjed zabilježen je južno od naftnoga polja. Također se i dalje sjevernoistočno, sjeverno i istočno od bušotine Kor-1 ocrta markantni reverzni rasjed zabilježen i na prethodnoj paleostrukturalnoj karti.

Slični uvjeti nastavljaju se i u vrijeme taloženja najmlađe formacije Lonja, pliocenske i kvartarne starosti. Njezine prosječne debljine iznose od 500 do 700 m, a na najdubljem dijelu rova i 1050 m. Najizraženiji rasjedi iz gornjega pada aktivni su i dalje. To su rubni rasjedi rova, te reverzni rasjed na zapadu, odnosno jugozapadu karte. Uz antiklinalu Pavljani ocrta se jo jedino zapadni rubni rasjed.

Karakteristični strukturno-tektonski odnosi i njihov razvoj kroz vrijeme dobro se mogu pratiti na diferencijalnim profilima A-B, C-D i E-F (prilog 11) i profilima G-H i I-J (prilog 12). Pružanje tih profila podudara se s pružanjem seizmičkog profila BJE-9A-91 tako da točke A, C, E, G, I odgovaraju točki paljenja 350, a točke B, D, F, H, J točki paljenja 640 toga profila. Taj profil je odabran jer dobro presijeca antiklinalu Pavljani i njezine rubne dijelove, a na jugoistoku siječe glavni poprečni rasjed depresije i rov povezan s aktivnošću toga rasjeda.

Strukturni odnosi na samoj antiklinali Pavljani najjasnije su ocrteni na dva korelacijska profila na prilogima 13 i 14. Na njima je prikazan prostor između odabranih bušotina na naftnome polju Galovac-Pavljani. Skokovi uz rasjede koji su oblikovali strukturu naftnoga polja najčešće nisu veći od 50 m pa se jasno mogu uočiti tek na prikazima u krupnom mjerilu. Zato su načinjeni korelacijski profili Pav-5 - Pav-1 - Pav-2 (prilog 13) i Pav-5 - Pav-4 - Pav-6 (prilog 14) u mjerilu 1:5.000. Korelacija je načinjena na temelju krivulja konvencionalne karotaže i prirodne radioaktivnosti kojima su pridodani litološki stupovi s litostratigrafskom podjelom naslaga na članove.

Na temelju prikazanih strukturnih i tektonskih odnosa ležište na polju Galovac-Pavljani može se klasificirati kao plitko smještena *"buried hill"* struktura (KRANJEC, 1972, 1972a, 1990). Takvu strukturu čini izdignuti dio paleoreljeva preko kojih su transgresivno taložene mlađe naslage. Naftno ležište na polju Galovac-Pavljani povezano je s *"buried hill"* strukturom, nalazi se iznad i ispod diskordancije, te je ograničeno rasjedima. Zato se prema klasifikaciji LEVORSENA (1958) može uvrstiti u *strukturno-stratigrafski tip zamki*.

Često mlađe strukture oblikom prate podlogu preko koje su istaložene pa se govori o *nasljednim strukturama* (PRELOGOVIĆ, 1974, 1974a). Oblik strukture Pavljani od EK repera Rs5 pa do najmlađeg EK repera D' uglavnom prati oblik stijena podloge pa se u panonskim i

pontskim naslagama ona može opisati kao nasljedna struktura. Rasjedne zone normalnih rasjeda su propusne za fluide pa se ležište nalazi samo u njihovom podinskom, plicem, krilu.

Uspoređujući struktarno-tektonske odnose s ostalim poljima u Hrvatskoj najveća se sličnost zapaža s poljima Tovarnik, Privlaka, Đeletovci i Ilača u slavonsko-srijemskoj potonini. Ležišta su također smještena u paleozojskim stijenama u podlozi tercijarnog sistema, a na polju Tovarnik i u klastitima formacije Moslavačka gora. Tektonski najveću sličnost s poljem Galovac-Pavlani pokazuje polje Ilača čiji je jugoistočni rub presječen normalnim rasjedom sa skokom većim od 150 m.

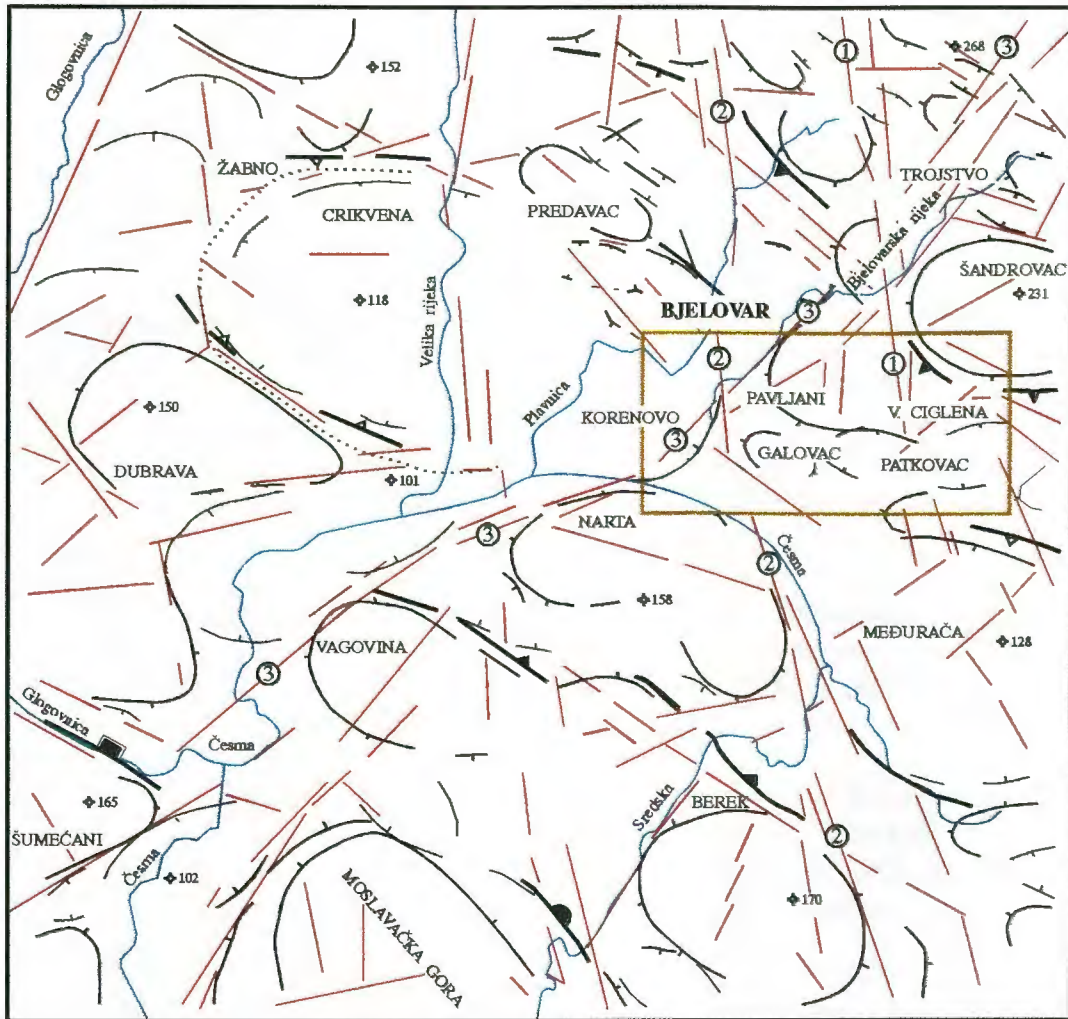
### 8.3. NEOTEKTONSKI ODNOSI

Prema geomorfološko-neotektonskoj analizi (HEČIMOVIĆ, 1987) na području bjelovarske depresije izdvojene su tri skupine rasjeda. Najstariji su pliocenski rasjedi pravca pružanja sjeverozapad-jugoistok koji su nazvani uzdužni. Zatim prema starosti slijede stariji kvartarni rasjedi pružanja sjeveroistok-jugozapad koji su poprečni na pliocenske rasjede pa su tako i nazvani. Treću skupinu čine najmlađi kvartarni rasjedi pružanja sjever-jug koji su dijagonalni na prethodne dvije skupine. Na području šire okolice naftnoga polja javljaju se rasjedi iz sve tri spomenute skupine (slika 31). Slabije su izraženi pliocenski i stariji kvartarni rasjedi, a jače mlađu kvartarni rasjedi.

Pliocenski rasjedi ocrtavaju se na sjeveroistočnom rubu prema Šandrovcu, te jugozapadno od Galovca. Iz skupine starijih kvartarnih rasjeda ističe se rasjed označen brojem 3 (slika 31). Pružanje mu se može pratiti preko čitave površine bjelovarske depresije od sela Trojstvo do sjeverozapadnog ruba Moslavačke gore.

Najizraženiji su najmlađi dijagonalni kvartarni rasjedi pružanja približno sjever-jug. Dva su rasjeda izrazita i pružaju se preko većeg dijela (rasjed br. 1) ili preko cijele (rasjed br. 2) depresije. Oni su posebno označeni na slici 29 brojevima 1 i 2. Rasjed broj 2 prolazi zapadnim dijelom obrađenoga područja, tj. zapadno od sela Pavljani i Galovac. Istočno od Pavljana vide se dva manja rasjeda približno na mjestu koje bi odgovaralo položaju glavnog poprečnog rasjeda depresije. Istočniji rasjed označen brojem 1 pruža se preko područja Velike Ciglene i Patkovca prema Međurači kod koje se više ne može pratiti. Duž najmlađih kvartarnih rasjeda uz okomite izraženi su i vodoravni pomaci (HEČIMOVIĆ, 1987). Do uzdizanja morfostrukture, opisanih u poglavlju o geomorfološkoj analizi, došlo je u pliocenu i kvartaru uz rasjede iz sve tri skupine.

GEOMORFOLOŠKO-NEOTEKTONSKA KARTA



0 5 10 km

LEGENDA:

Veće uzdignute morfostrukture:

- u neogenu i kvartaru
- u pliocenu i kvartaru
- u kvartaru

Veće spuštene morfostrukture:

- u neogenu i kvartaru

Lokalne uzdignute morfostrukture:

- jače izražene u reljefu
- slabije izražene u reljefu

Lokalne spuštene morfostrukture:

- jače izražene u reljefu
- slabije izražene u reljefu

Ostale oznake:

- rasjedi
- rasjedi numerirani i opisani u tekstu
- područje šire okolice naftnoga polja
- prstenasta struktura

Slika 31: Geomorfološko-neotektonska karta lista Bjelovar (prema: HEČIMOVIĆ, 1987).

## 9. NAFTNOGEOLOŠKA OBILJEŽJA NASLAGA

Ranije je spomenuto kako je na naftnom polju Galovac-Pavljani ležište smješteno u dvije litološki različite jedinice. Donji dio ležišta nalazi se u vršnom dijelu paleozojskih stijena koje su kroz dugo vremensko razdoblje, od preko 200 milijuna godina, bile izložene trošenju na površini. Kao posljedica toga trošenja, te djelovanjem tektonskih pokreta i hidrotermi te stijene su kataklazirane i hidrotermalno izmijenjene (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992; DJAČANIN et al., 1993) čime je nastala sekundarna šupljikavost, te se povećala propusnost.

Gornji dio ležišta nalazi se u bazalnom dijelu krupnoklastičnih naslaga člana Mosti badenske starosti i predstavlja jedinstvenu hidrodinamičku cjelinu sa stijenama u podlozi. Zato se kod ležišta radi o kombinaciji primarne i sekundarne šupljikavosti (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Dodir nafte i vode ustanovljen je na apsolutnoj dubini od -1057 m, a dijelovi ležišta smješteni dublje su zavodnjeni. Iz spomenutih rezervoarskih stijena danas se nafta i plin pridobivaju u pet bušotina: Pav-1, Pav-4, Pav-5 $\alpha$ , Pav-6 i Gal-1 $\alpha$ .

U mlađim naslagama, posebno poljanskim i pepelanskim pješčenjacima, bilo je pojava ugljikovodika, ali nisu utvrđena nikakva ležišta. Razlog su česte karbonatne i laporovite primjese unutar pješčenjačkih slojeva koje time smanjuju njihovu šupljikavost i propusnost, nepostojanje krupnoklastičnih naslaga, te opadanje veličine zrna kod pješčenjaka.

Opisat će se većina pojava ugljikovodika zabilježenih kako u bušotinama na samome polju Galovac-Pavljani tako i na čitavom istraživanom području. Detaljnije će se opisati paleozojske i badenske naslage u kojima je ležište, te poljanski i pepelanski pješčenjaci dijelovi kojih bi mogli predstavljati rezervoare u širem prostoru bjelovarske depresije.

### 9.1. PODACI O ŠUPLJIKAVOSTI, PROPUSNOSTI I POJAVAMA UGLJIKOVODIKA U PALEOZOJSKIM STIJENAMA

Šupljikavost vršnog dijela paleozojskih stijena u podlozi tercijarnog sistema na polju Galovac-Pavljani kreće se od 1,2 do 3,5%. Horizontalna propusnost od 0,01 do  $0,41 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ , a vertikalna oko  $0,02 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$  (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; TROHA, 1992; DJAČANIN et al., 1993; DJAČANIN et al., 1995). Stara jedinica za propusnost je milidarcy čiji je odnos  $1 \text{ mD} = 10^{-15} \text{ m}^2$ , no ta je jedinica danas izvan upotrebe. Litološki se radi o raspucanim i hidrotermalno izmijenjenim paleozojskim škriljavcima i gabru. U cilju određivanja petrofizikalnih osobina i položaja ležišta izvađene su jezgre i načinjena testiranja intervala.

U bušotini Pav-1 iskušana su tri intervala (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Na dubini 1162,5-1181,0 m (DST-5) dobiveni su na površini plin i nafta ( $12,5 \text{ m}^3$ ) i tu je utvrđeno ležište. Iz nafte je izdvojen i naftni termogeni plin. U dubljim intervalima na 1216,9-1224,0 m (DST-6) i na 1440,0-1454,0 m (DST-7) dobiveno je oko  $4,5 \text{ m}^3$  slojne vode s tragovima plina.

U drugoj proizvodnoj bušotini Pav-4 iskušana su dva intervala u stijenama u podlozi tercijarnog sistema (DJAČANIN et al., 1993). To je bio interval na dubini 1158,8-1185,0 m (DST-2) kada je dobiven plin i mala količina nafte ( $1 \text{ m}^3$ ) i interval na dubini 1205,5-1230,0 m (DST-3) samo sa slojnom vodom.

U dubljim intervalima iz obje bušotine dobivena je samo slojna voda jer su bili smješteni ispod apsolutne dubine od -1057 m na kojoj je utvrđen dodir nafte i vode.

U bušotini Pav-5 (DST-2) na dubini 1411,0-1446,0 m dobivena je samo slojna voda (KORDIĆ et al., 1993a). Ta je bušotina smještena na spušenom bloku 4B (slika 5) gdje nije utvrđeno ležište.

Ispitivanjem mezozojskih naslaga u bušotinama Ptk-1, VC-1, VC-1 $\alpha$  i VC-2 nisu zabilježeni ugljikovodici u većim količinama. Testiranjem na Patkovcu dobivena je samo slojna voda, a tek u jednom intervalu (2469,0-2602,0 m; DST-3) i 7500 m<sup>3</sup> plina, gotovo čistoga (99,7%) CO<sub>2</sub> (GORIČNIK & DJAČANIN, 1996b). Takvih pojava CO<sub>2</sub> (konc. 99,5%) bilo je i u bušotinama VC-1 i VC-1 $\alpha$  (BALTIĆ, 1990; VLAHOVIĆ et al., 1991). Samo su u bušotini VC-2, uz vodu i CO<sub>2</sub>, dobivene male količine plinovitih i tekućih (22,3 m<sup>3</sup> nafte) ugljikovodika na dubini 2394,7-2406,0 m (DST-1) (GORIČNIK & DJAČANIN, 1996a).

*Podaci o salinitetu ležišnih voda* dobiveni su iz pet bušotina. U bušotini Pav-1 salinitet se kretao između 12,17 i 15,34 g/l NaCl, u bušotini Pav-4 9,08 g/l, u bušotini Pav-6 14,85 g/l, u bušotini VC-1 od 9,9 do 20,79 g/l i u bušotini Ptk-1 23,29 g/l NaCl. Vrijednosti saliniteta na polju Galovac-Pavljani nešto su snižene u odnosu na prosječan salinitet voda u paleozojskim stijenama u podini tercijarnog sistema za dravsku potoninu, koji iznosi 18 g/l NaCl (COTA & BRITVIĆ, 1991). Značajno niža vijednost u bušotini Pav-4 upućuje na komunikaciju i miješanje s vodama mlađih formacija, najvjerojatnije s vodama formacije Moslavačka gora. Na to upućuje i odredba slojne vode, prema Sulinovoj klasifikaciji (SULIN, 1948), kao hidrokarbonatno-natrijske (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Salinitet u bušotinama VC-1 i Ptk bio je povišen u odnosu na prosječan salinitet u mezozojskim sedimentima dravske potonine od 15 g/l NaCl (COTA & BRITVIĆ, 1991).

## 9.2. PODACI O ŠUPLJKAVOST, PROPUSNOSTI I POJAVAMA UGLJIKOVODIKA U NEOGENSKO-KVARTARNIM NASLAGAMA

### 9.2.1. PODACI ZA FORMACIJU MOSLAVAČKA GORA

#### 9.2.1.1. ČLAN MOSTI

Breče, brečokonglomerati i konglomeratični pješčenjaci u donjem dijelu člana Mosti predstavljaju rezervoarske stijene na polju Galovac-Pavljani u kojima je ležište nafte. Uzorci stijena sa sita i izvađene jezgre luminiscirali su pod UV svjetlom u žutosmedoj boji, a obrađeni s kloroformom (CHCl<sub>3</sub>) i promatrani pod UV svjetlom u mliječnožutoj boji. Šupljikavost utvrđena na izvađenim jezgrama kreće se između 9,4 i 20,9% (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; TROHA, 1992; DJAČANIN et al., 1993; DJAČANIN et al., 1995). U gornjem dijelu člana Mosti šupljikavost pada do 4,4% (npr. J-1, II.m u bušotini Pav-6), ali to su iznimne pojave koje su posljedica povećanog udjela karbonatnog veziva unutar pješčenjaka. Horizontalna propusnost iznosi od 0,02 do 21,00 $\cdot 10^{-15}$  m<sup>2</sup>, a vertikalna od 0,01 do 1,74 $\cdot 10^{-15}$  m<sup>2</sup> (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; TROHA, 1992; DJAČANIN et al., 1993; DJAČANIN et al., 1995). U donjem dijelu člana Mosti načinjeno je testiranje naslaga u bušotini Pav-1 kad je na dubini 1135,7-1155,0 m (DST-4) dobiven gorivi plin i 8 m<sup>3</sup> nafte. Testiranje tih naslaga načinjeno je i u bušotinima Pav-4 (1106,9-1154,0 m; DST-1) i Pav-6 (1183,7-1202,0 m; DST-2) te je dobiveno (proporcionalno) 13,7 i 12 m<sup>3</sup> nafte s plinom. Slojevi su dobro propusni. Bušotinom Pav-5 $\alpha$ , usmjerenom iz negativne bušotine Pav-5 na tektonski blok 1, probušeno je ležište nafte s termogenim plinom na dubini 1184-1193 (MAROVIĆ, 1993b). Očito je tek nakon spuštanja tektonskog bloka 4 (Pav-5) došlo do

migracije ugljikovodika u prostor pliče smještenoga bloka 1 (Pav-5 $\alpha$ ). Na istoj dubini, u naslagama člana Mosti, probušeno je ležište u bušotini Pav-6.

U gornjem dijelu naslaga izgrađenom od vapnenaca, lapora, silita i sitnozrnatih pješčenjaka šupljikavost i propusnost su manje, u odnosu na donji dio sastavljen od krupnoklastičnih naslaga. Kako bi se ispitao i taj dio naslaga načinjeno je njihovo ispitivanje u bušotini Pav-1 (DST-3) na dubini 1004,6-1015,0 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a), te u bušotini Pav-6 na dubini 1139,3-1172,0 (DST-1). Rezultati su bili slabi jer je dobiven samo plin, 0,8 m<sup>3</sup> nafte (Pav-6) i pretežno slojna voda.

Dio uzoraka sitnozrnatih pješčenjaka i raspucanih vapnenaca, lapora i silita luminisciralo je pod UV svjetlom prije i poslije obrade s CHCl<sub>3</sub>, ali zbog pojave karbonatnog veziva u pješčenjaku i male sekundarne šupljikavosti u kalcitnim sedimentima te stijene ne posjeduju kolektorske osobine. Karbonatno vezivo unutar pješčenjaka čak može stvoriti određenu barijeru unutar ležišta.

Breče i brečokonglomerati, probušeni kod Velike Ciglene i Patkovca, nisu sadržavali čak ni tragove ugljikovodika (UV=0, CHCl<sub>3</sub>=0) (MARKOVIĆ et al., 1990; RUKAVINA et al., 1991; RAKARIĆ et al., 1995; ŠIKIĆ et al., 1996). Samo u jedinom intervalu bušotine Ptk-1 na dubini 2370-2383 m zabilježena je veća količina organske tvari unutar sloja silita (RUMENJAK, 1996). Na nekoliko intervala, npr. na dubini 2364,8-2394,0 m kod DST-1 u bušotini Ptk-1 (ŠIKIĆ et al., 1996), zabilježene su pojave novog plina koji se gotovo u potpunosti sastojao od ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) relativne koncentracije 95,5-99,0%, a ostatak su bili dušik (N<sub>2</sub>) i plinoviti ugljikovodici. Prema očitanim tlakovima radi se o vrlo slabo propusnim stijenama.

Istovrsni laporoviti siliti i siliti taloženi pri vrhu člana Mosti probušeni su i na polju Galovac-Pavljani, ali tamo pripadaju križevačkom članu donjopanonske starosti. Kako sadrže organsku tvar pokazivali su pozitivnost kod ispitivanja UV svjetlom i u reakciji s CHCl<sub>3</sub> (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b).

Do sada su opisani intervali s naftnonosnicima na polju Galovac-Pavljani. Spomenuto je kako postoji pet proizvodnih bušotine, sve smještene na središnjem (pličem) tektonskom bloku antiklinale Pavljani.

U bušotini Pav-1 određena su četiri rezervoara označena R<sub>1-4</sub>. U tablici 10 dana je raspodjela pojedinih rezervoara po bušotinama, označena njihova litostratigrafska pripadnost, dubina u metrima, te vrsta i količina dobivenih fluida. Iako sva ležišta predstavljaju jednu hidrodinamičku cjelinu ne postoji u svim bušotinama jednak broj rezervoara. Razlog je drugačiji razmještaj tih bušotina na strukturi. Pri vrhu strukture ležišta će se nalaziti samo u stijenama "Temelnog gorja", dok će na rubu strukture ležišta biti samo u stijenama člana Mosti, a dublji će dijelovi biti zavodnjeni.

Tablica 10: Razmještaj rezervoara po bušotinama, njihove dubine i dobivene vrste i količine fluida.

	Pav-1		Pav-4		Pav-5 $\alpha$		Pav-6		Gal-1 $\alpha$	
	Dubina rezervoara (m)	Proizvodnja nafte (Q <sub>o</sub> ) i plina (Q <sub>g</sub> ) (m <sup>3</sup> /dan)	Dubina rezervoara (m)	Proizvodnja nafte (Q <sub>o</sub> ) i plina (Q <sub>g</sub> ) (m <sup>3</sup> /dan)	Dubina rezervoara (m)	Proizvodnja nafte (Q <sub>o</sub> ) i plina (Q <sub>g</sub> ) (m <sup>3</sup> /dan)	Dubina rezervoara (m)	Proizvodnja nafte (Q <sub>o</sub> ) i plina (Q <sub>g</sub> ) (m <sup>3</sup> /dan)	Dubina rezervoara (m)	Proizvodnja nafte (Q <sub>o</sub> ) i plina (Q <sub>g</sub> ) (m <sup>3</sup> /dan)
R <sub>4</sub> član Mosti	1149-1152	Q <sub>ow</sub> 62,4-67,3								
R <sub>3</sub> član Mosti	1146-1152	Q <sub>ow</sub> 4,8-11,0			1184-1193	Q <sub>o</sub> =17 Q <sub>gw</sub> 738	1184-1193	Q <sub>o</sub> =17 Q <sub>gw</sub> 738	1186-1196	Q <sub>ow</sub> 12,5-18,5 Q <sub>gw</sub> 420-480
R <sub>2</sub> Temeljno gorje	1162-1171 1175-1178	Q <sub>ow</sub> 8,4-10,4								
R <sub>1</sub> Temeljno gorje	1186-1192 1196-1199	Q <sub>ww</sub> 12 +tragovi plina	1110-1118 1120-1123 1126-1132 1133-1138	Q <sub>ow</sub> 13,2						

U sastavu naftnoga plina dominira metan (C<sub>1</sub>), a drugih ugljikovodika ima 10-15%. Gustoća plina u odnosu prema zraku iznosi ≈0,68-0,78, ovisno o udjelu metana. Kao primjer navedena je analiza plina iz ležišta u bušotini Gal-1 $\alpha$  (DONELLI, 1996) prema kojoj je sastav bio sljedeći: C<sub>1</sub>=77,89%; C<sub>2</sub>=5,85%; C<sub>3</sub>=3,35%; i-C<sub>4</sub>=0,66%; n-C<sub>4</sub>=1,31%; i-C<sub>5</sub>=0,49%; n-C<sub>5</sub>=0,51% i C<sub>6+</sub>=2,16%. Od neugljikovodičnih komponenti utvrđeni su N<sub>2</sub>=2,98% i CO<sub>2</sub>=4,79%. Prema izmjerenoj gustoći nafta na polju je određena kao srednje teška nafta gustoće ≈0,85 (33-34°API). Gustoća [ $\rho$ (15°C)] je u bušotini Pav-4 bila 0,85929 g/cm<sup>3</sup> (DJAČANIN et al., 1993), a u bušotini Gal-1 $\alpha$  0,85512 g/cm<sup>3</sup> (DONELLI, 1996).

*Podaci o salinitetu i kemijskom sastavu ležišnih voda* dobiveni su iz bušotina Pav-1, Pav-5 $\alpha$  i Gal-1 $\alpha$ . Vrijednosti se značajno razlikuju. U bušotini Pav-1 izmjeren je salinitet od 4,78 g/l NaCl. Uzorak vode u bušotini Pav-5 $\alpha$  uzet je iz jezgre koja zahvaća najstarije dijelove formacije Moslačka gora i vršni dio paleozojskim stijena u podini. Salinitet je iznosio 4,19 g/l NaCl što ukazuje na ležišnu vodu iz sedimenata formacije Moslavačka gora, koja je mogla, zbog hidrodinamičke povezanosti, prodrijeti i u prvih nekoliko metara starijih stijena u podini. Salinitet je osjetno niži u odnosu na prosječnu vrijednost u naslagama člana Mosti formacije Moslavačka gora, koja iznosi 14 g/l NaCl (COTA & BRITVIĆ, 1991). Prema Sulinovoj klasifikaciji (SULIN, 1948) te vode određene su kao hidrokarbonatno-natrijske (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Takav tip vode je najčešći u ležištima dravske potonine. Upućuje na intenzivno kretanje fluida i međusobno miješanje više tipova voda, a otvara i mogućnost komunikacije s površinskim vodama (COTA & BRITVIĆ, 1991). Ležišta s takvim tipom vode obično se nalaze na poljima smještenim na rubu dravske potonine (COTA & BRITVIĆ, 1991).

*Analiza ležišne vode* iz bušotine Gal-1 $\alpha$  dala je potpuno drugačije vrijednosti (DONELLI, 1996). Salinitet je bio ekstremno povišen i iznosio je 20,60 g/l NaCl. Prema raspodjeli kationa i aniona radi se o tipu klor-kalcijskoj-natrijske vode (SULIN, 1948). Takav tip upućuje na manju dinamičnost akvifera (COTA & BRITVIĆ, 1991). Iz kationsko-anionske raspodjele izračunat je koeficijent metamorfoziranosti ( $koeficijent = (Cl^- - Na^+) / Mg^{2+}$ ) koji iznosi 14,64. Prema COTA & BRITVIĆ (1991) vrijednost koeficijenta veća od 3 upućuje na vodu koja je duže vrijeme bila neaktivna u hidrološkom ciklusu. Ta tvrdnja, kao i visoki salinitet,

upućuju kako se radi o vodi podrijetlom iz paleozojskih stijena u podini tercijarnog sistema koja je potisnula prvobitnu formacijsku vodu.

### 9.2.1.2. KRIŽEVAČKI ČLAN

U dijelu naslaga križevačkog člana na polju Galovac-Pavljani ustanovljena je visoka koncentracija amorfne organske tvari (0,57-7,18%) bogate vodikovim spojevima, kao i vrlo povoljan tip organskog facijesa taloženog u vrlo anoksičnoj sredini (BARIĆ, 1991; BARIĆ, 1992; BARIĆ, 1993; STANKOVIĆ, 1995). Ti vapnenačko-laporoviti sedimenti donjeg panona mogu se korelirati s onima kod Velike Ciglene i Patkovca gdje su istaloženi u sarmatu. Organska tvar na polju Galovac-Pavljani nije dostigla dovoljnu zrelost i ima uglavnom slabi generirajući potencijal. Ipak neki proslojci u izvađenim jezgrama sadrže izuzetno puno organske tvari, pa usprkos termičkoj nezrelosti generirajući potencijal može postići vrlo visoke vrijednosti. Zbog povoljnog organskog facijesa postojala je mogućnost generiranja manjih količina nafte, dok je ostatak nafte u ležište dospjeo migracijom s veće udaljenosti.

U pješčenjaku na vrhu člana Križevac opažene su pojave novog plina relativne koncentracije 10-38%. Izvađena je samo jedna jezgra (Pav-1, J-5) na kojoj su ustanovljene sljedeće petrofizikalne vrijednosti: šupljikavost od 24,4 do 27,4%, horizontalna propusnost od 56 do  $281,58 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$  i vertikalna propusnost od  $123,0 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$  (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Pješčenjački slojevi u mlađim dijelovima križevačkog člana imaju relativno dobar porozitet i propusnost. No oni su rijetki i često s proslojcima lapora, pa su unutar njih opaženi tek tragovi plina i nafte.

U bušotini Ptk-1 novi plin je opažen u koncentraciji 6,5-43,0% s udjelom ugljikovodika 2,5-44,0%. Ostatak je činio  $\text{CO}_2$ . Kalcitni lapori iz bušotine VC-1 u reakciji s  $\text{CHCl}_3$  luminiscirali su u mliječnožutoj boji (ŠIKIĆ et al., 1996).

### 9.2.2. PODACI ZA FORMACIJU IVANIĆ-GRAD

Ispitivanjima nije utvrđena prisutnost značajnijih količina ugljikovodika koji su tek na pojedinim intervalima pronađeni u tragovima. Na polju Galovac-Pavljani u naslagama zagrebačkog člana ispitivanja su rađena samo na uzorcima sa sita jer nema jezgrovanih intervala. Samo je u bušotini Pav-1, na relativnoj dubini od -1053 m, zabilježena mala pojava novog plina relativne koncentracije 15,5%. Rezultati ispitivanja uzoraka sa sita bili su negativni, a ugljikovodici nisu utvrđeni niti u tragovima ( $\text{UV}=0$ ,  $\text{CHCl}_3=0$ ).

Negativni rezultati dobiveni su i u ostalim bušotinima. Samo u bušotini VC-2 (na dubini 2110-2165 m) uzorci uzeti dijelom u okolskim pješčenjacima, a dijelom lipovačkom laporu u reakciji s  $\text{CHCl}_3$ , te promatrani pod UV svjetlom slabo su luminiscirali u mliječnožutoj boji (RAKARIĆ et al., 1995).

### 9.2.3. PODACI ZA FORMACIJU KLOŠTAR-IVANIĆ

Cilj ispitivanja unutar formacije Kloštar-Ivanić bili su poljanski i pepelanski pješčenjaci. Te naslage pokazale su se dobrim naftonosnicima na nekim našim poljima u savskoj i dravskoj potonini. Kao primjer može se uzeti naftno-plinsko polje Šandrovac na južnim obroncima Bilogore i u blizini naftnoga polja Galovac-Pavljani. Tamo su neka ležišta smještena u pješčenjačkim slojevima unutar naslaga donjopontske starosti.



Na dijagramu konvencionalne karotaže, s pridodanom krivuljom prirodne radioaktivnosti i litološkim stupom bušotine Pav-4 izdvojeni su intervali unutar poljanskih i pepelanskih pješčenjaka kojima bi odgovarala postojeća ležišta na polju Šandrovac (SOKOLOVIĆ & BRODARIĆ, 1992), što je prikazano na slici 32. Medusobni dubinski odnosi prikazani su u tablici 11.

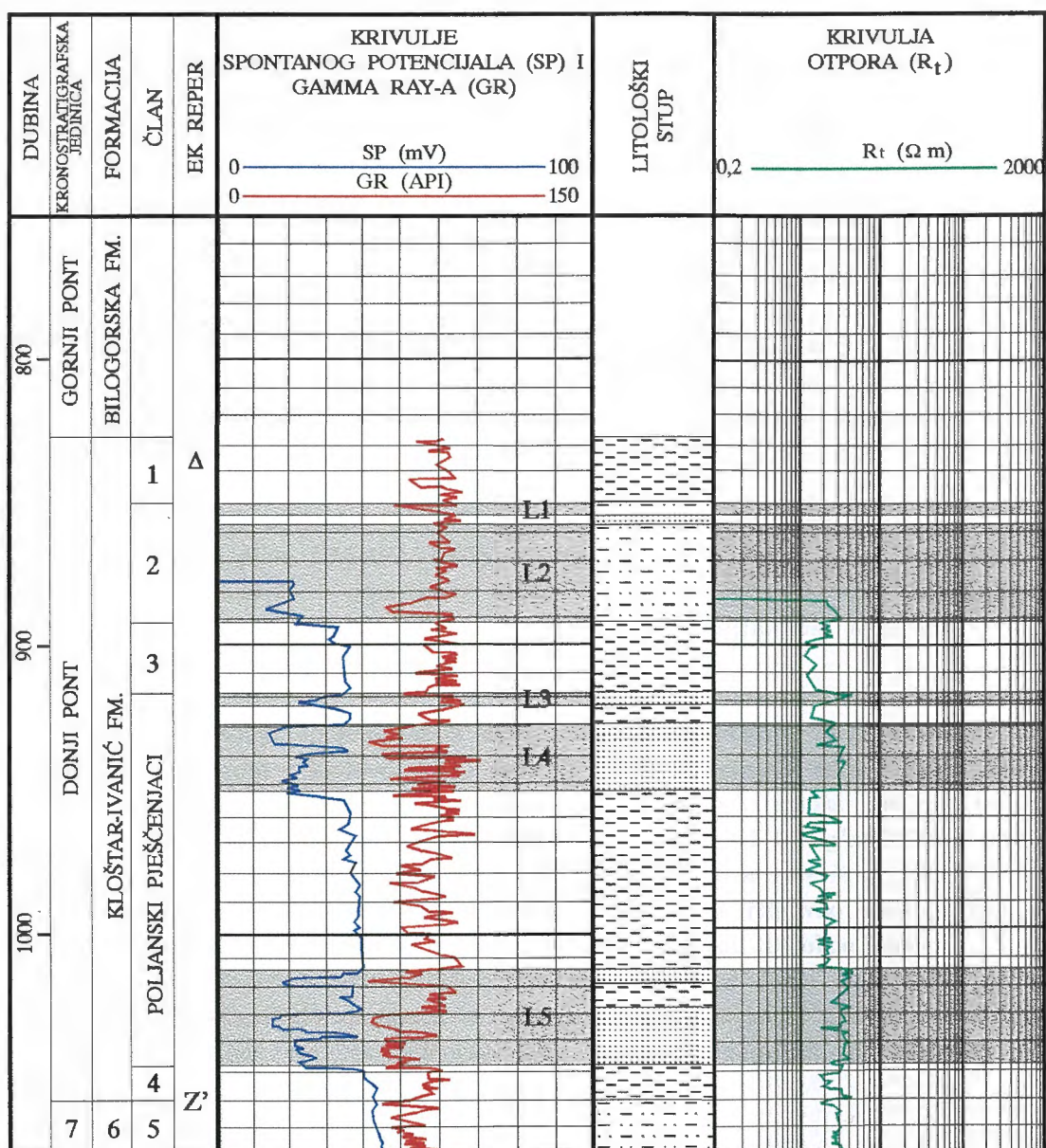
Tablica 11: Usporedba pješčenjačkih intervala u bušotini Pav-4 s ležištima serije "L" polja Šandrovac.

Intervali u bušotini Pav-4 na relativnoj dubini (m)	Ležišta na polju Šandrovac
850 - 855	L <sub>1</sub>
858 - 892	L <sub>2</sub>
918 - 922	L <sub>3</sub>
928 - 954	L <sub>4</sub>
1016 - 1049	L <sub>5</sub>

Na polju Galovac-Pavljeni pretpostavljen je nešto povoljniji razvoj (manje laporovite komponente) poljanskih i pepelanskih pješčenjaka na tektonskom bloku IV nego li na bloku I. No ukupne debljine tih članova na čitavom polju značajno su manje nego li na istoku (Velika Ciglena, Patkovac) obrađenog područja. Smanjenje debljina naslaga formacije Kloštar-Ivanić na antiklinali Pavljani prvenstveno se odražava na smanjenje debljina pješčenjačkih intervala.

Samo u nekim dijelovima pješčenjaka zabilježeni su tragovi nafte, dok su pojave plinovitih ugljikovodika bile puno češće (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a; GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b; MAROVIĆ, 1992a; MAROVIĆ, 1992b; MAROVIĆ, 1993a, MAROVIĆ, 1993b; BALTIĆ, 1990). Niti jedna pojava nije dala ekonomski zanimljive količine ugljikovodika iako je propusnost slojeva bila većinom dobra, a udjel glinovite komponente bio je nešto veći samo pri vrhu pepelanskih pješčenjaka. Količine novog plina nisu bile velike, a udjel ugljikovodika u njima bio je od nekoliko do 30%. Plin je najvećim dijelom biogeni.

*Salinitet slojne vode* u bušotini Pav-1 mjereno je u tri intervala poljanskih pješčenjaka i dobivene su sljedeće vrijednosti (od najplićeg prema najdubljem): 3,75; 2,83 i 4,79 g/l NaCl. To je znatno niže od prosjeka formacije (6,2 g/l NaCl), no većina ležišta u tim naslagama dravske potonine odlikuje se sniženim salinitetom slojnih voda (COTA & BRITVIĆ, 1991). Klasificirane prema SULINU (1948) slojne vode su hidrokarbonatno-natrijskog tipa (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a).



## LEGENDA:

	lapor		3	graberski lapor	
	laporoviti pješčenjak		4	lipovečki lapor	
	pješčenjak		5	zagrebački član	
	uspoređeni intervali		6	formacija Ivanić-grad	
	1	cabunski lapor		7	gornji panon
	2	pepelanski pješčenjaci			

Slika 32: Intervali u bušotini Pav-4 koji odgovaraju ležištima serije "L" polja Šandrovac.

## 9.2.3.1. POLJANSKI PJEŠČENJACI

Najdetaljnija ispitivanja poljanskih pješčenjaka na polju Galovac-Pavljani načinjena su u bušotini Pav-1 gdje je jezgrovano najviše metara, te su napravljena dva ispitivanja tih pješčenjaka (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Plinskom karotažom ustanovljene su brojne pojave novog plina, ali uvijek u malim koncentracijama: 8,5% na -937 m; 6% na -957 m; 6,6% na -970 m; 20% na -973 m i 26% na -983 m (MAROVIĆ, 1991). Većina uzoraka sa sita i ispitivanih jezgara (J-2, J-3 i J-4 u bušotini Pav-1) nakon obrade s  $\text{CHCl}_3$  odmah je počela pod UV svjetlom luminiscirati u mliječnožutoj boji što je ukazivalo na prisutnost organske tvari. Jezgre koje nisu bile obrađene s  $\text{CHCl}_3$ , promatrane pod UV svjetlom, također su luminiscirale u žutosmedoj boji. Veće količine ugljikovodika nisu utvrđene. Iskušan je interval na dubini 897,97-917,00 m (DST-2) i dobivena je nafta u tragovima, manje količine gorivog plina i  $5 \text{ m}^3$  slabo zapljinjene slojne vode. Drugo ispitivanje načinjeno je na dubini 1004,6-1015,0 m (DST-3) te je ponovo dobiven plin i  $8,9 \text{ m}^3$  slojne vode.

Za plin dobiven s dubine 897,9-917,0 m ustanovljeno je kako se radi o mješavini biogenog i termogenog plina (BARIĆ, 1991). U istom intervalu došlo je do degradacije nafte djelovanjem mikroorganizama i ispiranjem vodom (BARIĆ, 1991). Uzrok biodegradacije je ulazak atmosferske vode obogaćene kisikom ( $\text{O}_2 > 0,8 \text{ mg/l}$ ) i djelovanje aerobnih bakterija u ležištu ili u slojevima kroz koje je migrirala nafta.

Bakterije razgrađuju spojeve lakših ugljikovodika pa preostaju teški asfalteni i spojevi bogati dušikom, sumporom i kisikom (NSO spojevi). Dodir površinske vode i nafte dovodi do otapanja spojeva naftena i aromata, a raste udjel teških asfaltena i smola. Oba procesa djeluju slično i zajedno dovode do nastanka teške nafte gustoće veće od  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Biodegradacija i ispiranje vodom ukazuje kako su naslage formacije Kloštar-Ivanić u geološkoj prošlosti, kada su u njima bile akumulirane određene količine nafte, bile smještene relativno blizu površine pa je u njih mogla dospjeti površinska voda bogata kisikom i donijeti aerobne bakterije. Kako su manje količine biodegradirane nafte i plina nađene u donjem dijelu poljanskih pješčenjaka (879,9-917,0 m) (BARIĆ, 1991) vjerojatno se njihova promjena dogodila nedugo nakon taloženja tih naslaga, kada su one još bile relativno blizu površine. Vremenski to odgovara početku donjeg pontaa.

Pojave u ostalim bušotinama bile su slične opisanima. U bušotini Pav-2 načinjena su tri ispitivanja (DST-2, 3 i 4) (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b), ali je dobivena samo čista slojna voda saliniteta  $2,5-3,0 \text{ g/cm}^3$ .

U bušotini Pav-4 zabilježena su plinskom karotažom (MAROVIĆ, 1992b) tri intervala s pojavama ugljikovodika na dubinama: 920-928 m, 1014-1020 m i 1030-1048 m. Promatrani pod UV svjetlom uzorci su u mliječnožutoj boji luminiscirali nakon obrade s  $\text{CHCl}_3$ . Promatrani samo pod UV svjetlom slabo su luminiscirali u žutosmedoj boji samo uzorci iz najdubljeg intervala.

U bušotini Pav-5 zabilježene su samo male količine novog plina (MAROVIĆ, 1993a) sljedećih koncentracija: 5,5% na -1015,5 m ( $\text{C}_1=1,3\%$ ); 4,5% na -1021,3 m ( $\text{C}_1=3\%$ ); 5,5% na -1051,2 m ( $\text{C}_1=5\%$ ,  $\text{C}_2=0,08\%$  i  $\text{C}_3=0,04\%$ ) i 30% na -1060,9 m ( $\text{C}_1=18\%$ ,  $\text{C}_2=0,23\%$ ,  $\text{C}_3=0,13\%$ ,  $i\text{-C}_4=0,04\%$  i  $n\text{-C}_4=0,05\%$ ).

Slične pojave plina zabilježene su i u bušotini Pav-6: 18% na -941 m ( $\text{C}_1=7\%$ ), 36% na -1007,5 m ( $\text{C}_1=4,5\%$  i  $\text{C}_2=0,35\%$ ); 15% na -1022 m ( $\text{C}_1=8\%$  i  $\text{C}_2=\text{trag.}$ ); 24% na -1029,5 m ( $\text{C}_1=12\%$  i  $\text{C}_2=\text{trag.}$ ) i 44% na -1073m ( $\text{C}_1=22,5\%$ ,  $\text{C}_2$  i  $\text{C}_3=\text{trag.}$ ). Uzorci stijena sa sita u donjem dijelu poljanskih pješčenjaka luminiscirali su kod ispitivanja UV svjetlom u

žutosmeđoj boji, a obrađeni s  $\text{CHCl}_3$  pa zatim promatrani pod UV svjetlom u mliječnožutoj boji.

Tragovi ugljikovodika i pojave plina bili su puno rjeđi kod Velike Ciglene i Patkovca. U bušotini VC-1 na uzorcima s dubine 1745-1752 m pod UV svjetlom ustanovljeni su tragovi ugljikovodika koji su u reakciji s  $\text{CHCl}_3$ , te ponovo promatrani pod UV svjetlom dobro luminiscirali u mliječnožutoj boji (MARKOVIĆ et al., 1990). Zbog pojava luminiscencije izvađena je J-6 (na dubini 1747-1752 m) i dobiven je svijetlosivi, sitnozrnati, slabovezani, kvarcno-tinčasti pješčenjak s par proslojaka sivog, srednjotvrdog lapora. Pod UV svjetlom jezgra je slabo luminiscirala u žutosmeđoj boji, a nakon obrade s  $\text{CHCl}_3$  i dalje je pod UV svjetlom slabo luminiscirala u mliječnožutoj boji. Zbog provjere propusnosti i mogućeg zasićenja fluidima u poljanskim pješčenjacima pristupilo se iskušavanju intervala na dubini 1819,66-1849,00 m (DST-3), te je utvrđeno da je stijena slabo propusna. U bušotinama VC-1 $\alpha$  na dubini 1745-1865 m, nakon obrade s  $\text{CHCl}_3$  uzorci su promatrani pod UV svjetlom i opažena je njihova slaba luminiscencija u mliječnožutoj boji (RUKAVINA et al., 1991). Uzorci iz bušotine Ptk-1, promatrani pod UV svjetlom prije i poslije obrade s  $\text{CHCl}_3$ , nisu luminiscirali, tj. ukazivali na prisutnost ugljikovodika (ŠIKIĆ et al., 1996).

### 9.2.3.2. PEPELANSKI PJEŠČENJACI

U pepelanskim pješčenjacima zabilježene su malobrojne pojave ugljikovodika na nekoliko intervala. U bušotini Pav-1 uzorci sa sita na dubini 830-885 m i J-1 (na dubini 850-856 m) luminiscirali su pod UV svjetlom. Zato je načinjeno testiranje na dubini 823,6-856,0 m (DST-1), ali dobiveno je samo 2,6 m<sup>3</sup> slojne vode s tragovima nafte, te plina relativne koncentracije 23% (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). Interval je dobro propustan.

Ti pješčenjaci testirani su i u bušotini Pav-2 na dubini 843-879 (DST-1) (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993b). Dobivena je čista slojna voda. U bušotini Pav-5 zabilježen je novi plin u koncentraciji od 10% na -935 m ( $C_1=8,5\%$ ); 5% na -901,7 m ( $C_1=5,2\%$ ) i 1,5% na -920,1 m (MAROVIĆ, 1993a). Pojave novog plina opažene su i u bušotini Pav-6: 36% na -845 m ( $C_1=12\%$ ) i 20% na -874 m ( $C_1=10\%$ ). Općenito na cijelom polju uzorci stijena sa sita nisu ukazivali na prisutnost ugljikovodika.

Još slabiji rezultati dobiveni su na istoku kod Velike Ciglene i Patkovca. Samo je u bušotini Ptk-1 opaženo pet pojava novog plina relativne koncentracije 1,7-3,9 % ( $C_1=1,0-2,1\%$ ). Uzorci stijena iz isplake nisu pokazivali prisutnost ugljikovodika ( $\text{UV}=0$ ,  $\text{CHCl}_3=0$ ) (ŠIKIĆ et al., 1996). Ipak, zbog utvrđivanja propusnosti stijena i mogućeg zasićenja fluidom u bušotini VC-1 ispitan je interval 1476,70-1585,00 m (DST-2) (MARKOVIĆ et al., 1990). Površinske manifestacije izlaženja plina bile su slabe, a dobiveni su slojna voda i isplaka. Propusnost naslaga bila je slaba.

Na polju Galovac-Pavljeni pojave plina u pepelanskim pješčenjacima nisu tako brojne kao u poljanskim pješčenjacima. Količine plina su male što se vidi po relativnim koncentracijama novog plina zabilježenog plinskom karotažom. Te vrijednosti nisu prelazile 35%, a najčešće su bile ispod 10%. Udjel metana u tom plinu iznosio je tek nekoliko postotaka. Još manje količine novog plina zabilježene su kod Velike Ciglene i Patkovca.

#### 9.2.4. PODACI ZA FORMACIJU BILOGORA

Na zapadu, u bušotinama Nar-1 (GAČEŠA, 1963) i Kor-1 (ĐUMIĆ, 1958), nisu utvrđene pojave ugljikovodika. Kod Galovca i Pavljana utvrđene su pojave plina malih koncentracija. U bušotini Pav-1 utvrđeno je: 1,2% novog plina na -490 m; 17,6% na -578 m; 15% na -613 m; 20% na -778 m i 18,2% na -793 m (GJUKIĆ & GENZIĆ, 1993a). U bušotini Pav-4 1,6% na -504 m i 4,5% na -554 m (MAROVIĆ, 1992b), a u Pav-5 2% na -522 m i 6% na -540 m (MAROVIĆ, 1993a). U bušotini Pav-6 22% na -674 m i 33% na -845 m. Udjel ugljikovodika u novom plinu prosječno je iznosio oko 10%.

U bušotinama kod Velike Ciglene pojava ugljikovodika skoro uopće nije bilo. Tek su u bušotini VC-1 $\alpha$  pri podini naslaga formacije Bilogora opažene dvije pojave: 5% na -1450 m i 2,5% na -1485 m (RUKAVINA et al., 1991). U bušotini Ptk-1 bila je samo jedna pojava novog plina koncentracije 1,6% na -1071 m (ŠIKIĆ et al., 1996).

Plin je biogeni. Na polju Galovac-Pavljeni sadrži između 10-20%, a na području Velike Ciglene i Patkovca 0-5% metana.

#### 9.2.5. PODACI ZA FORMACIJU LONJA

Nalazi ugljikovodika bile su neznatni i sveli su se uglavnom na nekoliko pojava malih koncentracija. Najveća je bila 5,5% na -360 m u bušotini Pav-6. Plin je biogeni i često je vezan uz proslojke i slojeve ugljena. Uzroci sa sita nisu pokazivali prisutnost ugljikovodika ( $UV=0$ ,  $CHCl_3=0$ ). Zbog male starosti i slabe konsolidiranosti u tim sedimentima nisu niti bile očekivane eventualno veće akumulacije plina.

### 9.3. VJEROJATNOST NALAŽENJA NOVIH LEŽIŠTA UGLJIKOVODIKA

Područje obuhvaćeno ovim radom u odnosu na granice bjelovarske depresije predstavlja tek jedan njezin manji dio. No ujedno je to i njezin relativno najbolje istražen dio, naravno ako se u prostor depresije ne uvrštavaju rubna gorja, posebno Bilogora gdje se nafta i plin već duže vremena pridobivaju s nekoliko polja.

Na temelju svih istraživanja načinjenih do sada na širem području naftnoga polja Galovac-Pavljeni, tj. području obuhvaćenim ovim radom, raspolaže se znatnim brojem geoloških podataka koji nam približno oslikavaju odnose u cijeloj bjelovarskoj depresiji. Ujedno je to i prostor u kojem se nalazi, do danas, jedino naftno polje unutar depresije. Zato bi prikupljene podatke trebalo iskoristiti i za određivanje vrste i područja daljnjih istraživanja, naravno u cilju pronalazanja novih ekonomskih isplativih zaliha ugljikovodika.

Obzirom na već pronađena polja na ispitivanom području (ili u široj okolici s kojom je područje povezano), stupanj istraženosti i dostupne podatke trebalo bi odrediti minimalnu veličinu polja kakvo se želi otkriti. Minimalna veličina polja izravno je povezana s očekivanim pridobivim količinama ugljikovodika na tim lokalitetima. Bitno je da istraživane strukture, tj. zamke, budu dovoljno velike kako bi se mogle razlikovati na postojećoj mreži seizmičkih profila. Uglavnom se veličina traženih objekata (polja) određuje prema stupnju istraženosti i ekonomskim potrebama. U već dobro istraženim područjima, na kojima postoji niz polja, traganje se usmjerava na puno manje zamke nego li u slabo istraženim područjima. Danas se prihvaća kao donja granica za polje s pridobivim količinama od 8.000 m<sup>3</sup> ekvivalenata nafte u

istraženim područjima i 8.000.000 m<sup>3</sup> ekvivalenata nafte u neistraženim područjima (WHITE, 1993). Naravno, te vrijednosti treba prilagoditi svakom slučaju posebno.

Područje bjelovarske depresije moglo bi se uvrstiti u *djelomično dobro istraženo područje*. Mreža seizmičkih profila relativno je gusta, a načinjeno je i gravimetrijsko snimanje (LOVRIĆ, 1992) koje je zahvatilo uglavnom zapadni dio depresije. No broj bušotina nije velik (31 bušotina na površini od 2.900 km<sup>2</sup>), a njihov raspored nije ravnomjeran. Snimljeni seizmički profili nisu jednake kvalitete, tj. kvalitetniji su oni noviji. Prostor depresije do danas nije bio obuhvaćen 3D seizmičkim snimanjima.

Obzirom na raspoložive podatke ispravno je zaključiti kako bi veće strukturne zamke u prostoru bjelovarske depresije već bile otkrivene pa nije realno u budućnosti očekivati otkrića polja reda veličine Beničanaca ili Šandrovca. Do danas su, u granicama depresije, otkrivena samo dva manja polja. To su naftno polje Galovac-Pavljani i plinsko polje Grubišno Polje. Eventualno nova polja bit će najvjerojatnije toga reda veličine. Zato bi se kod procjene vjerojatnosti za otkriće novih polja u bjelovarskoj depresiji kao minimalne pridobive zalihe na polju trebala uzeti vrijednost od 20.000 m<sup>3</sup> ekvivalenata nafte. Na nekom već istraženom lokalitetu, na kojem se pridobivaju ugljikovodici, te zalihe mogu biti manje, jer bi se tragalo za manjim, satelitskim ležištima (zamkama).

Kod takvih istraživanja uvijek treba odrediti položaj matičnih stijena, tj. put migracije kojim su se nafta i plin mogli kretali. U ovome radu istaknuto je područje Velike Ciglene kao prostor u kojemu je mogla nastati nafta čije je ležište probušeno na polju Galovac-Pavljani. Druga je mogućnost da nigdje na obrađenom području matične stijene nisu bile dovoljno zrele ili nisu sadržavale dovoljne količine kerogena da bi iz njih nastala većina nafte na današnjem polju. U tom slučaju migracija se može pretpostaviti uz glavne depresijske rasjede kojima bi ugljikovodici putovali iz najdubljih u rubne dijelove depresije. Prema karti koju je objavio PLETIKAPIĆ et al. (1963) to je npr. glavni poprečni rasjed bjelovarske depresije pružanja sjeveroistok-jugozapad. Taj rasjed ocrta se i na strukturnim kartama u ovome radu.

## 10. ZAKLJUČAK

Rekonstrukcija stratigrafskih, strukturno-tektonskih i geokemijskih odnosa u širem prostoru naftnoga polja Galovac-Pavljani načinjena je na temelju rezultata dubokih bušenja, seizmičkih istraživanja, te brojnih geokemijskih analiza. Izneseni zaključci predstavljat će sistematizirani pregled rezultata ranije iznesenih u tekstu ili prikazanih slikama.

U stratigrafskom pogledu načinjen je prikaz litostragrafskih jedinica mlađeg tercijara i kvartara. Naglasak je stavljen na opis krupnoklastičnih **naslaga badena** u kojima je na polju Galovac-Pavljani otkriveno ležište nafte. Litofacijsni parametri prikazani su odgovarajućim kartama, te se usporedbom s okolnim prostorima mogu donijeti sljedeći zaključci:

1. Na širem području naftnoga polja Galovac-Pavljani u badenu, a lokalno i u starijem miocenu, istaloženi su krupnoklastični sedimenti dobrih ležišnih svojstava;
2. Takvi odnosi mogu se pretpostaviti za čitav prostor bjelovarske depresije;
3. Krupnoklastični sedimenti predstavljaju plitkomorske sedimente taložene u blizini uzdignutih dijelova paleoreljefa;
4. Stijene paleoreljefa paleozojske starosti bile su dugo vremensko razdoblje izložene površinskom trošenju i kataklaziranju. Posljedica je nastanak sekundarne šupljikavosti i povećanje propusnosti. Zato postoji mogućnost nakupljanja fluida i u tim stijenama;
5. Kada su preko paleozojskih stijena istaložene krupnoklastične naslage badena tada te dvije litološke jedinice mogu predstavljati jednu hidrodinamičku cjelinu, tj. ležište se može nalaziti ispod i iznad diskordancije.

U pontu dolazi do promjene taložne sredine, a izvor materijala sada su udaljene Istočne Alpe. Talože se, među ostalima, poljanski i pepelanski pješčenjaci poznati kao dobri naftonosnici u nekim dijelovima dravske i savske potonine. U vezi s **pontskim taložinama** ustanovljeno je sljedeće:

6. U bušotini Pav-1 opažena je degradacija naftnih ugljikovodika u naslagama poljanskih pješčenjaka. Pretpostavljeno je kako su za vrijeme migracije ugljikovodika u njih ti sedimenti bili na maloj dubini, te je u njih mogla prodrijeti voda s površine, donijeti sa sobom aerobne bakterije i razgraditi ugljikovodike u ležištu. Zato u tim naslagama taloženim preko uzdignutih dijelova paleoreljefa (povoljnih za stvaranje strukturnih zamki u mladim naslagama) ne treba očekivati ležišta;
7. U ispitanom prostoru poljanski i pepelanski član ne predstavljaju čiste pješčenjake. U donjem dijelu poljanskih pješčenjaka prevladava lapor, a u preostalom dijelu također su česti proslojci lapora ili izmjena pješčenjaka i lapora. Ako bi se takvi odnosi prenijeli na cijelu depresiju u tim donjopontskim pješčenjacima mogle bi se eventualno očekivati samo manja ležišta sa stratigrafskim tipom zamki uzrokovanim bočnom promjenom facijesa, tj. povećanjem laporovite komponente;
8. Ležišta ugljikovodika u "skrivenim zamkama" (eng. "subtle traps") trebalo bi potražiti na obodima struktura poput Pavljana, Korenova ili Šandrovca gdje u poljanskim i pepelanskim pješčenjacima bočno raste udjel siltitne i laporovite komponente ili na mjestima gdje ti pješčenjaci isklinjavaju uz rub paleozojskih masiva poput Moslavačke gore, Papuka i Psunja.

Intezivna tektonika započela je u otnangu i karpata, a maksimum ekstenzijih pokreta bio je istovremen s badenskom transgresijom. Prvo se talože krupnoklastične naslage dobrih kolektorskih svojstava preko kojih dolaze dubljevodni sarmatski i donjopanonski pelitni sedimenti kao izolatorske stijene. Trošenje i tektonski pokreti doveli su do kataklaziranja stijena u podlozi tercijarnog sistema. Na temelju izrađenih strukturnih i paleostrukturnih karata, zatim rezultata prijašnjih istraživanja, te rezultata iznesenih u ovome radu može se utvrditi sljedeće:

9. Tektonska poremećenost šire okolice naftnoga polja Galovac-Pavljani je velika. Normalni rasjedi pružanja su sjever/sjeverozapad-jug/jugoistok, a reverzni rasjedi zapad/sjeverozapad-istok/jugoistok;
10. Rasjedne zone su prema položaju ležišta određene propusnima za fluide što im daje značajku nepovoljnu za stvaranje zamki;
11. Zamka na naftnome polju je kombiniranog, strukturno-stratigrafskog tipa;
12. Mlađi oblici na strukturi Pavljani uvjetovani su izdignutim paleoreljefom preko kojeg su transgresivno taložene mlađe neogensko-kvartarne naslage. Radi se "burried hill" strukturi;
13. Slični strukturno-tektonski odnosi zapažaju se na naftnim poljima u slavonsko-srijemsko potonini. Ležišta su također smještena u raspucanim stijenama u podlozi tercijarnog sistema i klastitima formacije Moslavačka gora;
14. Prema mlađim litostratigrafskim jedinicama paleotopografska razvedenost dna taložnog prostora sve je manja, a opada i količina raspoloživog pješčanog sedimentnog materijala.

Važan indikator u naftnogeološkim analizama su **geokemijska analize, te analize kemijskog sastav voda** u naftnim ležištima. Na temelju rezultata tih analiza zaključeno je kako:

15. Badenski i sarmatski kalcitni lapori najmlađeg dijela člana Mosti i čitavog križevačkog člana predstavljaju zrele matične stijene, s kerogenom pretežno tipa III, koje su prošle svoj maksimum stvaranja ugljikovodika;
16. Geokemijskim analizama nafte i bitumena u ležištu na polju Galovac-Pavljani utvrđeno je kako je većina nafte sekundarnom migracijom došla u ležište;
17. Zbog mjestimično izuzetno velike koncentracije organske tvari, te iz nje nastalog kerogena tipa II, dio nafte ipak je mogao nastati u matičnim stijenama na samome polju, iako ti sedimenti još nisu dostigli dovoljan stupanj termičke zrelosti za ulazak u "naftni prozor";
18. Kemizam ležišnih voda na polju Galovac-Pavljani potvrđuje da klastiti člana Mosti i vršni, raspucani, dio paleozojskih stijena u podini predstavljaju jednu hidrodinamičku cjelinu;
19. Ovisno o potiskivanju različitih formacijskih voda dobivene su ležišne vode koje ukazuju na pripadnost vodama paleozojskih stijena u podini tercijarnog sistema ili vodama formacije Moslavačka gora;
20. Salinitet i kationsko-anionski sastav slojnih voda formacije Moslavačka gora ukazuje na intezivno kretanje fluida i miješanje više tipova voda, pa čak i mogućnost komunikacije s površinskim vodama.

Rekonstrukcija paleogeografskih, strukturno-tektonskih i taložnih odnosa, te interpretacija podataka o zrelosti matičnih stijena provedena je analizom dostupnih sedimentoloških i geokemijskih podataka, te izradbom strukturnih i dijela paleostrukturnih karata (karata debljina pojedinih formacija). Iznaseni zaključci vjerojatno se većim dijelom mogu primijeniti za prostor cijele bjelovarske depresije. Velika je vjerojatnost da bi eventualno nova ležišta u depresiji bila reda veličine kao i ona do sada otkrivena, tj. radilo bi se o manjim ležištima. Ona bi bila vezana ili uz "burried hill" strukture ili uz stratigrafske zamke na rubovima struktura i graničnih masiva.

Zato bi trebalo načiniti daljnu strukturno-tektonsku analizu bjelovarske depresije i izraditi strukturne, paleostrukturne i karte paleoreljefa krupnijeg mjerila (npr. 1:25.000) za cijeli prostor depresije. Pri tomu bi od velike pomoći bili podaci dobiveni 3D seizmičkim snimanjima koja su za sada predviđena na lokalitetima Grubišno polje i Bačkovica. Na takvim kartama jasno bi se razlučio izgled paleoreljefa i sve manje strukture povoljnog oblika.

Kod traganja za stratigrafskim zamkama točan horizontalni i vertikalni raspored kolektorskih, tj. krupnoklastičnih i pješčenjačkih stijena može se odrediti kartama prostorne



rasprostranjenosti elektrofacijesa. Taložni mehanizam već je dijelom određen brojnim sedimentološkim analizama, no mnogi podaci o njemu mogu se dobiti interpretacijom mjerenja dipmetra (analizom diploga). Zato bi među postojećim bušotinama trebalo izabrati nekoliko njih u kojima će se načiniti geofizičko mjerenje nagiba slojeva, paraklaza i pukotinskih ploha. Tim novodobivenim podacima, zajedno s onim već postojećim, može se načiniti detaljnija interpretacija taložnih uvjeta u čitavoj bjelovarskoj depresiji.

## 11. LITERATURA

### 11.1. OBJAVLJENI RADOVI

1. ANĐELKOVIĆ, M. (1982): Geologija Jugoslavije - Tektonika. Univ. u Beogradu, Rud.-geol. fakultet, p. 692, Beograd.
2. BULL, W., B. (1963): Alluvial fan deposits in western Fresno County, California. J. Geol., 71, p. 243-251, University of Chicago Press, Chicago.
3. COTA, L. & BRITVIĆ, V. (1991): Hidrodinamika i kemizam formacijskih voda Dravske potoline - Panonski bazen. Nafta, 42/4, p. 121-136, Zagreb.
4. CVIJIĆ, J. (1924): Geomorfologija. 1, Drž. Štamp. Kr. Srba, Hrvata i Slovenaca, XXI, p. 588, Beograd.
5. DELEON, G. (1969): Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stijena u Jugoslaviji. Radovi Inst. za geol.-rud. istraž. i ispit. nuklearnih i dr. min. sirovina, Sv. 6, 1, Beograd.
6. DIENER, C. (1902): Die Stellung der kroatisch-slavonischen Inselgebirge zu den Alpen und dem dinarischen Gebirgssysteme. Mitt. Geogr. Ges., 45/9-10, p. 292-298, Wien.
7. DOW, W., G. (1977): Kerogen studies and geochemical interpretations. Journal of Geochemical Exploration, 7, p. 79-99, Amsterdam.
8. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1907): Die geotektonischen Verhältnisse des Agramer Gebirges und die mit demselben im Zusammenhang stehenden Erscheinungen. Glasnik Hrv. naravosl. društva, 19, p. 37-43, Zagreb.
9. HAUER, F. (1867-71): Geologische übersichts - Karte der Oesterreich-Ungarischen Monarchie, Beč.
10. HEČIMOVIĆ, I. (1987): Geomorfološka analiza. Tumač za list Bjelovar (M 1:100000), Savezni geološki zavod, p. 6, Beograd.
11. HERAK, M. (1991): Dinaridi - mobilistički osvrt na genezu i strukturu, Acta geologica, v. 21, br. 2, p. 83, HAZU, Zagreb.
12. HERNITZ, Z. (1983): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Poseb. izd. Nafta, p. 221, Zagreb.
13. HERNITZ, Z., VELIĆ, J. & BARIĆ, G. (1995): Origin of hydrocarbons in the Eastern Part of the Drava Depression. Geol. Croat., 48/1, p. 87-95, Zagreb.
14. JAMIČIĆ, D. (1983): O tangencijalnim kretanjima u području slavonskih planina. Nafta, 34/12, p. 685-691, Zagreb.
15. JAMIČIĆ, D. (1988): Osnovna geološka karta M 1:100.000 - list Daruvar. Savezni geološki zavod, Beograd.
16. JAMIČIĆ, D., VRAGOVIĆ, M. & MATIČEC, D. (1989): Tumač za list Daruvar. Savezni geološki zavod, p. 55, Beograd.
17. KERTAI, G., Y. (1957): A magyarországi medencek és a kőolajtelepek szerkezete a kőolajkutatas eredmenyei alapján. Földtani közlöny, 87, p. 9, Budapest.
18. KERTAI, G., Y. (1957): Oil and gas in Hungary. Acta Geologica Academiae scientiarum Hungaricae, IV/3-4, Budapest.
19. KOCH, F. (1889): Prilog geološkom poznavanju Moslavačke gore. Rad JAZU, knj. 92, Zagreb.
20. KOCH, F. (1906): Tumač geologijske karte Ivanić Kloštar i Moslavina. Geologijska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije 1:75000, Zagreb.
21. KOCH, F. (1924): Geotektonische Beobachtungen in Alpino-Dinarischem Grenzgebiete. Zbornik radova posv. J. Cvijiću, p. 341-358, Beograd.
22. KOROLIJA, B. & CRNKO, J. (1986): Osnovna geološka karta M1:100.000 - list Bjelovar. Savezni geološki zavod, Beograd.

23. KOROLIJA, B., VRAGOVIĆ, M., CRNKO, J. & MAMUŽIĆ, P. (1986): Tumač za list Bjelovar (MAGDALENIĆ, Z & NOVOSEL, S.: Sedimentno-petrografske karakteristike nevezanih stijena naogena i kvartara). Savezni geološki zavod, 20-26, p. 45, Beograd.
24. KRANJEC, V. (1972): Subsurface structures in the Sava and Drava river depression and their classification. Bull. sci. Cons. Acad. Yugosl. (A), 17/11-12, p. 362-363, Zagreb.
25. KRANJEC, V. (1972a): O utvrđivanju najnovijih tektonskih pokreta i njihovu naftnogeološkom značenju u savskom-dravskom području. Nafta, 10/23, p. 463-474, Zagreb.
26. KRANJEC, V. (1990): Neke promjene ocrta dubinskogeoloških struktura i njihovo naftnogeološko značenje u savsko-dravskom području i podmorju Jadrana. HAZU, Rad 449, p. 195-225, Zagreb.
27. KRANJEC, V., PRELOGOVIĆ, E., HERNITZ, Z. & BLAŠKOVIĆ, I. (1971): O litofacijelnim odnosima mlađih neogenskih i kvartarnih sedimenata u širem području Bilogore (sjeverna Hrvatska). Geološki vjesnik, 24, p. 47-55, Zagreb.
28. KRANJEC, V., HERNITZ, Z., REŠČEC, T. & VELIĆ, J. (1976): O sarmatskim i starijim panonskim naslagama u dravskoj potolini. Geološki vjesnik, 29, p. 125-149, Zagreb.
29. LEVORSEN, A., I. (1958): Geology of Petroleum. W. H. Freeman and Company, p. 703, San Francisco.
30. LOPATIN, N. (1971): Temperature and geologic time as factors in coalification (in Russian). Akademia Nauk SSSR Izvestia: Seria Geologičeskaia, no. 3, p. 95-106, Moskva.
31. MCGOVEN, J., H. & GROAT, C., G. (1971): Van Horn Sandstone, West Texas: An alluvial fan model for mineral exploration. Bur. Econ. Geol. Univ. Tex., Rept. Invest. 72, p. 57, El Paso.
32. MILETIĆ, P. (1968): Hidrogeologija sjevernog dijela SR Hrvatske. Disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p. 150, Zagreb.
33. MILETIĆ, P. & URUMOVIĆ, K. (1975): O geološkom okviru hidrogeoloških značajki Savske doline u Hrvatskoj. Zbornik radova RGN fakulteta (1939-1974), Sveučilište u Zagrebu, p. 101-105, Zagreb.
34. MOJSISOVICS, E. (1880): West-Bosnien und Türkisch-Croatien (in: E. Mojsisovics, E. Titze, A. Bittner: Grundlinien der Geologie von Bosnien-Hercegovina). Jahrb. Geol. Reichsanst., 30, p. 1-100, Beč.
35. NAGY, E. (1985): Sporomorphs of the Neogene in Hungary. Geologica Hungarica, Series Paleontologica, Fasciculus 47, p. 471, Pl. 118, Budapest.
36. NAJDENOVSKI, J. (1974): Kratak prikaz rezultata tektonske analize Kutinske zone. Nafta, 25 (10), p. 527-531, Zagreb.
37. ODIN, S., G. & MATTER, A. (1981): De glauconiarum origine. Sedimentology, 28/5, p. 611-641, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
38. OŽEGOVIĆ, F. (1944): Prilog geologiji mlađeg tercijara na temelju podataka iz novijih dubokih bušotina u Hrvatskoj. Vjesnik HDGZ i HDGM. Svezak II/III, Zagreb.
39. PANDŽIĆ, J. (1979): Podloga tercijara jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Zbornik radova IV. god. znanstv. skupa I. sekc. ZSN JAZU - Stub. toplice 1978., p. 33-44, Zagreb.
40. PETERS, F., K. (1863): Bemerkungen über die Bedeutung der Balkan-Halbinsel als Festland in der Liasperiode. Sitzungsber. Akad. Wiss., 6-10, p. 418-426, Beč.
41. PETKOVIĆ, K. (1961): Tektonska karta FNR Jugoslavije. Glas SANU, 249, p. 129-144, Beograd.
42. PETTIJOHN, F., J., POTTER, P., E. & SIEVER, R. (1972): Sand and Sandstones. Springer-Ver., p. 615, New York - Heidelberg - Berlin.
43. PLANDEROVÁ, E. (1990): Miocene Microflora of Slovak Central Paratethys and its Biostratigraphical Significance. Dionyz Štur Institute of geology, p. 144, Pl. 86, Bratislava.
44. PLETIKAPIĆ, Ž. (1964): Naftoplinoznost Dravske potoline. Nafta, 9, p. 250-254, Zagreb.
45. PLETIKAPIĆ, Ž., GJETVAJ, I., JURKOVIĆ, M., URBIHA, H. & HRNČIĆ, Lj. (1964): Geologija i naftoplinoznost Dravske potoline. Geološki vjesnik, 17, p. 49-78, Zagreb.
46. PRELOGOVIĆ, E. (1974): Značenje klasifikacije neotektonskih struktura u paleotektonskoj rekonstrukciji. Nafta, 10/25, p. 518-526, Zagreb.

47. PRELOGOVIĆ, E. (1974a): Neotektonski i strukturni odnosi u dravskom području. Disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p. 150, Zagreb.
48. PRELOGOVIĆ, E. (1975): Neotektonska karta SR Hrvatske (Neotektonische Karte der SR Kroatien). Geol. vjesnik, 28, p. 97-108, Zagreb.
49. PRELOGOVIĆ, E., HERNITZ, Z. & BLAŠKOVIĆ, I. (1969): Primjena morfometrijskih metoda u rješavanju strukturno-tektonskih odnosa na području Bilogore (sjeverna Hrvatska). Geol. vjesnik, 22, p. 525-531, Zagreb.
50. PRELOGOVIĆ, E., JAMIČIĆ, D., ALJINOVIĆ, B., SAFTIĆ, B. & DRAGAŠ, M. (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. Zbornik radova 1. hrvat. geol. kongr. - Opatija 18-21.10.1995., knjiga 2, p. 481-486, Instit. za geol. istraž., Zagreb.
51. PRELOGOVIĆ, E., BOGNAR, A. & MIHALJEVIĆ, D. (1997): Geomorphological evidence of neotectonic activity in NW-Croatia. Z. Geomorph. N.F., 110, p. 27-36, Berlin-Stuttgart.
52. RIĐANOVIĆ, J. (1974): "Obilježja prirodne osnove - vode", Geografija SR Hrvatske (pogl. 3) (ed. Crkvenčić, I.), p. 67-76, Školska knjiga, Zagreb.
53. ROGLIĆ, J. (1974): "Obilježja prirodne osnove (osim klima i vode)", Geografija SR Hrvatske (pogl. 3) (ed. Crkvenčić, I.), p. 44-92, Školska knjiga, Zagreb.
54. ROYDEN, L., H. (1988): Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System. AAPG Memoir 45 (Chap. 3) - The Pannonian Basin (eds. Royden, L., H. & Horváth, F.), p. 27-48, AAPG, Tulsa.
55. ROYDEN, L., H. & DÖVÉNYI, P. (1988): Variations in Extensional Styles at Depth Across the Pannonian Basin System. AAPG Memoir 45 (Chap. 17) - The Pannonian Basin (eds. Royden, L., H. & Horváth, F.), p. 235-255, AAPG, Tulsa.
56. SELLEY, R., C. (1988): Applied Sedimentology. Academic Press, p. 446, London-San Diego-New York-Boston.
57. SERRA, O. (1985): Sedimentary Environments from Wireline Logs. Schlumberger, p. 211, Houston.
58. STAPLIN, F., L. (1969): Sedimentary organic matter, organic metamorphism and oil and gas occurrence. Bulletin of the Canadian Petroleum Geologists, v. 17, p. 44-76, Toronto.
59. STEININGER, F., RÖGL, F. & MÜLLER, C. (1978): Geodynamik und paläogeographische Entwicklung des Badenien. Chronostratigraphie und Neostatotypen Miozän der Zentralen Paratethys, Bd. VI, Verlag der Slowak. Akad. der Wissenschaften, p. 110-127, Bratislava.
60. SULIN, V., A. (1948): Uslovlja obrazovanja, osnovi klasifikaciji i sastav prirodnih vod, Akademia Nauk SSSR, Moskva.
61. ŠEGOTA, T. (1974): "Obilježja prirodne osnove - klima", Geografija SR Hrvatske (pogl. 3) (ed. Crkvenčić, I.), p. 61-66, Školska knjiga, Zagreb.
62. TIŠLJAR, J. (1993): Sedimentary bodies and depositional models for the miocene oil-producing areas of Ladislavci, Beničanci and Obod. Nafta, 10, p. 531-542, Zagreb.
63. TIŠLJAR, J. (1994): Sedimentne stijene. Školska knjiga, p. 416, Zagreb.
64. TUĆAN, F. (1904): Pegmatit u kristaličnom kamenju Moslavačke gore. Rad JAZU, knj. 159, p. 166-208, Zagreb.
65. VRBANAC, B. (1996): Paleostrukturne i sedimentološke analize gornjopanonskih naslaga formacije Ivanić grad u savskoj depresiji. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Sveučilište u Zagrebu, p. 303, Zagreb.
66. VUKOTINOVIĆ, L. (1852): Die Moslaviner gebirge in Croatien. Jahrb. der K.K. Geol. Reichsanst., 3/2, Beč.
67. WAPLES, D. (1982): Organic geochemistry for exploration geologists. International Human Resources Development Corp., p. 151, Boston.
68. WAPLES, D. (1985): Geochemistry in Petroleum Exploration. International Human Resources Development Corp., p. 232, Boston.
69. WHITE, D., A. (1993): Geologic Risking Guide for Prospects and Plays. AAPG Bulletin, v. 77/12, p. 2048-2061, Tulsa.
70. ŽULJIĆ, S. (1974): "Prostor i elementi njegova središnjeg značenja", Geografija SR Hrvatske (pogl. 1) (ed. Crkvenčić, I.), Školska knjiga, p. 23-25, Zagreb.

## 11.2. RADOVI IZ FONDA STRUČNE DOKUMENTACIJE

1. BALTIC, A. (1990): Interpretacija plinske karotaže i TDC podataka za istražnu bušotinu Velika Ciglana-1 (VC-1). Dossier bušotine Velika Ciglana-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
2. BARIĆ, G. (1990): Uvod u naftnu geokemiju, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
3. BARIĆ, G. (1991): Geokemijski izvještaj za istražnu bušotinu Pavljani-1. Dossier bušotine Pavljani-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
4. BARIĆ, G. (1992): Geokemijski izvještaj za istražnu bušotinu Pavljani-2. Dossier bušotine Pavljani-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
5. BARIĆ, G. (1993): Geokemijski izvještaj za istražnu bušotinu Pavljani-4 (Pav-4). Dossier bušotine Pavljani-4, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
6. BJELIĆ, V. (1973): Geološki izvještaj za konturno-eksploatacijsku bušotinu Šandrovac/Ša/167 i 167 $\alpha$ . Dossier bušotina Šandrovac-167 i 167 $\alpha$ , Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
7. BOBIĆ, D. (1990): Karta zrelosti i migracije sjeverozapadnog dijela bjelovarske depresije. Radni zadatak za procjenu perspektivnosti SZ dijela bjelovarske depresije 7/90, Fond. struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
8. BOŠKOV-STEINER, Z. & REŠČEC, T. (1963): Stratigrafski rezultati duboke istražne bušotine Narta-1. Dossier bušotine Narta-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
9. BRODARIĆ, A. & SOKOLOVIĆ, B. (1991): Završni izvještaj bušotine Pavljani-1 (Pav-1) - Biostratigrafija, litologija i litofacijesi. Dossier bušotine Pavljani-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
10. BRODARIĆ, A. & SOKOLOVIĆ, B. (1992): Završni izvještaj bušotine Pavljani-2 (Pav-2) - Biostratigrafska, litološka i sedimentološka interpretacija. Dossier bušotine Pavljani-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
11. DJAČANIN, D., TROHA, M., PAPAC, N., ŽERJAVIĆ, LJ., JAMBROŠIĆ, P., PLAVLJANIN, D., JELAŠIĆ, D., JURKOVIĆ, V. & TOMAŠINEC, D. (1993): Izvještaj o petrofizikalnim analizama (osnovna i specijalna ispitivanja stijena) za bušotinu Pavljani-4. Dossier bušotine Pavljani-4, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
12. DJAČANIN, D., TROHA, M., PAPAC, N., JAMBROŠIĆ, P., ŽERJAVIĆ, LJ., JELASIĆ, D., PLAVLJANIN, D., BARIČEVIĆ, D. & TOMAŠINEC, D. (1995): Izvještaj o petrofizikalnim analizama (osnovna i specijalna ispitivanja stijena) za bušotinu Pavljani-6. Dossier bušotine Pavljani-6, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
13. DONELLI, D. (1996): Analiza uzoraka plina, nafte i vode u bušotini Gal-1 $\alpha$ . Dossier bušotine Galovac-1a, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
14. ĐUMIĆ, D. (1958): Geološki izvještaj za duboku istražnu bušotinu Korenovo-1. Dossier bušotine Korenovo-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
15. FILJAK, R., PLETIKAPIĆ, Ž., NIKOLIĆ, D. & AKSIN, V. (1969): Pregledna stratigrafska korelacijska tabela tercijar-kvartarnog kompleksa sedimenata u jugozapadnom dijelu Panonskog bazena. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
16. GAČEŠA, V. (1963): Geološki izvještaj duboke istražne bušotine Narta-1 (Nar-1). Dossier bušotine Narta-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
17. GJETVAJ, I., HAJNŠEK, J. & TUFEKČIĆ, D. (1962): Tektonska građa Dravske potoline. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
18. GJUKIĆ, B. & ZENKO, J. (1992): "Projektni zadatak za duboku istražnu bušotinu Pavljani-5 (Pav-5)", Dossier bušotine Pavljani-5, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
19. GJUKIĆ, B. & GENZIĆ, Z. (1993a): Završni izvještaj za istražnu bušotinu Pavljani-1 (Pav-1). Dossier bušotine Pavljani-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
20. GJUKIĆ, B. & GENZIĆ, Z. (1993b): Završni izvještaj za potvrdnu bušotinu Pavljani-2 (Pav-2). Dossier bušotine Pavljani-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
21. GORIČNIK, B. & DJAČANIN, D. (1996a): Izvještaj o petrofizikalnim analizama Velika Ciglana-2. Dossier bušotine Velika Ciglana-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.

22. GORIČNIK, B. & DJAČANIN, D. (1996b): Izvještaj o petrofizikalnim analizama Patkovac-1. Dossier bušotine Patkovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
23. HAJNŠEK, S. (1971): Tektonika zapadne i istočne Bilogorske zone. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
24. JURIŠA, M. (1961/62): Geološko kartiranje "Vrtilinska". Fond struč. dok., Inst. geol. istraž., Zagreb.
25. JURKOVIĆ, M. (1962): Građa podloge tercijara i međusobni odnos tercijarnih stijena i stijena podloge na području Dravske potoline. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
26. KIŠIĆ, D., REJIĆ, M., BOLČEVIĆ, S., ŽIGROVIĆ, K. & MARENIĆ, D. (1995): Rezultati geološkog praćenja razradne bušotine Galovac-1 (Gal-1) i Galovac-1 $\alpha$  (Gal-1 $\alpha$ ). Dossier bušotine Galovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
27. KORDIĆ, M., VICAN, P., KIŠIĆ, D., VILJEVAC, T., FINZIR, Ž., GOLUB, B. & ČORKOVIĆ, D. (1993a): Rezultati geološkog praćenja duboke istražne bušotine Pavljani-5 (Pav-5). Dossier bušotine Pavljani-5, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
28. KORDIĆ, M., VICAN, P., KIŠIĆ, D., VILJEVAC, T. & MARENIĆ, D. (1993b): Rezultati geološkog praćenja proizvodne bušotine Pavljani-5alfa (Pav-5 $\alpha$ ). Dossier bušotine Pavljani-5 $\alpha$ , Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
29. LOVRIĆ, D. (1992): Detaljna gravimetrijska i geomagnetska ispitivanja - Bjelovarska depresija 1992., Fond struč. dok., Odjel za gravimagnetometriju, Geofizika, Zagreb.
30. MAROVIĆ, M. (1991): Interpretacija plinske karotaže za istražnu bušotinu Pavljani-1 (Pav-1). Dossier bušotine Pavljani-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
31. MAROVIĆ, M. (1992a): Interpretacija plinske karotaže za istražnu bušotinu Pavljani-2 (Pav-2). Dossier bušotine Pavljani-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
32. MAROVIĆ, M. (1992b): Interpretacija plinske karotaže za konturno-proizvodnu bušotinu Pavljani-4 (Pav-4). Dossier bušotine Pavljani-4, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
33. MAROVIĆ, M. (1993a): Interpretacija plinske karotaže za istražnu bušotinu Pavljani-5 (Pav-5). Dossier bušotine Pavljani-5, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
34. MAROVIĆ, M. (1993b): Interpretacija plinske karotaže za razradnu bušotinu Pavljani-5alfa (Pav-5alfa). Dossier bušotine Pavljani-5 $\alpha$ , Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
35. NAJDENOVSKI, J. (1974): Tektonika Dravske potoline - zapadni dio. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
36. NAJDENOVSKI, J., HAJNŠEK, S. (1980): O strukturnim odnosima i konsedimentacijskom razvoju struktura u Bjelovarskoj sinklinali Dravske potoline. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
37. NAJDENOVSKI, J., HAJNŠEK, S. (1982): Strukturni odnosi Bjelovarskog sinklinorija i graničnog područja Savske i Dravske depresije. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
38. HANICH, M. (1964): Izvještaj o rezultatima izrade fotogeološke karte Vrbovačke, Moslavačke i Bilogorske zone. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
39. HRNČIĆ, Lj. (1962): Hidrogeološki odnosi u Dravskoj potolini. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
40. MARKOVIĆ, N., BOBIĆ, D., TROSKOT, T., KARAN, D. & OŠTRIĆ, D. (1990): Rezultati geološkog praćenja bušotine Velika Ciglana-1 (VC-1). Dossier bušotine Velika Ciglana-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
41. PRELOGOVIĆ, E., ALJINOVIĆ, B., VELIĆ, J., SAFTIĆ, B. & KRANJEC, V. (1995): Strukturna dinamika prostora sjeverne Hrvatske. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
42. RAKARIĆ, D., TROGRLIĆ, S., STILINOVIĆ, D., OREŠIĆ, Ž. & NOVOSELEC, M. (1995): Rezultati geološkog praćenja istražne bušotine Velika Ciglana-2 (VC-2). Dossier bušotine Velika Ciglana-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
43. RUBINIĆ, A. (1954): Rezultati istražnih radova na strukturi Sedlarica. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.

44. RAŠKAJ, N., SOKOLOVIĆ, B., BRODARIĆ, A., STANKOVIĆ, D. & KRIZMANIĆ, K. (1996): Završno izvješće Patkovac-1 (Ptk-1) - Biostratigrafska i petrografska-sedimentološka interpretacija. Dossier bušotine Patkovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
45. RUKAVINA, J., KRALJEVIĆ, D., ŠIPIĆ, I., DALIĆ, N., DEVIĆ, T. & MEĐIMUREC, M. (1991): Rezultati geološkog praćenja geotermalne bušotine Velika Ciglana-1 $\alpha$  (VC-1 $\alpha$ ). Dossier bušotine Velika Ciglana-1 $\alpha$ , Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
46. RUMENJAK, LJ. (1996): Geokemijski izvještaj istražne bušotine Patkovac-1. Dossier bušotine Patkovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
47. SOKAČ, A. (1998): Paleontologija beskraljeznjaka. Skripta, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, p. 135, Zagreb.
48. SOKOLOVIĆ, B. & BRODARIĆ, A. (1992): Završno izvješće Pavljani-4 - Biostratigrafija, litološka i sedimentološka interpretacija. Dossier bušotine Pavljani-4, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
49. SOKOLOVIĆ, B. & BRODARIĆ, A. (1994): Završno izvješće Pavljani-6 (Pav-6) - Biostratigrafske i petrografska-sedimentološka interpretacija. Dossier bušotine Pavljani-6, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
50. SOKOLOVIĆ, B. & MILETIĆ, D. (1995a): Završno izvješće Galovac-1 (Gal-1). Dossier bušotine Galovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
51. SOKOLOVIĆ, B. & MILETIĆ, D. (1995b): Završno izvješće Galovac-1 $\alpha$  (Gal-1 $\alpha$ ) - Biostratigrafska i petrografska-sedimentološka interpretacija. Dossier bušotine Galovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
52. STANKOVIĆ, I. (1995): Pavljani-6 - geokemijski izvještaj. Dossier bušotine Pavljani-6, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
53. ŠIKIĆ, S., TROGRLIĆ, S., STILINOVIĆ, D., FARARIK, B., NOVOSELEC, M., MARINIĆ, D., OREŠIĆ, Ž., MIOČEV, M. & MEĐIMUREC, M. (1996): Rezultati geološkog praćenja istražne bušotine Patkovac-1 (Ptk-1). Dossier bušotine Patkovac-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
54. ŠIMON, J. (1968): Informativne litostratigrafske jedinice tercijarnog kompleksa u profilima dubokih bušotina na području Dravske potoline. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
55. ŠIMUNIĆ, AN. (1964): Geološko kartiranje SI područja Moslavačke gore. Fond struč. dok., Inst. geol. istraž., Zagreb.
56. TADEJ, J., STANKOVIĆ, D. & VLAHOVIĆ, T. (1996): Završno izvješće Velika Ciglana-2 (VC-2) - Petrografska-sedimentološka i biostratigrafska interpretacija. Dossier bušotine Velika Ciglana-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
57. TROHA, M. (1992): Rezultati petrofizikalnih analiza stijena iz bušotine Pavljani-2 (Pav-2). Dossier bušotine Pavljani-2, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
58. URBIHA, H. (1962): Litofacijelni odnosi u Dravskoj potolini. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.
59. VLAHOVIĆ, T., STANKOVIĆ, D., RAŠKAJ, N. & BAN, D. (1991): Završni izvještaj bušotine Velika Ciglana-1, Velika Ciglana-1 $\alpha$  - Biostratigrafija, litofacijesi i okoliš sedimentacije. Dossier bušotine Velika Ciglana-1, Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.

## S A Ž E T A K

U području bjelovarske depresije, oko 5 km južno od Bjelovara, smješteno je naftno polje Galovac-Pavljani. Istraživanje strukture na kojoj je smješteno polje važno je zbog utvrđivanja naftnogeoloških odnosa u naftnoplinoj zoni bjelovarske depresije.

Ša šireg područja naftnoga polja analizirani su podaci iz jezgara i karotažna mjerenja iz 15 bušotina, te su interpretirani strukturni i tektonski odnosi na temelju 9 seizmičkih refleksijskih profila i zakona brzina u tri bušotine.

Posebna pažnja posvećena je sedimentološkim i petrofizikalnim podacima dobivenim iz jezgara uzetih iz naslaga Mosti člana i stijena u podlozi tercijarnog sistema. U tim litostratigrafskim jedinicama probušeno je ležište. Iz dostupnih podataka opisani su taložni okoliši na obrađenom području, naročito u vrijeme taloženja donjeg dijela naslaga formacije Moslavačka gora. Istaknuta je dominacija sedimenata aluvijalne lepezne delte istaloženih u prostoru dendritično raspoređenih paleotokova. Analizirani podaci upućuju da su krupnoklastični kolektorski sedimenti istaloženi iz brojnih vodenih tokova razvijenih na bokovima uzdignutih paleozojskih masiva, tj. da nije bilo prevladavajućeg transportnog kanala. Postanak breča i brečokonglomerata također je povezan i sa dugotrajnim trošenjem paleozojskih stijena, te njihovim tektoniziranjem u vrijeme badenske ekstenzije.

Lopatinovom metodom izračunata je zrelost pelitnih sedimenata obogaćenih organskim materijalom. Dobivene vrijednosti uspoređene su s podacima ranije načinjenih geokemijskih analiza. Gornjobadenski i sarmatski kalcitni lapori i glinoviti vapnenci u bušotini VC-1 određeni su kao zrele matične stijene. Termička zrelost pretpostavljena je za sve pelitne sedimente iste starosti istaložene u bjelovarskoj depresiji koji se danas nalaze na dubini 2000-2500 metara, a možda i nekoliko stotina metara pliće, ovisno o lokalnom geotermijskom gradijentu. Također su proučeni i dostupni podaci o salinitetu i kemijskom sastavu ležišnih voda koji ukazuju na intezivno kretanje fluida i miješanje slojnih voda iz više litostratigrafskih jedinica. Sve te geološke informacije uspoređene su sa strukturnim i paleostrukturnim kartama. Na temelju tih interpretacija i spoznaja zaključeno je kako manji dio nafte na polju Galovac-Pavljani potječe iz donjopanonskih sedimenata na istome lokalitetu, a veći dio je u ležište došao s veće udaljenosti. Iako strukturno rješenje i postojanje matičnih stijena kod Velike Ciglene otvara mogućnost migracije nafte od toga lokaliteta do naftnoga polja Galovac-Pavljani, ne može se sa sigurnošću potvrditi takav migracijski put.

Interpretacijom devet seizmičkih profila rekonstruirani su strukturni i tektonski odnosi na istraživanom području. Načinjena je karta paleoreljeva po granicama "Pt" i "Tg", strukturne karte po plohama EK repera "Rs5", "Z", "Δ" i "D" i paleostrukturne karte pojedinih formacija. Označeni su glavni normalni i reverzni rasjedi strukturnog sklopa, te aktivnost pojedinih rasjeda. Struktura naftnoga polja određena ja kao "buried hill".

Izneseni zaključci, tj. rezultati, mogli bi poslužiti kako kod traganja za novim zalihama ugljikovodika na obrađenom području, tako i kod naftnogeoloških istraživanja u cijeloj bjelovarskoj depresiji.



## S U M M A R Y

Galovac-Pavljani oil field is located within the Bjelovar depression, approximately 5 km south of the city of Bjelovar. Structural study of the field is important to establish the hydrocarbon relations within the oil- and gas-bearing zone of the Bjelovar depression.

Data obtained from cores and logging diagrams from 15 wells located within wider area of the oil field had been analyzed. Structural and tectonic relations based on 9 seismic reflective profiles and seismic's velocities measured in 3 wells are interpreted as well.

Especially, sedimentological and petrophysical data obtained from cores of beds of the Mosti member (of the Badenian and Sarmatian age) and from the Palaeozoic basement rocks are studied out, too. In both lithostratigraphic units oil bed is drilled. Based on available data sedimentation environments are interpreted and described, especially for the time of the older part of the Moslavačka gora formation deposition. It was found out that alluvial fan delta environments predominated with detritic paleodrainage distribution of sediments. Analyzed data suggest the deposition of coarse-grained collector's sediments from the numerous water-flows along the flanks of uplifted Palaeozoic basement rocks instead of from one major channel. Sedimentation of breccias and breccia-conglomerates is related to the long lasting weathering and tectonic fracturing of Palaeozoic rocks during the Badenian extension.

By Lopatin's method, the maturation of pelitic sediments with higher organic material content is calculated. Calculated values are compared with data from previously performed geochemical analyses. The Upper Badenian and Sarmatian calcite marlites and clayey limestones of the Križevci member (well VC-1) are defined as mature source rocks. Thermal maturity is supposed for all pelitic sediments of the same age deposited within the Bjelovar depression, presently located in depth between 2000 and 2500 meters. However, it is also possible that the same sediments are located several hundreds of meters higher due to the local geothermal gradient. Moreover, available data on saltiness and chemical composition of bed's waters are examined, pointing out the intensive fluid migration and mixing of bed's waters from several lithostratigraphic units. All these geological information are compared with structure and palaeostructure contour maps. Based on these interpretations and cognitions it is concluded that the minor part of oil of the Galovac-Pavljani oil field was generated on the same locality within the Lower Pannonian sediments, whilst the major part is migrated into the bed from longer distance. Based on available data it is not possible to confirm the oil migration from the Velika Ciglana to the Galovac-Pavljani oil field, although structural results and existing mature source rocks penetrated near Velika Ciglana leave that possibility open.

Reconstruction of structural and tectonic relations is performed through interpretation of nine seismic profiles covering the investigated area. Palaeorelief map on "Pt" and "Tg" levels, structure contour maps of the "Rs5", "Z", "Δ" and "D" marker beds and palaeostructure contour maps of particular formations are designed as well. The major normal and reverse faults are marked as well as their activity. The oil field structure is determined as to be of "buried hill" type.

Presented conclusions, i.e. results, could be used for the searching for new hydrocarbon reserves on the investigated area, as well as for the hydrocarbon exploration within the Bjelovar depression.

## Ž I V O T O P I S

Rođen sam u Zagrebu 17 siječnja 1971. godine gdje sam završio srednju školu "Nikola Tesla", matematičko-informatički smjer.

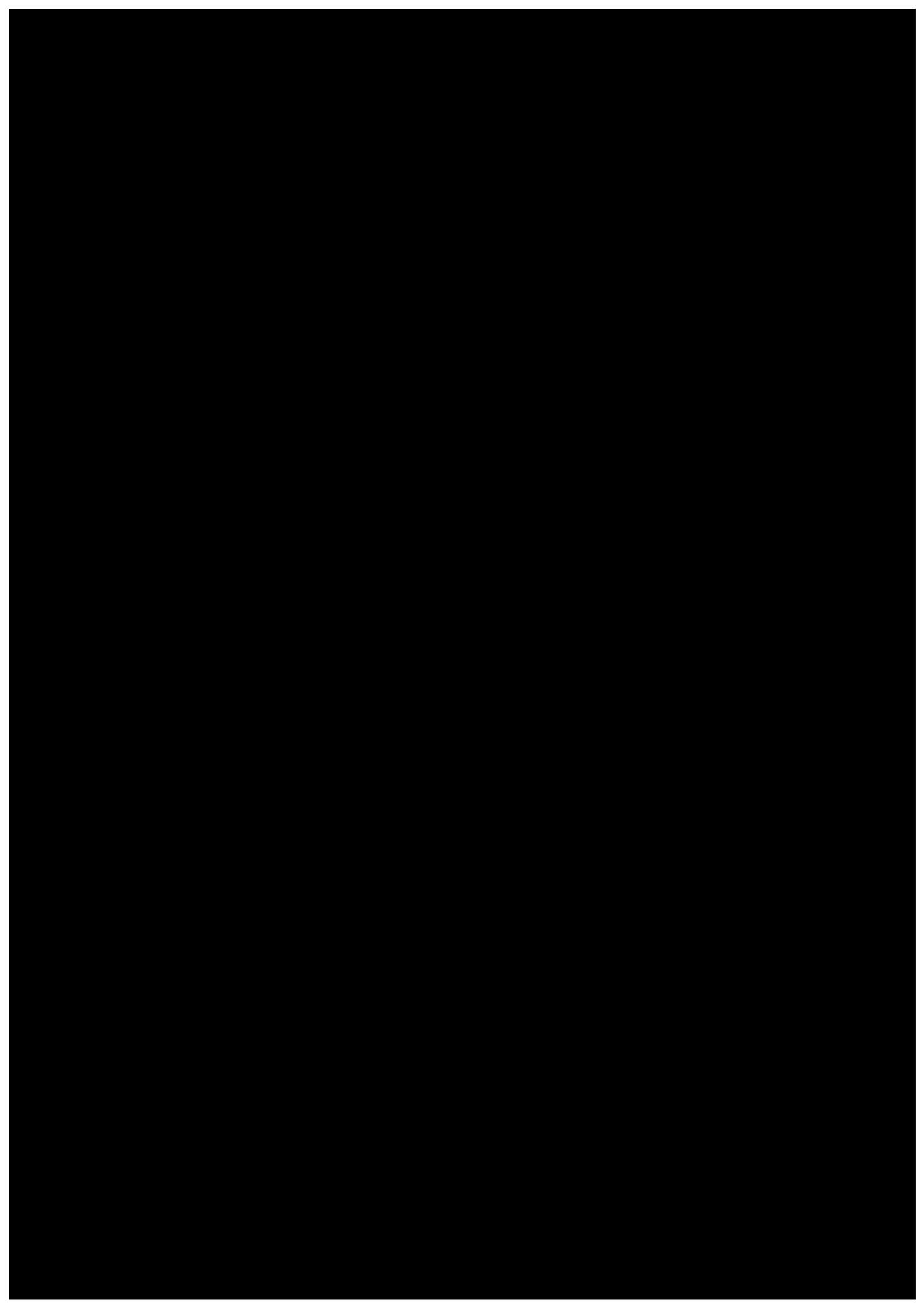
Dodiplomski studij započeo sam 1991. godine na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6. Upisao sam studij geologije, a na trećoj godini sam se odlučio za smjer Geologija ležišta mineralnih sirovina i primjenjena geofizika, dok sam se na četvrtoj godini konačno usmjerio na Geologiju nafte i primjenjenu geofiziku. Redovno sam završavao sve studijske godine. U školskim godinama 1993/94. i 1994/95. bio sam postavljen za demonstratora kod predmetnoga nastavnika prof. dr. sc. Josipe Velić. Godine 1994. Dobio sam Rektorovu nagradu za studentski rad, te jednu godinu primao stipendiju Sveučilišta u Zagrebu.

Diplomirao sam na istome fakultetu u Zagrebu 9. lipnja 1995. s radom "Geološki odnosi područja Virovitica - Rezovačke Krčevine - Orešac" ocjenom izvrstan. Rad sam branio pred ispitnom komisijom u kojoj su bili prof. dr. sc. Josipa Velić, koja je ujedno bila i moj mentor, zatim prof. dr. sc. Zvonimir HERNITZ, te prof. dr. sc. Eduard Prelogović. Prosjek ocjena iz svih pojedinačnih ispita na dodiplomskom studiju iznosi 4,41.

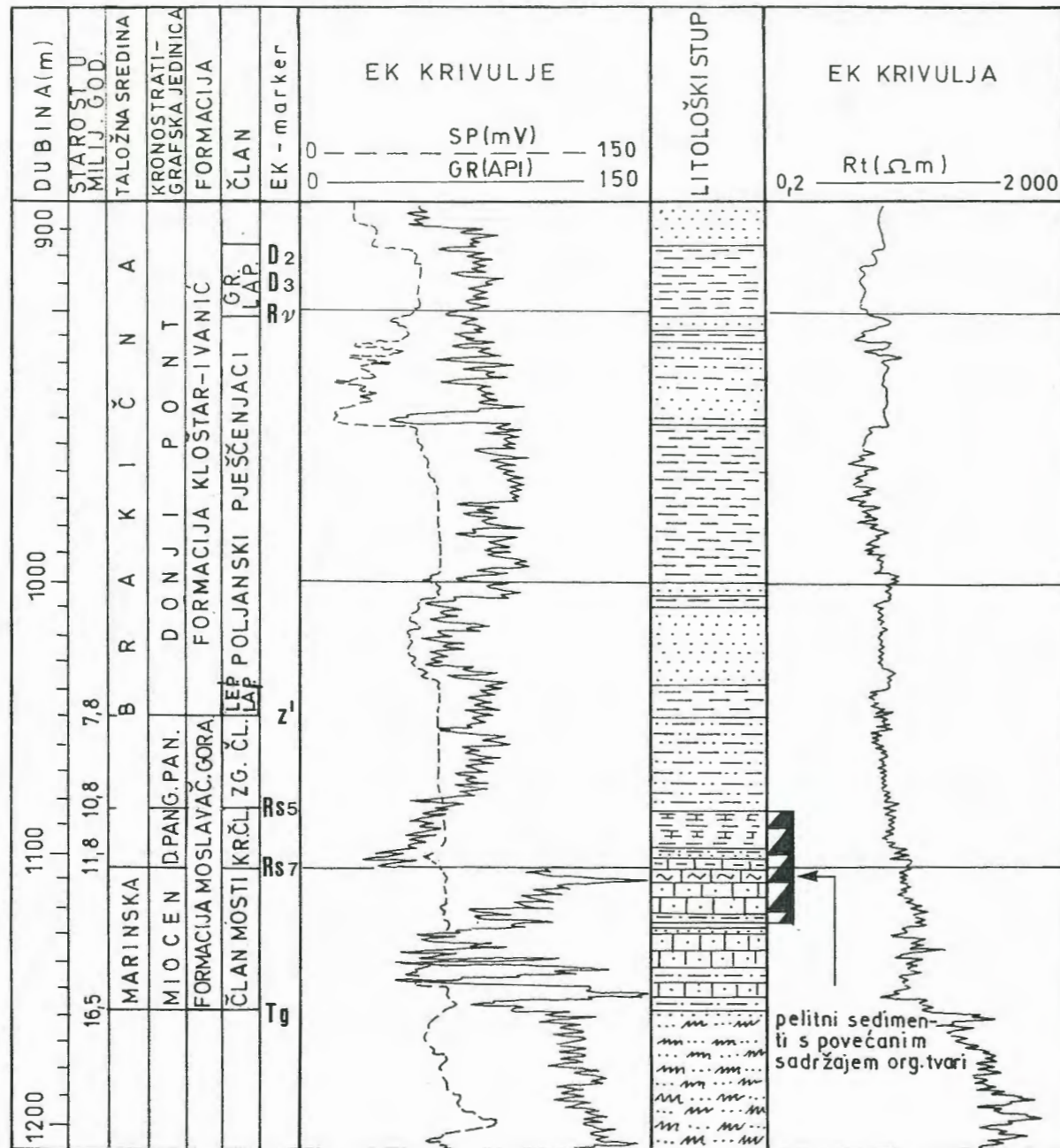
Kao znanstveni novak zaposlio sam se u Zavodu za geologiju i geološko inženjstvo na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu 1. rujna 1995. U školskoj godini 1995/96. upisao sam poslijediplomski studij iz geologije, smjer Geologija nafte i plina, na istome fakultetu. Sve potrebne ispite položio sam s ocjenom izvrstan, te pristupio izradi magistarskog rada pod nazivom "Strukturni i tektonski odnosi, te značajke ugljikovodika širega područja naftnoga polja Galovac-Pavljani" pod mentorstvom prof. dr. sc. Zvonimira HERNITZA.

Danas sam zaposlen u Zavodu za geologiju i geološko inženjstvo u svojstvu znanstvenog novaka na projektu "Dubinskogeološka i geohazardna istraživanja u Hrvatskoj" čiji je nositelj prof. dr. sc. Josipa Velić.

# P R I L O Z I



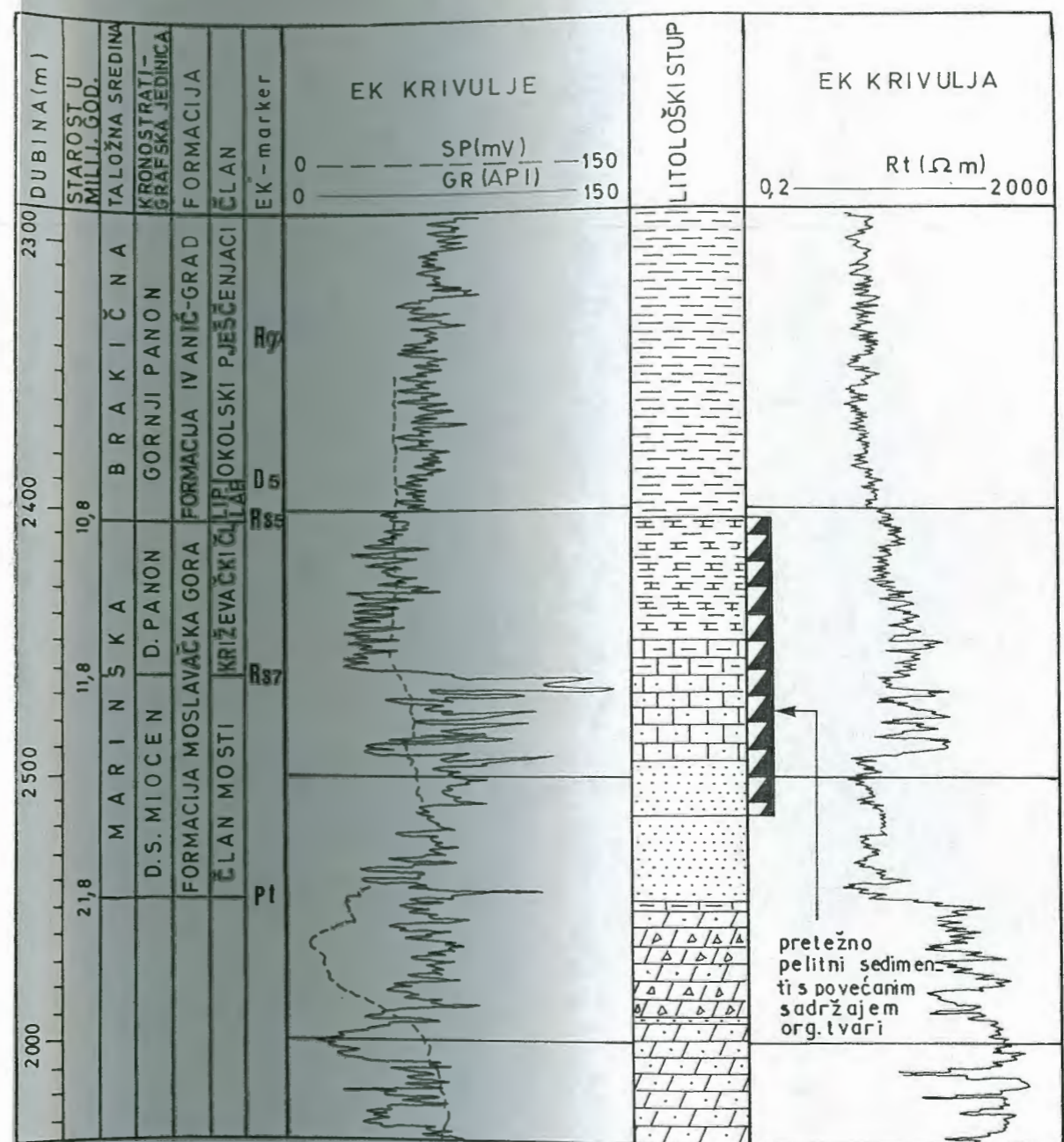
# PAVLJANI-1 (Pav - 1)



LITOLOŠKA LEGENDA

- |  |                     |  |                     |
|--|---------------------|--|---------------------|
|  | lapora              |  | pjeskoviti lapora   |
|  | pješčenjak          |  | pjeskoviti vapnenac |
|  | siltni lapora       |  | dolomit             |
|  | kalcitni lapora     |  | dolomitna breča     |
|  | laporoviti vapnenac |  | pjeskoviti dolomit  |
|  | glinoviti vapnenac  |  | gnajs               |
|  | kalkarenit          |  |                     |

# VELIKA CIGLENA - 1 (VC - 1)

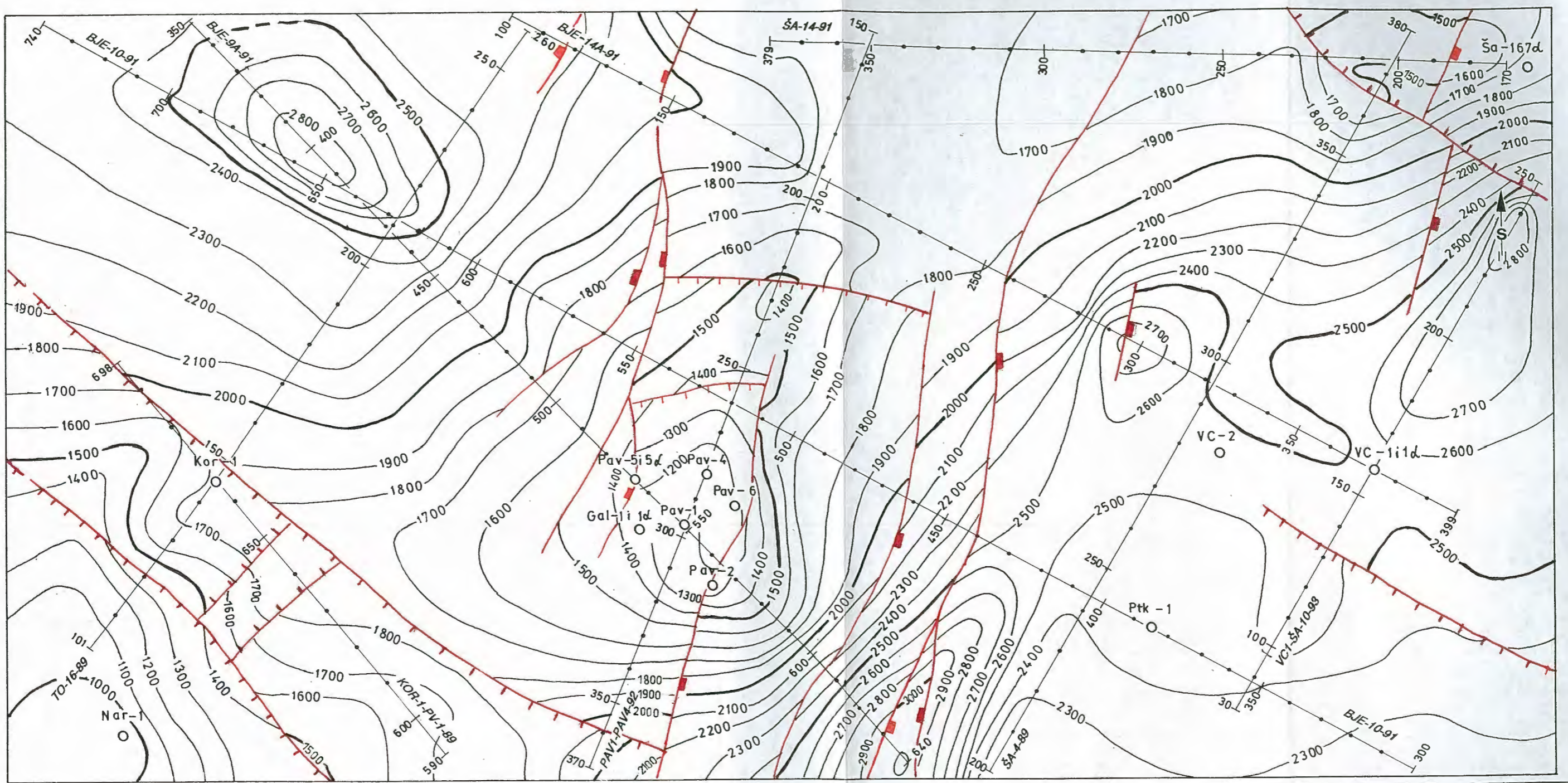


Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

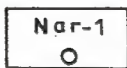
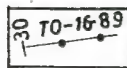



PRIKAZ DIJAGRAMA KONVENCIONALNE I RADIO-  
AKTIVNE KAROTAŽE, TE LITOLOŠKOG STUPA U DIJELU  
NASLAGA BUŠOTINA Pav-1 i VC-1

Mjerilo: 1:25 000	Magistarski rad, 1998.god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 1

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



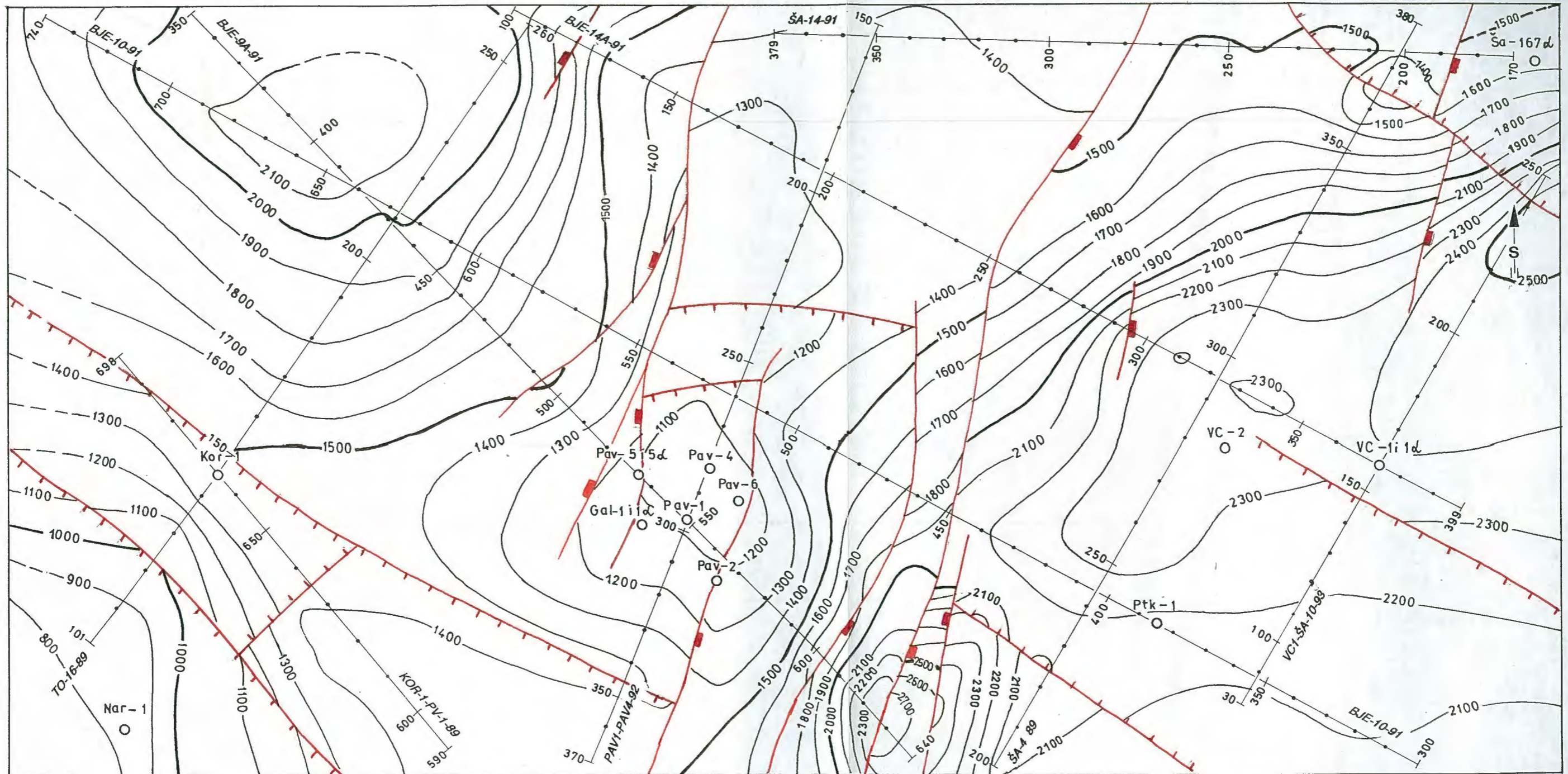
LEGENDA:

-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  izobate
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu	
KARTA PALEORELJEFA PO GRANICAMA "Pt" i "Tg"	
Mjerilo: 1:25 000	Magistarski rad, 1998. god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 2

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m

0 1 2 km



LEGENDA:

- Nar-1  
○ naziv i položaj ušća bušotine
- TO-16-89  
—●— trasa i naziv seizmičkog profila
- 1100— izobate
- ▲— normalni rasjed
- ▼— reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

STRUKTURNA KARTA  
PO PLOHI EK REPERA R55

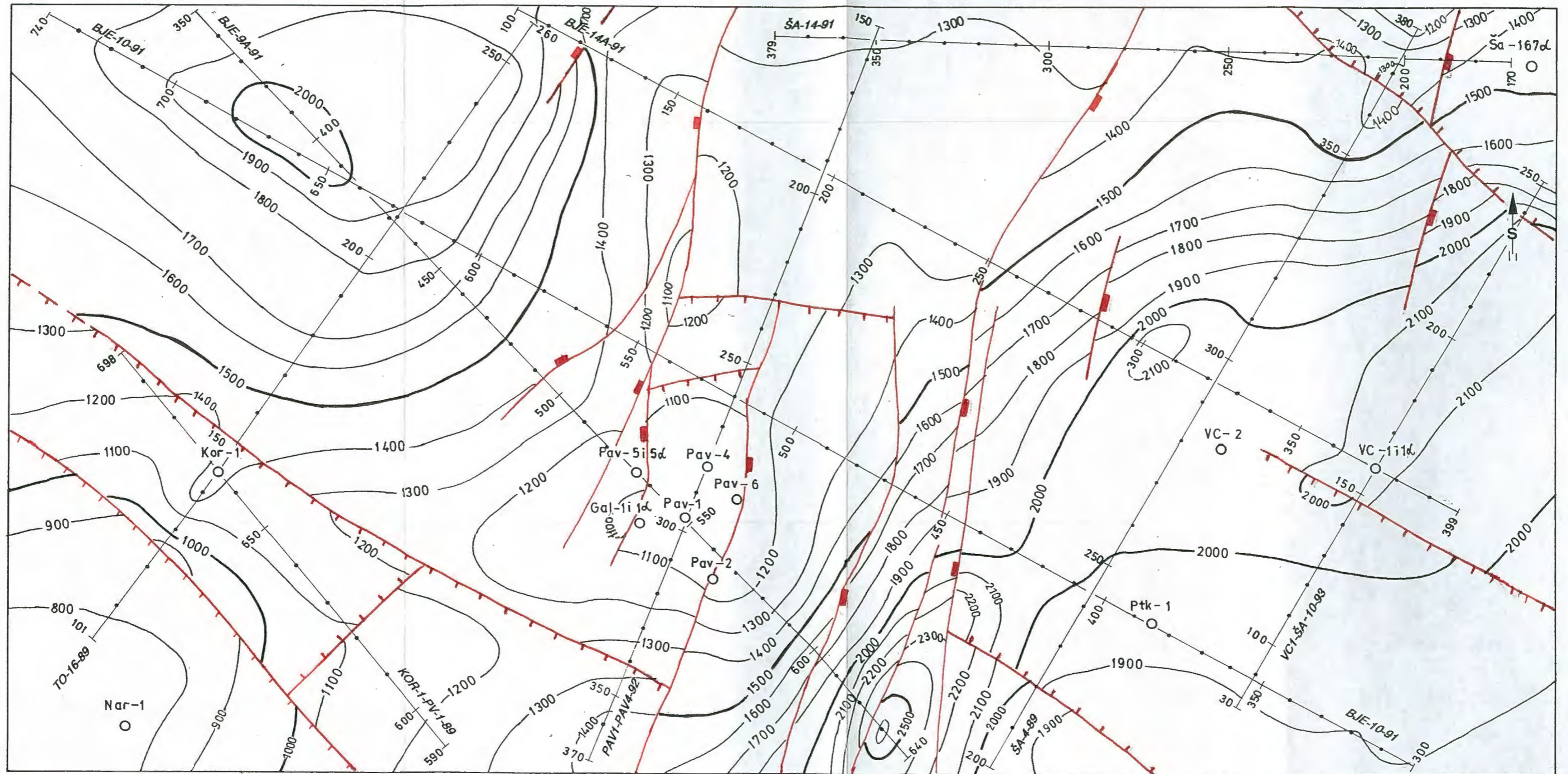
Mjerilo: 1:25 000

Magistarski rad, 1998.god.

Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 3

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



LEGENDA:

-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  izobate
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

STRUKTURNA KARTA  
PO PLOHI EK REPERA Z'

Mjerilo: 1: 25 000

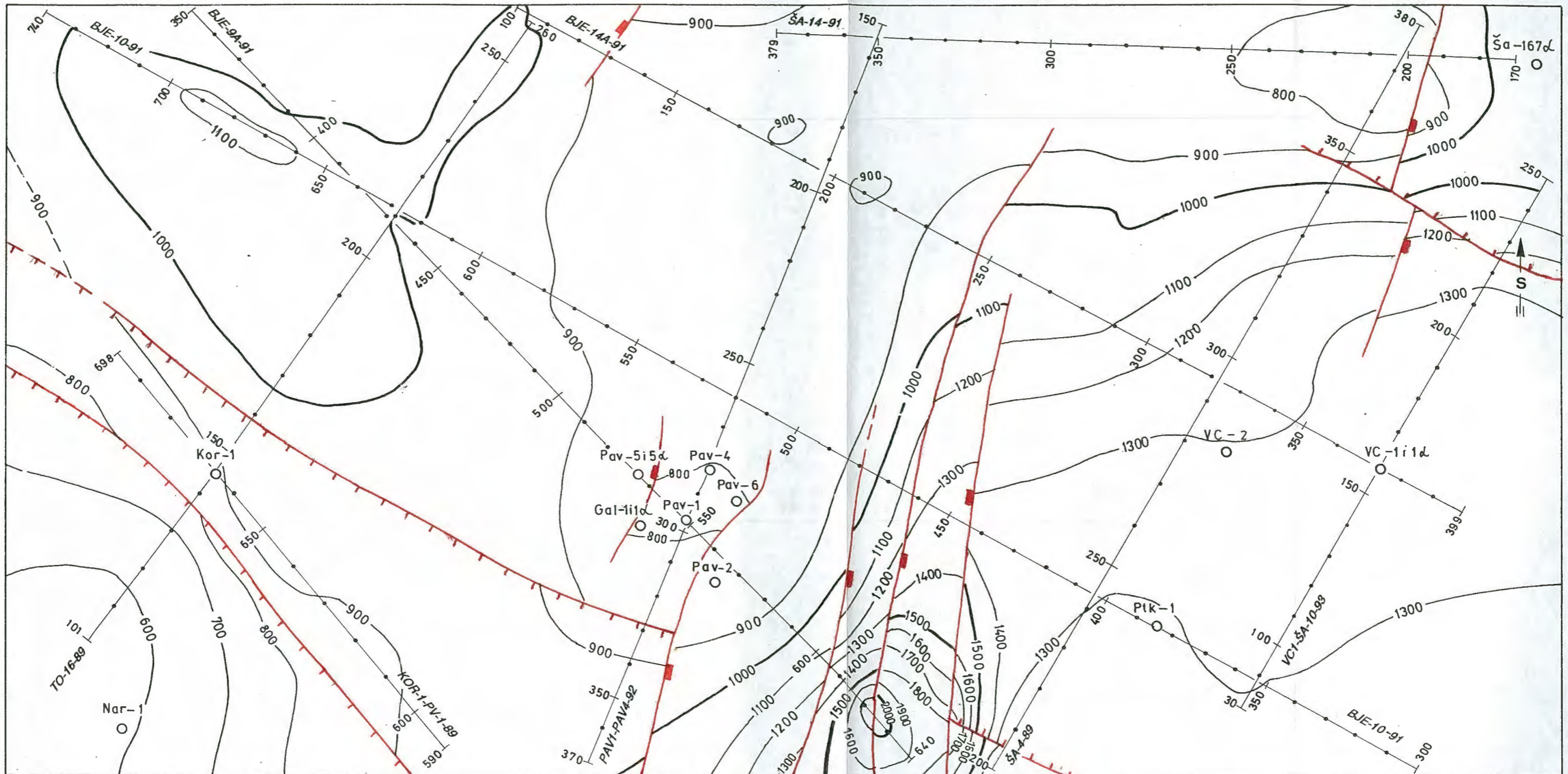
Magistarski rad, 1998. god.

Izradio: Tomislav Malvić

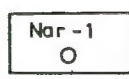
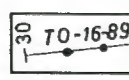
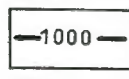


Prilog broj: 4



Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



LEGENDA:

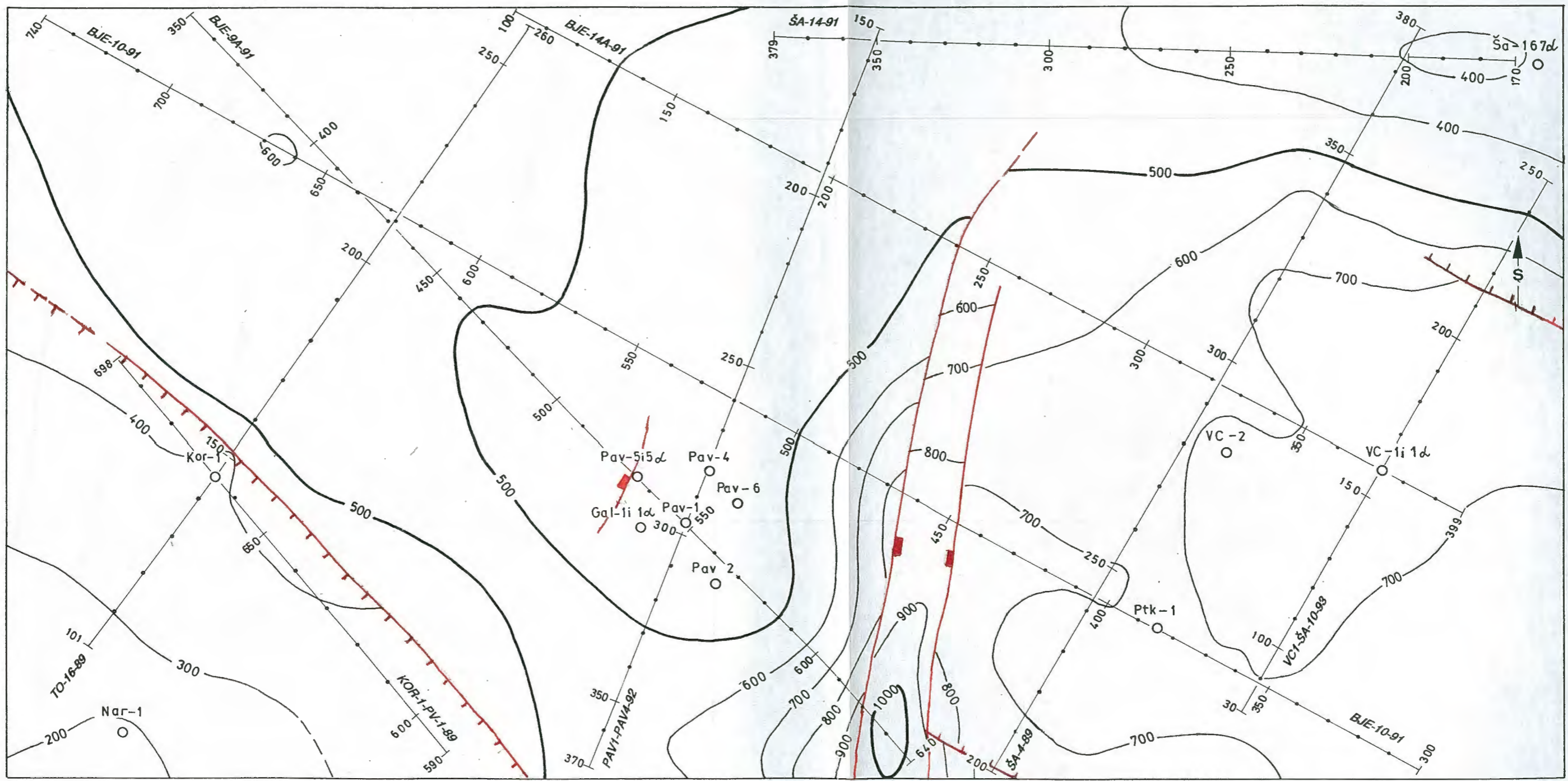
-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  izobate
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

STRUKTURNA KARTA  
PO PLOHI EK REPERA Δ

Mjerilo: 1:25 000	Magistarski rad, 1998.god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 5

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



LEGENDA:

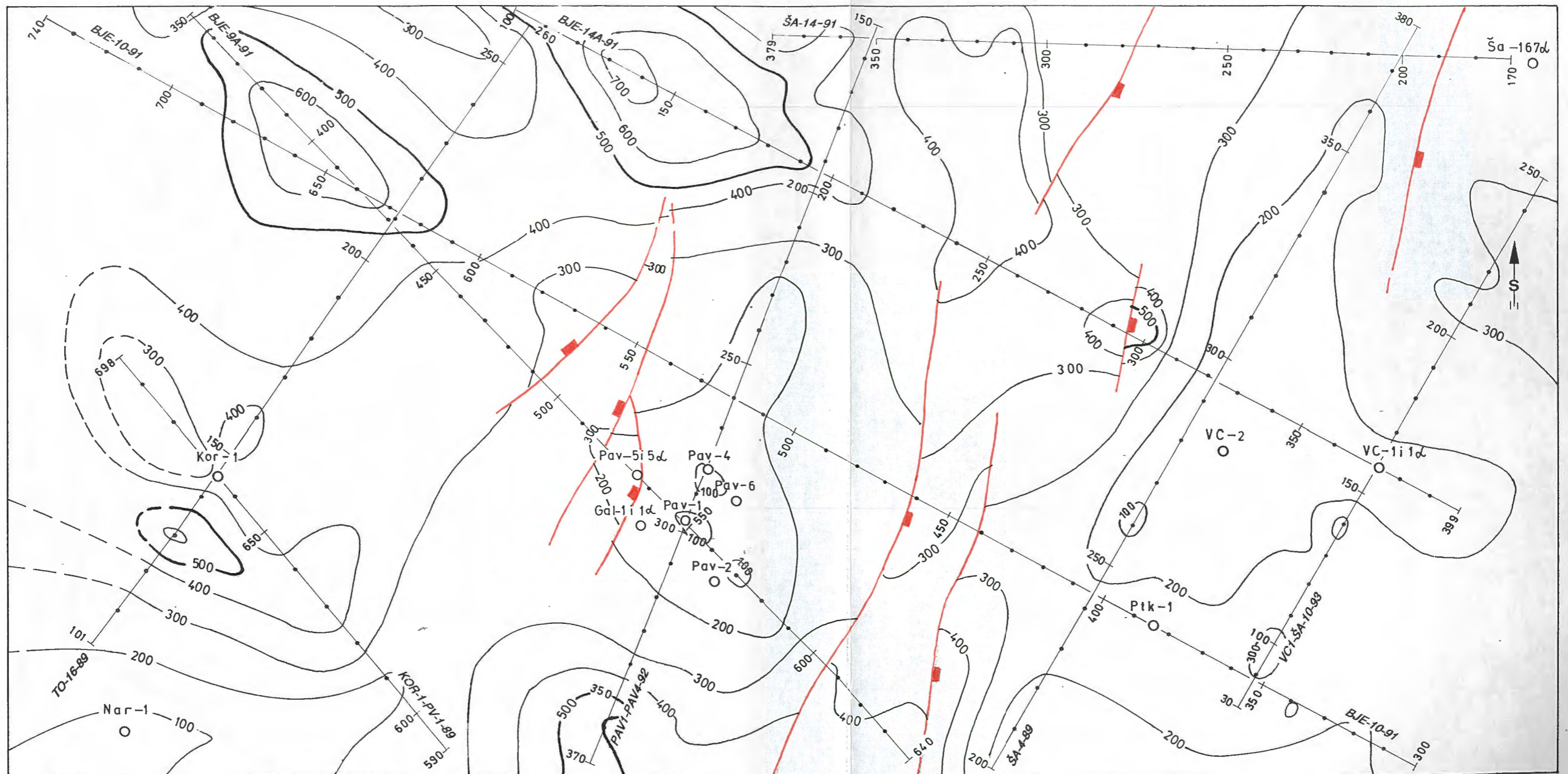
-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  izobate
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

STRUKTURNA KARTA  
PO PLOHI EK REPERA D'

Mjerito: 1:25 000	Magistarski rad, 1998. god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 6.

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



LEGENDA:

-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  paleostrukturalne izohore
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

PALEOSTRUKTURNA KARTA  
"Pt/Tg" - Rs5

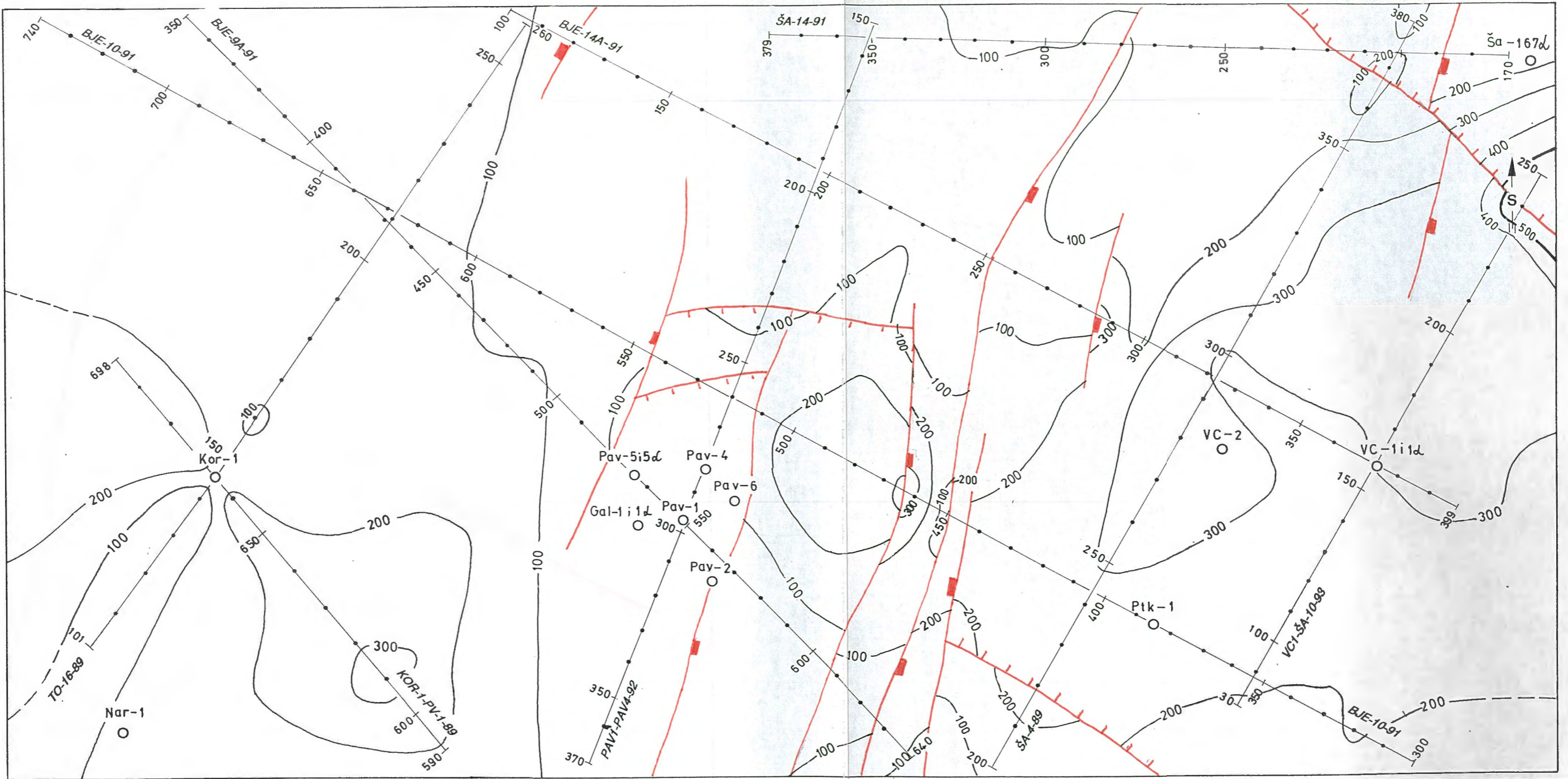
Mjerilo: 1:25 000

Magistarski rad, 1998. god.

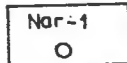
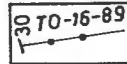
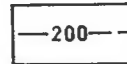

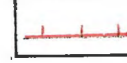
Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 7

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m



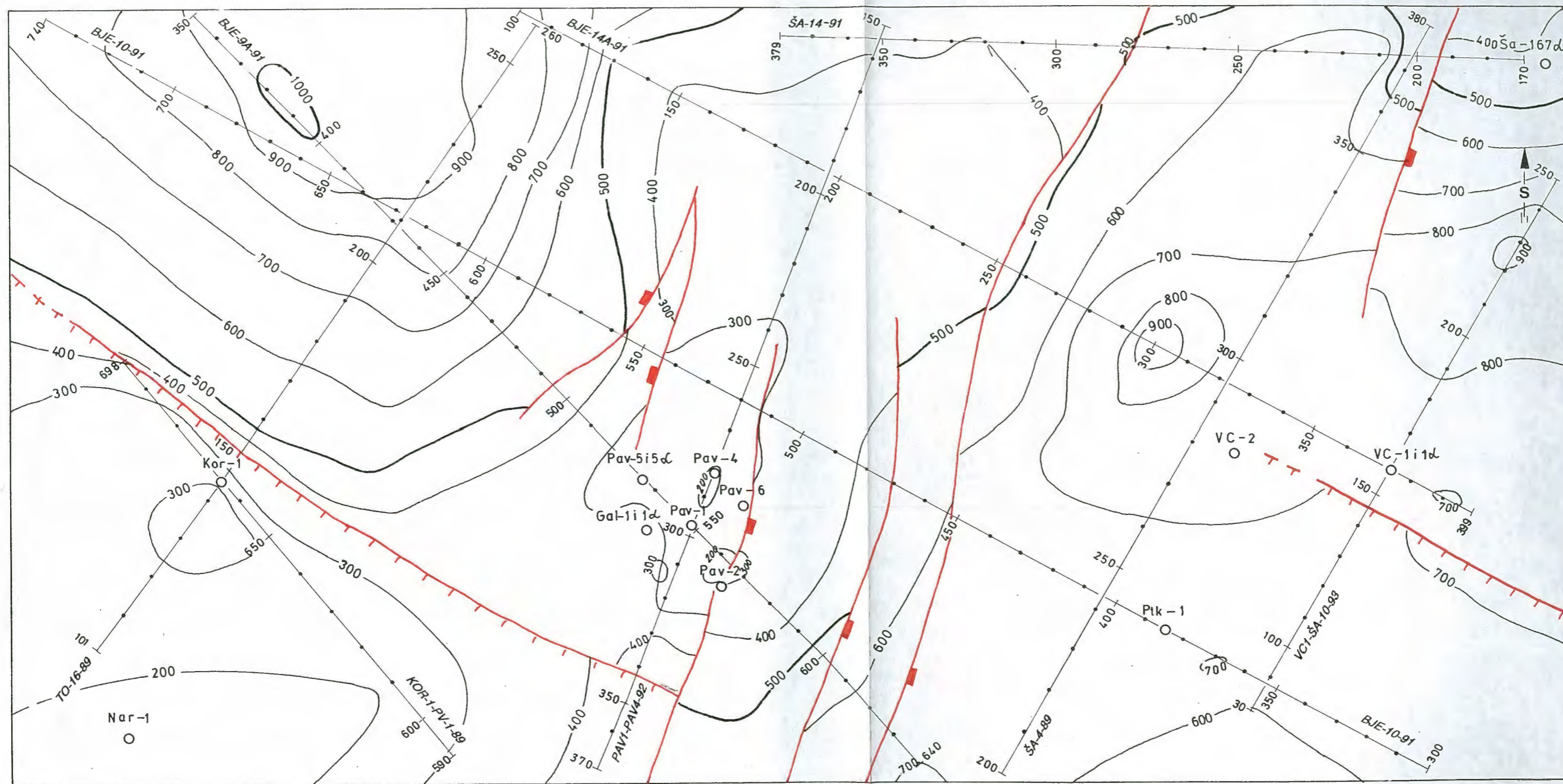
LEGENDA:

-  naziv i položaj ušća bušotine
-  trasa i naziv seizmičkog profila
-  paleostrukturalne izohore
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed


Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu	
PALEOSTRUKTURNA KARTA Rs 5 - Z'	
Mjerilo: 1:25 000	Magistarski rad, 1998. god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 8

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m

0 1 2 km



LEGENDA:

-  Nar-1 naziv i položaj ušća bušotine
-  TO-16-89 trasa i naziv seizmičkog profila
-  200 paleostrukturalne izohore
-  normalni rasjed
-  reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

PALEOSTRUKTURNA KARTA  
Z' - Δ

Mjerilo: 1:25 000

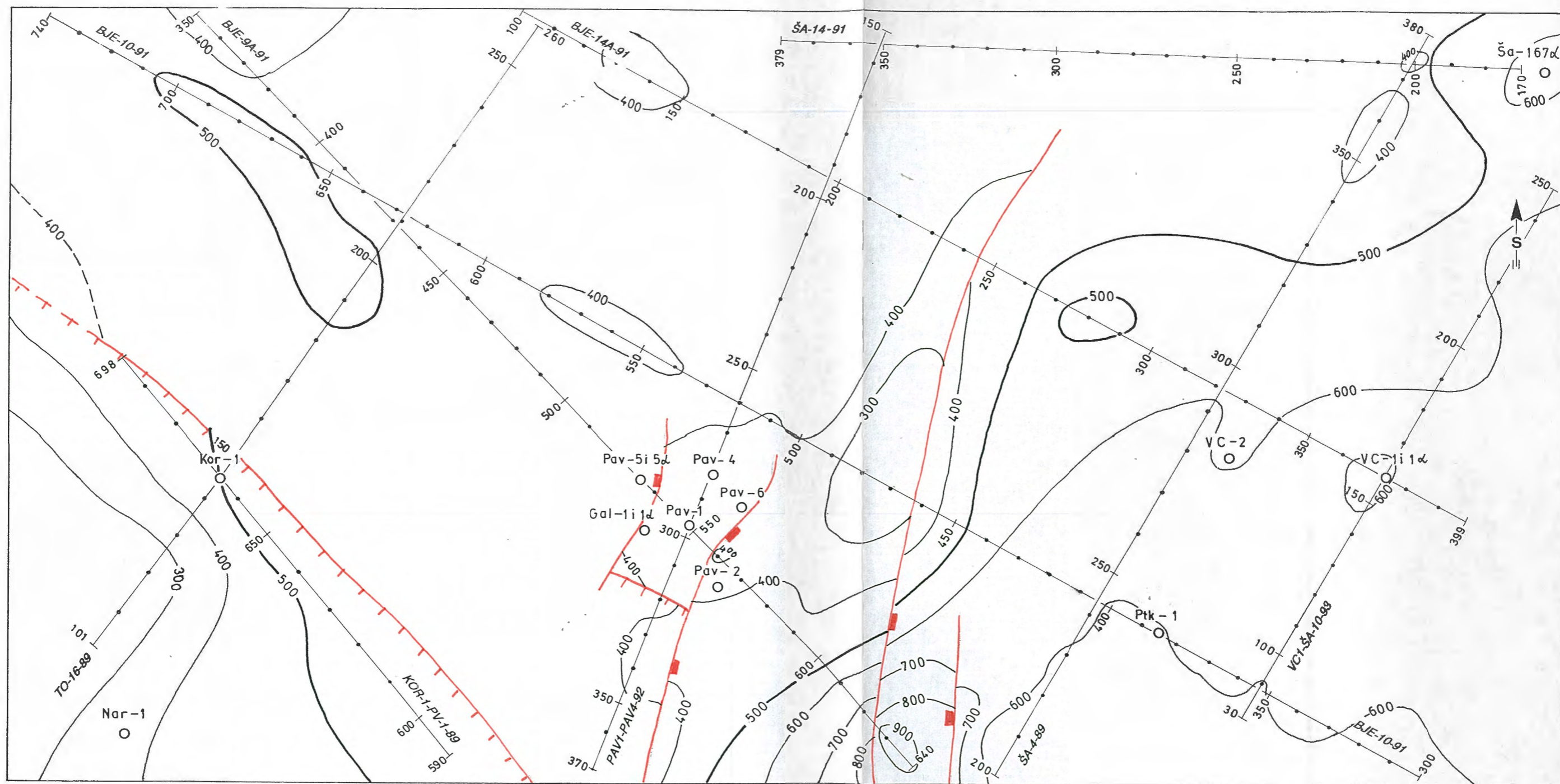
Magistarski rad, 1998. god.

Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 9

Ravnina crtanja: +100 m  
e=100 m

0 1 2 km



LEGENDA:

- Nar-1  
○ naziv i položaj ušća bušotine
- TO-16-89  
—●— trasa i naziv seizmičkog profila
- 500— paleostrukturalne izohore
- normalni rasjed
- |— reverzni rasjed

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

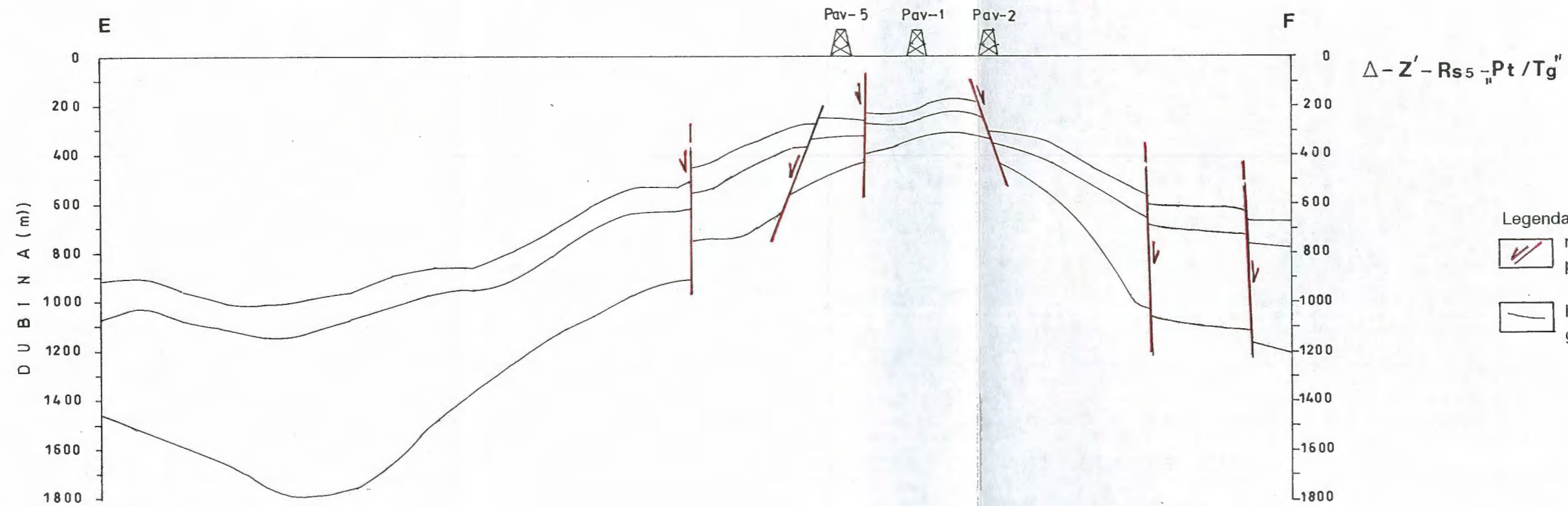
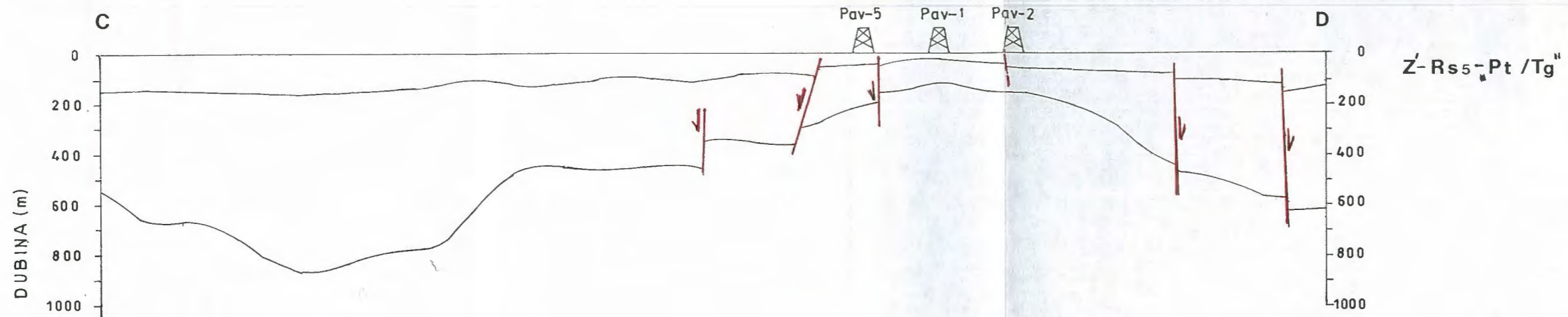
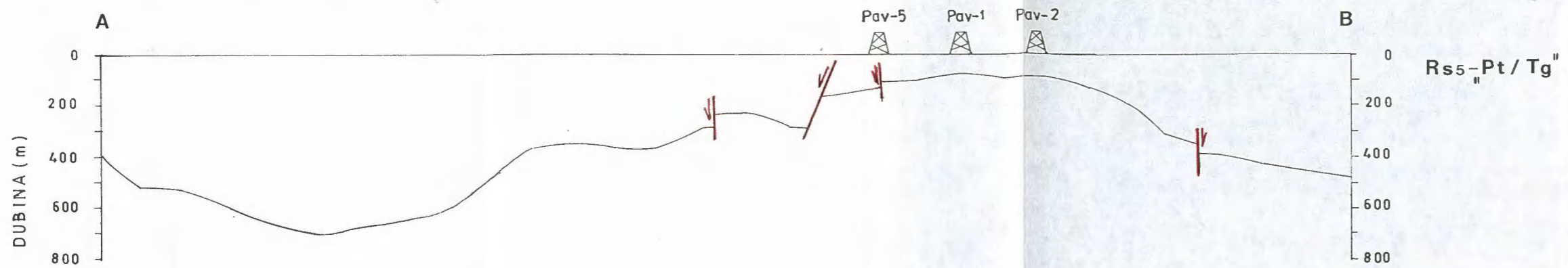
PALEOSTRUKTURNA KARTA  
Δ - Đ

Mjerilo: 1:25 000

Magistarski rad, 1998. god.

Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 10



Legenda:

- rasjed s označenim pomakom na spušenom krilu
- linije EK repera, odnosno granica "Pt/tg"

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

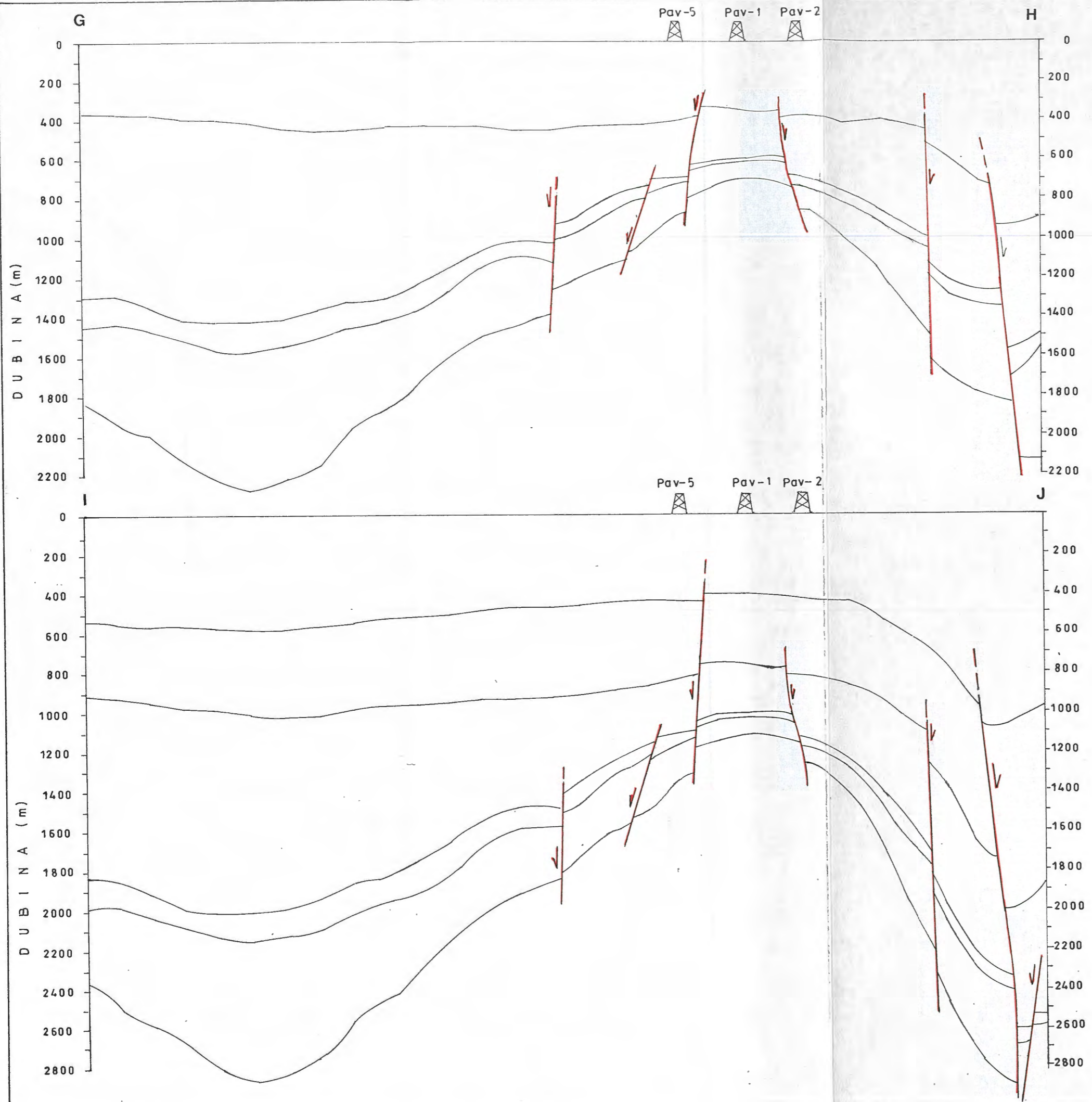
DIFERENCIJALNI PROFILI A-B, C-D, E-F  
(pružanje diferencijalnih profila odgovara pružanju  
seizmičkog profila BJE-9A-91)

Mjerilo:  $M_H$  1:25 000  
 $M_V$  1:20 000

Magistarski rad, 1998.god.

Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 11



D' - Δ' - Z' - Rs<sub>5</sub> - Pt/Tg''

rec-D' - Δ' - Z' - Rs<sub>5</sub> - Pt/Tg''

- Legenda:
- rasjed s označenim pomakom na spušenom krilu
  - linije EK repera, odnosno granica "Pt/Tg"

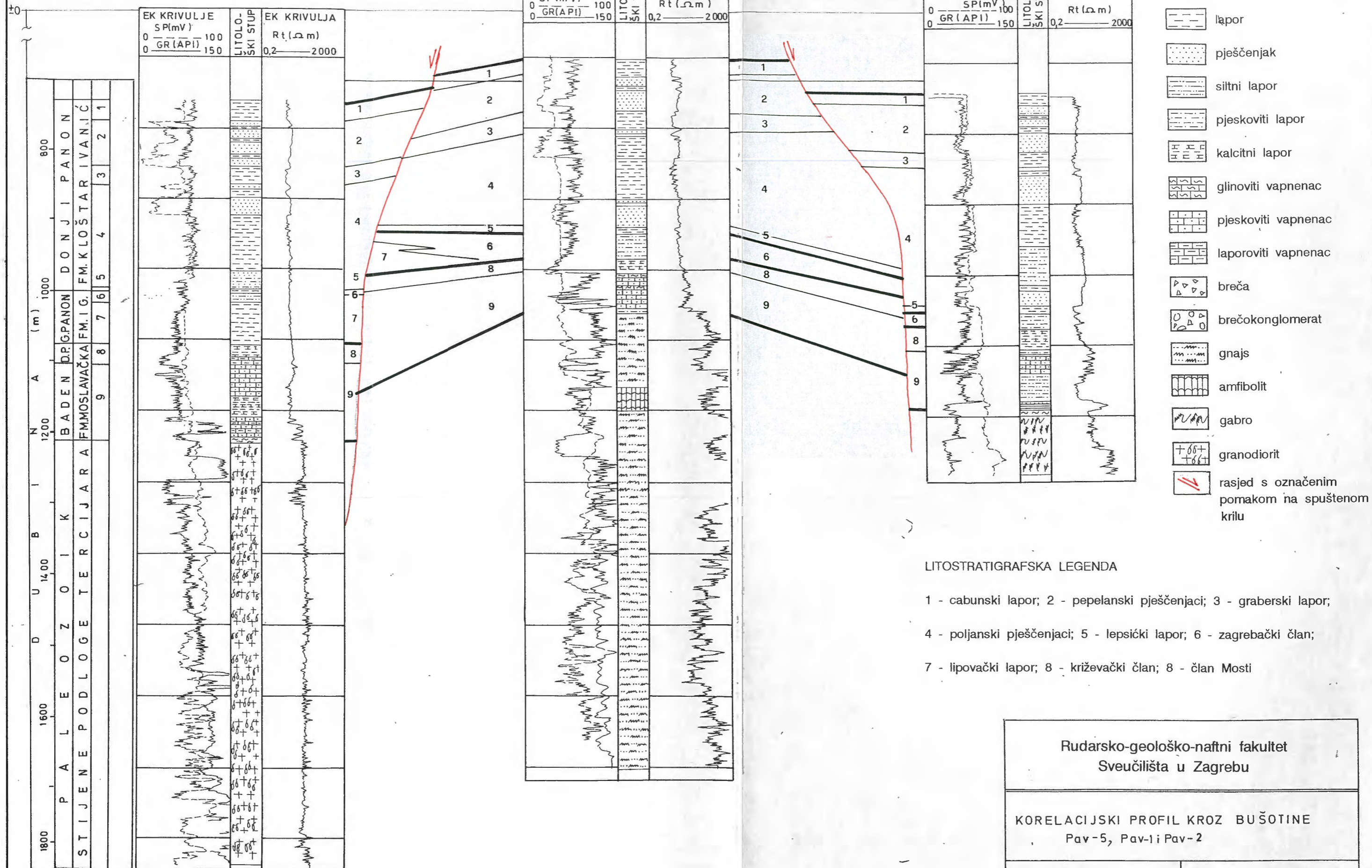
Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu	
DIFERENCIJALNI PROFIL G-H, I-J (pružanje diferencijalnih profila odgovara pružanju seizmičkog profila BJE - 9A - 91)	
Mjerilo: M <sub>H</sub> 1:25 000 M <sub>V</sub> 1:20 000	Magistarski rad, 1998. god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 12



Pav-5

Pav-1

Pav-2



LITOLOŠKA LEGENDA

- lapor
- pješčenjak
- siltni lapor
- pjeskoviti lapor
- kalcitni lapor
- glinoviti vapnenac
- pjeskoviti vapnenac
- laporoviti vapnenac
- breča
- brečokonglomerat
- gnajs
- amfibolit
- gabro
- granodiorit
- rasjed s označenim pomakom na spušenom krilu

LITOSTRATIGRAFSKA LEGENDA

- 1 - cabunski lapor; 2 - pepelanski pješčenjaci; 3 - graberski lapor;
- 4 - poljanski pješčenjaci; 5 - lepsički lapor; 6 - zagrebački član;
- 7 - lipovački lapor; 8 - križevački član; 8 - član Mosti

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

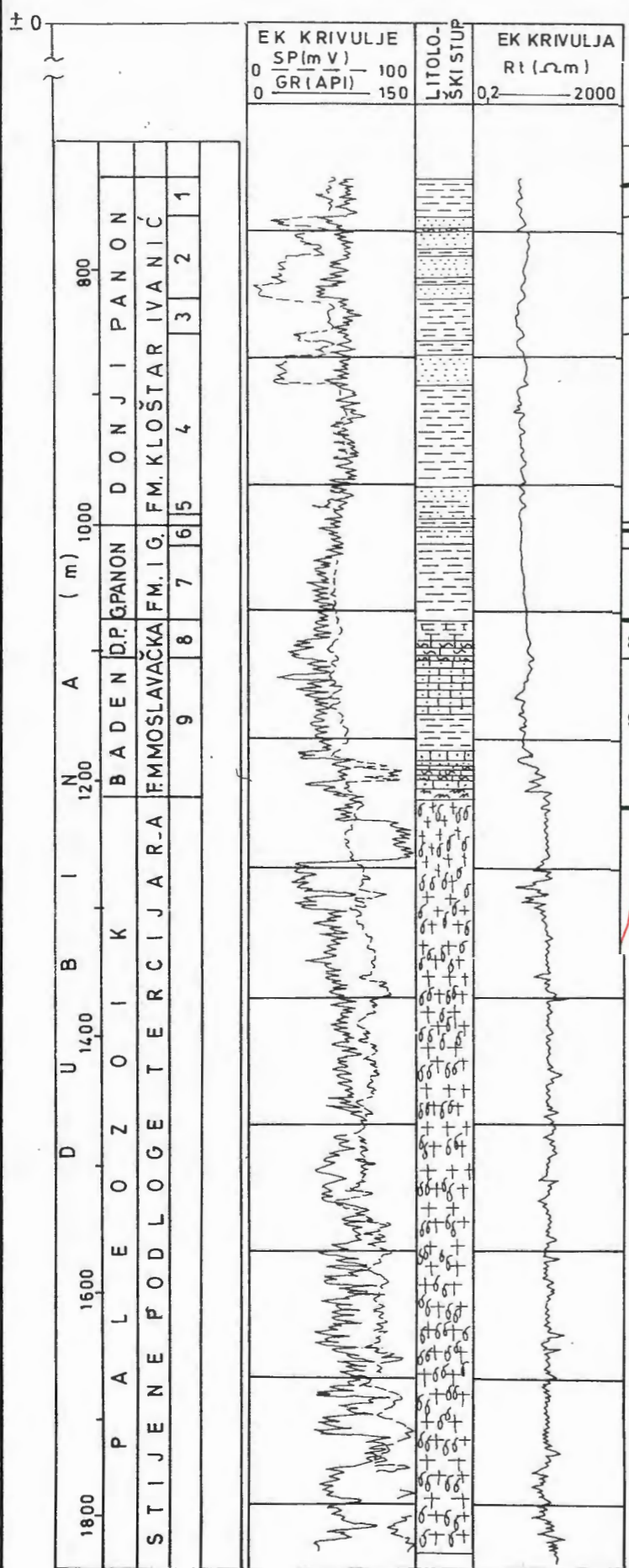
---

KORELACIJSKI PROFIL KROZ BUŠOTINE  
Pav-5, Pav-1 i Pav-2

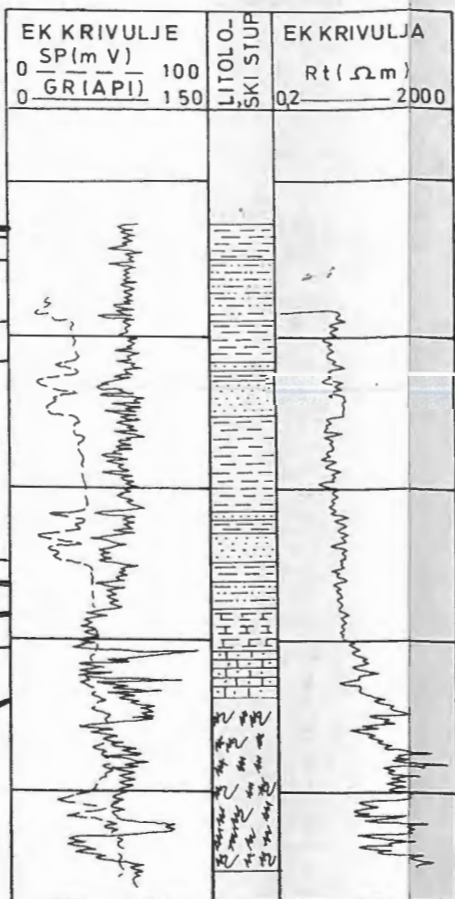
---

Mjerilo: 1:5 000	Magistarski rad, 1998. god.
Izradio: Tomislav Malvić	Prilog broj: 13

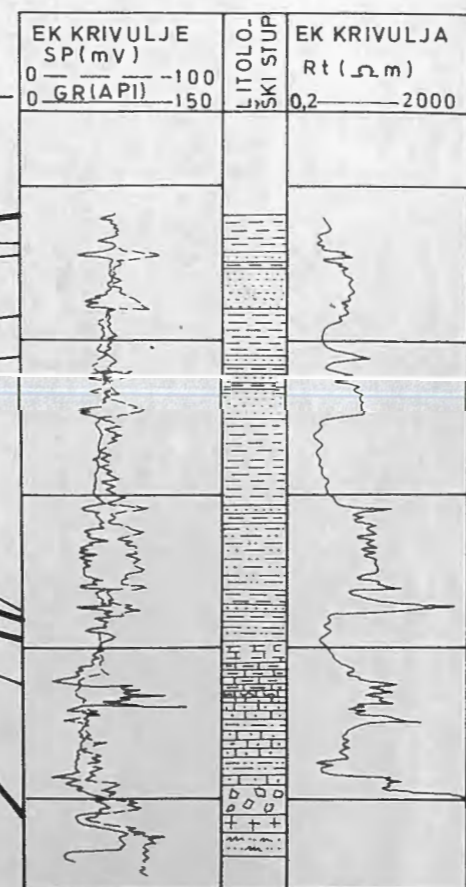
Pav-5



Pav-4



Pav-6



LITOLOŠKA LEGENDA

- lapor
- pješčenjak
- siltni lapor
- pjeskoviti lapor
- kalcitni lapor
- glinoviti vapnenac
- pjeskoviti vapnenac
- laporoviti vapnenac
- breča
- brečokonglomerat
- gnajs
- gabro
- granodiorit
- rasjed s označenim pomakom na spuštenom krilu

LITOSTRATIGRAFSKA LEGENDA

- 1 - cabunski lapor; 2 - pepelanski pješčenjaci; 3 - graberski lapor;
- 4 - poljanski pješčenjaci; 5 - lepsički lapor; 6 - zagrebački član;
- 7 - lipovački lapor; 8 - križevački član; 8 - član Mosti

Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

KORELACIJSKI PROFIL KROZ BUŠOTINE

Pav-5, Pav-4 i Pav-6

Mjerilo: 1:5000

Magistarski rad, 1998. god.

Izradio: Tomislav Malvić

Prilog broj: 14