

# Paleotektonska rekonstrukcija zapadnog ruba Moslavačke gore - draft

R. Vasiljević

PREGLEDNI ČLANAK

**Zapadni se rub Moslavačke gore nalazi u južnom dijelu Bjelovarske subdepresije. Na tom su dijelu dravske depresije provedena istraživačka bušenja i seizmička istraživanja. U ovom je radu dan pregled dosadašnjih istraživanja na području zapadnog ruba Moslavačke gore napravljena na temelju podataka istraživačkog bušenja, korištenjem seizmičkih profila te ranije objavljenih radova. Namjera je ovog rada poticaj na detaljan pristup u razmatranju rubnih bazenskih područja te analizi rezultata istraživanja. I takva područja mogu predstavljati mjesta novih otkrića ugljikovodika, posebno značajnih s porastom njihove cijene.**

*Ključne riječi:* Moslavačka gora, Dravska depresija, Paleotektonska rekonstrukcija

## 1. UVOD

Bjelovarska subdepresija predstavlja jugozapadni ogranak Dravske depresije, površine oko 2900 km<sup>2</sup>, koji graniči sa Savskom depresijom. Već je ranije taj prostor označen kao slabo izgledan za otkrića značajnijih količina ugljikovodika, iz razloga što je ovaj dio Dravske depresije izdvojen u odnosu na središnju depresijsku zonu, a pretpostavljena debljina neogensko-kvartarnih naslaga u najdubljim dijelovima iznosi preko 3 000 m, za razliku od središnjeg dijela, gdje su često i dvostruko deblje.<sup>2</sup>

Razmatranje Bjelovarske subdepresije kao uglavnom neperspektivnog prostora rezultiralo je izradom puno manjega broja bušotina, pa je i gustoća podataka po jedinici površine puno manja nego u ostalom dijelu Dravske depresije.

Paleotektonska je rekonstrukcija zapadnog ruba Moslavačke gore napravljena na temelju podataka istraživačkog bušenja, korištenjem seizmičkih profila te ranije objavljenih radova.<sup>4,9,13</sup> Paleotektonska je rekonstrukcija na strukturnim kartama po plohama Tg, Rs7, Z', D<sub>2</sub>, Δ i D(a') i paleotektonskim profilima. Prikazane su pojedine litostratigrafske jedinice (formacije) u paleotektonskim okolnostima te aktivnost pojedinih rasjeda u prostoru i vremenu. Namjera je ovog rada poticanje na detaljan pristup u razmatranju rubnih bazenskih područja te analizu rezultata istraživanja. I takva područja mogu predstavljati mjesta novih otkrića ugljikovodika, posebno značajnih s porastom njihove cijene, poput otkrića u Grubišnom Polju 1990. ili u Galovac-Pavljanima 1992. godine.

## 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Obrađeno područje se nalazi u južnom dijelu Bjelovarske subdepresije i na sjevernom obodu Moslavačke gore (slika 1). Smješteno je oko 20 km sjeveroistočno od Garešnice i oko 20 km sjeverozapadno od Daruvara te obuhvaća površinu od oko 40 km<sup>2</sup>. Na istraživačkom području nalaze se dvije bušotine Pv-1 i VT-1. Bušotina Pv-1 nalazi se oko 200 m jugoistočno od crkve u selu Ladislavu, s južne strane potoka V.

Ladislavica. Približna nadmorska visina ušća bušotine je 125 m. Bušotina VT-1 udaljena je 4,2 km od bušotine Pv-1 u smjeru zapada, a 15 km sjeverno od Garešnice, nadmorska visina ušća bušotine je 140,5 m.

Mjesto Velika Trnovitica nalazi se na sjevernom obodu Moslavačke gore i pripada južnom dijelu Bjelovarske subdepresije. Najbliža veća mjesta su Bjelovar (oko 20 km sjeverozapadno), Garešnica (oko 12 km južno) i Grubišno Polje (oko 25 km istočno).

## 3. POVIJEST DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Iako su geološka istraživanja na ovom području bila provedena i puno ranije, nevezano za istraživanja ugljikovodika, ovdje će se ograničiti samo na naftno-geološka istraživanja u području Bjelovarske subdepresije. Prvi radovi u cilju otkrivanja ležišta ugljikovodika načinjeni su na području Sedlarice i Marinovaca u razdoblju od 1922. do 1923. godine.<sup>2</sup> Prvo veće istraživanje pred II. svjetski rat provela je austrijska tvrtka Petrolej, a u ratu su nastavili njemački poduzetnici, koji su u razdoblju 1940. - 42. izdvojili strukture Ludbreg i Subotica te antiklinalu Lepavina. Godine 1949. dubokom bušotinom Lepavina-1 (937,4 m) otkriveno je ležište nafte u badenskim pješčenjacima i paleozojskom serpentinitu, koja je bila aktivna sve do 1987. Od 1956. započelo se s izradom većeg broja regionalnih dubokih istraživačkih bušotina kako bi se dobio uvid u potencijalnu naftno-plinonost cijele Dravske depresije, a u središnjoj potolinskoj te bilogorskoj zoni otkrivena su naftna i plinska polja: Cabuna, Ferdinandovac, Jagnjedovac i Šandrovac. Polovicom šezdesetih godina napravljene su dvije nove istraživačke bušotine na jugoistočnom dijelu uleknine i to Cigenica-1 i Pavlovac-1. Usporedbom tih podataka s podacima iz bušotine Korenovo-1 načinjena je regionalna interpretacija sjeveroistočnog ruba Moslavačke gore, ali ugljikovodici nisu otkriveni. Najveće otkriće ostvareno je 1961. godine, otkriveno je bogato ležište nafte Jagnjedovac.<sup>2</sup> Samo polje smješteno je na južnim obroncima Bilogore između dviju drugih

naftno-geološki poznatih struktura – Lepavine i Mosti. 1963. godine, jugoistočno od strukture Sedlarica, otkriveno je drugo malo plinsko polje – Gakovo. Te iste godine pronađeno je naftno-plinsko polje Šandrovac. Na temelju rezultata geoloških kartiranja i uz već poznata naftna i plinska polja, na području Dravske depresije, ukupno je izdvojeno deset naftno-plinonosnih zona koje su pojedinačno obilježene geografskom cjelovitošću, približno jednakim debljinama sedimenata, dubinom ležišnih stijena i vrstom zamki. Redom su to: zapadno-bilogorska (34 % potencijalnih zaliha), papučko - krndijska (27%), moslavačka (22,5 %), istočno-bilogorska (6,5%), podkalnička (4%), vilanjsko - mećečka (3%), južnogergeteška (1,5%), podbilogorska (1%), centralna potolinska (0,25%) i legradski prag (0,25%).<sup>4</sup> Tamo gdje su već otkrivena polja pridodana je i veća vjerojatnost novih otkrića, kao npr. u zapadnobilogorskoj zoni. Relativno visoka vrijednost pridana je moslavačkoj zoni što do danas nije potvrđeno.

U cijeloj depresiji potencijalne zalihe ugljikovodika raspodijeljene su tako da je 56% zaliha u ležištima sa stratigrafskim, 31% u ležištima s rasjednim, 8% u ležištima s antiklinalnim i 5% u ležištima s kombiniranim zamkama.<sup>4</sup> Također je predviđeno da se 90% potencijalnih zaliha nalazi na dubini manjoj od 1 750 metara. Devedesete godine prošloga stoljeća bile su najznačajnije u provjeravanju i potvrđivanju nafto-plinonosnosti Bjelovarske subdepresije. Otkriveno je jedno manje naftno, dva plinska i jedno geotermijsko polje, a ostali radovi provjerili su ležišni i matični potencijal dijelova uleknine u kojima se dotad nije uopće ili gotovo uopće bušilo. 1989. Bušotina Velika Ciglena-1 (VC-1) izbušena je 1989., smještena na blago izraženom strukturnom nosu u blizini najdubljeg dijela jugoistočnog dijela Bjelovarske subdepresije. Bušotinom su prikupljeni geološki podaci o stijenama neogena i podine u dubokim jugoistočnim dijelovima Bjelovarske subdepresije, a također je otkriveno geotermijsko ležište i načinjena je usmjerena bušotina (VC-1 $\alpha$ ) u cilju iskorištavanja te energije. U razdoblju 1991.-1994. načinjena je serija bušotina na lokaciji Galovac-Pavljani (Pav-1 – Pav-6), a u stijenama podine tercijara te badenskim brečama i brečokonglomeratima otkriveno ležište nafte. Na području Grubišnog Polja je 1993. izrađena bušotina kojom je otkriveno istoimeno plinsko ležište u badenskim klastitima i paleozojskim škriljancima. 1997. kod sela Bačkovica na istoku uleknine, oko 25 km južno od Bjelovara, načinjena je istraživačka bušotina Bac-1. Osim neznatnih pojava ugljikovodika konkretnijih rezultata nije bilo. Slične negativne rezultate dala je i bušotina Bac-2 iako je seizmički utvrđen "bright spot" što je ipak bio dovoljan razlog za novu bušotinu Bac-1z kojom je otkriveno malo plinsko polje Bačkovica.<sup>2</sup>

#### 4. STRATIGRAFSKI ODNOSI

Stijene su generalno razdvojene na dvije skupine. To su stijene podine neogena koje pripadaju paleozoiku i mezozoiku te neogensko-kvartarni neogeni sedimentni kompleks. Podina neogena je izgrađena od karbonata te magmatskih i metamorfnih stijena. Neogen je zastupljen klastičnim naslagama, uglavnom laporima,

laporovitim vapnencima, brečama i pješčenjacima (slika 2).

##### 4.1. Stijene paleozoika i mezozoika

U podini se tercijara nalaze paleozojske i mezozojske stijene. Stijene paleozoika su uglavnom zastupljene granitima, gabrima, škriljancima i gnajsevima. Mezozojske stijene su različitih litotipova vapnenaca i dolomita, najčešće dokazane srednjotrijaske starosti.

##### 4.2. Stijene miocena i okoliši taloženja

Sedimenti donjega i srednjega miocena (formacije Moslavačka gora) označavaju početak sveobuhvatne transgresije na cijelom području subdepresije. Taloženi su diskordantno na paleozojske te mezozojske stijene i sedimente u podini. Litostratigrafski odgovaraju formaciji Moslavačka gora podijeljeno na stariji član Mosti približne starosti od donjeg miocena do uključivši sarmat te mlađi član Križevci približno donjopanonske starosti. Granicu prema paleozojskim i mezozojskim stijenama u podini čini elektrokarotazna granica (EK-granica) "Tg" (slika 3a) ili "Pt", a prema formaciji Ivanić Grad (gornjem panonu) u krovini EK-marker Rs5. Značaj tih sedimenata u naftno-geološkom pogledu je velik. Krupnozrni klastiti fm. Moslavačka gora generalno imaju vrlo dobra ležišna svojstva, možda lokalno najbolja među svim neogenskim ležišnim članovima izdvojenim u hrvatskom dijelu Panonskoga bazena.<sup>2</sup> Također toj formaciji pripadaju pelitni sedimenti koji bi se jedini eventualno mogli mjestimice smatrati i matičnim stijenama.

Početak donjomiocenske ekstenzijske tektonike pretpostavlja se u otnangu i karpata, prvenstveno na temelju analogije s istovremenim događajima u većem dijelu Panonskoga bazenskoga sustava.<sup>5</sup> U vrijeme početka neogenske ekstenzije sedimentacijski prostor s marinskim naslagama zahvaća u današnjoj sjevernoj Hrvatskoj dijelove Medvednice, Savske depresije, Slavonije, a možda i rubne dijelove Pšunja.<sup>13</sup> I drugi izvori<sup>6,7</sup> to razdoblje opisuju na sličan način, jedino što prave marinske prostore smješta uglavnom na zapad u područje Hrvatskog zagorja i Murske depresije, a pretežno slatkovodne pomiče više prema istoku. Također isti izvori<sup>6,7</sup> citiraju niz autora koji pišu o neprekinutoj sedimentaciji na prijelazu iz donjega u srednji miocen uz taloženje riječno-deltin sedimenata na rubnom dijelu Moslavačke gore i zapadnog dijela Pšunja, iako postoje i drukčija razmišljanja kojima se početak sedimentacije u neogenu smješta isključivo u baden te odmah kao marinski.<sup>1</sup> Slijedi baden kada jačaju ekstenzijski pokreti koji su zabilježeni na području cijele uleknine. Razvija se nekoliko romboidnih bazena ("pull-apart") u kojima se talože sedimenti značajne debljine.<sup>2</sup> U to vrijeme marinska sedimentacija se odvija u cijeloj uleknini, kao i najvećem dijelu sjeverne Hrvatske.<sup>6,7</sup> Samo su veće gore, poput Moslavačke, Kalnika, Papuka i Pšunja ostale dijelom iznad morske razine i postale otoci. Krajem badena ekstenzijski pokreti slabe, taložna sredina postaje mirnija obzirom na energiju vode, opada veličina zrna te je taložen sitnozrnati pješčenjak, a zatim lapor i vapnenac. Breča i konglomerat su po podrijetlu uglavnom kataklastični sedimenti, a manjim dijelom

siparni. Mjestimična odsutnost karbonatnih klasta upućuje da na nekim mjestima nisu bile razvijene veće grebenske zajednice koje bi trošenjem dale takav materijal. Često je zelenkaste boje s tinjcima i kloritom u tragovima što upućuje na miješanu ili hibridnu vrstu zelenih (glaukonitnih) pješčenjaka.<sup>11</sup> Pelitne laporovite i laporovito-vapnenačke sekvencije kojima završava baden ukazuju na oplićavanje i smirivanje taložne sredine i takvim taložnim uvjetima započinje sarmat. Zbog litološke identičnosti i relativno malih debljina nije moguće odijeliti vršni dio badenskih i sarmatske sedimente, pa oni predstavljaju jedinstvenu cjelinu koju je čak teško razlikovati od krovinskih taložina donjega panona ipak u istraživanom dijelu je granica (EK marker Rs7) u bušotinama i na geofizičkim profilima bila jasno vidljiva i odijeljena (slika 3b). U donjem panonu taložna sredina je i nadalje plitka te je nastavljeno njezino zapunjavanje. Preostaju uglavnom zaštićeni plićaci, brakični prostori<sup>6,7</sup> u kojima se u međusobnoj izmjeni talože tanji slojevi glinovitog vapnenca, kalcitnog, silitnog ili pjeskovitog lapora, čistog lapora te ponekad pješčenjaka. Dominira karbonatni materijal čiji izvor predstavljaju algalni grebeni. Mjestimice dijelovi paleoreljeva izviruju iznad površine vode i predstavljaju izvor siliciklastičnog materijala, no puno siromašniji nego u badenu.<sup>2,3</sup>

**Sedimenti gornjeg panona**, tj. fm. Ivanić Grad. U starijim bušotinama ti sedimenti često su označeni kao Banatica-naslage prema karakterističnom fosilnom školjkašu *Congerina banatica*. Vrijeme taloženja približno odgovara gornjem panonu. Granicu prema formaciji Moslavačka gora u podini predstavlja elektrokarotažni marker Rs5, koji u ovom slučaju nije bio uočljiv, što upućuje na moguću emerciju u rubnom području, a prema formaciji Kloštar Ivanić u krovini elektrokarotažni marker Z' (slika 3c). Formacija započinje lipovačkim laporom, nastavlja se zagrebačkim članom ili njegovim bočnim ekvivalentom okoljskim pješčenjacima.<sup>9,2,3</sup> U vrijeme gornjeg panona područja Panonskog bazenskog sustava u kojima se odvijalo taloženje prekrivala je slatka voda različite dubine. Pronađeni fosilni ostaci bili su oskudni, slabo očuvani i uglavnom bez provodnih oblika, pa je na mnogim mjestima bilo teško odvojiti pojedine članove te odrediti granicu posebno prema formaciji Moslavačka gora, odnosno križevačkom članu koji je isto siromašan fosilnim sadržajem.

**Sedimenti donjega pont**, tj. fm. Kloštar Ivanić, još se često imenuju naslagama „Abichi“ prema karakterističnom fosilnom školjkašu *Paradacna abichi*. Najstarije naslage pripadaju lepsićkom laporu, zatim slijede poljana pješčenjaci, graberski lapor, pješčenjaci Pepelana i cabunski lapor. Kod izrazite dominacije nepropusnih sedimentata svi ti članovi prelaze u jedan nazvan lapor Kloštar Ivanić.<sup>9</sup> Donja granica, prema formaciji Ivanić Grad, označena je elektrokarotažnim markerom Z' (slika 3c), dok elektrokarotažni marker Ä u vršnom dijelu cabunskog lapora predstavlja približnu granicu s formacijom Bilogora (slika 3e). Litološki sastav je predstavljen izmjenom različitih tipova pješčenjaka i lapora. Laporoviti članovi pretežito su litološki homogeni, a izuzetak je povećanje pješčane komponente

pri vrhu lepsićkog 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. Pješčenjak gotovo potpuno nestaje prema jugu i jugoistoku uleknine. Značajan dio propusnih sedimentata nalazi se u najdubljim dijelovima prostora. Gotovo svugdje su zabilježeni svi članovi formacije iz čega se vidi kako je cijeli prostor u vrijeme donjeg pont bio prekriven vodom.<sup>2</sup> U bušotinama i na profilima je unutar formacije Kloštar – Ivanić registrirana granica (EK marker D<sub>2</sub>) između graberskog člana i pepelanskih pješčenjaka (slika 3 d).

**Sedimenti gornjega pont**, tj. fm. Bilogora, a nazivaju se još i naslagama „Rhombodea“ prema fosilnom školjkašu *Congerina rhombodea*. Formacija nije podijeljena na niže jedinice (članove) zbog mnogo manje mogućnosti otkrivanja ugljikovodika te time i potrebe detaljnijeg raščlanjivanja sedimentata kao u starijim formacijama. Od sedimentata formacije Kloštar Ivanić u podini približno je odvojena elektrokarotažnim markerom Δ (slika 3e), a od formacije Lonja u krovini markerom D' (slika 3f). Nastavlja se taloženje sličnim mehanizmima kao i u donjem pontu, odnosno u slatkovodnom, jezerskom i deltnom okolišu.<sup>2,3</sup> Debljine su uglavnom veće nego li kod prethodne formacije, posebno u prostoru Bilogore što upućuje da izdizanje tog masiva tada još nije započelo. Mlađi sedimenti formacije su predstavljeni laporovitom glinom i glinom te pješčenjakom i pijeskom uz dominaciju nepropusnih taložina.<sup>2</sup>

**Sedimenti dacija**, romanija i kvartara (fm. Lonja) su najmlađi dio naslaga. U podini je formacija Bilogora, od koje je dvojena elektrokarotažnim markerom D' (slika 3f) dok njezinu gornju granicu predstavlja današnja površina terena. Starost joj približno odgovara pliocenu (daciju i romaniju) te kvartaru. Pliocen je razdoblje kada je prostor cijeloga Panonskog bazenskog sustava, pa i Bjelovarske subdepresije, već podijeljen na niz slatkovodnih jezera<sup>2,3</sup> koja se uglavnom u potpunosti zapunjavaju tako da se u pleistocenu taloženje nastavlja samo u fluvijalnim sredinama. Materijal donose rijeke i potoci koji progradiraju. Taloži se pijesak i glina, a unutar dubljih jezera i silit, lapor pa i karbonat.

## 5. TEKTONSKA POVIJEST BJELOVARSKÉ SUBDEPRESIJE

Područje bjelovarske uleknine predstavlja zasebnu geotektonsku jedinicu u naftno-geološkoj podjeli hrvatskoga dijela Panonskog bazena. Geografski i geološki to područje je danas odvojeno od ostatka Dravske depresije, a najvećim dijelom je to posljedica izdizanja Bilogore tijekom pliocena i kvartara. Bjelovarska uleknina prekriva područje približne površine od 2 900 km<sup>2</sup> i u njoj su utvrđene sve glavne vrste struktura i tektonskih pokreta koji su karakteristični i za hrvatski dio Panonskog bazena.<sup>2</sup>

Panonski bazenski sustav je najveća regionalna jedinica. Njegovo stvaranje započelo je u otnangu u razdoblju od prije 18,3 do 17,2 milijuna godina. Stvaranje Panonskog bazenskog sustava je započelo

subdukcijom apulijske ploče pod Dinaride, čime su stvorene južna granica, koju predstavlja Perijadransko-wardarski lineament i sjeverna granica, koju predstavljaju Vanjski Karpati. Pojedini bazeni, potoline i uleknine su unutar Panonskog bazenskog sustava nastali ekstenzijama uz transkurentne rasjedne sustave. Početak tektonske aktivnosti u otnangu je bio praćen početkom marinske transgresije toga prostora.<sup>8</sup> Prva transgresija nije prekrila cijeli prostor, a posebno ne u isto vrijeme, pa su sedimenti donjeg miocena, na području cijeloga Panonskog bazenskog sustava tek mjestimično istaloženi, a prvi miocenski sedimenti na različitim područjima su različite starosti.

Ekstenzijski pokreti su se intenzivirali u karpata, prije 17,2 - 16,4 milijuna godina<sup>7</sup> kada su se na rubnim područjima bazena taložili uglavnom jezersko-riječni sedimenti.<sup>9</sup> Na sjeveroistoku Mađarske na rubu tadašnjeg Paratetisa istaloženi su evaporiti, a morski prostor normalnog saliniteta obuhvaćao je zapadni dio središnjeg Paratetisa (dijelovi Poljske, Mađarske, Slovenije, Hrvatske). Postojala je sigurna veza sa susjednim velikim Mediteranskim morskim prostorom, i moguća sa Indopacifikom. U to vrijeme su se u sjevernoj Hrvatskoj u najvećem dijelu prostora taložili marinski sedimenti. Ekstenzija se nastavila u badenu, 16,4 - 13,0 milijuna godina i sarmatu, 13,0 - 11,5 milijuna godina.<sup>6,7</sup> Do srednjeg badena velika transgresija prekrila je prostore od Austrije do Transilvanije u Rumunjskoj te okolice Karpata.<sup>9</sup> U to vrijeme sva tri velika prostora, Mediteran, Središnji Paratetis (Panonski bazen) i Indopacifik, bila su povezana što je dokazano postojanjem brojnih zajedničkih fosilnih vrsta. U gornjem dijelu srednjeg badena dolazi do promjene facijesa<sup>9</sup>, veza s Mediteranom je prekinuta, a tijekom sarmata i s Indopacifikom. Posljedica je da se na sve većem području Panonskog bazenskog prostora talože evaporiti.<sup>2</sup> Završetak glavne ekstenzijske faze u najvećem dijelu Panonskoga bazenskog sustava određuje donji panon, u razdoblju od prije 11,5 - 9,3 milijuna godina, nakon kojeg nastupa postekstenzijsko razdoblje u kojem hlađenje litosfere, postaje glavni uzročnik dinamike prostora.<sup>8</sup> U gornjem panonu, razdoblju između 9,3 - 7,1 milijuna godina i pontu, razdoblju između 7,1 - 5,6 milijuna godina taloženje je uglavnom u brakičnom i slatkovodnom jezerskom prostoru, a mehanizam prijenosa je deltni ili turbiditni u smjeru sjeverozapad-jugoistok na udaljenosti do nekoliko stotina kilometara. Najmlađe razdoblje pliocena 5,6-1,8 milijuna godina i kvartara 1,8 - 0,0 milijuna godina<sup>6,7</sup> obilježeno je riječnom i jezerskom sedimentacijom. U tektonskom pogledu jačaju kompresijske sile formirajući reverzne i navlačne odnose, često reaktivirajući starije rasjedne plohe, pa i uz inverziju pomaka na istom rasjedu.<sup>2</sup>

## 6. PALEOSTRUKTURNI ODNOSI

Izradom različitih vrsta geoloških karata određenoga prostora istraživanja nastoji se predočiti što vjernija građa podzemlja, koja je u izravnoj vezi sa slikom današnje situacije. Opisom struktura, otkrivenim na nekom terenu, govorimo o trenutačno postojećim oblicima i njihovom razmještanju u prostoru, ali postavlja

se i pitanje razvitka tijekom geološke prošlosti. Do potpuno egzaktnih rezultata nemoguće je doći, no vjerodostojnost ovisi o brojnosti i točnosti podataka pri njezinom kreiranju. Ispitivanje oblikovanja i razgradnje struktura za svaki reporni horizont, učinjeno je postupnim zbrajanjem debljine nalazećih formacija. To znači da će promatrana ploha repera biti izražena reljefno, a iznosi debljina formacija bit će svedeni na horizontalnu plohu završnih razina taloženja odgovarajuće litostratigrafske jedinice. Krajnji rezultat je niz različitih karata (slika 4). Njihov broj može se izračunati iz sljedećih izraza, a ovisi isključivo o broju repornih horizonata:

$$N = (2n + n) / 2 \quad (1)$$

gdje su:

$n$  broj repornih horizonata

$N$  ukupan broj karata

Horizontalni nizovi paleostrukturalnog trokuta predstavljaju karte promatranih repera u različitim fazama sedimentacije. Posljednja karta u tom nizu (strukturna karta) prikazuje današnji dubinski reljef odgovarajućih horizonata. U sastav paleostrukturalnih karata ulaze i karte debljina formacija i paleostrukturalne karte. Sve karte zajedno iz paleostrukturalnog trokuta predstavljaju tijek razvoja i razgradnju struktura. Usto se jasno uočavaju izdizanja i spuštanja sedimentacijskog prostora.

## 7. ALEOTEKTONSKA REKONSTRUKCIJA ZAPADNOG RUBA MOSLAVAČKE GORE

Paleotektonska rekonstrukcija omogućuje praćenje razvoja struktura kao i njihovih debljina te dobivanje slike o rasjedima i njihovim različitim fazama aktivnosti i procesima sedimentacije. Promjene debljina vezane su uz postojanje udubina u paleoreljefu i tadašnju tektonsku aktivnost. U nastavku je dan općeniti uvod u razvoj istraživačkog prostora. Najstariji registrirani član na istraživanom području je član Mosti koji spada u stariji dio formacije Moslavačka gora. Za vrijeme taloženja člana Mosti nakon kopnene faze došlo je do spuštanja cijelog područja pa je došlo do zapunavanja udubina u starom paleoreljefu. Rasjedna sinsedimentacijska struktura bila je svakako izražena, ali danas nije jasno uočljiva radi malih skokova, odnosno malih razlika u debljinama što je možda posljedica kompresije. Tijekom taloženja formacije Ivanić Grad dolazi do aktiviranja rasjeda u istočnom dijelu. U tom području uočljivo je i povećanje debljina sedimenata. Taloženje formacije Kloštar Ivanić ukazuje na još jače spuštanje istočnog dijela. Najveće debljine sedimenata i dalje su vezane uz rasjednu zonu. Taloženje bilogorske formacije praćeno je osim rasjedanjem i većim spuštanjem istočnog dijela. Taloženje formacije Lonja praćeno je osim normalnog rasjedanja i spuštanja u zapadnom dijelu terena i blagim spuštanjem terena uz reverzni rasjed u istočnom dijelu.

Za vrijeme taloženja člana Mosti nakon kopnene faze došlo je do spuštanja cijelog područja te do zapunavanja udubina u starom paleoreljefu (slika 3b). Rasjedna

sinsedimentacijska struktura bila je svakako izražena, ali danas nije jasno uočljiva zbog malih skokova, odnosno malih razlika u debljinama što je možda posljedica kompresije i moguće inverzije pomaka na normalnom rasjedu u istočnom dijelu istraživanog područja. Nakon taloženja člana Mosti dolazi do rasjedanja u istočnom dijelu. Rasjed je velikog skoka, oko 200 m, ali su debljine naslaga članova Mosti i Križevci vrlo slične. Nagib je slojeva prema istoku. U zapadnom dijelu je izraženo manje antiklinalno uzdignuće. Ploha repera Z' je značajna stoga što predstavlja donju granicu formacije Kloštar Ivanić (slika 3c). Tijekom taloženja lapora Brezine istočni rasjed nije aktivan, tako lapor Brezine ispunjava naslage formacije Ivanić Grad. Na istočnom dijelu je zbog tektonike došlo do sinklinalnog povijanja naslaga. Ploha repera D<sub>2</sub> predstavlja granicu lapora Brezine unutar formacije Kloštar Ivanić (slika 3d). Rasjed je ostao relativno miran do kraja taloženja formacije Kloštar Ivanić. Izražena je monoklinalna struktura na cijelom području. Manja sinklinalna povijanja primjećena su u istočnom i jugoistočnom dijelu. Ploha repera D predstavlja donju granicu bilogorske formacije (slika 3e). Tijekom taloženja sedimenata bilogorske formacije dolazi do veće aktivnosti istočnog rasjeda i do jačeg spuštanja sedimentacijskog bazena, posebno na istočnom dijelu. Takvi pokreti uzrokuju veliko zadebljanje naslaga bilogorske formacije. Monoklinalna struktura još je izraženija nego na prethodnim kartama. Velika debljina naslaga bilogorske formacije, velik skok rasjeda i strmiji nagib naslaga prema istoku ukazuju na pojačanu tektoniku. Ploha repera D' (D(α')) predstavlja granicu između bilogorske formacije i formacije Lonja (slika 3f). Tijekom taloženja formacije Lonja nastavljaju se tektonski režimi koji su vladali i za vrijeme taloženja bilogorske formacije. Izraženi nagib monoklinalne strukture na jugu i reverzni rasjed ukazuju na promjenu karaktera tektonizma tijekom taloženja formacije Lonja. U zapadnom dijelu dolazi do spuštanja uz novonastali reverzni rasjed. Karta debljina slojeva od plohe Tg do plohe repera Rs7 (slika 5e) pokazuje izgled plohe Tg nakon taloženja člana Mosti. Razlike u debljinama su izražene i kreću se od 100 m na jugoistoku do preko 300 m na sjeverozapadu. Možda prevelika ekvidistancija od 50 m koja je izabrana s obzirom na dostupne podatke svakako je zamaskirala prikaz detalja u izgledu drevnoga paleoreljefa. Na paleostrukturalnoj karti od Tg do Z' (slika 5d), vidi se malo zadebljanje na istočnoj strani, što upućuje na početak aktiviranja istočnog rasjeda za vrijeme taloženja formacije Ivanić Grad. To isto se vidi i na paleostrukturalnoj karti debljina od repera Rs7 do Z' (slika 5f). Na paleostrukturalnoj karti Tg-D<sub>2</sub> (Slika 4 - c) vidi se da je razlika u debljinama još veća, što upućuje na to da je rasjed i dalje aktivan. Isto to se vidi i na paleostrukturalnoj karti od repera Rs7 do D<sub>2</sub> (slika 5g). Nakon taloženja lapora Brezine dolazi do smirivanja tektonske aktivnosti što se vidi na paleostrukturalnoj karti od repera Z' do D<sub>2</sub> (slika 5j). Tijekom taloženja formacije Kloštar Ivanić dolazi do ponovnog aktiviranja rasjeda što se vidi na paleostrukturalnim kartama Tg-Δ (slika 5b) i Rs7-Δ (slika 5h). Nakon taloženja formacije Kloštar Ivanić, dolazi do smirivanja rasjeda što se vidi na

paleostrukturalnoj karti D<sub>2</sub>-Δ (slika 5n). Tijekom taloženja bilogorske formacije rasjed se ponovo aktivira i dolazi do jačeg spuštanja struktura prema istoku što se vidi na paleostrukturalnim kartama Tg-D(α') (slika 5a), Rs7-D(α') (slika 5i), D<sup>2</sup>-D(α') (slika 5k), Δ-D(αα') (slika 5o). Nakon taloženja bilogorske formacije i tijekom taloženja formacije Lonja, aktivnost istočnog rasjeda se nastavlja uz pojavljivanje reverznog rasjeda na zapadnom dijelu.

## 8. ZAKLJUČAK

Područje zapadnog ruba Moslavačke gore, koje je ovdje prikazano, obuhvaća površinu od oko 25 km<sup>2</sup>, a nalazi se u južnom dijelu Bjelovarske subdepresije. S obzirom na postojanje tek dviju bušotina razrada podzemlja je napravljena uglavnom pomoću seizmičkih profila. U sklopu ovog rada izrađen je niz strukturalnih i paleostrukturalnih karata. Istraživačkim bušenjem utvrđeno je pet formacija: Moslavačka gora, Ivanić Grad, Kloštar Ivanić, bilogorska i Lonja.

Tijekom taloženja formacije Moslavačka gora i formacije Ivanić Grad, u ovom području nisu zabilježeni tektonski pokreti. Na prijelazu iz donjeg panona u gornji panon, uslijed ekstenzijskih pokreta dolazi do normalnog rasjedanja u istočnom dijelu istraživanog područja, a tijekom donjeg pont, ovaj rasjed je mirovao do prijelaza u gornji pont, kada je opet reaktiviran.

Osnovni, antiklinalni oblik nastaje nakon taloženja formacije Kloštar Ivanić i tijekom taloženja bilogorske formacije. Tijekom taloženja formacije Lonja dolazi i do izraženoga spuštanja na zapadnoj strani uz reverzni rasjed, koji je rezultat jačanja kompresijskih sila. To je i vrijeme kada se na cijelom prostoru Panonskog bazena formiraju reverzne i navlačne strukture. Rezultati paleotektonske rekonstrukcije zapadnog ruba Moslavačke gore se uklapaju u dosadašnje regionalne prikaze tektonike i stratigrafije Bjelovarske subdepresije.<sup>2,3</sup>

## Zahvala

Zahvaljujem doc. dr. sc. Tomislavu Malviću sa Rudrsko, geološko naftnog fakulteta na konstruktivnoj kritici i pomoći da napišem ovaj članak, također zahvaljujem i kolegiji Goranu Mikšić iz INA naftaplina na poticaju za pisanje članka, te firmi ECOINA d.o.o.



Autor:

**Ratko Vasiljević**, ECOINA d.o.o., S.R. Njemačke 10; 10 020 Zagreb  
e-mail: rvcro@yahoo.co.uk