

Palinološki model mlađih neogenskih naslaga Istočne Slavonije (Hrvatska)

Izvorni znanstveni rad



Gabrijela Pecimotika¹, Krešimir Krizmanić¹, Damir Rakarić²,
Dražen Brajković³

¹INA – Industrija nafte d.d., Lovinčićeva 4, 10 002 Zagreb, Hrvatska

²INA – Industrija nafte d.d., Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

³Preradovićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Palinološkim analizama naslaga mlađeg neogena iz eksploatacijske bušotine u prostoru Istočne Slavonije postavljene su 3 vegetacijske zone (Z_1 , Z_2 , Z_3) koje su uvjetovane klimatskim odrednicama. Na osnovi međusobnih postotnih odnosa pojavljivanja pojedinih svojti i njihovih grupiranja prema rezultatima klsterske analize te zone oslikavaju razdoblja zahladnjenja i zatopljenja uz promjenjivu vlažnost. Određene su starosti zona: zona Z_1 pont, zona Z_2 pliocen i zona Z_3 kvartar (pleistocen i holocen). U pontu je određeno 13 form-vrsta spora koje ne prelaze granicu miocen/pliocen. U pliocenu su određene 4 provodne form-vrste spora koje nisu nađene u kvartaru na istraživanome području. U najmlađim naslagama istraživanoga područja (pleistocen i holocen), utvrđeno je 7 provodnih spora. Zajedno s elektrokarotažnim mjerenjima (prirodna radioaktivnost i specifična otpornost) načinjen je model za lokalnu rutinsku odredbu starosti na istraživanome području. Dobiveni rezultati generalno se podudaraju s drugim rezultatima dobivenim iz sedimenata mlađega neogena u susjednim područjima Središnjega Paratethysa, te mogu poslužiti kao model za korelaciju istovremenih sedimenata i u drugim područjima (kao što su Savska i Dravska depresija) što doprinosi učinkovitijem istraživanju potencijalnih ležišta ugljikovodika.

Ključne riječi

Istočna Slavonija, mlađi neogen, pelud, spore, klima, vegetacijske zone

1. Uvod

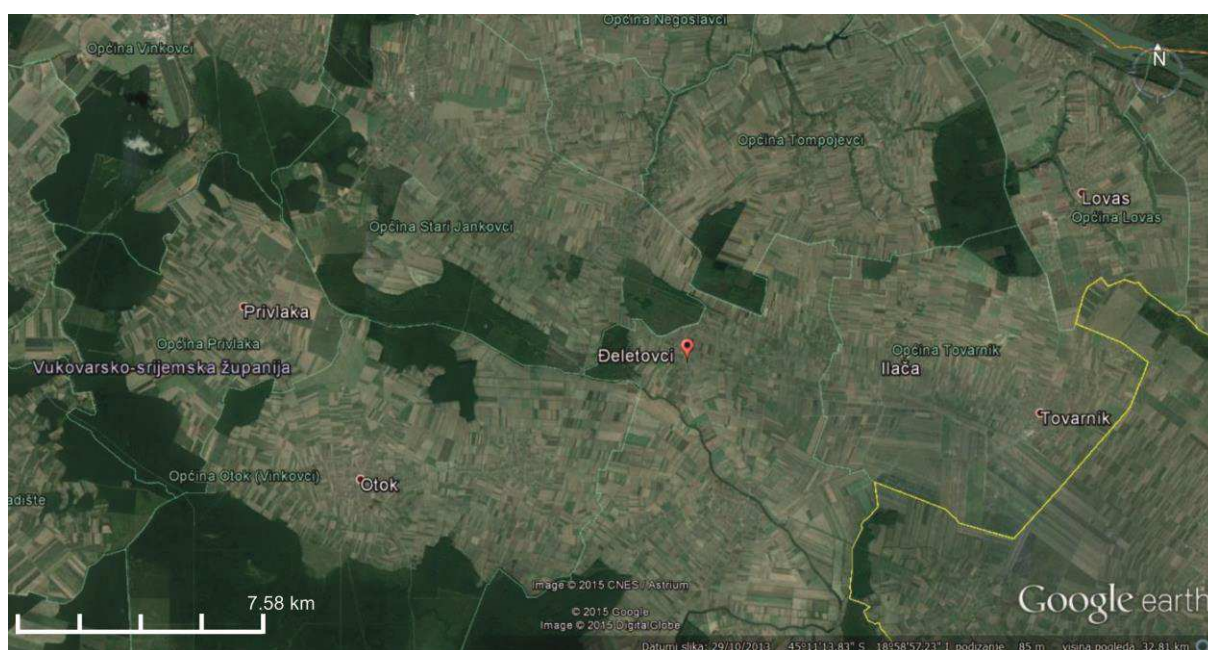
Područje Istočne Slavonije obuhvaća južni dio Panonskog bazenskog sustava (**slika 1**), odnosno, istočni dio Dravske te dio Slavonsko-srijemske depresije i jedno je od najbogatijih nalazišta ugljikovodika u Hrvatskoj. Problem odredbe starosti neogenskih naslaga u daljnjim istraživanjima ugljikovodika uvijek je aktualan zbog prirode njihova nastanka, što je posljedica okolišnih uvjeta taloženja sedimenata i tektonskih događanja toga vremena. Poznavanje starosti sedimenata koji su nosioci ugljikovodika uvjet je bez kojega nije moguće korelirati istovremene slojeve te na taj način definirati potencijale naftnoga, odnosno ugljikovodičnoga sustava. U doba neogena na području Paratethysa, zbog tektonskih pokreta stvaraju se manji uzemni sedimentacijski sustavi s lokalnim posebnostima, primjerice različit stupanj oslađivanja, što dovodi do razvoja endemizama. Zbog te činjenice teško je ili gotovo nemoguće iskoristiti provodne fosile karakteristične za velike, ponajprije morske, Zemljine površine kao sredstvo korelacije takvih novonastalih, više ili manje oslađenih uzemnih taložnih bazenskih sustava. S obzirom na činjenicu kako su spore i pelud regionalno distribuirani i ne ovise direktno o facijesima taložnih bazenskih sustava, palinologija je jedini alat u biostratigrafskoj korelaciji sedimenata taloženih u različitim kontinentalnim i akvatičkim facijesima.

U strukturno-tektonskome i litološkome smislu istraživano područje prilično je složeno. Mnogi su se autori bavili tom kompleksnom geološkom građom (npr. **Kranjec, 1972; Hertz, 1983; Pamić, 1997; Pavelić, 2001, 2002; Saftić et al., 2003; Malvić & Velić, 2011**).

Magmatske, metamorfne i sedimentne stijene paleozoika i mezozoika (lokalno možda i paleogena) prisutne su u istraživanome području i tvore podinu na kojoj se nalaze istraživani neogeni sedimenti. Iako se otvaranje Panonskoga

bazenskog sustava (Rögl & Steininger, 1984) događalo početkom miocena uslijed sraza dviju tektonskih ploča (euroazijske i afričke), evolucija većega dijela njegova jugozapadnog i južnog područja, pa tako i istočnoslavonskog dijela započinje u donjemu miocenu (otnang–karpat) snažnom ekstenzijskom tektonikom, vulkanskom aktivnošću i lokalno predodređenim taloženjem naslaga neujednačenoga litološkog sastava, isprva iz slatkovodnih, prijelaznih, a zatim od badena i marinskih okoliša. Uz različite vulkanske stijene talože se krupnozrnati slatkovodni sedimenti breče, konglomerati, pješčenjaci, lapori i vapnenci (Lučić et al., 2001; Pavelić et al., 2003). Tijekom srednjega miocena u plitkomorskim okolišima većinom se talože biogeni vapnenci i krupnozrnati klastiti, a u nešto dubljim prostorima sitnozrnati pješčenjaci, glinovito-laporoviti peliti i vapnenci. U sarmatu, krajem srednjega miocena, prekida se marinska veza između prostora Paratethysa i (Neo)Tethysa. Dolazi do oslađivanja okoliša i taloženja tanko uslojenih lapora. Gornjomiocenski slijed naslaga karakteriziran je daljnjim postupnim oslađivanjem i taloženjem debelih serija lapora i pješčenjaka. U pliocenu se talože većinom pjeskovito-glinoviti sedimenti, a sukcesija završava taloženjem kvartarnih naslaga šljunaka, pijesaka, glina i lesa.

Cilj je ovoga rada, uz već postojeće palinološke rezultate (dinosporinske ciste dinoflagelata) rekonstrukcijom kopnene vegetacije pomoću spora i peluda, koja je uvjetovana klimom karakterističnom za pojedina geološka razdoblja, pridonijeti preciznijoj odredbi starosti istraživanih sedimenata. Korištene su standardna palinološka analiza i statistička metoda peludnih analiza te elektrokarotazna mjerenja prirodne radioaktivnosti i specifične otpornosti. Dobiveni rezultati poslužiti će kao lokalni model za rutinsku odredbu starosti na istraživanome području.



Slika 1. Geografski položaj proučavanoga prostora (preuzeto iz <http://www.google.hr>)

2. Materijal i metode

Za izradu peludnoga dijagrama korišteni su uzorci krhotina iz isplake duboke bušotine za eksploataciju ugljikovodika na području Istočne Slavonije. Od dubine 190 m do 1050 m za maceraciju uzimani su uzorci svakih 30 m. Maceracija je rađena prema standardnoj metodi po Kummel & Raup (1965) koja se koristi u INA d.d. Oprani uzorci prvo se tretiraju s 18-postotnom solnom kiselinom (HCl) radi otapanja karbonata i nakon ispiranja ostatak se tretira s 40-postotnom fluorovodičnom kiselinom da se otope silikati. Ostatak dobiven kemijskim otapanjem uzorka stijene dalje se obrađuje u (ZnCl₂) teškoj tekućini ($\rho = 2,1 \text{ kg/l}$). Teška tekućina koristi se za izdvajanje organske tvari od mineralnoga ostatka. Supernatant s organskim ostatkom prosijava se kroz sito veličine otvora 15 μm . Ostatak organske tvari sa sita se ispire i centrifugira na 3600 okretaja 10 minuta. Talog iz kivete nanosi se na predmetno staklo, osuši i nakon dodavanja

glicerinske želatine prekrije se pokrovnim stakalcem. U ovome radu korišten je palinološki svjetlosni mikroskop s interferencijskim kontrastom i fluorescencijom maksimalnoga povećanja do 600 x, OLYMPUS BX51. Za analizu svojti korišteno je povećanje 1000 x s imerzijskim uljem, a za brojenje 400 x. Za klasifikacijsku odredbu korišteni su atlas recentnoga peluda (Reille, 1992, 1995), ključ za odredbu recentnoga peluda sa slikama (Moore, 1991), atlas form-vrsta fosilnih spora i peluda (Nagy, 1969; Planderová, 1990; Stuchlik et al., 2001) i baza podataka recentnoga peluda Hrvatske s ključem za odredbu (Brajković et al., 2004). Za statističku obradu i izradu peludnoga dijagrama korišten je računalni program POLPAL (Walanus & Nalepka, 1999).

3. Rezultati i diskusija

Analizirano je 35 uzoraka (svakih 30 m) od kojih je 30 (190 – 1050 m) sadržavalo palinomorfe (spore, pelud i dinociste). Na osnovi analiziranih približno nešto više od 9000 peludnih zrna i spora (oko 300 zrna po preparatu) određeno je 96 biljnih svojti koje su statistički obrađene i prikazane u skupnome peludnom dijagramu koji se sastoji od karotažnih dijagrama s litološkim stupom, prikaza razvoja svake pojedine svojte na istraživanome prostoru u vremenu od gornjega ponta (Stevanović, 1989) do holocena, od klasterske analize i dijagrama odnosa „toplih i hladnih” svojti. Dobiveni su sljedeći rezultati:

3.1. Vegetacijske zone

Određene su 3 vegetacijske zone (Z_1 , Z_2 , i Z_3) na osnovi međusobnih postotnih odnosa pojavljivanja pojedinih svojti i njihovih grupiranja prema rezultatima klasterske analize (prilog 2). Za biostratigrafsku zonu Z_1 karakteristična je dominacija peluda Taxodiaceae s postotkom do 24 %, *Alnus* do 11 % i *Ulmus* do 9 %, što upućuje na topliju i vlažniju klimu. U vršnome dijelu zone, na samome prijelazu iz gornjega pontu u pliocen, postotak Taxodiaceae i dalje je visok, dok izrazito raste postotak Poaceae (do 22 %), što upućuje na još uvijek vlažnu klimu, ali znatno hladniju. U zoni Z_2 postotak je Taxodiaceae u padu, a postotak *Alnus* i *Ulmus* ostaje uglavnom isti. Karakteristično je povećanje udjela peluda *Cathaya* (do 4,5 %) i Asteraceae (do 8 %). Na prijelazu iz Z_2 u Z_3 karakteristično je povećanje postotka *Sciadopitys* (do 13 %) i *Tsuga* (do 9,5 %). Za zonu Z_3 karakteristično je daljnje zahladnjenje s povećanjem postotka peluda Poaceae (do 17 %), *Picea* (do 8 %), *Tsuga* (do 8 %) i *Abies* (do 6 %). Ta je zona podijeljena na dvije podzone Z_{3a} i Z_{3b} . U zoni Z_{3a} znatan je postotak peluda rodova *Tilia* (do 6 %), *Quercus* (do 5 %) i *Fagus* (do 4,5 %), dok se u zoni Z_{3b} nakon potpunoga prestanka ponovo javlja pelud Taxodiaceae i Cupressaceae, *Carya* i *Pterocarya*, koje su karakteristične za šume poplavnih ravnica. Takva slika peludnoga dijagrama upućuje na generalno zahladnjenje od kraja miocena do kvartara, s izrazitim pikovima na granici pont/pliocen, pliocen/pleistocen i na kraju zone Z_{3a} , te ponovno zatopljenje u zoni Z_{3b} . Slična klimatska događanja registrirana su i u ostalim dijelovima Središnjega Paratethys-a. Vegetacija u pontu Dunavskoga bazenskog sustava upućuje na više kontinentalnu klimu s manje oborina i većom vlagom s početkom pliocena (Kováč et al., 2006). U Pretkarpatskome bazenskom sustavu u sjeverozapadnoj Bugarskoj (Ivanov et al., 2002) te u Srbiji (Utescher et al., 2007) i jugoistočnoj Europi (Ivanov et al., 2011) u vrijeme pontu vegetacija šuma poplavnih ravnica i sličan sastav biljnih zajednica kao i na istraživanome području Istočne Slavonije upućuje na identičnu klimatsku sliku. Nešto sjevernije u Panonskom bazenskom sustavu na području južne Mađarske krajem pleistocena sedimentiraju se bazalne crvene gline koje svojim mineralnim sastavom upućuju na izrazito zahladnjenje (Kovács et al., 2011) koje je registrirano i na peludnome dijagramu iz Istočne Slavonije.

3.2. Starost

Starost zone Z_1 na osnovi dinocista – *Galeacysta etrusca* Corradini & Biffi (tabla 1) određena je kao pont. Zona Z_2 kao pliocen i zona Z_3 kao kvartar, odnosno pleistocen i holocen, određene su u ovome radu rekonstrukcijom klime na osnovi međusobnih postotnih odnosa pojedinih svojti kroz vrijeme i usporedbom dijagrama odnosa „toplih i hladnih” svojti (prilog 2) s Haqovom krivuljom promjena nivoa mora koja upućuje na globalna zahladnjenja i zatopljenja na Zemlji (Haq et al., 1987, 1988) i usporedbom s metodom kisikovih izotopa (δO^{18}) koja također upućuje na globalne izmjene klime (Emiliani & Edwards, 1953). Na skupnome peludnom dijagramu iz uzoraka iz bušotine uočena su tri izražena

zahladnjenja koja odgovaraju događanjima na granici miocen/pliocen (cca 660 m), pliocen/pleistocen (cca 440 m) i u kvartaru (pleistocen + holocen) (260 m) (**prilog 2**).

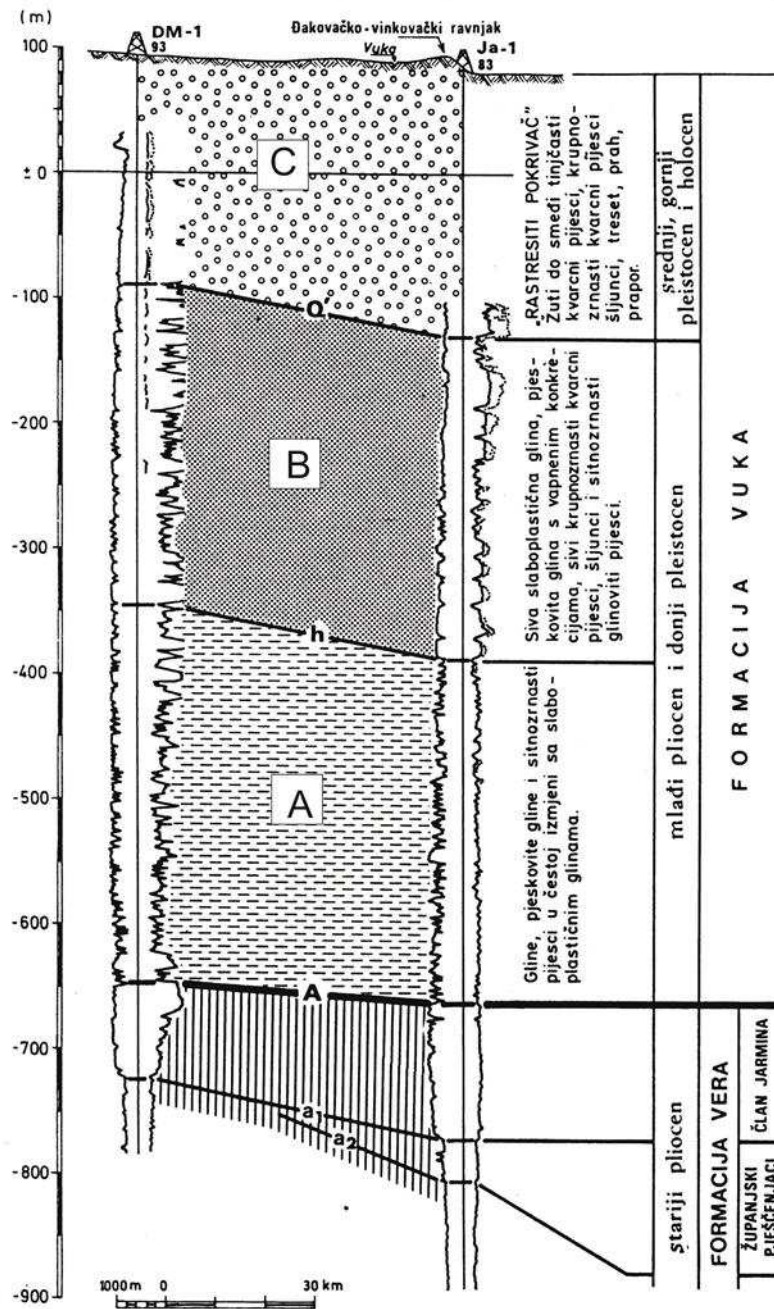
3.3. Provodne vrste

Na istraživanome području, određene su 44 morfosvojtne spora, od kojih 12 form-rodova i 32 form-vrste (**prilog 1**). Takvi izrazi standardno se rabe u strukovnome izričaju hrvatskog jezika (**Koch, 1998**). Za svaku morfosvojtutu utvrđen je raspon pojavljivanja u okviru istraživanih sedimenata (**prilog 3**). Unutar pojedinih zona određene su form-vrste spora koje se pojavljuju samo unutar njih, kao moguće provodne form-vrste za rutinsku odredbu starosti sedimenata na području istočne Slavonije. U pontu je određeno 13 form-vrsta spora koje ne prelaze granicu miocen/pliocen (**tabla 1**). To su: *Echinatisporis longechinus*, *Echinatisporis miocenicus*, *Laevigatosporites gracilis*, *Leiotriletes triangulus*, *Retitriletes pseudoclavatus*, *Retitriletes punctoides*, *Stereisporites cyclus*, *Stereisporites pseudopsilatus*, *Stereisporites stereoides*, *Stereisporites stictus*, *Verrucatosporites favus*, *Verrucatosporites megabalticus* i *Verrucatosporites megafavus*. U pliocenu su određene 4 moguće provodne form-vrste spora koje nisu nađene u kvartaru na ovome istraživanom području (**tabla 2**). To su: *Distancoraesporis silesicus*, *Selagosporis selagoides*, *Verrucatosporites alienus* i *Verrucatosporites histiopteroides*. U najmlađim naslagama istraživanog područja, dakle pleistocena i holocena, 7 je mogućih provodnih spora (**tabla 2**) koje, ako se potvrdi da pripadaju kvartaru, treba revidirati prema recentnoj nomenklaturi: *Camarozonosporites minoris* (*Lycopodiella* sect. *Campylostachys*), *Corrugatisporites microvallatus* (*Lygodium*), *Leiotriletes microlepidoidites* (Dennstaedtiaceae, *Microlepidia*?), *Leiotriletes neddenioides* (Lygodiaceae? Cyatheaceae?), *Polypodiaceoisporites saxonicus* (*Pteris*), *Retitriletes rotundoides* (*Lycopodium*) i *Segmentizonosporites paucirugosus* (Pteridaceae). Potvrdu navedenih provodnih vrsta treba očekivati u budućim analizama ovoga istraživanog područja.

3.4. Litologija i EK markeri

Usporedbom peludnoga dijagrama s karotažnim dijagramima trebalo bi biti moguće odrediti točne dubine navedenih geoloških granica, odnosno poziciju karotažnih repera α , h i Q (**Hernitz, 1983**) (**slika 2**). Najmlađa litostratigrafska formacija u području istočne Slavonije jest formacija Vuka (**Šimon, 1966**). Ona obuhvaća interval iznad karotažnoga markera alfa (α) do površine zemlje. Temeljem litoloških značajki mogu se razlikovati tri dijela formacije Vuka koje su **Batušić & Urbiha (1979)** nazvali operativnim jedinicama A, B i C (od najstarije prema najmlađoj) (**slika 2**). U zoni C koja seže do površine zemlje ima glina, nevezanih pijesaka, šljunaka, prapora i humusa. Mjestimice se nalaze proslojci slabokarboniziranoga ugljena i treseta (poroznost pijesaka iznosi oko 10 %, a salinitet slojne vode ne prelazi 0,5 g NaCl/dm³).

EK marker Q dijeli zone B i C. U zoni B prevladavaju sitnozrnati pijesci s proslojcima slaboplastične gline (poroznost pijesaka iznosi oko 30 %, a salinitet slojne vode 0,5 – 1 g NaCl/dm³). EK marker h dijeli zone A i B. U zoni A nalaze se gline i sitnozrnati pijesci (poroznosti 25 – 30 % i saliniteta slojne vode 1 – 3 g NaCl/dm³). Prelazak iz formacije Vera u Vuku karakterizira nagli porast vrijednosti specifične otpornosti formacije (najčešće preko 20 ohm x m) koji je povezan s promjenom saliniteta slojne vode koji se naglo smanjuje (EK marker alfa). Središnji dio formacije Vuka odvojen je od donjega dijela (B/A) EK markerom h. Vrijednosti specifične otpornosti formacije jače su „nazubljene” u zoni B nego u zoni A (posebice u pješčenjacima i pijescima) (**slika 2**).



Slika 2. Podjela formacije Vuka (Hernitz, 1983)

4. Zaključak

Iz krhotina stijena dobivenih za vrijeme bušenja duboke istraživačke bušotine u Istočnoj Slavoniji načinjene su peludne analize i izrađen je peludni dijagram zastupljenosti pojedinih biljnih svojti koje su na tome području egzistirale u vremenu od najmlađega miocena do kvartara. Postavljene su tri vegetacijske zone (Z_1 , Z_2 i Z_3) i dvije podzone (Z_{3a} i Z_{3b}).

Determinirane biljne svojte grupirane su prema ekološkim zahtjevima u tri skupine, kao tople, hladne i ubikvisti, to jest one koje imaju širok dijapazon tolerancije na klimatske promjene, ponajprije temperaturne. Njihovom međusobnom usporedbom utvrđeni su periodi izrazitoga zahladnjenja na istraživanome prostoru kroz promatrano vrijeme. Usporedbom s Haqovom krivuljom globalnih promjena nivoa mora i usporedbom s metodom kisikovih izotopa ($\delta O18$) koja govori o globalnim izmjenama klime određena je geološka starost utvrđenih zahladnjenja.

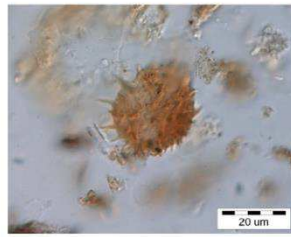
Korelacijom dobivenih rezultata s krivuljama elektrokarotaznih mjerenja bušotine čiji je stijenski materijal analiziran, utvrđene su EK markerima točne geološke granice (miocen/pliocen i pliocen/kvartar). Preciznom odredbom raspona pojavljivanja pojedinih form-vrsta spora, vrste čije je pojavljivanje ograničeno unutar jednoga razdoblja postavljene su kao moguće provedene vrste za navedena geološka razdoblja na području Istočne Slavonije. Kao takve vrijedan su materijal za rutinske odredbe geološke starosti na istraživanome području. S obzirom na specifičan razvoj miocena i pliocena na području središnjeg Parathetysa, ovakav model istraživanja bio bi koristan i u drugim dijelovima Panonskoga bazenskog sustava.

Zahvala

Za korisne savjete i nesebičnu pomoć zahvalni smo recenzentima dr. sc. Koraljki Bakrač i dr. sc. Georgu Kochu.



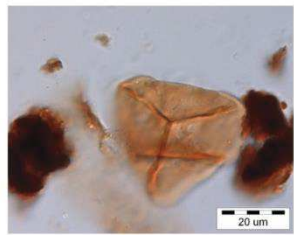
Echinatisporis longechinus



Echinatisporis miocenicus



Laevigatosporites gracilis



Leiotriletes triangulus



Retitriletes pseudoclavatus



Retitriletes punctoides



Stereisorites cyclus



Stereisorites pseudopsilatus



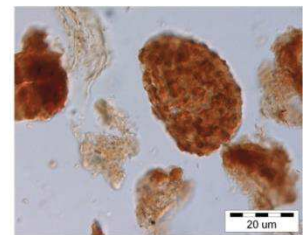
Stereisorites stereoides



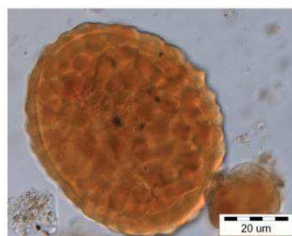
Stereisorites stictus



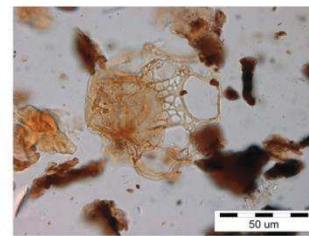
Verrucatosporites favus



Verrucatosporites megabalticus



Verrucatosporites megafavus

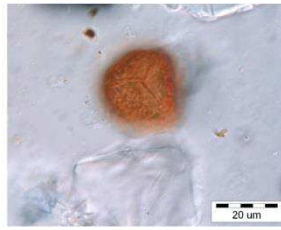


Galeacysta etrusca

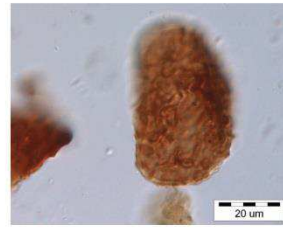
Tabla 1.



Distancoresporis silesicus



Selagosporis selagoides



Verrucatosporites alienus



Verrucatosporites histiopteroides



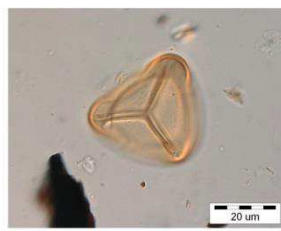
Camarozonosporites minoris



Corrugatisporites microvallatus



Leiotriletes microlepioidites



Leiotriletes neddenioides



Polypodiaceosporites saxonicus



Retitriletes rotundoides



Segmentizonosporites paucirugosus

Tabla 2.

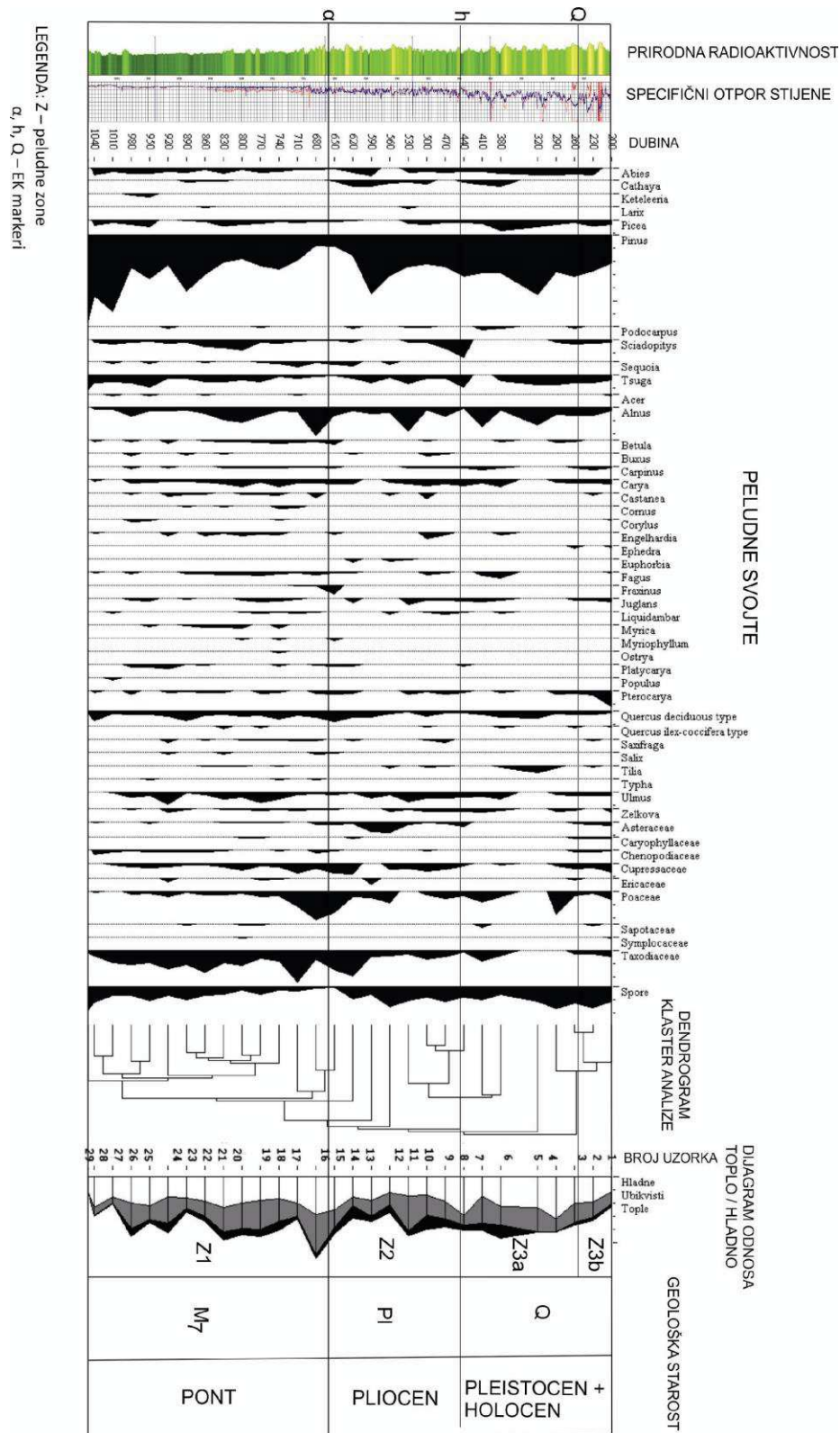
Prilog 1

Popis form-vrsta spora određenih u ovome radu

1. *Baculatisporites* sp.
2. *Baculatisporites nanus* (Wolff 1934) Krutzsch 1959
3. *Baculatisporites ovalis* Kedves 1973
4. *Baculatisporites primarius* (Wolff 1934) Pflug & Thomson in Thomson & Pflug 1953
5. *Camarozonosporites minoris* Krutzsch 1963
6. *Contignisporites* sp.
7. *Corrugatisporites* sp.
8. *Corrugatisporites microvallatus* (Krutzsch 1967) Nagy 1985
9. *Distancoraesporis silesicus* (Krutzsch 1963) Grabowska 2001
10. *Echinatisporis* sp.
11. *Echinatisporis longechinus* Krutzsch 1959
12. *Echinatisporis miocenicus* Krutzsch & Sontag in Krutzsch 1963
13. *Echinosporis fotensis* Nagy 1985
14. *Laevigatosporites* sp.
15. *Laevigatosporites gracilis* Wilson & Webster 1946
16. *Laevigatosporites haardti* (Potonié & Ventiz 1934) Thompson & Pflug 1953
17. *Leiotriletes* sp.
18. *Leiotriletes microlepidoidites* Krutzsch 1962
19. *Leiotriletes neddenioides* Krutzsch 1962
20. *Leiotriletes triangulus* (Mürriger & Pflug ex Krutzsch 1959) Krutzsch 1962
21. *Neogenisporis* sp.
22. *Polypodiaceoisporites* sp.
23. *Polypodiaceoisporites saxonicus* Krutzsch 1967
24. *Retitriletes* sp.
25. *Retitriletes pseudoclavatus* Krutzsch 1963
26. *Retitriletes punctoides* Krutzsch 1963
27. *Retitriletes rotundoides* Krutzsch 1963
28. *Segmentizonosporites paucirugosus* (Nagy 1985) Stuchlik 2001
29. *Selagosporis selagoides* Krutzsch 1963
30. *Stereisporites* sp.
31. *Stereisporites cyclus* Krutzsch 1963
32. *Stereisporites pseudopsilatus* Krutzsch 1959
33. *Stereisporites stereoides* (Potonié & Ventiz 1934) Thompson & Pflug 1953
34. *Stereisporites stictus* (Wolff 1934) Krutzsch 1963
35. *Toroisporis* sp.
36. *Toroisporis stuchlikii* Planderová 1990
37. *Triplanosporites* sp.
38. *Verrucatosporites* sp.
39. *Verrucatosporites alienus* (Potonié 1931) Thompson & Pflug 1953
40. *Verrucatosporites balticus* (Krutzsch 1962) Krutzsch 1967
41. *Verrucatosporites favus* (Potonié 1931) Thompson & Pflug 1953
42. *Verrucatosporites histiopteroides* Krutzsch 1962
43. *Verrucatosporites megabalticus* Krutzsch 1967
44. *Verrucatosporites megafavus* Krutzsch 1967

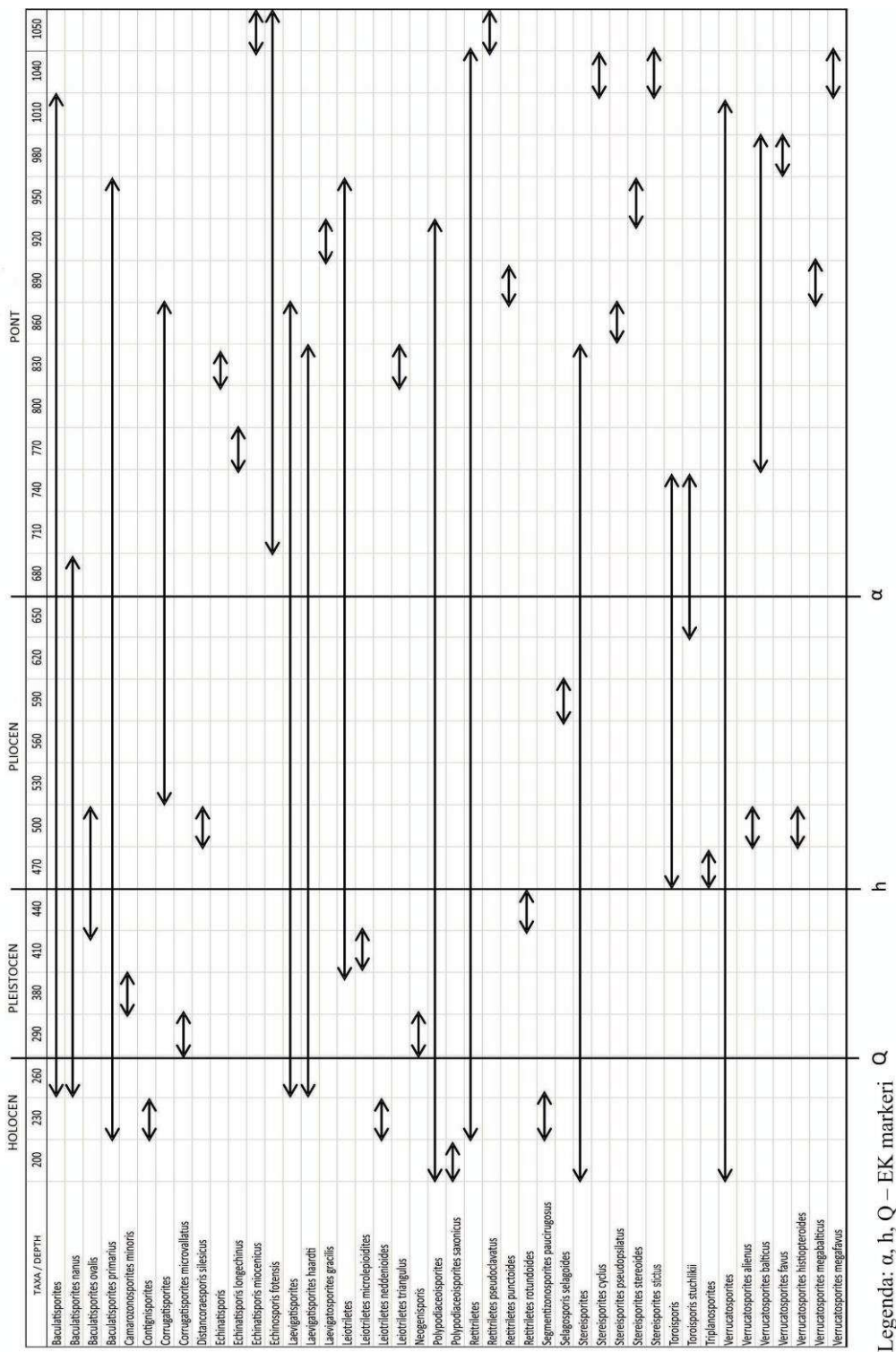
Prilog 2

Peludni dijagram duboke bušotine u istočnoj Slavoniji



Prilog 3

Prikaz raspona mogućih lokalnih provodnih vrsta spora



5. Literatura

Objavljeni radovi:

- Batušić, V. & Urbiha, H. (1979): O primjeni podataka iz naftnih bušotina za pridobivanje termomineralnih voda u Vuka-formaciji pliocena na području Donjeg Miholjca (*About application of data in oil wells for recovering thermomineral water from Vuka Formation, Pliocene, in the area of Donji Miholjac*). Zbornik radova III god. naučnog skupa I sekcije ZSN JAZU (Novi Sad, 1977), 2, 273-284. (in Croatian)
- Brajković, D., Krizmanić, K., Donevski, B., Šošćarić, R., Kovačić, M., Mitić (2004): Croatian pollen database. XI International Palynological Congress, Granada, Spain. *Polen* 14, 599–600.
- Emiliani C. & Edwards G. (1953): Tertiary Ocean Bottom Temperatures. *Nature*, 171, 887–888.
- Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235, 1156–1147.
- Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R. (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level changes. U: Wilgus, C. K. (ur.): *Sea-Level Changes—an Integrated Approach*. SEPM Spec. Publ., vol. 42, pp. 71–108.
- Hernitz, Z. (1983): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije (*Deep structural and tectonic relations in the Eastern Slavonia*). Doctoral thesis, Nafta, special publication, Zagreb, 221 p. (in Croatian)
- Ivanov, D., Ashraf, A.R., Mosbrugger, V., Palamarev, E. (2002): Palynological evidence for Miocene climate change in the Forecarpathian Basin (Central Paratethys, NW Bulgaria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 178, 19–37.
- Ivanov, D., Utescher, T., Mosbrugger, V., Syabryaj, S., Djordjević-Milutinović, D., Molchanoff, S (2011): Miocene vegetation and climate dynamics in Eastern and Central Paratethys (Southeastern Europe). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304, 262–275.
- Kranjec, V (1972): Subsurface structures in the Sava and Drava river depressions and their classification. *bull. sci. Cons. Acad. Yugoslav.*, (A), 17/11–12, 362–363, Zagreb.
- Koch, G. (1998): *Palinostratigrafija trijaskih naslaga hrvatskog jadranskog podmorja (Palinostratigraphy of the Triassic sediments from Croatian Adriatic offshore)*. Doctoral thesis, Zagreb, 291 p. (in Croatian)
- Kováč, M., Baráth, I., Fordinál, K., Grigorovich, A. S., Halássová, E., Hudáčková, N., Joniak, P., Sabol, M., Slamková, M., Sliva, L., Vojtko, R. (2006): Late Miocen to Early Pliocen sedimentary environments and climatic changes in the Alpine-Carpathian-Pannonian junction area: A case study from the Danube Basin northern margin (Slovakia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 32–52.
- Kovács, J., Fábian, S. Á., Varga Gabor, Újvári, G., Varga György, Dezső, J. (2011): Plio-Pleistocen red clay deposits in the Pannonian basin: A review. *Quaternary International*, 240, 35–43.
- Kummel, B. & Raup, D. (editors) (1965): *Handbook of Paleontological Techniques*. Part III, Elsevier, Amsterdam, 601–613.
- Lučić, D., Saftić, B., Krizmanić, K., Prelogović, E., Britvić, V., Mesić, I., Tadej, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. *Marine and Petroleum Geology*, 18, 133–147.
- Malvić, T. & Velić, J. (2011): Neogene Tectonics in Croatian Part of the Pannonian Basin and Reflectance in Hydrocarbon Accumulations. *New Frontiers in Tectonic Research: At the Midst of Plate Convergence*, Schattner, In Tech, 215–238, Rijeka.
- Moore P. D., Webb, J.A., Collinson, M. E. (1991): *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, 216 p.
- Nagy, E. (1969): Palynological elaborations of the Miocene layers of Mecsek Mountains. *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici (Annales of Hungarian Geological Institute)*, 52, 2, 237–650.
- Pamić, J. (1997): *Vulkanske stijene Savsko-dravskog međuriječja i Baranje (Hrvatska) (Volcanic rocks of the Sava-Drava inter-river area and Baranja (Croatia))*. Nafta, special publication, 192 p.
- Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. *Basin Research*, 13/3, 359–376. ISSN 0950-091X.
- Pavelić, D. (2002): The south-western boundary of Central Paratethys. *Geologia Croatica*, 55, 1, 83–92.
- Pavelić, D., Kovačić, M., Miknić, M., Avanić, R., Vrsaljko, D., Bakrač, K., Tišljarić, J., Galović, I. & Bortek, Ž. (2003): The Evolution of the Miocene Environments in the Slavonian Mts. Area (Northern Croatia). U: Vlahović, I. & Tišljarić, J. (ur.): *Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin*. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, September 17–19, 2003, Field Trip Guidebook, 173–181, Zagreb.
- Planderová, E. (1990): Miocene microflora of Slovak Central Paratethys and its biostratigraphical significance. *Dionýz Štúr Institute of Geology, Bratislava*, 144 p.
- Reille, M. (1992): *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille, 520 p.
- Reille, M. (1995): *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 1, Marseille, 327 p.
- Rögl, F. & Steininger, F. (1984): Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo-pacific seaways; u *Fossils and climate*, Brenchey, P.J. (ur.), *Geological Journal*, special issue 11, 171–200.
- Saftić, B., Velić, J., Sztano, O., Juhas, G. & Ivković, Ž. (2003): Tertiary subsurface facies, source rocks and hydrocarbon reservoirs in the SW part of the Pannonian Basin (northern Croatia and south-western Hungary). *Geologia Croatica*, 56, 1, 101–122.
- Stevanović, P.M., Nevesskaya, L.A., Marinescu, F., Sokac, A., Jámboř, Á. (Ur.) (1989): Chronostratigraphie und Neostatotypen, Neogen der Westlichen (“Zentrale”) Paratethys VIII, Pl 1, Pontien. *Jazu and Sanu, Zagreb – Beograd*, 1–952.

- Stuchlik, L., Ziemińska-Tworzydło, M., Kohlman-Adamska, A., Grabowska, I., Ważyńska, H., Słodkowska, B., Sadowska, A. (2001): Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Spores vol. 1. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow, 158 p.
- Utescher, T., Djordjevic-Milutinovic, D., Bruch, A., Mosbrugger, V. (2007): Palaeoclimate and vegetation change in Serbia during the last 30 Ma. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 141–152.
- Walanus, A. & Nalepka, D. (1999): POLPAL- programs for storage of pollen tables, diagrams plotting and numerical data analysis. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow, 25 p.

Neobjavljeni radovi:

- Šimon, J. (1966): Litostratigrafske jedinice tercijarnog kompleksa ist. Slavonije i korelacija s istim jedinicama Savske i istočnog dijela Dravske potoline. Fond struč. dok., INA d.d., Zagreb, 63 str.

