

Velikani hrvatske geologije - akad. Velimir Kranjec Doyen of Croatian geology - Acad. Velimir Kranjec

Zbornik proširenih sažetaka Proceedings of the exented abstracts



Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

Zagreb, 20. lipnja 2017.
Zagreb, 20th June 2017

Doajen hrvatske geologije - akad. Velimir Kranjec

I. hrvatski znanstveni skup o velikanima hrvatske geologije
održan na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta
u Zagrebu

20. lipnja 2017. godine



Sveučilište u Zagrebu



RGNF

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Doyen of Croatian geology - Acad. Velimir Kranjec

1st Croatian scientific congress about well-known
Croatian geologists
held on Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
University of Zagreb

20th June 2017



University of Zagreb



RGNF

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Doajen hrvatske geologije - akad. Velimir Kranjec

ZBORNIK RECENZIRANIH PROŠIRENIH SAŽETAKA



Sveučilište u Zagrebu



RGNF

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zagreb, 2017.

Doyen of Croatian geology - Acad. Velimir Kranjec

**PROCEEDINGS OF REVIEWED
EXTENDED ABSTRACTS**



University of Zagreb



RGNF

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Zagreb, 2017

Nakladnik

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Za nakladnika

dr. sc. Zoran Nakić, red. prof. (dekan RGNF-a)

Urednici

dr. sc. Tomislav Malvić, izv. prof.

dr. sc. Josipa Velić, prof. emer.

Znanstveni odbor

dr. sc. Zdenko Krištafor, red. prof. Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta, dipl. ing. naftn. inž.

dr. sc. Tomislav Malvić, izv. prof. Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta, dipl. ing. geol.

dr. sc. Zoran Nakić, red. prof. Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta, dipl. ing. geol.

dr. sc. Tamara Troškot-Čorbić, INA d.d., dipl. ing. geol.

dr. sc. Jasenka Sremac, izv. prof. Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta, dipl. ing. geol.

dr. sc. Josipa Velić, prof. emer. Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta, dipl. ing. geol.

mr. sc. Mario Weisser, INA d.d., dipl. ing. geol.

Naklada

u obliku e-knjige

ISBN 978-953-6923-37-3

Zbornik će biti indeksiran u bazama Petroleum Abstracts (Sveučilište u Tulusi), te u Google Scholar (preko Hrvatske znanstvene bibliografije). Bit će predložen i za indeksaciju u bazama Conference Proceedings Citation Index (Thomson Reuters) i Engineering Information (Elsevier). Autori su odgovorni za jezični sadržaj i lekturu priloga.

Publisher

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

For publisher

Dr. Zoran Nakić, Full Prof. (Dean)

Editors

Dr. Tomislav Malvić, Assoc. Prof.

Dr. Josipa Velić, Prof. Emer.

Scientific Committee

Dr. Zdenko Krištafor, Full Prof., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Grad. in Petr. Eng.

Dr. Tomislav Malvić, Assoc. Prof., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Grad. in Geol.

Dr. Zoran Nakić, Full Prof., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Grad. in Geol.

Dr. Tamara Troskot-Čorbić, INA Plc., Grad. in Geol.

Dr. Jasenka Sremac, Assoc. Prof., Faculty of Natural Sciences, Grad. in Geol.

Dr. Josipa Velić, Prof. Emer., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Grad. in Geol.

MSc. Mario Weisser, INA Plc., Grad. in Geol.

Copies

as e-book

ISBN 978-953-6923-37-3

The proceedings will be indexed in Petroleum Abstracts (Universit of Tulsa) and Google Scholar (via Croatian scientific bibliography). It will be also porposed for indexation in Conference Proceedings Citation Index (Thomson Reuters) and Engineering Information (Elsevier). Authors are solely responsible for contents and Croatian/English proofreading.

SADRŽAJ

PREDGOVOR	III
PROŠIRENI SAŽETCI	
Velić, Malvić: Akademik Velimir Kranjec (17. lipnja. 1930. - 7. veljače 2002.) - - doajen hrvatske geologije	1-14
Sremac: Interpretacija rezultata paleontoloških istraživanja u radovima akademika Kranjeca	15-26
Baketarić, Takač: Illuminacija dubinskog kartiranja	27-34
Žužul: Istraživačka metodologija temelja na stratigrafskim horizontima ("play based")	35-45

CONTENT

FOREWORD	II
EXTENDED ABSTRACTS	
Velić, Malvić: AAcademician Velimir Kranjec (17 June 1930 – 7 February 2002) – doyen of the Croatian geology	1-14
Sremac: Interpretation of palaeontological results in papers published by Academician V. Kranjec	15-26
Baketarić, Takač: Illuminations of the subsurface mapping	27-34
Žužul: Play Based Exploration methodology	35-45

PREDGOVOR

Josipa Velić, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Peirottijeva 6, Zagreb, dr. sc.
prof. emerita

U hrvatskoj akademskoj zajednici postoji lijepa navika da se obilježavaju obljetnice vezane za značajne znanstvenike koji su obilježili razvoj pojedinih znanstvenih područja ili polja u Hrvatskoj. U tom smislu je nastala ideja da se organizira znanstveni skup posvećen akademiku Velimiru Kranjecu, nastavniku u Zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo, koji je svojim svekolikim djelatnostima tijekom više desetljeća XX. stoljeća dao izuzetan doprinos hrvatskoj geologiji, poglavito geologiji ugljikovodika u svim njezinim aspektima.

Zamisao je da ovaj skup bude prvi u nizu serijala posvećen značajnim hrvatskim geolozima, rudarima i naftnim inženjerima poniklim na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Akad. Kranjec sigurno je osoba koja je ostavila toliko dobroga traga i nasljeđa svima nama, da je njegov odabir za prvi skup iz budućega serijala bio izvrsno prihvaćen. Svi znanstvenici i nastavnici pozvani da sudjeluju u znanstvenom, ujedno i organizacijskom, odboru ovoga prvog skupa spremno su se odazvali. Vjerujem da je jedan od motiva njihova sudjelovanja, bez ikakve zadržke, u organizaciji i u činjenici da smo bili učenici, tj. studenti, akademika Kranjeca, koji su ga upoznali u brojnim prigodama, službenim i neformalnim, te smo zahvaljujući njemu stekli vrlo kvalitetna znanja i vještine nužne za samostalan rad kojim se danas bavimo. Mnogi od rezultata takvoga rada bili su, i jesu, iznimno vrijedni i važni za razvoj akademske zajednice i cjelokupnoga gospodarstva Republike Hrvatske.

Akademik Kranjec je bio izvrstan nastavnik, duhoviti predavač, strpljivi mentor, pronicljivi geolog-istraživač, vješti crtač na ploči s pomno odabranim i krasopisom napisanim bilješkama, vrlo društven i ugodan suradnik tijekom izradbi brojni studija, omiljen među kolegama i studentima znanstvenik rijetka duha i zanimljivih ideja., a zbog svog jedinstvenoga smisla za humor mnogo puta, u raznim prigodama, je radno ozračje učinio učinkovitijim i tolerantnijim.

Neke od njegovih postavki-ideja glede naftno-geoloških okolnosti u svim dijelovima Hrvatske (Panonski bazenski sustav, Dinaridi i Jadransko podmorje kao dijelovi Jadranske karbonatne platforme) su i danas nakon gotovo 30 i više godina,

vrlo aktualne, te su bile i trebala bi biti poticaj daljnjih dubinsko-geoloških, ali i istraživanja novih ležišta ugljikovodika. Sigurni smo kako će doprinosi i zaključci ovoga skupa biti vrijedni prilozima tomu.

Tijekom skupa bit će riječi o većini važnih rezultata njegovih istraživanja, ne samo u geologiji ugljikovodika već i u (neo)tektonici, geologiji kvartara općenito, dubinskom kartiranju, površinskoj geologiji i hidrogeologiji, iz čega je razvidno da je surađivao s geološkim specijalistima širokoga raspona. Njegov trag koji je ostavio u cijeloj hrvatskoj geološkoj zajednici svakako nam je predstavljao jedan od najvećih motiva za, vjerujemo, prigodno obilježavanje 15. obljetnice smrti našega akademika Kranjeca.

Znanstveni odbor srdačno zahvaljuje dekanu našega Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dr. sc. Zoranu Nakiću, red. prof., na trenutačnom i srdačnom prihvaćanju ideje o ovom znanstvenom skupu kao i na svekolikoj pomoći za organizaciju i provedbu skupa. Važan dio skupa je zbornik proširenih sažetaka, čiji je predgovor sastavni dio. Tekst, slike, i svi ostali dijelovi knjige načinjeni su prema visokim standardima i nuputcima prema kojima se oblikuje RGN zbornik, znanstveni časopis Fakulteta. Vjerujemo kako će postojanje zbornika radova ostaviti trajan trag dostupan i nakon skupa, a u čast i ponos na našega akademika Kranjeca, kao djelo u kojem će i budući čitatelji moći pronaći dijelove onoga čime je doprinio i zadužio hrvatsku geologiju.

U Zagrebu, lipanj 2017.

dr. sc. Josipa Velić, prof. emer.



Josipa Velić,¹ Tomislav Malvić²

Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Peirottijeva 6,
Zagreb, dr. sc., ¹prof. emerita, ²izv. prof.

Ključne riječi : dubinsko kartiranje, neotektonika, geologija ugljikovodika, Hrvatska.

Prošireni sažetak

U veljači 2017. navršilo je 15 godina od smrti akademika Velimira Kranjeca, našega dugogodišnjeg sveučilišnoga profesora, istaknutoga znanstvenika i mentora koji je svoj cijeli radni vijek proveo na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo. Utemeljio je više kolegija, napisao više desetaka znanstvenih radova, bio mentorom u doktorskim, magistarskim i diplomskim radovima brojnih pristupnika te je tako izravno utjecao na gotovo sve okolnosti u svezi interpretacija sveobuhvatnih geoloških, geofizičkih i geokemijskih istraživanja i pridobivanja nafte i plina što se podudara s najuspješnijim razdobljem hrvatske naftne industrije od 70-tih do 90-tih godina XX. stoljeća.

Akademik Velimir Kranjec rođen je 17. lipnja 1930. godine u Gornjem Šarampovu, u okolici Ivanić-Grada od roditelja Andrije i Milke (rođene Pečić). Umro je 7. veljače 2002. godine u Zagrebu. Sa suprugom Vesnom ima dvoje djece-kći Željku, prof. klavira i sina Zorana, dipl. ing. geologije.

Diplomirao je na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 1955. godine stekavši zvanje diplomiranoga inženjera rudarske geologije. Doktorirao je 1965. na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Nakon diplomiranja te iste godine zaposlio se kao asistent u Zavodu za geologiju nafte i ugljena na Tehničkom fakultetu. Za docenta je izabran 1965. u Zavodu za opću i primijenjenu geologiju tada već ustrojenoga Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta, za izvanrednoga profesora 1969. te za redovitoga 1973. u Zavodu za inženjersku geologiju, hidrogeologiju i geologiju nafte i ugljena. U ovom nizu zanimljivo je uočiti kako se je mijenjao naziv Zavoda: od određenja da je to zavod za geologiju kaustobiolita, kasnije je to bio Zavod za opću geologiju (po prvi puta se iskazuje i opće-geološka komponenta u skladu s područjem rada novih zaposlenika) te primijenjenu geologiju s obzirom da se sve više jača inženjerska geologija i hidrogeologija. To je rezultiralo podužim nazivom „Zavod za inženjersku geologiju, hidrogeologiju i geologiju nafte i ugljena“ da bi se na kraju odlučilo za kraći i vrlo sveobuhvatni naslov kakav je danas-Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo.

Glede članstva u HAZU treba istaknuti sljedeće: članom suradnikom JAZU postao je 1975., (tada je imao samo 45 godina), izvanredni član 1986. i redoviti član HAZU 1991., sve u Razredu za prirodne znanosti. Akademik Kranjec je obnašao brojne funkcije. Tako je bio predsjednik Znanstvenoga vijeća za naftu JAZU (1985.-1989.), predsjednik Hrvatskoga geološkog društva u jednom mandatu, (1972.-1974.), član INQUA (*The International Union for Quaternary Science*) – *Neotectonic Commission* u Stocholmu, uz još neke.

Dobitnik je nekoliko nagrada i priznanja. To su 1983. Nagrada Ruđer Bošković“ za značajnu znanstvenoistraživačku aktivnost u području prirodnih znanosti, osobito u geologiji nafte; plaketu počasnoga i zaslužnoga člana Znanstvenoga vijeća za naftu HAZU, plaketu počasnoga i zaslužnoga člana Društva inženjera i tehničara Hrvatske, odnosno Jugoslavije te 1998. Medalju Sveučilišta u Zagrebu za znanstveni i nastavni rad te doprinos Sveučilištu.

Obavljao je nastavu iz brojnih kolegija za studente sviju triju smjerova-rudarstva, geologije i naftnoga rudarstva. To su:

- 1) Geološko kartiranje
- 2) Strukturna geologija
- 3) Dubinsko kartiranje

- 4) Geologija kaustobiolita
- 5) Geologija naftnih i plinskih ležišta
- 6) Geologija ležišta fluida.

Na postdiplomskim studijima za geologe sudjelovao je kao supredavač u izvođenju kolegija

- 1) Odabrana poglavlja iz tektonike i strukturne geologije s akademikom M. Herakom i prof. dr. E. Prelogovićem i
- 2) Neotektonika i morfometrija s prof. dr. E. Prelogovićem.

Akademik Kranjec bio je mentor 65 diplomskih radova, 10 magistarskih radova i 12 doktorskih disertacija. U to vrijeme je broj od 12 doktoranada bio enormno velik i poklapa se s godinama najvećih uspjeha hrvatske naftne industrije.

U bibliografiji priloženoj u Spomenici preminulim academicima, svezak III, Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, 2003. godina, koju su prikupili prof. dr. sc. Z. Hernitz i doc. dr. sc. B. Saftić nalazi se 83 naslova objavljenih pretežno u domaćim časopisima (Nafta, Geološki vjesnik, Pomorski zbornik i različitim zbornicima radova) Od toga njih 60 je izabrano za analizu tema kojima se bavio akademik Kranjec. To su:

-geologija i dubinska geologija,

-tektonika

-hidrogeologija i

-geologija nafte i plina (geologija kaustobiolita).

U svojim radovima akademik Kranjec je posebice isticao mogućnost oblikovanja strukturno-stratigrafskih i stratigrafskih zamka unutar razmjerno dobro istraženih područja hrvatskoga dijela Panonskoga bazena imajući u vidu i utjecaj najmlađih tektonskih procesa. U jednom od svojih zadnjih radova navodi da se opravdano mogu očekivati daljnja otkrića pretežito plinsko-kondenzatnih ležišta u vrlo dubokim sektorima, a plina u sasvim plitkim naslagama.

Nadalje, u više radova tretirao je naftno-geološke okolnosti u Jadranskom podmorju, kao npr. naftoplinošnost karbonatno-evaporitnih naslaga iznijevši svoje prijedloge glede usmjeravanja daljnjih istraživanja, posebice plina oko već otkrivenih plinskih ležišta. Također se bavio i prostorom Dinarida smatrajući da su moguća nalazišta ugljikovodika.

Za ovu prigodu izabrana su dva vrlo vrijedna djela za nešto detaljniji prikaz i raščlambu. Prvo je početka znanstvene karijere, a drugo s vrhunca znanstvenoga promišljanja o naftnogeološkim prilikama u Hrvatskoj. To su disertacija tiskana 1969. u Tuzli, izdavač Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja te jedan od njegovih zadnjih radova iz 1990. o Savsko-dravskom području i Jadranskom podmorju.

Svojom disertacijom akademik Kranjec je obuhvatio šire tuzlansko područje načinivši detaljnu geološku kartu s brojnim pojedinostima velikoga praktičnog značenja. Naime, ovdje se nalaze naslage lignita, smeđega i kamenoga ugljena, soli, nafte, azbesta i kremenoga pijeska. Za potrebe Rudnika lignita Kreka geolozi ondašnjega poduzeća „Geoistraživanja“ i prof. dr. sc. Franjo Ožegović obavljali su sveobuhvatno geološko kartiranje i hidrogeološka te geološko-rudarska istraživanja. Njima se priključio i akademik Kranjec koji je i na osnovi vlastitih naknadnih istraživanja načinio detaljnu geološku kartu mjerila 1:25 000. Prvi rezultati su najavljeni u dva rada iz 1960. godine. Ono što je jedna od značajka njegove disertacije jest sinteza podataka paleontoloških, poglavito mikropaleontoloških rezultata, do kojih su došle paleontologinja V. Amšel i akademikinja V. Kochansky-Devide čiju smo obljetnicu rođenja obilježili 2015. godine. Prikupljeno je obilje paleontoloških uzoraka te su ustanovljene brojne prinove u skupinama valencijskijida i kongerija, mikrofaune tortona i sarmata, flore iz ugljenosnih naslaga, faune eocenskih naslaga te mikrofaune gornje krede (**Slika 1**). Nadalje, uočeni su detalji u građi i sastavu koji su ukazali na elemente moguće usporedbe s Bečkim bazenom (**Slika 2**). Time je utrt put kompleksnim metodama budućih naftnogeoloških istraživanja.

kalacije glinovitih i vapnovitih uložaka te konglomerata različite debljine. Pojavljuju se i karakteristični sarmatski tankoslojeviti lapori. Na zapadu, u smjeru Tisovca, ovaj razvoj postepeno izostaje.

U gornjem dijelu sarmarskih naslaga zapažaju se debeli slojevi slabo vezanih pješčenjaka i pjeskovitih lapora koji u središnjem dijelu sinklinale Breške-Tesenac sežu do ispod samih panonskih pješčenjaka i pijesaka. U okolini Tisovca u tim pješčenjacima /tačka br.1., oko 25-30 m ispod panonskih slojeva/ određena je fauna:

Miliolidae

Cardium vindobonense vindobonense Partsch

Irus /Paphirus/ gregarius dissitus /Eichwald/

Irus /Paphirus/ gregarius gregarius /Parsch/

Mactra vitaliana vitaliana Laskarev

U laporima zapadno od Tisovca /tačka br.2/ utvrđena je mikrofauna, koja karakterizira donji sarmat:

Rotalia beccarii /L./

Nonion granosum /d'Orb./

Cibicides lobatulus /d'Orb./

Articulina sarmatica Karrer

Elphidium hauerinum /d'Orb./

Ostracoda

Ribljí ostaci

Sjeverno od naselja Breške nalazi se relativno uska zona sarmatskih slojeva. Njihov profil zapaža se idući putem od zaseoka Nikolići u Breške. U dodiru sa tortonskim pješčenjacima i pjeskovitim laporima leže čvrsti pješčenjaci smeđe boje, a slični pješčenjaci dolaze i naviše kao ulošci u tankoslojevitim žućkastim pjeskovitim laporima. Na samom bilu Breške postoje raskopi u pločastim sivoplavim pješčenjacima na kojima leže prhki vapnoviti pješčenjaci sa faunom /tačka br.3/. Ti pješčenjaci se nalaze gotovo na granici s panonom.

Slika 1: Stranica teksta iz disertacije akademika Kranjca s popisom fosilne faune

Ovdje treba nešto osnovno napisati o prof. dr. sc. **Franji Ožegoviću** (19. VII. 1903.-1. VII. 1978.), utemeljitelju geologije nafte i ugljena u Hrvatskoj (Dečak, 2009). Kako? U srpnju 1940. bio je zaposlen kao asistent u Odjelu za rudarstvo Banske vlasti Banovine Hrvatske te kartira šire područje Gojla i locira prve bušotine izrađene tijekom rata. U rujnu 1948. kad je u Zagrebu osnovano „Poduzeće za istraživanje nafte“ određuje smjestište prve istražne bušotine „Kr-1“ kojom je bilo otkriveno prvo poslijeratno naftno polje u Hrvatskoj Križ-Šumećani. Od 1945. do 1949. bio je honorarni nastavnik na Tehničkom fakultetu iz kolegija Geologija ugljena i nafte. Brzo napreduje u zvanja docenta, izvanrednoga i redovitoga profesora. Bio je predstojnik Zavoda za geologiju nafte i ugljena, odnosno Zavoda za opću i primijenjenu geologiju. U dva mandata obnašao je dužnost prodekana i dekana (1959.-1960.) Tehnološkoga fakulteta. Prof. Ožegović je bio predsjednik Hrvatskoga geološkog društva, urednik časopisa Nafta, prvi počasni član Znanstvenoga savjeta za naftu JAZU/HAZU i Hrvatskoga geološkog društva. Napisao je više znanstvenih i stručnih radova pretežno o stratigrafskim okolnostima ležišta nafte u hrvatskom dijelu Panonskoga bazenskog sustava.

O b d faocije kongerjskih slojeva				
Tuzlanski		b		
faocije(u)	horizont	po	Friedl-u, 1931.	
gornjokongerjski slojevi	jalovi peskovi peskovite gline s florom "Proselama" faocija "trigularis" faocija "rhomboides" faocija škriljave gline sa florom ugljena naslage I i II sloj			stvarne faocije
donjokongerjski slojevi	k. jalovi pesak i šljunak l. karagaška faocija h. laporci sa C. cilijski g. Langenfeldska faocija			
	e. peščari sa C. partochi i L. sekulii d. šljunak i aglomerat sa M. vindobonensis c. grubi pesak i peščar sa florom b. glinoviti pesak sa Congeria ornithopais a. laporci sa Origoeras laevis			
			zona sa Congeria ornithopais	

Prema F. Stevanoviću, 1957.

Slika 2: Usporedba faocijsa kongerjskih slojeva Tuzlanskoga i Bečkoga bazena, (Kranjec, 1969)

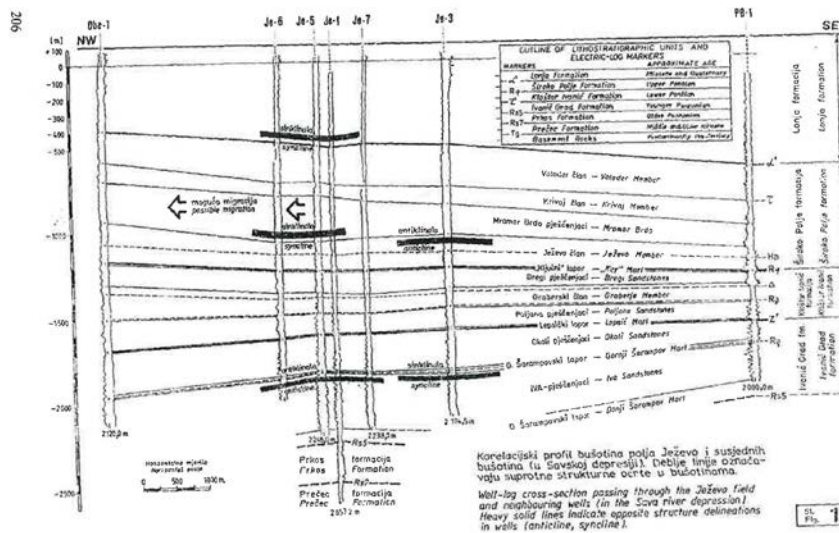
U svojim je radovima akademik Kranjec u više navrata tretirao **podjele ili razvrstavanja hrvatskih ležišta** u Panonskom bazenskom sustavu. To je bilo moguće tek nakon višegodišnjih sustavnih geološko-geofizičko-geokemijskih istraživanja učinivši sintezu objavljenu 1972. (Kranjec, 1972). Predložio je da se ležišta/polja podijele u tri skupine i to prema tektogenezi i smještaju unutar Savske i Dravske depresije. To su:

- * *buried hill* strukture, uglavnom plitko smještene mahom uz rubove depresija (Šumečani, Bunjani, Kloštar, Deletovci, Ilača, Privlaka),
- * rasjednute antiklinale u tri podskupine: prva uključuje antiklinale uz rubne depresijske rasjede (Dugo Selo, Lipovljani, Jagnjedovac); druga obuhvaća antiklinale smještene nešto dublje i orijentirane uzdužno po depresijama, a treća se odnosi na razmjerno najdublje smještene strukture kao što su Stručec i Beničanci,
- * strukture nastale pod utjecajem proboja mlađih magmatita u obliku kupola ili ploča (Cabuna, Bizovac, Crnac i dr.).

U svojem djelu od 30 stranica (Kranjec, 1990) nastavlja ovu temu na osnovi spoznaja recentnih dubinskogeoloških istraživanja. Dopunjuje ju i još bolje opisuje. Pažnju je posvetio dijelom nasljednim i diferencijalnim strukturama koje po vertikali nemaju jednaki smisao svoga razvoja, tj. zapažaju se manje ili više različitosti ocrta po pojedinim strukturnim nivoima (repernim i/ili markirnim horizontima). Promjene ocrta moguće su uslijed utjecaja na strukture u rastu-izdizanju ili spuštanju, mlađih neotektonskih pokreta s drugačijim predznacima tijekom geološke povijesti. Podrobnije je proučena i prikazana struktura polja Ježevo čiji su ocrti po vertikali nepodudarni. Čimbenici promjena ocrta mogu biti:

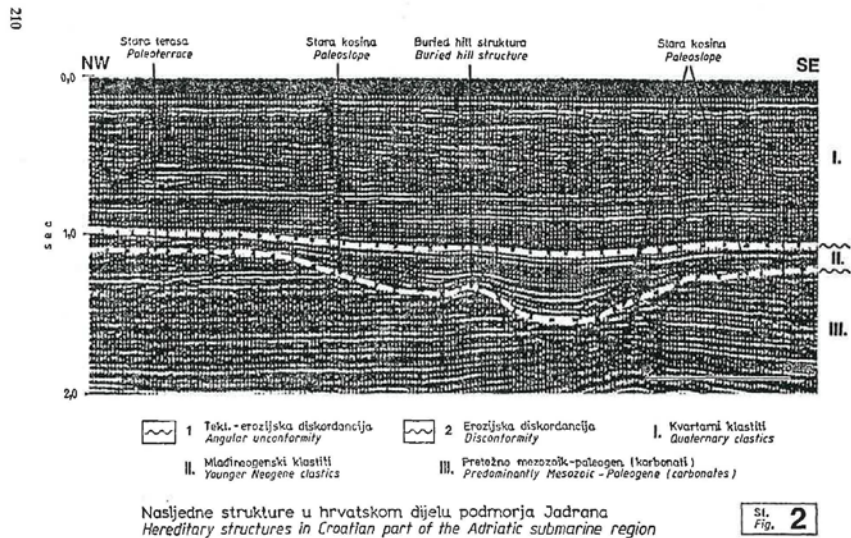
- * različiti iznosi ili veličine tonjenja većih blokova sastavljenih od neogenskih i kvartarnih naslaga,
- * tektonsko-erozijske diskordancije unutar mlađih neogensko-kvartarnih i starijih naslaga (u podmorju Jadrana),
- * utiskivanje intruzivne mase (stariji mezozojski intruzivi) i
- * solni dijapirizam (dokazano različitoga dosega u podmorju Jadrana).

Spomenute dopune i primjeri su od velikoga daljnjeg istraživačkog i praktičnoga interesa. Naime, diferencijalne strukture, poglavito u dubljim predjelima hrvatskih depresija u Panonskome bazenu, gdje se bušotinama rijetko ili uopće nije doprlo do temeljnih stijena, vjerojatno predstavljaju moguće proširenje produktivnih površina. Drugim riječima, mogla bi se „otkriti daljnja bliska ili nešto odijeljena ležišta ili satelitska polja (zasebne kartografske projekcije)“ – citat iz rada Kranjec, 1990, (Slika 3, Slika 4, Slika 5, Slika 6).

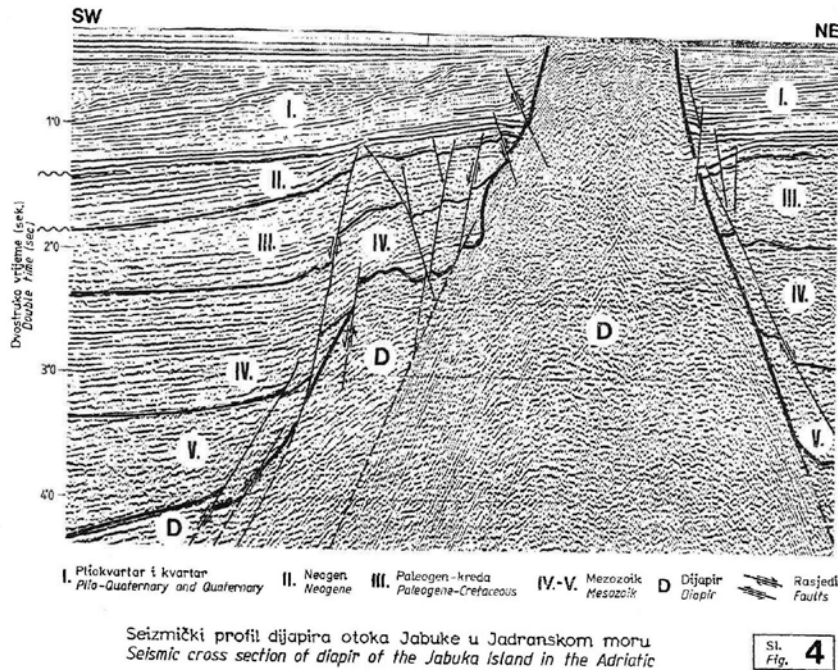


Slika 3: Korelacijski profil bušotina polja Ježeva i susjednih bušotina u Savskoj depresiji. Deblje linije označavaju suprotne strukturne ocrte (Kranjec, 1990)

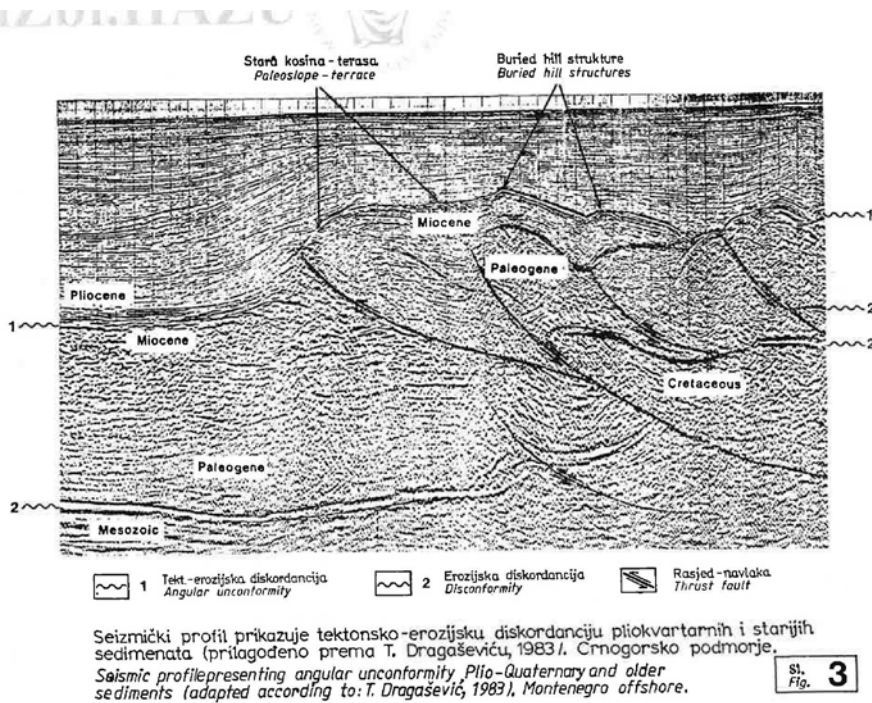
Za našu naftnogeološku struku kao vrlo vrijedne pregledne radove mora se ukazati na one sintetičnoga karaktera (Filjak i dr. 1969; Kranjec i Vugrinec, 1978; Kranjec, 1982; Kranjec i Vugrinec, 1982; Kranjec i dr. 1987). U njima se akademik Kranjec iskazao kao izvrstan poznavatelj tijeka i rezultata cjelovitih dubinskogeoloških istraživanja u svim dijelovima Hrvatske na osnovi čega je uvijek navodio što i kako dalje. Odnosni tekstovi su danas važni najviše za one koji tek ulaze kao istraživači-početnici u neopisivo zanimljiv i uzbuđljiv detektivski svijet istraživanja ležišta nafte, plina i geotermalne energije.



Slika 4: Nasljedne strukture u hrvatskom dijelu podmorja Jadrana (Kranjec, 1990)



Slika 5: Seizmički profil dijapira otoka Jabuke u Jadranskom moru (Kranjec, 1990)



Slika 6: Seizmički profil prikazuje tektonsko-erozijsku diskordanciju pliokvartarnih i starijih sedimenata (Kranjec, 1990)

Literatura

- Dečak, I. (2009): Franjo Ožegović – prvi hrvatski naftni geolog. *Cris*, XI., 1/2009, 251-256.
- HAZU (2003): Velimir Kranjec 1930.-2002. Zagreb, 1-30.
- Filjak, R., Kranjec, V., Nowinski, A. (1969.): Razvoj i aktualni zadaci u primjeni geologije, geofizike i geokemije pri istraživanju nafte i plina u Jugoslaviji. *Nafta*, Zagreb, 20/8, 389-394.
- Kranjec, V. (1969): Geološka građa šireg Tuzlanskog područja. Disertacija. Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja. Tuzla, 282 +2. str.
- Kranjec, V. (1972): Subsurface structures in the Sava and Drava river depressions and their classification. *Bull. sci. Cons. Akad. Yougosl.*, Zagreb, (A), 17/11-12, 362-363.
- Kranjec, V. (1982.): Tendencije i neki problemi najnovijih istraživanja nafte i plina u glavnim područjima Jugoslavije. *Nafta*, Zagreb, 33/9, 479-482.
- Kranjec, V. (1990): Neke promjene ocrta dubinskogeoloških struktura i njihovo naftnogeološko značenje u savsko-dravskom području i podmorju Jadrana. *Rad Jugosl. Akad. Znan. umjetn.*, Zagreb, 449 /Razr. prir. znan., 24, 195-225.
- Kranjec, V & Vugir nec, J. (1978.): Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj od 1951.1976. godine. *Geol. vjesnik*, Zagreb, 30/2, 665-676.
- Kranjec, V. & Vugrinec, J. (1982.): Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj od 1976. do 1981. god. *Geol. vjesnik*, Zagreb, 35, 247-253.
- Kranjec, V., Aljinović, B., Šparica, M., Krulc, Z. (1987.): On some new results and problems of geological and geophysical exploration for oil and gas in the Sava-Drava river area, the Outer Dinarides and in the Adriatic. *Nafta*, Zagreb.38/4-5, 189-204.

Mrežni izvori

http://info.hazu.hr/hr/clanovi_akademije/osobne_stranice/velimir_kranjec

Academician Velimir Kranjec (17 June 1930 – 7 February 2002) – doyen of the Croatian geology

Josipa Velić,¹ Tomislav Malvić²

University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Peirottijeva 6, Zagreb, Dsc., ¹Prof. Emer.,
²Assoc. Prof.

Keywords: subsurface mapping, neotectonics, hydrocarbon geology, Croatia.

Extended abstract

In February 2017, the 15 years passed from the death of Acad. Velimir Kranjec. He was long-time university professor, distinguished scientist and mentor, who is his lifetime spent at Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering in (present day) Department for Geology and Geological Engineering. He established more collegiums, wrote dozens scientific papers, mentored doctoral, master and graduated thesis and directly influenced in all aspects of geological, geophysical and geochemical interpretations. Especially it was reflected in domain of exploration and production of hydrocarbons, what correlated with the most successful period of the Croatian petroleum industry (70's to 90's of the 20th century).

Acad. Velimir Kranjec was born 17th June 1930, in Gornji Šarampov, in vicinity of Ivanić-Grad, as child of Andrija and Milka (b. Pečić). He died 7th February 2002 in Zagreb. With his wife, Vesna, he raised two children, daughter Željka, prof. piano, and son Zoran, grad. in Geology.

He graduated at Faculty of Technics at University of Zagreb in the 1955, obtaining the title of Graduate Engineer of Mining Geology. Doctoral thesis had been defended in the 1965, at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering (University of Zagreb). After graduation, he started as Assistant in the Department for Petroleum and Coal Geology (Faculty of Technics). Assistant Professor was in the 1965, in the Dept. for General and Applied Geology at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Associate Professor in the 1969, and Full Professor in the 1973 in the Dept. for Engineering Geology, Hydrogeology and Geology of Oil and Coal. It is valuable to recognise the changing of department title: from definition of Geology of Fossil Fuels, then General Geology (it was first time that general component followed new, young employers knowledge), followed by Applied Geology (as Engineering Geology and Hydrogeology started to develop). As results the name extended in long form as “Department for Engineering Geology, Hydrogeology and Geology of Oil and Coal”, eventually finished in present-day “Department for Geology and Geological Engineering”.

Regarding his membership in the Croatian Academy of Science and Arts the following facts are valid: associate member in 1975 (only 45 years old), extraordinary member in 1986 and full member in 1991, all in Department of Natural Sciences. Acad. Kranjec held numerous positions. He was president of the Scientific Council for Oil in Academy (1985-1989), president of the Croatian Geological Society (1972-1974), member of INQUA (*The International Union for Quaternary Science*) – *Neotectonic Commission* in Stockholm and others.

He received several awards and recognitions. It was «Ruđer Bošković» award (1983) for significant scientific and researching work in Natural Sciences, especially in Geology of Oil; plaque of honorary and deserving members of the Academy's Scientific Council for Petroleum, honorary and deserving member of the Society of Engineers and Technicians of Croatia, and in the 1998 the Medal of the University of Zagreb for science, lecturing, and contribution to the University. He taught the numerous subjects for students of all faculty's profiles (mining, geology and petroleum engineering) as follows:

- Geological mapping,
- Structural geology,
- Subsurface mapping,
- Geology of oil and gas reservoirs,
- Geology of fluid reservoirs.

He was co-lecturer also at postgraduate study in the subjects:

- Selected topics from tectonics and structural geology (with Acad. M. Herak and Prof. E. Prelogović),
- Neotectonics and morphometry (with Prof. E. Prelogović).

Acad. Kranjec was mentor in 65 graduate, 10 master and 12 doctoral thesis. In his time, 12 doctoral students was enormous large number and is clearly correlated with the largest success of the Croatian petroleum industry.

His bibliography is given in the Memorial dedicated to died academicians (issue 111), collected by Prof. Z. Hernitz and Prof. B. Saftić. It included 83 papers, mostly in Croatian journals (Nafta, Geološki vjesnik, Pomorski zbornik and different proceedings). Sixty of them had been analysed in purpose to defined topics of the largest activity of Acad. Kranjec. Those are:

- geology and subsurface geology,
- tectonics,
- hydrogeology and
- geology of oil and gas (geology of caustobiolith).

Acad. Kranjec very special emphasised possibility of forming structural and stratigraphic traps in, mostly well explored, areas of the Pannonian Basin System, taking into consideration also the youngest neotectonics. In one of the last papers he pointed out that, with reasons, new discoveries can be expected at very large depths for gas-condensate, and the shallow for pure gas reservoirs.

Furthermore, in several papers he described hydrocarbon settings in the Adriatic, e.g., hydrocarbon potential of carbonates and evaporites. The proposals for further explorations, especially gas, in the vicinity of discovered gas reservoirs had been given. Also, he evaluated the Dinarides as area with potential hydrocarbon reserves.

Here are selected two, very valuable, works for some more detailed analysis. The first came from the very beginning of his work. The second is form the top of his scientific efforts about petroleum geology settings in the Croatia. That is dissertation, printed in Tuzla (Bosnia and Herzegovina) 1969 in the Institute for Mining and Chemo-Technological Exploration, and paper from 1990 about the Sava and Drava area as well as the Adriatic subsurface.

Acad. Kranjec, in his dissertation, encompassed the wider Tuzla area, presenting detail geological map with practical meaning. There are deposit of lignite, brown and hard coal, salt, oil, asbestos and quartzite sand. In the lignite mine "Kreka" geologists of "Geoistraživanja" Inc. and Prof. Franjo Ožegović made a large scaled geological mapping and hydrogeology and mining geology explorations. Later, Acad. Kranjec entered in the team, made his own explorations, and prepared detail geological map 1:25000. The first results had been announced in two papers in the 1960. One of the dissertation achievement is synthesis of different data: palaeontological (especially micropalaeontological), previously obtained by palaeontologist V. Amšel and Acad. V. Kochansky-Devide (her birth anniversary was held in the 2015). The numerous palaeontological samples had been collected and determined large number of new species of valenciennes and congeria fossils, Tortonian and Sarmatian microfauna, coal bed flora, Eocene fauna and Upper Cretaceous microfauna (**Figure 1**). Moreover, there were scoped details in settings and composition that pointed out possible correlation with the Vienna Basin (**Figure 2**). It was crucial for set basics of further petroleum geology explorations.

kalacije glinovitih i vapnovitih uložaka te konglomerata različite debljine. Pojavljuju se i karakteristični sarmatski tankoslojeviti lapori. Na zapadu, u smjeru Tisovca, ovaj razvoj postepeno izostaje.

U gornjem dijelu sarmarskih naslaga zapažaju se debeli slojevi slabo vezanih pješčenjaka i pjeskovitih lapora koji u središnjem dijelu sinklinale Breške-Tesenac sežu do ispod samih panonskih pješčenjaka i pijesaka. U okolini Tisovca u tim pješčenjacima /tačka br.1., oko 25-30 m ispod panonskih slojeva/ određena je fauna:

Miliolidae

Cardium vindobonense vindobonense Partsch

Irus /Paphirus/ gregarius dissitus /Elchwald/

Irus /Paphirus/ gregarius gregarius /Partsch/

Maetra vitaliana vitaliana Laskarev

U laporima zapadno od Tisovca /tačka br.2/ utvrđena je mikrofauna, koja karakterizira donji sarmat:

Rotalia beccarii /L./

Nonion granosum /d'Orb./

Cibicides lobatulus /d'Orb./

Articulina sarmatica Karrer

Elphidium hauerinum /d'Orb./

Ostracoda

Ribljí ostaci

Sjeverno od naselja Breške nalazi se relativno uska zona sarmatskih slojeva. Njihov profil zapaža se idući putem od zaseoka Nikolići u Breške. U dodiru sa tortonskim pješčenjacima i pjeskovitim laporima leže čvrsti pješčenjaci smeđe boje, a slični pješčenjaci dolaze i naviše kao ulošci u tankoslojevitim žučkastim pjeskovitim laporima. Na samom bilu Breške postoje raskopi u pločastim sivoplavim pješčenjacima na kojima leže prhki vapnoviti pješčenjaci sa faunom /tačka br.3/. Ti pješčenjaci se nalaze gotovo na granici s panonom.

Figure 1: Selected page with text from Acad. Kranjec dissertation with list of fossil fauna

Here is necessary to give some basic information about Prof. **Franjo Ožegović** (19th July 1903 – 1 July 1978), who established Geology of Oil and Coal in Croatia (Dečak, 2009). How? In July 1940, he was employed as assistant in the Mining Department of viceroy government in the Banovina of Croatia, working on the mapping of the Gojlo wider area and locating the first wells drilled in the WWII. In September 1948 the company for oil exploration was established in Zagreb. Acad. Kranjec located the first exploration well “Kr-1”, which discovered the first (after war) oil field in Croatia. It was the Križ-Šumećani Field. In the period 1945-1949, he was honorary lecturer at the faculty of Technics from the subject Geology of Coal and Oil. He was quickly promoted in Assistant, Associate and Full Professor, also being chairman of the Department for geology of oil and Coal, i.e. Department for General and Applied Geology. He was two times vice-dean and dean (1959-1960) on the Faculty of Technology. Prof. Ožegović was the president of the Croatian Geological Society, editor of the “Nafta” journal, first honorary member of the (Academy) Scientific Council for Oil and the Croatian Geological Society. He wrote numerous scientific and professional papers, mostly about stratigraphic settings of oil reservoirs in the Croatian part of the Pannonian Basin System.

O b d facijs kongeriskih slojeva				
Tuzlanski		b		
facije(u)	horizont	po	Friedl-u, 1931.	
gornjokongeriskii slojevi	jalovi peskovi peskovite gline s florom "Procellaria" facijs "tricuspidata" facijs "rhomboida" facijs škriljave gline sa florom ugljens naslage; I i II sloj			jezerne facijs
donjokongeriskii slojevi	k. jalovi pesak i šljunak l. karagabka facijs h. isporci sa C. čičski g. langensfeldska facijs			
	e. pešćari sa C. partochi i L. eskni			
	d. šljunak i aglomerat sa M. vindobonensis			zona sa Congeria ornithopsis
	c. grubi pesak i pešćar sa florom			
	b. glinoviti pesak sa Congeria ornithopsis a. isporci sa Origozarus laevis			

Prema P. Stevanoviću, 1957.

Figure 2: Comparison of the Congeria beds facies in the Tuzla and Vienna Basins (Kranjec, 1969)

In his works, Acad. Kranjec often considered divisions or selections of the Croatian reservoirs in the Pannonian Basin System. It was possible only after perennial and systematic geological, geophysical and geochemical researching, what resulted in synthesis published in the 1972 (Kranjec, 1972). There was suggested selection of reservoirs in three groups, regarding tectonic settings and location in the Sava and Drava Depressions. Those are:

- buried hills, mostly shallow and on the depression's margins (Šumečani, Bunjani, Kloštar, Deletovci, Ilača, Privlaka),
- faulted anticlines with three sub-groups: (I) anticlines along marginal depressional faults (Dugo selo, Lipovljani, Jagnjedovac); (II) anticlines located deeper and oriented parallel with depressions; (III) the deepest structures (Stružec, Beničanci),
- structures formed as results on magmatic intrusions, as domes or panels (Cabuna, Bizovac, Crnac and others).

At 30 pages (Kranjec, 1990), he continued that topic based on (then) recent subsurface geological explorations. His attention was directed to heritable and differential structures, which are not vertically similarly reflected, i.e., there are more or less different forms at different structural levels (borders or markers). Such different structural shapes are possible thanks to influences developed during uplifting or downlifting in geological history, especially neotectonic phase. The Jezevo structure was specially studied and represented as example of vertically different forms and shapes. The factors for such structural results could be:

- different rates of Neogene and Quaternary block sinking,
- tectonical and erosional unconformities in the younger Neogene-Quaternary and older sediments (in the Adriatic offshore),
- intrusions (older Mesozoic intrusions) and
- salt diapirism (of different rates in the Adriatic offshore).

All mentions and examples obtained the huge importance for further exploration and practice. It is why differential structures, especially in deeper parts of Croatian depression in the Pannonian Basin, where a low number of wells reached pre-Neogene basement, probably represents extensions of known prospects. In other words, it could be locations for "new closer or distanced reservoir or satellite fields, i.e. separate cartographic projections" – cited according to Kranjec, 1990 (Figure 3, Figure 4, Figure 5, Figure 6).

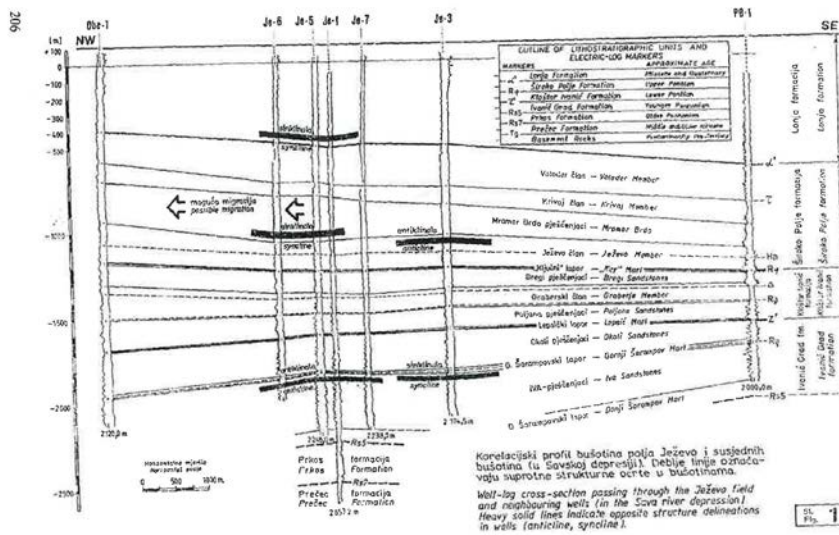


Figure 3: Correlation section across the Ježev Field and adjacent area wells in the Sava Depression. The thick lines mark opposite structural shapes (Kranjec, 1990)

For Croatian petroleum geology, there are several very valuable synthetic works (Filjak et al., 1969; Kranjec and Vugrinec, 1978; Kranjec, 1982; Kranjec and Vugrinec, 1982; Kranjec et al., 1987). Acad. Kranjec showed as excellent connoisseur of the course and results in the complete subsurface geological explorations in all parts of Croatia, so he was able gave recommendations. Those texts are important even today, specially for young researchers that just come in very interesting and exciting, detective world of oil, gas and geothermal reservoirs exploration.

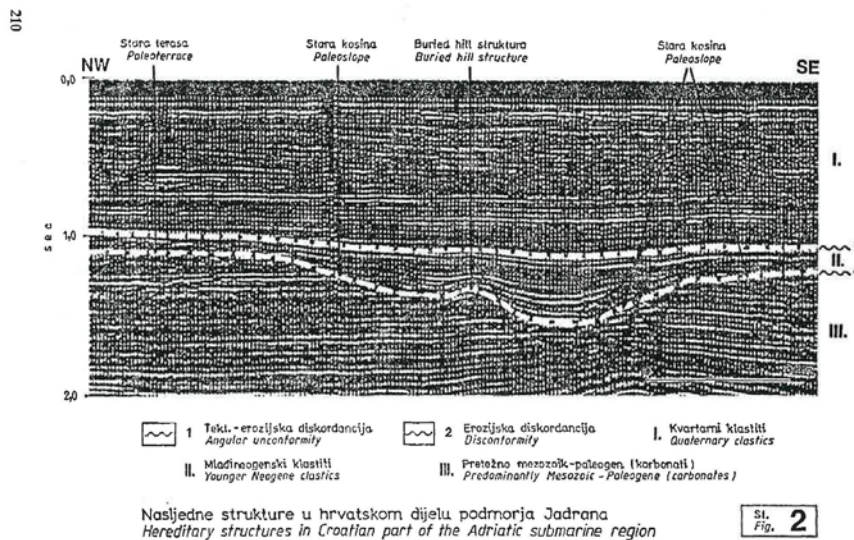


Figure 4: Heritage structures in the Croatian Adriatic offshore (Kranjec, 1990)

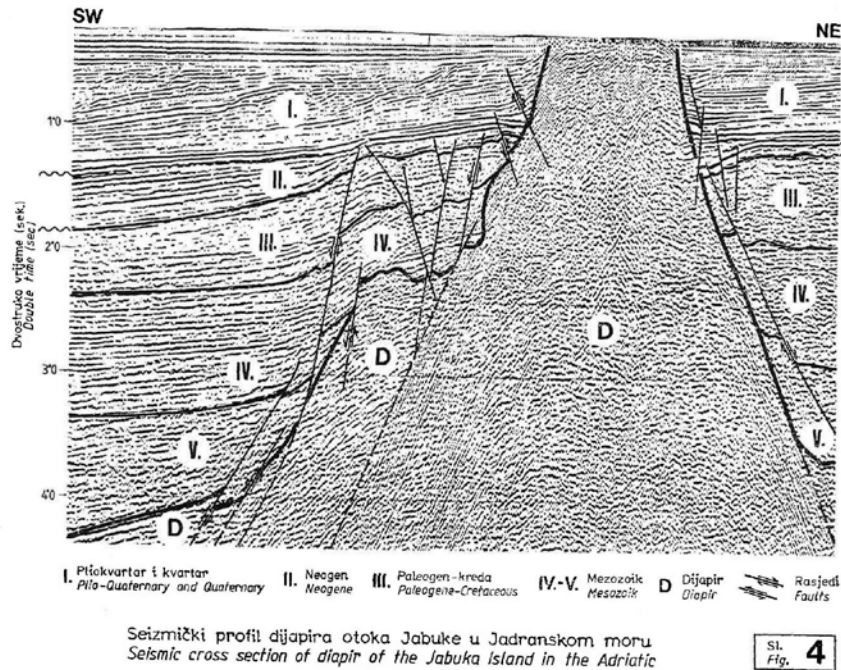


Figure 5: Seismic sections of the Jabuka Island diapir in the Adriatic Sea (Kranjec, 1990)

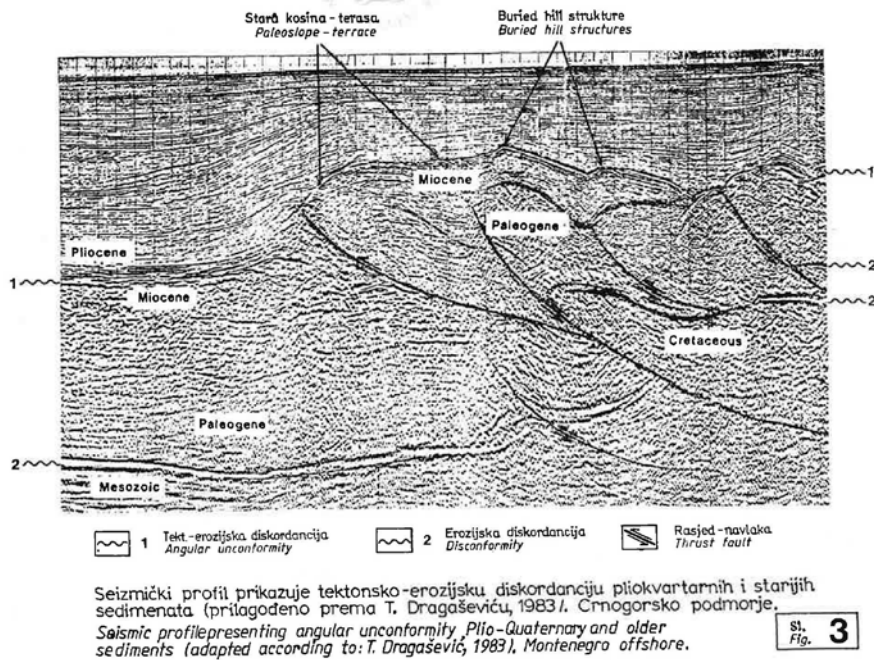


Figure 6: Seismic section shows tectono-erosional unconformity between Plio-Quaternary and older sediments (Kranjec, 1990)

References:

- Dečak, I. (2009): Franjo Ožegović – prvi hrvatski naftni geolog (Franjo Ožegović – the first Croatian petroleum geologist). *Cris*, XI., 1/2009, 251-256.
- HAZU (2003): Velimir Kranjec 1930.-2002. (Velimir Kranjec 1930-2002). Zagreb, 1-30.
- Filjak, R., Kranjec, V., Nowinski, A. (1969.): Razvoj i aktualni zadaci u primjeni geologije, geofizike i geokemije pri istraživanju nafte i plina u Jugoslaviji (Development and actual tasks in application of geology, geophysics and geochemistry in oil and gas exploration in Yugoslavia). *Nafta*, Zagreb, 20/8, 389-394.
- Kranjec, V. (1969): Geološka građa šireg Tuzlanskog područja (Geological settings of the wider Tuzla area). Dissertation. Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja. Tuzla, 282 +2. p.
- Kranjec, V. (1972): Subsurface structures in the Sava and Drava river depressions and their classification. *Bull. sci. Cons. Akad. Yougosl., Zagreb, (A)*, 17/11-12, 362-363.
- Kranjec, V (1982.): Tendencije i neki problemi najnovijih istraživanja nafte i plina u glavnim područjima Jugoslavije (Tendencies and some problems in the newest explorations of oil and gas in the main Yugoslav areas). *Nafta*, Zagreb, 33/9, 479-482.
- Kranjec, V. (1990): Neke promjene ocrta dubinskogeoloških struktura i njihovo naftnogeološko značenje u savsko-dravskom području i podmorju Jadrana (Some changes in deep geological structures forms and their oil-geological meaning in the Sava and Drava areas and the Adriatic offshore). *Rad Jugosl. Akad. Znan. umjetn., Zagreb*, 449 /*Razr. prir. znan.*, 24, 195-225.
- Kranjec, V & Vugir nec, J. (1978.): Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj od 1951.1976. godine. *Geol. vjesnik*, Zagreb, 30/2, 665-676.
- Kranjec, V. & Vugrinec, J. (1982.): Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj od 1976. do 1981. god. (Development of petroleum geology in period 1976-1981 in the Croatia). *Geol. vjesnik*, Zagreb, 35, 247-253.
- Kranjec, V., Aljinović, B., Šparica, M., Krulc, Z. (1987.): On some new results and problems of geological and geophysical exploration for oil and gas in the Sava-Drava river area, the Outer Dinarides and in the Adriatic. *Nafta*, Zagreb, 38/4-5, 189-204.

Internet source

http://info.hazu.hr/hr/clanovi_akademije/osobne_stranice/velimir_kranjec

Interpretacija rezultata paleontoloških istraživanja u radovima akademika Kranjeca

UDK: 550.8:553.9

Pregledni rad / Review paper

Jasenska Sremac

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek,
Horvatovac 102 a, Zagreb, dr. sc., red. prof.



Ključne riječi : akademik Velimir Kranjec, kenozoik, paleontologija, Hrvatska.

Prošireni sažetak

Istaknuti znanstvenik, akademik Velimir Kranjec, koji je cijeli svoj radni vijek proveo na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, dao je najveći doprinos u području geoloških, geofizičkih i geokemijskih istraživanja nafte i plina. Zanimljivo je da je u nekoliko svojih radova o kenozojskim naslagama sustavno integrirao i interpretirao paleontološke podatke, što ove radove čini neizostavnim i kod temeljnih paleontoloških istraživanja kenozojskih naslaga sjeverne Hrvatske, pa i šireg Panonskog prostora. Paleontološki su podatci, u kombinaciji sa spoznajama o mladim tektonskim procesima, pomogli u interpretaciji slijeda geoloških zbivanja, a bili su posebno dragocjeni pri istraživanju strukturno-stratigrafskih i stratigrafskih zamki Panonskoga bazena.

DISERTACIJA

Već je u svojoj disertaciji (**Kranjec, 1969**) uporabio i sintetizirao paleontološke podatke iz analiza paleontologinja V. Amšel i akademikinja V. Kochansky-Devidé. Na širem području Tuzle prikupljena je raznolika flora i fauna. Najstarije, gornjokredne naslage, determinirane su na temelju morske mikrofaune. Na njima slijede naslage paleogena i neogena. U taložinama badena (ranije: "torton") i sarmata zabilježene su foraminifere, ostrakodi, mekušci i ostatci riba, a u bočatim i slatkovodnim naslagama mlađega miocena zanimljivi mekušci (kongerije i valencijski). Zabilježeni su i nalazi kopnene makroflora (**Kranjec, 1969; Velić & Malvić, u tisku**).

Veći broj važnih paleontoloških i stratigrafskih podataka pojavljuje se u radovima objavljenim 70-tih godina prošloga stoljeća, među kojima se ističu sljedeći radovi:

MLAĐI "TERCIJAR" MEDVEDNICE

U radu o miocenskim i pliocenskim naslagama Medvednice (**Kranjec i sur., 1973**) autori sustavno pristupaju geološkoj problematici. Kritički proučavaju dostupnu literaturu, o kojoj raspravljaju na gotovo tri stranice teksta. Kako bi što jasnije prikazali geološku građu, od mnoštva prikupljenih podataka odabiru četiri profila, od kojih se po jedan nalazi na jugozapadnoj i južnoj, a dva na sjevernoj strani Medvednice (**Slika 1**). Pri odabiru nastoje izbjeći pokrivene i tektonski poremećene predjele te kombiniraju nekoliko kraćih profila okomitih na pružanje slojeva (**Slika 2**).



Slika 1: Prostorni raspored istraženih profila kroz miocenske i pliocenske naslage Medvednice (**Kranjec i sur., 1973**)

Author: Jasenska Sremac
jsremac@geol.pmf.hr



Slika 2: Kombiniranje niza manjih profila kako bi se dobila cjelovita slika područja na kojem je Profil I (Kranjec i sur., 1973)

Kao paleontološku podlogu navode analize paleontologinja N. Skenderović-Sila (makrofauna), S. Mamužić-Muldini (karpat, baden i sarmat) i A. Sokač (panon i pont).

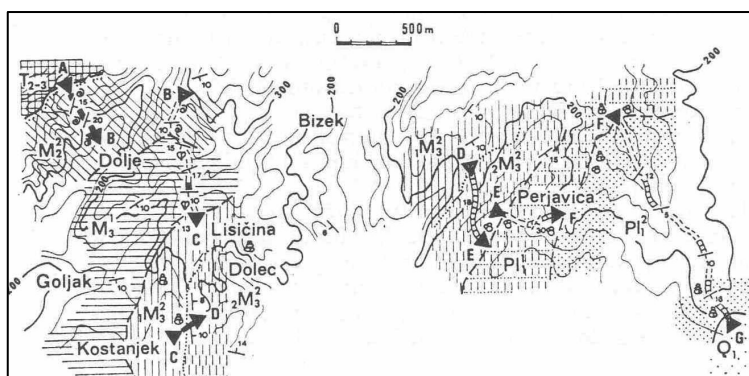
Na profilima je zabilježena miocenska transgresija na različite starije naslage (gornji paleozoik, trijas).

Profil I

Ovaj profil smješten je na krajnjem jugozapadnom dijelu Medvednice (Slike 1, 2 i 3) i odražava "Doljanski razvoj" badena, kako ga je opisala Kochansky (1944). Miocenske naslage ovdje transgresivno leže na trijaskim dolomitima.

Gromadasti litotamnijski vapnenci i litavci "tortona" (danas: baden) obiluju makrofosilima i tradicionalno su bili eksploatirani u kamenolomima (Dolje, Bizek). Najčešći su mekušci (oštrige, pekteni, lucinide, korbule, teline, konusi, natike i turitele, te krupni ježinci roda *Clypeaster*. Makrofauna glinovitih i pjeskovitih lapora ponešto se razlikuje, pa se ovdje pojavljuju dubljevodni pektinidi roda *Amussium*, uz tolerantne rodove mekušaca koji su prisutni u različitim okolišima.

Mlađe, sarmatske naslage karakterizirane su pojavom muskulusa, maktra i ervilija, a u mlađim horizontima i ceritija. Jedan od karakterističnih sarmatskih facijesa su i bijeli listićavi lapori (ranije: "tripoli").



Slika 3: Pojednostavljena geološka karta koja obuhvaća Profil I (Kranjec i sur., 1973)

Na sarmatske naslage naliježu bočate do slatkovodne naslage panona (Croatica- i Banatica-naslage), s puževima barnjacima, planorbisima i kongerijama. U mlađim horizontima nađeni su raznoliki ostrakodi, kralješci i zubi riba.

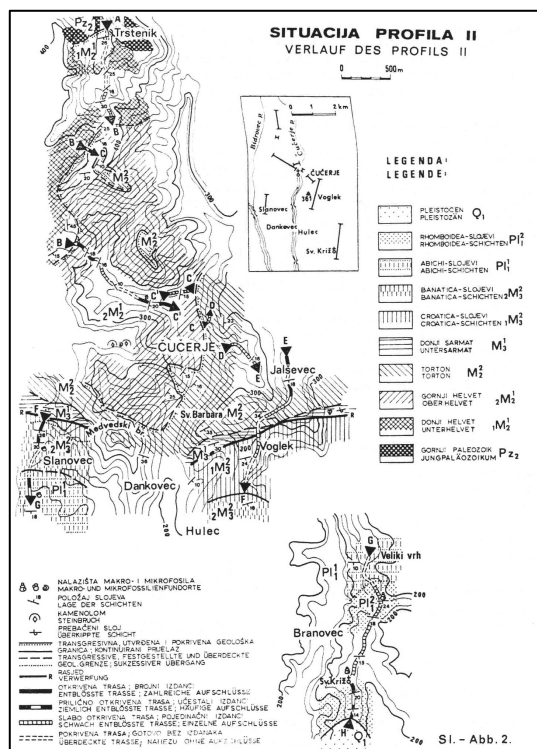
Abichi-naslage nisu zabilježene u direktnom slijedu, već u okolici, a sadrže paradakne, valencienezije, kongerije i ostrakode.

Rhomboidea-naslage nađene su na jednom od susjednih lokaliteta, a sadrže raznoliku ostrakodnu faunu, kongerije, limnokardije i napredne štitaste forme razvojnoga niza puža barnjaka.

Ukupna debljina miocenskih i pliocenskih naslaga na ovom profilu iznosi 785 m.

Profil II

Ovaj je profil smješten uz poprečnu os Medvednice (Slike 1, 4), a odgovara "Čučerskom razvoju" badena u smislu Kochansky (1944).



Slika 4: Grafički prikaz područja Profila II (Kranjec i sur., 1973)

Za razliku od Profila I, na ovom se području na paleozojskoj podlozi najprije talože miocenske jezerske naslage. Najstariji horizont je zastupljen krupnozrnastim konglomeratima, pješčenjacima i pijescima, na kojima slijede pjeskovite gline, pa brečasti vapnenci s kršjem školjkaša (*Dreissenidae*) i, napokon, gline i lapori. Nazočnost vulkanizma uočila je već R. Mutić (Mutić, 1969, iz Kranjec i sur., 1973). U široj okolici zabilježene su i pojave ugljena. Mikrofaunu su određivale S. Mamužić-Muldini i L. Šikić, a pojam o starosti ovih naslaga se mijenjao kroz vrijeme, pa se isprva spominje "oligomiocen", a kasnije karpatski (helvet s.str.), dok se danas razmatra i mogućnost da su ove slatkovodne naslage raspona starosti otprilike baden (Kovačić i sur., 2016).

Marinske naslage badena transgresivno leže preko jezerskih glina i lapora. I ovdje se pojavljuju litotamniji vapnenci, litavci, konglomerati, pješčenjaci i lapori, slično kao na Profilu I. Prema procjenama autora, ukupna je debljina ovih naslaga 470 m, čime znatno premašuju procijenjenu debljinu istovremenih naslaga na Profilu I, koja iznosi 95 m.

U južnijem dijelu profila na površini se nalaze sarmatski erivijski lapori i lističavi lapori.

Na njima slijede Croatica-naslage donjega panona s karakterističnom malakofaunom: *Radix croatica* Gorjanović-Kramberger, *Gyraulus praeponticus* Gorjanović-Kramberger, *Pisidium costatum* Gorjanović-Kramberger, paradaknama, kongerijama i ostatcima kopnene flore.

Prijelaz u gornjopanonske Banatica-naslage je postupan, a među faunom se ističe *Congeria banatica* R. Hörnes i *Gyraulus* (ranije *Planorbis*) *tenuistriatus* Gorjanović-Kramberger.

Slijede Abichi-naslage s karakterističnim paradaknama, dok slijed završava prhkim, glinovitim tinjčastim pijescima s *Congeria cf. rhomboidea* M. Hörnes i limnokardiidima.

Ukupna debljina naslaga na ovom profilu prelazi 1790 m (Kranjec i sur., 1973).

Profil III

Ovo je područje istraživano na sjevernoj strani Medvednice (Slika 1). Miocenske naslage ovoga područja danas su najbolje vidljive u kamenolomima Donje i Gornje Orešje, a transgresivno leže na krednoj podlozi.

Badenske su naslage zastupljene litotamnijским vapnencima i konglomeratičnim pješčenjacima, te žutim laporima sa školjkašem *Amussium denudatum* (Reuss). Kranjec i suradnici (1973) navode da nije zapažen direktan prijelaz baden-sarmat, no, s napredovanjem radova u kamenolomu, taj je prijelaz kasnije utvrđen na gornjoj etaži kamenoloma Donje Orešje (Pezelj i sur., 2017).

Sarmatske su naslage, kao i na prethodna dva profila, obilježene školjkašima rodova *Maetra* i *Ervilia*, česti su ostatci ribljih ljuski, a obilni su, iako fragmentirani, ostatci kopnene flore (*Ficus* sp. i *Quercus* sp.)

Slijede naslage panona u tipičnom razvoju, od pločastih čvrstih vapnovitih lapora Croatica-naslaga, do glinovitijih i tamnije obojenih Banatica-naslaga s kongerijama i planorbisima.

Abichi-naslage su razvijene u facijesu sivih lapora, s karakterističnim paradaknama i kongerijama.

Najmlađe, Rhomboidea-naslage, sadrže obilje ostrakoda i krupne kongerije i limnokardiide.

Ukupna debljina naslaga iznosi 985 m (Kranjec i sur., 1973).

Profil IV

I posljednje je izabrano područje smješteno na sjevernoj strani Medvednice (Slika 1). Miocenske su naslage ovdje transgresivno taložene na tinjčastim pješčenjacima donjega trijasa i počinjku konglomeratima.

Zabilježene su, kao i na prethodnim profilima, naslage badena u facijesu litotamnijskih vapnenaca, pješčenjaka i lapora.

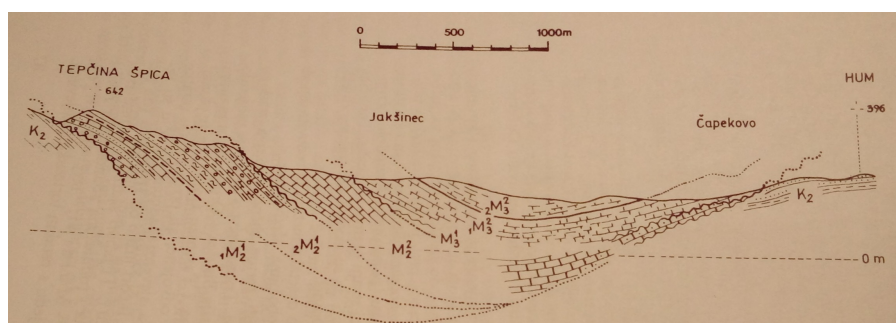
Debljina sarmatskih naslaga je mala, a manje su zastupljeni i izdanci panona, od kojih su fosilima dokazane samo Banatica-naslage.

U Abichi-naslagama nađeni su limnokardiidi i ostrakodi, a Rhomboidea-naslage na ovom profilu sadrže raznolike krupne karakteristične školjkaše i biljno trunje. Na ovom profilu ima i ugljena, koji je ranije eksploatiran na lokalitetu Selnica.

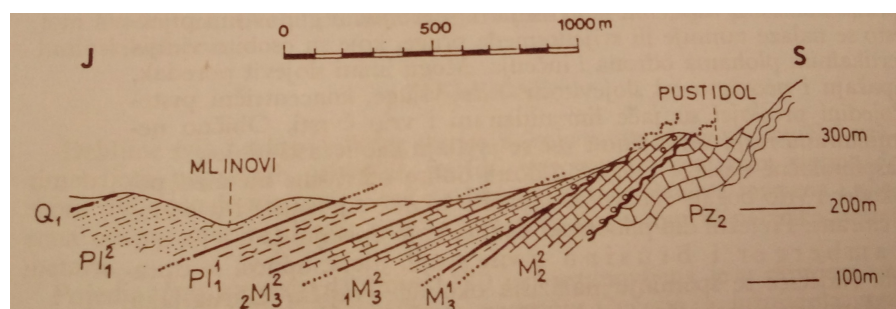
Ukupna debljina naslaga na ovom profilu iznosi 1010 m (Kranjec i sur., 1973).

Autori dalje razmatraju međusobne odnose pojedinih starosnih horizonata na različitim profilima, koji se međusobno razlikuju po debljini. Najveće su razlike u debljini badenskih naslaga, koja je najveća u široj okolici Čučerja. Najmanje su razlike u debljini najmlađeg istraženog horizonta, Rhomboidea-naslaga.

Kranjec i suradnici (1973) rekonstruiraju asimetričnu sinklinalu na sjeverozapadu Medvednice, gdje miocenske naslage leže transgresivno na krednoj podlozi (Slika 5) i transgresivni slijed naslaga na paleozojskoj podlozi na nekim drugim područjima (Slika 6).



Slika 5: Sinklinalna struktura na profilu Tepčina špica-Hum (Kranjec i sur., 1973)



Slika 6: Miocenske i pliocenske naslage na paleozojskoj podlozi na širem području Mlinova (Kranjec i sur., 1973)

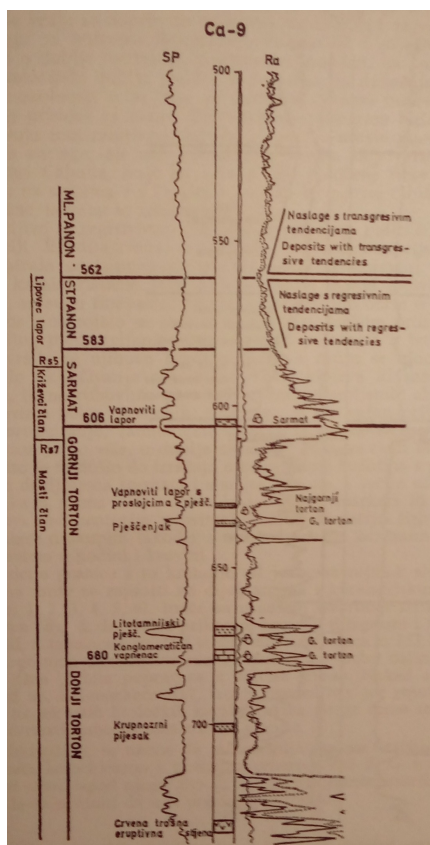
U zaključcima autori još jednom ističu uzroke razlika u debljini pojedinih naslaga, a razmatraju i probleme u određivanju starosti, posebice slatkovodnih naslaga, što je došlo do izražaja i u kasnijim istraživanjima.

SARMATSKE I PANONSKE NASLAGE DRAVSKE POTOLINE

Skupina istraživača, pod vodstvom akademika V. Kranjeca, objavila je rad o sarmatskim i panonskim naslagama u Dravskoj potolini (**Kranjec i sur., 1976**). Pri tom su, uz pomnu studiju prethodnih radova, kombinirali paleontološke, petrografske i geofizičke podatke. Dubinskim se kartiranjem došlo do zanimljivih spoznaja o promjenama sastava i debljinama sarmatskih i starijih panonskih naslaga uz usporedbu s prilikama na površini. Zanimljiva je velika debljina sarmatskih naslaga, koja ponekad premašuje 400 m, čime premašuje i debljinu usporedivih naslaga u Tuzlanskoj potolini.

Taložine starijega panona pokazuju regresivan trend. Po rubovima potoline dominiraju laporoviti vapnenci i vapnoviti lapori, dok u dubljim prostorima prevladavaju pješčenjaci, čija maksimalna debljina doseže 900 m.

Paleontološki dokazi temelje se u najvećoj mjeri na mikofosilima, najčešće foraminiferama. U naslagama panona zabilježeni su i nalazi mekušaca – limneida, planorbisa i kongerija.



Slika 7: Elektrokarotažni dijagram bušotine Cabuna-9 (**Kranjec i sur., 1976**)

Autori su nastojali što bolje kompilirati različite podatke, kako bi definirali granice između pojedinih stratigrafskih članova (**Slika 7**). Pokazalo se da je granica baden-sarmat najbolje dokumentirana. Ponekad se poklapa s EK-markerom Rs7. Granica sarmat-panon također je dosta jasno definirana i u dosta se slučajeva poklapa s EK-markerom Rs5 ili G.

Na priloženim kartama debljina naslaga sarmata i panona zapažaju se značajne razlike u razvedenosti istočnog, u odnosu na zapadni dio Dravske potoline, i dodatno se dokumentira ritmička sedimentacija i taloženje velikih količina pijeska uz istovremeno produbljanje središnjih dijelova potoline (**Kranjec i sur., 1976**).

Zbog svoje sveobuhvatnosti, navedeni, kao i mnogi slični radovi akademika Kranjeca i njegovih suradnika, neizostavna su literatura za svakog geologa koji želi istraživati miocenske i pliocenske naslage sjeverne Hrvatske i okolnih područja.

Literatura

- Kochansky, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Vjesnik Hrv. držav. geol. zav. i Hrv. držav. geol. muzeja, 2/3, 171-280.
- Kovačić, M.; Mandić, O. & Tomljenović, B. (2016): Miocene paleo-lakes of the southwestern Pannonian Basin. RCMNS Interim Colloquium 2016, 20-24 May 2016, Zagreb, 11-14.
- Kranjec, V. (1969): Geološka građa šireg Tuzlanskog područja. Disertacija. Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja. Tuzla, 282 +2. str.
- Kranjec, V., Prelogović, E., Hernitz, Z. & Blašković, I. (1971): O litofacijelnim odnosima mlađih neogenskih i kvartarnih sedimenata u širem području Bilogore, sjeverna Hrvatska. Geol. vjesnik, 24, (1970), 47-56.
- Kranjec, V., Hernitz, Z. & Prelogović, E. (1973): Prilog poznavanju mlađih tercijskih naslaga Medvednice, sjeverozapadna Hrvatska. Geol. vjesnik, 25, 65-100.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Reščec, T. & Velić, J. (1976): O sarmatskim i starijim panonskim naslagama u Dravskoj potolini. Geol. vjesnik, 29, 125-149.
- Pezelj, Đ.; Sremac, J.; Kovačić, M.; Alagić, S. & Kampić, Š. (2017): Middle Miocene Badenian-Sarmatian sedimentary sequence in the area of Donje Orešje (Medvednica Mt., Croatia). 7th International Workshop "Neogene of Central and South Eastern Europe" Velika, Croatia, May 28-31, 2017, 46-47.

Mrežni izvori

http://info.hazu.hr/hr/clanovi_akademije/osobne_stranice/velimir_kranjec

Interpretation of paleontological data in papers published by Academician V. Kranjec

Jasenka Sremac

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Horvatovac 102 a, Zagreb, Dsc., Professor

Keywords: Academician Velimir Kranjec, Cenozoic, paleontology, Croatia.

Extended abstract

Eminent scientist, academician Velimir Kranjec, who spent his whole career at the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, significantly contributed to geological, geophysical and geochemical research of oil and gas in Croatia. It is interesting that, in his several papers on Cenozoic deposits, he integrated and systematically interpreted results of paleontological analyses, which makes these papers inevitable in basic paleontological research of Cenozoic deposits in northern Croatia, and wider Pannonian region. Paleontological analyses, combined with knowledge on tectonic processes, helped in interpretation of geological sequences and were particularly useful in study of structural-stratigraphic and stratigraphic traps in the Pannonian Basin System.

DISSERTATION

Already in his dissertation (**Kranjec, 1969**) used and synthesized paleontological data from paleontologists V. Amšel and academician V. Kochansky-Devidé. Diverse fossil flora and fauna was determined in the wider area of Tuzla. The oldest, Late Cretaceous deposits comprise indicative marine microfauna. They are overlain by Paleogene and Neogene deposits. Sedimentary deposits of Badenian (formerly: "Tortonian") and Sarmatian age comprise foraminifers, ostracods, mollusks and fish particles, while brackish and fresh-water Late Miocene sediments comprise interesting mollusks (dreiseniids and valenciensiids). Land macroflora is also present (**Kranjec, 1969; Velić & Malvić, in press**).

A number of important paleontological and stratigraphical data are available in several papers published between years 1970 and 1980, among which some are of particular interest (**Kranjec et al., 1973, 1976**).

UPPER "TERTIARY" OF THE MEDVEDNICA MT.

In study considering Miocene and Pliocene deposits from the Medvednica Mt. (**Kranjec et al., 1973**) authors deal with complex geological data. They critically analyze available published data on almost 3 text pages. In order to present the geological situation as clear as possible, they refer to four carefully chosen profiles, one on south-western, one on southern and two on northern side of the Medvednica Mt. (**Figure 1**). During their research authors tried to avoid covered and tectonically disturbed areas, and combined several smaller profiles in order to provide the complete sequence (**Figure 2**).



Figure 1: Position of four investigated profiles through Miocene and Pliocene deposits of Mt. Medvednica (**Kranjec et al., 1973**)



Figure 2: Combination of several smaller profiles in order to get the complete stratigraphical sequence at Profile I (Kranjec et al., 1973)

Paleontological data were obtained from paleontologists N. Skenderović-Sila (macrofauna), S. Mamužić-Mulđini (Karpatian, Badenian and Sarmatian) and A. Sokač (Pannonian and Pontian).

Miocene deposits at research profiles transgressively overlie different older deposits (Late Paleozoic, Triassic).

Profile I

This profile is situated at south-western edge of the Medvednica Mt. (Figures 1, 2, 3) and reflects "Dolje development" of the Badenian, as described by Kochansky (1944). Miocene deposits at this profile transgressively overly Triassic dolomites. Massive Lithothamnion-limestones and maerls of "Tortonian" (today: Badenian) age are rich in fossils and were traditionally exploited in quarries (Dolje, Bizek). The most common fossils are mollusks (oysters, scallops, lucinids, corbulars, tellinas, cones, moon snails and turritelids, accompanied with echinoid genus *Clypeaster*. Macrofauna of argillaceous and sandy marls is different and comprises smaller scallops of the genus *Amussium* together with other tolerant and wide-spread mollusk taxa.

Younger, Sarmatian deposits are characterized with occurrence of bivalve genera *Musculus*, *Mactra* and *Ervilia*, and cerithid gastropods in younger horizons. One of the typical Sarmatian rock-types is white foliated marl (formerly known as "Tripoli").

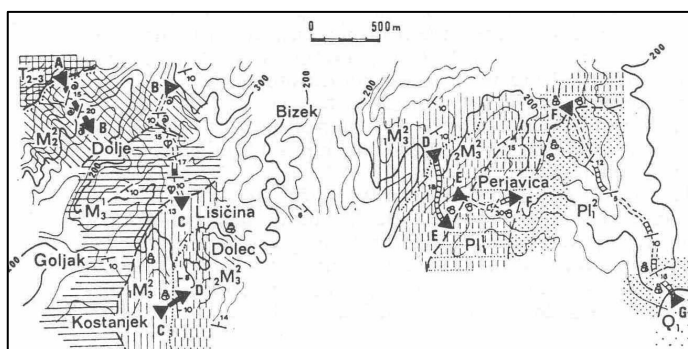


Figure 3: Schematic geological map of the area around Profile I (Kranjec et al., 1973)

Sarmatian deposits are overlain by brackish Pannonian (Croatica- and Banatica-beds), with lymnaeid and planorbid gastropods, and congerians. Upper horizons comprise diverse ostracods and fish remnants.

Abichi-beds are not visible in continuation, but outcrop near-by. They comprise bivalves (*Paradacna*, *Congerina*), valenciensiid snails and ostracods.

Rhomboidea-beds outcrop at a neighboring locality, and comprise diverse ostracod fauna, congerians, lymnocardiids and advanced, shield-formed lymnaeids.

Total thickness of Miocene and Pliocene deposits at this profile is 785 m (Kranjec et al., 1973).

Profile II

This profile is situated at the saggital axis of the Medvednica Mt. (Figures 1, 4), and corresponds to "Čučerje Development" of the Badenian sensu Kochansky (1944).

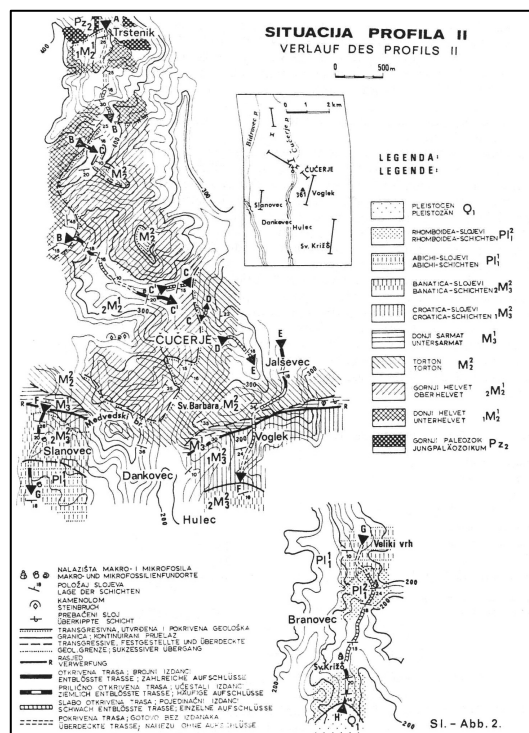


Figure 4: Graphical display of the area around Profile II (Kranjec et al., 1973)

Different than in the area of Profile I, in this area Miocene fresh-water lake deposits overly the Paleozoic basement. The basal horizon comprises coarse-grained conglomerates, sandstones and sands. The following horizon comprises sandy clays and breccious limestones with dreiseniid coquines. Uppermost part is composed of marls and clays. Volcanic activity was early recognized by R. Mutić (Mutić, 1969, from Kranjec et al., 1973). Coal measures were sporadically found in the wider area. Microfauna was determined by S. Mamučić-Muldini and L. Šikić. Stratigraphic age of these deposits is yet not completely solved – at the beginning described as "Oligomiocene", and later as Karpatian (Helvetian s.str.), while today these deposits are presumed to be Ottnangian to Early Badenian in age (Kovačić et al., 2016).

Marine Badenian deposits transgressively overly lake marls and clays. Lithothamnion–limestones, maerls, conglomerates, sandstones and marls show similarity with contemporaneous deposits at Profile I. Authors estimate the total thickness of 470 m for this horizon, which is significantly thicker than at Profile I.

In southern part of the profile, Sarmatian Ervilia–marls and white foliaceous marls can be found at the surface.

They are overlain with Croatica–beds of the early Pannonian, comprising typical mollusk fauna: *Radix croatica* Gorjanović-Kramberger, *Gyraulus praeponticus* Gorjanović-Kramberger, *Pisidium costatum* Gorjanović-Kramberger, representatives of genera *Paradacna* and *Congerina* and remnants of land flora.

Continuous transition into the late Pannonian Banatica–beds can be observed, and, among fossils, indicative are *Congerina banatica* R. Hörnes and *Gyraulus* (former *Planorbis*) *tenuistriatus* Gorjanović-Kramberger.

Upper parts of the profile are composed of Abichi–beds with typical *Paradacna abichi*, and loose micaceous sands with *Congerina cf. rhomboidea* M. Hörnes and lymnocyprids.

Total thickness of Miocene and Pliocene beds at this profile is 1790 m (Kranjec et al., 1973).

Profile III

This research area is situated at northern slopes of Mt. Medvednica (Figure 1). Miocene deposits at this area are today well exposed in quarries Donje and Gornje Orešje, exhibiting transgressive contact with Cretaceous basement.

Badenian deposits are developed as Lithothamnion–limestones, coarse-grained sandstones and yellow marls with scallop *Amussium denudatum* (Reuss). Kranjec et al. (1973) did not notice the continuous

Badenian/Sarmatian transition, but, along with advanced activities in the quarries, such transition is now available at the upper part of the sequence in the quarry Donje Orešje (Pezelj et al., 2017). Sarmatian deposits, similar as at Profiles I and II, comprise bivalve genera *Maetra* and *Ervilia*, fish scales and abundant, but fragmented particles of land flora (*Ficus* sp. and *Quercus* sp.).

Overlying Pannonian deposits are typically developed, comprising platy calcareous marls of Croatica-beds and argillaceous, darker colored Banatica-beds with congerians and planorbid gastropods.

Abichi-beds are developed in facies of grey marls, with typical *Paradacna* and *Congerina* species.

The youngest, Rhomboidea-beds, comprise abundant ostracods, large congerians and lymnocardiids.

Total thickness of Miocene and Pliocene beds is 985 m (Kranjec et al., 1973).

Profile IV

The last research profile is situated at northern slopes of Mt. Medvednica (Figure 1). Miocene deposits transgressively overly Early Triassic micaceous sandstones. Basal parts are sometimes represented with conglomerates. Lithothamnion-limestones, sandstones and marls are also present.

Overlying Sarmatian beds are of small thickness, and Pannonian beds outcrop sporadically; only upper horizon, Banatica-beds, is proven by fossils.

Abichi-beds comprise lymnocardiids and ostracods, and the uppermost Rhomboidea-beds at this profile comprise diverse large bivalves and land flora remnants. Coal-measures from this area were exploited at Selnica mine.

Total thickness of Miocene and Pliocene deposits at this profile is 1010 m (Kranjec et al., 1973).

Authors further discuss the relationships and thicknesses of different stratigraphical horizons. Significant differences were noticed in thickness of Badenian deposits, with maximum thickness in the wider area of Čučerje. The youngest, Rhomboidea-beds, exhibit less pronounced differences.

Kranjec and collaborators (1976) reconstruct asymmetrical syncline at Tepčina špica-Hum profile, with Miocene deposits transgressively lying over the Cretaceous beds (Figure 5) and transgressive Miocene sequence over the Paleozoic basement at some other localities (Figure 6).

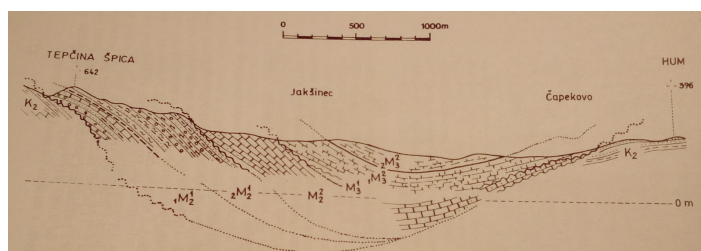


Figure 5: Syncline at the profile Tepčina špica-Hum (Kranjec et al., 1973)

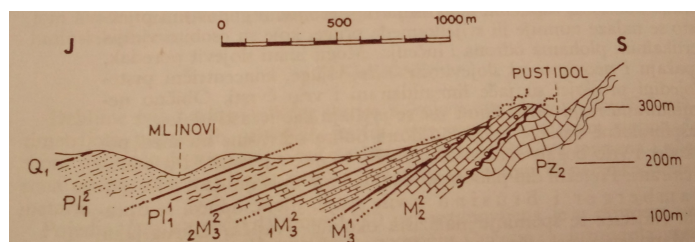


Figure 6: Miocene and Pliocene deposits transgressively lying on Paleozoic basement in the wider area of Mlinovi (Kranjec et al., 1973)

In their Conclusions chapter authors emphasize the facts and significance of variable thickness of same horizons in different profiles. They point to the problems in determining the age of lacustrine deposits in the base of the Miocene transgression, which has later been proven by dilemmas of several other authors.

SARMATIAN AND PANNONIAN DEPOSITS OF DRAVA DEPRESSION

A group of researchers, under the leadership of V. Kranjec, published a study on Sarmatian and Pannonian deposits in the Drava Depression (**Kranjec et al., 1976**). They combine the carefully studied data from the previous research, paleontological, petrographical and geophysical data. Subsurface mapping yielded interesting data on oscillatory changes in lithological composition and thicknesses of the Sarmatian and early Pannonian deposits, combined with the studies from the surface data.

Thickness of Sarmatian deposits, which exceeds 400 m, is particularly interesting, and surpasses the thickness of similar contemporary deposits in the Tuzla Depression.

Early-Pannonian brackish deposits exhibit regressive features. Argillaceous limestones and limy marls are dominant along the edge of the depression, while up to 900 m thick sandstone deposits prevail in the deeper parts of the depression.

Foraminifera are the most common fossils in Sarmatian deposits. Pannonian beds comprise mollusk fauna, including lymnaeids, planorbids and congerians.

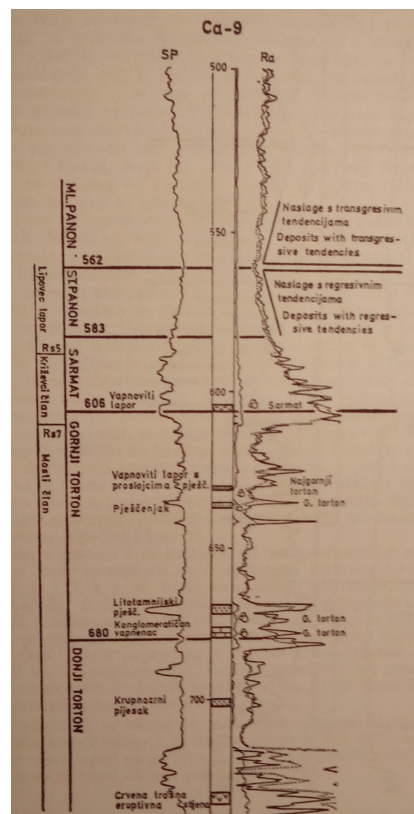


Figure 7: E-K diagram of the bore-hole Cabuna-9 (**Kranjec et al., 1976**)

Authors were eager to compile the different analytical data in order to recognize the boundaries between the stratigraphic horizons (**Figure 7**). The results point to the rather recognizable Badenian/Sarmatian boundary, which sometimes coincides with EK-marker Rs7. Sarmatian/Pannonian boundary is also rather well defined, often coinciding with EK-marker Rs5 or G.

At the prepared maps of Sarmatian and Pannonian deposits thicknesses, significant differences between the eastern and western part of the Drava Depression are clearly visible. This is the additional proof of rhythmic deposition and sedimentation of large amounts of sand with synchronous sinking of the central parts of the depression (**Kranjec et al., 1976**).

Due to their comprehensive approach, these, and many similar papers of Academician V. Kranjec and his collaborators represent the inevitable basic literature for all geologists interested in the Miocene and Pliocene deposits of northern Croatia and surrounding areas.

References:

- Kochansky, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Vjesnik Hrv. držav. geol. zav. i Hrv. držav. geol. muzeja, 2/3, 171-280.
- Kovačić, M.; Mandić, O. & Tomljenović, B. (2016): Miocene paleo-lakes of the southwestern Pannonian Basin. RCMNS Interim Colloquium 2016, 20-24 May 2016, Zagreb, 11-14.
- Kranjec, V. (1969): Geološka građa šireg Tuzlanskog područja. Disertacija. Institut za rudarska i hemijsko-tehnološka istraživanja. Tuzla, 282 +2. str.
- Kranjec, V., Prelogović, E., Hernitz, Z. & Blašković, I. (1971): O litofacijelnim odnosima mlađih neogenskih i kvartarnih sedimenata u širem području Bilogore, sjeverna Hrvatska. Geol. vjesnik, 24, (1970), 47-56.
- Kranjec, V., Hernitz, Z. & Prelogović, E. (1973): Prilog poznavanju mlađih tercijskih naslaga Medvednice, sjeverozapadna Hrvatska. Geol. vjesnik, 25, 65-100.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Reščec, T. & Velić, J. (1976): O sarmatskim i starijim panonskim naslagama u Dravskoj potolini. Geol. vjesnik, 29, 125-149.
- Pezelj, Đ.; Sremac, J.; Kovačić, M.; Alagić, S. & Kampić, Š. (2017): Middle Miocene Badenian-Sarmatian sedimentary sequence in the area of Donje Orešje (Medvednica Mt., Croatia). 7th International Workshop "Neogene of Central and South Eastern Europe" Velika, Croatia, May 28-31, 2017, 46-47.

Internet source

http://info.hazu.hr/hr/clanovi_akademije/osobne_stranice/velimir_kranjec

Iluminacija dubinskog kartiranja

UDK/UDC: 550.8:553.9

Pregledni rad / Review paper

Tomislav Baketarić¹; Damir Takač²

¹ INA d.d., Avenija Većeslava Holjevca 10, Zagreb; mag. geol.

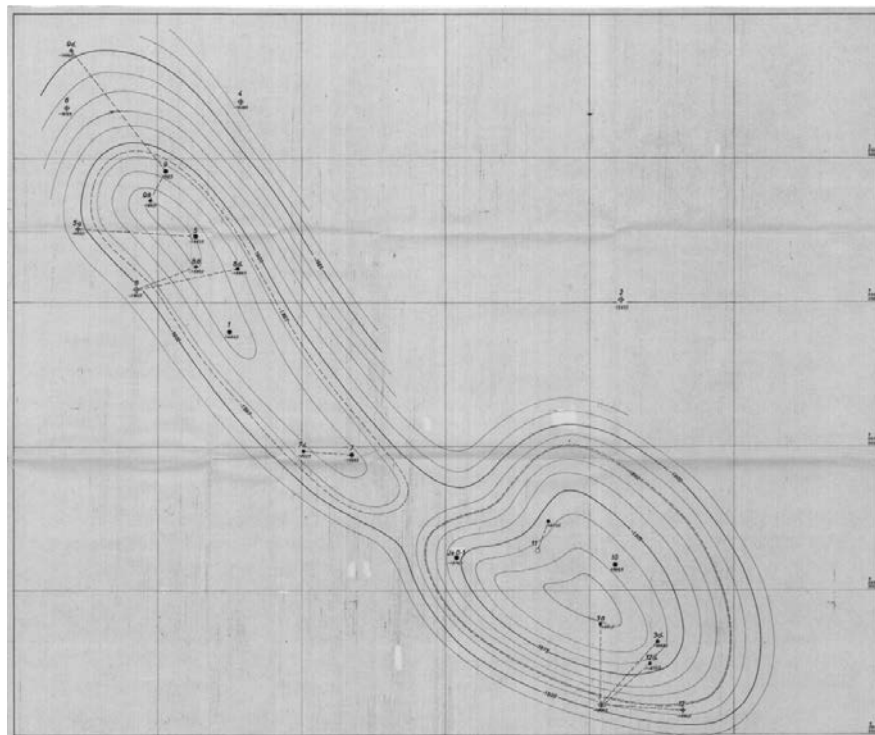
² INA d.d., Avenija Većeslava Holjevca 10, Zagreb; dipl. ing. geol.



Ključne riječi : dubinsko kartiranje, dubinske strukturne karte, spektralna dekompozicija, Wheelerovi dijagrami.

Prošireni sažetak

Kako najbolje prikazati geološki razvoj i geološku građu podzemlja? Dubinske strukturne karte su svakako najbolje rješenje. Dubinske strukturne karte prikazuju geometriju geoloških jedinica u podzemlju. Izrađuju se na temelju bušotinskih i/ili seizmičkih podataka ili bilo koji drugih podataka koji svojom distribucijom na nekom području mogu prikazati geološku jedinicu. Strukturne karte su dvodimenzionalne dok se treća dimenzija predočava izolinijama čije vrijednosti ukazuju na dubinu zalijeganja geološke jedinice. Prema tome, autor ili korisnik takvih karata mora vizualizirati kartu. Sadržaj karata nekada je bio prilično siromašan i također se prikazivao izolinijama ili šrafurama. Kombinacija izolinija ili šrafura ponekad je unosila konfuziju čime se gubio dio sadržaja.

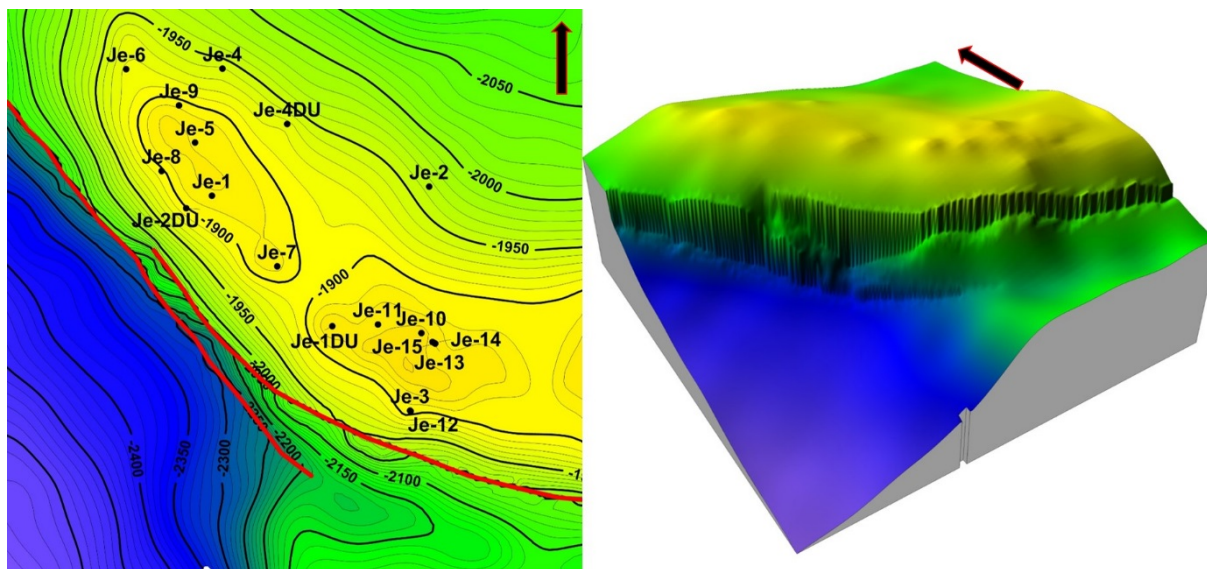


Slika 1: Strukturna dubinska karta ležišta naftnog polja Ježevo iz 1984. godine (Naftno-plinsko polje Ježevo: Elaborat o rezervama nafte i plina (stanje 31. 12. 1984.))

Samo za ilustraciju, geometrija jednog ležišta na polju Ježevo iz 1986. godine (**Slika 1**) prikazane dubinskom strukturnom kartom izrađenom na temelju bušotinskih podataka i nešto 2D seizmičkih profila je samo na izgled slična u odnosu na onu iz 2014 (**Slika 2**). godine. Tehnologija 3D seizmike olakšala je interpretaciju i definiranje strukturnih odnosa u podzemlju. Preciznost geometrije i dubine zalijeganja je element promijene

Corresponding author: Tomislav Baketarić
tomislav.baketaric@ina.hr

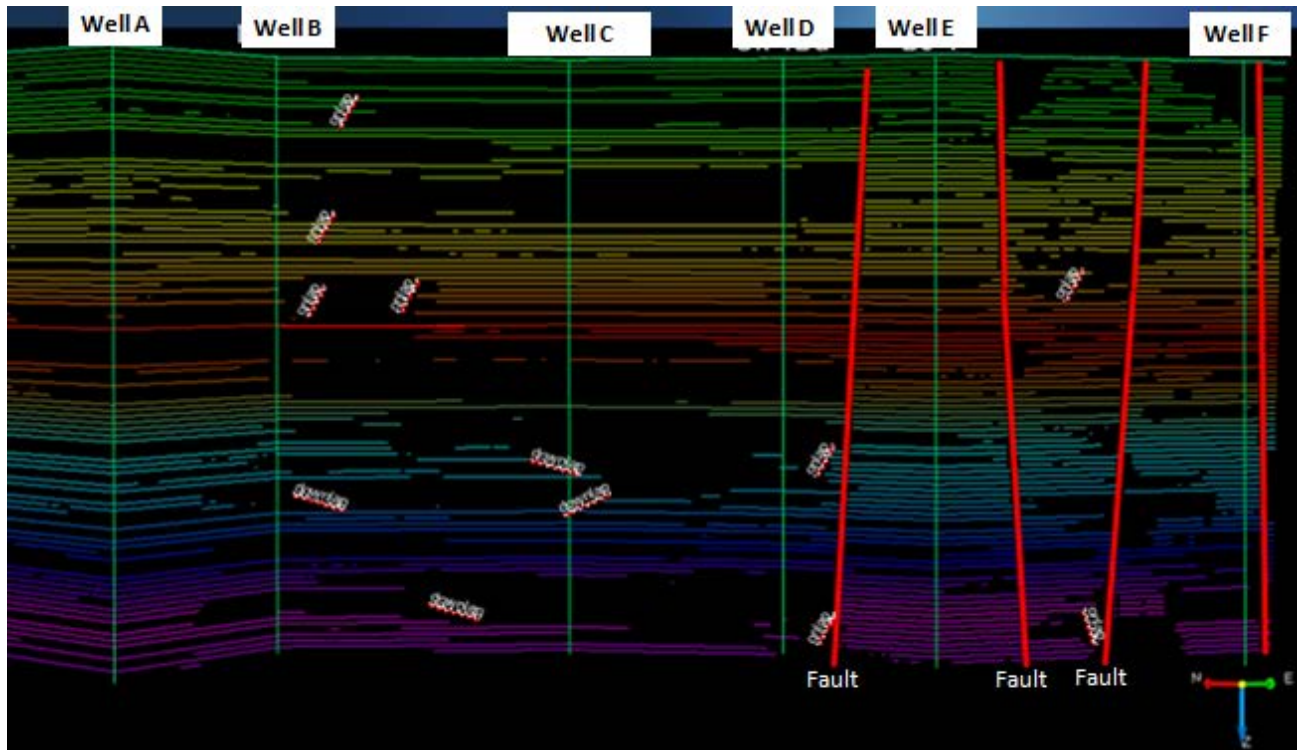
koju donosi tehnološki razvoj. Sadržaj geološke jedinice pokušao se prikazivati različitim tipovima karata: kartama ukupnih debljina, kartama efektivnih debljina, litofacijesnim kartama koje prikazuju odnose pješčenjak/lapor koje su načelno govorele o distribuciji pješčenjaka u prostoru i to samo na temelju bušotinskih podataka.



Slika 2: Strukturna dubinska karta i trodimenzionalni prikaz ležišta naftnog polja Ježevo iz 2014. godine

No, razvoj računalne tehnologije omogućio je vizualno prikazivanje treće dimenzije. 3D tehnologija je omogućila da se preko analize seizmičkih atributa, preko 3 osnovna parametra (amplituda, faza, frekvencija) analiziraju detaljnije geološki događaji, formacije, razlikujući taložne događaje (pijesak-lapor) pa čak i posredno, petrofizikalna svojstva. Analitika seizmičkih podataka u frekvencijskom spektru ili domeni donosi potpuno novo svjetlo na geološke tekture u podzemlju. Razbijajući seizmički signal u frekvencijskoj domeni na tri dijela pridružujući im odgovarajuću boju (niske frekvencije-crvena, srednje frekvencije-zelena, visoke frekvencije-plava) dolazi se do spektralne dekompozicije kao posebnog seizmičkog atributa koji u detaljnije prikazuje arhitekturu taložnog sustava. A kako stijene u podzemlju reagiraju na zvučne valove i proizvode određene valne duljine, ona prikazuje i odnose debljina različitih facijesa. Osim toga, odzivi reflektora visokih frekvencija mogu se smanjiti zbog prisutnosti kompresibilnih tekućina te tako spektralna dekompozicija može pomoći i u izravnom otkrivanju ugljikovodika (Castagna et al., 2003; Welsh et al., 2008). Analiza spektralne dekompozicije omogućuje istraživaču kvantificiranje varijacije amplituda i frekvencija, a samim time i uvid u sedimentološke procese, sustave rasjeda i pukotina te ugljikovodike (Hall, M. et al., 2004; de Groot, P., 2012). Primjenjuje se pomoću algoritma brze Fourier-ove transformacije. Fourier-ova analiza pretvara signal iz svoje izvorne domene na prikaz u frekvencijskoj domeni i obrnuto (Van Loan, 1992).

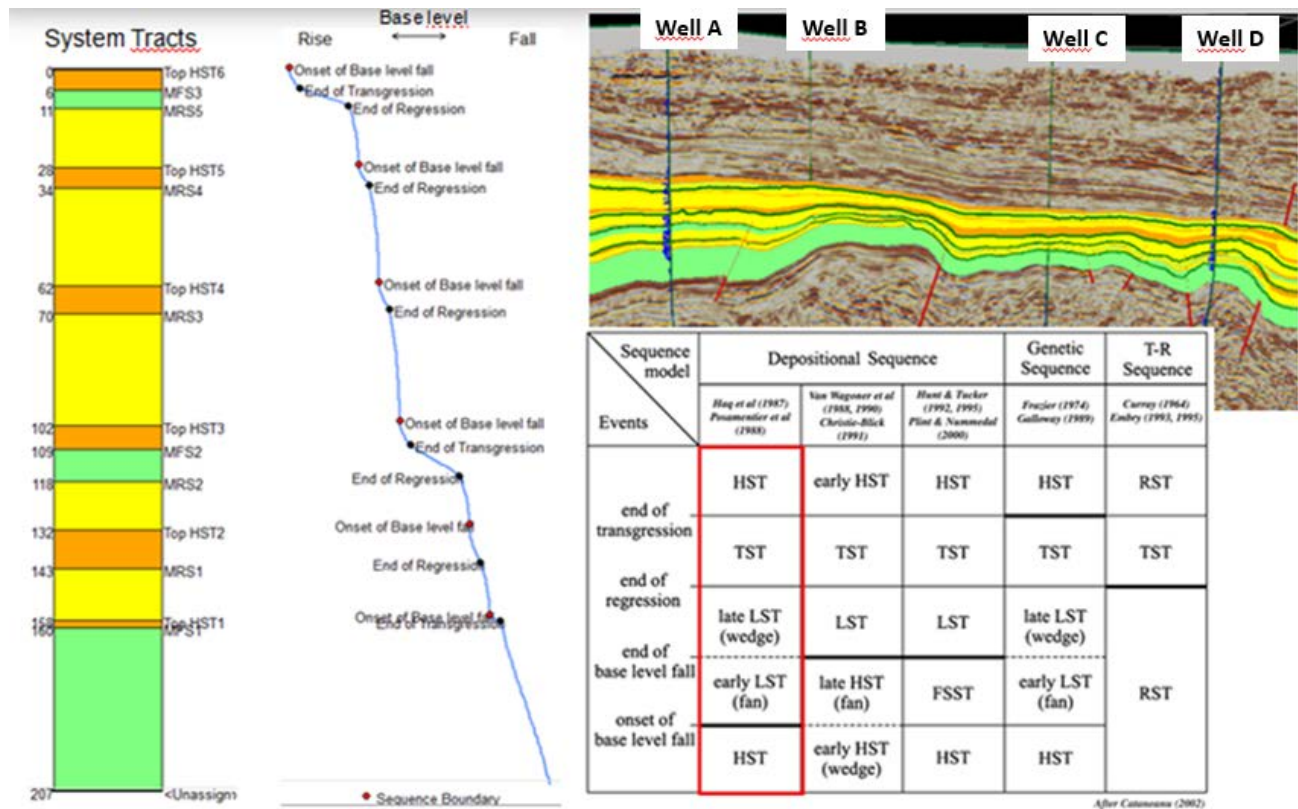
Preko spektralne dekompozicije uočavaju se kompletni taložni sustavi sa svim svojim elementima kao što su hranidbeni kanali, distribucijski kanali, lobovi, poplavna područja te kanalski nasipi. U kombinaciji s Wheeler-ovim dijagramima (Slika 3) otkrivaju se i sistemski traktovi koji tvore taložne cikluse na nekom području u određenom vremenu (Qayyum, F., 2015).



Slika 3: 1D Wheelerov dijagram preko područja naftno-plinskih polja Ježevo, Ivanić, Žutica i Okoli do Stružeca

Metodom izrade Wheeler-ovih dijagrama prema izračunatom matematičkom seizmičkom atributu *Dip Steered Median Filter* (Qayyum, F., 2012) odnosno prema seizmičkim profilima, jednako u dvodimenzionalnoj ali i trodimenzionalnoj formi mogu se kartirati i određivati seizmostratigrafske sekvencije i parasekvencije (HST, TST, LST itd.). Wheeler-ovi dijagrami su prostorno-vremenski dijagrami koji prikazuju prostornu raspodjelu sedimentnih facijesa kroz vrijeme u dvodimenzionalnoj shemi (Qayyum, F. et al., 2014). Trodimenzionalni seizmički podatci omogućuju izradu trodimenzionalnih Wheeler-ovih dijagrama, ali su oni rijetki zbog poteškoća u njihovoj izradi (Cheney, E., 1987). Prema Wheelerovim dijagramima mogu se određivati trodimenzionalno seizmički završetci (*onlap*, *downlap*, *toplap*), a naposljetku i jako dobro stratigrafske zamke isklinjenja. Ovakvim pristupom olakšana je prepoznatljivost postajanja stratigrafskih zamki ugljikovodika, njihovog prostornog ograničenja što u konačnici smanjuje geološki rizik. Izrada ovakvih dijagrama dovodi i do facijesne korelacije bušotina, koja za razliku od klasične litostratigrafske korelacije prikazuje prostorni raspored korelativnih sedimentoloških tijela kao što su sustavi distalnih i proksimalnih lobova, zasebni lobovi, turbiditni kanali i slično. Prema Wheelerovim dijagramima i određenim seizmostratigrafskim sekvencijama i parasekvencijama može se odrediti i izraditi krivulja kolebanja razine mora (u ovom slučaju jezera zbog našeg karakterističnog Panonskog bazenskog sustava - Slika 4).

Svim ovim procesima te njihovom kalibracijom sa postojećim bušotinskim podacima iluminacija podzemlja je potpuna te metode dubinskog kartiranja poprimaju sasvim drugačiji karakter i otkrivaju detalje nezamislive i vremenima djelovanja pok. Velimira Kranjeca.



Slika 4: Sistemski traktovi i krivulja kolebanja razine jezera na području od Ježeva, Ivanića preko Žutice do Okola

Literatura:

Castagna, J., S. Sun & R. Siegfried (2003): Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons. *The Leading Edge*, Feb 2003

Charles Van Loan (1992): *Computational Frameworks for the Fast Fourier Transform*. SIAM

Cheney, E. (1987): Memorial to Harry Eugene Wheeler, 1907–1987. *Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin* 77, p 393–395.

De Groot, P., Qayyum, F. (2012): Attributes play important role in seismic interpretation. *Hart's E&P Magazine*, p. 31–34, October 2012

Hall, M., Trouillot E. (2004): Predicting stratigraphy with spectral decomposition. 2004 CSEG National Convention

Naftno-plinsko polje Ježevo: Elaborat o rezervama nafte i plina (stanje 31.12.1984.)

Qayyum, F., Catuneanu O., de Groot, P. (2014): Historical developments in Wheeler diagrams and future directions. *Basin Research*, 27/3, Pages 336–350

Qayyum, F., de Groot, P. and Hemstra, N. (2012): Using 3D Wheeler diagrams in seismic interpretation – the HorizonCube method. *First Break*, Volume 30

Qayyum, F., Stellingwerff J., Romanova, V., Macurda B. and Smith D. (2015): Seismic Stratigraphy Gets a New Perspective. *Geohorizons*, January 2015/1

Welsh, A., Brouwer, F.G.C., Wever, A. & Flierman, W. (2004): Spectral Decomposition of Seismic Reflection Data to Detect Gas Related Frequency Anomalies. *Leveraging Technology: 70th EAGE Conference & Exhibition — Rome, Italy, 9 - 12 June 2008*

Illuminations of the subsurface mapping

Keywords: subsurface mapping, structural maps, spectral decomposition, Wheeler diagrams.

Extended abstract

How to show geology and geological structures underground? Depth structural maps are certainly the best solution. Depth structural maps show the geometry of the geological unit in the underground. They are made on the basis of borehole and seismic data and/or any other data that can clearly show the geological unit with its distribution and quantity in some area. Structural maps are two-dimensional, while the third dimension is represented by the contours whose values indicate the depth of the respective geological unit. Therefore, the author or user of such maps must visualize maps. The contents of the maps were quite poor and they were also displayed with contours or shading and hatching. This combination sometimes brought confusion and inevitably loss of the content.

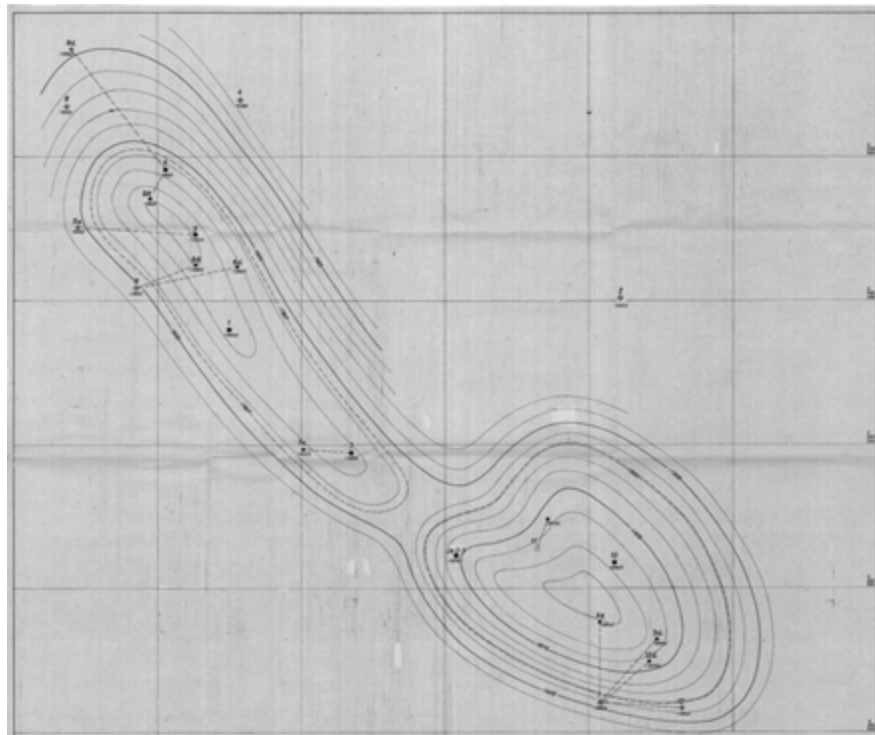


Figure 1: Depth structural map of oilfield Ježevo from 1984 year (Oil and gas field Ježevo: Elaborate on oil and gas reserves (31. 12. 1984.))

For illustration purposes only, the geometry of a single reservoir on the 1984 map of Ježevo oilfield (**Figure 1**) on depth structural map made on the basis of the drilling data and some 2D seismic profiles is only similar to that from 2014 (**Figure 2**). 3D seismic technology improved the interpretation and definition of structural relationships in the underworld. The precision of geometry and the depth of burial are elements of the change brought by technological development. The content of the geological units tried to be illustrated by different types of maps: total thickness maps, effective thickness maps, lithofacies maps showing the sandstone/marl relations whose primary task was distribution of sandstones in the area, but only on the basis of the borehole data. Further, in the environment, it was at the level of speculations and assumptions.

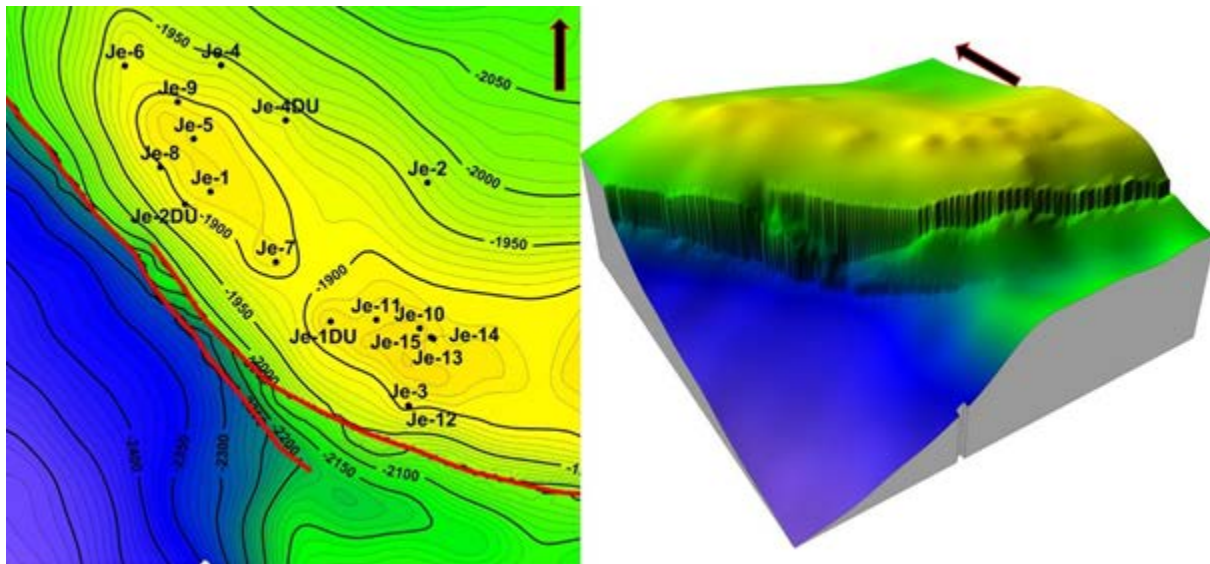


Figure 2: Depth structural map and three-dimensional display of one of the reservoir from oilfield Ježevo in the 2014

But the development of technology, has made it possible to visualize the third dimension. At the beginning, 3D technology has enabled the analysis of seismic attributes on all 3 basic attributes (amplitude, phase and frequency) to illustrate various geological events, formations, depositional events (sand-marl) and even indirectly, petrophysical properties. The analysis of seismic data in the frequency spectrum or domain brings a whole new insights to the geological texture in the underground. Spectral decomposition unravels the seismic signal into its constituent frequencies and this allows the interpreter to see amplitude and phase tuned to specific wavelengths (Hall, M. et al.; 2004). And how rocks in the underground react to sound waves and produce certain wavelengths, it also displays relative thickness of different facies. In addition, since the high-frequency response of a reflector can be attenuated by the presence of compressible fluids, spectral decomposition can also assist in the direct detection of hydrocarbons (Castagna et al. 2003; Welsh et al., 2008). Spectral decomposition analysis allows the explorationist to quantify amplitude variation with frequency, and thereby gain insight into the distribution of stratigraphic entities, faults and fractures, and/or hydrocarbons (Hall, M. et al., 2004; de Groot, P., 2012). It is implemented through the algorithm of Fast Fourier Transform. Fourier analysis converts a signal from its original domain (often time or space) to a representation in the frequency domain and vice versa (Van Loan, 1992).

These technological achievements fully expose underground by providing the interpreter with spectacular views of very complex geology. Complete sediment systems can be seen with all its elements such as feeder channels, distribution channels, lobes, floodplains and levees. Combined with Wheeler Diagrams (**Figure 3**) systemic tracts that form sedimentary cycles in some area at a given time can also be detected (Qayyum, F., 2015).

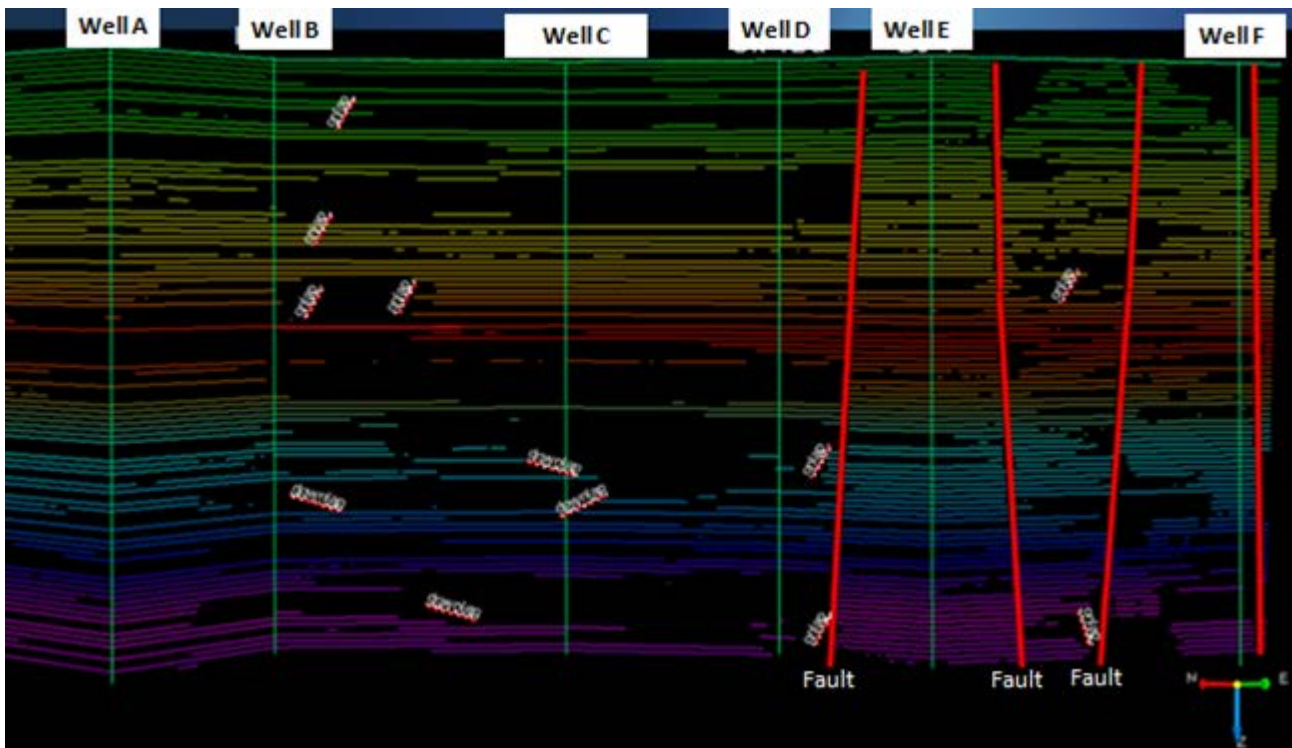


Figure 3: 1D Wheeler diagram across oil and gas fields Ježevo, Ivanič, Žutica, Okoli and Stružec

By compiling Wheeler's diagrams according to the calculated mathematical seismic attribute Dip Steered Median Filter (Qayyum, F., 2012) on reflection seismic profiles, equally in two-dimensional and three-dimensional form, seismostratigraphic sequences and parasequences can be mapped and determined (HST, TST, LST, etc.). The Wheeler diagram is a spatio-temporal plot, showing the (usually one dimensional) spatial distribution of sedimentary facies through time in a two dimensional chart (Qayyum, F. et al., 2014). Three-dimensional seismic data allows the construction of three-dimensional Wheeler diagrams, but these are rare because of the difficulty of producing them. According to Wheeler's diagrams, three-dimensional seismic terminations such as onlaps, dowlaps, toplaps can be determined which leads to very good mapping and visualization of stratigraphic traps. This approach facilitates the recognition of stratigraphic hydrocarbon traps and their spatial limitation, which ultimately leads to reduction of geological risk. The development of such diagrams leads to the well facies correlation, which, unlike the classical lithostratigraphic correlation, shows the spatial distribution of correlative sedimentological features such as distal and proximal lobe systems, separate lobes, turbidic channels and similar. According to Wheeler diagrams and determined seismostratigraphic sequences and parasequences, the sea level fluctuation curve can be determined (in this case, the lake level fluctuation curve due to characteristics of Pannonian basin system - **Figure 4**).

With all these processes and with calibration of existing borehole data underground illumination is more completed. Methods of subsurface mapping today take on a completely different character and they reveal much more details that were probably unimaginable during the working period of the late professor Velimir Kranjec.

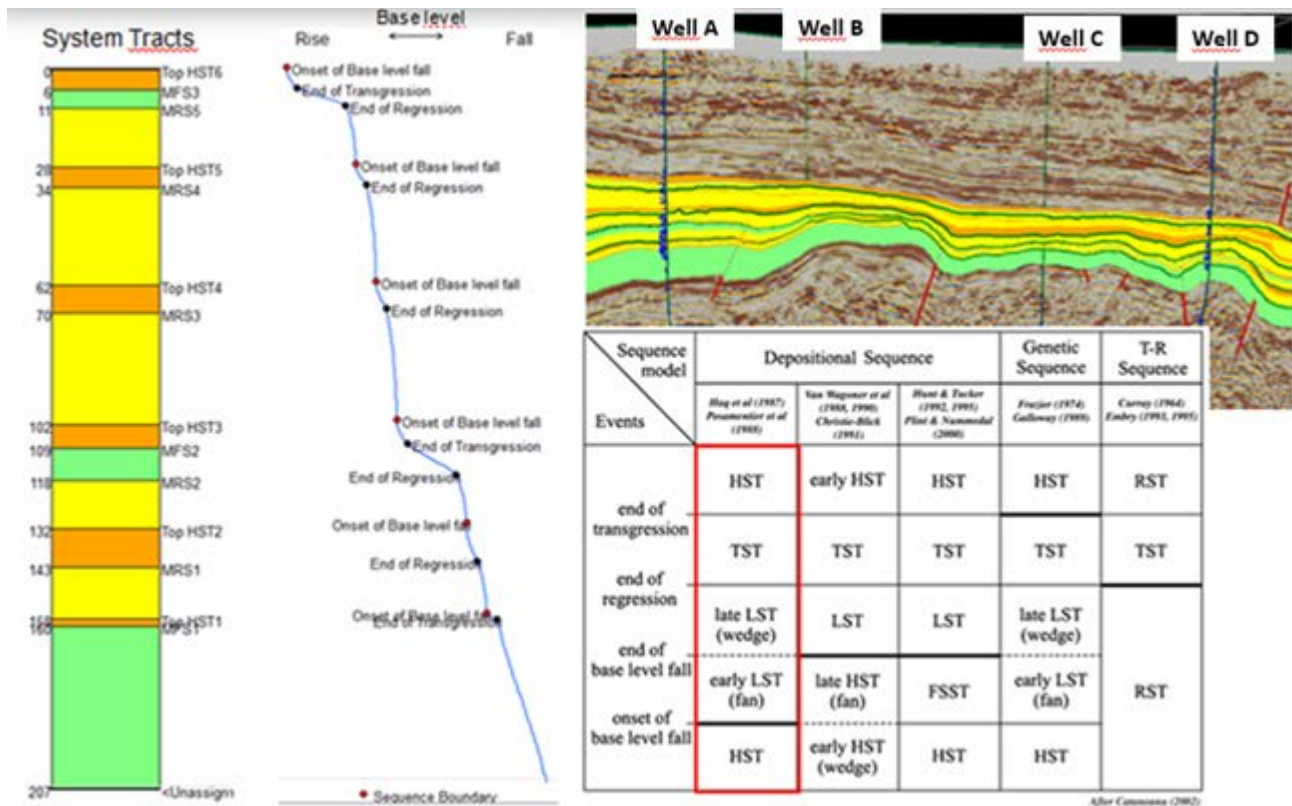


Figure 4: System tracts i lake level fluctuation curve on area from Ježevo, Ivanić towards Žutica to Okoli

References:

Castagna, J., S. Sun & R. Siegfried (2003): Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons. *The Leading Edge*, Feb 2003

Charles Van Loan (1992): *Computational Frameworks for the Fast Fourier Transform*. SIAM

Cheney, E. (1987): Memorial to Harry Eugene Wheeler, 1907–1987. *Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin* 77, p 393–395.

De Groot, P., Qayyum, F. (2012): Attributes play important role in seismic interpretation. *Hart's E&P Magazine*, p. 31-34, October 2012

Hall, M., Trouillot E. (2004): Predicting stratigraphy with spectral decomposition. 2004 CSEG National Convention

Naftno-plinsko polje Ježevo: Elaborat o rezervama nafte i plina (stanje 31.12.1984.)

Qayyum, F., Catuneanu O., de Groot, P. (2014): Historical developments in Wheeler diagrams and future directions. *Basin Research*, 27/3, Pages 336–350

Qayyum, F., de Groot, P. and Hemstra, N. (2012): Using 3D Wheeler diagrams in seismic interpretation – the HorizonCube method. *First Break*, Volume 30

Qayyum, F., Stellingwerff J., Romanova, V., Macurda B. and Smith D. (2015): Seismic Stratigraphy Gets a New Perspective. *Geohorizons*, January 2015/1

Welsh, A., Brouwer, F.G.C., Wever, A. & Flierman, W. (2004): Spectral Decomposition of Seismic Reflection Data to Detect Gas Related Frequency Anomalies. *Leveraging Technology: 70th EAGE Conference & Exhibition — Rome, Italy, 9 - 12 June 2008*

Metodologija istraživanja temeljena na stratigrafskim intervalima («play based»)

UDK/UDC: 550.8:553.9

Pregledni rad / Review paper



Vesna Žužul¹

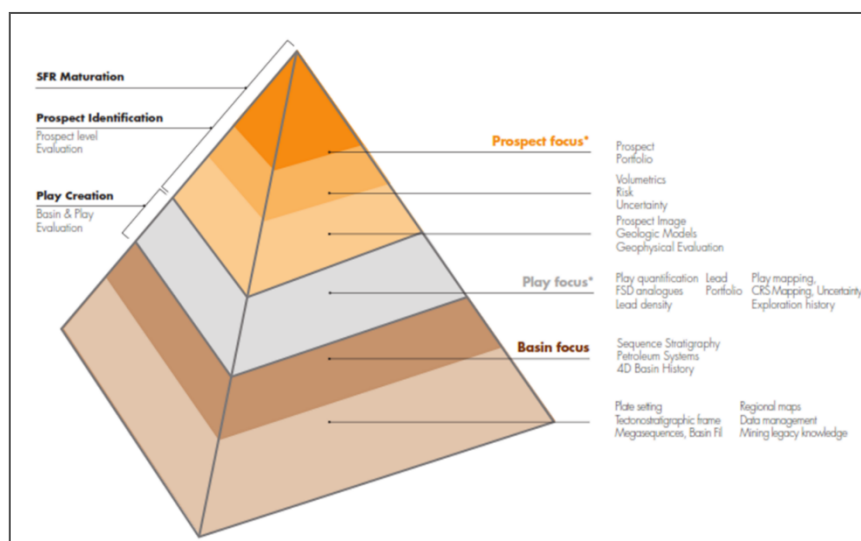
¹INA – Industrija nafte d.d., Avenija Većeslava Holjevca 10, Zagreb; Sektor za istraživanje, dipl. ing. geol.

Ključne riječi : PBE metodologija, CRS karte, Karte taložnih okoliša (GDE), naftni sistem, stratigrafski interval («play»), prospekt.

Prošireni sažetak

Početak 2016. godine ekspertni timovi u Ini započeli su re-evaluaciju prostora Savske, Dravske i Murske depresije korištenjem „Play Based Exploration“ metodologije, tj. metodologije istraživanja perspektivnih stratigrafskih intervala. Cilj je bio odredba novih istraživačkih intervala (engl. „play“), prospekata, kao i definiranja poligona za novo snimanje seizmike u zonama interesa.

„Play Based Exploration“ je metodologija (**slika 1**) koja se koristi za bolje razumijevanje naftnog sustava, posebno u geoloških varijabli u samom sustavu. Prednost spomenute metodologije je u ranom usmjeravanju na bitne istraživačke aktivnosti unutar cijelog prostora, te na rangiranje najboljih intervala i zona. Cijeli pristup pruža veću tehničku sigurnost za precizniju odluku, čak i uz djelomične ili nepotpune podatke. Snaga PBE metodologije ogleda se u mogućnosti rangiranja istraživanog područja i time izdvajanja dijelova bazena i intervala za daljnju evaluaciju te na taj način optimizirajući potrebno vrijeme i sredstva.



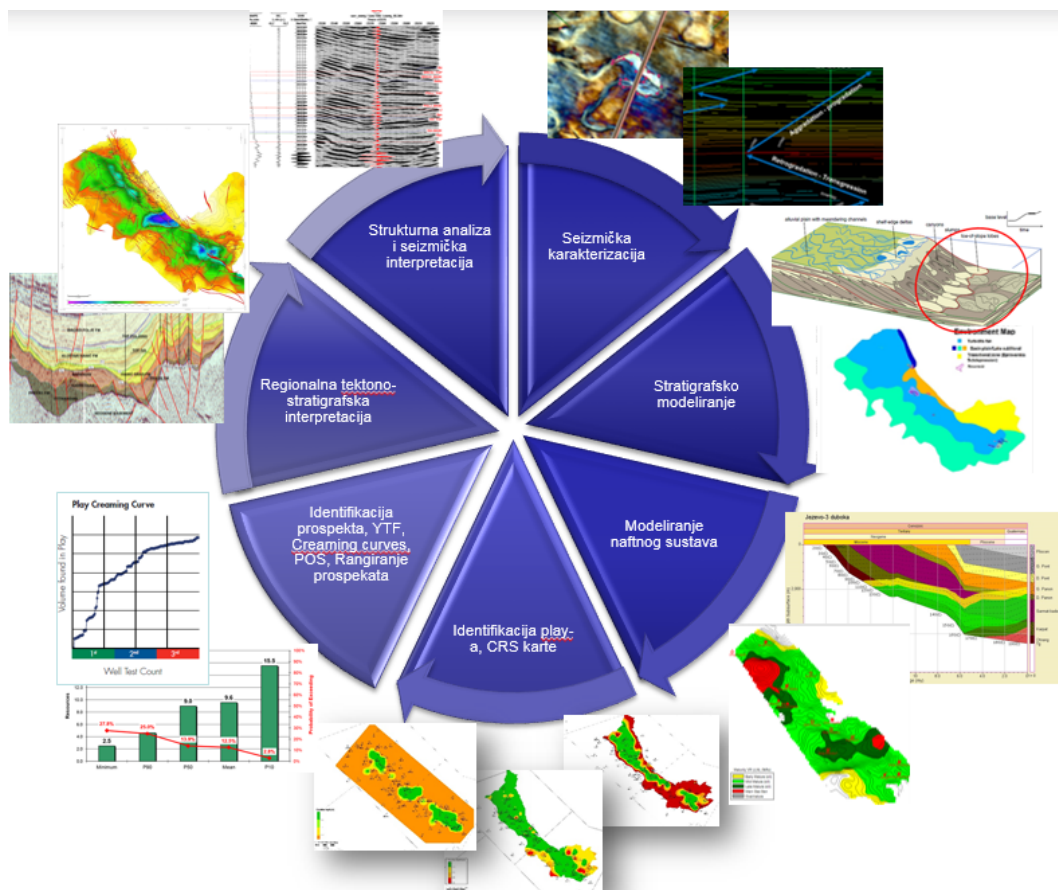
Slika 1: Generalni shematski prikaz PBE metodologije

Metodologija PBE najbolje se može predložiti tzv. istraživačkom piramidom (**slika 1**), gdje se inicijalni fokus stavlja na određivanje i opis regionalnog konteksta, a zatim bazenskog okvira, što vodi boljem razumijevanju produktivnih naftnih sustava. Razumijevanje naftnog sustava je osnova za sve korake u procesu istraživanja, te u tom smislu, stvara temelj za istraživanje kvantificiranjem raznih aspekata naftnog sustava unutar svakog intervala, korištenjem alata kao što je CRS kartiranje, u svrhu izdvajanja zona od interesa (**slika 2**).

Corresponding author: Vesna Žužul
vesna.zuzul@ina.hr

Nakon kartiranja i kvantifikacije, fokus istraživanja se pomiče na puno detaljniju geološku i geofizičku analizu kako bi se odredili prospekti. Navedeno rezultira izračunom volumetrije, rizika ili geološke vjerojatnosti otkrivanja ugljikovodika, te klasificiranje prospekta u portfelj istraživačkih projekata.

PBE u startu zahtijeva veće ulaganje u smislu vremena (**slika 2**), posebno ukoliko regionalni okvir nije unaprijed definiran. Međutim, to ulaganje se vrati kroz brzu i jednostavnu procjenu prospekata i donošenja odluka koje slijede.



Slika2: Grafički prikaz tijeka rada

PBE pristup koristi se u svijetu u naftnoj industriji više od 20 godina. Istraživanje temeljeno na intervalima prepoznato je kao ključna metoda u brzom i djelotvornom procjeni novih prilika. Također, spomenuta metoda ima vrlo važnu ulogu u procjeni novih zona u postojećim istražnim područjima. Najvažnija snaga ove metodologije je u boljem razumijevanju naftnih sustava i boljem određivanju rizika.

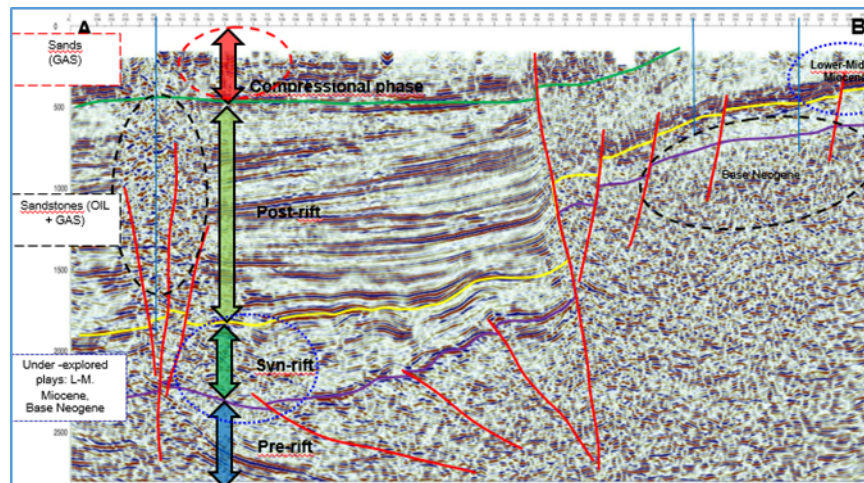
Tijek rada

Koraci 1-2

Regionalni strukturalno-stratigrafski sklop i seizmička interpretacija

Strukturalno-stratigrafski sklop i seizmička interpretacija bazena početni je korak u strukturalno-stratigrafskoj interpretaciji, te se na istom temelji procjena distribucije matične stijene, povijesti zalijeganja te razumijevanje naftnih sustava. Rano prepoznavanje megasekvencija važan je dio opisanog koraka i ključno je u analizi bazena (**slika 3**). Megasekvencije su skupine povezanih taložnih sekvencija, koje su ograničene regionalnim diskordancijama (npr. predriftovanje, sinriftovanje...), a imaju prvenstvo u identifikaciji zona i intervala. Sve sljedeće prepoznate jedinice unutar bazena su manje od megasekvencija. Također, palinspastička

rekonstrukcija, kao dio strukturne analize, može pružiti informacije o vremenu razvoja struktura unutar bazena.

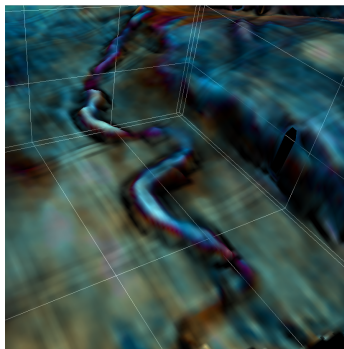


Slika 3: Megasekvencije u strukturno-stratigrafskoj evaluaciji

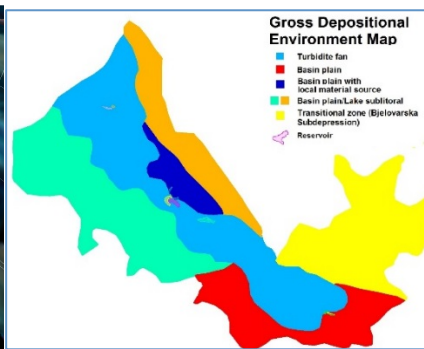
Koraci 3-4

Seizmička karakterizacija i stratigrafsko modeliranje

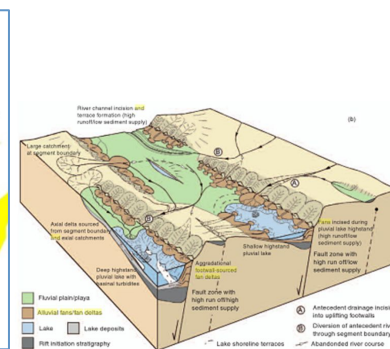
Seizmička karakterizacija i stratigrafsko modeliranje u PBE metodologiji obično dijele sekvencijski stratigrafski kontrolirani horizont. Intervali su definirani stratigrafski značajnim promjenama: krovinom i taložnim okolišima sekvencije (slike 4 i 5). Unutar prethodno identificiranih megasekvencija, stratigrafska definicija manjih sekvencija («play(s)») mnogo je brža, što štedi vrijeme, a time i novac. Izrada taložnog modela (slika 6) jedna je od glavnih predispozicija za kvalitetno modeliranje naftnog sustava. Ujedno, taložni model je rezultat svih seizmičkih i stratigrafskih podataka, na temelju kojeg se mogu definirati potencijalne zamke za ugljikovodike, izdvajanjem ležišta i krovina.



Slika 4: Spektralna dekompozicija



Slika 5: Karta taložnih okoliša

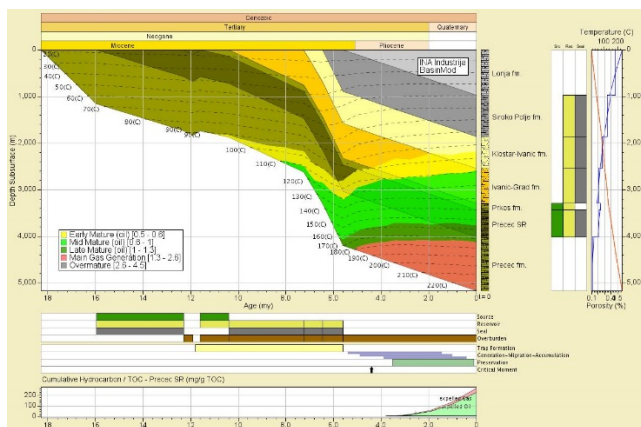


Slika 6: Taložni model

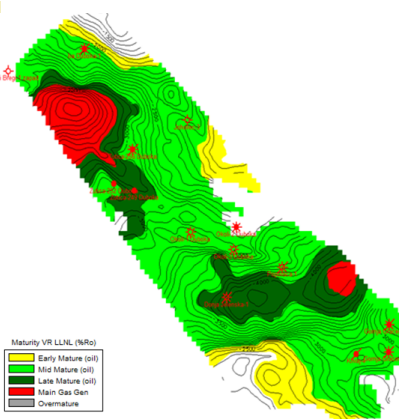
Korak 5

Modeliranje naftnog sustava

Modeliranje naftnog sustava obuhvaća integraciju svih podataka u naftnom sustavu, tj. podatke o pojavljivanju ugljikovodika, distribuciji matičnih stijena, pozitivnosti uočene tijekom bušenja na krhotinama stijena, pojave nafte i plina u bušotinama, povijesti zalijeganja, te svih pokazatelja generiranja, istiskivanja, migracije i nakupljanja ugljikovodika.



Slika 7: Dijagram događaja u naftnom sustavu (primjer)



Slika 8: Karta zrelosti (primjer)

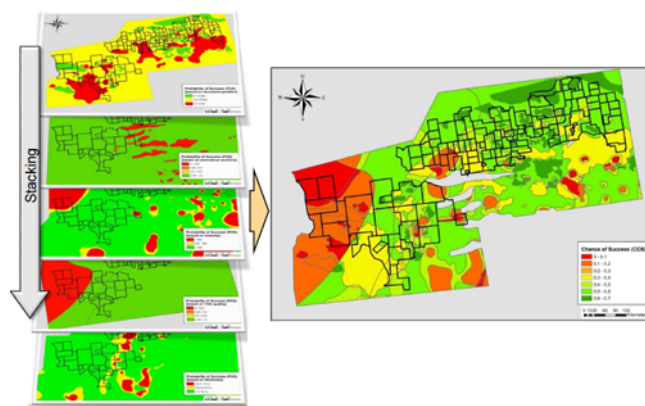
Korištenjem programa B-mod i Per-media pristupilo se bazenskom modeliranju, obuhvaćajući pri tome sve aspekte razvoja naftnog sustava kroz geološko vrijeme. Dijagram događanja (slika 7) nam govori o bitnim događanjima razvoja naftnog sistema unutar nekog bazena.

Korak 6

Identifikacija play-a, CRS karte

Za izradu CRS karata (Common Risk Segment maps - karte zajedničkog rizika) koje govore o geološkim rizicima pojedinih segmenata, korišteni su svi raspoloživi geološki podaci. CRS karte su izrađene na temelju karata potencijalnih ležišta i krovina, matičnih stijena i njihove zrelosti, putova migracije ugljikovodika, karata taložnih okoliša itd.

CRS karte ističu područja visokog stupnja interesa i budući istražni fokus. Množenjem i/ili zbrajanjem karata zajedničkih rizika (CRS maps) za pojedini interval, dobije se umnožak karata zajedničkih rizika (Composite Common Risk Segment map-CCRS) (slika 9). Dobivene karte se uspoređuju s već postojećim, poznatim podacima na analiziranom području.



Slika 9: Preklapanje CRS karata - CCRS karta kao konačni rezultat

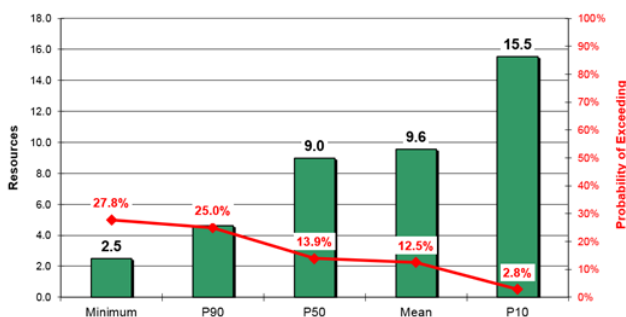
Korak 7

Dodatni ugljikovodični potencijal («Yet to Find; YTF», vjerojatnost uspjeha («Probability of Success», POS»), Rangiranje prospekata

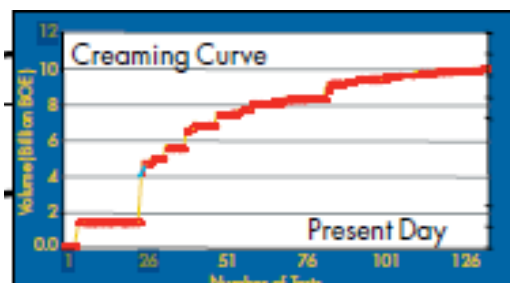
Posljednji korak u PBE metodologiji je rangiranje prospekata u svrhu klasifikacije prospekata u istraživački portfelj. Prilikom procjene svakog prospekta pojedinačno, isti se stavljaju u kontekst zona, a dobivene informacije omogućavaju nam kategorizaciju i mogućnost rangiranja prospekata unutar portfelja. Prospekti bi trebali odgovarati kompozitnim zajedničkim segmentima rizika (CCRS kartama), u smislu identifikacije budućih objekata.

Za izračun resursa, potrebno je analizirati sve petrofizikalne podatke, te koristeći Rose & Associates MMRA® software, izraditi stohastičku volumetrijsku procjenu (slika 10), nakon čega slijedi rangiranje prema kategorijama OHIP-u («Original Hydrocarbon In Place») i POS-u («Probability of Success»).

Ujedno, PBE metoda je izrazito pogodna za bolje razumijevanje dodatnog ugljikovodičnog potencijala (Yet-to find-YTF) u istom ili segmentu intervala. Također, neke statističke metode kao što je distribucija veličine polja (FSD) u «Creaming curves» mogu pružiti informacije. Te krivulje predstavljaju povijest otkrića rezervi u korelaciji s predviđanjima budućih otkrića unutar jedne ili više zona (slika 11).



Slika 10: Geološke rezerve i POS dijagram (MMRA)



Slika 11: Creaming curve (primjer)

Literatura

- Ahmad, Nadeem and Khan, Moin R.(2010): Play Fairway Analysis and Crs Mapping within a Sequence Stratigraphic Framework: ScreeningTools for Geological Risk constrained Exploration
- Allen, P.A. & Allen, J.R. (2005): Basin Analysis: Principles and Applications, Blackwell Science, Malden, MA, USA
- Castagna, J., S. Sun & R. Siegfried (2003): Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons. The Leading Edge, Feb 2003
- Royal Dutch Shell: A guide for AAPG'S imperial barrel award participants, Play based exploration guide

Play Based Exploration methodology

Vesna Žužul¹

¹INA – Oil Company Plc., Avenija Većeslava Holjevca 10, Zagreb; Exploration Project Department, Grad. in Geoll.

Keywords: PBA methodology, CRS maps, Gross Depositional Environment maps (GDE), petroleum system, play, prospect.

Extended abstract

At the beginning of the year 2016, teams of INA's experts started the re-evaluation of Sava, Drava and Mura Depressions. The purpose of these re-evaluations was regional studies, using Play Based Exploration methodology, with the main goal of defining new exploration plays, prospects and seismic acquisition polygons in zones of interests.

The Play Based Exploration is a method (**Figure 1**) used for building an understanding of the basins and petroleum systems in which we work, and the geological plays they contain. The benefits of this method is in providing better early focus to range an exploration activities and most valuable plays. The whole approach provides technical precision and more confident decisions, even with the partial or incomplete data. The power of Play Based Exploration methodology is in possibility of ranking of explored area, in extraction of basin and play parts for further evaluation, by elimination of time and budget lost.

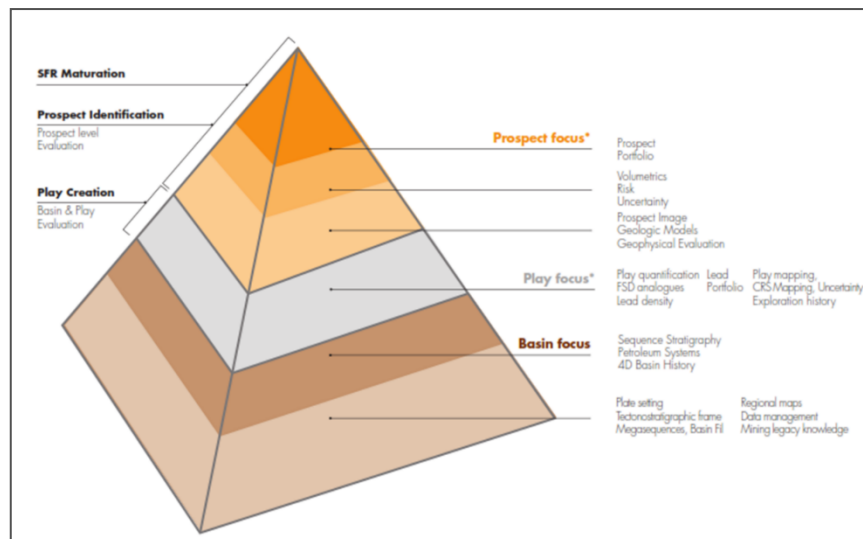


Figure 1: General schematic illustration of Play Based Exploration methodology

The best illustration of Play Based Exploration (PBE) methodology is the exploration pyramid (**Figure 1**), which represents the workflow of regional exploration defining, basin determination and consequently better analysis of the working petroleum systems.

Petroleum system understanding forms the basis for the subsequent play focus - quantifying the different aspects of the system within each play and using tools such as common risk segment mapping (CRS maps) to highlight sweet spots within each play (**Figure 2**).

When the plays have been mapped and where it is possible, quantified, then the focus shifts again to use more detailed geological and geophysical analysis. This is essential to define prospects within each play, and build the portfolio, including estimation of volumetric, risk and uncertainty.

PBE, requires upfront investment of time if the regional play framework has not already been defined. However, that investment will be repaid by swifter and simpler assessment of individual prospects, and in the quality of subsequent decisions.

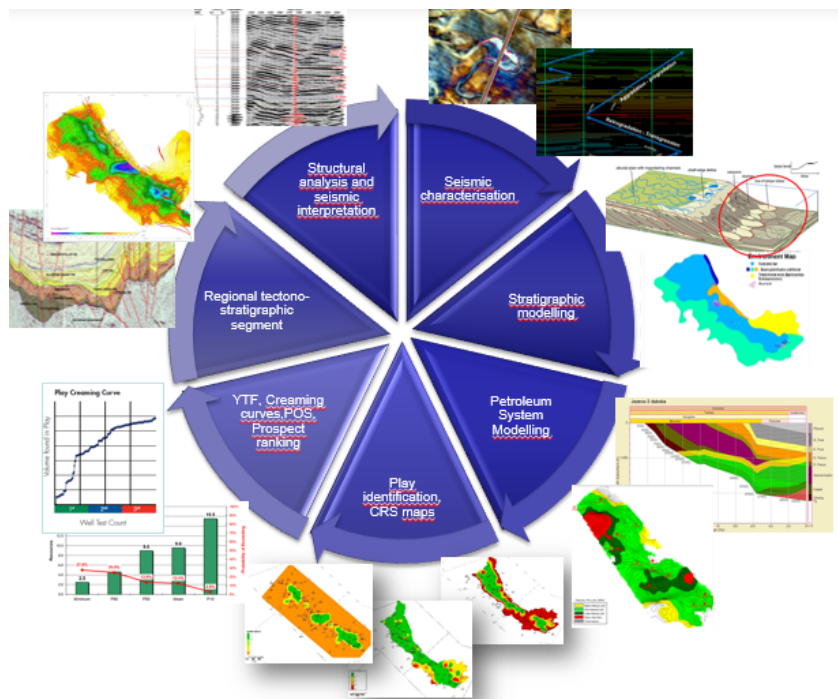


Figure 2: Schematic workflow

Last year, the expert teams in INA have successfully added significant benefit, using for the first time a play-based approach, which has been used in oil industry in the world for more than 20 years. Play Based Exploration is recognised as a crucial method in the fast and effective evaluation of new ventures. It has also a vital role in evaluating new plays in our existing areas. The most important effort of PBA is in rebuilding of a play-based approach to exploration, better understanding of petroleum systems and better risking.

Workflow (Figure 2)

Steps 1-2

Regional tectono-stratigraphic segment, structural analysis and seismic interpretation

The tectono-stratigraphic segment of a basin is a primary control on the structural architecture, stratigraphic fill, source rock distribution, thermal history and understanding of petroleum systems, plays and prospectivity. All next steps in play-based exploration are built upon this step. Early identification of Mega-sequences is an essential part of the basin analysis (**Figure 3**). Mega-sequences are the groups of related depositional sequences, which are bounded by regional unconformities (e.g. Pre-rift, Syn-rift.) and which have the priority in play identification. All further identified units within basin are smaller than Mega-sequences. Also, the palinspastic reconstruction, as a part of structural analysis, can provide the information on the timing of structural development.

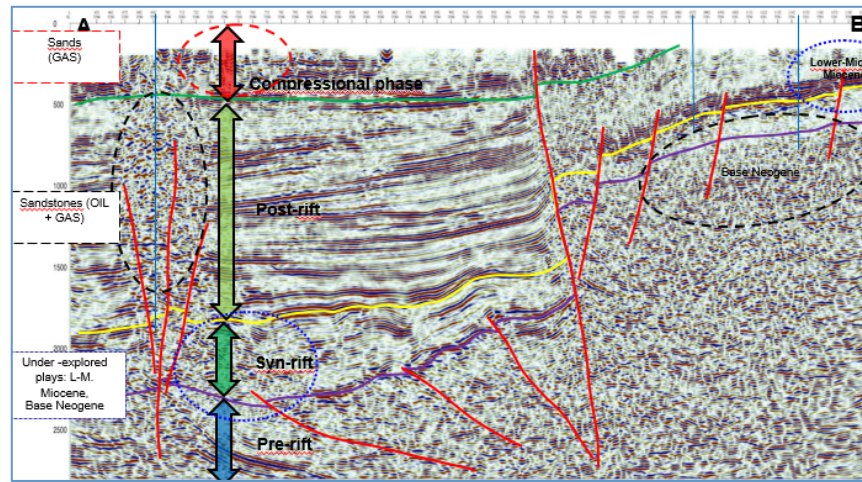


Figure 3: Mega-sequences in tectono-stratigraphic evaluation

Steps 3-4

Seismic characterisation and stratigraphic modelling

Seismic characterisation and stratigraphic modelling in PBE methodology commonly share a sequence stratigraphic controlled horizon. Plays are defined stratigraphic by a significant change in the play elements-major bounding seal and the gross depositional environment in the section (Figure 4 and Figure 5). Within previous identified Mega-sequences, the stratigraphic definition smaller sequences (plays or group of plays) is much easier and faster, where we save the time and consequently, the budget. Depositional model (Figure 6) is one of the main inputs for further steps in PBE method, petroleum system modelling. It is the result of all seismic and stratigraphic data, where the seals and reservoirs can be defined as potential traps for HC migration.

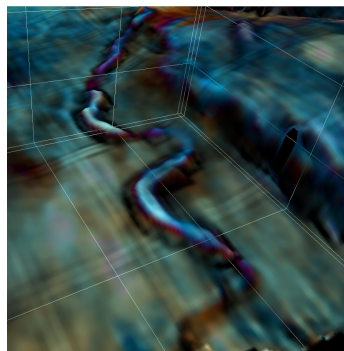


Figure 4: Spectral decomposition

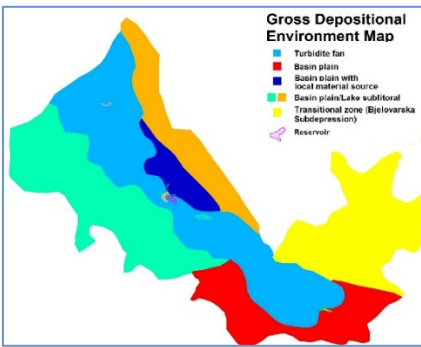


Figure 5: GDE map

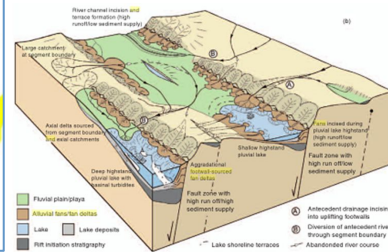


Figure 6: Depositional model-schematic

Step 5

Petroleum system modelling

Initial steps involve integrating all the hydrocarbon occurrence data such as source rock observations from well penetrations and outcrops, oil and gas in wells, piston core extracts, seeps, slicks, hydrates and direct hydrocarbon indicators from seismic data. Present day maturity can tell us the integrated history of a source interval. To better understand the petroleum system, the hydrocarbon flux through time have been looked.

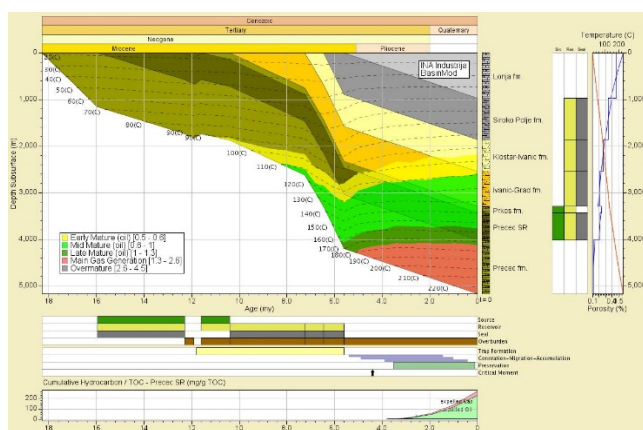


Figure 7: Petroleum system chart (example)

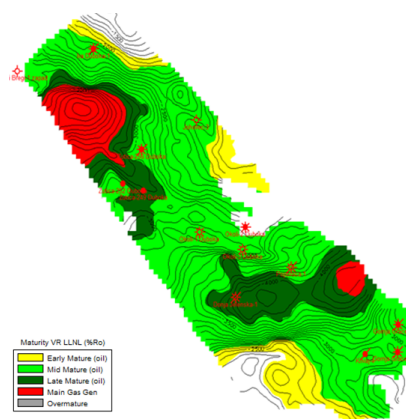


Figure 8: Maturity map (example)

Petroleum systems analysis in our studies involves more than traditional charge modelling. A complete understanding of charge modelling covers aspects of reservoir conditions through time. This is taken into account by using programs such as B-mod and Per-media. The one of the results of modelling (Figure 7) by B-mod is the maturity map (Figure 8). The petroleum system can be characterised simply by an events chart. The events chart helps identify the critical moment when all elements of a viable petroleum system are first in place.

Step 6

Play identification, CRS maps

CRS mapping and risking uses all available geological and exploration data to create a view of the play-scale risks. Play chance maps are provided upon reservoir and seals GDE maps, SR distribution and maturity, migration fairways, GDE maps, etc. Maps should highlight high-grade areas and further exploration focus.

In the last step of CRS Risking we multiply the maps together to create Composite Common Risk Segment (CCRS) maps (Figure 9). A reality check against known data is then performed. By multiplying the play and lead POs (Probability of Success) CCRS maps, we can approximate total geological POS.

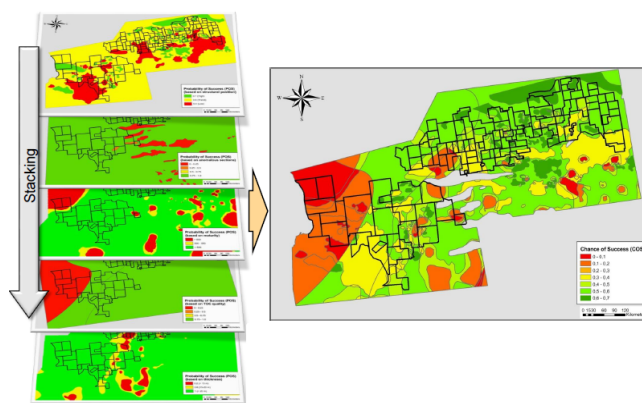


Figure 9: Chance maps (CRS) overlying - result in CCRS map

Step 7

Yet-to-Find (YTF), Creaming Curves, Probability of Success (POS), Prospect ranking

The last step of the workflow in PBE methodology is the prospect portfolio. When evaluating prospect portfolio, we place the prospects in a play context. This gives us the strategic information which is needed for play de-risking and prospect’s ability to build up the portfolio (Scope for Recovery volumes). A prospect portfolio should correspond to Composite Common Risk Segment (CCRS) maps. CCRS maps help identify drill candidate prospects in segments with acceptable chances of success. Prospect delineation on basis of seismic interpretation, attribute analysis, petrophysics, field, proven and speculative play analogy will be provided

Well log and petrophysical parameters for volumetric calculation have to be analysed. Stochastic volumetric assessment have to be done through Rose & Associates MMRA[®] software (**Figure 10**). Ranking according to OHIP and POS is expected.

Ultimately, PBE is the method for better understanding the additional potential (Yet-to find, YTF) within the same play or the play segment. It can shorten prospect evaluation by giving the focus to exploration. Also, some statistical methods such as Field Size Distribution (FSD) in Creaming Curves can provide the information about the play. Creaming curves represent the history of discovery volumes, where we can also predict the further discoveries within one play or play segment (**Figure 11**).

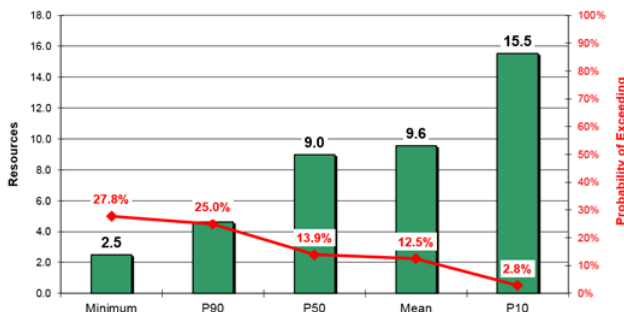


Figure 10: Geological resources vs chance of exceeding chart (MMRA) EXAMPLE

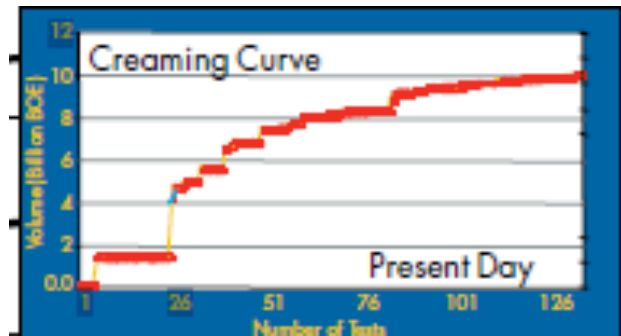


Figure 11: Creaming curve (example)

References:

Ahmad, Nadeem and Khan, Moin R.(2010): Play Fairway Analysis and Crs Mapping within a Sequence Stratigraphic Framework: ScreeningTools for Geological Risk constrained Exploration
 Allen, P.A. & Allen, J.R. (2005): Basin Analysis: Principles and Applications, Blackwell Science, Malden, MA, USA
 Castagna, J., S. Sun & R. Siegfried (2003): Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons. The Leading Edge, Feb 2003
 Royal Dutch Shell: A guide for AAPG’S imperial barrel award participants, Play based exploration guide