



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET



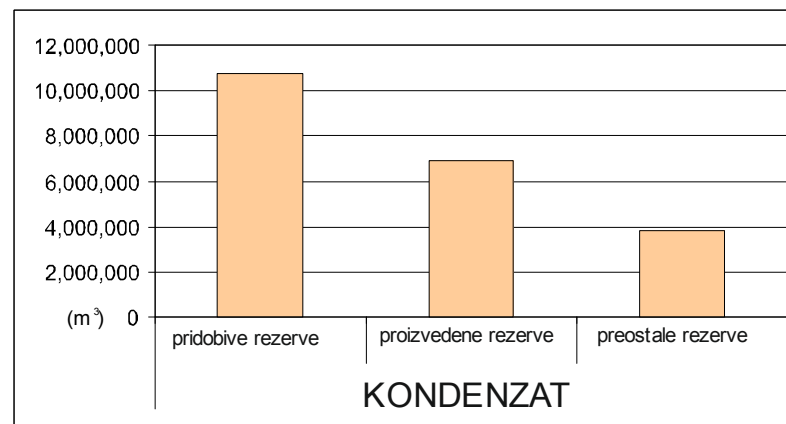
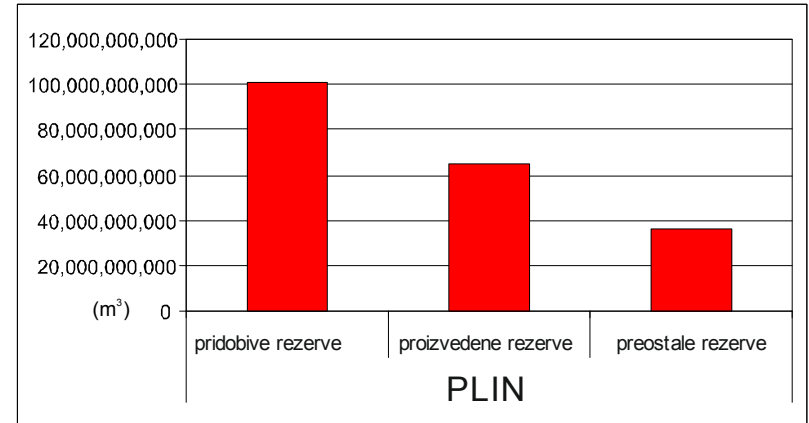
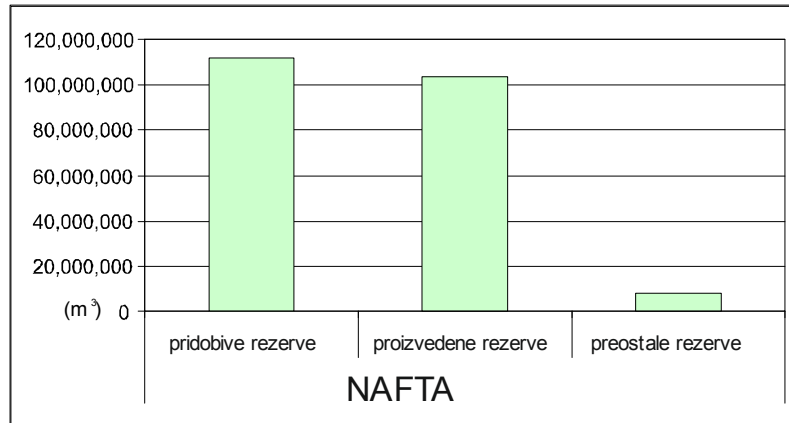
NAFTNOGEOLOŠKI POTENCIJAL I LITOSTRATIGRAFSKA RAZRADBA TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA U SAVSKOJ DEPRESIJI

Dr. sc. Marko Cvetković

UVOD

Razlozi istraživanja:

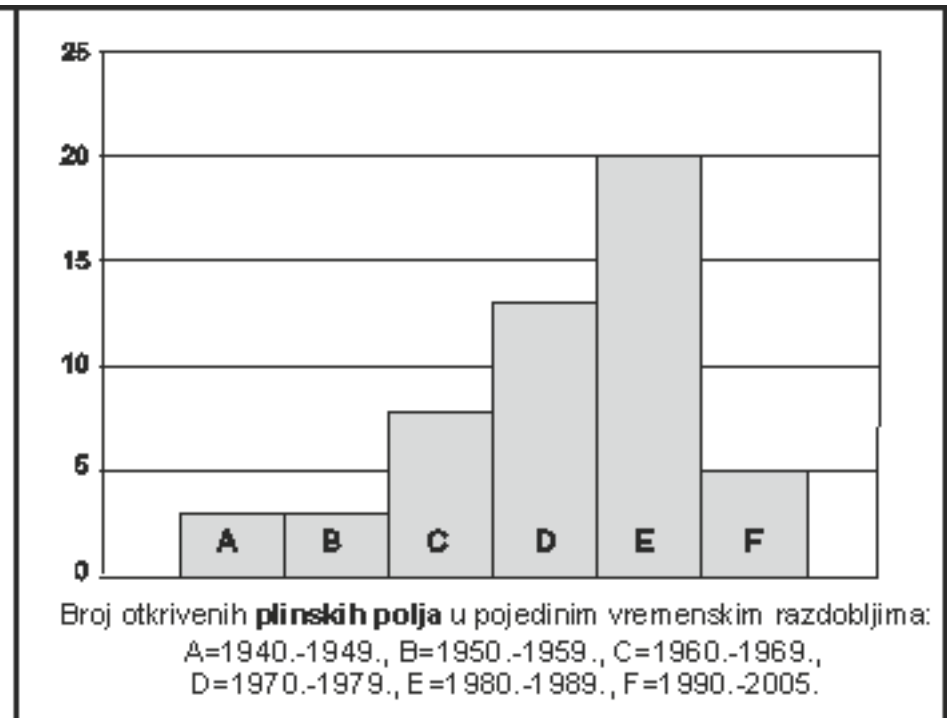
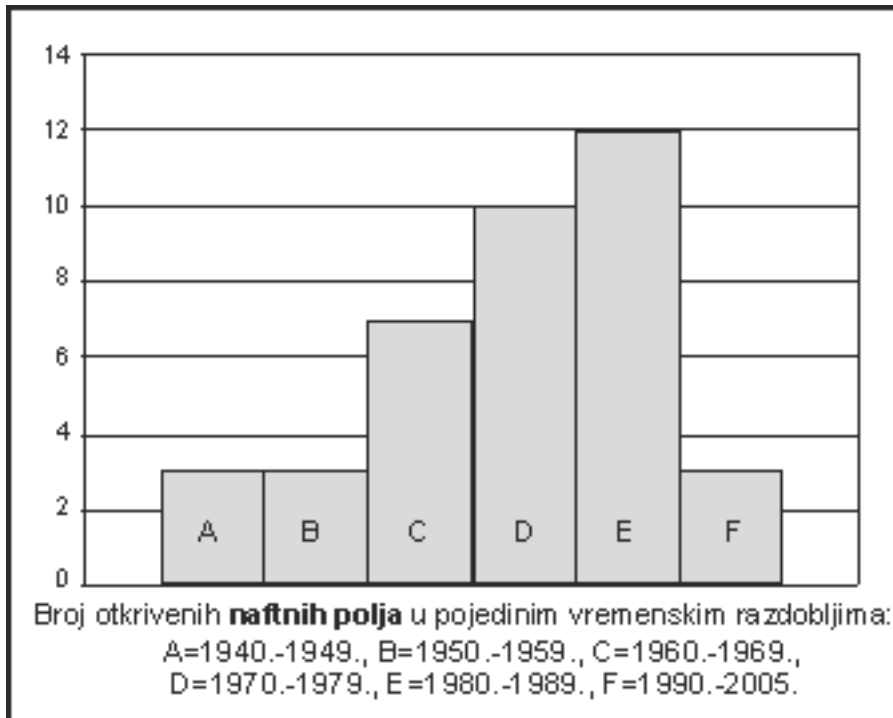
- Iscrpljenost postojećih naftnih i plinskih polja u panonskom dijelu Republike Hrvatske iznosi 93% od dokazanih pridobivih rezervi nafte, 66% plina i 65% kondenzata (VELIĆ *et al.* 2012), a



UVOD

Razlozi istraživanja:

- Iscrpljenost postojećih naftnih i plinskih polja u panonskom dijelu Republike Hrvatske iznosi 93% od dokazanih pridobivih rezervi nafte, 66% plina i 65% kondenzata (VELIĆ *et al.* 2012), a
- otkrivanje novih rezervi u panonskom dijelu Republike Hrvatske u stalnom je padu od 90-ih godina XX. stoljeća (VELIĆ *et al.* 2012).



UVOD

Razlozi istraživanja:

- Iscrpljenost postojećih naftnih i plinskih polja u panonskom dijelu Republike Hrvatske iznosi 93% od dokazanih pridobivih rezervi nafte, 66% plina i 65% kondenzata (VELIĆ *et al.* 2012), a
- otkrivanje novih rezervi u panonskom dijelu Republike Hrvatske u stalnom je padu od 90-ih godina XX. stoljeća.
- Otkrića velikih ležišta prirodnoga plina u podmorju Jadrana u naslagama pliocenske (formacija Istra) i pleistocenske starosti (formacija Ivana) (VELIĆ & MALVIĆ, 2011)

UVOD

Razlozi istraživanja:

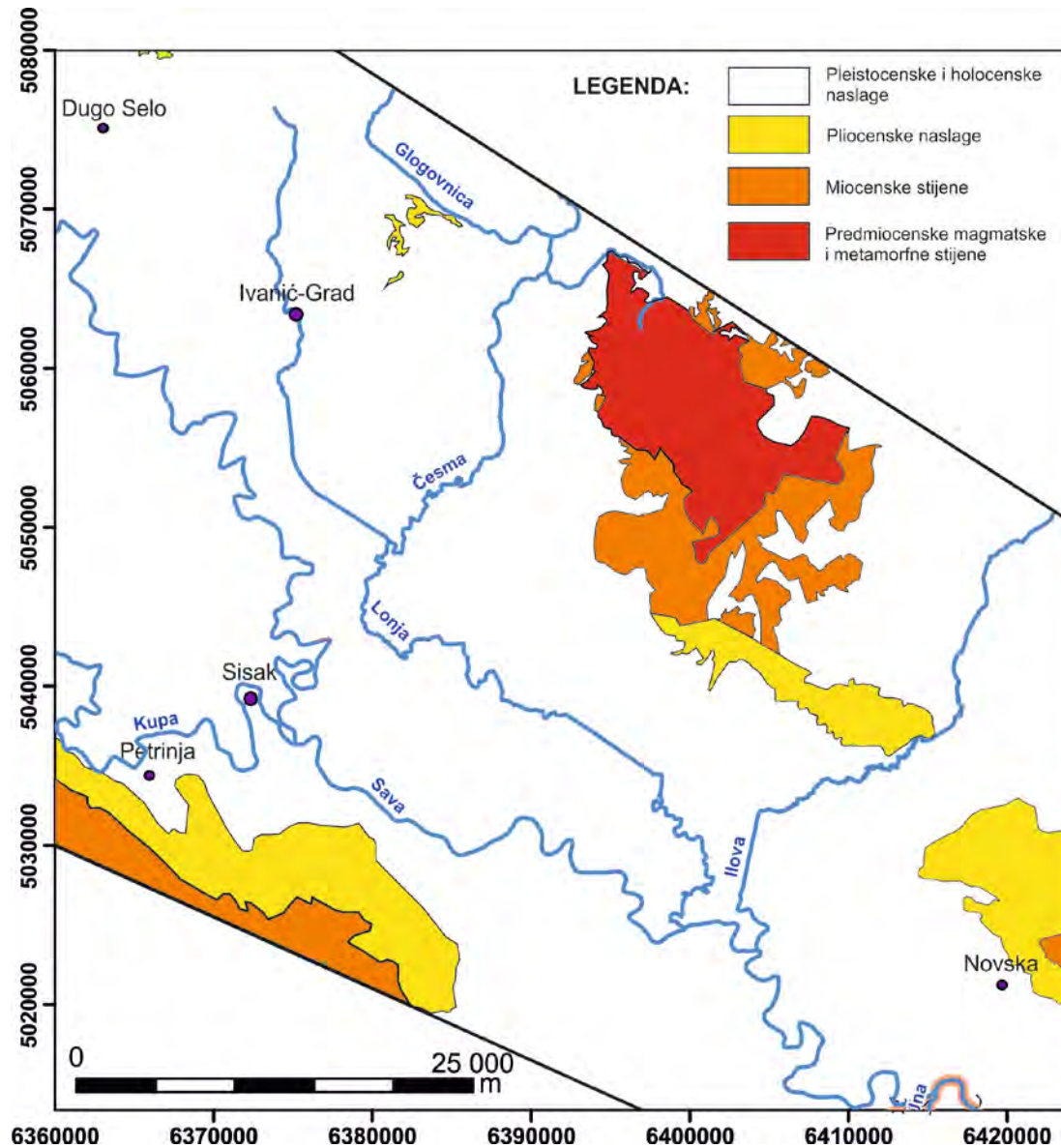
- Iscrpljenost postojećih naftnih i plinskih polja u panonskom dijelu Republike Hrvatske iznosi 93% od dokazanih pridobivih rezervi nafte, 66% plina i 65% kondenzata (VELIĆ *et al.* 2012), a
- otkrivanje novih rezervi u panonskom dijelu Republike Hrvatske u stalnom je padu od 90-ih godina XX. stoljeća.
- Otkrića velikih ležišta prirodnoga plina u podmorju Jadrana u naslagama pliocenske (formacija Istra) i pleistocenske starosti (formacija Ivana) (VELIĆ & MALVIĆ, 2011)
- Proizvodnja prirodnog plina iz ležišta pliocenske starosti na području Savske depresije (Stružec (ŽUŽUL I PINTAR, 2011), Lipovljani)

UVOD

Razlozi istraživanja:

- Iscrpljenost postojećih naftnih i plinskih polja u panonskom dijelu Republike Hrvatske iznosi 93% od dokazanih pridobivih rezervi nafte, 66% plina i 65% kondenzata (VELIĆ *et al.* 2012), a
- otkrivanje novih rezervi u panonskom dijelu Republike Hrvatske u stalnom je padu od 90-ih godina XX. stoljeća.
- Otkrića velikih ležišta prirodnoga plina u podmorju Jadrana u naslagama pliocenske (formacija Istra) i pleistocenske starosti (formacija Ivana) (VELIĆ & MALVIĆ, 2011)
- Proizvodnja prirodnog plina iz ležišta pliocenske starosti na području Savske depresije (Stružec (ŽUŽUL i PINTAR, 2011), Lipovljani)
- otkrića ležišta u naslagama pliocenske starosti u susjednim državama - Mađarskoj (KONCZ & ETLER, 1994) i Rumunjskoj (PAUCA, 1967)

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA



PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

- Pregled rezultata dosadašnjih površinskih istraživanja

- Pregled rezultata dosadašnjih potpovršinskih istraživanja

PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Pregled rezultata dosadašnjih površinskih istraživanja

- NUEMAYER (1875)
- BRUSINA (1897)

- listovi OGK 1:100 000
 - Bjelovar (KOROLIJA & CRNKO, 1985)
 - Daruvar (JAMIČIĆ, 1988)
 - Ivanić-Grad (BASCH, 1980)
 - Kostajnica (JOVANOVIĆ & MAGAŠ, 1980)
 - Kutina (CRNKO, neobjavljeno)
 - Sisak (PIKIJA, 1986)

- tumači listova OGK
 - Bjelovar (KOROLIJA *et al.*, 1986)
 - Daruvar (JAMIČIĆ *et al.*, 1989)
 - Ivanić-Grad (BASCH, 1983)
 - Kostajnica (JOVANOVIĆ & MAGAŠ, 1986)
 - Sisak (PIKIJA, 1987)

PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

- Pregled rezultata dosadašnjih površinskih istraživanja

- *Pliocenske naslage na listovima OGK*

- Najniži nivo:

- gline tamnosmeđe i smeđe boje s proslojcima pijesaka sive, sivo smeđe i do crvenkastosmeđe boje s visokim udjelom kvarca.

- fosilni sadržaj - gastropodi rodova *Viviparus*, *Tylopoma* i *Melanopsis* te školjkaši rodova *Unio*, *Potomida* i *Pisidium*. Ukazuju na „donjopaludinske“ naslage.

- Srednji nivo:

- najčešće su gline žute i smeđe boje u izmjeni s pijescima.

- najvažniji fosilni sadržaj predstavljen s *Viviparus stricturatus*, *V. bifarcinatus*, *V. sadleri*, *V. rudis* te *Unio sp.* - „srednjopaludinske“ naslage

- Gornji nivo:

- sastavljene su od pijesaka i glina, mjestimice su prisutne i ugljenite gline

- „Gornjoplaudinske“ s *Viviparus hornesi*, *V. sturi*, *V. ornatus*, *V. turgidus*, *V. altecarinatus*, *Melanopsis abbreviata* i *M. petrochila*.

PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

- Pregled rezultata dosadašnjih površinskih istraživanja

- *Pleistocenske naslage na listovima OGK*

- Prapor – najviše rasprostranjen na sjeveroistočnim obroncima Vukomeričkih gorica s rijetkim gastropdima vrsta *Trichia hispida*, *Valonia tenuilabris*, *Chondrula tridens*, *Vitrea cristalina* i *Pupila* sp.

- Aluvijalno-barski sediment koji su sastavljeni od izmjene sitnozrnatih i krupnozrnatih sedimenata od kojih su šljunkovito-pjeskoviti horizonti važni vodonosnici

- *Holocenske naslage na listovima OGK*

- sedimenti terasa (siltovi pijesci i šljunci),

- deluvij-proluvij (silt, pijesci, šljunci i blokovi s izrazito lošom sortiranošću),

- sedimenti mrtvaja (siltovi i siltozne gline s visokim sadržajem organske komponente),

- naslage poplava (glinoviti i pjeskoviti siltovi, dobro do slabo sortirani),

- aluvij recentnih tokova (pijesci)

- barski sedimenti (gline i glinoviti siltovi zelenkaste i plavičaste boje)

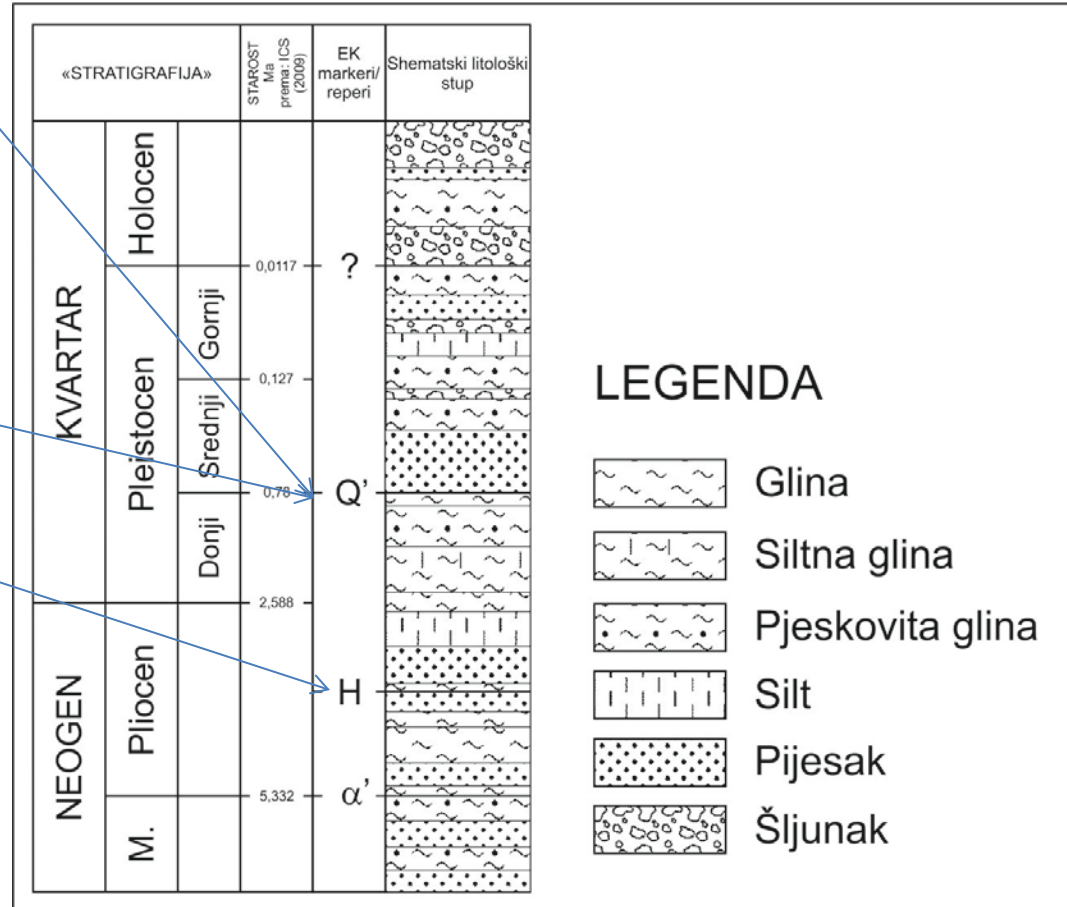
PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

•Pregled rezultata dosadašnjih potpovršinskih istraživanja

•Uvođenje novog EK markera/repera Q' koji odjeljuje nepropusne naslage u podini od „rastresitog pokrivača“ u krovini u kojem prevladavaju pjeskovite i šljunkovite naslage (URUMOVIĆ *et al.*, 1976).

•Stratigrafska odredba Q' prema SOKAČ (1978)

•EK marker/reper H prema HERNITZ *et al.* (1980).



PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

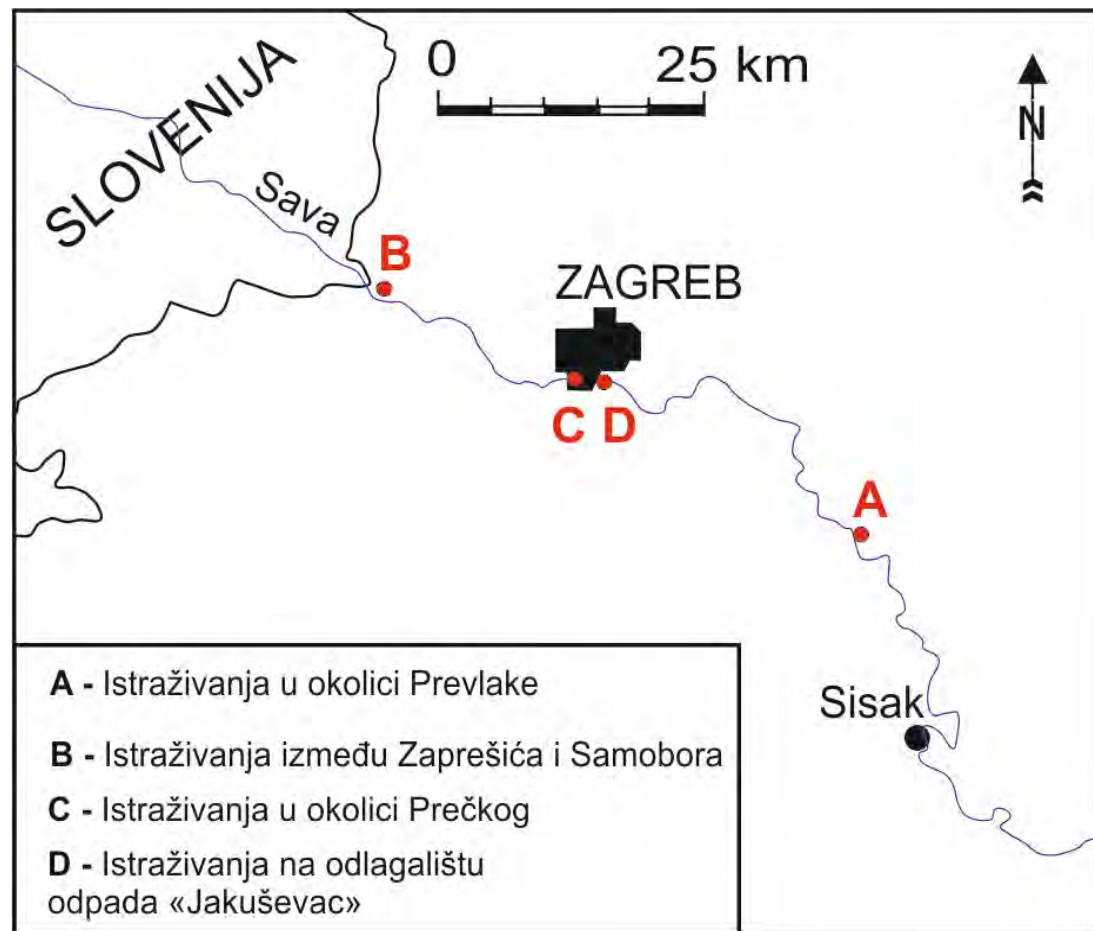
•detaljnija dubinskogeološka istraživanja naslaga formacije Lonja objavljena su u radovima:

•HERNITZ *et al.* (1981) – područje Prevlake (A)

•VELIĆ & SAFTIĆ (1991) – područje između Zaprešića i Samobora (B)

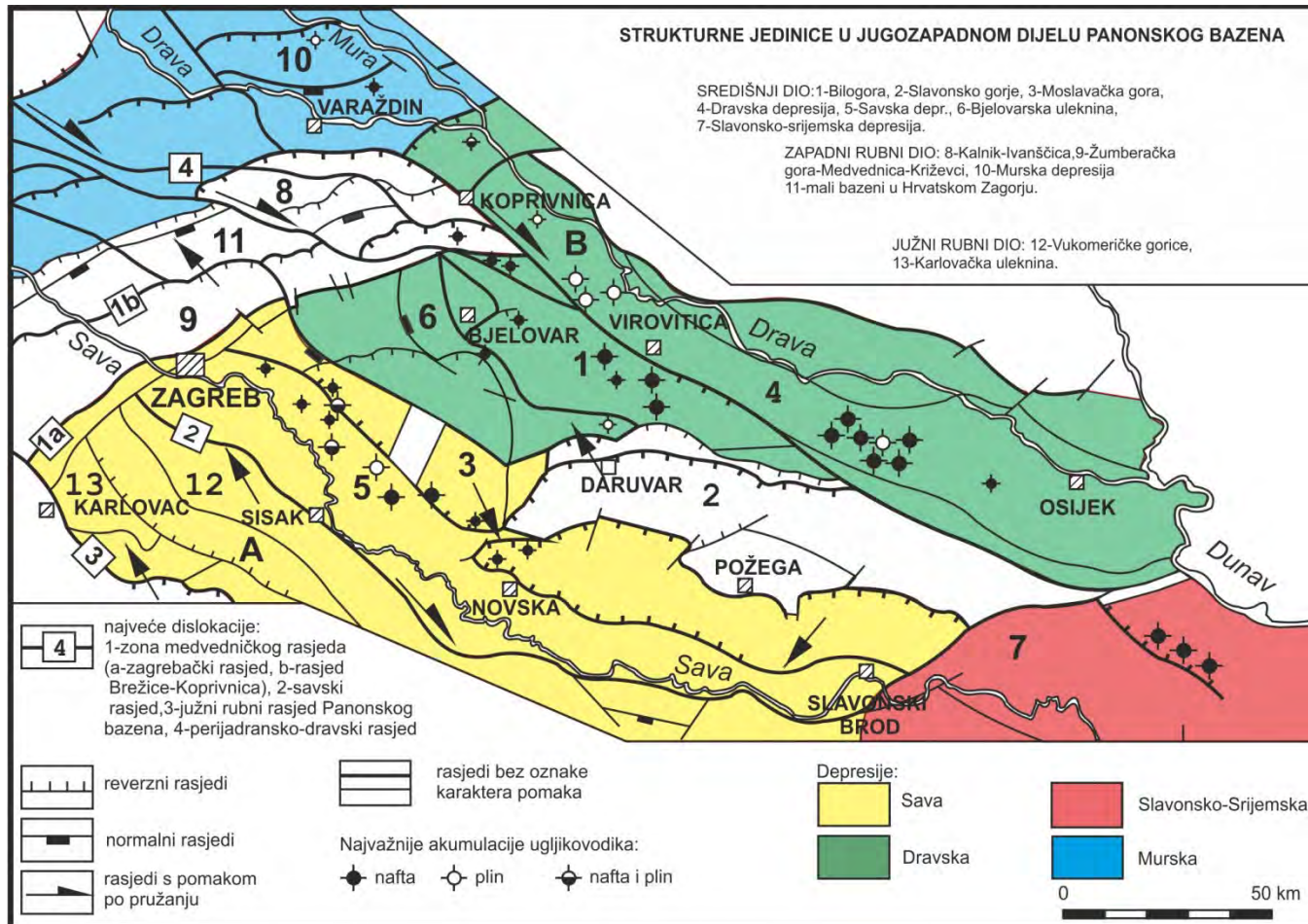
•VELIĆ & DURN (1993) – područje Prečkog (C)

•VELIĆ *et al.* (1999) na području Jakuševca (D)



STRATIGRAFSKO-STRUKTURNI ODNOSI

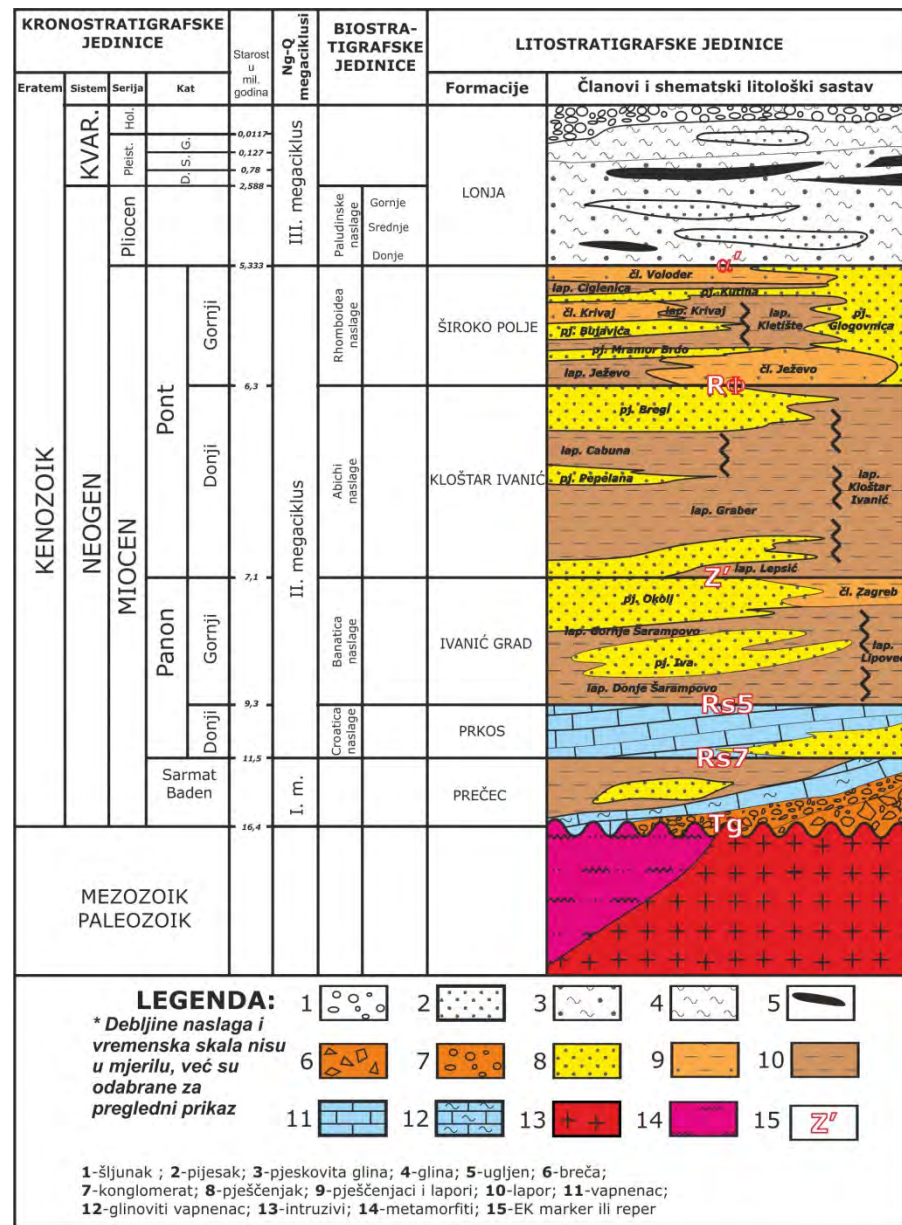
Hrvatski dio Panonskog bazenskog sustava



STRATIGRAFSKO-STRUKTURNI ODNOSI

Neogensko-kvartarni megaciklusi ispune Panonskoga bazenskoga sustava– Savska depresija

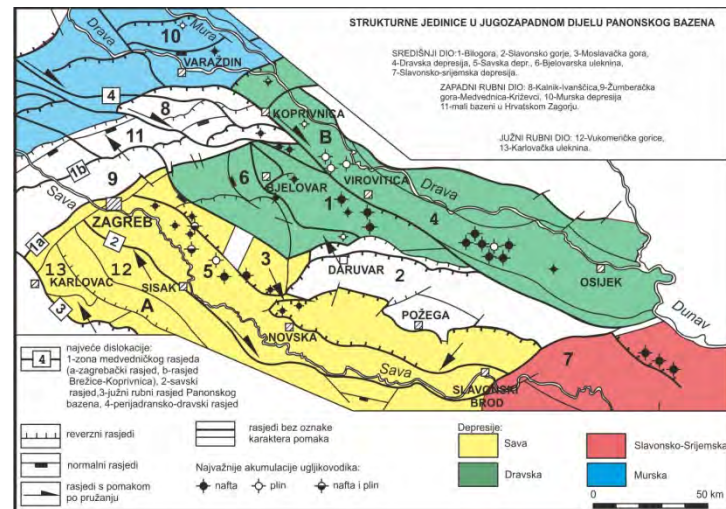
- Formacija Lonja – pripada 3. neogensko-kvartarnom megaciklusu (LUČIĆ *et al.*, 2001, VELIĆ *et al.*, 2002)
- slabo vezane do nevezane naslage (pijesci, šljunci i gline)
- razdoblje kompresijske tektonike s prisutnošću značajne horizontalne komponente (transtenzija)



STRATIGRAFSKO-STRUKTURNI ODNOSI

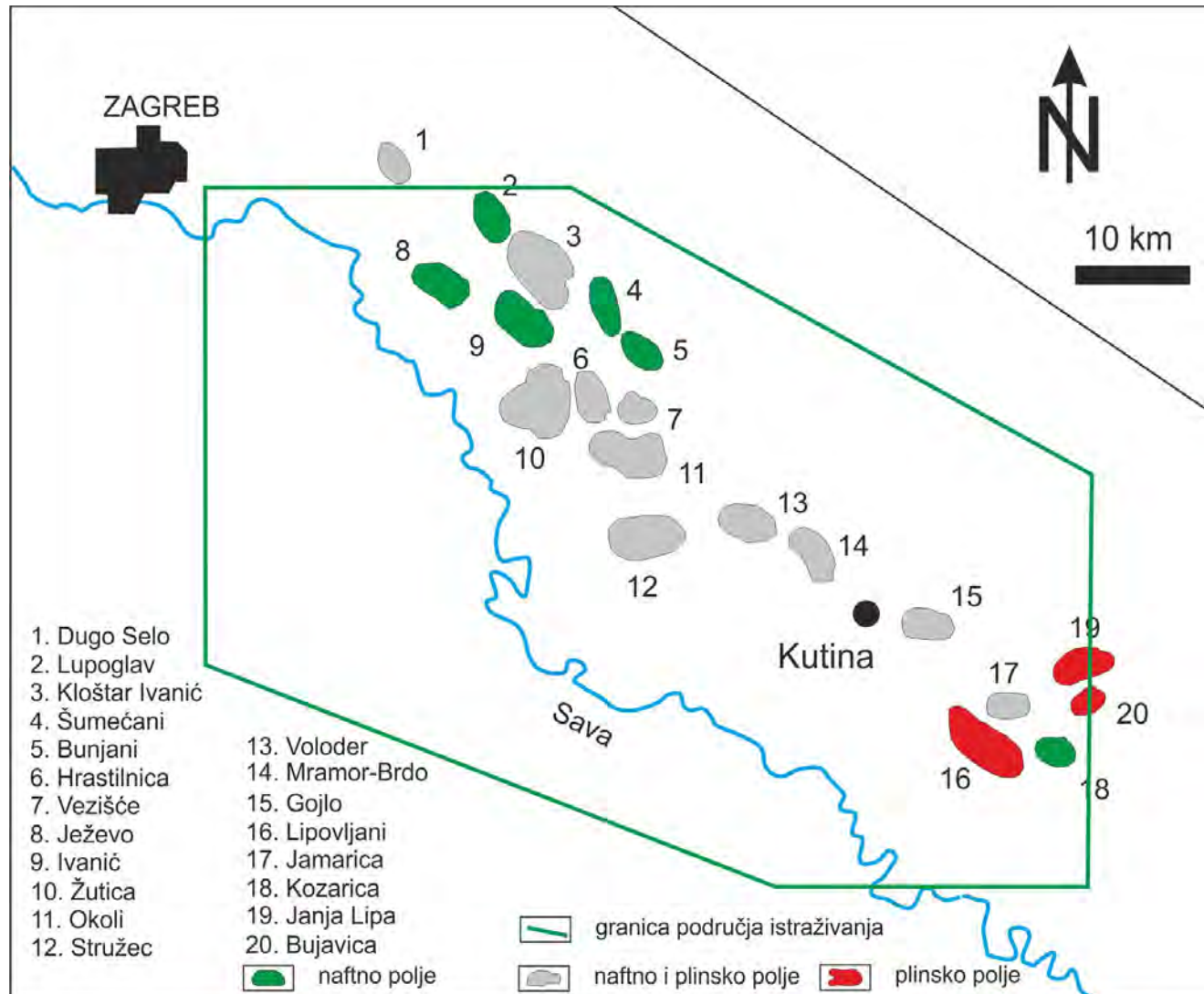
Neogensko-kvartarni megaciklusi ispune Panonskoga bazenskoga sustava

- Ekvivalenti Lonja formacije u ostalim depresijama



KRONOSTRATIGRAFSKE JEDINICE				Starost u mil. godina	Ng-Q megaciklusi	LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE				
Eratem	Sistem	Serijska	Kat			Murska d.	Savska d.	Dravska d. (zapadni dio)	Dravska d. (istočni dio)	Slavonko-Srijemska d.
KENOZOIK	NEOG.	KVAR.	Hol.		III. megaciklus	MURA	LONJA	VUKA		
			Pleist.	D. S. G.						0,0117
	Pliocen		0,127 0,78 2,588							

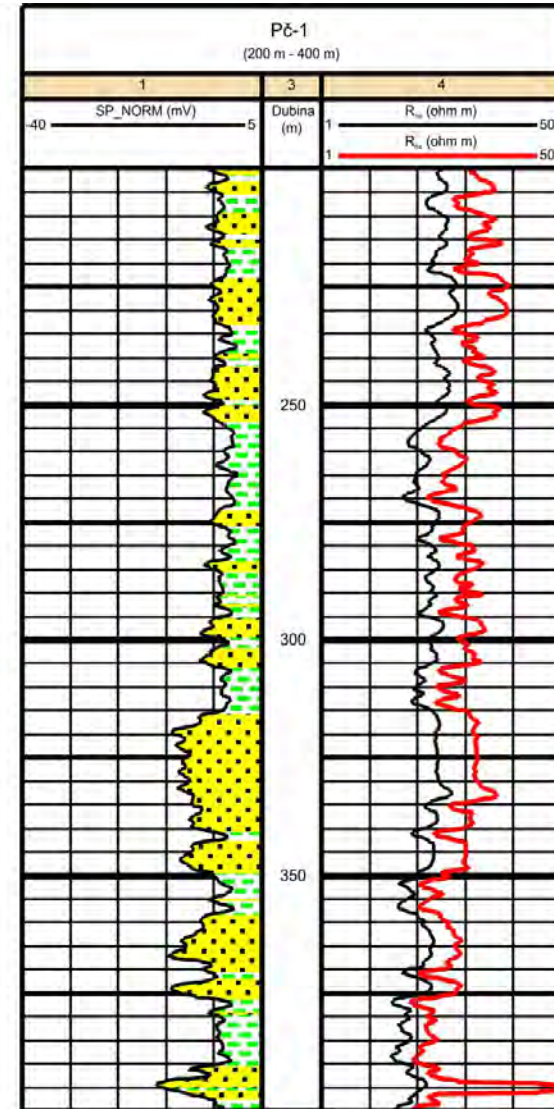
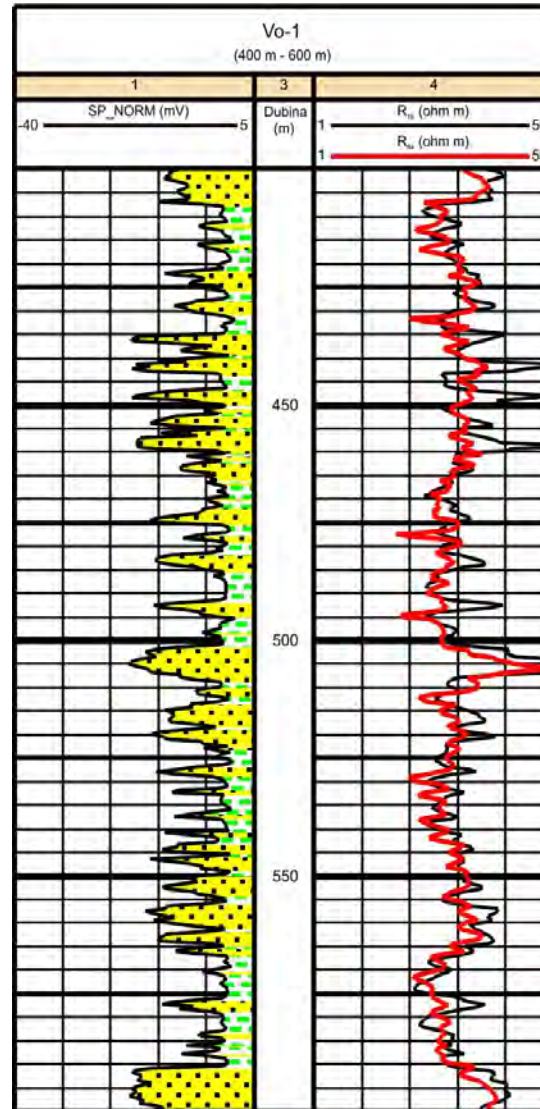
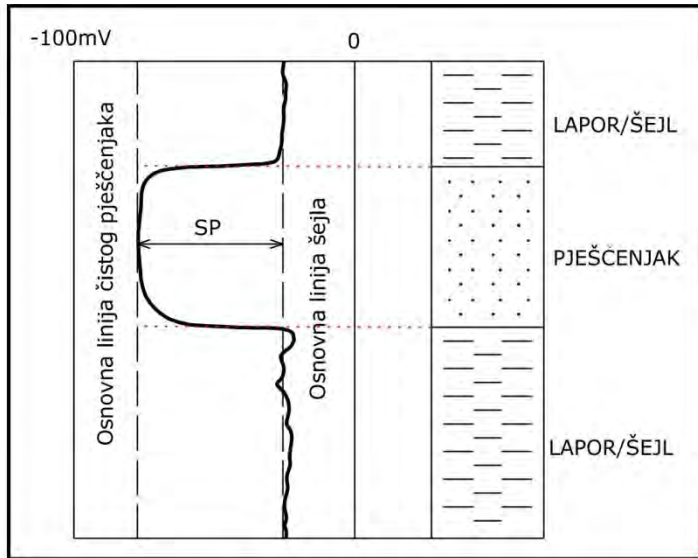
NAFTNA I PLINSKA POLJA NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA



METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Dubinskogeološke metode

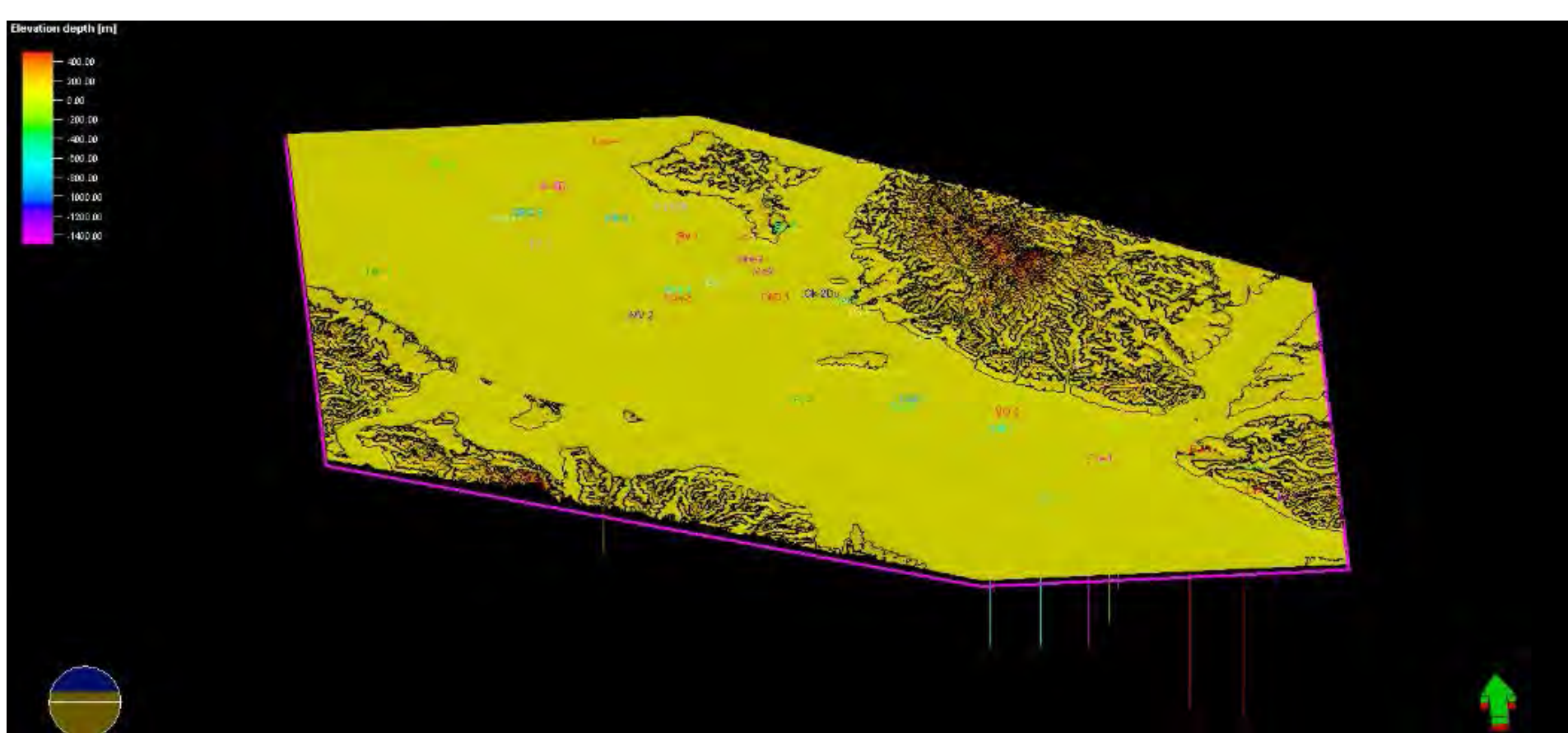
- Analize elektro-karotažnih krivulja



METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Dubinskogeološke metode

- Izradba strukturnih karata

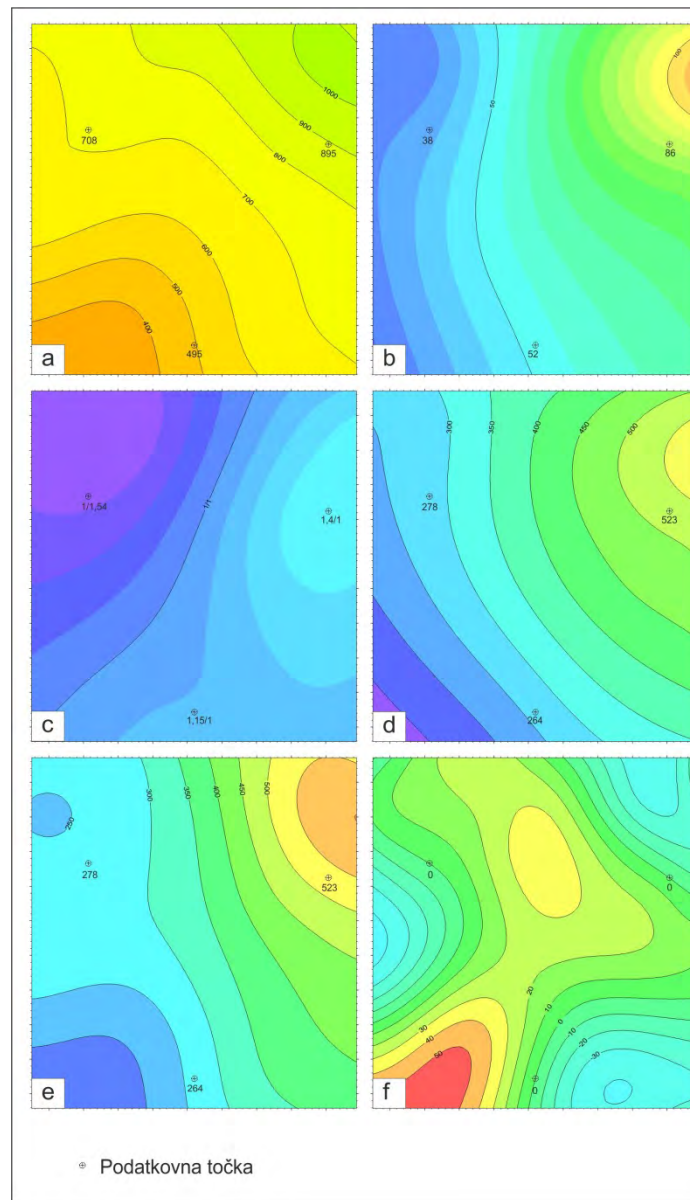


METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Dubinskogeološke metode

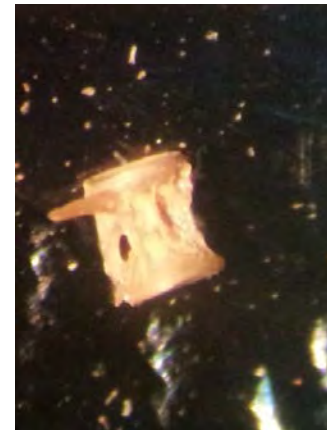
- Izradba litofacijesnih karata
 - Karta „h“ – ukupna debljina jedinice koja se kartira.
 - Karta „he“ – debljina pješčenjačkih slojeva/propusnih naslaga unutar kartirane cjeline.
 - Karta „ss/sh“ – omjer debljina propusnih i nepropusnih naslaga unutar kartirane cjeline.
 - Karta „n“ – broj propusnih slojeva unutar kartirane cjeline.

Litofacijense karte: a - karta „h“, b – karta „n“, c – karta „ss/sh“, d – karta „he“ načinjena pomoću algoritma, e - karta „he“ načinjena matematičkim izračunom, f – karta reziduala karata „he“



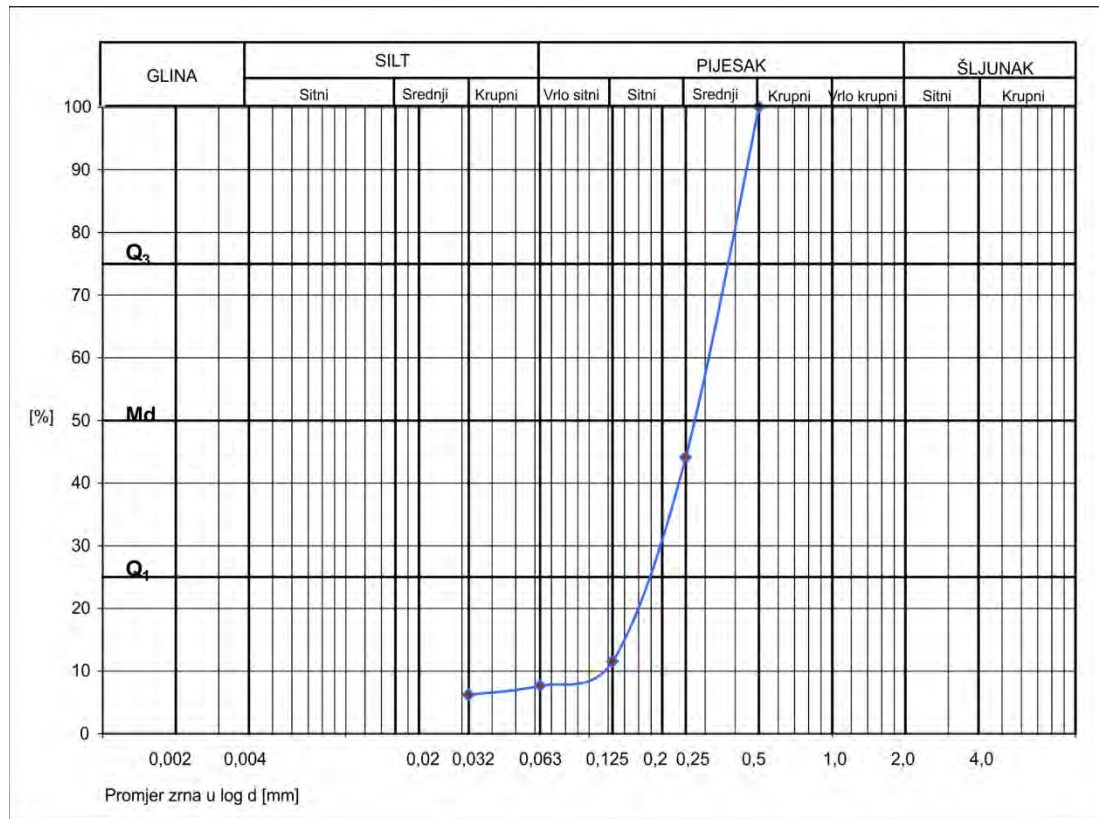
METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Paleontološke analize



METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Petrološko-sedimentološke analize – *granulometrijski sastav*



Sortiranost sedimenta $S_o = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$

Kategorija sortiranosti Vrijednost S_o

MÜLLER (1964)

Vrlo dobra sortiranost 1,00-1,23

Dobra sortiranost 1,23-1,41

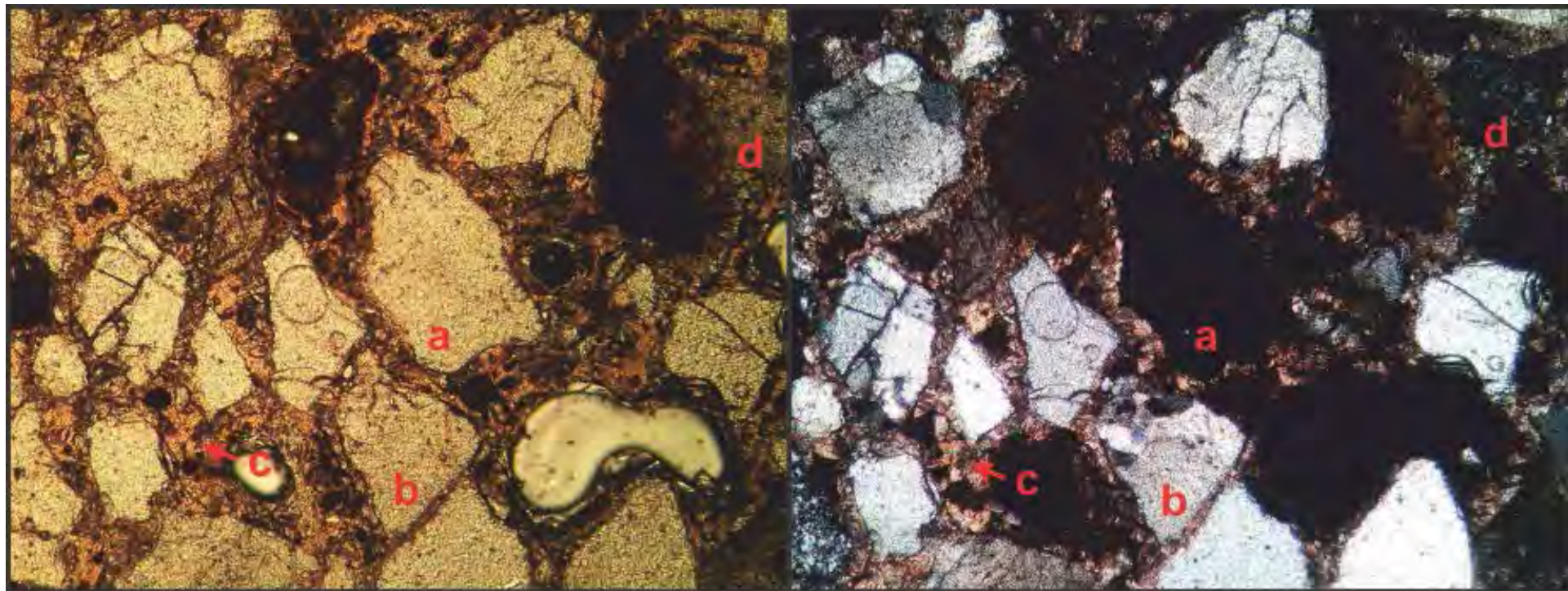
Srednja sortiranost 1,41-1,74

Loša sortiranost 1,70-2,00

Vrlo loša sortiranost >2,00

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

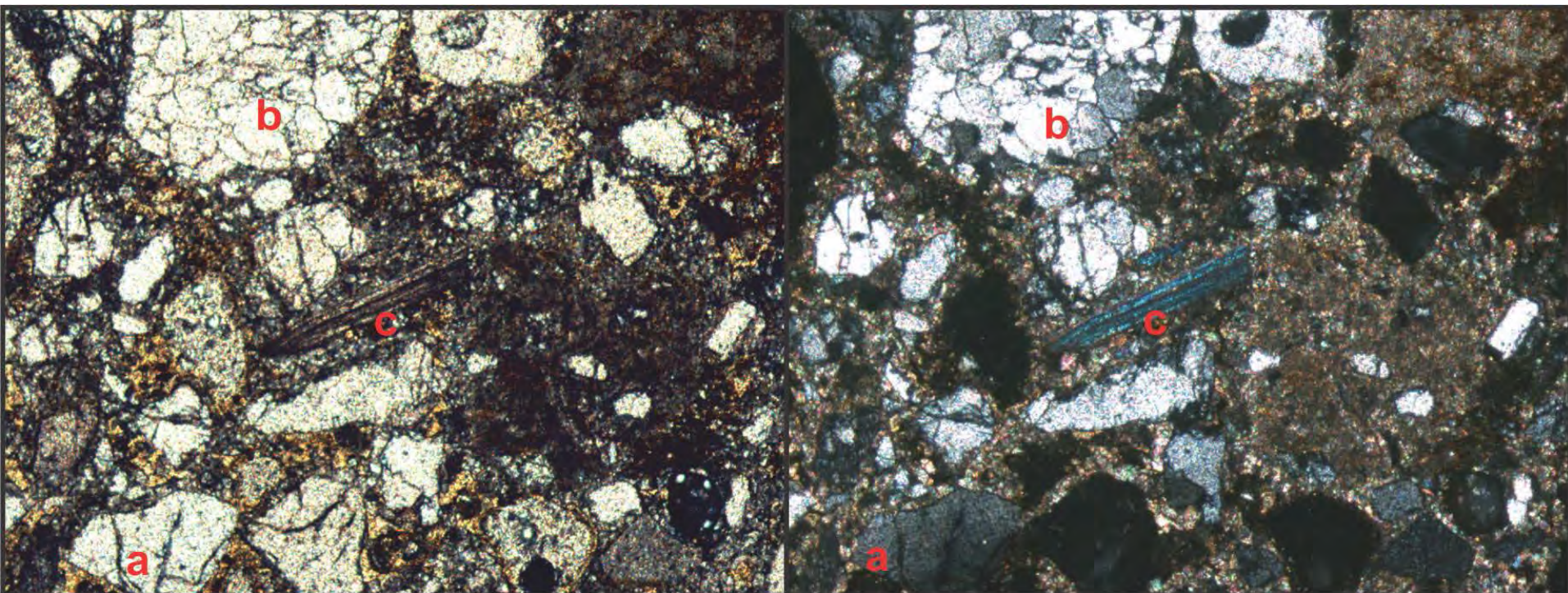
Petrološko-sedimentološke analize – *fiziografske i genetske značajke Izbrusci*



- a - monomineralno zrno kvarca s istodobnim potamnjnjem
- b - polimineralno zrno kvarca - fragment stijene
- c - mozaični kalcitni cement
- d - kaolinizirani feldspat

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Petrološko-sedimentološke analize – *fiziografske i genetske značajke Izbrusci*

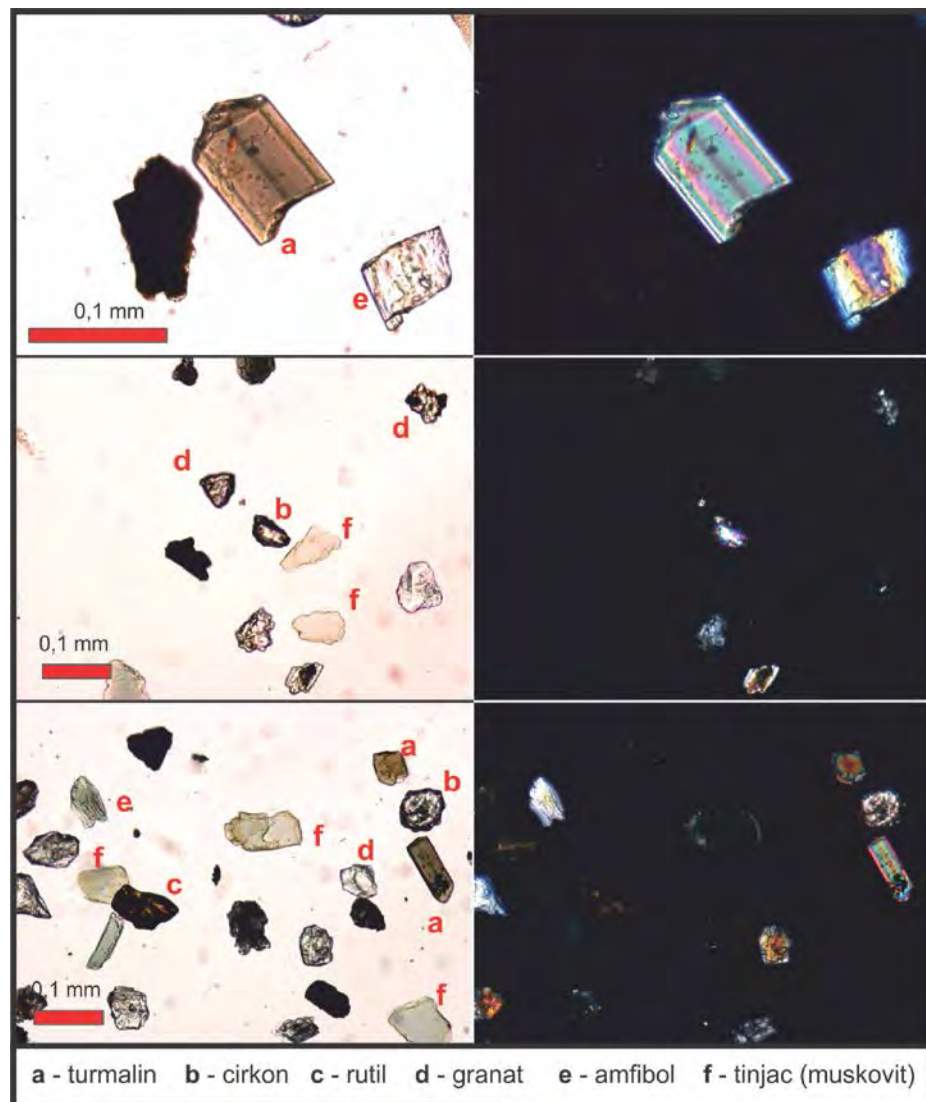


- a - monomineralno zrno kvarca s valovitim potamnjenjem
- b - polimineralno zrno kvarca - fragment stijene
- c - muskovit

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Petrološko-sedimentološke analize – *fiziografske i genetske značajke*
Teška frakcija

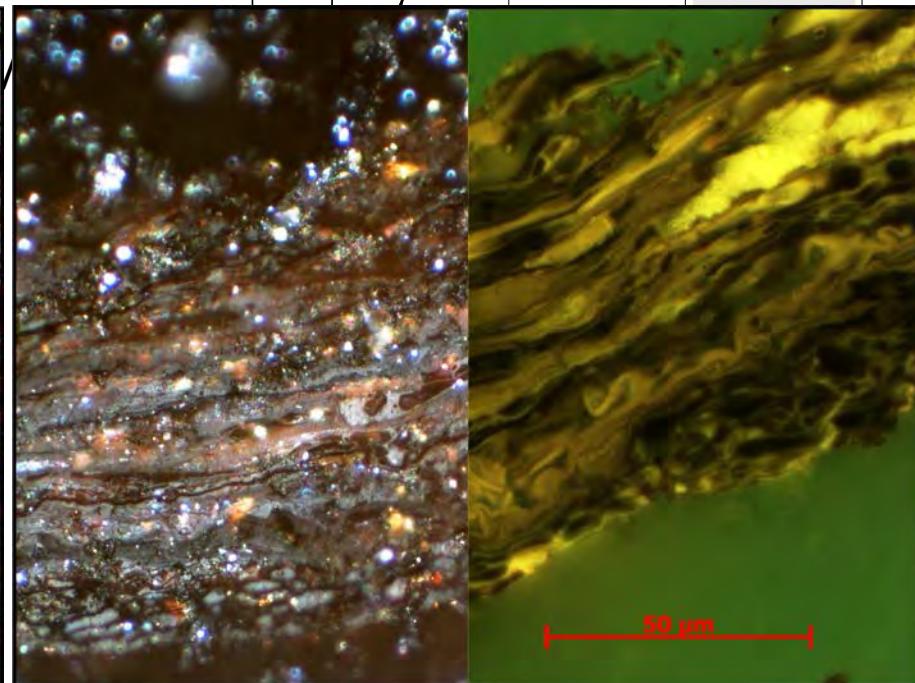
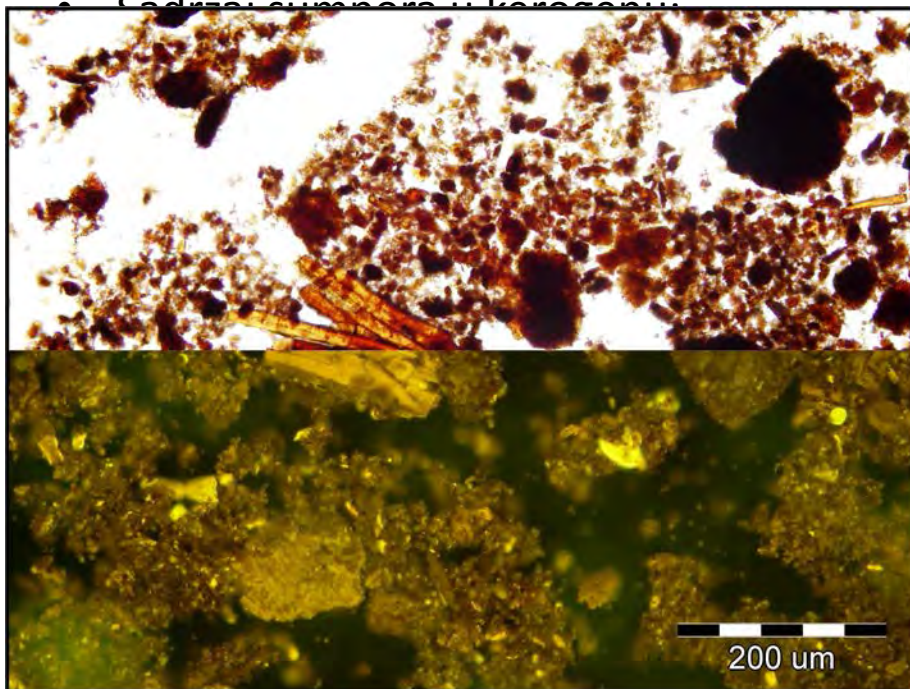
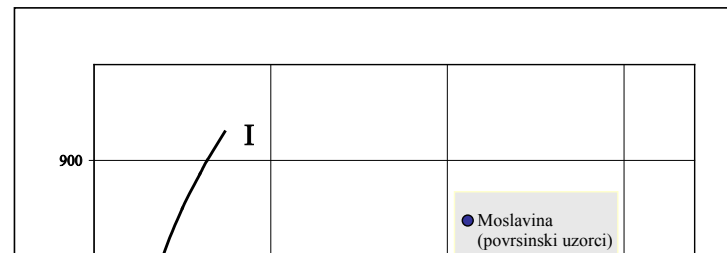
Stabilnost minerala	Mineral
Vrlo nestabilni	olivin
Nestabilni	hornblenda, biotit, aktinolit, augit, dipsid, hipersten andaluzit
Umjereno stabilni	epidot, disten, silimanit, titanit coisit
Stabilni	apatit, granat, staurolit, monacit
Iznimno stabilni	rutil, cirkon, turmalin, anatas



METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geokemijske analize naslaga s organskim tvarima

- Određivanje ugljika iz organskih spojeva;
- Rock-Eval piroliza;
- Organsko-petrološka ispitivanja izoliranog kerogena;
- Sadržaj sumornog ugljika



Huminit (uglavnom tekstinit) i terestrični liptinit (Mos-24).
Gore - prolazno svjetlo, dolje - plavo fluorescentno svjetlo.

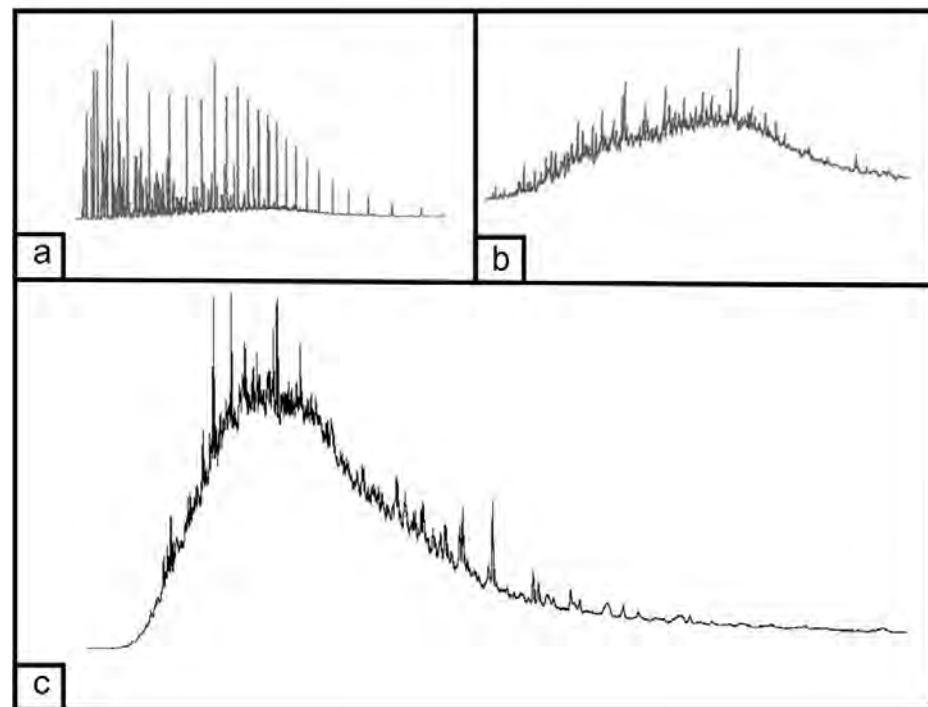
Tekstinit i rezinit - jarko žuto (Mos-24). Lijevo - reflektirano
svjetlo, uljna imerzija, desno - plavo fluorescentno svjetlo,
uljna imerzija.

KISIKOV INDEKS ($mg\ CO_2 / g\ Corg$)

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geokemijske analize naslaga s organskim tvarima

- Određivanje ugljika iz organskih spojeva;
- Rock-Eval piroliza;
- Organsko-petrološka ispitivanja izoliranog kerogena;
- Sadržaj sumpora u kerogenu;
- Plinsko-kromatografska analiza bitumena/nafte.

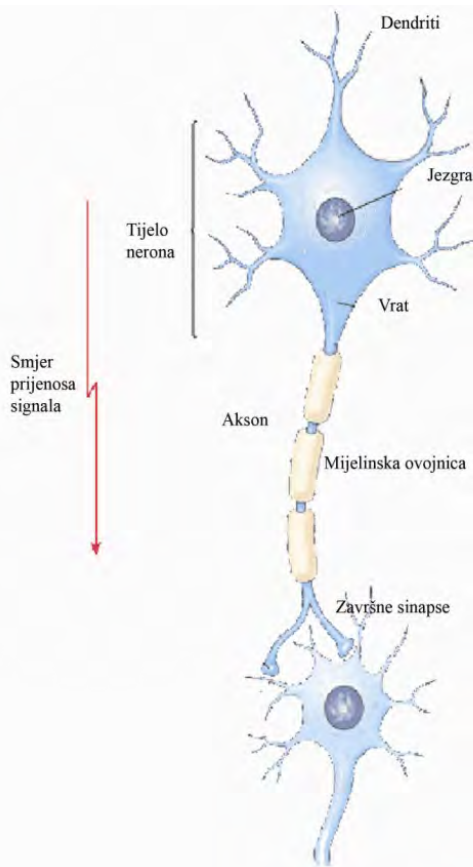


Rezultati plinsko kromatografne analize nafte iz polja Ivanić (a) i Križ (b) (MARIČIĆ, 1999) te nafte iz izdanka - točka Mos-36 (c)

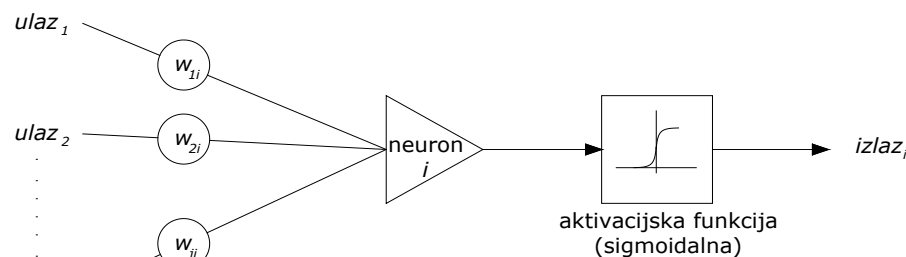
METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – umjetne neuronske mreže

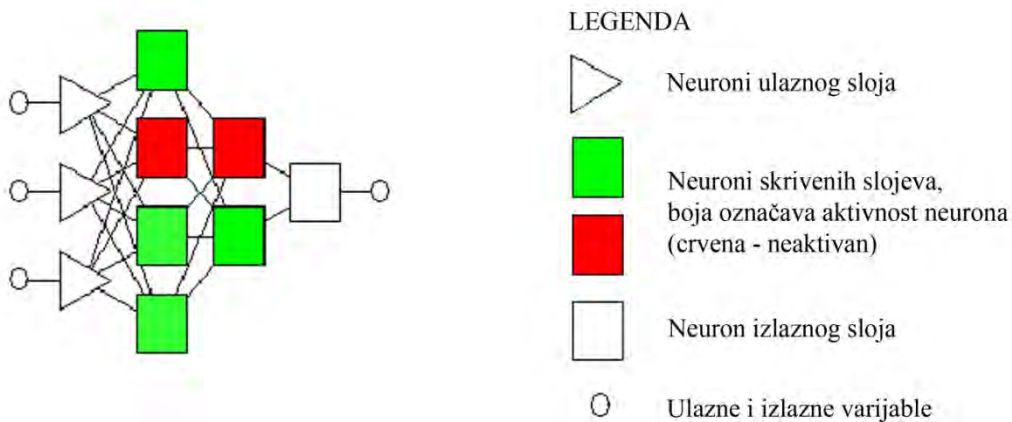
Biološki neuron



Umjetni neuron



Umjetna neuronska mreža



METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – umjetne neuronske mreže

Primjena

- Predviđanje litološkog sastava (MALVIĆ & PRSKALO, 2007; CVETKOVIĆ *et al.* 2009; CVETKOVIĆ *et al.* 2012; CVETKOVIĆ & VELIĆ 2012).
- Predviđanje zasićenja ugljikovodicima (CVETKOVIĆ *et al.* 2009).
- Izradba karata (VUKIČEVIĆ, 2013).

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

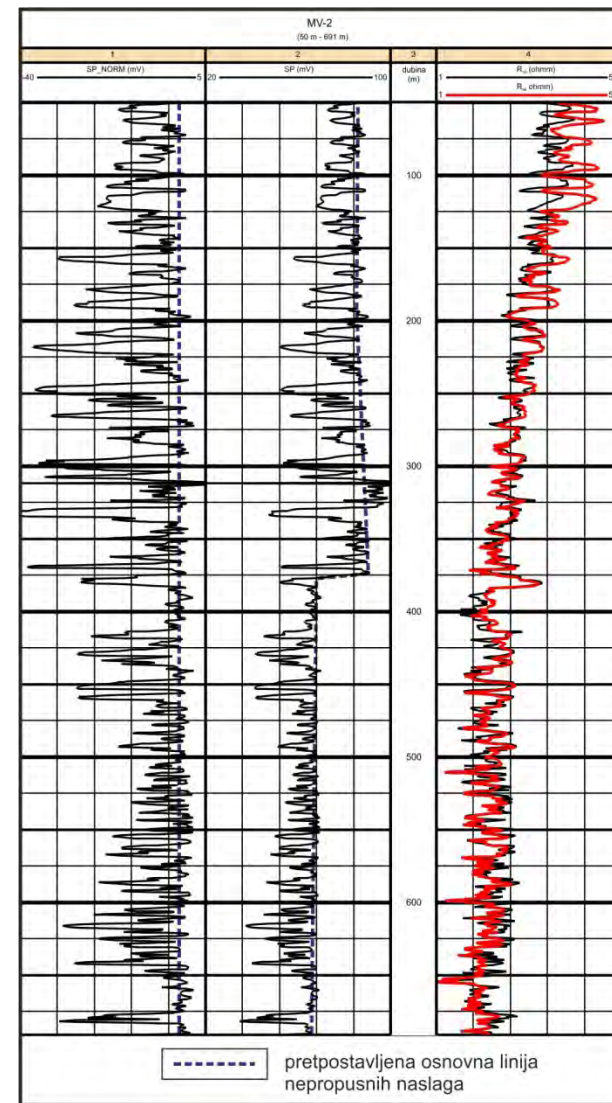
Geomatematičke metode – umjetne neuronske mreže

Preduvjeti:

- Ulazne vrijednosti u istim rasponima (SP!)

Razlike nastaju zbog:

- Temperature u podzemlju,
- Odnosu saliniteta isplake i slojne vode te
- Postavaka same sonde.

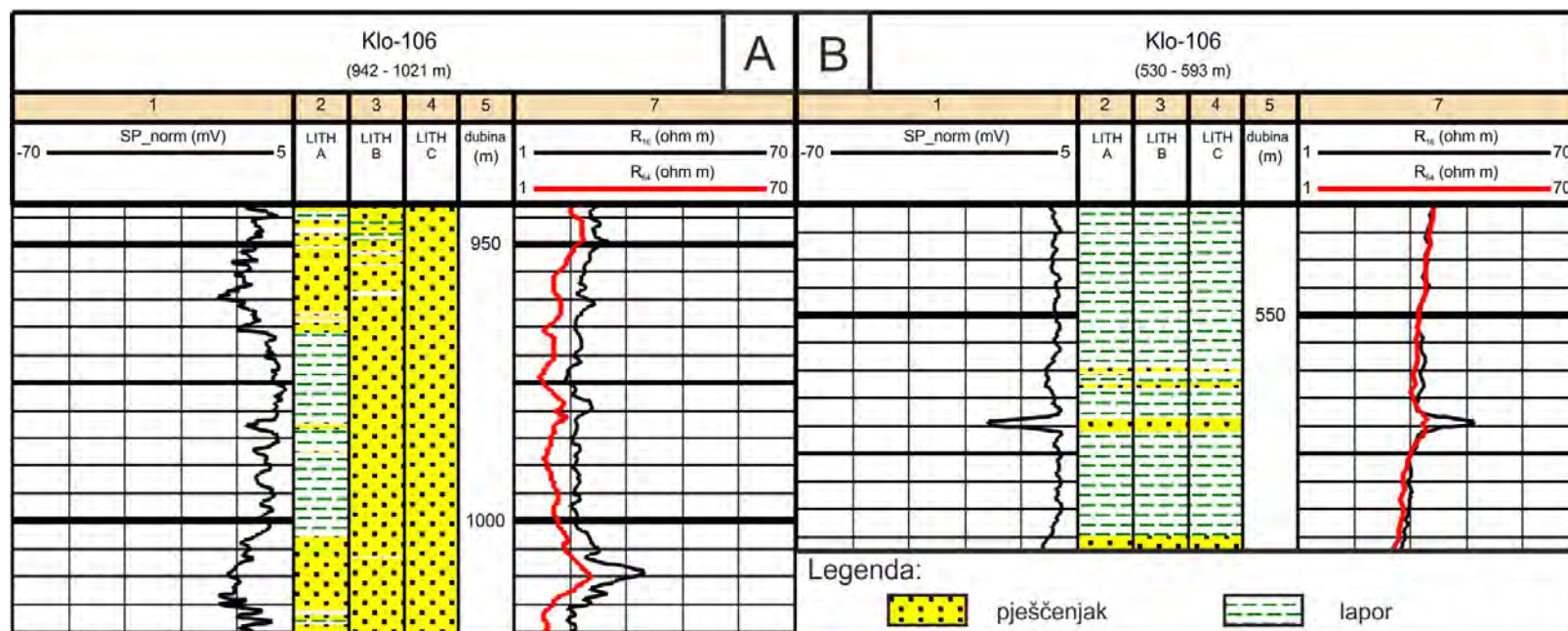


METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – umjetne neuronske mreže

Preduvjeti:

- Ulazne vrijednosti u istim rasponima (SP!)
- Uvježbavanje u najmanje dvije prostorno udaljene bušotine
- Dostupnost velikog broja slučajeva za uvježbavanje važnije od grupiranja slučajeva prema litostratigrafskoj ili kronostratigrafskoj pripadnosti



Prikaz uspješnosti neuronskih mreža uvježbanih na cjelovitom intervalu bušotine (A), u svakoj formaciji pojedinačno (B) i skupom mreža uvježbanih na pojedinim formacijama (C) iz CVETKOVIĆ & VELIĆ (2012)

METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – određivanje EK markera i repera

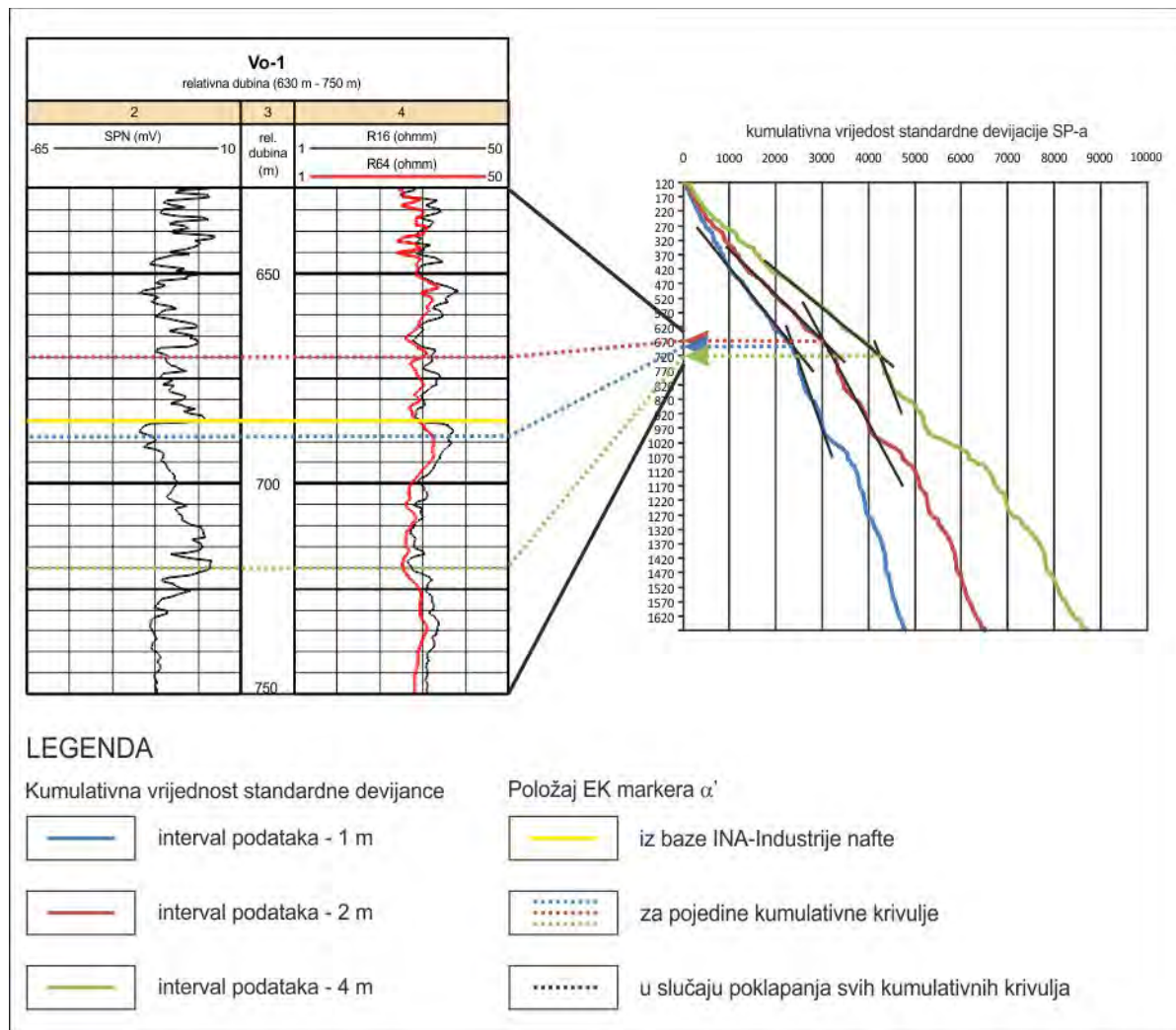
- EK markeri – oblici koji se mogu dobro raspoznati na krivuljama otpornosti kao rezultat promjenama u granulometrijskom sastavu lapora (VRBANAC, 2002)
- Formacija Lonja
 - Okoliši taloženja manjih površina i dubina
 - Učestala izmjena litološkoga sastava
- Metoda prepoznavanja trendova promjene vrijednosti spontanog potencijala i prividne otpornosti, tj. vrijednosti standardne devijacije podataka.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

n – broj slučajeva u skupu podataka
 μ – srednja vrijednost skupa podataka
 x_i – i-ti član skupa

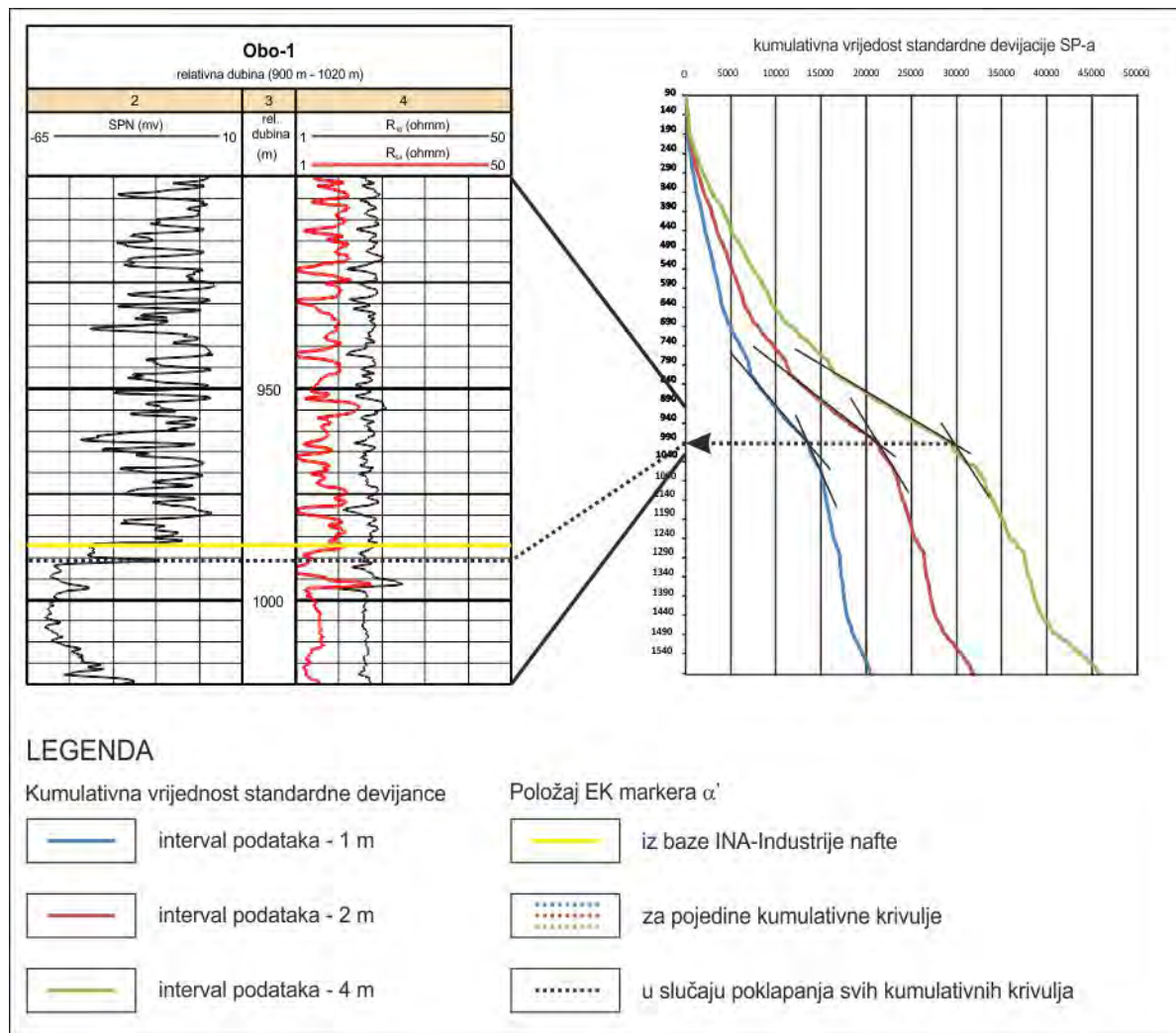
METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – određivanje EK markera i repera



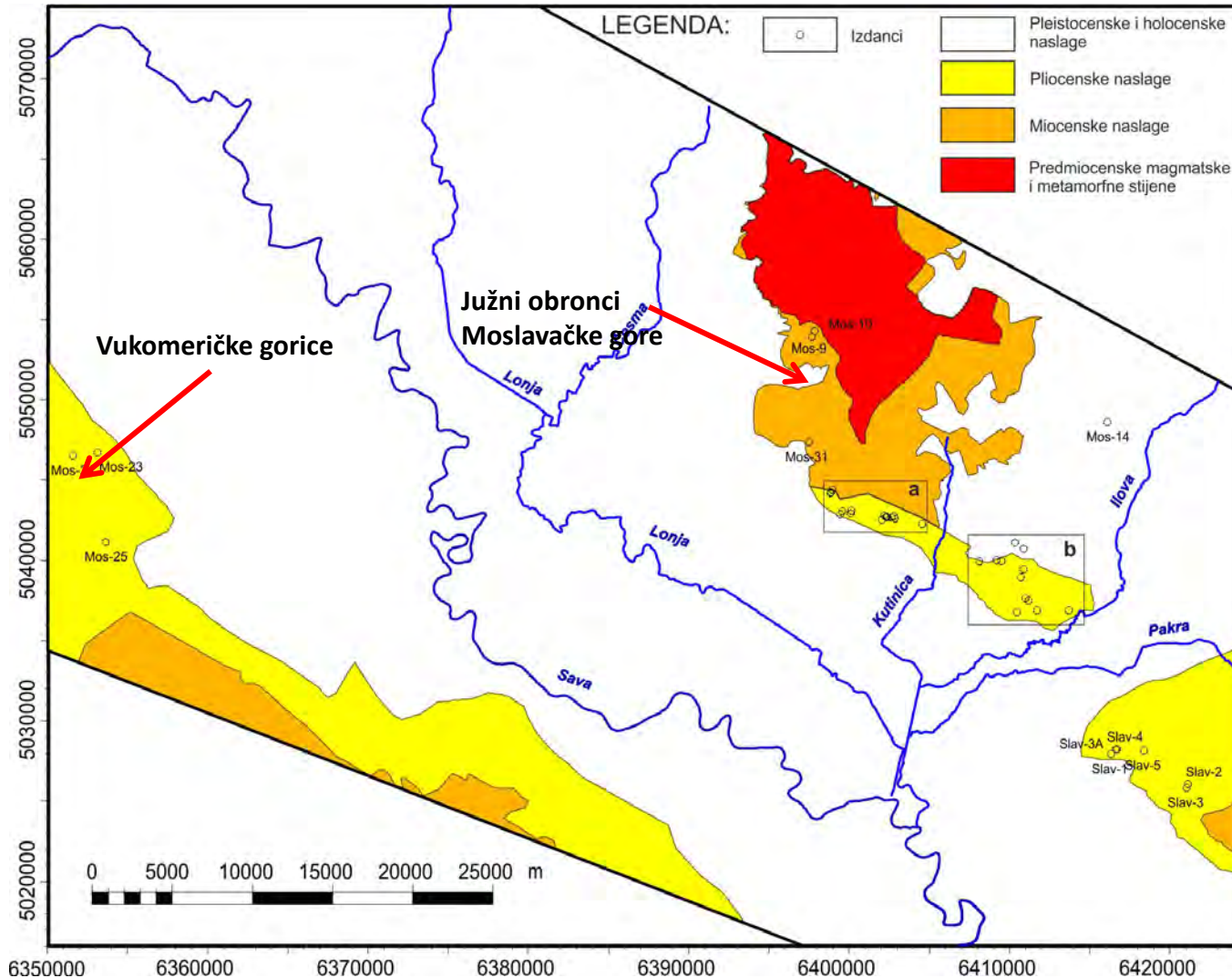
METODE OBRADBE GEOLOŠKIH PODATAKA

Geomatematičke metode – određivanje EK markera i repera



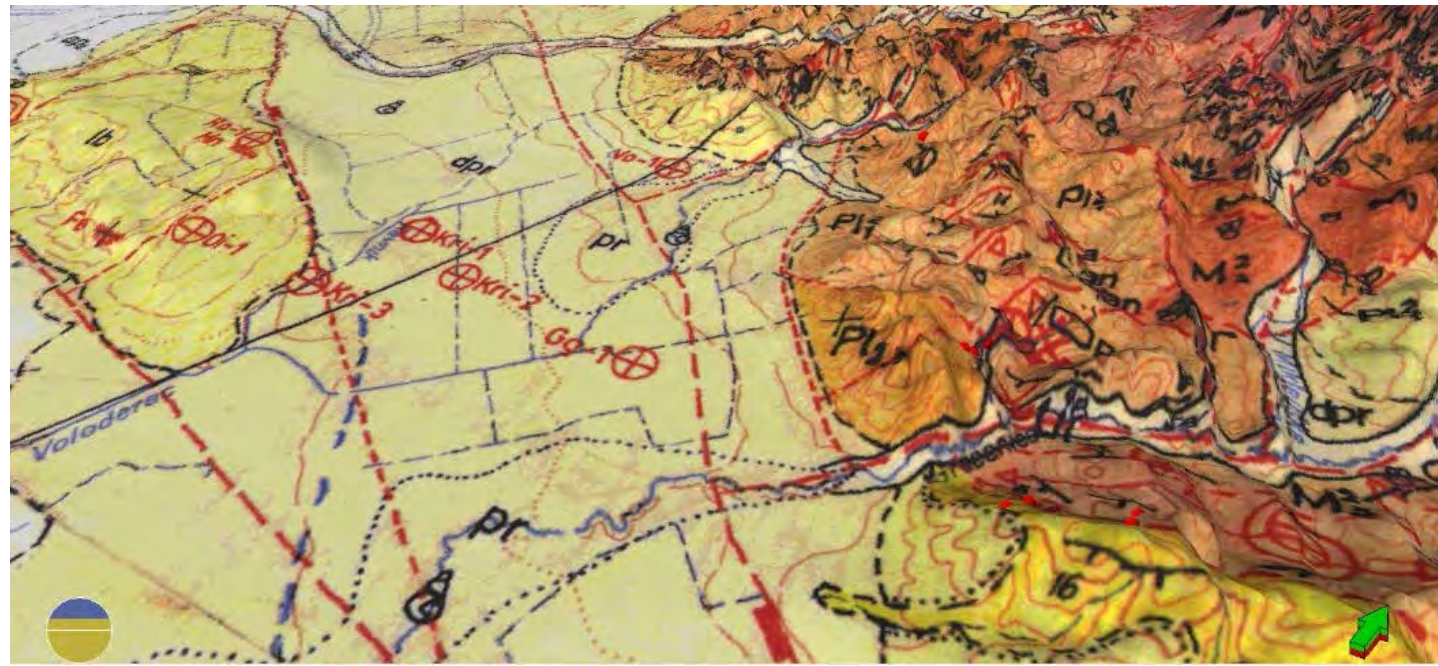
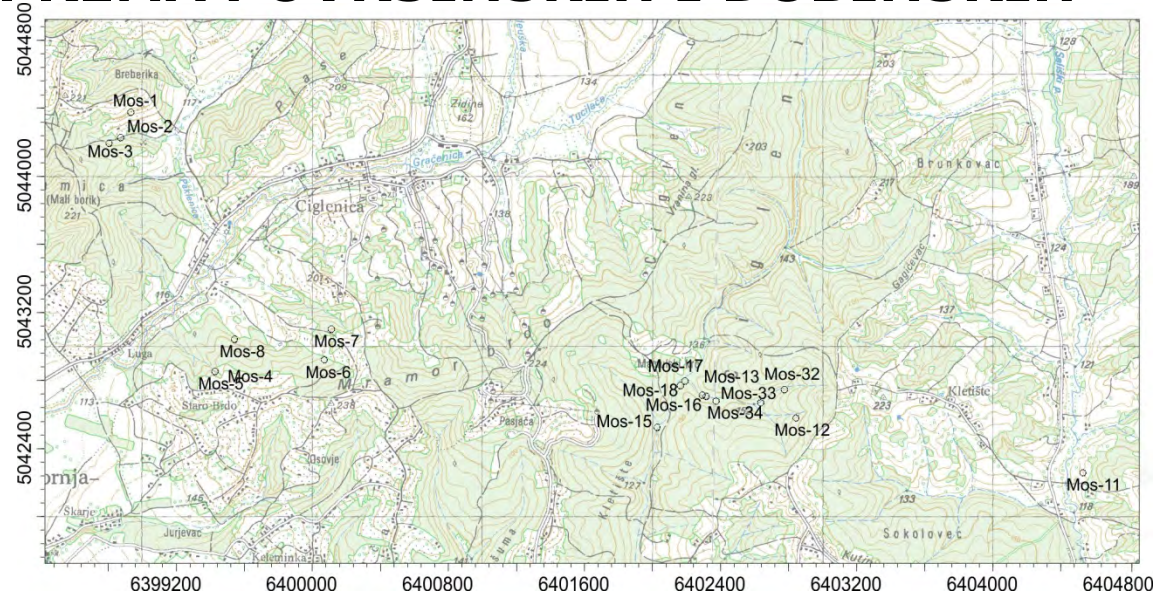
PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Terenska istraživanja



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

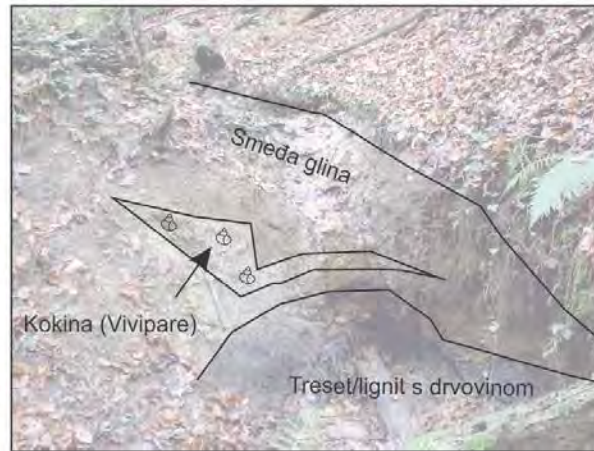
Terenska istraživanja



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

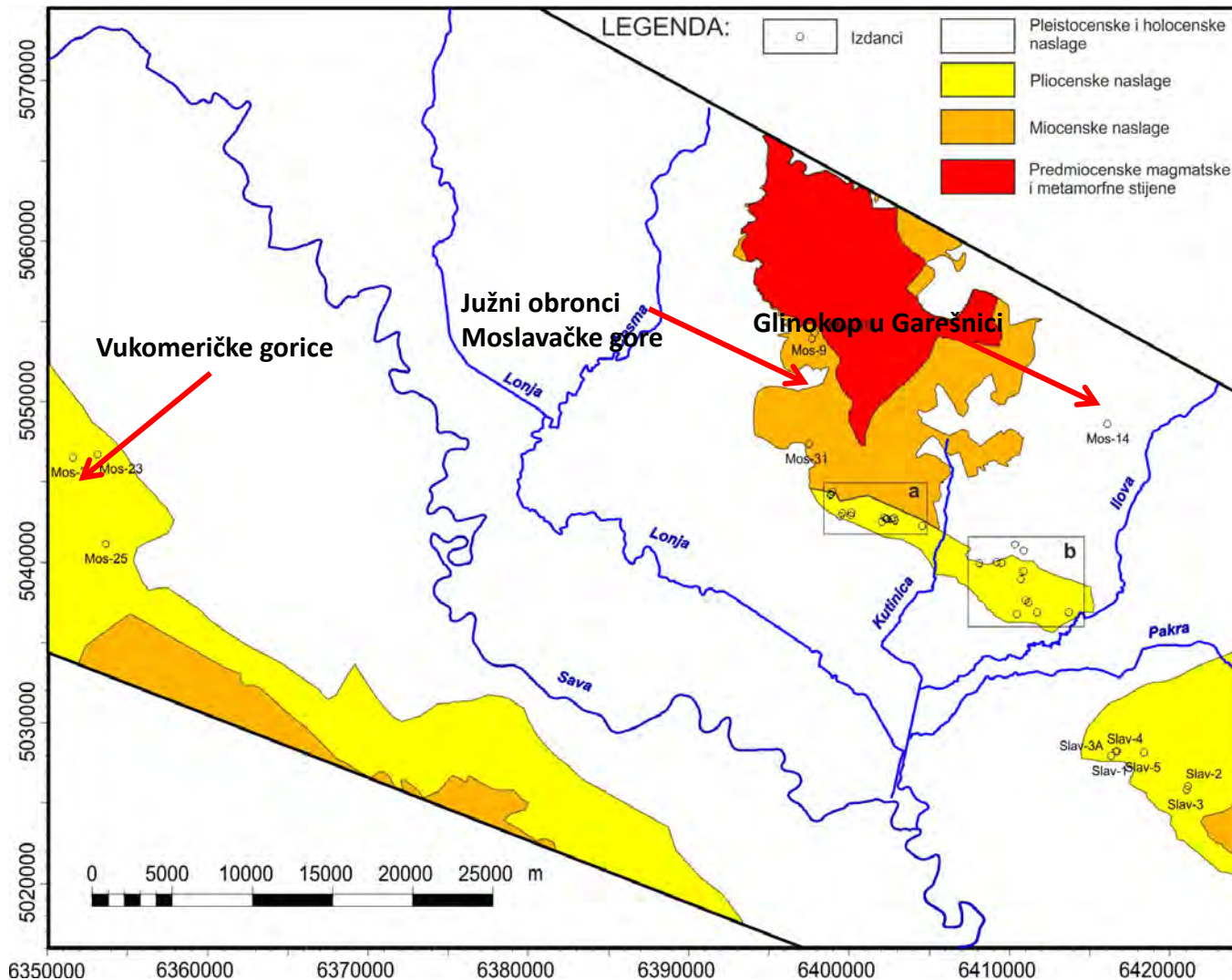
Terenska istraživanja

- Izdanci ugljena s ostacima puževima



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

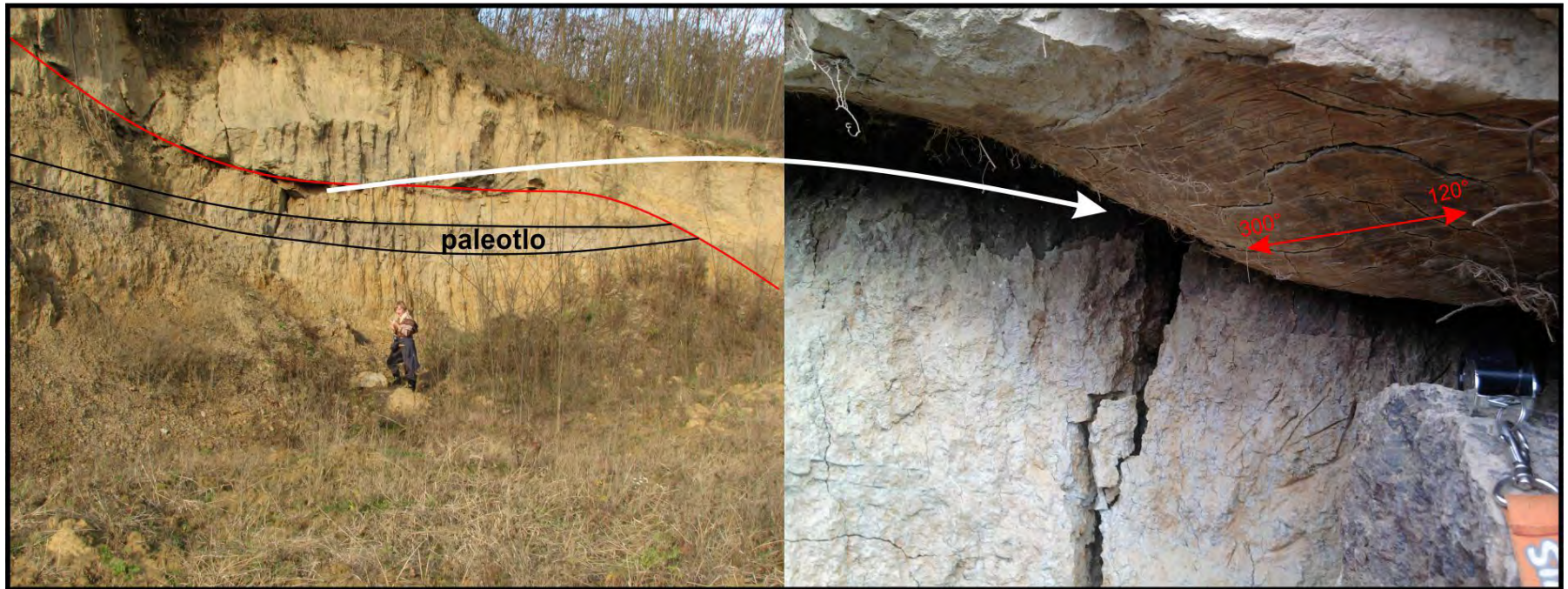
Terenska istraživanja



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

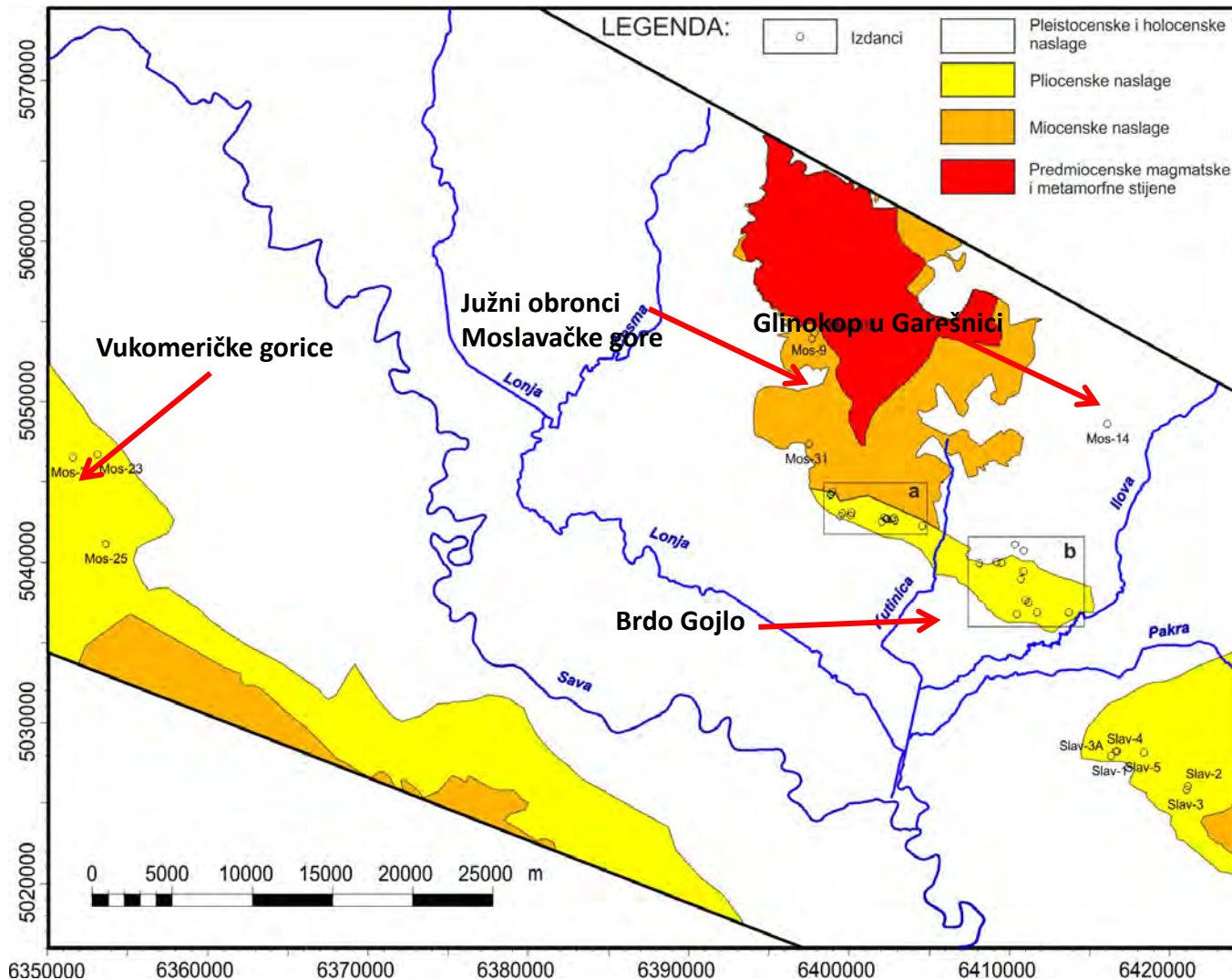
Terenska istraživanja

- Profil izdanka u glinokopu pored Garešnice - naznačeno paleotlo te rasjedna ploha sa strijama



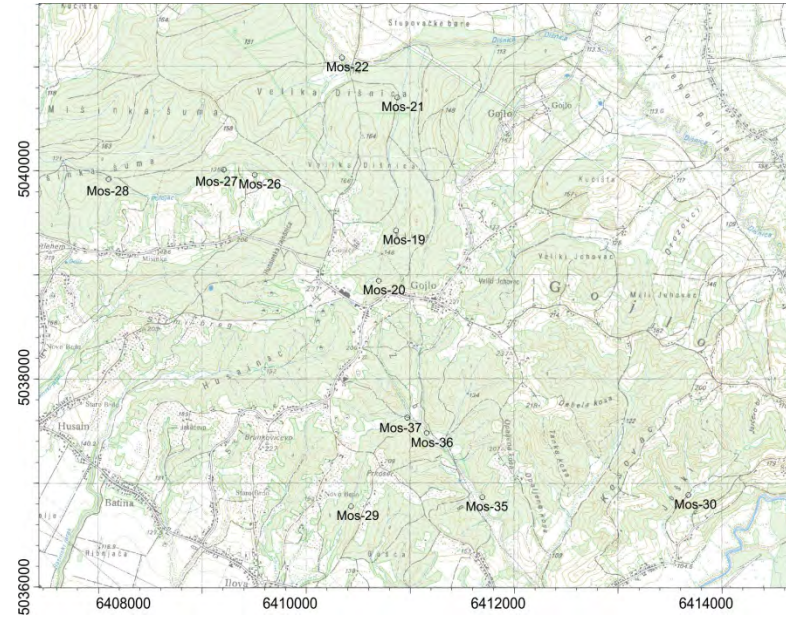
PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Terenska istraživanja



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Terenska istraživanja



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Terenska istraživanja

- Mjestimice iznimno bogata fauna školjkaša roda *Unio*



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

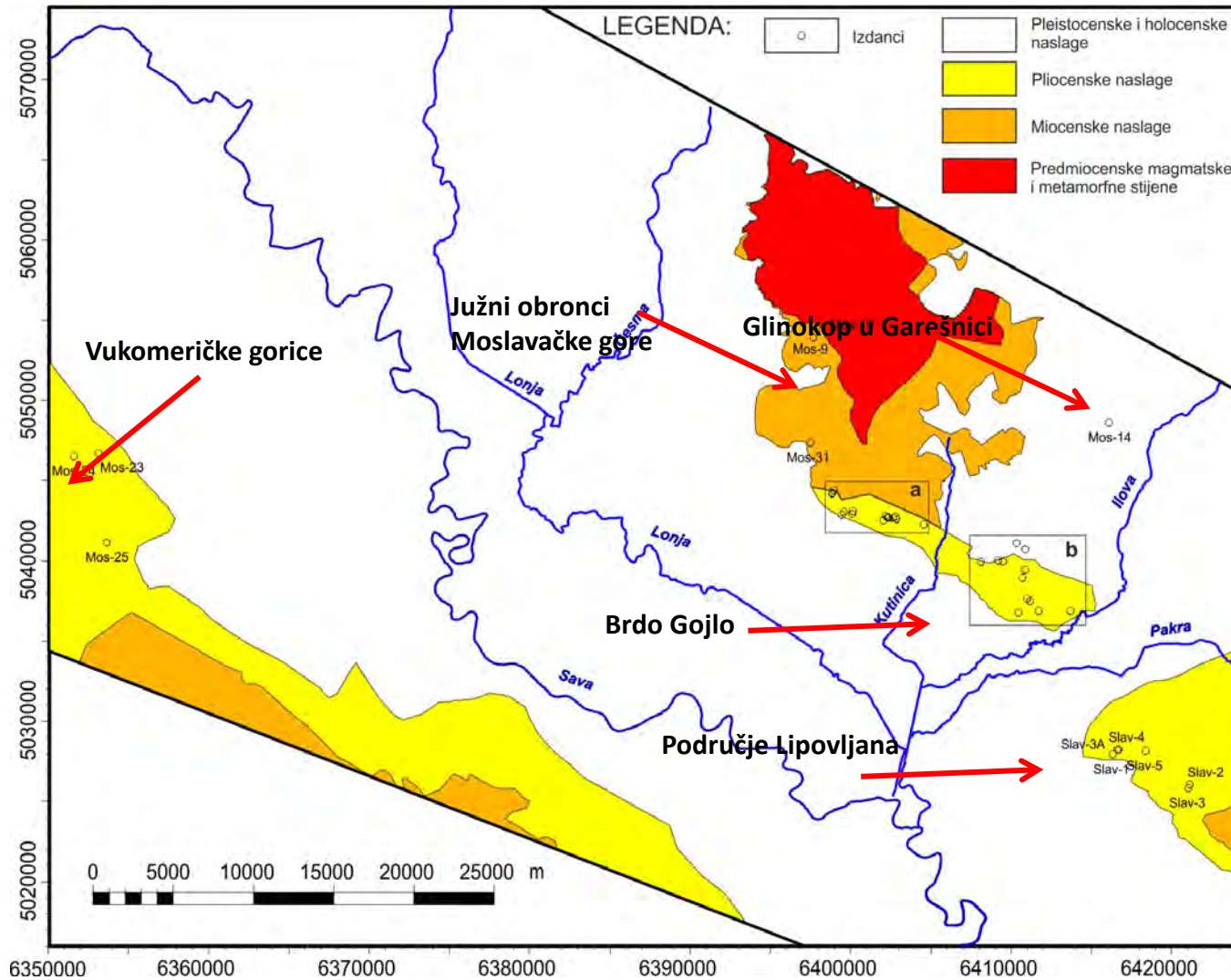
Terenska istraživanja

- Prirodni izdanci nafte



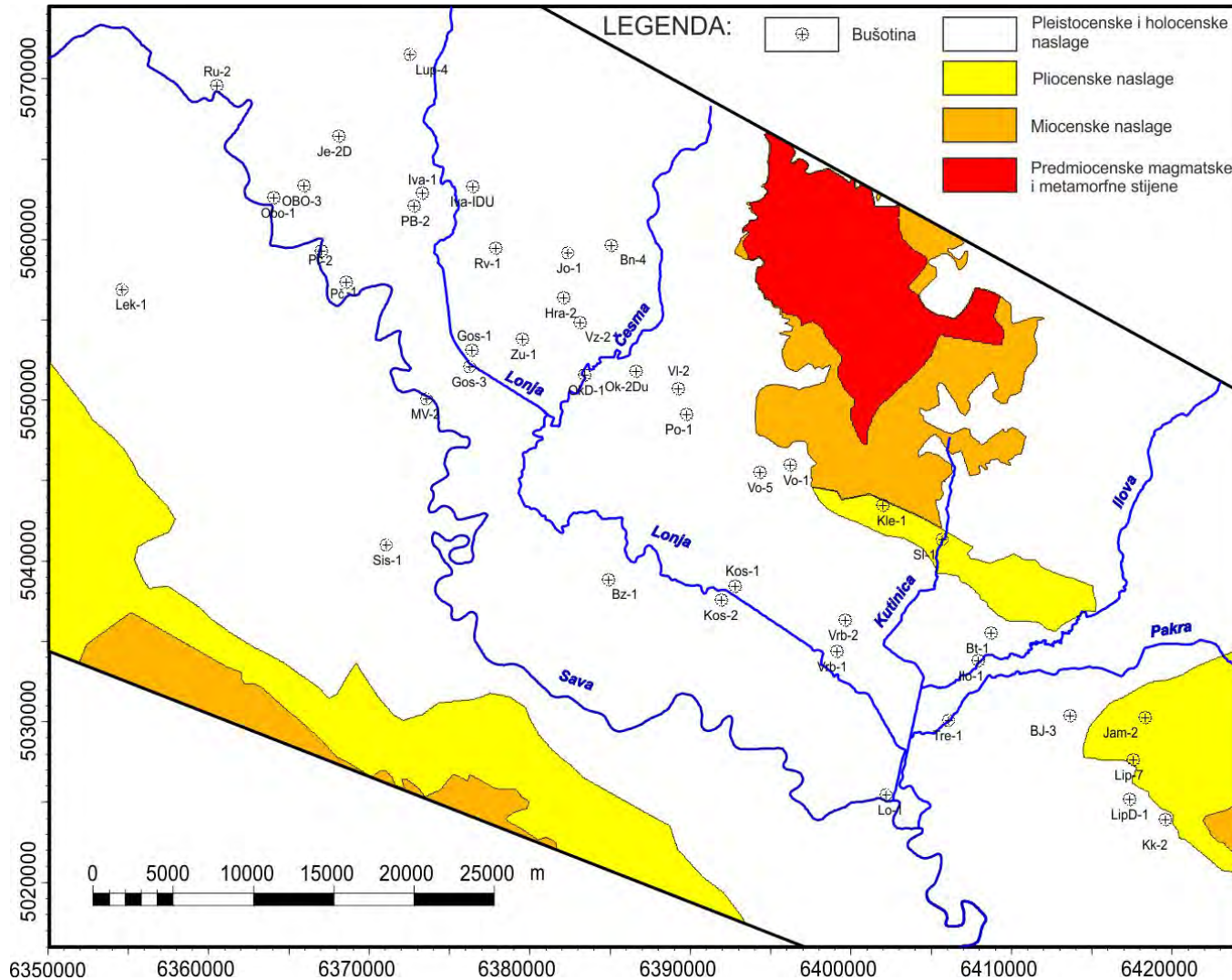
PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Terenska istraživanja



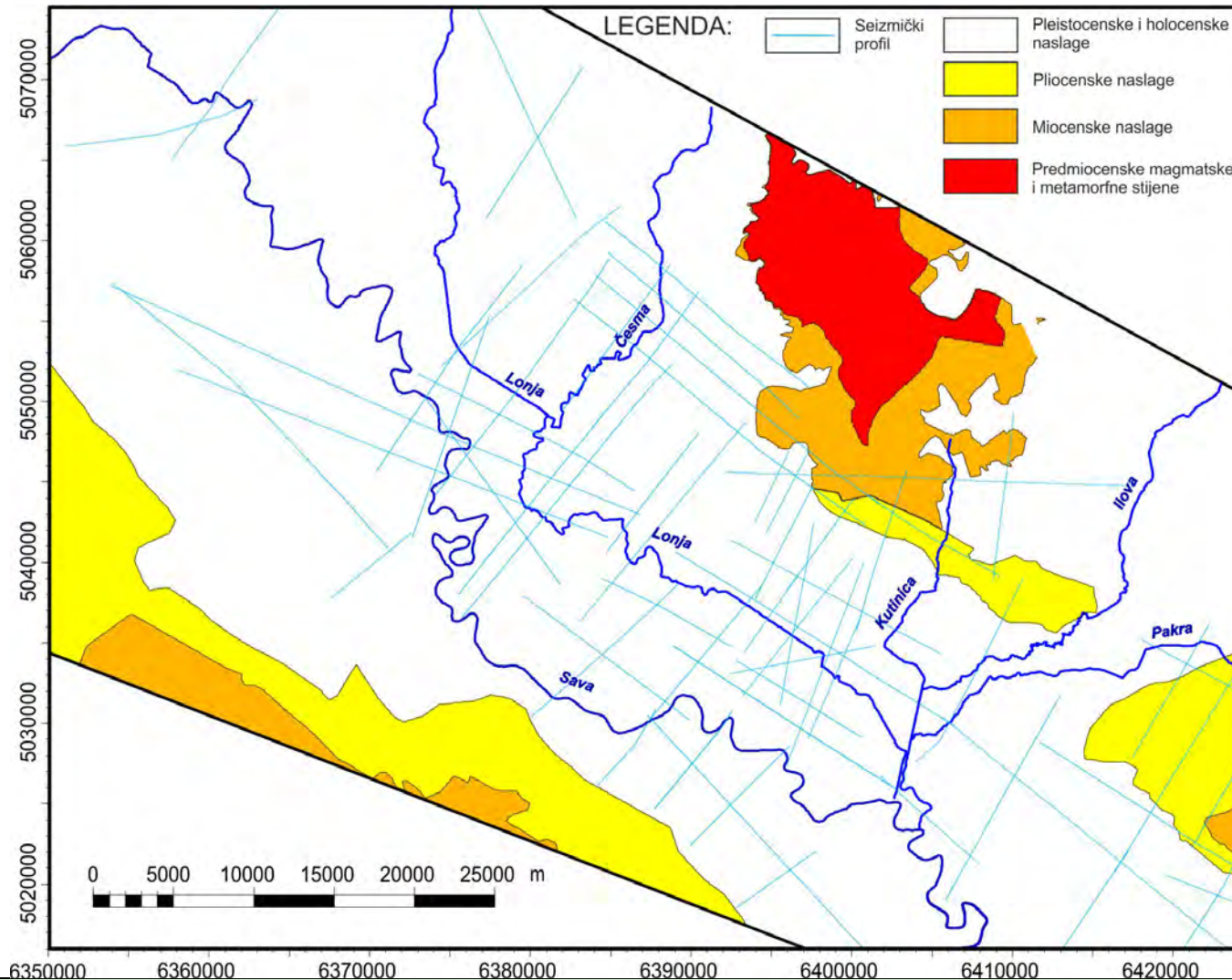
PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Bušotinski podatci



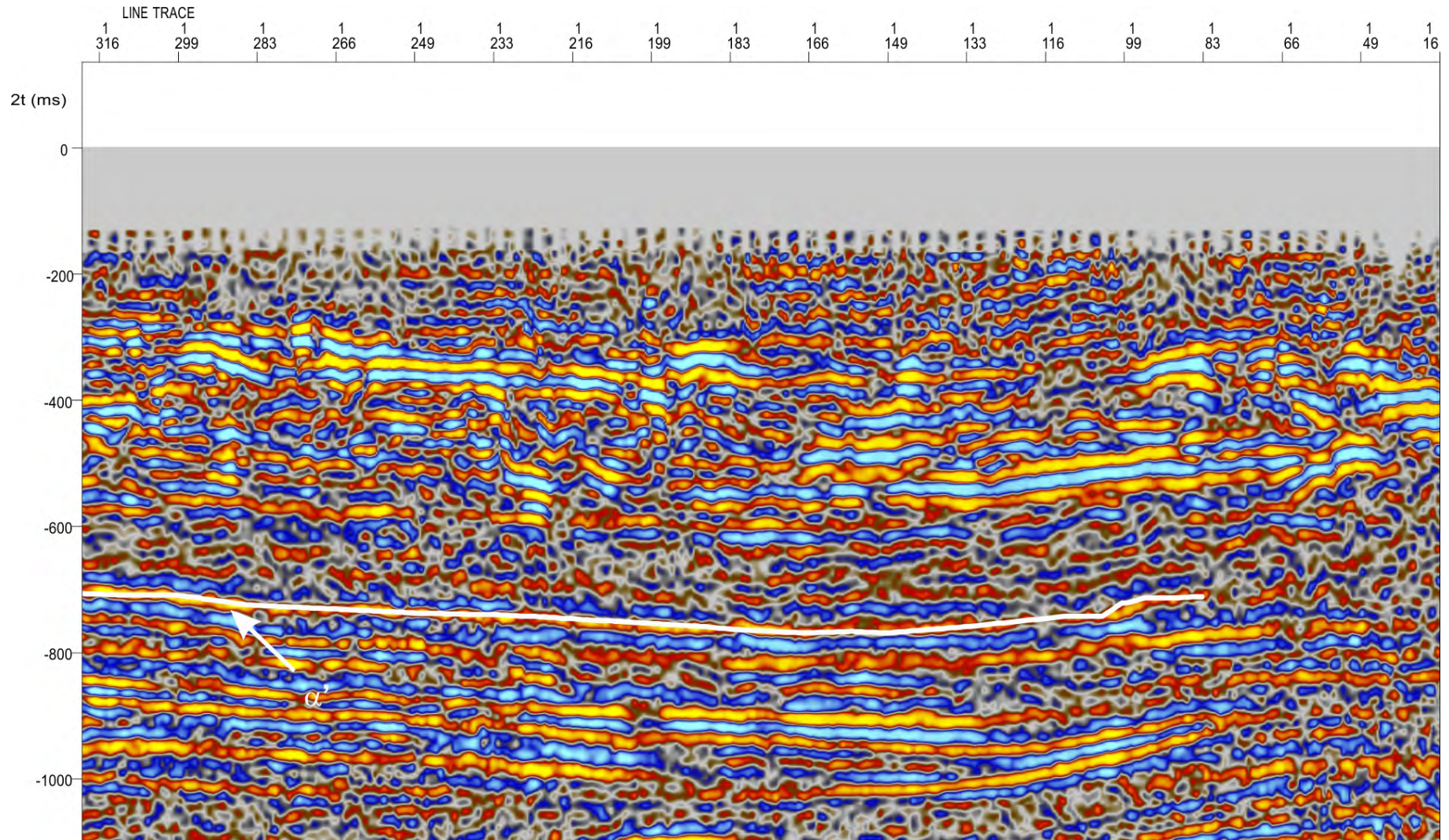
PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Seizmički podatci



PRIKUPLJANJE I PRIPREMA POVRŠINSKIH I DUBINSKIH PODATAKA

Seizmički podatci



REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

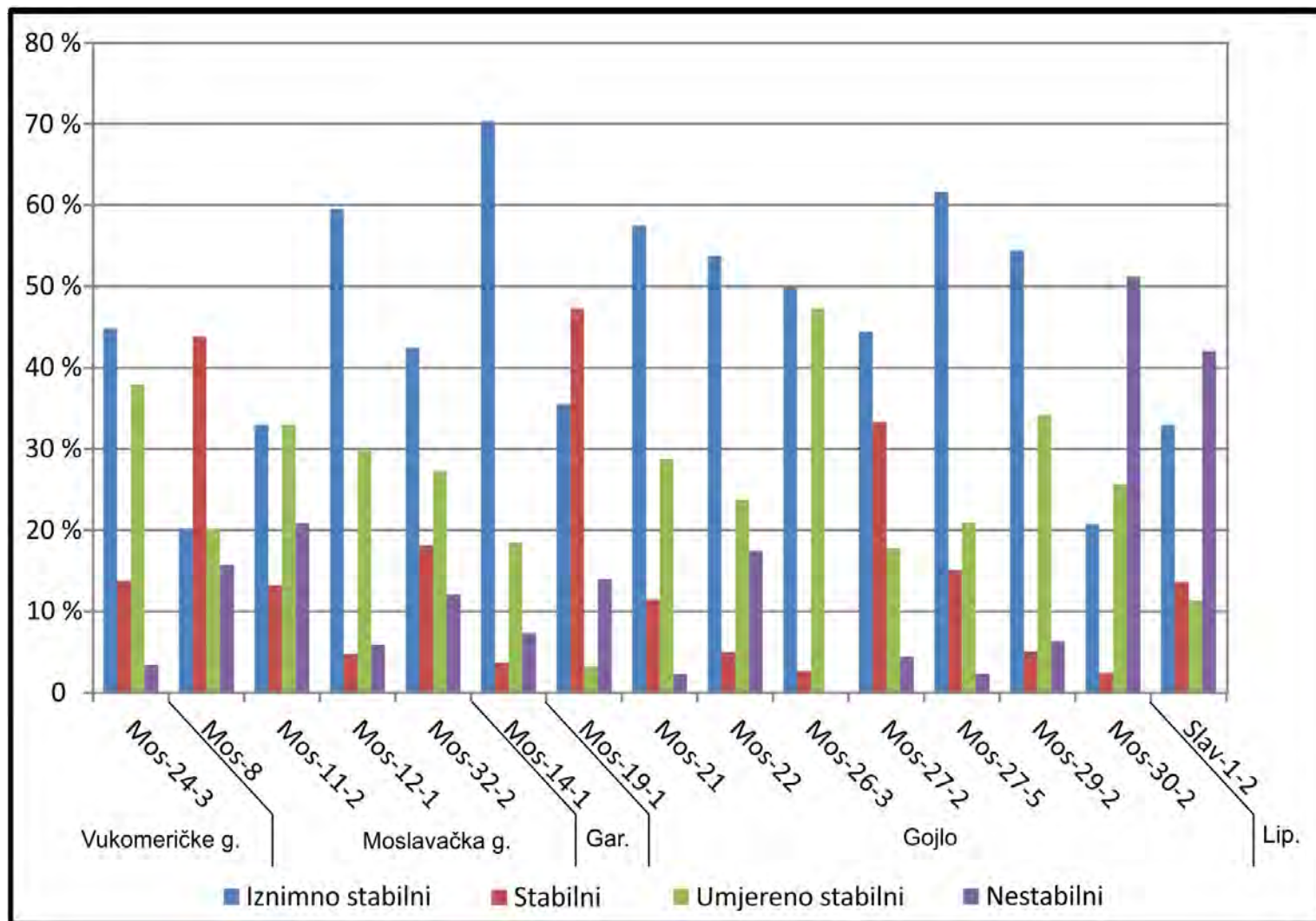
Granulometrija

Kategorija sortiranosti	Vrijednost S_o
MÜLLER (1964)	
Vrlo dobra sortiranost	1,00-1,23
Dobra sortiranost	1,23-1,41
Srednja sortiranost	1,41-1,74
Loša sortiranost	1,70-2,00
Vrlo loša sortiranost	>2,00

Oznaka uzorka	Q_1	Md	Q_3	S_o
Mos-24-3	0,016	0,058	0,09	2,37
Mos-8	0,18	0,275	0,38	1,48
Mos-11-2	0,009	0,2	0,40	2,357
Mos-12-1	0,008	0,014	0,04	2,236
Mos-32-2	0,009	0,02	0,08	2,98
Mos-14-1	0,007	0,012	0,021	1,73
Mos-19-1	0,015	0,09	0,55	6,055
Mos-21	0,26	0,34	0,42	1,27
Mos-22	0,01	0,023	0,48	5,27
Mos-26-3	0,015	0,1	0,22	3,82
Mos-27-2	0,013	0,063	0,125	3,1
Mos-27-5	0,008	0,0195	0,04	2,23
Mos-29-2	0,014	0,042	0,09	2,53
Mos-30-2	0,063	0,088	0,125	1,41
Slav-1-2	0,012	0,032	0,063	2,24

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Mineralni sastav teške frakcije



REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

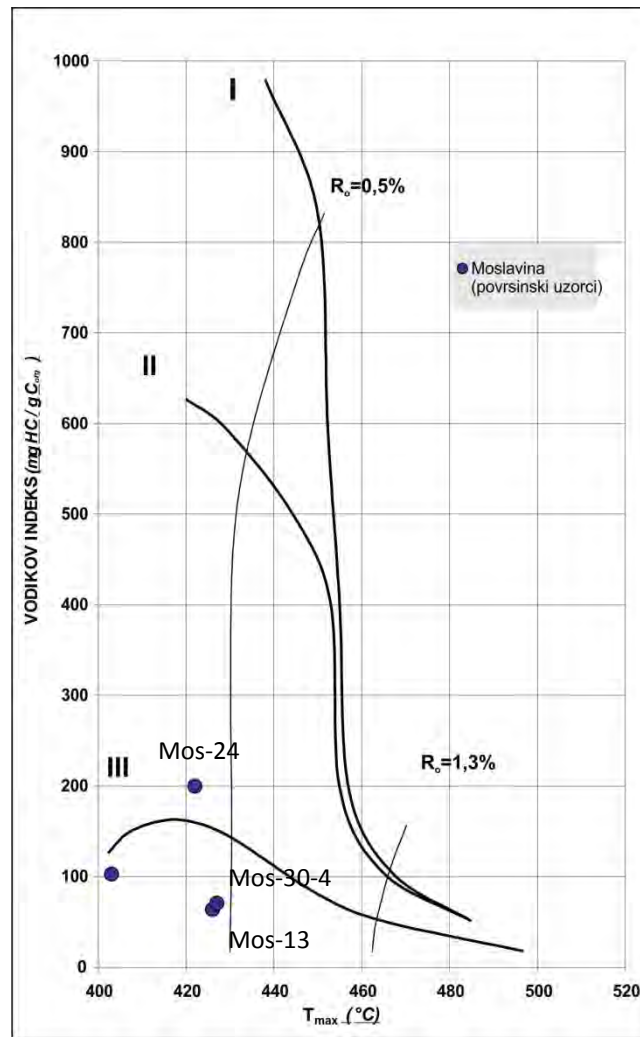
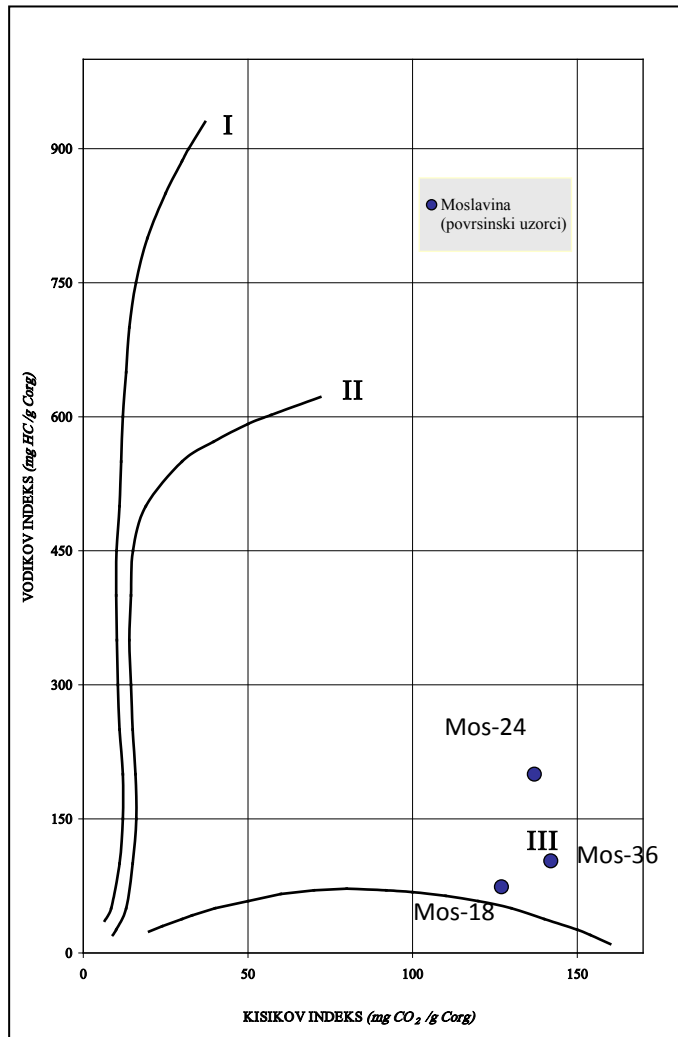
Geokemijske analize

Uzorak	C _{org} (%)	S ₁ (mg HC/g uzorka)	S ₂ (mg HC/g uzorka)	S ₃ (mg CO ₂ /g uzorka)	T _{max} (°C)	PI	S ₂ /S ₃	HI (mg HC/ g C _{org})	OI (mg CO ₂ / g C _{org})	Min C (%)
Mos-13	4,02	0,16	2,57	9,11	426	0,06	0,28	64	227	0,49
Mos-18	32,15	2,54	33,27	45,72	403	0,07	0,73	103	142	1,65
Mos-24	39,86	5,11	79,57	54,64	422	0,06	1,46	200	137	2,50
Mos-30-4	7,71	0,25	5,51	30,08	427	0,04	0,18	71	390	1,44
Mos-32-3	29,10	3,01	21,51	37,01	338	0,12	0,58	74	127	1,49
Mos-36	1,30	1,56	1,59	5,52	330	0,49	0,29	122	425	4,69

Ljubaznošću dr. sc. Tamare Troškot-Čorbić i Darka Španića, dipl. ing. geol. u PJ za geologiju i geokemiju Službe laboratorijskih ispitivanja IPNP

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Geokemijske analize



Ljubaznošću dr. sc. Tamare Troškot-Čorbić i Darka Španića, dipl. ing. geol. u PJ za geologiju i geokemiju Službe laboratorijskih ispitivanja IPNP

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Geokemijske analize

Uzorak	Maceralni sastav (volumni %)				Stupanj zrelosti			S (%)	Napomene
	amorfno	liptiniti	vitritini	inertiniti	R _o (%)	TAI	FC		
Mos-13	60	15 (Al, Sp, Ku, Ld)	Tr	25 (Sf, Fu)	≈0,20	1 ⁺	B-NF (A) Y (L)	0,79	
Mos-18	/	10 (Sp, Re, Ku, Ld)	90 (Hd, Te, Tu, Ul)	/	≈0,20	/	OB-NF (V) Y-O(L)	4,50	Ugljen
Mos-24	/	30 (Sp, Re, Ku, Ld)	70 (Te, Hd)	/	≈0,20	/	O-NF (V) Y-O (L)	1,39	Ugljen
Mos-30-4	70	20 (Sp, Ku, Re, Ld)	/	10 (Sf, Fu)	/	1 ⁺	B-NF (A) Y (L)	/	
Mos-32-3	/	Tr (Sp, Ld)	100 (Tu, Ul, Ff, Hd)	/	0,20-0,25	/	OB-NF (V)	3,46	Ugljen
Mos-36	60	5 (Sp, Ku, Ld)	25 (Ul, Tu)	10 (Fu, Sf)	≈0,20	1 ⁺	GY (A) Y (L) OB-NF (V)	6,77	Impregnirano naftom

Zrelost	TAI	% R _o
Nezrelo	1 ⁺	<0,35
	2 ⁻	0,35-0,45
Nafta	2	0,45-0,55
	2 ⁺	0,55-0,70
	3 ⁻	0,70-0,95
Mokri plin	3	0,95-1,25
	3 ⁺	1,25-2,00
Suhi plin	4 ⁻	2,00-3,00
	4	>3,00

Rezultati mikroskopske analize izolirane organske tvari i sumpora

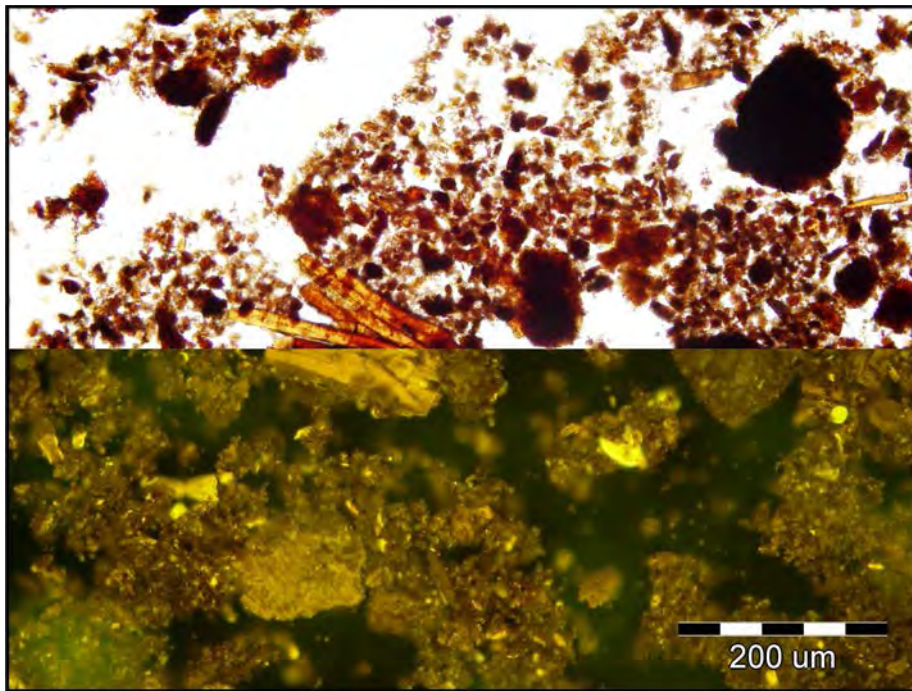
kratice macerala: **Al** – alginite, **Sp** - sporinite, **Ld** – liptodetrinite, **Re** – rezinite, **Ku** – kutinite, **Hd** – humodetrinite, **Te** – tekstinite, **Ul** – ulmitine, **Tu** – tekstoulmitine, **Sf** – smeifuzinite, **Fu** – fuzinite;

boje fluorescencije: **GY** – zelenožuto, **YO** – žutonarančasto, **O** – narančasto, **OB** – narančastosmeđe, **B** – smeđe, **NF** – ne fluorescira;

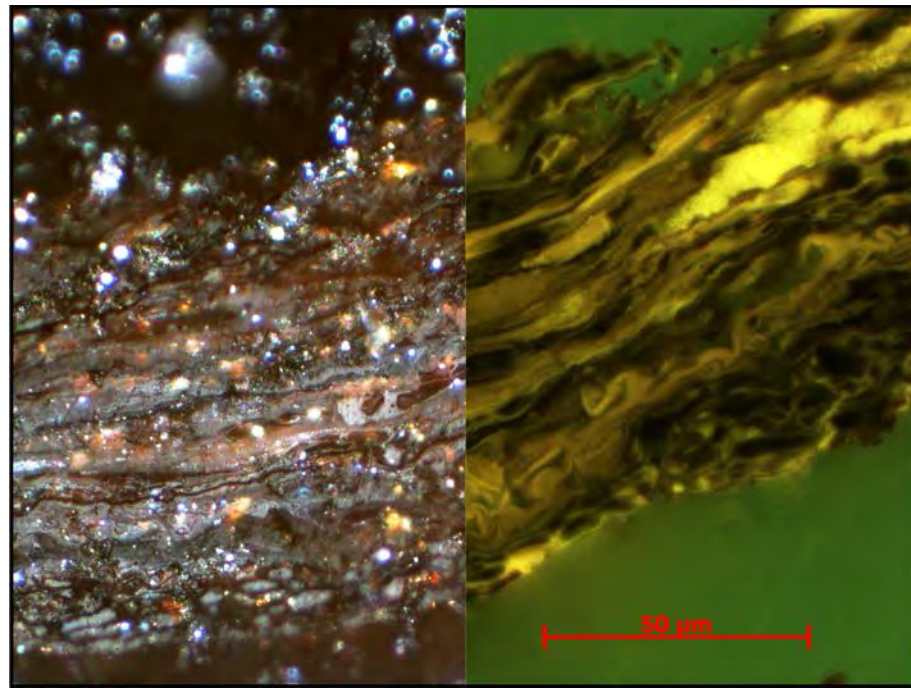
Ljubaznošću dr. sc. Tamare Troškot-Čorbić i Darka Španića, dipl. ing. geol. u PJ za geologiju i geokemiju Službe laboratorijskih ispitivanja IPNP

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Geokemijske analize



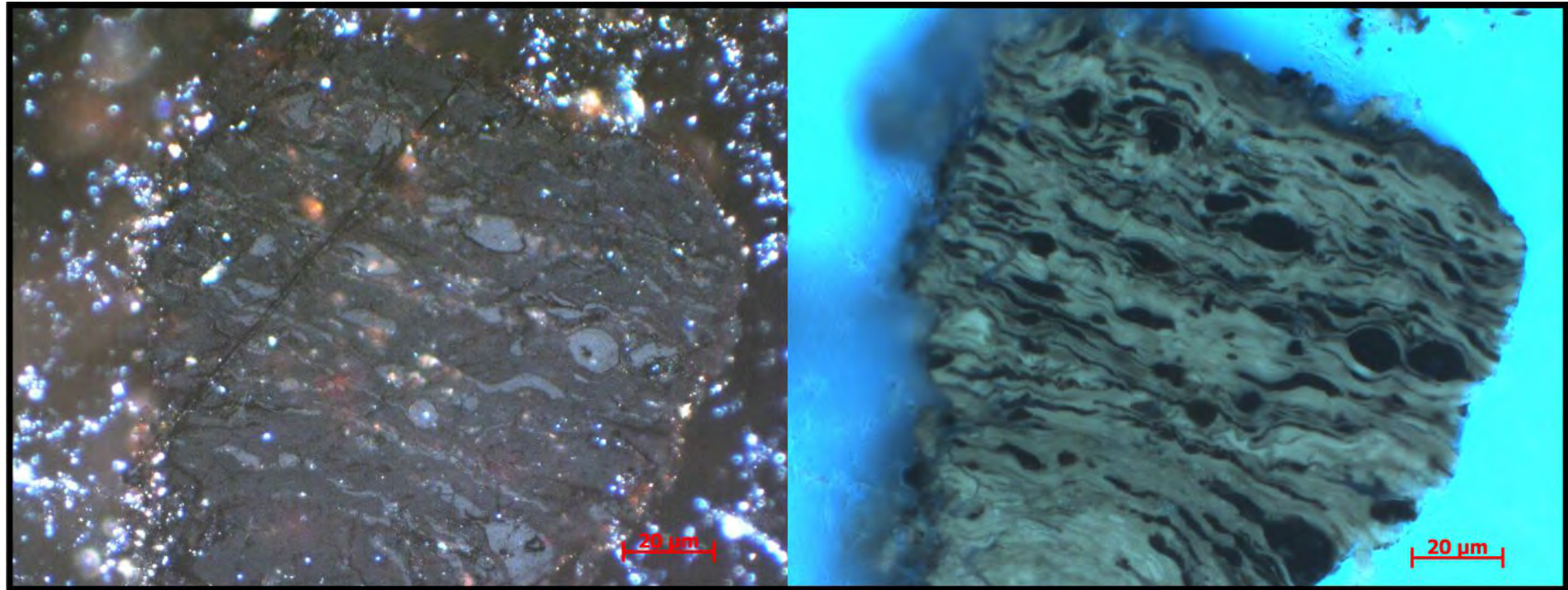
Huminit (uglavnom tekstinit) i terestrični liptiniti (Mos-24). Gore - prolazno svjetlo, dolje - plavo fluorescentno svjetlo



Tekstinit i rezinit - jarko žuto (Mos-24). Lijevo - reflektirano svjetlo, uljna imerzija, desno - plavo fluorescentno svjetlo, uljna imerzija.

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

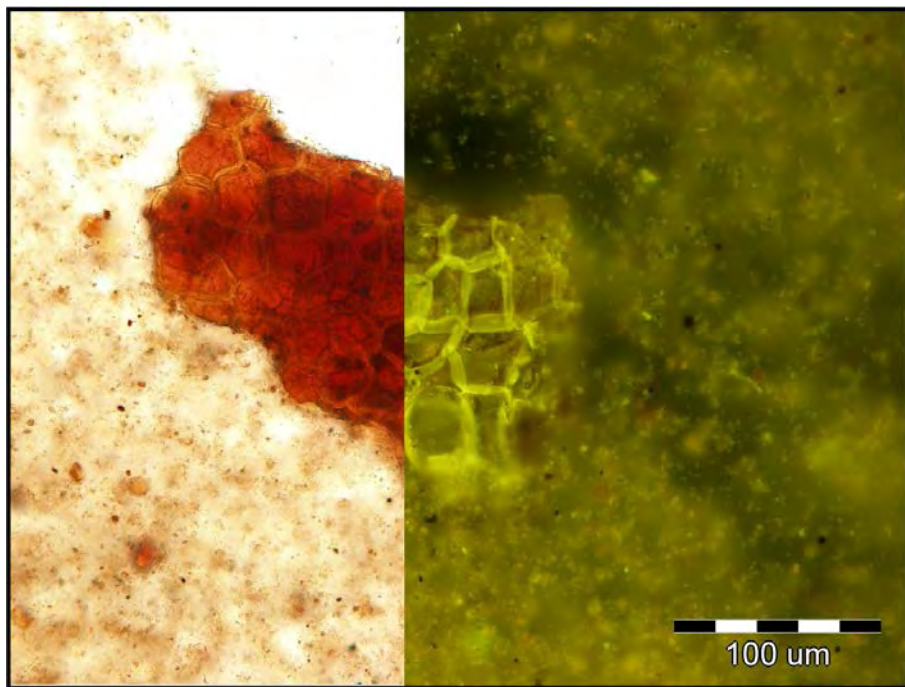
Geokemijske analize



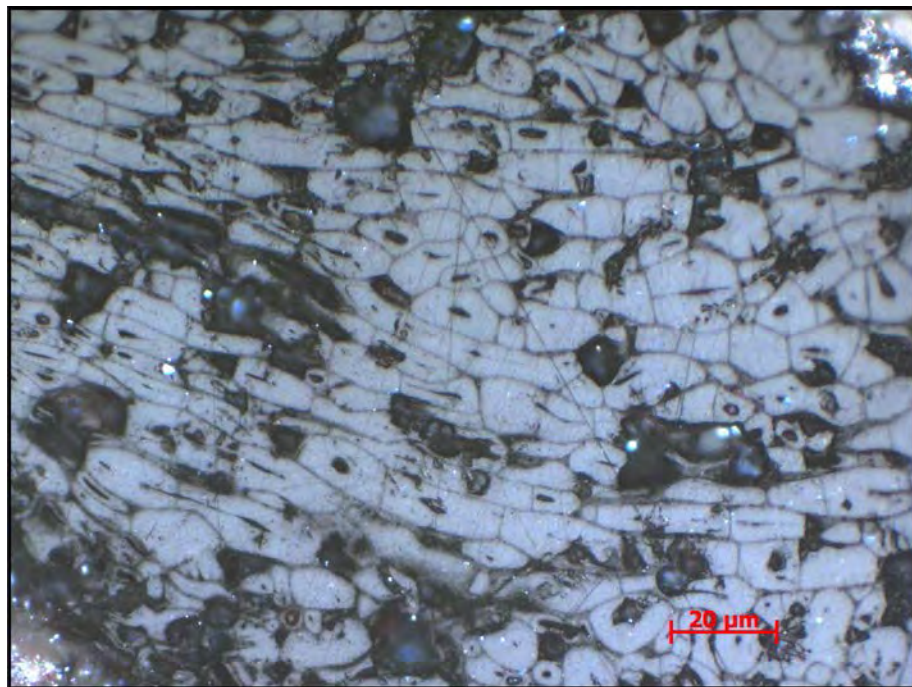
Huminit (uglavnom tekstinit) i terestrični liptiniti (Mos-24). Lijevo - reflektirano svjetlo, desno - ljubičasto fluorescentno svjetlo, uljna imerzija

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Geokemijske analize



Maceral liptinitne skupine kutinit okružen amorfnom organskom tvari (Mos-36). Lijevo - prolazno svjetlo, desno - plavo fluorescentno svjetlo.



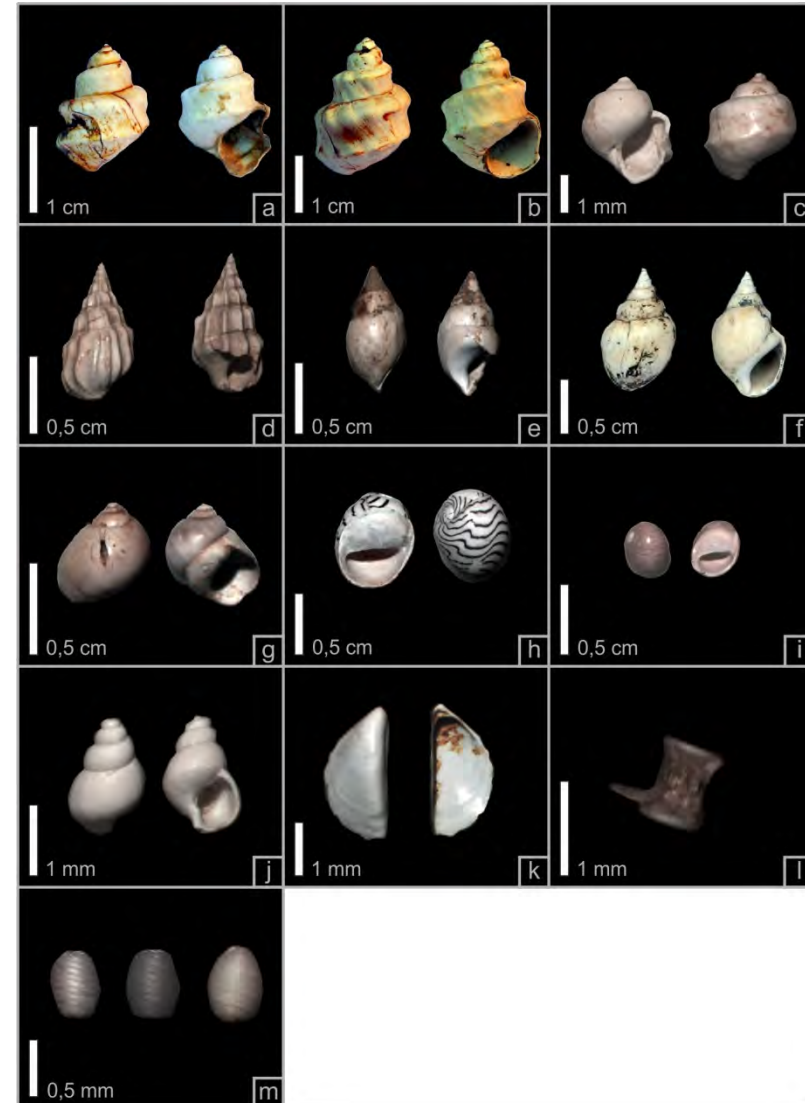
Maceral inertinitne skupine semifuzinit (Mos-36). Reflektirano svjetlo, uljna imerzija.

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati paleontoloških odredaba makro i mikrofosila

Fosilna fauna i flora s područja južnih obronaka Moslavačke gore:

- a) *Viviparus* cf. *dezmanianus* BRUSINA;
- b) *Viviparus sturi* NEUMAYR adultni;
- c) *Viviparus* sp. juvenilni;
- d) *Melanopsis* cf. *hastata* NEUMAYR;
- e) *Melanopsis* cf. *eurytoma* NEUMAYR;
- f) *Melanopsis pyrum* NEUMAYR;
- g) *Lythoglyphus* sp.;
- h) *Theodoxus sagitifera* BRUSINA;
- i) *Theodoxus* sp.;
- j) *Hydrobia* sp.;
- k) *Dreissena polymorpha* PALLAS;
- l) kralježak ribe;
- m) *Chara* sp.



Vrste makrofaune puževa i školjkaša utvrđene uz pomoć
dr. sc. Davora Vrsaljka, HPM

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati paleontoloških odredaba makro i mikrofosila

Ostrakodna fauna južnih obronaka
Moslavačke gore:

a) uzorak Mos-11 s *Cyprideis* cf. *torosa*
JONES i četiri juvenilne jedinke *Candona*
sp.;

b) uzorak Mos 12-1 *Cyprideis* cf. *torosa*
JONES (80 % faune adultne i juvenilne
jedinke), *Scottia pseudobrowniana*
KEMPF *Darwinula stevensoni* BRADY &
ROBERTSON, *Candona* sp. Juvenilna;

c) uzorak Mos 12-2 s *Cyprideis* cf. *torosa*
JONES (70 % faune), *Candona neglecta*
SARS, *Darwinula stevensoni* BRADY &
ROBERTSON, *Candona* sp. juvenilna,
Scottia pseudobrowniana KEMPF;

d) uzorak Mos-16 s *Cyprideis* cf. *torosa*
JONES (60 % faune), *Scottia*
pseudobrowniana KEMPF (30 % faune),
Ilyocypris cf. BRADY SARS i *Candona* sp.



Vrste ostrakoda utvrđene uz pomoć dr. sc. Valentine Hajek-Tadesse, HGI

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati paleontoloških odredaba makro i mikrofosila

Fosilna fauna s područja brda Gojlo:

- a) *Viviparus sturi* NEUMAYR;
- b) *Viviparus* cf. *avellanus* BRUSINA;
- c) *Viviparus vukotinovici* FRAUFELD;
- d) *Viviparus vukotinovici* FRAUFELD juvenilni;
- e) *Melanopsis* sp.;
- f) *Melanopsis hastata* NEUMAYR;
- g) *Lythoglyphus callosus* BRUSINA;
- h) *Valvata sulekiana* BRUSINA;
- i) *Theodoxus* sp.;
- j) *Unio ptychodes* BRUSINA;
- k) *Unio* sp.;
- l) *Pisidium solidarum* NEUMAYR;
- m) *Dreissena* sp.;
- n) *Lymnea* sp.;
- o) *Pisidium* sp.;
- p) *Chara* sp.



Vrste makrofaune puževa i školjkaša utvrđene uz pomoć dr. sc. Davora Vrsaljka, HPM

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati paleontoloških odredaba makro i mikrofosila

Ostrakodna fauna s područja Gojla:

a) uzorak Mos-27 bazalni dio bez makrofosila - *Candona neglecta* SARS, *Paracandona* cf. *euplectella* ROBERTSON, *Fabaeformiscandona holzkampfi* HARTWIG, *Cypria* sp. i *Candonopsis* sp.;

b) uzorak Mos-27 s mikrofosilnom faunom - *Scottia pseudobrowniana* KEMPF, *Darwinula stevensoni* BRADY & ROBERTSON i *Ilyocypris* sp.;

c) uzorak Mos-29 - *Cyclocypris serena* KOCH i *Scottia pseudobrowniana* KEMPF;

d) uzorak Mos-22 - *Candona neglecta* SARS, *Candona candida* O.F. MÜLLER, *Ilyocypris bradyi* SARS, *Cypris pubera* O.F. MÜLLER, *Heterocypris icongruens* RAMDOHR i *Potamocypris* sp.



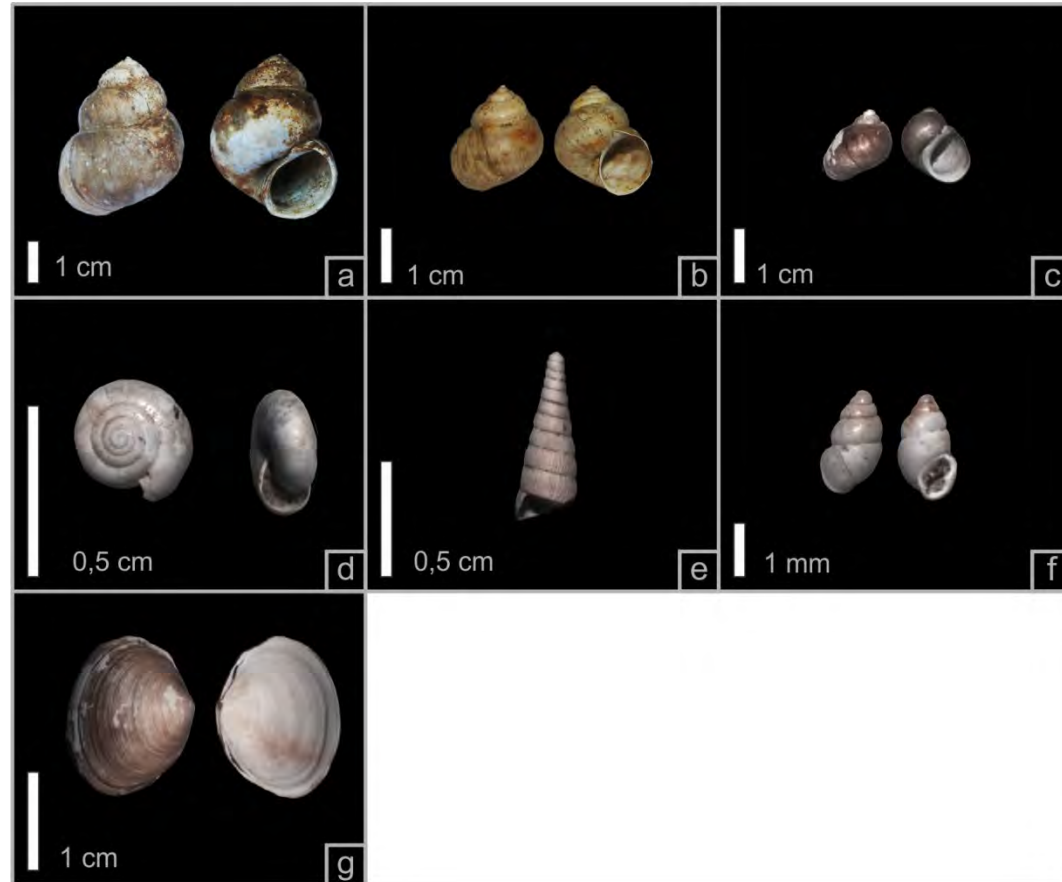
Vrste ostrakoda odredila dr. sc. Valentina Hajek-Tadesse, HGI

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati paleontoloških odredaba makro i mikrofosila

Fosilna fauna iz izdanaka u okolini mjesta Lipovljani:

- a) *Viviparus diluvianus* KUNTH adultni;
- b) *Viviparus diluvianus* KUNTH juvenilni;
- c) *Lytoglyphus callosus* BRUSINA;
- d) *Planorbis* sp.;
- e) *Micromelania* sp.;
- f) *Prososthenia* sp.;
- g) *Pisidium solidarum* NEUMAYR



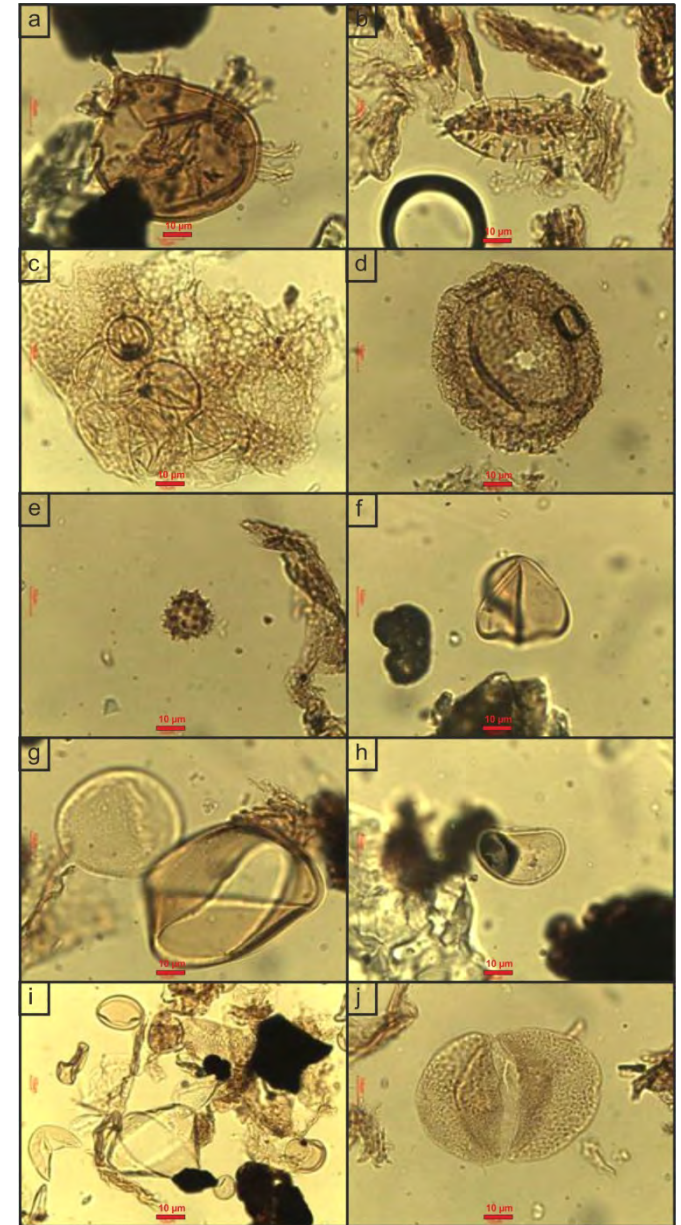
Vrste makrofaune puževa i školjkaša utvrđene uz pomoć dr. sc. Davora Vrsaljka, HPM

REZULTATI LABORATORIJSKIH ANALIZA

Rezultati palinoloških analiza

Mikrofotografije poleni, spora, dinocista i zamijećenih alga –

- a) dinocista *Spiniferites* (Mos-11);
- b) pelud lokvanja *Nuphar* (Mos-16);
- c) pelud čempresa – *Cupresaceae* (Mos-17);
- d) pelud čuge – *Tsuga* (Mos-20);
- e) pelud glavočike – *Asteraceae* (Mos-22);
- f) spora paprati – *Leiotriletes* (Mos-27);
- g) alga *Mougeotia* (Mos-28);
- h) spora paprati *Polypodium* (Mos-29);
- i) pelud *Cupressaceae* i alge *Mougeotia* i *Sigmopollis* (Mos-30);
- j) pelud *Cathaya* (Slav-5)

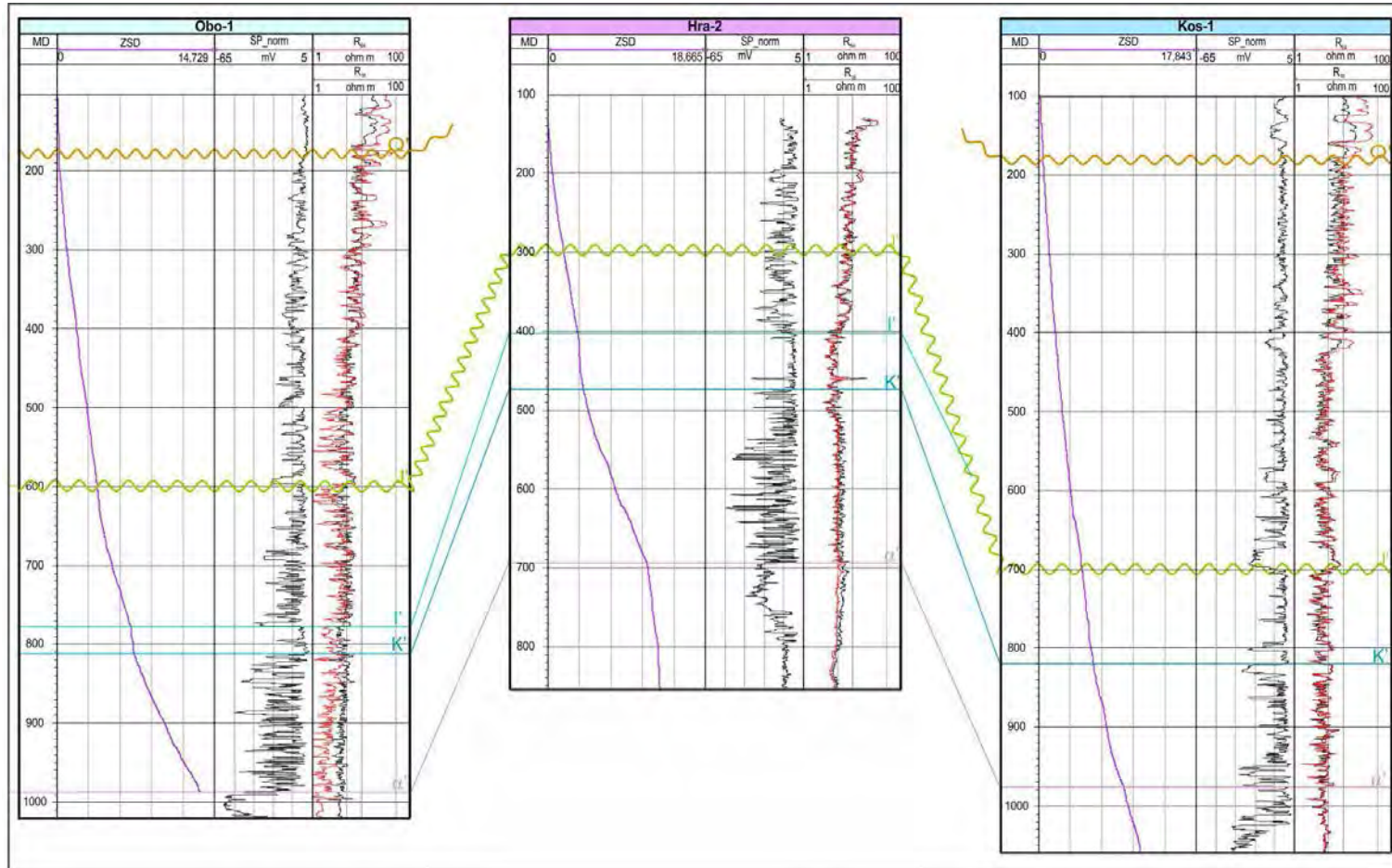


Palinološke analize načinila je dr. sc. Koraljka Bakrač, HGI

LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

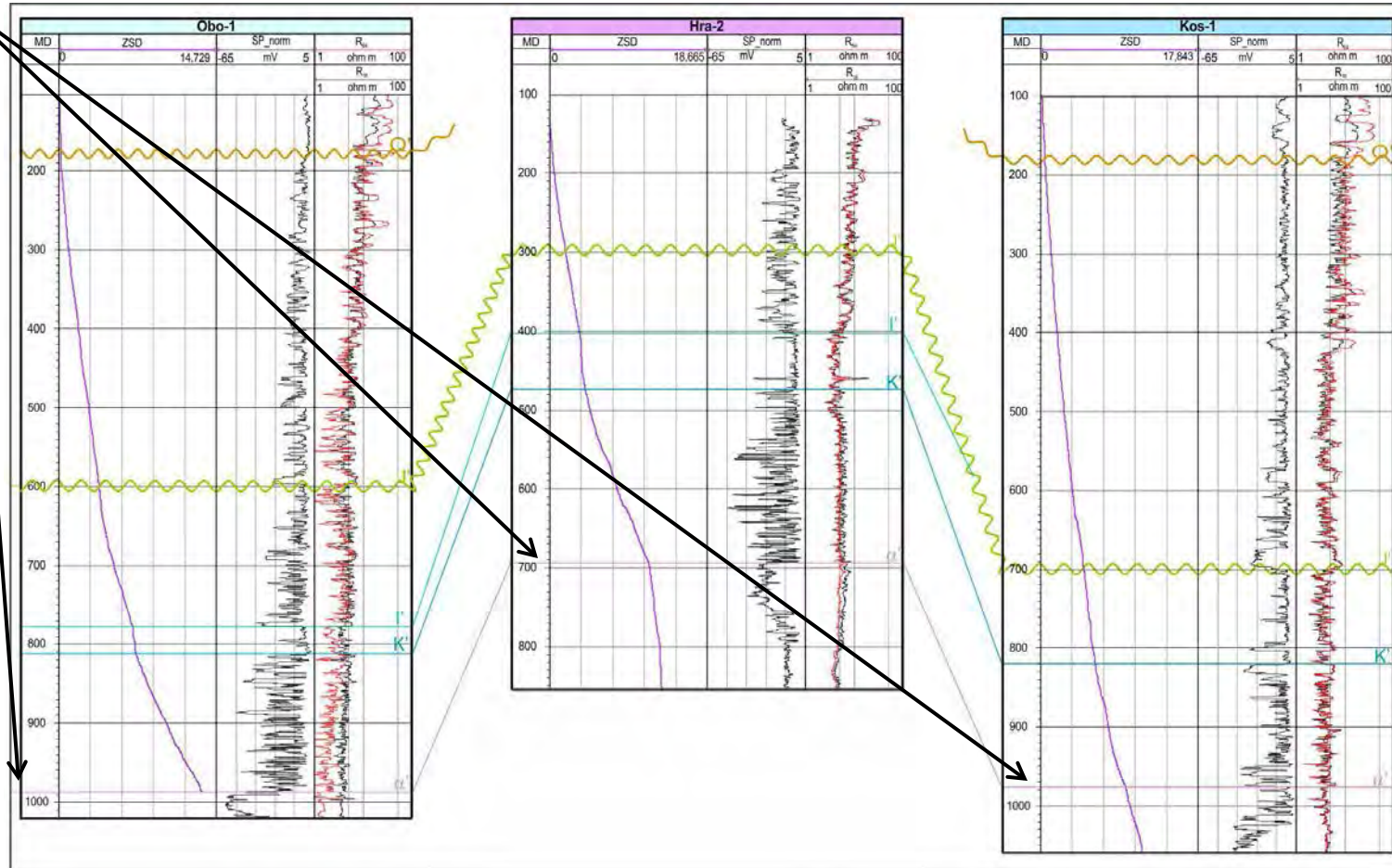


LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

- EK marker α'

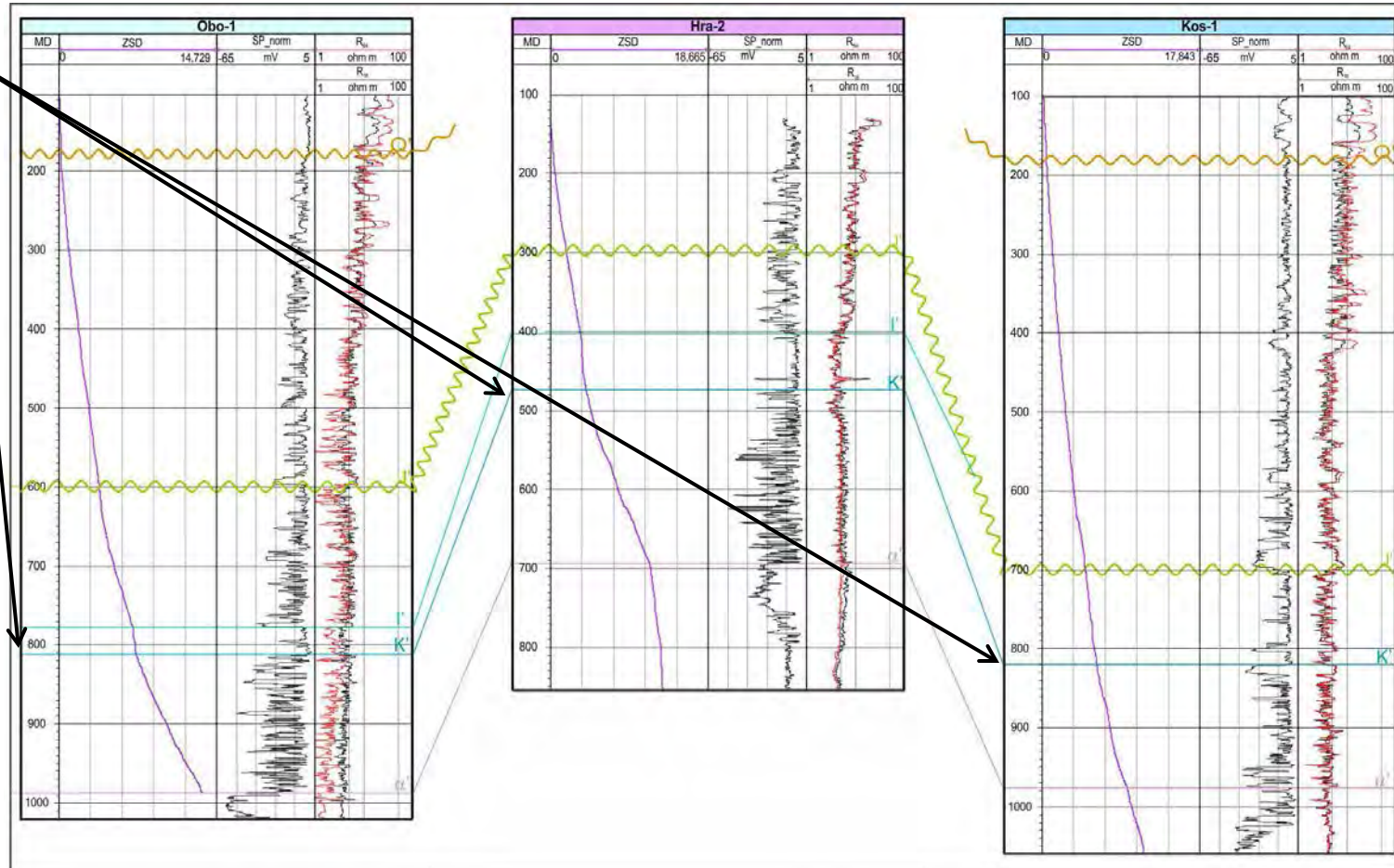


LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

- EK marker α'
- EK marker K'

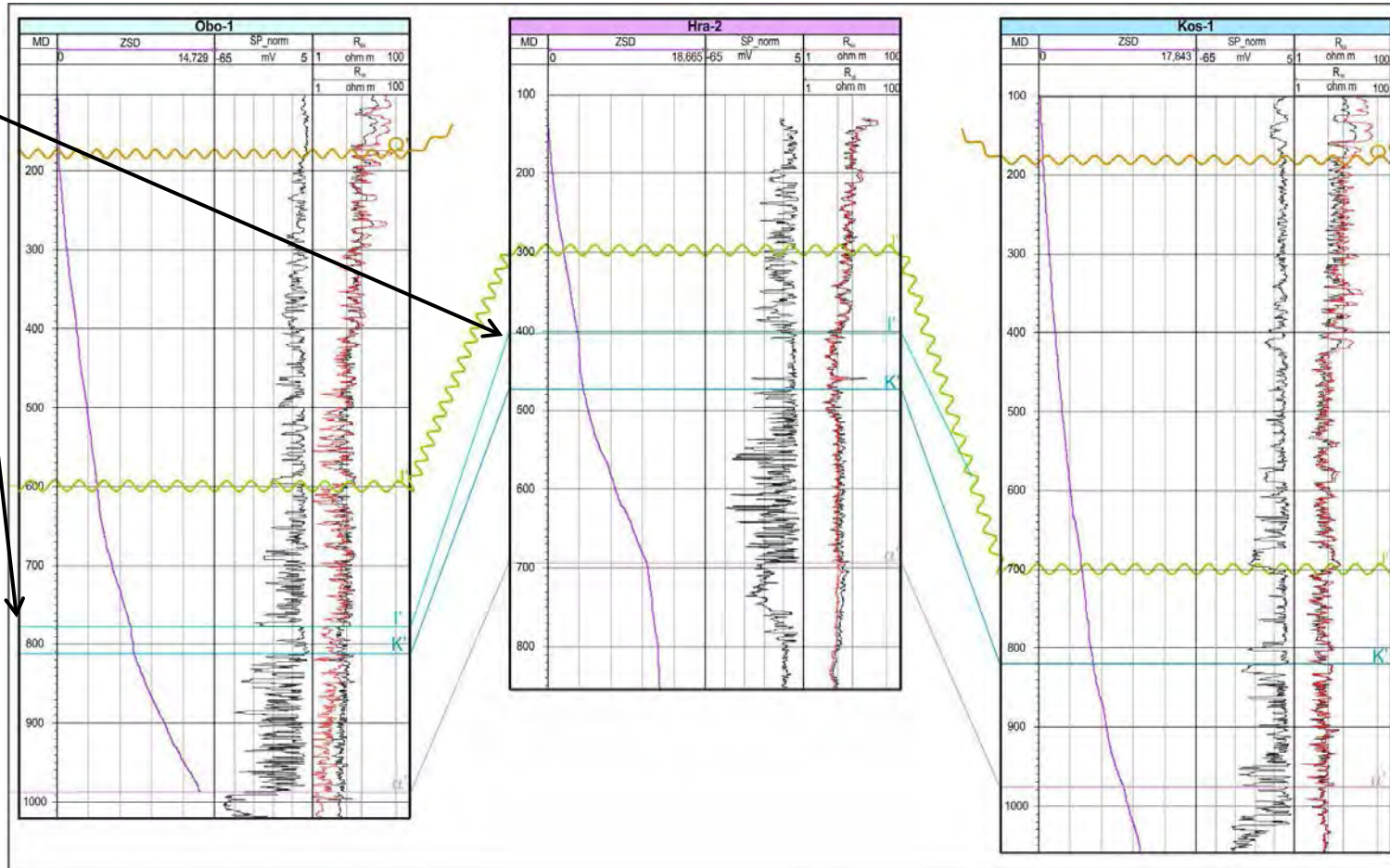


LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

- EK marker α'
- EK marker K'
- EK marker I'
-

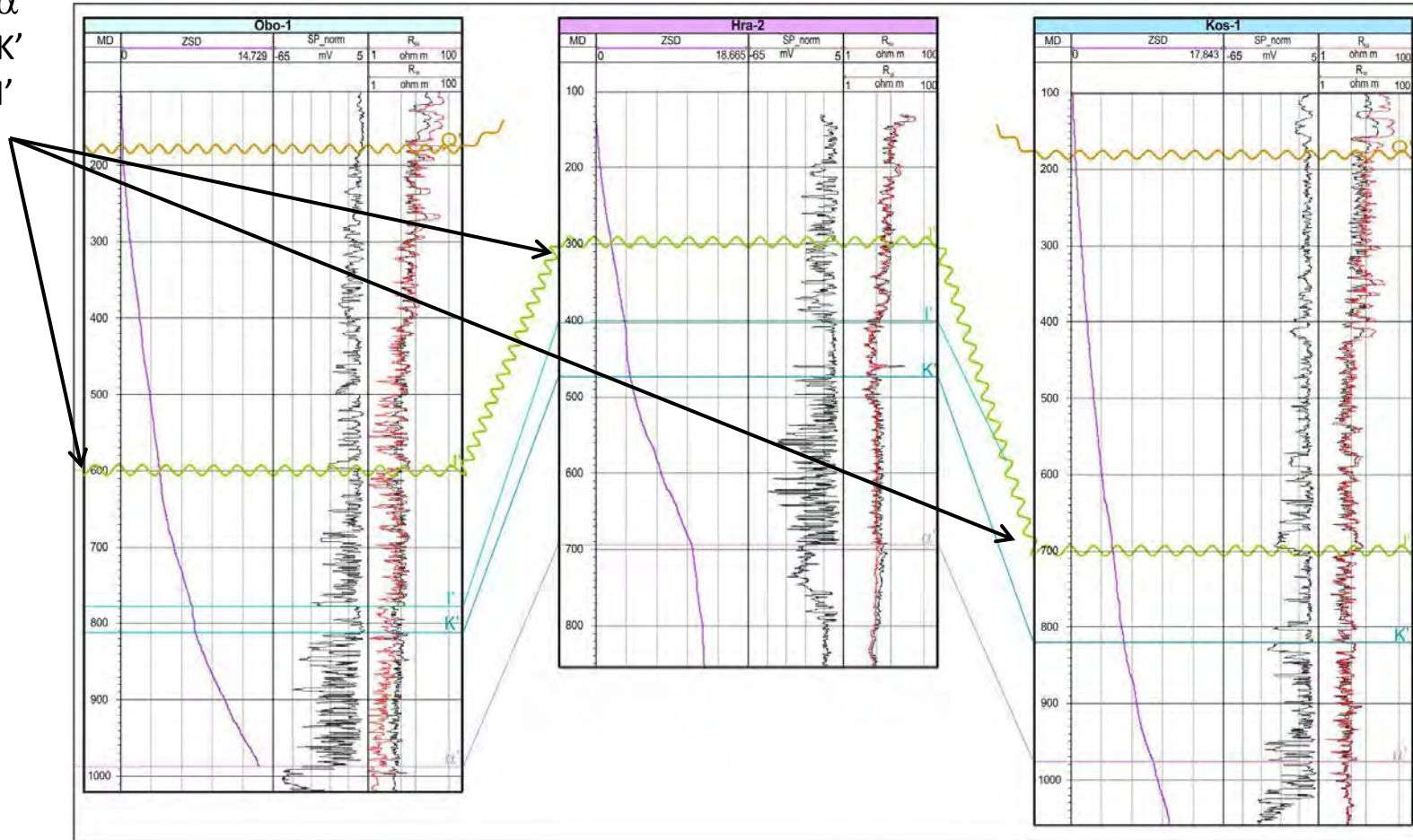


LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

- EK marker α'
- EK marker K'
- EK marker I'
- EK reper J'

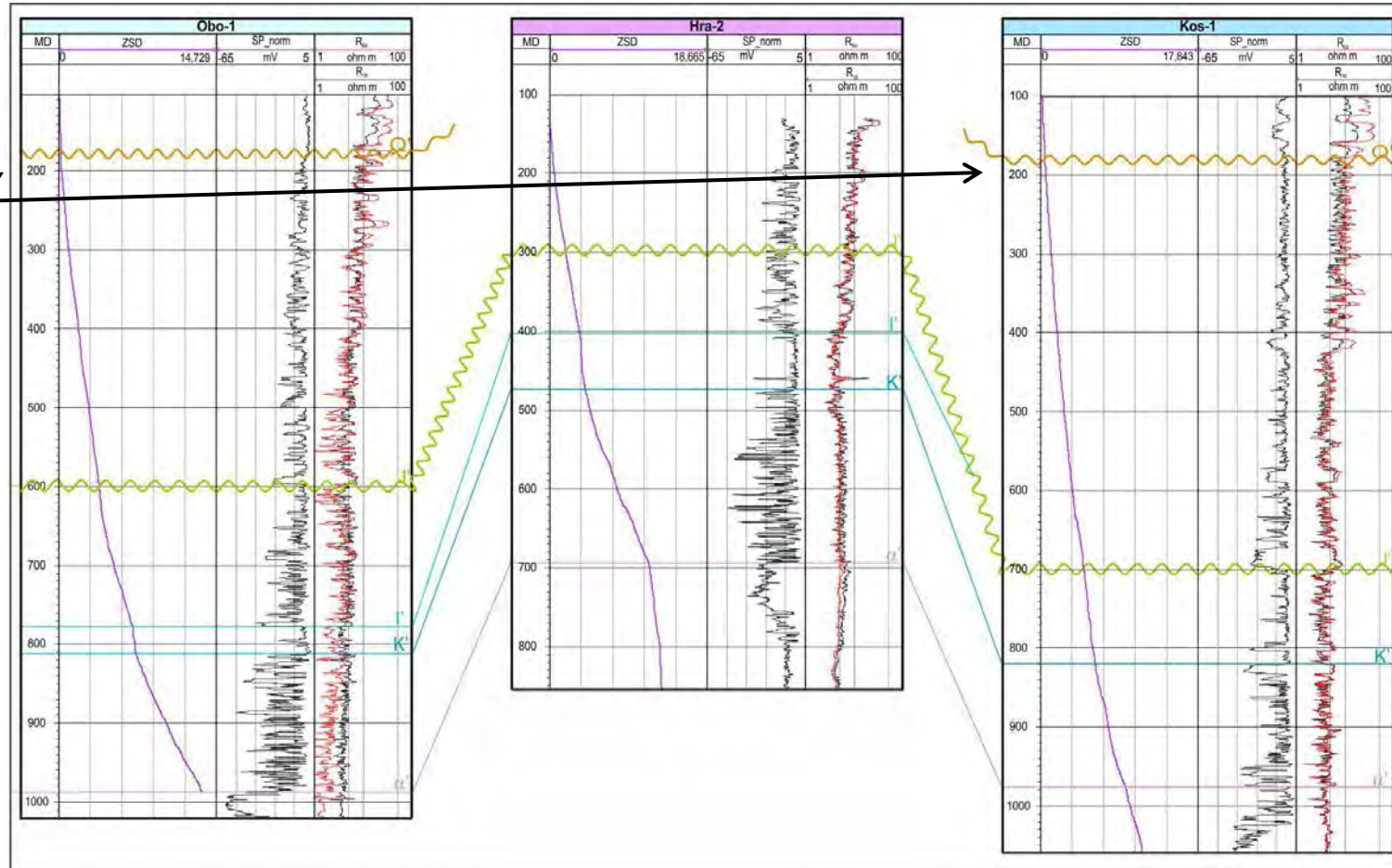


LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

EK markeri i reperi

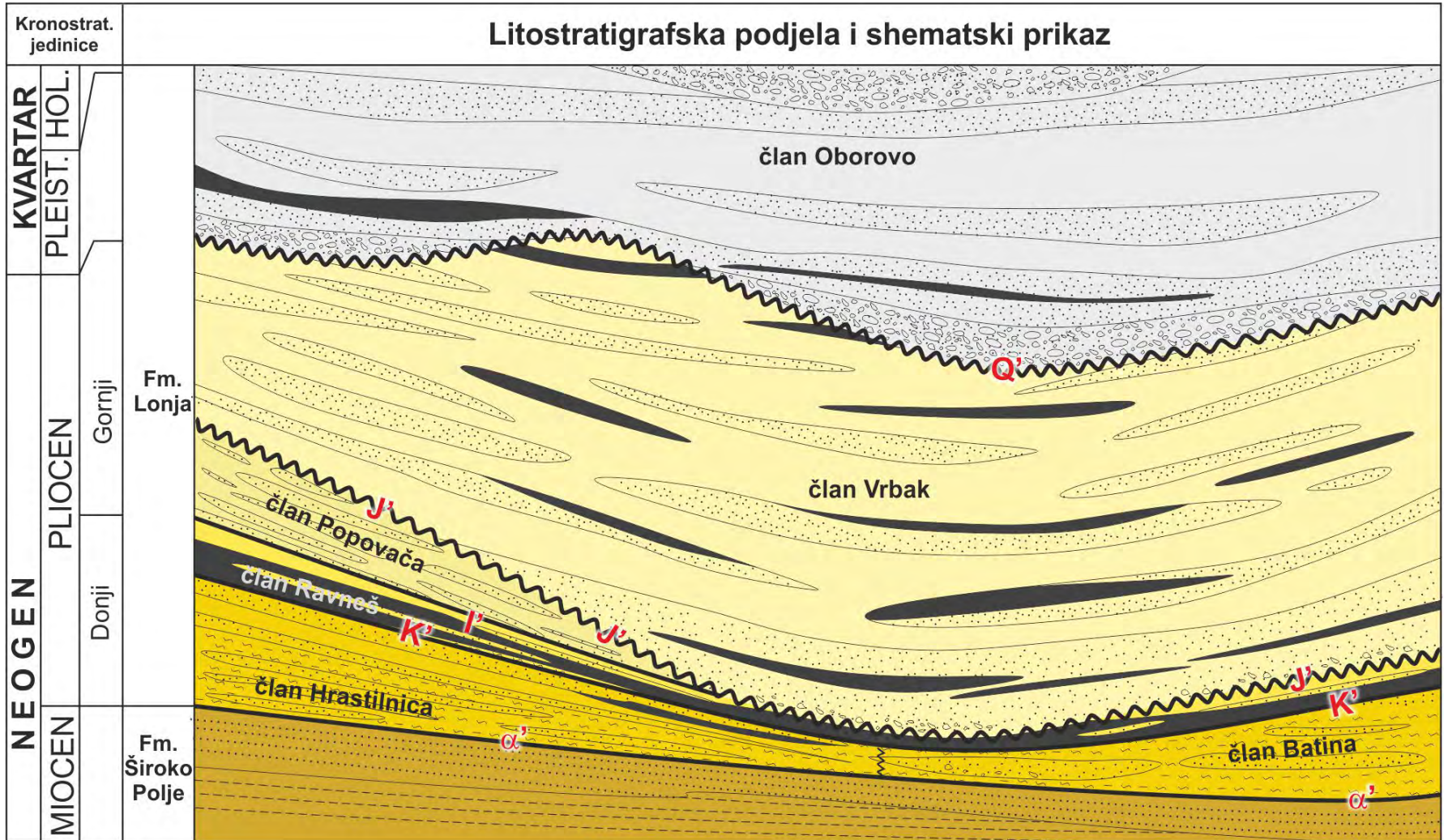
Utvrđeni na temelju zbirnih krivulja standardne devijacije

- EK marker α'
- EK marker K'
- EK marker I'
- EK reper J'
- EK reper Q'



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Litostratigrafska podjela i shematski prikaz



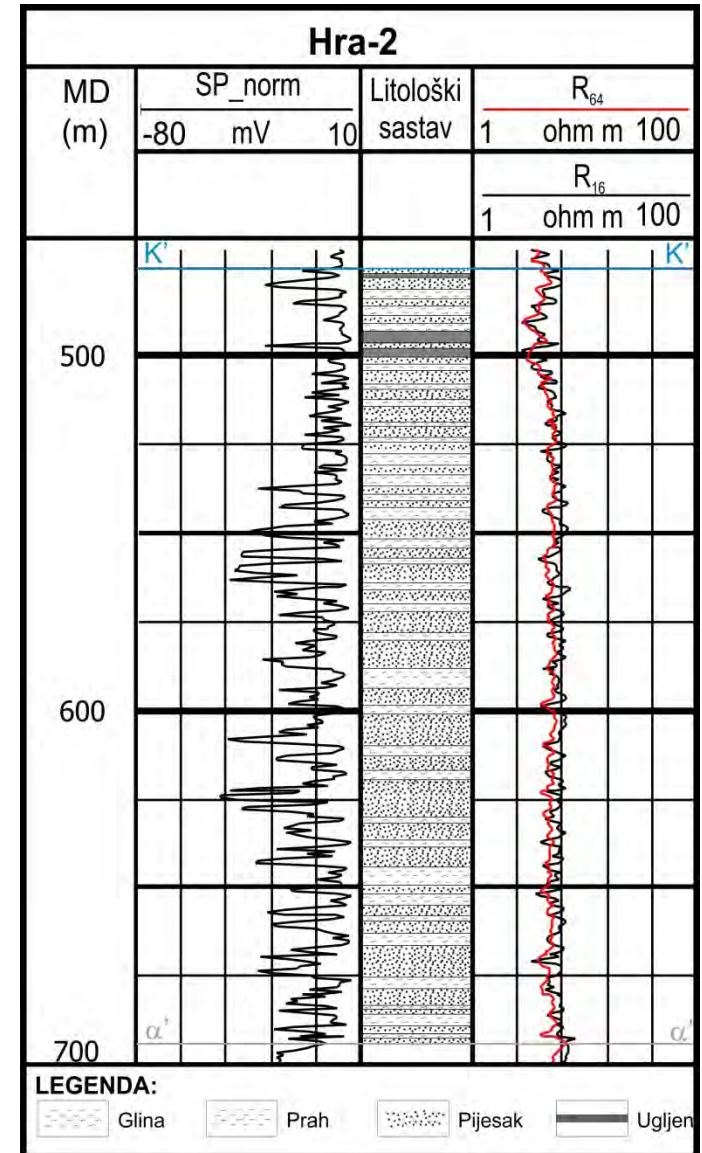
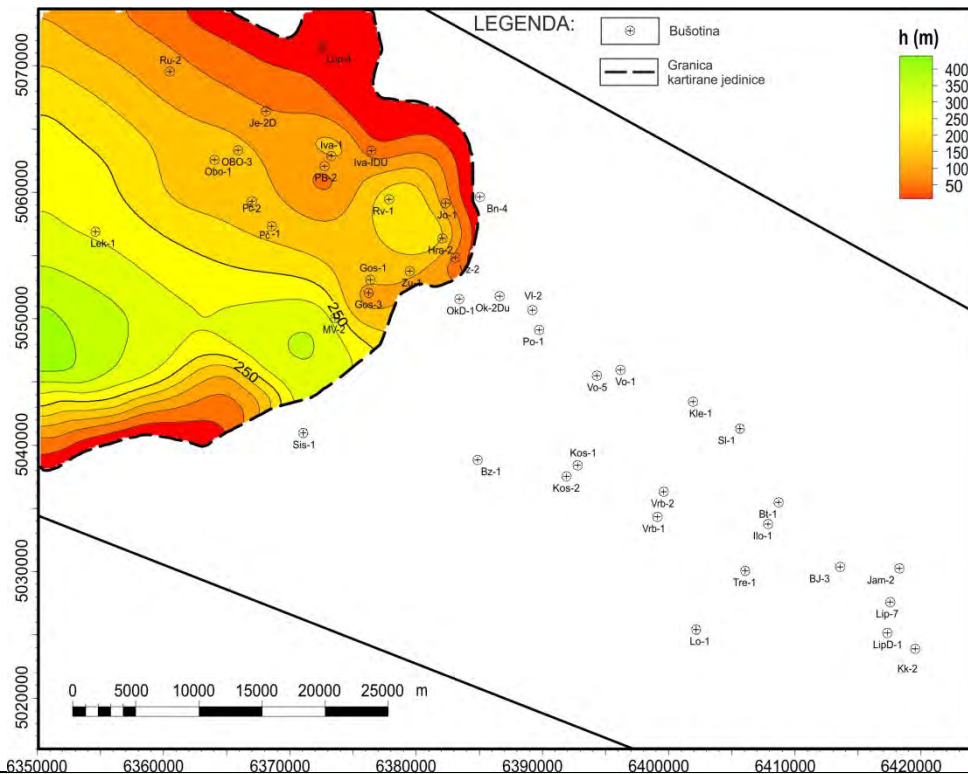
LEGENDA

- | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|--|---------|--|---------|--|-------------|
| K' | EK marker/reper | | Šljunci | | Pijesci | | Pješčenjaci |
| | Gline i prahovi | | Ugljeni | | | | |

LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Hrastilnica

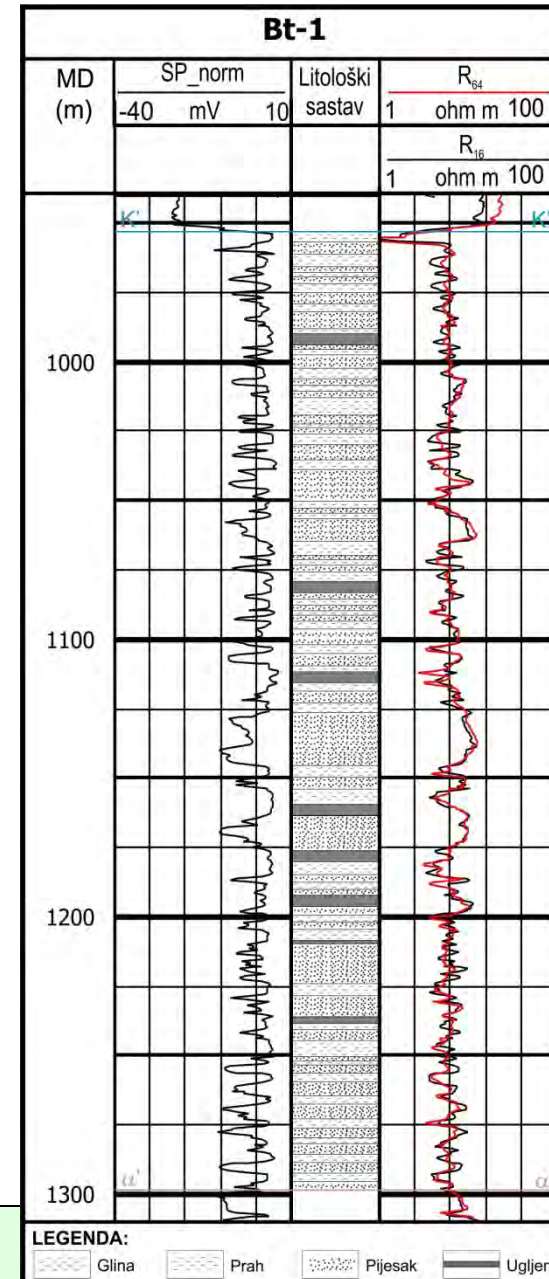
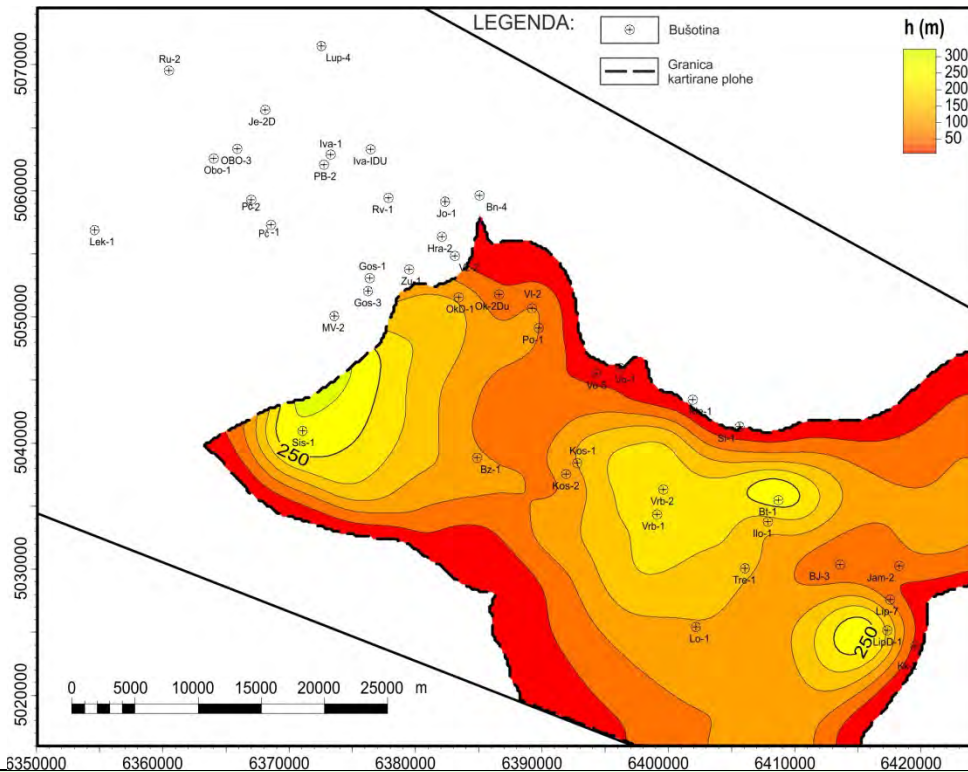
- Prostorno je ograničen na zapadni dio područja istraživanja
- Sastoji se od izmjene tanje slojevitih (do 5 m), slabo litificiranih sitnozrnatih pijesaka te masnih laporovith glina sive do plave boje u svom vršnom dijelu
- Pojave lignita obično se nalaze u vršnom dijelu člana



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Batina

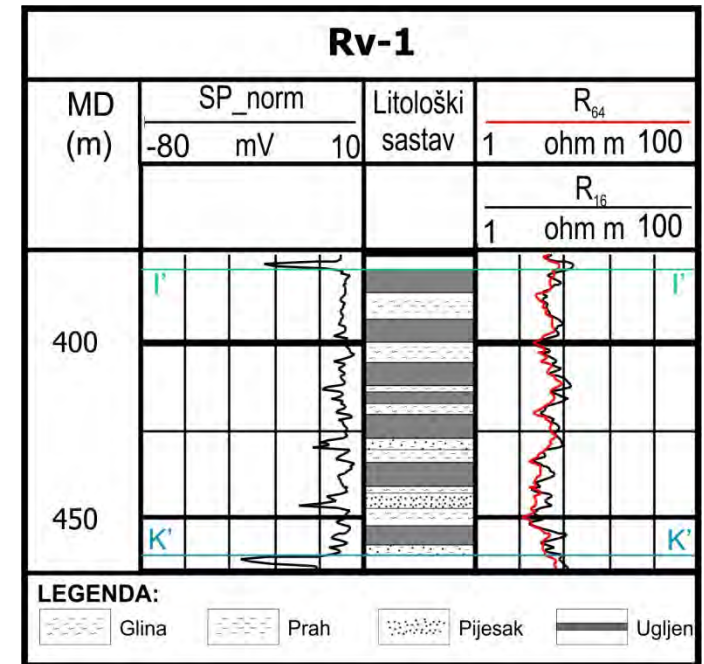
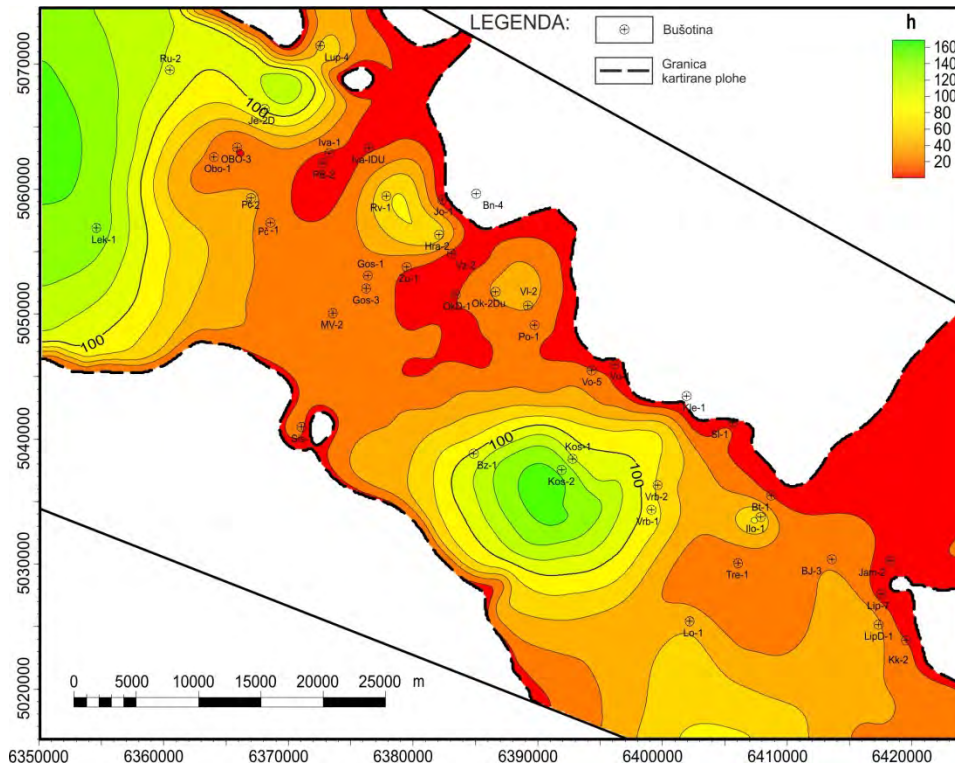
- Bočni ekvivalent člana Hrastilnica
- Znatno manji broj propusnih slojeva, no propusna tijela veće su debljine
- izmjena slabo litificiranih sitnozrnatih tinjčastih pijesaka sive boje s krhotinama mekušaca s glinama sive i zelene boje



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Ravneš

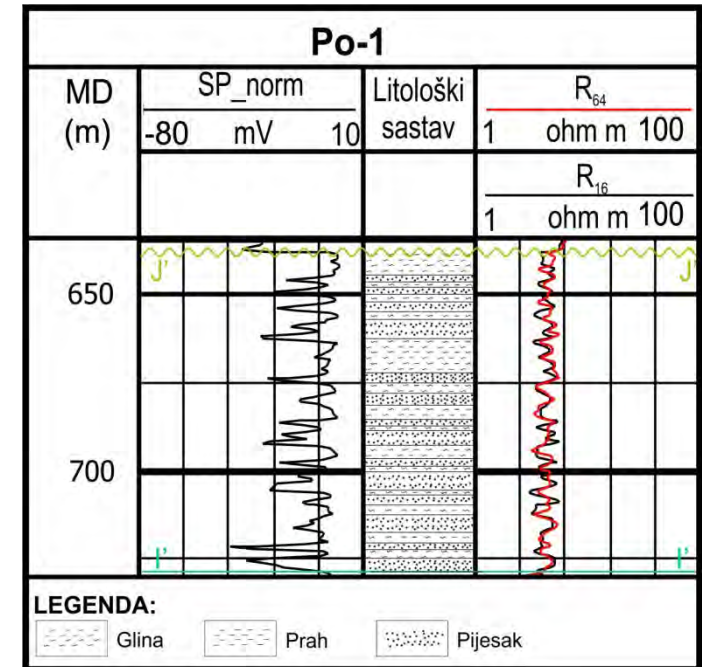
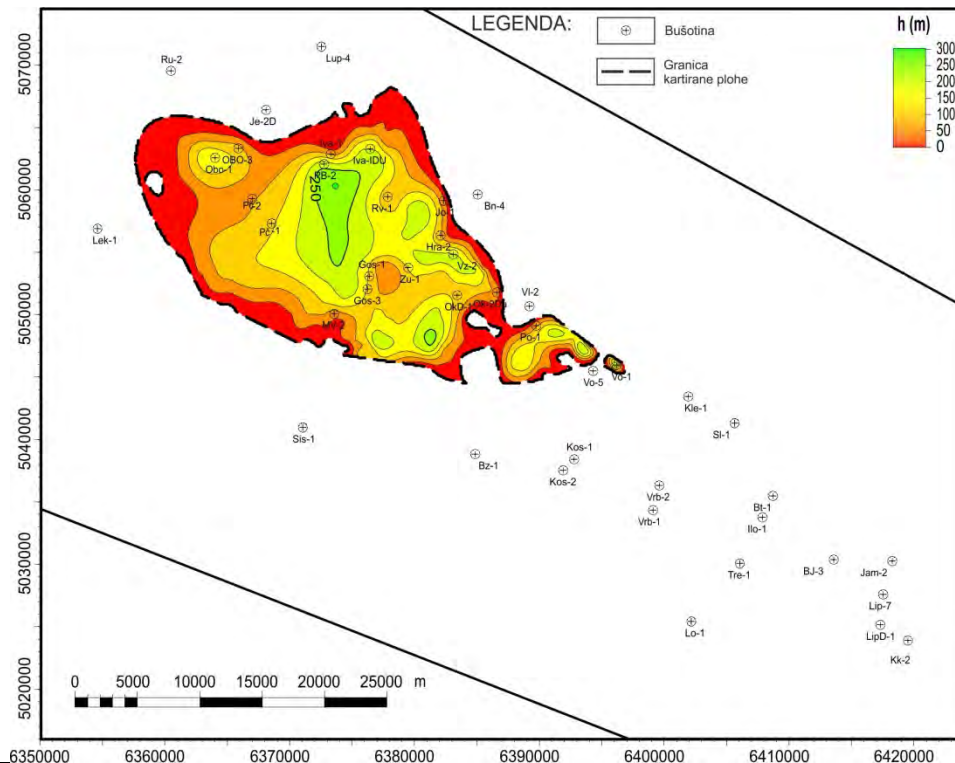
- Izmjena gline i ugljena niskog stupnja karbonizacije – lignita
- Ugljen može predstavljati i do 50 % ukupne debljine člana
- Pijesci se javljaju podređeno i debljina pojedini leća ne prelazi pet metara



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Popovača

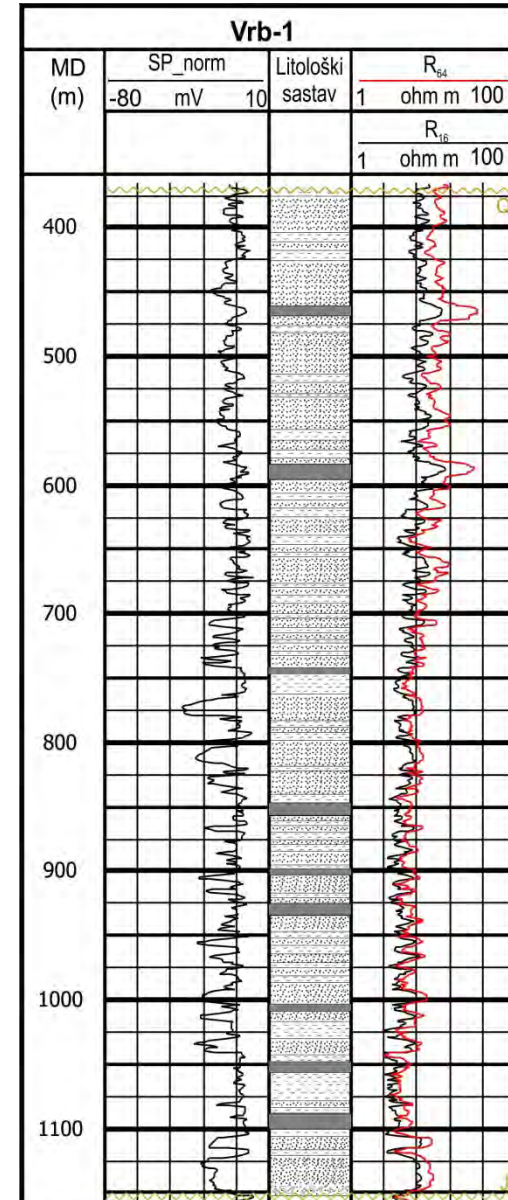
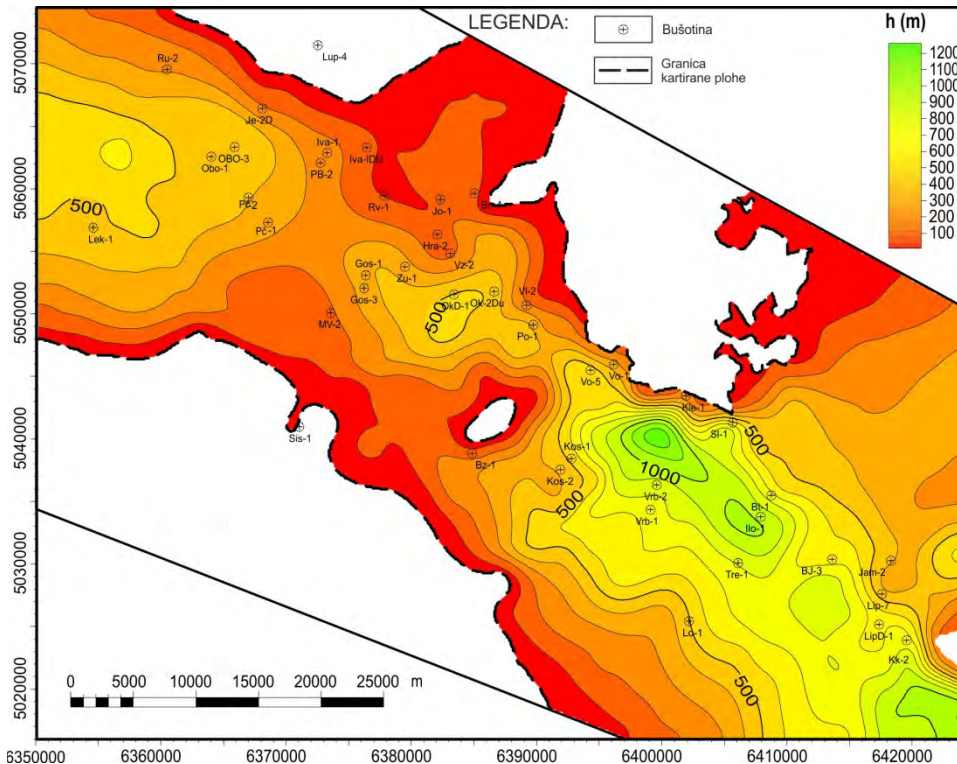
- Prostorno ograničen član
- Prema litološkom sastavu vrlo je sličan članu Hrastilnica s obzirom na prosječnu debljinu propusnih intervala i učestalost izmjene facijesa



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Vrbak

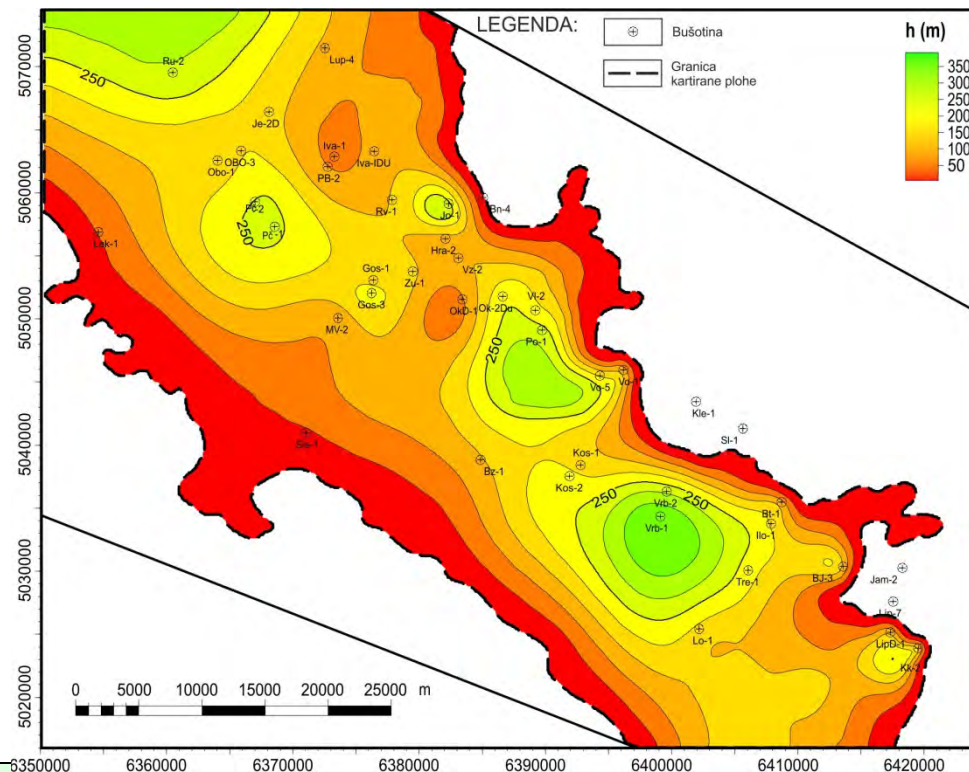
- Najveće debljine naslaga formacije Lonja
- Izmjena krupnozrnatih pijesaka, slabo litificiranih pješćanjaka s krhotinama mekušaca te plavozelenih glina sa slojevima ugljena
- Podina mu je ograničena erozijskom granicom sa starijim naslagama



LITOSTRATIGRAFSKA RAŠČLAMBA FORMACIJE LONJA

Član Oborovo

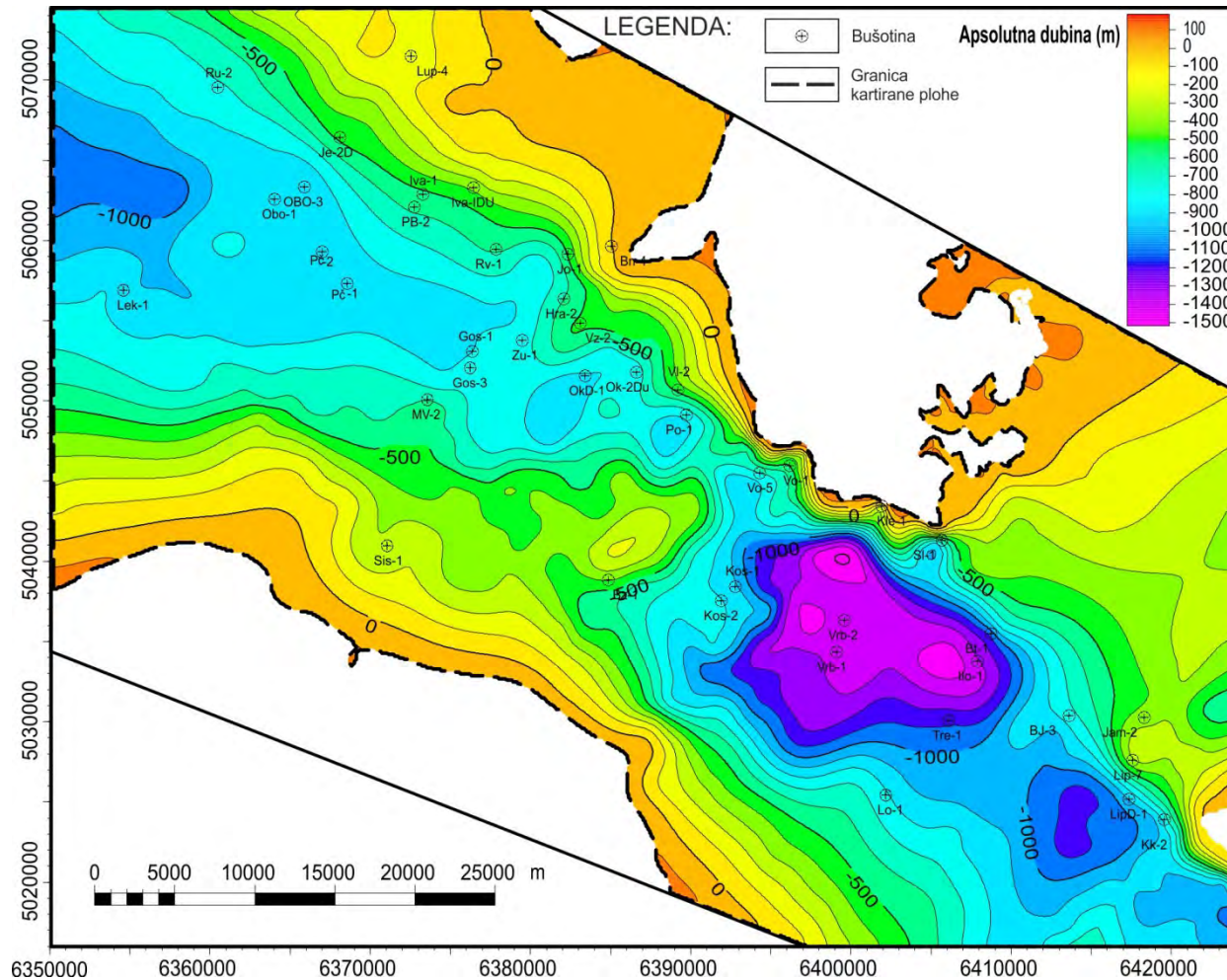
- Prevladavaju krupnozrnati klastični sedimenti - šljunaci i pijesci, u izmjeni s prahom i glinom te slojevima lignita i treseta.
- Treseti i ligniti, za razliku od onih u većini starijih članova, mogu biti i primarni zbog stalnih promjena u okolišu od jezerskog, preko močvarnog, do riječnog i kopnenog kada se taloži eolski sediment – les



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

Strukturne karte po EK markerima i reperima formacije Lonja

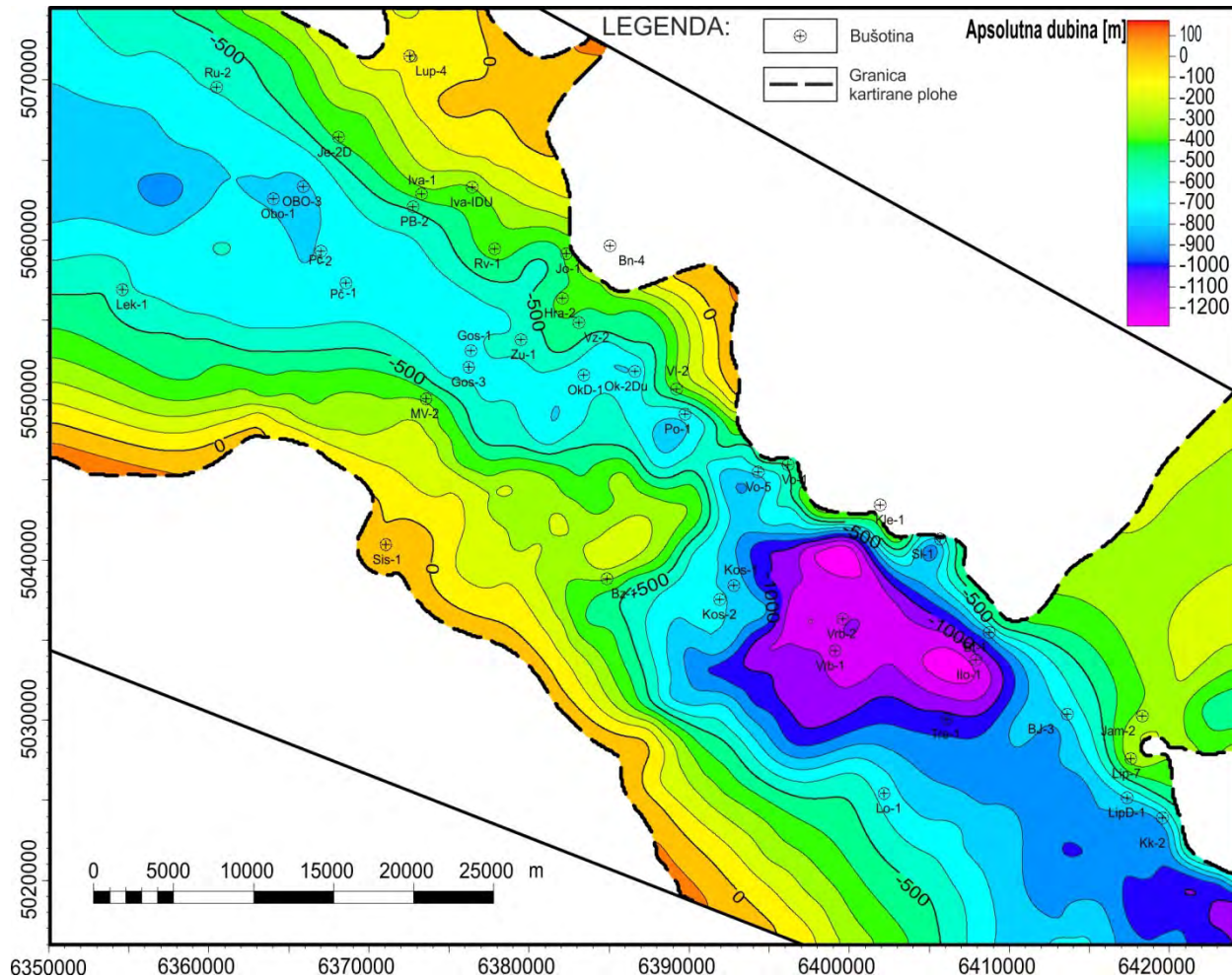
- Strukturna karta po EK markeru α'



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

Strukturne karte po EK markerima i reperima formacije Lonja

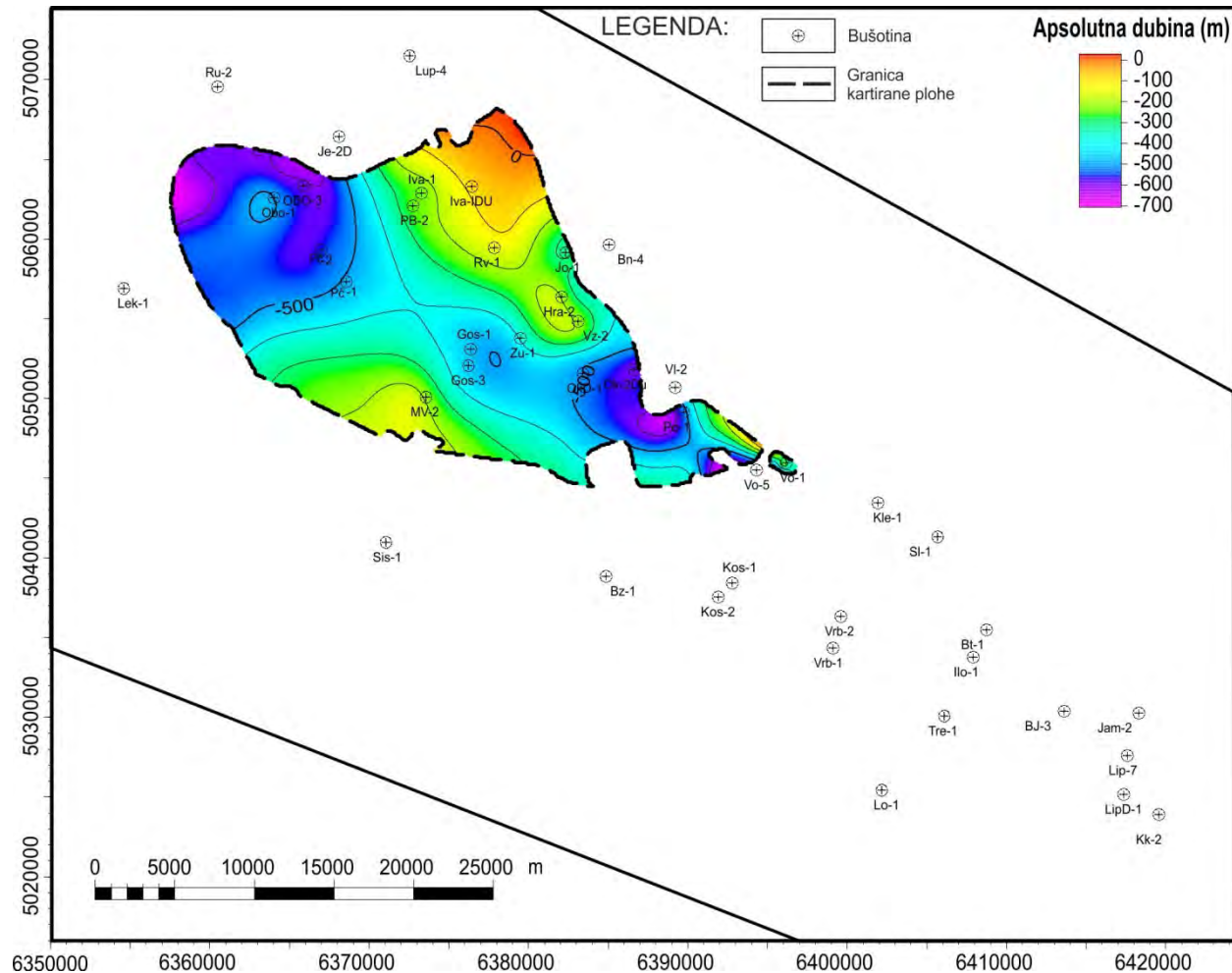
- Strukturna karta po EK markeru K'



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

Strukturne karte po EK markerima i reperima formacije Lonja

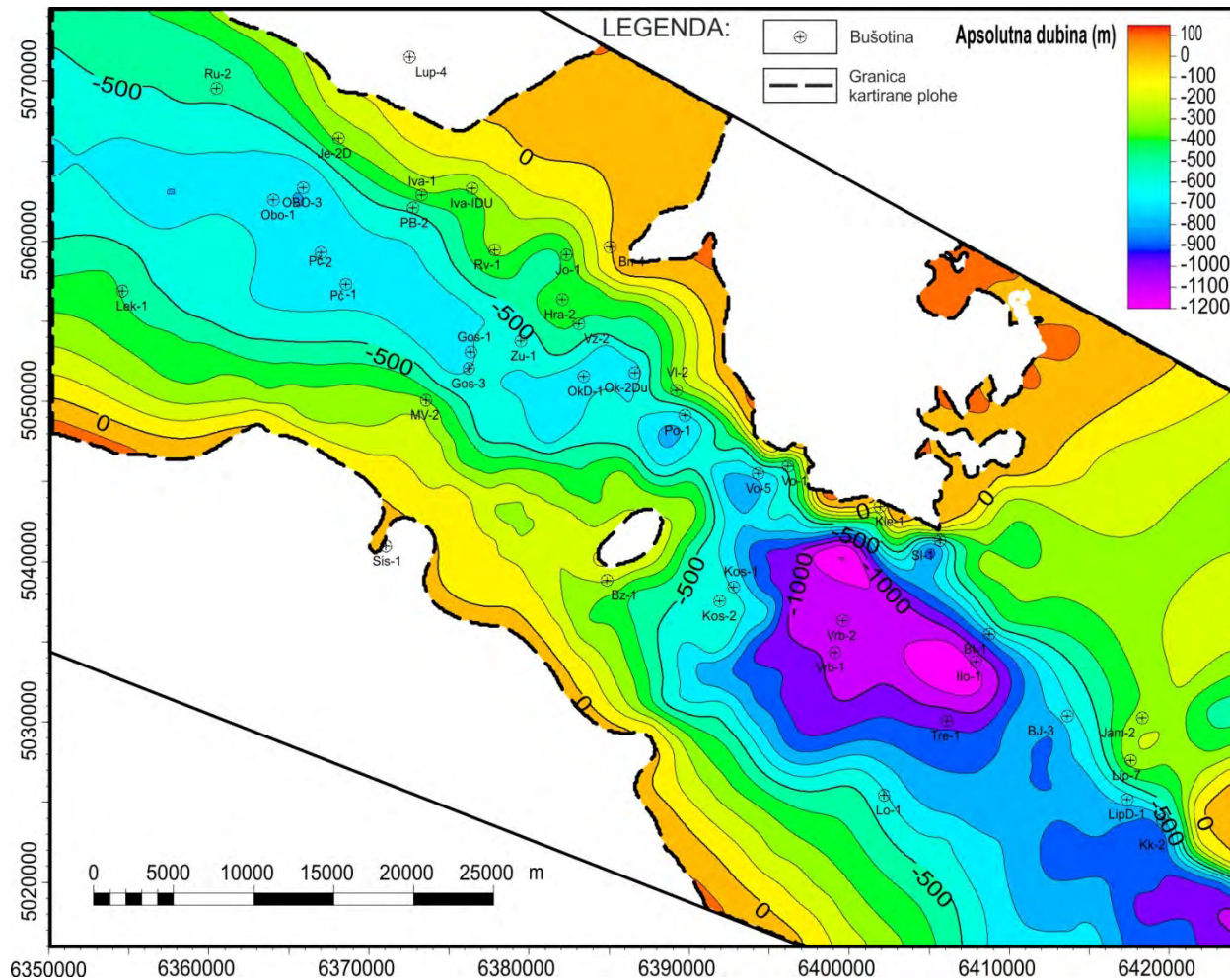
- Strukturna karta po EK markeru I'



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

Strukturne karte po EK markerima i reperima formacije Lonja

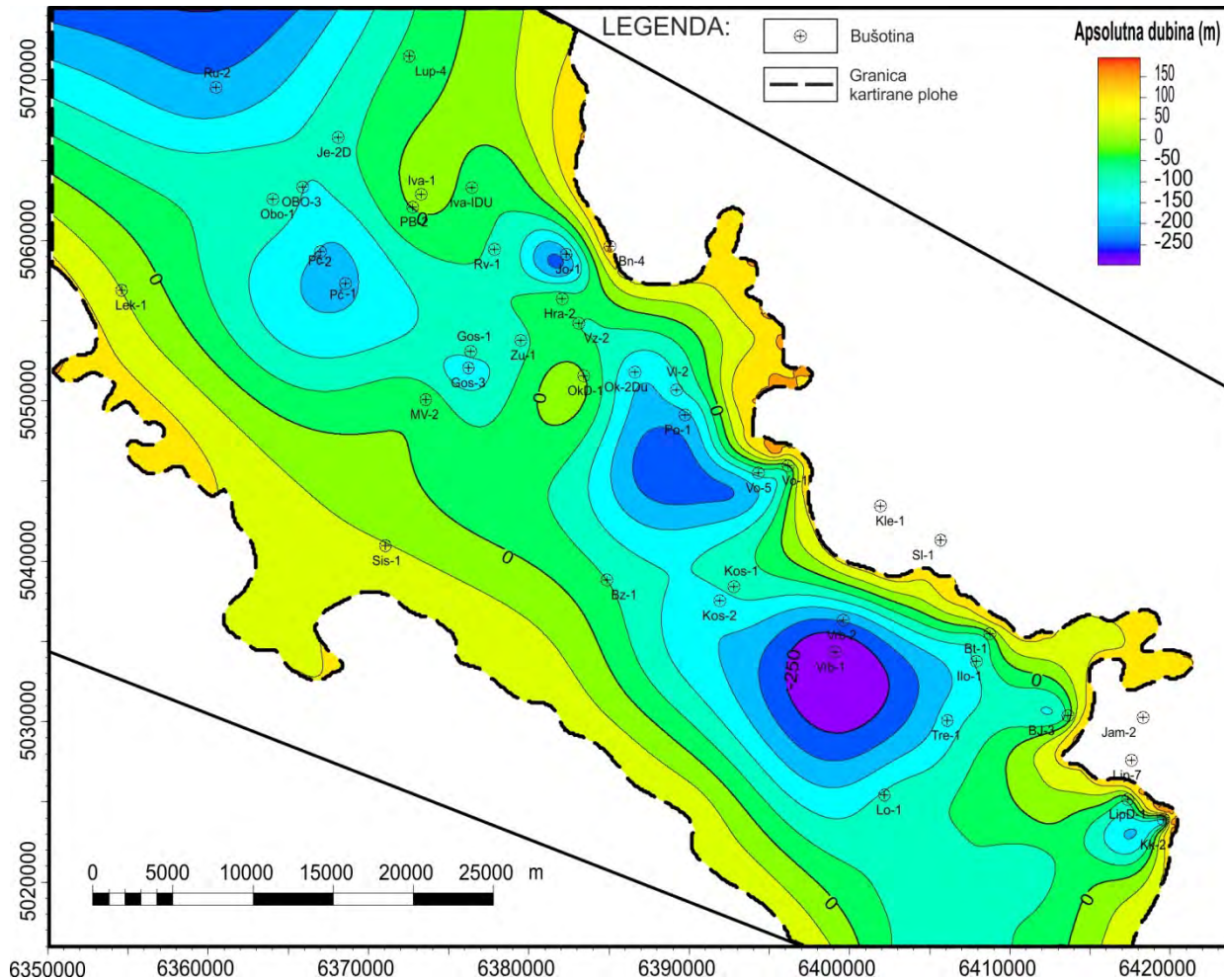
- Strukturna karta po EK reperu I'



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

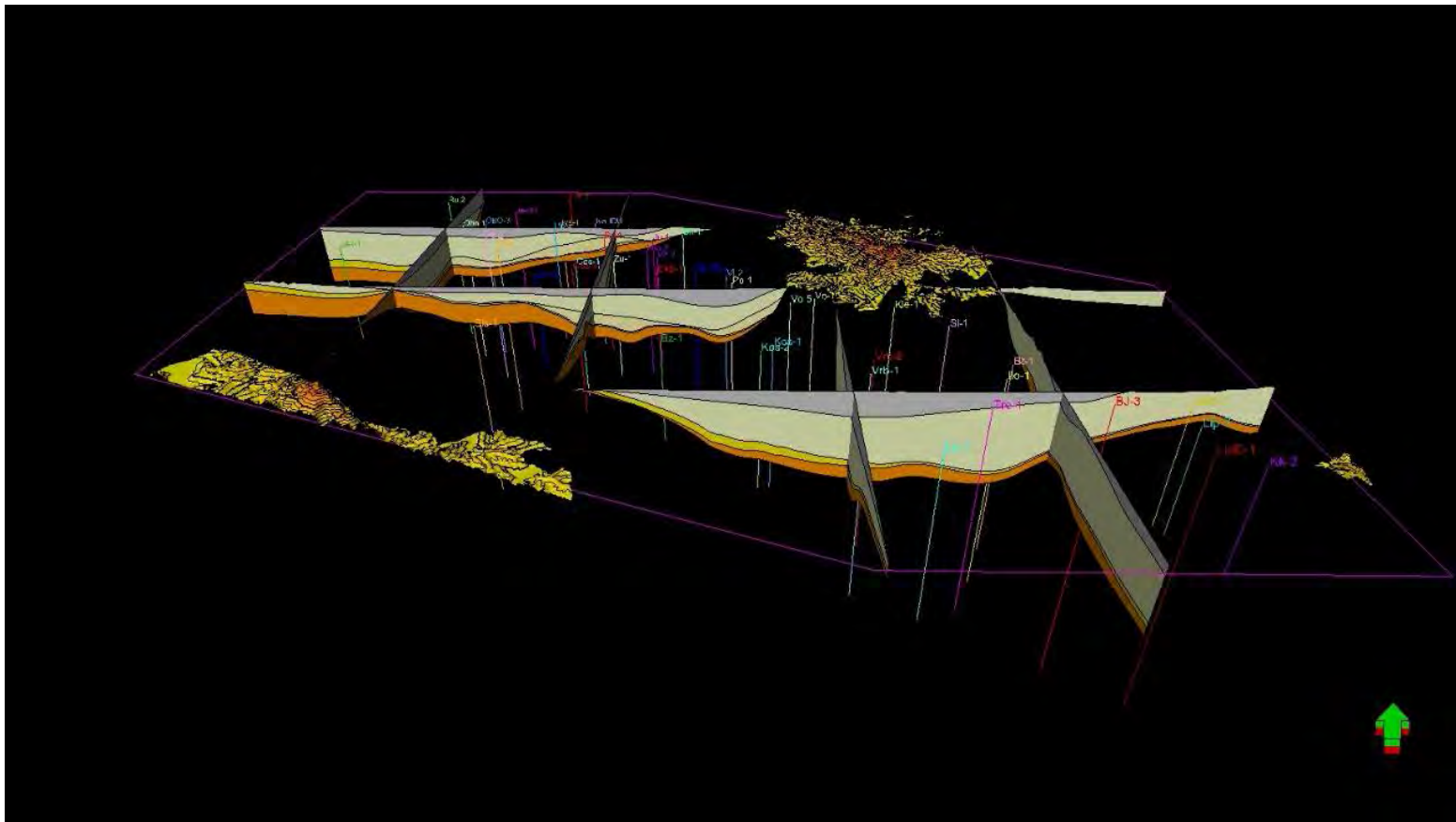
Strukturne karte po EK markerima i reperima formacije Lonja

- Strukturna karta po EK reperu Q'



STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

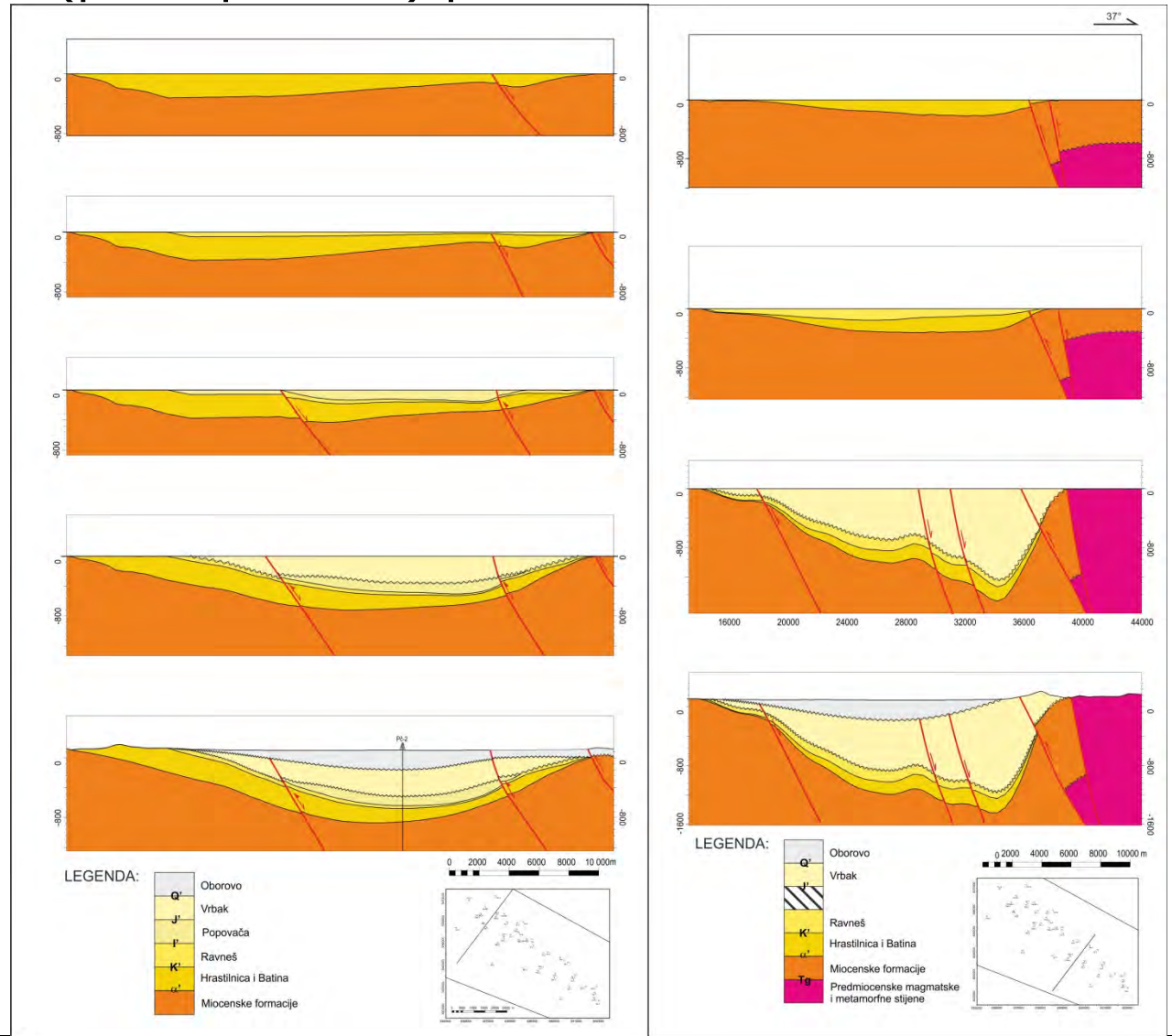
Blok dijagram po EK markerima formacije Lonja



Q'	Oborovo
P'	Vrbak
J'	Popovača
K'	Ravneš
α'	Hrastilnica i Batina

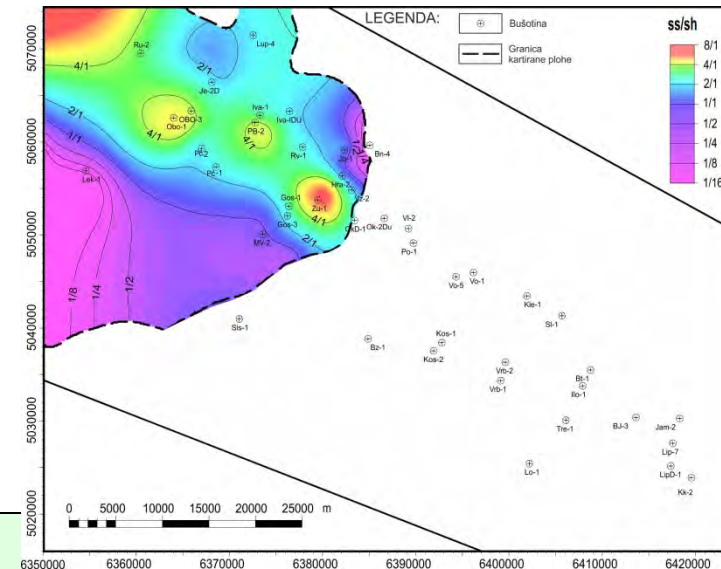
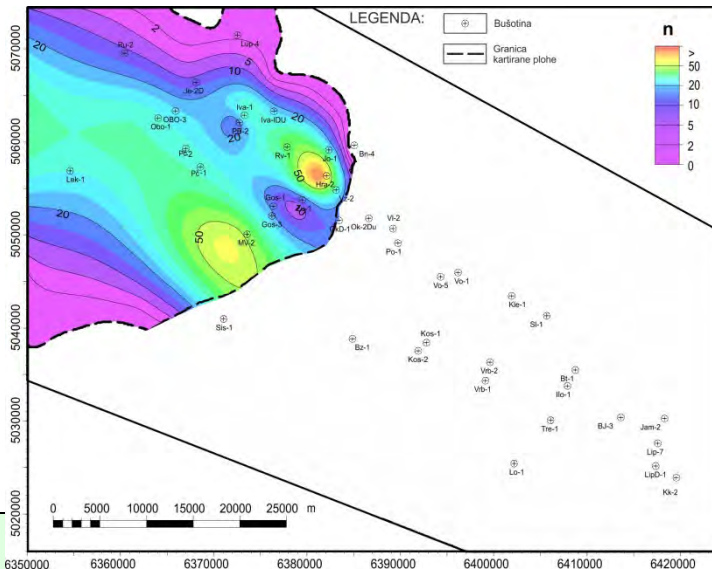
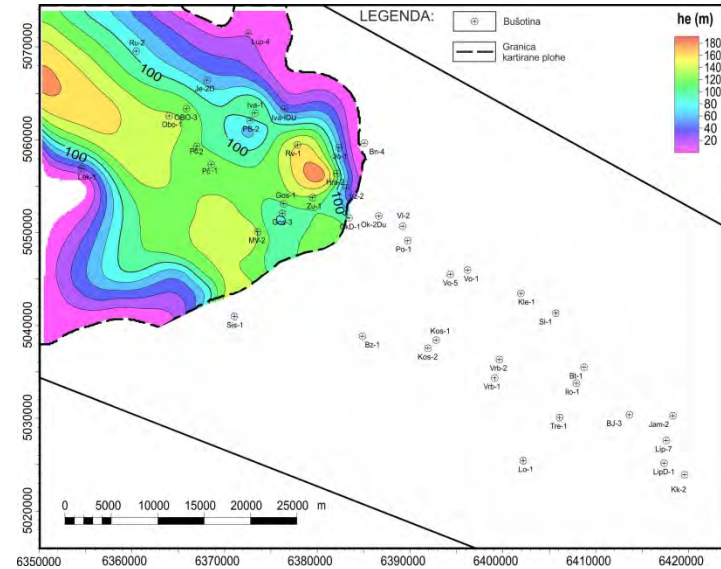
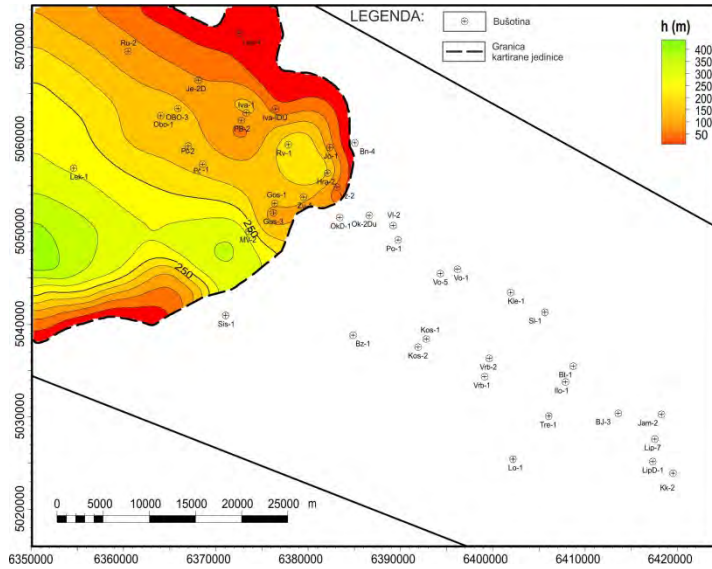
STRUKTURNI ODNOSI TREĆEGA NEOGENSKO-KVARTARNOGA MEGACIKLUSA

Poprečni diferencijalni (palinspastički) profili



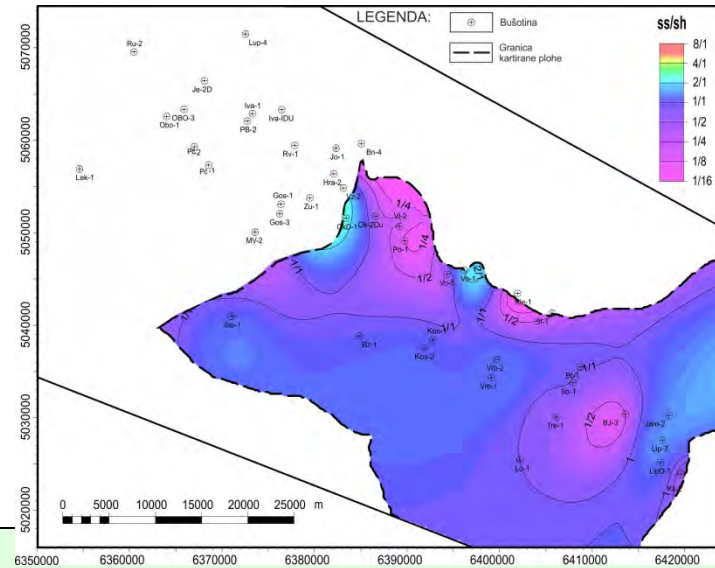
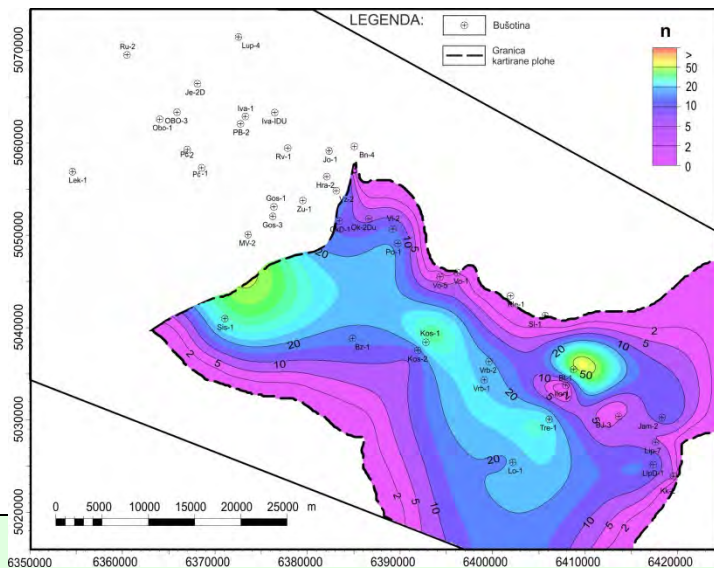
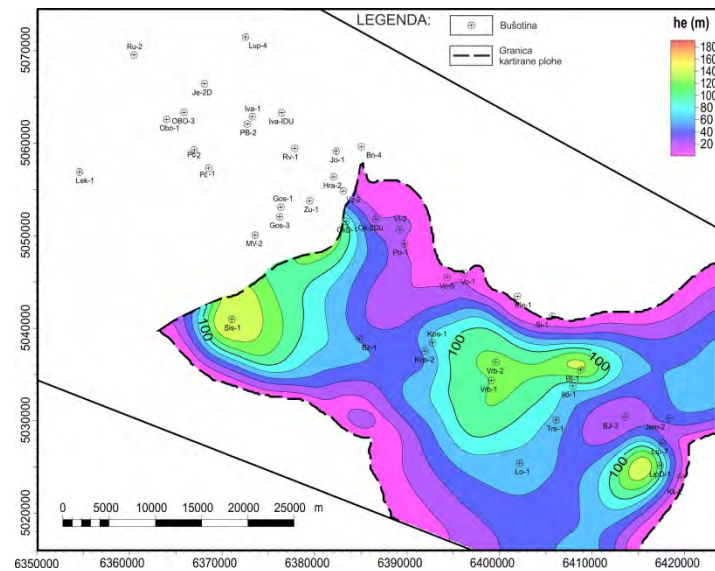
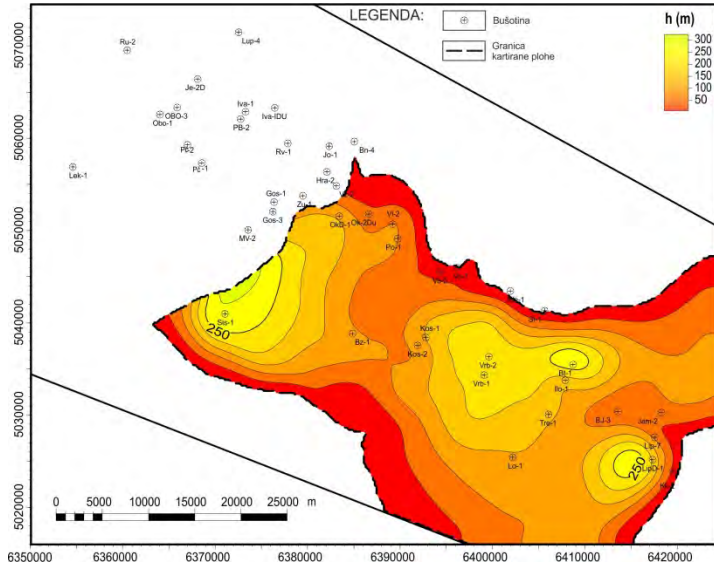
LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Hrastilnica



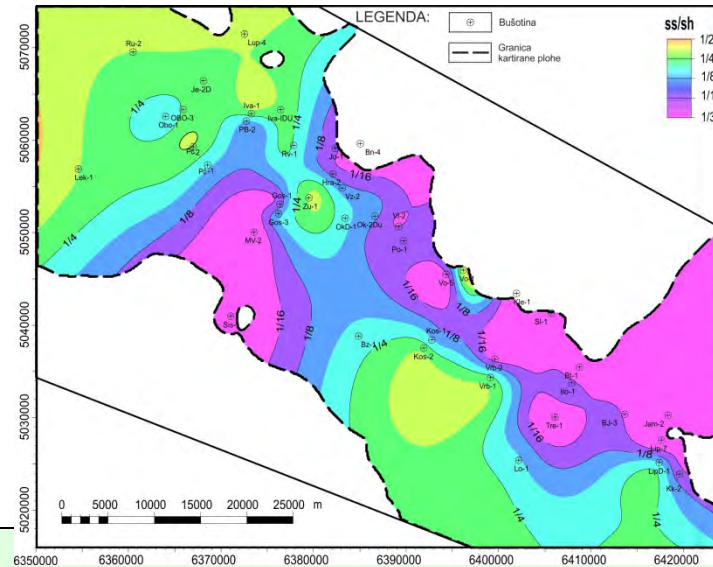
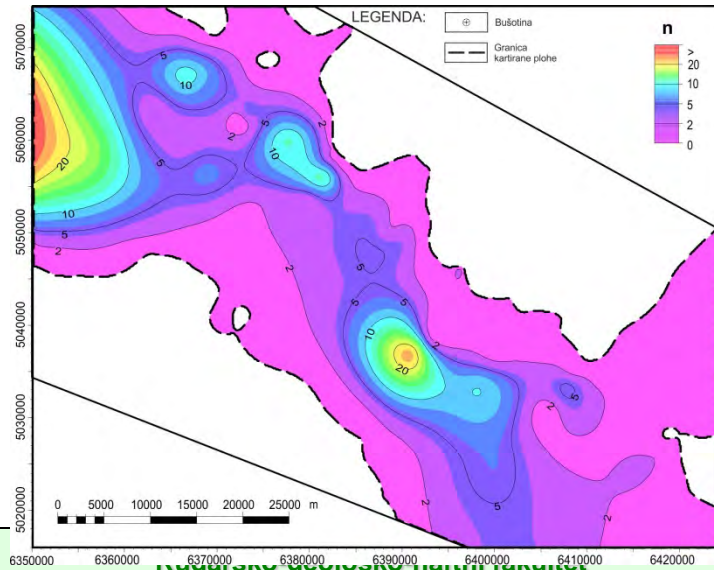
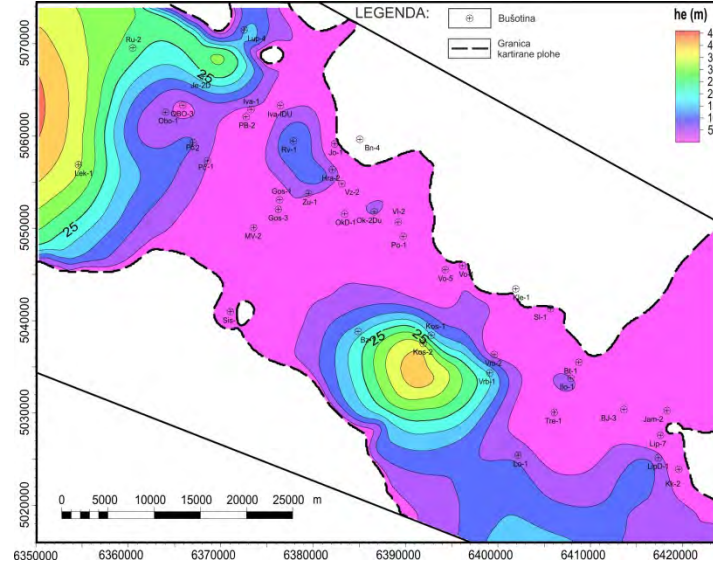
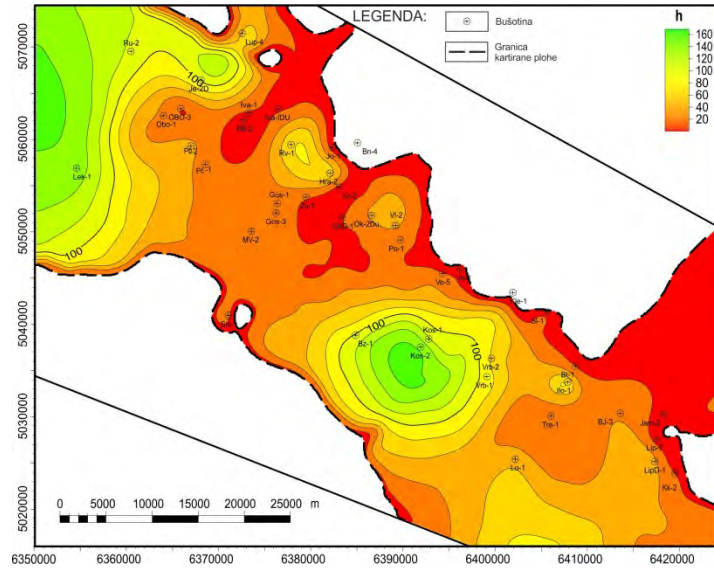
LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Batina



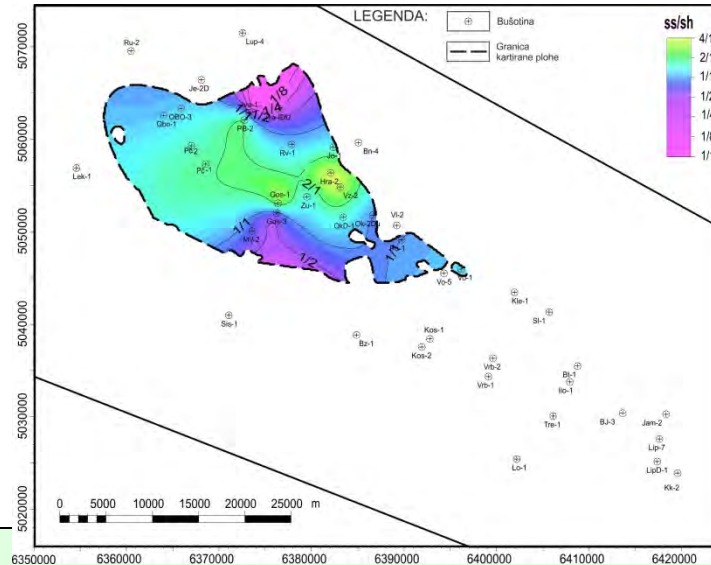
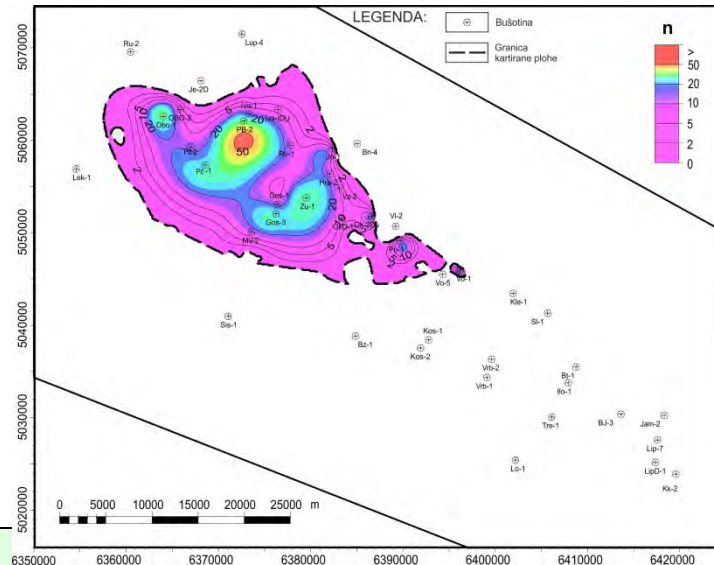
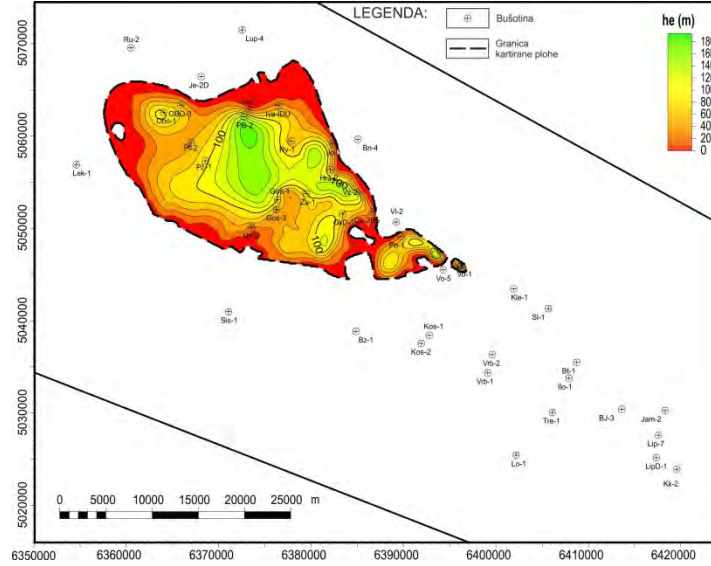
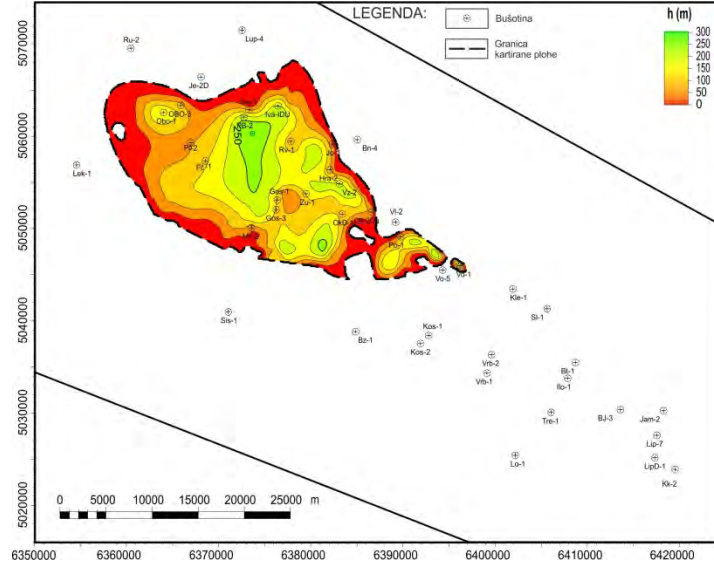
LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Ravneš



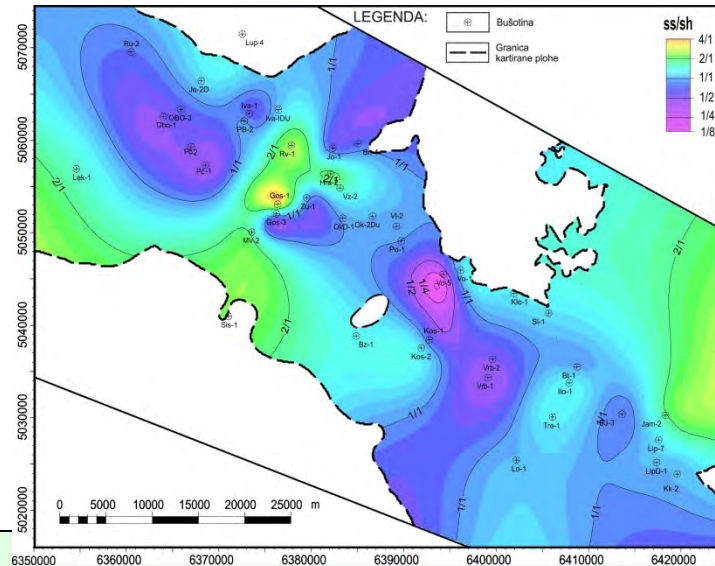
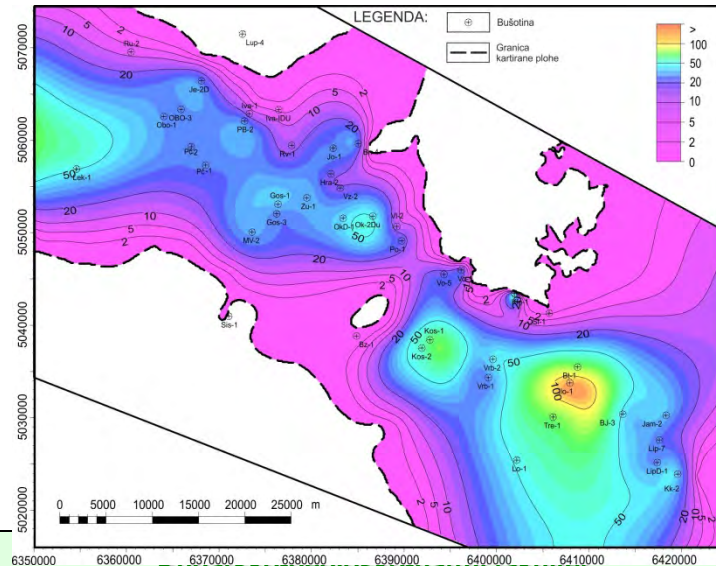
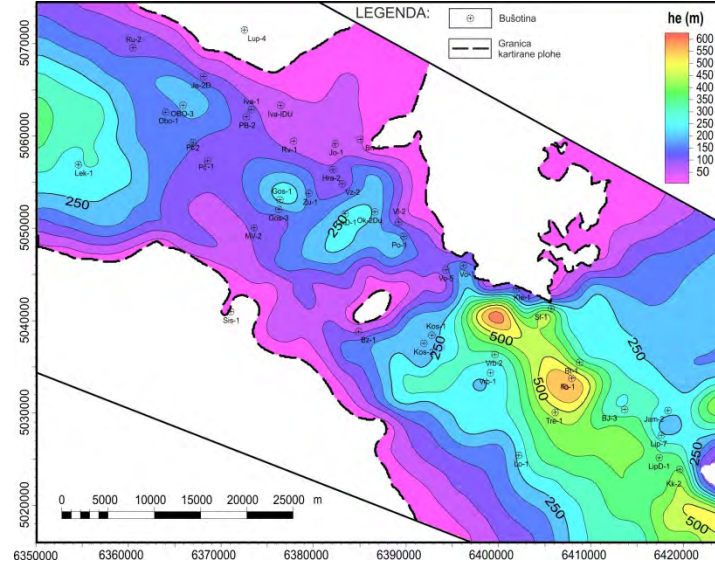
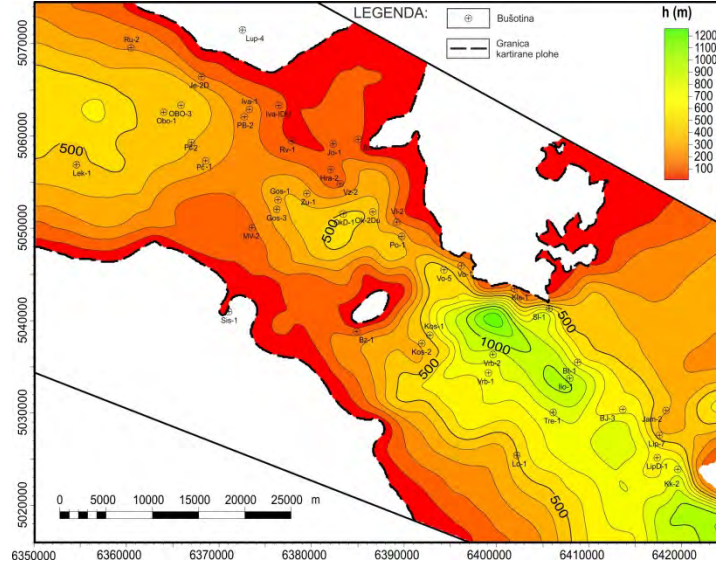
LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Popovača



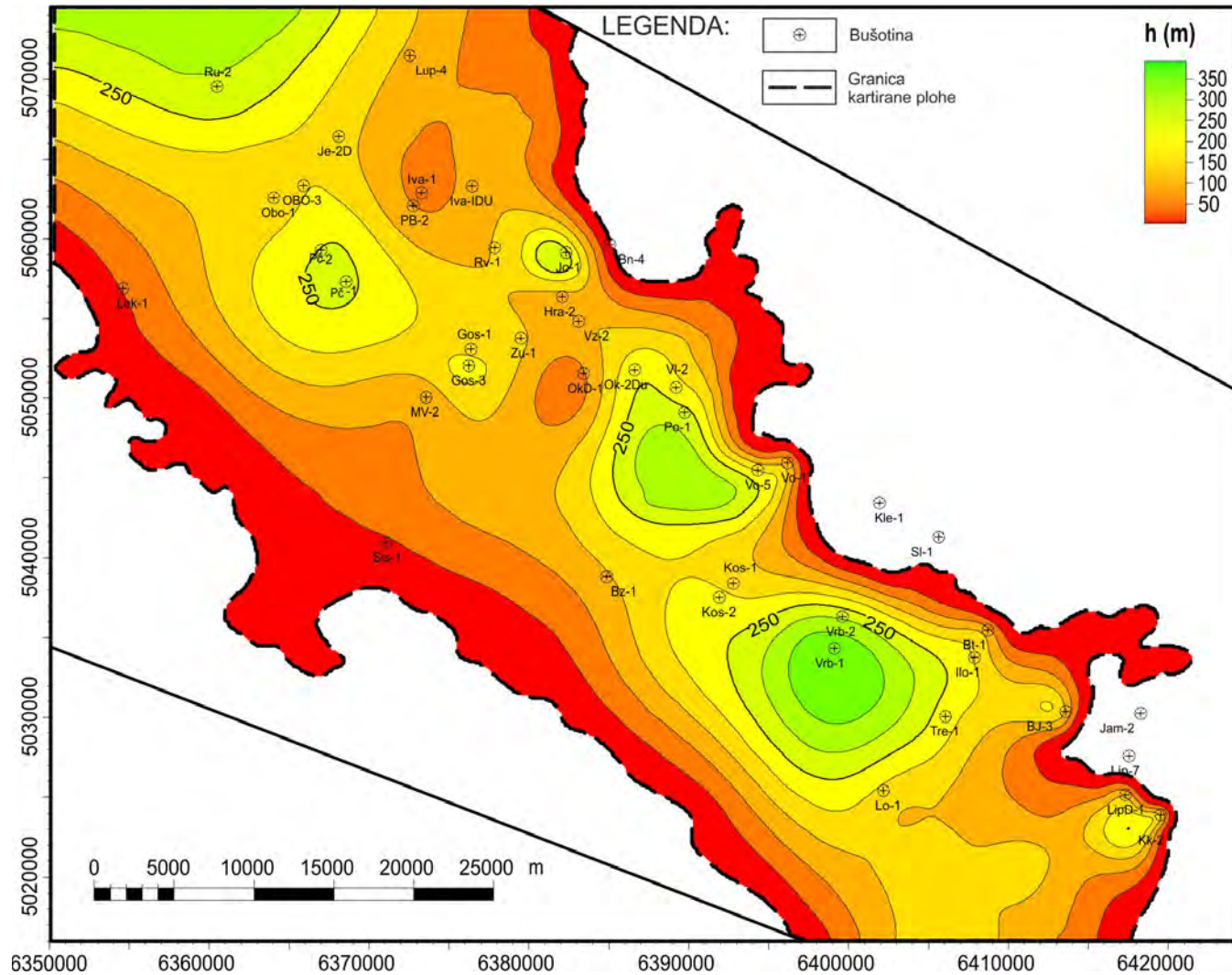
LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Vrbak



LITOFACIJESNE KARTE ČLANOVA FORMACIJE LONJA

Član Oborovo



UTVRĐIVANJE NAFTNO-PLINSKOG POTENCIJALA POJEDINIH ČLANOVA I NJIHOVE UGLJENONOSNOSTI

Član Hrastilnica

- Razmjerno velike debljine propusnih naslaga s mjestimičnim proslojcima ugljena (lignita) ukazuju na mogućnost nastanka ležišta samo biogenog plina (nizak stupanj termalne zrelosti).
- Mogućnosti akumulacije najizglednije su u stratigrafskim zamkama, tj. u slojevitim, litološki ekraniziranim ležištima.
- Volumen pojedinih ležišta pretpostavljeno je relativno mali pa je upitna i njihova ekonomska isplativost. Izolatorske stijene su laporovite gline, mjestimice s povećanim sadržajem ugljena, utvrđene na temelju krhotina iz isplake.

UTVRĐIVANJE NAFTNO-PLINSKOG POTENCIJALA POJEDINIH ČLANOVA I NJIHOVE UGLJENONOSNOSTI

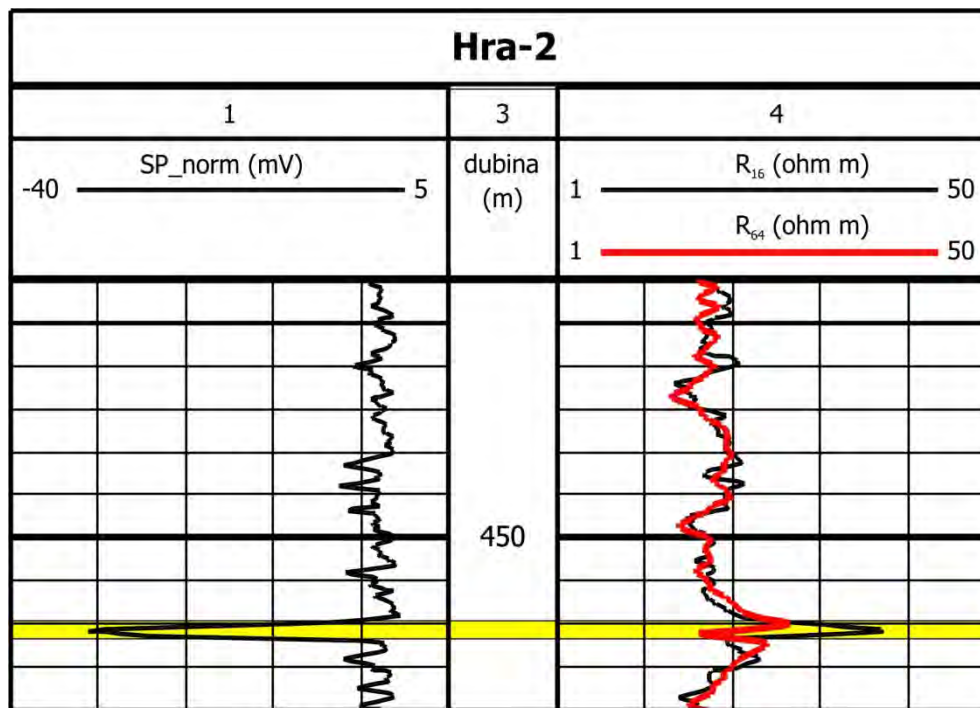
Član Batina

- Manje debljine propusnih naslaga ovog člana, no uz veće debljine pojedinih slojeva, omogućava nakupljanje većih količina ugljikovodika, prvenstveno biogenoga plina.
- Osim biogenog plina, mogući su nalasci migriranog plina nastalog u stadiju katageneze u starijim naslagama koji je migrirao putem velikih rasjeda južno od Moslavačke gore.

UTVRĐIVANJE NAFTNO-PLINSKOG POTENCIJALA POJEDINIH ČLANOVA I NJIHOVE UGLJENONOSNOSTI

Član Ravneš

- Unatoč malim debljinama propusnih naslaga, naftno-plinski značaj člana Ravneš je velik.
- Ligniti mogu predstavljati i do 60 % debljine ovog člana.



RASPRAVA

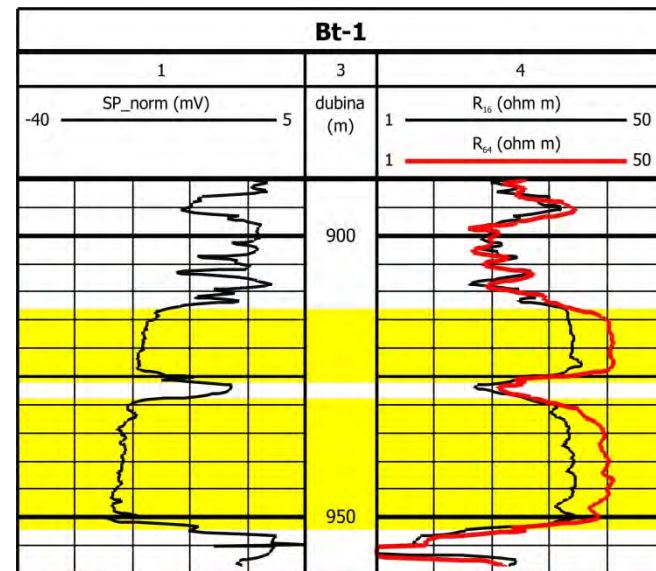
Član Popovača

- Izostanak zamjetnih pojava lignita i organski bogatih glina u krhotinama iz isplake ukazuje na mali potencijal ovog člana bez obzira na velike debljine propusnih naslaga.

UTVRĐIVANJE NAFTNO-PLINSKOG POTENCIJALA POJEDINIH ČLANOVA I NJIHOVE UGLJENONOSNOSTI

Član Vrbak

- Ugljeni i gline bogate organskom tvari ustvrđene su na temelju krhotina iz isplake, no i prilikom površinskih istraživanja.
- Osim na karotažnim krivuljama, pojave plina utvrđene su i prilikom bušenja što je zabilježeno u geološkim izvještajima pojedinih bušotina.
- Uz ležišta biogenog plina, moguće je očekivati i ležišta migriranog katagenetskog i metagenetskog plina
- Kao dokaz mogućnosti migracije čak i nafte u ove naslage su i njezini prirodni izdanci s utvrđenom gornjopliocenskom faunom



UTVRĐIVANJE NAFTNO-PLINSKOG POTENCIJALA POJEDINIH ČLANOVA I NJIHOVE UGLJENONOSNOSTI

Član Oborovo

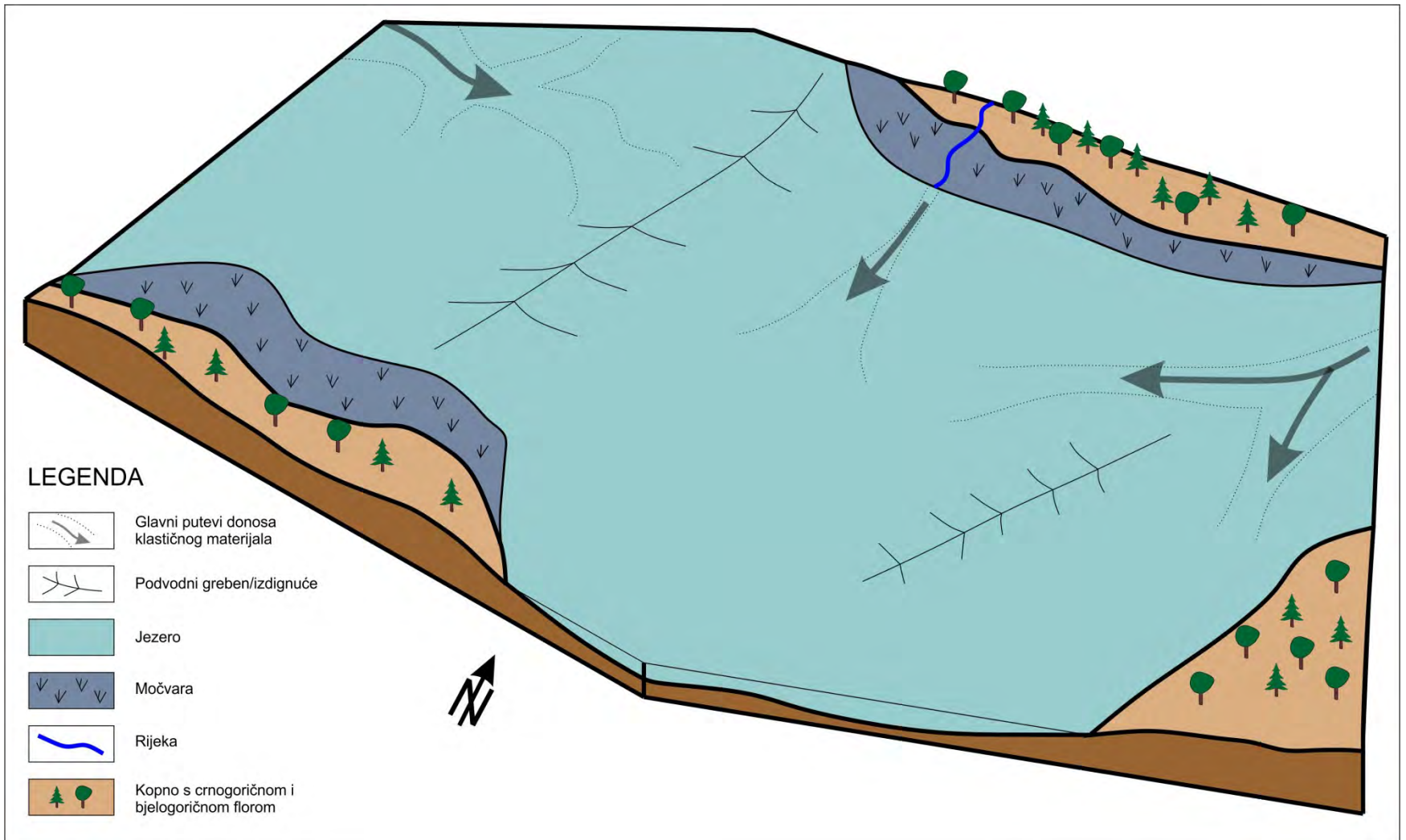
- Teško odrediti zbog nedostatka.
- Utvrđene pojave ugljena i pojave plina prilikom bušenja.

RASPRAVA

- Razvoj Savske depresije za vrijeme taloženja sedimenata formacije Lonja može se podijeliti u pet razdoblja s različitim sedimentacijskim uvjetima i intenzitetom tektonike.
- Takva razdioba načinjena je s obzirom na litološki sastav naslaga, učestalost izmjene, odnosno debljine pojedinih litofacijesa, izvorišno područje materijala i fosilne ostatke kao indikatore okoliša (nalazi faune) i klimatskih uvjeta (nalazi flore).

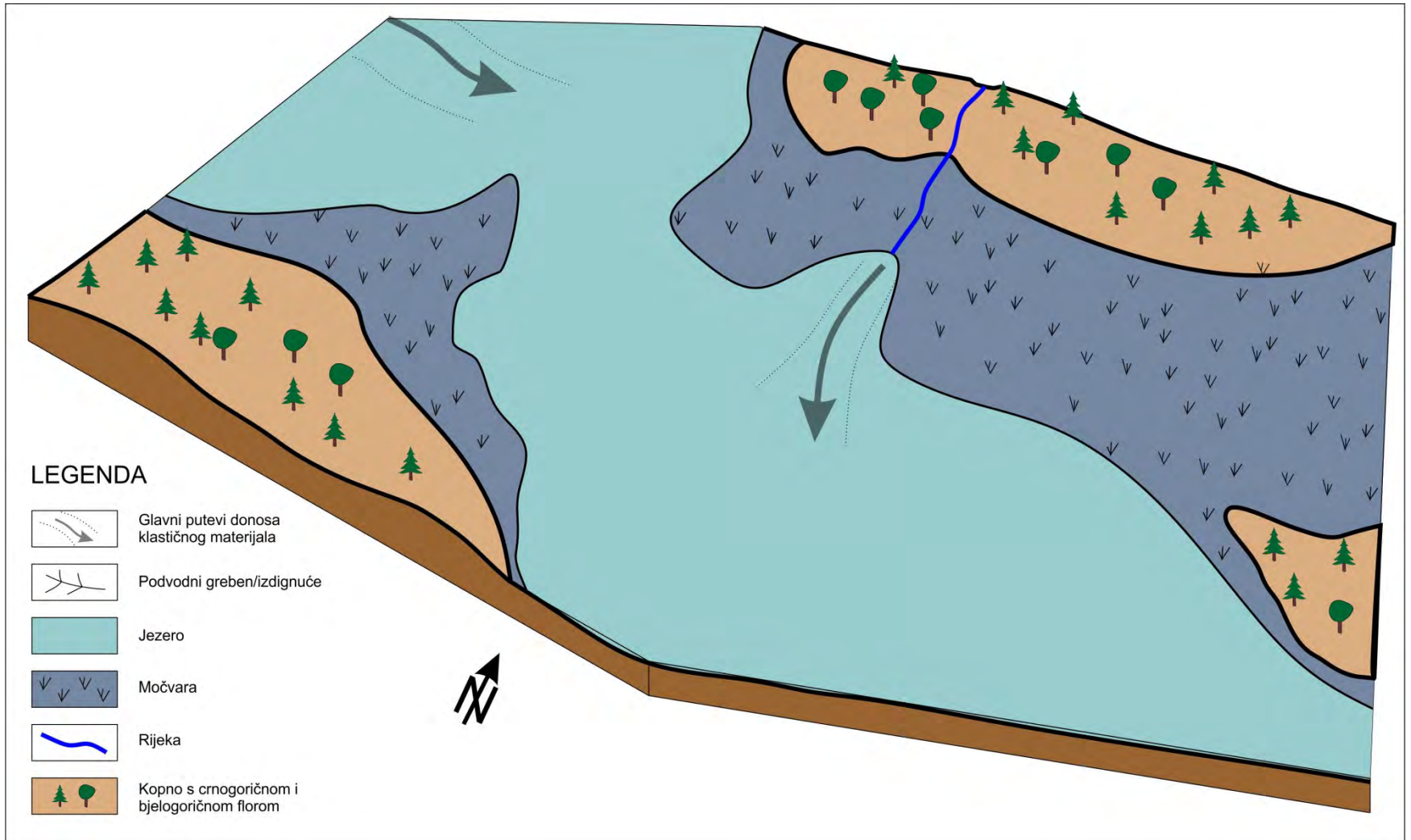
RASPRAVA

I. razdoblje



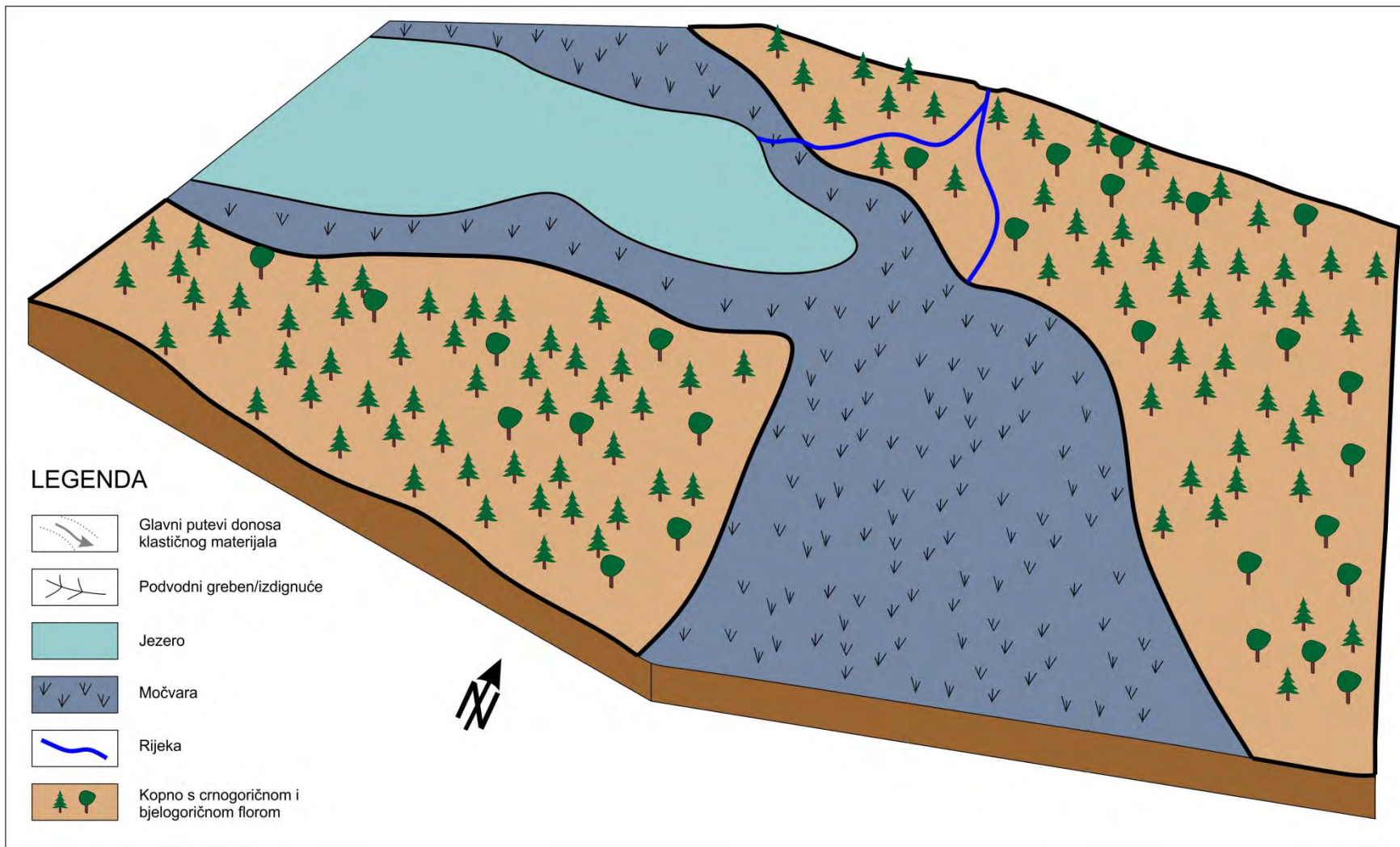
RASPRAVA

II. razdoblje



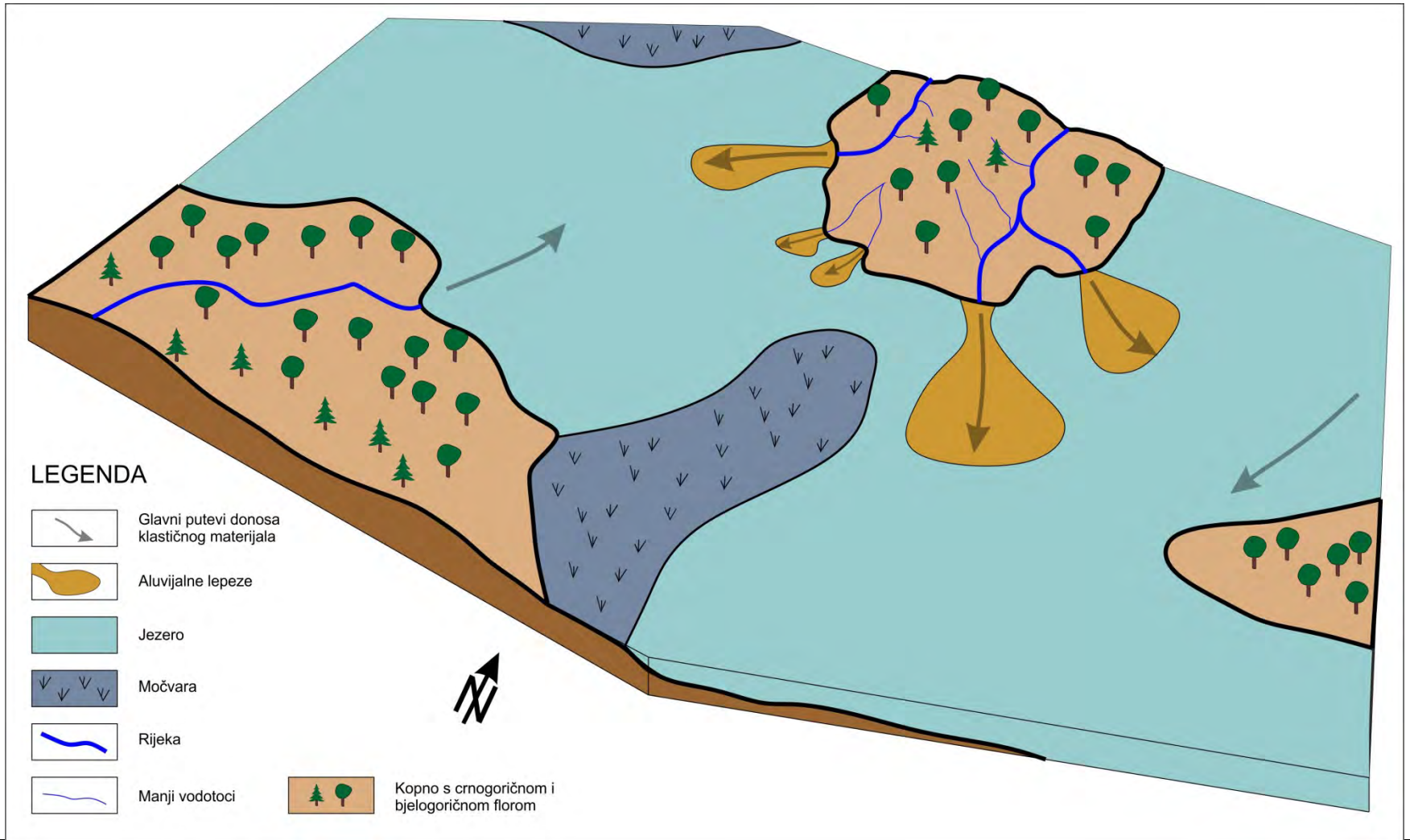
RASPRAVA

III. razdoblje



RASPRAVA

IV. razdoblje



RASPRAVA

IV. razdoblje



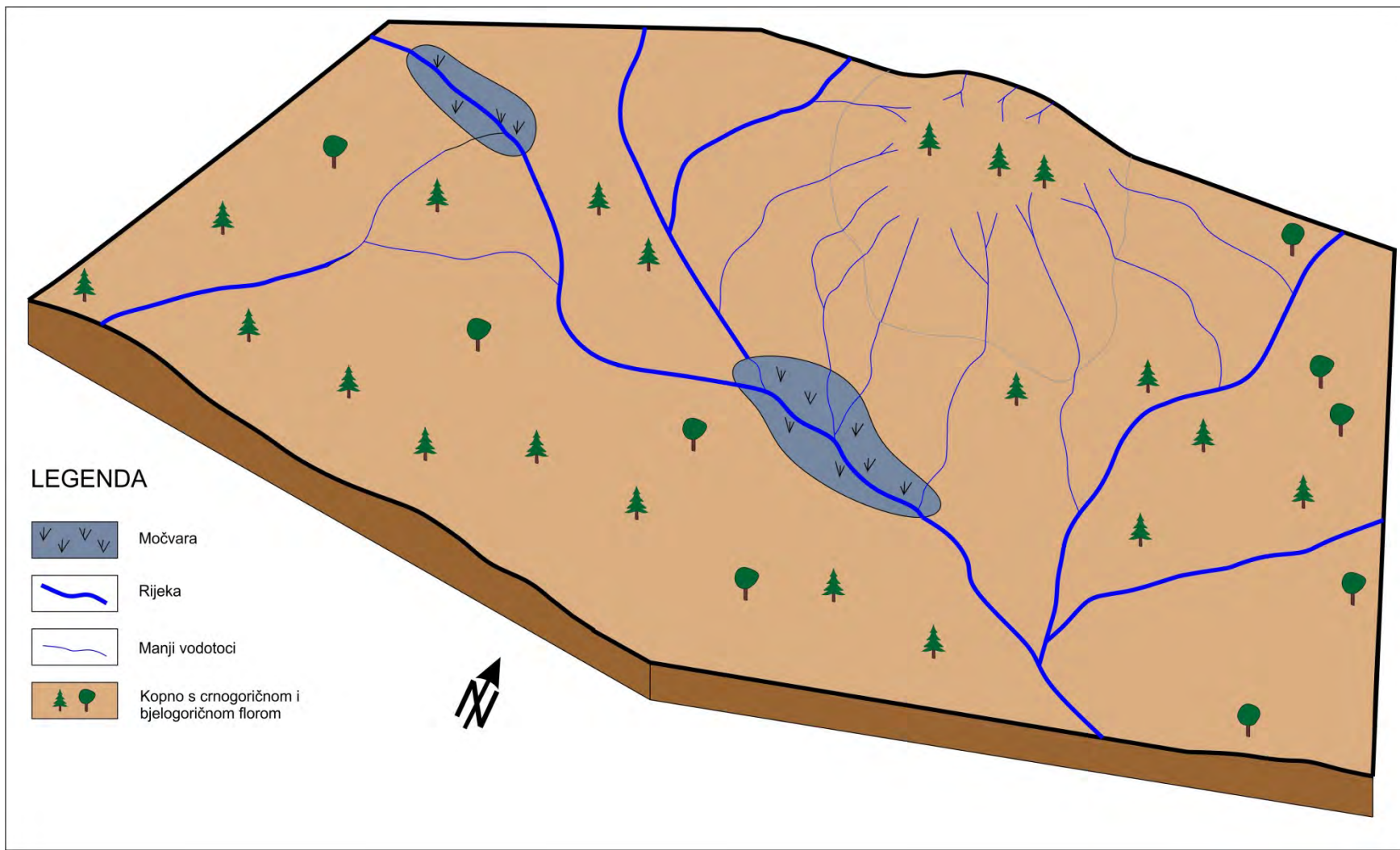
RASPRAVA

IV. razdoblje



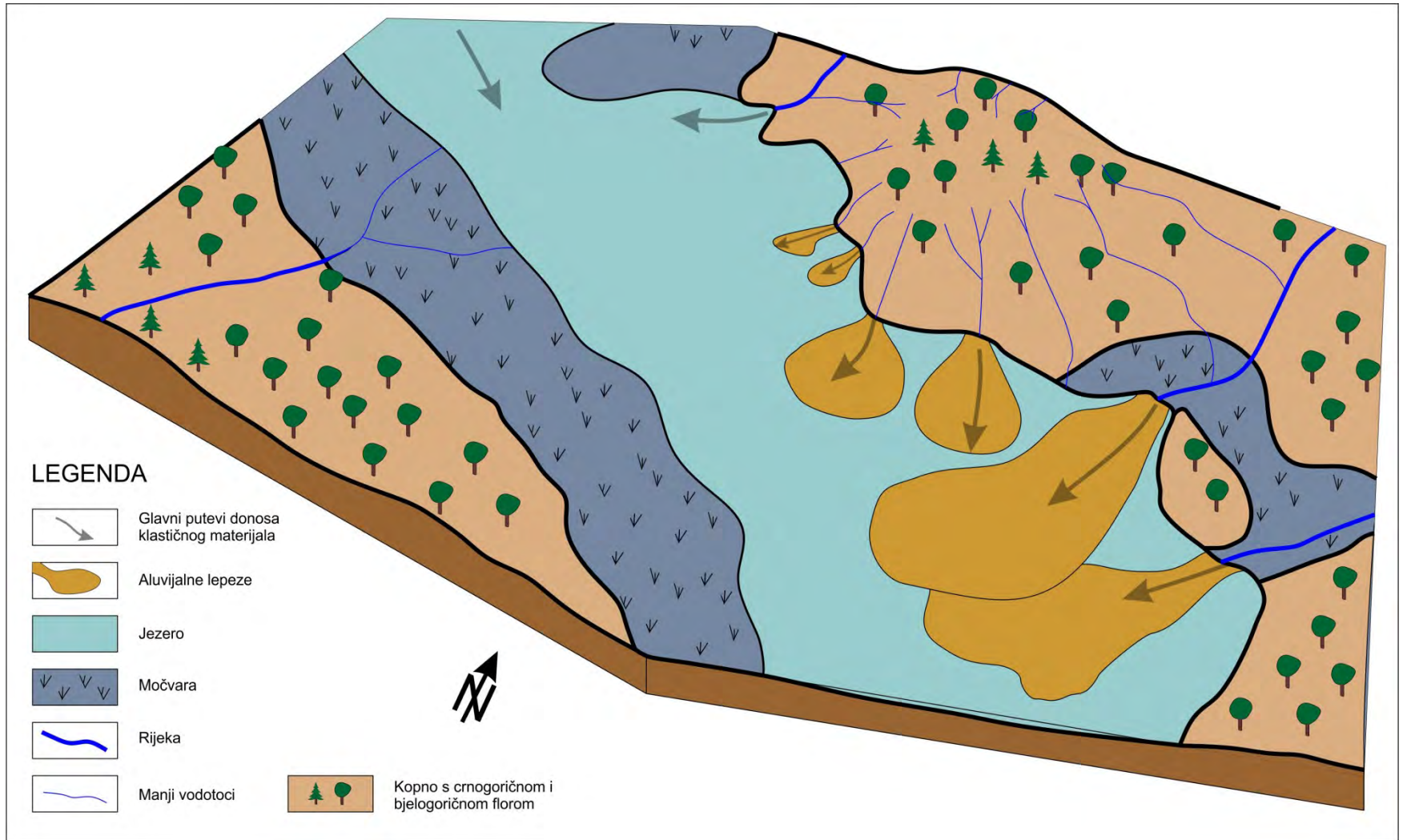
RASPRAVA

V. Razdoblje - glacijal



RASPRAVA

V. Razdoblje - interglacijal



ZAKLJUČAK

- Razdoblje trećega neogensko-kvartarnoga megaciklusa izrazito je dinamično u geološkom smislu. Varijacija u okolišu taloženja i klimatskim uvjetima su imala izniman utjecaj na izmjenu litološkog sastava.
- Na temelju interpretacije i ograničavanja pojedinih razdoblja s različitim klimatskim uvjetima i tektonskom aktivnošću moguće je bilo načiniti razdiobu formacije Lonja na šest članova:
 - Hrastilnica,
 - Batina,
 - Ravneš,
 - Popovača,
 - Vrbak i
 - Oborovo.
- Strukturne analize područja na temelju karotažnih dijagrama i seizmičkih profila ukazuju na pet razdoblja razvoja zapadnoga dijela Savske depresije tijekom pliocena, pleistocena i holocena.

ZAKLJUČAK

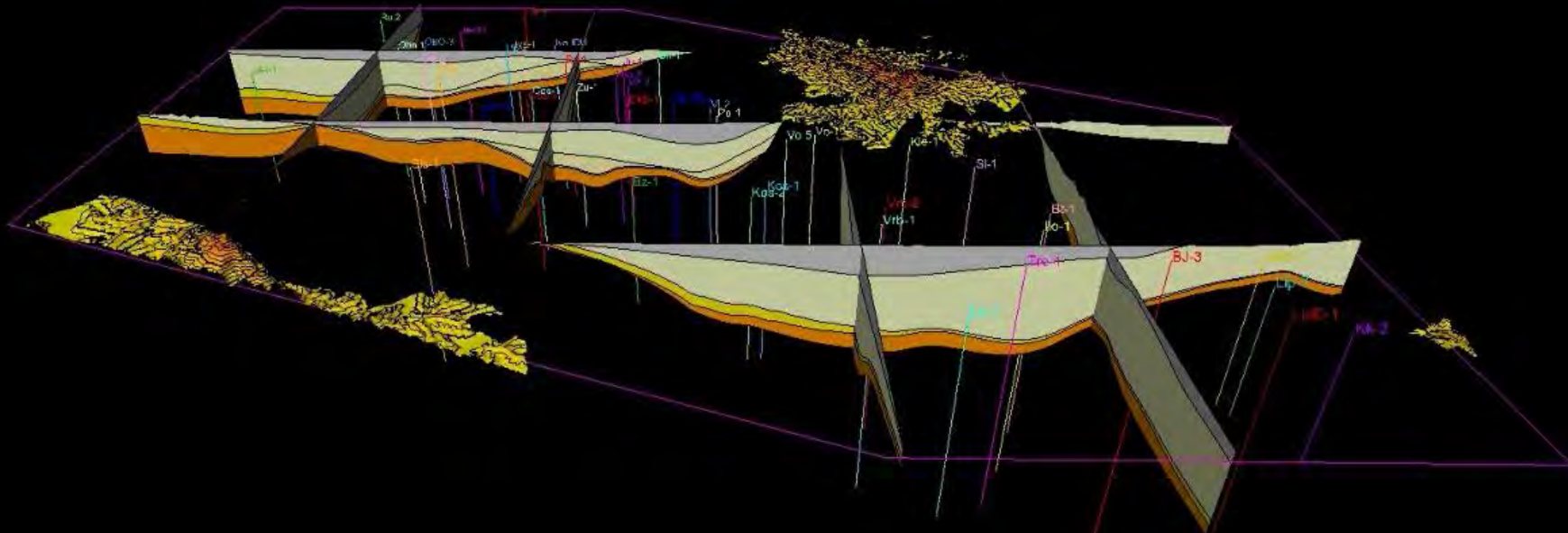
- Prva tri razdoblja glavni utjecaj imaju klimatski faktori, a druga dva tektonika i klimatski uvjeti zajedno.
- Značajne razlike u debljini sedimenata u zonama rasjeda ukazuju na sinsedimentacijsku tektoniku gdje su vertikalni pomaci najintenzivniji kod južnih obornaka Moslavačke gore.
- Razdoblje gornjeg pliocena te pleistocena i holocena bilo tektonski najaktivnije u zadnjoj fazi oblikovanja depresije, a kao rezultat bio je nastanak Moslavačke gore.

ZAKLJUČAK

- Debljine ležišnih naslaga te postojanje izolatorskih i matičnih stijena ukazuju na znatnu mogućnost pronalaska ležišta plina i to prvenstveno onoga biogenoga podrijetla.
- Ležišta su moguća u slojevitim, litološki ekraniziranim ležištima, tj. stratigrafskim zamkama, gdje je zatvaranje ostvareno uslijed isklinjavanja ležišnih naslaga i strukturnoga nagiba.
- Najveće debljine lignita dolaze u članu Vrbak, dok u odnosu na debljinu formacije najviše lignita prisutno je u članu Ravneš.
- Zbog niskog stupnja zrelosti ugljena, nisu pogodni za uplinjavanje u podzemlju već su zanimljivi kao matična stijena za plin.
- Matične stijene i ugljeni su nezreli, no s obzirom na sadržaj ugljika organskog podrijetla, kerogena tipa III i IV, pogodni su za otpuštanje biogenog plina, poput uvjeta koji vladaju u podmorju Sjevernoga Jadrana.

HVALA NA POZORNOSTI!

Istraživanje je financirano s projekta MZOS „Unapređivanje geoloških interpretacijskih metoda u cilju povećanja iscrpka unutar pješčenjačkih ležišta (195-1951293-0237)“, voditeljica prof.dr.sc. Josipa Velić.



Predavanje je priređeno kao dio popularizacije geomatematike izvedene kroz projekt „Razvoj geomatematičkih metoda za analizu neogenskih taložnih okoliša hrvatskoga dijela Panonskoga bazenskog sustava“ (voditelj izv.prof.dr.sc. Tomislav Malvić), financijski potpomognutog kroz program Sveučilišta u Zagrebu 'Potpora istraživanjima 2' tijekom 2013. godine.