

GEOLOŠKI VJESNIK	44	313 - 320	1 Tab.	4 Sl.		ZAGREB 1991
------------------	----	-----------	--------	-------	--	-------------

## PRIMJENA OPTIČKIH METODA U ODREĐIVANJU NAFTNO-MATIČNIH STIJENA

Gertrud BARIĆ i Darko ŠPANIĆ

**Ključne riječi:** kerogen, optičke metode (prolazno svjetlo, refleksija, fluorescencije), maceral

**Key words:** kerogen, optical methods (transmitted light, reflectance, fluorescence), maceral

U radu su prikazane optičke metode i njihova primjena na određivanje tipa i zrelosti organskog facijesa matičnih stijena. Mikroskopska ispitivanja uključivala su ispitivanja u prolaznoj svjetlosti kao i mjerenja efekata prirodne refleksije i fluorescencije. Kombinacijom navedenih tehnika na uzorcima matičnih stijena iz Savske, Dravske i Murske depresije provedena je detaljna odredba palinofacijesa i utvrđen stupanj njihovih termičkih pretvorbi.

Optical methods and their application in determination of type and maturity level of organic facies in source rocks have been presented. Microscopic study included investigation in transmitted light as well as measurement of natural reflectance and fluorescence effect. By combination of the above stated techniques carried out on source rocks samples from the Sava, Drava and Mura depression the detailed determination of palinofacies and their maturity level have been obtained.

### 1. UVOD

Identifikacija i procjena kvalitete naftno-matičnih stijena provodi se definiranjem organskog facijesa i utvrđivanjem stupnja termičke izmjene. Sadržaj i tip organske tvari, te depozicijska sredina čine osnovne parametre koji određuju organski facijes (DEMAISON, 1984, ROGERS, 1979). Tokom dugih perioda sedimentirana organska tvar transformira se djelovanjem mikrobioloških, kemijskih i fizičkih procesa, a faze izmjene, odnosno evolucije organske tvari poznate su kao dijageneza, katageneza i metageneza (HUNT, 1979, TISSOT, 1984). U početnom, nezrelom dijagenetskom stadiju odvijaju se biološki i kemijski procesi uz relativno niske temperaturne uvjete. Rezultat ovih procesa je nastajanje kompleksnih makromolekularnih, metastabilnih struktura kerogena, koji je prekursor naftnim ugljikovodicima. Daljnja faza pretvorbe, katageneza pretežno je uvjetovana temperaturnim djelovanjem i na određenom temperaturnom nivou "naftni prozor" dolazi do generiranja ugljikovodika. Temperaturno djelovanje nastavlja se i u metagenezi, prezreloj fazi, u kojoj je struktura kerogena visoko izmjenjena, a često i inertna. Jedino mogući produkt ove faze je metan, koji osim iz kerogena može nastati i degradacijom već prethodno generiranih ugljikovodika. Međusobni odnosi organskog facijesa i stupnja njegove termičke izmjenjenosti omogućuju kvalitativnu i kvantitativnu procjenu matičnih stijena, što predstavlja doprinos u istraživanju naftnih ugljikovodika.

Za determinaciju tipa i stupnja zrelosti organske tvari koriste se metode organske geokemije i organske petrologije koje se baziraju na fizičko-kemijskim i optičkim ispitivanjima. Dobiveni rezultati međusobno

se nadopunjuju obzirom na prednosti odnosno nedostatke pojedinih instrumentalnih tehnika. U ovom radu prikazane su metode i rezultati samo optičkih ispitivanja te način njihove interpretacije.

### 2. METODE I TEHNIKE ISPITIVANJA

Za određivanje tipa odnosno porijekla i zrelosti organske tvari korištena je tehnika mikroskopiranja u prolaznoj svjetlosti, a mjereni su i efekti prirodne refleksije i fluorescencije. Ispitivanje je moguće provesti direktno na uzorku stijene, iako se u praksi obično izvaja kerogen iz mineralnog matriksa. U laboratoriju INA-Naftaplin određivanja se provode na izdvojenom kerogenu, budući da se ovim postupkom smanjuju negativni efekti mineralnih komponenata. Za izdvajanje kerogena primjenjuju se standardne kemijsko-fizičke metode, kojim se razgrađuju anorganski konstituenti (djelovanje klorovodične i fluorovodične kiseline), dok se separacija teških minerala vrši pomoću teških otopina (otopine  $ZnCl_2$ ,  $ZnBr_2$ , gustoće veće od 1,8) (SCHWAB, 1990). Ovim postupkom izdvojeni kerogen ima zadovoljavajući stupanj čistoće i pogodan je za izradu preparata u prolaznoj svjetlosti i odgovarajućih "blokova" za mjerenje refleksije i fluorescencije. Blokovi se dobivaju zalijevanjem kerogena u nereflektirajuće, epoksidne smole, a daljnjom obradom, brušenjem i poliranjem pripremljene su odgovarajuće površine za ispitivanje (OWER, 1979, DOW, 1987). Za optička ispitivanja korišteni su mikroskopi firmi Olympus i Leitz. Na mikroskopu Olympus model BHS provedena su ispitivanja u prolaznoj svjetlosti, te određivanja boja fluorescencije. Ovaj model ima široku primjenu, obzirom na jaki halogeni i živin izvor svjetlosti, velik raspon povećanja (50 do 1000x)

i određivanja fluorescencije u reflektiranoj svjetlosti. Posebnost sistema je u mogućnosti povezivanja kamere i prijenosa slike na kolor monitor, kao i uključivanja sistema za automatsko fotografiranje.

Leitzov mikroskop fotometar model MPV-3 korišten je za mjerenje prirodne refleksije i spektralne fluorescencije. Osnovna konfiguracija tog mikroskopa dozvoljava izmjene izvora svjetlosti (volfram halogena lampa ili visokotlačna živina lampa), filtera (za pobuđivanje i prigušivanje), dikroičnih zrcala i objektivna (rad u imerzinom ulju ili zraku). Specifičnost sistema je u monokromatoru s optičkom refleksionom rešetkom, koji osigurava visoki stupanj razdvajanja snopa zraka u niz diskretnih valnih dužina, što ima znatne prednosti u odnosu na interferencijske filtere. Mjerene vrijednosti refleksije, odnosno fluorescencije automatski se unose u mikroprocesor čiji softwareski sistem osigurava kompletnu matematičku i grafičku obradu.

### 3. ODREĐIVANJE SASTAVA ORGANSKE TVARI

Osim danas već opće priznate kemijske klasifikacije kerogena (TISSOT, 1980) postoji i palinološka klasifikacija. Ova klasifikacija temelji se na definiranju morfološke strukture kerogenskih čestica u prolaznoj svjetlosti mikroskopa koristeći pritom i efekte fluorescencije. U velikom broju slučajeva prepoznatljiva

je izvorna, celularna struktura, iako postoje i primjeri izmjenjenosti organske tvari te nemogućnosti njene karakterizacije (WAPLES, 1985). Tipovi kerogenskih čestica nazivaju se macerali, izraz preuzet iz ugljene petrologije (STACH, 1982) to i određivanje sastava kerogena poznato je pod nazivom maceralna analiza. Usprkos čitavom nizu klasifikacija i podklasifikacija uz istovremenu terminološku neujednačenost, u naftnim kompanijama (Agip, Texaco, Robertson Research) koristi se pretežno podjela na četiri osnovne grupe: liptiniti, vitritini, inertiniti i amorfna tvar. Amorfni kerogen ima obličasti, nedefinirani oblik, bez mogućnosti definiranja morfologije. U najvećem broju slučajeva on nastaje bakterijskom degradacijom neotporne algalne tvari, iako je kemijskim ispitivanjem utvrđeno da njegovo porijeklo može biti vezano i za bilo koji izvorni tip organske tvari (ROGERS, 1979, MUKHOPADHYAY, 1985). Kerogenska tvar obično se ne sastoji samo iz jednog tipa macerala, već predstavlja mješavinu iz koje je moguće procijeniti da li je matična stijena izvor naftnih (liptiniti i amorfna tvar) ili plinskih ugljikovodika (vitritinitno-humitni macerali).

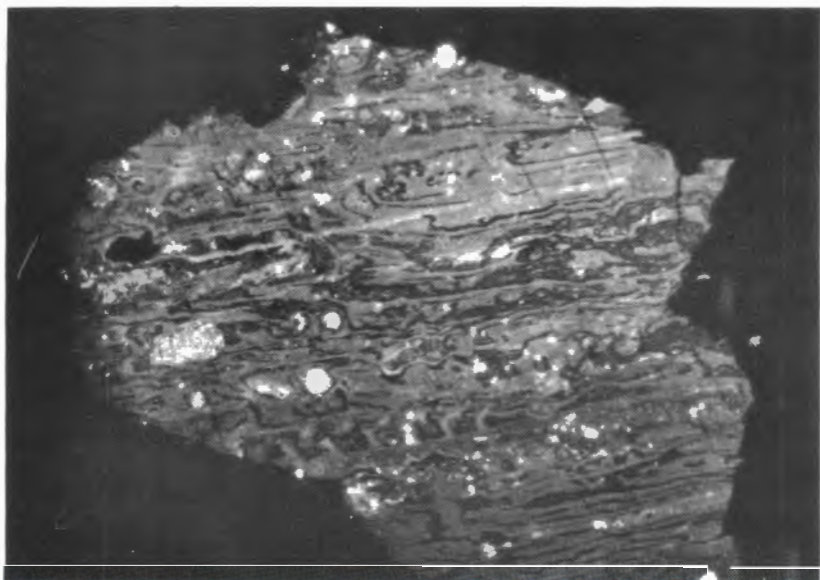
Identifikacija palinofacijsa u prolaznoj svjetlosti posebno je pogodna za macerale liptinitne grupe (sporiniti, kutiniti, reziniti itd.) i amorfni kerogen, budući da ih karakterizira žuto-smeđa transparentnost. Odredba vitritinita i inertinita je međutim često otežana obzirom na njihovu neprozirnost, te se za određivanje koristi

MACERALNI SASTAV ( vol. % ) Maceral composition (vol. %)											FLORESCENCIJA Fluorescence		
UZORAK Br. Sample no.	BUŠOTINA Well	DUBINA (m) Depth	LITOLOGIJA Lithology	AMORFNO Amorphous	LIPTINIT Liptinite	VITRINIT Vitrinite	INERTINIT Inertinit	%RO	TAI	BOJA Colour	$\lambda_{max}$ (nm)	Q r/g	
1	Brj-1	1582	LAPOR	70	30	Tr	-	0,28	1*	zeleno-žuta	542	0,70	
2	Ern-3	2572	LAPOR.VAPNENAC	60	40	Tr	Tr	0,55	2do2*	žuta	572	1,05	
3	K-3	2541	LAPOR.VAPNENAC	95	5	-	Tr	-	2*	žuto-narand.	618	1,44	
4	K-5	2407	LAPOR	80	20	-	-	-	2*	žuta	557	0,92	
5		2514	LAPOR	65	35	-	-	-	2*	žuto-narand.	561	0,93	
6		3052	LAPOR	100	Tr	-	-	-	3	narand-smeđa	640	1,32	
7	K-8	2704	LAPOR.VAPNENAC	95	5	-	-	-	2-do3	žuto-narand.	580	1,25	
8	Ob-5	2174	KALCITNI LAPOR	95	5	-	-	-	2-do2	žuta	553	0,90	
9	Bk-1	2277	LAPOR.VAPNENAC	100	Tr	-	-	-	2*	žuta	557	0,93	
10	Ka-3	983	DOLOM.VAPNENAC	95	Tr	-	5	-	2*	zeleno-žuta	523	0,60	
11		1577	LAPOR	95	5	Tr	-	0,41	2	žuta	545	0,70	
12	DJ-1	3295	LAPOR	95	5	-	-	-	3*	narand.	-	-	
13		4230	KALCITNI LAPOR	100	-	-	-	-	3*	ne fluoresc.	-	-	
14		4734	SILT.LAPOR	95	-	5	Tr	2,43	4*	ne fluoresc.	-	-	

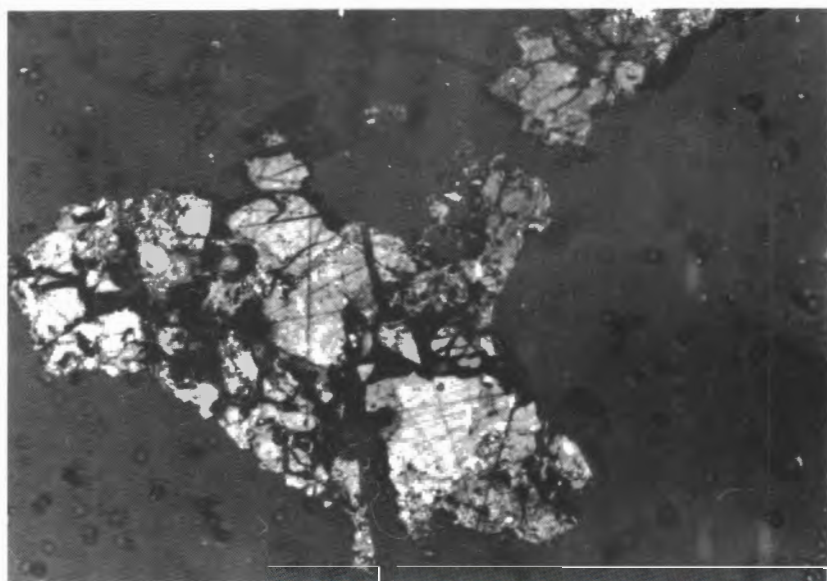
Tablica 1. Rezultati maceralnog sastava i zrelosti kerogena.  
Table 1. Maceral composition and maturity data

#### Tabla - Plate 1.

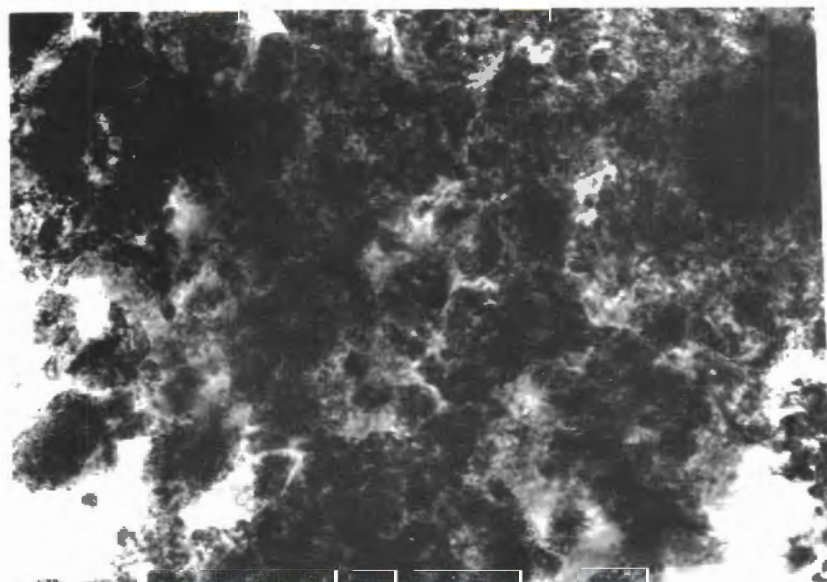
- Slika 1. Maceral huminitno-vitritinne grupe (tekstouminit) % Ro=0,30. Reflektirano svjetlo, uljna imerzija, 800x.  
Fig. 1. Maceral of huminit-vitrinite group (textouminite) % Ro=0.30. Reflected light, oil immersion, 800 x.  
Slika 2. Vitritinini maceral. % Ro=0,60. Reflektirano svjetlo, uljna imerzija, 800 x.  
Fig. 2 Vitrinite maceral. % Ro=0,60. Reflected light, oil immersion, 800 x.  
Slika 3. Amorfni kerogen, TAI=2+ (0,60% Ro). Prolazno svjetlo, 1000 x.  
Fig. 3. Amorphous kerogen. TAI=2+ (0,60 % Ro). Transmitted light, 1000 x.



1



2



3

kombinacija ispitivanja u prolaznoj i reflektiranoj svjetlosti.

Rezultati naših ispitivanja maceralnog sastava kerogena u matičnim stijenama Savske i Dravske depresije pokazuju dominaciju amorfnih i liptinitnih grupa tj. vodikom bogatih, lipidnih komponenata (tabela 1 i tabla 1). Ovaj sastav kerogena smatra se dobrim izvorom naftnih ugljikovodika s visokom generativnom sposobnošću. Utvrđena organska tvar obično je vezana za litofacijese s visokim udjelom karbonata kao na primjer kalcitne lapore i laporovite vapnence. Matične stijene s povećanim sadržajem terestričnih, vitrinitnih macerala (tabla 1) identificirane su u klastitima Murske depresije (ŠPANIĆ, 1987). Potrebno je naglasiti da u naslagama sedimenata pojedinih bušotina nalazimo i amorfnu kerogen, za koji je moguće pretpostaviti da je terestričnog porijekla i izvor je plinovitih ugljikovodika.

#### 4. ODREĐIVANJE ZRELOSTI ORGANSKE TVARI

Stupanj termičke pretvorbe, odnosno zrelosti organske tvari moguće je odrediti ispitivanjem u prolaznoj svjetlosti, odnosno mjerenjem efekata refleksije i fluorescencije.

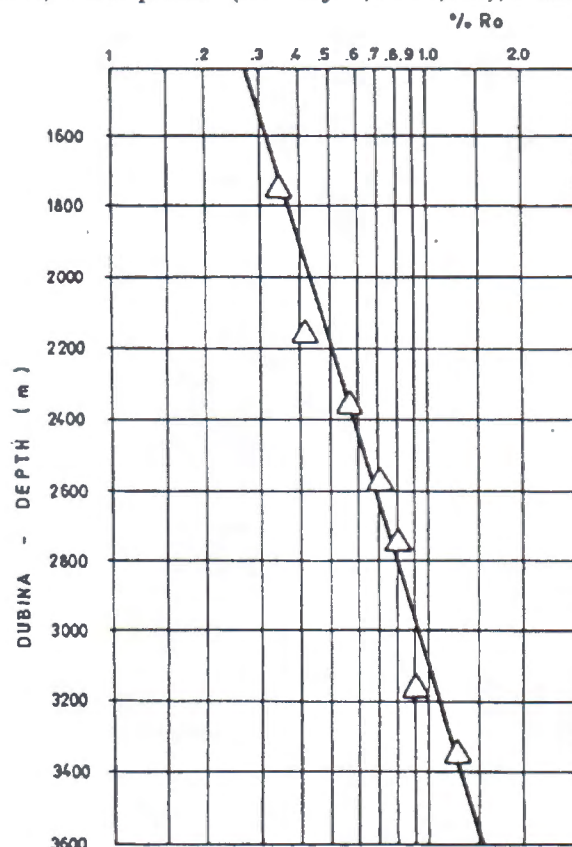
##### 4.1 ISPITIVANJE U PROLAZNOJ SVJETLOSTI

Metoda se bazira na određivanju boje kerogenskog koncentrata u prolaznoj svjetlosti. Boja palinomorfa ovisna je o stupnju karbonifikacije tj. dostignutoj termičkoj pretvorbi, to nezrelu, dijagenetsku fazu karakterizira žuta boja, koja postepeno prelazi u narančastu i dostiže smeđu u katagenezi, odnosno crnu u metagenezi. Promjena boje organske tvari izražava se indeksima termičke izmjene (Thermal alteration index, TAI) a odgovarajuću skalu od pet stupnjeva uveo je STAPLIN (1969), iako su također poznate skale po BATTEN-u (1982) i SCHWAB-u (1990). Osim navedenog indeksa u upotrebi je i indeks obojenosti spora (Spore colouration index SCI) koje je uvela 1980. god. firma Robertson Research. Osnovni prigovor ovim određivanjima je subjektivnost operatera u procjeni boje organske tvari, to se rezultati uobičajno uspoređuju s rezultatima ostalih određivanja.

##### 4.2 REFLEKSIJA VITRINITA

Određivanja se temelje na refleksiji svjetlosti od vitrinitnih macerala, budući da vitrinitu najbolje odražavaju stupanj karbonifikacije izazvan termičkim djelovanjem. Mjerenje refleksije ugljenih macerala tj. određivanje stupnja koalifikacije ugljena poznato je od ranije. TEICHMÜLLER (1971) je utvrdila točan odnos između vitrinitnih čestica u kerogenu i ugljenu, to su ova određivanja prihvaćena i danas se smatraju najtočnijim maturacijskim parametrima. Uzorke niske zrelosti karakterizira niska refleksija, a povećanjem stupnja karbonifikacije refleksija se povećava.

Mjerenje se vrši objektivom u imerzionom ulju pri valnoj duljini od 546 nm, pri čemu se dio upadne zrake reflektira od vitrinitnog macerala. Detekciju refleksije vrši fotomultiplikator, a rezultati mjerenja automatski se pohranjuju. Naknadno se izrađuju histogrami i provodi statistička obrada. Rezultati se izražavaju kao vrijednosti  $R_o$  u postocima i uobičajno prikazuju kao funkcija dubine zalijeganja sedimenata. Uspoređivanjem rezultata vitrinitne refleksije s ostalim indikatorima maturacije utvrđene su aproksimativne granice zrelosti organske tvari odnosno zone unutar kojih dolazi do generiranja pojedinih tipova ugljikovodika. Granice nisu stoga određene, budući da zrelost odnosno nastajanje ugljikovodika ovisi o ishodnom tipu organskog facijesa kao i čitavom nizu drugih utjecaja (temperatura, vrijeme, pritisak). Danas je opće prihvaćeno da vrijednosti vitrinitne refleksije  $< 0,5\%$  karakteriziraju nezrelost, dok se u katagenezi vrijednosti kreću od  $0,5$  do  $2,0\%$ . Unutar ove zone razlikuje se glavna faza generiranja nafte, "naftni prozor" (refleksija  $0,5$  do  $1,3\%$ ), a zatim



Sl. 1. Vitrinitna refleksija u odnosu na dubinu.  
Fig. 1. Vitrinite reflectance vs. depth.

slijedi zona mokrog plina. Vrijednosti refleksije  $> 2\%$  označavaju metagenezu tj. zonu suhog plina (DOW, 1977).

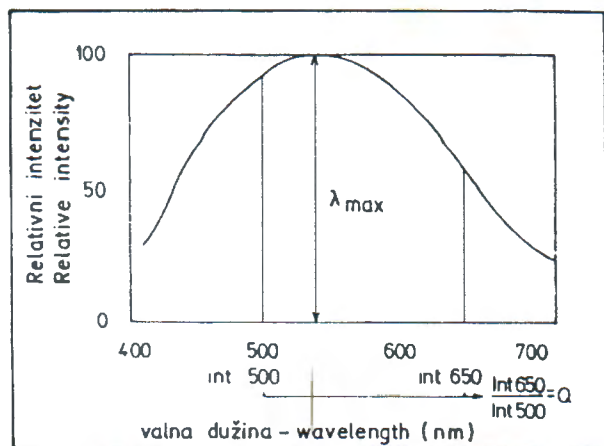
Rezultati određivanja zrelosti vitrinitnom refleksijom prikazani su na slici 1, a odnose se na sedimente bušotine iz Murske depresije. Organska tvar u stijenama (lapori u izmjeni s pješčenjacima) pretežno je terestrična tj. s dominacijom vitrinita. Mjerene vrijednosti pokazuju pravilan porast zrelosti s dubinom i do cca 2400 m

organska tvar je nezrela, da bi zatim bio dostignut ulaz u "naftni prozor". Aproximacijom vrijednosti refleksije, procijenjen je izlaz iz naftno-generirajuće zone na dubini 3450 m. Smatramo da su dobiveni rezultati realni, obzirom na izračunate vrijednosti geotermičkih gradijenata i ugljikovodike koji su detektirani u toku bušenja.

Prethodno je već navedeno da se rezultati dobiveni mjerenjem vitritne refleksije smatraju vrlo točnim, to se i rezultati ostalih metoda optičkih (TAI i fluorescencija), fizičko-kemijskim ( $T_{max}$ , biološki markeri) i računskih (TTI) uvijek uspoređuju s vrijednostima vitritne refleksije. Prigovor metodi obično se odnosi na uzorke niskog stupnja karbonifikacije. Kemijska i fizička različitost vitritno-humitnih macerala u nezrelom stadiju odražava se na refleksiji, to i rezultati mjerenja pokazuju velika standardna odstupanja (RULLKÖTTER, 1986).

#### 4.3 FLUORESCENTNA SPEKTROSKOPIJA

Stupanj zrelosti palinofacijesa u čiji sastav ulaze samo liptinitni macerali i strukturno degradirani, amorfni kerogen, određivao se procjenom boje u prolaznoj i fluorescentnoj svjetlosti, što je već prethodno napomenuto. Danas je međutim razvijena metoda spektralne fluorescencije koja kvantificira efekte fluorescencije, a u literaturi dolazi pod nazivima: spektralno fluorescentna mikrofotometrija (OTTENJANN, 1974), mikrospektrofluorescencija (THOMPSON-RIZER, 1987) i fluorescentna mikroskopija (KHORASANI, 1987). Fluorescencija je proces reemisije tj. povratnog zračenja uz istovremeni pomak valne dužine, koji nastaje kao posljedica pobude elektrona u organskim molekulama, izazvan elektromagnetskim zračenjem. Izvor pobudnog svjetla mora imati emisijski pik između 366 i 435 nm (UV i vidljivi dio spektra), kako bi se reemitiralo svjetlo u više valno područje. Sposobnost fluorescencije imaju samo molekule određenih struktura u koje je moguće ubrojiti vodikom bogati amorfni kerogen i određene grupe liptinitnih macerala: sporiniti, kutiniti i reziniti (SMITH, 1984). Povećanjem termičke zrelosti mijenja se boja



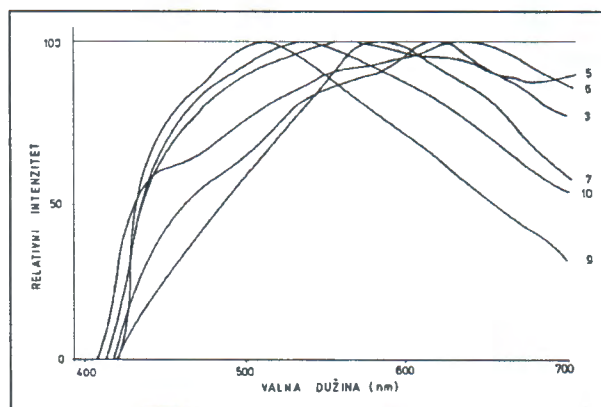
Slika 2. Određivanje  $T_{max}$  i  $Q_{cz}$  u fluorescentnom spektru.  
Fig. 2. Determination of  $T_{max}$  and  $Q_{cz}$  in fluorescence spectra.

fluorescencije od zelene - žute - narančaste do crvene tj. dolazi do spektralnog pomaka (OTTENJANN, 1974), međutim kod stupnja karbonifikacije cca 1,3 % Ro vidljiva fluorescencija nestaje i dolazi do tzv. "gašenja". Mjerenja obuhvaćaju spektralno područje od 400 do 700 nm a određuju se sljedeći parametri (Sl. 2):

- relativna spektralna distribucija obzirom na tip organske tvari
- valna dužina maksimalnog intenziteta fluorescencije ( $\lambda_{max}$ )
- "crveno" / "zeleni" kvocijent, tj. odnos relativnog intenziteta kod 650 nm i relativnog intenziteta kod 500 nm ( $Q_{cz}$ ).

Naša instrumentalna tehnika omogućava i mikroprocesorsku obradu podataka, koja se sastoji u korekciji spektara i računskih parametara.

Spektralnu fluorescenciju primijenili smo na organsku tvar matičnih stijena, koju je CORNFORD (1989)

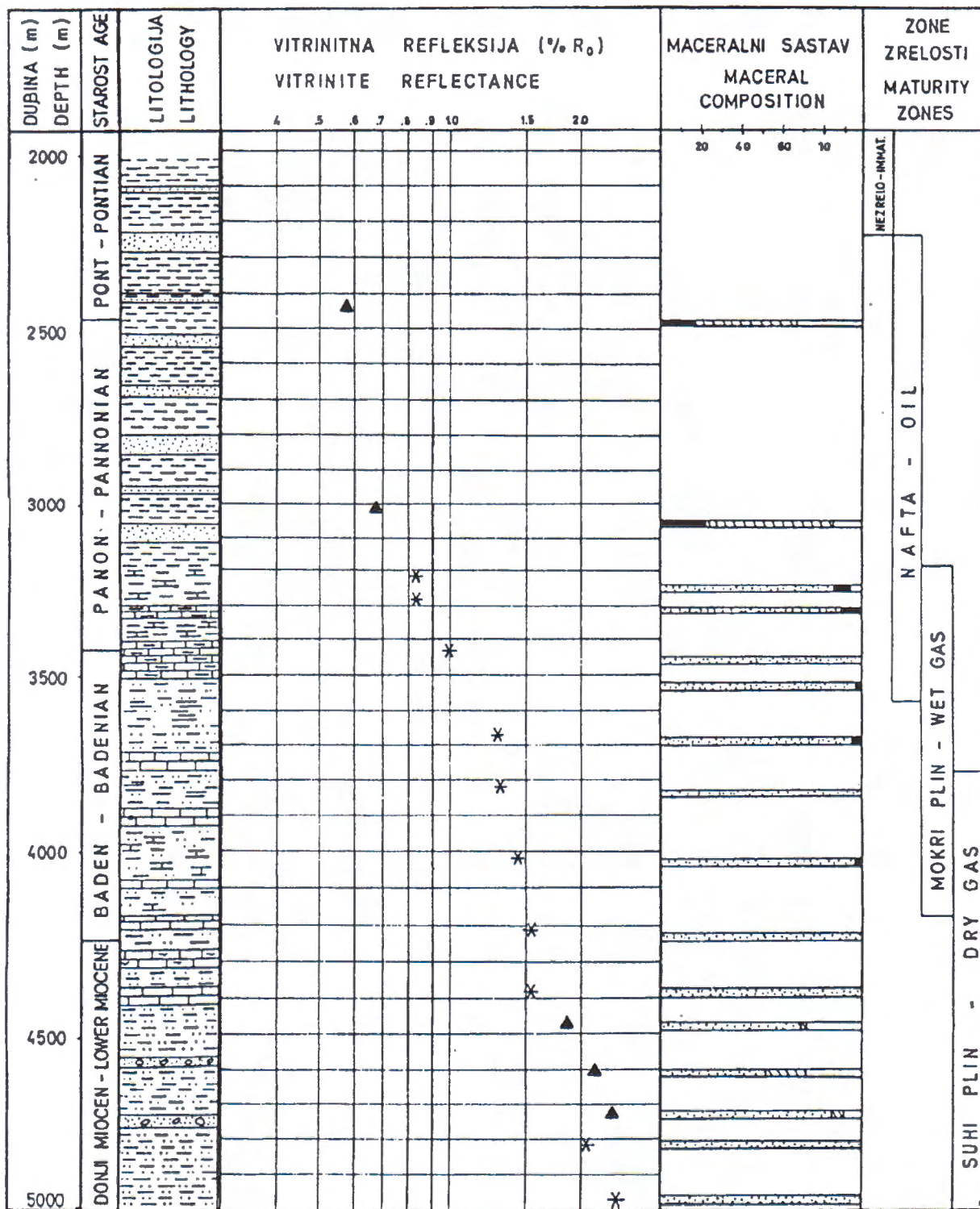


Sl. 3. Fluorescentni spektri uzoraka različitih zrelosti.  
Fig. 3. Fluorescence spectra of different maturity samples.

definirao kao bakterijski degradiran algalni kerogen. Dobivene numeričke vrijednosti (tabela 1) i spektralne distribucije (Sl. 3) pokazuju razlike u dostignutim nivoima zrelosti.

Maksimalni intenziteti fluorescencije u niskovalnom području vidljivog dijela spektra, kao i odgovarajuće niske vrijednosti crveno/zelenog kvocijenta ( $Q_{cz}$ ) pokazuju nezrelost uzoraka br. 1, 10 i 11. Istovremeno kod uzorka br. 3, 6 i 7 vidljiv je izraziti "crveni" spektralni pomak što odgovara višem stupnju katagenetske zrelosti (ŠPANIĆ, 1990). Razlike u stupnju termičkih pretvorbi moguće je pripisati razlikama dinamičko-termalne povijesti pojedinih lokaliteta.

Sedimente u profilu bušotina obično karakterizira litofacijalna neujednačenost, što se odražava i odgovarajućim razlikama tipova i stupnjeva zrelosti organske tvari. Za njihovu odredbu primijenjuje se kombinacija optičkih metoda što je ilustrirano na primjeru bušotine iz zapadnog dijela Savske potoline (Sl. 4). Iz grafičkog prikaza maceralnog sastava vidljivo je da sedimenti do cca 3100 m sadrže organsku tvar s povećanim udjelom vitritina, manjom količinom liptinita,



LEGENDA :  
LEGEND

REZULTATI VITRINITNE REFLEKSIJE  
VITRINITE REFLECTANCE DATA

TIPOVI MACERALA  
MACERAL TYPE

▲ MJERENO  
MEASURED

[Dotted box] AMORFNO  
AMORPHOUS

[Solid black box] LIPTINIT  
LIPTINITE

\* PROCJENJENO IZ TAI  
ESTIMATED FROM TAI

[Hatched box] VITRINIT  
VITRINITE

[White box] INERTINIT  
INERTINITE

Slika 4. Sastav i zrelost organske tvari u uzorcima jezgara iz bušotine DJ-1.

Fig. 4. Organic matter composition and maturity of core samples from well DJ-1.

ali i prisutnošću oksidacijski izmijenjenog inertita. Ulaskom u karbonatni kompleks mijenja se tip organske tvari tj. amorfni kerogen je dominantna komponenta dok terestrično vitrinitnih macerala nema. Daljnja litološka izmjena na dubini od 4400 m izaziva manju promjenu sastava organske tvari, budući da se osim amornog kerogena pojavljuju i vitriniti.

Na najvećim dubinama bila je moguća identifikacija samo amornog kerogena, za koji je moguće samo pretpostaviti da je terestričnog porijekla s obzirom na litološke karakteristike sedimentata. Na temelju maturacijskih parametara utvrđeno je da se sedimenti u intervalu 2400 do 3100 m već nalaze u naftnom prozoru, a daljnim povećanjem dubine, zrelost i dalje raste. U pojedinim naslagama amorfni kerogen je visoko termički izmijenjen, to se za njihovo određivanje mogao koristiti samo termalni alteracijski indeks. Metagenetski stupanj pretvorbe karakterizirale su izmjerene vrijednosti vitrinitne refleksije od 2,43 % Ro. Rezultati ispitivanja zrelosti organske tvari omogućili su definiranje zona termičkih pretvorbi, koje su odgovarale tipovima ugljikovodika u profilu bušotine. U sedimentima do 3500 m utvrđene su pojave nafte, da bi se dublje javio kondenzat i plin. Povećanjem dubine plin se postepeno osiromašuje višim ugljikovodicima, da bi u zoni metageneze bio detektiran samo metan, tj. krajnji produkt termičke transformacije organske tvari.

## 5. ZAKLJUČAK

Optičke metode imaju veliko značenje u determinaciji tipa i zrelosti organskog facijesa matičnih stijena. Prednost ovih metoda u odnosu na fizičko-kemijska ispitivanja očituje se u mogućnosti vrlo detaljne odredbe sastava organske tvari. Ispitivanjem u prolaznoj svjetlosti, te mjerenjem efekata refleksije i fluorescencije dobiva se veliki broj maturacijskih parametara, koji osiguravaju točnu odredbu zrelosti raznih tipova organske tvari, a istovremeno prekrivaju sve zone termičkih pretvorbi od dijageneze do metageneze.

Rezultati naših ispitivanja pokazala su predominaciju amornog i liptinitnog kerogena, različitog stupnja zrelosti u matičnim stijenama Savske i Dravske depresije. U bušotini iz zapadnog dijela Savske depresije utvrđene su kombiniranjem mikroskopskih ispitivanja termičke faze pretvorbe, koje su odgovarale tipovima ugljikovodika registriranim u toku bušenja. Rezultati ovih ispitivanja upotpunjeni s ostalim geokemijskim određivanjima omogućuju daljnju kvantitativnu procjenu matičnih stijena u smislu odredbe generirajućih sposobnosti.

## LITERATURA

BATTEN, D.J. (1982): Palynofacies, paleoenvironments and petroleum, *J. Micropaleont.*, 1, 107-114, New York.  
 CORNFORD, C. (1989): Petroleum geochemistry of Pannonian Basin. INA - Naftaplin - Interna studija, 70 str., Zagreb.

DEMAISON, G. (1984): The Generative Basin Concept.-*Am. Assoc. Pet. Geol. Memoir* 35., 1-15, Tulsa.  
 DOW, W. G. (1977): Kerogen studies and Geological interpretation. *J. Geochem. Explor.* 7, 79-99. Amsterdam  
 DAW, W. G. (1989): Laboratory methods manuel, 60p., Houston  
 HUNT, J. M. (1979): Petroleum Geochemistry and Geology.- Freeman, 617 p., San Francisco.  
 KHORASANI, G. K. (1987): Novel development in fluorescence microscopy of complex organic mixtures.- *Org. Geochem.*, 11, No 3, 157-168, Oxford.  
 MUKHOPADHYAY, P. K., HAGEMAN, H. W. & GORMLY, J. R. (1985): Classification of dispersed organic matter in sediments.- *Erdöl und Kohle-Erdgas Petrochemie*, 38, 1, 7-18, Hamburg.  
 OTTENJANN, K., TEICHMÜLLER, M. & WOLF, M. (1975): Spectral fluorescence measurement of sporinites in reflected light and their applicability for coalification studies.- In: APLERN, B. (ed.): *Petrographie organique et potentiel petrolier*.- 49-65, Centre Nationale Recherche Scientifique, Paris.  
 OWER, J. (1979): Petroleum Geochemistry.- Laboratory methods manuel, 82 p., Llandudno.  
 ROGERS, M. A. (1979): Application of organic facies concepts to hydrocarbon source rock evaluation. - 10th World Pet. Cong. Proc. 2, 23-30, Bucharest.  
 RULLKOTTER, J., MUKHOPADHYAY, P. K., DISKO, V., SCHAFFER R. G. & WELTE, D. H. (1986): Facies and Diagenesis of Organic Matter in Deep See Sediments From the Blake Outer Ridge and Blak Baham Basin, SCOPE/UNEP Sonderband 6, 179-203, Hamburg.  
 SCHWAB, K. W. (1990): Visual kerogen assesment, Int. Symposium on Organic Petrology, 10 - 14, Zeist.  
 STACH, E., TAYLOR, G. H., MACKOWSKY, M. Th., TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R. (1982): Coal petrology, 3 n. d. - Gebrüder Borntraeger, 428 p., Berlin.  
 SMITH, P. M. R. (1984): The use of fluorescence microscopy in the characterisation of amorphous organic matter. - *Org. Geochem.*, 6, 839-845, Oxford.  
 STAPLIN, F. (1969): Sedimentary organic matter, organic metamorphism and oil and gas occurrence.- *Can. Pet. Geol. Bull.*, 17, 47-66, Don Hill.  
 ŠPANIĆ, D. & BARIĆ, G. (1990): Characterisation of organic facies and thermal maturity in source rocks of south-western part of Pannonian Basin, Int. Symposium on Organic Petrology, 55-57, Zeist.  
 TEICHMÜLLER, M. (1971): Anwendung kohlen-

- petrographischer Methoden bei der Erdöl - und Erdgas prospection.- Erdöl u. Kohle 24, 69-76, Hamburg.
- THOMPSON-RIZER, C. L. & WOODS, R. A. (1987): Microspectrofluorescence Measurements of Coals and Petroleum Source Rocks.- Int. J. of Coal Geol., 7, 85-104, Amsterdam.
- TISSOT, B., DEMAISON, G., MASSON, P., DELTEIL, J. R. & CAMBAZ, A. (1980): Paleoenvironment and petroleum potential of Middle Cretaceous black shales in Atlantic Basins. - Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 64, 2051-2063, Tulsa.
- TISSOT, B. & WELTE, D. H. (1984): Petroleum Formation and Occurrence, 2 nd.- Spinger Verlag, 699 p., New York.
- WAPLES, D. W. (1985) : Geochemistry in Petroleum Exploration.- Inter. Human. Resourc. Devel. Co., 232 p., Boston.

## THE APPLICATION OF OPTICAL METHODS IN PETROLEUM SOURCE ROCKS IDENTIFICATION

G. Barić and D. Španić

Identification and quality estimation of petroleum source rocks is carried out by determination of organic facies and their thermal maturity level. In this characterization the methods of organic geochemistry and organic petrology were used.

This paper presents methods and results of optical investigations and their interpretations, microscopic techniques investigations in transmitted light and measurement of natural reflection and fluorescence effects. Modern equipment with microprocessor and adequate software provided complete mathematical and graphical treatment.

By investigations in transmitted light maceral

composition of kerogen from source rocks of the Drava and Sava depression was obtained. Organic facies are predominantly of amorphous-liptinic origin, with hydrogen rich lipids, and high generative potential. For the determination of thermal maturity level thermal alteration index and results of spectral fluorescence measurements were used. Determined differences in maturity level are conditioned by dynamic-thermal history of the particular micro-area. The paper also deals with the data of palinofacies obtained by measurements of vitrinite reflectance and with the example of using different optical techniques depending on the type and maturity of organic matter.