

## ارزیابی پارامترهای ژئوشیمی آلی در سنگ منشأ احتمالی حوضه‌ی رسوبی زاگرس (مطالعه موردی سازند پابده، تاقدیس کبیرکوه، استان ایلام)

رضا راستین<sup>۱\*</sup>، مصطفی صداقت‌نیا<sup>۲</sup>، بیژن یوسفی‌یگانه<sup>۳</sup> و میلاد ویدافر<sup>۵</sup>

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی زمین‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۲- دانشجوی دکترا رسوب‌شناسی و سنگ‌رسوبی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
- ۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۴- کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۵- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

نویسنده مسئول: \* Rezarastin674@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۳۱

دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۲

### چکیده

در این پژوهش سازند پابده (پالئوسن-الیگوسن) به عنوان یکی از سازندهای مولد هیدروکربور در حوضه‌ی رسوبی زاگرس از دیدگاه ژئوشیمی آلی و پتانسیل هیدروکربن‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا یک برش چینه‌شناسی به ضخامت ۱۸۰ متر در یال شمالی تاقدیس کبیرکوه، شهرستان دره‌شهر انتخاب، و تعداد ۲۰ نمونه سنگ سالم و غیر هوازده از این برش جهت آنالیز راک-ایوال ۶ برداشت گردید. لیتولوژی سازند پابده در برش مورد مطالعه تناوبی از شیل و مارن می‌باشد که رخساره‌ی شیلی آن غالب می‌باشد. رسم مقادیر S<sub>2</sub> در برابر Toc بیانگر یک سنگ منشأ متوسط تا نسبتاً خوب برای سازند پابده می‌باشد که کروژن آن ترکیبی از نوع II و نوع III تشخیص داده شد، اما کروژن نوع II فراوانی بیشتری دارد که می‌تواند به دلیل چیرگی رخساره‌های دریایی تشکیل دهنده این سازند باشد. رسم مقادیر Tmax در برابر HI نشان داد ۲۵ درصد از نمونه‌ها در محدوده نابالغ قرار گرفته و ۷۵ درصد از آن‌ها در ابتدا تا اواسط پنجره نفت‌زایی قرار دارند که با Tmax بین ۴۳۵ تا ۴۶۰ درجه سانتی‌گراد تایید می‌شوند. نمودار HI در مقابل Toc حاکی از تشکیل رخساره‌های آلی گوناگون در سازند پابده می‌باشد، این رخساره‌ها شامل: رخساره آلی C (۳۰ درصد)، BC (۵۰ درصد) و به مقدار کمتر B (۱۵ درصد) و AB (۵ درصد) می‌باشند. این تنوع رخساره‌ای می‌تواند به دلیل تنوع مواد آلی با منشأ دریایی و قاره‌ای و رسوبگذاری در محیط‌های نسبتاً احیایی از قبیل Pro-Delta، شلف خارجی، و بخش‌های بالایی شیب قاره باشد. سازند پابده یک سنگ منشأ جوان می‌باشد و شاخص سنگ منشأ (SPI<sup>۱</sup>) برای آن ۱/۹۸ بوده و یک سنگ منشأ با پتانسیل کم ارزیابی می‌گردد و چنانچه مراحل بلوغ حرارتی در آن طی شود می‌تواند هیدروکربن‌های گازی و مایع در آن تولید شود.

**واژه‌های کلیدی:** سازند پابده، ژئوشیمی آلی، پتانسیل هیدروکربورزایی، کبیرکوه

### ۱- پیشگفتار

و نوع ماده آلی، بلوغ، پتانسیل بالقوه و بالفعل، رخساره آلی، محتویات کل کربن آلی (TOC)، وضعیت محیط نهشتگی از لحاظ شرایط اکسیدان و احیا و مهاجرت هیدروکربن از سنگ منشأ ارائه می‌دهد (کوتاربا و همکاران، ۲۰۰۳). یکی از مهم‌ترین اهداف ژئوشیمی آلی ارزیابی پتانسیل هیدروکربورزایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری می‌باشد. در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری (پترس و کاسا، ۱۹۹۴؛ قاسمی‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۹) روش‌های پیرولیز

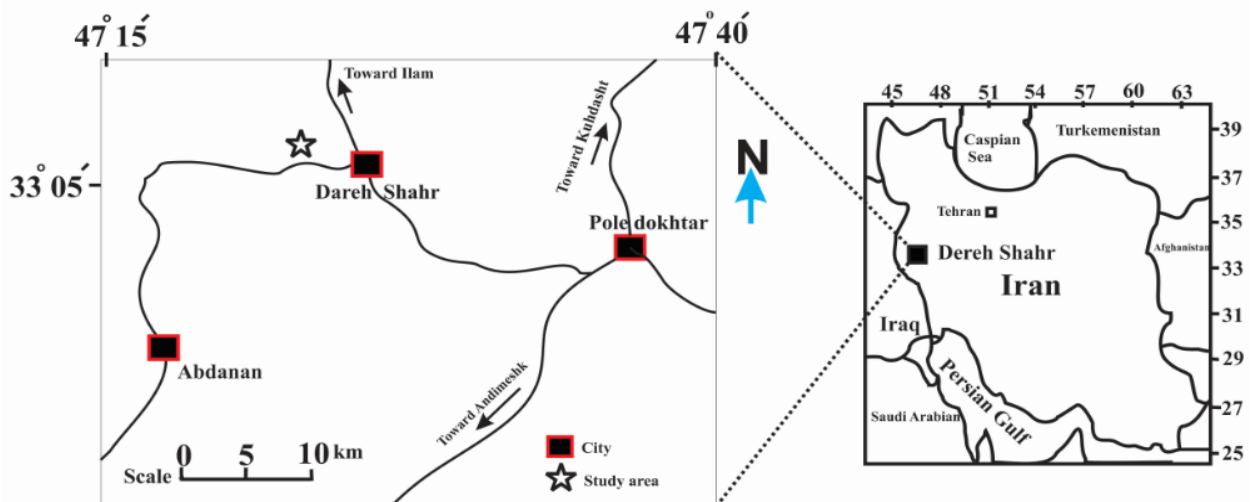
امروزه از تکنیک‌های اپتیکی و روش‌های پیرولیزی می‌توان سنگ‌های منشأ هیدروکربوری را مورد ارزیابی قرار داد. روش پیرولیز راک-ایوال<sup>۱</sup> بهترین ابزار برای تعیین مقدار ماده آلی است که به روش حرارت دادن مستقیم نمونه‌ها انجام می‌گیرد، روش‌های متداول پیرولیز کم هزینه و سریع بوده و استفاده از آن‌ها در شرایط ساده و عادی نیز میسر است. این ابزار، اطلاعات با ارزشی در مورد کیفیت

<sup>1</sup> Source Rock Potentia I index

<sup>1</sup> Rock - Eval

بوردناو و هاگ، ۱۹۹۵؛ ربانی و باقری تیرتاشی، ۲۰۱۰؛  
 علیزاده و همکاران، ۲۰۱۲؛ مشهدی و همکاران، ۲۰۱۴؛  
 مشهدی و ربانی، ۲۰۱۵؛ کبرایی و همکاران، ۲۰۱۷؛  
 محسنی و همکاران، ۱۳۹۴؛ بازوندی و همکاران، ۱۳۹۸؛  
 صابری و همکاران، ۱۳۹۹؛ میربیک سبزواری و همکاران،  
 ۱۴۰۰؛ مبشری و همکاران، ۱۴۰۰؛ زروانی و همکاران،  
 ۱۴۰۱). منطقه مورد مطالعه در محدوده شهرستان  
 دره‌شهر واقع شده است. برش مورد مطالعه در یال شمالی  
 تقادیس کبیرکوه با مختصات جغرافیایی طول شرقی  
 $33^{\circ} 06' 03''$  درجه و عرض شمالی  $47^{\circ} 21' 9''$  می‌باشد.  
 راه‌های اصلی دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق  
 جاده اصلی شهرستان دره‌شهر به سمت شهرستان آبدانان  
 می‌باشد (شکل ۱). جنس سازند پابده در منطقه مورد  
 مطالعه تناوبی از شیل و مارن می‌باشد که رخساره شیلی  
 آن غالب می‌باشد (شکل ۲).

را برای به دست آوردن پتانسیل هیدروکربوری، میزان بلوغ  
 و نوع ماده آلی سنگ‌های منشأ در حوضه‌های رسوبی  
 مختلف به کار برده‌اند. از بین این روش‌ها، روش پیرولیز  
 راک‌ایوال به عنوان یک روش استاندارد به طور وسیعی در  
 اکتشاف نفت به کار می‌رود. حوضه زاگرس یکی از  
 مهم‌ترین حوضه‌های هیدروکربنی جهان و خاورمیانه است  
 (موریس، ۱۹۸۰). سازند شیلی پابده یکی از مهم‌ترین  
 سنگ منشأهای حوضه‌ی رسوبی زاگرس می‌باشد و تاکنون  
 مطالعاتی در زمینه پتانسیل هیدروکربن‌زایی این سازند  
 صورت گرفته است (هداوندخانی، ۱۳۹۴؛ حسینی  
 عسگرآبادی، ۲۰۱۹؛ علیزاده و همکاران، ۲۰۲۰؛  
 پورجهانگیری و سنماری، ۲۰۲۲). همچنین مطالعات  
 ژئوشیمیایی متعددی بر روی سازند پابده و دیگر سازندهای  
 دارای پتانسیل سنگ منشأ در حوضه رسوبی زاگرس انجام  
 شده است (آلا و همکاران، ۱۹۸۰؛ بوردناو و باروود، ۱۹۹۰؛

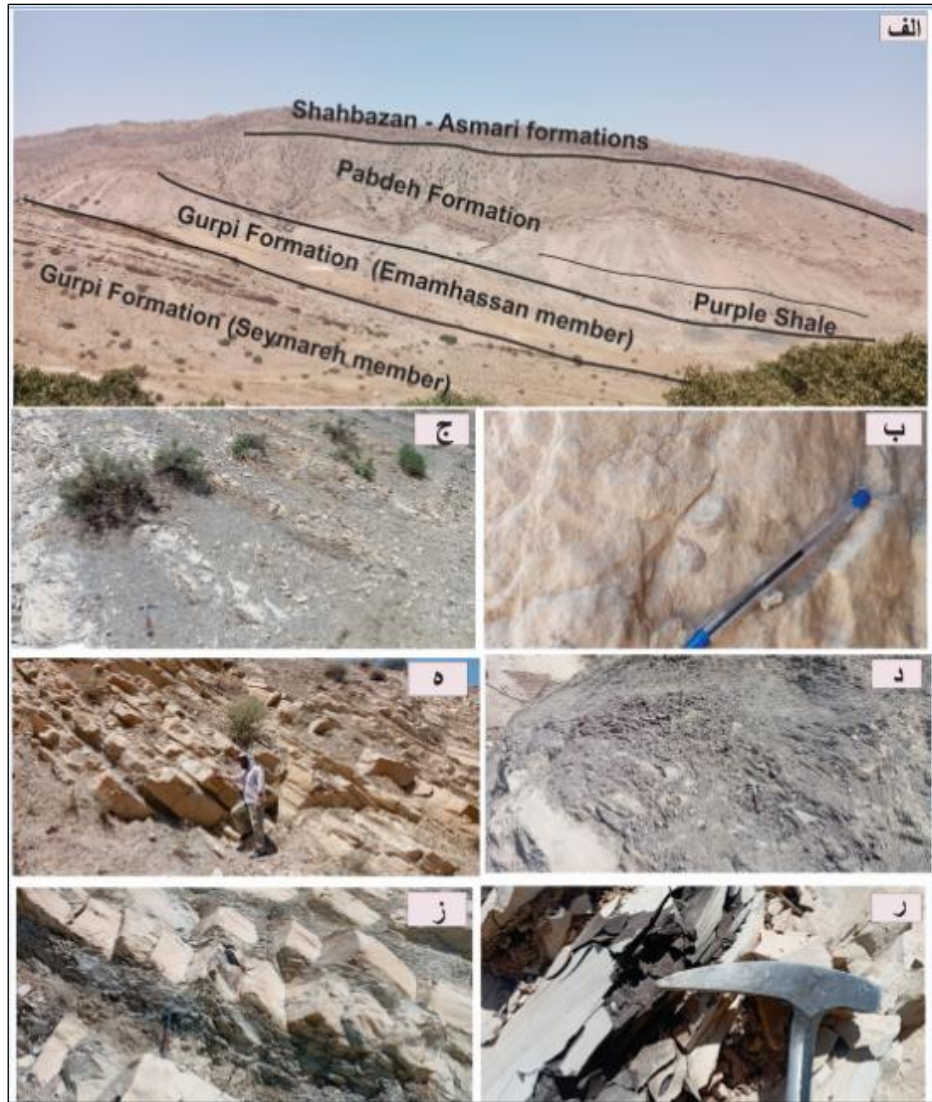


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

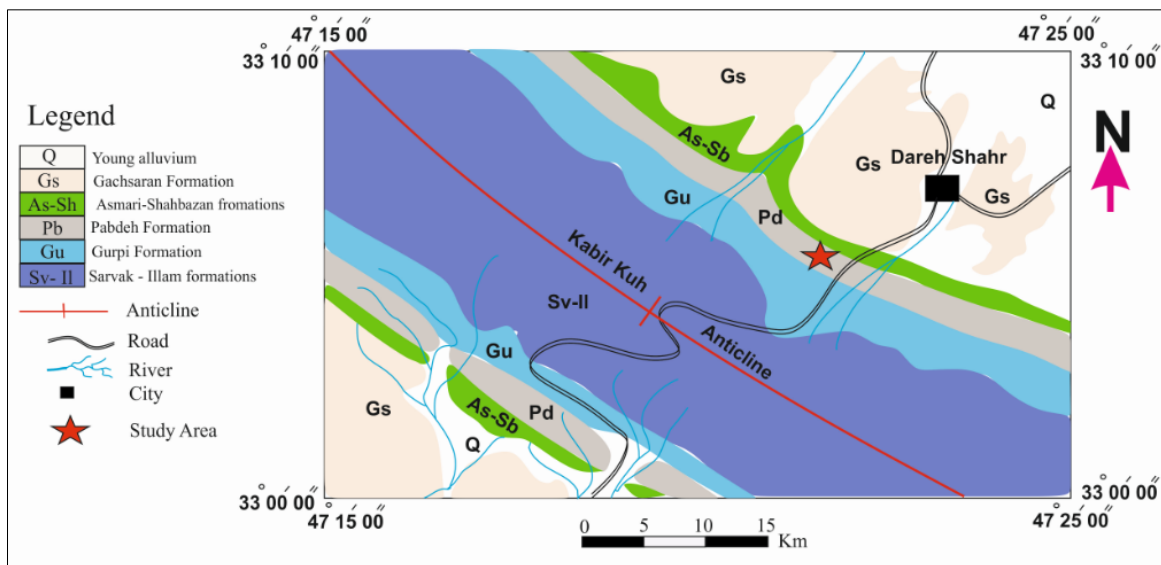
جوان زاگرس می‌باشد. سطح محوری تقادیس‌ها و  
 ناودیس‌های منطقه اغلب قائم و امتداد آن‌ها شمال غرب  
 به جنوب شرق می‌باشد. در هسته تقادیس مورد مطالعه  
 بیشترین رخنمون‌ها را سازندهای ایلام و سروک تشکیل  
 می‌دهند و بیشترین رخنمون سازند پابده با ضخامت ۱۸۰  
 متر در یال شمالی این تقادیس دیده می‌شود (شکل ۳).  
 مرز بالایی سازند پابده سازند شهبازان - آسماری و مرز  
 زیرین آن سازند گورپی می‌باشد (سپهر و کاسگرو،  
 ۲۰۰۴). این سازند شامل تناوب شیل، سنگ‌آهک رسی و  
 مارن می‌باشد.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در قسمت ابتدایی زون چین‌خورده  
 زاگرس قرار گرفته و توسط گسل زاگرس مرتفع از زاگرس  
 مرتفع جدا می‌شود. این ناحیه از لحاظ زمین‌ساختی  
 بخشی از لبه آرام قاره‌ای بوده و از لحاظ ساختاری دارای  
 چین‌های موازی و راندگی‌های هم‌شیب با فرورانش با  
 زاویه شیب کم می‌باشد. در نتیجه تغییرشکل‌ها در حد  
 جابه‌جایی لایه‌ها در حاشیه گسل‌ها و چین‌خوردگی در  
 حد مقیاس مزوسکوپی و بزرگ‌تر می‌باشد (مطیعی،  
 ۱۳۷۴). منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر حرکات تکتونیکی



شکل ۲. الف: نمایی از سازند پابده در منطقه مورد مطالعه به همراه سازندهای زیرین و بالایی آن (دید به سمت شمال باختری). ب: واحد کربناته سازند آسماری با فسیل دوکفه‌ای. ج: واحد شیلهی مربوط به سازند گورپی. د: واحد شیلهی خاکستری رنگ (سازند پابده). ه: واحد مارنی (سازند پابده). ر: واحد شیلهی خاکستری تیره (سازند پابده). ز: تناوب شیلهی و مارن (سازند پابده).



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ ایلام با تغییرات (مک لئود، ۱۹۷۰).

## ۳- مواد و روش‌ها

تعداد ۲۰ نمونه سنگ به صورت دست نخورده و غیر هوازده از واحدهای شیلی و مارنی برداشت گردید. موقعیت این نمونه‌ها روی ستون چین‌شناسی منطقه

نشان داده شده است (شکل ۴). این نمونه‌ها سریعاً بسته‌بندی شده و برای آنالیز به شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب منتقل شده‌اند و با دستگاه راکا اول ۶ مورد آنالیز قرار گرفتند.

Erathem	System	Series	Stage	Formation	Thick(m)	Sample(No)	Lithology	Description	
Cenozoic	Tertiary	Paleogene	Paleocene - Oligocene	Pabdeh	Sh-As			Thick bed gray Limestone (Shahbazan - Asmari formations)	
						20		Gray Shale	
						19			
						18			
						17			
						8	16		Gray Marl
						20	15		Dark gray Shale
						14	13		
						12	11		
						35	10		Gray Shale with interbedded Marl
						9	8		
						24	7		Light gray Marl
						23	6		Gray Shale
	5	4							
	25	3		Light gray Marl					
	2	1							
	15			Purple Shale					
	Gurpi			Gray Shale (Gurpi Formation)					

شکل ۴. ستون چین‌شناسی سازند پابده به همراه موقعیت نمونه‌های برداشت شده

## ۴- نتایج

## نتایج پیرولیز راک- اول

نتایج پیرولیز راک- اول و پارامترهای ژئوشیمیایی محاسبه شده در جدول ۱ آورده شده است. با استفاده از دستگاه راک- ایول پارامترهای S1 (هیدروکربن آزاد شده در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد)، S2 (هیدروکربن آزاد شده در درجه حرارت ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد)، S3 (دی‌اکسیدکربن تولید شده در درجه حرارت ۳۰۰ الی ۳۹۰ درجه سانتی‌گراد)، S1+S2 (پتانسیل زایشی)، HI (شاخص هیدروژن، (100S2/TOC)، و مقادیر OI (شاخص اکسیژن، mg CO<sub>2</sub>/gTOC، T<sub>max</sub> (حداکثر مقدار دمایی که در آن

کروژن تجزیه می‌شود، درجه سانتی‌گراد) محاسبه شده است.

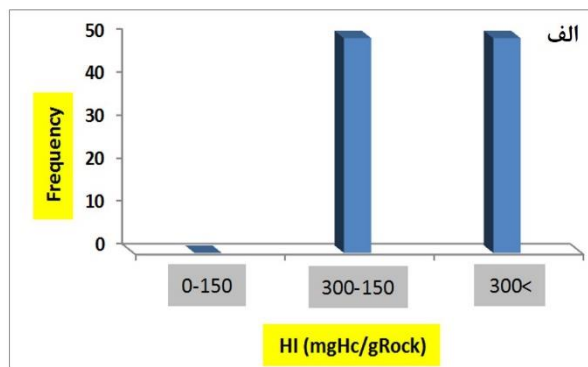
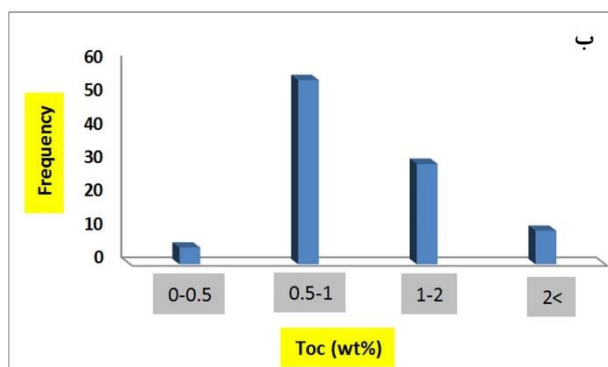
شاخص هیدروژن (HI): شاخصی است که از نسبت TOC بیان می‌شود. شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند پابده بین ۱۶۲ تا ۶۵۵ (mg HC/g TOC) و میانگین ۳۴۹ (mg HC/g TOC) در تغییر می‌باشد به گونه‌ای که ۵۰ درصد نمونه‌ها دارای HI بیش از ۳۰۰ و ۵۰ درصد بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ (mg HC/g TOC) می‌باشند (شکل ۵ الف).

کربن آلی کل (TOC): مقدار کربن آلی کل (TOC) نمونه‌های سازند پابده که به صورت (Wt%) بیان

می‌شود بین ۰/۴۲ تا ۲/۵۰ و با میانگین ۱/۰۶ در تغییر است به گونه‌ای که ۵ درصد نمونه‌ها دارای TOC بین صفر تا ۰/۵، ۵۵ درصد بین ۰/۵ تا ۱، ۳۰ درصد بین ۱ تا ۲، ۱۰ درصد بیش از ۲ می‌باشند (شکل ۵ ب).

جدول ۱. نتایج پیرولیز راک- اول سازند پابده در منطقه مورد مطالعه. پارامترهای آماری میانگین، حداکثر، حداقل نیز گزارش شده است.

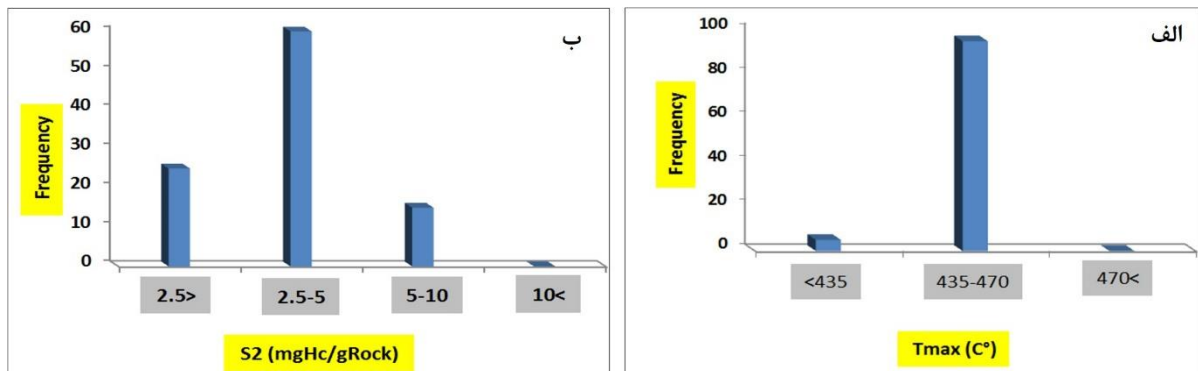
Sample No.	S1 (mgHC/grRock)	S2 (mg/HC/gTOC)	S3 (mg/HC/gTOC)	HI (mg/HC/gTOC)	OI (mgCo2/gTOC)	Tmax (C°)	Toc (wt%)	PI
Pd-1	0.6	1.5	1.6	211	225	425	0.71	0.29
Pd-2	1.2	3.9	1.2	433	133	449	0.9	0.24
Pd-3	1.5	2.8	0.69	509	125	437	0.55	0.35
Pd-4	1.65	2.2	2.2	218	218	440	1.01	0.43
Pd-5	0.6	3.5	0.9	385	99	455	0.91	0.15
Pd-6	0.5	1.9	2.1	216	239	445	0.88	0.21
Pd-7	1.2	1.2	0.9	162	122	449	0.74	0.50
Pd-8	0.99	2.9	0.8	408	113	458	0.71	0.25
Pd-9	0.86	2.8	1.5	187	100	459	1.5	0.23
Pd-10	0.88	3.1	3	238	231	449	1.3	0.22
Pd-11	0.65	4.5	1.6	375	133	436	1.2	0.13
Pd-12	1.69	3.7	0.9	569	138	441	0.65	0.31
Pd-13	1.25	2.5	0.5	595	119	435	0.42	0.33
Pd-14	0.98	3.5	2.5	427	305	446	0.82	0.22
Pd-15	1.23	1.9	1.5	194	153	450	0.98	0.39
Pd-16	1.2	3.6	0.2	655	36	440	0.55	0.25
Pd-17	0.69	3.8	2.1	292	162	438	1.3	0.15
Pd-18	0.8	5.8	3.5	232	140	442	2.5	0.12
Pd-19	1.5	5.9	0.68	393	45	448	1.5	0.20
Pd-20	1.9	5.7	3.1	271	148	443	2.1	0.25
MAX	1.9	5.9	3.5	655	305	459	2.5	0.5
MIN	0.5	1.2	0.2	162	36	425	0.42	0.12
AVG	1.09	3.34	1.57	349	149	444	1.06	0.26



شکل ۵. الف: هیستوگرام فراوانی مقادیر شاخص هیدروژن، همانگونه که پیداست نمونه‌های سازند پابده به صورت مساوی دارای HI بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ و بیش از ۳۰۰ (mg HC/g TOC) می‌باشند. و ب: نمودار فراوانی مقادیر TOC نمونه‌های سازند پابده، فراوانی با TOC بین ۰/۵ تا ۱ درصد می‌باشد.

سنگ‌های منشأ دارای  $S_2$  بین ۵ تا ۱۰ و بیشتر از ۱۰  $mgHc/gRock$  به ترتیب سنگ‌های منشأ با پتانسیل هیدروکربن‌زایی خوب و عالی، هم‌چنین سنگ‌های منشأ که دارای  $S_2$  بین ۲/۵ تا ۵ و کمتر از ۲/۵  $mgHc/gRock$  می‌باشند به ترتیب در ردیف سنگ‌های منشأ با پتانسیل هیدروکربن‌زایی متوسط و ضعیف قرار می‌گیرند. لذا سازند پابده در ناحیه مورد مطالعه با داشتن مقادیر ۲۵ درصد  $S_2$  کمتر از ۲/۵، ۶۰ درصد بین ۲/۵ تا ۵ و ۱۵ درصد بین ۵ تا ۱۰  $mgHc/gRock$  می‌تواند یک سنگ منشأ با پتانسیل هیدروکربن‌زایی متوسط باشد (شکل ۶ ب).

ماکزیمم درجه حرارت ( $T_{max}$ ): مقادیر  $T_{max}$  که به صورت ( $^{\circ}C$ ) بیان می‌شود، دمایی است که پیک  $S_2$  در آن حداکثر خود را نشان داده و به عنوان یک پارامتر بسیار عالی جهت ارزیابی بلوغ حرارتی نمونه سنگ منشأ مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر  $T_{max}$  نمونه‌های سازند پابده بین ۴۲۵ تا ۴۵۹ و میانگین  $444^{\circ}C$  در تغییر می‌باشد به گونه‌ای که ۹۵ درصد نمونه‌ها دارای  $T_{max}$  بین ۴۳۵ تا  $470^{\circ}C$  و ۵ درصد نمونه‌ها دارای  $T_{max}$  کمتر از  $435^{\circ}C$  می‌باشند (شکل ۶ الف). طبق مطالعات (اسپیتاله و همکاران، ۱۹۸۵؛ پترس، ۱۹۸۶)



شکل ۶. الف: هیستوگرام مقادیر  $T_{max}$  نمونه‌های سازند پابده، فراوانی با مقادیر بین  $435^{\circ}C$  تا  $470^{\circ}C$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد. و ب: هیستوگرام مقادیر  $S_2$  نمونه‌های سازند پابده، بیشتر نمونه‌ها دارای  $S_2$  بین ۲/۵ تا ۵  $mgHc/gRock$  می‌باشند.

فرآورده سیال (نفت خام) می‌باشد. منشأ مواد آلی این نوع کروژن عمدتاً جلبک‌های آب شیرین می‌باشند (کروژن نوع دریاچه‌ای). کروژن‌های نوع II در مراحل اولیه دیاژنز مقادیر زیادی گاز  $CO_2$  و هیدروکربورهای مایع و در مراحل پایانی فاز کاتائز و متائز، گاز متان تولید می‌کنند. بیشتر کروژن‌های نوع II دریایی می‌باشند (تیسوت و همکاران، ۱۹۷۴). نمودار OI در مقابل HI علاوه بر تعیین نوع کروژن، بیانگر نوع هیدروکربن تولید شده نیز می‌باشد (هانت، ۱۹۹۶). طبق این نمودار نمونه‌های سازند پابده دارای فراوانی کروژن نوع II می‌باشند و چنانچه بلوغ حرارتی کافی را طی کنند توان تولید هیدروکربن مایع را خواهند داشت (پترس و کاسا، ۱۹۹۴) (شکل ۷ ب). این نتایج با نتایج شاخص هیدروژن (نمونه‌ها دارای HI بیش از ۳۰۰  $mgHc/gRock$  می‌باشند) نیز سازگاری دارد. شروع پنجره نفتی در  $T_{max}$  بین  $435^{\circ}C$  تا  $465^{\circ}C$

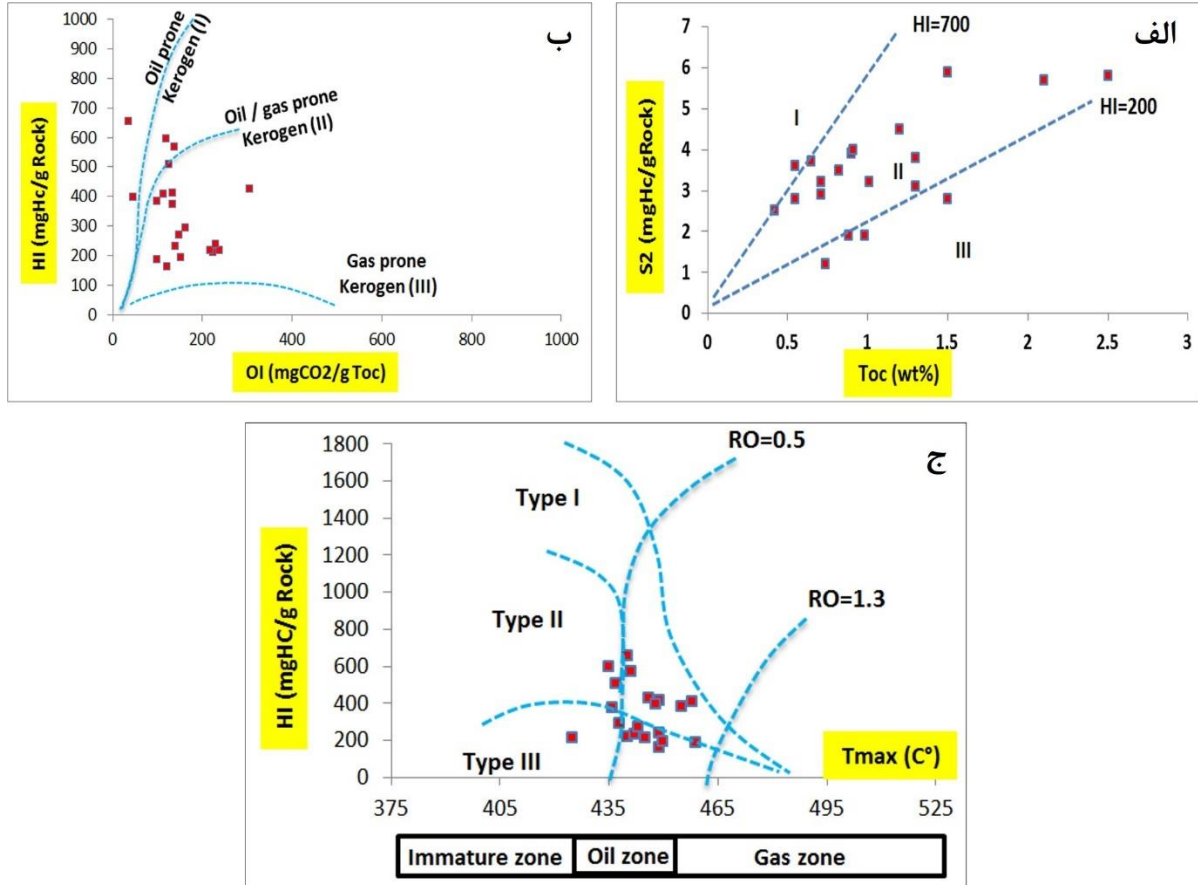
### نوع کروژن<sup>۱</sup>

انواع کروژن را می‌توان به کمک نمودار مقادیر  $S_2$  در برابر TOC مشخص نمود (لنگفورد و بلنس والرون، ۱۹۹۰). تعیین نوع کروژن به کمک مدل سینتیکی و بر اساس نوع مواد آلی نسبت به نمودار ون کروژن انجام و تفکیک می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۱۷؛ چن و همکاران، ۲۰۱۹). نمونه‌های سازند پابده در منطقه مورد مطالعه مخلوطی از کروژن‌های نوع II و III می‌باشند، کروژن نوع III دارای فراوانی ۲۰ درصد، کروژن نوع II دارای فراوانی ۷۵ درصد و کروژن نوع I دارای فراوانی ۵ درصد می‌باشد (شکل ۷ الف). منشأ این نوع کروژن‌ها را می‌توان به منشأ خشکی (مواد آلی گیاهی) و دریایی نسبت داد که طی مرحله دیاژنز و کاتائز توانایی تولید نفت و گاز را خواهند داشت. کروژن‌های نوع I هیدروکربورهای مایع تولید می‌کنند. ساختار این نوع کروژن‌ها به گونه‌ای است که حداکثر توان تولید آن‌ها،

<sup>4</sup> Kerogen Type

آن‌ها در مرحله نابالغ قرار گرفته‌اند. ضریب انعکاس ویترنیت کمتر از ۱/۳ درصد نمونه‌ها نیز این موضوع را تأیید می‌کند. (شکل ۷ ج).

سانتی‌گراد و پایان پنجره‌ی نفتی در  $T_{max}$  حدود ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد است (هانت ۱۹۹۶). لذا اکثر نمونه‌های سازند پابده در ابتدا و اواسط پنجره نفت‌زایی قرار دارند (حدود ۷۵ درصد) و فقط تعداد کمی (۲۵ درصد) از

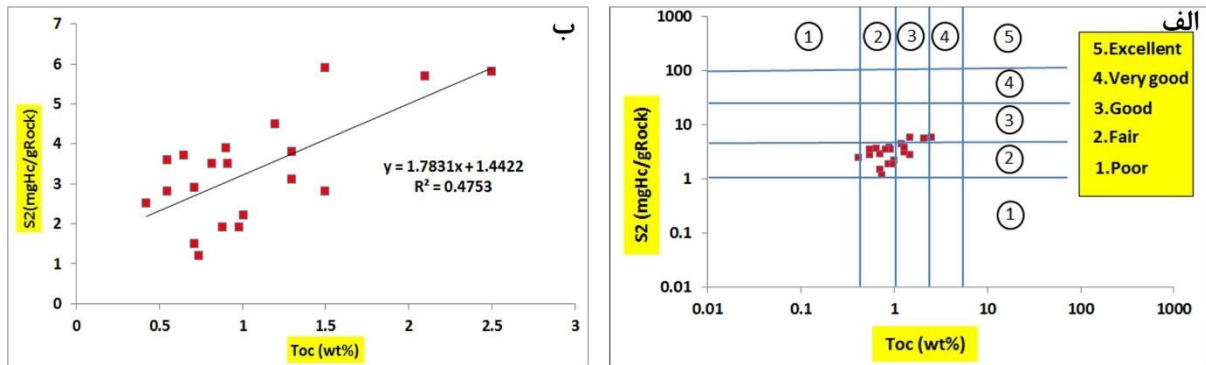


شکل ۷. الف: نمودار  $S_2$  در مقابل  $TOC$  که بیانگر نوع کروژن می‌باشد اکثر نقاط در محدوده کروژن نوع II قرار گرفته‌اند. ب: مقادیر  $OI$  در مقابل  $HI$  برای سازند پابده در منطقه مورد مطالعه، بیشتر کروژن‌های سازند پابده از نوع II بوده و در محدوده تولید نفت قرار دارند. ج: نمودار  $HI$  در مقابل  $T_{max}$  که بیانگر بلوغ ماده آلی می‌باشد. بیشتر نمونه‌های سازند پابده در ابتدا تا اواسط پنجره نفت‌زایی قرار دارند و تنها مقدار کمی از آن‌ها در مرحله نابالغ قرار دارند.

کند. اگر این خط در نمودار مذکور محور X ها را در جهت مثبت قطع نماید، بیانگر وجود ماتریکس کانی در حین پیرولیز می‌باشد، ولی اگر محور X ها را در جهت منفی قطع نماید، بیانگر عدم ماتریکس کانی در نمونه‌ها می‌باشد (کاتز، ۱۹۸۳؛ اسپیتالیه و همکاران، ۱۹۸۵). سازند پابده در منطقه مورد مطالعه فاقد آثار ماتریکس کانی می‌باشد (شکل ۸ ب). هم‌چنین با امتداد دادن خط رگرسیون، این خط محور  $TOC$  را قطع می‌کند که بیانگر وجود کربن آلی مرده در نمونه‌های سازند پابده است و این کربن هیچ نقشی در پتانسیل هیدروکربن‌زایی ندارد (داهل و همکاران، ۲۰۰۴) (شکل ۸ ب).

### پتانسیل هیدروکربن‌زایی، ماتریکس کانی، کربن آلی مرده

نمودار  $S_2/TOC$  بیان‌گر پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ می‌باشد (پترس، ۱۹۸۶). سازند پابده در منطقه مورد مطالعه یک سنگ منشأ با پتانسیل متوسط تا نسبتاً خوب می‌باشد (شکل ۸ الف). هم‌چنین با استفاده از نمودار  $S_2/TOC$  می‌توان میزان جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ و کربن آلی مرده را تعیین نمود. در مواردی که جذب هیدروکربن توسط ماتریکس سنگ وجود ندارد، خط رگرسیون در این نمودار باید از نقطه مبدا عبور



شکل ۸. الف: نمودار  $S_2/TOC$  که بیان‌گر پتانسیل هیدروکربن‌زایی (هانت، ۱۹۸۶) است. سازند پابده یک سنگ منشأ با پتانسیل متوسط تا نسبتاً خوب می‌باشد. ب- مقادیر  $S_2$  در مقابل  $TOC$  برای مشخص نمودن کربن آلی مرده و ماتریکس کانی (کاتز، ۱۹۸۳؛ اسپیتالیه و همکاران، ۱۹۸۵؛ داهل و همکاران، ۲۰۰۴). نمونه‌های سازند پابده در منطقه مورد مطالعه دارای آثار ماتریکس کانی و کربن آلی مرده می‌باشند که این نوع کربن هیچ نقشی در پتانسیل هیدروکربن‌زایی ندارد.

قرار می‌گیرد (جونز، ۱۹۸۷). بر اساس مقادیر  $TOC$  و  $HI$  محدوده رخساره این سازند تعیین شده است (شکل ۹ ج). بر این اساس محدوده رخساره این سازند شامل: C (۳۰ درصد)، BC (۵۰ درصد) و به مقدار کمتر B (۱۵ درصد) و AB (۵ درصد) که این تنوع رخساره‌ای می‌تواند به دلیل تنوع مواد آلی با منشأ دریایی و قاره‌ای باشد و رسوبگذاری آن به طور عمده در محیط‌های نسبتاً احیایی از قبیل Pro-Delta، شلف خارجی، و بخش‌های بالایی شیب قاره صورت گرفته و چنانچه مراحل بلوغ حرارتی را طی کند توانایی زایش میعانات و گاز را خواهد داشت. این نتیجه کاملاً با نتایج شکل ۹ - ب که نشان دهنده تجمع مواد آلی در مرحله سطح بالای آب دریاست تطابق دارد.

#### شاخص سنگ منشأ ( $SPI_r$ )

برای پی بردن به حداکثر هیدروکربن تولیدی از ستونی از یک سنگ منشأ در یک متر مربع از سطح تولید (دیماسیون و هوپزینگا، ۱۹۹۱) از معادله یک استفاده می‌شود:

$$SPI_r = h \times [(S_1 + S_2)/1000] \times \rho \quad (1) \text{ معادله (۱)}$$

که در آن  $SPI_r$  شاخص سنگ منشأ،  $h$  ضخامت سنگ منشأ (بر حسب متر)،  $\rho$  وزن مخصوص سنگ منشأ و مقدار  $(S_1 + S_2)$  متوسط شاخص تولید (بر حسب کیلوگرم هیدروکربن در تن سنگ منشأ) می‌باشد. بر پایه مطالعات (دیماسیون و هوپزینگا، ۱۹۹۱) چگالی سنگ‌های منشأ را  $2/5$  تن در متر مکعب برآورد کرده‌اند. آن‌ها همچنین بیان کرده‌اند که سنگ‌های منشأیی که  $SPI_r$  آن‌ها کمتر از ۲، بین ۲ تا ۷ و بیشتر از ۷ باشند به ترتیب پتانسیل سنگ

#### سیستم تراکت<sup>۱</sup> و رخساره‌های آلی<sup>۲</sup>

برای اطمینان از وجود یا عدم آغستگی نمونه‌ها به مواد هیدروکربنی، از نمودار  $S_1/TOC$  استفاده می‌شود (هانت، ۱۹۹۶). این نمودار نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد مطالعه سازند پابده بدون آلودگی بوده و در واقع درجاً بوده‌اند (شکل ۹ الف). نمونه‌ها در زیر مرز دو گروه مواد هیدروکربنی نابرجا و برجا و در محدوده‌ی هیدروکربن‌های برجا قرار می‌گیرند. برای پی بردن به وضعیت سطح آب دریا در هنگام ته‌نشست یک سنگ منشأ و موقعیت سازند از دیدگاه چینه‌نگاری سکاسی و سیستم تراکت، می‌توان از نمودار  $HI/TOC$  استفاده کرد (پاسلی و همکاران، ۱۹۹۱). در سیستم تراکت سطح بالای آب ( $TST$ ) بیشترین مقدار  $TOC$  در رسوبات انباشته می‌شود، ولی در زمان سطح پایین آب ( $LST$ ) قسمت بزرگی از فلات قاره از آب خارج بوده و مواد آلی از خشکی وارد محیط رسوبی می‌شود و در نتیجه مقدار  $TOC$  نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند (هانت، ۱۹۹۶). با توجه به نمودار  $HI$  در مقابل  $TOC$  (شکل ۹ ب) بیشتر نمونه‌های سازند پابده در سطح بالای آب بر جای گذاشته شده‌اند که دلیل آن می‌تواند چیرگی رخساره‌های دریایی در تشکیل آن‌ها باشد و همین امر پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند را افزایش می‌دهد. از این رو کروژن‌های سازند پابده عمدتاً از نوع II بوده و تنها توان تولید هیدروکربن مایع را نشان می‌دهند.  $HI$  نمونه‌ها (بیش از ۳۰۰) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. این نمودار همچنین برای تعیین رخساره‌های آلی نیز مورد استفاده

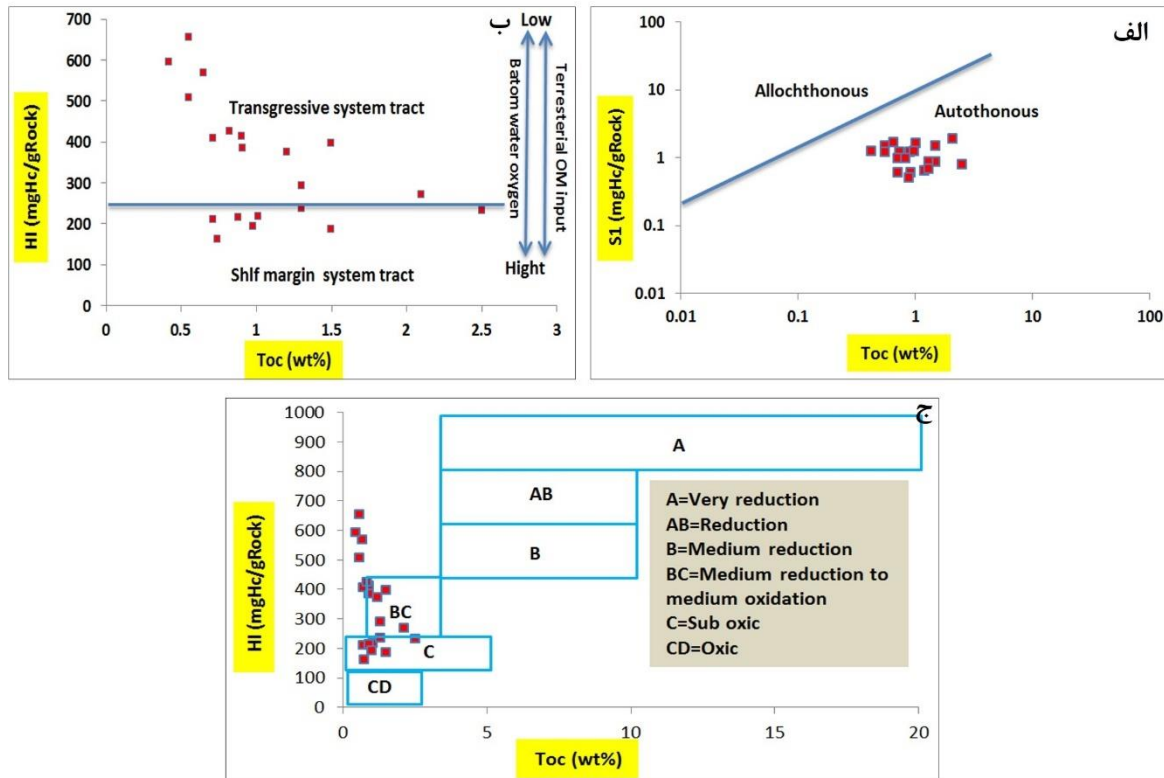
<sup>6</sup> Organic Facies

<sup>5</sup> System Tract



سازند پابده در منطقه مطالعاتی دارای  $SPI_r$  ۳/۹ بوده و یک سنگ منشأ با پتانسیل متوسط ارزیابی می‌گردد (جدول ۲).

منشأ کم، متوسط و بالا می‌باشد. ضخامت سازند پابده در منطقه مورد مطالعه حدود ۱۸۰ متر می‌باشد. نمونه‌های



شکل ۹. الف: مقادیر S1 در مقابل TOC (هانت، ۱۹۹۶). این نمودار بیانگر عدم آلودگی نمونه‌های سازند پابده و برجا بودن هیدروکربن‌های تولیدی می‌باشد. ب- مقادیر HI در مقابل TOC برای تعیین سیستم تراکت (پاسلی و همکاران، ۱۹۹۱). بیشتر نمونه‌های سازند پابده در سطح بالای آب بر جای گذاشته شده‌اند. ج: نمودار مقادیر TOC در مقابل HI برای تعیین رخساره آلی (جونز، ۱۹۸۷). اغلب نمونه‌های سازند پابده در ناحیه مورد مطالعه در شرایط C و BC و به مقدار کمتر B و AB رسوب کرده‌اند.

جدول ۲. محاسبه مقدار  $SPI_r$  برای سازند پابده در منطقه مورد مطالعه. مقدار ۱/۹۸ بیانگر وجود یک سنگ منشأ با پتانسیل کم است.

سازند	ضخامت (متر)	چگالی (تن در متر مکعب)	$(S1 + S2)$	شاخص $SPI_r$	پتانسیل سنگ منشأ
پابده	۱۸۰	۲/۵	۴/۴	۱/۹۸	کم

کروژن نوع II از فراوانی بیشتری برخوردار است، در این منطقه سازند پابده از نظر پتانسیل هیدروکربن‌زایی در رتبه سنگ منشأهای ضعیف ارزیابی گردید. اورک و همکاران (۱۳۹۷) ژئوشیمی آلی سازند پابده را در خلیج فارس و فروافتادگی دزفول مورد ارزیابی قرار دادند. بر این اساس کروژن‌های موجود در هر دو منطقه مورد مطالعه از نوع II و III و مخلوطی از II/III می‌باشند. اکثر این کروژن‌ها نابالغ هستند و در مرحله دیاژنز قرار دارند، سازند پابده در مناطق مورد مطالعه یک سنگ منشأ با پتانسیل هیدروکربن‌زایی خوب ولی نابالغ شناخته می‌شود. میربیک‌سبزواری و همکاران (۱۴۰۰) ژئوشیمی آلی سازند پابده را در شمال باختری کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند و کروژن غالب

## ۵- مقایسه ژئوشیمی آلی سازند پابده در برش مورد

### مطالعه با سایر برش‌ها در مناطق دیگر

موسوی و همکاران (۱۳۹۱) ژئوشیمی آلی سازند پابده را در میدان نفتی پرسپناه، شمال باختری ایذه مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس مطالعات صورت گرفته سازند پابده در این منطقه یک سنگ منشأ با پتانسیل ضعیف تا خوب ارزیابی گردید و کروژن‌های آن مخلوطی از نوع II و III می‌باشند و مقدار کمی از این کروژن‌ها وارد پنجره نفتی شده‌اند. محسنی و همکاران (۱۳۹۴) توان هیدروکربن‌زایی سازند پابده را در جنوب باختری کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش مشخص گردید کروژن‌های موجود در سازند پابده از نوع I، II و III می‌باشند ولی

تجزیه و تحلیل راک-اول. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۲۴، شماره ۳، ص ۹۵-۱۰۸.  
 بازوندی، ا.، سنماری، س.، ملکی، ب.، آرمانی، پ (۱۳۹۸) مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری با استفاده از داده‌های پیرولیز راک-اول و با نگرش ویژه به مدل آرنیوس در یکی از چاه‌های میدان نفتی اهواز. نشریه پژوهش نفت، شماره ۱۰۹، ص ۱۲۰-۱۳۱.  
 زروانی، ا.، آدابی، م.، ح.، ده‌یادگاری، ا.، قدرتی، ا.، ح (۱۴۰۱) بررسی ژئوشیمی رسوبی و آلی سازند پابده در برش تاقدیس منگشت واقع در شمال غرب زون ایزه. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، جلد ۱۹، ص ۱-۱۲.

صابری، ف.، حسینی‌برزی، م.، اپرا، ع (۱۳۹۹) تاثیر کانی‌های رسی بر مهاجرت اولیه هیدروکربن در سنگ منشأ پابده، میدان نفتی کرنج. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۸، شماره ۱۶، ص ۴۵-۵۴.

مبشری، ع.، حسینی‌برزی، م.، صادقی، ع.، کاوسی، م.، ع (۱۴۰۰) ارزیابی ژئوشیمی آلی توالی کرتاسه بالایی- پالئوژن (سازند گورپی) در برش پشته از ساختمان کبیرکوه، نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۷، ص ۸۳-۹۶.

محسنی، ح.، منصوری، ح.، خدابخش، س.، معمارپانی، م (۱۳۹۴) ارزیابی توان هیدروکربن‌زایی سازند پابده در جنوب باختری استان کرمانشاه (شهرستان گیلان‌غرب). نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۳، شماره ۵، ص ۷۱-۸۳.  
 مطیعی، ه (۱۳۷۴) زمین‌شناسی نفت زاگرس، جلد ۱ و ۲، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران. ۸۵۰ ص.

موسوی، م.، ح.، عبدالزاده، س.، کمالی، م.، ر.، شایسته، م.، احمدی، ا.، کعبی مفرد، ا (۱۳۹۱) ژئوشیمی آلی سنگ‌های منشأ کرتاسه بالایی (سازند گورپی) و پالئوژن (سازند پابده) در میدان نفتی پرسیاه، شمال باختری ایزه. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۲۸، شماره ۴، ص ۱-۲۴.  
 میربیک سبزواری، ک.، صداقت‌نیا، م.، موری، ش.، عیبات، ا (۱۴۰۰) ارزیابی پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند پابده در شمال باختری کرمانشاه با استفاده از پیرولیز راک-ایول ۶. نشریه زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱۱، شماره ۴، ص ۹۴۴-۹۵۴.

هداوندخانی، ن (۱۳۹۴) لیتواستراتیگرافی و بایواستراتیگرافی سازند پابده (در برش چهارده، تنگ حتی و یال شمالی تنگ پابده) پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی تهران. ۴۸۷ ص.

Ala, M. A., Kinghorn R. R. F. and Rahman, M (1980) Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum

در این سازند را مخلوطی از نوع II و III تشخیص دادند که کروژن نوع II از فراوانی بیشتری برخوردار است. در این برش سازند پابده یک سنگ منشأ با پتانسیل متوسط تا نسبتاً خوب ارزیابی گردید. زروانی و همکاران (۱۴۰۱) ژئوشیمی رسوبی و آلی سازند پابده را در شمال غرب زون ایزه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که سازند پابده در این منطقه فاقد پتانسیل زایش هیدروکربن می‌باشد.

## ۶- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کروژن سازند پابده ترکیبی از نوع II و نوع III می‌باشد، اما کروژن نوع II فراوانی بیشتری دارد که می‌تواند به دلیل چیرگی رخساره‌های دریایی تشکیل دهنده این سازند باشد. این کروژن‌ها از نظر تغییرات سطح آب دریا در مرحله بالا آمدگی سطح آب دریا تشکیل شده‌اند که دلیلی بر چیرگی رخساره‌های دریایی در این سازند می‌باشد. انعکاس ویتترینیت (RO) نمونه‌ها کمتر از ۱/۳ بوده که بیانگر یک سنگ منشأ نابالغ می‌باشد. ۷۵ درصد از نمونه‌ها دارای انعکاس ویتترینیت بین ۰/۵ و ۱/۳ بوده در پنجره تولید نفت و هیدروکربن‌های مایع قرار گرفتند که با Tmax بین ۴۳۵ تا ۴۶۰ درجه سانتی‌گراد تایید می‌شوند. رخساره‌های آلی تشکیل دهنده این سازند شامل: رخساره آلی C (۳۰ درصد)، BC (۵۰ درصد) و به مقدار کمتر B (۱۵ درصد) و AB (۵ درصد) می‌باشند. این تنوع رخساره‌ای می‌تواند به دلیل تنوع مواد آلی باشد که از منشأ دریایی و قاره‌ای وارد حوضه رسوبگذاری شده و در محیط‌های نسبتاً احیایی از قبیل Pro-Delta، شلف خارجی، و بخش‌های بالایی شیب قاره رسوبگذاری نموده‌اند. در حوضه‌ی رسوبی زاگرس، سازند پابده یک سنگ منشأ جوان (پالئوسن-الیگوسن) می‌باشد و شاخص سنگ منشأ (SPI<sub>r</sub>) آن ۱/۹۸ بوده و یک سنگ‌منشأ با پتانسیل کم ارزیابی می‌گردد و چنانچه مراحل بلوغ حرارتی کافی در آن طی شود می‌تواند هیدروکربون‌های گازی و مایع در آن تولید شود.

## منابع

اورک، ز.، کردی، م.، کریمی، ا.، ر (۱۳۹۷) ارزیابی ژئوشیمیایی و گسترش رخساره‌های آلی سازند پابده در سواحل شمال غربی خلیج فارس و جنوب فروافتادگی دزفول با استفاده از

- deposition of the Pabdeh Formation in SE Ilam (SW Iran). *Geopersia*, 9 (1): 89-109.
- Hunt, J. M (1996) *Petroleum geochemistry and geology*. W. H. Freeman and Company, New York, 743 p.
- Jones, R. W (1987) Organic facies. In: Brooks, J., and Welte, D., (Eds). *Advances in petroleum geochemistry 2*. Academic Press, London, 1-9.
- Katz, B. J (1983) Limitation of Rock-Eval pyrolysis from typing organic matter. *Organic Geochemistry*, 4: 195-199.
- Kobrae, M., Rabanni, A., Taati, F (2017) Source rock characteristics of the Early Cretaceous Garau and Gadvan formations in the western Zagros Basin—southwest Iran. *J Petrol. Explor. Prod. Technol.*, 7: 1051–1070.
- Kotorba, M. J., Wieclaw, D., Kosakowski, P., Zacharski, J., and Kowalski, A (2003) Evaluation of source rock and petroleum potential of middle Jurassic strata in the south-eastern part of Poland, *Prezeglad. Geologi Czny*, 51: 1031-1040.
- Langford, F. F., Blanc-Valleron, M. M (1990) Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon: *AAPG. Bull.*, 74 (6): 804-779.
- MacLeod, J. H (1970) Kermanshah geological compilation map: Iranian Oil Operating Companies, scale 1:100,000, sheet number 20812 W.
- Mashhadi, Z. S., Rabbani, A. R (2015) Organic geochemistry of crude oils and Cretaceous source rock in the Iranian sector of the Persian Gulf; an oil–oil and oil–source rock correlation study. *Int. J. Coal Geol.*, 146: 118–144.
- Mashhadi, Z. S., Kamali, M. R., Rabbani, A. R (2014) Source rock evaluation and geochemical characterization of Albian Kazhdumi Formation offshore SW Iran. In: *Third EAGE exploration workshop*, 6–9 April 2014, Abu Dhabi, UAE
- Murris, R. J (1980) Middle East: stratigraphic evolution and oil habitat. *AAPG Bulletin*, 4: 597-618.
- Pasley, M., Gregory, W., and Hart, G. F (1991) Organic matter variations in transgressive and regressive shale. *Organic Geochemistry*, 17(4): 483-509.
- Peters, K. E., and Cassa, M. R (1994) Applied source rock geochemistry. In: Magoon, L. B., Dow, W.G. (Eds.), *The petroleum system- From source to trap*: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 60: 93-120.
- Peters, K. E (1986) Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 70: 318-329.
- Poorjahangiri, M., Senmari, S (2022) Hydrocarbon Generation Potential of the Zagros Basin, Pabdeh Formation Using Rock – Eval Pyrolysis province, Southwest of Iran *Petroleum Geology*, 3: 61-86.
- Alizadeh, B., Janatmakan, N., Ghalavand, H., GHobeyshavi, A (2012a) Geochemistry and sequence stratigraphy of the Pabdeh Formation in Mansouri oil field, Southwest of Iran. *Journal of Advanced Applied Geology*, 1 (5): 27-40.
- Alizadeh, B., Sarafdokht, H., Rajabi, M., Opera, A., Janbaz, M (2012b) Organic geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian-Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rocks in southern part of Dezful Embayment, Iran. *Organic Geochemistry*, 49: 36-46.
- Alizadeh, B., Opera, A., Kalani, M., Alipour, M (2020) Source rock and shale oil potential of the Pabdeh Formation (Middle–Late Eocene) in the Dezful Embayment, southwest Iran. *Geologica acta: an international earth science journal*, 18(1): 14.
- Bordenave, M. L., and Burwood., R (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations, *Organic Geochemistry*, 16: 366-387.
- Bordenave, M. L., and Huc, A. Y (1995) The Cretaceous source rock in the Zagros Foothills of Iran: *Reve De Institut Francais Du Petrol.*, 50: 727-754.
- Chen, Z., Liu, X. Guo, Q., Jiang, C. and Mort, A (2017) Inversion of source rock hydrocarbon generation kinetics from Rock-Eval data, *Fuel*, 194: 91-101.
- Chen, Z., Liu, X. and Osadetz, K. G (2019) Petroleum generation kinetic models for Late Ordovician kukersite Yeoman formation source rocks, Williston Basin (southern Saskatchewan), Canada, *Fuel*, 241: 234–246.
- Dahl, B., Bojesten-Keoford, J., Holm, A., Justwan, H., Rasmussen, E., and Thomsen, E (2004) A new approach to interpreting Rock-Eval S2 and TOC data for kerogen quality assessment. *Organic Geochemistry*, 35(11-12): 1461-1477.
- Demasion, G. J., and Huizinga, B. J (1991) Genetic classification of the petroleum system. *AAPG. Bulletin*, 75: 1624-1643.
- Espitalie, J., Deroo, G., Marquis, F (1985) La pyrolysis Rock-Eval at ses applications *Revue Institue France-aisdu Petrol*, part I, 40: 563-587, part II, 40: 755-784(in French).
- Ghasemi-Nejad, E., Head, A. M., Naderi, M (2009) Palynology and petroleum potential of the Kazhdumi Formation (Cretaceous: Albian–Cenomanian) in the South Pars field, northern Persian Gulf, *Marine and Petroleum Geology. Marine and Petroleum Geology*, 26: 805–816.
- Hosseini Asgarabadi, Z., Khodabakhsh, S., Mohseni, H., Abbassi, N., Halverson, G. Hao Bui, T (2019) Microfacies, geochemical characters and possible mechanism of rhythmic

- Technique. Geoconvention, Calgary, Canada, 1-5.
- Rabbani, A. R., Bagheri Tirtashi, R (2010) Hydrocarbon source rock evaluation of the super-giant Ahwaz oilfield, SW Iran. *Aust J Basic Appl Sci*, 4: 673–686.
- Sepehr, M. Cosgrove, J. W (2004) Structural framework of the Zagros Fold–Thrust Belt, Iran. *Mar Pet Geol*, 21: 829–843
- Tissot, B. P., Durand, B., Espitalie, J., and Combaz, A (1974) Influence of nature and diagenesis of organic matter information of petroleum, *AAPG Bulletin*, 58: 499-506.

## Evaluation of organic geochemical parameters in probable source rock of Zagros sedimentary basin (case study of Pabde h F ormation, Kabirkoh anticline, Ilam province)

R. Rastin<sup>1\*</sup>, M. Sedaghatnia<sup>2,4</sup>, B. Yousofi Yeganeh<sup>3</sup> and M. Vidafar<sup>5</sup>

1- M. Sc. (graduated), of Geology, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Ph. D., student sedimentology and sedimentary rocks, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

4-Expert of the Central Laboratory of Lorestan University, Khorramabad, Iran

5-National Iranian Company South Oil, Ahvaz, Iran

\* Rezarastin674@gmail.com

Recieved: 2022.5.2 Accepted: 2022.8.22

### Abstract

In this research, Pabde Formation (Paleocene-Oligocene) was evaluated as one of the hydrocarbon producing formations in the Zagros sedimentary basin from the point of view of organic geochemistry and hydrocarbon generation potential. In this regard, a 180-meter-thick stratigraphic section was selected on the northern side of the Kabirkoh anticline, Dere Shahr city, and 20 healthy and non-weathered rock samples were taken from this section for Rock-Eval 6 analysis. Lithology of Pabdeh formation in the interval study section6 was taken for Rock-Eval analysis. The lithology of Pabdeh Formation in the section under study is an interval of shale and marl, where the shale facies is dominant. Plotting S 2 values against Toc indicates a medium to relatively good source rock for Pabdeh Formation, whose kerogen was detected as a combination of type II and type III, but type II kerogen is more abundant, which can be due to the dominance of marine facies. be the constituent of this formationThe plot of Tmax values against HI showed that 25% of the samples are in the immature range and 75% of them are in the beginning to the middle of the oil generation window, which is confirmed by Tmax between 435 and 460 degrees Celsius. The diagram of HI versus Toc indicates the formation of various organic facies in Pabde formation, these facies include: organic facies C (30 percent), BC (50 percent) and to a lesser extent B (15 percent) and AB (5 percent). This facies diversity can be due to the diversity of organic materials with marine and continental origin and sedimentation in relatively regenerating environments such as the Pro-Delta, the outer shelf, and the upper parts of the continental shelf.

**Keywords:** Pabdeh Formation, Organic geochemistry, Hydrocarbon generation potential, Kabirkoh.