

# بررسی ویژگی‌های ژئوشیمی آلی و ایزوتوپی نهشته‌های بیتومین در حوضه رسوبی اواخر کرتاسه - پالئوسن لرستان (به طور موردی نواحی کوه‌دشت، پلدختر و سپیددشت)

نسیم ملکی صادقی<sup>۱</sup>، احمد احمدی خلجی<sup>۱\*</sup>، رضا زارعی سهامیه<sup>۱</sup> و زهرا طهماسبی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

## چکیده

منطقه مورد مطالعه جزئی از زون زاگرس چین‌خورده است و در حوضه رسوبی لرستان قرار دارد که در این راستا سه منطقه با پتانسیل بالایی از بیتومین انتخاب شد که شامل منطقه شمالی کوه‌دشت، شمال خاور پلدختر و جنوب خاور سپیددشت می‌باشند. در مناطق مورد مطالعه بیتومین‌ها به صورت رگه‌هایی در میان شکستگی‌ها و به صورت میان‌لایه‌هایی با سنگ میزبان رخنمون دارند که سبترای این رگه‌ها بین ۱۰ سانتی‌متر تا بیش از ۱/۵ متر می‌باشند. مطالعات صحرایی نشان داد که بیتومین‌های مورد مطالعه در شیل‌های سازند امیران توسعه پیدا کرده‌اند. بر پایه نتایج حاصل از ژئوشیمی آلی، ۸۰/۱۰ تا ۹۳/۶۰ درصد ترکیبات اشباع شده قابل استخراج در رده آسفالتن‌ها قرار می‌گیرند و از نظر بلوغ حرارتی (پختگی مواد آلی) کیفیت بسیار مطلوبی دارند. نمونه‌های مورد مطالعه در یک محیط رسوبی کاهیده (احیا) تا کمی کاهیده شکل گرفته‌اند. رسم نمودار Homohopane C<sup>34</sup>/C<sup>35</sup> در برابر Hopane C<sup>29</sup>/C<sup>30</sup> برای بیتومین‌های مورد مطالعه نشان داد که سنگ مولد نمونه‌های مورد مطالعه ماهیتی کربناته و آواری دارند. این موضوع را می‌توان با توجه به سنگ‌شناسی سازنده‌های مولد بیتومین‌ها مانند سازنده‌های ایلام و گورپی در مناطق مورد مطالعه توجیه کرد. نمودار مثلثی استران‌های منظم (m/z=217) برای بیتومین‌های مورد مطالعه نشان داد که منشأ ترکیبات آلی بیتومین‌های مورد مطالعه غالباً دریایی با مقدار کمی ورود از محیط‌های خشکی است. تهی‌شدگی شدید در ایزوتوپ کربن (میانگین ۲۸/۸۳ - پرمیل) دلالت بر منشأ ارگانیکی و توده‌های زیستی (Biomass) در این نمونه‌ها دارد. از طرفی ترکیبات سولفور با تهی‌شدگی (۱۲/۱۶ - پرمیل) بیانگر تشکیل در یک محیط رسوبی کاهیده تا نیمه کاهیده دارد و داده‌های ایزوتوپ اکسیژن (۱۵/۰۳ + پرمیل) دلالت بر تشکیل مواد آلی از منشأ رسوبی دارد.

## اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:

ژئوشیمی آلی

ایزوتوپ

بیتومین

آسفالتن

لرستان

## ۱- پیش‌نوشتار

بیتومین یا قیر طبیعی یک اصطلاح عمومی است و به دسته‌ای از مواد هیدروکربنی که خاصیت اشتعال داشته و در CS<sub>2</sub> حل می‌شوند، گفته می‌شود. بیتومین‌ها شامل گروه‌های آسفالت، آسفالتوئید، واکس‌های معدنی و غیره هستند. روش‌های شیمیایی یکی از بهترین روش‌ها برای ارزیابی مواد آلی نفت خام و اجزای تشکیل‌دهنده آن هستند، که شامل استخراج مواد آلی قابل حل بیتومین (با آسیاب کردن نمونه و استفاده از حلال‌های مناسب) توسط روش سوکسله، جداسازی گروه‌های متشکل از بیتومین (با برخی حلال‌ها) توسط روش کروماتوگرافی ستونی و در نهایت تجزیه‌های مولکولی توسط روش‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی هستند. امروزه توسط روش کروماتوگرافی گازی می‌توان به بررسی توزیع آلکان‌های نرمال و ایزوپروپیل‌ها و ... و با کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی به بررسی بیومارکرها، تعیین درجه پختگی ماده آلی با نفت و تطابق و ... پرداخت (Ashkan, 2004). در مطالعات ایزوتوپی، ایزوتوپ‌هایی که پایدار هستند اهمیت دارند. اگرچه ممکن است مقدار همه

ایزوتوپ‌های یک عنصر کم باشد، ولی اختلاف در مقادیر آنها می‌تواند به عنوان یک شاخص ژئوشیمیایی استفاده گردد (Schoell, 1984). ایزوتوپ‌های پایدار کربن و اکسیژن به عنوان ابزار بسیار قوی در تعیین محیط رسوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Waples, 1985). بیتومین‌ها یا قیرهای طبیعی در بیشتر نقاط نفت‌خیز ایران وجود دارند. در برخی از نقاط مانند گیلان‌غرب و قصرشیرین در استان کرمانشاه (ابراهیم‌زاده‌اردستانی، ۱۳۸۷؛ احمدی خلجی و همکاران، ۱۳۹۳) و استان ایلام (عابدی و همکاران، ۱۳۸۱) پی‌جویی و اکتشاف صورت گرفته است. حاضر مشار (۱۳۸۸)؛ واثقی و همکاران (۱۳۸۹) و احمدی خلجی و والی‌زاده (۱۳۹۲)، ژئوشیمی بیتومین‌های روستای امامزاده داود در ناحیه الیگودرز استان لرستان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. براساس این مطالعات میزان اکسیژن بیتومین‌های این منطقه کم و میزان کربن آنها زیاد بوده که بیانگر کیفیت مطلوب آنهاست. همچنین اندازه‌گیری میزان خاکستر، رطوبت و مواد فرار آنها نشان می‌دهد که این نمونه‌ها کیفیت بالایی دارند. کشوری (۱۳۸۹)؛ شاهرخی و همکاران (۱۳۹۱) و فرهادی (۱۳۹۷)،

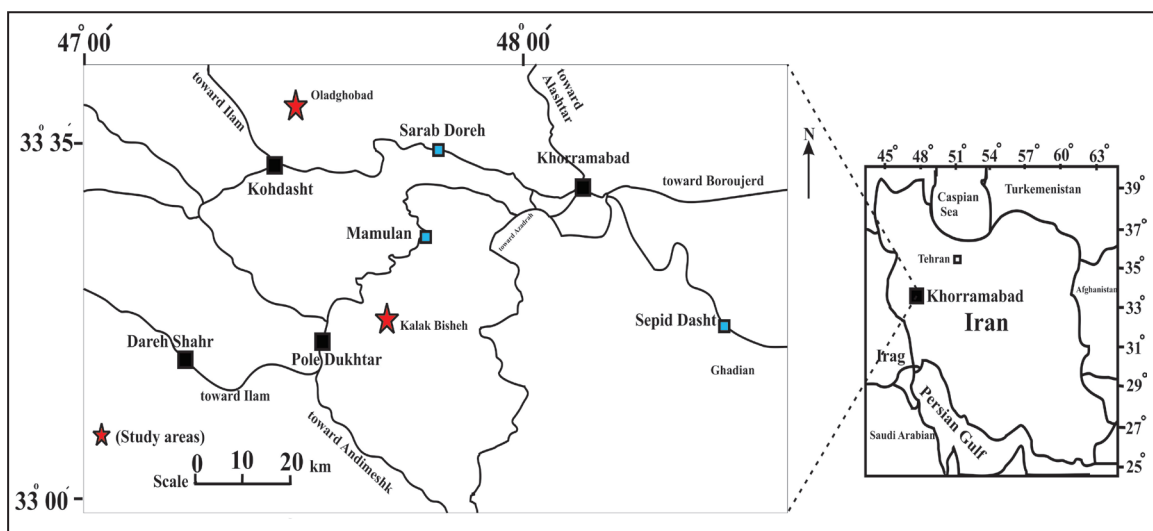
ایزوتوپی این بیتومین‌ها پرداخته می‌شود.

## ۲- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی محدوده مورد مطالعه

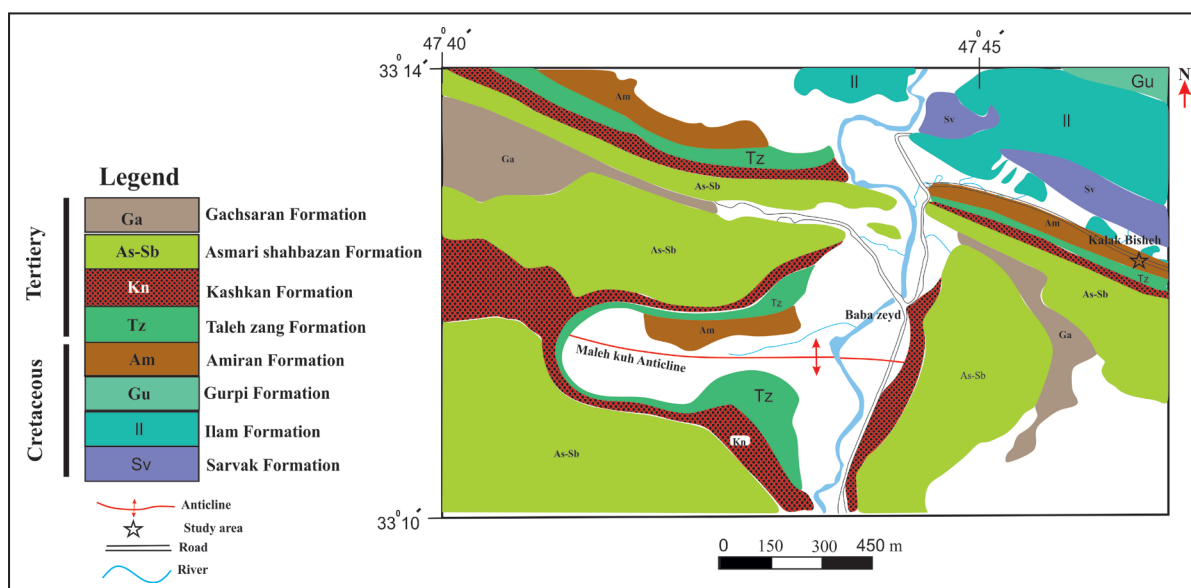
در این پژوهش سه منطقه معدنی (شمال خاور شهرستان پلدختر، معدن بیتومین کلک‌بیشه)، (شمال شهرستان کوهدشت، معدن اولادقباد نامجو) و (جنوب شهرستان سپیددشت، معدن مرگ‌سر یا قادیان) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به این معادن در شکل ۱ نشان داده شده است.

محدوده مورد بررسی از نظر زون‌های ساختاری ایران، جزئی از زون زاگرس چین‌خورده به‌شمار می‌آید (Stocklin, 1968). چینه‌شناسی مناطق مورد مطالعه عمدتاً شامل رسوبات کرتاسه و پالئوسن - اتوسن است (شکل‌های ۲ تا ۴). مهمترین سازندهای رخنمون‌یافته در این مناطق که به صورت تاکدیس‌ها و نادویس‌های متوالی با روند شمال باختر - جنوب خاور دیده می‌شوند، بر اساس سن عبارتند از: گرو، گروه بنگستان (سروک، سورگاه و ایلام)، گورپی، امیران، تله‌زنگ، کشکان، آسماری، گچساران، آغاچاری و بختیاری.

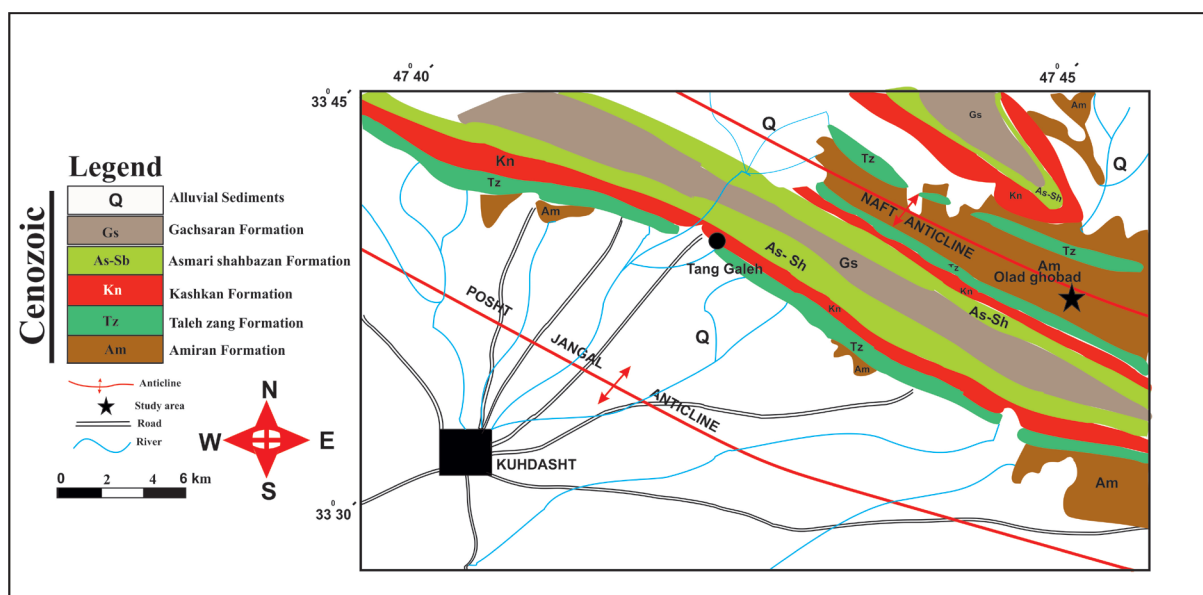
مطالعاتی بر روی اندیس‌های قیرطبیعی در ناحیه کوهدشت و معمولان انجام داده‌اند. بر این اساس بیتومین‌های منطقه کوهدشت دارای درصد بالایی کرین هستند به‌طوری که می‌توان کیفیت آنها را در حد مطلوب دانست. عزیزپورفرد (۱۳۹۲) و احمدی‌خلجی و همکاران (۱۳۹۳)، ژئوشیمی بیتومین‌های کلک‌بیشه شهرستان پلدختر را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. مطالعات آنها نشان می‌دهد که این بیتومین‌ها حاوی عناصر فلزی ناچیز بوده و درصدی از عناصر مضر زیست محیطی را نیز دارند. همچنین میزان اکسیژن کم، میزان کرین زیاد و میزان خاکستر، رطوبت و مواد فرار اندازه‌گیری شده آنها نشان می‌دهد که این نمونه‌ها کیفیت بالایی دارند. پله‌رام و همکاران (۱۳۹۷) ژئوشیمی بیتومین‌ها (گیلسونایت‌ها) استان لرستان را بررسی کرده‌اند. پورکاسب و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی با عنوان «مطالعه ژئوشیمیایی سنگ میزبان معدن بیتومین مله‌پنجاب واقع در استان ایلام» سازند پابده را به عنوان سنگ میزبان معدن بیتومین مله‌پنجاب با استفاده از داده‌های پیرولیز راک‌ایول ۶ و تعدادی از داده‌های عناصرردیاب مورد ارزیابی ژئوشیمیایی قرار داده‌اند. تا کنون در حوضه رسوبی لرستان، مطالعات کامل و جامع بر روی بیتومین‌های آن صورت نگرفته است از این رو در این نوشتار به بررسی ویژگی‌های شیمی آلی و



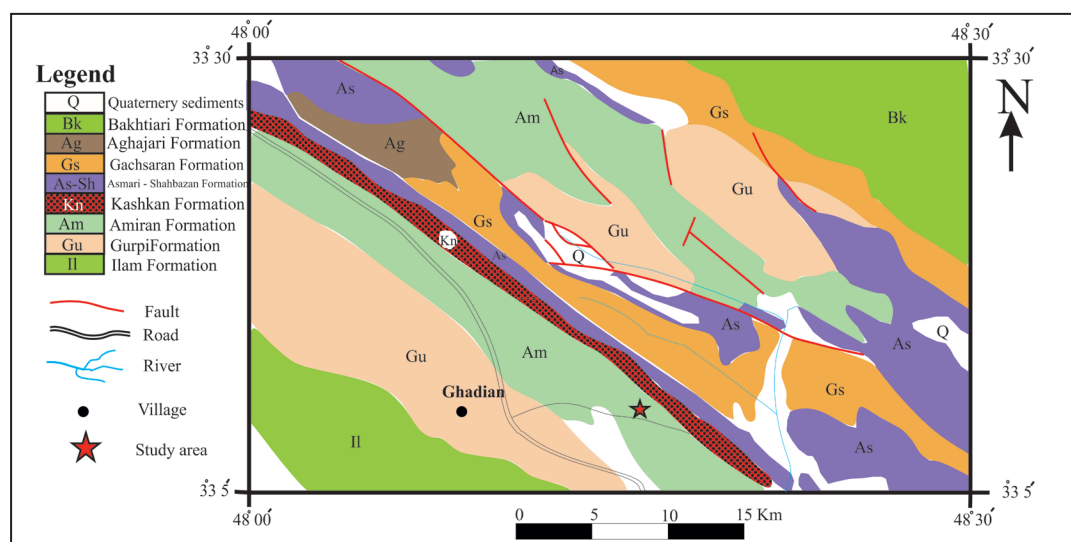
شکل ۱- موقعیت محدوده‌های مطالعاتی و راه‌های اصلی دسترسی به مناطق مورد مطالعه.



شکل ۲- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ پلدختر به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (اکبری، ۱۳۷۰).



شکل ۳- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ کوهدشت- ایلام به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۳).



شکل ۴- بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ خرم‌آباد به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (سهیلی، ۱۳۷۱).

پسین وارد حوضه رسوبی شده و رسوبات واحد سازند امیران را به وجود آورده است (مطیعی، ۱۳۷۴). سنگ میزبان بیتومین‌های مورد مطالعه در حوضه رسوبی لرستان سازند آواری امیران است (شکل ۵) که سنگ منشأ و سنگ مولد این بیتومین‌ها سازندهای ایلام و گورپی در این بخش از حوضه رسوبی زاگرس محسوب می‌شوند. بررسی بیتومین‌های لرستان نشان می‌دهد که احتمالاً مهاجرت هیدروکربن‌ها از سازندهای زیرین و کهن‌تر همچون گرو، مواد آلی موجود در سازندهای جوان‌تر مانند سازند گورپی را نیز شسته و به صورت طبیعی در نزدیکی سطح زمین تجمع یافته‌اند (احمدی‌خلجی و والی‌زاده، ۱۳۹۲؛ احمدی‌خلجی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ۳- روش پژوهش

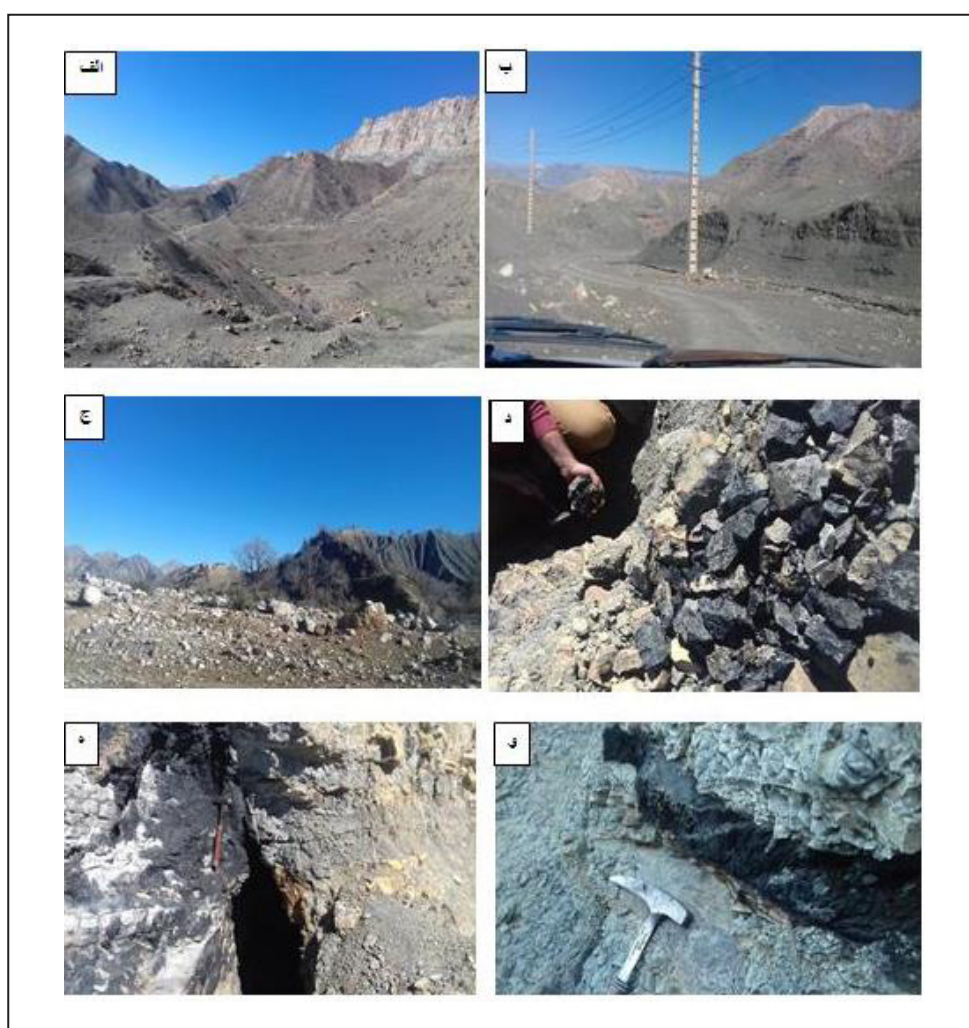
در این پژوهش ابتدا مطالعات صحرایی جهت مطالعه سنگ‌شناسی، شناسایی برونزدهای قیرهای طبیعی در نواحی مورد مطالعه و سپس نمونه‌برداری از رگه‌های بیتومین سالم و غیر هوازده انجام گرفت. مهم‌ترین آنالیزهای انجام گرفته بر روی

در طی کرتاسه میانی رسوبگذاری بدون هیچ وقفه‌ای در لرستان ادامه داشته است هر چند به علت طبیعت محیط رسوبی ژرف در این ناحیه مقدار رسوبگذاری نسبتاً کم بوده است. رسوبگذاری کرتاسه بالایی (کنیاسین - ماستریشین) بر روی پستی و بلندی‌های کرتاسه میانی با آهک‌هایی از محیط کم ژرفای متعلق به سانتونین (سازند ایلام) آغاز شده و با رسوبگذاری شیل‌های ژرف (سازند گورپی) تداوم داشته است. در طی کنیاسین حاکمیت محیط ژرف در لرستان موجب رسوب شیل و آهک‌های رسی (سازند سورگاه) شده است که خود در زیر رسوبات آهکی سازند ایلام با سن سانتونین - کامپانین قرار می‌گیرد. پیشروی دریا در تمام نقاط، رسوب شیل‌ها و مارن‌های سازند گورپی را به همراه داشته است. در میانه ماستریشین، واحدی از آهک‌های رسی درون سازند گورپی مشخص می‌شود که بخش آهکی امام حسن نام دارد. رسوبگذاری شیل‌ها و مارن‌ها تا انتهای کرتاسه ادامه یافته است و حتی در جنوب باختری و مرکز لرستان تا پالئوسن نیز کشیده می‌شود (آقاباتی، ۱۳۸۵). در شمال خاوری لرستان، مارن‌ها و شیل‌ها از شمال و شمال خاوری در طی ماستریشین

برای شناسایی مواد مختلف در یک نمونه استفاده می‌کند. آنالیز GC-MS یکی از رایج‌ترین روش‌های جداسازی برای نمونه‌های مایع، گازی و جامد است که دارای ترکیبات فرار یا نیمه‌فرار هستند. دستگاه کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی دستگاهی پرکاربرد برای مشخص کردن ترکیبات و به‌دست آوردن مقدار هر یک از ترکیبات در نمونه مجهول استفاده می‌شود. از کاربردهای مهم آنالیز GC-MS (سموم کشاورزی و آفت‌کش‌ها- میزان پلی‌کلر بی‌فنیل‌ها در روغن، آب و خاک- آنالیز ترکیبات نفتی و PAH - اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار - شناسایی ترکیبات اسانس‌ها و اندازه‌گیری ترکیبات پلی‌کلروفلورها) می‌باشند. نتایج حاصل از کروماتوگرام‌های گازی ترکیبات اشباع نمونه‌ها، دارای طیف  $nC_{15} +$  است و هیدروکربن‌های سبک (محدوده کمتر از  $nC_{15} +$ ) دیده به دلیل تبخیر و ماهیت نمونه‌ها محو می‌شوند و اجزای سنگین‌تر ( $nC_{15} +$ ) دیده می‌شوند.

بیتومین‌های منطقه مورد مطالعه آنالیز ژئوشیمیایی GC-MS و آنالیز ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، کربن و گوگرد می‌باشند. از مناطق مورد مطالعه ۳ نمونه جهت آنالیز GC-MS و ۳ نمونه جهت آنالیز ایزوتوپی انتخاب شد. آنالیزهای ژئوشیمیایی GC-MS توسط پژوهشگاه صنعت نفت تهران و آنالیزهای ایزوتوپی توسط دانشگاه صنعتی اراک انجام گرفته است. مقادیر ایزوتوپ اکسیژن بر اساس استاندارد متوسط آب دریای وین (VSMOW) و برحسب پرمیل (‰) به‌دست آمد و دقت آنالیز  $\pm 0.1$  پرمیل است. دقت آنالیز برای ایزوتوپ گوگرد  $\delta^{34}S$  در حدود  $\pm 0.1$  پرمیل و استاندارد مورد استفاده شهاب‌سنگ کانیون دیابلو وین (VCDT) است. برای ایزوتوپ‌های کربن استاندارد مرجع VPDB (بلمنیت‌های سازند پی‌دی) با دقت  $\pm 0.1$  است.

دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی یا همان GC-MS روش آنالیزی است که از تلفیق ویژگی‌های کروماتوگراف گازی و طیف‌سنج جرمی



شکل ۵- تصاویر صحرایی از سازند شیلی و ماسه‌سنگی امیران که به عنوان سنگ میزبان بیتومین عمل کرده است. الف) منطقه کلک بیشه پلدختر، دید به سمت شمال باختری؛ ب) منطقه اولاد قباد کوه‌دشت (دید به سمت شمال)؛ ج) منطقه قادیان سپید دشت (دید به سمت جنوب‌خاوری)؛ د) رگه بیتومین تشکیل شده در امتداد شکستگی‌های سازند امیران (منطقه کلک بیشه پلدختر)؛ ه) رگه بیتومین تزریق شده در امتداد لایه‌های شیلی سازند امیران (منطقه اولاد قباد کوه‌دشت)؛ و) رگه بیتومین تزریق شده در امتداد لایه‌های شیلی سازند امیران (منطقه قادیان سپیددشت).

#### ۴- نتایج و بحث

##### ۴-۱- شیمی آلی

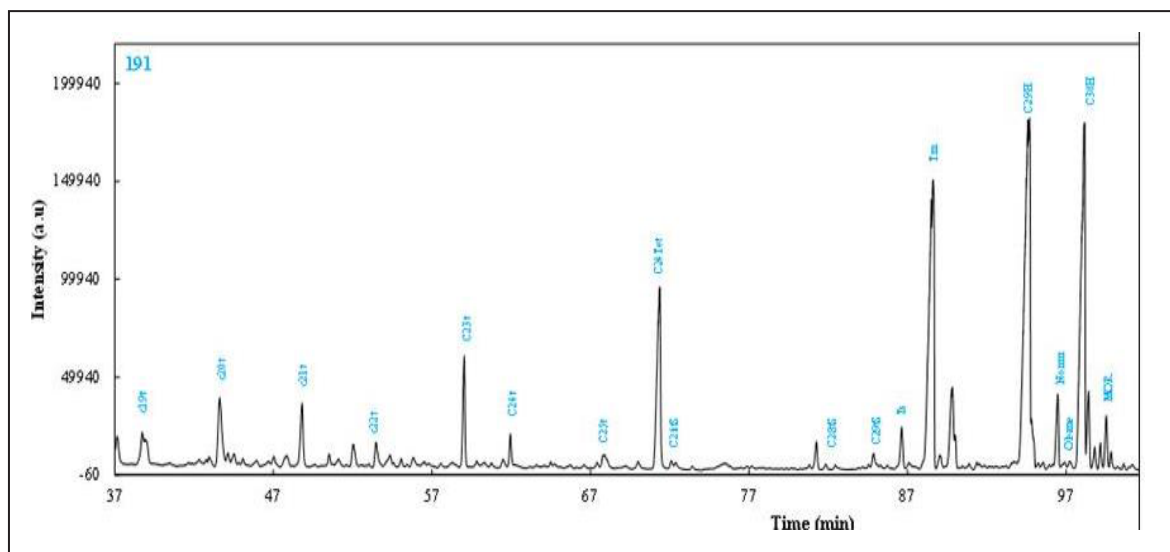
درصد آسفالتن (asphaltenes)، ۶/۴۵ درصد رزین (resins)، ۲/۰۴ درصد آروماتیک (aromatics) و ۱/۹۱ درصد پارافین، نمونه کلک‌بیشه پلدختر از نظر اشباع‌شدگی

نتایج آنالیز GC-MS بر روی بیتومین‌های مورد مطالعه (جدول ۱) نشان داد که (SARA) نمونه اولاد قباد کوه‌دشت از نظر اشباع‌شدگی (saturates) دارای ۸۹/۶۰



پارافین هستند. نتایج نشان داد که این ترکیبات آلی بیشتر ماهیت آسفالتن دارند و در شکل ۶ چگونگی توزیع ترکیبات اشباع حاصل از تجزیه کروماتوگرافی گازی نمونه‌هایی با وزن مولکولی سنگین تر نشان داده شده است.

دارای ۹۳/۶۰ درصد آسفالتن، ۱/۸۶ درصد رزین، ۳/۹۸ درصد آروماتیک و ۰/۵۶ درصد پارافین و نمونه امام‌زاده داود قادیان (سپید دشت) از نظر اشباع‌شدگی دارای ۸۰/۱۰ درصد آسفالتن، ۵/۴۰ درصد رزین، ۱۲/۸۰ درصد آروماتیک و ۱/۷۰ درصد



شکل ۶- چگونگی توزیع ترکیبات اشباع حاصل از تجزیه کروماتوگرافی گازی در نمونه‌های مورد مطالعه.

جدول ۱- مقایسه اشباع‌شدگی بیتومین‌های مناطق مورد مطالعه.

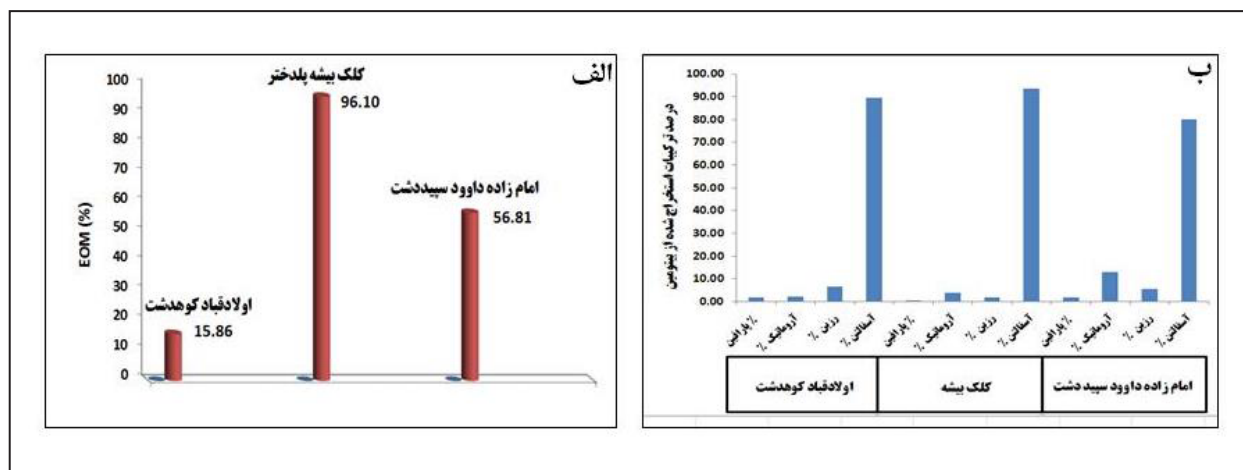
| Name |                   | %EOM  | %SARA (saturates, aromatics, resins and asphaltenes) |       |
|------|-------------------|-------|------------------------------------------------------|-------|
| 11   | اولادقباد کوه‌دشت | 15.86 | پارافین %                                            | 1.91  |
|      |                   |       | آروماتیک %                                           | 2.04  |
|      |                   |       | رزین %                                               | 6.45  |
|      |                   |       | آسفالتن %                                            | 89.60 |
| 12   | کلک‌بیشه پلدختر   | 96.10 | پارافین %                                            | 0.56  |
|      |                   |       | آروماتیک %                                           | 3.98  |
|      |                   |       | رزین %                                               | 1.86  |
|      |                   |       | آسفالتن %                                            | 93.60 |
| 13   | قادیان سپیددشت    | 56.81 | پارافین %                                            | 1.70  |
|      |                   |       | آروماتیک %                                           | 12.80 |
|      |                   |       | رزین %                                               | 5.40  |
|      |                   |       | آسفالتن %                                            | 80.10 |

نشان داد که مواد آلی قابل استخراج از نمونه‌های به‌دست آمده دارای ترکیب غالب آسفالتن هستند. در شکل ۷- ب هیستوگرام درصد فراوانی آنها نشان داده شده است. آسفالتن‌ها بر اساس نوع حلالیت، طیف وسیعی از مولکول‌ها با ساختارهای متفاوت را شامل می‌شوند و تأثیر زیادی بر روی رفتار گرانشی سیال نفتی می‌گذارند، در نتیجه در سال‌های اخیر مشخص کردن ماهیت آسفالتن در نفت، هدف مطالعات بسیاری از پژوهشگران بوده است. در شرایط محیطی آسفالتن‌ها دارای دانسیته‌ای

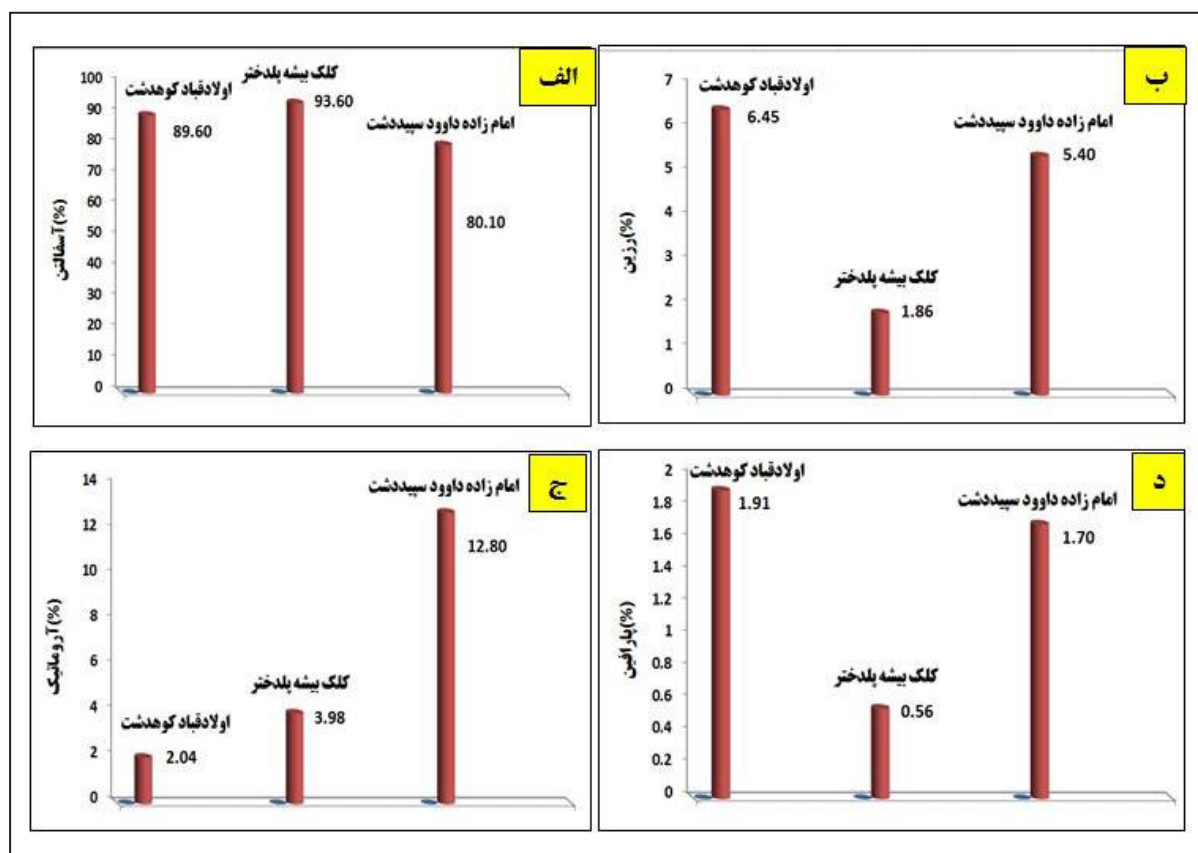
مواد آلی قابل حل استخراج شده توسط حلال (Extracted organic matter) از نمونه بیتومین‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱۵/۸۶ درصد نمونه اولادقباد کوه‌دشت، ۵۶/۸۱ درصد نمونه امام‌زاده داود سپیددشت و ۹۶/۱۰ درصد نمونه کلک‌بیشه پلدختر است که با توجه به این آنالیزها می‌توان گفت نمونه‌های کلک‌بیشه پلدختر و امام‌زاده داود سپیددشت خلوص بسیار بالایی دارند. در شکل ۷- الف هیستوگرام درصد فراوانی آنها نشان داده شده است. نتایج آنالیزهای GC-MS نمونه‌های بیتومینی

در شکل ۸ هیستوگرام فراوانی آسفالتن‌ها، رزین‌ها، آروماتیک‌ها و پارافین‌ها نشان داده شده است. در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه بیشترین ترکیبات آسفالتن مربوط به نمونه‌های کلک‌بیشه پلدختر، بیشترین ترکیبات رزین مربوط به نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت، بیشترین ترکیبات آروماتیکی مربوط به نمونه‌های امام‌زاده داوود سپیددشت و بیشترین ترکیبات پارافینی مربوط به نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت می‌باشند.

برابر ۱/۱ تا ۱/۲ گرم بر میلی‌لیتر هستند (Speight, 2007) و همچنین نسبت اتمی هیدروژن به کربن برابر ۱ تا ۱/۲ (Spiecker et al., 2003) و پارامتر حلالیتی بین ۱۹ تا ۲۴ MPa<sup>0.5</sup> را دارا می‌باشند (Hirschberg et al., 1984; Wiehe, 1996). توزیع وزن مولکولی آسفالتن‌ها در محدوده ۴۰۰ – ۱۵۰۰ دالتون و جرم متوسط آنها در حدود ۷۰۰ – ۸۰۰ دالتون است (Goncalves et al., 2004).



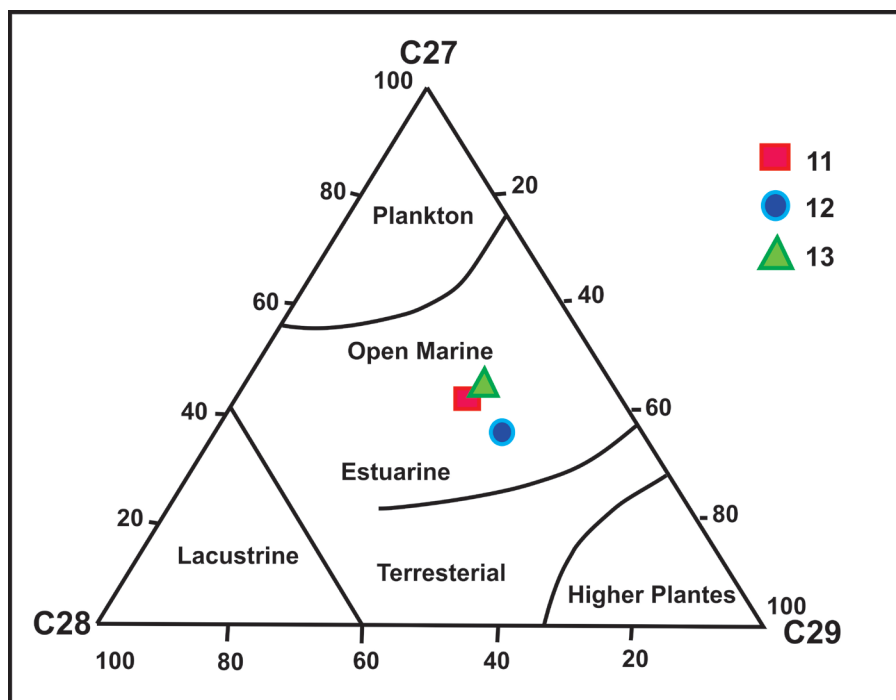
شکل ۷- الف) هیستوگرام فراوانی مواد آلی قابل استخراج در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. بیشترین ترکیبات آلی مشتق شده مربوط به نمونه‌های کلک‌بیشه پلدختر می‌باشند؛ ب) هیستوگرام فراوانی انواع ترکیبات استخراج در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. همان‌گونه که از شکل کلی هیستوگرام پیداست نمونه‌های بیتومینی دارای ترکیب چیره آسفالتن می‌باشند.



شکل ۸- الف) هیستوگرام فراوانی آسفالتن در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. نمونه‌های کلک‌بیشه پلدختر دارای بیشترین ترکیبات آسفالتن می‌باشند؛ ب) هیستوگرام فراوانی رزین در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت دارای بیشترین ترکیبات رزین می‌باشند؛ ج) هیستوگرام فراوانی ترکیبات آروماتیک در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. نمونه‌های امام‌زاده داوود سپیددشت دارای بیشترین ترکیبات آروماتیکی می‌باشند؛ د) هیستوگرام فراوانی پارافین‌ها در نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه. نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت دارای بیشترین ترکیبات پارافینی هستند.

– **بلوغ (پختگی) مواد آلی:** بر اساس نتایج حاصل از آنالیز GC-MS بیومارک‌های استرانی با جرم مولکولی پایه  $m/z=217$  که در جدول ۳ ارائه شده است توسط ضریب نسبت استران منظم در  $C_{29} \alpha\alpha 20S/\alpha\alpha 20S+\alpha\alpha 20R$  که به صورت  $C_{29} \beta\beta/29\beta\beta+29\alpha\alpha$  نوشته می‌شود و ضریب نسبت ایزواستران  $29S/29S+29R$  که هر دو از ضرایب قابل اعتماد برای تعیین درجه پختگی نمونه‌ها به شمار می‌روند و با افزایش پختگی، این ضرایب افزایش می‌یابند می‌توان نمودار  $29S/29S+29R$  در برابر  $C_{29} \beta\beta/29\beta\beta+29\alpha\alpha$  را برای تعیین میزان بلوغ حرارتی نمونه‌های مورد مطالعه رسم کرد (Peters and Moldowan, 1993).

– **منشأ و محیط رسوبی مواد آلی:** نمودار مثلثی (Ternary Diagram) که بر اساس توزیع استران‌های منظم با کربن‌های  $C_{27}$ ,  $C_{28}$ ,  $C_{29}$  (جدول ۲) برای اولین بار توسط هانگ و مینشین (Hung and Meinchein, 1979) پیشنهاد شد، رسم و برای تعیین محیط رسوبی و تشخیص منشأ مواد آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس، منشأ مواد آلی بیتومین‌های مورد مطالعه غالباً "دریایی با اندکی ورود مواد آلی از خشکی (منشأ غیردریایی) می‌باشند (شکل ۹). بالا بودن استران  $C_{29}$  نسبت به  $C_{27}$  و  $C_{28}$  نیز دلالت بر منشأ دریایی ترکیبات آلی دارد (Moldowan et al., 1985).



شکل ۹- نمودار مثلثی استران‌های منظم ( $m/z=217$ ) برای بیتومین‌های مورد مطالعه. منشأ ترکیبات آلی بیتومین‌های مورد مطالعه غالباً دریایی با اندکی ورود مواد آلی از خشکی می‌باشند.

جدول ۲- نتایج حاصل از روش GC-MS برای بیومارک‌های استران‌های منظم ( $m/z=217$ ) و هوپان‌ها برای بیتومین‌های مورد مطالعه.

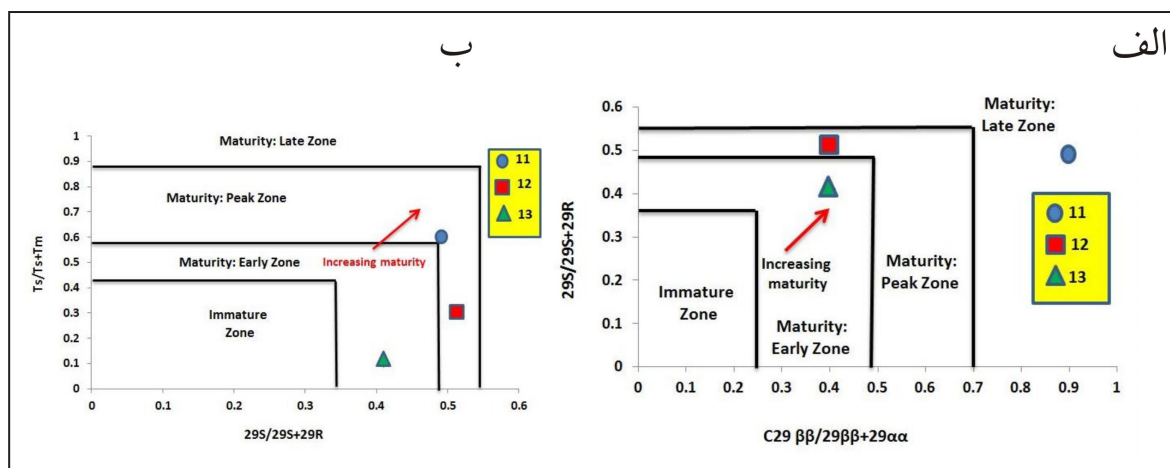
| شماره نمونه | محل برداشت              | $C_{27}\%$ | $C_{28}\%$ | $C_{29}\%$ |
|-------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| 11          | اولاد قباد کوه‌دشت      | 42.86      | 21.43      | 35.71      |
| 12          | کلک بیشه پلدختر         | 38.38      | 19.19      | 42.43      |
| 13          | امام زاده داوود سپیددشت | 42.86      | 20.40      | 36.74      |

جدول ۳- نتایج حاصل از آنالیز GC-MS بیومارک‌های استرانی با جرم مولکولی پایه  $m/z=217$  برای بیتومین‌های مورد مطالعه.

| شماره نمونه | محل برداشت              | $C_{29}/C_{30}$ | $C_{34}/C_{35}$ | $T_s/T_s+T_m$ | $C_{29} \beta\beta/29\beta\beta+29\alpha\alpha$ | $29S/29S+29R$ |
|-------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------------------------------------|---------------|
| 11          | اولاد قباد کوه‌دشت      | 0.8             | 1.05            | 0.6           | 0.9                                             | 0.49          |
| 12          | کلک بیشه پلدختر         | 1.1             | 0.9             | 0.3           | 0.4                                             | 0.51          |
| 13          | امام زاده داوود سپیددشت | 0.8             | 1.1             | 0.1           | 0.4                                             | 0.41          |

دقیق میزان پختگی، استفاده از ضریب نسبت هویان‌های  $Ts/Ts+Tm$  و ضریب نسبت استران‌های منظم  $C_{29}$  به صورت رسم نمودار  $Ts/Ts+Tm$  در برابر  $29S/29S+29R$  می‌باشد (شکل ۱۰- ب). هویان‌های  $T_m(18\alpha(H)\text{-trisorhopane})$  و  $T_s(17\alpha(H)\text{-trisorhopane})$  دارای ۲۷ اتم کربن هستند و از پارامترهای بسیار مهم در تعیین بلوغ حرارتی مواد آلی به شمار می‌روند. هویان‌های  $Ts$  دارای پایداری بیشتری نسبت به هویان‌های  $Tm$  هستند. ضریب نسبت  $Ts/Ts+Tm$  با افزایش پختگی نمونه‌ها افزایش می‌یابد (Peters and Moldowan, 1993).

بر اساس نمودار رسم شده (شکل ۱۰- الف)، این نمونه‌ها از نظر میزان بلوغ (پختگی) به درجه بلوغ حرارتی رسیده‌اند، به طوری که نمونه امامزاده داوود قادیان از نظر بلوغ ماده آلی نزدیک به شروع پنجره نفتی (اواخر دیاژنز- اوایل کاتاژنز)، نمونه کلک‌بیشه پلدختر از نظر بلوغ ماده آلی نسبت به نمونه امامزاده داوود قادیان بالغ تر بوده ولی نسبت به نمونه اولادقباد کوه‌دشت بلوغ ماده آلی کمتری دارد و این در حالی است که نمونه اولادقباد کوه‌دشت بسیار بالغ بوده و در مرحله تولید گاز (متاژنز) می‌باشد. از راه‌های دیگر ارزیابی میزان بلوغ برای اطمینان بیشتر و برآورد



شکل ۱۰- الف) رسم نمودار  $29S/29S+29R$  در برابر  $C_{29} \beta/29\beta+29\alpha$  برای بیتومین‌های مورد مطالعه. نمونه امامزاده داوود قادیان از نظر بلوغ ماده آلی نزدیک به شروع پنجره نفتی (اواخر دیاژنز- اوایل کاتاژنز)، نمونه کلک‌بیشه پلدختر از نظر بلوغ ماده آلی نسبت به نمونه امامزاده داوود قادیان بالغ تر بوده ولی نسبت به نمونه اولادقباد کوه‌دشت بلوغ ماده آلی کمتری دارد و این در حالی است که نمونه اولادقباد کوه‌دشت بسیار بالغ بوده و در مرحله تولید گاز (متاژنز) است؛ ب) رسم نمودار  $Ts/Ts+Tm$  در برابر  $29S/29S+29R$  برای بیتومین‌های مورد مطالعه. نمونه امامزاده داوود قادیان از نظر بلوغ ماده آلی نزدیک به شروع پنجره نفتی (اواخر دیاژنز- اوایل کاتاژنز)، نمونه‌های کلک‌بیشه پلدختر و نمونه اولادقباد کوه‌دشت از نظر بلوغ و پختگی مواد آلی بالغ تر می‌باشند و کمی از پنجره نفتی عبور کرده و در مرحله کاتاژنز می‌باشند.

نمودار با نمودار شکل ۹ مطابقت می‌کند. وجود  $C_{28}BNH$  در بیتومین‌های مورد مطالعه حاکی از این است که در زمان نهشته شدن سنگ منشأ، شرایط کاملاً کاهیده نبوده است (Ourisson et al., 1982). مقادیر پایین هویان  $C_{29}$  به هویان  $C_{30}$  (میانگین ۰/۹ درصد) نشانگر سنگ منشأ شیلی برای بیتومین‌های مورد مطالعه است (Hunt, 1996).

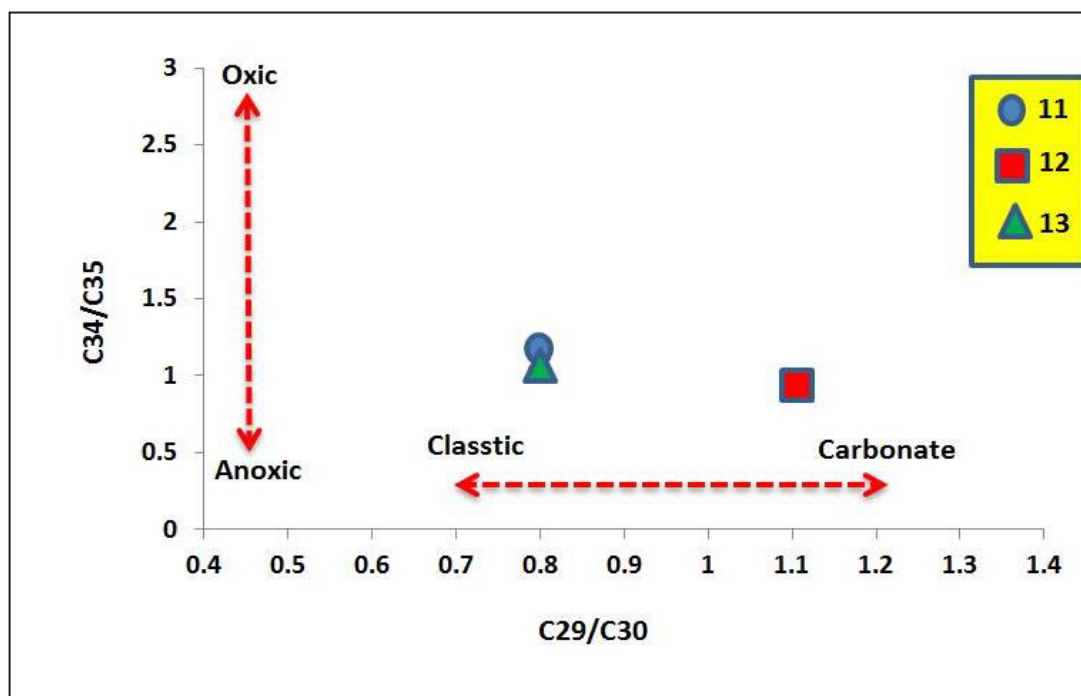
#### ۴-۲- بررسی ایزوتوپی نمونه‌های مورد مطالعه

تعداد ۳ نمونه از بیتومین‌های مورد مطالعه (از هر منطقه یک نمونه) جهت آنالیز ایزوتوپی انتخاب شد و نتایج این آنالیزها در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس آنالیزهای انجام گرفته مقادیر ایزوتوپی  $\delta^{34}S_{sulfide}$  نمونه‌های مورد مطالعه با توجه به استاندارد شهاب سنگ کانیون دیابلو وین (VCDT)، بین ۸/۸- تا ۱۵- پرمیل، مقادیر ایزوتوپ اکسیژن  $\delta^{18}O$  نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس استاندارد متوسط آب دریای وین (VSMOW)، بین ۱۰/۸+ تا ۱۹/۵+ و مقادیر ایزوتوپ کربن  $\delta^{13}C$  نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس استاندارد مرجع VPDB (بلمنیت‌های سازند پی‌دی) بین ۲۸/۷۸- تا ۲۸/۸۷- در تغییر است.

شرایط محیط رسوبی، سنگ مادر: بر اساس نتایج حاصل از GC-MS نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه توسط نسبت‌های  $C^{34}/C^{35}$  هومو هویان‌ها و  $C_{29/30}$  هویان‌ها، نمودار  $C_{34/35}$  در برابر  $C_{29}/C_{30}$  به منظور تعیین سنگ مادر و کاهیده بودن محیط برای نمونه‌های مورد مطالعه رسم شده است (شکل ۱۱). بر این اساس نسبت کربن  $C_{34}/C_{35}$  هومو هویان‌های نمونه‌های مورد مطالعه بین ۰/۹ تا ۱/۱ بوده که در محیطی کاهیده تا نیمه کاهیده نهشته شده‌اند و نسبت  $C_{29}/C_{30}$  نمونه‌ها بین ۰/۸ تا ۱/۱ بوده که بیانگر این است که نمونه کلک‌بیشه پلدختر نزدیک به ماهیتی کربناته، و نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت و امامزاده داوود سپیددشت ماهیتی نزدیک به آواری دارند. پایین بودن نسبت Ni به V این بیتومین‌ها، نیز شرایط احیایی را در زمان رسوبگذاری سنگ منشأ با سنگ‌شناسی کربناته- شیلی نشان می‌دهد (احمدی‌خلجی و والی‌زاده، ۱۳۹۲ و احمدی‌خلجی و همکاران، ۱۳۹۳).

سنگ مولد نمونه مربوط به کلک‌بیشه پلدختر بیشتر ماهیتی کربناته دارد در صورتی که نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت و امامزاده قادیان سپیددشت بیشتر ماهیتی آواری دارند. این موضوع را می‌توان با توجه به سنگ‌شناسی سازنده‌های مولد بیتومین (مواد آلی) مانند سازنده‌های ایلام و گورپی در مناطق مورد مطالعه توجیه کرد. این





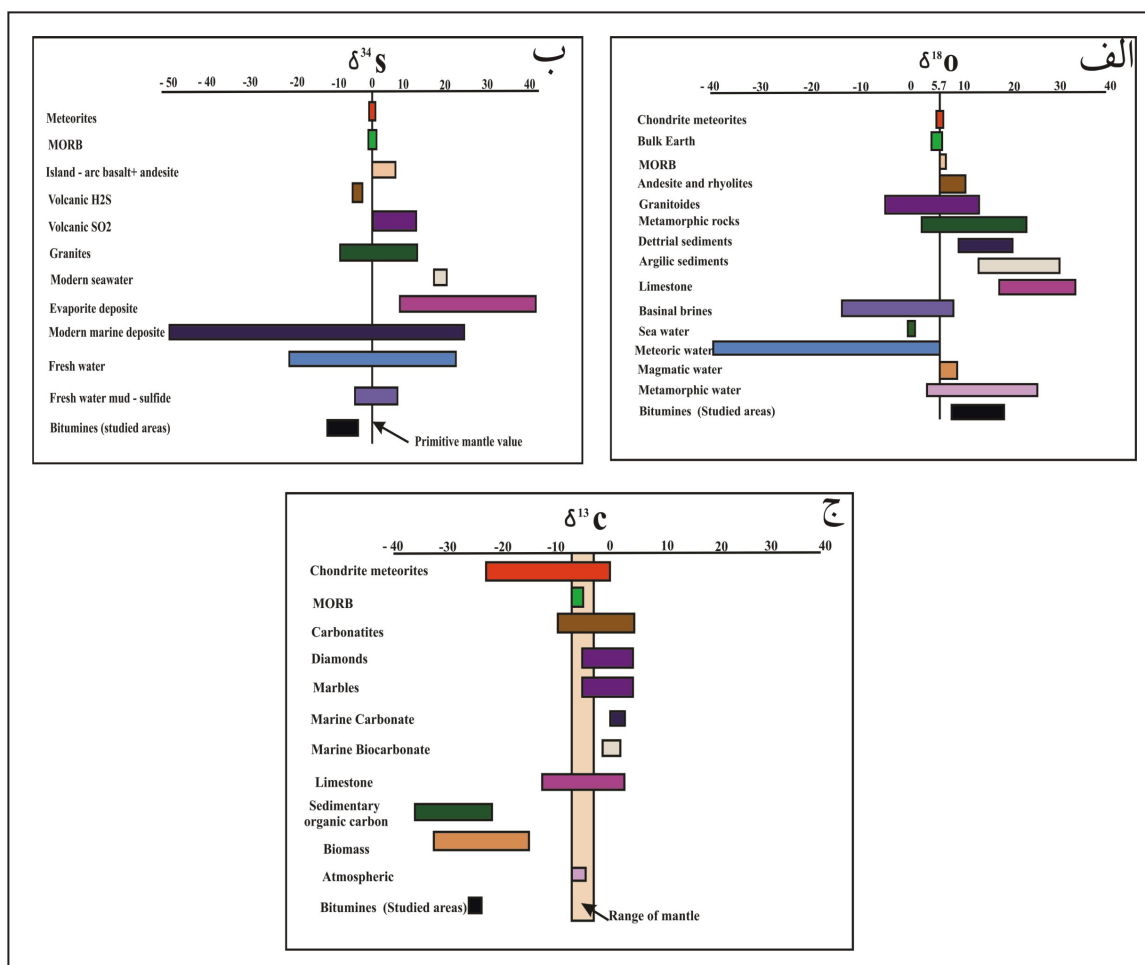
شکل ۱۱- رسم نمودار Homohopane  $C_{34}/C_{35}$  در برابر Hopane  $C_{29}/C_{30}$  برای بیتومین‌های مورد مطالعه. سنگ مولد نمونه مربوط به کلک‌پیشه پلدختر بیشتر ماهیتی کربناته دارد در صورتی که نمونه‌های اولادقباد کوه‌دشت و امام‌زاده قادیان سپیددشت بیشتر ماهیتی آواری دارند. این موضوع را می‌توان با توجه به سنگ‌شناسی سازندهای مولد بیتومین (مواد آلی) نظیر سازندهای ایلام و گورپی در مناطق مورد مطالعه توجیه کرد.

جدول ۴- داده‌های ایزوتوپ اکسیژن، گوگرد و کربن نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه.

| Sample Name | Sample Type | $\delta^{18}O$<br>(‰)vs SMOW | $\delta^{34}S$<br>(‰)vs VCDT | $\delta^{13}C$<br>(‰)vs PDB |
|-------------|-------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 99.KB.3     | Bitumine    | +14.8                        | -15.00                       | -28.85                      |
| 99.OL.N.2   | Bitumine    | +10.8                        | -12.7                        | -28.78                      |
| 99.JS.05    | Bitumine    | +19.5                        | -8.8                         | -28.87                      |

تا نیمه کاهیده ترکیبات آلی (رجوع شود به شکل ۱۱) و منشأ قاره‌ای این ترکیبات آلی و ماهیت تخریبی رسوبات سازند امیران تأیید می‌شود. مطالعات ایزوتوپ‌های پایدار کربن در بیتومین‌های مورد مطالعه بر اساس نمونه استاندارد بلمنیت مربوط به سازند پی‌دی (Pee Dee) به سن کرتاسه واقع در کارولینای جنوبی در آمریکا سنجیده و بر حسب پرمیل (‰) به‌دست آمد. مقادیر ایزوتوپ کربن اندازه‌گیری شده در بیتومین‌ها دامنه تغییرات بین ۲۸/۷۸- تا ۲۸/۸۷- پرمیل نسبت به استاندارد بلمنیت کرتاسه نشان می‌دهد. رسم مقادیر ایزوتوپی این نمونه‌ها بر روی شکل ۱۲- ج ارائه شده توسط رولینسون (Rollinson, 1993) نشان داد که منشأ ایزوتوپ کربن ترکیبات بیتومینی مورد مطالعه را می‌توان به کربن ارگانیک رسوبی و biomass مرتبط دانست. این موضوع با توجه به شرایط کاهیده تا نیمه کاهیده ترکیبات آلی (رجوع شود به شکل ۱۱) تأیید می‌شود.

رسم مقادیر ایزوتوپی گوگرد این نمونه‌ها بر روی شکل ۱۲- الف ارائه شده توسط رولینسون (Rollinson, 1993) نشان داد که منشأ ایزوتوپ گوگرد ترکیبات بیتومینی مورد مطالعه را می‌توان به نهشته‌های دریایی و آب‌های جوی با منشأ قاره‌ای مرتبط دانست. این موضوع با توجه به شرایط کاهیده تا نیمه کاهیده ترکیبات آلی (رجوع شود به شکل ۱۱) و منشأ قاره‌ای این ترکیبات آلی تأیید می‌شود. مطالعات ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن در بیتومین‌های مورد مطالعه دامنه تغییراتی بین ۱۰/۸+ تا ۱۹/۵+ پرمیل نسبت به استاندارد میانگین آب اقیانوس‌ها نشان می‌دهد. رسم مقادیر ایزوتوپی این نمونه‌ها بر روی شکل ۱۲- ب ارائه شده توسط رولینسون (Rollinson, 1993) نشان داد که منشأ ایزوتوپ اکسیژن ترکیبات بیتومینی مورد مطالعه را می‌توان به نهشته‌های رسوبی تخریبی با منشأ قاره‌ای، رسوبات آرژیلیتی و مقدار اندکی رسوبات کربناته مرتبط دانست. این موضوع با توجه به شرایط کاهیده



شکل ۱۲- الف) منابع ایزوتوپ سولفور در طبیعت (Rollinson, 1993) به همراه موقعیت ایزوتوپ‌های نمونه‌های مورد مطالعه، استاندارد مورد استفاده شهاب سنگ کانیون دیابلو وین (VCDT) می‌باشد؛ ب) موقعیت ترکیب ایزوتوپی اکسیژن نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه (Rollinson, 1993). بر اساس استاندارد متوسط آب دریای وین (VSMOW)؛ ج) موقعیت نمونه‌های بیتومینی مورد مطالعه (Rollinson, 1993). استاندارد مرجع برای ایزوتوپ کربن VPDB (بلمنیت‌های سازند پی‌دی) است، با توجه به شکل، منشأ ایزوتوپ کربن ترکیبات بیتومینی مورد مطالعه را می‌توان به کربن ارگانیک رسوبی و biomass مرتبط دانست.

## ۵- نتیجه‌گیری

مطالعات صحرایی نشان داد که بیتومین‌های مورد مطالعه در میان شکستگی‌ها و در امتداد لایه‌های شیلی سازند آواری امیران توسعه پیدا کرده‌اند. بر پایه نتایج حاصل از ژئوشیمی آلی به روش GC-MS، ۸۰/۱۰ تا ۹۳/۶۰ درصد ترکیبات اشباع شده قابل استخراج در رده آسفالتن‌ها قرار می‌گیرند و از نظر بلوغ حرارتی (پختگی مواد آلی) کیفیت بسیار مطلوبی دارند. شرایط محیط رسوبی سازند امیران (محیط ژرف دریا) سبب شده تا نمونه‌های مورد مطالعه در شرایطی کاهیده تا کمی کاهیده شکل بگیرند و منشأ ترکیبات آلی آنها دریایی و اندکی قاره‌ای هستند. رسم نمودار  $C_{34}/C_{35}$  Homohopane در برابر  $C_{29}/C_{30}$  Hopane برای بیتومین‌های مورد مطالعه نشان داد که سنگ مولد نمونه‌های مورد مطالعه ماهیتی کربناته و آواری دارند. این

موضوع را می‌توان با توجه به سنگ‌شناسی سازندهای مولد مواد آلی مانند سازندهای ایلام و گورپی در مناطق مورد مطالعه توجیه کرد. بر پایه نمودار مثلثی استران‌های منظم ( $m/z=217$ ) برای بیتومین‌های مورد مطالعه، منشأ ترکیبات آلی بیتومین‌های مورد مطالعه غالباً دریایی با مقدار اندکی ورود از محیط‌های خشکی بوده و شرایطی کاهیده تا نیمه کاهیده نشان می‌دهند. تهی‌شدگی شدید در ایزوتوپ کربن (میانگین ۲۸/۸۳ - پرمیل) دلالت بر منشأ ارگانیکی و توده‌های زیستی در این نمونه‌ها دارد. ترکیبات سولفور با تهی‌شدگی (۱۲/۱۶ - پرمیل) بیانگر تشکیل در یک محیط رسوبی کاهیده تا نیمه کاهیده دارد و داده‌های ایزوتوپ اکسیژن (۱۵/۰۳ + پرمیل) دلالت بر تشکیل مواد آلی از منشأ رسوبی دارد.

## کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- ابراهیم‌زاده اردستانی، و.، ۱۳۸۷، گزارش مطالعات میکروگرافی سنجی معدن بیتومین شک میدان، سازمان صنایع و معادن استان کرمانشاه.
- احمدی‌خلجی، ا.، عزیزپورفر، ا.، فرهادی‌نژاد، م. و مهدی‌پور، ج.، ۱۳۹۳، شکل‌گیری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قیرهای طبیعی (بیتومین) در منطقه کلک‌بیشه (شمال‌شرق پلدختر، استان لرستان). اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۱۷، ص. ۷۹-۸۴.
- احمدی‌خلجی، ا. و والی‌زاده، ن.، ۱۳۹۲، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بیتومین‌ها در منطقه سپیددشت (استان لرستان). اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۰۹، ص. ۷۷-۸۰.
- اکبری، ی.، ۱۳۷۰، نقشه زمین‌شناسی پلدختر، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، شرکت ملی نفت ایران.
- پورکاسب، ه.، علیزاده، ب.، زراسوندی، ع. و طاهری، س.، ۱۳۹۱، مطالعه ژئوشیمیایی سنگ میزبان معدن بیتومین مله پنجاب واقع در استان ایلام، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز، شیراز.
- پله‌رام، ا.، تقی‌پور، ن. و صرفی، م.، ۱۳۹۷، ژئوشیمی بیتومین‌های (گیلسونایت‌های) استان لرستان. دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- حاضرشار، آ.، ۱۳۸۸، ارزیابی ژئوشیمیایی بیتومین‌های روستای امامزاده داود در ناحیه الیگودرز استان لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- سهیلی، م.، ۱۳۷۱، نقشه زمین‌شناسی خرم‌آباد، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شاهرخی، س. و.، احمدی‌خلجی، ا.، کشوری، ر.، فرهادی‌نژاد، ط. و شهبازی‌همت، ع.، ۱۳۹۱، بررسی قیرهای طبیعی ناحیه کوه‌دشت لرستان از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی. چهارمین همایش زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند، بیرجند.
- شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۵۳، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، ایلام - کوه‌دشت، ورقه ۲۰۵۰۴.
- عابدی، ع.، ارفعی‌نژاد، ا. و زمردیان، م.، ۱۳۸۱، پی‌جویی و اکتشاف قیر طبیعی در استان ایلام، سازمان صنعت، معدن، تجارت استان ایلام.
- عزیزپورفر، ا.، اندیس‌ها، قیر طبیعی در ناحیه کلک‌بیشه پلدختر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد.
- فرهادی، م.، ۱۳۹۷، گزارش پی‌جویی قیر طبیعی در ناحیه کوه‌دشت لرستان، سازمان صنعت، معدن، تجارت استان لرستان.
- کشوری، ر.، ۱۳۸۹، اندیس‌های قیر طبیعی در ناحیه کوه‌دشت و معمولان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، معاونت طرح و برنامه، طرح تدوین کتاب، دوجلدی.
- واثقی، ب.، معماریانی، م. و حاضرشار، آ.، ۱۳۸۹، ارزیابی ژئوشیمیایی بیتومین‌های روستای امامزاده داوود در ناحیه الیگودرز استان لرستان، مجله زمین، دوره ۵، شماره ۴، ص. ۴۳-۵۳.

## References

- Ashkan, S. A. M., 2004. Fundamentals of geochemical studies of Hydrocarbon source rocks and oils with special look at the sedimentary basin of Zagros. National Iran oil company, 355p.
- Goncalves, S., Castillo, J., Fernandez, A., and Hung, J., 2004. Absorbance and Fluorescence Spectroscopy on the Aggregation of Asphaltene-Toluene Solutions. Fuel 83:1823-1828. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2004.03.009>.
- Hirschberg, A., de Jong, L.N.J., Schipper, B. A., and Meijer, J.G., 1984. Influence of Temperature and Pressure on Asphaltene Flocculation. Soc. Pet. Eng. Journal 24: 283-293. <https://doi.org/10.2118/11202-PA>.
- Hung, W. Y., and Meinchein, W. G., 1979. Sterols as ecological indicators. geochemical et cosmochemica Acta 43: 739-745. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(79\)90257-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(79)90257-6).
- Hunt, J. M., 1996. Petroleum geochemistry and geology. 2nd Ed. W. H. Freeman & Company, New York, 743 p.
- Moldowan, J. M., Seifert, W. K., and Gallegos, E. J., 1985. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. AAPG Bulletin 69: 1255-1268. <https://doi.org/10.1306/AD462BC8-16F7-11D7-8645000102C1865D>.
- Ourisson, G., Albrecht, P., and Rohmer, M., 1982. Predictive microbial biochemistry-from molecular fossils to prokaryotic membranes. Trend Biochemistry Sci. 7: 236-239. [https://doi.org/10.1016/0968-0004\(82\)90028-7](https://doi.org/10.1016/0968-0004(82)90028-7).
- Peters, K. E., and Moldowan, J. M., 1993. The Biomarker Guide, Interpreting molecular fossil in petroleum and ancient sediments. Prentice Hall, 363P.
- Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, and Interpretation. Harlow: Longman, 352p.
- Schoell, M., 1984. Stable isotopes in petroleum research. In: J. B. Brooks & D. Welte (Eds.), Advances in petroleum geochemistry, London: Academic Press 1: 215-245.
- Speight, J.S., 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum. Fourth Edition, CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, ISBN 978-084-9390-67-8.
- Spiecker, P.W., Gawrys, K.L., and Kilpatrick, P.K., 2003. Aggregation and Solubility Behavior of Asphaltenes and their Subfractions. J. Colloid Interface Sci. 267: 178-193. DOI: 10.1016/s0021-9797(03)00641-6.
- Stocklin, J., 1968. Structural History and Tectonic of Iran: A Review. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull; 52, 1229-1258. <https://doi.org/10.1306/5D25C4A5-16C1-11D7-8645000102C1865D>.
- Waples, D. W., 1985. Geochemistry in petroleum exploration, Reidel Publish. Co., Boston, 232 p.
- Wiehe, I.A., 1996. Two-Dimensional Solubility Parameter Mapping of Heavy Oils. Fuel Sci. & Tech. Int. 14: 289-312. <https://doi.org/10.1080/08843759608947572>.

## Original Research Paper

# Investigation of organic geochemistry and isotopic properties of bituminous deposits in Late Cretaceous - Paleocene sedimentary basin of Lorestan (case study: Kuhdasht, Poldokhtar and Sepiddasht)

Nasim Maleki Sadeghi<sup>1</sup>, Ahmad Ahmadi Khalaji<sup>1\*</sup>, Reza Zarei Sahamieh<sup>1</sup> and Zahra Tahmasbi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received: 2022 May 07

Accepted: 2022 June 27

Available online: 2022 December 22

### Keywords:

Organic geochemistry

Isotope

Bitumen

Asphalten

Lorestan

## ABSTRACT

The study area is a part of Zagros Folded zone and located in the Lorestan sedimentary basin. In this regard, three areas with high bitumen potential were selected, which include the northern area of Kuhdasht, northeast of Poldokhtar and southeast of Sepiddasht. In the study areas, bitumens are exposed as veins between the fractures and as interlayers with host rock that the thickness of these veins is between 10 cm to more than 1.5 meters. Field studies showed that the studied bitumens have developed in the shales of Amiran Formation. Based on the results of organic geochemistry, 80.10 to 93.60% of the extractable saturated compounds are in the category of asphalts and have a very good quality in terms of thermal maturity (maturity of organic matter). The studied samples are formed in a reducing to slightly reducing sedimentary environment. Drawing the diagram of  $C^{34}/C^{35}$  Homohopane vs.  $C^{29}/C^{30}$  Hopane for the studied bitumens showed that the generating rocks of the studied samples are carbonate and detrital in nature. This can be explained by the lithology of bituminous formations such as Ilam and Gurpi formations in the study areas. The triangular diagram of regular streams ( $m/z = 217$ ) for the studied bitumens showed that the source of organic compounds of the studied bitumens is mostly marine with a small amount of entry from dry environments. Severe depletion of the carbon isotope (average -28.83 per mill) indicates organic origin and biomass in these samples. On the other hand, sulfur compounds with depletion (-12.16 per mill) indicate formation in a reduced to semi-regenerated sedimentary environment and oxygen isotope data (+15.03 per mill) indicate the formation of organic matter of sedimentary origin.

\* Corresponding author: Ahmad Ahmadi Khalaji; E-mail: ahmadikhalaji.a@lu.ac.ir

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2021 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

doi: 10.22071/GSJ.2022.340370.1994

dor: 20.1001.1.10237429.1401.32.4.21.7



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)