

## ارزیابی بلوغ سیالات هیدروکربنی و تعیین مسیر مهاجرت با کمک مدل سازی دو بعدی در تعدادی از میادین نفتی فروافتادگی دزفول

اشکان ملکی<sup>۱</sup>، سید علی معلمی<sup>۲</sup>، محمدحسین صابری<sup>۳\*</sup>، محمدحسن جزایری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت، دانشکده مهندسی نفت، پردیس علوم و فناوری های نوین، دانشگاه سمنان، سمنان

<sup>۲</sup> مدیریت اکتشاف نفت، شرکت ملی نفت ایران

<sup>۳</sup> استادیار دانشکده مهندسی نفت، پردیس علوم و فناوری های نوین، دانشگاه سمنان، سمنان

<sup>۴</sup> کارشناس مدیریت اکتشاف نفت، شرکت ملی نفت ایران

\*[Mh.saberi@semnan.ac.ir](mailto:Mh.saberi@semnan.ac.ir)

دریافت دی ۱۳۹۸، پذیرش اردیبهشت ۱۳۹۹

### چکیده

در جنوب غرب ایران مخازن بزرگ نفت و گاز شامل کربنات های ژوراسیک و کرتاسه وجود دارد که در آن ها سنگ های منشأ مناسبی در توالی از کرتاسه پیشین و ژوراسیک قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، ارزیابی بلوغ سیالات هیدروکربنی و تعیین مسیر مهاجرت و خصوصیات سنگ های منشأ پابده، کژدمی، گرو و سرگلو در منطقه مورد مطالعه می باشد. بدین منظور تاریخچه تدفین و مدل حرارتی یک بعدی در چهار میدان نفتی و مدل سازی دوبعدی در یک مقطع برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار اوپن فلو<sup>۱</sup> جهت تعیین سطوح پختگی کروژن (های) لایه های رسوبی، زایش و خروج هیدروکربن مورد ارزیابی قرار گرفت. از مقایسه مقادیر دما و انعکاس و تیرینایت اندازه گیری شده با نتایج مدل، جهت کالیبراسیون مدل سازی استفاده شد. نتایج مدل سازی یک بعدی تاریخچه تدفین و حرارتی در این مطالعه، نشان می دهد که کروژن (های) سازندهای سرگلو، گرو و کژدمی به پختگی رسیده اند و خروج هیدروکربن داشته اند اما مواد آلی یا کروژن (های) سازنده پابده به بلوغ کافی جهت تولید هیدروکربن نرسیده است. نتایج مدل مهاجرت در مقطع مورد مطالعه نشان می دهد که دو سیستم هیدروکربنی کرتاسه پیشین و کرتاسه میانی توسط سازنده کژدمی جدا شده و بنابراین مهاجرت هیدروکربن در لایه های عمیق تر از کژدمی غالباً بصورت جانبی و به سمت دشت آبادان بوده است. هیدروکربن تولیدی از سازنده کژدمی علاوه بر شارژ لایه های بالایی بصورت قائم، در لایه های ایلام و سروک به دلیل شیب کلی لایه ها بصورت جانبی و به سمت دشت آبادان نیز مهاجرت نموده است. به طور کلی روند پختگی سنگ های منشأ از شرق به غرب منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است.

**کلمات کلیدی:** مدل سازی یک بعدی، مدل سازی دوبعدی، فروافتادگی دزفول، مدل مهاجرت

<sup>1</sup> Open Flow

## ۱- مقدمه

جنوب غربی ایران یکی از غنی ترین مناطق تولید هیدروکربن در دنیا است [5]. رشته کوه های زاگرس در نتیجه فعالیت کوه زایی در میوسن-پلیوسن شکل گرفته اند و دارای دو بالآمدگی لرستان در شمال و فارس در جنوب می باشند [20]. منطقه فروافتاده ای در این بین با مساحت ۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع به نام فروافتادگی دزفول قرار گرفته است [8, 15, 19, 20]. بیش از ۹۰٪ نفت این منطقه در مخازن آهکی آسماری (الیگومیوسن) و مخازن گروه بنگستان (مخازن سروک با سن سنومانین-ترونین و ایلام به سن سانتونین) جای گرفته است [16]. سازند آهکی آسماری در اکثر مناطق فروافتادگی دزفول دارای کیفیت مخزنی بسیار خوبی می باشد. کیفیت بالای این مخزن به دلیل درز و شکافی که در نزدیکی قله تاقدیس ها واقع گشته، افزایش یافته است. این سازند توسط پوش سنگ تبخیری گچساران پوشیده شده است [19]. تاقدیس های فروافتادگی دزفول در زمان پلیوسن-الیگوسن تشکیل شده اند [10]. سنگ مخزن آهکی سروک نیز توسط مارن های ضخیم گورپی و پابده پوشیده شده است [20].

جانشیننی ژوراسیک در جنوب غربی ایران به تولید انبوه نفت و گاز منجر شده است. اعتقاد بر این است که بیشتر نفت و گازهای اکتشافی ایران از دوره ژوراسیک (سازند سرگلو) و کرتاسه (سازندهای گرو و کژدمی) منشأ گرفته اند و در مخازن کرتاسه و سنوزوئیک در منطقه فروافتادگی دزفول و دشت آبادان به دام افتاده اند [1, 24]. سنگ منشأ اصلی فروافتادگی دزفول، سازند کژدمی با سن آلبین می باشد که دارای کروژن نوع دو می باشد [9, 29]. توالی ژوراسیک میانی شامل سنگ های منشأ قابل توجهی در جنوب غربی ایران و شرق عراق در حوضه زاگرس مانند سازند سرگلو است که دلیل آن هم وجود کل محتوای کربن آلی در این سازند می باشد که در حوضه ژوراسیک در این مناطق نهشته شده است [21].

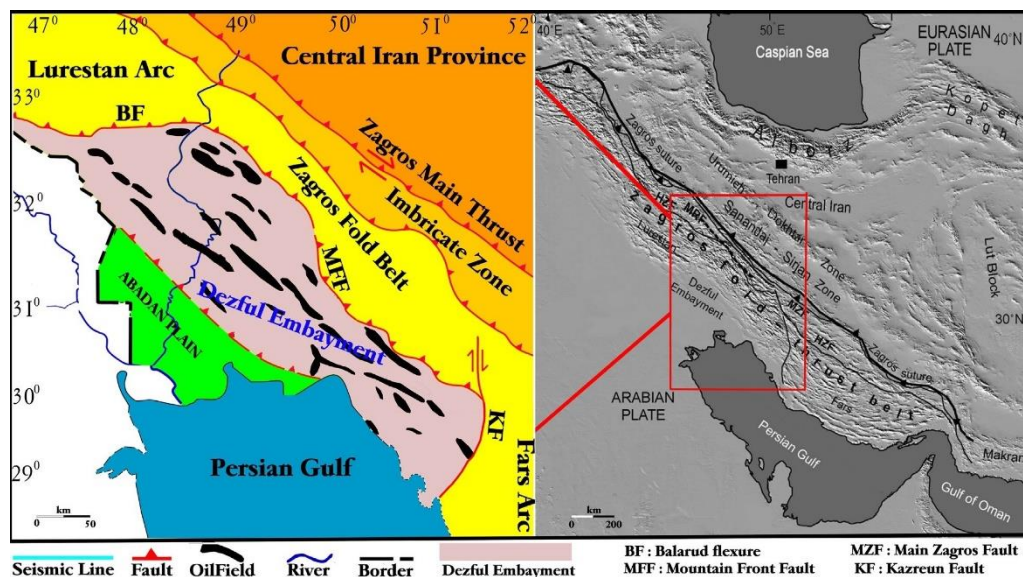
مطالعات سنگ منشأ یکی از موضوعات اصلی فعالیت های اکتشاف نفت است [27]. هدف از این مطالعه، بررسی خصوصیات سنگ های منشأ ژوراسیک (سازند سرگلو)، کرتاسه (سازندهای گرو و کژدمی) و پالئوسن-الیگوسن (پابده) می باشد. برای توصیف کمیت، کیفیت و بلوغ ماده آلی در سازندهای مورد مطالعه و همچنین به منظور استخراج اطلاعات بیشتر در مورد مراحل بلوغ سنگ منشأ و تولید هیدروکربن در فروافتادگی دزفول واقع در جنوب غربی ایران، تاریخچه تدفین و حرارتی یک بعدی به دست آمد و ارزیابی شد. جهت انجام این مدل سازی ها از اطلاعات چهار حلقه چاه واقع در میدین فروافتادگی دزفول استفاده گردید. سپس به منظور بررسی روند مهاجرت، میزان تولید و ذخیره هیدروکربن در منطقه مورد بررسی مدل سازی دو بعدی در یک مقطع انتخابی (شمال شرقی - جنوب غربی) صورت گرفت. شایان ذکر است در مدل سازی انجام شده مبنای فقط بررسی اهداف ساختمانی بوده و تغییرات جانبی رخساره ها و سنگ شناسی لایه ها برای بررسی تله های چینه ای در نظر گرفته نشده است. برای بررسی تله های چینه ای لازم است نقشه های تغییر رخساره به صورت دقیق برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردد.

## ۲- زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در پهنه زاگرس و فروافتادگی دزفول قرار دارد. پهنه زاگرس از نظر زمین ریخت شناسی شامل زاگرس مرتفع (زاگرس داخلی) زاگرس چین خورده (زاگرس چین بیرونی) و دشت آبادان (کمی چین خورده) می باشد. بیشترین مخازن نفتی تاقدیسی در زاگرس چین خورده و مربوط به شمال شرق عراق و جنوب غرب ایران است. زاگرس چین خورده شامل فروافتادگی کرکوک، حوضه لرستان، زون ایذه، فروافتادگی دزفول، حوضه فارس و پشت کرانه بندر عباس می باشد [7]. کمر بند چین خورده زاگرس در حاشیه شمال شرقی صفحه عربی واقع شده است. چین خوردگی زاگرس عمدتاً در زمان پلیوسن-الیگوسن رخ داده و فروافتادگی دزفول در برگیرنده تاقدیس هایی با جهت یافتگی شمال غرب- جنوب شرق است

[14]. زاگرس چین خورده با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر، گودال حاشیه‌ای و کراتونی سپر عربستان است که در مرز مزوزوئیک و سنوزوئیک در حال نشست پیوسته بوده و سکانس‌های سبتر رسوبی در آن انباشته شده است. در گستره زاگرس چین خورده سنگ‌های پرکامبرین پسین تا تریاس میانی رخساره گندوانایی و مشابه دیگر نواحی ایران دارند، ولی توالی‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک آن با رسوب‌های همزمان دیگر نواحی ایران، رخساره‌های سنگی و حتی زیستی متفاوتی دارند و بیشتر معرف رخساره‌های جنوب تیتس جوان است. این نکته نشان می‌دهد که از تریاس میانی به بعد شرایط رسوبی حاکم بر زاگرس چین خورده نسبت به دیگر مناطق ایران تفاوت داشته است. در زاگرس چین خورده، رخنمونی از سنگ‌های پرکامبرین دیده نشده و حفاری‌های نفتی نیز تاکنون به پی سنگ نرسیده است. با توجه به بررسی‌های ژئوفیزیکی، باور بر این است که پی سنگ پرکامبرین زاگرس ادامه شمال-شمال خاوری سپر نوبی-عربی است که از شمال خاور آفریقا تا عربستان و حتی در زیر حوضه زاگرس ادامه دارد. پوشش رسوبی روی پی سنگ، با مجموعه‌ای از سنگ نمک، انیدریت، سنگ آهک، دولومیت سنگ‌های آذرین (مجموعه هرمز) آغاز می‌شود که تغییرات سنی آن از پرکامبرین پسین تا کامبرین میانی است و بخشی از آن‌ها به صورت حدود ۱۱۵ گنبد نمکی، از زمان ژوراسیک به بعد به سطح زمین رسیده‌اند [2]. فروافتادگی دزفول بخشی از پیش گودال زاگرس است. گسل هندیدجان-بهرگانسر فروافتادگی دزفول را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند (شکل ۱) [25]. در شکل‌گیری این فروافتادگی عملکرد توام گسل قطر-کازرون (راستگرد) و گسل بالارود (چپگرد) نقش اساسی داشته‌اند [2,28].

سازند پابده در فروافتادگی دزفول، بویژه در بخش‌های شمالی آن، از شرایط خوبی بعنوان سنگ منشاء برخوردار است. این سازند از لیتولوژی مارن، آهک و شیل تشکیل شده و سن آن پالئوسن تا الیگوسن است [3]. سازند کژدمی از شیل قیری، آهک رسی تیره رنگ و مارن تشکیل شده است. کژدمی مهم‌ترین سنگ منشأ برای مخازن آسماری به شمار می‌آید. سازند گرو بعنوان یکی از سنگ‌های منشأ موثر در این ناحیه حاوی شیل و مارن‌های قهوه‌ای تیره است. سازند سرگلو با سن ژوراسیک میانی با لیتولوژی شیل‌های متورق غنی از مواد آلی می‌باشد [4] که در فروافتادگی دزفول شمالی بعنوان سنگ منشأ موثر در نظر گرفته می‌شود. سازندهای آسماری، ایلام، سروک و فهلیان بعنوان مخزن و سازندهای گچساران، گورپی، کژدمی و گدوان بعنوان پوش سنگ در فروافتادگی دزفول مطرح هستند.



شکل ۱- موقعیت دزفول شمالی و گسل‌های واقع در آن [22]

## ۳- روش مطالعه

مدل‌سازی حوضه و سیستم هیدروکربنی، به عنوان یک مدل پیش‌بینی پویا از فرآیندهای زمین‌شناسی در جریان تکامل حوضه‌های رسوبی در نظر گرفته شده است [11,18]. ابزار مدل‌سازی به طور گسترده‌ای در کارهای اکتشاف نفت استفاده می‌شود و می‌تواند در درک بهتر سیستم‌های نفتی در منطقه و روابط متقابل از ذخایر هیدروکربن کمک کند [17]. مدل‌ها اساساً برای اندازه‌گیری و شبیه‌سازی فرآیندهای مختلف در شکل‌گیری و تکامل حوضه رسوبی توسعه پیدا کردند [11] و شامل شبیه‌سازی کاملی از رسوب قدیمی‌ترین لایه‌ها تا نهشته شدن لایه‌های امروزی می‌باشد [12,13,26,30].

برای مدل‌سازی فرایندهای زمین‌شناسی در مطالعات یک و دو بعدی، می‌توان با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی یک چاه به همراه مقاطع لرزه‌ای یا ساختمانی، تاریخچه تدفین و بلوغ در کل مقطع را شبیه‌سازی کرد. اولین قدم در مدل‌سازی حوضه، ایجاد یک مدل تصویری از تاریخچه زمین‌شناسی چاه یا محدوده مورد مطالعه می‌باشد که در آن یک توالی از رخدادها و یا لایه‌های زمین‌شناسی مانند رسوبگذاری، وقفه و فرسایش در محدوده زمانی مشخص (برحسب میلیون سال قبل) تعریف می‌گردد. برای شبیه‌سازی حوضه رسوبی باید پارامترهای رفتار فیزیکی و حرارتی هر لایه شامل ضخامت اصلی و ضخامت کنونی، سنگ‌شناسی هر سازند، تخلخل کنونی، سیمانی‌شدن، شکستگی‌ها و گسل‌ها و همچنین شرایط مرزی فیزیکی و حرارتی سازندهای رسوبی از جمله دمای مربوط به مرز آب-رسوب در زمان رسوبگذاری، جریان حرارتی حال و گذشته برای هر رخداد یا لایه زمین‌شناسی تعریف شود. در این بررسی، با استفاده از داده‌های مربوط به ۴ حلقه چاه در میدین واقع در فروافتادگی دزفول مدل‌سازی یک بعدی صورت گرفت. سپس به منظور تعیین مسیرهای مهاجرت، محل‌های تجمع احتمالی هیدروکربن توسط سنگ‌های منشا، در یک مقطع انتخابی در فروافتادگی دزفول مدل‌سازی دو بعدی صورت گرفت. برای مدل‌سازی و تفسیر تاریخچه‌ی زایش، مهاجرت و تجمع هیدروکربنها از نرم‌افزار اوپن فلو استفاده شده است.

یکی از اهداف مهم مدل‌سازی حرارتی سنجیدن صحت مدل زمین‌شناسی اولیه می‌باشد و سعی می‌کند که با تغییر پارامترهای مختلف آن را بهبود بخشد. داده‌های مورد نیاز مدل‌سازی دو بعدی را می‌توان از مقاطع لرزه‌ای و ساختمانی، مطالعه رخنمون‌ها و داده‌های زمین‌شناسی برداشت نمود. اطلاعات سنگ‌شناسی و سن زمین‌شناسی لایه‌ها از گزارشات تکمیلی چاه‌ها (گزارشات مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران) استخراج شده است. داده‌های ژئوشیمیایی مربوط به سنگ منشأ از قبیل مقدار کل مواد آلی، ضریب هیدروژن نیز از گزارش‌های منتشر شده در اداره ژئوشیمی مدیریت اکتشاف استخراج شده است. به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر در این مطالعه، تمرکز بر زایش هیدروکربنی سنگ‌های منشا کژدمی، پابده، گرو و سرگلو می‌باشد. برای مدل‌سازی دو بعدی در ناحیه مورد بررسی به کمک نرم‌افزار اوپن فلو برشی در امتداد شمال شرقی-جنوب غربی ایجاد گردید سپس به کمک نرم‌افزار مذکور بازسازی صورت گرفت تا سنگ‌بنای مدل‌سازی دو بعدی باشد. برای مدل‌سازی اولیه و ثانویه تولید هیدروکربن می‌توان از روش‌های کینتیکی استفاده نمود [6]. داده‌های ژئوشیمیایی ورودی برای مدل‌سازی در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به اینکه حداکثر عمق حفاری در چاه‌های واقع در میدین مورد بررسی تا سازندهای فهلیان و یا سروک می‌باشد، بنابراین اطلاعات دقیقی در مورد مقدار کل کربن آلی سنگ منشاها احتمالاً وجود ندارد. مقدار کل کربن آلی برای این سنگ منشاها با توجه به نواحی اطراف مانند لرستان و یا دشت آبادان بصورت یک عدد ثابت در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- داده های ژئوشیمیایی ورودی به مدل

| نام میدان     | سنگ منشأ<br>احتمالی | عمق (متر) | کل کربن آلی<br>اولیه (%) | نوع کروژن |
|---------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| آب تیمور      | پابده               | ۲۶۸۰      | ۲/۵                      | II        |
|               | کژدمی               | ۴۱۲۳      | ۴/۵                      | II        |
|               | گرو                 | ۴۸۵۰      | ۶                        | II        |
|               | سرگلو               | ۶۰۵۳      | ۵/۵                      | II-S      |
| اهواز         | پابده               | ۳۰۷۲      | ۱/۶                      | II        |
|               | کژدمی               | ۴۴۳۱      | ۳                        | II        |
|               | گرو                 | ۵۷۲۹      | ۵                        | II        |
|               | سرگلو               | ۵۹۷۳      | ۴/۵                      | II-S      |
| بندکرخه       | پابده               | ۳۳۸۱      | ۲                        | II        |
|               | کژدمی               | ۴۵۹۲      | ۳                        | II        |
|               | گرو                 | ۵۸۳۶      | ۵/۵                      | II        |
|               | سرگلو               | ۶۰۵۳      | ۴/۵                      | II-S      |
| منصوری        | پابده               | ۲۹۳۹      | ۱/۶                      | II        |
|               | کژدمی               | ۴۲۴۰      | ۵                        | II        |
|               | گرو                 | ۵۵۴۲      | ۵/۵                      | II        |
|               | سرگلو               | ۵۷۶۲      | ۴/۵                      | II-S      |
| مشتاق<br>شرقی | پابده               | ۳۸۳۲      | ۳/۸                      | II        |
|               | کژدمی               | ۵۲۴۳      | ۳                        | II        |
|               | گرو                 | ۶۴۵۸      | ۵/۵                      | II        |
|               | سرگلو               | ۶۶۷۵      | ۴/۵                      | II-S      |
| رامشیر        | پابده               | ۳۲۸۹      | ۳/۲                      | II        |
|               | کژدمی               | ۴۷۰۹      | ۵                        | II        |
|               | گرو                 | ۶۰۲۷      | ۵/۵                      | II        |
|               | سرگلو               | ۶۲۳۴      | ۴/۵                      | II-S      |

#### ۴- بحث

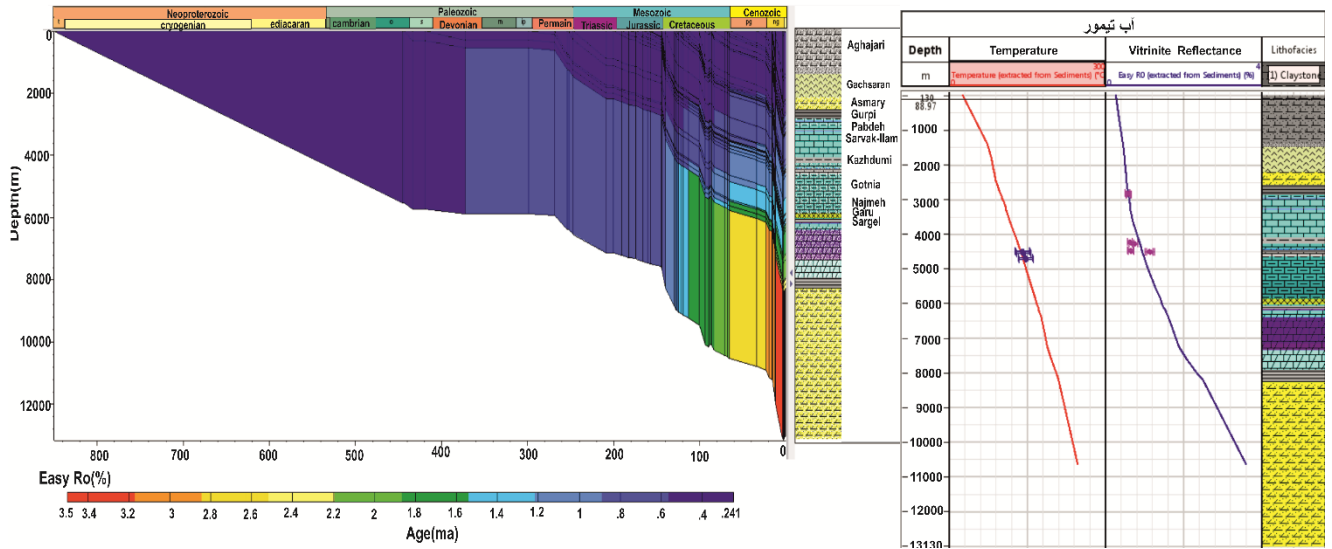
در این پژوهش مدل سازی یک بعدی از چاه هایی واقع در میادین آب تیمور، بندکرخه، مشتاق شرقی و رامشیر در فروافتادگی دزفول شمالی انجام گرفت. کالیبراسیون، یک انطباق بهینه بین پارامترهای اندازه گیری شده و مدل برقرار می سازد و برای مدل سازی مؤثر نقش مهمی دارد. بهترین انطباق داده ها جهت کالیبراسیون با توجه به مدل های مختلف تست شده در حالتی

بود که جریان حرارتی بطور ثابت بین ۴۴ تا ۵۰ میلی وات بر متر مربع در چاه‌های مختلف در نظر گرفته شده که مربوط به حال حاضر است. از داده‌های دما و انعکاس ویترنایت اندازه‌گیری شده جهت صحت مدل‌سازی استفاده گردید. داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی دما و انعکاس ویترنایت در یکی از چاه‌های میدان آب‌تیمور که جهت کالیبراسیون مدل مورد استفاده قرار گرفته، در جدول ۲ مشخص شده است. نمودار پختگی بر حسب انعکاس ویترنایت در یکی از چاه‌های میدان آب تیمور که تا سازند فهلیان حفاری شده نشان می‌دهد (شکل ۲) که سازند آغاچاری در این چاه ۱۶۰ متر فرسایش داشته است. مقدار فرسایش هر سازند برای تمامی میادین از روی خطوط لرزه‌ای محاسبه شده است. ضخامت لایه‌ها در ناودیس‌ها اندازه‌گیری شده و در محل تاقدیس‌ها به هر میزانی که لایه از بین رفته، به عنوان فرسایش در نظر گرفته شده است. مگر اینکه در آن محل‌ها شواهد عدم رسوب‌گذاری مشاهده شده باشد. بر طبق نتایج مدل سازندهای سرگلو و گرو با انعکاس ویترنایت ۱/۴٪ در پنجره تولید گاز تر قرار دارند. سازند کژدمی با انعکاس ویترنایت ۰/۸۵٪ در پنجره نفتی و سازند پابده با انعکاس ویترنایت ۰/۵۸٪ در ابتدای پنجره نفتی قرار دارد.

از چاه واقع در بند کرخه داده‌های انعکاس ویترنایت اندازه‌گیری شده موجود نیست. بنابراین تنها از داده‌های دمایی چاه برای کالیبراسیون مدل استفاده شده است و تطابق خوبی را نشان می‌دهد (جدول ۳). حداکثر عمق حفاری در میدان بندکرخه تا سازند سروک می‌باشد و نمودار پختگی آن حاکی از این است که سازند آغاچاری در این میدان دچار فرسایشی نشده است. سازند سرگلو و گرو در چاه واقع در میدان بندکرخه با انعکاس ویترنایت ۱/۴ و ۱/۳ درصد در پنجره گازی و سازند کژدمی و پابده نیز به ترتیب با ضریب انعکاس ویترنایت حدود ۰/۸۷٪ و ۰/۶۳٪ در اواسط و اوایل پنجره نفتی قرار دارند (شکل ۳).

جدول ۲- داده‌های دما و انعکاس ویترنایت جهت کالیبراسیون مدل در چاه واقع در میدان آب تیمور

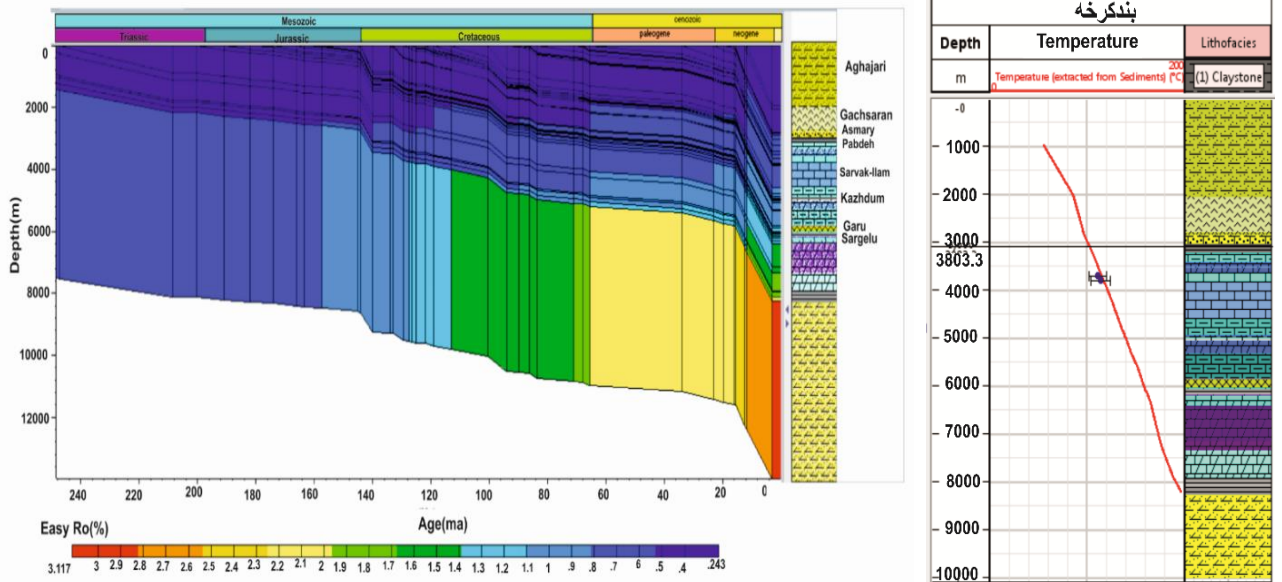
| دما (درجه سانتیگراد) | عمق (متر) | درصد انعکاس ویترنایت | عمق (متر) |
|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| ۱۰۷/۲                | ۳۱۵۹      | ۰/۵۷                 | ۲۸۲۰      |
| ۱۱۲/۷                | ۳۴۳۴      | ۰/۵۹                 | ۲۸۵۱      |
| ۱۴۰/۴                | ۴۵۱۳      | ۰/۶                  | ۲۸۶۵      |
| ۱۴۱/۵                | ۴۵۴۵      | ۰/۶۲                 | ۴۲۳۳      |
| ۱۴۲/۶                | ۴۵۹۳      | ۰/۶۶                 | ۴۲۶۵      |
| ۱۴۶/۶                | ۴۷۱۰/۲    | ۰/۷۵                 | ۴۲۸۱      |
| ۱۴۷/۵                | ۴۷۵۹      | ۰/۶۴                 | ۴۴۷۳      |
|                      |           | ۰/۶۵                 | ۴۴۹۵      |
|                      |           | ۱/۱۲                 | ۴۵۱۰      |
|                      |           | ۱/۱۵                 | ۴۵۲۱      |



شکل ۲- نمودار تاریخچه تدفین به همراه مدل حرارتی و نمودار عمق در مقابل انعکاس ویترنایت و دما جهت انجام انطباق بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل در چاه واقع در میدان آب تیمور

جدول ۳- داده‌های دما جهت کالیبراسیون مدل چاه واقع در میدان بندکرخه

| عمق (متر) | دما (درجه سانتیگراد) |
|-----------|----------------------|
| ۲۸۳۱      | ۸۷/۷۷                |
| ۳۶۳۶      | ۱۰۸/۶۶               |
| ۳۷۰۶      | ۱۱۱/۱۱               |



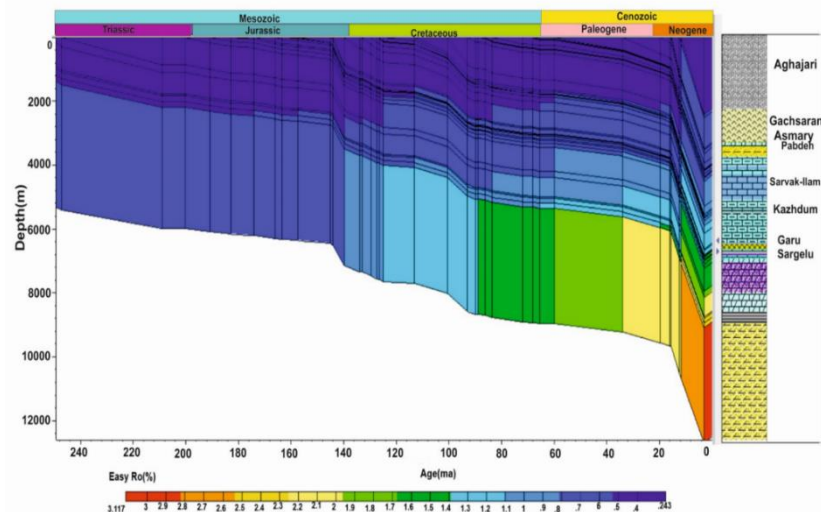
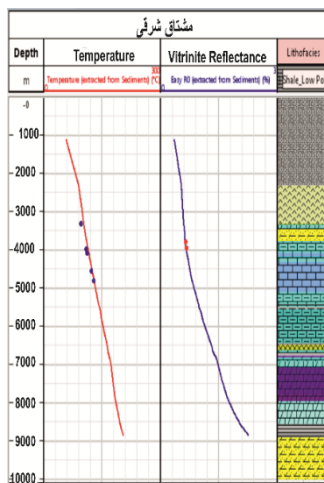
شکل ۳- نمودار تاریخچه تدفین به همراه مدل حرارتی و نمودار عمق در مقابل دما جهت انجام انطباق بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل در چاه واقع در میدان بندکرخه

همچنین در میدان مشتاق شرقی که با فاصله بیشتری از میداین دیگر منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است، سازند آغاچاری فرسایشی ۲۰۰ متری داشته است. حفاری در این میدان با رسیدن به سازند سروک با سن کرتاسه بالایی خاتمه یافته است. از داده‌های اندازه‌گیری شده دما و ضریب انعکاس ویتروینایت جهت کالیبراسیون مدل مطابق جدول ۴ استفاده شد و تطابق خیلی خوبی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و مدل بدست آمد. مدل سازی پختگی در این چاه (شکل ۴) نشان می‌دهد سازند سرگلو با انعکاس ویتروینایت برابر با ۱/۲۵٪ در اواخر پنجره نفتی قرار گرفت. سازندهای گرو، کژدمی و پابده به ترتیب با میزان انعکاس ویتروینایت ۱/۱۵، ۰/۹ و ۰/۶۵٪ در پنجره نفتی قرار دارند.

فرسایش سازند آغاچاری در میدان رامشیر حدود ۱۱۰۰ متر می‌باشد. بیشترین عمق حفاری در این میدان تا سازند سروک می‌باشد. در چاه مذکور داده‌های اندازه‌گیری شده انعکاس ویتروینایت در دسترس نیست و فقط از داده‌های دما جهت کالیبراسیون استفاده گردید که تطابق خوبی را نشان داد. شکل ۵ نشان دهنده میزان پختگی در سازندهای مورد مطالعه در یکی از چاه‌های واقع در میدان رامشیر می‌باشد، همانطور که در شکل مشخص است، سازندهای سرگلو و گرو به ترتیب با انعکاس ویتروینایت ۱/۸٪ و ۱/۷٪ در پنجره تولید گاز تر و سازند کژدمی با میزان ۱/۱۷٪ در ابتدای پنجره گازی قرار دارند همچنین سازند پابده در این چاه با ضریب ویتروینایت برابر با ۰/۷۴٪ در پنجره نفتی قرار گرفته است.

جدول ۴- داده‌های دما و انعکاس ویتروینایت جهت کالیبراسیون مدل در چاه واقع در میدان مشتاق شرقی

| عمق (متر) | درصد انعکاس ویتروینایت | دما (درجه سانتیگراد) |
|-----------|------------------------|----------------------|
| ۳۲۶۷/۵    |                        | ۹۶/۶۶                |
| ۳۹۰۷/۵    | ۰/۶۴                   | ۱۰۹/۴۴               |
| ۴۰۰۹/۵    | ۰/۶                    | ۱۱۱/۶۶               |
| ۴۴۷۷/۵    |                        | ۱۲۲/۷۷               |
| ۴۷۲۷/۵    |                        | ۱۲۸/۸۸               |



شکل ۴- نمودار تاریخچه تدفین به همراه مدل حرارتی و نمودار عمق در مقابل انعکاس ویتروینایت و دما جهت انجام انطباق بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل در چاه واقع در میدان مشتاق شرقی



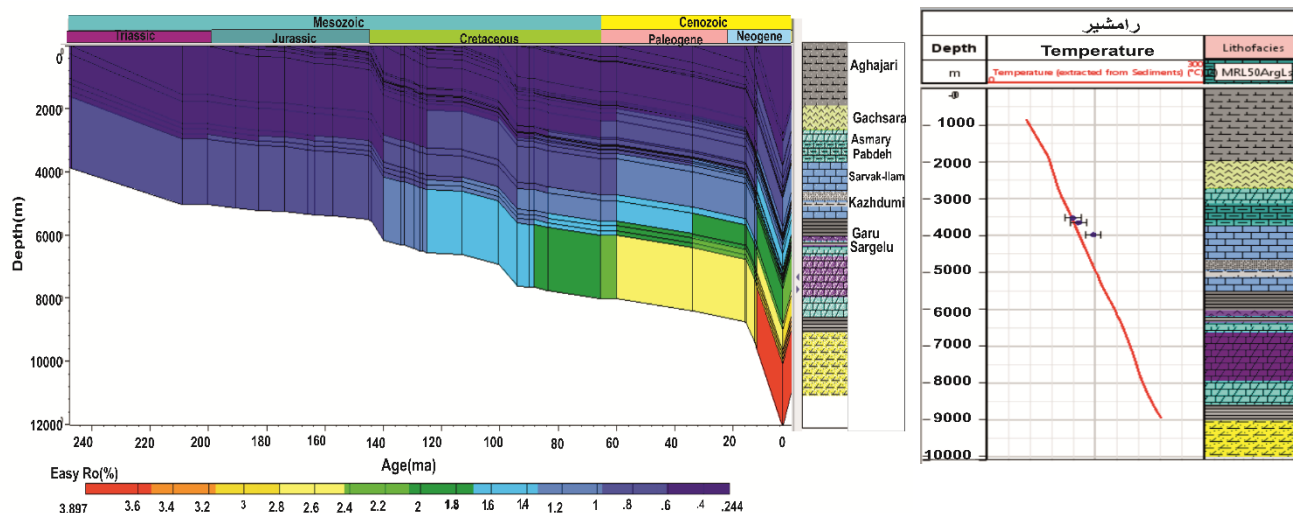
طبق مدل‌سازی یک بعدی انجام شده بیشترین پختگی سازندهای منشأ مورد مطالعه در میدان رامشیر اتفاق افتاده است که حاصل عمق تدفین بیشتر سازندها در این میدان می‌باشد.

همچنین در این مطالعه جهت انجام مدل‌سازی دویعدی یک مقطع انتخابی (شمال شرقی - جنوب غربی) در ناحیه مورد بررسی ایجاد و مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۶). جهت مدل‌سازی دویعدی در مقطع شمال شرقی - جنوب غربی ابتدا اطلاعات زمین‌شناسی مقطع، از قبیل لایه‌های مختلف سنگی، سن و اطلاعات گسل‌های موجود در نرم‌افزار مدل‌سازی اوپن‌فلو وارد می‌شود. سپس در قسمت Age Assignment و Facies Definition داده‌های مربوط به چینه‌شناسی (شامل نام، عمق رأس و سن)، سنگ‌شناسی، فرسایش، نبود رسوب‌گذاری و نقش سازندها در سیستم نفتی در هر لایه و همچنین اطلاعات ژئوشیمیایی مربوط به سازندهای منشأ از قبیل HI و TOC اولیه مورد استفاده، وارد می‌گردد. ورود داده‌های ژئوشیمیایی باید به صورت اولیه باشد زیرا در محاسبات مربوط به میزان هیدروکربن تولید و خارج شده از سنگ منشأ تأثیر زیادی خواهد داشت. در مدل‌سازی دویعدی، نرم‌افزار به طور کامل داده‌های تفسیر لرزه‌ای، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی را با شبیه‌سازی‌های چند بعدی حرارتی، جریان سیالات و مهاجرت نفت در حوضه‌های رسوبی ترکیب می‌کند. مدل‌سازی دو بعدی (نقشه‌ها و مقطع) برای شبیه‌سازی تولید نفت یا گاز از سنگ‌های منشأ، مهاجرت و انباشت و تاریخچه فشار سازند استفاده می‌شود. منابع اطلاعاتی برای تولید مدل‌های دویعدی شامل: داده‌های چاه، مدل‌های یک بعدی تاریخچه تدفین، مقاطع لرزه‌ای، نقشه‌ها و مقاطع عرضی می‌باشند که می‌توانند شامل اطلاعاتی مانند داده‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، دما و فشار باشند. شکل ۶ موقعیت مقطع انتخابی را نشان می‌دهد. این مقطع شامل میادین اهواز و منصوری می‌باشد که از داده‌های در دسترس این چاه‌ها جهت تطبیق و تأیید صحت مدل‌سازی استفاده شده است. مقایسه‌ی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط مدل در موقعیت چاه‌هایی که این داده‌ها در آن‌ها موجود بود تطابق خوبی را نشان می‌دهد (شکل ۷). کالبره بودن همزمان دما و انعکاس ویتروینایت و افزایش یکنواخت ضریب انعکاس ویتروینایت با عمق حکایت از تکتونیک آرام منطقه دارد.

در مقطع شمال شرقی - جنوب غربی سیستم‌های نفتی ترشیاری (سنگ منشأ پابده)، کرتاسه (سنگ منشأ کژدمی و گرو) و ژوراسیک (سنگ منشأ سرگلو) در نظر گرفته شده‌اند. این سازندها مطلوب‌ترین سنگ‌های منشأ فروفادگی دزفول هستند که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند [3,4,23].

جدول ۵- داده‌های دما جهت کالبراسیون مدل چاه واقع در میدان رامشیر

| عمق (متر) | دما (درجه سانتیگراد) |
|-----------|----------------------|
| ۲۷۷۳      | ۹۶/۶۷                |
| ۳۶۸۰      | ۱۲۱/۶۷               |
| ۳۷۲۳      | ۱۲۲/۷۸               |



شکل ۵- نمودار تاریخچه تدفین به همراه مدل حرارتی و نمودار عمق در مقابل دما جهت انجام انطباق بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل در چاه واقع میدان رامشیر

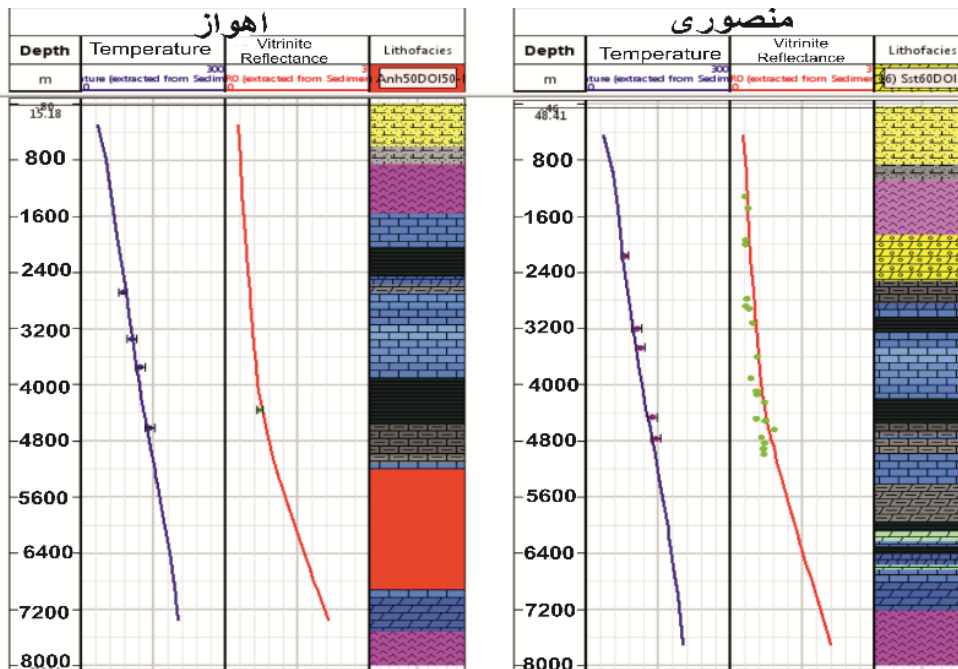


شکل ۶- مقطع شمال شرقی - جنوب غربی مورد مطالعه

جدول ۶- داده‌های دما و انعکاس ویترنایت اندازه‌گیری شده جهت کالیبراسیون مدل دو بعدی میداین اهواز و منصوری

| نام میدان | دما (درجه سانتیگراد) | عمق (متر) | درصد انعکاس ویترنایت | عمق (متر) |
|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
|           | ۸۱/۳۹                | ۲۲۰۰      | ۰/۳۱                 | ۱۳۲۰      |
|           | ۱۰۷/۲۲               | ۳۲۵۱/۲    | ۰/۳۸                 | ۱۴۸۲      |
|           | ۱۰۹/۴۴               | ۳۳۱۰      | ۰/۳۳                 | ۱۹۴۰      |
|           | ۱۱۲/۷۸               | ۳۴۹۰/۲    | ۰/۳۳                 | ۲۰۰۰      |
|           | ۱۳۵/۵۶               | ۴۴۷۶/۸    | ۰/۳۶                 | ۲۷۷۰      |
|           | ۱۳۷/۲۲               | ۴۵۷۱      | ۰/۳۴                 | ۲۷۸۰      |

|      |      |        |        |        |
|------|------|--------|--------|--------|
| ۲۹۲۰ | ۰/۴  |        |        | منصوری |
| ۳۱۲۰ | ۰/۴۷ |        |        |        |
| ۳۶۰۰ | ۰/۵۷ |        |        |        |
| ۳۹۱۰ | ۰/۴۴ |        |        |        |
| ۴۰۹۰ | ۰/۵۵ |        |        |        |
| ۴۱۲۰ | ۰/۶  |        |        |        |
| ۴۱۴۰ | ۰/۵۶ |        |        |        |
| ۴۴۸۵ | ۰/۵۵ |        |        |        |
| ۴۵۱۰ | ۰/۷۵ |        |        |        |
| ۴۵۱۵ | ۰/۷۳ |        |        |        |
|      |      | ۲۷۱۲   | ۸۸/۳۳  | اهواز  |
|      |      | ۳۳۷۷   | ۱۰۶/۶۶ |        |
|      |      | ۳۷۷۱/۱ | ۱۲۳/۸۸ |        |
| ۴۳۷۲ | ۰/۶۴ | ۴۶۶۲/۵ | ۱۳۶/۶  |        |
|      |      | ۴۷۷۰   | ۱۴۱/۱  |        |
|      |      | ۴۸۶۵   | ۱۴۲/۷۷ |        |



شکل ۷- نمودار عمق در مقابل انعکاس ویترینایت و دما جهت انجام انطباق بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل

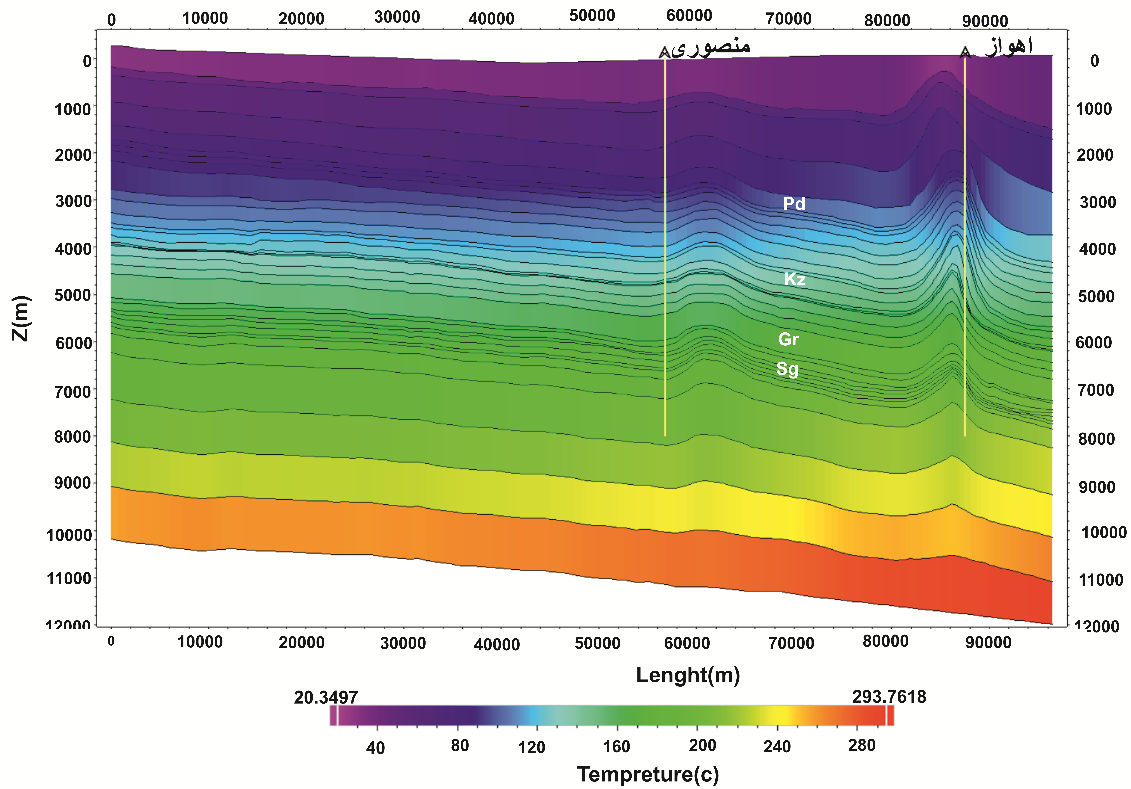
دما مهم‌ترین فاکتور کنترل‌کننده زایش نفت می‌باشد، زیرا زمان در دمای پایین (کمتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد) نمی‌تواند مواد آلی موجود در سنگ منشأ را به مرحله زایش برساند. در مقابل در دمای بالاتر از ۱۳۰ درجه پختگی خیلی سریع اتفاق می‌افتد و تنها در بازه زمانی ۷۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است که زمان نقش عمده‌ای دارد. فرایند نفت‌زایی در دمای بالاتر از ۷۰°C رخ می‌دهد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان می‌دهد که حداکثر دمای ثبت شده در سازند پابده، حدود ۹۰°C می‌باشد که به دلیل عمق تدفین اندک به پختگی لازم برای تولید هیدروکربن نرسیده است. سازندهای کژدمی و گرو به ترتیب در بازه‌های دمایی ۹۰ تا ۱۰۵°C و ۱۶۰ تا ۱۸۰°C قرار گرفته‌اند. سازند سرگلو نیز حداکثر دمای ۱۷۳°C را تجربه کرده است (شکل ۸).

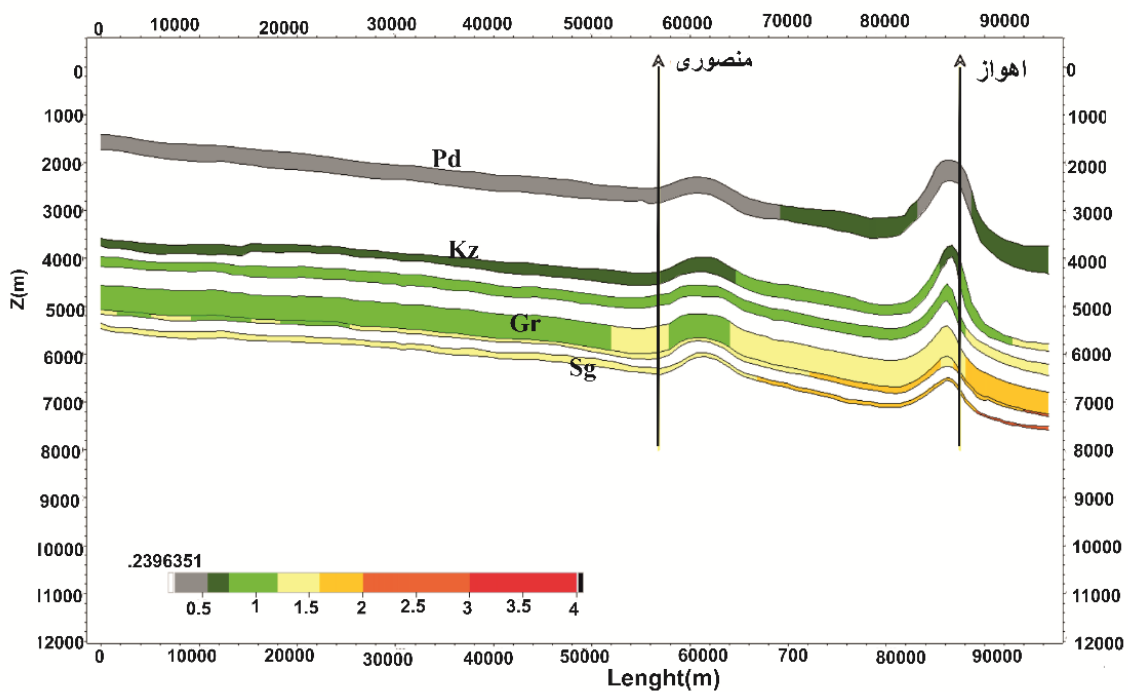
شکل ۹ وضعیت پختگی سازندها بر حسب انعکاس ویتروینایت در ناحیه مورد بررسی را نشان می‌دهد. همانگونه در شکل نیز مشخص است پختگی سازندها با افزایش عمق در ناودیس‌ها افزایش یافته و با توجه به مقادیر انعکاس ویتروینایت، ورود به پنجره نفتی در شرق ناحیه مورد بررسی آغاز شده است به گونه‌ای که سازند کژدمی در خط الراس تاقدیس دارای ضریب ویتروینایت حدود ۰/۸٪ است که در اوایل پنجره نفتی قرار دارد ولی با افزایش عمق (ناودیس) این مقدار به بیش از ۱/۳٪ می‌رسد که نشان‌دهندگی عبور سازند کژدمی از پنجره نفت‌زایی می‌باشد. میزان پختگی برای سازندهای گرو و سرگلو نیز در ناودیس بیشتر از تاقدیس‌ها می‌باشد، اما مواد آلی موجود در سازند پابده به دلیل عمق تدفین اندک به بلوغ لازم برای تولید هیدروکربن نرسیده است. نتایج مدل پختگی در حال حاضر، روند کلی کاهش پختگی سنگ‌های منشأ از فروافتادگی دزفول به سمت دشت آبادان را نشان می‌دهد.

ضخامت رسوبات میوسن تا عهد حاضر در شرق مدل بیشتر از غرب است. با کاهش عمق پی سنگ، جریان حرارتی افزایش پیدا می‌کند. افزایش ضخامت رسوبات در شرق مدل در زمان حال، عمق تدفین را نسبت به شرق افزایش می‌دهد که این پدیده نیز به میزان پختگی سنگ‌های منشأ در این سمت مدل کمک می‌کند. همچنین براساس مدل‌سازی یک بعدی از ۴ حلقه چاه واقع در میدین آب تیمور، بندکرخه، مشتاق شرقی و رامشیر اطراف مقطع مورد مطالعه (میدین اهواز و منصوری) و مدل‌سازی دوبعدی می‌توان گفت که میدان رامشیر در شرق مقطع بیشترین میزان پختگی را برای سازندهای مورد بررسی در منطقه دارد و هر چه به سمت غرب که میدین آب تیمور، بندکرخه و مشتاق شرقی قرار دارند پیش می‌رویم میزان انعکاس ویتروینایت سنگ‌های منشأ کمتر می‌شود (شکل ۱۰). میزان انعکاس ویتروینایت اندازه‌گیری شده چاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد روند بلوغ سازندهای منشأ در منطقه مورد مطالعه از شرق به غرب کاهش می‌یابد.

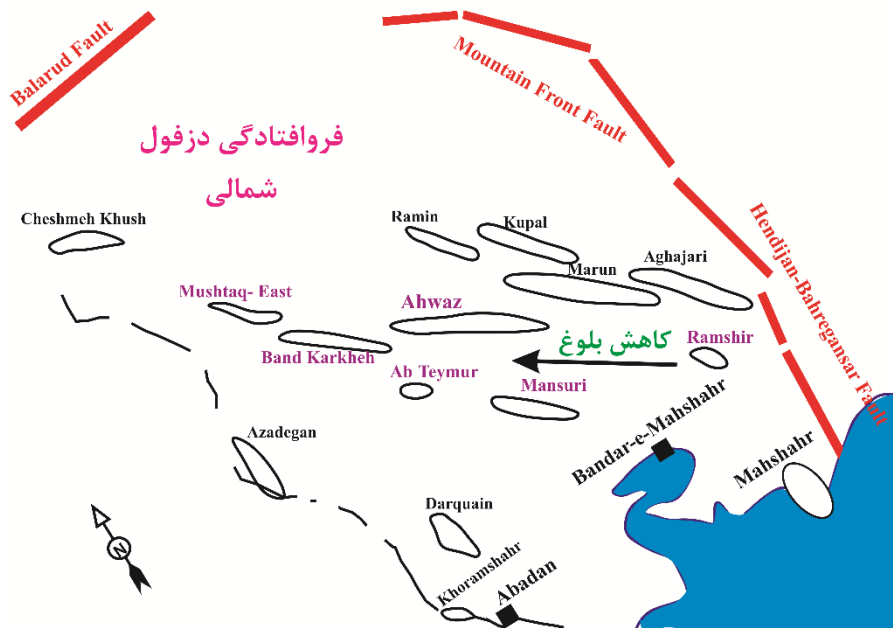
در واقع دو عامل افزایش جریان حرارتی و عمق تدفین در زمان حال بیشتر بودن میزان پختگی سنگ‌های منشأ را در سمت شرق کنترل می‌کنند.



شکل ۸- دمای بدست آمده از مدل سازی در مقطع شمال شرقی - جنوب غربی



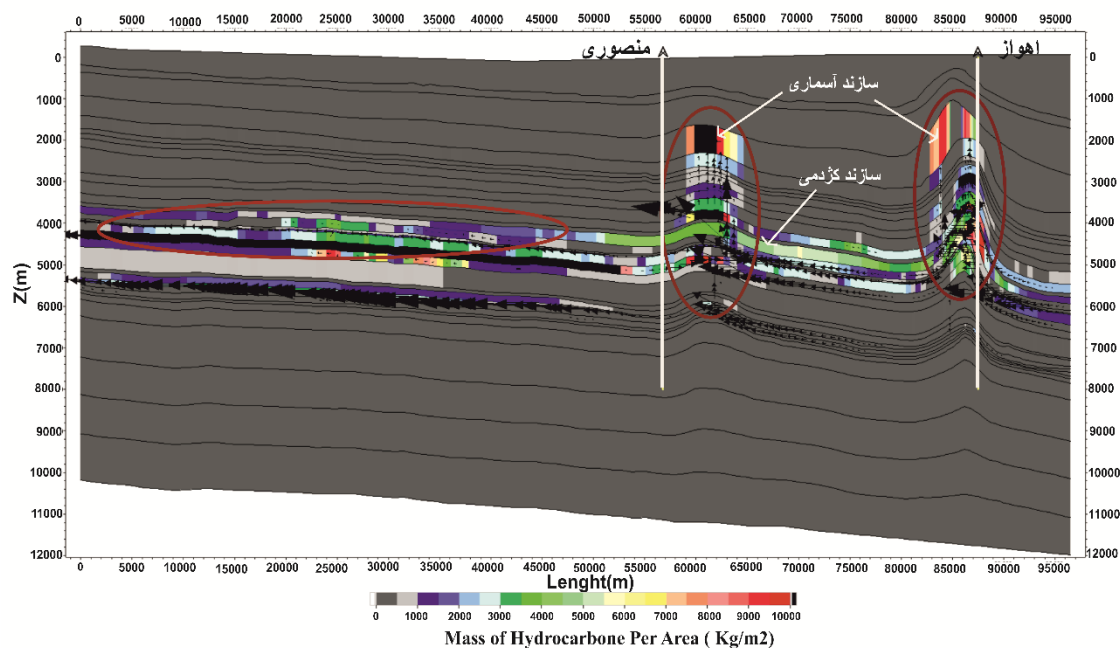
شکل ۹- نتایج ضریب انعکاس و بیریترات در طول زمان در راستای مقطع مورد نظر



شکل ۱۰- روند تغییرات بلوغ در منطقه مورد بررسی

از مهم‌ترین نتایج مدل‌سازی تعیین مسیرهای مهاجرت هیدروکربن و پر شدن تله‌ها در یک سیستم نفتی می‌باشد. شکل ۱۱ خروجی نهائی مدل مهاجرت و پر شدن تله‌های نفتی ساخته شده در برش انتخابی در منطقه فروافتادگی دزفول را نشان می‌دهد. مسیر مهاجرت بر اساس اشباع‌شدگی هیدروکربن محاسبه می‌شود و تابع قانون دارسی می‌باشد. مدل مهاجرت تجمع زیادی از هیدروکربن‌ها را در زیر لایه کژدمی نشان می‌دهد. این تجمع در فواصل بین میداین نیز دیده می‌شود، این در حالیست در مخازن بالای سازند کژدمی تجمع در محل میداین مشاهده می‌شود. نتایج مدل‌سازی دوبعدی حاکی از این است که اتصال سیستم نفتی کرتاسه پیشین و میانی فقط در محل میداین به دلیل ژئومتری و بعضاً حضور گسل‌ها رخ می‌دهد و جداشدگی این دو سیستم توسط سازند کژدمی اتفاق می‌افتد. سازند کژدمی در سیستم نفتی منطقه دو نقش سنگ منشا و پوش سنگ را بازی می‌کند. این سازند در فروافتادگی‌های سمت شرق میدان اهواز و در فواصل بین دو میدان به اوج تولید نفت رسیده است. مقطع عرضی، مهاجرت هیدروکربن را با شدت زیادی به سمت دشت آبادان نشان می‌دهد. این جریان در سازند سروک با شدت کمتری در همان جهت مشاهده می‌شود و در سازند ایلام از بین می‌رود. با توجه به شدت مهاجرت جانبی در مخازن زیرلایه کژدمی و بعضاً بخش‌های مخزنی سازند سروک، اگر در فواصل بین میداین، سازندها با تغییر تخلخل و تراوایی مواجه شوند، احتمال تشکیل تله چینه‌ای زیاد است که نیاز است با مطالعات تکمیلی این مسئله بررسی شود. همانگونه که در شکل نیز مشخص است هیدروکربن تولیدشده از سازند کژدمی به علت سبک‌تر بودن نسبت به سایر سیالات (آب)، فشار مخزن، وجود مسیرهای عمودی مهاجرتی و وجود تخلخل نسبتاً بالا در افق‌های مخزنی وارد سازندهای سروک، ایلام و آسماری شده است و بصورت مایل با مولفه‌های افقی و عمودی به سوی راس تاقدیس مهاجرت کرده است. فشار پوش سنگی کژدمی مانع از عبور هیدروکربنها در خارج از محدوده تاقدیس‌ها شده است. سازندهای ایلام و سروک دارای لیتولوژی کربناته می‌باشند و تراوایی بیشتری نسبت به سازندهای پابده و گورپی دارند، این وضعیت مانع از حرکت هیدروکربنها در یال‌ها به سوی سازندهای پابده و گورپی شده و حرکت هیدروکربن پس از مهاجرت درون سازندهای ایلام و سروک باعث ایجاد اشباع‌شدگی در خط‌الراس تاقدیس می‌شود. افزایش اشباع‌شدگی، نیروی رانش بیشتری را ایجاد می‌کند. شکاف‌ها و ترک خوردگی‌هایی که به سبب چین خوردگی در راس تاقدیس ایجاد شده و نیروی رانش، مسیر مناسبی را برای مهاجرت عمودی هیدروکربن به سمت سازند آسماری فراهم می‌کند. در یال‌ها عدم وجود ترک و اشباع‌شدگی بالا نسبت به

مناطق بالایی تاقدیس، امکان کمتری برای مهاجرت هیدروکربن به سمت سازندهای پابده و گورپی فراهم آورده است.



شکل ۱۱- مدل مهاجرت هیدروکربن در راستای مقطع مورد نظر

## ۵- نتیجه گیری

سازندهای سرگلو، گرو، کژدمی و پابده به عنوان سنگ منشأ در دزفول شمالی مورد بررسی قرار گرفتند. مدل سازی یک بعدی بر روی چهار حلقه چاه واقع در میداین آب تیمور، بندکرخه، مشتاق شرقی و رامشیر و دوبعدی بر روی یک مقطع (میداین اهواز و منصور) جهت تعیین پختگی و میزان خروج هیدروکربن انجام شد. از آن جایی که چاهها در قسمت بالایی تاقدیس حفاری می شوند لذا اطلاعاتی از داده های قسمت های عمیق تاقدیس در دسترس نیست بنابراین مدل سازی دوبعدی ابزار مفید و توانمندی جهت بررسی این قسمت از تاقدیس می باشد.

۱- مقدار جریان حرارتی ۴۴ تا ۵۰ میلی وات بر متر مربع بیشترین انطباق را جهت کالیبراسیون مدل سازی های انجام شده نشان داد. کالیبره بودن همزمان دما و انعکاس ویترنایت، افزایش یکنواخت ضریب انعکاس ویترنایت با عمق حکایت از تکنونیک آرام منطقه دارد.

۲- باتوجه به مدل سازی یک بعدی، سازند آغاچاری در تمامی میداین فرسایش یافته که مقدار این فرسایش برای میداین آب تیمور، مشتاق شرقی و رامشیر به ترتیب ۱۶۰، ۲۰۰ و ۱۱۰۰ متر می باشد. سازند مذکور در میدان بندکرخه دچار فرسایش نشده است.

۳- طبق نتایج به دست آمده از مدل سازی یک بعدی سنگ های منشأ سرگلو و گرو در پنجره گازی قرار دارند و سازند کژدمی با توجه به زمان کوهزایی زاگرس، موثر در شارژ کردن میداین موجود در ناحیه است و در پنجره نفتی قرار دارد.

۴- سازند پابده با توجه به نتایج مدل سازی انجام گرفته در میداین مورد بررسی، مواد آلی موجود در آن نابالغ بوده و هیدروکربنی تولید نکرده است. دمای متوسط این سازند، حداکثر ۹۰ درجه سانتی گراد می باشد و میزان انعکاس ویترنایت آن در منطقه نیز کمتر از ۰/۶٪ می باشد، سازند کژدمی با سن آلین و گرو به ترتیب در بازه های دمایی ۹۰ تا ۱۰۵ °C و ۱۶۰ تا ۱۸۰ °C قرار گرفته اند. سازند سرگلو نیز حداکثر دمای ۱۷۳ °C را تجربه کرده است.

۵- نتایج مدل مهاجرت در مقطع مورد مطالعه نشان می دهد که دو سیستم هیدروکربنی کرتاسه پیشین و کرتاسه میانی توسط

- سازند کژدمی جدا شده و بنابراین مهاجرت هیدروکربن در لایه‌های عمیق‌تر از کژدمی غالباً بصورت جانبی و به سمت دشت آبادان بوده است
- ۶- در سازند آسماری به علت وجود گسل در میدین واقع در مقطع و عدم وجود عضو شیلی لافان، شارژ شدگی فقط در محل میدین اتفاق افتاده است. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که زمان اصلی تولید هیدروکربن در منطقه اواخر کرتاسه و اوایل ترشیاری می‌باشد.
- ۷- نتایج بررسی در این ناحیه نشان می‌دهد که میزان دما و پختگی مواد آلی در قسمت‌های مختلف تاقدیس، تغییرات زیادی داشته است.
- ۸- نتایج مدل‌سازی دوبعدی نشان می‌دهد که اتصال سیستم نفتی کرتاسه پیشین و میانی فقط در محل میدین به دلیل ژئومتری و بعضاً حضور گسل‌ها رخ می‌دهد و جدشدگی این دو سیستم نفتی توسط سازند کژدمی اتفاق می‌افتد.

## سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقایان دکتر علی شکاری فرد و دکتر محمود معماریانی سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- [1] اشکان ح. ر.، (۱۳۸۷) "ژئوشیمی آلی و کاربرهای آن در اکتشاف نفت" انتشارات مناطق نفت‌خیز جنوب، ۳۸۰ صفحه.
- [2] آقاباتی، ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، تهران، ص ۵۸۶.
- [3] اورک ز.، کردی م.، کریمی ا. ر.، "ارزیابی ژئوشیمیایی و گسترش رخساره‌های آلی سازند پابده در سواحل شمال‌غربی خلیج فارس و جنوب فروافتادگی دزفول با استفاده از تجزیه و تحلیل راک-اول"، پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، دوره ۳۴، شماره ۳، صفحات ۹۵-۱۰۸، ۱۳۹۷.
- [4] درویش‌زاده ع.، زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۹۴.
- [5] سراج، م. (۱۳۸۴) "تحلیل ساختاری مقدماتی میدین نفتی مناطق نفت‌خیز جنوب (محدوده فروافتادگی دزفول شمالی)، گزارش پ-۵۶۱۳، اهواز.
- [6] صابری، م. ح.، اشرفی، ط.، خالقی، م. (۱۳۹۶) "مدل‌سازی یک بعدی حوضه‌ی رسوبی در میدان گازی تابناک، منطقه‌ی فارس ساحلی، ایران"، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، ۷(۳)، ۶۵-۷۵.
- [7] مطیعی، ه. (۱۳۷۴). زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی نفت زاگرس ۱-۲. سازمان زمین‌شناسی کشور
- [8] معماریانی م.، بنی اسد، ع. (۱۳۹۰) "مطالعه بیومارکری نفت مخزن آسماری، میدین واقع در حاشیه شمال شرق دزفول فروافتاده" مجله زمین‌شناسی نفت ایران، جلد ۱، شماره ۱
- [9] ALA, M.A., KINGHORN, R.R.F., & RAHMAN, M.T., 1980, Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, southwest Iran. *Journal of Petroleum Geology*, **3**(1), 61-89.
- [10] ALAVI, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of science*, **307**(9), 1064-1095.
- [11] BANIASAD, A., RABBANI, A.R., SACHSE, V. LITTKE, R., MOALLEMI, A., & SOLEIMANY, B., 2016, 2D Basin Modeling Study of the Binak Trough, Northwestern Persian Gulf, Iran. *Marine and Petroleum Geology*, **77**, 882-97.
- [12] BAURE, F. LITTKE, R. WIELENS, H. LAMPLE, C., & FUCHS, T., 2010, Basin Modeling Meets Rift Analysis - A Numerical Modeling Study from the Jeanne d'Arc Basin, Offshore Newfoundland, and Canada. *Marine and Petroleum Geology*, **27**(3), 585-99.



- [13] BEHA, A., THOMSEN, R.O., & LITCKE, R., 2008, "A Rapid Method of Quantifying the -Flow Estimates in Basin Models." 31(April):167-78.
- [14] BLANC, E.P., ALLEN, M.B., INGER, S., & HASSANI, H., 2003, Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran. *Journal of the Geological Society*, **160(3)**, 401-412.
- [15] BORDENAVE, M.L. & HERGE, J. A., 2005, "The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Foldbelt, Iran", *Journal of Petroleum Geology*, **28(4)**, 339-368.
- [16] FURST, M., 1990, "Strike-Slip Faults and Diapirism of the South-Eastern Zagros Ranges." 149-82.
- [17] HAKIMI, M.H., ASKAR NAJAF, A. ABDULA, R.A. and MOHIALDEEN, I., 2017, Generation and Expulsion History of Oil-Source Rock (Middle Jurassic Sargelu Formation) in the Kurdistan of North Iraq, Zagros Folded Belt: Implications from 1D Basin Modeling Study. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **162**, 852-72.
- [18] Hantschel T. and Kauerauf I. 2009. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling.
- [19] JACKSON, J., and MADINGLEY, R., 1981, Basement Faulting and the Focal Depths of the Larger Earthquakes in the Zagros Mountains (Iran), 561-86.
- [20] JAMES, G.A., WYND, J.G., 1965, Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: AAPG Bulletin **49**, 2182-2245.
- [21] JASSIN, S.Z and GOFF, J.C., 2006, Geology of Iraq; Dolin, Brno, distributed by Geol Soc. London, 232-250.
- [22] Karimi A.R. Rabbani A.R. and Kamali M.R. (2016) "A bulk kinetic, burial history and thermal modeling study of the Albian Kazhdumi and the Eocene-Oligocene Pabdeh formations in the Ahvaz anticline, Dezful Embayment, Iran", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **146**, pp 61-70.
- [23] KARIMI A.R. RABBANI, A.R. KAMALI, M.R. and HEIDARFARD. M.H., 2016, Geochemical evaluation and thermal modeling of the Eocene-Oligocene Pabdeh and Middle Cretaceous Gurpi Formations in the northern part of the Dezful Embayment", *Arabian Journal of Geosciences*, 432, pp 1-16.
- [24] KOBRAEI, M., SADOONI, J., & RABBANI, A.R., 2019, Organic geochemical characteristics of Jurassic petroleum system in Abadan Plain and north Dezful zones of the Zagros basin, southwest Iran. *Journal of Earth System Science*, **128(3)**, 50.
- [25] MOUTHEREAU, F., LACOMBE, O., & VERGES, J., 2012, Building the Zagros collisional orogen: timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence. *Tectonophysics*, **532**, 27-60.
- [26] NOETH, S.R. THOMSON, O. and LITCKE, R., 2002, A Method for Assessing Statistical Significance and Uncertainties for Calibration of 1-D Thermal Basin Maturation Models. *The American Association of Petroleum Geologists* **3(3)**, 417-31.
- [27] SABERI, M.H., RABBANI, A.R. & GHAVIDEL-SYOOKI, M., 2016, Hydrocarbon potential and palynological study of the Latest Ordovician-Earliest Silurian source rock (Sarchahan Formation) in the Zagros Mountains, southern Iran. *Marine and Petroleum Geology*, **71**, 12-25.
- [28] SEPEHR, M. and COSGROVJ.W., 2005, Role of the Kazerun Fault Zone in the formation and deformation of the Zagros fold-thrust belt, Iran, *Tectonics*, **24**, 1-13.
- [29] VERSFELT, P.L., 2001, AAPG Memoir 74, Chapter 21: Major Hydrocarbon Potential in Iran.
- [30] YULKER, A. CORNFORD, C. and WELTE D., 1978, One-Dimensional Model to Simulate Geologic, Hydrodynamic and Thermodynamic Development of a Sedimentary Basin. *Geologische Rundschau* **67(3)**, 960-79.

## Studying Maturity and Migration Routes Using 2D Modeling in a number of Dezful Dam Oilfields

A. Maleki, S.A. Moalemi, M.H. Saberi, M.H. Jazayeri

[\\*Mh.saberi@semnan.ac.ir](mailto:Mh.saberi@semnan.ac.ir)

Received: December 2019, Accepted: March 2020

### Abstract

In the southwest of Iran there are large reservoirs of oil and gas including Jurassic and Cretaceous carbonates, in which they are suitable source rocks in the succession of the Early Cretaceous and Jurassic. The purpose of this Research was to evaluate the maturity of hydrocarbon fluids and to determine the migration path and properties of Pabdeh, Kazhdumi, Garu and Sargelu source rocks in the study area. For this purpose, one-dimensional burial history and thermal modeling in four oilfields and two-dimensional modeling for the study area were performed using Open Flow software to determine the maturity levels of the sedimentary, calving, and kerogen layers (s). Hydrocarbon outflow was evaluated. Comparison of measured vitrinite temperature and reflectance values with model results was used for model calibration. The results of one-dimensional modeling of the burial and thermal history in this study show that the kerogen (s) of the Sargelu, Garu, and Scorpion Formations have matured and have hydrocarbon outflow, but the organic matter or kerogen (s) of the Pabdeh Formation Not enough maturity to produce hydrocarbons. The results of migration model in the studied section show that the two Early Cretaceous and Middle Cretaceous hydrocarbon systems were separated by Kazhdumi Formation and therefore hydrocarbon migration in deeper layers of Kazhdumi was mostly lateral to Abadan plain. The hydrocarbon produced from the Kazhdumi Formation, in addition to charging the upper layers, migrated laterally to the Abadan plain due to the overall slope of the Ilam and Sarvak layers. In general, the maturation process of the source rocks decreased from east to west of the study area.

**Keywords:** 1D modeling, 2D modeling, Dezful embayment, Migration model