

# تحلیل شکستگی‌های مخزن آسماری میدان نفتی مارون (زاگرس)

مهران آرین<sup>۱</sup> و روح انگیز محمدیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

<sup>۲</sup> اداره مطالعات زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت ایران، مناطق نفت خیز جنوب ایران، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۷/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۰۱

## چکیده

میدان نفتی مارون در بخش خاوری منطقه ساختاری فروافتادگی دزفول (زاگرس) واقع شده است. رخنمون سطحی این میدان، سازند آغاچارای بوده و سازندهای آسماری و گروه‌های بنگستان و خامی، مخازن نفتی موجود در این میدان هستند. سازند آسماری مهم‌ترین سنگ مخزن این میدان بوده که به شش لایه مخزنی تقسیم شده است. لایه‌های مخزنی یک، دو، سه به طور عمده از کرنات‌های دولومیتی تشکیل شده‌اند، بنابراین تراکم شکستگی‌ها بویژه در لایه یک (۹۰ درصد دولومیت) بیشتر است. در لایه‌های مخزنی چهار و پنج و شش این میدان به دلیل افزایش لایه‌های شیلی و مارنی و کاهش شکنندگی، تراکم شکستگی‌های کمتر می‌شود. براساس این پژوهش، تاقدیس مارون یک چین مرتبط با گسل راندگی است و مجموعه ویژگی‌های این تاقدیس، سازوکار چین‌های جدایشی گسل را پیشنهاد می‌کند. بررسی‌های موجود دو سامانه شکستگی با منشأ ناحیه‌ای و محلی را مشخص ساخته‌اند. شکستگی‌های ناحیه‌ای امتداد خاوری-باختری دارند و شکستگی‌های محلی مربوط به شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی و خمش ساختاری هستند. بررسی تغییرات انحنا با استفاده از روش‌های مشتق‌گیری ریاضی و رسمی، محدوده‌های مستعد شکستگی در تاقدیس مارون را، به طور عمده در یال جنوبی و محدوده‌های از بخش‌های خاوری یال شمالی نشان می‌دهد. مقایسه داده‌های مخزنی بر اساس نقشه‌های هم‌تراوی، فشار (RFT) و شاخص تولید (PI) با نتایج به دست آمده از بررسی شکستگی‌های تاقدیس مارون، هماهنگی بسیار خوب مناطق مستعد شکستگی را نشان می‌دهند.

**کلیدواژه‌ها:** سازند آسماری، میدان نفتی مارون، شکستگی، تراوایی، چین جدایشی، خمش ساختاری

E-mail: mehranarian@yahoo.com

\* نویسنده مسئول: مهران آرین

## ۱- مقدمه

میدان نفتی مارون یکی از بزرگ‌ترین میدانی نفتی جنوب‌باختری ایران است که در شمال‌خاور شهر اهواز و در مجاورت میدانی کوپال، آغاچارای، رامین و شادگان واقع است. طول آن ۶۷ کیلومتر و عرض آن ۷ کیلومتر بوده و از نظر زمین‌شناسی در بخش خاوری حوضه فروافتادگی دزفول واقع است (شکل ۱). روند محور ساختاری میدان مارون در بخش باختری تا مرکز، مانند دیگر ساختارهای زاگرس در جهت شمال‌باختری-جنوب‌خاور بوده، که به سمت نیمه خاوری تاقدیس در جهت شمال‌خاوری-جنوب‌باختری حدود ۲۲ درجه نسبت به حالت اولیه دچار انحراف شده است. این تاقدیس دارای بیشینه شیب ۴۵-۶۵ درجه در یال جنوب‌باختری و ۴۵-۲۰ درجه در یال شمال‌خاوری است. فاصله میان ستیغ مخزن و ژرف‌ترین سطح تماس آب و نفت در سازند آسماری حدود ۲۰۰۰ متر است. بر اساس اطلاعات مخزنی سازند آسماری این میدان به ۵ لایه تقسیم شده است. لایه‌های ۱ و ۲ سنگ‌آهک دولومیتی در برخی بخش‌ها شیلی و ماسه‌ای است و لایه ۳ از سنگ‌آهک دولومیتی در بخش‌های پایینی ماسه‌ای تشکیل شده است. لایه ۴ شامل سنگ‌آهک‌ها و شیل‌های ماسه‌ای و لایه ۵ بخش انتقالی میان سازندهای پابده و آسماری را تشکیل می‌دهد و شامل سنگ‌آهک‌های رسی متراکم و شیل‌های تیره گلوکونیتی پیریتی است. تاکنون ۳۴۰ حلقه چاه در این میدان حفاری شده که ۲۵ حلقه در مخزن بنگستان و ۵ حلقه در مخزن خامی تکمیل شده است. شناخت نحوه گسترش و تراکم شکستگی‌ها در مخازن زیر سطحی نقش بزرگی را در برآورد پارامترهای مخزنی از جمله تخلخل و تراوایی ایفا می‌کند. یکی از مهم‌ترین روش‌های بررسی شکستگی‌ها، استفاده از نمودارهای تصویرگر است.

در این پژوهش از اطلاعات نمودارهای تصویرگر ۱۲ حلقه چاه استفاده شده است که با همخوانی نتایج یاد شده با مشاهدات نمونه‌های مغزه و مختصات هندسی ساختار، می‌توان اطلاعات کاملی از ویژگی‌های مخزنی به دست آورد. افزون‌بر آن، بجز بررسی‌های پراکنده‌ای که پژوهشگران یادشده در این مقاله انجام رسانده‌اند، دو مطالعه

کلی نیز توسط شرکت‌های کانادایی (Intera petroleum Technologies, 1992) و نروژی (Statoil, 2003) صورت پذیرفته است.

## ۲- هندسه ساختار مارون

ساختار مارون در نیم‌رخ‌های عرضی متنوع است، به طوری که در دماغه شمال‌باختری متقارن و در کوهانه باختری به سوی مرکز نامتقارن (در محل خمش) با بیشینه شیب حدود ۷۰ درجه و به سوی شمال‌خاور تا دماغه خاوری حالت نیمه متقارن به خود گرفته است. این تغییر شکل ساختار، نشان‌دهنده تنوع سازوکار چین خوردگی در این تاقدیس است. افزون‌بر این تاقدیس مارون یک تاقدیس زیرسطحی است و شواهد سطحی زیادی از آن وجود ندارد. بنابراین تعیین دقیق سازوکار چین خوردگی در این تاقدیس بسیار مشکل است. اما از سوی دیگر، مشخص شدن سازوکار چین خوردگی برای تحلیل منطقی شکستگی‌ها امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

همچنین نیم‌رخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده، سازوکار چین خوردگی تاقدیس مارون را از نوع هم‌مرکز نشان می‌دهند که از سطح به ژرفا با کاهش فضای موجود در اثر چین خوردگی همراه بوده است. این کاهش فضا با گسلش در یال جنوبی همراه بوده که شیب گسل به تدریج کم شده تا این که بالاخره به سطح جدایشی تاقدیس منتهی می‌شود. با اثبات چین خوردگی موازی و هم‌مرکز در زاگرس وجود کمینه یک صفحه گسلی از نوع راندگی در یال جنوبی تاقدیس ضروری است.

اطلاعات موجود پیرامون تاقدیس‌های فروافتادگی دزفول بر اساس لرزه‌نگاری و یا حاصل حفاری‌های متعدد هستند. یال شمالی و بخش ستیغ این تاقدیس‌ها کم و بیش با انواع روش‌های لرزه‌ای به خوبی مشخص شده‌اند. اما یال جنوبی بیشتر این تاقدیس‌ها با ابهامات زیادی همراه است. توصیف دلایل وجود این ابهامات ساختاری در میدان مارون و دیگر ساختارهای ناحیه با دو تفسیر همراه است: اول آن که شیب یال جنوبی تا حد قائم یا برگشته افزایش یافته و دوم آن که ساختمان در امتداد یال

برآورد شده است. به طوری که در بخش‌های شمال باختری میزان کوتاه‌شدگی ۷/۵ درصد و در بخش مرکزی ۱۹/۵ درصد و در جنوب خاوری ۱۱ درصد است. بیشترین جابه‌جایی در بخش‌های مرکزی چین دیده می‌شود که به سمت شمال‌باختر و جنوب‌خاور از بین می‌رود.

در بخش‌هایی از انتهای خاوری ساختار، کوتاه‌شدگی و جابه‌جایی در محل رانده‌شدگی میان میدانی آجاجاری و مارون دیده می‌شود. به طوری که سازند گچساران با داشتن لایه‌های فراوان انعطاف‌پذیر، کوتاه‌شدگی و کاهش حجم را با تحمل چندین گسل رانده در خود امکان پذیر نموده است (گسل رانده میان میدانی آجاجاری و مارون در نقشه‌های لرزه‌ای میدان مارون دیده شده است).

### ۳- ویژگی‌ها و سازوکار شکستگی‌ها در میدان نفتی مارون

روش‌های متعددی به منظور بررسی و شناسایی وضعیت شکستگی‌ها در زیر زمین وجود دارد که هر یک از آنها دیدگاه‌ها و شناخت متفاوتی از وضعیت شکستگی‌ها ارائه می‌دهند. برای مثال در بررسی شکستگی‌ها بر اساس اطلاعات مغزه‌ها تنها فراوانی شکستگی‌ها و در تفسیر نمودارهای تصویرگر افزون بر فراوانی، جهت و مقدار شیب و فاصله و پهنای شکستگی‌ها را با توجه به وضعیت چاه در هنگام نمودارگیری نشان می‌دهند. مواردی مانند هرزروی گل و اطلاعات دینامیکی مخزن و میزان تغییرات آن نیز، تنها احتمال وجود شکستگی‌ها را نشان می‌دهد. اکنون به بررسی نتایج به دست آمده از هر یک از این روش‌ها پرداخته می‌شود.

#### ۳-۱. بررسی مغزه‌ها

بهرترین و واقعی‌ترین اطلاعات شکستگی‌های مخزن را می‌توان با استفاده از مشاهده مستقیم نمونه‌های مغزه گرفته شده در چاه‌ها گردآوری نمود. اما به دلیل مشکلات فراوان و کمبود فضای کافی در انبار مغزه‌ها، بازدید از این نمونه‌ها همواره امکان‌پذیر نیست. در این پژوهش اطلاعات نمونه‌های مغزه ۱۴ حلقه چاه مورد بررسی قرار گرفت و تنها چاه مارون ۱۸۱ دارای مغزه جهت‌دار بوده که افزون بر تعیین تراکم (چگالی)، پهنای و طول شکستگی‌ها که در دیگر نمونه‌های مغزه غیر جهت یافته نیز به دست آورده شد، مقدار شیب و آزمون شکستگی و لایه‌بندی و دیگر عوارض ساختاری مشخص شد.

چاه ۱۸۱ تنها چاهی است که در میدان مارون دارای مغزه جهت یافته (شکل ۳) است (در لایه‌های ۱ و ۲ و ۳ مغزه‌گیری شده است) اما بیشتر شکستگی‌ها در لایه ۱ دیده شده‌اند که بیشتر باز و در بعضی از بخش‌ها بسته و توسط مواد معدنی مانند کلسیت و دولومیت و انیدریت و بیتومن‌ها پر شده‌اند. شکستگی‌های حفره‌ای (Vuggy fracture) که در اثر پدیده انحلال به طور محلی تشکیل شده‌اند، در این چاه قابل مشاهده هستند. استیلولیت‌ها که از جمله پدیده‌های انحلالی دیده شده در مغزه‌های این چاه هستند، به صورت موازی یا عمود بر لایه‌بندی دیده می‌شوند.

به طور کلی با استفاده از نتایج حاصل از مشاهده مغزه‌های چاه مارون ۱۸۱ (شکل ۴)، چهار دسته شکستگی در جهت‌های N۲۳، N۸، N۱۶۰ و N۱۹۰ با مقدار شیب حدود ۵۲-۴۸ درجه قابل تشخیص است. بیشتر شکستگی‌ها در مغزه‌های این چاه لایه‌بندی را قطع کرده و برخی به صورت متقاطع و یا موازی با لایه‌بندی دیده می‌شوند. مشاهده مغزه‌های چاه‌های مارون ۱۵ و ۱۶ در یال شمالی در نواحی مرکزی و در چاه مارون ۱۲۴ و همچنین ۱۸۱ در یال جنوب‌باختری تراکم بالای شکستگی‌ها را در لایه یک سازند آسماری نشان می‌دهد.

در محدوده باختری مخزن در یال شمال‌باختری در چاه‌های ۸، ۶۳، ۱۰۳ و ۴۲ تراکم شکستگی‌ها کمتر و محدود به لایه یک شده‌اند. به طوری که مثلاً در چاه ۲۰، شکستگی‌های مشاهده شده بیشتر از نوع زیرشکستگی در لایه یک است.

جنوبی شکسته باشد که با وجود گسلش رانده توضیح داده می‌شود. از سوی دیگر، یکی از ویژگی‌های چین‌های هم‌مرکز که در اثر سازوکار خمشی لغزشی به وجود می‌آیند، وانتش‌های شدیدی است که در یال‌ها اتفاق می‌افتد. لذا این موضوع نیز دلیلی بر امکان وجود گسل‌ها در منطقه پیشینه وانتش در چین‌های هم‌مرکز است. به عبارتی دیگر زمانی که درجه چین‌خوردگی از حد بحرانی بگذرد، کمبود فضای کافی در هسته چین سبب ایجاد سطوح برشی در یال‌های پر شیب‌تر تاقدیس می‌شود. این سطوح برش با افزایش ژرفا، جابه‌جایی بیشتری را نشان می‌دهند.

تبخیری‌های میوسن میانی (سازند گچساران) در فروافتادگی دزفول یک افق جدایشی مهم به شمار می‌روند (Colman- Sadd, 1978). بدین معنی که سازند گچساران در نخستین مراحل دگرشکلی در پیشانی زاگرس فعال بوده و نهشته‌های پیش از خود را از نهشته‌های گروه فارس جدا می‌سازد.

در مراحل پیشرفته دگرشکلی، این افق جدایشی بالایی در ناودیس‌ها به تله افتاده و با پرشیب‌شدگی و روراندگی میان تاقدیس‌های اصلی، از خود واکنش نشان می‌دهد (Sherkati & Letouzey, 2004). مقایسه ویژگی‌های هندسی چین‌ها نشان می‌دهد که هندسه آنها نمی‌تواند به سادگی به وسیله مدل‌های ساده هندسی تشریح شود. ناودیس‌های فرو دیواره، گسل‌های رانده پرشیب و قرار گرفتن راندگی انتشار یافته به موازات لایه‌بندی در افق جدایشی بالایی (McClay, 2000)، معرف گذر از چین‌های جدایشی به چین‌های جدایشی گسل (faulted Detachment folds) است (Mitra, 2002; 2003).

درگیرشدگی افق‌های جدایشی میانی طی دگرشکلی پیش‌رونده می‌تواند موجب افزایش پیچیدگی‌های هندسی شود. همچنین می‌توان به وجود لایه‌های انعطاف‌پذیر شیل و مارن به صورت متناوب در سازند آسماری بویژه در لایه‌های ۴ و ۵ اشاره کرد. بر این اساس Colman- Sadd (1978) سازوکار چین‌خوردگی در این ناحیه را ترکیبی از دو سازوکار چین‌خوردگی خمشی لغزشی و چین‌خوردگی با سطح خنثی دانسته است. وجود لایه‌های شیلی در ستون سنگ‌شناسی سازند آسماری میدان مارون در طی چین‌خوردگی می‌تواند موجب لغزش لایه‌ها بر روی یکدیگر شده و هر سطح طبقه به عنوان سطوح لغزشی عمل کرده و لغزش از یال‌ها به سمت لولای چین است و تقریباً لولای تغییر شکل نداده است. در چین‌خوردگی خمشی لغزشی یال‌ها و سطوح لغزش نیز دچار رانده‌شدگی می‌شوند. (Sherkati & Letouzey (2004) بررسی بخش مرکزی و خاوری زاگرس نشان دادند که چندین سطح جدایشی میانی نیز در درون گروه مقاوم مدل رسوبی ارائه شده توسط O'Brien (1950) در حین چین‌خوردگی فعال بوده‌اند و این سطوح جدایشی واحدهای سنگی- زمین‌ساختی را از هم جدا ساخته‌اند.

نیمرخ‌های ساختاری رسم شده بر روی نقشه‌های زیر سطحی سازندهای پایده و ایلام (شکل ۲) و برآورد زوایای بین یالی در نیمرخ‌های ساختاری رسم شده تاقدیس مارون، ویژگی‌هایی چون ۱- هندسه خیلی باز و مدور چین ۲- حضور ناودیس فرودپایه ۳- تغییرات حائز اهمیت در رفتار دگرشکلی واحدهای مختلف را نشان می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان تاقدیس مارون را یک چین مرتبط با گسل راندگی در نظر گرفت.

Poblet & McClay (1996) سه مدل را برای رشد و تکامل چین‌های جدایشی ارائه دادند که عبارتند از ۱) شیب یال ثابت و طول یال متغیر، ۲) شیب یال متغیر و طول یال ثابت و ۳) شیب یال متغیر و طول یال متغیر که شکل ۲ گویای این وضعیت است. نیمرخ‌های لرزه‌ای میدان مارون در موقعیت‌های شمال‌باختری و مرکزی و جنوب‌خاوری همخوانی بسیار خوبی با نقشه ساختاری سازند آسماری نشان می‌دهند. کوتاه‌شدگی ساختاری در ارتباط با چین‌خوردگی در طول هر سه نیمرخ

را در لایه‌های مخزنی ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان می‌دهد (شکل ۶). همچنین مشخص شده که هر دو دسته شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی و خمش در دو محدوده یاد شده دیده می‌شود. کرنات‌ها در این مناطق از شکنندگی بالا و همان طور که در بخش توصیف مغزه اشاره شد، بازیافت مغزه چاه‌های ۱۵ و ۱۶ واقع در این مناطق بسیار پایین است.

افزون بر ارتباط مساحت محدوده‌های مستعد شکستگی در لایه‌های ۱ تا ۴ سازند آسماری میدان مارون با چین خوردگی و خمش، می‌توان به نقش خواص سنگ‌شناسی لایه‌ها در محدود کردن گسترش این شکستگی‌ها در لایه‌های یاد شده نام برد. لایه‌های ۱ و ۲ به شدت دولومیتی، لایه ۳ دولومیتی متخلخل و سبترتر، در نتیجه شکنندگی کمتر و لایه ۴ به دلیل ماهیت شیلی، از شکستگی کمتری نسبت به افق‌های بالاتر برخوردار است. مطالعه جامع (Statoil (2003) سازوکار چیره چین خوردگی در این میدان را از نوع خمشی لغزشی می‌داند و در نتیجه بیشترین تراکم شکستگی‌ها در مناطق با انحنای بیشتر تاقدیس دیده می‌شود.

### ۳-۳. استفاده از داده‌های هرزروی گل

به منظور استفاده از داده‌های هرزروی گل در این پژوهش از اطلاعات حفاری ۴۰ حلقه چاه میدان مارون که بیشتر در ناحیه ستیخ قرار داشته‌اند، استفاده شد. نمودارهای هیستوگرام اطلاعات هرزروی گل بر حسب بشکه در ساعت برای چاه‌های یاد شده تهیه و نقشه‌های هم هرزروی گل (بشکه در ساعت) سازند آسماری و لایه‌های مخزنی آن در نرم افزار RMS تهیه شد (شکل ۷). (Barker & Speers 1978) با استناد به عواملی مثل هرزروی به منظور مشخص نمودن مناطق شکسته شده مخزن، به تجزیه و تحلیل شکستگی‌ها پرداختند. این روش در مورد سازند ناهمگنی مثل سازند آسماری میدان مارون با وجود داشتن لایه‌های با نفوذپذیری بالا مانند لایه‌های ماسه‌ای بدون سیمان منطقی به نظر نمی‌رسد و تنها در لایه یک به دلیل همگن بودن و نبود لایه‌های نفوذپذیر، پیشنهاد می‌شود. هر چند شکستگی‌های موئین که تأثیر زیادی بر نفوذپذیری و برداشت دارند در این روش مشخص نمی‌شود. با این حال در این پژوهش تنها به این نوع داده‌ها با دید کیفی نگرین شده و برای همخوانی و تطابق با دیگر اطلاعات استفاده می‌شوند و فرض بر این است که تغییرات وزن گل در حین حفاری چاه‌ها ثابت در نظر گرفته شده است. بر این اساس چاه‌های ۶۲، ۲۴۹، ۳۰۶، ۱۲۳ و ۲۷۳ هرزروی بالایی را در لایه یک سازند آسماری نشان می‌دهند. این چاه‌ها در محدوده‌های مرکزی در محل خمش مشخص شده‌اند. افزایش هرزروی در این محدوده را می‌توان در ارتباط با افزایش خمش سازند و گسترش شکستگی‌های کششی در نظر گرفت (شکل ۸). متمرکز شدن این مناطق هرزروی بالا افزون بر لایه یک در لایه‌های مخزنی ۲، ۳ و ۴ نیز دیده می‌شود به طوری که چاه‌های ۶۲، ۱۲۳، ۲۰۴، ۲۴۹، ۲۷۳، ۳۰۶، ۳۲۲ هرزروی بالای ۵۰ بشکه را نشان می‌دهند و این مطلب نشان‌دهنده توسعه سامانه شکستگی‌ها در این ناحیه و در نتیجه ارتباط فشاری لایه‌های مخزنی است که در بخش مربوط به آزمایش‌های سرچاهی (RFT) بیشتر مورد بحث قرار می‌گیرد.

### ۳-۴. تفسیر اطلاعات نمودارهای تصویر گر

در بررسی شکستگی‌های زیر سطحی تعیین امتداد چیره شکستگی‌ها و موقعیت آنها نسبت به لایه‌بندی ساختاری اهمیت زیادی در مدل‌سازی مخازن نفتی دارد. استفاده از تفسیر نمودارهای تصویر گر با تمام محدودیت‌های موجود، یکی از بهترین روش‌ها برای رسیدن به این هدف است.

در این پژوهش از اطلاعات نمودارهای تصویر گر ۱۱ حلقه چاه، در مخزن آسماری استفاده شد. چاه‌های ۲۷۸، ۲۸۱ و ۲۸۶ دارای نمودار تصویر گر CAST بوده که کیفیت اطلاعاتی پایینی را بویژه در چاه ۲۸۶ دارا هستند. با این حال از این نوع

در بخش‌های مرکزی میدان در یال جنوبی و به عنوان مثال در چاه شماره ۳۰ بیشتر شکستگی‌های طولی در لایه‌های ۱، ۲ و ۳ دیده شده‌اند. در بخش‌های خاوری مخزن، تراکم شکستگی کمتری نسبت به مرکزی وجود دارد. به طوری که به عنوان مثال در چاه شماره ۱۱ واقع در یال جنوب خاوری، تراکم شکستگی‌ها کمتر و غالباً از مواد معدنی پر شده و از این رو، بسته هستند. به طور کلی یکی از عوامل کنترل کننده گسترش شکستگی‌ها، ویژگی‌های سنگ‌شناسی است که به دو عامل خاصیت شکل‌پذیری و دیگری خاصیت شکنندگی بستگی دارد.

هر چه خاصیت شکنندگی در یک سنگ بیشتر باشد، مقاومتش در برابر شکستگی کمتر است و برعکس هر چه خاصیت شکل‌پذیری در سنگ بالا رود، مقاومتش در برابر شکستگی زیادتری می‌شود. عوامل کنترل کننده این خواص در ساختارهای زیر سطحی درجه حرارت و فشار محبوس در آن است که هر چه این دو عامل بیشتر باشد، مقدار شکل‌پذیری بیشتر خواهد شد. سنگ‌های آهکی در ژرفای ۷۶۲۰ متری به‌طور کامل شکل‌پذیر هستند (Stearns & Friedman, 1972). در میدان مارون ژرفای دفن سازند آسماری بین ۲۳۰۰ متر در انتهای خاوری و ۳۵۷۲ متری در انتهای باختری مخزن است. بنابراین انتظار حضور شکستگی‌ها در نیمه خاوری بیشتر از نیمه باختری است. بر اساس مشاهده نمونه‌های مغزه در سازند آسماری میدان مارون لایه‌های ۱، ۲ و ۳ بیشتر از جنس آهک‌های دولومیتی بوده که بویژه لایه یک که ۹۰ درصد دولومیتی است بنابراین انتظار می‌رود که تراکم شکستگی در لایه یک بیشتر بوده و در لایه‌های پایینی سازند آسماری مانند لایه‌های ۴ و ۵ که به مقدار شیل و مارن لایه‌های آهکی افزوده شده و در نتیجه شکنندگی لایه‌ها کمتر می‌شود، شکستگی‌ها به طور عمده میکروسکوپی و به نسبت پراکنده باشند. به طوری که به عنوان مثال در مغزه‌های چاه ۱۳۰ در لایه ۵ ریزشکستگی‌ها دیده شده‌اند. شکستگی‌های موئینه، خمیره کم تخلخل و کم‌تراوا را به شکستگی‌های تغذیه کننده اتصال داده و سبب انتقال مؤثر سیال‌ها می‌شوند. فراوانی آنها بیشتر در لولای چین است و در مورد افقی بودن احتمالی جهت این نوع شکستگی‌ها می‌توان گفت که افقی بودن نسبت به امتداد و شیب طبقه که به طور مرتب در نقاط مختلف یک تاقدیس تغییر می‌کند اصطلاحی غیر منطقی بوده و بیشتر شکستگی‌های موجود در سطح و زیرزمین به صورت عمود بر سطح طبقه دیده می‌شوند و در نهایت شکستگی موازی با سطح طبقه (افقی) از نظر آماری بسیار نادرند.

### ۳-۲. بررسی میزان تغییرات انحنای ساختاری

به منظور بررسی تغییرات خمش لایه‌بندی و خمش محوری از دو روش مشتق دوم نقشه ساختاری زیرسطحی سازند آسماری و روش تحلیل دایره محاطی استفاده شده است. نقشه‌های مشتق اول هم شیب (Isodip) و نقشه مشتق دوم نقشه هم انحنای (Isocurvature) (شکل ۵)، همگی با استفاده از نرم افزار RMS رسم شدند. نقشه هم‌شیب که نشان‌دهنده تغییرات شیب لایه‌بندی و خمش لایه و نقشه هم‌انحنای مناطقی را که بر اساس آن از استعداد شکستگی بیشتری برخوردار هستند، نشان می‌دهند. نقشه‌های هم‌شیب و هم‌انحنای سازند آسماری میدان مارون مناطق با شیب بالا و در نتیجه شعاع انحنای بیشتر را در یال جنوبی ساختار نشان می‌دهند که در چنین شرایطی بیشینه شکستگی در یال جنوبی مخزن شکل گرفته است. با افزایش این مقدار، شیب یال جنوبی به سمت نواحی مرکزی (به دلیل کاهش شعاع انحنای چین) و گسترش شکستگی‌ها را به سمت یال شمالی مخزن می‌توان دید. روش دیگر، روش تحلیل دوائر محاطی (Inscribed circle Analysis) است که محدوده وسیع شکستگی را در لایه یک که به طور عمده دولومیتی و در نتیجه شکننده نشان می‌دهد. دو محدوده مستعد شکستگی نواحی یال جنوبی بخش‌های مرکزی به سمت انتهای باختری و محدوده دیگر در یال شمال خاوری و بخش خاوری قرار گرفته گسترش شکستگی‌ها

می‌شوند. (Twerenbold et al. (1962) این پدیده را در بررسی کوه بنگستان و Eshghi (1969) در بررسی شکستگی‌های ناحیه آغاچاری مورد توجه قرار دادند و سرانجام (McCord (1975) این پدیده را با جزئیات بیشتری در مورد میدان مارون به کار گرفت. (Sangree (1963) و (McQuillan (1973) اعتقاد داشتند که انبوهی شکستگی‌ها تابع مقدار انحنا در یک تاقدیس است و هر چه تاقدیس دارای قوس بیشتری باشد انبوهی شکستگی‌ها بیشتر است. در این پژوهش براساس نتایج حاصل از داده‌های آماری شکستگی‌ها می‌توان به تأثیر فراوان مقدار انحنا چین در چگونگی توسعه شکستگی‌ها پی برد. در نتیجه می‌توان رابطه بسیار دقیقی میان تغییر شیب سازند و در نتیجه تغییر شعاع انحنا بر انبوهی شکستگی‌ها به دست آورد.

با نگاهی به فراوانی شکستگی‌ها در یال جنوبی و شمال‌خاوری ساختار، نظریه وقوع دو حادثه زمین‌ساختی چین‌خوردگی و خمش که بعدها در اثر فعالیت‌های احتمالی در طول گسل‌های امتداد لغز شمالی - جنوبی تحت تأثیر نیروهای تراکمی ایجاد شده است، قوت می‌گیرد. البته فعالیت‌های گسل‌های پی‌سنگی تاکنون در میدان مارون تأیید نشده اما دسته‌ای از شکستگی‌ها در ساختار مارون قابل مشاهده هستند که باید با احتیاط بیشتری درباره آن صحبت کرد. این دسته نسبت به بقیه دارای تراکم کمتری است و به عنوان شکستگی‌های خاوری - باختری که بیشتر در دماغه باختری در محل چاه‌های ۲۸۱ و ۲۹۷ و در محور ساختار در بخش مرکزی محل چاه ۳۰۵ و در یال شمالی چاه ۲۸۶ و در محل چاه ۲۷۸ در دماغه خاوری و چاه ۱۸۰ در یال جنوبی این ساختار دیده می‌شود و به نظر می‌رسد این شکستگی‌ها در ارتباط با فعالیت‌های سیستماتیک ناحیه‌ای بوده و از علائم فعالیت گسل‌های پی‌سنگی در این منطقه هستند (شکل ۱۱).

مشاهده تصاویر دیواره چاه حاصل از نمودارهای تصویرگر، پدیده‌های رسوبی همچون لایه‌بندی متقاطع در لایه‌های ماسه‌ای و استیلولیت‌ها یا شکستگی‌های انحلالی در لایه‌های کربناتی، در مناطق مختلف ساختار مارون را نشان می‌دهند (شکل ۱۲). یکی از ابهامات موجود در تفسیر شکستگی‌های چاه‌های میدان مارون وجود شکستگی‌هایی هم‌جهت با لایه‌بندی و برخی مواقع مقدار شیبی یکسان با لایه‌بندی است. گرچه در بخش مربوط به مغزه‌ها در مورد کمیاب بودن این نوع شکستگی‌ها صحبت شد اما دلیل حضور این دسته شکستگی‌های هم‌جهت با لایه‌بندی را همواره می‌توان به عنوان یک پرسش مطرح کرد (شکل ۱۳).

از سوی دیگر، ایجاد شکستگی‌های القایی یا پدیده Break out در دیواره چاه، می‌تواند با در نظر گرفتن شرایطی خاص، نشان‌دهنده امتداد تنش‌های اصلی کنونی میدان باشد. نقشه تنش (Stress map) میدان مارون که نشانگر وضعیت کمینه تنش کنونی در منطقه است با استفاده از مشاهده خرابی‌های دیواره چاه در تصاویر نمودارهای تصویرگر در نرم افزار RMS تهیه شد (شکل ۱۴). همان‌طور که دیده می‌شود، در همه نقاط ساختار، جهت کمینه تنش NW-SE است و تنها در محدوده دماغه‌های خاوری و باختری و یال شمال‌خاوری در محل چاه ۲۸۶ تغییرات فراوان جهت تنش در زمان‌های متفاوت دیده می‌شود که این امر را می‌توان به فعالیت‌های ناحیه‌ای پس از چین‌خوردگی نسبت داد.

### ۳-۵. شاخص میزان نفوذپذیری

در این پژوهش سعی شده است که از داده‌های تراوایی، برای انطباق نتایج به دست آمده از چگونگی پراکندگی شکستگی‌ها و ارتباط قائم آنها استفاده شود. بر این اساس بیشینه تراوایی افقی و قائم به ترتیب به میزان ۲۷۸ و ۲۴۶ میلی داری در نواحی شمال‌خاوری در محل خمش چین و بخش‌هایی از یال جنوبی ساختار در لایه یک دیده می‌شود (شکل ۱۵) و تداوم تمرکز این مناطق با تراکم بالای شکستگی در لایه‌های پایینی مخزن آسماری، نشان‌دهنده ارتباط قائم شکستگی‌های موجود در این مخزن است.

داده‌ها بیشتر برای تعیین روندهای چیره شکستگی‌ها استفاده شد. نقشه‌های هم‌تراکم (Iso density) شکستگی‌های سازند آسماری و لایه‌های مخزنی آن در نرم افزار RMS تهیه و همچنین نقشه‌هایی که امتداد و شیب شکستگی‌های موجود در چاه‌های سازند آسماری را نشان می‌دهند، تهیه شده‌اند. البته تصمیم‌گیری قطعی درباره نتایج این داده‌ها امری بسیار مشکل است چرا که گستردگی وسیع میدان مارون و تعداد کم چاه‌هایی که دارای نمودار تصویرگر هستند، جا را برای بررسی‌های پسین و تغییرات احتمالی در این نتایج باز گذاشته است. نقشه هم‌تراکم شکستگی سازند آسماری دو محدوده مشخص را که از داده‌های پیشین همچون مغزه و روش‌های دوایر محاطی و هرزروی گل نتیجه گرفته شده بود، نشان می‌دهد که در این مناطق بیشینه تراکم شکستگی دیده می‌شود. به طوری که در نقشه‌های هم‌تراکم لایه‌های مخزنی ۱ تا ۴ در محل چاه‌های ۱۸۰ و ۳۳۰ بیشترین تعداد شکستگی دیده می‌شود. بالا آمدگی خاوری مخزن آسماری در میدان مارون سبب شده است که توسعه شکستگی‌های لایه چهار در نیمه خاوری نسبت به نیمه باختری فراوان‌تر و در نتیجه تراکم شکستگی‌ها بیشتر شود (شکل ۹).

براساس نقشه‌های امتداد شکستگی و لایه‌بندی در نواحی واقع در یال جنوبی میدان در محل چاه‌های ۱۸۱، ۳۴۱ و ۳۲۲ و چاه ۲۷۸ در میل خاوری، امتداد شکستگی‌های چیره N13°E، جزو دسته شکستگی‌های طولی کششی به شمار می‌رود (شکل ۱۰). در صورتی که در شمال و شمال‌خاور و مرکز هر دو دسته شکستگی‌های مرتبط با چین‌خوردگی و خمش، به صورت باز دیده می‌شوند. به طوری که در چاه‌های ۳۳۰، ۲۸۶ و ۲۹۶ دسته شکستگی‌های چیره از نوع کشش طولی و عرضی عمود بر لایه‌بندی و متقاطع دیده می‌شود که نشان‌دهنده وجود دو سامانه مؤثر چین‌خوردگی و خمش است (Nelson, 2001).

نقشه‌های امتداد و شکستگی‌های لایه‌های مخزنی یک تا چهار سازند آسماری، نشان‌دهنده تغییرات روند چیره شکستگی‌ها در فاصله ژرفایی چاه‌های حفاری شده در یال جنوبی است. به طوری که افزون بر شکستگی‌های طولی، می‌توان شکستگی‌های عرضی و متقاطع را در لایه‌های پایین‌تر دید. برای مثال در چاه ۳۲۲ نزدیک به منطقه خمش شکستگی‌های چیره در لایه ۳ جزو دسته شکستگی عرضی بوده که به همراه اندک شکستگی طولی در این لایه مشخص شده است. همچنین در چاه ۱۸۱ واقع در یال جنوبی بخش‌های باختری تاقدیس در لایه‌های ۲ و ۳ به تدریج دسته شکستگی‌های عرضی و متقاطع جزو شکستگی‌های چیره نسبت به لایه یک در این چاه مشخص شده‌اند.

نوع و پراکندگی شکستگی‌ها در طول محور ساختاری یک تاقدیس متقارن در حالت ایده‌آل، بدین گونه است که در طول محور شکستگی‌های کششی باز دیده می‌شود که به سوی یال‌ها تراکم شکستگی‌های متقاطع و عرضی افزایش می‌یابد. لیکن در چین‌هایی که محور ساختاری آنها دچار انحراف شده باشد مانند تاقدیس مارون، می‌توان شاهد تغییرات جانبی توسعه شکستگی‌ها از محور به سمت یال‌ها بود به طوری که در ناحیه خمش تحت تأثیر فشار بیشتر شکستگی‌های تراکمی دیده می‌شود (نواحی مرکزی و شمال‌خاوری محل چاه‌های ۳۳۰ و ۲۸۶) در صورتی که به سمت خارج انحنا تحت تأثیر نیروی کششی شکستگی‌های طولی و بزرگ ایجاد می‌شود (در یال جنوبی در محل چاه‌های ۱۸۱، ۳۴۱ و ۳۲۲). بنابراین مراحل تکاملی تشکیل ساختار با توجه به فشار وارده، می‌تواند از عوامل کنترل شکستگی در مخزن باشد (شکل ۱۰). این پدیده برای نخستین بار توسط Smelle (1920) مورد توجه قرار گرفت و ایشان پدیده اعوجاج اثر سطح محوری و در نتیجه افزایش شکستگی‌های ناشی از آن را معرفی نمود. در اثر این پدیده سطح قوس محدب دچار شکستگی‌های کششی و در سطح مقعر همجوار شکستگی‌های تراکمی دیده

### ۳-۶. استفاده از نتایج آزمایش‌های سرچاهی (Repeat formation test) RFT

با استفاده از این ابزار می‌توان تعداد نامحدودی فشار از لایه‌های مختلف و بیشینه دو نمونه از سیال‌های موجود در لایه‌ها را به دست آورد و در نتیجه، نمودار فشار تهیه شده و محاسبه شیب آنها صورت می‌پذیرد که در صورت نزدیک بودن فشار سازندی ژرفای مختلف به هم، نشان‌دهنده ارتباط قائم لایه‌ها است. وجود شکستگی‌های طبیعی در این امر مؤثر بوده و شکستگی‌های باز می‌تواند لایه‌های مختلف مخزن را به هم ارتباط دهند.

مخزن آسماری میدان مارون بر حسب تغییرات فشار ثبت شده در چاه‌های مختلف به ۸ قطاع تقسیم شده است. نمودارهای فشار نسبت به ژرفای ۳۷ حلقه چاه تهیه و در هر قطاع به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس در بخش باختری ساختار مارون در محل چاه‌های ۲۸۲، ۳۲۸، ۲۹۷، ۲۸۱، ۲۹۹ فشارهای ثبت شده لایه‌های مخزنی در نمودار فشار ژرفا متغیر و در نتیجه نشان‌دهنده عدم ارتباط فشاری قائم میان این لایه‌ها بوده که توسعه کم شکستگی‌های این بخش را مورد توجه قرار می‌دهد (قطاع ۳، ۲ و ۱). در بخش‌های نزدیک به مرز (قطاع ۵، ۴ و ۳) نیز در یال شمالی دامنه تغییرات نقاط فشاری ثبت شده در چاه‌ها گسترده است و در حالی که در یال جنوبی در محل چاه‌های ۲۳۹ و ۳۴۱ فشار لایه‌های مخزنی نزدیک به هم بوده و از مقدار شیب یکنواختی پیروی می‌کند. نکته قابل توجه این است که در چاه ۱۲۴ واقع در یال جنوبی ساختار، تغییرات فشاری لایه‌های مختلف مخزنی گسترده بوده که نشانگر عدم ارتباط قائم لایه‌ها و شکستگی‌های موجود است. چاه ۱۲۴ در مجاورت چاه ۱۸۱ است و در این چاه می‌توان به تغییرات روند چیره و دسته شکستگی‌ها در فاصله ژرفایی از لایه یک (بیشتر شکستگی‌ها طولی و انبساطی هستند) تا لایه ۲ و ۳ که شکستگی‌های متقاطع نیز دیده می‌شوند، اشاره نمود. این خود نشان دهنده تغییر روند شکستگی‌ها از سطح به ژرفا در این منطقه است. به سمت چاه ۱۸۳ در یال جنوبی نیز این وضعیت ارتباط فشاری کم لایه‌های مخزنی ادامه داشته تا این که در محل چاه‌های ۲۲۷، ۳۰۳، ۳۲۲ و ۱۷۹ در بخش مرکزی نمودارهای فشار، دارای شیب یکنواخت شده و در نتیجه ارتباط قائم لایه‌ها را در این منطقه نشان می‌دهند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده توسعه شکستگی در جهت‌های جانبی و قائم باشد. در بخش‌های شمال‌خاوری و خاور چاه‌های ۴۶، ۳۳۸، ۲۶۰ در یال شمالی و چاه‌های ۲۸۰ و ۱۶۱ در یال جنوبی ارتباط فشاری بسیار خوبی میان لایه‌های مخزنی وجود دارد و در انتهای خاوری ساختار در محل چاه‌های ۱۱۰ و ۱۶۸ در مشاهدات مغزه‌های چاه‌های مجاور بیشتر شکستگی‌های بسته دیده شده است که در دو چاه یاد شده نیز می‌توان نبود ارتباط قائم لایه‌ها را دید (شکل ۱۶).

### ۳-۷. نتایج شاخص بهره‌دهی (Production Index)

نقشه پراکنده‌گی شاخص بهره‌دهی در سازند آسماری نشانگر متمرکز بودن چاه‌هایی با بیشینه بهره‌دهی در بخش‌های مرکزی و یال شمال‌خاوری است (شکل ۱۷). همخوانی بسیار خوب این نقشه را با دیگر داده‌های مخزنی مانند تراوایی و آزمایش‌های فشار (RFT) و همچنین با نتایج به دست آمده از بررسی‌های مغزه‌ها و نقشه‌هایی که بیشینه توسعه شکستگی‌ها را نشان می‌دهند، می‌توان دید.

### ۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش عبارتند از:

- براساس مقایسه ویژگی‌های هندسی چین‌ها و رسم نیمرخ‌های ساختاری متعدد بر روی نقشه‌های ساختاری سازندهای پایده و بنگستان و بررسی نیمرخ‌های لرزه‌ای تفسیر شده، وجود ناودیس‌های فرودیواره، گسل‌های رانده پرشیب و قرار گرفتن راندگی انتشار یافته به موازات لایه‌بندی و همچنین وجود لایه‌های انعطاف‌پذیر مانند

شیل‌های گوتینا، کژدمی، پایده و گورپی و گچ و مارن سازند گچساران که هر کدام می‌تواند به عنوان افق‌های جدایشی در تاق‌دیس مارون در نظر گرفته شوند، تاق‌دیس مارون یک چین جدایشی گسلی به شمار می‌رود.

- با استفاده از نیمرخ‌های عرضی موازنه شده میدان مارون، کوتاه‌شدگی ساختاری مرتبط با چین خوردگی برآورد شد. به طوری که در شمال‌باختری ساختار میزان کوتاه‌شدگی ۷/۵ درصد و در بخش‌های مرکزی ۱۹/۵ درصد و در جنوب‌خاور ۱۱ درصد است. در نتیجه بیشترین جابه‌جایی در بخش‌های مرکزی چین دیده می‌شود که به سمت شمال‌باختر و جنوب‌خاور از میان می‌رود.

- عملکرد نیروهای تراکمی سبب ایجاد دگرشکلی در محدوده‌های مرکزی (متحمل بیشترین خمش و فشار) و در انتهای خاوری (متحمل خمش به نسبت ملایم) میدان شده و همچنین سبب راندگی ساختار آغا‌جاری بر روی انتهای خاوری میدان مارون شده است.

- در سازند آسماری میدان مارون لایه‌های ۱، ۲ و ۳ بیشتر از جنس سنگ‌آهک‌های دولومیتی بوده که بویژه لایه یک ۹۰ درصد دولومیتی است. بنابراین تراکم شکستگی‌ها بویژه در لایه یک بیشتر بوده و در لایه‌های پایینی لایه‌های ۴ و ۵ که به مقدار شیل و مارن لایه‌های سنگ‌آهکی افزوده می‌شود، شکندگی لایه‌ها کمتر شده است و شکستگی‌ها بیشتر میکروسکوپی هستند. بالاآمدگی خاوری مخزن آسماری در میدان مارون سبب شده است که توسعه شکستگی‌های لایه چهار در نیمه خاوری نسبت به نیمه باختری فراوان‌تر و در نتیجه تراکم شکستگی‌های بیشتری در این بخش دیده شود.

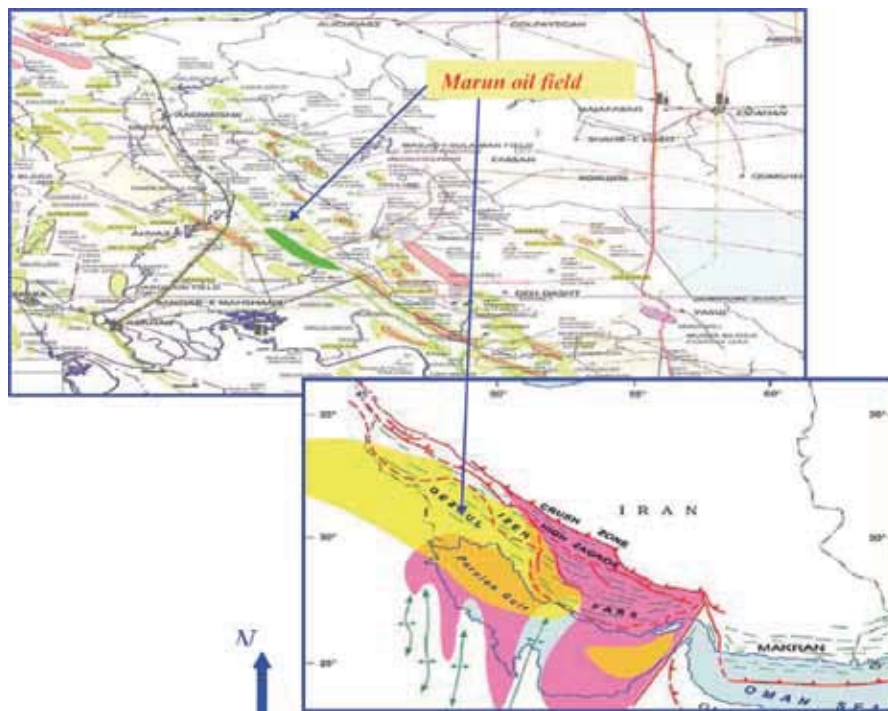
- بررسی نمونه‌های مغزه غیر جهت یافته، نشانگر تراکم شکستگی‌های سازند آسماری در قطاع‌های مخزنی ۴، ۷ و ۸ است و بیشینه تراکم شکستگی‌ها در لایه‌های ۱، ۲ و ۳ دیده شده‌اند و شکستگی‌های باز در این میدان بیشتر در یال جنوبی قطاع‌های ۴، ۳ و ۶ مشخص شده‌اند.

- در میدان مارون چاه ۱۸۱ تنها چاهی است که دارای مغزه جهت یافته در لایه‌های مخزنی ۱، ۲ و ۳ است. دو دسته شکستگی چیره در امتدادهای N91E, N68E متمرکز در لایه یک دیده می‌شود که این شکستگی‌ها بیشتر باز و در برخی از بخش‌ها توسط کانی‌های ایندریت و کلیست پر شده‌اند.

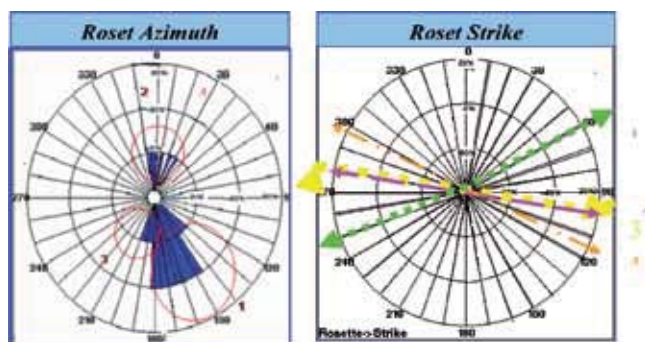
- مشاهدات ماکروسکوپی مغزه‌های میدان مارون نشان می‌دهد که شکستگی‌های موین، بیشتر در بخش پایین سازند آسماری در لایه‌های مخزنی ۴ و ۵ دیده می‌شوند. - بر اساس تغییرات انحنا با استفاده از روش‌های مشتق‌گیری ریاضی و ترسیمی از خطوط تراز زیرسطحی سازند آسماری، محدوده‌های مستعد شکستگی در تاق‌دیس مارون، به طور عمده یال جنوبی و محدوده‌های از بخش‌های خاوری در یال شمالی دیده می‌شود.

- بررسی پدیده‌های خرابی دیواره چاه، نشان می‌دهد که امتداد تنش کمینه در جهت NW-SE است که در دماغه‌های خاوری و باختری و بخشی از یال شمال‌خاوری در زمان‌های متفاوت دارای جهت‌گیری متفاوت است.

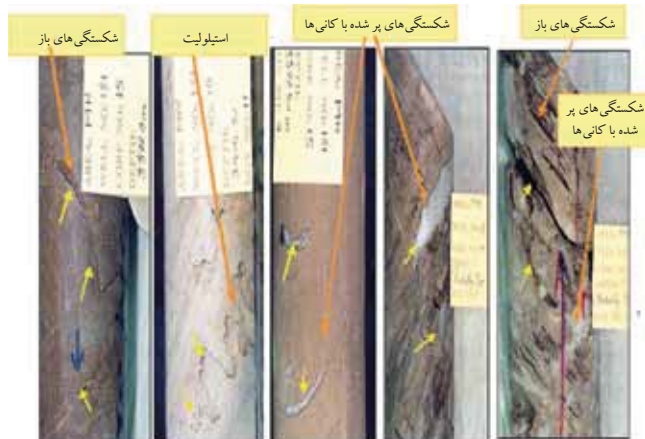
- مقایسه داده‌های مخزنی براساس نقشه‌های هم‌تراوایی، فشار (RFT) و شاخص تولید (PI) با نتایج حاصل از بررسی شکستگی‌های تاق‌دیس مارون، هماهنگی بسیار خوب مناطق مستعد شکستگی را نشان می‌دهند.



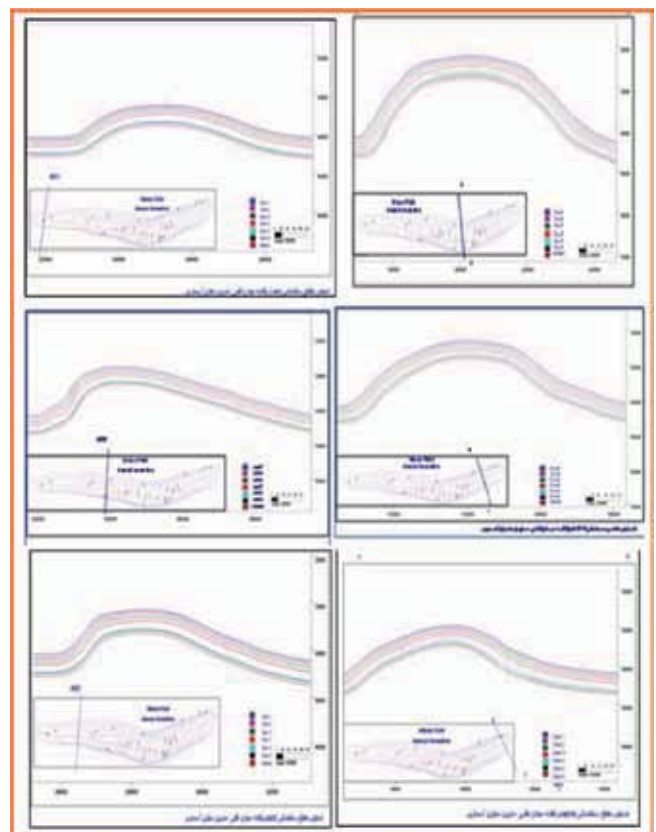
شکل ۱- موقعیت میدان نفتی مارون در حوضه نفتی جنوب و محدوده زمین ساختی زاگرس.



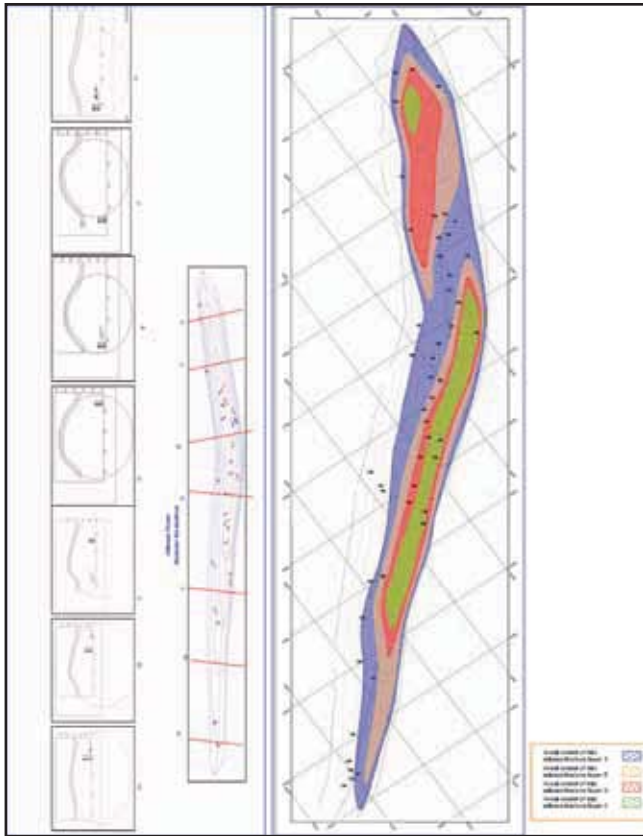
شکل ۳- نمایش جهت و امتداد دسته شکستگی‌های چیره در مغزه‌های چاه ۱۸۱. بیشتر شکستگی‌ها در بخش بالایی لایه یک دیده می‌شوند.



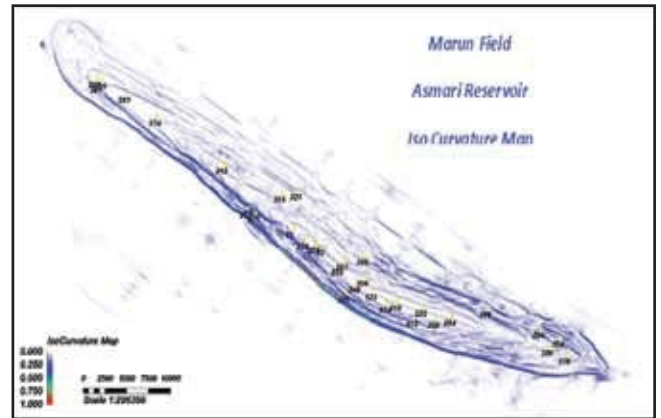
شکل ۴- نمایش انواع پدیده‌های قابل مشاهده در دیواره مغزه چاه مارون ۱۸۱.



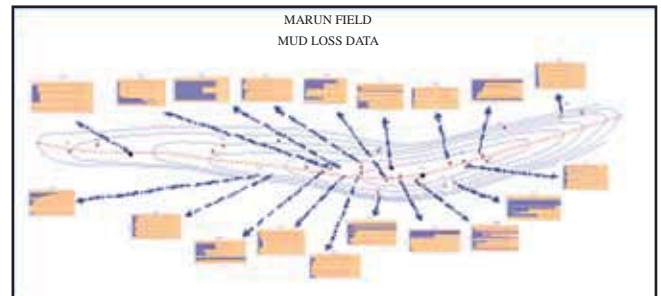
شکل ۲- نیمرخ‌های عرضی تهیه شده از سر سازند آسماری در بخش‌های مختلف ساختار.



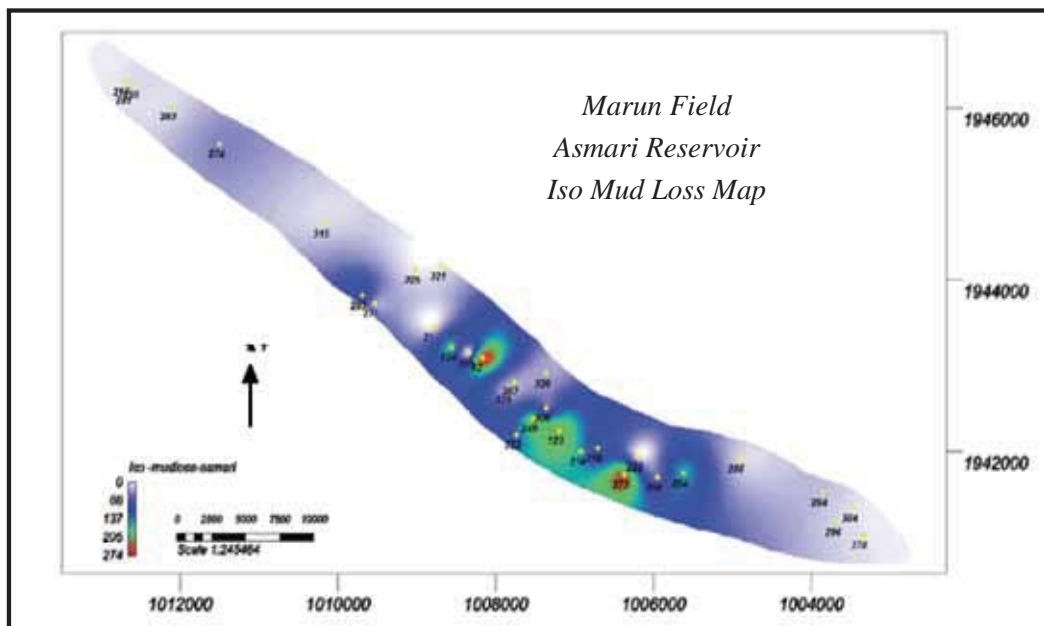
شکل ۶- نمایش محدوده‌های پراکندگی شکستگی‌ها در لایه‌های سازند آسماری بر اساس روش دوائر محاطی. الف) همخوانی بسیار خوب این مناطق را با محدوده‌های بیشینه شیب ساختاری در نقشه هم‌انحنا می‌توان دید. ب) دوائر محاطی رسم شده بر روی نیمرخ‌های عرضی



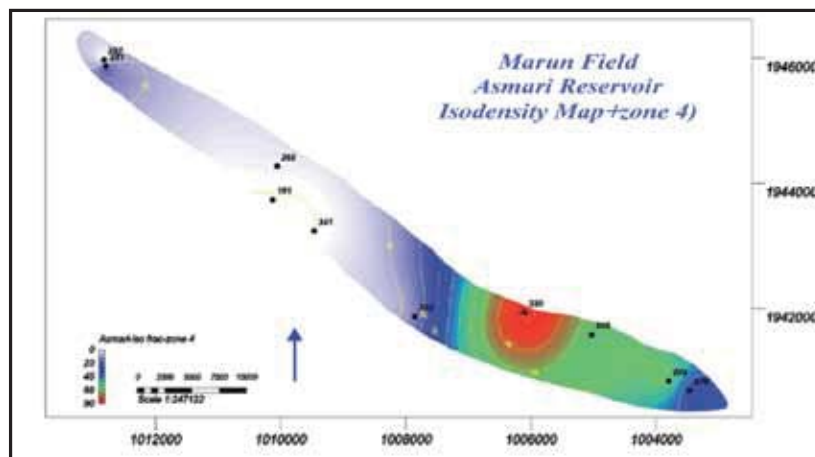
شکل ۵- نقشه هم‌انحنا مخزن آسماری میدان مارون. بیشترین انحنا در یال جنوبی بخش مرکزی و بخش شمال‌خاوری دیده می‌شود.



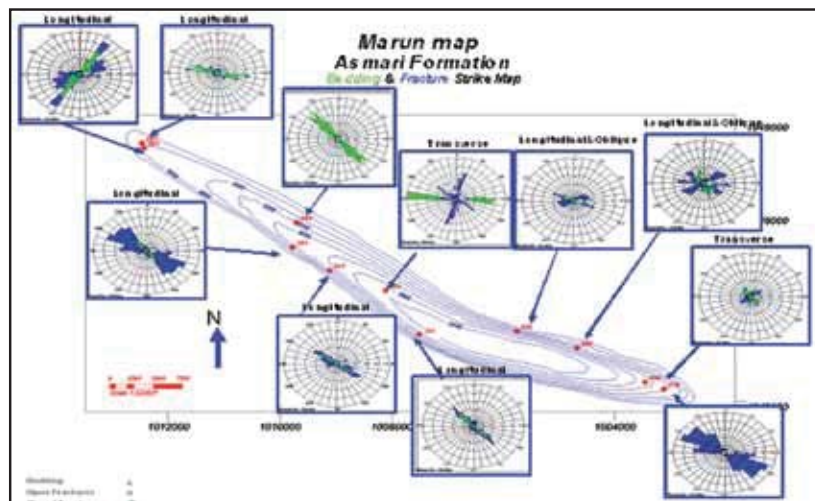
شکل ۷- هیستوگرام اطلاعات هرزروی گل بر حسب بشکه در ساعت سازند آسماری میدان مارون.



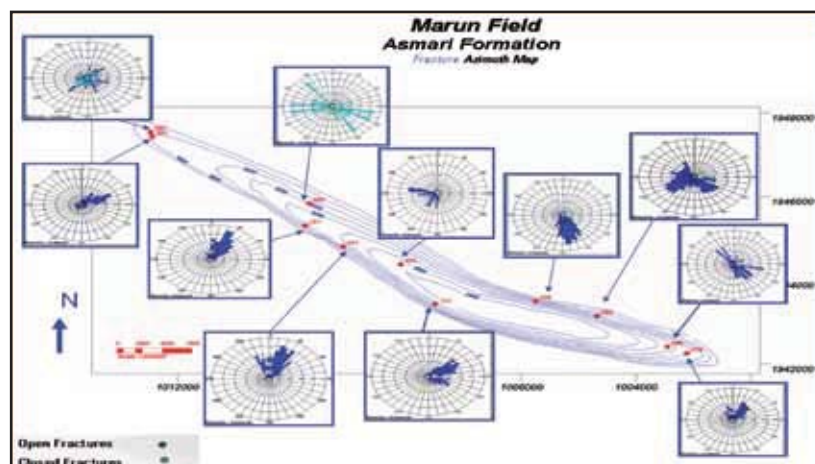
شکل ۸- نقشه هم‌هرزروی سازند آسماری در چاه‌های میدان مارون. بیشترین هرزروی در منطقه خمش به میزان ۲۰۵ بشکه در ساعت است.



شکل ۹- نقشه هم تراکم شکستگی‌های سازند آسماری لایه چهار در چاه‌های میدان مارون. فراوانی بالای شکستگی‌ها در محدوده خاوری با بیشینه ۹۰ عدد مشخص شده است.

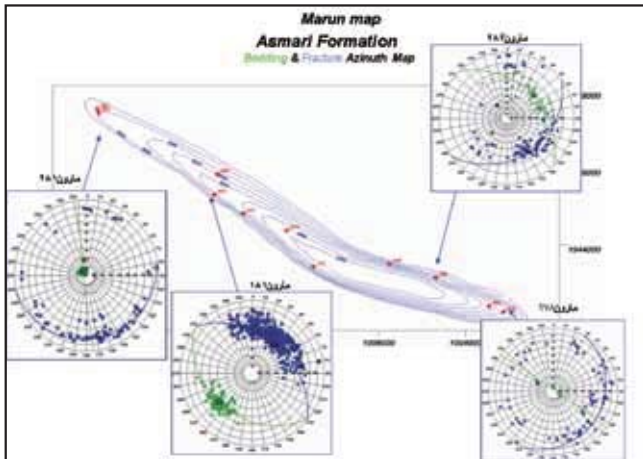


شکل ۱۰- نمایش امتداد بیشتر شکستگی‌های مخزن آسماری در چاه‌های حفاری شده میدان مارون با استفاده از اطلاعات نمودارهای تصویرگر.

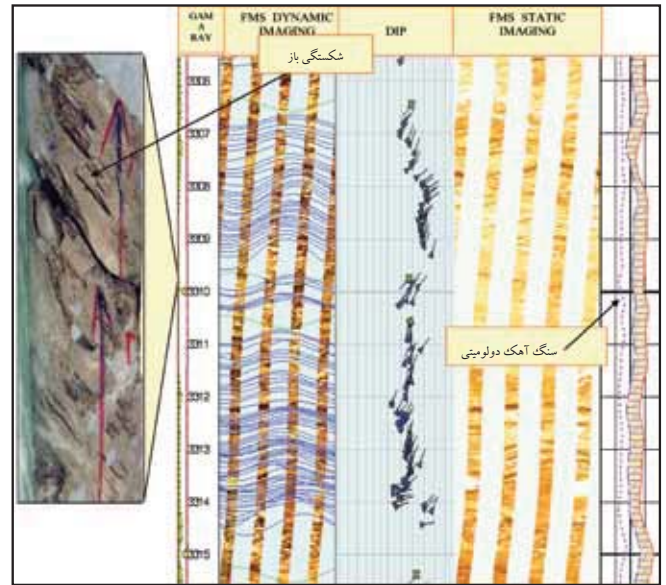


شکل ۱۱- نمایش جهت شیب چیره شکستگی‌های مخزن آسماری در چاه‌های حفاری شده میدان مارون با استفاده از اطلاعات نمودارهای تصویرگر.

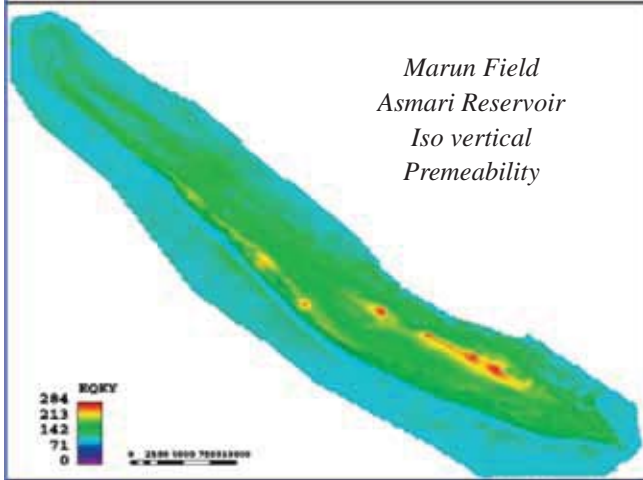
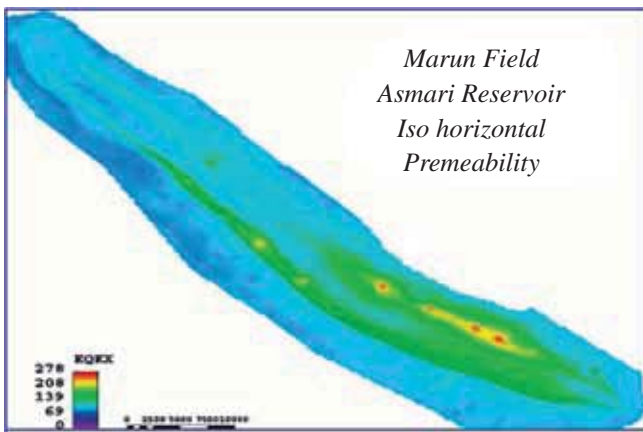




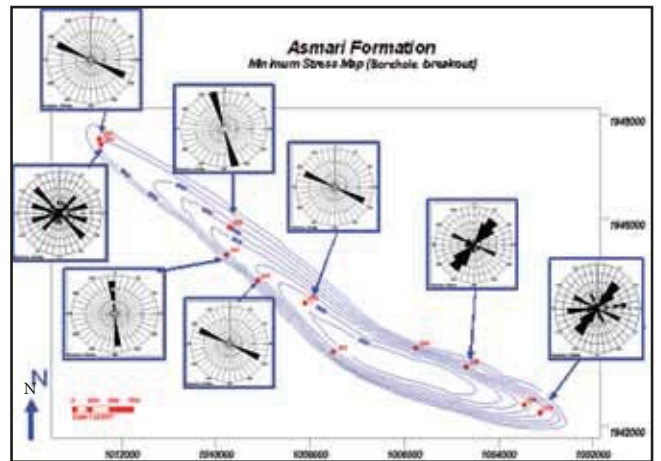
شکل ۱۳- نمایش استریونت مربوط به جهات شیب سطوح شکستگی‌ها و موقعیت آنها نسبت به لایه‌بندی در برخی از چاه‌های میدان مارون. همان‌طور که دیده می‌شود، بیشتر شکستگی‌های مخزن آسماری، لایه‌بندی را قطع می‌کنند.



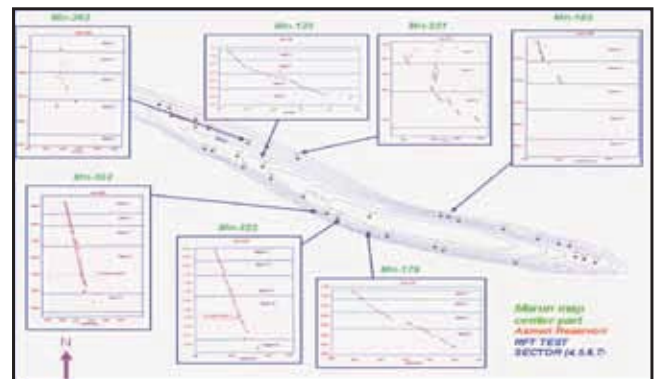
شکل ۱۲- نمونه‌ای از شکستگی‌های باز در تصاویر دینامیک و استاتیک نمودار FMS از دیواره چاه مارون ۱۸۱ که همخوانی بسیار خوبی با نمونه مغزه گرفته شده دارد.



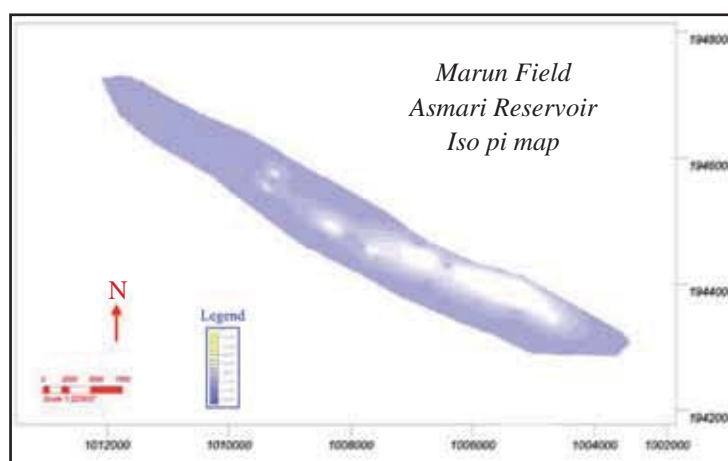
شکل ۱۵- نقشه تراوایی افقی و قائم سازند آسماری میدان مارون تهیه شده در نرم افزار FRACA (Statoil, 2003). همخوانی مناطق بیشینه تراوایی افقی و قائم با نتایج داده‌های مغزه و نمودارهای تصویرگر، قابل مشاهده است.



شکل ۱۴- نمایش جهت کمینه تنش در چاه‌های میدان مارون و پراکنندگی جهت‌های تنش در طی زمان‌های مختلف در دماغه‌های خاوری و باختری و پال شمال‌خاوری.



شکل ۱۶- نمایش نتایج آزمایش‌های فشار سرچاهی RFT در چاه‌های بخش‌های مرکزی میدان مارون. بیشترین ارتباط قائم فشاری در بخش‌های مرکزی در پال جنوبی دیده شده است (قطاع ۴، ۵، ۶ و ۷).



شکل ۱۷- نمایش مناطقی با بیشترین نرخ تولید (PI) در ساختار مارون. در بخش‌های مرکزی و شمال خاوری بیشترین نرخ تولید را نشان می‌دهند.

## References

- Barker, S. N. and Speers, R. G., 1978- Marun Asmari Reservoir high permeability system, OSCO Rep. No. 3401.
- Colman Sadd, S. P., 1978- Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran. The American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 62, 984-1003.
- Eshghi, M., 1969- Photo linears, Asmari Fracture System and well productivity of Aghajari Area, IOOC, Rep. No.1152.
- Intera petroleum Technologies, Ltd., 1992- Marun Field study.
- Mc Clay, K. R., 2000- Structural geology for petroleum exploration, Royal Holloway university, London.
- McCord, D. R., 1975- Asmari reservoir, Khuzestan province Iran, Fracture study of Asmari reservoir, OSCO.
- McQuillan, H., 1973- Small Scale Fracture Density in Asmari Formation of Southwest Iran and its relation to bed thickness and Structural setting, Am., Assoc., Pet., Geol., Bull., 57, 2367-2385.
- Mitra, S., 2002- Structural models of faulted detachment folds. AAPG Bulletin, 86, 671-693.
- Mitra, S., 2003- a unified kinematic model for the evolution of detachment folds: Journal of Structural Geology, 25, 1659-1673.
- Nelson, R. A., 2001- Geologic analysis of naturally fractured reservoirs, Gulf publishing, Houston, Texas, 2nd ed., 332P.
- O'Brien, C. A. E., 1950- Tectonic problems of the oil field belt of southwest Iran Proceedings of 18th International of Geological Congress, Great Britain, 6, 45-58.
- Poblet, J. and McClay, K., 1996- Geometry and Kinematics of Single-Layer Detachment Folds: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 80, 1085-1109.
- Sangree, J. B., 1963- Correlation of Joint Spacing and Type Asmari Limestone Iran, LOE & PC Rep., 753p.
- Sherkati, S. and Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran: Marine and Petroleum Geology, 21, 535-554.
- Smelle, W. R., 1920- Geological Survey of Push-e Kuh, Apoc., Rep.No.96.
- Statoil, 2003- Marun Asmari Full Field Study.
- Stearns, D.W. and Friedman, M., 1972- Reservoirs in Fractured Rocks, Am., Assoc., Pet., Geol., Bull., 16, 82-106.
- Twerenbold, E. F., Rauaux, S. J. and Van Os, B., 1962- Fracture pattern study of Kuh-e Bangestan and its bearing on oil Accumulation in Agreement area, IOOC, Rep.No.1029.

# Petrogenesis of Plio-Quaternary Post-Collisional Potassic and Ultra-Potassic Rocks in Northwest Marand

G. Ahmadzadeh<sup>1\*</sup>, A. Jahangiri<sup>2</sup>, M. Mojtahedi<sup>2</sup> & D. Lentz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Hydrology, Agriculture Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>2</sup> Department of Geology, Natural Science Faculty, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

<sup>3</sup> Department of Geology, University of New Brunswick, Canada.

Received: 2008 October 06

Accepted: 2009 August 22

## Abstract

In this paper the study of Plio-Quaternary post-collisional magmatism in northwest of Iran and northwest of Marand is considered. The studied Potassic and ultrapotassic (UP) alkaline rocks were erupted at northern part of Urumieh-Dokhtar magmatic arc (UDMA). The studied rocks display microlithic porphyritic texture with phenocrysts of clinopyroxene, leucite, and plagioclase  $\pm$  biotite  $\pm$  olivine. The UP volcanic rocks are mostly silica undersaturated with normative nepheline, high Mg# and high  $K_2O/Na_2O$  ratios. They are characterized with significant enrichment in LILEs and LREEs and depletion in high field strength elements such as Nb, Ta and Ti. Exhibit high Ba/Nb (41-60) and Ba/Ta (682-1139) ratios, which are a typical feature of subduction. With considering end of subduction (upper Cretaceous) and stratigraphic age of studied rocks (Plio-Quaternary), we can say that these rocks have formed in a post-collisional environment and metasomatic mantle due to addition of volatiles and incompatible elements lead to enrichment of these magmas. And in fact we can say that the subduction properties of these rocks inherited from an ancient subduction. On the other hand, high contents of LILE such as Th and Ba and Ba/Nb, Ba/Ta ratios indicate the involvement of crustal components in genesis of these rocks by addition of crustal components to source and contamination through ascent of magma. Rare earth elements modeling indicate that they can be generated from low degree partial melting of lithospheric mantle with garnet-spinel peridotite source.

**Keywords:** Ultrapotassic, Leucite, Subduction, Metasomatism, Marand

For Persian Version see pages 79 to 86

\* Corresponding author: G. Ahmadzadeh; E-mail: gholamrezaahmadzadeh@yahoo.com

# Analysis of Fractures in the Asmari Reservoir of Marun Oil Field (Zagros)

M. Arian<sup>1\*</sup> & R. Mohammadian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Campus, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Geology office of National Iranian Oil Company, Ahwaz, Iran

Received: 2008 December 21

Accepted: 2009 October 17

## Abstract

Marun oil field is situated on the eastern part of Dezful Embayment zone (Zagros). Aghajari Formation is cropping out on the surface. Asmari formation, Bangestan and Khami Groups are the main reservoirs in this field. Asmari formation with six reservoir layers is the most important reservoir. Dolomitic carbonates are dominant lithology in the 1,2,3 layers and so, fracture density is high, especially in the first layer (90% Dolomite). Increasing of shale and marl layers in the 4,5,6 layers caused to decreasing of brittle property and fracture density is low. According to this research, Marun Anticline is a fault (thrust) related fold with faulted Detachment Fold mechanism. Two major fracture systems in the Marun oil field could be recognized which are regional fractures (with east-west trending) and local fractures (fold and bending related fractures). The main fractured sectors, Marun Anticline are being seen in the southern limb and the eastern part of northern limb by curvature investigation (by Differential and Graphical methods). The results of Isopermeability, RFT, PI maps are consistent with the results of fracture study in order to identification of fractured sectors in the Marun Anticline.

**Keywords:** Asmari Formation, Marun Oil Field, Fracture, Permeability, Detachment Fold, Structural Bending

For Persian Version see pages 87 to 96

\* Corresponding author: M. Arian; E-mail: mehranarian@yahoo.com