

ارزیابی پتروفیزیکی و شواهد ژئوشیمیایی جهت تعیین کانی شناسی اولیه کربنات‌های سازند ایلام در برش سطحی عسلویه و میدان گازی پارس جنوبی

نازیلا شیرویه نسب^{۱*}، رقیه فلاح بگتاش^۲، محمدحسین آدابی^۳، میررضا موسوی^۴

۱- کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

*پست الکترونیک: nazilashn@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۷

چکیده

سازند ایلام یک واحد کربناته با سن کرتاسه بالایی (سائونین - کامپانین) است که در منطقه زاگرس و قسمت‌های جنوب غرب ایران گسترش وسیعی دارد. در این پژوهش کربنات‌های سازند ایلام در دو چاه X و Y میدان گازی پارس جنوبی، واقع در خلیج فارس به ترتیب با ضخامت ۶۲/۵ و ۹۰ متر و در برش سطحی کوه عسلویه با ضخامت ۵۵ متر مورد بررسی قرار گرفت. فاصله دو چاه از هم ۹ کیلومتر و فاصله برش سطحی عسلویه از میدان گازی پارس جنوبی ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. مطالعه عناصر اصلی (Ca, Mg) و فرعی (Mn, Fe, Na, Sr) و مقایسه آن‌ها با نتایجی که توسط محققان مختلف برای ترکیب کانی شناسی آراگونیتی/کلسیتی ارائه کرده اند، بیانگر ترکیب کانی شناسی اولیه مخلوط آراگونیتی - کلسیتی در سازند مورد مطالعه و تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی بر آن‌ها در یک سیستم دیاژنتیکی بسته تا باز است. مطالعات پتروفیزیکی و به کارگیری داده‌های لاگ‌های صوتی و گاما، تأییدی بر نتایج حاصله از مطالعات پتروگرافی می‌باشد به طوری که تغییرات لیتولوژی، پهنه‌های شیلی، پهنه‌های متخلخل و مرز سازندها مشخص شدند. تغییرات جزئی نمودارهای صوتی در هر دو چاه نشان دهنده تغییرات بسیار کم لیتولوژی است و جاهایی که نمودار صوتی افزایش می‌یابد با پهنه‌های متخلخل معادل است که در صورت تلفیق با نتایج پتروگرافی این تخلخل بیشتر حاصل انحلال، همچنین تخلخل بین‌بلوری دولومیت‌های ثانویه است.

واژه‌های کلیدی: ترکیب کانی شناسی اولیه؛ ژئوشیمی رسوبی؛ کیفیت مخزنی؛ سازند ایلام.

مقدمه

کربنات‌های دیرینه آب سرد از آب گرم به کار رود (Hood *et al.*, 2004; Adabi & Asadi, 2008). همچنین تفاوت در محتوای عناصر فرعی می‌تواند تاریخچه دیاژنتیکی کربنات‌ها را تا حدی مشخص نماید. دگرسانی دیاژنتیکی معمولاً با افزایش میزان Mn و Fe و کاهش میزان Sr، Na،

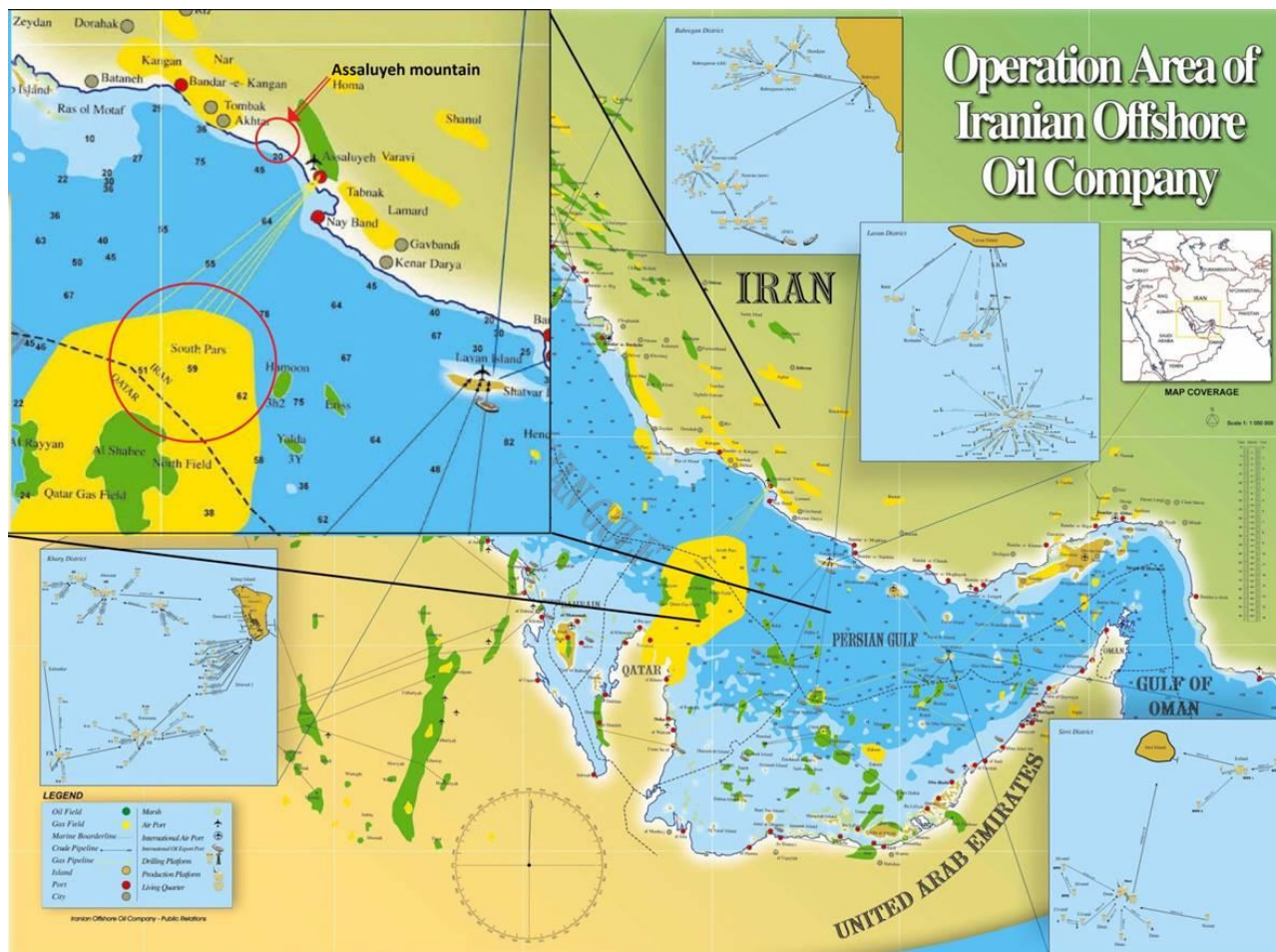
تغییراتی که در میزان عناصر اصلی و فرعی بین رسوبات کربناته آب سرد و آب گرم عهد حاضر وجود دارد، معیاری برای تشخیص و تفکیک معادل دیرینه آن‌ها است (آدابی، ۱۳۹۰). بنابراین تفاوت در محتوای عناصر فرعی در کربنات‌ها می‌تواند به عنوان یک عامل در شناسایی

مقاطع نازک و به کمک روش‌های نوین مطالعاتی نظیر استفاده از تغییرات عناصر اصلی و فرعی به مطالعه جامع سازند ایلام پرداخته شود. همچنین از مطالعات پتروفیزیکی به منظور شناخت ویژگی‌ها و محیط دیاژنزی و تعیین محیط رسوبی و ارزیابی کیفیت مخزنی استفاده شده است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه

برش سطح الارضی سازند ایلام در کوه عسلویه: برش کوه عسلویه با مختصات جغرافیایی $38^{\circ} 27'$ عرض شمالی و $30^{\circ} 52'$ طول شرقی در جنوب شهرستان لامرد و منطقه ویژه اقتصادی عسلویه در استان فارس قرار دارد. (شکل ۱).

Mg همراه می‌باشد (Hood et al., 2004). از آن جا که توزیع عناصر اصلی و فرعی و ایزوتوپی در کربنات‌ها به عوامل مختلفی مانند دما، ترکیب کانی‌شناسی، شرایط اکسیداسیون و احیا، بستگی دارد، با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی می‌توان شرایط تشکیل کربنات‌ها، ترکیب کانی‌شناسی و نوع محیط دیاژنزی حاکم بر آن‌ها را تشخیص داد (Rao, 1996; Veizer, 1983) و بنابراین می‌توان انتظار داشت واحدهای کربناته‌ای که از نظر محیط دیاژنزی و محیط رسوب گذاری شرایط یکسانی ندارند، تغییرات و محدوده‌های عنصری و ایزوتوپی متفاوتی را نشان دهند، بنابراین با استفاده از این روش می‌توان سازندها را از هم تفکیک کرد (Adabi & Asadi, 2008). در این تحقیق سعی بر آن بوده تا با مطالعات جامع پتروگرافی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی برش سازند ایلام در تاقیدس عسلویه و راه‌های دسترسی به آن

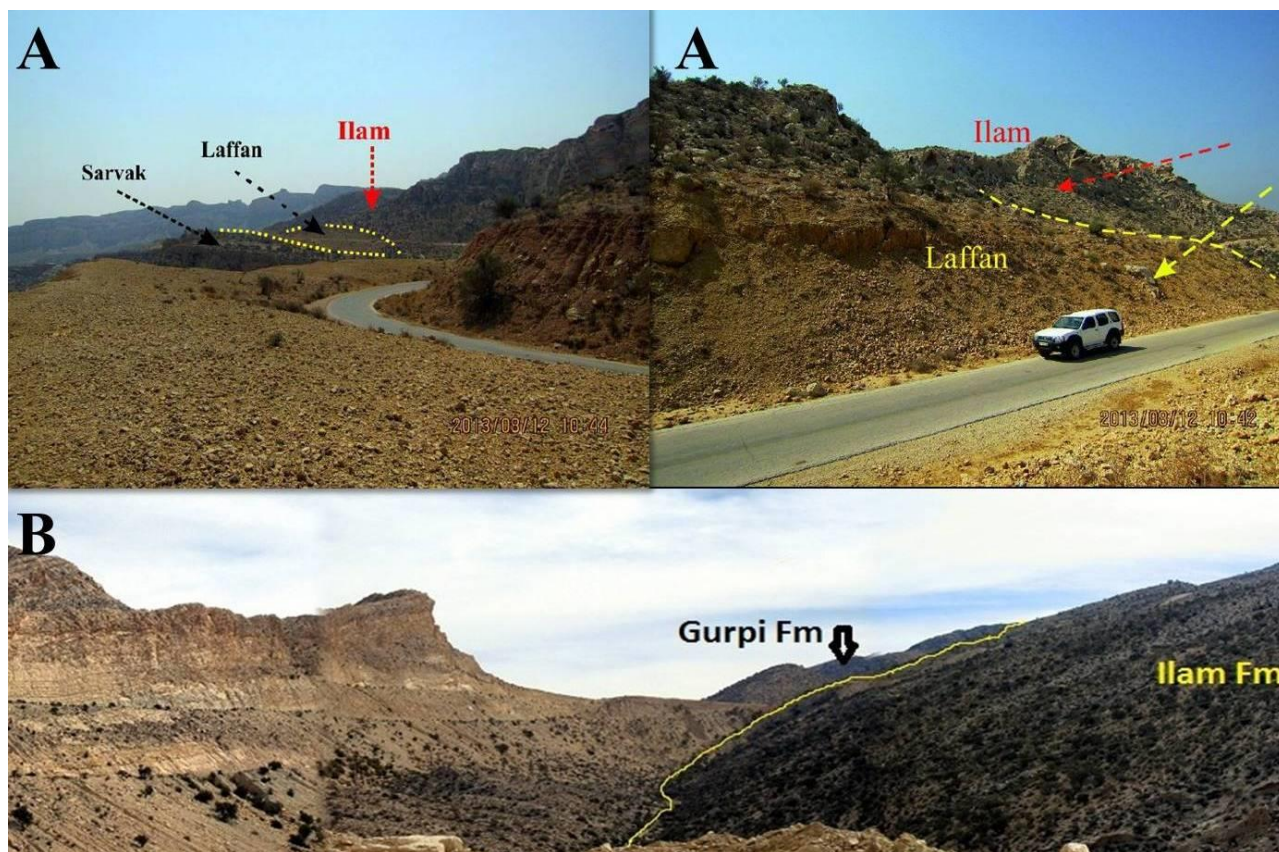
برش‌های تحت‌الارضی سازند ایلام در چاه‌های X و Y میدان پارس جنوبی: میدان پارس جنوبی در موقعیت ۵۲ تا ۵۲/۵ درجه شرقی و ۲۶/۵ تا ۲۷ درجه شمالی، در فاصله تقریبی ۱۰۰ کیلومتری بندر عسلویه، ۱۷۵ کیلومتری بندر کیش و ۱۰۵ کیلومتری سواحل قطر واقع شده است. میدان مزبور وسعتی بالغ بر ۶۰۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. آنچه در نقشه‌های منطقه قابل مشاهده است، پارس جنوبی (گنبد شمالی قطر) دارای طول تقریبی ۱۵۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۷۰ کیلومتر می‌باشد که صحت این اعداد به درستی نقشه‌های لرزه‌نگاری بستگی دارد (نجم آبادی، ۱۳۷۲). دو چاه مورد مطالعه، حدود ۹ کیلومتر از یکدیگر فاصله دارند. سازند ایلام در چاه X، ۵/۶۲ متر و در چاه Y، ۹۰ متر ضخامت دارد. موقعیت دو چاه X و Y در میدان پارس جنوبی در شکل ۲ نشان داده شده است.

چینه‌شناسی سازند ایلام در میدان گازی پارس جنوبی
 در چاه X سازند ایلام ۶۲/۵ متر ضخامت دارد و سنگ‌شناسی اصلی آن شامل مقدار بیشتری دولومیت و میزان کمتری سنگ‌آهک دولومیتی است. در چاه Y این سازند ۹۰ متر ضخامت دارد و سنگ‌شناسی اصلی آن شامل دولومیت و آهک‌های دولومیتی تا آهک‌های فسیل‌دار خاکستری تا قهوه‌ای روشن در قسمت پایین می‌باشد. در چاه‌های مورد مطالعه مرز زیرین سازند ایلام با شیل‌ها و مارن‌های سازند لافان به صورت تدریجی است به طوری که در بررسی‌های پتروگرافی قبل از شروع سازند ایلام آهک‌های تیره رنگ با مواد رسی و کانی‌های آهن‌دار مثل آنکریت دیده می‌شود که با شروع سازند ایلام این کانی‌های آهن‌دار حذف شده و سنگ‌شناسی به مادستون-های در حال تبدیل به دولومیت و مادستون‌ها و وکستون‌ها تغییر یافته است.

چینه‌شناسی سازند ایلام در برش سطح الارضی کوه عسلویه
 در این برش سازند ایلام با سن سانتونین - کامپانین به صورت هم‌شیب بر روی سازند لافان (محدوده پوشیده شده بین سازند سروک و ایلام) قرار گرفته است. در مقاطع مورد مطالعه با شروع نمونه‌های سازند ایلام، روزن‌داران کفزی شاخص سازند ایلام نظیر *Pseudedomia*



شکل ۲: موقعیت چاه‌های X و Y در میدان پارس جنوبی (تهیه شده در شرکت نفت و گاز پارس جنوبی با کمی تغییر).



شکل ۳: (A) دورنمای کلی سازند ایلام در رخنمون کوه عسلویه و سازندهای زیرین آن. دید به سمت شمال غرب است. (B) دورنمای کلی سازند ایلام در رخنمون کوه عسلویه و مرز آن با سازند بالایی. دید به سمت شمال است.

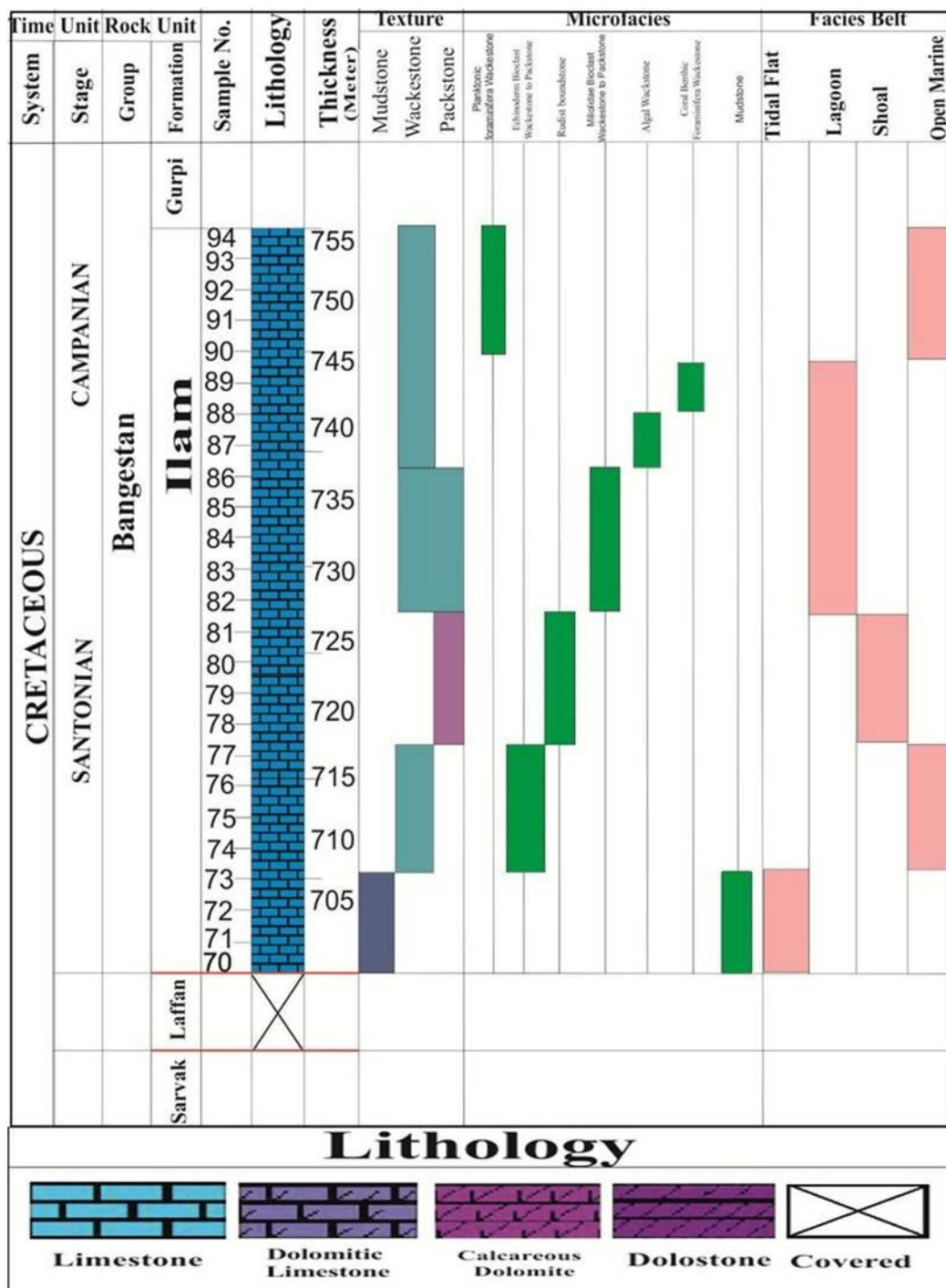
(مطیعی، ۱۳۷۴). نتایج حاصل از نمودار لاگ صوتی نیز بیانگر تغییر سنگ‌شناسی در مرز بالایی می‌باشد. ستون چینه‌شناسی سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است.

روش مطالعه

اساس مطالعات پتروگرافی، تعیین اجزای کربناته (آلوکم، فسیل، ...)، اجزای غیر کربناته و فراوانی این اجزا برای تعیین رخساره‌های میکروسکپی، محیط رسوبی و همچنین بررسی فرآیندهای دیاژنزی به منظور تعیین تاریخچه دیاژنزی سازند ایلام است. تعداد ۵۰۰ مقطع نازک حاصل از خرده‌های حفاری دو چاه X و Y در میدان پارس جنوبی در مطالعات تحت‌الارضی و

علاوه بر پتروگرافی، نمودارهای لاگ گاما نیز در بعد از مرز بین سازند لافان و ایلام بیانگر کاهش API بوده که این خود نشانگر کاهش مقدار شیل (کانی‌های رسی) و کاهش مواد آلی (کاهش شرایط احیایی) است. نمودار حاصل از لاگ صوتی نیز در این مرز تغییری در خواص سنگ‌شناسی نشان می‌دهد.

در مقاطع مطالعه شده در هر دو چاه اثری از شیل‌های سازند گورپی دیده نمی‌شود و ظهور ناگهانی گلاکونیت‌ها در اتمام سازند ایلام شواهدی بر تغییرات شرایط حوضه رسوب‌گذاری و مرز ناپیوسته است. فراوانی چشمگیر تبخیری‌ها در مقاطع بعد از مقاطع سازند ایلام، می‌تواند مربوط به سازند ساچون باشد زیرا سازند ساچون شامل تناوبی از طبقات ژپس و مارن و دولومیت است و در ۱۰۶ متر واحد زیرین آن لیتولوژی غالب ژپس توده‌ای است



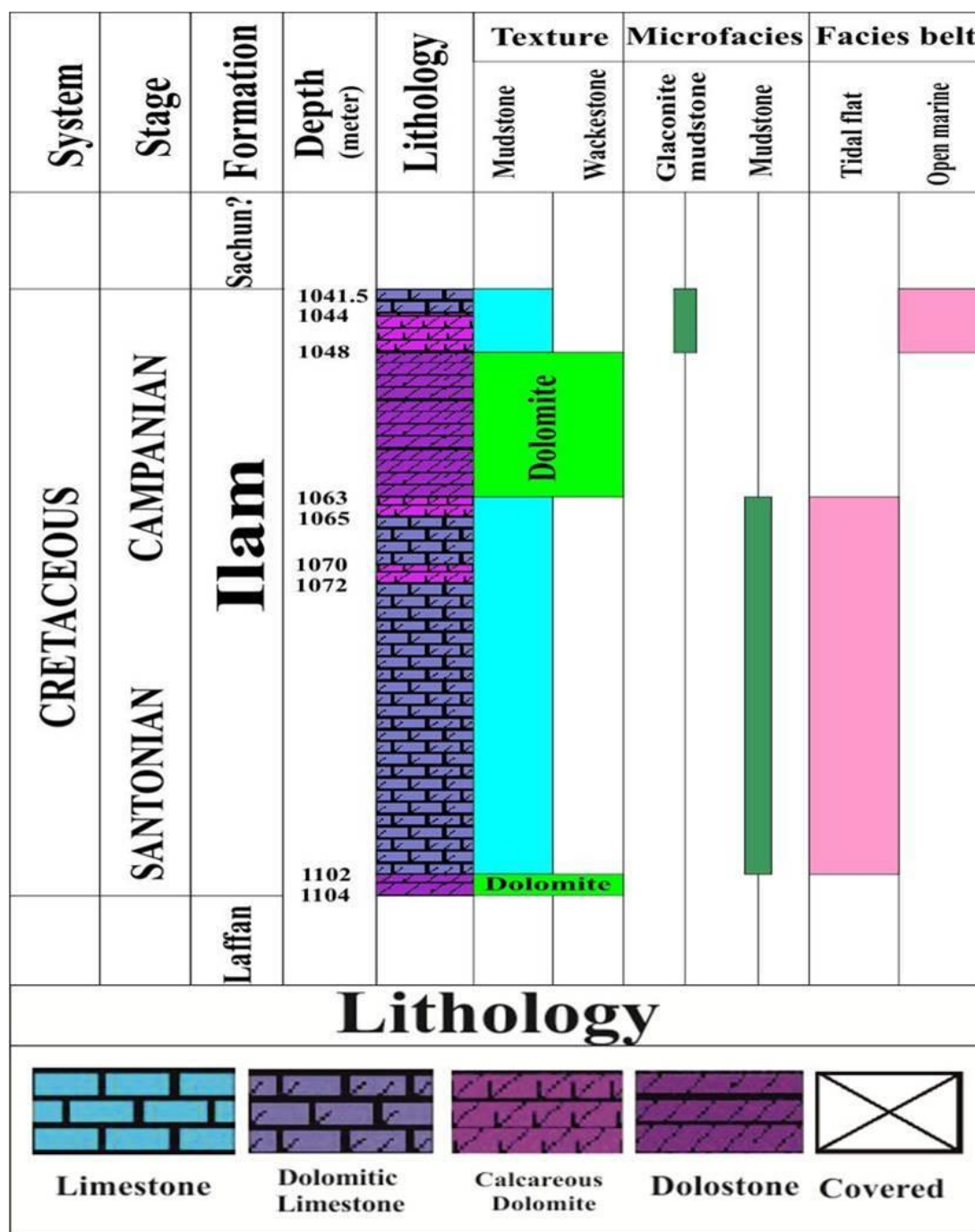
شکل ۴: ستون رسوبی مطالعه شده برای سازند ایلام در برش سطحی عسلویه که شامل رخساره‌های رسوبی و محیط تشکیل آن‌هاست.

قرمز رنگ، رنگ آمیزی شده است. پس از مطالعه دقیق و کامل مقاطع نازک تعداد ۱۸ نمونه از سنگ‌های آهکی برای مطالعه آزمایش‌های عنصری انتخاب شدند. پودر این نمونه‌ها توسط متد دندان پزشکی و حتی الامکان از زمینه

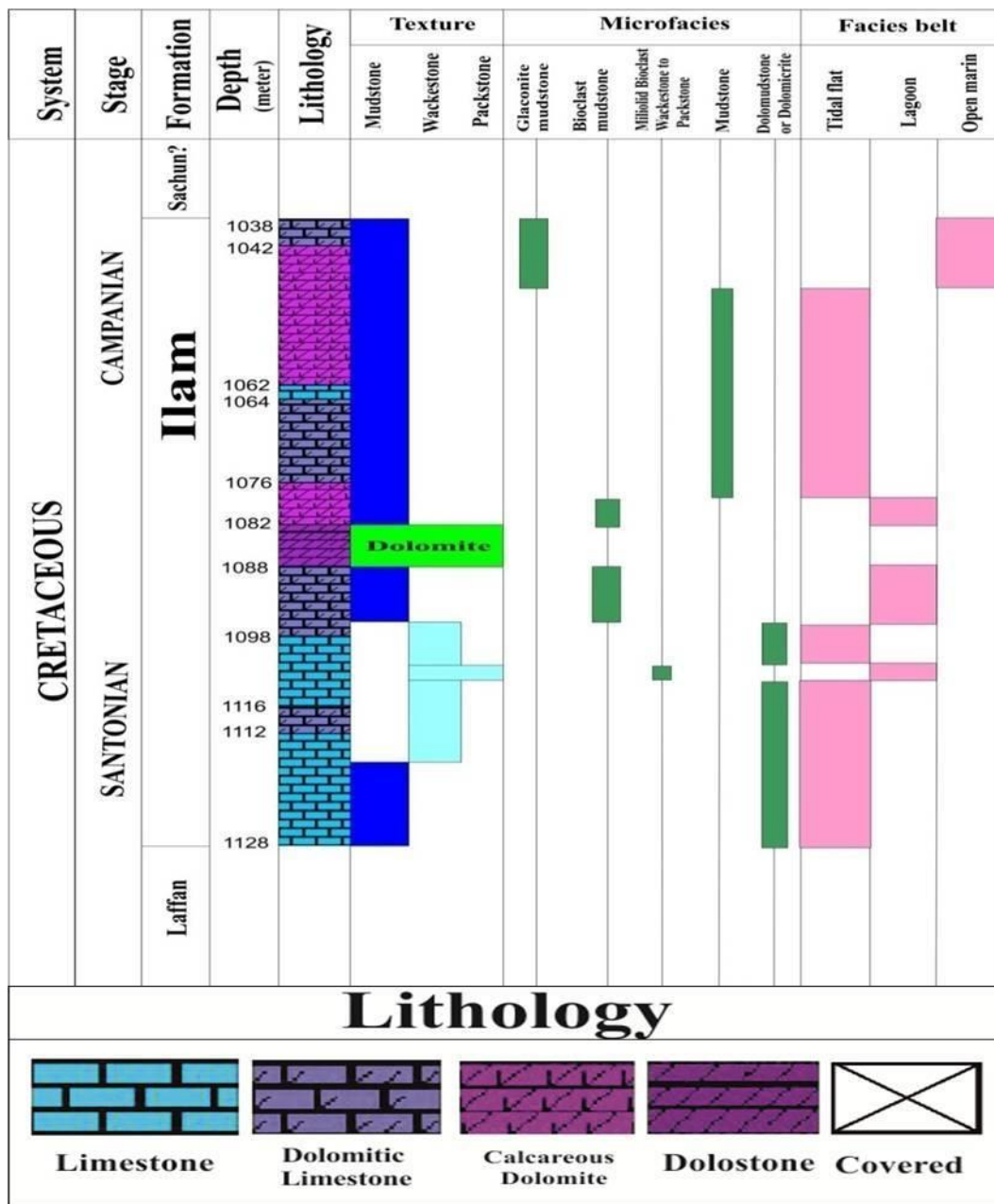
تعداد ۸۰ مقطع نازک از برش سطح‌الارضی عسلویه مورد مطالعات پتروگرافی قرار گرفت. به منظور تشخیص مینرال کلسیت از دولومیت، نمونه‌های سطح‌الارضی به روش Dickson (1965) با محلول فروسیانید پتاسیم و آلیزارین

(Mn) برابر با 5 ppm ± می باشد (Robinson, 1980). مطالعه ویژگی های پتروفیزیکی سازند ایلام در میدان گازی پارس جنوبی با استفاده از لاگ های پتروفیزیکی (لاگ گاما، سونیک و صوتی)، گزارش های زمین شناسی و همچنین داده های مخزنی صورت گرفته است.

میکرایتی و به دور از رگه ها، فسیل ها و آلوکم های موجود در سنگ تهیه شده و سپس جهت تعیین عناصر اصلی و فرعی با دستگاه جذب اتمی در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی مورد آزمایش قرار گرفتند. دقت این دستگاه برای عناصر اصلی (Ca, Mg) برابر با 0.5% ± و برای عناصر فرعی (Na, Sr, Fe,)



شکل ۵: ستون رسوبی چاه X مطالعه شده برای سازند ایلام در میدان پارس جنوبی که شامل رخساره های رسوبی و محیط های تشکیل آن ها می باشد.



شکل ۶: ستون رسوبی چاه Y مطالعه شده برای سازند ایلام در میدان پارس جنوبی که شامل رخساره‌های رسوبی و محیط‌های تشکیل آن‌ها می‌باشد.

شدند ولی آلوکم‌های غیر زیستی تنوع و فراوانی چندانی ندارند، به طوری که می‌توان از آن‌ها چشم پوشی کرد.

مطالعات عنصری سنگ‌آهک‌های سازند ایلام در برش سطحی عسلویه

فرآیندهای دیاژنزی مختلف و تأثیر این فرآیندها بر کربنات‌ها موجب شده است شناسایی ترکیب کانی‌شناسی

پتروگرافی

بر اساس مطالعات پتروگرافی انجام شده بر روی همه مقاطع نازک مطالعه شده (۵۰۰ مقطع در ۲ چاه و ۸۰ مقطع در برش سطحی)، انواع آلوکم‌های زیستی شامل روزن داران کف زی، شناور (فقط در یک رخساره در برش سطحی)، دوکفه‌ای، شکم پایان، خار و خرده اسکلت خارپوستان، جلبک به ویژه داسی کلا داسه‌آ و مرجان و غیره مشاهده

استرانسیوم

ارزیابی نتایج حاصل از مطالعات آهک‌های سازند ایلام بیانگر آن است که مقادیر Sr بین ۱۳۸ تا ۷۶۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۴۵۱/۵ پی‌پی‌ام) در تغییر است. در شکل 7B تغییرات Mn در برابر Sr در نمونه‌های کربناته سازند ایلام ترسیم شده است. محدوده سازند ایلام با محدوده سنگ آهک‌های مربوط به بخش کم عمق حوضه سازند مزدوران (Adabi & Rao, 1991)، سنگ آهک‌های گوردون تاسمانیا (Rao, 1991) و کربنات‌های سازند ایلام (Adabi & Asadi, 2008) مقایسه شده است. کربنات‌های سازند ایلام در محدوده نمونه‌های آراگونیتی و کلسیتی سازند مزدوران و نمونه‌های آهکی سازند ایلام با ترکیب کانی‌شناسی آراگونیتی قرار گرفته است.

اولیه در کربنات‌های قدیمه امری دشوار و در برخی موارد ناممکن باشد. از آنجا که اغلب سنگ آهک‌های دیرینه تحت تأثیر دیاژنز متوریک و یا تدفینی قرار گرفته‌اند و به کلسیت کم منیزیم تبدیل شده‌اند، تشخیص کانی‌شناسی اولیه کلسیتی و آراگونیتی بر اساس مطالعات پتروگرافیکی مشکل است. بنابراین به منظور تعیین کانی‌شناسی اولیه سازند ایلام از عناصر اصلی (Ca, Mg) و فرعی (Na, Sr, Fe, Mn) و ترسیم این مقادیر در مقابل یکدیگر و مقایسه آن‌ها با محدوده‌هایی که توسط محققان مختلف برای مینرالوژی آراگونیتی و کلسیتی ارائه شده استفاده گردیده است. مقادیر عناصر اصلی و فرعی برای نمونه‌های آهکی سازند ایلام در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: تغییرات عناصر اصلی و فرعی به همراه مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین در نمونه‌های کربناته سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه.

NO.	Formation	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
۱	Ilam	۱,۶	۴۰	۱۶۵	۱۲۷	۱۹۴	۱۰۸
۲	Ilam	۱	۴۰	۱۳۸	۱۸۰	۷۵	۹۰
۳	Ilam	۱	۴۰	۲۷۳	۴۸۲
۴	Ilam	۱,۵	۴۰	۲۱۹	۵۷۳	۳۱۰	۳۵,۴
۵	Ilam	۱	۴۰	۲۱۹	۴۸۷	۲۰۰	۳۵
۶	Ilam	۱,۵	۴۰	۲۲۲	۶۵۰	۳۲۰	۲۰
۷	Ilam	۱	۳۷	۱۵۴	۴۳۵	۲۰۰	۲۰
۸	Ilam	۱,۵	۴۰	۲۵۲	۷۰۵	۴۰۰	۴۰
۹	Ilam	۲	۳۹	۳۸۷	۶۱۵	۲۵۰	۲۰
۱۰	Ilam	۱	۳۹	۳۵۰	۱۶۴	۲۳۰	۴۰
۱۱	Ilam	۱	۴۰	۴۶۸	۲۱۴	۱۳۲۵	۴۳۹
۱۲	Ilam	۱	۴۰	۳۲۷	۲۰۹	۱۷۵۸	۵۰۸
۱۳	Ilam	۰,۱	۳۹	۳۱۱	۲۳۲	۱۵۵۴	۴۴۰
۱۴	Ilam	۰,۱	۳۹	۳۲۰	۲۵۰	۱۱۹۴	۳۰۸
۱۵	Ilam	۰,۳	۳۹	۴۰۰	۳۸۶	۲۵۰	۹۰
۱۶	Ilam	۰,۰۶	۳۹	۷۶۵	۲۳۴	۱۰۴۵	۴۰
۱۷	Ilam	۰,۰۲	۴۱	۶۹۰	۲۲۸	۱۰۵۰	۶۷
۱۸	Ilam	۰,۱	۴۰	۳۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۱۴
Max	Ilam	۲	۴۱	۷۶۵	۷۰۵	۱۷۵۸	۵۰۸
Min	Ilam	۰,۰۲	۳۷	۱۳۸	۱۲۷	۷۵	۱۴
Mean	Ilam	۰,۸	۳۹	۴۵۱,۵	۴۱۶	۹۱۶,۵	۲۶۱

سدیم

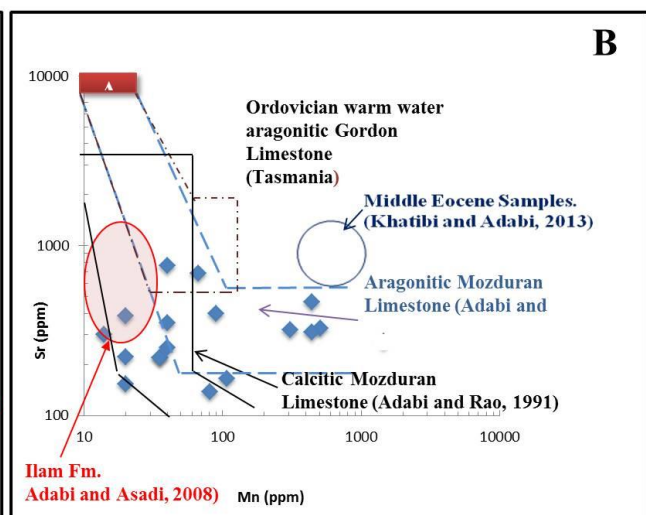
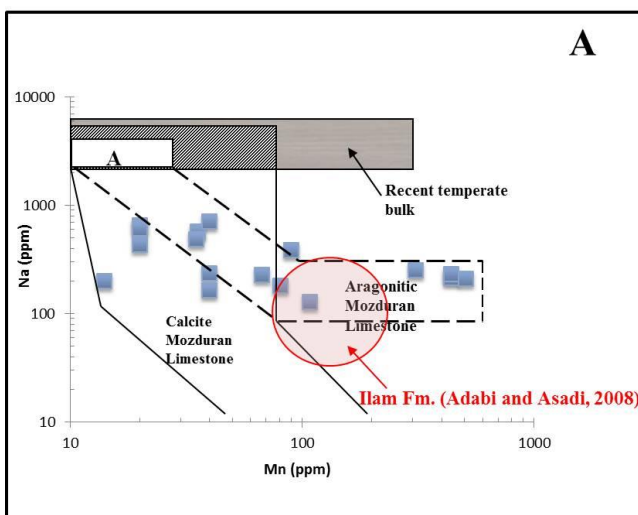
مقادیر Na در نمونه‌های آهکی سازند ایلام بین ۱۲۷ تا ۷۰۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۴۱۶ پی‌پی‌ام) در نوسان است. در شکل 7A تغییرات Mn در برابر Na برای نمونه‌های کربناته سازند ایلام ترسیم شده است. محدوده سازند ایلام با محدوده سنگ آهک‌های مربوط به بخش کم عمق و عمیق حوضه سازند مزدوران (Adabi & Rao, 1991)، مقایسه شده است. کربنات‌های سازند ایلام در محدوده نمونه‌های آراگونیتی و کلسیتی سازند مزدوران قرار گرفته است که این امر بیانگر ترکیب کانی‌شناسی مختلط آراگونیتی و کلسیتی برای سازند ایلام می‌باشد. در شکل 8 تغییرات Na در برابر Sr برای نمونه‌های کربناته سازند ایلام ترسیم شده است. محدوده سازند ایلام با محدوده سنگ آهک‌های مربوط به بخش کم عمق حوضه سازند مزدوران (Adabi & Rao, 1991) و سنگ آهک‌های گوردون تاسمانیا (Rao, 1991) مقایسه شده است. کربنات‌های سازند ایلام در محدوده نمونه‌های آراگونیتی مزدوران و نمونه‌های کلسیتی تاسمانیا با ترکیب کانی‌شناسی مختلط آراگونیتی و کلسیتی قرار گرفته است.

منگنز

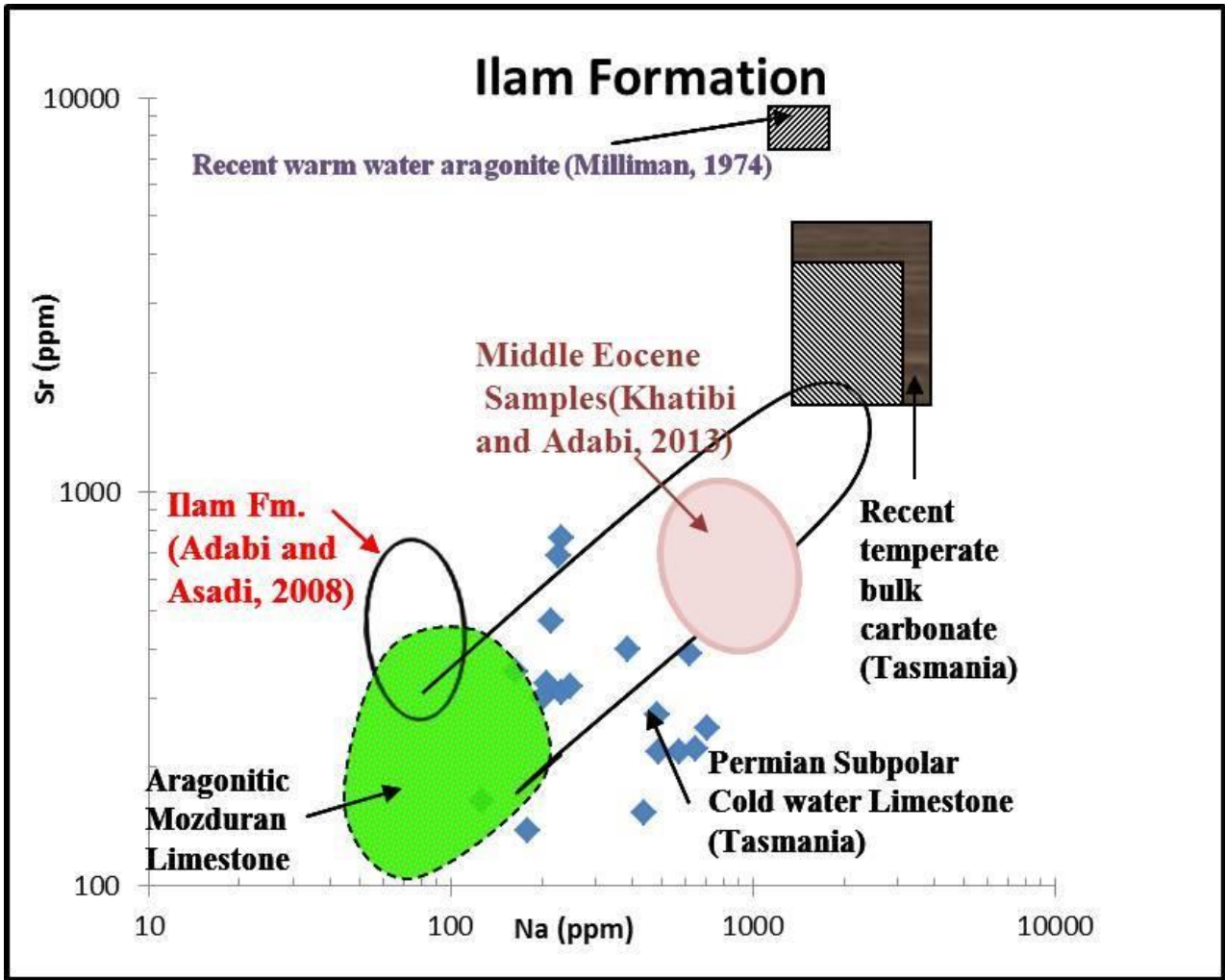
برخی از محققان معتقدند که مقدار منگنز با افزایش فرآیندهای دیاژنز متئوریک افزایش می‌یابد زیرا ضریب توزیع منگنز در کلسیت بالا بوده و به حدود ۱۵ می‌رسد و در نتیجه میزان منگنز قابل توجه خواهد بود (Wierzbowski & Joachimiski, 2007; Brand & Veizer, 1980). میزان منگنز در نمونه‌های سازند ایلام بین ۱۴ تا ۵۰۸ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده است.

آهن

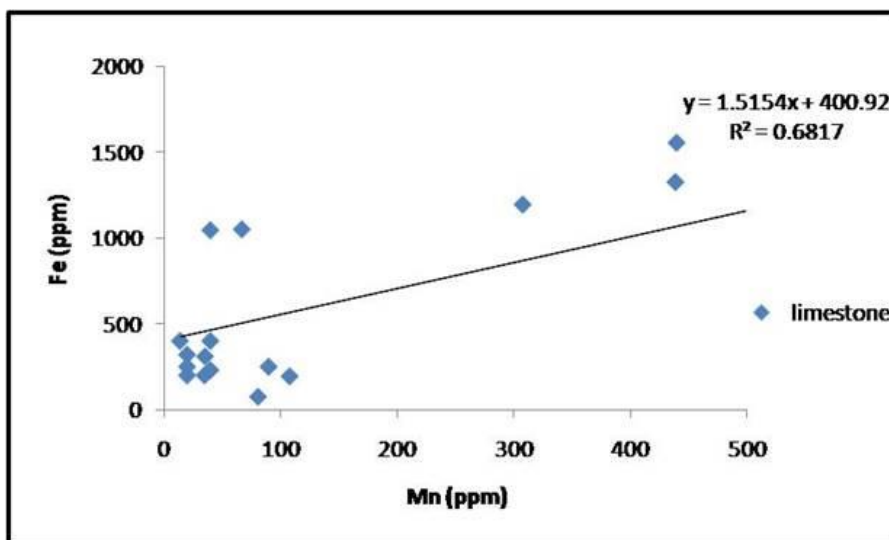
مقدار آهن در کلسیت و آراگونیت زیستی نسبت به کلسیت و آراگونیت غیر زیستی افزایش چشم‌گیری دارد. این افزایش بیشتر به دلیل تفریق بیولوژیکی می‌باشد. آراگونیت زیستی دارای آهن بیش از ۵۰ پی‌پی‌ام می‌باشد در حالی که آراگونیت غیرزیستی کمتر از ۵۰ پی‌پی‌ام آهن دارد. عنصر آهن در نمونه‌های سازند ایلام بین ۷۵ تا ۱۷۵۸ پی‌پی‌ام تغییر می‌کند. در شکل ۹ مقادیر Mn در برابر Fe برای کربنات‌های سازند ایلام ترسیم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ارتباط این دو عنصر به صورت روند خطی افزایشی با شیب مثبت نشان داده می‌شود.



شکل 7A: تغییرات Mn در برابر Na در نمونه‌های کربناته سازند ایلام؛ کربنات‌های سازند ایلام در محدوده نمونه‌های آراگونیتی و کلسیتی سازند مزدوران قرار گرفته است که این امر بیانگر ترکیب کانی‌شناسی مختلط عمدتاً آراگونیتی و تا حدی کلسیتی برای سازند ایلام می‌باشد. (B) تغییرات Mn در برابر Sr در نمونه‌های کربناته سازند ایلام، کربنات‌های سازند ایلام در محدوده نمونه‌های عمدتاً آراگونیتی و تا حدی کلسیتی سازند مزدوران و نمونه‌های آهکی سازند ایلام با ترکیب کانی‌شناسی آراگونیتی قرار گرفته است.



شکل ۸: تغییرات Na در برابر Sr در نمونه‌های کربناته سازند ایلام؛ کربنات‌های سازند ایلام در نزدیکی محدوده نمونه‌های آراگونیتی سازند مزدوران و نمونه‌های کلسیتی تاسمانیا یعنی با ترکیب کانی‌شناسی مختلط آراگونیتی و کلسیتی قرار گرفته است.



نسبت استرانسیوم به سدیم (Sr/Na)

در سنگ‌های آهکی آراگونیتی حاره عهد حاضر مقدار منگنز پایین و نسبت استرانسیوم به سدیم بالا (حدود ۳ تا ۵) می‌باشد و این در حالی است که در سنگ‌های آهکی کلسیتی عهد حاضر مقدار منگنز بالا و نسبت استرانسیوم به سدیم پایین (حدود ۱) است (Rao, 1996, Winefield *et al.*, 1996, Misi *et al.*, 2007). کربنات‌های سازند ایلام، در محدوده کربنات‌های گوردون تاسمانیا، کربنات‌های سازند مزدوران، محدوده کربنات‌های آراگونیتی سازند ایلام، کربنات‌های سازند فهلیان و کربنات‌های کلسیتی مناطق معتدله عهد حاضر قرار گرفته‌اند و دارای Sr/Na بیشتر از یک برای نمونه‌های آراگونیتی و مقادیر Sr/Na کمتر از یک برای نمونه‌های کلسیتی و Mn پایین می‌باشند که حاکی از مینرالوژی اولیه مخلوط آراگونیتی و کلسیتی می‌باشند (شکل ۱۱).

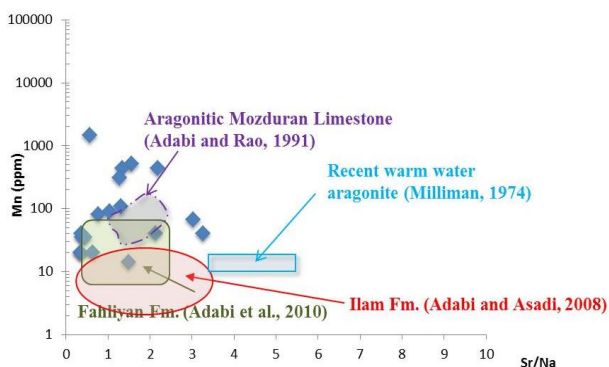
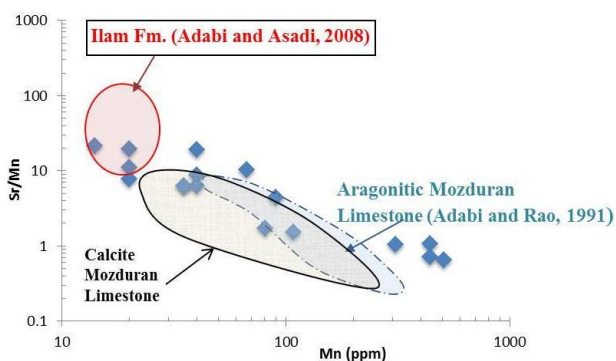
نسبت استرانسیوم به کلسیم (Sr/Ca)

بر اساس نسبت استرانسیوم نرمال شده توسط کلسیت^۲ برابر Fe و Mn می‌توان به باز و بسته بودن سیستم دیاژنتیکی، نسبت فعل و انفعالات آب به سنگ و شرایط اکسیدان و احیایی محیط پی برد (Brand & Veizer, 1980). برخی محققان عقیده دارند که نسبت Mg/Ca و Sr/Ca در کربنات‌های بیوژنتیکی با دمای قدیمه نیز انطباق دارد (Bailey *et al.*, 2003, Rosales *et al.*, 2004). در سیستم دیاژنتزی باز، با افزایش فعل و انفعالات آب و سنگ میزان Sr/Ca کاهش یافته و در نتیجه میزان Sr/Ca فازهای دیاژنتزی کمتر از ترکیبات اولیه خواهد بود. در سیستم نیمه بسته فعل و انفعالات آب و سنگ کم است. نسبت Sr/Ca فازهای دیاژنتزی تغییرات محسوسی نسبت به ترکیبات اولیه نخواهد داشت. افزایش میزان منگنز در کلسیت دیاژنتیکی نشان دهنده باز بودن سیستم و تأثیر آب‌های احیا کننده

این بدان معنی است که با افزایش تأثیر دیاژنتز غیر دریایی مقادیر Fe با افزایش مقادیر Mn افزایش می‌یابد. معمولاً دیاژنتز متئوریک و شرایط احیایی باعث افزایش مقدار آهن و منگنز می‌شود. مشابه چنین روندی در سنگ‌آهک‌های کم عمق سازند مزدوران (Adabi & Rao, 1991) و سازند ایلام (اسدی، ۱۳۸۴) مشاهده شده است.

نسبت استرانسیوم به منگنز (Sr/Mn)

دراثر انحلال آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد نیمه پایدار و تبدیل آن‌ها به کلسیت کم منیزیم پایدار، مقادیر Sr کاهش یافته و برعکس تمرکز Mn افزایش خواهد یافت. این فرآیند در سطح زمین و توسط نفوذ آب‌های جوئی به مقدار زیادی تسهیل می‌گردد (Budd, 1992) و باعث پایین آوردن نسبت Sr/Mn می‌شود. بنابراین ترسیم نسبت Sr/Mn در مقابل Mn می‌تواند به عنوان معیاری مفید برای تخمین میزان انحلال سنگ‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Rao, 1991). در شکل ۱۰ میزان Sr/Mn در برابر Mn ترسیم شده است. همان طور که در شکل نشان داده شده است، کربنات‌های سازند ایلام با محدوده نمونه‌های آراگونیتی گوردون تاسمانیا، نمونه‌های آراگونیتی مربوط به بخش کم عمق حوضه و نمونه‌های کلسیتی مربوط به بخش‌های عمیق‌تر حوضه در سازند مزدوران (Adabi & Rao, 1991) مقایسه شده است. همچنین مقادیر متوسط تا بالای Sr/Mn حاکی از سیستم دیاژنتیکی بسته تا باز می‌باشد. به دلیل تأثیر فرآیندهای دیاژنتز متئوریک در سازند مورد مطالعه، نمونه‌ها تحت تأثیر انحلال متفاوتی قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر نسبت آب به سنگ^۱ پایین بوده است یعنی تأثیر سیالات دیاژنتیکی بر روی نمونه‌های سازند ایلام در سیستم بسته تا باز صورت گرفته است.



شکل ۱۱: تغییرات Sr/Na در مقابل Mn در کربنات‌های سازند ایلام. نمونه‌های آهکی سازند ایلام؛ در محدوده کربنات‌های گوردون تاسمانیا، محدوده کربنات‌های آراگونیتی سازند ایلام، کربنات‌های سازند فهلیان و محدوده کربنات‌های معتدله تاسمانیا با ترکیب کلسیتی در این محدوده قرار گرفته‌اند. تعدادی از نمونه‌ها دارای نسبت Sr/Na کمتر از یک و تعداد بیشتری دارای نسبت Sr/Na بیش از یک می‌باشند که حاکی از کانی‌شناسی اولیه مخلوط آراگونیت و کلسیت است.

لاگ پرتو گاما^۴

علاوه بر استفاده از لاگ گاما به منظور تعیین سنگ‌شناسی و انجام تطابق، این لاگ‌ها می‌توانند اطلاعات با ارزشی را در خصوص حجم شیل سازندهای آواری و کربناته فراهم آورند. در این مطالعه به منظور محاسبه حجم شیل در سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه از لاگ‌های گاما استفاده شده است.

می‌باشد. به طور کلی کاهش منگنز در کلسیت دیاژنتیکی نشانگر بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است (Brand et al., 2006). آلتراسیون دیاژنتیکی اغلب باعث افزایش میزان Mn و Fe در کلسیت می‌گردد، زیرا این عناصر در شرایط احیایی قابل حل است و می‌تواند در شبکه کربنات‌ها وارد شود (Wierzbowski & Joachimiski, 2007).

در شکل (۱۲) مقادیر Sr/Ca در مقابل Mn برای کربنات‌های سازند ایلام ترسیم شده است. در کربنات‌های سازند ایلام به دلیل بالا بودن مقادیر Sr/Ca و پایین بودن مقادیر منگنز، چنین به نظر می‌رسد که این نمونه‌ها تحت تأثیر دیاژنز غیردریایی^۳ در سیستم دیاژنتیکی بسته تا باز قرار گرفته باشند.

ارزیابی پتروفیزیکی سازند ایلام

در این تحقیق به دلیل این که داده‌های تخلخل - تراوایی اندازه گیری شده بر روی مغزه‌های حفاری از سازند ایلام در دو چاه مورد مطالعه در دسترس نبود، از لاگ‌های چاه پیمایی به منظور ارزیابی تغییرات کیفیت مخزنی در این سازند در چاه‌های X و Y میدان پارس جنوبی استفاده گردیده است. برای این منظور ابتدا از لاگ گاما برای محاسبه حجم شیل و تغییرات لیتولوژی در این سازند استفاده شده است و سپس از لاگ صوتی برای محاسبه تخلخل در اینتروال‌های مورد مطالعه استفاده گردیده است. نتایج حاصل از لاگ‌ها به منظور شناسایی و تفکیک پهنه‌های با محتوای شیلی بالا و نیز پهنه‌های متخلخل مورد استفاده قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در نهایت با تلفیق نتایج به دست آمده از لاگ‌های چاه پیمایی و نتایج مطالعات میکروسکوپی به بررسی تغییرات کیفیت مخزنی در سازند ایلام پرداخته شده است.

تقریباً شیشه به هم است و در مرز زیرین هر دو چاه به دلیل شیل بالای سازند لافان، حجم شیل به بیشترین میزان خود رسیده است.

$$V_{sh}=0.33\{2^{(2*IGR)}-1\}$$

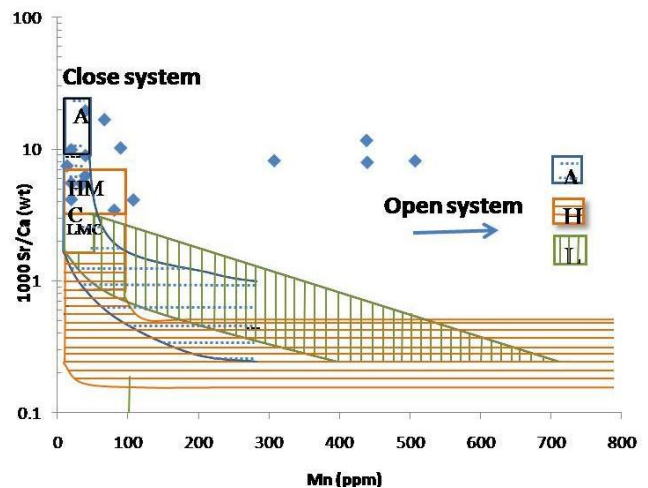
لاگ صوتی^۵

لاگ صوتی یکی از انواع لاگ‌های تخلخل است که اینتروال زمانی عبور امواج فشارشی صوتی را از میان یک فوت از سازند اندازه می‌گیرد. ابزار لاگ صوتی متشکل از یک یا چند فرستنده صوتی و دو یا چند گیرنده است.

لاگ‌های صوتی جدید به وسیله ابزارهای موازنه چاهی (BHC) گرفته می‌شوند. این ابزارها به میزان زیادی اثرات ناشی از تغییرات اندازه چاه و خطاهای حاصل از شیب دار بودن ابزار صوتی را کاهش می‌دهند (Kobesh & Blizard, 1959, Schlumberger, 1972). بازه زمان عبور (Δt) بر حسب میکروثانیه بر فوت بیان می‌شود و خود وابسته به سنگ‌شناسی و تخلخل است. بنابراین، سرعت زمینه سازند^۶ می‌بایست برای محاسبه تخلخل از لاگ صوتی به دست آید. این میزان برای لیتولوژی‌های مختلف در جدول ۴ ارائه گردیده‌اند. با توجه به سنگ‌شناسی غالب سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه (سنگ آهک و دولومیت) مقدار این پارامتر در محاسبات مربوطه از جدول مذکور استخراج گردیده‌اند. مقدار تخلخل حاصل از لاگ صوتی از فرمول (1985) Wyllie محاسبه گردیده است.

$$\phi_{Sonic} = (\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}) / (\Delta t_f - \Delta t_{ma})$$

در این فرمول ϕ_{Sonic} : تخلخل به دست آمده از لاگ صوتی، Δt_{ma} : زمان عبور امواج از زمینه سنگ، Δt_{log} : زمان عبور امواج از درون سازند و Δt_f : زمان عبور امواج از سیال درون چاه است که این مقدار برای گل حفاری آب شیرین ۱۸۹ و گل آب شور ۱۸۵ می‌باشد و در این مطالعه از مقدار گل آب شور استفاده شده است.



شکل ۱۲: تغییرات مقادیر Mn در مقابل Sr/Ca در کربنات‌های سازند ایلام؛ با توجه به محدوده‌های ترسیم شده توسط Brand & Veizer (1980) برای روند دیاژنتیک آراگونیت (A)، کلسیت پرمینیزیم (HMC) و کلسیت کم‌مینیزیم (LMC)، نمونه‌های سازند ایلام تحت تأثیر دیاژنز غیردریایی در یک سیستم دیاژنتیکی بسته تا باز قرار گرفته‌اند.

محاسبه حجم شیل در سازند ایلام

شیل نسبت به ماسه‌سنگ و سنگ آهک بسیار رادیواکتیوتر است و به همین سبب، لاگ گاما می‌تواند برای محاسبه حجم شیل در مخازن متخلخل مورد استفاده قرار گیرد. اولین مرحله برای این منظور، محاسبه اندیس پرتو گاما است که برای محاسبه حجم شیل از لاگ گاما ضروری بوده و با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید (Schlumberger, 1974).

$$IGR = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

در این فرمول IGR: اندیس پرتو گاما، GR_{log} : مقدار لاگ گامای سازند، GR_{min} : حداقل مقدار لاگ گاما در ماسه‌سنگ‌ها یا کربنات‌ها و GR_{max} : حداکثر مقدار لاگ گاما در شیل‌ها است.

برای محاسبه حجم شیل از روش Dresser (1979) استفاده شده است و پهنه‌های شیلی هر چاه مشخص شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۲ و شکل ۱۳ برای چاه X و در جدول ۳ و شکل ۱۴ برای چاه Y آورده شده است.

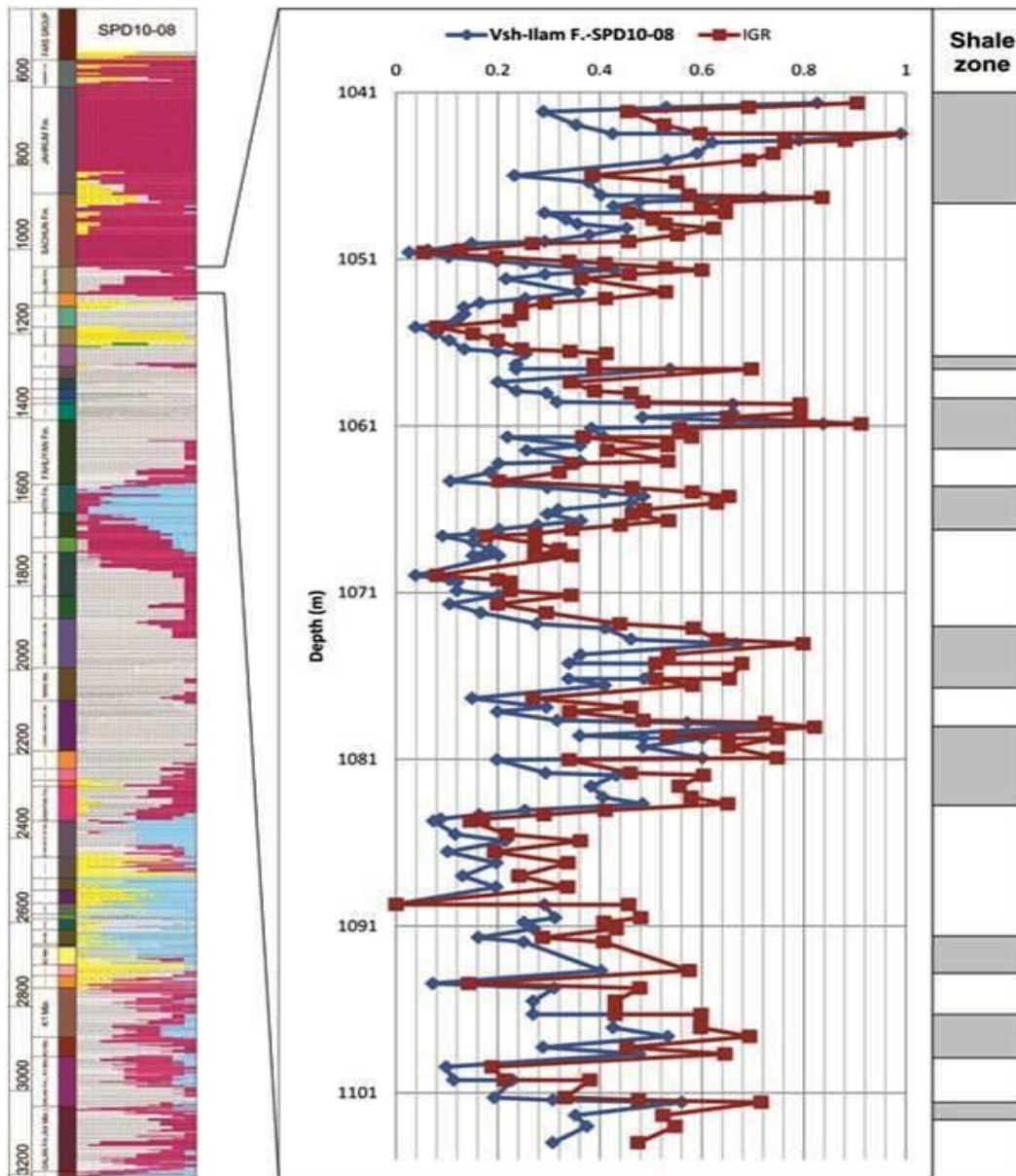
نتایج بیانگر این است که پهنه‌های شیلی در هر دو چاه

5 Sonic Log, DT

6 Formation matrix velocity

جدول ۲: نمونه‌ای از محاسبات حجم شیل سازند ایلام در چاه X (SPD) با استفاده از رابطه Dresser (1979).

Depth	GR	IGR	2IGR	Vsh	Depth	GR	IGR	2IGR	Vsh
1041.6	55.8	0.9	1.8	0.8	1067.6	36.1	0.2	0.4	0.1
1041.9	50.0	0.7	1.4	0.5	1068.0	38.7	0.3	0.5	0.2
1042.2	43.6	0.5	0.9	0.3	1068.4	40.0	0.3	0.6	0.2
1043.0	45.5	0.5	1.1	0.4	1068.8	38.7	0.3	0.5	0.2
1043.5	47.5	0.6	1.2	0.4	1068.8	40.6	0.3	0.7	0.2
1043.5	58.4	1.0	2.0	1.0	1070.0	33.5	0.1	0.2	0.0
1043.9	55.2	0.9	1.8	0.8	1070.2	36.7	0.2	0.4	0.1
1044.0	51.9	0.8	1.5	0.6	1070.4	37.4	0.2	0.4	0.1
1044.7	51.3	0.7	1.5	0.6	1070.9	37.4	0.2	0.4	0.1
1045.1	50.0	0.7	1.4	0.5	1071.2	40.6	0.3	0.7	0.2
1046.0	41.7	0.4	0.8	0.2	1071.7	36.7	0.2	0.4	0.1
1046.4	46.2	0.6	1.1	0.4	1072.2	39.3	0.3	0.6	0.2
1047.2	46.9	0.6	1.1	0.4	1072.9	43.2	0.4	0.9	0.3
1047.3	53.9	0.8	1.7	0.7	1073.1	47.1	0.6	1.2	0.4
1047.6	48.8	0.6	1.3	0.5	1073.8	48.4	0.6	1.3	0.5
1047.8	47.5	0.6	1.2	0.4	1074.1	52.9	0.8	1.6	0.7
1048.2	48.8	0.6	1.3	0.5	1074.7	45.8	0.5	1.1	0.4
1048.2	43.7	0.5	0.9	0.3	1075.2	45.1	0.5	1.0	0.3
1048.6	44.9	0.5	1.0	0.3	1075.2	49.6	0.7	1.4	0.5
1048.9	45.6	0.5	1.1	0.4	1076.2	49.0	0.7	1.3	0.5
1049.1	48.2	0.6	1.2	0.5	1076.2	45.1	0.5	1.0	0.3
1049.5	46.2	0.6	1.1	0.4	1076.6	47.0	0.6	1.2	0.4
1049.9	43.7	0.5	0.9	0.3	1077.3	38.6	0.3	0.5	0.1
1050.1	38.5	0.3	0.5	0.1	1077.9	43.8	0.5	0.9	0.3
1050.5	34.7	0.1	0.3	0.1	1078.1	40.5	0.3	0.7	0.2
1050.6	32.8	0.1	0.1	0.0	1078.7	44.4	0.5	1.0	0.3
1050.9	36.6	0.2	0.4	0.1	1078.8	50.9	0.7	1.4	0.6
1051.1	40.5	0.3	0.7	0.2	1079.1	53.5	0.8	1.6	0.7
1051.3	42.4	0.4	0.8	0.3	1079.6	45.7	0.5	1.1	0.4
1051.5	45.6	0.5	1.1	0.4	1079.7	49.0	0.7	1.3	0.5
1051.7	47.5	0.6	1.2	0.4	1079.7	51.6	0.7	1.5	0.6
1051.9	43.7	0.5	0.9	0.3	1080.2	48.9	0.7	1.3	0.5
1052.2	41.1	0.4	0.7	0.2	1080.9	51.5	0.7	1.5	0.6
1053.0	45.6	0.5	1.1	0.4	1081.0	40.5	0.3	0.7	0.2
1053.4	42.4	0.4	0.8	0.3	1081.8	43.7	0.5	0.9	0.3
1053.6	39.2	0.3	0.6	0.2	1082.0	47.6	0.6	1.2	0.4
1053.9	37.9	0.2	0.5	0.1	1082.6	46.3	0.6	1.1	0.4
1054.3	38.0	0.2	0.5	0.1	1083.3	47.0	0.6	1.2	0.4
1054.7	37.3	0.2	0.4	0.1	1083.7	48.9	0.7	1.3	0.5



شکل ۱۳: محاسبه حجم شیل در سازند ایلام در چاه X (SPD).

و شکستگی را لحاظ نمی‌کند. برای محاسبه این تخلخل‌ها لازم است مقادیر تخلخل لاگ صوتی را از تخلخل کل کم نمود. تخلخل کل با استفاده از لاگ‌های چگالی یا نوترون محاسبه می‌گردد. در مطالعات پتروگرافی سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه تخلخل‌های عمده شامل تخلخل‌های میکروسکوپی بین دانه‌ای و بین بلوری می‌باشند و تخلخل‌های حفره‌ای و شکستگی، فراوانی چندانی ندارند. از این رو بهترین روش برای محاسبه تخلخل در این سازند

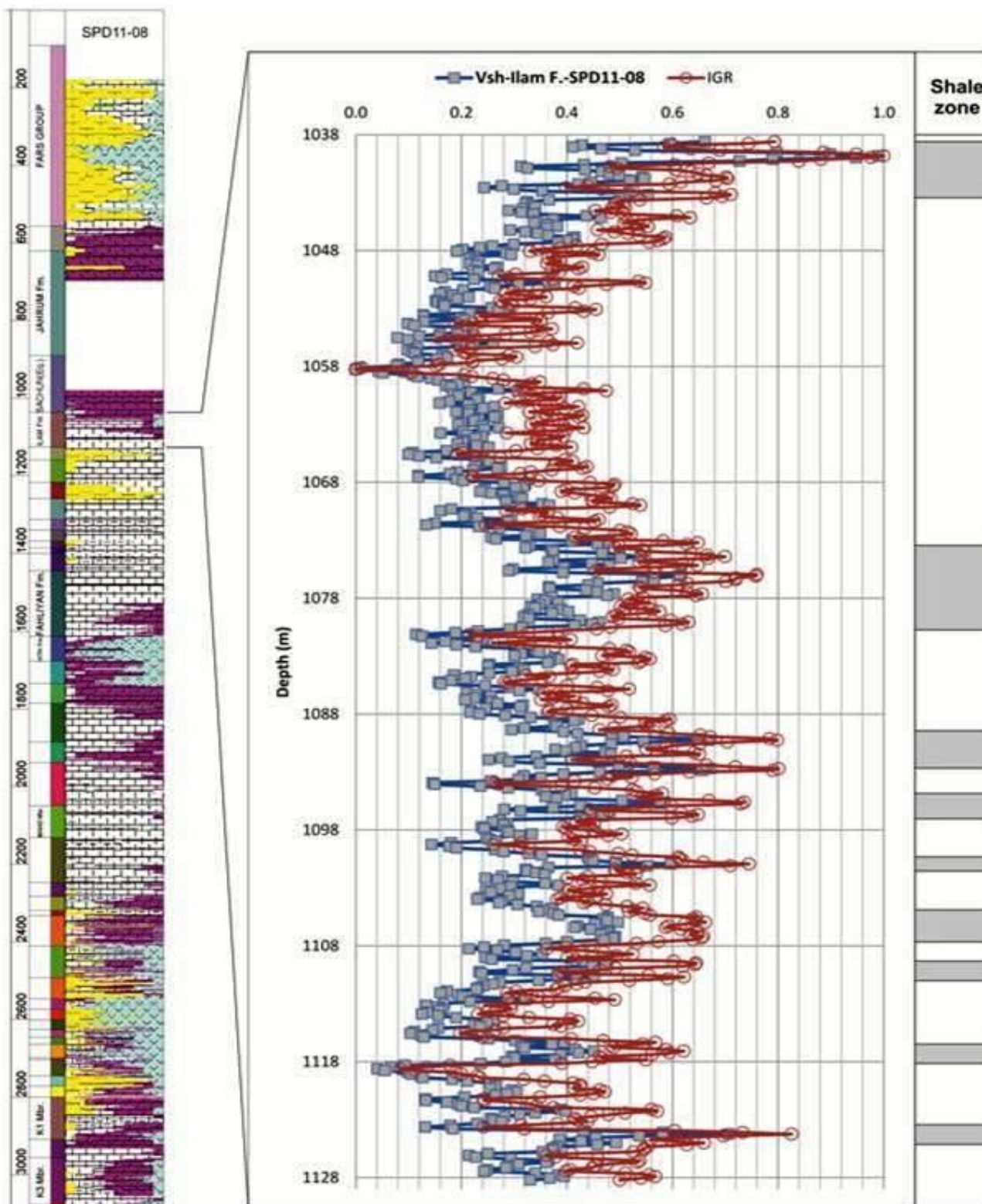
از این فرمول می‌توان برای محاسبه تخلخل در سازندهای سخت نظیر ماسه‌سنگ‌ها و سنگ آهک‌های با تخلخل بین دانه‌ای (گرینستون‌ها) یا بین بلوری (دولومیت‌های دانه شکری) استفاده کرد. با وجود این، در کربنات‌های با تخلخل حفره‌ای و شکستگی‌های زیاد، مقدار تخلخل محاسبه شده از فرمول (1985) Wyllie کمتر از میزان مورد انتظار است. علت این امر آن است که لاگ صوتی تنها تخلخل ماتریکس را محاسبه می‌کند و تخلخل‌های حفره‌ای

پهنه‌های متخلخل سازند ایلام و مقایسه آن‌ها با پهنه‌های
شیلی در چاه Y و X در میدان پارس جنوبی در شکل‌های
۱۵ و ۱۶ نمایش داده شده است.

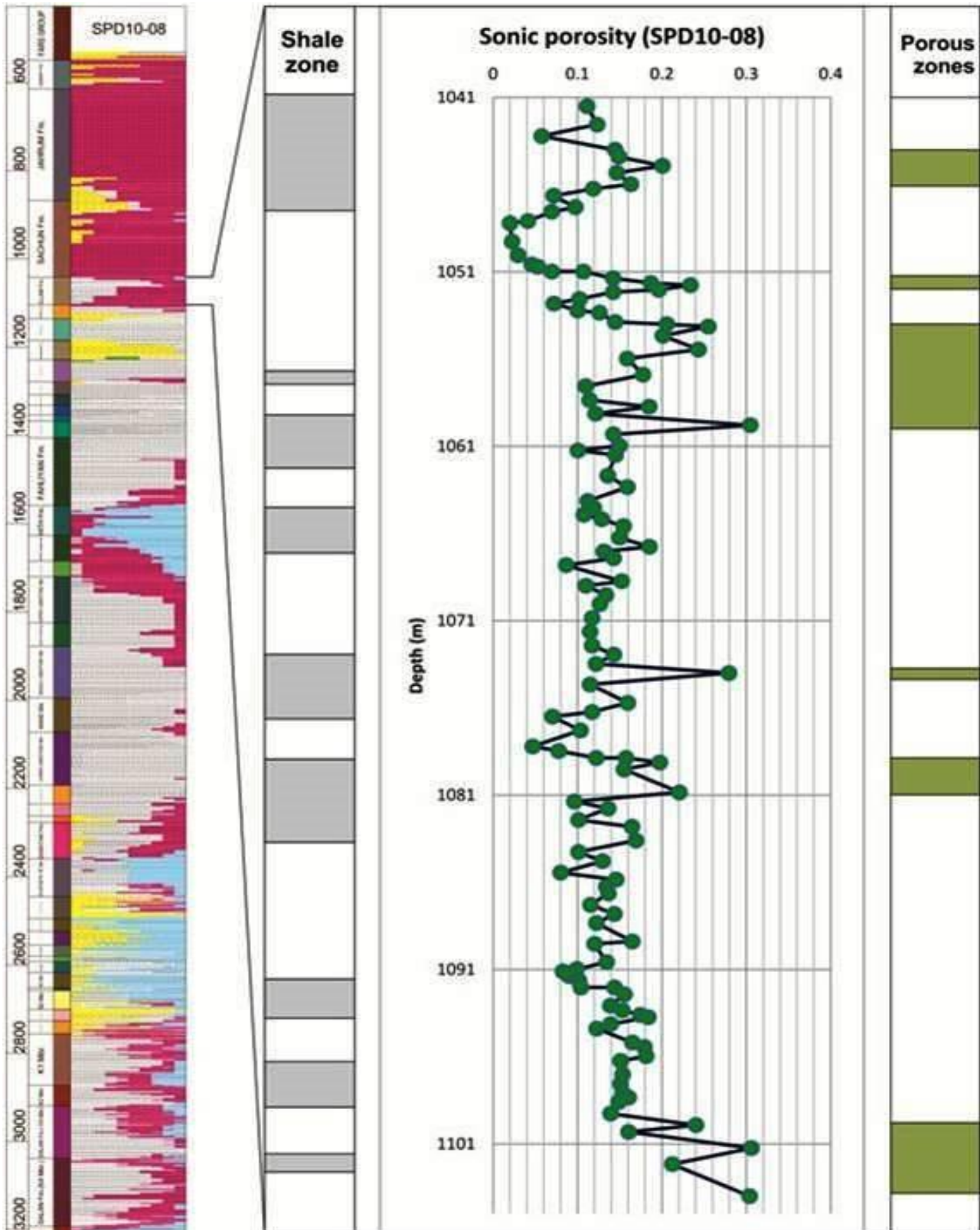
با استفاده از لاگ صوتی به دست می‌آید. برای محاسبه
تخلخل صوتی در رسوبات سخت نشده باید عامل فشردگی
محاسبه گردد. تخلخل‌های به دست آمده از لاگ صوتی،

جدول ۳: نمونه‌ای از محاسبات حجم شیل سازند ایلام در چاه Y (SPD) با استفاده از رابطه Dresser (1979).

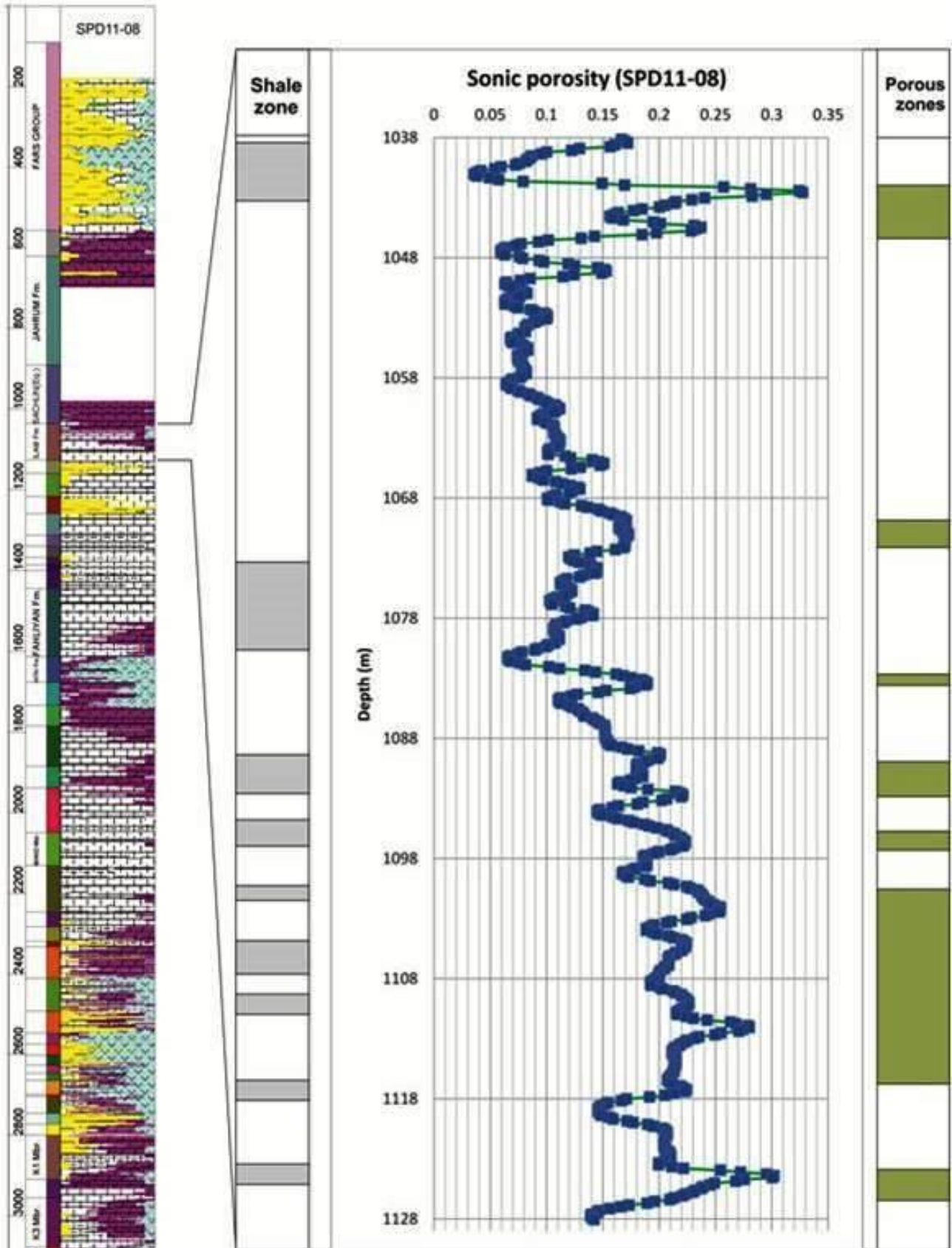
Depth	GR	IGR	2IGR	Vsh	Depth	GR	IGR	2IGR	Vsh
1038.6	59.9	0.8	1.6	0.7	1044.6	51.3	0.5	0.9	0.3
1038.8	58.7	0.7	1.5	0.6	1044.7	52.0	0.5	1.0	0.3
1038.9	55.0	0.6	1.2	0.4	1044.9	52.7	0.5	1.0	0.3
1039.1	54.6	0.6	1.2	0.4	1045.0	55.2	0.6	1.2	0.4
1039.2	55.9	0.6	1.3	0.5	1045.2	55.8	0.6	1.3	0.5
1039.4	57.3	0.7	1.4	0.5	1045.3	53.6	0.5	1.1	0.4
1039.5	62.3	0.9	1.8	0.8	1045.5	52.8	0.5	1.0	0.3
1039.7	63.9	0.9	1.9	0.9	1045.6	52.7	0.5	1.0	0.3
1039.8	65.2	1.0	2.0	1.0	1045.8	53.4	0.5	1.1	0.4
1040.0	64.6	1.0	2.0	0.9	1045.9	53.8	0.6	1.1	0.4
1040.1	62.2	0.9	1.8	0.8	1046.1	53.3	0.5	1.1	0.4
1040.3	61.1	0.8	1.7	0.7	1046.2	51.4	0.5	0.9	0.3
1040.4	56.7	0.7	1.3	0.5	1046.4	52.2	0.5	1.0	0.3
1040.6	55.1	0.6	1.2	0.4	1046.5	52.9	0.5	1.0	0.3
1040.7	52.0	0.5	1.0	0.3	1046.7	53.4	0.5	1.1	0.4
1040.9	52.3	0.5	1.0	0.3	1046.8	54.7	0.6	1.2	0.4
1041.0	55.2	0.6	1.2	0.4	1047.0	54.6	0.6	1.2	0.4
1041.2	55.9	0.6	1.3	0.5	1047.1	54.3	0.6	1.1	0.4
1041.3	56.2	0.6	1.3	0.5	1047.3	53.9	0.6	1.1	0.4
1041.5	56.6	0.7	1.3	0.5	1047.4	51.6	0.5	0.9	0.3
1041.7	57.6	0.7	1.4	0.5	1047.6	50.4	0.4	0.8	0.3
1041.8	57.7	0.7	1.4	0.5	1047.8	49.6	0.4	0.8	0.2
1042.0	57.1	0.7	1.4	0.5	1047.9	48.5	0.3	0.7	0.2
1042.1	55.4	0.6	1.2	0.4	1048.1	48.1	0.3	0.7	0.2
1042.3	54.9	0.6	1.2	0.4	1048.2	51.2	0.4	0.9	0.3
1042.4	50.9	0.4	0.9	0.3	1048.4	51.4	0.5	0.9	0.3
1042.6	49.9	0.4	0.8	0.2	1048.5	49.3	0.4	0.7	0.2
1042.7	51.6	0.5	0.9	0.3	1048.7	49.0	0.4	0.7	0.2
1042.9	53.1	0.5	1.0	0.4	1048.8	49.4	0.4	0.8	0.2
1043.0	57.1	0.7	1.4	0.5	1049.0	49.6	0.4	0.8	0.2
1043.2	57.8	0.7	1.4	0.6	1049.1	49.0	0.4	0.7	0.2
1043.3	57.4	0.7	1.4	0.5	1049.3	49.5	0.4	0.8	0.2
1043.5	56.6	0.7	1.3	0.5	1049.4	50.7	0.4	0.9	0.3
1043.6	53.4	0.5	1.1	0.4	1049.6	50.5	0.4	0.8	0.3
1043.8	52.3	0.5	1.0	0.3	1049.7	49.2	0.4	0.7	0.2
1043.9	52.2	0.5	1.0	0.3	1049.9	49.5	0.4	0.8	0.2
1044.1	52.6	0.5	1.0	0.3	1050.0	47.5	0.3	0.6	0.2
1044.2	52.7	0.5	1.0	0.3	1050.2	46.6	0.3	0.5	0.2
1044.4	52.1	0.5	1.0	0.3	1050.3	47.1	0.3	0.6	0.2



شکل ۱۴: محاسبه حجم شیل در سازند ایلام در چاه Y (SPD).



شکل ۱۵: تخلخل لاگ صوتی، پهنه‌های متخلخل سازند ایلام و مقایسه با پهنه‌های شیلی در چاه X میدان پارس جنوبی.



شکل ۱۶: تخلخل لاگ صوتی، پهنه‌های متخلخل سازند ایلام و مقایسه با پهنه‌های شیلی در چاه Y میدان پارس جنوبی.

جدول ۴: مقادیر بازه زمانی عبور امواج صوتی برای سنگ‌شناسی‌های مختلف؛ مقادیر مورد استفاده در این مطالعه در جدول مشخص شده‌اند. این مقادیر با توجه به سنگ‌شناسی غالب سازند ایلام در دو چاه مورد مطالعه (سنگ آهک و دولومیت) انتخاب شده‌اند (Schlumberger., 2009).

Lithology	V _{ma} (ft/sec)	ΔT _{ma} (μsec/ft)	ΔT _{ma} (μsec/ft)
Sandstone	18.00 to 19.50	55.5 to 51.0	55.5 to 51.0
Limestone	21.00 to 23.00	47.6 to 43.5	47.6
Dolomite	23.00 to 26.00	43.5 to 38.5	43.5
Anhydrite	20.00	50.00	50.00
Salt	15.00	66.70	67.00
Casing (Iron)	17.50	57.00	57.00

نتیجه گیری

آنالیزهای عنصری صورت گرفته بر روی ۱۸ نمونه سنگ آهک مادستونی از سازند ایلام (که کمتر دچار دگرسانی شده‌اند) و ترسیم عناصر در مقابل یکدیگر بیانگر کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی در بخش‌های کم عمق تا کانی‌شناسی اولیه کلسیتی در بخش‌های عمیق این نهشته‌ها و تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی بر آن‌ها در سیستم دیاژنتیکی بسته تا باز می‌باشد.

ترسیم مقادیر Na در برابر Mn و تغییرات Mn در برابر Na برای نمونه‌های کربناته سازند ایلام، همچنین Sr/Na بیشتر از یک برای نمونه‌های آراگونیتی و مقادیر Sr/Na کمتر از یک برای نمونه‌های کلسیتی و Mn پایین می‌باشند که حاکی از کانی‌شناسی اولیه مخلوط آراگونیتی و کلسیتی است. مقادیر Sr/Ca مقابل Mn برای کربناته‌های سازند ایلام به دلیل بالا بودن مقادیر Sr/Ca در بعضی نمونه‌ها و پایین بودن این مقادیر در نمونه‌های دیگر بیانگر این است که این نمونه‌ها تحت تأثیر دیاژنز غیردریایی در سیستم

منابع

آدابی، م.ح.، ۱۳۹۰. ژئوشیمی رسوبی. انتشارات آراین زمین، ۵۰۴ ص.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴. زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی نفت زاگرس ۱ و ۲. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۰۹

دیاژنتیکی بسته تا باز قرار گرفته‌اند. پهنه‌های شیلی در هر دو چاه تقریباً شبیه به هم است و در مرز زیرین هر دو چاه به دلیل شیل بالای سازند لافان، حجم شیل به بیشترین میزان خود رسیده است. کاهش جزئی مقدار API نمودار پرتو گاما در هر دو چاه از پایین به بالا با روند ثابت نشان دهنده کاهش مقدار شیل (کانی‌های رسی) و کاهش مقدار مواد آلی و در نتیجه کاهش شرایط احیایی است. افزایش ناگهانی در بالا و پایین محدوده سازند ایلام نشانگر تغییر سازند و مرز سازند با سازندهای بالایی و زیرین است.

تغییرات جزئی نمودارهای صوتی در هر دو چاه نشان‌دهنده تغییرات بسیار کم لیتولوژی است و جاهایی که نمودار صوتی افزایش می‌یابد با پهنه‌های متخلخل معادل است که در صورت تلفیق با نتایج پتروگرافی این تخلخل بیشتر حاصل انحلال و همچنین تخلخل بین بلوری دولومیت‌های ثانویه است.

نجم آبادی، س.، ۱۳۷۲. گزارش نهایی زمین‌شناسی چاه شماره یک میدان گازی پارس جنوبی. گزارشات داخلی شرکت ملی نفت ایران.

- Adabi, M.H., & Asadi Mehmandosti, E., 2008. Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-e- Rashid area, Izeh, S.W. Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 267-277.
- Adabi, M.H., & Rao, C.P., 1991. Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonate (Mozdurán Formation) Sarakhs area, Iran. *Journal of Sedimentary Geology*, 72: 253-267.
- Bailey, T.K., Rosenthal, Y., McArthur, J.M., Van de Schootburge, B., & Thirlwall, M.F., 2003. Paleooceanographic changes of the late Pliensbachian-early Toarcian interval. a possible link to the genesis of Oceanic Anoxic Events. *Earth Planetary Science Letter*, 212: 307-32.
- Bathurst, R.G.C., 1975. Carbonate Sediments and their Diagenesis. *Developments in Sedimentology*. Elsevier, Amsterdam, 658 p.
- Brand, U., & Veizer, J., 1980. Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system, II, stable isotopes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 987-997.
- Brand, U., Azmy, K., & Veizer, J., 2006. Evaluation of the salinic I tectonic, Cancaniri glacial and Ireviken biotic events, Biochemostratigraphy of the Lower Silurian succession in the Niagara Gorge area. *Canada and U.S.A. journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241: 192-213.
- Budd, D.A., 1992. Dissolution of high-Mg calcite fossils and the formation of biomolds during mineralogical stabilization. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 7: 74-81.
- Cantrell, D.L., 2006. Cortical fabrics of Upper Jurassic ooid, Arab Formation, Saudi Arabia, Implication for original carbonate mineralogy. *Journal of Sedimentary Geology*, 186: 157-170.
- Dresser Atlas, Log Interpretation Charts, Dresser Industries, Houston, TX (1979) 107 p.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section, *Nature*, v.205, 587 p.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks. *Springer-Verlag*, Berlin, 1006 p.
- Ghazban, F., 2007. Petroleum Geology of the Persian Gulf. *Tehran University and National Iranian Oil Company*, Tehran, 244-269.
- Hood, S.D., Nelson, C.S., & Kamp, P.J.J., 2004. Discriminating cool-water from warm-water carbonates and their diagenetic environments using element geochemistry, the Oligocene Tikorangi Formation (Taranaki Basin) and the dolomite effect, New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics*, 47: 857-869.
- Khatibi Mehr, M., & Adabi, M.H., 2013. Microfacies and geochemical evidence for original aragonite mineralogy of a foraminifera-dominated carbonate ramp system in the late Paleocene to middle Eocene, Alborz basin, Iran. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 146-163.
- Land, L.S., & Hoops, G.K., 1973. Sodium in carbonate sediments and rocks, A possible index to salinity of diagenetic solution. *Journal of Sedimentary Petrology*, 43: 614-617.
- Milliman, J.D., 1974. Marine Carbonates Recent Sedimentary Carbonates. Part 1, *Springer-Verlag*, Berlin, 375 p.
- Morse, J.W., & Mackenzie, F.T., 1990. Geochemistry of Sedimentary Carbonates, Development in Sedimentology, Amsterdam, Elsevier, 48:707 p.
- Morrison J.O., & Brand U., 1986. Geochemistry of Recent marine invertebrates. *journal of Geoscience Canada*, 13: 237-254.
- Motiei, H., 1993. Geology of Iran, the stratigraphy of Zagros. *Geological Survey of Iran*, Tehran. (in Persian), 572 p.
- Pingitore, N.E., 1978. The behavior of Zn and Mn during carbonate diagenesis theory and application. *Journal of Petroleum Geology*, 48: 799- 814.
- Robinson, P., 1980. Determination of calcium, magnesium, manganese, strontium and iron in the carbonate fraction of limestones and dolomites. *Journal of Chemical Geology*, 28: 135-146.
- Rao, C.P., 1996. Modern Carbonates, Tropical, Temperate, Polar. *Introduction to Sedimentology and Geochemistry*, Hobart, Tasmania. 206 p.

- Rao, C.P., 1991. Geochemical differences between subtropical (Ordovician), temperate (Recent and Pleistocene) and subpolar (Permian) carbonates, Tasmania, Australia. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 10: 114-123.
- Rao, C.P., & Adabi, M.H., 1992. Carbonate minerals, major and minor elements and oxygen and carbon isotopes and their variation with water depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania, Australia. *Journal of Marine Geology*, 103: 249-272.
- Rao, C.P., & Amini Z.Z., 1995. Faunal relationship to grain-size, mineralogy and geochemistry in recent temperate shelf carbonates, western Tasmania, Australia. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 10: 114-123.
- Rosales, I., Robles, S., & Quesada, S., 2004. Elemental and oxygen isotope composition of Early Jurassic Belemnites, salinity vs. temperature signals. *Journal of Sedimentary Research*, 74: 342-354.
- Schlumberger, 1972. Schlumberger Log Interpretation, Principles/Applications. July, Houston, Texas, 237 p.
- Veizer, J., 1983. Trace elements and stable isotopes in sedimentary carbonates. In: Reeder, R.J., (ed.), carbonates: *Journal of Mineralogy and Chemistry, Reviews in Mineralogy*, Blacksburg, 11: 265-299.
- Shanmugam, G., & Benedict III, G.L., 1983. Manganese distribution in the carbonate fraction of shallow to deep marine lithofacies, Middle Ordovician, eastern Tennessee. *Journal of Sedimentary Geology*, 35: 159-175.
- Wierzbowski, H., & Joachimiski, M., 2007. Reconstruction of late Bajocian-Bathonian marine palaeoenvironments using carbon and oxygen isotope ratios of calcareous fossils from the Polish Jura Chain (Central Poland). *Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254: 523-540.
- Winefield, P.R., Nelson, C.S., & Hodder, A.P.W., 1996. Discriminating temperate carbonates and their diagenetic environments using bulk elemental geochemistry, a reconnaissance study based on New Zealand Cenozoic limestones. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 11: 19-31.

Petrophysical evaluation and geochemical evidences for recognition of original carbonat mineralogy of Ilam Formation in the Asaluyeh cross section and South Pars Gas Field

Shirooye-Nasab, N.^{1*}, Fallah-Baghtash, R.², Adabi, M.H.³, Moussavi, M.R.⁴

1- M.Sc. student in Sedimentology & Sedimentary petrology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2- Ph.D. student in Sedimentology & Sedimentary petrology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

*Email: nazilashn@gmail.com

Introduction

In this research, we tried to study the Ilam Formation using petrography (thin sections) and geochemical analysis (major and trace elements). Petrophysical studies have also been used to identify the characteristics and diagenetic environment, and to determine the sedimentary environment and evaluation of reservoir quality.

Materials and Methods

500 thin sections prepared from cutting samples in X and Y wells and 80 thin sections from Asaluyeh section have been studied to identify, evaluate facies and type of sedimentary environment beside diagenetic processes of The Dalan Formation. For classification and texture descriptions, the classification schemes of Dunham (1962) used. The method of Dickson (1965) used to differentiate calcite from dolomite, with Alizarin (Red-S) and potassium Ferrosianid. Types of dolomites were identifies (Adabi, 2009). For description of the microfacies and interpretation of depositional environment model, Flügel (2010) scheme was used. Study of Petrophysical Properties of Ilam Formation in the South Pars Gasfield have been done based on petrophysical logs (gamma, sonics and acoustic), geological reports and reservoir data.

Discussion and Conclusions

Major and trace elements analysis and especially their diagenesis are the important part of carbonates studies. According to the major and trace elements studies and the ratio of these elements in the limestone samples of Ilam Formation, the original aragonite mineralogy in shallow parts and original calcite mineralogy in deeper parts of these deposits were interpreted. Comparison of the Ilam limestone samples with ranges that presented to aragonitic limestone of other fields and plotting the samples in this area confirmed the mixed aragonite-calcite mineralogy. High contents of Sr and Na, low Mn content and high Sr/Na ratio for aragonitic samples and low Sr/Na ratio for calcite samples show that the limestone samples have been stabilized by fluids in a closed to open diagenetic system. The shale zones are almost similar in both wells, and the shale volume has peaked at the lower boundary of both wells due to the high percentage of shale in the Lafan Formation. The sharp changes in the upper and lower limits of the Ilam Formation represents a change in the boundary of this formation with upper and lower formations.

Keywords: Original carbonate mineralogy; gheochemistry; reservoir quality; Ilam Formation.

Reference

- Adabi, M.H., & Asadi Mehmandosti, E., 2008. Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-e- Rashid area, Izeh, S.W. Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 267-277.
- Adabi, M.H., & Rao, C.P., 1991. Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonate (Mozduran Formation) Sarakhs area, Iran. *Journal of Sedimentary Geology*, 72: 253-267.

- Bailey, T.K., Rosenthal, Y., McArthur, J.M., Van de Schootburge, B., & Thirlwall, M.F., 2003. Paleooceanographic changes of the late Pliensbachian-early Toarcian interval. a possible link to the genesis of Oceanic Anoxic Events. *Earth Planetary Science Letter*, 212: 307-32.
- Bathurst, R.G.C., 1975. Carbonate Sediments and their Diagenesis. *Developments in Sedimentology*. Elsevier, Amsterdam, 658 p.
- Brand, U., & Veizer, J., 1980. Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system, II, stable isotopes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 987-997.
- Brand, U., Azmy, K., & Veizer, J., 2006. Evaluation of the salinic I tectonic, Cancaniri glacial and Ireviken biotic events, Biochemostratigraphy of the Lower Silurian succession in the Niagara Gorge area. *Canada and U.S.A. journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241: 192-213.
- Budd, D.A., 1992. Dissolution of high-Mg calcite fossils and the formation of biomolds during mineralogical stabilization. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 7: 74-81.
- Cantrell, D.L., 2006. Cortical fabrics of Upper Jurassic ooid, Arab Formation, Saudi Arabia, Implication for original carbonate mineralogy. *Journal of Sedimentary Geology*, 186: 157-170.
- Dresser Atlas, Log Interpretation Charts, Dresser Industries, Houston, TX (1979) 107 p.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section, *Nature*, v.205, 587 p.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks. *Springer-Verlag*, Berlin, 1006 p.
- Ghazban, F., 2007. Petroleum Geology of the Persian Gulf. *Tehran University and National Iranian Oil Company, Tehran*, 244-269.
- Hood, S.D., Nelson, C.S., & Kamp, P.J.J., 2004. Discriminating cool-water from warm-water carbonates and their diagenetic environments using element geochemistry, the Oligocene Tikorangi Formation (Taranaki Basin) and the dolomite effect, New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics*, 47: 857-869.
- Khatibi Mehr, M., & Adabi, M.H., 2013. Microfacies and geochemical evidence for original aragonite mineralogy of a foraminifera-dominated carbonate ramp system in the late Paleocene to middle Eocene, Alborz basin, Iran. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 146-163.