علوم زمین خوارزمی (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

آنالیز ریز رخسارهای، شواهد ژئوشیمیایی و پتروگرافی برای تشخیص کانیشناسی اولیه کربناتهای سازند دالان در میدان گازی پارس جنوبی

رقیه فلاح بگتاش^{*}، محمد حسین آدابی؛ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه زمینشناسی _{دریافت ۹۳/۱۲/}۳

چکیدہ

سازند دالان با سن پرمین پسین در ناحیهٔ زاگرس چینخورده و خلیج فارس دارای منابع عظیم گازی است بهطوری که این سازند بههمراه سازند کنگان به سن تریاس در حوضهٔ رسوبی خلیج فارس، حدود ۵۰ درصد از ذخایر گازی را دارند. بر مبنای پژوهشهای پتروگرافی سازند دالان در چاه شمارهٔ X در میدان گازی پارس جنوبی دارای ۳۷۰ متر ضخامت با لیتولوژی غالب دولومیت، آهک دولومیتی و آهک بههمراه میان لایههای انیدریتی است. شناسایی ترکیب کانی شناسی اولیه این کربناتها بهدلیل تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی براساس بررسیهای پتروگرافی امری دشوار است، زیرا به مرور زمان آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد به کلسیت کم منیزیم تبدیل شده و باعث تغییر بافت و ترکیب اولیه سنگ میشوند. کربناتها بهدلیل تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی براساس بررسیهای پتروگرافی امری دشوار است، زیرا به مرور زمان در نتیجه باید از بررسیهای عنصری بهعنوان مکمل پژوهشهای پتروگرافی یاری جست. مقادیر عناصر اصلی و فرعی در کربناتها به ترکیب کانیشناسی آنها وابسته است و ترکیب کانیشناسی نیز به نوبهٔ خود تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنزی تغییر مییابد. بررسی عناصر اصلی (Ca, Mg) و فرعی (Mn, Fe, Na, Sr) و مقایسه آنها با نتایجی که محققان مختلف برای ترکیب کانیشناسی آراگونیتی ارائه کردهاند، و براساس شواهد پتروگرافی نظیر تخلخل قالبی الیدی، فراوانی زیاد دوکفهایها، دولومیتی شدن انتخابی، اسپالد الید، سیمان فیبری هم ضخامت دریایی بیان گر ترکیب اولیهٔ آراگونیتی در سازند بررسی شده است. براساس پژوهشهای پتروگرافی و شناسایی ریزرخسارهها، تعداد ۱۸ ریزرخساره برای سازند دالان شناسایی شده است. با توجه به ریزرخسارههای شناسای شده، این توالی کربناته روی یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است.

واژههای کلیدی: سازند دالان، رمپ کربناته، کانیشناسی اولیه آراگونیتی، ژئوشیمی رسوبی.

مقدمه

سنگهای کربناته سازند دالان بهعنوان بزرگترین مخزن گازدار در منطقهٔ زاگرس و خلیج فارس بهشمار میرود [۵]. سازند دالان به سن پرمین بههمراه سازند کنگان به سن تریاس در حوضهٔ رسوبی خلیج فارس، حدود ۵۰ درصد از ذخایر گازی را دارند [۵]. سازند دالان در نواحی زاگرس چینخورده و بخشهای وسیعی از خلیج فارس بهعنوان اصلی ترین سازند گازدار بهشمار میرود [۶]. در این پژوهش یک برش زیرسطحی از سازند دالان در چاه شمارهٔ X در

^{*}نویسنده مسئول rogaye.1262@gmail.com

جلد ۲، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵

میدان گازی پارس جنوبی بررسی شده است. هدف از این پژوهش تعیین ترکیب کانیشناسی اولیه سازند دالان به کمک شواهد ریز رخسارهای و بررسیهای عناصر اصلی و فرعی، تفکیک نمونههای دولومیتی از آهکی است. بررسی تغییرات عناصر اصلی و فرعی، مکمل پژوهشهای پتروگرافی است و در شناسایی هر چه بیش تر کانیشناسی اولیه سنگهای کربناته ما را راهنمایی می کند. از تغییرات این عناصر هم چنین می توان به اطلاعاتی نظیر تغییرات سطح آب دریا، نوع محیط دیاژنزی و روند فرآیندهای دیاژنتیکی حاکم بر کربناتها دست یافت. رسوبات مختلف در محیطهای مختلف از نظر دمایی و ترکیب کانیشناسی اولیه دارای عناصر فرعی مختلفی هستنند به طوری که حتی پس از اعمال فرآیندهای دیاژنزی متئوریک یا تدفینی و تبدیل کربناتهای ناپایدار آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد به کلسیت کم منیزیم این اختلافات حفظ شده و گویای معادلهای دیرینهٔ آنهاست [۱].

زمينشناسي عمومي

میدان پارس جنوبی در موقعیت ۵۲ تا ۵۲/۵ درجهٔ شرقی و ۲۶/۵ تا ۲۷ درجهٔ شمالی، در حدود ۱۰۰ کیلومتری بندرعسلویه، ۱۷۵ کیلومتری بندرکیش و ۱۰۵ کیلومتری سواحل قطر به وسعت ۶۰۰۰ کیلومترمربع است (شکل ۱). آنچه در نقشههای منطقه قابل مشاهده است، پارس جنوبی (گنبد شمالی قطر) دارای طول تقریبی ۱۵۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۷۰ کیلومتر است. این ساختمان در واقع تداومی از پلانچ شمال شرقی ساختمان عظیم گازی گنبدی شکل، در شمال شرق شبهجزیره قطر است که تحت عنوان گنبد شمالی قطر^۱ شناخته شده است [۷]. کمان قطر حوضهٔ خلیج فارس را به دو بخش شمال غربی و جنوب شرقی تقسیم کرده و در جهت شمال نیز به کمربند چین-خوردگی زاگرس که بهعنوان یک ساختار شناخته شده کوهزایی اواخر آلپین، مرکب از تاقدیسهای عظیم است، محدود می شود.

این ساختمان گنبدی از نوع رویشی است و عامل رویش آن برخاستن پیسنگ در کمان قطر بهشمار میآید [۸]. وجود نازکشدگی در ستیغ و ستبرشدگی یالهای تاقدیس در سازند دشتک و سازندهای جوان تر تا پالئوژن به وسیله لرزه نگاری مشخص شده است. این ساختار در طی تریاس دچار ریزش شده و در تورونین این رویش شدت یافته و بالاخره در طی نئوژن متوقف شده است. هر چند امکان نسبت دادن آغاز حرکت به پالئوزوئیک هنوز مردود شناخته نشده است [۲].

چینهشناسی سازند دالان

در برش بررسی شده سازند دالان به سن پرمین پسین و ضخامت ۳۷۰ متر از لیتولوژی غالب آهک و دولومیت تشکیل شده است (شکل ۲). از نظر خصوصیات مخزنی این سازند به سه واحد مخزنی K3 و K4 (دالان بالایی) و K5 (دالان پایینی) تقسیم میشود که زون K4 غنیتر از زونهای دیگر است. بخش انیدریتی نار بین لایههای k4 و 5 قرار گرفته و بخشهای دالان پایینی و دالان بالایی را از هم جدا میکند. بخشهای پایینی و بالایی شامل رسوبات کربناته است که در اثر تغییرات دیاژنزی در حال حاضر از نظر سنگشناسی از ترکیب سنگ آهک، دولومیت و انیدریت تشکیل شدهاند. در واقع لایههای مخزنی k1 و k2 معادل سازند کنگان، k3 و k3 معادل بخش دالان بالایی و k5 معادل بخش

^{1.} Gatar North Dome

غیرمخزنی دالان پایینی هستند. بخش انیدریتی نار بین لایههای k4 و k5 قرار گرفته و بخشهای دالان پایینی و دالان بالایی را از هم جدا می کند [۹]. مرز زیرین سازند دالان، از نوع پیوسته و تدریجی و با سازند آواری فراقون است. دالان بالایی بهوسیلهٔ سازند کنگان پوشیده می شود. مرز این دو سازند، مرز فرسایشی پرموتریاس است که در بررسی بیواستراتیگرافی، لیتواستراتیگرافی و ایزوتوپی چاههای پارس جنوبی به این مسئله اشاره شده است. با بررسیهای چینه شناسی و فسیل شناسی که روی ۲ چاه در این میدان [۱۰] و نیز بر رخنمونهای کوه دنا و سورمه [۱۱] انجام شده است، آشکوب دورا شامین (بالاترین بخش پرمین) به صورت ناپیوستگی در توالی های رسوبی مشاهده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی میدان پارس جنوبی[۷]

روشهای پژوهش

در این تحقیق تعداد ۸۵۶ عدد مقطع نازک تهیه شده از مغزههای حفاری بررسی شده است که این مقاطع با محلول آلیزارین رد-اس^۱ و فروسیانید پتاسیم بهمنظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت بهروش دیکسون [۱۲] رنگآمیزی شده است. نامگذاری ریزرخسارههای کربناته مقاطع نازک میکروسکوپی با استفاده از تقسیمبندی دانهام [۱۳] انجام گرفتند. شناسایی، ردهبندی و تفکیک ریزرخسارهها در محیط رسوبی با استفاده از مدل رخسارهای رمپ فلوگل [۱۴] انجام شد. پس از بررسی دقیق و کامل مقاطع نازک تعداد ۷ نمونه از سنگهای آهکی و ۳۱ نمونه دولومیتی برای بررسی آزمایشهای عنصری انتخاب شدند. نمونههایی نظیر میکریت با حداقل دگرسانی، سیمان دریایی اولیه، اینتراکلست یا الیتها، و صدفهای کلسیت کم منیزیم نظیر فرامینیفرهای سنوزوئیک، بلمنیتهای مزوزوئیک و براکیوپودهای پالئوزوییک برای نمونهبرداری بسیار مناسب هستند. پودر این نمونهها با مته دندانپزشکی و حدالامکان از زمینهٔ میکریتی و به دور از رگهها، فسیلها و آلوکمهای موجود در سنگ تهیه شده و سپس برای تعیین عناصر اصلی ۱. Red-S و فرعی با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی^۱ در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکدهٔ علومزمین دانشگاه شهید بهشتی آزمایش شدهاند. مزیتهای استفاده از دستگاه جذب اتمی این است که از یک محلول چند عنصر اندازه گیری می شود و حد قرائت آن کم تر از ۱۰ پی پی ام و برای بعضی عناصر در حد پی پی بی است. در حالی که یکی از محدویتهای استفاده از فلورسانس اشعه ایکس، حد قرائت است که تحت شرایط عادی حدود ۱۰۰ پی پی ام است. در قرائت مقدار Sr دولومیتها که معمولاً مقدار آن کم تر از ۱۰۰ پی پی ام است باید از دستگاه جذب اتمی استفاده کرد.

روش کار به این ترتیب است که r gr ۰/۲۵ از پودر نمونه را در محلول یک مول اسید کلریدریک قرار داده و پس از مدت زمان ۲ ساعت با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی، مقادیر عناصر اصلی (Ca, Mg) برحسب درصد و عناصر فرعی (Fe, Mn, Na, Sr) بر حسب پیپیام اندازه گیری شده اند. سپس رسوب ته نشین شده درون بالنهای حاوی محلول را خشک کرده، وزن آن را دقیقاً اندازه گیری میکنیم و این مقدار را از وزن اولیه نمونه کسر کرده تا مواد غیرقابل حل در اسید^۲ تعیین شود. این مقدار را به صورت در صد (% IR) بیان کرده ایم. نمونه های دارای بیش از ۱۰ درصد مواد غیرقابل حل در اسید حذف می شوند.

الف) ریزرخسارهها و محیط رسوبی سازند دالان

پژوهشهای میکروسکوپی منجر به شناسایی ۴ مجموعه رخسارهای با حروف اختصاری A، B، A شده است که این مجوعههای رخسارهای از نظر محیط رسوب گذاری به ۴ کمربند رخسارهای 7 تعلق دارند به طوری که مجموعه رخسارهای A در محیط جزرومدی ^۴، مجموعه رخسارهای C در محیط لاگون⁶، مجموعه رخسارهای C در محیط پشته رخسارهای A در محیط جزرومدی ^۴، مجموعه رخسارهای B در محیط لاگون⁶، مجموعه رخسارهای C در محیط پشته کربناته ⁸ و مجموعه رخسارهای D در محیط دریای باز⁷ برجای گذاشته شدهاند. کمربندهای رخسارهای c در محیط پشته دهنده پلاتفرم کربناته کم عمق از نوع رمپ هموکلینال هستند. در ادامه در جدول ۱ و شکل ۳ ریزرخسارهها و دهنده پلاتفرم کربناته کم عمق از نوع رمپ هموکلینال هستند. در ادامه در جدول ۱ و شکل ۳ ریزرخسارهها و کمربندهای رخسارهای از کمربندهای رخسارهای در یاده دان دالان در چاه شمارهٔ X در میدان گازی پارس جنوبی به همراه کمربندهای اصلی (اسکلتی و غیراسکلتی) و فرآیندهای دیاژنتیکی غالب آورده شده است.

A . مشخصات رسوبشناسی و محیط رسوبگذاری مجموعه رخساره

ریزرخسارههای دولومادستون با فابریک فنسترال، بایندستون استروماتولیتی با فابریک فنسترال، پلوئیدال اینتراکلست مادستون/وکستون، دولومادستون با بلورها و قالبهای پراکنده انیدریت، دولومادستون با ندولهای انیدریت و انیدریت متبلور (لایهای) در کمربند رخسارهای پهنه جزر و مدی تشکیل شدهاند. جایگاه رسوبی پهنه جزر و مدی، جایگاهی است که تولید کربنات در آن بهطور اساسی با فعالیتهای زیستی شدید کنترل میشود. از ریزرخسارههای متداول در چنین جایگاهی میتوان نهشتههای زیستی و بایندستونها را نام برد [۱۵]. وجود فابریک فنسترال، همراهی با ریزرخسارههای ترومبولیت و استروماتولیتی، دولومیت دانهریز از شواهد ریزرخسارههای بین جزر و مدی

- Facies Bel
 Tidal Flat
- 5. Lagoon
- 6. Shoal
- 7. Open Marine

^{1.} AAS

Insoluble Residue
 Facies Belt

ra	stem	mation mation Microta		Microfacies	Facio	es Be	elt			
ш	Sys	Se	Forr	Mei	Dep	Lith	А.А.А.А.А.В.В.В.В.В.В.С.С.С.О.В	TL	s	0
	Triassic	Early Triassic	Kangan	K2	2940					
				кз	-2960 -2980 -3000 -3020 -3040 -3060 -3080 -3100	N.S				
aleozoic	Permian	ate Permian	pper Dalan		-3120 -3140 -3160 -3180 -3200					
		-	D	К4	- 3220 - 3240 - 3260 - 3280 - 3300 - 3320					
GEND	Lir	nestone		Dolomitic Limestone	Dolor	nite	arous Anhydrite	N.S	No San	nple
LE	T= Ti	dal fla	t I	_= La	igoon	S= Shoal	O= Open r	narino	e	

شکل۲. توالی رسوبی سازند دالان بههمراه کمربندهای رخسارهای شناسایی شده در چاه شمارهٔ X. در این شکل، نحوهٔ توزیع مجموعههای رخسارهای در توالی قائم نشان داده شده است

معمولاً در محیطهای بالای جزر و مدی و در نزدیکی خشکی، مادستونهایی که گاه حاوی روزنهها و حفراتی هستند، تشکیل میشود. این حفرهها معمولاً منشأ همزمان با رسوبگذاری یا کمی بعد از رسوبگذاری دارند. این حفرهها یا در اثر خروج گاز دیاکسید کربن و یا انحلال ایجاد میشوند. حفرههای مذکور میتوانند در مرحلهٔ بعد به جلد ۲، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵

شکل مکانیکی با رسوبات داخلی (میکریت یا پلت و...) و یا به شکل شیمیایی با سیمان پر شوند. احتمالاً دولومیکرایتهای سازند دالان در کمربند رخسارهای پهنه جزر و مدی و طی یک مدل سبخایی تشکیل شدهاند [۱۸]. بدینصورت که با افزایش تبخیر و تشکیل کانیهای تبخیری میزان Ca در محیط کاهش یافته و در نتیجه میزان Mg/Ca محیط افزایش یافته است و دولومیکرایتها تشکیل شدهاند [۱۹]. انرژی جزر و مدی و گاها شرایط طوفانی ناگهانی در این محیط باعث ایجاد اینتراکلستهایی با جورشدگی ضعیف شده است که پس از آن و در طی دیاژنز، فضاهای خالی بین اینتراکلستها با سیمان انیدریتی ثانویه پر شده است. با توجه به فابریک و اندازه خیلی ریز بلورهای دولومیت، وجود بلورها و قالبهای پراکنده انیدریتی، حفظ بافت رسوبی اولیه و عدم وجود فسیل، این نهشتهها در شرایط سطحی و در محیطهای سوپراتایدال تا قسمت بالایی اینترتایدال (قسمت بالایی بین حد جذرومد) تشکیل شدهاند [۱۲]، [۲۰] (شکل ۳ 1₄ ما م

B. مشخصات رسوبشناسی و محیط رسوبگذاری مجموعهٔ رخساره

ریزرخسارههای مادستون بایوکلاستدار، مادستون/وکستون بایوکلاستی دارای آشفتگی زیستی، آنکوئید پکستون، گرینستون جلبکی، بایوکلاست پکستون، پلوئیدال وکستون/پکستون در کمربند رخسارهای لاگون تشکیل شدهاند. در واقع لاگون منطقهای گسترده، با چرخش آب محدود و متغیر است که بهوسیله بخش مرکزی پشته کربناته از امواج و جریانهای دریایی محافظت میشود. حضور اجزا اسکلتی نظیر فرامینیفرهای بنتیک و جلبک در یک زمینه میکریتی، نشاندهندهٔ انرژی کم محیط است. مقادیر فراوان فرامینیفرهای بنتیک بهخصوص میلیولید و تکستولاریا و جلبکهای سبز (داسی کلاداسه آ) در مجموعه رخسارهٔ B حاکی از شرایط محیطی کم عمق نظیر لاگون محافظت شده^۱ است. وجود آنکوئید و فرآیندهای میکریتیشدن اشاره به فعالیتهای جلبکی و باکتریایی در این محیط کم انرژی و محدود شده جزر و مدی دارد [۲۲]. آشفتگی زیستی، وجود پلتهای مدفوعی و پلوئید و ماتریکس میکریتی از مشخصههای

۳. مشخصات رسوب شناسی و محیط رسوبگذاری مجموعه رخساره C

ریزرخسارههای پلوئید اائید گرینستون، اائید گرینستون، اائید اینتراکلست گرینستون، اینتراکلست بایوکلاست گرینستون در کمربند رخسارهای پشته کربناته نهشته شدهاند. این کمربند رخسارهای دارای اائید زیاد است که نشاندهندهٔ تودههای سد فعال و متحرک مربوط به آبهای کمعمق است [۱۴]. گسترش ریزرخسارههای پشتههای کربناته یکی از عوامل نشاندهنده محیط رمپ است [۲۴]. ریزرخسارهٔ پلوئید اائید گرینستون بخشهایی از پشتهٔ کربناته را نشان میدهد که در نزدیکی لاگون قرار گرفته یا بهعبارتی بخش رو به خشکی^۲ پشته کربناته هستند.

ریزرخسارههای اائید گرینستون و اائید اینتراکلست گرینستون در بخش مرکزی و پرانرژی پشته کربناته^۳ تشکیل شدهاند. ریزرخساره اینتراکلست بایوکلاست گرینستون در بخش رو به دریای پشته کربناته^۴ و پرانرژیترین بخش پشته کربناته نهشته شدهاند.

Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2025-05-20

^{1.} Protected Lagoon

Leeward Shoal
 Central Shoal

^{4.} Seaward Shoal

زيرمحيط			دانەھا		کد	
شناسایی شده	عوارض دياژنتيكى غالب	اجزاء غیر اسکلتی	اجزاء اسكلتي	عنوان ريزرخساره	رخساره	
پهنه جزرومدی	اکسید آهن، استیلولیت، انحلال، انیدریتیشدن و دولومیتیشدن	-	-	دولومادستون با فابریک فنسترال	A ₁	
پهنه جزرومدی	_ دولومیتی شدن، انیدریتی شدن، رگچه های انحلالی و آهندار شدن		بایندستون استروماتولیتی با فابریک فنسترال	A ₂		
پهنه جزرومدی	دولومیتی شدن، میکریتی شدن، استیلولیت، رگچههای انحلالی و آهندارشدن	اينتراكلست و پلوئيد	-	پلوئيدال اينتراكلست مادستون/وكستون	A ₃	
پهنه جزرومدی	دولومیتی شدن، استیلولیت و شکستگی	-	-	دولومادستون با بلورها و قالبهای پراکنده انیدریت	A_4	
پهنه جزرومدی	دولومیتی شدن، استیلولیت و رگچههای تبخیری	-	-	دولومادستون با ندولهای انیدریتی	A ₅	
پهنه جزرومدی	دولومیتی شدن	-	-	انیدریت متبلور (لایهای)	A_6	
لاگون	قطعات فرامینفر (میلیولید، تکستولاریا) و انحلال، تراکم، استیلولیت، شکستگی، دوکفهای دوکفهای و اهن دارشدن		مادستون بايوكلاستدار	\mathbf{B}_1		
لاگون	انحلال، شکستگی، دولومیتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، انیدریتیشدن، تراکم، آهندارشدن و استیلولیت	پلوئيد و اائيد	فرامینیفرهای بنتیک (میلیولید)، گاستروپودها و قطعات دوکفهای و جلبکی	مادستون/وکستون بایوکلاستی دارای آشفتگی زیستی	B ₂	
لاگون	دولومیتیشدن، انحلال، تراکم و میکریتیشدن	آنكوئيد و اائيد	فرامینیفرهای بنتیک	أنكوئيد يكستون	B ₃	
لاگون	استیلولیت، میکریتیشدن، دولومیتیشدن، انیدریتیشدن و انحلال	-	جلبک سبز فراوان (داسی کلاداسه)، فرامینیفرهای بنتیک	گرينستون جلبکی	B_4	
لاگون	دولومیتیشدن،میکریتیشدن، انیدریتیشدن، استیلولیت، انحلال و پیریتیشدن	-	جلبک سبز (داسی کلاداسه، پرموکالکالوس)، فرامینیفرهای بنتیک، گاستروپود و دوکفهای	بايوكلاست پكستون	B ₅	
لاگون	دولومیتیشدن، انیدریتیشدن، انحلال، تشکیل استیلولیت، شکستگی و آهندارشدن	پلتھای مدفوعی و پلوئیدھا فراوان	خارپوست، گاستروپودها، قطعات جلبکی و دوکفهای	پلوئيدال وكستون- پكستون	\mathbf{B}_6	
پشته کربناته	انحلال، دولومیتی شدن، استیلولیت، سیمانی شدن، میکریتیشدن، انحلال و انیدریتی شدن	اائيد و پلوئيد	دوکفهای و فرامینیفرهای میکریتیشده	پلوئيد اائيد گرينستون	C ₁	
پشته کربناته	انحلال، استیلولیت، تـراکم فیزیکی، نئومورفیسـم، سیمانی شدن، دولومیتی شدن، انیـدریتی شـدن و میکریتی شدن	اائيد فراوان	قطعات دوکفهای، خارپوست، گاستروپود و عمدتا فرامینیفرهای کوچک	اائيد گرينستون	C_2	
پشته کربناته	دولومیتیشدن، انحلال، انیدریتیشدن، نئومورفیسم سیمانیشدن، پیریتیشدن، استیلولیت، شکستگی	اائيد و اينتراكلست	دوکفهای، خارپوست و فرامینیفرهای بنتیک	اائيد اينتراكلست گرينستون	C ₃	
پشته کربناته	میکریتی شدن، دولومیتی شدن، انحلال، تراکم و شکستگی آلوکرها، سیمانیشدن و تشکیل رگچه- های انحلالی، نئومورفیسم و استیلولیت	اینتراکلست فراوان و اائید	فرامینیفرهای بنتیک و قطعات جلبکی، کرینوئید، بریوزوئر و قطعات دوکفهای	اينتراكلست بايوكلاست گرينستون	C ₄	
دریای باز	استیلولیت، میکریتی شدن، شکستگی، تشکیل رگچههای انحلالی و انحلال	-	قطعات براکیوپود، دوکفهای پلاژیک، فرامینیفر و بریوزوئر	بايوكلاست وكستون/پكستون	D_1	
دریای باز	 شکستگی، استیلولیت، انحلال و میکریتی شدن	اینتراکلستهای میکریتی شده	دوکفهای پلاژیک و براکیوپود	بایوکلاست پکستون همراه با اینتراکلست های میکریتی	D_2	

جدول۱. ریزرخسارهها و کمربندهای رخسارهای شناسایی شده در سازند دالان در چاه شماره X در میدان گازی پارس جنوبی به همراه آلوکمهای اصلی (اسکلتی و غیر اسکلتی) و فرآیندهای دیاژنتیکی غالب



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی از ریزرخسارههای شناسایی شده در سازند دالان در چاه شماره X

بهعلت وجود نداشتن سدهای محافظت کننده در برابر امواج دریایی مختلف (جریانهای جزر و مدی، طوفانی و دریایی) بیش ترین میزان انرژی در محیط رسوبی حاکم است از این رو، پرانرژی ترین ریزرخسارهها یعنی ریزرخسارههای گرینستونی بایوکلاستی اینتراکلستی دانه درشت تشکیل می شوند. با توجه به ارتباط مستقیم اندازهٔ دانه و انرژی محیط می توان نتیجه گرفت که این رخساره در محیط پر انرژی تشکیل شده است [۶۶]. در این قسمتها بهعلت انرژی زیاد محیط، میکریت شسته شده و سیمان جای گزین آن شده است. زیرا حضور اائید و سیمان اسپاری مؤید محیطی پرانرژی است. اندازهٔ ذرات از سمت رو به دریای باز پشتههای کربناته به طرف رو به خشکی پشتههای کربناته کاهش می یابد که علت آن کاهش انرژی محیط است [۱۴]، [۲۳] (شکل ۳ ا C_1 تا C_1 تا C_1

۴. مشخصات رسوب شناسی و محیط رسوبگذاری مجموعه رخساره D

ریزرخسارههای بایوکلاست وکستون/پکستون و بایوکلاست پکستون همراه با اینتراکلستهای میکریتی در بخش عمیقتر دریا و قسمتهای زیر پشته کربناته تشکیل شدهاند. اجزای بایوکلاستی تشکیلدهندهٔ این رخسارهها عمدتاً قطعات دوکفهای پلاژیک، براکیوپود و به مقدار کمتر کرینوئید، فرامینیفر و بریوزوئر است. با توجه بهوجود مقادیر زیاد گل در بین ذرات، وجود موجودات استنوهالین همانند خارپوست و بریوزوئر میتوان محیطی با انرژی کم و میزان رسوبگذاری آرام برای تهنشست این ریزرخساره در نظر گرفت که متناسب با محیط دریای باز است [۲۵] (شکل ۳ ل

۵. مدل رسوبی سازند دالان

بر اساس پژوهشهای قبلی [۲۶]، رمپهای کربناته اغلب در زونهای فاقد موجودات ریف ساز گسترش یافتهاند [۲۷]. زیرا این موجودات علاوه بر تولید رسوب، اثر سدی بر انرژی محیط دارند و بنابراین ریختشناسی و هیدرودینامیک حاکم بر محیط را تحت تأثیر قرار میدهند. انقراض دسته جمعی موجودات [۲۷] شرایط را برای گسترش رمپها مساعدتر کرده است. توالی تریاس زیرین همراه با انقراض عظیم موجودات در انتهای پرمین، یکی از دورههای گسترش رمپهای کربناته بهعلت نقش کم اهمیت موجودات ریفساز است [۸۸]. بنابراین نبود موجودات ریف ساز منجر به تشکیل نشدن سد و در نتیجه رمپهای کربناته توسعه یافته است. دلایل شناسایی شده زیر در سازند دالان را میتوان برای معرفی رمپ کربناته ارائه داد:

- ۱. تولید بالای اائید از ویژگیهای اصلی رمپهای کربناته تحت تأثیر شرایط پر انرژی است.
- ۲. تغییرات تدریجی ریزخسارههای کمعمق به انواع عمیق انعکاسی از پیوستگی و ارتباط ریزرخسارهای به هم و ریختشناسی حوضهٔ در حین رسوبگذاری است که با رمپها همخوانی بیشتری دارد.
- ۳. بازسازی گسترش جانبی حوضهٔ گذر رسوبات پیرامون جزر و مدی از یک محیط کمعمق تحت کشندی به سدی پرانرژی و سپس رخسارههای عمیقتر را نشان میدهد که برای سیستمهای رمپ توصیف شده است [۳۰].
- ۴. تنوع ریزرخسارهای کم، فراوانی بالای رخسارههای کمعمق و بهویژه وسعت زیاد سبخا، عدم وجود ذرات آواری مشخصه سیستمهای رمپ همشیب در یک اقلیم خشک و نیمه خشک است [۲۲]، [۱۴].

بررسی رخسارههای میکروسکوپی و مقایسه با ریزرخسارههای استاندارد فلوگل [۱۴] و با توجه بهوجود نداشتن ریفهای بزرگ سدی و نهشتههای توربیدایتی، گسترش نسبی پهنههای جزرومدی همراه با ریزرخسارههای سدی

اائیدی و تغییر تدریجی ریزرخسارهها به یکدیگر، محیط رسوبی سازند دالان یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ همشیب است [۱۶]. این نوع رمپ دارای شیب نسبتا ملایم و یکنواختی است که از خط ساحلی تا حوضه کشیده شده است و مشابه با رمپهای کربناته عهد حاضر نظیر سواحل جنوبی خلیج فارس، باهاما و شارک بی استرالیا است. بهطورکلی رمپ کربناته سازند دالان در ناحیهٔ پارس جنوبی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است که شامل ۱. رمپ داخلی ٔ با کمربندهای رخسارهای پهنه جزرومدی و لاگون محدود شده. ۲. رمپ میانی ٔ با کمربندهای رخسارهای پشته کربناته زیرآیی اائیدی و اینتراکلستی که حد فاصل لاگون و دریای باز است. ۳. رمپ خارجی که در دورترین بخش پلاتفرم به سمت دریای باز قرار داشته و با کمربند رخسارهای دریای باز مشخص می شود. شکل ۴ پراکندگی ریزرخسارهها در طول رمپ کربناته را نشان میدهد.

ب) شواهد پتروگرافی برای شناسایی ترکیب کانیشناسی اولیه

شواهد پتروگرافیکی نظیر وجود سیمان سوزنی یا فیبری هم ضخامت'، پوشش میکریتی له شده و تغییر شکل یافته $^{\circ}$ ، اسپالد اائید $^{\circ}$ ، لامینههای مبهم در اائیدها $^{
m V}$ ، وجود تخلخل قالبی اائید $^{
m A}$ و حضور میانبارهای m Sr در زمینهٔ ميكريتي مؤيد تركيب كاني شناسي اوليه آراگونيتي در مقاطع نازك است [۳۱].

براساس شواهد پتروگرافی ذکرشده و طبق پژوهشهای پتروگرافی نمونههای رسوبی بررسی در سازند دالان با توجه بهوجود تخلخل قالبي زياد، فراواني بالاي دوكفهايها، دولوميتي شدن انتخابي، وجود اسپالد اائيد، وجود سيمان ايزوپک دریایی و انحلال گسترده، کانی شناسی اولیه این سازند آراگونیتی تعیین شده است.

۱. اسیالد اائید

گاهی لایهٔ خارجی اائیدها از سایر لایهها جدا میشود که در این حالت به آن اسپالد اائید 🗛 میگویند که نشاندهنـدهٔ ترکیب کانیشناسی اولیهٔ اراگونیتی اائیدها است. این حالت در سیستمهای دیاژنتیکی بسته تا نیمه بسته ایجاد میشود [۳۱]. پدیدهٔ اسپالد اایید دربرخی از ااییدهای سازند دالان دلیلی بر تأیید کانیشناسی اولیهٔ آراگونیتی این سازند است (شكل ۵ A).

۲. دولومیتی شدن انتخابی

اگر دولومیتی شدن به صورت انتخابی در برخی از اجزا سنگ رخ دهد، به آن دولومیتی شدن انتخابی '' می گویند کـه مشخصهٔجانشینی دولومیت به جای آراگونیت یا کلسیت پرمنیزیم است [۳۲]. دولومیتی شدن بعضی از اائیدها می توانـد در رابطه با تركيب كانىشناسى احتمالي آراگونيتى باشد، زيرا تركيبات آراگونيتى هماننـد كاتـاليزور عمـل مـيكننـد و فرآيند دولوميتي شدن را تسريع مي كنند [٣٣]، [٢١]، [١٨] (شكل B ۵). دولوميتي شدن غالب ترين فرآيند ديـا ژنتيكي در سازند دالان است [۳۴].

- 4. Fibrous to Acicular isopachous cement 5. Shattered micritic envelope
- 6. Spalled Ooid
- 7. Diffiused laminae
- 8. Oomold
- 9. Sr inclusion in micrite
- 10. Fabric Selective

^{1.} Inner Ramp

^{2.} Middle Ramp 3. Outer Ramp



شکل ۴. پراکندگی ریزرخسارهها در رمپ کربناته (A) و پراکندگی اجزا کربناتی تشکیلدهندهٔ سازند دالان مربوط به کمربندهای رخسارهای مختلف (B)

۳. فراوانی بالای دوکفهایها

دوکفهایها موجوداتی مربوط به شاخه نرمتنان هستند که صدف اکثر آنها از آراگونیت تشکیل شده است (شکل ۵ C). برخی نیز دارای کانیشناسی مخلوطی از کلسیت و آراگونیت هستند. در مواقعی که صدف آراگونیتی است، ساختمان داخلی در طی زمانهای طولانی حفظ نمیشود و در طی دیاژنز با اسپاریت درشت دروزی پر میشود. دوکفهایهای موجود در این سازند دیاژنز شدیدی را متحمل شدهاند، بنابراین میتوان گفت که دارای ترکیب کانیشناسی اولیه آراگونیتی بودهاند. دوکفهایها تقریباً در تمام محیطهای آبی شامل آب شیرین، نیمهشور و شور محیطهای ساحلی تا آبهای عمیق دریایی یافت میشوند اما بیشترین فراوانی در محیطهای دریایی کم عمق هستند. با افزایش عمق، صدف آنها نازکتر میشود که به آنها دوکفهایهای پلاژیک گفته میشود [۱۴].

۴. سیمان فیبری هم ضخامت

این سیمان متشکل از آراگونیت (بهطور تیپیک) با ضخامت ۱۰ تا ۲۰ میکرون است و از بلورهای کشیده که عمود بر سطح دانهها قرار گرفتهاند تشکیل شده است. هیچ سیمان کلسیتی با فابریک سوزنی در طبیعت وجود ندارد مگر اینکه آراگونیتی بوده است و بعد بهصورت مینیاتوری، ذره به ذره کلسیت بهجای آراگونیت نشسته و این فابریک حفظ شده است [۳۱]. زمانی که تبادل آب به سنگ کم بوده^۱ است و سیستم دیاژنتیکی بسته تا نیمهبسته است، تحت این شرایط سیمان فیبری میتواند حفظ شود [۳۱]. در اغلب لایههای سازند دالان، طی فرآیند دیاژنز بهدلیل پایداری کم آراگونیت به کلسیت کممنیزیم یا دولومیت تبدیل شده است. این سیمان در بسیاری موارد از نوع حاشیهای همضخامت است یعنی بلورهای آراگونیت ضخامت یکسانی در اطراف دانه دارند که از نشانههای محیط فراتیک دریایی است [۳۵] آرا آرات متابولیک وجود ندارد [۳۶].

۵. انحلال گسترده و تخلخل قالبی

مشاهدات زمین شناسی حاکی از این است که دانه های آراگونیتی زودتر از کلسیت کم منیزیم و کلسیت پرمنیزیم م حل می شوند و میزان انحلال کلسیت با افزایش محتوی منیزیم بیش تر می شود به طوری که وقتی مقدار منیزیم به ۱۲/۵٪ مول برسد میزان انحلال کلسیت با آراگونیت برابری می کند [۱۶]. انحلال یکی از مهم ترین فرآیندهای دیاژنتیکی مؤثر بر سازند دالان است که سبب تشکیل تخلخل های قالبی به ویژه در اائیدها (شکل ۵ E) و انحلال در امتداد استیلولیت ها (شکل ۵ F) شده است.

تخلخلهای قالبی معمولاً در سیستم دیاژنتیکی باز با تبادل آب به سنگ بیشتر صورت میگیرد. این بررسیها نشان میدهد که فرآیندهای دیاژنتیکی در سازند دالان تحت دو سیستم متفاوت دیاژنتیکی و تبادل آب به سنگ متغیر صورت گرفته است، از این رو، زمان تأثیر سیستمهای دیاژنتیکی کاملاً متفاوت بوده است (یعنی حفظ سیمان سوزنی یا فیبری هم ضخامت و ایجاد تخلخل قالبی).

ج) شواهد ژئوشیمیایی برای شناسایی ترکیب کانیشناسی اولیه

۱. بررسیهی ژئوشیمیایی آهکها



شکل A.A) اسپالد الئید. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)، B) ذرات الئیدی در یک رخساره گرینستون اائیدی به طور انتخابی دولومیتی شده اند. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)، C) تصویری از دو کفه ای بنتیک با پوسته ضخیم که کاملاً انحلال یافته و سپس به طور کامل با انیدریت پر شده است. کمربند رخساره الا لاگون (نور پلاریزه)، D) سیمان فیبری هم ضخامت در اطراف الئیدها و قطعات اینتراکلستی در رخسارهٔ الئیداینتراکلست گرینستون که آلوکمها دچار انحلال تأخیری شده اند ولی سیمان فیبری به دلیل ترکیب کانیوژی پایدار (تبدیل آراگونیت به کلسیت) در سیستمی بسته قبل از انحلال آلوکمها، دچار انحلال نشده است بنابراین فرآیندهایی چون انحلال و دولومیتی شدن تأثیری بر سیمان فیبری هم ضخامت ندارند، این موضوع نشان دهندهٔ بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)، E) انحلال ذرات الئیدی در رخسارهٔ گرینستون الئیدی سبب دولومیتی شدن تأثیری بر سیمان فیبری هم ضخامت ندارند، این موضوع نشان دهندهٔ بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)، E) انحلال ذرات الئیدی در رخسارهٔ گرینستون الئیدی سبب میجاد تخلخل قالبی الئیدی (Oomold) شده است. در مواردی که تخلخل های قالبی مجزا باشند فقط تخلخل ظاهری سنگ افزایش می یابد. میکریتی شدن برخی از الئیدها مانع از انحلال و ایجاد تخلخل قالبی شده است. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)، F) انحلال ذرات الئیدی در رخسارهٔ گرینستون الئیدی سبب منگ افزایش می یابد. میکریتی شدن برخی از الئیدها مانع از انحلال و ایجاد تخلخل هالبی شده است. کمربند کرینستون شده است که این حفرات با فرآیندهایی مانند استیلولیت به م مرتبط شده و سبب افزایش تراوایی و کیفیت مخزنی شده اند. کمربند رخساره ای پشته کربناته (نور معمولی)

No.	Formation	Depth (m)	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)		
١	Dalan	8.84	7,97	۳۷,۸۳	362	7777	۲۰۵	١٢		
۲	Dalan	2976	۰,۷۷	۳۹,۷۰	1.41	841	۲۰۵	75		
٣	Dalan	۳۲۸۶	4,•4	-	447	1888	114	١٠		
۴	Dalan	79 <i>5</i> V	1,71	-	76.7	891	-	77		
۵	Dalan	۳۲۳۰	۳,۰۷	۳۷,۹۳	1668	2202	۱۰۵	۶		
۶	Dalan	٣٢٢۴	۱,۰۲	377,77	-	340.	13.	۶		
۷	Dalan	۳۲۴۸	۴,۳۰	۳۳,۰۵	۴۰۸	7914	۶٩	۶		
٨	Dalan	۳۲۷۱	۰,۷۲	30,44	۵۲۸	١٠٣٧	٨٠	۴		

مقادیر عناصر اصلی و فرعی نمونههای کربناته بررسی شده در جدول ۲ ارائه شده است.
جدول ۲. تغییرات عناصر اصلی و فرعی به همراه مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین در نمونه های آهکی سازند دالان
در چاه شماره X

	Formation	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Max	Dalan	4,70	۳۹,۷۰	76.8	340.	۷۰۵	78
Min	Dalan	۲۲, ۰	۳۳,۰۵	368	841	۶٩	۴
Mean	Dalan	۲,۵۱	379,870	1777	2049	۳۸۷	۱۵

۱−۱. اسسترانسيوم (Sr)

میزان Sr نمونههای کل کربناته ^۱ مناطق حارهای عهد حاضر بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ پیپیام در تغییر است [۳۷]. این مقدار در نمونههای کل کربناته مناطق معتدل بین ۱۶۴۲ تا ۵۰۰۷ پیپیام (بهطور متوسط ۳۲۷۰ پیپیام) است [۳۹]، [۳۸]. مقدار Sr در آراگونیت بیشتر از کلسیت است زیرا کاتیونهایی که بزرگتر از Ca هستند (نظیر Na, (Sr)، ترجیحاً در شبکه ساختمانی باز اورترومبیک آراگونیت جای می گیرند [۴۰]، [۴۱]. بنابراین مقدار Sr با افزایش میزان آراگونیت و کاهش عمق آب افزایش و با افزایش میزان کلسیت کاهش مییابد [۳۸]. حداکثر مقدار Sr که میتواند در شبکهٔ کلسیت غیربیوتیک وارد شود معمولاً ۱۰۰۰ پیپیام است [۴۰]. وجود مقادیر بیش از این مقدار در شبکه کلسیت نشاندهندهٔ تأثیر کم فرآیندهای دیاژنتیکی و به ارث رسیدن مقداری از این استرانسیوم از کانی اولیه آراگونیتی به کلسیت است. بهطورکلی کانیشناسی اولیه میتواند بهعنوان یک فاکتور کنترل کننده Sr و Mn در رسوبات باشد بهطوریکه در آراگونیت معمولاً میزان Sr زیاد و میزان Mn اندک است [۴۲].

ارزیابی نتایج حاصل از بررسیهای آهکهای سازند دالان بیان گر آن است که مقادیر Sr بین ۳۶۸ تا ۲۴۰۸ پیپیام (میانگین ۱۳۸۸ پیپیام) در تغییر است. میزان زیاد استرانسیوم در این کربناتها میتواند بهدلیل ترکیب کانیشناسی اولیه آراگونیتی این کربناتها باشد.

(Na) سديم. (Na)

آراگونیت غیربیوتیک دارای سدیم بیشتری (حدود ۲۷۰۰ پی پی ام) نسبت به کلسیت غیربیوتیک (حدود ۲۷۰ پیپیام) است [۱]، [۴۰]. مقادیر Na در سنگ آهکهای آراگونیتی غیربیوتیک حارهای عهد حاضر بین ۱۵۰۰ تا ۲۷۰۰ پیپیام (میانگین ۲۵۰۰ پیپیام) در تغییر است، در حالیکه در کلسیتهای کممنیزیم غیر بیوتیک نواحی معتدل تمرکز 1. Bulk carbonate Na حدود ۲۷۰ پیپیام است [۴۳]، [۳۷]، [۳۸]. تمرکز Na در رسوبات کربناته به درجهٔ شوری، تفریق بیولوژیکی، اثرات جنبشی، ترکیب کانیشناسی و عمق آب بستگی دارد [۴۱]، [۳۸]. مقدار Na با افزایش درصد آراگونیت، شوری و عمق آب افزایش مییابد. Na ضریب توزیع^۱ کمتر از یک دارد و در آبهای متئوریکی دارای تمرکز کمی است از این رو، در سنگهای کربناتهای که تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنز متئوریکی قرار می گیرند مقادیر سدیم اندک است [۱].

مقادیر Na در نمونههای آهکی سازند دالان بین ۶۴۸ تا ۳۴۵۰ پیپیام (میانگین ۲۰۴۹ پیپیام) است. میزان زیاد Na در کربناتهای سازند دالان به زیاد بودن شوری محیط قدیمه و کانیشناسی اولیه آراگونیتی نسبت داده میشود.

(Mn) منگنز (Mn)

مقادیر Mn در سنگهای آهکی سازند دالان بین ۴ تا ۲۶ پیپیام (میانگین ۱۵ پیپیام) در تغییر است. کربناتهای آراگونیتی واقع در دریاهای گرم و کمعمق دارای Mn اندکی (کمتر از ۲۰ پیپیام) هستند، در حالی که مقدار Mn در نمونههای کل کربناته مناطق معتدله عهد حاضر بیشتر از ۳۰۰ پیپیام است [۳۸]. مقادیر منگنز با افزایش تأثیر دیاژنز متئوریکی افزایش مییابد [۴۴]، [۴۵]، زیرا ضریب توزیع Mn حدود ۱۵ است و در آبهای متئوریکی تمرکز بسیار زیادی دارد [۴۶]. بنابراین فراوانی بالای Mn را در نمونههای کربناته میتوان به دیاژنز متئوریکی نسبت داد. افزایش سرعت رسوب گذاری [۴۷]، [۴۸]، شرایط اکسیدان [۴۶]، عدم دیاژنز متئوریکی و وجود ترکیب کانیشناسی آراگونیتی اسرعت رسوب گذاری [۴۷]، [۴۸]، شرایط اکسیدان [۴۶]، عدم دیاژنز متئوریکی و وجود ترکیب کانیشناسی آراگونیتی باشد اسرعت رسوب گذاری ۲۵]، میشود. دامنه کم تغییرات Mn میتواند حاکی از کانیشناسی اولیه آراگونیتی باشد [۱]. در شکل ۶ مقادیر Mn در برابر مقادیر Sr ترسیم شده است. و در شکل ۷ مقادیر Mn در برابر مقادیر Mn ترسیم

Fe). آهن (Fe)

مقادیر آهن در سنگ آهکهای سازند دالان بین ۶۹ تا ۲۰۵ پیپیام (میانگین ۳۸۷ پیپیام) در تغییر است. اطلاعات بسیار کمی در مورد مقدار آهن موجود در کربناتهای دریایی کمعمق آراگونیتی آبهای گرم عهد حاضر موجود است. در شکل ۸ مقادیر ^{۲+} Mn در برابر ^{۲+} Fe برای نمونههای آهکی سازند دالان ترسیم شده است. چنان که ملاحظه میشود ارتباط این دو عنصر بهصورت روند خطی افزایشی با شیب مثبت نشان داده میشود، این بدین معنی است که با افزایش تأثیر دیاژنز متئوریک مقادیر ^{۲+} Fe با افزایش مقادیر^{۲+} Mn افزایش مییابد. دیاژنز متئوریک و شرایط احیایی باعث افزایش مقدار آهن و منگنز میشود. دگرسانی دیاژنتیکی باعث افزایش مقادیر ^{۲+} Fe و ^{۲+} Mn در کلسیت میشود، زیرا این عناصر در شرایط احیایی قابل حل هستند [۵].



شکل ۶. تغییرات مقادیر Mn در برابر مقادیر Sr در نمونههای آهکی سازند دالان. محدوده سازند دالان با محدوده سنگهای آهکی مزدوران مربوط به بخش کم عمق حوضه [۳۱] و سنگ آهکهای گوردون تاسمانیا [۴۹]، نمونههای آهکی سازند کنگان در میدان گازی پارس جنوبی [۳]، نمونههای آهکی سازند کنگان [۴]، کربناتهای سازند ایلام [۲۰] و کربناتهای سازند فهلیان [۵۰] مقایسه شده است. نمونههای آهکی سازند دالان در محدوده نمونههای آراگونیتی مزدوران و سنگآهکهای گوردون تاسمانیا و کربناتهای سازند کنگان، ایلام و فهلیان با ترکیب کانیشناسی اولیه آراگونیتی قرار گرفته است. کاهش مقادیر Mn در نمونههای آهکی سازند دالان در ارتباط با بسته

(Mn) نسبت استرانسیوم به منگنز (Sr/Mn) در برابر منگنز (Mn)

بترست [۵۲] درسال ۱۹۷۵ پیشنهاد کرده است که دیاژنز در سنگهای آهکی فرآیندی انحلال مرطوب^۱ و تهنشست مجدد است. دراثر انحلال آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد نیمه پایدار و تبدیل آنها به کلسیت کم منیزیم پایدار، مقادیر Sr کاهش یافته و بالعکس تمرکز Mn افزایش خواهد یافت. این فرآیند در سطح زمین و با نفوذ آبهای متئوریکی به مقدار زیادی تسهیل میشود [۴۵]، [۵۳] و باعث کم شدن نسبت Mn میشود [۱]. بنابراین از ترسیم نسبت Sr/Mn درمقابل Mn میتوان بهعنوان معیاری مفید برای تخمین میزان انحلال آهکها استفاده کرد [۴۹]. در این نمودار مقادیر نسبتاً زیاد Sr/Mn حاکی از سیستم دیاژنتیکی بسته^۲ برای کربناتهای سازند دالان است (شکل ۹).

^{1.} Wet dissolution

^{2.} Closed diagenetic system



شکل ۷. تغییرات مقادیر Mn در برابر مقادیر Na در نمونههای آهکی سازند دالان. در این شکل محدودهٔ سازند دالان با محدودههای ارائه شده برای سنگهای آهکی مزدوران مربوط به بخش کم عمق حوضه [۳۱] و سنگ آهکهای گوردون تاسمانیا [۴۹]، نمونه های اهکی سازند کنگان در میدان گازی پارس جنوبی [۳]، کربناتهای سازند فهلیان [۵۰] و نمونههای آهکی سازند کنگان [۴] مقایسه شده است. نمونههای آهکی سازند دالان در محدوده نمونههای آراگونیتی مزدوران، سنگ آهکهای گوردون تاسمانیا و نمونههای آهکی سازند کنگان و فهلیان با ترکیب کانیشناسی اولیه آراگونیتی و نیز بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است کانیشناسی اولیه آراگونیتی و نیز بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است



شکل ۸. ترسیم مقادیر Mn در برابر Fe برای نمونههای آهکی سازند دالان. چنانکه مشاهده میشود ارتباط این دو عنصر بهصورت روند خطی افزایش با شیب مثبت نشان داده میشود. این بدین معنی است که با افزایش تأثیر دیاژنز مقادیر آهن و منگنز نیز افزایش مییابد

-۹. نسبت استرانسیوم به کلسیم (Sr/Ca) در برابر منگنز (Mn)

از روی نسبت Sr/Ca در برابر Mn، روند دیاژنز در سیستمهای بسته و باز قابل تعیین است. روندهای دیاژنتیکی برای آراگونیت (Ar)، کلسیت با منیزیم زیاد (HMC) و کلسیت کممنیزیم (LMC) که بهوسیلهٔ آبهای متئوریکی تثبیت شدهاند در شکل ۱۰ نشان داده شده است [۵۴]. برخی محققان عقیده دارند که نسبت Mg/Ca و Sr/Ca در کربناتهای بیوژنیکی با درجه حرارت قدیمه نیز انطباق دارد [۵۵]، [۵۶].

در سیستم دیاژنزی باز با افزایش تبادلات آب به سنگ^۱ میزان Sr/Ca کاهش یافته و در نتیجه میزان Sr/Ca فعل و فازهای دیاژنزی کمتر از ترکیبات اولیه خواهد بود. درحالی که در سیستمهای دیاژنتیکی بسته تا نیمهبسته^۲ فعل و انفعالات آب و سنگ کم است از این رو، نسبت Sr/Ca فازهای دیاژنزی تغییرات محسوسی نسبت به ترکیبات اولیه نخواهد داشت. به طورکلی کاهش منگنز در کلسیت دیاژنتیکی نشان گر بسته بودن سیستم دیاژنتیکی است [۵۵]، و افزایش منگنز نشاندهندهٔ باز بودن سیستم دیاژنتیکی و تأثیر آبهای احیاکننده است. به طورکلی از روی تمرکز عناصر فرعی در کربناتها می توان به درجهٔ دگرسانی دیاژنتیکی آنها پی برد.

در شکل ۱۰ مقادیر Sr/Ca در مقابل مقادیر Mn برای نمونههای آهکی سازند دالان ترسیم شده است. در نمونههای آهکی سازند دالان بهدلیل زیاد بودن مقادیر Sr/Ca و کم بودن مقادیر منگنز، چنین بهنظر میرسد که این نمونهها تحت تأثیر دیاژنز متئوریک در یک سیستم دیاژنتیکی بسته قرار گرفتهاند.



شکل ۹. تغییرات Mn در برابر Sr/Mn در نمونههای آهکی سازند دالان. در این شکل محدوده سازند دالان با محدودههای ارائه شده برای سنگهای آهکی مزدوران مربوط به بخش کم عمق حوضه [۳۱] آهکهای آراگونیتی گوردون تاسمانیا [۴۵] و کربنات های سازند فهلیان و ایلام مقایسه شده است. مقادیر بالای Sr/Mn در مقابل Mn حاکی از سیستم دیاژنتیکی بسته است

- 1. Water/rock interaction
- 2. closed and semi-closed diagenetic system



شکل ۱۰. تغییرات مقادیر Mn در مقابل Sr/Ca در نمونههای آهکی سازند دالان. با توجه به محدودههای ترسیم شده بهوسیلهٔ براند و وایزر [۵۴]، برای روند دیاژنتیک آراگونیت (A)، کلسیت پرمنیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC)، نمونههای سازند دالان عمدتا تحت تأثیر دیاژنز متئوریک در یک سیستم دیاژنتیکی بسته قرار گرفتهاند

۲. مطالعات ژئوشیمیایی دولومیتها

با تعیین مقادیر عناصر اصلی (Ca, Mg) و فرعی (Na, Sr, Fe, Mn) و ترکیب ایزوتوپی در دولومیتها میتوان اطلاعات باارزشی در خصوص منشأ دولومیت، زمان تشکیل، ترکیب سیالات دولومیت ساز، مدل دولومیتیشدن و روند دیاژنز بهدست آورد [۵۸]، [۵۹].

۲-۱. عناصراصلی

تمرکز کلسیم و منیزیم در دولومیتها به نسبت Mg/Ca در سیالات بستگی دارد [۶۰]. در نمونههای دولومیتی سازند دالان مقدار کلسیم بهطور میانگین بین ۳۰ درصد و مقدار منیزیم بین ۶/۳۲ تا ۸/۴۵ (بهطور میانگین ۲/۴ درصد) در تغییر است (جدول ۳). در سنگهای آهکی و دولومیتی تغییرات کلسیم و منیزیم رابطهٔ معکوس دارد و این بهدلیل جانشینی بخشی از کلسیم بهوسیلهٔ منیزیم در کربناتهای دولومیتی است.

۲-۲. عناصر فرعی

۲-۲-۱. سدیم (Na): مقدار سدیم در نمونههای دولومیتی توالی بررسی شده بین ۶۴۰ تا ۳۵۳۲ پیپیام در تغییر است (جدول ۳). تغییرات سدیم در دولومیتهای دریایی با شوری نرمال بین ۱۱۰ تا ۱۶۰ پیپیام است [۴۰]. ترسیم مقادیر (جدول ۳). تغییرات سدیم در دولومیتهای دریایی با شوری نرمال بین ۱۱۰ تا ۱۶۰ پیپیام است [۴۰]. ترسیم مقادیر Na در مقابل Mg حاکی از افزایش سدیم با افزایش منیزیم است (شکل ۱۲). مقادیر زیاد سدیم در نمونههای سازند دالان در ارتباط با شوری بالای سیالات دولومیت ساز بوده است.

۲-۲-۲-۲. استرانسیوم (Sr): مقدار استرانسیوم در نمونههای دولومیتی توالی بررسی شده بین ۲۰۸ تا ۲۸۸۸ پیپیام است (جدول ۳). ترسیم مقادیر Mg در مقابل Sr نشان میدهد که با افزایش مقادیر منیزیم، مقدار استرانسیوم کاهش مییابد (شکل ۱۳). Sr بهدلیل تشابه یونی با Ca، معمولا بهجای Ca در شبکه دولومیتها مینشیند و از آنجاکه مقدار Ca در دولومیتها نصف کلسیت است، از این رو، مقدار Sr در دولومیتها نصف کلسیت است [۱]. زیاد بودن مقدار استرانسیوم در نمونههای دولومیت سازند دالان احتمالاً بهدلیل غیراستوکیومتری یا غیرایدهآل بودن این دولومیتهاست زیرا براساس بررسیهای انجام شده مقدار استرانسیوم در دولومیتها با افزایش استوکیومتری بودن دولومیتها کاهش مییابد [۶۱]، و یا بهدلیل ترکیب کانیشناسی اولیه آراگونیتی آهکهایی است که بعداً دولومیتی شدهاند [۱۸].

No.	Formation	Depth (m)	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
٩	Dalan	۳۱۰۸	۶,۸۱	51,67	۲۸۸	١٨٣٨	٧٣٩	۵۹
۱٠	Dalan	۳۳۰۶	٧,٣۶	59,5	-	۱۸۳۸	۱۵۵	14
11	Dalan	WIVT	۸,۰۵	۲۹,۷۰	4.7	۷۲۳	78 4	74
١٢	Dalan	٣٢٩٢	۶,۳۲	۳۴,۳۰	۶۸۸	-	788	18
۱۳	Dalan	۲۹۹۰	٨,•٧	۳۴,۳۰	۲۸۸	1018	۵۳۳	78
14	Dalan	5.19	۷,۶۰	۲۸,۰۷	١٠٨٨	2042	۶۰۳	74
۱۵	Dalan	3109	۷,۵۱	26,00	١٢٨٨	1107	۱۷۸	75
18	Dalan	2982	۷,۸۰	۲۳,۷۱	247	37767	1744	۳۵
۱۷	Dalan	۳۱۴۲	-	-	۲۰۸	۳۲۸۷	١٢٩٩	٢
۱۸	Dalan	8188	٧,٧٠	۲۱,۶۰	4.7	٨٩٧	۳۵۰	۲۸
۱۹	Dalan	۳۰۲۲	٧,٩١	20,66	1.47	١١٢٢	478	۳۹
۲۰	Dalan	۳۰۸۵	٧,٧٠	۲۳,۷۰	۱۰۰۸	1.41	۲۴۱	۵۳
۲۱	Dalan	31.5	٨	30,66	777	2028	408	۳۹
۲۲	Dalan	5100	٧,٨٣	۲۵,۰۲	1.47	2702	۵۶۹	۳۷
۲۳	Dalan	۳۰۲۸	۸,۴۵	٣١,٩١	222	۷۴۵	۲۷۳	۶
24	Dalan	5.62	٨,١٥	78	777	987	٩٠٩	۵١
۲۵	Dalan	۳۰۸۸	۸,۳۶	۳۰٫۸۰	۵۶۸	4944	888	۲۸
28	Dalan	5125	-	۳٩,٠۴	-	84.	٩٢	۶
۲۷	Dalan	426.	٧,٢٧	۳۲,۳۰	7777	771.	٨٢	14
۲۸	Dalan	4714	۸,۲۶	84,41	222	4171	۱۰۱	۱۸
29	Dalan	4	٨,٠۵	87,79	1088	1091	481	۲۸
۳۰	Dalan	TIIV	٨	۲۷,۹۰	222	2772	408	78
۳۱	Dalan	٣٠٩٩	٧,٩٠	20,04	222	1498	۳۴۳۵	۵۵
۳۲	Dalan	T1TY	٧,٩۶	79,84	4.4	1.17	۶۰۳	۳۷
۳۳	Dalan	۳۲۹۶	۵,۹۹	-	1477	1877	٩٨	١٠
34	Dalan	۳۰۳۸	۷,۷۱	74,90	۶۸۸	7197	۵۷۶	۲۲
۳۵	Dalan	2901	٧,۶۶	77,40	۳۲۸	۳۲۲۹	١١٧٢	۳۹
۳۶	Dalan	۳۲۲۰	۵,۵۱	۳۳,۴۰	1848	٩٩٠	٨٠	٨
۳۷	Dalan	2122	۷,۸۸	۲۳,۴۰	4.4	۵۸۴۳	497	۴۷
۳۸	Dalan	۳۱۳۰	۷,1۶	۲۵٫۸۰	7777	۵۳۵	241	18
۳٩	Dalan	8122	٧,٧٣	77,84	788	١٨٣٠	410	78
	Formation	Mg	Ca	Sr	Ň	la	Fe	Mn

جدول ۳. تغییرات عناصر اصلی و فرعی بههمراه مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین در نمونههای دولومیتی سازند دالان در چاه شماره X

	Formation	Mg (%)	Ca (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Max	Dalan	۸,۴۵	39,08	7777	4171	37973	۵۹
Min	Dalan	۵,۵۱	51,68	۲۰۸	۵۳۵	٨٠	٢
Mean	Dalan	۶,۹۸	۳۰,۲۴	1044	7881	١٧٥٧	۵, ۳۰

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2025-05-20]



شکل ۱۲. ترسیم مقادیر Mg در مقابل Na در نمونههای دولومیتی سازند دالان. روند افزایشی و ارتباط مثبت این دو عنصر قابل توجه است. زیاد بودن میزان سدیم در این نمونهها احتمالاً بهدلیل شوری زیاد سیالات دولومیتساز و نیز تأثیر کم دیاژنز غیردریایی روی این نمونهها است



شکل ۱۳. ترسیم مقادیر Mg در مقابل Sr در نمونههای دولومیتی سازند دالان. بهدلیل این که استرانسیوم در شبکه بلوری دولومیت بهجای کلسیم جایگزین میشود، مقادیر Sr با افزایش مقدار Mg کاهش مییابد و ارتباط این دو عنصر بهصورت روند منفی است

۲-۲-۳. آهن و منگنز: مقادیر آهن در نمونههای دولومیتی سازند دالان بین ۸۰ تا ۳۴۳۵ پیپیام و مقادیر منگنز بین ۲ تا ۵۹ پیپیام در تغییر است (جدول ۳). تمرکز آهن و منگنز به شرایط احیایی حاکم بر محیط بستگی دارد به طوری که مقادیر آهن و منیزیم در دولومیتهای اولیه نزدیک سطح به دلیل شرایط اکسیداسیونی نسبت به دولومیتهای تدفینی که مقادیر آهن و منیزیم در مولومیتهای اولیه نزدیک سطح به دلیل شرایط اکسیداسیونی نسبت به دولومیتهای که مقادیر آهن و منیزیم در دولومیتهای اولیه نزدیک سطح به دلیل شرایط اکسیداسیونی نسبت به دولومیتهای که مقادیر آهن و منیزیم در دولومیتهای اولیه نزدیک سطح به دلیل شرایط اکسیداسیونی نسبت به دولومیتهای می مقادیر آلا ای این ایس ۲۰۱۰ (۱۹۰). ترسیم مقادیر Mg در مقابل مدونینی که در شرایط احیایی تشگیل می شوند کم تر است [۱۹]، [۱۸]، [۱۶] شکل (۱۴). ترسیم مقادیر Mg در مقابل Mn در نمونههای دولومیتی سازند دالان روندی افزایشی با شیب مثبت را نشان می دهد (شکل ۱۵). هم چنین ترسیم مقادیر Mn در نمونههای دولومیتی حاکی از دان می دهد (شکل ۱۵). هم چنین ترسیم مقادیر Mn در نمونههای دولومیتی سازند دالان روندی افزایشی با شیب مثبت را نشان می دهد (شکل ۱۵). هم چنین ترسیم مقادیر Mn در نمونههای دولومیتی سازند دالان روندی افزایشی با شیب مثبت را نشان می دهد (شکل ۱۵). هم چنین ترسیم مقادیر Mn در برابر Fe روندی خطی با شیب مثبت را نشان می دهد (شکل ۱۵). این روند افزایشی حاکی از دگرسانی مقادیر ماه دولومیتها به وسیلهٔ سیالات دیاژنتیکی است.

علوم زمین خوارزمی (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)



شکل ۱۴. ترسیم مقادیر Mg در مقابل Fe در نمونههای دولومیتی سازند دالان. با افزایش مقادیر منیزیم مقادیر آهن نیز افزایش مییابد که این امر بهدلیل جانشینی یونهای آهن بهجای منیزیم در شبکه بلوری دولومیت است



شکل ۱۵. ترسیم مقادیر Mg در مقابل Mn در نمونههای دولومیتی سازند دالان. کم بودن مقدار منگنز در نمونههای دولومیتی سازند دالان نشاندهندهٔ شرایط اکسیدان در محیط تشکیل دولومیتها است



شکل ۱۶. ترسیم مقادیر Mn در مقابل Fe در نمونههای دولومیتی سازند دالان. چنان که مشاهده می شود ار تباط این دو عنصر بهصورت روند خطی افزایشی با شیب مثبت نشان داده می شود. این بدین معنی است که با افزایش دگرسانی بهوسیلهٔ سیالات دیاژنتیکی، مقادیر Fe و Mn افزایش می یابد

نتيجهگيرى

سازند دالان به سن پرمین در چاه شمارهٔ X به ضخامت ۳۷۰ متر دارای لیتولوژی غالب آهک و دولومیت است. با بررسی مقاطع نازک تعداد ۱۸ ریزرخساره مربوط به زیرمحیطهای پهنه جزر و مدی، لاگون، پشته کربناته و دریای باز شناسایی شده است که نشان میدهد این سازند در یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است.

رخسارههای دولومادستون با فابریک فنسترال، بایندستون استروماتولیتی با فابریک فنسترال، پلوئیدال اینتراکلست مادستون/وکستون، دولومادستون با بلورها و قالبهای پراکنده انیدریت، دولومادستون با ندولهای انیدریت، انیدریت متبلور (لایهای) در کمربند رخسارهای پهنه جزر و مدی تشکیل شدهاند. رخسارههای مادستون بایوکلاستدار، مادستون/ وکستون بایوکلاستی دارای آشفتگی زیستی، آنکوئید پکستون، گرینستون جلبکی، بایوکلاست پکستون، پلوئیدال وکستون/ پکستون در کمربند رخسارهای لاگون تشکیل شدهاند. رخسارههای پلوئید اائید گرینستون، پلوئیدال ائید اینتراکلست گرینستون، اینتراکلست بایوکلاست گرینستون در کمربند رخسارهای پشته کربناته نهشته شدهاند. رخسارههای بایوکلاست پکستون/وکستون و بایوکلاست گرینستون در کمربند رخسارهای پشته کربناته نهشته شدهاند.

بر اساس پژوهشهای پتروگرافی با توجه بهوجود تخلخل قالبی زیاد، فراوانی بالای دوکفهایها، دولومیتی شدن انتخابی، وجود اسپالد اائید، وجود سیمان ایزوپک دریایی و انحلال گسترده ترکیب کانی شناسی اولیهٔ این سازندها آراگونیتی تعیین شده است.

نتایج حاصل از بررسی عناصر اصلی و فرعی و نسبت این عناصر در نمونههای آهکی سازند دالان، نشاندهندهٔ ترکیب کانیشناسی اولیهٔ آراگونیتی در یک آب و هوای حارهای و عمق کم تهنشست است. مقایسهٔ نمونههای آهکی با محدودههای ارائه شده برای آراگونیتهای گوردن تاسمانیا، آهکهای آراگونیتی مزدوران و محدودههای ترسیم شده برای سازندهای فهلیان و ایلام و کنگان و با توجه به قرارگیری نمونهها در این محدودهها تأییدی بر کانیشناسی اولیه آراگونیتی است. بررسی تغییرات مقادیر Mn در مقابل Sr/Ca در نمونههای آهکی سازند دالان با توجه به محدودههای ترسیم شده براند و وایزر (۱۹۸۰)، برای روند دیاژنتیک آراگونیت (Ar)، کلسیت پرمنیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC)، بیان گر این است که نمونههای میکریتی سازند دالان تحت تأثیر دیاژنز متئوریک در یک سیستم دیاژنتیکی بسته قرار گرفتهاند. زیاد بودن مقادیر استرانسیم و سدیم، کم بودن مقادیر منگنز، مقادیر زیاد Sr/Mn در نمونههای آهکی تأییدی بر محیط بسته دیاژنزی و کانیشناسی اولیه آراگونیتی است.

بررسی ژئوشیمیایی دولومیتهای سازند دالان نشان میدهد که مقادیر Fe, Mn, Mg در نمونههای دولومیتی بیشتر از نمونههای آهکی است، در حالی که مقادیر Ca, Sr, Na در نمونههای آهکی بیشتر از نمونههای دولومیتی است که دلیل آن جانشینی ترجیحی عناصر آهن و منگنز بهجای منیزیم در شبکه بلوری دولومیت و جانشینی ترجیحی عناصر سدیم و استرانسیوم بهجای کلسیم در شبکه بلوری آراگونیت است. از این روش میتوان برای تفکیک نمونههای آهکی از دولومیتی استفاده کرد.

جلد ۲، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵

بهطورکلی تعیین کانیشناسی اولیه از لحاظ تعیین کیفیت مخزنی و تأثیرات دیاژنتیکی اهمیت بسیار دارد. از لحاظ تأثیر بر کیفیت مخزنی و پدیده های دیاژنتیکی با ایجاد تخلخل ثانویه سبب بهبود کیفیت مخزنی میشود. زیرا زمانی که کانیشناسی اولیه سازند کلسیت باشد در این حالت تخلخل ثانویه وجود ندارد و تخلخل اولیه است.

منابع

۱. آدابی م.ح.، "ژئوشیمی رسوبی"، انتشارات آرین زمین، چاپ دوم (۱۳۹۰) ۵۰۴. ۲. مطیعی ه.، "زمینشناسی ایران، زمینشناسی نفت زاگرس ۱ و ۲"، انتشارات سازمان زمینشناسی کشور (۱۳۷۴) ۱۰۰۹. ۳. خدایی نواب، "ژئوشیمی و دیاژنز سازند کنگان در میدان پارس جنوبی"، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۸۵).

۴. احمدی ناهید، "محیط رسوبی، دیاژنز و ژئوشیمی سازندهای دالان بالایی و کنگان در میدان گازی لاوان "، حوضهٔ خلیج فارس، پایاننامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۹۰).

- Konyuhov A.I., Maleki B., "The Persian Gulf Basin: Geological history, sedimentary formations, and petroleum potential", Lithology and Mineralogy Resources, Russia, 4 (2006) 334-361.
- 6. Kashfi M.S., "Greater Persian Gulf Permian-Triassic stratigraphic nomenclature requires study", Oil Gas Journal, Tulsa, 6 (2000) 36-44.
- Aali J., Rahimpour-Bonaband H., Kamali M.R., "Geochemistry and origin of the world largest gas field from Persian Gulf, Iran", Journal of Pertoleum of Science and Engineering, 50 (2006) 161-175.
- Kelemme H.D., "Oil and gas maps and sections of the Arabian-Iranian basin", U.S. Geological Survey Open-File Report: 84/0353 (1984).
- Szabo F., Kheradpir A., "Permian and Triassic Stratigraphy, Zagros Basin, southwest Iran", Journal of Petroleum Geology, 1 (1978) 57-82.
- Marro E., Virgone A., "The Permian-Triassic boundary characterization in Persian Gulf, Iran", Unpublished Report of TOTAL (1999).
- 11. Rouyer S., Masse P., "Sedimentology and bio-stratigraphy of two Permo-Triassic sections (Kangan/Dalan Formations) Zagros, Iran", Unpublished Report of TOTAL (2002).
- Dickson J.A.D., "A modified staining technique for carbonate in thin section, Nature (1965) 205: 587.
- 13. Dunham R.J., "Classification of carbonate rocks according to depositional texture", American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1 (1962) 108-121.
- Flugel E., "Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application", Springer Verlag, New York (2010) 996.

- Gaumet F., Van Buchem F.S., Baghbani D., Keyvani F., Ashrafzadeh R., Bahrami H., and Assilian H., "Sequence startigraphy of the Jurassic and Lower Cretaceous in the Dezful Embayment (Southwest Iran)", NIOC-IFP joint research project, Geological Report, 2139 (2005) 79.
- Tucker M.E., Wright V.P., "Carbonate Sedimentology. Oxford, Blackwell Scientific Publications (1990) 404.
- Ahmad A.H.M., Bhat G.M., Azim Khan M.H., "Depositional environments and diagenesis of the Kuldhar and Keera Dome carbonates (Late Bathonain-Early Callovian) of Western India", Journal of Asian Earth Sciences, 27 (2006) 765-778.
- Adabi M.H., "Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, N.E.Iran", Carbonates and Evaporites, 24 (2009) 16-32.
- Warren J.K., "Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations", Earth Science Reviews, 52 (2000) 1-81.
- 20. Adabi M.H., Asadi E., "Mehmandosti.Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-e- Rashid area, Izeh", S.W. Iran: Journal of Asian Earth Sciences, 33 (2008) 267-277.
- Sibley D.F., Gregg J.M., "Classification of dolomite rock texture", Journal of Sedimentary Petrology, 57(1987) 967-975.
- 22. Wilson J.L., "Carbonate Facies in Geologic History", New York, Springer-Verlag (1975) 471.
- 23. Asadi E., Adabi M.H., "Application of geochemical data as evidence of water-rock interaction in the Sarvak Formation, Izeh Zone, Zargros, Iran", Procedia Earth and Planetary Science, 7 (2013) 31-35.
- 24. Elrick M., Read J., "Cyclic ramp to basin carbonate deposites, Lower Mississipian", Wyoming and Montana, Journal of Sedimentary Petrology, 61 (1991) 1194-1224.
- 25. Vaziri-Moghaddam H.M., Kimiagari, Taheri A., "Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligocene-Miocene Asmari Formation in SW Iran", Lali Area: Facies, 52 (2006) 41-51.
- Rahimpour-Bonab H., Asadi-Eskandar A., Sonei R., "Effect of Permian-Triassic boundary on reservior characterices of the South Pars gas field, Persian Gulf", Journal of Geology, 44 (2009) 341-364.

- Heydari E., Arzani N., Hassanzadeh J., "Reply to comment on Mantle Plume: the invisible serial killer-Application to the Permian-Triassic boundary mass extinction", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (2009) 147-162.
- Burchette T.P., Wright V.P., "Carbonate ramp depositional systems", Sedimentary Geology, 79 (1992) 3-57.
- Martini R., Cirilli S., Saurer C., Abate B., Ferruzza G., Lo Cicero G., "Depositional environment and biofacies characterization of the Triassic (Carnian to Rhaetian) carbonate succession of Punta Bassano (Marettimo Island, Sicily)", Facies, 53 (2007) 390-400.
- 30. Ahmad A.H.M., Bhat G.M., Azim Khan M.H., "Depositional environments and diagenesis of the Kuldhar and Keera Dome carbonates (Late Bathonain-Early Callovian) of Western India", Journal of Asian Earth Science, 27 (2006) 765-778.
- Adabi M.H., Rao C.P., "Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonate (Mozduran Formation) Sarakhs area, Iran", Sedimentary Geology, 72 (1991) 253-267.
- MacNeil A.J., Jones B., "Dolomitization of the Pedro castle Formation (Pliocene), Cayman Brac, British West Indies", Journal of Sedimentary Geology, 164 (2003) 219-238.
- 33. Mackenzie J.A., "Holocene dolomitization of calcium carbonate sediments from the coastal sabkhas, Abu Dhabi", UAE: a stable isotope study: Journal of Geology, 89 (1981) 185-198.
- Rahimpour-Bonab H., Esrafili-Dizaji B., Tavakoli V., "Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars Gasfield, offshore Iran: controls on reservoir quality", Petroleum Geology, 33 (2010) 1-24.
- Moore C.H., "Carbonate Reservoirs: Porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework", Development in Sedimentology, Amsterdam (Elsevier), 55 (2001) 460.
- Richter D.K., Neuser R.D., Schreuer J., Gies H., Immenhauser A., "Radiaxial-Fibrous calcites: A new look at an old problem. Sedimentary Geology", Doi: 10.1016/j, sedgeo, 2011.06.003 (2011) 1-14.
- Milliman J.D., "Marine Carbonates Recent Sedimentary Carbonates", Part 1, Springer-Verlag, Berlin (1974) 375.
- 38. Rao C.P., Adabi M.H., "Carbonate minerals, major and minor elements and oxygen and carbon isotopes and their variation with water depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania", Australia, Marine Geology, 103 (1992) 249-272.

- Rao C.P., Amini Z.Z., "Faunal relationship to grain-size, mineralogy and geochemistry in recent temperate shelf carbonates, western Tasmania", Australia: Carbonates and Evaporites, 10 (1995) 114-123.
- Veizer J., "Trace elements and stable isotopes in sedimentary carbonates: In Reeder, R.J., (ed.), Carbonates: Mineralogy and Chemistry", Reviews in Mineralogy, Blacksburg, 11 (1983) 265-299.
- 41. Morrison J.O., Brand U., "Geochemistry of Recent marine invertebrates: Geoscience Canada, 13 (1986) 237-254.
- 42. Cantrell D.L., "Cortical fabrics of Upper Jurassic ooid, Arab Formation, Saudi Arabia: Implication for original carbonate mineralogy", Sedimentary Geology, 186 (2006) 157-170.
- 43. Land L.S., Hoops G.K., "Sodium in carbonate sediments and rocks: Apossible index to salinity of diagenetic solution", Journal of Sedimentary Petrology, 43 (1973) 614-617.
- 44. Brand U., Veizer J., "Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system", II: stable isotopes, Journal of Sedimentary Petrology, 51 (1980) 987-997.
- 45. Rao C.P., "Geochemical characteristics of cool-temperate carbonates", Tasmania, Australia, Carbonates and Evaporites, 5 (1990) 209-221.
- 46. Pingitore N.E., "The behavior of Zn and Mn during carbonate diagenesis theory and application", Journal of Petroleum Geology, 48 (1978) 799- 814.
- 47. Pingitore N.E., Eastman M.P., Sandidge M., Oden K., Freiha B., "The coprecipitation of manganese (II) with calcite", an experimental study: Marine. Chemistry, 25 (1988) 107-120.
- 48. Mucci A., "Manganese uptake during calcite precipitation from seawater: conditions leading to the formation of a pseudokatnahorite: Geochemical at Cosmochemical", Acta, 52 (1988) 1859-1868.
- 49. Rao C.P., "Geochemical differences between subtropical (Ordovician), temprate (Recent and Pleistocene) and subpolar (Permian) carbonates", Tasmania, Australia: Carbonates and Evaporites, 10 (1991) 114-123.
- 50. Adabi M.H., Salehi M.A., Ghobeishavi A., "Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of Lower Cretaceous carbonates (Fahliyan Foemation), South-west Iran", Journal of Asian Earth Sciences, 39 (2010) 148-160.
- 51. Wierzbowski H., Joachimiski M., "Reconstruction of late Bajocian-Bathonian marine palaeoenvironments using carbon and oxygen isotope ratios of calcareous fossils from the Polish Jura Chain (Central Poland)", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 254 (2007) 523-540.

- 52. Bathurst R.G.C., "Carbonate Sediments and their Diagenesis, Developments in Sedimentology", Elsevier, Amsterdam, 12 (1975) 658.
- 53. Budd D.A., "Dissolution of high-Mg calcite fossils snd the formation of biomolds during mineralogical stabilization", Carbonates and Evaporites, 7 (1992) 74-81.
- Brand U., Veizer J., "Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system", II: stable isotopes, Journal of Sedimentary Petrology, 51 (1980) 987-997.
- 55. Bailey T.K., Rosenthal Y., McArthur J.M., Van B., de Schootburge, Thirlwall M.F., "Paleoceanographic changes of the late Pliensbachian-early Toarcian interval: a possible link to the genesis of Oceanic Anoxic Events", Earth and Planetry Science Letter, 212 (2003) 307-320.
- Rosales I., Robles S., Quesada S., "Elemental and oxygen isotope composition of Early Jurassic Belemnites: salinity vs. temperature signals", Journal of Sedimentary Research, 74 (2004) 342-354.
- 57. Brand U., Azmy K., Veizer J., "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.", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 241 (2006) 192-213.
- Mazzullo S.J., "Organogenic dolomitizationl in peritidal to deep-sea sediments", Journal of Sedimentary Research, 70 (2000) 10-23.
- 59. Land L.S., "The origin of massive dolomite", Journal of Geological Education, 33 (1985) 112-125.
- 60. Sass E., Bein A., "Dolomites and salinity: a comparative geochemical study: In Shukla, V., Baker, P.A., (eds.), Sedimentology and Geochemistry of Dolostones", Society, Economic, Paleontology and Mineralogy, Special Publication, 43 (1988) 223-233.
- Humphry J.D., "Late Pleistocene mixing zone dolomitization, Southeastern Barbados, West Indies", Journal of Sedimentology, 35 (1988) 327-348.