

سنگ‌نگاری، زمین‌شیمی و مدل دولومیتی‌شدن سازند تله‌زنگ (پالتوسن پسین - ائوسن پیشین) در جنوب و جنوب باختر کرمانشاه

محمد شلالوند^۱، محمدحسین آدابی^{۲*} و افشین زهدی^۳

۱ و ۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۳- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، زنجان

نویسنده مسئول: m-adabi@sbu.ac.ir

دریافت: ۹۸/۴/۹ پذیرش: ۹۸/۷/۱۶

چکیده

سازند تله‌زنگ به سن پالتوسن- ائوسن یک واحد کربناته کم‌عمق در حوضه لرستان است که در نواحی محدودی از باختر ایران رخنمون دارد. به منظور تعیین مدل دولومیتی‌شدن سازند تله‌زنگ، دو برش چینه‌شناسی در جنوب و جنوب باختر کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفته است. برش باریکه در جنوب باختر شهرستان کرمانشاه با ضخامت ۲۸۲ متر به طور هم‌شیب بر روی سازند امیران و در زیر سازند کشکان قرار گرفته است. ضخامت دولومیت‌های حاضر در این برش، به حدود ۴۰ متر می‌رسد که منحصراً مربوط به قاعده سازند تله‌زنگ می‌باشد. برش کبوتربالا در جنوب کرمانشاه با ضخامت ۶۵ متر همانند برش باریکه به طور هم‌شیب و پیوسته بر روی سازند امیران قرار گرفته و با یک ناپیوستگی فرسایشی از سازند کشکان جدا می‌گردد. دولومیت‌های حاضر در این برش تنها مربوط به بخش‌های رأسی سازند تله‌زنگ هستند که ۱۲ متر ضخامت دارند. بر اساس شواهد صحرایی، مطالعات سنگ‌نگاری (میکروسکوپ پلاریزان، میکروسکوپ الکترونی و کاتدولومینسانس) و آنالیزهای زمین‌شیمی (AAS)، چهار نوع دولومیت در سازند تله‌زنگ تشخیص داده شده است که عبارتند از دولومیکریت، دولومیکرواسپاریت، دولواسپاریت و سیمان‌های دولومیتی پرکننده حفرات. بر اساس نمودار حاصل از آنالیز نقطه‌ای عنصری (EDX)، کانی رسی اسمکتیت در بین دولومیت‌های رأسی در برش باریکه شناسایی گردید. تفاوت اندازه بلورها و هم‌چنین تفاوت بارز مقادیر برخی از عناصر فرعی می‌تواند به تفاوت زمانی، تفاوت شرایط محیطی و در نهایت تفاوت مدل دولومیتی‌شدن در دو برش مربوط باشد. مقادیر پایین آهن و منگنز در برش باریکه به شرایط اکسیدان تا نیمه‌اکسیدان و مقادیر بالای استرانسیوم و سدیم در برش کبوتربالا به شوری بیشتر در محیط‌های بالای جزرومدی نسبت داده می‌شود. با توجه به حضور دولومیکریت‌ها، وجود ذرات کوارتز در حد سیلت و مقادیر بالای استرانسیوم و سدیم، مدل دولومیتی‌شدن سازند تله‌زنگ در بخش‌های بالایی توالی (در برش کبوتربالا) مدل سبخت تعیین گردید. هم‌چنین مقادیر بالای آهن و منگنز در این دولومیت‌ها می‌تواند به دلیل مقادیر بالای کانی‌های رسی (اسمکتیت) باشد که باعث آزاد شدن آهن و منگنز در طی دیاژنز می‌شود. در صورتی که در بخش‌های پایینی توالی (در برش باریکه)، شواهدی نظیر اندازه درشت دولومیت‌ها، لومینسانس تیره و مقادیر پایین آهن و منگنز مدل تدفین کم‌عمق را تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سازند تله‌زنگ، مدل دولومیتی‌شدن، مدل سبخت، مدل تدفین کم‌عمق، کرمانشاه

پیشگفتار

حوضه رسوبی زاگرس نیز با توجه به نهشته شدن در یک محیط دریایی کم‌عمق و هم‌چنین تأثیر آب دریا و آب متاوریک در طی رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری (شلالوند، ۱۳۹۸)، شرایط خاصی را نشان می‌دهد که اهمیت مطالعه دولومیت‌های این سازند را نمایان می‌کند. اغلب مطالعات پیشین بر روی این سازند، مربوط به بخش آهکی بوده و عمدتاً به فسیل‌شناسی و تعیین نوع محیط رسوبی محدود می‌شود (به عنوان نمونه باقرپور، ۱۳۸۸؛ زهدی و آدابی، ۱۳۸۸؛ خسروآبادی، ۱۳۹۴؛ شلالوند و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجا که در معدود مطالعاتی که

فرآیند دولومیتی‌شدن در رسوبات کربناته مناطق کم‌عمق دریا (رمپ داخلی) معمول و در عین حال با توجه به نزدیکی به محیط ساحل، بسیار پیچیده بوده و بررسی دقیق این فرآیند و تعیین نوع سیال دولومیت‌ساز، نیازمند استفاده از ابزارها و روش‌های مختلفی است (ویسنی و همکاران، ۲۰۱۷). سیالات دولومیت‌ساز در این منطقه نه تنها از آب دریا به عنوان منبع اصلی، بلکه از آب‌های جوی و حتی شورابه‌های حوضه‌ای می‌تواند تأمین گردد (لوکوچکی و همکاران، ۲۰۱۹). سازند تله‌زنگ در

مرتبط با دولومیت‌ها توجه شده است. در نام‌گذاری دولومیت‌ها از رده‌بندی بافتی (سیبلی و گرگ، ۱۹۸۷ و مازولو، ۱۹۹۲) استفاده شده است. پس از انجام مطالعات سنگ‌نگاری تعداد ۱۰ نمونه از دولومیت‌های سازند تله‌زنگ (۷ نمونه از برش باریکه و ۳ نمونه از برش کبوتر بالا) جهت مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) انتخاب گردید. این مطالعات در مرکز پژوهش متالوژی رازی تهران و با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل VEGA/TESCAN مجهز به آنالیز نقطه‌ای عنصری (EDX) انجام گردید. به منظور تشخیص انواع سیمان و زون‌بندی در دولومیت‌ها تعداد ۴ نمونه جهت انجام مطالعات کاتدولومینسانس انتخاب گردید. این مطالعات در دانشگاه فردوسی مشهد و توسط میکروسکوپ کاتد مدل CCL 8200mk3 در خلاء ۰/۱ تور^۱ با ولتاژ ۱۲ تا ۱۵ کیلو ولت و شدت جریان ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکروآمپر انجام شده است. به منظور آزمایش‌های زمین‌شیمی عنصری و تعیین مقادیر عناصر اصلی (کلسیم و منیزیم) و فرعی (استرانسیوم، سدیم، منگنز و آهن)، تعداد ۱۳ نمونه از دولومیت‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر جذب اتمی مدل Varian در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی مورد آزمایش قرار گرفتند که از این تعداد، چهار نمونه به دلیل مقادیر بالای مواد غیر قابل حل در اسید^۲ حذف گردیدند. دقت آنالیزها برای عناصر اصلی، حدود ۰/۵ درصد و برای عناصر فرعی، ± 5 پی‌پی‌ام بوده است (رایبسون، ۱۹۸۰).

زمین‌شناسی و چینه‌شناسی مناطق مورد مطالعه

نواحی مورد بررسی قسمتی از نوار چین‌خورده زاگرس و بخشی از حوضه لرستان طبق تقسیم‌بندی (فالکون، ۱۹۶۱) به حساب می‌آیند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی مناطق مورد مطالعه، واحدهای زمین‌شناسی عمدتاً متعلق به دوران سنوزوئیک بوده و از قدیم به جدید شامل سازندهای امیران (کرتاسهٔ پسین)، تله‌زنگ (پالئوسن پسین-ائوسن پیشین)، کشکان (ائوسن میانی)، شهبازان-آسماری (ائوسن پسین-الیگوسن)، زبانه‌هایی از سازند رازک (میوسن)، و هم‌چنین تهنشست‌ها و مخروط افکنه‌های کواترنری می‌باشد (شکل‌های ۲ و ۳).

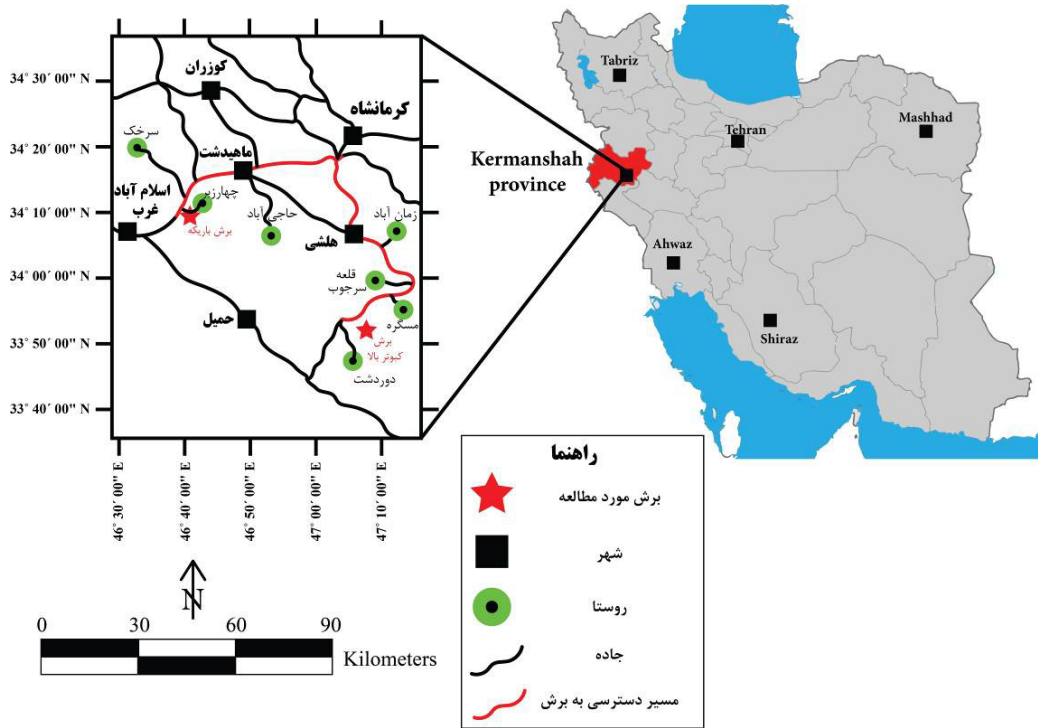
تاکنون انجام شده است، دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در منطقه کرمانشاه مورد مطالعات دقیق سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی قرار نگرفته است، در این پژوهش به مطالعه دقیق دولومیت‌های سازند تله‌زنگ پرداخته شده است. این سازند یک واحد کربناته کم‌عمق است که سن پالئوسن تا ائوسن میانی را در برش الگو دارد و شامل ۱۷۶ متر سنگ‌آهک خاکستری تا قهوه‌ای با لایه‌بندی متوسط تا توده‌ای و مقاوم است (آقناباتی، ۱۳۹۰). در برخی از رخنمون‌ها (برش کیالو واقع در خاور پلدختر) این سازند تنها از سنگ‌های آهکی تشکیل شده است (زهدی و آدابی، ۱۳۸۸؛ رجبی، ۱۳۹۷)، در حالی که در برش‌های دیگر (همانند برش الگو) علاوه بر سنگ‌های آهکی، شاهد حضور دولومیت‌ها با ضخامت‌های قابل توجهی نیز هستیم (مغفوری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۷؛ زهدی و آدابی، ۱۳۸۸). بررسی مشخصات صحرایی، سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی دولومیت‌های سازند تله‌زنگ می‌تواند به شناخت منشأ و فرآیندهای مؤثر در تشکیل بخشی از نهشته سنگ‌های پالئوسن بالایی-ائوسن زیرین نواحی پیرامون کرمانشاه مفید فایده باشد.

روش مطالعه

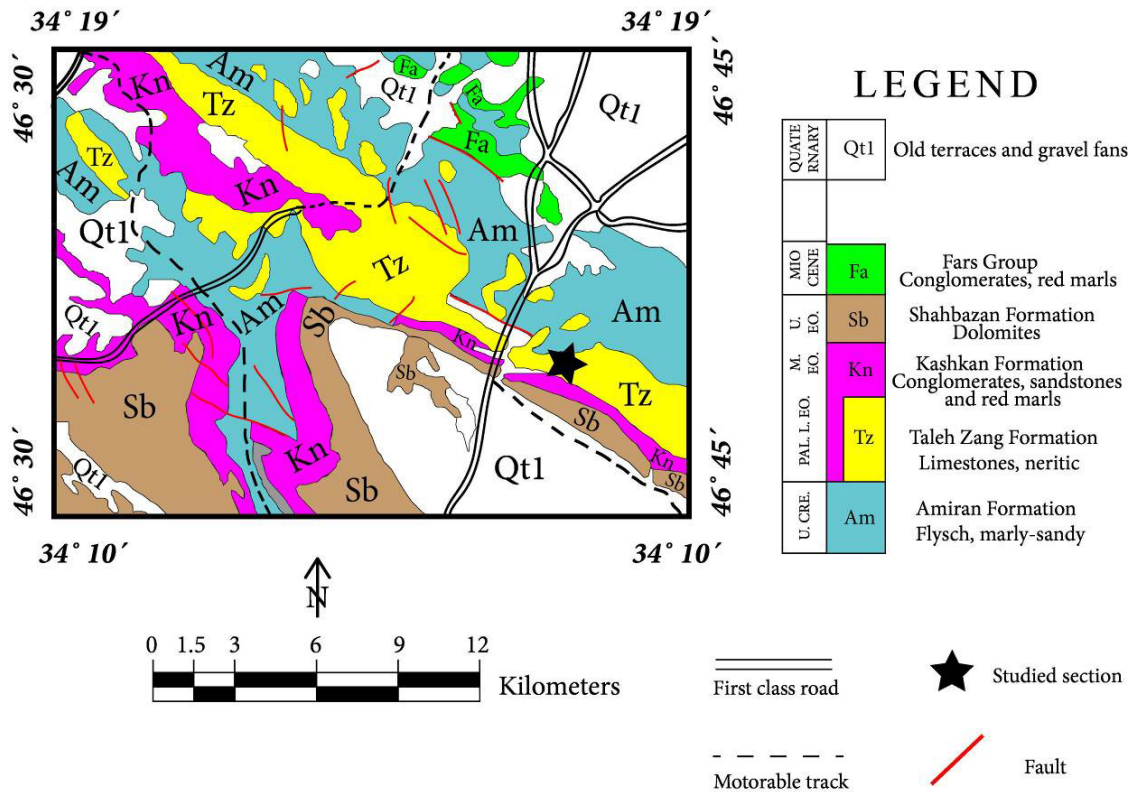
پس از مطالعه و بررسی نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه (برود، ۱۹۷۸) و هم‌چنین ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام-کوه‌دشت (لولین، ۱۹۷۴)، نواحی مورد مطالعه مورد پیمایش قرار گرفتند و با توجه به کامل بودن و مشخص بودن مرزهای زیرین و بالایی، برش‌های مورد نظر (باریکه و نیز کبوتربالا) جهت مطالعه انتخاب گردیدند (شکل ۱). در طی عملیات صحرایی با توجه به ضخامت و مرز بین لایه‌ها و هم‌چنین امتداد جانبی لایه‌های دولومیتی شده، در مجموع تعداد ۱۳۰ نمونه از برش باریکه (۱۱۰ نمونه از سنگ‌آهک‌ها و ۲۰ نمونه از دولومیت‌ها) و ۳۳ نمونه از برش کبوتربالا (۲۶ نمونه از سنگ‌آهک‌ها و ۷ نمونه از دولومیت‌ها) برداشت شد. از تمامی نمونه‌ها مقطع نازک تهیه گردیده و توسط محلول آلپزارین قرمز و فروسیانید پتاسیم به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت و نیز تشخیص آهن در آن‌ها، به روش (دیکسون، ۱۹۶۵) رنگ‌آمیزی شده و به کمک میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در این پژوهش تنها به مقاطع دولومیتی و هم‌چنین ریزرخساره‌های

¹ Torr

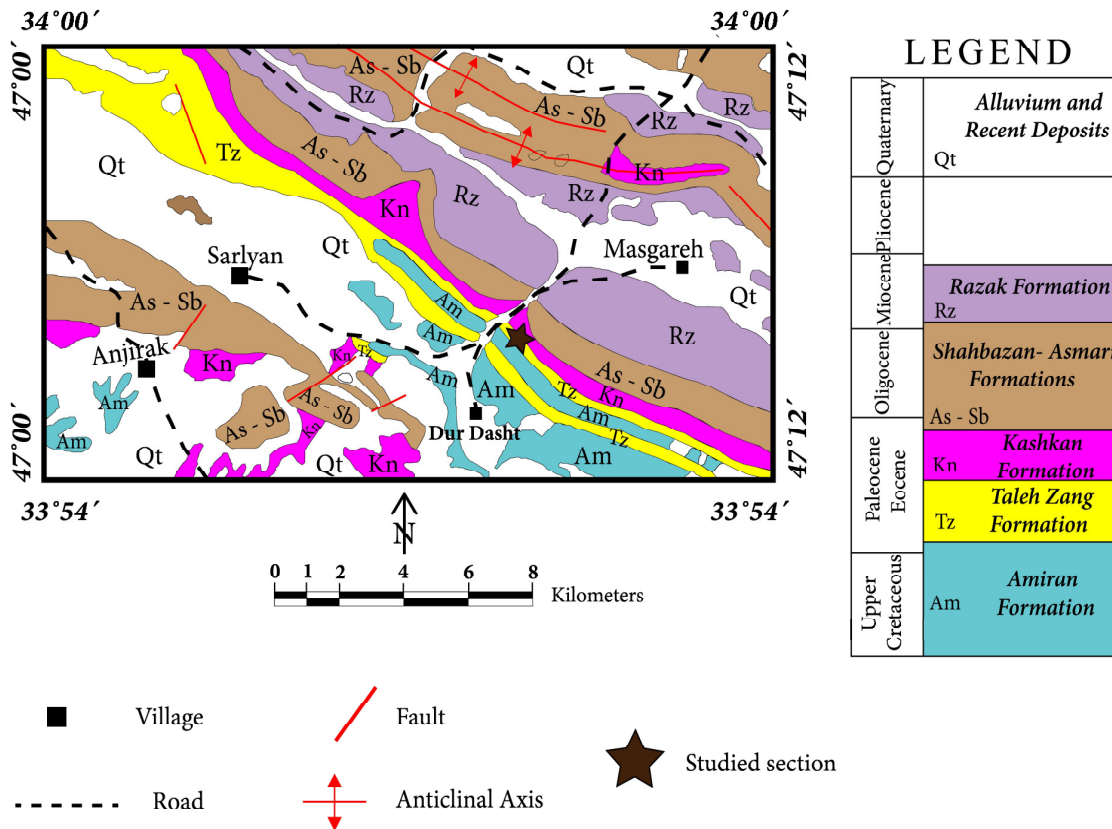
² Insoluble Residue



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و مسیرهای دسترسی به برش‌های مورد مطالعه



شکل ۲. بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰ کرمانشاه که محل برش باریکه در آن مشخص شده است. (برگرفته از برو، ۱۹۷۸ با ترسیم مجدد)

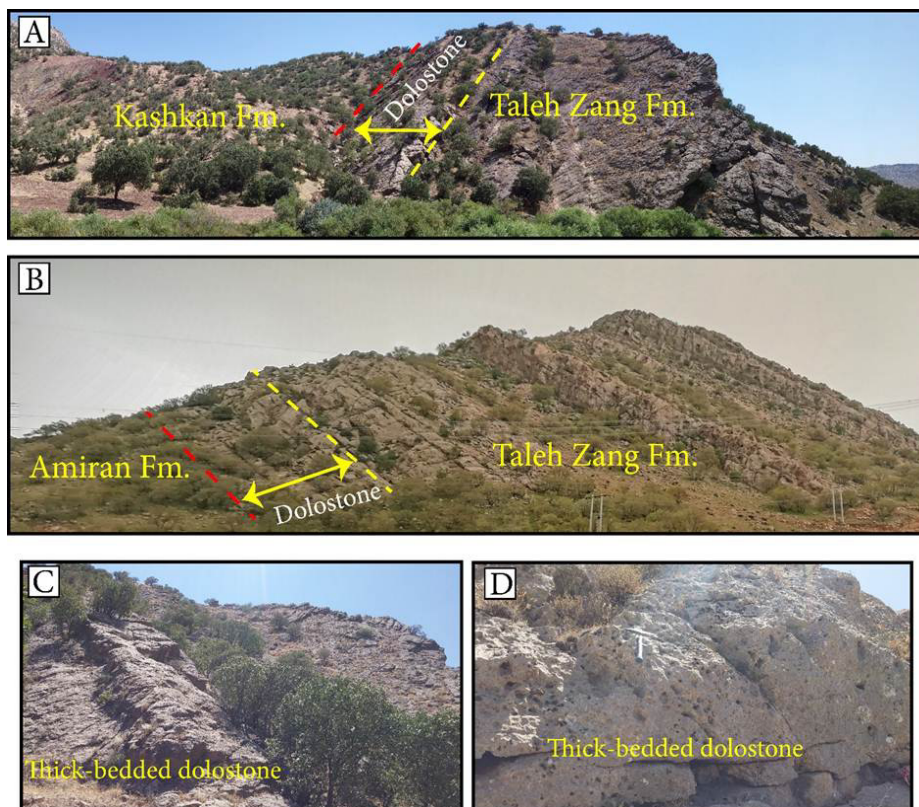


شکل ۳. بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰ ایلام-کوهدهشت که محل برش کبوتربالا در آن مشخص شده است. (برگرفته از لولین، ۱۹۷۴ با ترسیم مجدد).

ارتفاعات گردنه چهار زبر با مختصات جغرافیایی $46^{\circ} 41' 00''$ E و $34^{\circ} 13' 00''$ N واقع شده است. سازند تله‌زنگ به سن پالئوسن پسین در این برش ۲۸۲ متر ضخامت داشته و بیش‌تر از سنگ‌های آهکی (۲۴۲ متر) و به میزان کمتر دولومیت (۴۰ متر) تشکیل شده است (شلالوند، ۱۳۹۸). مرز زیرین این سازند در برش سطحی مورد مطالعه با شیل و سیلتستون‌های سازند امیران به صورت پیوسته و هم‌شیب است. در مرز بالا نیز ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز رنگ سازند آواری کشکان به صورت ناپیوسته و هم‌شیب قرار گرفته است. لازم به ذکر است که فاصله بین دو برش از یکدیگر در حدود ۶۰ کیلومتر می‌باشد. بر خلاف برش کبوتربالا، دولومیت‌های مشاهده شده در این برش، نه تنها از نظر سنی قدیمی‌تر هستند، بلکه از نظر جایگاه چینه‌شناسی نیز منحصراً مربوط به بخش‌های قاعده‌ای توالی هستند (شکل‌های B-۴، D-۴ و ۵ ب).

برش چینه‌شناسی کبوتربالا (واقع در کوه کبوتربالا) با مختصات جغرافیایی $47^{\circ} 08' 00''$ E و $33^{\circ} 56' 00''$ N در ۶۰ کیلومتری جنوب شهرستان کرمانشاه قرار گرفته است. محدوده سنی سازند تله‌زنگ در این برش، پالئوسن پسین-ائوسن پیشین می‌باشد (شلالوند و همکاران، ۱۳۹۸). ضخامت سازند تله‌زنگ در این برش ۶۵ متر بوده که شامل سنگ‌آهک (۵۳ متر) و دولومیت (۱۲ متر) می‌باشد. مرز زیرین سازند تله‌زنگ در این برش با رسوبات شیلی، سیلتی و ماسه‌سنگی سازند امیران به صورت پیوسته و هم‌شیب است. در مرز بالا نیز به صورت هم‌شیب و با یک ناپیوستگی فرسایشی، رسوبات کنگلومرای و سرخ رنگ توده‌ای سازند آواری کشکان قرار گرفته است. لازم به ذکر است که دولومیت‌های حاضر در این برش، تنها محدود به بخش‌های رأسی توالی هستند (شکل‌های A-۴، C-۴ و ۵ الف).

برش چینه‌شناسی باریکه (واقع در کوه باریکه) در ۴۰ کیلومتری جنوب باختری شهرستان کرمانشاه و در



شکل ۴. تصاویر صحرایی از سازند تله‌زنگ در برش‌های مورد مطالعه. (A) نمای کلی از سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا. دید عکس به سمت جنوب‌خاور. (B) نمای کلی از سازند تله‌زنگ در برش باریکه. دید عکس به سمت خاور. (C) نمایی نزدیک از دولومیت‌های ضخیم لایه در رأس برش کبوتربالا. دید عکس به سمت خاور. (D) نمایی نزدیک از دولومیت‌های ضخیم لایه در قاعده برش باریکه. دید عکس به سمت جنوب.

مطالعات سنگ‌نگاری دولومیت‌ها

دولومیت‌های سازند تله‌زنگ بر اساس فابریک و با توجه به توزیع اندازه بلورها (یونی‌مدال یا پلی‌مدال) و شکل مرز بلورها (مسطح یا غیرمسطح) به ۴ گروه مختلف تقسیم شده‌اند (جدول ۱). اندازه بلورها به وسیله هسته‌سازی و یا میزان رشد بلورها کنترل می‌شود. به‌طور کلی در دماهای پایین یا درجه اشباع پایین، سطوح بلوری صاف^۱ و بلورهای شکل‌دار^۲ تا نیمه‌شکل‌دار^۳ در دولومیت‌ها توسعه می‌یابند. در بالاتر از دمای بحرانی یعنی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، سطوح بلوری غیرمسطح^۴ و بلورهای بی‌شکل^۵ تشکیل می‌گردند (گرگ و شلتون، ۱۹۹۰؛ و همکاران، ۲۰۱۵؛ کچمارک و تورنتون، ۲۰۱۷).

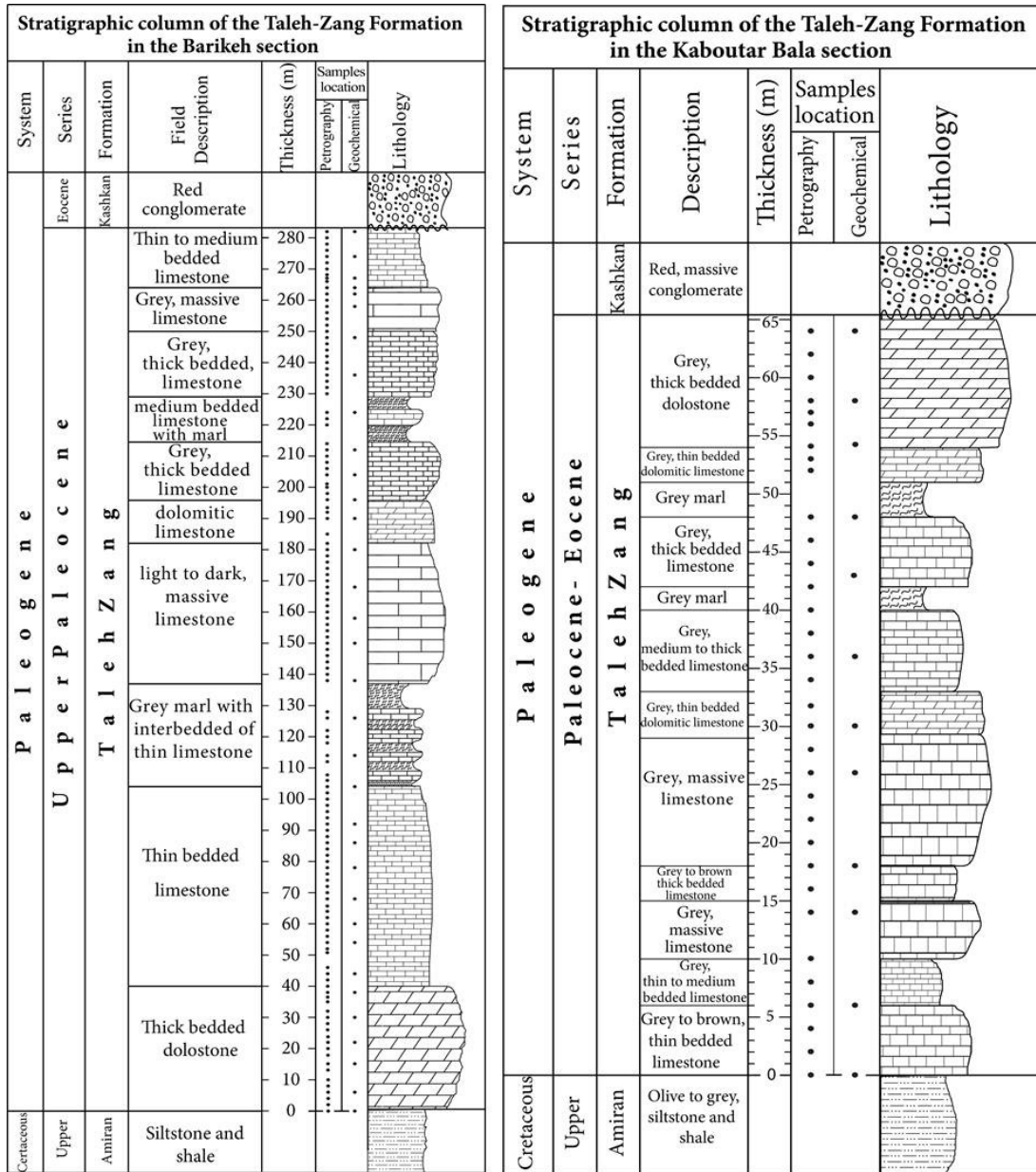
دولومیت‌های خیلی ریز بلور (Dolomicrite)

این نوع دولومیت‌ها که به عنوان دولومیت نوع اول معرفی شده‌اند، از بلورهای بسیار ریز با اندازه‌ای در حدود

۴ تا ۱۶ میکرون و با مرزهای مسطح نیمه‌شکل‌دار^۶ تا شکل‌دار و به شکل موزاییک‌های تقریباً یک اندازه یافت می‌شوند. این نوع بافت معادل بافت غیرمسطح (مازولو، ۱۹۹۲) است. این نوع دولومیت‌ها تقریباً متراکم و فاقد هرگونه فسیل هستند و ذرات پراکنده کوارتز آواری در حد سیلت در آن‌ها مشاهده می‌شود. این نوع دولومیت‌ها تحت شرایط سطحی، دمای پایین و در محیط‌های جزر و مدی تشکیل شده‌اند (آدابی، ۲۰۰۹). دولومیکریت‌های سازند تله‌زنگ تنها در بخش رأسی برش کبوتر بالا مشاهده شدند و کمتر از ۵ درصد نیز تخلخل دارند. افزون بر این، با استفاده از آنالیز نقطه‌ای عنصری، کانی رسی اسمکتیت (ولتون، ۱۹۸۴) نیز در بین دولومیکریت‌های سازند تله‌زنگ در این برش مشاهده گردید (شکل ۶).

¹ Planar
² Euhedral
³ Subhedral
⁴ Nonplanar
⁵ Anhedral

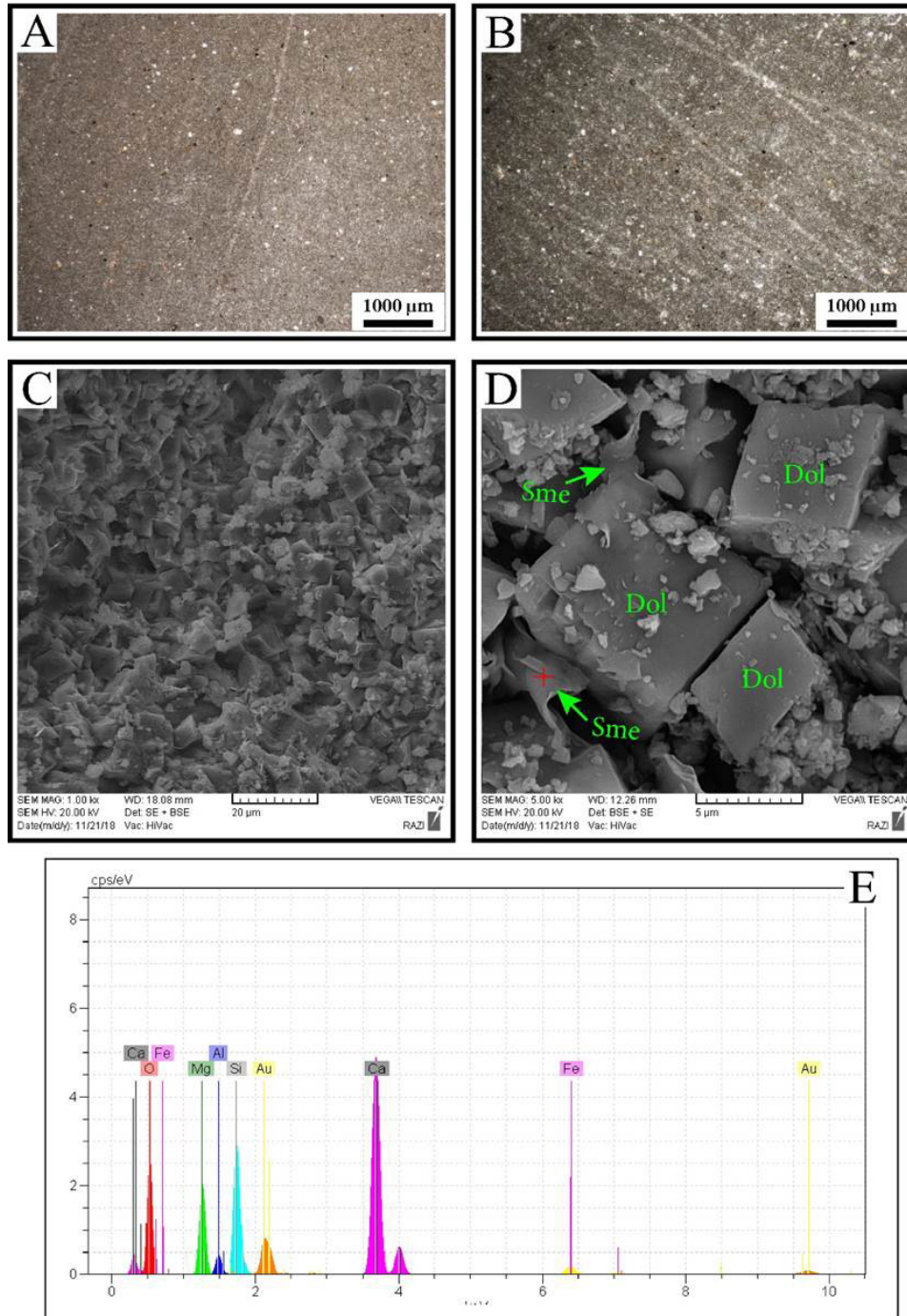
⁶ Planar-s



شکل ۵. الف) ستون چینه‌شناسی سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا. ب) ستون چینه‌شناسی سازند تله‌زنگ در برش باریکه

جدول ۱. توصیف ویژگی‌های سنگ‌نگاری و درصد فراوانی انواع دولومیت‌های شناسایی شده در سازند تله‌زنگ

فراوانی در برش مورد مطالعه (درصد)	میزان تخلخل	بافت‌های معادل	شکل بلورها	اندازه بلور	برش چینه‌شناسی	نوع دولومیت
۱۰۰ درصد	کمتر از ۵ درصد	غیر مسطح	مسطح نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار	۴ تا ۱۶ میکرون	کبوتربالا	دولومیکریت
۶۰ درصد	۵ تا ۸ درصد	ایدیوتاپیک، ایدیوتاپیک P، مسطح P	مسطح نیمه شکل‌دار تا بی شکل	۱۶ تا ۷۰ میکرون	باریکه	دولومیکروسپاریت
۳۰ درصد	کمتر از ۲ درصد	هایپیدیوتاپیک، ایدیوتاپیک S، مسطح S	مسطح نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار	۷۰ تا ۱۲۰ میکرون	باریکه	دولواسپاریت
۱۰ درصد	کمتر از ۱ درصد	زینوتاپیک، زینوتاپیک A، غیر مسطح A	غیر مسطح نیمه شکل‌دار تا بی شکل	۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون	باریکه	سیمان دولومیتی



شکل ۶. دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش کپوتربالا. A و B: تصاویر حاصله از میکروسکوپ پلاریزان. C و D: تصاویر حاصله از میکروسکوپ الکترونی که در آن کانی رسی اسمکتیت (Sme) مشخص است. E: نمودار حاصل از آنالیز نقطه‌ای عنصری (EDX) که بیانگر ترکیب شیمیایی کانی رسی اسمکتیت است.

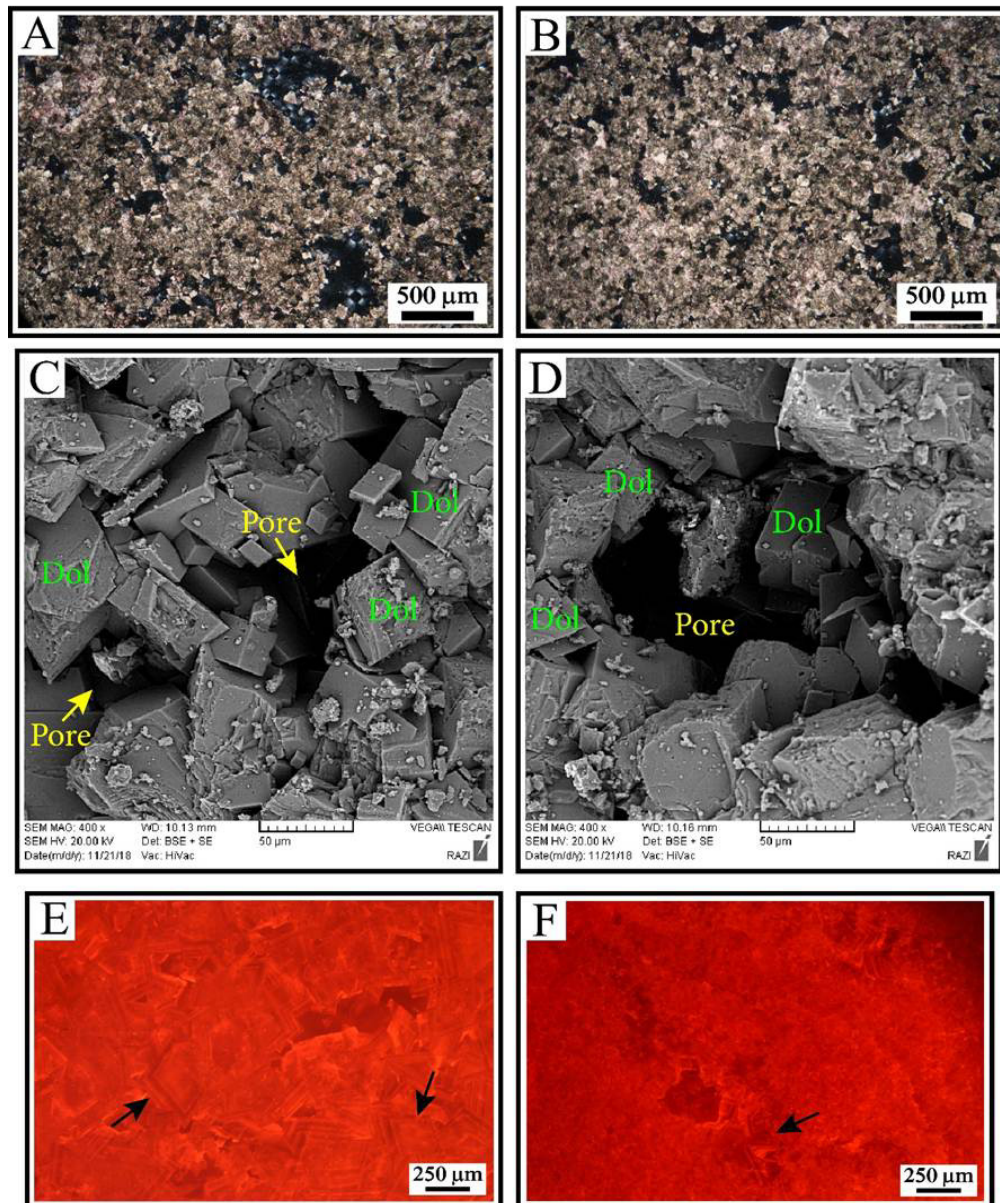
معادل فابریک ایدیوتاپیک^۱ (فریدمن، ۱۹۶۵)، ایدیوتاپیک-p یا پورفیروتاپیک (گرگ و سیلی، ۱۹۸۴) و دولومیت مسطح-p (مازولو، ۱۹۹۲) است. در این نوع

دولومیت‌های ریز بلور (Dolomicrosparite)
این نوع دولومیت‌ها بیش‌تر از بلورهای مترآم و با مرزهای مسطح نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل تشکیل شده‌اند که اندازه‌های بین ۱۶ تا ۷۰ میکرون دارند. این نوع بافت

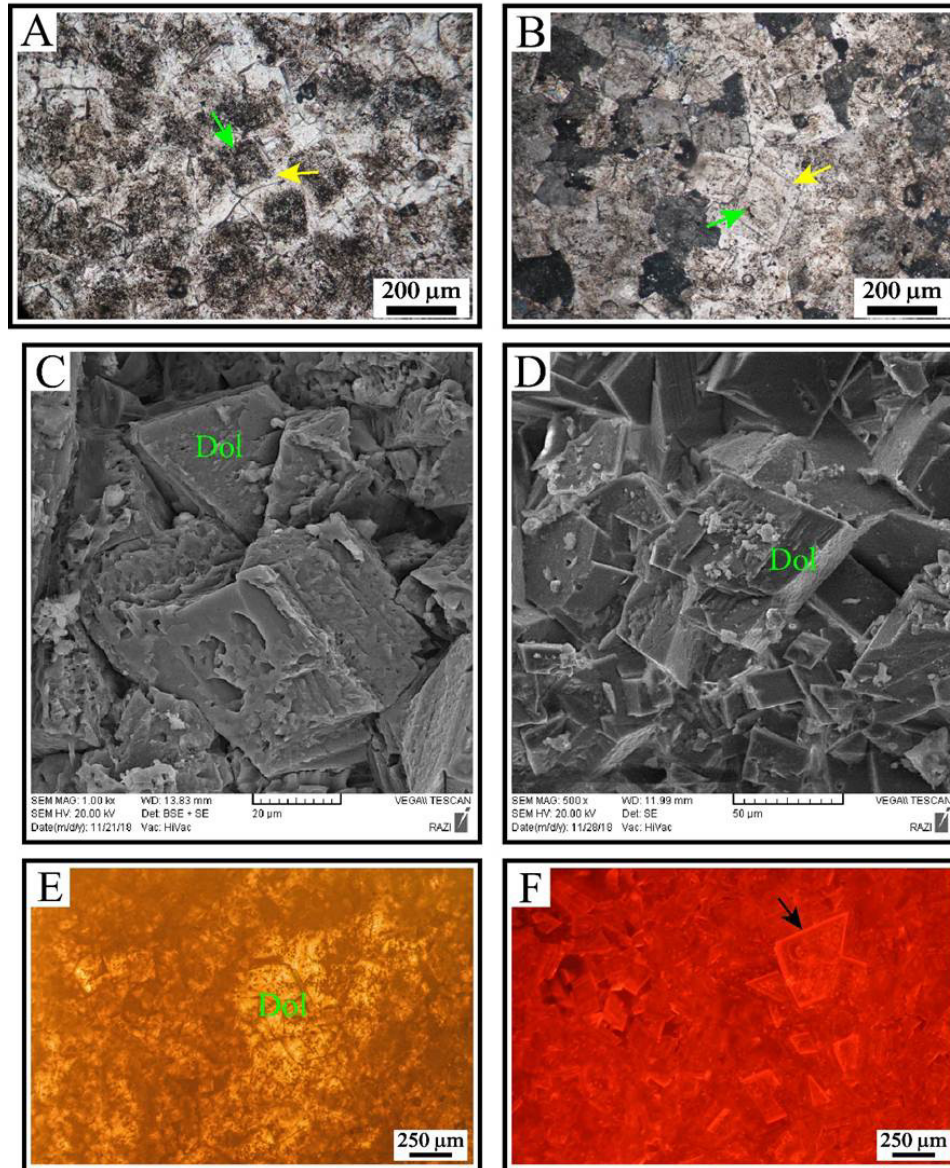
¹ Idiopathic

دولومیت‌ها به ۵ تا ۸ درصد می‌رسد که بیش‌ترین تخلخل را در بین دولومیت‌های شناسایی شده از سازند تله‌زنگ به خود اختصاص می‌دهند. این نوع دولومیت تنها در بخش‌های قاعده‌ای سازند تله‌زنگ در برش باریکه مشاهده شدند که با فراوانی حدود ۶۰ درصد، فراوان‌ترین نوع دولومیت شناسایی شده از کل دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش مذکور را تشکیل می‌دهد (شکل ۷).

دولومیت‌ها، رومبوند‌های دولومیت در بین ماتریکس گل آهکی شناور است. در اثر رشد آرام بلورها تحت جریان پیوسته‌ای از سیال‌های دولومیت‌ساز در دمای پایین، فابریک مسطح نیمه‌شکل‌دار به وجود می‌آید (سیبلی و گرگ، ۱۹۸۷). هم‌چنین حضور دولومیکریت به صورت لکه‌هایی در بین بلورهای دولومیکرواسپاریت، نشان‌دهنده تبلور دوباره دولومیکریت‌ها است. تخلخل این گروه از



شکل ۷. دولومیکرواسپاریت‌های سازند تله‌زنگ در برش باریکه. این دولومیت‌ها از نظر اندازه در مقایسه با دولومیکریت‌ها، درشت‌تر هستند. A و B: تصاویر حاصله از میکروسکوپ پلاریزان. C و D: تصاویر حاصله از میکروسکوپ الکترونی که تخلخل بین بلوری در بین بلورهای دولومیت (Pore) به وضوح قابل مشاهده است. E و F: تصاویر حاصله از میکروسکوپ کاتدولومینسانس؛ که نشان‌دهنده زون بندی (فلش مشکی) و رنگ نارنجی می‌باشد.



شکل ۸. دولواسپاریت‌های سازند تله‌زنگ در برش باریکه. این دولومیت‌ها در مقایسه با دولومیکریت‌ها و دولومیکرواسپاریت‌ها، درشت‌تر بوده و در نتیجه رشد بلورهای دولومیت و گسترش فرآیند دولومیتی شدن، اکثر فضاهای خالی از بین رفته است. A و B: تصاویر حاصله از میکروسکوپ پلاریزان که دارای هسته‌های مه‌آلود (فلش سبز) و حاشیه‌های شفاف (فلش زرد) هستند. C و D: تصاویر حاصله از میکروسکوپ الکترونی که به وضوح اندازه درشت بلورهای این نوع دولومیت را نشان می‌دهد. E: تصویر نور پلاریزان. F: تصویر حاصله از میکروسکوپ کاندولومینسانس. زون‌بندی (فلش مشکی) در این نوع دولومیت‌ها به علت وجود اینکلوزیون‌هایی از اکسید آهن می‌باشد.

(فریدمن، ۱۹۶۵)، ایدیوتاپیک-S (گرگ و سیبلی، ۱۹۸۴) و دولومیت مسطح نیمه‌شکل‌دار (سیبلی و گرگ، ۱۹۸۷) و (مازولو، ۱۹۹۲) است. بیش‌تر رومبوترهای دولومیتی دارای هسته مه‌آلود^۱ و اینکلوزیون‌هایی تیره‌رنگ از میکریت می‌باشند که توسط یک حاشیه شفاف^۲ احاطه شده‌اند (شکل ۸). این نوع از دولومیت‌ها بیش‌تر از تبلور دوباره دولومیت‌های نوع اول و دوم تشکیل شده‌اند. در این دولومیت‌ها بافت رسوبی اولیه تخریب شده و در

دولومیت‌های متوسط بلور (Dolosparite)

این نوع دولومیت‌ها که به عنوان دولومیت نوع سوم معرفی می‌شوند، متراکم بوده و با مرزهای مسطح نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار و به صورت بلورهای موزاییکی یک اندازه^۱ هستند که اندازه‌ای بین ۷۰ تا ۱۲۰ میکرون دارند. بافت این نوع دولومیت معادل با فابریک هایپیدیوتاپیک^۲

^۱ Unimodal

^۲ Hypidiotopic

شدن باشد (آدابی، ۲۰۰۹؛ ناوارو-سیورانا و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ فو و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج حاصل از آنالیزهای زمین‌شیمی عنصری دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در جدول ۲ ارائه شده است.

کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg)

تمرکز Ca و Mg در دولومیت‌ها به نسبت Mg/Ca سیالات بستگی دارد (ساس و بین، ۱۹۸۸؛ مک کورماک و همکاران، ۲۰۱۸؛ بیالیک و همکاران، ۲۰۱۸). مقدار منیزیم در دولومیت ایده‌آل، ۱۳ درصد است اما می‌توان بین ۹ تا ۱۳ درصد را نیز دولومیت در نظر گرفت. مقادیر عنصر کلسیم با افزایش اندازه بلور دولومیت، کاهش می‌یابد (وارن، ۲۰۰۰؛ هیگینز و همکاران، ۲۰۱۸). میزان Ca در دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش باریکه بین ۲۱/۷۱ تا ۲۶/۰۳ درصد (میانگین ۲۳/۳۲ درصد) و میزان Mg در دولومیت‌های این برش بین ۹/۰۹ تا ۱۱/۲ درصد (میانگین ۱۰/۲۲ درصد) متغیر است. در برش کبوتربالا میزان Ca بین ۱۸/۶۹ تا ۲۰/۷۹ درصد (میانگین ۱۹/۹۷ درصد) و میزان Mg بین ۹/۹۵ تا ۱۰/۵۷ درصد (میانگین ۱۰/۳۲ درصد) متغیر است. علت تفاوت میانگین مقادیر عناصر اصلی در دولومیت‌های دو برش تفاوت ترکیب سیالات دولومیت‌ساز و تفاوت مدل دولومیتی شدن در هر برش است. لازم به ذکر است که محدوده مقادیر عناصر کلسیم و منیزیم در دولومیت‌های مورد مطالعه از سازند تله‌زنگ، به عنوان دولومیت تقریباً خالص در نظر گرفته می‌شود.

استرانسیوم (Sr)

در بین عناصر فرعی موجود در دولومیت‌ها، استرانسیوم از اهمیت بیش‌تری برخوردار است و در تشخیص نحوه تشکیل دولومیت‌ها و تعیین نوع سیال دولومیت‌ساز به کار برده می‌شود (کورتیه و همکاران، ۲۰۰۶؛ کویمیرا و همکاران، ۲۰۱۷؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). مقدار استرانسیوم در دولومیت‌های دریایی به اندازه نصف آن (و یا حتی کمتر) در مقایسه با کلسیت‌های دریایی است (لند، ۱۹۸۵). مقدار استرانسیوم با مقدار کلسیم ارتباط مستقیم و با مقدار منیزیم ارتباط معکوس دارد (لی و همکاران، ۲۰۱۵). به‌طور کلی با افزایش فرآیند دولومیتی‌شدن، میزان عنصر استرانسیوم در شبکه بلورها

نتیجه شناسایی اشکال اولیه رسوبی بسیار مشکل است. تداخل موجود در این دولومیت‌ها، بسیار ناچیز و کمتر از ۲ درصد است. این نوع دولومیت‌ها نیز تنها در بخش‌های قاعده‌ای سازند تله‌زنگ در برش باریکه مشاهده گردیدند که حدود ۳۰ درصد از کل دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند.

سیمان‌های دولومیتی پرکننده حفرات (Pore-filling dolomite cement)

این دولومیت‌ها، از بلورهای درشت با اندازه‌ای بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون، به صورت سیمان‌های حفره پرکن^۱، فضاهای کوچک و بزرگ و شکستگی‌ها را پر نموده است. سیمان‌های دولومیتی دارای بلورهای بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار، در اندازه‌های مختلف و با مرزهای غیر مسطح و بی‌شکل^۲ هستند که باعث کاهش تداخل گردیده‌اند. این نوع دولومیت معادل با بافت زینوتاپییک^۳ (فریدمن، ۱۹۶۵)، زینوتاپییک-A (گرگ و سیبلی، ۱۹۸۴) و بافت غیر مسطح-A (مازولو، ۱۹۹۲) است. از ویژگی‌های این نوع دولومیت می‌توان به رنگ سفید شیری آن‌ها، عدم وجود اینکلوزیون و در بعضی موارد داشتن گوشه‌های رومبوئدری اشاره کرد (آدابی، ۱۳۹۰). سیمان‌های دولومیتی در این نوع دولومیت، فاقد مورفولوژی دولومیت‌های زین‌اسی^۴ بوده و یا به عبارتی شواهدی که حاکی از تشکیل آن‌ها در دمای بیش از ۱۰۰ درجه (رادکه و ماتیس، ۱۹۸۰) یا بیش از ۶۰ درجه سانتی‌گراد (گرگ و شلتون، ۱۹۹۰) است، مشاهده نمی‌شود. این نوع دولومیت تنها در بخش‌های قاعده‌ای برش باریکه دیده شدند و حدود ۱۰ درصد از دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در این برش را تشکیل می‌دهند (شکل ۹).

مطالعات زمین‌شیمی

بررسی ویژگی‌های زمین‌شیمی و تعیین عناصر اصلی و فرعی در دولومیت‌ها می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با چگونگی و شرایط تشکیل آن‌ها ارائه نماید. تلفیق داده‌های زمین‌شیمی و اطلاعات سنگ‌نگاری می‌تواند پاسخگوی سوالات متعدد در زمینه منشأ، زمان تشکیل، ترکیب سیال دولومیت‌ساز و در نهایت مدل دولومیتی

¹ Planar-c

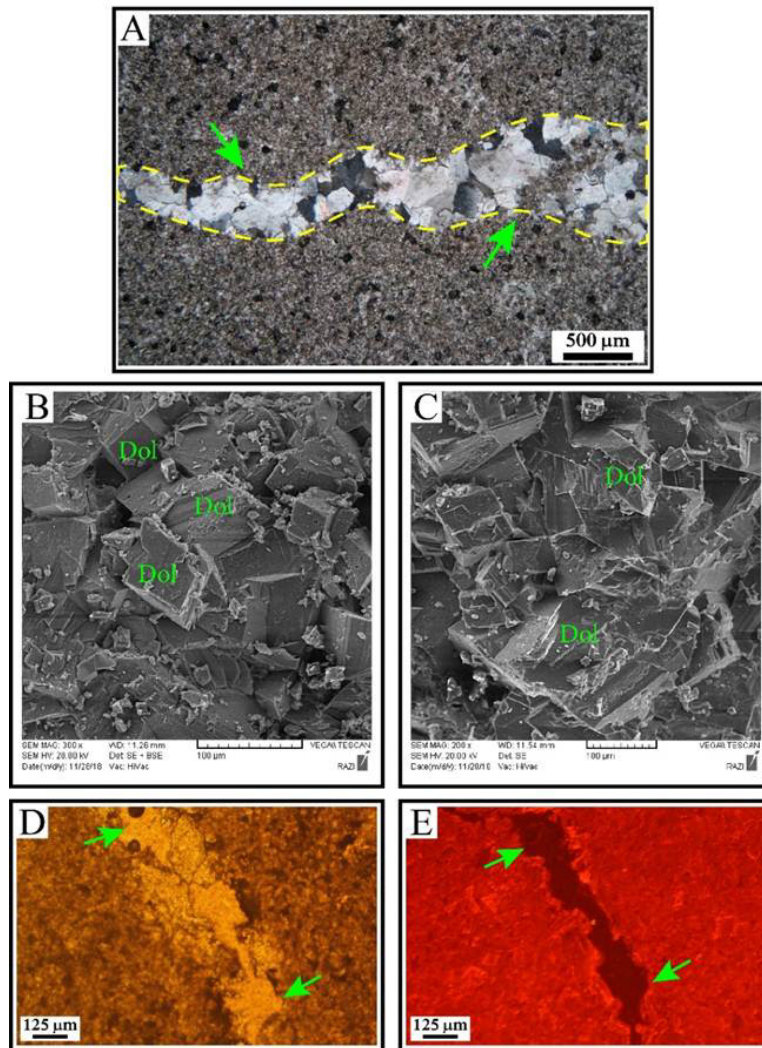
² nonplanar-A

³ Xenotopic

⁴ Saddle

استوی‌شیومتری^۱ کاهش می‌یابد (وارنکامپ و سوارت، ۱۹۹۰)؛ بنابراین بالاتر بودن مقادیر Sr در نمونه‌های دولومیتی سازند تله‌زنگ نسبت به مقادیر این عنصر در دولومیت‌های استوی‌شیومتری (۵۰ پی‌پی‌ام)، احتمالاً به دلیل غیراستوی‌شیومتری^۲ بودن دولومیت‌های سازند تله‌زنگ بوده و یا به دلیل جاننشینی دولومیت‌ها به جای آهک‌های با ترکیب کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی است. افزایش مقادیر استرانسیوم در برش کبوتربالا نسبت به برش باریکه می‌تواند نشانگر محیط‌های دریایی نزدیک به خشکی (محیط سبخایی) بوده باشد.

کاهش می‌یابد (هوو و همکاران، ۲۰۱۶). میزان استرانسیوم در دولومیت‌های مورد مطالعه از برش باریکه بین ۱۹۳ تا ۳۷۸ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۴۶ پی‌پی‌ام) و در دولومیت‌های حاضر در برش کبوتربالا بین ۴۷۳ تا ۵۶۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۵۰۵ پی‌پی‌ام) تغییر می‌کند. مقادیر استرانسیوم دولومیت‌های مطالعه شده از سازند تله‌زنگ نسبت به مقادیر آن در دولومیت‌های عهد حاضر (۵۰۰ تا ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) که توسط سایر محققین گزارش گردیده (بهرنس و لند، ۱۹۷۲؛ لاست و همکاران، ۲۰۱۲)، کمتر است. مقدار استرانسیوم در دولومیت‌ها با افزایش حالت



شکل ۹. سیمان‌های دولومیتی پرکننده حفرات که بزرگ‌ترین اندازه در بین دولومیت‌های سازند تله‌زنگ را به خود اختصاص می‌دهند A: تصویر حاصله از میکروسکوپ پلاریزان. B و C: تصاویر حاصله از میکروسکوپ الکترونی که نشان‌دهنده اندازه درشت و متراکم بودن بلورهای این نوع دولومیت است. D: تصویر نور پلاریزان. E: تصویر حاصله از میکروسکوپ کاندولومینسانس. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، لومینسانس تیره این نوع دولومیت‌ها (فلش سبز)، می‌تواند بیانگر شرایط تدفینی آن‌ها باشد.

¹ Stoichiometry

² Non-Stoichiometry

جدول ۲. نتایج حاصل از آنالیز عنصری دولومیت‌های شناسایی شده در سازند تله‌زنگ در دو برش کبوتربالا و باریکه با استفاده از نتایج تجزیه جذب اتمی (AAS).

Section	Sample No.	Dolomite type	Ca (%)	Mg (%)	Sr (ppm)	Na (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Mg/Ca	IR (%)
Kaboutar Bala	K-54	Dolomicrite	18.69	9.95	561	508	833	6169	0.53	6.38
Kaboutar Bala	K-58	Dolomicrite	20.44	10.45	473	275	847	5724	0.51	5.43
Kaboutar Bala	K-64	Dolomicrite	20.79	10.57	482	297	823	5823	0.50	4.96
Barikheh	B-0	Dolomite cement	24.65	9.64	378	165	133	26	0.39	3.19
Barikheh	B-6	Dolosparite	22.26	10.15	271	102	140	18	0.45	3.33
Barikheh	B-15	Dolomite cement	23.18	10.37	193	178	127	14	0.44	4.11
Barikheh	B-22	Dolomicrosparite	26.03	9.09	211	202	119	—	0.34	2.65
Barikheh	B-30	Dolomicrosparite	21.71	11.2	193	162	111	60	0.51	3.22
Barikheh	B-38	Dolosparite	22.11	10.88	234	193	96	40	0.49	2.71

۲۶ پی‌پی‌ام) و میزان منگنز در این دولومیت‌ها بین ۹۶ تا ۱۴۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۲۱ پی‌پی‌ام) متغیر است. در دولومیت‌های برش کبوتربالا میزان آهن بین ۵۷۲۴ تا ۶۱۴۹ پی‌پی‌ام (میانگین ۵۹۰۰ پی‌پی‌ام) و میزان منگنز بین ۸۲۳ تا ۸۴۷ پی‌پی‌ام (میانگین ۸۳۴ پی‌پی‌ام) در نوسان است. اصولاً مقادیر Fe و Mn در دولومیت‌ها به‌مراتب بیشتر از آهن‌ها است؛ زیرا Fe و Mn در دولومیت‌ها، جانشین Mg می‌شود (آدابی، ۲۰۰۹). پایین بودن مقادیر آهن و منگنز در دولومیت‌های برش باریکه نسبت به برش کبوتربالا، می‌تواند به شرایط اکسیدان^۱ تا نیمه اکسیدان^۲ در طی تدفین کم عمق نسبت داده شود (زه‌دی و همکاران، ۲۰۱۴؛ دو و همکاران، ۲۰۱۸).

بحث و مدل دولومیتی شدن

دولومیت می‌تواند به صورت رسوب اولیه، جانشینی دیاژنزی و یا در فاز هیدروترمال تشکیل شود که در تمامی موارد ذکر شده نیاز به گردش سیال و هم‌چنین ورود منیزیم کافی به محیط است (وارن، ۲۰۰۰). با وجود اینکه مطالعه دولومیت‌ها حدود ۲۰۰ سال قدمت دارد، اما هنوز در مورد نحوه تشکیل دولومیت‌های قدیمه اختلاف نظر وجود دارد (دو و همکاران، ۲۰۱۸). به همین دلیل، مدل‌های مختلفی برای دولومیتی شدن ارائه شده است که جهت تشخیص آن‌ها معیار واحدی وجود ندارد (وارن، ۲۰۰۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰؛ محمود و همکاران، ۲۰۱۸). لذا در بیشتر موارد، رسوبات کربناته از زمان رسوب‌گذاری با توجه به نوع سیالات دولومیت‌ساز تحت تأثیر چندین مدل دولومیتی شدن قرار می‌گیرند.

سدیم (Na)

فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریا سدیم است و تمرکز آن در دولومیت‌ها، درجه شوری سیال دولومیت‌ساز را تعیین خواهد کرد (وارن، ۲۰۰۰؛ سوزوکی و همکاران، ۲۰۰۶؛ بای و همکاران، ۲۰۱۶). مقدار سدیم در دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش باریکه بین ۱۰۲ تا ۲۰۲ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۶۷ پی‌پی‌ام) و در برش کبوتربالا بین ۲۷۵ تا ۵۰۸ پی‌پی‌ام (میانگین ۳۶۰ پی‌پی‌ام) در تغییر است. دولومیت‌های عهد حاضر بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام سدیم دارند (ریورز و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار سدیم در دولومیت‌های دریایی با شوری نرمال بین ۱۱۰ الی ۱۶۰ پی‌پی‌ام در نوسان است (وایزر، ۱۹۸۳). بالاتر بودن مقادیر سدیم در دولومیت‌های مورد مطالعه از برش کبوتربالا نسبت به دولومیت‌های برش باریکه، می‌تواند در ارتباط با شوری نسبتاً بالای سیالات دولومیت‌ساز و یا ترکیب کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی باشد. سدیم نیز همانند استرانسیوم در دولومیت‌های استوی‌شیومتریکی مقادیر بسیار پایینی دارد و بنابراین میزان نسبتاً بالای سدیم در دولومیت‌های مورد مطالعه، می‌تواند مبین حالت غیراستوی‌شیومتریکی آن‌ها باشد که توسط مقادیر بالای Sr نیز تأیید شده است.

آهن (Fe) و منگنز (Mn)

تمرکز آهن و منگنز در دولومیت‌ها منعکس‌کننده شرایط احيایی سیالات دولومیت‌ساز و یا در دسترس بودن یون‌های آهن و منگنز است (ادم و العاصم، ۲۰۱۷؛ شوستر و همکاران، ۲۰۱۸). میزان آهن دولومیت‌های حاضر در برش باریکه بین ۱۴ تا ۶۰ پی‌پی‌ام (میانگین

¹ Oxid

² Sub-oxid

کشور عراق و در مجاورت منطقه مورد مطالعه، به دلیل تخییر شدیدتر، توالی‌های تخییری در سازند خورملا^۷ توسط سایر محققین گزارش شده است (بلن و همکاران، ۱۹۵۹؛ کریم، ۱۹۹۷؛ کریم و همکاران، ۲۰۱۸) و لذا مدل دولومیتی‌شدن سبختا در این برش را تأیید می‌کند. منشاء منیزیم برای دولومیکریت‌های سازند تله‌زنگ در این مدل می‌تواند آب دریا باشد (آدابی، ۲۰۰۹) و همچنین وجود کانی رسی اسمکتیت نیز احتمالاً عامل دیگر تأمین‌کننده منیزیم در این دولومیت‌ها بوده است. اما دولومیت‌های حاضر در بخش‌های قاعده‌ای (برش باریکه)، شرایط کاملاً متفاوتی از لحاظ خصوصیات سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی دارند. بر اساس مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری، در این برش، تمامی دولومیت‌ها در بخش‌های قاعده‌ای سازند تله‌زنگ و در محل تماس با سازند امیران تشکیل شده‌اند. با وجود اینکه دولومیت‌های حاضر در این برش اندازه‌ای نسبتاً درشت دارند (دولومیکرواسپاریت، دولواسپاریت و سیمان‌های دولومیتی)، اما شواهدی از حضور بلورهای دولومیت زین‌اسبی یا سدل با خاموشی موجهی در آنها دیده نشده است. همچنین در زیر نور کاند نیز اغلب این دولومیت‌ها حالت زون‌بندی داشته و دارای لومینسانس تیره هستند. بر اساس شواهد حاصل از میکروسکوپ الکترونی، بلورهای دولومیت بیشتر به صورت شکل‌دار و نیمه شکل‌دار هستند و بلورهای بی‌شکل مشاهده نگردید. از لحاظ خصوصیات زمین‌شیمی نیز در دولومیت‌های قاعده‌ای، پایین‌تر بودن مقادیر استرانسیوم و سدیم، می‌تواند به شوری کمتر محیط تشکیل این دولومیت‌ها و پایین بودن مقادیر آهن و منگنز می‌تواند به شرایط محیطی نیمه اکسیدان در طی تدفین بسیار کم عمق نسبت داده شود (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ زهدی و همکاران، ۲۰۱۴؛ دو و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توان بیان داشت که مدل دولومیتی‌شدن دولومیت‌های قاعده‌ای در برش باریکه، مدل تدفین کم عمق^۸ می‌باشد (شکل ۱۲). به نظر می‌رسد که شورابه‌های حوضه‌ای^۹ مؤثرترین عامل برای تأمین منیزیم مورد نیاز فرآیند دولومیتی‌شدن در این نوع دولومیت‌ها باشد.

دولومیت‌های مطالعه شده از سازند تله‌زنگ دارای توزیع موازی با چینه‌بندی و لایه‌های رسوبی^۳ هستند. گسترش دولومیت‌های سازند تله‌زنگ، توسط چینه‌های رسوبی کنترل شده‌اند^۴ و لذا مرتبط با گسل‌خوردگی و فرآیندهای تکتونیکی نمی‌باشند. به طور کلی دولومیت‌های حاضر در بخش‌های پایانی برش کبوتربالا از لحاظ اندازه بسیار ریزتر از دولومیت‌های قاعده‌ای برش باریکه هستند. این تفاوت بارز در اندازه دولومیت‌ها باعث تفاوت در خصوصیات زمین‌شیمی دو برش نیز شده است (شکل ۱۰). بررسی تغییرات عناصر فرعی می‌تواند در تعیین نوع سیال دولومیت‌ساز و همچنین بازسازی روند کلی حرکت سیال (جلیلیان، ۱۳۹۶) مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به ضخامت نسبتاً زیاد و همچنین تفاوت دولومیت‌های دو برش از نظر خصوصیات سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی، می‌توان بیان نمود که در هر یک از دولومیت‌های رأسی و قاعده‌ای سازند تله‌زنگ، مدل دولومیتی‌شدن متفاوت است. دولومیت‌های رأسی (در برش کبوتربالا)، تماماً در انتهای سازند تله‌زنگ و در محل تماس با سازند کشکان تشکیل شده‌اند. با توجه به اندازه خیلی ریز این دولومیت‌ها (دولومیکریت)، وجود ذرات تخریبی کوارتز در حد سیلت و همچنین حضور کانی‌های رسی (از نوع اسمکتیت) می‌توان اظهار داشت که این نوع دولومیت‌ها تحت شرایط سطحی و در محیط‌های جزر و مدی^۵ توسط آب‌های نرمال دریایی تشکیل شده‌اند (آدابی، ۲۰۰۹). شواهد زمین‌شیمی نیز نظیر بالاتر بودن مقادیر Sr و Na نشان‌دهنده تخییر و شوری بیشتر محیط می‌باشد (کویمیرا و همکاران، ۲۰۱۷). مقادیر بالای آهن و منگنز نیز مؤید این مطلب است که این دولومیت‌ها نه تنها تحت تأثیر آب دریا قرار گرفته‌اند، بلکه سیالات غیردریایی نیز در فرآیند دولومیتی‌شدن دخیل بوده‌اند. با توجه به توضیحات بیان شده، می‌توان گفت که مدل دولومیتی‌شدن در دولومیکریت‌های این برش، مدل سبختا^۶ می‌باشد (شکل ۱۱).

لازم به ذکر است که اگرچه در دولومیت‌های مطالعه شده از برش کبوتربالا، نهشته‌های تخییری مشاهده نگردید ولی با همین سن (پالئوسن پسین - ائوسن پیشین) در

⁷ Khurmala Formation

⁸ Shallow burial model

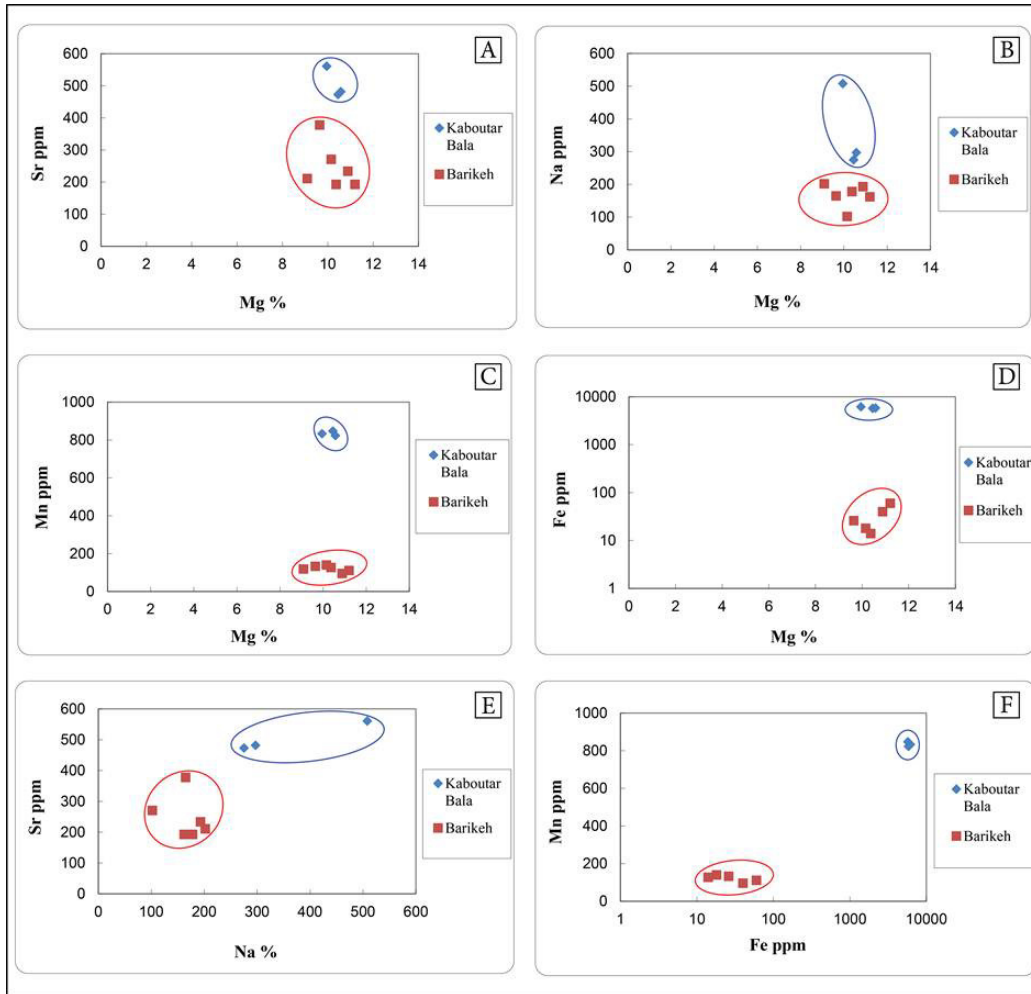
⁹ Basinal brines

³ Stratigraphic dolomite

⁴ Strata-controlled

⁵ Tidal flats

⁶ Sabkha evaporation model



شکل ۱۰. نمودار تغییرات استرانسیوم، سدیم، منگنز و آهن در مقابل درصد منیزیم (A-D) و تغییرات عناصر فرعی در مقابل یکدیگر در نمونه‌های دولومیتی مورد مطالعه. همان‌طور که مشاهده می‌شود دو برش کبوتربالا و باریکه بر اساس خصوصیات زمین‌شیمی به طور واضح از یکدیگر تفکیک می‌شوند.

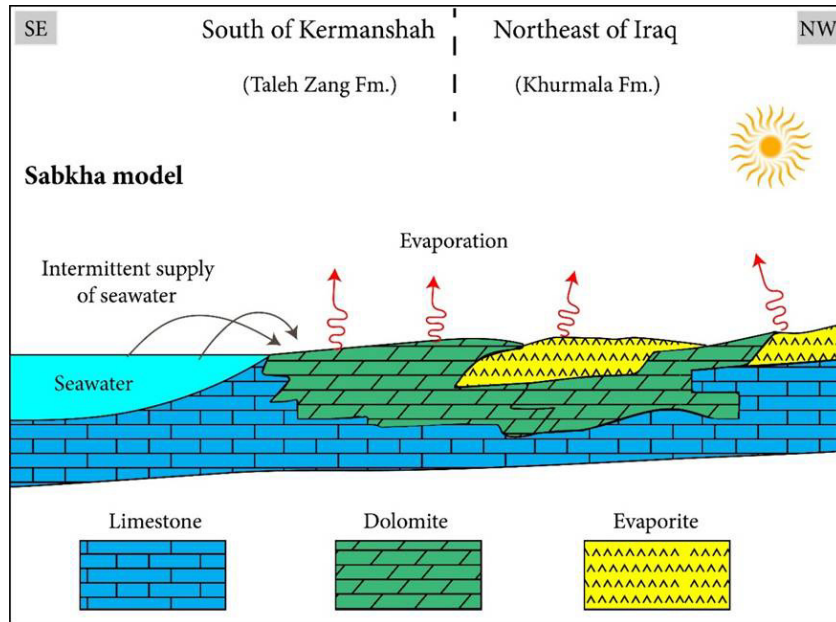
نتیجه‌گیری

سازند تله‌زنگ در جنوب و جنوب باختر کرمانشاه علاوه بر سنگ‌های آهکی، شامل دولومیت نیز می‌باشد. این سازند در جنوب کرمانشاه (برش کبوتربالا) با سن پالئوسن پسین-ائوسن پیشین، ۶۵ متر ضخامت دارد که از این مقدار، ۱۲ متر پایانی سازند از دولومیت تشکیل شده است. در جنوب باختر کرمانشاه (برش باریکه)، سن سازند تله‌زنگ، پالئوسن پسین می‌باشد، ضخامت آن به ۲۸۲ متر رسیده و دولومیت‌های این برش تنها در ۴۰ متر قاعده‌ای حضور دارند. بر اساس بررسی‌های صحرائی، مطالعات سنگ‌نگاری و آزمایش‌های زمین‌شیمی، چهار نوع دولومیت در سازند تله‌زنگ متمایز و شناسایی شده است که شامل دولومیت خیلی ریز بلور (دولومیکریت)، ریز بلور (دولومیکرواسپاریت)، متوسط بلور (دولواسپاریت)

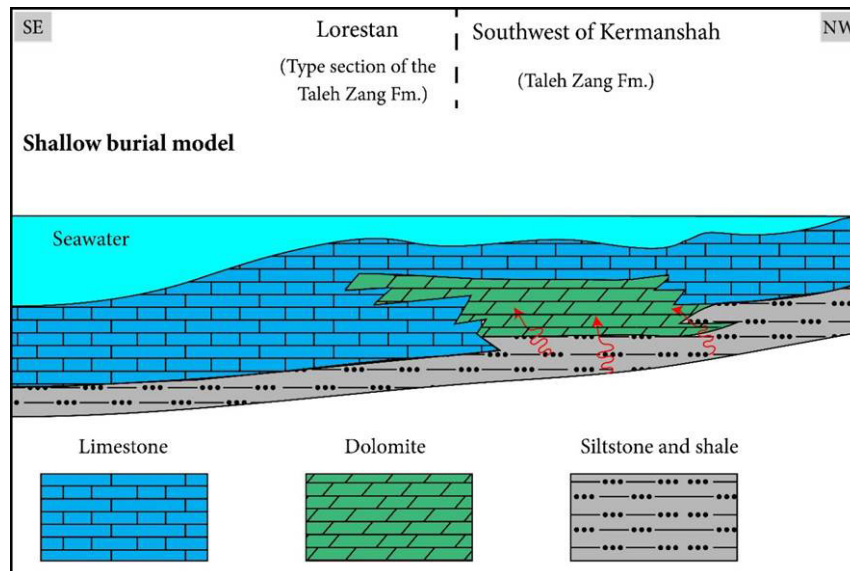
و سیمان‌های دولومیتی حفره پرکن می‌باشد. بر اساس آنالیز نقطه‌ای عنصری در دولومیکریت‌های رأسی حاضر در برش کبوتربالا، کانی رسی اسمکتیت نیز شناسایی گردید. سیمان‌های دولومیتی قاعده‌ای در برش باریکه، لومینسانس تیره دارند که این شاهد می‌تواند بیانگر شرایط تدفینی آن‌ها بوده باشد. میانگین درصد مقادیر عناصر کلسیم و منیزیم در برش کبوتربالا، ۱۹/۹۷ و ۱۰/۳۲ درصد و در برش باریکه، ۲۳/۳۲ و ۱۰/۲۲ درصد تعیین شد. میانگین عناصر استرانسیوم، سدیم، منگنز و آهن در دولومیت‌های رأسی برش کبوتربالا به ترتیب ۵۰۵، ۳۶۰، ۸۳۴ و ۵۹۰۰ پی‌پی‌ام و در دولومیت‌های قاعده‌ای برش باریکه، ۲۴۶، ۱۶۷، ۱۲۱ و ۲۶ پی‌پی‌ام تعیین گردید. نمونه‌های دولومیتی سازند تله‌زنگ در برش باریکه، کاهش شدید در مقادیر آهن و منگنز را نشان

کافی‌های رسی تأمین شده است. اما مدل دولومیتی شدن در برش باریکه، مدل تدفینی کم‌عمق بوده و منشاء منیزیم در این مدل، می‌تواند از شورابه‌های حوضه‌ای نتیجه شده باشد. در مجموع و به صورت کلی می‌توان بیان نمود که با توجه به مقادیر عناصر اصلی و فرعی در دولومیت‌ها، می‌توان مدل‌های مختلف دولومیتی شدن را تشخیص داد.

می‌دهند که این امر می‌تواند به تأثیر شرایط اکسیدان تا نیمه اکسیدان در طی تدفین بسیار کم‌عمق نسبت داده شود. با توجه به تفاوت موقعیت دولومیت‌ها در توالی‌های مطالعه شده و همچنین تفاوت احتمالی زمان تشکیل آن‌ها، مدل دولومیتی شدن مربوط به هرکدام از دولومیت‌ها نیز متفاوت است. مدل دولومیتی شدن سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا، مدل سیخا تعیین گردید و منیزیم مورد نیاز در این مدل از آب دریا و احتمالاً



شکل ۱۱. مدل دولومیتی شدن بخش‌های رأسی برش کبوتربالا از سازند تله‌زنگ در جنوب کرمانشاه. سیال مورد نیاز جهت فرآیند دولومیتی شدن، عمدتاً توسط آب دریا تأمین شده است. تبخیر شدیدتر در سازند خورملا، موجب تشکیل توالی تبخیری شده است.



شکل ۱۲. مدل دولومیتی شدن بخش‌های قاعده‌ای برش باریکه از سازند تله‌زنگ در جنوب باختر کرمانشاه. سیال مورد نیاز جهت فرآیند دولومیتی شدن، می‌تواند توسط شورابه‌های حوضه‌ای تأمین شده باشد.

- Formation, west-central Alberta. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 65 (2): 235-261.
- Bai, X. L., Zhang, S. N., Huang, Q. Y., Ding, X. Q., Zhang, S. Y (2016) Origin of dolomite in the Middle Ordovician peritidal platform carbonates in the northern Ordos Basin, western China. *Petroleum Science*, 13 (3): 434-449.
- Behrens, E. W., Land, L. S (1972) Subtidal Holocene dolomite, Baffin Bay, Texas. *Journal of Sedimentary Research*, 42(1): 155-161.
- Bellen, R. C., Dunnington, H. V., Wetzel, R., Morton, D (1959) *Lexique Stratigraphique, International Asia, Iraq*, 3c, 10a, 333 p.
- Bialik, O. M., Wang, X., Zhao, S., Waldmann, N. D., Frank, R., Li, W (2018) Mg isotope response to dolomitization in hinterland-attached carbonate platforms: Outlook of $\delta^{26}\text{Mg}$ as a tracer of basin restriction and seawater Mg/Ca ratio. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 235: 189-207.
- Braud, J (1978) Geological map of Kermanshah, 1:250000 scale. Geological Survey of Iran.
- Coimbra, R., Horikx, M., Huck, S., Heimhofer, U., Immenhauser, A., Rocha, F., Dinis, J., Duarte, L. V (2017) Statistical evaluation of elemental concentrations in shallow-marine deposits (Cretaceous, Lusitanian Basin). *Marine and Petroleum Geology*, 86: 1029-1046.
- Dickson, J. A. D (1965) A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205:578.
- Du, Y., Fan, T., Machel, H. G., Gao, Z (2018) Genesis of Upper Cambrian-Lower Ordovician dolomites in the Tahe Oilfield, Tarim Basin, NW China: Several limitations from petrology, geochemistry, and fluid inclusions. *Marine and Petroleum Geology*, 91: 43-70.
- Falcon, N. L (1961) Major earth-flexing in the Zagros Mountains of South-west Iran. *Quarterly Journal of Geological Society of London*, 117(4): 367-376.
- Flügel, E (2010) *Microfacies Analysis of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin, 976 p.
- Friedman, G. M (1965) Terminology of recrystallization textures and fabrics in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35: 643-665.
- Fu, S., Zhang, C., Chen, H., Qing, H., Chen, A., Zhao, J., Su, Z., Hao, Z (2019) Geochemistry characteristics and dolomitization mechanism of the Upper dolomite, eastern Ordos Basin, China. *Geological Journal*, 1-13.
- Gregg, J. M., Shelton, K. L (1990) Dolomitization and dolomite neomorphism in the back reef facies of the Bonnetterre and Davis formations (Cambrian), southeastern Missouri. *Journal of Sedimentary Research*, 60 (4): 549-562.
- منابع
- آدابی، م. ح (۱۳۹۰) ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آراین زمین، چاپ دوم، ۵۰۳ ص.
- آقانباتی، س. ع (۱۳۹۰) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- باقرپور، ب (۱۳۸۸) بایواستراتیگرافی، پالئوآکولوژی، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سازند تله‌زنگ در منطقه لرستان (جنوب غرب ایران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۲۴ ص.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۶) سنگ‌نگاری، زمین‌شیمی و تاریخچه دیاژنتیکی بخش دولومیتی سفیدار (تریاس بالایی) در منطقه فارس، جنوب ایران، دوفصل‌نامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۵، شماره ۱۰، ۹۶-۸۱ ص.
- خسروآبادی، م. ح (۱۳۹۴) ریزویست‌چینه‌نگاری سازند تله‌زنگ در جنوب شرقی اسلام‌آباد غرب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان، ۷۰ ص.
- رجبی، پ (۱۳۹۷) ریزویست‌چینه‌نگاری سازند تله‌زنگ در برش چینه‌شناسی کپالو، شرق پلدختر، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، شماره ۱۱۰، سال بیست و هشتم، ۱۳۶-۱۲۹ ص.
- زهدی، ا. و آدابی، م (۱۳۸۸) رسوب‌گذاری، دیاژنز و زمین‌شیمی سازند تله‌زنگ، جنوب لرستان، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، شماره ۷۱، سال هجدهم، ۱۱۴-۱۰۵ ص.
- شلالوند، م (۱۳۹۸) ژئوشیمی، دیاژنز و محیط‌رسوبی نهشته‌های کربناته سازند تله‌زنگ در جنوب و جنوب غرب کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۳ ص.
- شلالوند، م، آدابی، م. ح، و زهدی، ا (۱۳۹۸) محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی و ژئوشیمی عنصری سازند تله‌زنگ در جنوب کرمانشاه، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۷۵، سال سی و پنجم، ۴۸-۲۵ ص.
- مغفوری‌مقدم، ا. سامهر، ر. و غبیشاوی، ع (۱۳۸۷) چینه‌نگاری زیستی سازند تله‌زنگ در برش‌های الگو و کپالو، جنوب لرستان، مجله علوم پایه (یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی) دانشگاه بوعلی‌سینا، جلد ۵، ۲۴-۱۴ ص.
- Adabi, M. H (2009) Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh basin, N. E. Iran. *Carbonates and Evaporites*, 24 (1): 16-32.
- Adam, J., Al-Aasm, I. S (2017) Petrologic and geochemical attributes of calcite cementation, dolomitization and dolomite recrystallization: an example from the Mississippian Pekisko

- Llewellyn, P. G (1974) Geological map of Ilam-Kuhdasht, 1:250000 scale. Oil Service Company of Iran, Geological and Exploration Division, Tehran.
- Lukoczki, G., Haas, J., Gregg, J. M., Machel, H. G., Kele, S., John, C. M (2019) Multi-phase dolomitization and recrystallization of Middle Triassic shallow marine-peritidal carbonates from the Mecsek Mts. (SW Hungary), as inferred from petrography, carbon, oxygen, strontium and clumped isotope data. *Marine and Petroleum Geology*, 101: 440-458.
- Mazzullo, S. J (1992) Geochemical and Neomorphic alteration of dolomite: A review. *Carbonates and Evaporites* 7(1): 21-37.
- McCormack, J., Bontognali, T. R. R., Immenhauser, A., Kwiecien, O (2018) Controls on Cyclic Formation of Quaternary Early Diagenetic Dolomite. *Geophysical Research Letters*, 45(8): 3625-3634.
- Mehmood, M., Yaseen, M., Khan, E. U., Khan, M. J (2018) Dolomite and dolomitization model- a short review. *International Journal of Hydrology*, 2(5): 549-553.
- Navarro-Ciurana, D., Corbella, M., Cardellach, E., Vindel, E., Gomez-Gras, D., Grier, A (2016) Petrography and geochemistry of fault-controlled hydrothermal dolomites in the Riópar area (Prebetic Zone, SE Spain). *Marine and Petroleum Geology*, 71: 310-328.
- Radke, B. M., Mathis, R. L (1980) On the formation and occurrence of saddle dolomite. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56: 1149-1168.
- Rivers, J. M., Kyser, K., James, N. P (2012) Salinity reflux and dolomitization of southern Australian slope sediments: the importance of low carbonate saturation levels. *Sedimentology*, 59(2): 445-465.
- Robinson, P (1980) Determination of calcium, magnesium, manganese, strontium and iron in the carbonate fraction of limestones and dolomites. *Chemical geology*, 28: 135-146.
- Sass, E., Bein, A (1988) Dolomites and Salinity: A Comparative Geochemical Study. *Sedimentology and Geochemistry of Dolostones*, 43: 223-233.
- Schuster, A. M., Wallace, M. W., Hood, A. V. S., Jiang, G (2018) The Tonian Beck Spring Dolomite: Marine dolomitization in a shallow, anoxic sea. *Sedimentary Geology*, 368: 83-104.
- Sibley, D. F., Gregg, J. M (1987) Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Research*, 57(6): 967-975.
- Suzuki, Y., Iryu, Y., Inagaki, S., Yamada, T., Aizawa, S., Budd, D. A (2006) Origin of atoll dolomites distinguished by geochemistry and crystal chemistry: Kita-daito-jima, northern Philippine Sea. *Sedimentary Geology*, 183(3): 181-202.
- Gregg, J. M., Sibley, D. F (1984) Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture. *Journal of Sedimentary Research*, 54 (3): 908-931.
- Gregg, J. M., Bish, D. L., Kaczmarek, S. E., Machel, H. G (2015) Mineralogy, nucleation and growth of dolomite in the laboratory and sedimentary environment: A review. *Sedimentology*, 62(6): 1749-1769.
- Higgins, J. A., Blattler, C. L., Lundstrom, E. A., Santiago-Ramos, D. P., Akhtar, A. A., Curger Ahm, A. S., Bialik, O. M., Holmden, C., Bradbury, H., Murray, S. T., Swart, P. K (2018) Mineralogy, early marine diagenesis, and the chemistry of shallow water carbonate sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 220: 512-534.
- Hou, M. C., Jiang, W. J., Xing, F. C., Xu, S. L., Liu, X. C., Xiao, C (2016) Origin of dolomites in the Cambrian (upper 3rd-Furongian) formation, southeastern Sichuan Basin, China. *Geofluids*, 16(5): 856-876.
- Jiang, L., Cai, C. F., Worden, R. H., Li, K. K., Xiang, L (2013) Reflux dolomitization of the Upper Permian Changxing Formation and the Lower Triassic Feixianguan Formation, NE Sichuan Basin, China. *Geofluids*, 13(2): 232-245.
- Karim, K. H (1997) Stratigraphy of the Sartak-Bamo area, Northeastern Iraq, *Journal of Iraqi Geological Society*. (see <http://kurdistanangeology.com/?p=384>)
- Karim, K. H., Daoud, H. S., Kuradawy, A. R. H (2018) Record of Khurmala Formation (Late Paleocene – Early Eocene) in the Sulaimaniah Governorate, Kurdistan region, northeast Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 51(1): 34-55.
- Kaczmarek, S. E., Thornton, B (2017) The effect of temperature on stoichiometry, cation ordering, and reaction rate in high-temperature dolomitization experiments. *Chemical Geology*, 468: 32-41.
- Korte, C., Jasper, T., Kozur, H. W., Veizer, J (2006) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ record of Permian seawater. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 240(1-2): 89-107.
- Land, L. S (1985) The origin of massive dolomite. *Journal of Geological Education*, 33(2): 112-125.
- Last, F. M., Last, W. M., Halden, N. M (2012) Modern and late Holocene dolomite formation: Manito Lake, Saskatchewan, Canada. *Sedimentary Geology*, 281: 222-237.
- Li, Q., Jiang, Z., Hu, W., You, X., Hao, G., Zhang, J., Wang, X (2015) Origin of dolomites in the Lower Cambrian Xiaerbulak Formation in the Tarim Basin, NW China: Implications for porosity development. *Journal of Asian Earth Sciences* 115: 557-570.

- Vahrenkamp, V. C., Swart, P. K (1990) New distribution coefficient for the incorporation of strontium into dolomite and its implications for the formation of ancient dolomites. *Geology*, 18(5): 387-391.
- Veizer, J (1983) Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 11(1): 265-299.
- Vinci, F., Lannace, A., Parente, M., Pirmez, C., Torrieri, S., Giorgioni, M (2017) Early dolomitization in the Lower Cretaceous shallow-water carbonates of Southern Apennines (Italy): Clues about palaeoclimatic fluctuations in western Tethys. *Sedimentary Geology*, 362: 17-36.
- Warren, J (2000) Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. *Earth-Science Reviews*, 52(1): 1-81.
- Welton, J. E. (1984), *SEM Petrology Atlas*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA. 235 pages.
- Zhang, L., Jiao, Y., Rong, H., Li, R., Wang, R (2017) Origins and Geochemistry of Oolitic Dolomite of the Feixianguan Formation from the Yudongzi Outcrop, Northwest Sichuan Basin, China. *Minerals*, 7(7): 120-141.
- Zohdi, A., Moallemi, S. A., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Richter, D. K., Geske, A., Nickandish, A., Immenhauser, A (2014) Shallow burial dolomitization of an Eocene carbonate platform, Southeast Zagros Basin, Iran. *GeoArabia*, 19(4): 17-54.