

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

محمد شلالوند<sup>۱</sup>، محمدحسین آدابی<sup>۲\*</sup> و افشین زهدی<sup>۳</sup>

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 کم‌ژرفا در حوضه لرستان است که در نواحی محدودی از باختر ایران رخنمون دارد. برای شناسایی مدل دولومیتی‌شدن سازند تله‌زنگ، دو برش چینه‌شناسی در جنوب و جنوب‌باختر کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. برش باریکه در جنوب باختر شهرستان کرمانشاه با ستبرای ۲۸۲ متر به طور هم‌شیب بر روی سازند امیران و در زیر سازند کشکان قرار گرفته است. ستبرای دولومیت‌های حاضر در این برش، نزدیک ۴۰ متر می‌رسد که منحصراً مربوط به قاعده سازند تله‌زنگ می‌باشد. برش کبوتربالا در جنوب کرمانشاه با ستبرای ۶۵ متر همانند برش باریکه به طور هم‌شیب و پیوسته بر روی سازند امیران قرار گرفته است و با یک ناپیوستگی فرسایشی از سازند کشکان جدا می‌شود. دولومیت‌های این برش تنها مربوط به بخش‌های رأسی سازند تله‌زنگ هستند که ۱۲ متر ستبرای دارند. بر پایه بازبازرسی میدانی، بررسی‌های سنگ‌نگاری (میکروسکوپ پلاریزان، میکروسکوپ الکترونی و کاندولومینسانس) و واکاوی‌های زمین‌شیمی (AAS)، چهار نوع دولومیت در سازند تله‌زنگ شناسایی شد که عبارتند از: دولومیکریت، دولومیکرواسپاریت، دولواسپاریت و سیمان‌های دولومیتی پرکننده حفرات. بر پایه نمودار واکاوی نقطه‌ای عنصری (EDX)، کانی رسی اسمکتیت در میان دولومیت‌های رأسی در برش باریکه شناسایی شد. تفاوت اندازه بلورها و هم‌چنین تفاوت بارز مقدار برخی از عناصر فرعی می‌تواند وابسته به تفاوت زمانی، تفاوت شرایط محیطی و سرانجام تفاوت مدل دولومیتی‌شدن در دو برش باشد. مقدار پایین آهن و منگنز در برش باریکه به شرایط اکسیدان تا نیمه‌اکسیدان و مقدار بالای استرانسیوم و سدیم در برش کبوتربالا به شوری بیش‌تر در محیط‌های بالای کسندی نسبت داده می‌شود. با توجه به حضور دولومیکریت‌ها، وجود دانه‌های کوارتز در اندازه سیلت و مقدار بالای استرانسیوم و سدیم، مدل دولومیتی‌شدن سازند تله‌زنگ در بخش‌های بالایی توالی (در برش کبوتربالا) مدل سبک‌شناخته شد. هم‌چنین مقدار بالای آهن و منگنز در این دولومیت‌ها می‌تواند به دلیل مقدار بالای کانی‌های رسی (اسمکتیت) باشد که باعث آزاد شدن آهن و منگنز در طی دیاژنز شده است. در صورتی که در بخش‌های پایینی توالی (در برش باریکه)، نشانه‌هایی مانند اندازه درشت دولومیت‌ها، لومینسانس تیره و مقدار پایین آهن و منگنز، مدل تدفین کم‌ژرفا را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** سازند تله‌زنگ، مدل دولومیتی‌شدن، مدل سبک، مدل تدفین کم‌ژرفا، کرمانشاه

### پیشگفتار

حوضه رسوبی زاگرس نیز با توجه به نهشته شدن در یک محیط دریایی کم‌ژرفا 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. بیش‌تر پژوهش‌های پیشین بر روی این سازند، مربوط به بخش آهکی بوده و عمدتاً به فسیل‌شناسی و تعیین نوع محیط‌رسوبی محدود می‌شود (به عنوان نمونه باقرپور، ۱۳۸۸؛ زهدی و آدابی، ۱۳۸۸؛ خسروآبادی، ۱۳۹۴؛ شلالوند و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجا که در معدود

فرآیند دولومیتی شدن در رسوبات کربناته مناطق کم‌ژرفای دریا (رمپ درونی) 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 بهره‌گیری 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

دولومیت‌ها توجه شد. در نام‌گذاری دولومیت‌ها از رده‌بندی بافتی (سیبلی و گرگ، ۱۹۸۷ و مازولو، ۱۹۹۲) بهره‌گیری شد. پس از انجام مطالعات سنگ‌نگاری شمار ۱۰ نمونه از دولومیت‌های سازند تله‌زنگ (۷ نمونه از برش باریکه و ۳ نمونه از برش کبوتر بالا) برای مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM) انتخاب گردید. این مطالعات در مرکز پژوهش متالوژی رازی تهران و با بهره‌گیری از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل *VEGATESCAN* مجهز به واکاوی نقطه‌ای عنصری *(EDX)* انجام شد. برای شناسایی انواع سیمان و زون‌بندی در دولومیت‌ها تعداد ۴ نمونه برای انجام مطالعات کاتدولومینسانس انتخاب شد. این مطالعات در دانشگاه فردوسی مشهد و توسط میکروسکوپ کاتد مدل *CCL 8200mk3* در خلاء ۰/۱ تور<sup>۱</sup> با ولتاژ ۱۲ تا ۱۵ کیلوولت و شدت جریان ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکروآمپر انجام شد. برای آزمایش‌های زمین‌شیمی عنصری و شناسایی مقدار عناصر اصلی (کلسیم و منیزیم) و فرعی (استرانسیوم، سدیم، منگنز و آهن)، شمار ۱۳ نمونه از دولومیت‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر 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 غیرقابل حل در اسید<sup>۲</sup> حذف شدند. دقت واکاوی‌ها برای عناصر اصلی، حدود ۰/۵ درصد و برای عناصر فرعی، ۵ ± پی‌پی‌ام بوده است (رایبسون، ۱۹۸۰).

#### زمین‌شناسی و چینه‌شناسی مناطق مورد بررسی

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).

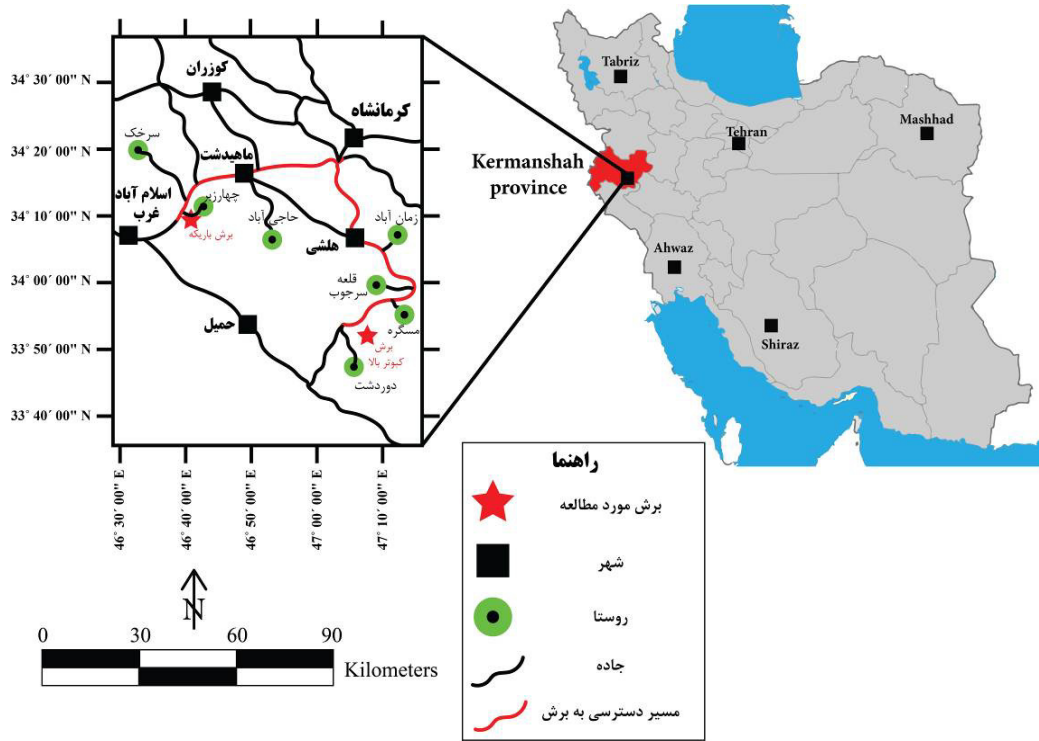
پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده است، دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در منطقه کرمانشاه مورد بررسی دقیق سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی قرار نگرفته است، در این پژوهش به مطالعه دقیق دولومیت‌های سازند تله‌زنگ پرداخته شده است. این سازند یک واحد کربناته کم‌ژرفا است که سن پالئوسن تا ائوسن میانی را در برش الگو دارد و شامل ۱۷۶ متر سنگ‌آهک خاکستری تا قهوه‌ای با لایه‌بندی متوسط تا توده‌ای و مقاوم است (آقابیانی، 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) افزون بر سنگ‌های آهکی، شاهد حضور دولومیت‌ها با ستبرای‌های بسیار نیز هستیم (مغفوری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۷؛ زهدی و آدابی، ۱۳۸۸). بررسی ویژگی‌های میدانی، 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 سودمند باشد.

#### روش پژوهش

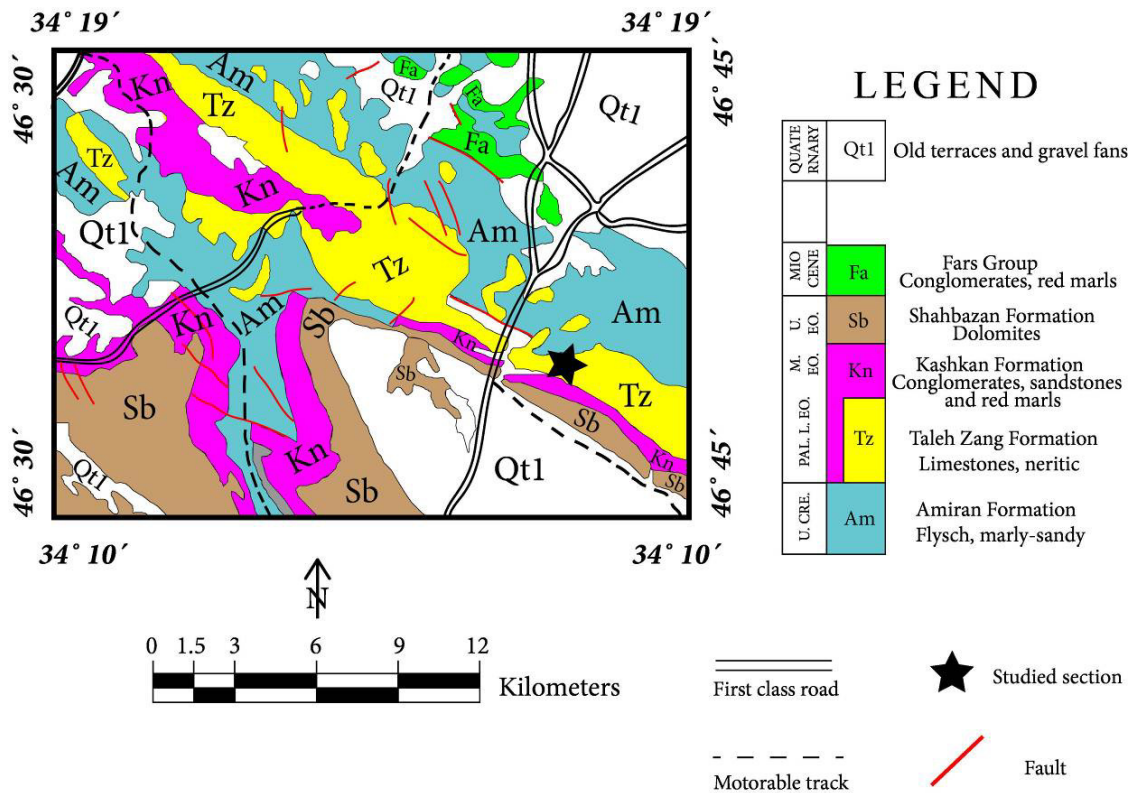
پس از بررسی نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه (برود، ۱۹۷۸) و هم‌چنین ۱/۲۵۰۰۰۰ ایلام-کوه‌دشت (لولین، ۱۹۷۴)، نواحی مورد مطالعه مورد پیمایش قرار گرفتند و با توجه به کامل بودن و مشخص بودن مرزهای زیرین و بالایی، برش‌های مورد نظر (باریکه و نیز کبوتربالا) برای کار انتخاب شدند (شکل ۱). در طی عملیات میدانی با توجه به ستبرای و مرز بین لایه‌ها و هم‌چنین امتداد جانبی لایه‌های دولومیتی شده، در مجموع شمار 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 برش‌نازک تهیه شد و توسط محلول آلپزارین قرمز و فروسیانید پتاسیم برای شناسایی 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 یادآوری است که در این پژوهش تنها به برش‌های دولومیتی و هم‌چنین ریزرخساره‌های مرتبط با

<sup>1</sup> Torr

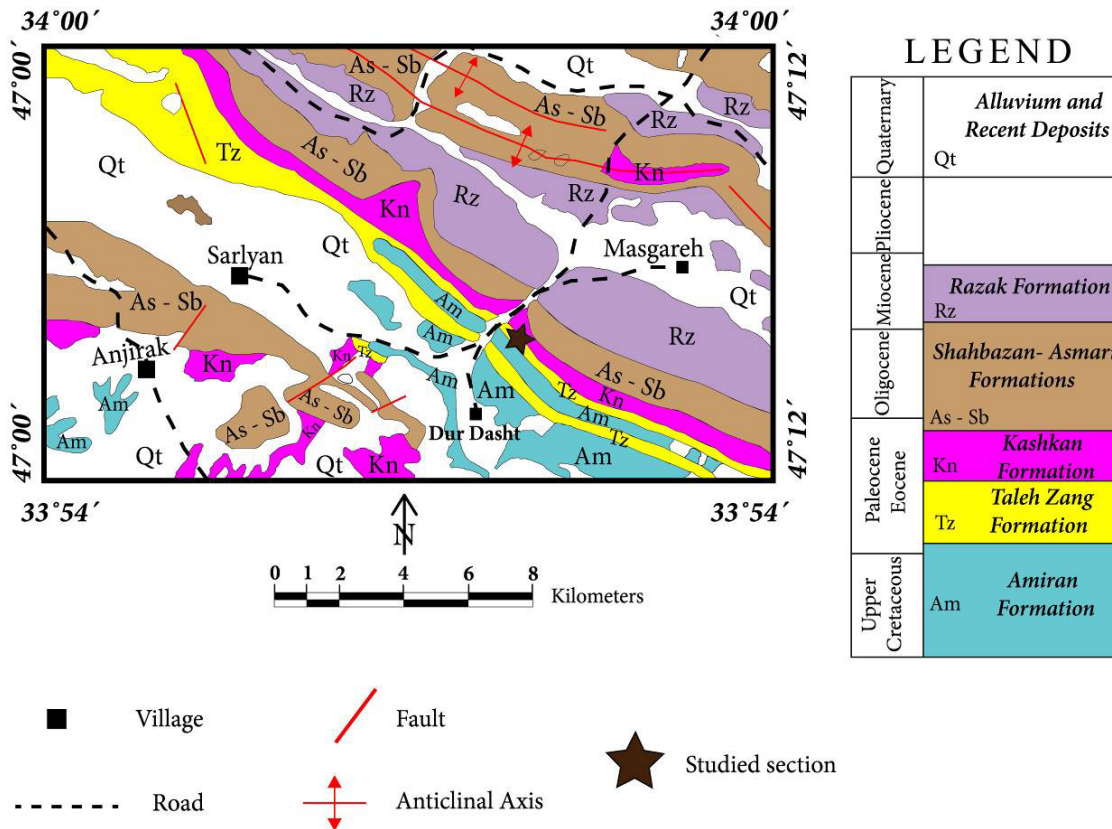
<sup>2</sup> Insoluble Residue



شکل ۱. جایگاه جغرافیایی و مسیرهای دسترسی به برش‌های مورد بررسی



شکل ۲. بخشی از نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ کرمانشاه که محل برش باریکه در آن نشان داده شده است (برگرفته از بروید، ۱۹۷۸ با ترسیم دوباره).

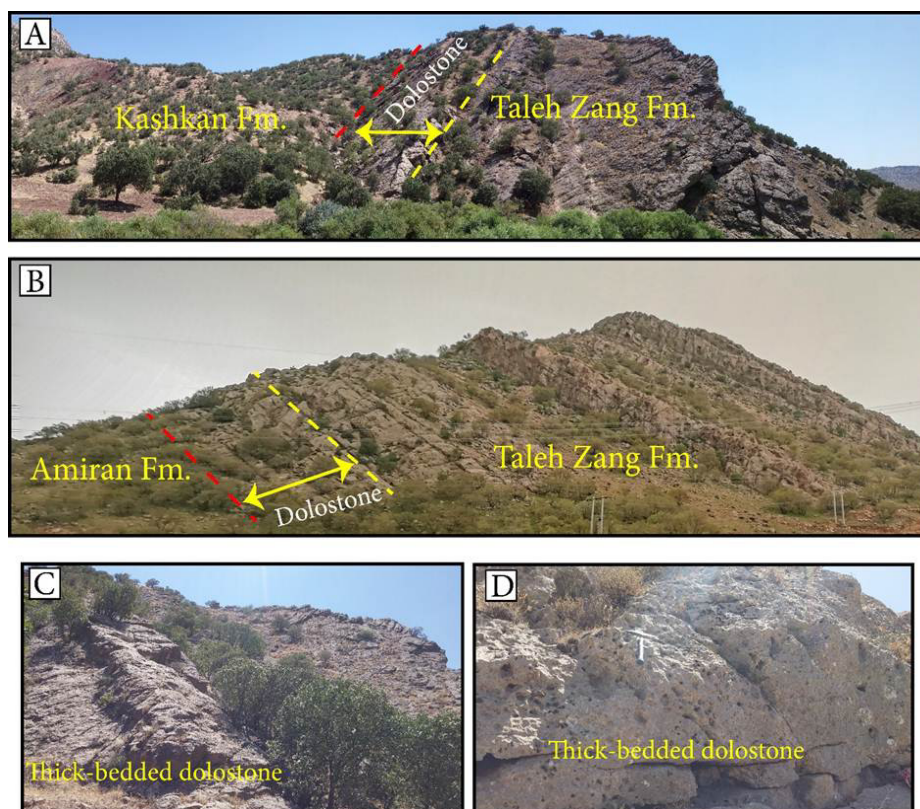


شکل ۳. بخشی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ یلام-کوه‌دشت که محل برش کبوتربالا در آن نشان داده شده است (برگرفته از لولین، ۱۹۷۴ با ترسیم دوباره).

ارتفاعات گردنه چهار زبر با مختصات جغرافیایی  $N: 34^{\circ} 13' 00''$  و  $E: 46^{\circ} 41' 00''$  سازند تله‌زنگ به سن پالئوسن پسین در این برش ۲۸۲ متر ستبرای 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 یادآوری 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 منحصرأ مربوط به بخش‌های قاعده‌ای توالی هستند (شکل‌های B-۴، D-۴ و ۵ ب).

برش چینه‌شناسی کبوتربالا (واقع در کوه کبوتربالا) با مختصات جغرافیایی  $N: 33^{\circ} 56' 00''$  و  $E: 47^{\circ} 08' 00''$  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). ستبرای 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 یادآوری 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 جنوب‌باختری شهرستان کرمانشاه و در



شکل ۴. تصویرهای میدانی از سازند تله‌زنگ در برش‌های مورد بررسی. (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 ستر لایه در رأس برش کبوتربالا. دید عکس به سمت خاور. (D) نمایی نزدیک از دولومیت‌های ستر لایه در قاعده برش باریکه. دید عکس به سمت جنوب.

#### سنگ‌نگاری دولومیت‌ها

دولومیت‌های سازند تله‌زنگ بر پایه 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<sup>۱</sup> و بلورهای شکل‌دار<sup>۲</sup> تا نیمه‌شکل‌دار<sup>۳</sup> در دولومیت‌ها توسعه می‌یابند. در بالاتر از دمای بحرانی یعنی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، سطوح بلوری غیرمسطح<sup>۴</sup> و بلورهای بی‌شکل<sup>۵</sup> 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<sup>۶</sup> تا شکل‌دار و به شکل موزاییک‌های تقریباً یک اندازه یافت می‌شوند. این نوع بافت معادل بافت غیرمسطح (مازولو، ۱۹۹۲) است. این نوع دولومیت‌ها تقریباً فشرده و بدون هرگونه فسیل هستند و دانه‌های پراکنده کوارتز آواری در حد سیلت در آن‌ها مشاهده می‌شود. این نوع دولومیت‌ها تحت شرایط سطحی، دمای پایین و در محیط‌های کشنده 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 بهره‌گیری از واکاوی نقطه‌ای عنصری، کانی رسی اسمکتیت (ولتون، ۱۹۸۴) نیز در بین دولومیکریت‌های سازند تله‌زنگ در این برش مشاهده گردید (شکل ۶).

<sup>1</sup> Planar

<sup>2</sup> Euhedral

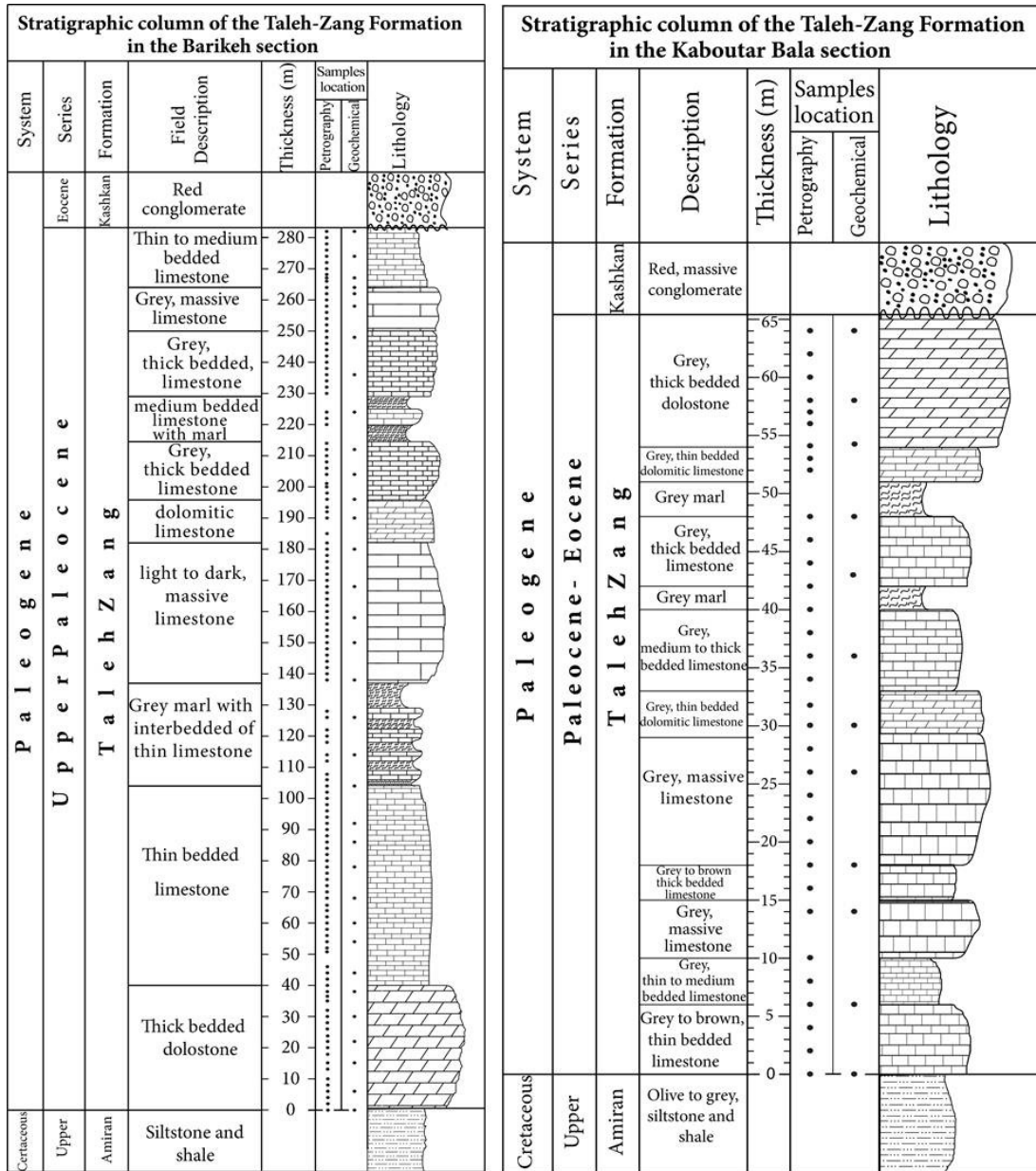
<sup>3</sup> Subhedral

<sup>4</sup> Nonplanar

<sup>5</sup> Anhedral

<sup>6</sup> Planar-s

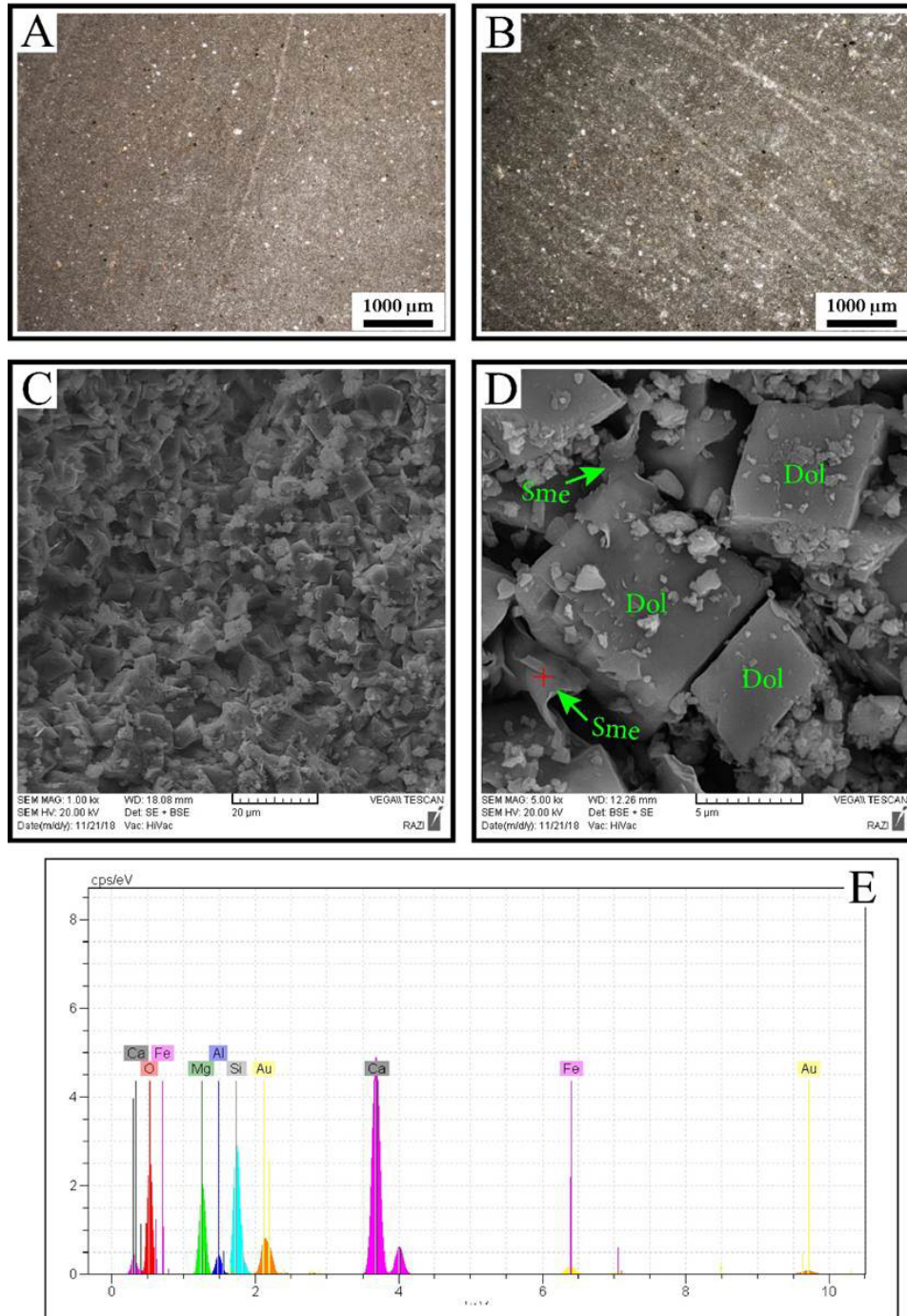




شکل ۵. الف) ستون چینه‌شناسی سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا. ب) ستون چینه‌شناسی سازند تله‌زنگ در برش باریکه

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 بی‌شکل	۷۰ تا ۱۶ میکرون	باریکه	دولومیکروسپاریت
۳۰ درصد	کمتر از ۲ درصد	هایپیدوتاپیک، 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 بی‌شکل	۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون	باریکه	سیمان دولومیتی



شکل ۶. دولومیکریت‌های سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا. *A* و *B*: تصویرهای برگرفته از میکروسکوپ پلاریزان. *C* و *D*: تصویرهای برگرفته از میکروسکوپ الکترونی که در آن کانی رسی اسمکتیت (*Sme*) مشخص است. *E*: نمودار برگرفته از واکاوی نقطه‌ای عنصری (*EDX*) که بیانگر ترکیب شیمیایی کانی رسی اسمکتیت است.

معادل فابریک ایدیوتاپیک<sup>۱</sup> (فریدمن، ۱۹۶۵)، ایدیوتاپیک-*p* یا پورفیروتاپیک (گرگ و سیبلی، ۱۹۸۴) و دولومیت مسطح-*p* (مازولو، ۱۹۹۲) است. در این نوع

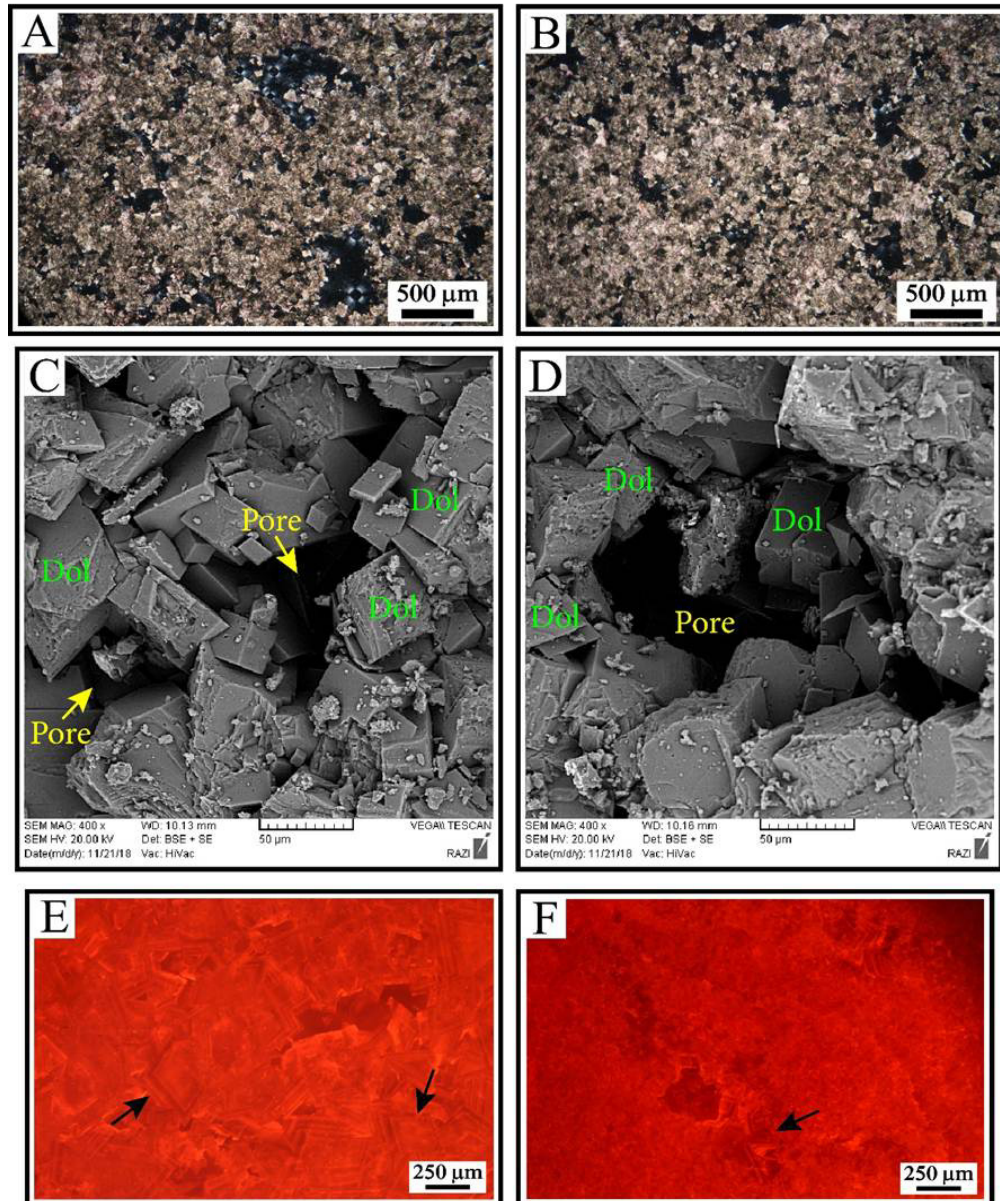
دولومیت‌های ریز بلور (*Dolomicrosparite*) این نوع دولومیت‌ها بیش‌تر از بلورهای فشرده و با مرزهای مسطح نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل تشکیل شده‌اند که اندازه‌های بین ۱۶ تا ۷۰ میکرون دارند. این نوع بافت

<sup>1</sup> Idiopathic



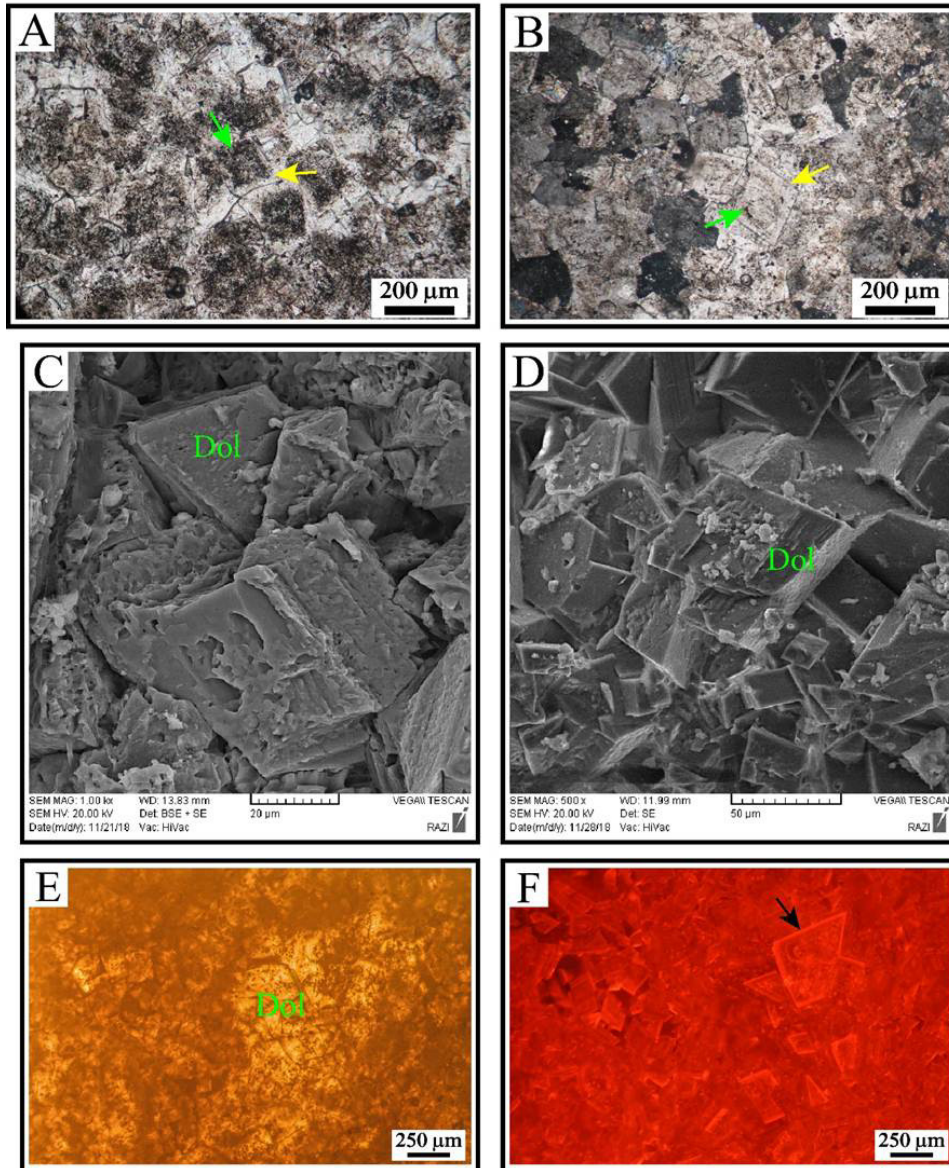
دولومیت‌ها به ۵ تا ۸ درصد می‌رسد که بیش‌ترین تخلخل را در بین دولومیت‌های شناسایی شده از سازند تله‌زنگ به خود اختصاص می‌دهند. این نوع دولومیت تنها در بخش‌های قاعده‌ای سازند تله‌زنگ در برش باریکه مشاهده شدند که با فراوانی حدود ۶۰ درصد، فراوان‌ترین نوع دولومیت شناسایی شده از کل دولومیت‌های سازند تله‌زنگ در برش یادشده 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*: تصویرهای حاصله از میکروسکوپ پلاریزان. *C* و *D*: تصویرهای حاصله از میکروسکوپ الکترونی که تخلخل بین‌بلوری در بین بلورهای دولومیت (*Pore*) به وضوح قابل مشاهده است. *E* و *F*: تصویرهای حاصله از میکروسکوپ کاتدولومینسانس؛ که نشان‌دهنده زون‌بندی (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*: تصویرهای برگرفته از میکروسکوپ پلاریزان که دارای هسته‌های مه‌آلود (فلش سبز) و حاشیه‌های شفاف (فلش زرد) هستند. *C* و *D*: تصویرهای برگرفته از میکروسکوپ الکترونی که به وضوح اندازه درشت بلورهای این نوع دولومیت را نشان می‌دهد. *E*: تصویر نور پلاریزان. *F*: تصویر برگرفته از میکروسکوپ کاتدولومینسانس. زون‌بندی (فلش مشکی) در این نوع دولومیت‌ها به علت وجود اینکلوزیون‌هایی از اکسید آهن می‌باشد.

### دولومیت‌های متوسط بلور (*Dolosparite*)

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

(فریدمن، ۱۹۶۵)، ایدئوتاپیک-S (گرگ و سیبلی، ۱۹۸۴) و دولومیت مسطح نیمه‌شکل‌دار (سیبلی و گرگ، ۱۹۸۷) و (مازولو، ۱۹۹۲) است. بیش‌تر رومبوئدرهای دولومیتی دارای هسته مه‌آلود<sup>۱</sup> و اینکلوزیون‌هایی تیره‌رنگ از میکریت می‌باشند که توسط یک کناره روشن<sup>۲</sup> 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 ویران شده و در

<sup>۱</sup> Unimodal

<sup>۲</sup> Hypidiotopic

شدن باشد (آدابی، ۲۰۰۹؛ ناوارو- سیورانا و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ فو و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج حاصل از واکاو‌های 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 یادآوری 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 (کورت 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 اندازه‌های بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرون، به صورت سیمان‌های حفره پرکن<sup>۱</sup>، 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<sup>۲</sup> هستند که باعث کاهش تداخل گردیده‌اند. این نوع دولومیت معادل با بافت زینوتاپییک<sup>۳</sup> (فریدمن، ۱۹۶۵)، زینوتاپییک-A (گرگ و سیلی، ۱۹۸۴) و بافت غیرمسطح-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<sup>۴</sup> بوده و یا به عبارتی شواهدی که نشان 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

<sup>1</sup> Planar-c

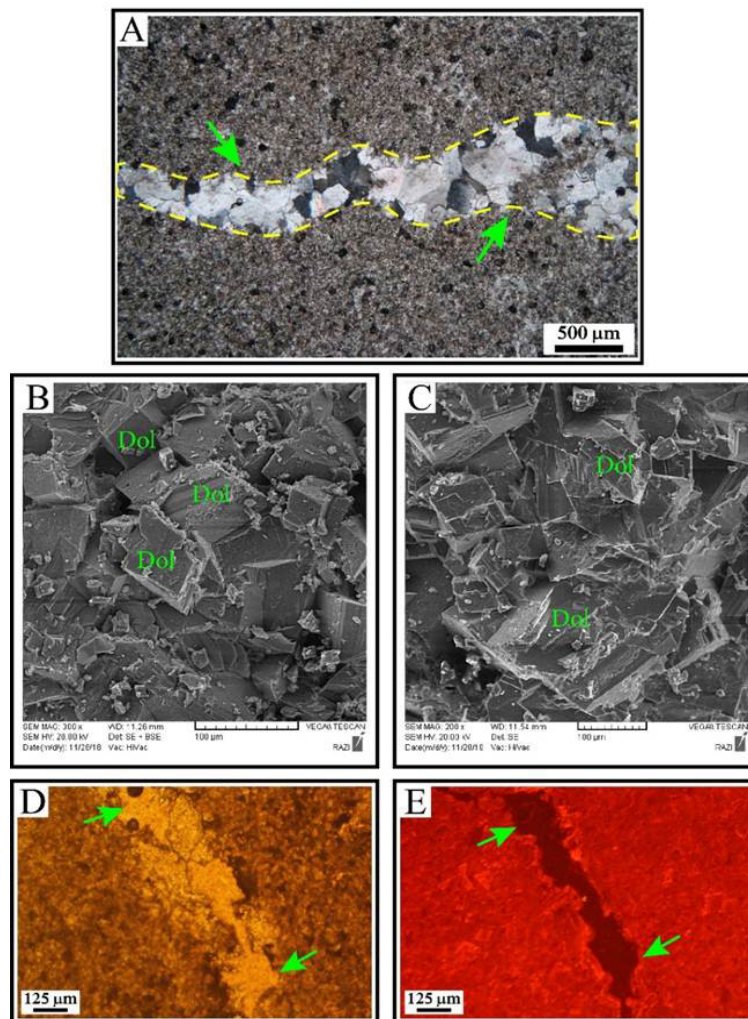
<sup>2</sup> nonplanar-A

<sup>3</sup> Xenotopic

<sup>4</sup> Saddle

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<sup>۲</sup> بودن دولومیت‌های سازند تله‌زنگ بوده و یا به دلیل جانشینی دولومیت‌ها به جای سنگ‌آهک‌های 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 پژوهشگران گزارش گردیده (بهرنس و لند، ۱۹۷۲؛ لاست و همکاران، ۲۰۱۲)، کمتر است. مقدار استرانسیوم در دولومیت‌ها با افزایش حالت استوی‌شیومتری<sup>۱</sup> کاهش می‌یابد (وارنکامپ و



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

<sup>1</sup> Stoichiometry<sup>2</sup> Non-Stoichiometry



جدول ۲. نتایج حاصل از واکاوای عنصری دولومیت‌های شناسایی شده در سازند تله‌زنگ در دو برش کبوتربالا و باریکه با بهره‌گیری 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

سدیم (Na) 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<sup>۱</sup> تا نیمه‌اکسیدان<sup>۲</sup> در طی تدفین کم ژرفا 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 یادآوری 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 دیرینه 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 دولومیتی‌شدن 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 استویشیومتری مقادیر بسیار پایینی دارد و بنابراین میزان نسبتاً بالای سدیم در دولومیت‌های مورد مطالعه، می‌تواند مبین حالت غیراستویشیومتری 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 ۲۶ پی‌پی‌ام) و میزان منگنز در این دولومیت‌ها بین ۹۶ تا

<sup>1</sup> Oxid

<sup>2</sup> Sub-oxid

پیشین) در کشور عراق و در مجاورت منطقه مورد مطالعه، به دلیل تبخیر شدیدتر، توالی‌های تبخیری در سازند خورملا<sup>۷</sup> توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (بلن و همکاران، ۱۹۵۹؛ کریم، ۱۹۹۷؛ کریم و همکاران، ۲۰۱۸) و لذا مدل دولومیتی‌شدن سبنا 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 ویژگی‌های سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی دارند. بر پایه مطالعات میدانی 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 زین‌اسی 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 پایه شواهد حاصل از میکروسکوپ الکترونی، بلورهای دولومیت بیش‌تر به‌صورت شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار هستند و بلورهای بی‌شکل مشاهده نگردید. از لحاظ ویژگی‌های 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 نیمه‌اکسیدان در طی تدفین بسیار کم ژرفا نسبت داده شود (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ زهدی و همکاران، ۲۰۱۴؛ دو و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توان گفت که مدل دولومیتی‌شدن دولومیت‌های قاعده‌ای در برش باریکه، مدل تدفین کم ژرفا<sup>۸</sup> می‌باشد (شکل ۱۲). به نظر می‌رسد که شورابه‌های حوضه‌ای<sup>۹</sup> مؤثرترین عامل برای تأمین منیزیم مورد نیاز فرآیند دولومیتی شدن در این نوع دولومیت‌ها باشد.

دولومیت‌های مطالعه شده از سازند تله‌زنگ دارای توزیع موازی با چینه‌بندی و لایه‌های رسوبی<sup>۳</sup> هستند. گسترش دولومیت‌های سازند تله‌زنگ، توسط چینه‌های رسوبی کنترل شده‌اند<sup>۴</sup> و لذا مرتبط با گسل‌خوردگی و فرآیندهای تکتونیک 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 ویژگی‌های 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 بهره‌گیری قرار گیرد. با توجه به سبنا نسبتاً زیاد و هم‌چنین تفاوت دولومیت‌های دو برش از نظر ویژگی‌های 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 خیلی‌ریز این دولومیت‌ها (دولومیکریت)، وجود دانه‌های 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 کشنده<sup>۵</sup> توسط آب‌های نرمال دریایی تشکیل شده‌اند (آدابی، ۲۰۰۹). شواهد زمین‌شیمی نیز نظیر بالاتر بودن مقادیر  $Na$  و  $Sr$  نشان‌دهنده تبخیر 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 دولومیتی شدن در دولومیکریتهای این برش، مدل سبنا<sup>۶</sup> می‌باشد (شکل ۱۱).

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

<sup>3</sup> Stratigraphic dolomite

<sup>4</sup> Strata-controlled

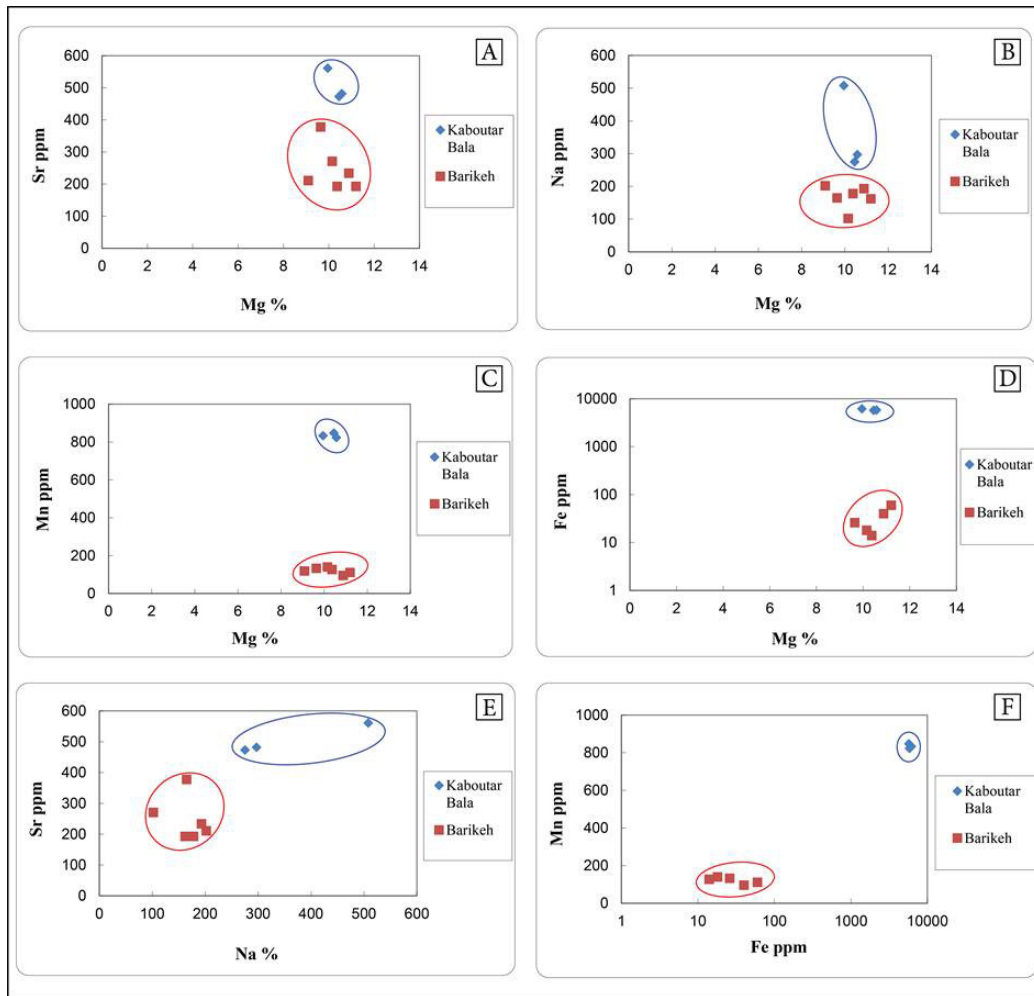
<sup>5</sup> Tidal flats

<sup>6</sup> Sabkha evaporation model

<sup>7</sup> Khurmala Formation

<sup>8</sup> Shallow burial model

<sup>9</sup> Basinal brines



شکل ۱۰. نمودار تغییرات استرانسیوم، سدیم، منگنز و آهن در مقابل درصد منیزیم (A-D) و تغییرات عناصر فرعی در مقابل یکدیگر (E-F) در نمونه‌های دولومیتی مورد بررسی. همان‌طور که دیده می‌شود دو برش کبوتربالا و باریکه بر پایه ویژگی‌های زمین‌شیمی به طور واضح از یکدیگر جدا می‌شوند.

#### نتیجه‌گیری

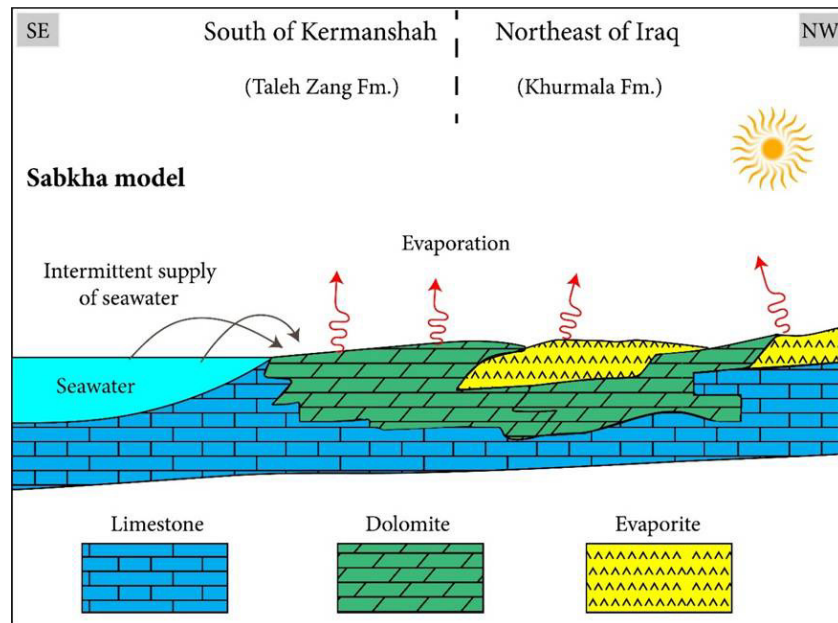
سیمان‌های دولومیتی حفره پرکن می‌باشد. بر پایه واکاوی نقطه‌ای عنصری در دولومیکریت‌های رأسی حاضر در برش کبوتربالا، کانی رسی اسمکتیت نیز شناسایی شد. سیمان‌های دولومیتی قاعده‌ای در برش باریکه، لومینسانس تیره دارند که این شاهد می‌تواند بیانگر شرایط تدفینی آن‌ها بوده باشد. میانگین درصد مقادیر عناصر کلسیم و 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

سازند تله‌زنگ در جنوب و جنوب‌باختر کرمانشاه افزون بر سنگ‌های آهکی، شامل دولومیت نیز می‌باشد. این سازند در جنوب کرمانشاه (برش کبوتربالا) با سن پالتوسن پسین-اوسن پیشین، ۶۵ متر ستبرای دارد که از این مقدار، ۱۲ متر پایانی سازند از دولومیت ساخته شده است. در جنوب باختر کرمانشاه (برش باریکه)، سن سازند تله‌زنگ، پالتوسن پسین می‌باشد، ستبرای آن به ۲۸۲ متر رسیده و دولومیت‌های این برش تنها در ۴۰ متر قاعده‌ای حضور دارند. بر پایه بررسی‌های میدانی، بررسی‌های سنگ‌نگاری و آزمایش‌های زمین‌شیمی، چهار نوع دولومیت در سازند تله‌زنگ متمایز و شناسایی شده است که شامل دولومیت خیلی‌ریز بلور (دولومیکریت)، ریز بلور (دولومیکرواسپاریت)، متوسط بلور (دولواسپاریت) و

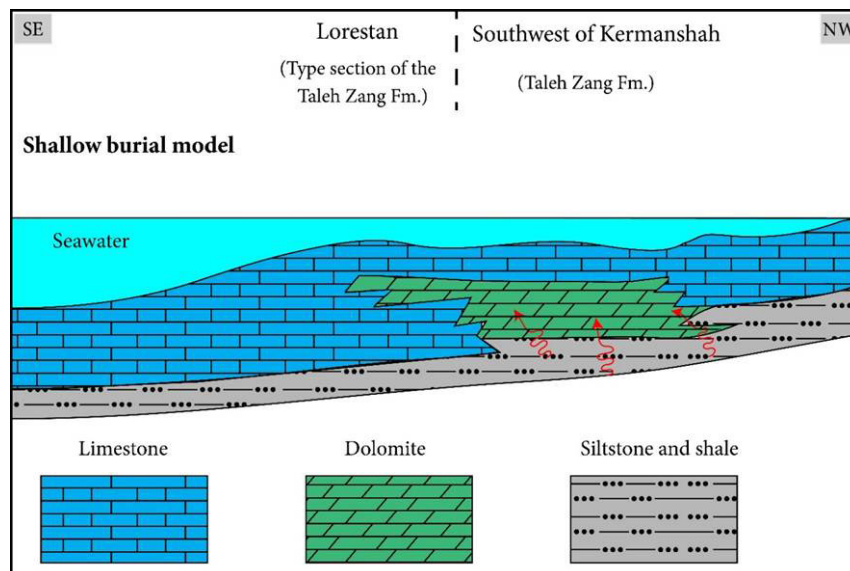


منیزیم مورد نیاز در این مدل از آب دریا و احتمالاً کانی‌های رسی تأمین شده است. اما مدل دولومیتی شدن در برش باریکه، مدل تدفینی کم‌ژرفا بوده و منیزیم در این مدل، می‌تواند از شورابه‌های حوضه‌ای نتیجه شده باشد. در کل، با توجه به مقدار عناصر اصلی و فرعی در دولومیت‌ها، می‌توان مدل‌های مختلف دولومیتی شدن را شناسایی کرد.

می‌دهند که این امر می‌تواند به تأثیر شرایط اکسیدان تا نیمه‌اکسیدان در طی تدفین بسیار کم‌ژرفا نسبت داده شود. با توجه به تفاوت جایگاه دولومیت‌ها در توالی‌های مطالعه شده و همچنین تفاوت احتمالی زمان ساخت آن‌ها، مدل دولومیتی شدن مربوط به هرکدام از دولومیت‌ها نیز متفاوت است. مدل دولومیتی شدن سازند تله‌زنگ در برش کبوتربالا، مدل سبخت تعیین گردید و



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



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

## منابع

- 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, Interntional 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.
- Flugel, 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.
- آدابی، م. ح (۱۳۹۰) ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آرین 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 (جنوب‌غرب ایران)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، 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
- خسروآبادی، م. ح (۱۳۹۴) ریزویست‌چینه‌نگاری سازند تله‌زنگ در جنوب‌شرقی اسلام‌آباد غرب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، 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
- 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
- شلالوند، م (۱۳۹۸) ژئوشیمی، دیاژنز و محیط‌رسوبی نهشته‌های کربناته سازند تله‌زنگ در جنوب و جنوب غرب کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۳ ص.
- شلالوند، م، آدابی، م. ح، و زهدی، ا (۱۳۹۸) محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانشی و ژئوشیمی عنصری سازند تله‌زنگ در جنوب کرمانشاه، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۷۵، سال سی و پنجم، ۴۸-۲۵
- مغفوری‌مقدم، ا. سامهر، ر. و غبیشاوی، ع (۱۳۸۷) چینه‌نگاری زیستی سازند تله‌زنگ در برش‌های الگو و کپالو، جنوب لرستان، مجله علوم‌پایه (یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی) دانشگاه بوعلی‌سینا، جلد ۵، ۲۴-۱۴
- 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. A., Gregg, J. M., Machel, H. G., Kele, S. A., 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., Griera, 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) *<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>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 Xiaoerbulak 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.