

## ارتباط بین شیمی بلورهای دولومیت و عمق تدفین (مثالی از سازند خانه‌کت، زاگرس مرتفع)

سیدمحمد رضا امامی<sup>۱\*</sup>، بیژن یوسفی یگانه<sup>۱</sup>، مصطفی صداقت‌نیا<sup>۲</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دانش‌آموخته مقطع دکتری، کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

\*luckpages@yahoo.com

### چکیده

در این پژوهش دولومیت‌های سازند خانه‌کت (تریاس) در پهنه لرستان (زاگرس مرتفع) مورد مطالعه قرار گرفته است. مرز زیرین و زیرین سازند خانه‌کت به ترتیب با کربنات‌های سازند دالان و کربنات‌های لیاس (سازند سورمه) به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. دو گروه از دولومیت‌ها (اولیه و ثانویه) در سازند خانه‌کت شناسایی گردید. در بلورهای دولومیت مورد مطالعه یک روند افزایشی از عناصر Fe و Mn و یک روند کاهش از عنصر Sr و Na از دولومیت‌های اولیه به سمت دولومیت‌های تدفینی مشاهده می‌شود. تمرکز بالای عناصر Fe و Mn در دولومیت‌های تدفینی به دلیل شرایط احیایی در طی عمق تدفین است. تمرکز بالای عناصر Sr و Na در دولومیت‌های سطحی (عمق تدفین کم) به دلیل هسته‌زایی فراوان بلورهای دولومیت در شرایط جزر و مدی و تأثیر شورابه‌های سبخایی است.

**کلیدواژه‌ها:** پتروگرافی، شیمی بلور دولومیت، سازند خانه‌کت، زاگرس مرتفع

## The relationship between dolomite crystal chemistry and burial depth (An example of Khaneh-Kat Formation, high Zagros)

SMR, Emami<sup>1\*</sup>; Bizhan Yousefi Yeganeh<sup>1</sup>; Mostafa Sedaghatnia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geology Department, Lorestan University, Khoramabad

<sup>2</sup>Central Laboratory, Lorestan University, Khoramabad

\*luckpages@yahoo.com

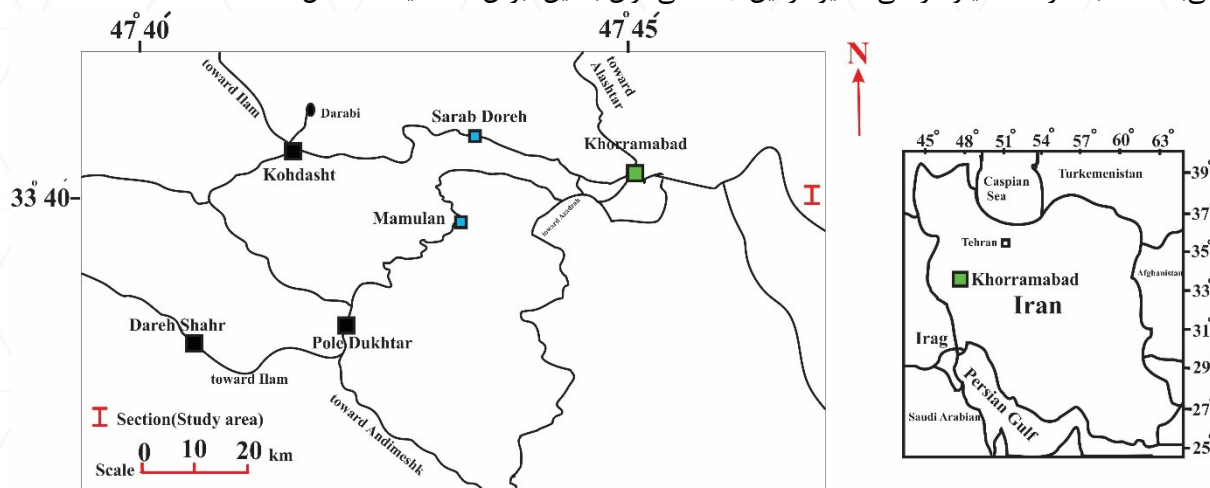
### Abstract

In this research, dolomites of the Khaneh-Kat formation (Triassic) in the Lorestan area (high Zagros) have been studied. The lower and upper boundaries of the Khaneh-Kat Formation are erosional discontinuities with the carbonates of the Dalan Formation and the Liassic carbonates (Surmeh Formation), respectively. Two groups of dolomites (primary and secondary) were identified in the Khaneh Kat Formation. In the studied dolomite crystals, an increasing trend of Fe and Mn elements and a decreasing trend of Sr and Na elements are observed from the primary dolomites towards the buried dolomites. The high concentration of Fe and Mn elements in buried dolomites is due to the redox conditions during burial depth. The high concentration of Sr and Na elements in surface dolomites (shallow burial depth) is due to the abundant nucleation of dolomite crystals under tidal conditions and the influence of Sabkha brines.

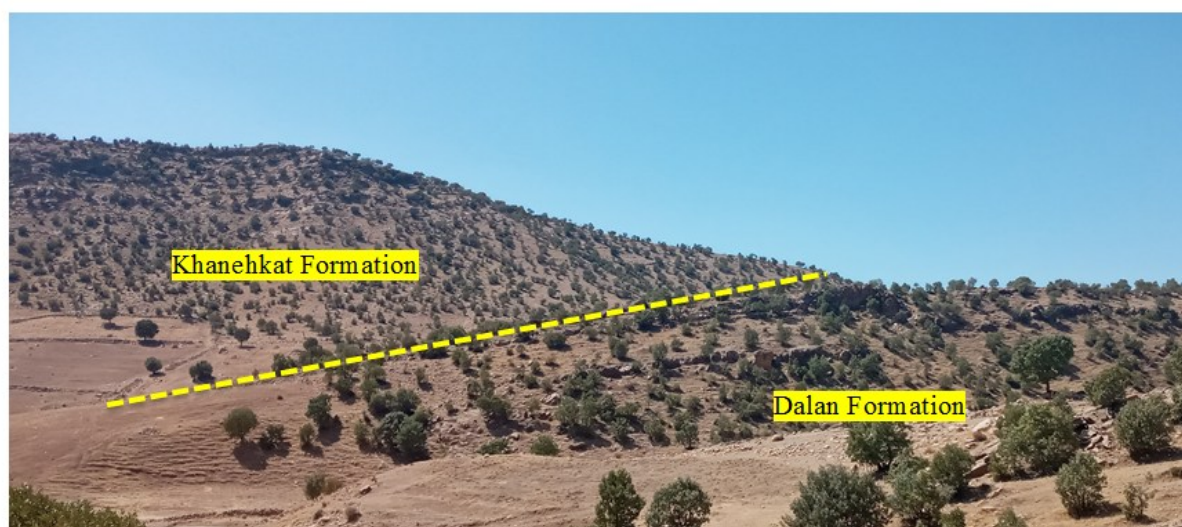
**Keywords:** Petrography, Crystal chemistry, Dolomite, Khaneh Kat Formation, High Zagros

## ۱- مقدمه

در زاگرس مرتفع، کربنات‌های تریاس، سازند دولومیتی خانه‌کت نامیده شده‌اند که هم‌ارز مجموعه‌ی دو سازندکنگان و دشتک است. برش الگوی این سازند، در تنگ قُمبَری، واقع در تاقدیس خانه‌کت (۱۱۰ کیلومتری خاور شیراز)، و برش مرجع آن در اشترانکوه است. از نظر سنگ‌شناسی، برش الگوی سازند خانه‌کت شامل ۳۶۴ متر دولومیت‌های خاکستری رنگ تیره، بسیار ریزدانه، سیلیسی، متوسط تا نازک‌لایه است که ۱۲۲ متر بالای آن حالت فروریختگی و برشی دارد و در رأس آن، دولومیت‌های توده‌ای متبلور و متخلخل به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شوند. در برش مرجع، این سازند شامل کربنات‌های رسی و شیل در بخش پایین و باقی توالی شامل آهک و دولومیت‌هایی از محیط رسوبی کم عمق‌اند که واجد ترک‌های گلی، ساختمان‌های استروماتولیتی و برش‌های انحلالی است. در برش الگو، مرز زیرین سازند خانه‌کت چندان روشن نیست ولی در اشترانکوه سنگ‌آهک‌های لایه‌لایه، حاوی آثار کرم، بر روی کربنات‌های سازند دالان، با ناپیوستگی، جای دارند (شکل ۲). مرز زیرین دولومیت‌های خانه‌کت با شیل و دولومیت‌های لیاس (سازند نیریز) ناپیوسته و فرسایشی است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). برش چینه‌شناسی انتخاب شده برای سازند خانه‌کت در شمال شرق غربی ورقه بروجرد واقع شده است. دسترسی به این برش از طریق جاده بروجرد- دورود میسر می‌باشد که بعد از ۱۵ کیلومتر طی مسیر در این جاده می‌توان به این برش دست یافت (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه.



شکل ۲: نمای از سازند خانه‌کت در برش مورد مطالعه



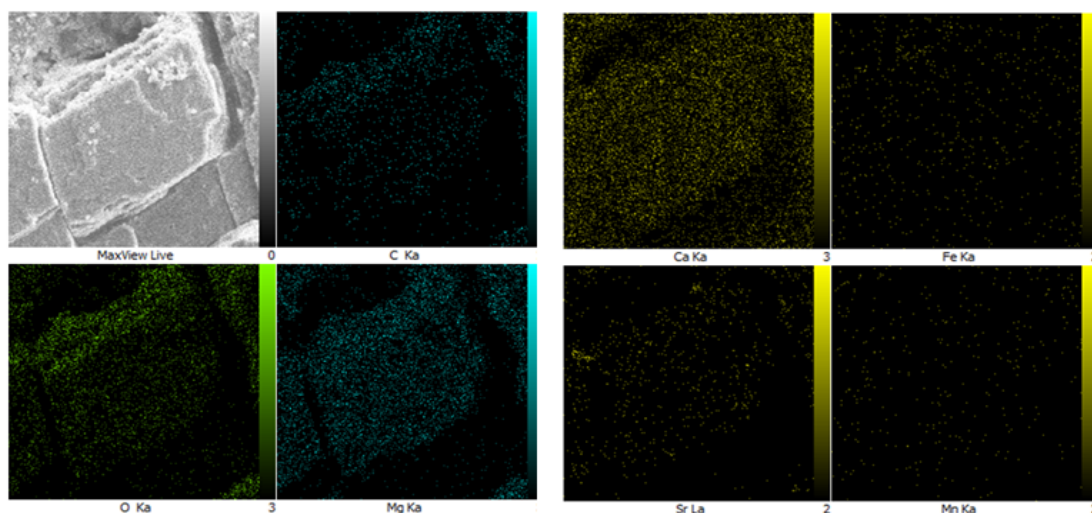
## ۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۶۵ مقطع نازک رسوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. برای انجام مطالعات ژئوشیمیایی تعداد ۱۶ نمونه از دولومیت‌ها جهت آنالیز عنصری به روش (EDS) انتخاب شده است. مطالعات پتروگرافی توسط میکروسکوپ پلاریزان Olympus BH-2 و میکروسکوپ الکترونی (SEM) و مطالعات ژئوشیمیایی بر مبنای آنالیز عنصری به روش‌های (EDS) و (EPMA) در آزمایشگاه مرکزی شماره ۱ دانشگاه لرستان صورت گرفت.

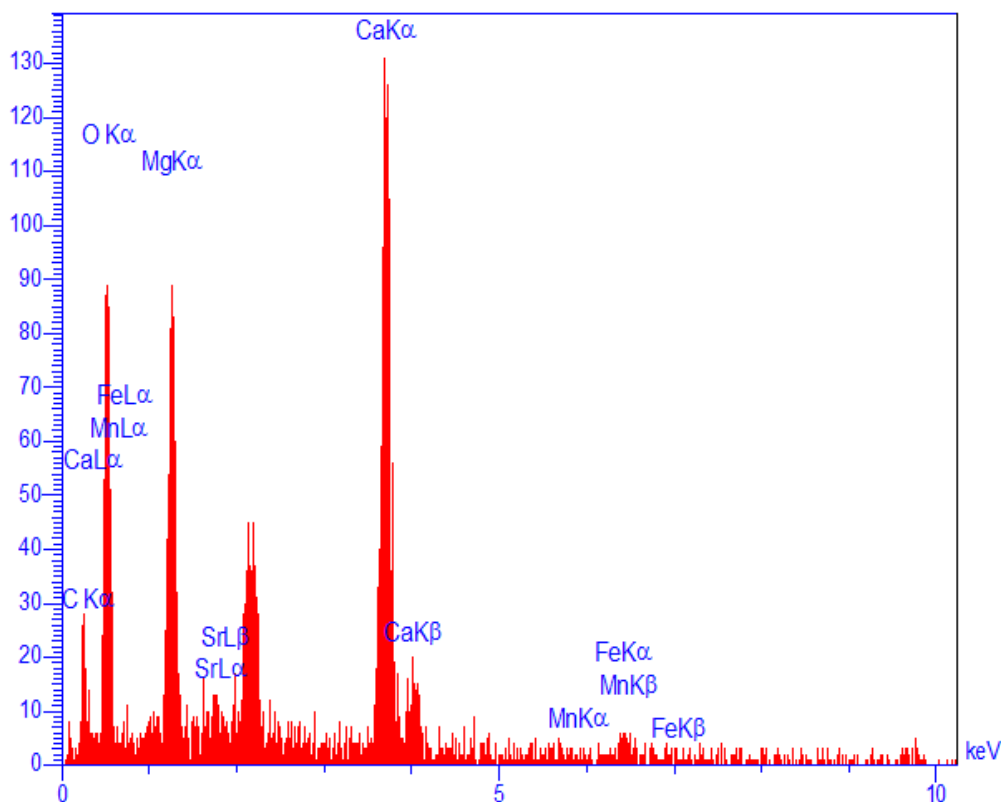
## ۳- بحث

**عناصر آهن (Fe) و منیزیم (Mg):** توزیع این دو عنصر اغلب نسبت به تغییرات pH و Eh سیال حساس می باشند. در سیالات اکسیدان با Eh مثبت،  $Fe^{+2}$  و  $Mn^{+2}$  بیشتر به صورت اکسید می باشند و برای مشارکت در ساختار کربنات‌ها (سیدریت‌ها) حضور ندارند (تاکر و رایت، ۱۹۹۰). میزان Fe و Mn در طی تبلور مجدد و عمق تدفین به تناوب افزایش می یابند (بنگ و همکاران ۲۰۱۷). از آنجایی که مقادیر آهن و منیزیم در آب دریا بسیار پایین تر از آب درون سازندی است، یک محیط کاهشی برای آهن و منگنز با کلسیم و منیزیم در شبکه دولومیت به صورت جانشینی را مساعد می سازد. در مقایسه با استرانسیم و سدیم، مقادیر آهن و منگنز در دولومیت‌های دیاژنتیکی (تدفینی) بالاتر از دولومیت‌های اولیه است (شانلی و همکاران ۲۰۱۸).

**استرانسیم (Sr):** دولومیت‌های اولیه ریز بلور به دلیل داشتن شبکه بلوری با نظم کمتر (غیر استوکیومتری) دارای مقادیر بیشتری استرانسیم نسبت به دولومیت‌های درشت بلور حاصل از دیاژنز تاخیری هستند (کیرماسی، ۲۰۰۸؛ السیناوی و همکاران، ۲۰۲۴). در دولومیت‌های تدفینی مقدار استرانسیم به دلیل رسیدن به حالت ایده آل در شبکه بلوری کاهش یافته است (آدابی، ۲۰۰۹). توسعه فرآیند دولومیتی شده به طور کلی سبب کاهش میزان عنصر استرانسیم در شبکه بلورها می‌گردد (هو و همکاران، ۲۰۱۶). تمرکز بالای استرانسیم در دولومیت‌های سطحی می‌تواند (شکل ۲) به دلیل فرایندهای دیاژنتزی باشد که بر روی پوسته های آراگونیتی برخی دوکفه ای ها، فرامینفرهای بنتیک و برخی جلبک های سبز در نمونه های مورد مطالعه در نظر گرفته شود. در دولومیت‌های سطحی به دلیل هسته زایی فراوان تمرکز عنصر منیزیم و استرانسیم بالاست ولی به دلیل شرایط اکسیدی تمرکز عناصر آهن و منگنز در این دولویت‌ها پایین است (شکل ۲ و ۳).



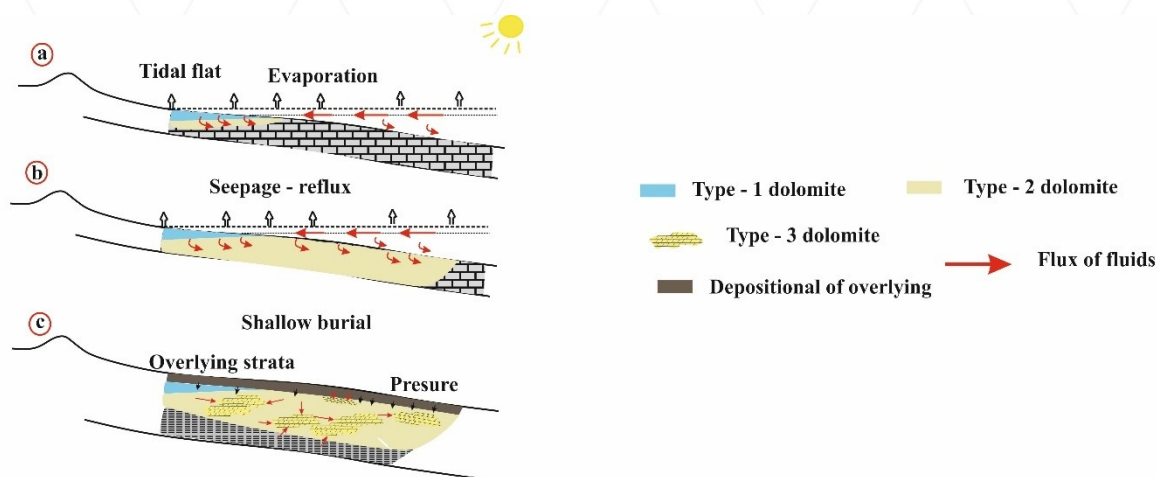
شکل ۲: نقشه رقومی شده (Digi maps) دولومیت‌های ریزبلور سطحی



شکل ۳: طیف آنالیز (EDS) دولومیت‌های ریزبلور سطحی

مقادیر پایین استرانسیم (میانگین ۰/۸۸ درصد) و به نسبت بالاتر آهن (میانگین ۱/۵۶ درصد) در دولومیت‌های درشت بلورتر، احتمالاً بیانگر افزایش اندازه بلورهای دولومیت و تبلور دوباره بلورهای دولومیت در طی تدفین است. در طی دیاژنز تدفینی تبلور مجدد در بلورهای دولومیت مشاهده می‌شود همچنین انحلال در پوسته ی آلومک ها و جانشینی آن ها توسط کلسیت و دولومیت رخ داده است. در برخی نمونه ها فضای حاصل از شکستگی ها و حفرات توسط کلسیت اسپارایت و دولواسپارایت ها پر شده است، اندازه این بلورها در حد چند ده میکرون می باشد که حاصل دیاژنز تدفینی بوده و در آن ها با توجه به نتایج آنالیز ژئوشیمیایی و رنگ آمیزی با محلول فروسیانید پتاسیم عنصر آهن یافت می شود. به نظر می رسد این نوع از دولومیت ها آخرین نسل از دولومیت ها باشند که در نمونه های سازند خانه کت شکل گرفته اند و تخلخل حاصل از شکستگی ها را پر کرده اند. دولومیت نوع یک (دولومیکرایت ها) به عنوان دولومیت تقریباً همزمان با رسوب گذاری در نظر گرفته شده است. دولومیت نوع دوم (دولومیکرواسپارایت ها) و دولومیت نوع سوم (دولواسپارایت ها) از تبلور دوباره دولومیت های پیشین به وجود می آیند. دولواسپارایت ها به سه شکل در نمونه ها قابل مشاهده می باشند، به صورت جانشینی در دانه های آلومکی، تبلور مجدد از دولومیت های ریز بلور تر و به صورت سیمان همراه با کلسیت هم بعد پر کننده شکستگی ها و حفرات سنگ. وجود سیمان کلسیت هم بعد در داخل شکستگی ها می تواند تأیید کننده دیاژنز تدفینی باشد. به نظر می رسد که برای دولومیتی شدن اولیه و یا همزمان با رسوب گذاری، تنها منشأ منیزیم، آب دریا است (لادابی، ۲۰۰۹). این منشأ تنها برای دولومیت های نوع ۱ در نظر گرفته می شوند که در نزدیک سطح و تحت شرایط دمای پایین در یک پهنه جزر و مدی و احتمالاً در اثر پمپاژ آب دریا به این پهنه تشکیل شده اند. اما منیزیم مورد نیاز برای دولومیت های نوع ۲ و نوع ۳ از منابع مختلفی قابل تأمین می باشد که از میان آنها می توان به آب های دریایی محبوس یا آب های درون روزنه ای و دیاژنز کانی‌های رسی در طی

تدفین در نظر گرفت. در نهایت با توجه به شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی، دولومیت‌های سازند خانه کت را می‌توان از مدل جزرومدی، تراوش و سپس دفن کم عمق تا متوسط در نظر گرفت (شکل ۳).



شکل ۳: مدل دولومیتی شدن دولومیت‌های سازند خانه کت در برش مورد مطالعه

#### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به روند تغییرات عناصر اصلی نظیر Mg و Ca و عناصر فرعی نظیر Na, Fe, Sr دو گروه اصلی از دولومیت‌ها در منطقه مورد مطالعه شناسایی شده است که شامل دولومیت‌های اولیه (هم‌زمان با رسوب‌گذاری) و دولومیت‌های ثانویه (پس از رسوب‌گذاری و تدفینی) می‌باشند. مقادیر پایین Fe و مقادیر بالای Na و Sr در دولومیت‌های سطحی با عمق تدفین کم و تمرکز بالای Fe و Mn در دولومیکرواسپارایت‌ها و دولواسپارایت‌ها (دولومیت‌های تدفینی) نشان دهنده تشکیل این دولومیت‌ها از مدل جزرومدی، تراوش و سپس دفن کم عمق تا متوسط و عمیق می‌باشد. لذا می‌توان گفت دولومیت‌های سطحی به دلیل هسته زایی فراوان غنی از عنصر استرانسیم هستند و این درحالی است که دولومیت‌های درشت بلور تدفینی به دلیل قرارگیری در شرایط احیایی تمرکز بالاتری از عناصر آهن و منگنز در خود نشان می‌دهند.

#### ۵- مراجع

- Adabi, M. H., 2009. Multistage dolomitization of upper Jurassic Muzduran Formation, Kopet-Dagh basin, N.E. Iran: *Crab. Eva.*, v:24, p:16-32.
- Al-Sinawi, N., Hollis, C., Duval-Arnould, A., Koeshidayatullah, A., Schroder, S., Redfern, J., 2024. Dolomitization of early-post rift Lower Jurassic carbonate platforms along the Moroccan Atlantic margin: origin and significance. *J African Earth Sci* 211:105167. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.105167>
- Hou, Y., Azmy, K., Berra, F., Jadoul, F., Blamey, N.J.F., Gleeson, S.A. and Brand, U., 2016. Origin of the Breno and Esino dolomites in the western southern Alps (Italy): implications for a volcanic influence: *Marine and Petroleum Geology*, v. 69, p. 38-52.
- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, agreement area, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49(12), 2182-2245.
- Kirmaci, M.Z., 2008. Dolomitization of the late Cretaceous-Paleocene platform carbonates, Golkoy (Ordu), eastern Pontides, NE Turkey: *Sedimentary Geology*, v. 203, p. 289-306



Tucker, M.E., Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology: Blackwell, Oxford, 482 p.

Ying, R., Dakang, Z., Chonglong, G., Queqi, Y., Rui, X., Langbo, J., Yangjinfeng, J., Ningcong, Zh (2017)  
Dolomite geochemistry of the Cambrian Longwangmiao Formation, eastern Sichuan Basin: Implication  
for dolomitization and reservoir prediction. Petroleum Research 2 (2017) 64e76.