

تنوع کانی شناسی سنگ های رسوبی آهن دار معدن گل چشمه در غرب سیرجان، با تاکید بر شرایط تشکیل سیدریت

افسانه میران^۱، محمدحسین محمودی قرائی*^۲

۱- دانشجوی دکترای رسوب شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

*Email: mhmgharaie@um.ac.ir

چکیده

توالی های شیلی-کربناته آهن دار معدن گل چشمه در غرب سیرجان، به دلیل پتانسیل بالای ذخایر آهن و حضور کانی های رسی، از اهمیت زمین شناسی ویژه ای برخوردار هستند. این محدوده معدنی، که در زون زمین ساختی سهندج-سیرجان واقع شده است، شامل لایه های آهن دار متشکل از دولومیت، سیدریت، شیل و مگنتیت است. موقعیت جغرافیایی این منطقه در مجاورت کمپلکس گل گهر، امکان تشکیل کانسارهای آهن رسوبی را فراهم کرده است. این پژوهش با هدف بررسی تنوع کانی شناسی سنگ های رسوبی آهن دار معدن گل چشمه انجام شده است. نمونه های برداشت شده از واحدهای سنگی مختلف با استفاده از روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که این توالی ها از تنوع کانی شناسی بالایی برخوردارند و شامل کانی های رسی (ایلیت، مونتموریلونیت، کائولینیت)، کانی های کربناته (کلسیت، دولومیت، سیدریت)، کانی های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن (هماتیت، مگنتیت و گوتیت) و کانی های سیلیکاته (کوارتز و فلدسپار) هستند. سیدریت به عنوان یکی از کانی های اصلی این توالی، در شرایط احیایی و محیط غنی از یون های آهن و کربنات تشکیل شده است. حضور سیدریت در این توالی ها نشان دهنده شرایط خاص رسوبی است و نقش مهمی در درک فرآیندهای تشکیل کانسارهای آهن در منطقه دارد.

کلمات کلیدی: کانی شناسی، کانی رسی، دولومیت، سیدریت، معدن گل چشمه.

Minerals diversity of iron host rocks in the Golcheshmeh mine, west of Sirjan, with an emphasis on the siderite formation

Afsaneh Miran¹, Mohamad Hosein Mahmudy Gharaie*²

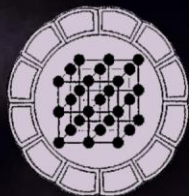
1- Ph.D. Student in Sedimentology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

*Email: mhmgharaie@um.ac.ir

Abstract

The iron-bearing shale-carbonate sequences of the Golcheshmeh mine, located in west of Sirjan, are of significant geological importance due to their high potential for iron deposits. This mining area, situated in the Sanandaj-Sirjan tectonic zone, consists of iron-bearing layers composed of dolomite, siderite, shale, and magnetite. The geographical proximity of this region to the Gol-e-Gohar complex has facilitated the formation of sedimentary iron deposits. This study aimed to investigate the mineralogical diversity of the iron-bearing sedimentary rocks in

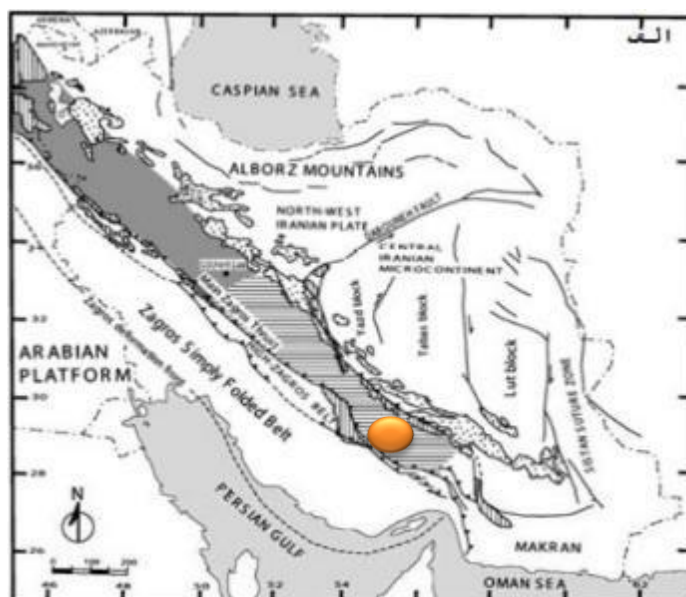


the Golcheshmeh mine. Samples collected from various rock units were analyzed using X-ray diffraction (XRD). The results showed that these sequences exhibit high mineralogical diversity, including clay minerals (illite, montmorillonite, kaolinite), carbonate minerals (calcite, dolomite, siderite), iron oxide and hydroxide minerals (hematite, magnetite, and goethite), and silicate minerals (quartz and feldspar). Siderite, as one of the primary minerals in this sequence, formed under reducing conditions in the environment rich in iron and carbonate irons. The presence of siderite in these sequences indicates specific sedimentary conditions and plays a crucial role also in understanding the formation processes of iron deposits in the region.

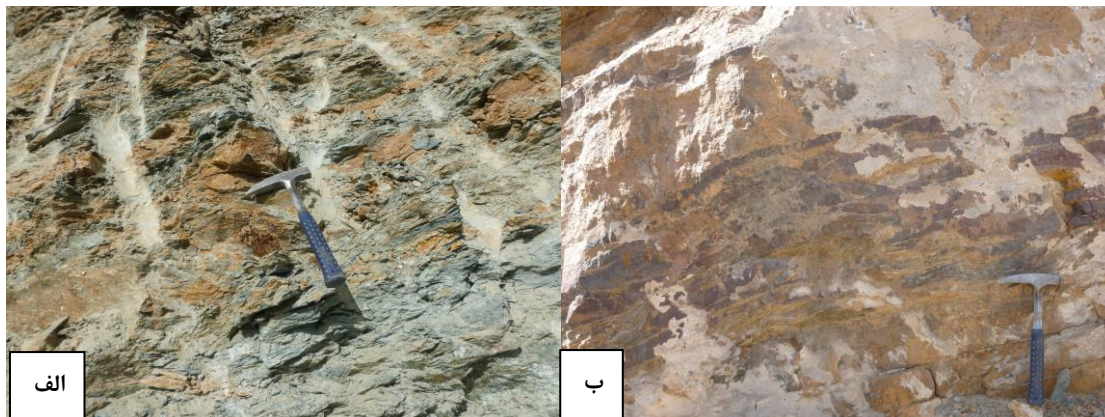
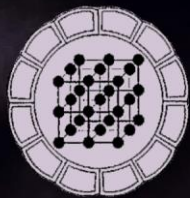
Keywords: Mineralogy, clay mineral, dolomite, siderite, Golcheshmeh mine

۱- مقدمه

کانی شناسی سنگ های رسوبی و به ویژه کانی های رسی، اطلاعات ارزشمندی را در مورد شرایط تشکیل، محیط رسوبی و تغییرات دیاژنتیکی نهشته های رسوبی ارائه می دهد. توالی های شیلی-کربناته آهن دار به دلیل پتانسیل بالای ذخایر آهن، از اهمیت ویژه ای در مطالعات زمین شناسی اقتصادی و رسوب شناسی برخوردارند. محدوده معدنی گل چشمه در زون زمین ساختی سنندج - سیرجان، با موقعیت جغرافیایی واقع در مجاورت کمپلکس گل گهر، پتانسیل بالایی برای میزبانی از کانسارهای آهن دارد (شکل ۱). سیدریت (FeCO_3) به عنوان یکی از کانی های کربناته آهن دار، در محیط های رسوبی کم اکسیژن (احیایی) یا تحت شرایط دیاژنتیکی خاص تشکیل می شود (Morse et al., 1998). این کانی معمولاً در محیط هایی با pH خنثی تا کمی قلیایی و در حضور یون های آهن و کربنات تشکیل می گردد (Berner, 1981). حضور سیدریت در توالی های رسوبی می تواند نشان دهنده شرایط احیایی در محیط رسوبی باشد (Tucker, 2009). هدف این پژوهش، بررسی و شناسایی تنوع کانی شناسی سنگ های رسوبی موجود در توالی های شیلی-کربناته آهن دار معدن گل چشمه است (شکل ۲). با توجه به اینکه کانی غیر معمول سیدریت به عنوان یک کانی کلیدی در مطالعه توالی های آهن دار محسوب می شود، از دیگر اهداف این مطالعه بررسی شرایط تشکیل کانی سیدریت و نقش آن در تعیین محیط رسوبی و دیاژنتیکی توالی های مورد مطالعه است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه زمین شناسی ساختاری ایران (Ghasemi et al., 2006)



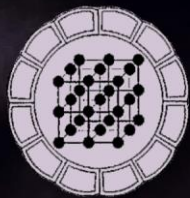
شکل ۲: الف: رخنمون توالی رسوبی آهن دار در ترانشه معدن ، ب: لایه های مگنتیت با میزبانی سنگ های کربناته دولومیتی و سیدریتی

۲- روش مطالعه

پس از انجام مطالعات اولیه و بررسی های صحرایی، نمونه های سنگی از توالی های شیلی-کربناته آهن دار معدن گل چشمه برداشت شد. مراحل آماده سازی نمونه ها شامل خردایش و سپس نرمایش با استفاده از هاون آگات در آزمایشگاه ژئوشیمی رسوبی انجام شد. نمونه های آماده سازی شده توسط دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) مورد آنالیز قرار گرفتند. داده های حاصل از آنالیز XRD با استفاده از نرم افزار High Score Plus تجزیه و تحلیل شدند. این نرم افزار با استفاده از پایگاه داده های استاندارد کانی شناسی، امکان شناسایی دقیق کانی ها و تعیین درصد نسبی آن ها را فراهم می نماید.

۳- بحث

نتایج حاصل از آنالیز XRD نشان می دهد که کانی شناسی توالی های شیلی-کربناته آهن دار معدن گل چشمه از تنوع نسبتا زیادی برخوردار است (جدول ۱). وجود کانی های سیلیسی آواری نشان دهنده ورود کانی های آواری از خارج حوضه به داخل محیط رسوبی است. در حالی که وجود کانی های شیمیائی نشان دهنده شرایط محیطی و دیاژنتیکی حاکم بر منطقه در زمان تشکیل این نهشته ها است.



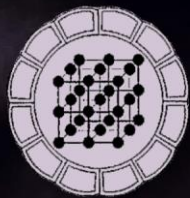
ردیف	نام کانی	فرمول شیمیایی	علائم اختصاری
1	Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Ab
2	Calcite	CaCO_3	Cal
3	Dolomite	$\text{Ca mg (CO}_3)_2$	DI
4	Hematite	Fe_2O_3	Hem
5	Kaolinite	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	Kln
6	Magnetite	Fe_3O_4	Mg
7	Montmorillonite	$(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Mnt
8	Orthoclase	KAlSi_3O_8	Or
9	Quartz	SiO_2	Qtz
10	Siderite	FeCO_3	Sd

جدول ۱: کانی شناسی توالی رسوبی آهن دار معدن گل چشمه

تنوع کانی شناسی نمونه های مورد مطالعه با اشاره به پیک های موجود در نمودار آنالیز XRD به شرح زیر می باشد (شکل ۳)؛

کانی های سیلیسی آواری:

- کوارتز (SiO_2): از مهم ترین و فراوان ترین کانی های سیلیسی آواری در سنگ های رسوبی می توان به کوارتز اشاره کرد (Boggs, 2009) که پیک اصلی آن دارای فاصله سطوح بلورین (d space) معادل $3/301$ آنگستروم می باشد. این کانی به دلیل سختی بالا از پایداری زیادی برخوردار بوده و حتی در اندازه های بسیار کوچک در رسوبات



ریزدانه از قبیل شیل برجا می ماند و می تواند به عنوان شاخصی برای شرایط کلی زمین شناسی منطقه در نظر گرفته شود.

- آل بیت ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$): دومین کانی سیلیسی آواری با فاصله سطوح بلورین $3/181$ آنگستروم و از خانواده فلدسپارها است که در بعضی از نمونه ها حتی فراوان تر از کوارتز مشاهده می شود. با توجه به اینکه آل بیت از پایداری کمتری نسبت به کوارتز برخوردار است فراوانی بیشتر آن در بعضی از نمونه ها را می توان به دو عامل نسبت داد. الف) وجود منبع دیگری بجز منشاء قاره ای و ب) انحلال کوارتز موجود در رسوبات بدلیل وجود شرایط خاص دیاژنتیکی.

- ارتوکلاز (KAlSi_3O_8): ارتوکلاز یک کانی کلیدی در درک فرآیندهای رسوبی و تغییرات دیاژنتیکی محسوب می شود. این کانی دارای فاصله سطح بلورین $3/318$ آنگستروم است. حضور و فراوانی این کانی اطلاعات مهمی درباره سنگ های منشاء و شرایط محیطی در زمان رسوب گذاری و دیاژنز ارائه می دهد. پایداری و رفتار این کانی تحت شرایط ژئوشیمیایی مختلف، آن را به یک شاخص مهم برای بازسازی تاریخچه زمین شناسی و تفسیر محیط های رسوبی تبدیل کرده است.

کانی های رسی

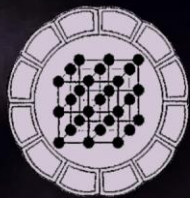
حضور کانی های رسی مختلف مانند مونت موریلونیت، ایلیت و کائولینیت نشان دهنده شرایط محیطی و آب و هوایی گرم و مرطوب حاکم بر منطقه در زمان تشکیل این نهشته ها است (Weaver, 1989). این کانی ها معمولاً در محیط های رسوبی با نرخ رسوب گذاری پایین و شرایط شیمیایی خاص تشکیل می شوند (Chamley, 1989)، شرایطی مانند نبود جریان های شدید آب، به تشکیل و حفظ کانی های رسی کمک می کنند (Weaver, 1989). به ویژه، حضور مونت موریلونیت می تواند نشان دهنده شرایط قلیایی و غنی از منیزیم در محیط رسوبی باشد (Velde, 1995).

- مونت موریلونیت: یک کانی رسی از گروه اسمکتیت ها است که به دلیل ساختار لایه ای و حضور آب بین لایه ای، خاصیت تورم پذیری و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد. حضور مونت موریلونیت در خاک ها و رسوبات، اطلاعات مهمی درباره شرایط تشکیل و محیط رسوبی ارائه می دهد. فاصله سطح بلورین این کانی معادل با $14/700$ آنگستروم می باشد.

کانی های شیمیایی

علاوه بر کانی های سیلیسی آواری حضور کانی های شیمیایی از قبیل اکسید - هیدروکسیدهای آهن و کانی های کربناته در نمونه های مورد مطالعه قابل توجه است. این کانی ها می توانند به عنوان شاخص های مهمی برای تشخیص شرایط شیمیایی محیط رسوبی در نظر گرفته شوند (Tucker, 2001).

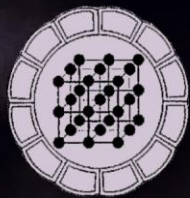
اکسید-هیدروکسیدهای آهن: کانی های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن مانند مگنتیت و گوتیت نیز از جمله کانی های تشکیل دهنده بخش های آهن دار این توالی ها هستند (Cornell et al., 2003). حضور این کانی ها می تواند به عنوان شواهدی از تغییرات شرایط محیطی در طول زمان در نظر گرفته شود. به ویژه این که مگنتیت معمولاً در محیط های احیایی و گوتیت در محیط های اکسیدانی تشکیل می شود (Garrels et al., 1965).



- مگنتیت (Fe_3O_4): یک کانی اکسید آهن با ساختار بلوری مکعبی و فاصله سطح بلورین $3/002$ آنگستروم است. این کانی در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی یافت می‌شود و مگنتیت به‌عنوان شاخصی برای بررسی شرایط زمین‌شناسی و محیط تشکیل سنگ‌ها استفاده می‌شود.

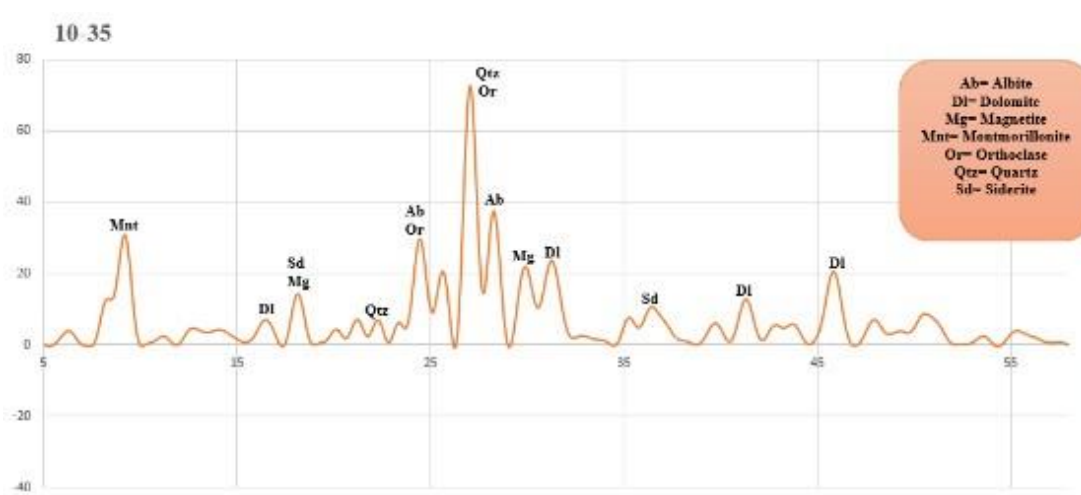
کانی‌های کربناته: کانی‌هایی از قبیل دولومیت و سیدریت نیز در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده شد. کلسیت در توالی‌های مورد مطالعه از فراوانی برخوردار نبوده که علت آن را می‌توان به تغییرات دیاژنتیکی و از جمله تبدیل شدن به دولومیت در طی زمان طولانی زمین‌شناسی نسبت داد، ولی بر خلاف کلسیت، دولومیت به عنوان کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم، از فراوانی زیادی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. به طور کلی حضور دولومیت در توالی‌های پرکامبرین ایران بسیار معمول است و کانی اصلی کربناته سازند های کهر، سلطانیه و ریزو به حساب می‌آیند. دولومیت بیش از آن که یک کانی اولیه باشد عموماً به عنوان یک کانی ثانویه تشکیل می‌شود بنابراین نمی‌تواند شرایط شیمیایی حوضه رسوبی در زمان تشکیل رسوبات را نشان دهد. البته دولومیت‌های ریز بلور سیخائی از این قاعده مستثنی هستند ولی دولومیت‌های منطقه مورد مطالعه از نوع ریز بلور نمی‌باشند.

- سیدریت ($FeCO_3$): سیدریت به عنوان یکی از کانی‌های کربناته آهن‌دار، در محیط‌های کم اکسیژن (احیایی) یا تحت شرایط دیاژنتیکی خاص تشکیل می‌شود (Berner, 1981). این کانی معمولاً در محیط‌هایی با pH خنثی تا کمی قلیایی و در حضور یون‌های آهن (Fe^{2+}) و کربنات (CO_3^{2-}) شکل می‌گیرد (Postma, 1982). بنا بر این حضور سیدریت در توالی‌های رسوبی می‌تواند نشان‌دهنده شرایط احیایی در محیط رسوبی باشد (Mozley, 1989) زیرا سیدریت معمولاً از رسوب‌گذاری مستقیم یون‌های آهن و کربنات در محیط‌های احیایی تشکیل می‌شود (Fisher et al., 1987). از آنجا که تشکیل سیدریت نیاز به محیط‌های کم‌اکسیژن (احیایی) دارد، این شرایط معمولاً در محیط‌هایی مانند دریاچه‌ها، مرداب‌ها یا بخش‌های عمیق دریاها که دسترسی به اکسیژن محدود است، فراهم می‌شود (Boggs, 2009). همچنین، pH محیط باید خنثی تا کمی قلیایی باشد تا یون‌های کربنات پایدار بمانند (Morse et al., 1990). در زمان تشکیل سیدریت، دریاها معمولاً شرایط کم‌اکسیژن (احیایی) داشته‌اند. این شرایط می‌تواند ناشی از پدیده‌هایی مانند لایه‌بندی آب‌ها (Stratification) یا افزایش مواد آلی در آب باشد (Tyson et al., 1991). سیدریت همچنین می‌تواند از جایگزینی کانی‌های آهن‌دار دیگر (مانند همتاتیت یا گوتیت) در طی فرآیندهای دیاژنتیکی تشکیل شود (Morad, 1998) تشخیص سیدریت اولیه از ثانویه از طریق بررسی ویژگی‌های بافتی، ترکیب شیمیایی و شرایط تشکیل آن امکان‌پذیر است (Mozley, 1989). این موضوع برای درک فرایندهای رسوبی و دیاژنتیکی موثر در تشکیل کانسارهای آهن نیز اهمیت زیادی دارد. در مطالعات میکروسکوپی، سیدریت اولیه به صورت دانه‌های ریز در ماتریکس رسوبی دیده می‌شود (Tucker et al., 1990)، ولی سیدریت ثانویه معمولاً به صورت رگه و یا جایگزینی کانی‌های دیگر دیده می‌شود. در نمونه‌های مورد مطالعه سیدریت در زمینه سنگ وجود دارد و به صورت رگه ای یا پر کننده فضاهای خالی مشاهده نشد. وجود بلورهای درشت در زمینه سنگ را می‌توان به پدیده نئومورفیسم نسبت داد که سیدریت ریز بلور اولیه را تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به شرایط کم اکسیژنی حاکم بر محیط تشکیل سیدریت انتظار وجود کانی پیریت در نمونه‌ها نیز منطقی می‌باشد. در نمونه‌های مورد آنالیز پراش پرتو ایکس، پیک پیریت شناسایی نشد. سیدریت معمولاً در محیط‌های با شرایط احیایی تا کمی اکسیدانی تشکیل می‌شود. در این شرایط آهن به صورت Fe^{2+} موجود است و با یون کربنات (CO_3^{2-}) ترکیب می‌شود تا سیدریت تشکیل شود (Morse et al., 1990). اما، پیریت در محیط‌های کاملاً احیایی و در حضور سولفور (S^{2-}) تشکیل می‌شود. اگر شرایط به اندازه کافی احیایی نباشد یا سولفور کافی در محیط وجود نداشته باشد پیریت تشکیل



نخواهد شد (Rickard, 2012) یا بعبارتی احتمال تشکیل پیریت کاهش می‌یابد. در این حالت، حتی اگر شرایط احیایی فراهم باشد، کمبود سولفور مانع از تشکیل پیریت می‌شود (Berner, 1981) و از طرف دیگر، سیدریت برای تشکیل نیاز به حضور یون کربنات دارد. بنابراین اگر کربنات در محیط موجود باشد و سولفور کم باشد، سیدریت تشکیل می‌شود ولی پیریت تشکیل نمی‌شود (Morse et al., 1990). در نتیجه، در نمونه‌های مورد بررسی، احتمالاً شرایط محیطی به گونه‌ای بوده که یون کربنات موجود بوده و شرایط برای تشکیل سیدریت فراهم بوده است، اما غلظت سولفور کم بوده یا شرایط احیایی لازم برای تشکیل پیریت فراهم نبوده است. به همین دلیل، XRD پیک سیدریت را نشان داده ولی پیک پیریت مشاهده نشده است. لازم به ذکر است که جهت اطمینان بیشتر آنالیزهای ایزوتوپ کربن و اکسیژن می‌تواند منشاء رسوبی یا بیوشیمیایی سیدریت اولیه و منشاء هیدروترمال یا دیاژنتیکی سیدریت ثانویه را تأیید کند (Fisher et al., 1987; Veizer et al., 1976).

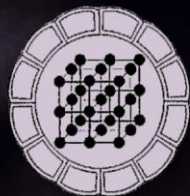
- دولومیت ($\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$): دولومیت یک کانی کربناته است که از نظر ساختاری شبیه به کلسیت بوده اما با جایگزینی بخشی از کلسیم توسط منیزیم تشکیل می‌شود. این کانی در سنگ‌های رسوبی، به‌ویژه در محیط‌های گرم و کم‌عمق دریایی، و همچنین در سنگ‌های دگرگونی یافت می‌شود. حضور دولومیت در سنگ‌ها اطلاعات مهمی درباره شرایط رسوب‌گذاری و دیاژنز ارائه می‌دهد و به‌عنوان یک شاخص زمین‌شناسی برای مطالعه محیط‌های قدیمه استفاده می‌شود.



شکل ۳: نمودار پراش پرتو ایکس؛ علائم اختصاری کانی‌های مختلف بر روی نمودار مشخص شده است.

۴- نتیجه‌گیری

حضور کانی‌های کربناته مانند کلسیت، دولومیت و سیدریت نیز در نمونه‌های مورد مطالعه، می‌تواند به عنوان شاخص‌های مهمی برای تغییرات شیمیایی محیط رسوبی و دیاژنتیکی در نظر گرفته شود. سیدریت، به‌عنوان یک کانی کربناته آهن‌دار، در محیط‌های احیایی و تحت شرایط دیاژنتیکی خاص تشکیل می‌شود. حضور این کانی نشان‌دهنده شرایط کم‌اکسیژن (احیایی) در محیط رسوبی است. سیدریت می‌تواند به عنوان شاخصی برای تغییرات شیمیایی محیط و تأثیر سیالات دیاژنتیکی در نظر گرفته شود.



کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آهن مانند مگنتیت و گوتیت نیز از جمله کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده بخش‌های آهن‌دار این توالی هستند. این کانی‌ها معمولاً در شرایط اکسید کننده و قلیایی تشکیل می‌شوند و می‌توانند به عنوان شواهدی از تغییرات شرایط محیطی در طول زمان در نظر گرفته شوند.

۵- مراجع

- Berner, R. A., 1981.** A New Geochemical Classification of Sedimentary Environments. *Journal of Sedimentary Research*, 51(2), 359-365.
- Boggs, S., 2009.** *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press.
- Chamley, H., 1989.** *Clay Sedimentology*. Springer.
- Cornell, R. M., & Schwertmann, U., 2003.** *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences, and Uses*. Wiley-VCH.
- Fisher, Q. J., & Hudson, J. D., 1987.** Diagenetic Siderite in the Lower Jurassic of England: A Stable Isotope Study. *Sedimentology*, 34(1), 119-133.
- Garrels, R. M., & Christ, C. L., 1965.** *Solutions, Minerals, and Equilibria*. Harper & Row.
- Ghasemi, A., Talbot, C.j., 2006.** A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan zone (Iran): *Journal of Asian Earth Sciences* 26, 89-112.
- Morad, S., 1998.** Carbonate Cementation in Sandstones: Distribution Patterns and Geochemical Evolution. *International Association of Sedimentologists, Special Publication* 26.
- Morse, J. W., & Mackenzie, F. T., 1990.** *Geochemistry of Sedimentary Carbonates*. Elsevier.
- Mozley, P. S., 1989.** Relation Between Depositional Environment and the Elemental Composition of Early Diagenetic Siderite. *Geology*, 17(8), 704-706.
- Postma, D., 1982.** Pyrite and Siderite Formation in Brackish and Freshwater Swamps. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46(2), 267-274.
- Rickard, D., 2012.** Sulfide mineralogy and geochemistry. *Geochemical Perspectives*, 1(1), 1-200.
- Tucker, M. E., 2001.** *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Blackwell Science.
- Tucker, M. E., & Wright, V. P., 1990.** *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science.
- Tyson, R. V., & Pearson, T. H., 1991.** *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia*. Geological Society Special Publication.
- Veizer, J., & Hoefs, J., 1976.** The Nature of O18/O16 and C13/C12 Secular Trends in Sedimentary Carbonate Rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40(11), 1387-1395.
- Velde, B., 1995.** *Origin and Mineralogy of Clays: Clays and the Environment*. Springer.
- Weaver, C. E., 1989.** *Clays, Muds, and Shales*. Elsevier.