

معرفی اسکارن آهن در منطقه دوزین، استان گلستان

فائزه نجم آبادی، هادی عمرانی*^۲، غلامحسین شمعانیان^۱

۱- کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

۲- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

* h.omrani@gu.ac.ir

چکیده

در محدوده شهر دوزین در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب شرق شهر مینودشت در استان گلستان، دایک آذرین با ضخامت حدود دو متر در مجاورت واحدهای کربناته/ماسه سنگی برونزد دارد. این مجاورت دایک در واحدهای کربناته/ماسه سنگی کانه زایی آن تشکیل شده است. مطالعات میکروسکوپی نشان دهنده این است دایک از نوع بازالت و دارای پلاژیوکلاز، پیروکسن، اولیوین های ایدینگزیتی شده و تیتانومگنتیت می باشد. مطالعات میکروسکوپی نشان می دهد دایک بازالتی دارای دگرسانی می باشد. محصولات دگرسانی شامل کلریت، سربیسیت، پامپلی ایت، هماتیت می باشد. در بخش کانه زایی مگنتیت کانی شاخص می باشد و کانی های کلسیت و کوارتز باطله آن می باشد. در بخش کانه زایی کانی های فرعی دیگری مانند پیریت و باریت نیز دیده می شوند. مجموع مطالعات میدانی و آزمایشگاهی گواهی بر تشکیل اسکارن آن در این محدوده دارد. با توجه به پوشش گیاهی امکان ارزیابی دقیقی از میزان کانه زایی مگنتیت وجود ندارد ولی با توجه به نفوذ ماگما در شکل دایک و محدود بودن آن، احتمالاً کانه زایی مگنتیت در این ناحیه محدود باشد.

کلیدواژه‌ها: کلید واژه: دایک بازالتی، کانی‌شناسی، کانه زایی مگنتیت، اسکارن

Introduction of the Iron-Skarn in the Dozain Region, Golestan Province

Faezeh Najmabadi¹, Hadi Omrani^{*2}, Gholam Hossein Shamanian²

¹ Master of Science, Department of Geology, Faculty of Science, Golestan University

² Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Golestan University

Abstract

Within the Dozain area, located approximately 40 km southeast of Minudasht in Golestan Province, an igneous dike with a thickness of about two meters crops out adjacent to carbonate/sandstone units. Mineralization has developed at the contact between the dike and the carbonate/sandstone host rocks. Microscopic studies indicate that the dike is basaltic in composition and consists of plagioclase, pyroxene, iddingsitized olivine, and titanomagnetite. Petrographic investigations further reveal that the basaltic dike has undergone alteration. The alteration assemblage includes chlorite, sericite, pumpellyite, and hematite. In the mineralized zone (ore bodies), magnetite is the principal ore mineral, while calcite and quartz constitute the gangue minerals. Other accessory minerals such as pyrite and barite are also observed within the mineralized section. The combined field observations and laboratory studies indicate the formation of a skarn system in this area.

Due to the dense vegetation cover, an accurate evaluation of the extent of magnetite mineralization is challenging. Nevertheless, given the limited and dike-like nature of the magmatic intrusion, it is probable that the magnetite mineralization in this region is confined in scope.

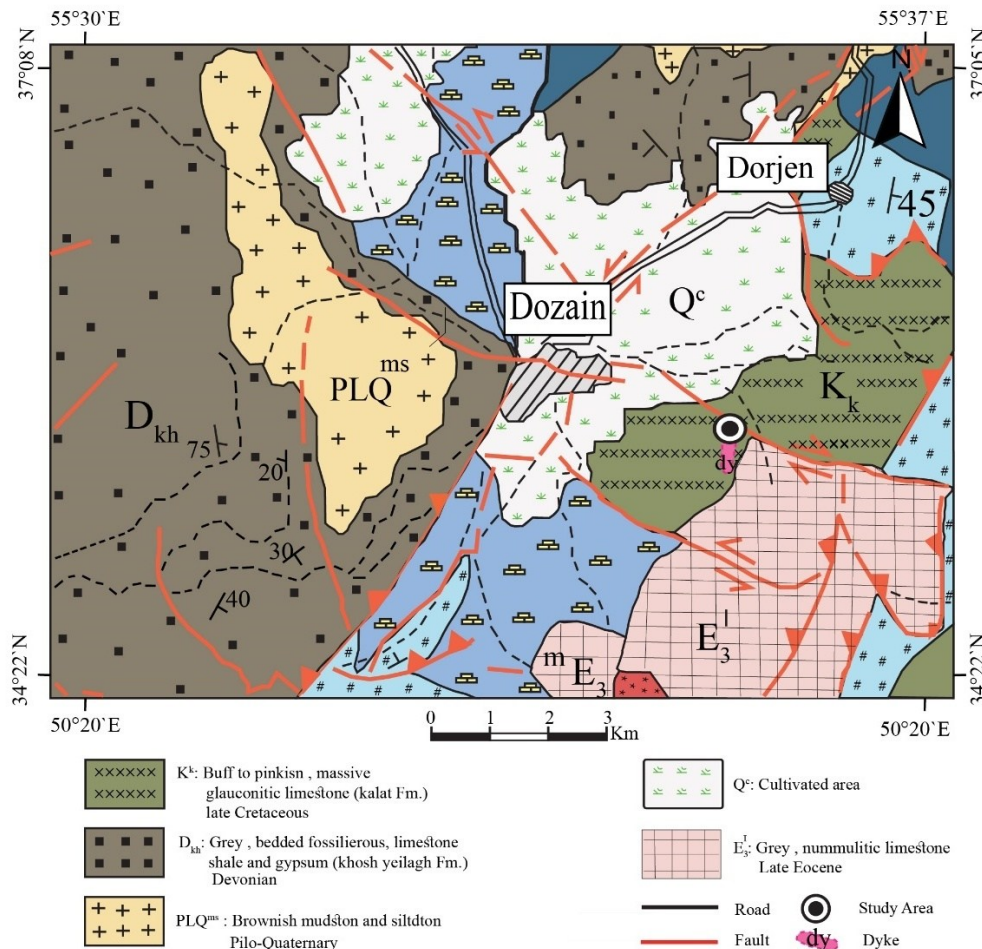
Keywords: Basaltic dike, Mineralogy, Magnetite Mineralization, Skarn

۱- مقدمه

واژه اسکارن در ابتدا توسط معدنچیان سوئدی برای اشاره به مواد باطله کالک - سیلیکاتی غنی از آهن استفاده می‌شد و این اصطلاح اولین بار توسط تورنبوم^{۳۳} (۱۸۷۵) در نشریات علمی استفاده شده است (مینرت و همکاران، ۲۰۰۵؛ پیراجنو، ۲۰۰۹). تعداد زیادی از اسکارن‌ها در ارتباط با سیستم پورفیری یافت می‌شود، یعنی مکان‌هایی که یک استوک به درون واحدهای کربناته نفوذ کرده باشد (پیراجنو، ۲۰۰۹). ذخایر اسکارن یکی از فراوان‌ترین نوع کانسار در پوسته زمین می‌باشد و در حال حاضر در تمام کانسنگ‌ها و سنگ‌ها در تمام سنین یافت می‌گردد، اکثراً در کانسنگ سنگ آهک و همچنین در انواع دیگر سنگ‌ها از جمله: شیل‌ها، ماسه سنگ، گرانیت، سازندهای آهن، بازالت و کوماتیت‌ها یافت می‌شوند (مینرت و همکاران، ۲۰۰۵). اسکارنها طیف گسترده‌ای از کانه‌زایی‌ها مانند آهن، تنگستن، سرب و روی، مولیبدنیت، قلع، طلا و مس گزارش شده است (اینودی و بارت، ۱۹۸۲؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۲۵). در تشکیل نوع کانه‌زایی در اسکارن، ترکیب شیمیایی و دمای ماگمای نفوذی، ترکیب شیمیایی سنگ دیواره رسوبی، فوگاسیته اکسیژن، محیط تکتونیکی، نفوذپذیری و گسلش سنگ دیواره از مهمترین عوامل می‌باشند. برای مثال، در نوع گرانیتوئیدهای دارای مگنتیت یا ایلمنیت بر میزان عیار تنگستن تاثیر گذار است. در گرانیتوئیدهای دارای مگنتیت و تیتانیت (محیط اکسیدان)، به طور عمده دارای نسبت Fe_2O_3/FeO بین ۰/۹ تا ۲ می‌باشند، میزان عیار تنگستن در اسکارن کم است و در مقابل در گرانیتوئیدهای دارای ایلمنیت (محیط احیایی) نسبت Fe_2O_3/FeO کمتر از ۰/۶ می‌باشد و میزان عیار تنگستن در اسکارن زیاد می‌باشد. عیار متوسط تنگستن در اسکارنهایی در مجاورت گرانیتوئیدهایی با حضور مگنتیت و ایلمنیت، نسبت Fe_2O_3/FeO بین ۰/۶ تا ۰/۹ گزارش شده است (کیث و همکاران، ۱۹۹۱).

اسکارن‌ها بر اساس معیارهای گوناگونی طبقه‌بندی می‌شوند که یکی از متداول‌ترین آن‌ها، تقسیم‌بندی بر مبنای نوع سنگ مادر است. در این چارچوب، اسکارن‌ها به دو گروه اگزواسکارن (Exoskarn) و اندواسکارن (Endoskarn) تفکیک می‌شوند که به ترتیب در سنگ‌های مادر رسوبی و آذرین تشکیل می‌شوند (مینرت، ۱۹۹۲). همچنین این اصطلاحات محل اسکارن‌ها و ارتباط با توده‌ی نفوذی را نشان می‌دهند (مینرت و همکاران، ۲۰۰۵). اگزواسکارن‌ها جایگزین سنگ‌های کربناته و اندواسکارن‌ها جایگزین سنگ‌های آذرین و یا سایر سنگ‌های آذرین غنی از آلومینیم می‌شوند. اگزواسکارن‌ها بسیار گسترده‌تر از اندواسکارن‌ها هستند و همراه با کانه می‌باشند (برت، ۱۹۷۷). ذخایر اسکارن بسته به نوع سنگ میزبان که آهک یا دولومیت باشد، به انواع اسکارن کلسیمی (Calcic-skarn) و اسکارن منیزیمی (Magnesian-skarn) تقسیم می‌شود، اسکارن‌های منیزیمی دما بالا حاوی سیلیکات‌های منیزیم مانند: سرپانتین، دیوپسید و فورستريت و اسکارن‌های کلسیمی عمدتاً حاوی سیلیکات‌های آهن و کلسیم نظیر هیدرپریت، ولاستونیت، آندرادیت می‌باشند (اینودی و همکاران، ۱۹۸۱).

محدوده‌ی مورد مطالعه بخشی از زون البرز بوده که در آن ناحیه سازندهای مرتبط با زون البرز و سازندهای مرتبط با زون کپه داغ (اشتوکلین، ۱۹۶۸) بروز دارند. از لحاظ چینه‌شناسی بر اساس نقشه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ دوزین، بروزدهایی از پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک را در بر دارد (سلامتی و همکاران، ۱۳۸۰). در این ناحیه سازند کلات با سن کرتاسه در محدوده دارای کانه‌زایی گزارش شده است (شکل ۱).



شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دوزین)، مکان دایک بر روی نقشه محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد (در نشان دادن دایک، مقیاس نقشه رعایت نشده است).

۲- مواد و روش‌ها

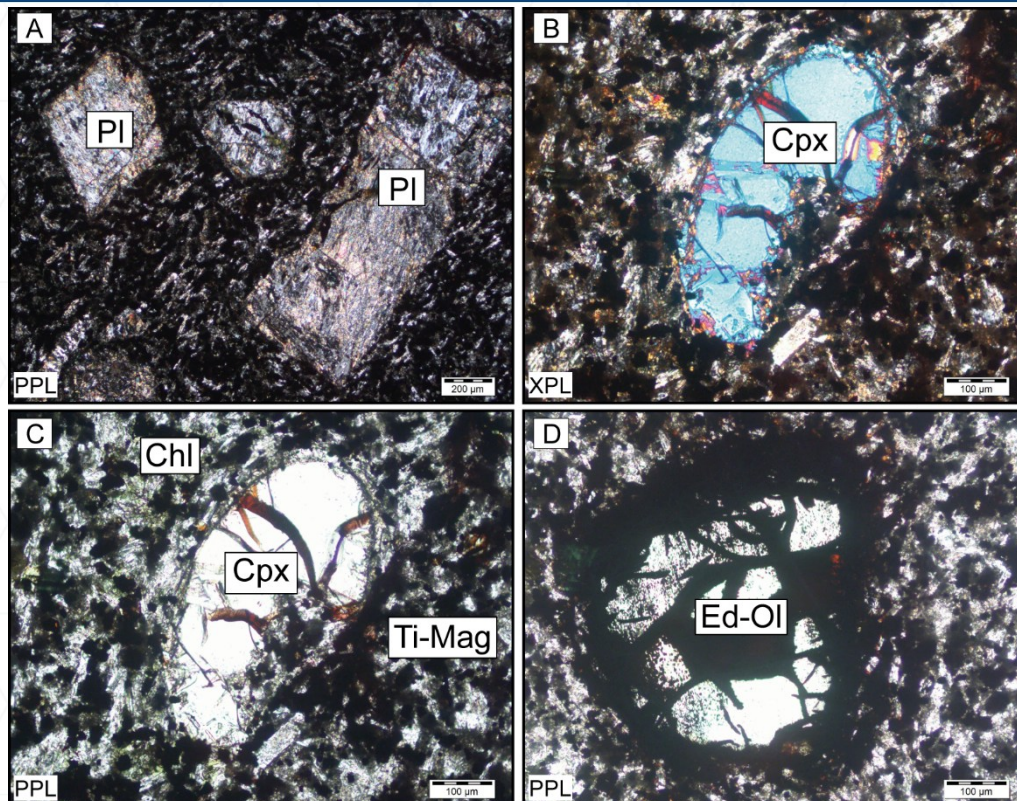
مطالعه‌ی مقالات، کتاب‌ها و مستندات مرتبط با کانه‌زایی، دگرسانی، ژئوشیمی و مقایسه‌ی اطلاعات گردآوری شده با داده‌های بدست آمده از منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. گزارشات اکتشافی و نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس‌های مختلف، بررسی موقعیت منطقه در نرم افزار گوگل ارث و تشخیص واحدهای لیتولوژیکی و بررسی کانه‌زایی و ساختارهای تکتونیکی از طریق قرارگیری نقشه‌های موجود از منطقه بر روی آن صورت گرفته است. به منظور شناسایی و بررسی واحدهای مختلف سنگی و روابط آنها با یکدیگر و رخدادهای کانی‌زایی نمونه برداری از واحدهای آذرین، توده فلزی و بخش کربناته انجام شده است. برای این منظور تعداد ۳ بازدید صحرایی از منطقه صورت گرفت و تعداد ۳۰ نمونه سنگ از بخش‌های ذکر شده برداشت شد. مختصات جغرافیایی تمام نمونه‌ها توسط GPS ثبت گردیده است.

از ۳۰ نمونه برداشت شده، تعداد ۲۵ نمونه از بخش‌های کانه‌زایی و آذرین در کارگاه تهیه مقطع دانشگاه گلستان برش و مقاطع نازک تهیه شده است. با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (Olympus) مقاطع میکروسکوپی در دو نور عبوری و انعکاسی مطالعه شدند.

۳- بحث

سنگ نگاری

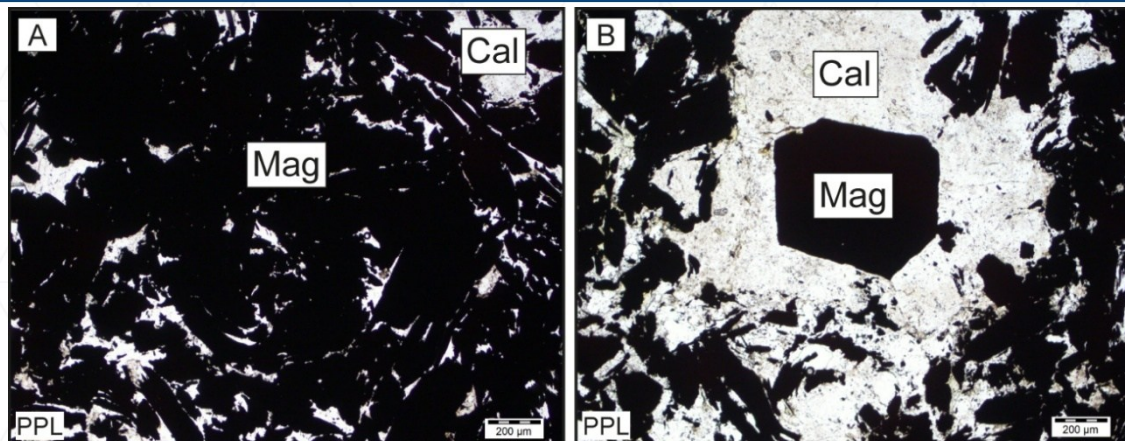
سنگ آذرین غالب در محدوده‌ی مورد مطالعه بازالیت است که به‌صورت دایک در منطقه رخنمون دارد. به‌منظور شناسایی دقیق ویژگی‌های سنگ‌های آذرین، بررسی روند تکامل ماگما و تعیین خاستگاه آن، مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی بر روی نمونه‌ها انجام شد. مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد کانی‌های اولیه شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، اولیوین ایدینگزیتی شده و تیتانومگنتیت می‌باشد (شکل ۲). پلاژیوکلاز فراوان‌ترین کانی سنگ است و هم به‌صورت فنوکریست‌هایی با ابعاد حدود ۳/۸ میلی‌متر و هم به‌شکل کانی‌های ریز (حدود ۰/۲ میلی‌متر) در زمینه‌ای میکروکریستالین مشاهده می‌شود. این کانی عمدتاً با بافت اینترگرانولار و پورفیری و یری ایت همراه می‌باشد. کلینوپیروکسن در مقایسه با پلاژیوکلاز، فراوانی کمتری دارد و به‌صورت کانی‌های بی‌شکل با ابعاد ۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌متر، گاه با حاشیه‌های نازک زونینگ، مشاهده می‌شود (شکل ۲). اولیوین در نمونه‌های مورد مطالعه ایدینگزیتی شده است (شکل ۲). در طی این فرآیند با نفوذ فاز سیال در شرایط فوگاسیته بالای اکسیژن رخ داده و طی آن آهن دوظرفیتی (Fe^{2+}) به آهن سه‌ظرفیتی (Fe^{3+}) تبدیل می‌شود. این فرآیند با تغییر در ساختار بلوری و ترکیب شیمیایی اولیوین و جایگزینی آن توسط کانی‌های ثانویه همراه است که در نهایت رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز مشخصی ایجاد می‌کند. اندازه این کانی‌ها حدود ۰/۵ میلی‌متر است. تیتانومگنتیت در بخش آذرین از جمله کانی‌های فرعی و دانه ریز در زمینه سنگ حضور دارد. با کاهش دما، تیتانومگنتیت بافت جدایشی را تجربه کرده است و در طی فرآیند جدایش (اکسولوشن) مگنتیت و اپلمنیت تشکیل شد است. نمونه‌های آذرین مورد مطالعه متحمل دگرسانی گسترده‌ای شده است. آثار این دگرسانی به‌ویژه در پلاژیوکلازها مشهود است که به سیرسیت و کانی‌های رسی تجزیه شدگی نشان می‌دهند. در برخی قسمت‌ها، کلینوپیروکسن‌ها به کلریت تجزیه شده و این کانی به‌صورت پراکنده و با ابعاد حدود ۰/۵ میلی‌متر در نمونه‌ها مشاهده می‌شوند. کانی‌های ثانویه در نمونه‌های آذرین شامل کلریت، سیرسیت، پامپلثیت و هماتیت می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: (A) پلاژیوکلاز در اندازه‌های مختلف؛ (B و C) کلینوپیروکسن و تیتانومگنتیت همراه با کانی‌های ثانویه کلریت، (D) اولیوین ایدنگزیتی شده با هماتیت.

بخش کانه‌زایی:

بخش کانه زایی عمدتاً در سنگ دیواره آهکی تا آهکی - ماسه ای صورت گرفته است. در این بخش، مگنتیت اصلی‌ترین و فراوان‌ترین کانه‌ی تشکیل‌دهنده کانسار است (شکل ۳). این کانی عمدتاً به‌صورت توده‌ای و متراکم در متن سنگ حضور دارد. در کنار مگنتیت کانی‌های دیگری با فراوانی کم مانند کانی‌های سولفیدی نظیر پیریت و باریت و اکسیدهای آهن به‌ویژه هماتیت دیده می‌شود. کانی‌های باطله در این بخش، عمدتاً کلسیت و کوارتز می‌باشند. پیریت از مهم‌ترین کانی‌های سولفیدی و فرعی این مجموعه به‌شمار می‌رود که در مراحل پس‌رونده اسکارن‌زایی و در اثر ورود سیالات غنی از سولفور تشکیل شده است (یانگ و لنتز، ۲۰۱۲). اندازه کانی‌های پیریت از کمتر از ۰/۱ میلی‌متر تا حدود ۰/۲ میلی‌متر متغیر بوده و اغلب نیمه شکدار هستند. بافت غالب پیریت، دانه‌ای و پراکنده در بین کانی‌های مگنتیت و کانی‌های باطله دیده می‌شود. باریت نیز از دیگر کانی‌های فرعی است که معمولاً در همبری با پیریت یافت می‌شود. این کانی به‌صورت کانی‌های بی‌شکل با ابعاد ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر در مقاطع میکروسکوپی قابل مشاهده است. هماتیت نیز عمدتاً در قالب بافت مارتیتی‌شدن و تجزیه مگنتیت از حاشیه تشکیل شده است.



شکل ۳: A و B) کانی های مگنتیت همراه با باطله کلسیت

۴- نتیجه گیری

در محدوده شهر دوزین در جنوب شرق مینودشت، واحد آذرین از نوع بازالت به صورت دایک در واحدهای کربناته/ماسه سنگ نفوذ کرده است. در طی نفوذ و دگرسانی، احتمالاً بر اثر نفوذ آبهای جوی، باعث دگرسانی دایک بازالتی و تشکیل کانی های ثانویه سریسیست، آلبیت، کلریت، پامپلی ایت و هماتیت شده است. بر اثر نفوذ فاز سیال و تجزیه کانی های اولیه، فاز سیال اسیدی همراه با آهن وارد سنگ دیواره کربناته شده و شروع به جوشش نموده است. پس از جوشش و ایجاد حفره و تغییر PH فاز سیال، عنصر آن در سنگ میزبان کربناته همراه با کانی های باطله کلسیت و کوارتز رسوب کرده است و توده های فلزی را ایجاد نموده است. با توجه به پوشش گسترده و متراکم، امکان ارزیابی دقیقی از میزان کانی زایی آهن با روشهای معمول وجود ندارد ولی با توجه به ضخامت دایک (حدود ۲ متر) و همچنین خشک بودن ماگمای اولیه (عدم وجود کانی های آبدار اولیه و منطقه بندی در پلاژیوکلازها)، احتمالاً میزان کانی زایی آهن در این محدوده ضعیف می باشد.

۵- مراجع

- Einaudi, M.T. and Burt, D.M., 1982.** Introduction, Terminology, Classification, and Composition of Skarn Deposits. *Economic Geology* 77, 745-754.
- Einaudi, M.T., Meinert, L.D., Newberry, R.J., 1981.** Skarn deposits. *Economic Geology* 75, 317-391.
- Guo, J., Xie, G., Ji, Y., Zhu, Q., 2025.** Skarn W mineralization using magnetic susceptibility and garnet spectral characteristics in the Fujiashan W deposit, eastern China. *Ore Geology Reviews* 187, 106967.
- Keith, S.B., Laux, D.P., Maughan, J., Schwab, K., Ruff, S., Swan, M.M., Abbott, E., and Friberg, S., 1991.** Magma series and metallogeny: A case study from Nevada and environs, in *Buffa, R.H., and Coyner, A.R., eds., Geology and Ore Deposits of the Great Basin, Field Trip Guidebook Compendium: Reno, Geological Society of Nevada*, p. 404-493.
- Meinert, L.D., 1993.** Igneous petrogenesis and skarn deposits: in (Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., & Duke, J.M., eds.). *Mineral Deposit modeling: Geological Association of Canada, Special paper* 40, 569-583.
- Pirajno, F., 2009.** Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer Dordrecht. XLI, 1250.
- Zhang, Z., Cao, Y., Shen, L., Guan, J., 2025.** Genesis of high-grade skarn iron deposits: Insights from the Litun deposit in the Luxi district, eastern China. *Geological Society of America, Bulletin* 137, 3626-3638.