

شرایط محیط دیرینه لایه‌های زغال‌سنگی ناحیه زغال‌دار قشلاق (البرز خاوری) بر پایه شواهد سنگ‌نگاری و رخساره‌ای

طاهره ربانی^۱، نادر تقی‌پور^۲ و رضا اهری‌پور^۲

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

^۲ استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۷

چکیده

ناحیه زغال‌دار قشلاق با داشتن نهشته‌های زغال‌سنگی متعلق به گروه شمشک، بخشی از یک ناودیس بزرگ در ناحیه البرز خاوری است. به منظور بررسی شرایط محیط دیرینه نهشت زغال‌سنگ‌ها بر پایه شواهد سنگ‌نگاری آلی و معدنی و نمودار رخساره‌ای، از ۱۱ لایه زغال‌سنگی متعلق به ۴ معدن در حال استخراج نمونه برداری شد. کانی‌هایی مانند کوارتز، کائولینیت، پیریت، سیدریت، بیوتیت، مونت‌موریلونیت و دولومیت در معادن زغال‌سنگ قشلاق تشخیص داده شد. شاخص آب زیرزمینی (GWI) نشانگر شرایط هیدرولوژیکی Ombrotrophic برای لایه‌های زغال‌سنگی ناحیه زغال‌دار قشلاق است. لایه‌های K11 و K13 به دلیل داشتن مقدار مواد معدنی بیشتر نسبت به دیگر لایه‌ها، دارای مقدار GWI بالاتری هستند. شاخص پوشش گیاهی (VI) این زغال‌سنگ‌ها کمتر از ۳ است که می‌تواند دلیلی بر برتری گیاهان آبی/علفی در تشکیل این زغال‌سنگ‌ها باشد. داده‌های سنگ‌نگاری آلی و معدنی به همراه نمودار رخساره‌ای، گویای شرایط بی‌هوازی تا کم اکسیژن، آلکان و تغییرات سطح ایستابی به همراه مجاورت نسبی به سوی محیط‌های دریایی است.

کلیدواژه‌ها: زغال‌سنگ، شمشک، محیط دیرینه، قشلاق، البرز خاوری.

* نویسنده مسئول: نادر تقی‌پور

E-mail: Taghipour@du.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

زغال‌سنگ، سنگی نرم، شکننده، قابل احتراق و دارای کربن است که در نتیجه تجزیه و دگرسانی پوشش گیاهی به‌وسیله تراکم، دما و فشار تشکیل شده است (Speight, 2005). واژه رخساره زغال‌سنگ اشاره دارد به پیدایش اصلی انواع زغال‌سنگ که به شرایط محیط دیرینه‌ای که در آن ماده متشکله تورب تجمع یافته، وابسته است (Teichmüller, 1982). عواملی مانند اقلیم، فرآورده‌های مغذی، رطوبت و pH روی نوع پوشش گیاهی که در باتلاق رشد می‌کند، تأثیر می‌گذارد (Gruber & Sachsenhofer, 2001). بررسی‌ها نشان داده است که ارتباط نزدیکی میان اطلاعات سنگ‌نگاری زغال‌سنگ و محیط ته‌نشست آن و تغییرات پوشش گیاهی باتلاق تورب‌زا وجود دارد (Suwana & Hermanto, 2007). مقدار و ترکیب مواد کانیایی نیز راهنمای مهمی در تفسیر محیطی هستند (Amijaya & Littke, 2005) و مستقیماً شرایط آبی نهشت تورب و نرخ فرونشست حوضه را شرح می‌دهند (Singh et al., 2012). به بیان دیگر می‌توان گفت با استفاده از سنگ‌نگاری زغال‌سنگ‌ها و شاخص‌های رخساره می‌توان به بازسازی دوباره رخساره‌ها پرداخت و تا اندازه‌ای به شرایط دیرینه نهشت زغال‌سنگ‌ها نزدیک شد. برای مشخص کردن شرایط رسوب‌گذاری نهشته‌های زغال‌سنگی و بررسی شرایط دیرینه باتلاق‌های قدیمی از نمودارها و شاخص‌های رخساره‌ای مختلفی بر پایه سنگ‌نگاری، گرده‌شناسی و ترکیبات آلی مانند شاخص حفظ‌شدگی بافت و شاخص ژله‌ای شدن (Diessel, 1986)، شاخص آب زیرزمینی و شاخص پوشش گیاهی (Calder et al., 1991)، شاخص چوبی (Zhang et al., 1997)، شاخص برتری کربن (Peters et al., 2005)، شاخص پوشش آبی (Jasper et al., 2010) و نمودارهای رخساره‌ای گوناگون (Smyth, 1979; Kalkreuth et al., 1991; Singh & Singh, 1996; Mukhopadhyay, 1986) استفاده می‌شود.

اشلقی و شمعیان (۱۳۹۱) به بررسی کانی‌شناسی زغال‌سنگ‌های قشلاق و اثرات زیست‌محیطی آن پرداخته و ترکیب کانی‌شناسی این زغال‌سنگ‌ها را کوارتز، کائولینیت، آلکیت، مسکوویت و ایلیت اعلام کرده‌اند. تقی‌پور و ربانی (۱۳۹۴) با

بررسی سنگ‌نگاری آلی معادن زغال‌سنگ قشلاق، ۳ گروه اصلی ماسرالی شامل ویتروئیت، اینترتینت و لیپتینت شناسایی کردند.

۲- زمین‌شناسی ناحیه زغال‌دار قشلاق

ناحیه زغال‌دار قشلاق در البرز خاوری (استان گلستان) و در ناودیس اولنگ-قشلاق با امتداد شمال خاوری-جنوب باختری جای گرفته است (شکل ۱-الف). این ناحیه زغال‌دار دارای گسترش ۷۰ کیلومتر مربع با طول جغرافیایی ۲۳° ۳۷' تا ۳۷° و عرض جغرافیایی ۲۰° ۵۵' تا ۱۵° ۵۵' است و در این ناحیه دو استان سمنان و گلستان توسط جاده شاهرود-آزادشهر به یکدیگر متصل می‌شوند (فتوحی، ۱۳۵۷). ناحیه زغال‌دار قشلاق شامل بخش‌های زغال‌دار وطن، نرگس چال، کلات، زمستان یورت و رودبار است (شکل ۱-ب) و همه این بخش‌ها مربوط به بخش کلاریز (تریاس بالایی) گروه شمشک هستند (شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۶۹).

در حالت کلی لایه‌های زغال‌سنگی در ناحیه یاد شده در گستره رسوبات گروه شمشک، روی سنگ‌آهک دولومیتی الیکا و در زیر تشکیلات آهکی دلچای و لار جای گرفته‌اند و واحدهای سنگی شامل ماسه‌سنگ، شیل، سیلتستون، آهک، آهک‌های دولومیتی و آرژلیت، افق‌های زغالی مورد مطالعه را در بر می‌گیرند (شکل ۲).

سازند شمشک در ناحیه قشلاق بر پایه تقسیمات ناحیه‌ای به ۶ واحد سنگی (اکراسر، لله‌بند، کلاریز، آلاشت، شیرین‌دشت، دانسرت) تقسیم شده است. زیربخش کلاریز بخش اصلی زغال‌دار ناحیه است که به علت سترای بسیار زیاد به سه بخش زیرین، میانی و بالایی تقسیم شده و شامل ماسه‌سنگ‌های خاکستری رنگ با دانه‌بندی مختلف، سیلتستون، آرژلیت و زغال همراه با فسیل‌های گیاهی فراوان است (فتوحی، ۱۳۵۷). در بخش معدنی نرگس چال با توجه به ترکیب سنگ‌شناسی چینه‌ها و ویژگی‌های زغال‌خیزی، لایه‌های زغال‌سنگی در ۳ زیربخش کلاریز پایینی، میانی و بالایی بررسی می‌شوند. همچنین زیربخش کلاریز در بخش معدنی زمستان

سمی فوزینیت (شکل‌های ۳- ب و ج)، فوزینیت (شکل ۳- ب)، اینرتودترینیت (شکل ۳- الف)، اسکریتینیت، فانگینیت، ماکرینیت (شکل ۳- ج) و میکرینیت در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه حضور دارند و ماسرال میکرینیت به دلیل کمیاب بودن مورد شمارش قرار نگرفت. کمترین درصد حجمی متعلق به گروه ماسرالی لیپتینیت (vol. % ۳/۵-۰) است و از این خانواده ماسرال‌های اسپورینیت (شکل ۳- ث)، کوتینیت (شکل ۳- ت)، رزینیت و لیپتودترینیت در نمونه‌های مورد مطالعه حضور داشتند (جدول ۱).

بررسی‌های کانی‌شناسی زغال‌سنگ‌های منطقه قشلاق نیز نشان می‌دهد که بیشتر مواد معدنی موجود در این زغال‌سنگ‌ها از کانی‌های پیریت، کالکوپیریت (شکل ۴- پ)، سیدریت (شکل ۴- ب)، کانی‌های رسی و کوارتز (شکل ۴- ت) تشکیل شده است (جدول ۲). کانی‌های رسی در نمونه‌های مورد مطالعه چیره و رایج هستند. مطالعه XRD نمونه‌های زغال‌سنگ و خاکستر زغال‌سنگ‌های قشلاق، ترکیب کانی‌شناسی این زغال‌سنگ‌ها را شامل کوارتز، کائولینیت، پیریت، سیدریت، بیوتیت، مونت‌موریلونیت و دولومیت مشخص کرده است (ربانی و تقی‌پور، ۱۳۹۰). پیریت و سیدریت در مقادیر قابل توجه و کوارتز و کالکوپیریت نیز در مقادیر بسیار کمتر در این نمونه‌ها حضور دارند.

در همه نمونه‌های مورد مطالعه، فراوانی نسبی کانی‌های رسی تقریباً یکسان است و در همه مقاطع صیقلی تهیه شده از نمونه‌های مورد مطالعه، کانی‌های رسی حضور دارند. این کانی‌ها به صورت پرکننده حفرات و شکستگی‌ها و پراکنده دیده می‌شوند (شکل‌های ۳- ب و ۴- پ و ث).

پیریت نیز رایج‌ترین کانی سولفیدی در همه نمونه‌ها بوده و بررسی‌های سنگ‌نگاری بیانگر میزان به نسبت بالای پیریت در این زغال‌سنگ‌هاست. پیریت در هر دو حالت همزمان و غیرهمزمان با رسوب‌گذاری در این زغال‌سنگ‌ها حضور دارد. در نمونه‌های دستی زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه، پیریت در اشکال بلوری شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار، توده‌ای (شکل ۴- الف)، پولکی، کنکرسون (شکل ۴- ب) و لایه‌ای دیده می‌شود.

رخداد پیریت را می‌توان در کنار دیگر کانی‌ها در همه مقاطع میکروسکوپی و با فراوانی و اشکال مختلف دید. پیریت‌های دیده شده دارای اشکال مختلفی مانند بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار (شکل ۴- ت)، کنکرسون، فراموبیدال (شکل ۴- ج)، رگه‌ای، پرکننده درزه‌ها و شکاف‌ها و پرکننده یا جانشین شده و پراکنده هستند.

۵- رخساره زغال‌سنگی

نمودار رخساره‌ای Calder et al. (1991) شامل دو شاخص رخساره‌ای پوشش گیاهی و آب زیرزمینی است. شاخص آب زیرزمینی (GWI) مورد استفاده، نشان‌دهنده نسبت میان مواد کانیایی و همچنین موادی با ژله‌ای شدن قوی و بافت‌های با ژله‌ای شدن ضعیف است (Jasper et al., 2010).

$$GWI = \frac{\text{Gelovitrinite} + \text{Minerals}}{\text{Telovitrinite} + \text{Detrovitrinite}}$$

شاخص VI استفاده شده نیز همانند شاخص TPI ارائه شده توسط Diessel (1986) است و در بررسی کنونی ماسرال‌های آلژینیت و سابرنیت به علت نبود در زغال‌سنگ‌های ناحیه زغال‌دار قشلاق، از شاخص پوشش گیاهی معرفی شده توسط Calder et al. (1991) حذف شده است. به‌طور کلی شاخص VI ماسرال‌هایی با نزدیکی (قربت = Affinity) جنگلی را با ماسرال‌های با نزدیکی گیاهان علفی و آبی مقایسه می‌کند.

$$VI = \frac{\text{Telovitrinite} + \text{Semifusinite} + \text{Fusinite} + \text{Resinite}}{\text{Detrovitrinite} + \text{Inertodetrinite} + \text{Cutinite} + \text{Sporinite} + \text{Liptodetrinite}}$$

یورت و کلات به ۵ زیر بخش شامل: بخش غزنوی، بخش قشلاق پایینی، بخش قشلاق میانی، بخش قشلاق بالایی و بخش آسیاب تقسیم می‌شود. معدن زغال‌سنگ چشمه‌ساران نیز متعلق به بخش غزنوی از این ناحیه است (شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۷۸ الف و ب و ۱۳۶۲).

گروه سیلیسی آواری ستبرلایه شمشک (تریاس بالایی تا بازوسین میانی) با ستبرای ۴۰۰۰ متر به‌طور گسترده در البرز رخنمون دارد (شکل ۱- ب) (Shekarifard et al., 2012). گروه شمشک تقریباً رسوبات دانه‌ریز تا درشت‌دانه سیلیسی آواری را شامل می‌شود که توسط لایه‌های زغال‌سنگی و شیل‌های غنی از مواد آلی و کربن در سطوح مختلف چینه‌شناسی همراهی می‌شوند (شکل ۲). محیط دیرینه رسوب‌گذاری این گروه شامل سامانه‌های رودخانه‌ای، باتلاقی و دریاچه‌ای و همچنین محیط‌های دریایی کم‌ژرفا تا ژرف با شرایط محلی کمبود اکسیژن سبب نهشت رسوبات غنی از کربن آلی شده است (Stampfli, 1978; Rad, 1982 & 1986; Baudin & Teherani, 1991; Fürsich et al., 2005; Seyed-Emami et al., 2006; Shekarifard et al., 2009).

این پژوهش روی ۱۱ لایه زغال‌سنگی از ۴ معدن در حال استخراج در گستره تشکلیات شمشک در ناحیه زغال‌دار قشلاق صورت پذیرفته است.

۳- روش مطالعه

به منظور به دست آوردن اطلاعاتی از ماهیت و توزیع گروه‌های ماسرالی و شیوه رخداد کانی‌های موجود در زغال‌سنگ‌های ناحیه زغال‌دار قشلاق برای بررسی شرایط دیرینه نهشت این زغال‌سنگ‌ها، ابتدا از ۱۱ لایه زغال‌سنگی مربوط به ۴ معدن فعال در این ناحیه شامل لایه‌های K1، K3، K5، K6، K62 و K67 معدن زمستان یورت، لایه K13 معدن نرگس‌چال، لایه S2 معدن چشمه‌ساران و لایه‌های K11، K17 و K18 معدن شرق کلات نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس ۴ مقطع صیقلی برای هر کدام از لایه‌های زغال‌سنگی (مطابق با استاندارد D2797-04) تهیه شد. برای تعیین درصد حجمی ماسرال‌ها و مواد معدنی از روش (ISO 7404-3 (2009) استفاده شد. مطالعات انجام شده در مورد ماسرال‌های سازنده زغال‌سنگ‌های ناحیه زغال‌دار قشلاق مطابق با جدیدترین تقسیم‌بندی‌های جامع ارائه شده توسط کمیته بین‌المللی زغال‌سنگ و سنگ‌شناسی آلی (ICCP, 1998 & 2001) و همچنین توصیف و رده‌بندی ماسرالی ارائه شده توسط (Stach et al. (1982, Taylor et al. (1998, Hower & Wagner (2012), Scott & Glasspool (2007), Hower et al. (2009) است. با استفاده از مطالعات میکروسکوپی و ماکروسکوپی نیز، کانی‌شناسی این زغال‌سنگ‌ها بررسی شد. در حالت ماکروسکوپی به بررسی نمونه‌های دستی زغال‌سنگ‌ها پرداخته شد و در حالت میکروسکوپی نیز مقاطع صیقلی تهیه شده از پودر و همچنین قطعات زغال‌سنگ مورد بررسی قرار گرفت. در پایان با استفاده از اطلاعات بخش سنگ‌نگاری آلی و معدنی شرایط محیط دیرینه نهشت این زغال‌سنگ‌ها توسط نمودار رخساره‌ای Calder et al. (1991) به همراه شواهد کانی‌شناسی بررسی شد.

۴- سنگ‌نگاری آلی و معدنی

مطالعات انجام گرفته حضور هر ۳ گروه ماسرالی ویترنیت، اینرتینیت و لیپتینیت را با درصد‌های حجمی متفاوت در همه لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه به اثبات رساند. بر پایه این مطالعات، ویترنیت‌ها (vol. % ۸۷/۲ - ۶۶/۲) گروه ماسرالی چیره در میان دیگر گروه‌ها هستند و ماسرال کالودترینیت (شکل ۳- الف) متعلق به این گروه از همه فراوان تر است. از این گروه ماسرالی، ماسرال‌های کالودترینیت، کالوتینیت (شکل‌های ۳- ت، ث و ج) و کورپوژلینیت در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه حضور دارند. همه ماسرال‌های گروه اینرتینیت (vol. % ۲۳/۰ - ۴/۹) شامل

تجزیه باکتریایی محدود یا قطع می‌شود و ساختارهای گیاهی حفظ می‌شوند (Shao et al., 2003).

۶- شواهد کانی‌شناسی

مواد کانیایی زغال‌سنگ‌ها مورد مطالعه اصولاً شامل کانی‌های رسی و پیریت هستند؛ این امر می‌تواند بیانگر این نکته باشد که تجزیه گیاهان تحت شرایط بی‌اکسیژن یا به‌طور کلی یک سطح ایستابی بالا اما متغیر رخ داده است (Gürdal & Bozcu, 2011) که این امر توسط فراوانی و پرتیرینیت‌ها به نسبت به اینرتینیت‌ها به همراه مقادیر متغیر این ماسرال‌ها به عنوان دلایلی بر شرایط بی‌هوازی تا کم‌اکسیژن (شرایط احیایی) و نیز تغییرات سطح ایستابی، مورد تأیید قرار گرفت.

از سوی دیگر، شواهد کانی‌شناسی مربوط به فراوانی کانی‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت بیانگر مقادیر به نسبت بالای سولفور در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه است. با توجه به آنکه مقادیر بالای سولفور به محیط‌های لب‌شور (Brackish) و دریایی در طول نهشت زغال‌سنگ وابسته است (Sachsenhofer et al., 2003) و نیز شواهد بافتی پیرامون این امر مانند پیریت‌های همزمان با رسوب‌گذاری، آب دریا برای حضور این نوع پیریت‌ها مساعد است و بیشتر به عنوان شاخصی از نفوذ دریا مطرح می‌شوند (Dai et al., 2012). (Suwarna & Hermanto, 2007) نیز در مطالعات خود اشاره کرده‌اند که وجود مقادیر کم تا متوسط پیریت به‌ویژه نوع فراموبیدال نشان از تأثیر یک محیط دریایی یا لب‌شور دارد. می‌توان گفت که به احتمال زیاد این زغال‌سنگ‌ها در شرایطی مانند مجاورت نسبی به سوی محیط‌های دریایی یا دست کم تحت نفوذ آب‌های شور دریا مانند محیط‌های دلتایی و ساحلی کم‌رُفا تشکیل شده‌اند. از سوی دیگر، شماری از پژوهشگران بر این باورند که مقادیر سولفور بالا در زغال‌سنگ‌های آب شیرین بدون یک سنگ پوشش دریایی (Roof rocks) بیشتر ناشی از شرایط آلکان ضعیف یا طبیعی به وجود آمده به وسیله محیط‌های غنی از کلسیم است (Teichmüller & Teichmüller, 1982). با توجه به آنکه در ناحیه قشلاق نیز تشکیلات کربناتی وجود دارد (نجفی حاجی‌پور، ۱۳۸۸؛ فتوحی، ۱۳۵۷)، نمی‌توان تأثیر تشکیلات کربناتی موجود در ناحیه را در به وجود آوردن شرایط آلکان و افزایش مقادیر سولفور نادیده گرفت. برای شرایط بی‌هوازی تا کم‌اکسیژن تشکیل زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه که فراوان بودن مقادیر ماسرال‌های ویتیرینیت نشان‌دهنده آن است، در بخش کانی‌شناسی نیز می‌توان حضور پیریت‌های فراموبیدال را تأکیدکننده آن دانست. زیرا حضور پیریت‌های فراموبیدال نشان‌دهنده فعالیت باکتری‌های احیاکننده سولفور و شرایط بی‌هوازی است (Erik & Sancar, 2010). حضور کانی‌های کربناتی در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه کم است. این امر با محیط ombrotrophic که زغال‌سنگ‌ها در آن نهشته شده‌اند همخوانی دارد. زیرا Cecil et al. (1978) بر این باورند که کلسیم برای کانی‌های درج‌ازا از آب زیرزمینی مشتق می‌شود؛ در حالی که شاخص آب زیرزمینی برای زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه کمتر از ۰/۵ است.

۷- نتیجه‌گیری

زغال‌سنگ‌های ناحیه زغال‌دار قشلاق به وسیله مقادیر بالایی از ویتیرینیت به همراه مقادیر کم تا متوسط اینرتینیت، لپتینیت و مواد معدنی توصیف می‌شوند. ترکیب کانی‌شناسی معادن زغال‌سنگ قشلاق شامل کوآرتز، کائولینیت، پیریت، سیدریت، بیوتیت، مونت‌موریلونیت و دولومیت است. مقادیر بالای ویتیرینیت به همراه مقادیر کم اینرتینیت و نیز حضور پیریت‌های فراموبیدال مشخص‌کننده شرایط بی‌هوازی تا کم‌اکسیژن در طول تجمع تورب و تشکیل زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه است. حضور کانی‌های رسی و پیریت به عنوان کانی‌شناسی چیره به همراه فراوانی ویتیرینیت‌ها شرایط بی‌هوازی تا کم‌اکسیژن و متغیر بودن سطح ایستابی را مورد تأیید

در حقیقت نمودار رخساره‌ای (Calder et al. (1991) تمایزی است میان باتلاق‌های قدیمی (Mesotrophic, Rheotrophic (Paleomires) و Ombrotrophic که توسط شاخص آب زیرزمینی که درجه ژله‌ای شدن با تأمین آب را شرح می‌دهد، ارزیابی شده است و مواد کانیایی را به عنوان شاخص مهمی از آب زیرزمینی در نظر می‌گیرد. به عبارت دیگر باتلاق‌های قدیمی یاد شده می‌توانند بر پایه نوع پوشش گیاهی مورد استفاده در شاخص VI که به وسیله نسبت میان ماسرال‌هایی با قرابت جنگلی و ماسرال‌هایی با قرابت گیاهان علفی و آبی به دست می‌آید، تقسیم شوند. (Calder et al. (1991 محیط‌های دیرینه باتلاقی (mire) اصلی شامل: Bog, Limnic و Fen, Swamp را بر پایه شرایط آب‌شناختی از یکدیگر تفکیک کرده‌اند (شکل ۵).

نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص‌های رخساره‌ای VI و GWI در جدول ۳ ارائه و در نمودار (Calder et al. (1991) (شکل ۵) رسم شده است.

شاخص آب زیرزمینی برای لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه کمتر از ۰/۵ (۰/۳۷-۰/۵) است (شکل ۵). پایین بودن مقادیر شاخص آب زیرزمینی بیانگر بالا بودن ماسرال‌های تلوویتیرینیت و دتروویتیرینیت در نمونه‌های مورد مطالعه است و نشان می‌دهد که همه لایه‌های یاد شده تحت شرایط آب‌شناختی Ombrotrophic تکامل یافته‌اند. مقدار GWI کمتر از ۰/۵ به مرادب‌های مرطوب که تنها به وسیله ریزش آب باران بدون نفوذ آب زیرزمینی پشتیبانی شده‌اند، وابسته است (Calder et al., 1991). لایه‌های k13 و k11 دارای بیشترین مقدار GWI در میان دیگران هستند؛ این امر می‌تواند ناشی از بالا بودن مقدار مواد معدنی (vol. % ۲۴/۹، ۲۰) در این دو لایه نسبت به دیگر لایه‌ها باشد.

شاخص پوشش گیاهی زغال‌سنگ‌های ناحیه قشلاق کمتر از (۲/۸۲-۰/۳۴) است. شاخص پوشش گیاهی پایین ($VI < 3$) دلالت بر تسلط گیاهان آبی/علفی به عنوان پیش‌ماده‌های سازنده زغال‌سنگ‌ها دارد (شکل ۵). البته این به آن معنی نیست که همه منشأ زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه از گیاهان آبی است بلکه نشان می‌دهد که گیاهان علفی/آبی در تشکیل این زغال‌سنگ‌ها نقش بیشتری داشته‌اند.

با توجه به پراکندگی بسیار کم لایه‌های مورد مطالعه روی نمودار رخساره‌ای توصیف شده می‌توان گفت که شاید شرایط مشابهی پیرامون نوع ماده اولیه سازنده زغال‌سنگ‌ها و شرایط محیطی زمان تشکیل لایه‌های زغال‌سنگ مورد مطالعه وجود داشته است.

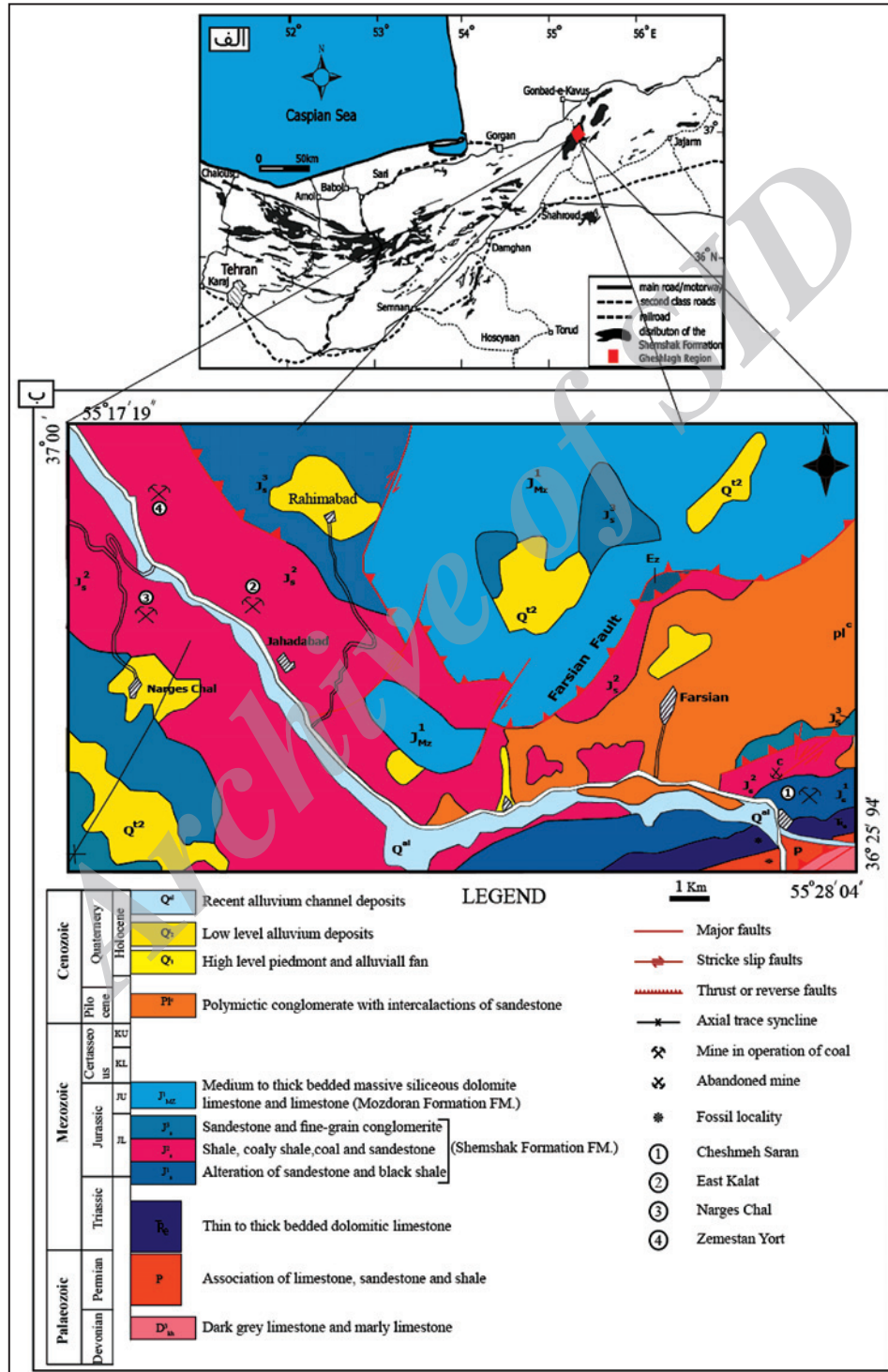
بر پایه مقایسه اطلاعات موجود میان مقادیر به دست آمده برای شاخص پوشش گیاهی و مقادیر مربوط به تجزیه ماسرالی لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه می‌توان گفت که ارتباط مستقیمی میان مجموع فوزینیت‌ها و سمی فوزینیت‌ها با شاخص پوشش گیاهی وجود دارد.

زغال‌سنگ‌های ناحیه قشلاق غنی از ویتیرینیت هستند، شرایط خشک و اکسیدان (Dry and oxidizing conditions) بازتابی از فراوانی اینرتینیت در نمونه‌های مورد مطالعه و دوره‌های مرطوب و بی‌هوازی (Wet and anoxic period) بازتابی از مقدار بالای ویتیرینیت در نمونه‌های زغال‌سنگ مورد مطالعه هستند (Singh et al., 2012). با توجه به آنکه مقادیر بالای فانگینیت نشان‌دهنده شرایط هوای متناوب سراسر تاریخچه نهشت تورب است (Wust et al., 2001)، می‌توان مقادیر بسیار پایین فانگینیت‌ها در نمونه‌های مورد مطالعه را نیز به عنوان شاهدهی بر شرایط بی‌هوازی تا کم‌اکسیژن در نظر گرفت.

مقادیر متغیر ویتیرینیت‌ها و اینرتینیت‌ها می‌تواند ناشی از تأثیر تغییرات متوالی سطح آب باشد (Silva et al., 2008) که مقادیر ویتیرینیت‌ها در لایه‌های مورد مطالعه اختلافات کمتری نسبت به اینرتینیت‌ها نشان می‌دهند. نبود ماسرال تلینیت را در نمونه‌های مورد مطالعه می‌توان به عنوان شاهدهی برای ماهیت شرایط آلکان ضعیف محیط تشکیل تورب دانست. زیرا در نتیجه شرایط اسیدی،

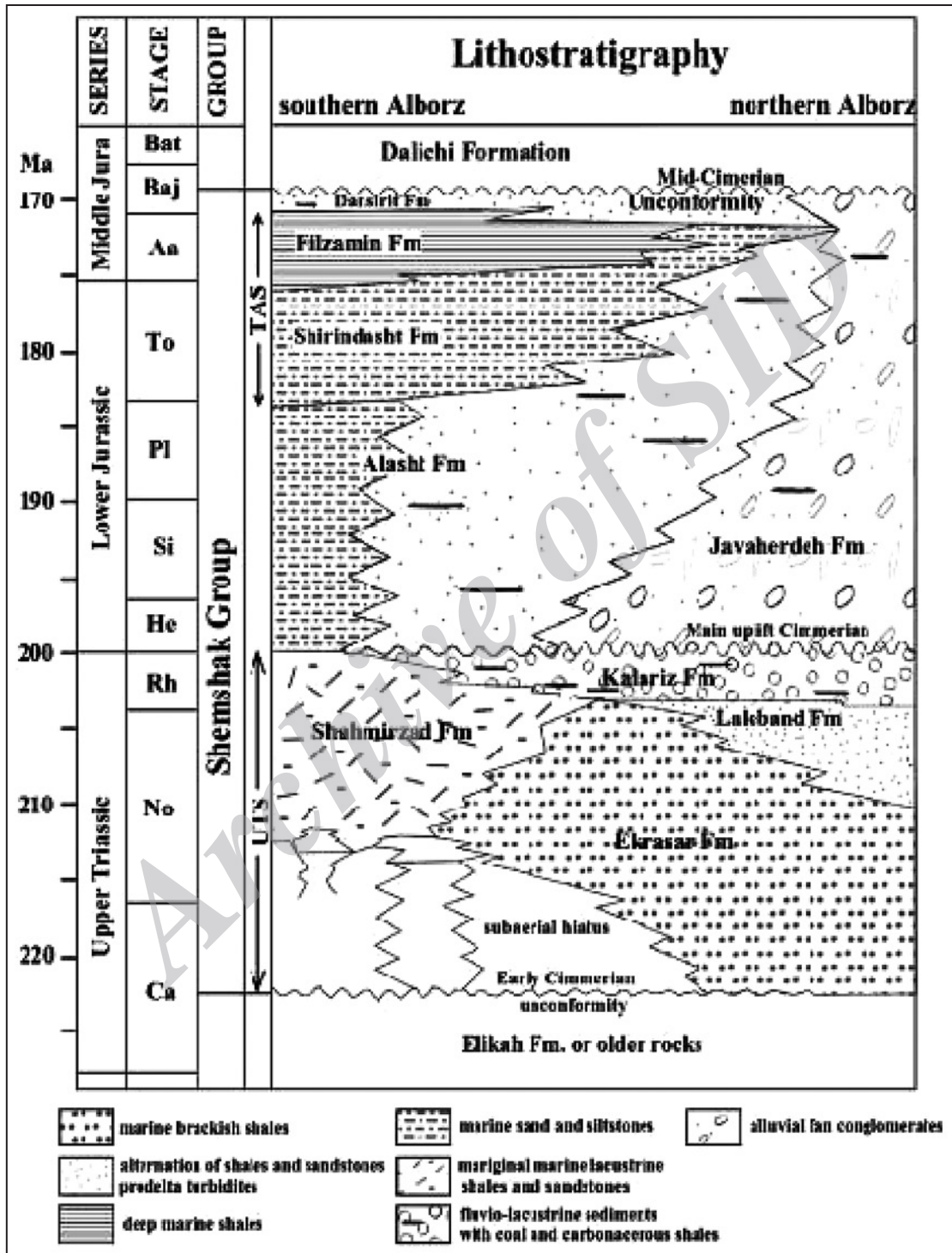
برای لایه‌های زغال‌سنگی ناحیه زغال‌دار قشلاق است. شاخص پوشش گیاهی (VI) این زغال‌سنگ‌ها کمتر از ۳ است که می‌تواند نشان‌دهنده برتری گیاهان آبی/علفی در تشکیل این زغال‌سنگ‌ها باشد. حضور کم کانی‌های کربناتی در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه می‌تواند به دلیل تأمین کم کلسیم از آب زیرزمینی، و شواهدی بر قرارگیری لایه‌های زغال‌سنگی مورد مطالعه در شرایط آب‌شناختی Ombrotrophic موجود در نمودار رخساره‌ای باشد.

قرار می‌دهد. شواهدی مانند بالا بودن مقادیر سولفور با توجه به فراوانی کانی‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت در زغال‌سنگ‌های مورد مطالعه به همراه شواهد بافتی مانند حضور پیریت‌های سین‌ژنتیک و به‌طور ویژه پیریت‌های فراموبیدال، نشان از آن دارد که به احتمال زیاد این زغال‌سنگ‌ها در شرایطی مانند مجاورت نسبی به سوی محیط‌های دریایی یا دست کم تحت نفوذ آب‌های شور دریا تشکیل شده‌اند. شاخص آب زیرزمینی (GWI) پیشنهاد کننده شرایط آب‌شناختی Ombrotrophic

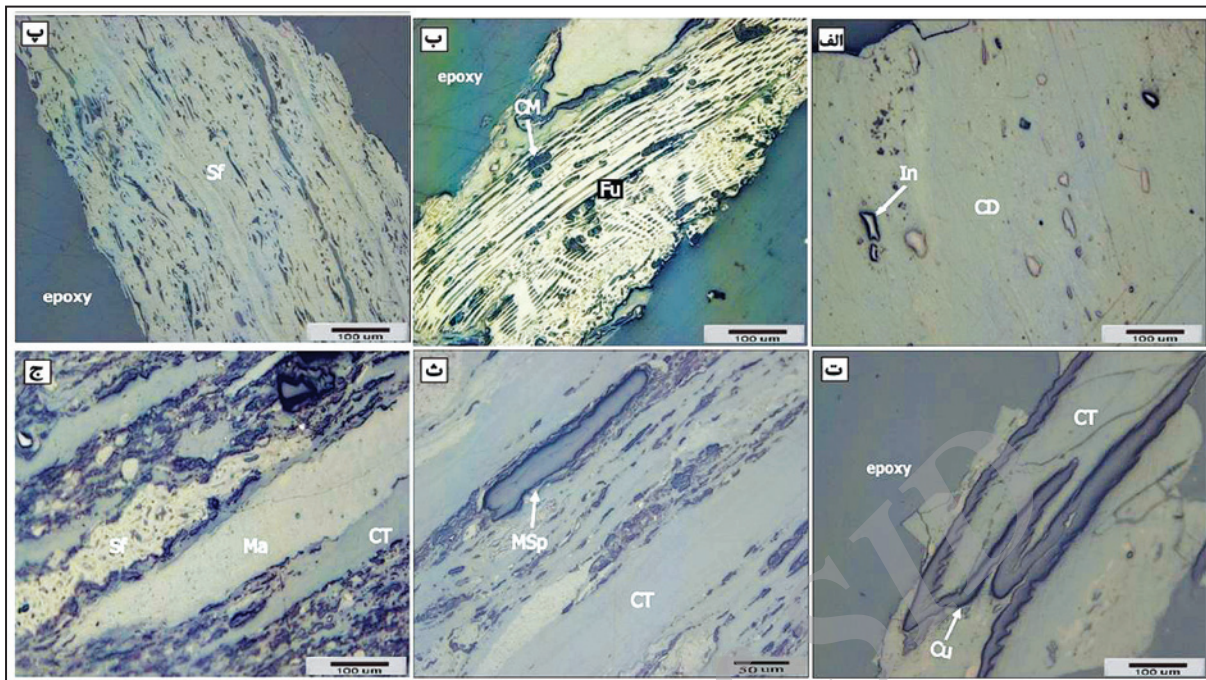


شکل ۱- الف) نقشه محلی توزیع گروه شمشک در البرز مرکزی و خاوری که منطقه مورد مطالعه روی آن مشخص شده است (Seyed-Emami et al., 2006)؛ ب) نقشه زمین‌شناسی بخشی از ناحیه قشلاق که معادن زغال‌سنگ مورد مطالعه در آن جای گرفته‌اند.

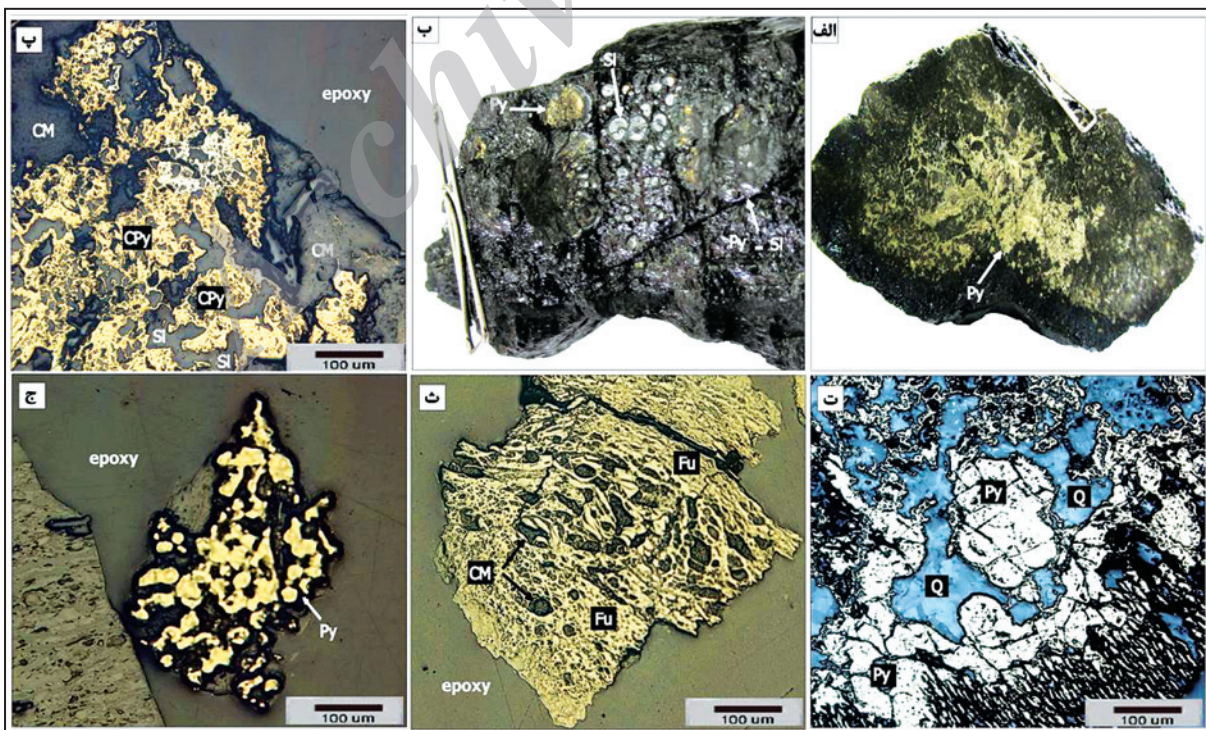
(زهرا، ۱۳۸۳).



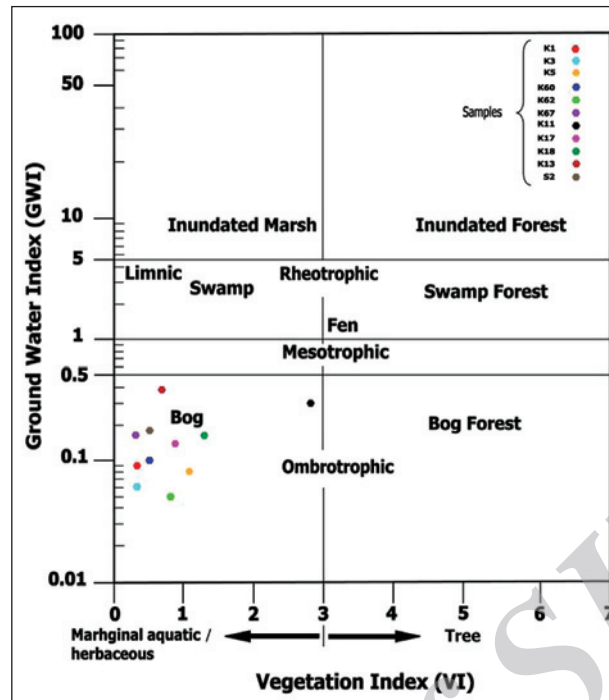
شکل ۲- چینه‌نگاری سنگی گروه شمشک در ناحیه البرز (Shekarifard et al., 2012).



شکل ۳- الف) زمینه خاکستری روشن و خال‌دار ماسرال کالودترینیت (CD) به همراه ماسرال اینترتودترینیت (In) در زمینه این ماسرال؛ ب) نوار طویل سفید رنگ ماسرال فوزینیت (Fu) که تقریباً همه حفرات و دیواره‌های سلولی در آن مشخص هستند؛ پ) نوار طویل خاکستری رنگ ماسرال سمی فوزینیت (Sf) که تقریباً همه حفرات و دیواره‌های سلولی در آن مشخص نیستند؛ ت) کوتینیت (Cu) ستبردیواره که دندان‌های دیواره آن به شکل زیبایی کاملاً آشکار است و در زمینه‌ای از ماسرال کالوتلینیت (CT) قرار دارد؛ ث) یک مگاسپورینیت (MSp) با خط درز میانی مشخص به همراه باندهای همگن خاکستری تیره ماسرال کالوتلینیت (CT)؛ ج) باند بی شکل خال‌دار با رنگ خاکستری روشن متمایل به زرد ماسرال ماکرینیت (Ma) به همراه ماسرال‌های کالوتلینیت (CT) و سمی فوزینیت (Sf).



شکل ۴- الف) پیریت توده‌ای (Py)؛ ب) کنکرسین‌های پیریت (Py) و سیدریت (Si) با بافت شعاعی در کنار یکدیگر؛ پ) کالکوپیریت (CPy) و سیدریت (Si) به صورت فضا پرکن در کنار کانی‌های رسی (CM)؛ ت) پیریت‌های نیمه‌شکل‌دار (Py) به همراه کوارتزهای (Q) فضا پرکن و ادخال‌های سیاه رنگ ماده معدنی؛ ث) حفرات ماسرال فوزینیت (Fu) توسط کانی‌های رسی (CM) پر شده است؛ ج) تشکیل پیریت‌های توده‌ای (Py) از اجتماع پیریت‌های فرامبوئیدال.



شکل ۵- محیط‌های باتلاقی دیرینه لایه‌های زغال‌سنگی ناحیه زغال‌دار قشلاق بر پایه شاخص‌های GWI و VI (نمودار از Calder et al. (1991)).

جدول ۱- ترکیب ماسرالی و مقدار مواد معدنی (درصد وزنی) در لایه‌های زغال‌سنگی ناحیه قشلاق.

معدن	زمستان یورت					خاور کلات			نرگس چال	چشمه ساران	
نمونه	K1	K3	K5	K60	K62	K67	K11	K17	K18	K13	S2
Vitrinite											
CD	۶۴/۲	۶۵/۶	۳۹/۷	۵۴/۳	۴۸/۵	۶۱/۶	۲۰	۴۶	۳۸/۳	۴۲/۶	۵۱/۸
CT	۱۸/۷	۲۱/۱	۲۸	۲۱/۲	۲۱/۹	۸/۴	۴۶/۷	۲۹/۲	۲۷/۱	۲۵/۶	۲۳/۷
Cg	۰/۴	۰/۵	-	۱	۱/۱	۱	۰/۲	۱/۱	۰/۸	۰/۴	۰/۶
T.V	۸۳/۳	۸۷/۲	۶۷/۷	۷۶/۵	۷۱/۵	۷۱	۶۶/۹	۷۶/۳	۶۶/۲	۶۸/۶	۷۶/۱
Liptinite											
Sp	۱/۱	۲/۱	۲/۳	۱/۷	۱/۵	۲	-	-	-	۰/۱	۱/۹
Cu	۰/۵	۰/۴	۱	۰/۵	۱	۰/۴	-	-	-	۰/۳	۰/۴
Re	۰/۱	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	۰/۱	۰/۱	-	۰/۱	۰/۱
Ld	۰/۷	۰/۳	-	۰/۸	-	۰/۹	-	-	-	۰/۹	۱/۱
T.L	۲/۴	۲/۹	۳/۳	۳/۱	۲/۵	۳/۴	۰/۱	۰/۱	-	۱/۴	۳/۵
Inertinite											
Fu	۲/۶	۱/۸	۷	۸/۵	۹/۳	۱/۷	۳/۳	۲/۷	۱۲/۷	۲/۴	۲/۱
Sf	۳	۲/۱	۱۴/۳	۱/۲	۱۱/۸	۱۲/۱	۸/۳	۹/۸	۱۰/۳	۱/۳	۲/۸
Ma	۰/۵	۰/۳	۰/۶	۱	۱	-	۰/۵	-	-	۰/۷	۱
In	۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۷	۰/۴	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۵	۰/۶
Fg	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲	-	-	-	-	۰/۱	۰/۱
Sc	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	-	۰/۲	-	-	۰/۱	۰/۱
T.I	۶/۸	۴/۹	۲۳/۱	۱۱/۸	۲۲/۹	۱۴/۱	۱۳	۱۳	۲۳/۳	۵/۱	۶/۷
Mm	۷/۵	۵	۵/۹	۸/۶	۳/۱	۱۱/۵	۲۰	۱۰/۶	۱۰/۵	۲۴/۹	۱۳/۷

CD: کالودترینیت؛ CT: کالوتلینیت؛ Cg: کورپوزلینیت؛ Sp: اسپورنیت؛ Cu: کوتینیت؛ Re: رزینیت؛ Ld: لپتودترینیت؛ Fu: فوزینیت؛ Sf: سمی فوزینیت؛ Ma: ماکرینیت؛ In: اینرتودترینیت؛ Fg: فانگینیت؛ Sc: اسکرینیت؛ Mm: مواد معدنی؛ T.V: ویتربینیت کل؛ T.L: لپتینیت کل؛ T.I: اینرتینیت کل

جدول ۲- خلاصه‌ای از فراوانی و چگونگی رخداد کانی‌های موجود در زغال‌سنگ‌های ناحیه قشلاق.

کانی	فراوانی	چگونگی رخداد
پیریت	متغیر	پرکننده، توده‌ای، فراموبیدال، افشان، کنکرسینون (گرهک)
کالکوپیریت	کم	پرکننده، توده‌ای
سیدریت	متغیر	پرکننده، افشان، توده‌ای، کنکرسینون (گرهک)
کانی‌های رسی	رایج	پرکننده، افشان
کوارتز	به نسبت کم	پرکننده، توده‌ای

جدول ۳- شاخص‌های سنگ‌نگاری لایه‌های زغال‌سنگی معادن ناحیه زغال‌دار قشلاق.

معدن	زمستان یورت						شرق کلات			نرگس چال	چشمه‌ساران
	K1	K3	K5	K60	K62	K67	K11	K17	K18		
نمونه											S2
GWI	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۱۸
VI	۰/۳۶	۰/۳۶	۱/۱۲	۰/۵۳	۰/۸۳	۰/۳۴	۲/۸۲	۰/۸۹	۱/۲۹	۰/۶۶	۰/۵۱

کتابنگاری

- اشلقی، ف. ه. و شمعیان، غ. ح.، ۱۳۹۱- کانی‌شناسی زغال‌سنگ‌های معدن قشلاق و اثر آن بر زه‌آب اسیدی معدن، سی و یکمین همایش علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- تقی‌پور، ن. و ربانی، ط.، ۱۳۹۴- پتروگرافی آلی: رویکردی برای شناسایی گروه‌های ماسرالی زغال‌سنگ‌های منطقه قشلاق، البرز شرقی، مجله زمین‌شناسی اقتصادی (پذیرفته شده). ربانی، ط. و تقی‌پور، ن.، ۱۳۹۰- بررسی ماهیت باندهای آلی - کانیایی زغال‌سنگ‌های ناحیه قشلاق، البرز شرقی، سی‌امین همایش علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- زهراب، ا.، ۱۳۸۳- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ خوش‌بیلاق، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۶۲- گزارش زمین‌شناسی نتایج اکتشاف مقدماتی منطقه نرگس چال (مجتمع قشلاق).
- شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۶۹- معرفی حوضه سنکلینال بزرگ قشلاق- اولنگ در رابطه با تامین زغال‌سنگ کارخانه اصفهان، شاهرود.
- شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۷۸الف- عملیات زمین‌شناسی انجام شده در منطقه زمستان یورت، دفتر اکتشافات.
- شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، ۱۳۷۸ب- عملیات زمین‌شناسی انجام شده در منطقه کلات، دفتر اکتشافات.
- فتوحی، ز.، ۱۳۵۷- گزارش زمین‌شناسی دره وطن در منطقه قشلاق، شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی، گروه اکتشافی قشلاق، شاهرود.
- نجفی حاجی‌پور، د.، ۱۳۸۸- مطالعه ماکروفسیل‌های گیاهی سازند شمشک در ناحیه غزنوی- فارسین، در مسیر جاده شاهرود- آزاد شهر (البرز شرقی)، شمال ایران: کاربرد چینه‌شناسی ناحیه‌ای و آب‌وهوای دیرینه، فصلنامه رخساره‌های رسوبی، جلد ۲، شماره ۱، صص. ۱۰۶ تا ۱۱۵.

References

- Amijaya, H. & Littke, R., 2005- Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology* 6: 197-221.
- Baudin, F. & Teherani, K., 1991- Faciès organiques et maturation thermique du Lias supérieur de la Formation de Shemshak (Elbourz central, Iran). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 84: 727-738.
- Calder, J., Gibling, M. & Mukhopadhyay, P., 1991- Peat formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland Basin, Nova Scotia, Nova Scotia: implications for the maceral-based interpretation of reotrophic and raised paleomires. *Soc. Geol. Fr.* 162 (2): 283-298.
- Cecil, C. B., Stanton, R. W., Allshouse, S. D. & Finkelman, R. B., 1978- Geologic controls on mineral matter in the Upper Freeport coal bed. In: *Proceedings: Symposium on coal cleaning to energy and environmental coals*, U.S. Environmental Protection Agency 600017-79-098a, 1: 110-125.

- Dai, S., Wang, X., Seredin, V. V., Hower, J. C., Ward, C. R., O'Keefe, J. M. K., Huang, W., Li, T., Li, X., Liu, H., Xue, W. & Zhao, L., 2012- Petrology, mineralogy, and geochemistry of the Ge-rich coal from the Wulantuga Ge ore deposit, Inner Mongolia, China: New data and genetic implications. *International Journal of Coal Geology* 90–91: 72-99.
- Diessel, C. F. K., 1986- On the correlation between coal facies and depositional environments. *International Journal of Coal Geology* 48:197-216.
- Erik, N. Y. & Sancar, S., 2010- Relationships between coal-quality and organic-geochemical parameters: A case study of the Hafik coal deposits (Sivas Basin, Turkey). *International Journal of Coal Geology* 83: 396-414.
- Fürsich, F. T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Cecca, F. & Majidifard, M. R., 2005- The Upper Shemshak Formation (Toarcian–Aalenian) of the eastern Alborz: biota and paleoenvironments during a transgressive–regressive cycle. *Facies* 51: 365-384.
- Gruber, W. & Sachsenhofer, R. F., 2001- Coal deposition in the Noric Depression (Eastern Alps): raised and low-lying mires in Miocene pull-apart basins. *International Journal of Coal Geology* 48: 89-114.
- Gürdal, G. & Bozcu, M., 2011- Petrographic characteristics and depositional environment of Miocene Çan coals, Çanakkale – Turkey. *International Journal of Coal Geology* 85: 143-160.
- Hower, J. C., O'Keefe, J. M. K., Watt, M. A., Pratt, T. J., Eble, C. F., Stucker, J. D., Richardson, A. R. & Kostova, I. J., 2009- Notes on the origin of inertinite macerals in coals: Observations on the importance of fungi in the origin of macrinite. *International Journal of Coal Geology* 80: 135-143.
- Hower, J. C. & Wagner, N. J., 2012- Notes on the methods of the combined maceral/microlithotype determination in coal. *International Journal of Coal Geology* 95: 47-53.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 1998- The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 77: 349-358.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 2001- The new inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel* 80: 459-471.
- ISO 7404–3, 2009- Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite - Part 3: method of determining maceral group composition. International Organisation for Standardisation- ISO, Geneva 7pp.
- Jasper, K., Hartkopf-Fröder, C., Flajs, G. & Littke, R., 2010- Evolution of Pennsylvanian (Late Carboniferous) peat swamps of the Ruhr Basin, Germany: comparison of palynological, coal petrographical and organic geochemical data. *International Journal of Coal Geology* 83: 346-365.
- Kalkreuth, W. D., Marchioni, D. L., Calder, J. H., Lamberson, M. N., Naylor, R. D. & Paul, J., 1991- The relationship between coal petrography and depositional environments from selected coal basins in Canada. *International Journal of Coal Geology* 19: 21-76.
- Mukhopadhyay, P. K., 1986- Petrography of selected Wilcox and Jackson Group lignites from the Tertiary of Texas. In: Finkelman, R. B., Casagrande, D. J. (Eds.), *Geology of Gulf Coast Lignites, Field Trip Guide Book*. Geological Society of America, Boulder, CO, 140 pp.
- Peters, K. E., Walters, C. C. & Moldowan, J. M., 2005- *The Biomarker Guide* 2nd Edition. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 1155 pp.
- Rad, F. K., 1982- Hydrocarbon potential of the eastern Alborz Region, NE Iran. *Journal of Petroleum Geology* 4: 419–435.
- Rad, F. K., 1986- A Jurassic delta in the eastern Alborz, NE Iran. *Journal of Petroleum Geology* 9: 281–294.
- Sachsenhofer, R. F., Bechtel, A., Reischenbacher, D. & Weiss, A., 2003- Evolution of lacustrine systems along the Miocene Mur-Mürz fault system (Eastern Alps, Austria) and implications on source rocks in pull-apart basins. *Marine and Petroleum Geology* 2 (20): 83-110.
- Scott, A. C. & Glasspool, I. J., 2007- Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals. *International Journal of Coal Geology* 70: 55-66.
- Seyed-Emami, K., Fürsich, F. T., Wilmsen, M., Cecca, F., Majidifard, M. R., Schairer, G., Shekarifard, A., 2006- Stratigraphy and ammonite fauna of the upper Shemshak Formation (Toarcian–Aalenian) at Tazareh, eastern Alborz, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 2: 259-275.
- Shao, L., Jones, T., Gayer, R., Dai, S., Li, S., Jiang, Y. & Zhang, P., 2003- Petrology and geochemistry of the high-sulphur coals from the Upper Permian carbonate coal measures in the Heshan coalfield, southern China. *International Journal of Coal Geology* 55: 1- 26.
- Shekarifard, A., Baudin, F. & Seyed-Emami, K., 2009- Characterization of organic matter in the fine-grained siliciclastic sediments of the Shemshak Group (Upper-Triassic to Middle Jurassic) in the Alborz Range, northern Iran. In: Brunet, M.F., Wilmsen, M., Granath, J.W. (Eds.), *South Caspian to Central Iran basins: The Geological Society, London, Special Publications* 312: 161-174.
- Shekarifard, A., Baudin, F., Seyed-Emami, K., Schnyder, J., Laggoun-Défarge, F., Riboulleau, A., Brunet, M. F. & Shahidi, A., 2012- Thermal maturity of the Upper Triassic-Middle Jurassic Shemshak Group (Alborz Range, Northern Iran) based on organic petrography, geochemistry and basinmodelling: implications for source rock evaluation and petroleum exploration. *Geological Magazine* 149: 19-38.
- Silva, M. B., Kalkreuth, W. & Holz, M., 2008- Coal petrology of coal seams from the Leão-Butiá Coalfield, Lower Permian of the Paraná Basin, Brazil - Implications for coal facies interpretations. *International Journal of Coal Geology* 73: 331-358.
- Singh, M. P. & Singh, P. K., 1996- Petrographic characterization and evolution of the Permian coal deposits of the Rajmahal Basin, Bihar, India. *International Journal of Coal Geology* 29: 93-118.

- Singh, P. K., Singh, M. P., Prachiti, P. K., Kalpana, M. S., Manikyamba, C., Lakshminarayana, G., Singh Alok, K. & Naik, A. S., 2012- Petrographic characteristics and carbon isotopic composition of Permian coal: Implications on depositional environment of Sattupalli coalfield, Godavari Valley, India. *International Journal of Coal Geology* 90-91: 34-42.
- Smyth, M., 1979- Hydrocarbon generation in the Fly Lake, Brolgaarea of the Cooper basin. *J. Aust. Pet. Assoc.* 19: 108- 114.
- Speight, J. G., 2005- *Handbook of coal analysis*, John Wiley & Sons, Inc., 238 pp.
- Stach, E., Mackowsky, M. Th., Teichmuller, M., Taylor, G. H., Chandra, D. & Teichmuller, R. (Eds.), 1982- *Stach's Textbook of Coal Petrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 535 pp.
- Stampfli, G. M., 1978- Étude géologique de l'Elbourz oriental au sud de Gondad-e-Qabus, (Iran NE). Unpublished Ph.D thesis, Universite Geneve, 329 pp.
- Suwarna, N. & Hermanto, B., 2007- Berau coal in East Kalimantan; Its petrographics characteristics and depositional environment. *Journal Geologi Indonesia* 2: 191-206.
- Taylor, G. H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C. F. K., Littke, R. & Robert, P., 1998- *Organic Petrology*, Gebrüder Borntraeger, Berlin. 704 pp.
- Teichmüller, M. & Teichmüller, R., 1982- The geological basis of coal formation. In: Stach, E., et al. _Eds., *Stach's Textbook of Coal Petrology*, 3rd edn. Borntraeger, Berlin-Stuttgart 5: 86 pp.
- Teichmüller, M., 1982- Origin of the petrographic constituents of coal, In: Stach, E., Mackowsky, M. Th., Teichmüller, M., Taylor, G. H., Chandra, D., Teichmüller, R. (Eds.) ,*Stach's Textbook of Coal Petrology*, 3 rd ed. Gebrüder-Borntraeger, Berlin, Germany 219-294.
- Wust, R. A. J., Hawke, M. I. & Marc Bustin, R., 2001- Comparing maceral ratios from tropical peatlands with assumptions from coal studies: do classic coal petrographic interpretation methods have to be discarded?. *International Journal of Coal Geology* 48: 115-132.
- Zhang, P. F., Jin, K. L. & Wu, T., 1997- Coal-bearing sedimentary and coal formed oil, Turpan-Hami basin. *Coal Industry Press*, Beijing 168-176.

Archive of SID