رخساره‌های رسوبی، تابستان ۱۳۸۹
۳ (۱): ۹۳- ۸۵

Sedimentary Facies, Summer 2010
3 (1): 85-93

ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس در آخرین افق سازند آب‌دراز، ویژگیها و کاربردها در تفسیر محیط رسوبی

محمد حسین محمودی قرایی*[۱]، امیر کریمیان طرقبه[۲]، محمد وحیدی‌نیا[۱]

۱ـ عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲ـ دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: gharaie2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/٦ **تاریخ پذیرش: ۸۹/٤/۱۳**

چکیده

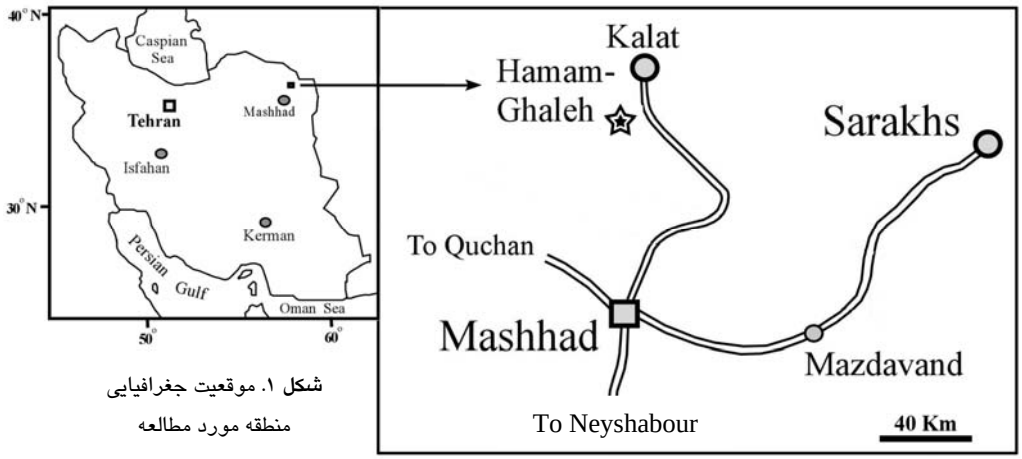
بررسی دقیق رسوبات گل سفیدی انتهای سازند آب‌دراز (سانتونین) در برش حمام قلعه (شرق کپه‌داغ) منجر به شناسایی یک افق غنی از اثرفسیل ریزوکورالیوم (*Rhizocorallium*) متعلق به رخساره گلوسی‌فانجیتس (Glossifungites) شد. اثرگونه *Rhizocorallium jenense* دارای ساختمان U شکل مستقیم کوتاه وگاه اندکی خمیده و موازی سطح لایه بندی بوده و لامینه‌های ریز هلالی شکل یا اسپریتها در آن غالباً به صورت برجسته هستند. خراشهای ناپیوسته و نیمه‌موازی بسیار زیادی در سطح لوله‌های کناری و همچنین با اندازه کوتاهتر بر روی اسپریتها وجود دارند. اثرگونه *Rhizocorallium irregulare* با فراوانی کم و اندازه بزرگتر به صورت U شکل مستقیم تا اندکی سینوسی وجود داشته و دارای اثرات خراش است. غالب بودن اثرگونه *R. jenense* نسبت به اثرگونه *R. irregulare* نشان دهنده شرایط نسبتاً پر انرژی است. وجود اثرات فراوان ریزوکورالیوم در بستر نسبتاً سخت دلیلی بر وجود ایکنوفاسیس گلوسی‌فانجیتس است. حضور غالب تغذیه کننده‌های معلق خوار *R. jenense* و اندک بودن رسوب خواران *R. irregulare* شرایط با تمرکز بالای مواد غذایی در ستون آب را نشان می‌دهد. اثرات خراش احتمالاً بیانگر تولید آثار توسط جانورانی از گروه سخت پوستان است که دارای ضمائمی سخت در تماس با بستر بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ایکنوفاسیس، ریزوکورالیوم، آب دراز، سنگ آهک گل سفیدی.

مقدمه

توالی رسوبی مورد مطالعه در برش حمام قلعه مربوط به لایه‌های بالایی سازند آب‌دراز (سانتونین) و لایه‌های زیرین سازند آب تلخ (کامپانین) است. سازند آب‌دراز به سن تورونین ـ سانتونین از جمله سازندهای موجود در حوضه رسوبی کپه داغ در شمال شرق ایران است و تاکنون مطالعات گوناگونی بر اساس روزنداران (وحدتی‌راد، ۱۳۸۷)، خارپوستان (وحیدی نیا و آریایی ۱۳۷۹)، اینوسراموسها (وحیدی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۱)، استراکودها (هادوی و علامه، ۱۳۷۸) و نانوفسیلهای آهکی (هادوی و نطقی‌مقدم، ۲۰۱۰) بر روی آن انجام شده است. مطالعه حاضر بر ایکنولوژی بخش بالایی این سازند متمرکز است. اثرفسیل ریزوکورالیوم (*Rhizocorallium*) مهمترین

اثرفسیلی در توالی مورد مطالعه است. ریزوکورالیوم یک شاخص محیطی بسیار مناسب بوده و اهمیت بسیاری در بازسازی محیطهای رسوبی دیرینه به ویژه در ارتباط با سطح انرژی آب، فرآیندهای هیدرودینامیک، پایداری بستر و توزیع مواد ارگانیک دارد (ردریگوئز توار و فرنز والرا، ۲۰۰۸). این موضوع در رابطه با توالیهای سازند آب‌دراز که در تفسیر پارامترهای محیطی کنترل کننده تشکیل آنها به ویژه در بخش بالایی ابهاماتی وجود دارد و نیز علت تغییرات رخساره‌ای از سازند آب‌دراز به سازند آب تلخ در مرز سانتونین ـ کامپانین دارای اهمیت زیادی است. هدف از ارائه این مقاله تحلیل محیط رسوبی و شرایط پالئواکولوژی ایکنوفاسیس گلوسی‌فانجیتس با اثرفسیل غالب ریزوکورالیوم است که در سطح یک لایه رسوبی مربوط به اواخرسانتونین و در حد واسط بین دو سازند آب‌دراز و آب‌تلخ در برش حمام قلعه به خوبی قابل مشاهده است (شکل ۱).



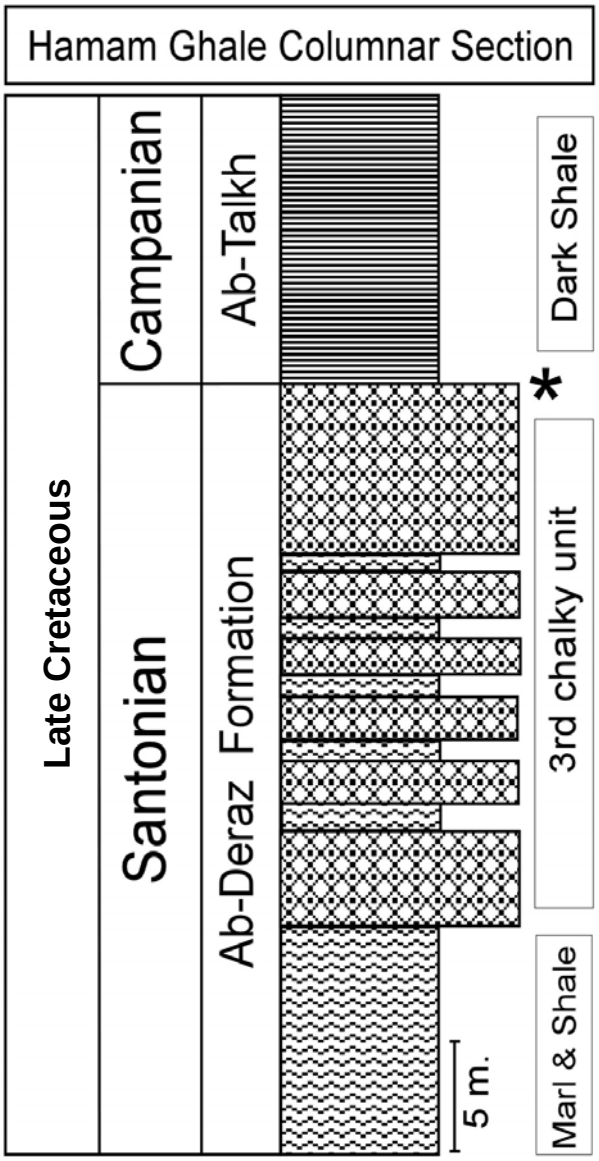
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

رخنمون سازند آب‌دراز در قسمت شرقی حوضه رسوبی کپه‌داغ حاوی ایکنوفسیل فراوان است (فاتح بهاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ وحدتی‌راد و همکاران، ۱۳۸۸). برش مورد مطالعه در مجاورت روستای حمام قلعه در ۱۴۱ کیلومتری جاده اصلی مشهد به کلات نادری و در فاصله ۲۰ کیلومتری کلات واقع شده است (شکل ۱). سن سازند آب دراز در این برش از تورونین پیشین تا سانتونین پسین گزارش شده است (وحدتی‌راد و وحیدی نیا، ۱۳۸۸). رسوبات تشکیل دهنده سازند آب‌دراز در این برش عمدتاً شامل مارن، سنگ آهک مارنی و شیل به همراه سه واحد سنگ آهک گل سفیدی است (شکل ۲). در این مطالعه تنها بخش بالایی سازند آب‌دراز شامل رسوبات مارنی و سومین واحد سنگ آهک گل سفیدی و همچنین بخش زیرین سازند آب تلخ مجموعاً به ضخامت ۴۴ متر مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۲). مرز بالایی سازند آب دراز بر سطح بالایی آخرین واحد سنگ آهک گل سفیدی منطبق است که حاوی تجمعی از اثرفسیلهای ریزوکورالیوم بوده و توسط شیلهای تیره رنگ سازند آب تلخ پوشیده شده است.

معرفی اثرفسیلها

با وجود فراوانی کم اثرفسیلها در توالی رسوبی مورد مطالعه، در سطح آخرین لایه سنگ آهک گل سفیدی سازند آب‌دراز اثرفسیلهای فراوان و مشخص شامل اثرجنس ریزوکورالیوم (*Rhizocorallium* Zenker 1836) وجود دارد. با توجه به بررسی دقیق خصوصیات آثار فسیل شده از قبیل شکل، اندازه، مقدار پیچش و نحوه شکل‌گیری نمونه‌ها، دو اثرگونه ریزوکورالیوم شناسایی شد که شامل گونه‌های *Rhizocorallium jenense* Zenker 1836 و

Rhizocorallium irregulare Meyer 1954 هستند (شکل ۳).



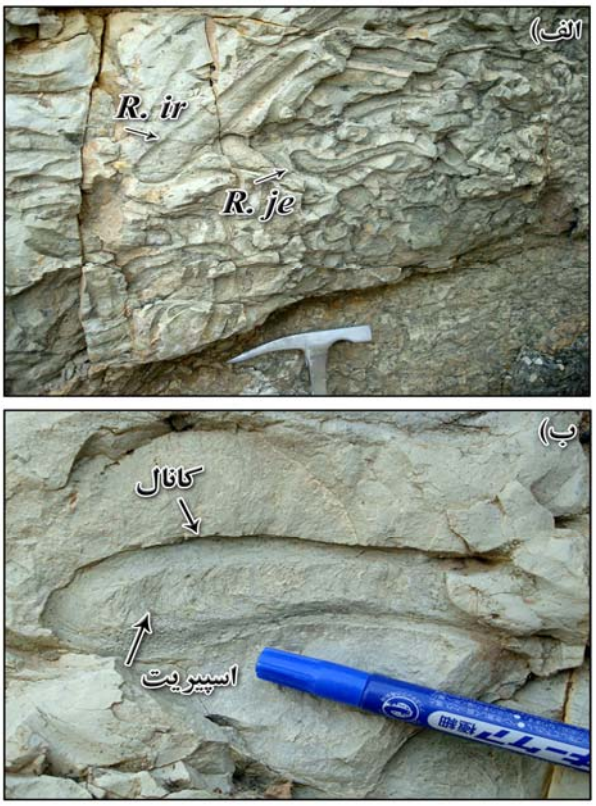
شکل ۲: ستون چینه شناسی بخش بالایی سازند آب‌دراز در برش حمام قلعه؛ جایگاه اثر فسیلها و ایکنوفاسیس گلوسی‌فونجیتس در محل توالی مورد مطالعه در انتهای سازند آب‌دراز با علامت ستاره مشخص شده است. موقعیت مرز سانتونین ـ کامپانین براساس نوشته وحدتی‌راد و وحیدی‌نیا (۱۳۸۸) مشخص شده است.

مقایسه بعضی از پارامترهای ساختاری ریزوکورالیوم مثل طول و عرض اثرفسیل و قطر منفذ حفاری نشان می‌دهد که اثر فسیل *R. jenense* کوچکتر از *R. irregular* است (فرزیش، ۱۹۸۱ و ۱۹۹۸؛ آخمن و همکاران، ۲۰۰۰؛ ورسلی و مارک، ۲۰۰۱؛ ردریگوئز توار و فرنز والر، ۲۰۰۸). در ادامه به توصیف هر یک از آنها پرداخته می‌شود:

اثرگونه *Rhizocorallium jenense*

این اثرفسیل به مقدار فراوان قابل مشاهده بوده و دارای تونل یا لوله کناری U شکل کوتاه و کم و بیش مستقیم تا سینوسی شکل به صورت نیمه موازی و دارای خراشهایی در سطح خارجی کانال است (شکلهای ۳ و ۴). فاصله بین دو بازوی U شکل توسط لامینه‌های ریز هلالی شکل یا اسپریت (spreite) پرشده است. فاصله بین این دو بازو از ۰/۸ تا ۱/۳ سانتی‌متر در ابتدای حفاری و ۱/۵ تا ۳/۵ سانتی‌متر در انتهای حفاری متغیر بوده و به آن ظاهر لامپی شکل می‌دهد. قطر لوله حدود ۵ میلی‌متر بوده و حداقل طول حفاری۶ سانتی‌متراست. نمونه‌ها از حفظ شدگی خوبی به صورت اثر درون رسوبی (endichnia) برخوردار بوده و جهت‌یابی غالب به صورت افقی و موازی با سطح لایه بندی است، اما اثرهای غیر افقی نیز به مقدار کم دیده می‌شوند. لامینه اسپریتها به صورت جلو رونده (protrusive) است هر چند اشکال پس رونده (retrusive) نیز به ندرت وجود دارند. رسوب پرکننده لوله‌ها و اسپریتها نیز مشابه رسوبات سنگ میزبان است، اما لوله‌ها گاهی توسط رسوبات بالایی (شیل تیره رنگ) پر شده‌اند. در سطح طبقه تعداد زیادی از آثار ریزوکورالیوم بین ۲۰ تا ۲۵ نمونه به طول ۶ تا ۹ سانتی‌متر در هر متر مربع قابل مشاهده است. اثرفسیلهای *R. jenense* به صورت قطع کننده یکدیگر نیز دیده می‌شوند. خراشها به طور مشخص در سطح لوله و در محدوده اسپریتها وجود دارند (شکل ۴) به طوری که در تونلها به صورت نازک مستقیم تا منحنی بوده و توزیع موازی تا غیرموازی نشان می‌دهند، ولی در محدوده اسپریتها خراشها درشت‌تر و برجسته‌تر بوده دارای زوایای متفاوتی نسبت به محور طولی اثر فسیلی از مورب تا عمودی هستند. بعضی از نمونه‌ها

حاوی پلت فراوان در تونلها هستند. اندازه پلتها عموماً کمتر از ۱ میلی‌متر است.



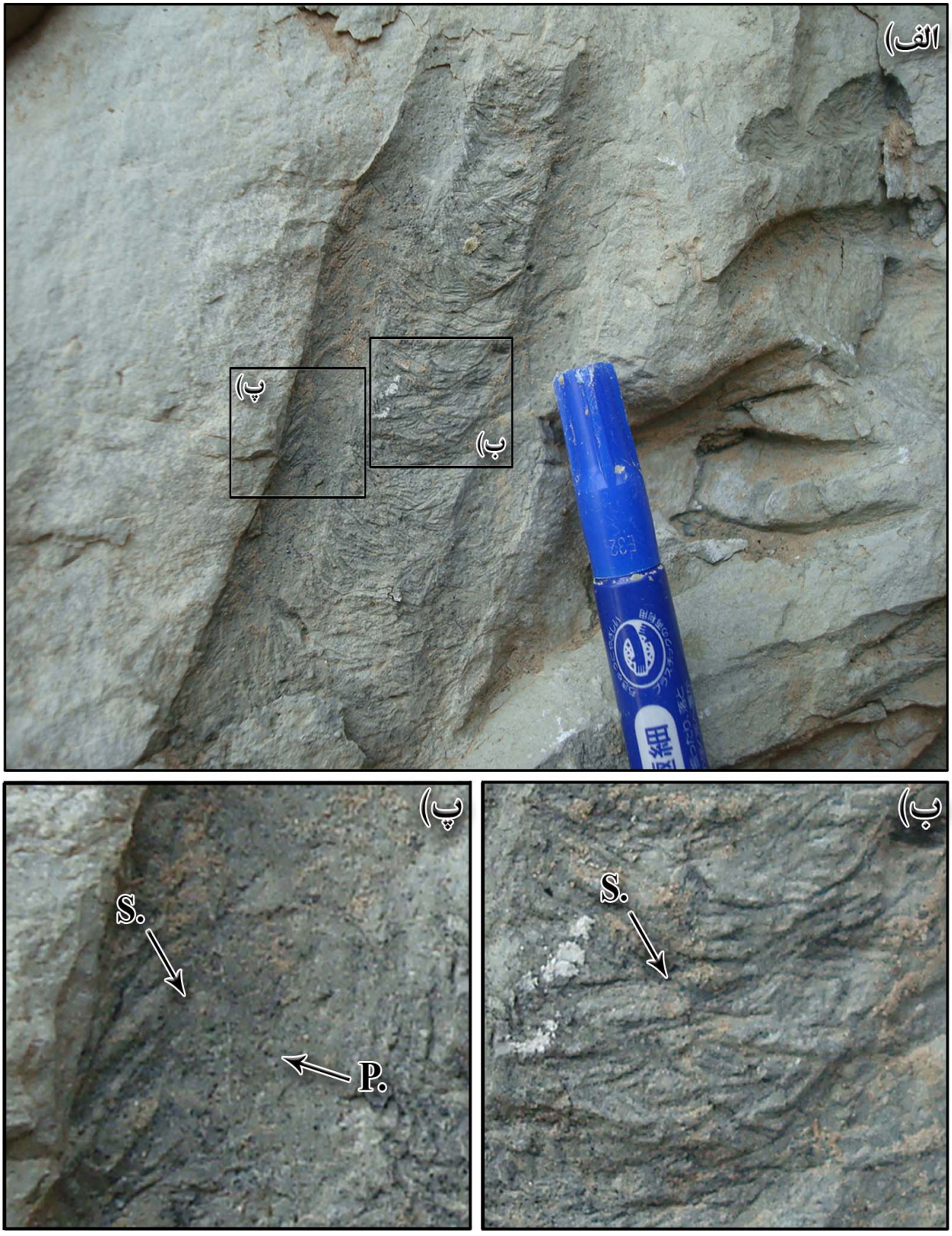
شکل ۳. آثار فسیلی در سطح آخرین افق سنگ آهک گل سفیدی سازند آب‌دراز؛ الف) نشان دهنده دو گونه مختلف ریزوکورالیوم *Rhizocorallium jenense* (R.je) و *Rhizocorallium irregulare* (R.Ir). ب) نمای نزدیکتر از اثرفسیل ریزوکورالیوم که در آن اسپیریت و کانالهای کناری قابل تشخیصند.

اثرگونه *Rhizocorallium irregular*:

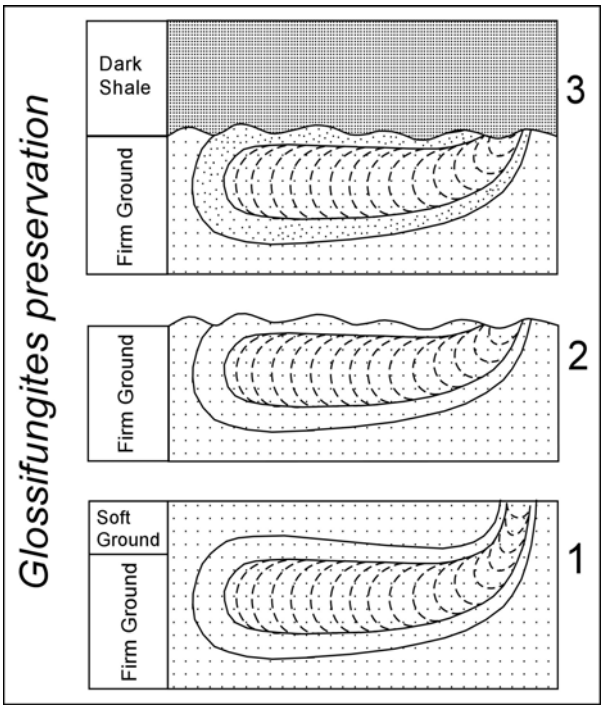
این اثرگونه فراوانی کمتری داشته و دارای تونل یا لوله کناری U شکل بلند و به صورت مستقیم تا اندکی سینوسی است (شکل ۳). فاصله بازوهای U شکل به طور میانگین از ۴۵ میلی‌متر در ابتدای حفاری تا ۶۵ میلی‌متر در انتهای حفاری متغیر بوده و حداقل عمق حفاری در نمونه‌های مختلف ۲۵ سانتی‌متر است. بنابراین اثرگونه *R. irregulare* با اندازه بزرگتر نسبت به اثرگونه *R. jenense* مشخص می‌شود. این اثر فسیل دارای جهت‌یابی عمدتاً افقی و موازی با سطوح لایه‌بندی است. اسپریتها به صورت جلو رونده‌اند. این اثر فسیلی نیز دارای خراشهایی است که در سطح لوله و اسپریتها دیده می‌شود. ویژگی خراشها مشابه اثر فسیل *R. jenense* بوده و در سطح لوله‌ها آثار خراش به صورت ناپیوسته، نازک و نیمه موازی دیده می‌شود. در اسپریتها خطوط خراش درشت‌تر و به صورت نیمه متمرکز و نیمه موازی هستند. پلتها در رسوبات پرکننده لوله‌ها با فراوانی کمتر دیده می‌شوند.

کاربردهای محیط رسوبی

رژیم هیدرودینامیک: ریزوکورالیوم یک شاخص محیطی به ویژه در رابطه با انرژی آب و پیوستگی بستر رسوبات می‌باشد. *R. jenense* در محیطهای آبی گوناگونی وجود دارد. این اثرگونه با محیطهای رسوبی ناپایدار که دارای رژیم پر انرژی است در ارتباط می‌باشد (فرزیش، ۱۹۷۵)، اما در پهنه‌های ساحلی، در محیطهای با عمق متوسط (ورسلی و مارک، ۲۰۰۱) و همچنین در آبهای عمیق نیز گزارش شده (آخمن، ۱۹۹۲) و از طرفی در محیطهای آب شیرین هم یافت شده است (فرزیش و مایر، ۱۹۸۱). اثرگونه *R. jenense* در محیطهای دریایی کم عمق و پر انرژی با حوادث طوفانی مرتبط است (باسان و اسکات، ۱۹۷۹؛ ورسلی و مارک، ۲۰۰۱). اثرگونه *R. irregular* مشخص کننده محیطهای عمیق یا مناطق مردابی (lagoon) کم عمق زیرخط اثر امواج است، جایی که رسوبات در رژیم هیدرودینامیکی نسبتاً آرام قرار دارند (فرزیش، ۱۹۹۸؛ فرزیش و مایر، ۱۹۸۱). وجود ریزوکورالیوم در رسوبات عمیق دریایی ایکنوفاسیسهای نرئیتس (Nereites) و زوفیکوس (Zoophycos) نشان دهنده حضور این اثر فسیلی در محیطهای متنوع است (آخمن، ۱۹۹۲). مجموعه آثار ریزوکورالیوم در برش حمام قلعه و غالب بودن *R. jenense* نسبت به *R. irregular* می‌تواند شاهدی بر وجود شرایط نسبتاً پرانرژی باشد به طوری که فرسایش قشر نرم و سست (Soft ground) سطحی را به دنبال داشته است (شکل ۵).



شکل ۴: الف) ساختمان داخلی آثار ریزوکورالیوم با جزئیات بیشتر در یکی از نمونه‌های مورد مطالعه،
ب) خراشهای روی اسپیریت (.S)، پ) خراشهای روی کانال (.S) و پلتهای داخل کانال (.P)



شکل ۵. نحوه تشکیل ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس (اقتباس از سیلاخر، ۲۰۰۷) در شرایطی که رسوبات نرم ترسطحی فرسایش یافته و اثر فسیل در معرض رسوب گذاری شیل قرار گرفته است.

پایداری بستر: ارتباط بین ریزوکورالیوم و پایداری بستر به خوبی برای اثرگونه *R. jenense* تأیید شده است (ردریگوئز تـوار و فرنـز والـرا، ۲۰۰۸). ایـن اثرگونـه در زیرسـطوح فرسایـشی و در بـسترهای متـراکم و سـخت (firm ground) یافت می‌شود. ارتباط آن با پایداری بستر بر اساس خراشهایی که در حواشی ساختمان بیوژنیک موجود است و یا بـه دلیـل فرسایش بخشی رسوبات نرمتر (Soft ground) بالایی و باقی ماندن بخش سخت‌تر زیرین نتیجه می‌شود (فـرزیش و مـایر، ۱۹۸۱؛ فـــرزیش و همکـــاران، ۱۹۸۱). شـــکل لامپـــی ریزوکورالیـــوم از نمونـــه آثـــار شـــاخص ایکنوفاســـیس گلوسی‌فـانجیتس بـوده (فـری و سـیلاخر، ۱۹۸۰) و از انـواع متداول این ایکنوفاسیس در بسترهای سخت است (پمبرتون، ۱۹۹۲). حفظ شدگی بالای ریزوکورالیوم همراه با خراشهای فراوان در برش حمام قلعه (شکل ۴)، با کلنی شـدن در بـستر سـخت هماهنـگ اسـت (بـرای مثـال، ردریگـوئز تـوار و همکاران، ۲۰۰۸).

سـطوح فرسایـشی، دینامیـک سـطح آب و شـرایط رسوب‌گذاری: ریزوکورالیوم به صورت مـورب و کوتـاه بـه عنوان شاخص سطوح فرسایشی در نظر گرفته شده و اغلب با اثرفسیل سـایر تغذیـه کننـده‌هـای معلـق خـوار همـراه اسـت (فرزیش، ۱۹۷۴). *R. jenense* به طور کلی مرتبط با سـطوح پیش‌روی بوده و در طی زمان عدم رسوب‌گـذاری و قبـل از آغـاز رسـوب‌گـذاری بعـدی تـشکیل مـی‌شـود (آخمـن و همکاران، ۲۰۰۰). وجود ریزوکورالیوم بـا مفهـوم دینامیـک جریان آب مرتبط بوده و بـا ایکنوفاسـیس گلوسـی‌فـانجیتس تفسیر مـی‌شـود. کـاربرد ایکنوفاسـیس گلوسـی‌فـانجیتس در تحلیل چینه نگاری سکانسی اساساً مرتبط بـا انـواع چندگانـه ناپیوستگیهای فرسایشی از قبیل سطوح پـس‌روی فرسایـشی، مرزهای سکانسی و سطوح فرسایـشی پـیش‌روی و همچنـین مرزهای سکانسی مختلط و سطوح سیلابی دریایی است و بـه ندرت به سطوح غیر فرسایشی مربـوط مـی‌شـود (پمبرتـون و همکـاران، ۲۰۰۴؛ ردریگـوئز تـوار و همکـاران، ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر، خـصوصیات ایکنوفاسـیس گلوسـی‌فـانجیتس همراه با ویژگیهای رسـوبی از قبیـل تغییـر ناگهـانی رخـساره سـنگی و تبـدیل رخـساره گـل سـفیدی بـه رخـساره شـیلی، حذف بستر نرم سطحی که نتیجه فرسـایش آن اسـت و قـرار گرفتن آثار ریزوکورالیوم در معرض رسـوب‌گـذاری ذرات شیل تیره رنگ (شکل ۵) نشان دهنده سطوح فرسایشی است و این خـود دلیلـی بـر افـزایش بیـشتر انـرژی محـیط پـس از تشکیل آثار ریزوکورالیوم است. این ایکنوفاسیس که عمدتاً در بسترهای نسبتاً سخت و پایدار تشکیل می‌شـود، انعکاسـی از فرآینـدهای فرسایـشی آلوژنیـک مـی‌باشـد (بواتـویس و مانگانو، ۲۰۰۹).

کاربردهای اکولوژی

چگونگی توزیع ریزوکورالیوم نشان دهنده شرایط محیطی است. از بررسی قطر تونلهای جانبی و عرض ساختاری اثر جهت تفسیر مجموعه ریزوکورالیوم استفاده می‌شود (ورسلی و مارک، ۲۰۰۱). جهت‌یابی *R. jenense* در جهت دسترسی به آب حاوی مواد غذایی مورد نیاز سازنده ایکنوفسیل بوده است (ورسلی و مارک، ۲۰۰۱). به علاوه فعالیتهای حیاتی در مجموعه‌های ریزوکورالیوم بر اساس چگالی اثرات فسیلی و بررسی تغییرات اندازه آن که مرتبط با عمق آب و تغییرات دمای محیط و شرایط بستر بوده تفسیر می‌شوند (اخمن و همکاران، ۲۰۰۰). رشد سازنده اثرفسیلی که با توسعه ساختمان ایجاد شده همراه است، از دهانه به سمت انتهای کانال مشخص می‌شود (برای مثال، فرزیش و مایِر، ۱۹۸۱). غالب شدن *R. jenense* به عنوان گروه معلق‌خوار سازنده اثر تفسیر شده است در حالی که الگوی تغذیه‌ای رسوب خواری برای *R. irregular* در نظر گرفته می‌شود (فرزیش، ۱۹۷۴). تمرکز مواد غذایی در ستون آب می‌تواند به وسیله چرخش ثابت و مؤثر آب به طور مطلوب ایجاد گردد. تجمع بالای اثرات فسیلی ریزوکورالیوم نشان دهنده فرصت زیستی مطلوب برای سازندگان آن است. در واقع یک رژیم پر انرژی می‌تواند دسترسی به مواد ارگانیکی معلق را فراهم نموده و بنابراین غالب شدن تغذیه کننده‌های معلق‌خوار را نسبت به انواع رسوب‌خوار باعث گردد.

وجود خراشها در هر دو گونه اثر فسیلی می‌تواند به عنوان رفتار سازندگان اثر و از انواع سخت پوستان در نظر گرفته شود (برای مثال، فرزیش، ۱۹۷۴). در تونلها خراشهای ناپیوسته و کوتاه می‌توانند به برخورد تصادفی چنگالها یا ضمائم در طی حرکت (برای مثال، زونولد و همکاران، ۲۰۰۲) اشاره نمایند در حالی که خراشهای پیوسته و ریز در هر دو گونه می‌توانند مربوط به ضمائم در تماس پیوسته با بستر بوده که به طور هدفمند و جهت حفاری صورت گرفته است.

نتیجه‌گیری

سنگهای کربناته سانتونین پسین حوضه رسوبی کپه داغ دارای مقادیر زیاد از اثرفسیل ریزوکورالیوم شامل دو اثرگونه *R. irregulare* و *R. jenense* هستند. فراوانی *R. jenense* بیشتر بوده و دارای ساختمان U شکل مستقیم، کوتاه و گاه سینوسی و لامپی شکل است. در این اثر جهت‌یابی افقی غالب بوده، اما نمونه‌های مایل نسبت به سطح لایه نیز وجود دارند. همچنین دارای خراشهای فراوان بوده که به صورت موازی ظریف و قدری پیوسته بر روی کانالها و به صورت کوتاهتر در اسپریتها وجود دارند. اثرگونه *R. irregulare* که به تعداد کم قابل مشاهده است دارای ساختمان U شکل طویل بوده و از کمی خمیده تا اشکال مستقیم متغییر است. این اثر غالباً دارای جهت‌یابی افقی است و بیشتر نمونه‌های آن دارای خراش می‌باشند. فراوانی بیشتر *R. jenense* نسبت به *R. irregulare* و وجود شواهد رخساره‌ای از قبیل جهت‌یابی غالب آنها نشان از تشکیل در شرایط با انرژی متوسط دارد. غالب شدن *R. jenense*، بازتابی از فعالیت جانداران سازنده معلق‌خوار بوده و همچنین نشان دهنده میزان زیاد مواد غذایی در ستون آب است. حفظ شدگی بالای ریزوکورالیوم همراه با خراشهای فراوان نشان از کلنی شدن در بسترهای سخت داشته و بر اثررخساره گلوسی‌فانجیتس دلالت می‌نماید. اثررخساره گلوسی‌فانجیتس همراه با ویژگیهای رسوبی از قبیل تغییر ناگهانی رخساره سنگی گل سفیدی سازند آب‌دراز به رخساره شیلی سازند آب تلخ، فرسایش بستر نرم و قرار گرفتن آثار ریزوکورالیوم در معرض رسوب‌گذاری ذرات شیل تیره رنگ، نشان دهنده سطح فرسایشی و دلیلی

بـر افـزایش بیـشتر انـرژی محـیط پـس از تـشکیل آثـار ریزوکورالیوم است. فراوانی و غالب شدن خراشها مـی‌توانـد به عنوان شاهدی بر تولیدکنندگان سخت پوست به کار رود. خراشهای ریز و پیوسته نشان از تشکیل توسط ضمائم سخت و در تماس زیاد با بستر دارد.

سپاس‌گزاری

از آقایان پروفسور سیلاخر و پروفسور فرزیش برای تأییـد جنس و گونه‌های اثرفسیلی شناسایی شده سپاس‌گـزاریم. از خانم مهندس لیلی فاتح بهاری به خـاطر همکـاری مؤثرشـان قدردانی می نماییم.

منابع

فاتح بهاری، ل.، محمودی قرائی، م. ح.، محبوبی، ا.، موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۸. ایکنوفسیل اسکولیسیا و بررسی حفظ شـدگی آن در رسوبات گل سفیدی سازند آب‌دراز، برش چینه شناسی پادها. *سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران.*

وحدتی‌راد، م.، ۱۳۸۷. بیواستراتیگرافی و تعیین محیط رسوبی سازند آب‌دراز در برش حمام قلعـه. *پایان نامـه کارشناسـی ارشـد، دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۷۷ص.

وحدتی‌راد، م.، وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۸۸. زیست چینه نگاری سازند آب‌دراز در برش حمام قلعه بر مبنای روزن‌داران و مقایسه آن بـا برش الگو. *دوفصلنامه رخساره‌های رسوبی*، ۲ (۲): ۲۱۷-۲۰۴.

وحدتی‌راد، م.، وحیدی‌نیا، م.، عاشوری، ع.ر.، محمودی قرائـی، م.ح.، ۱۳۸۸. اولـین گـزارش از تـریس فـسیل ریزوکورالیـوم در سازند آب‌دراز، برش حمام قلعه. *سومین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران.*

وحیدی‌نیا، م.، آریایی، ع.ا.، ۱۳۷۹ . مطالعه خارپوستان سازند آب دراز در مناطق شرق حوضه کپه داغ. *چهارمین همایش انجمـن زمین شناسی ایران.*

وحیدی‌نیا، م.، یازرلو، م. ع.، آریایی، ع. ا.، ۱۳۸۱. مطالعه اینوسراموسهای سازند آب دراز در مناطق شرق حوضه کپه داغ. *ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.*

هادوی، ف.، علامه، ح.، ۱۳۷۸. استراکودهای سازند آب‌دراز. *مجموعه مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.*

Basan, P.B., & Scott, R.W., 1979. Morphology of *Rhizocorallium* and associated traces from the Lower Cretaceous Purgatoire Formation, Colorado. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 28: 5–23.

Buatois, L.A., & Mángano, M.G., 2009. Applications of ichnology in lacustrine sequence stratigraphy: potential and limitations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272: 127-142.

Frey, R.W., & Seilacher, A., 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 23: 183–207.

Fürsich, F.T., 1974. Ichnogenus *Rhizocorallium*. *Palaontologische Zeitschrift*, 48: 16–28.

Fürsich, F.T., 1975. Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, 8: 151–172.

Fürsich, F.T., 1981. Invertebrate trace fossils from the Upper Jurassic of Portugal. *Comunicacoes dos Servicos Geologicos de Portugal*, 67: 153–168.

Fürsich, F.T., 1998. Environmental distribution of trace fossils in the Jurassic of Kachchh (Western India). *Facies*, 39: 243–272.

Fürsich, F.T., Kennedy, W.J., & Palmer, T.J., 1981. Trace fossils at a regional discontinuity surface: The Austin/Taylor (Upper Cretaceous) contact in central Texas. *Journal of Paleontology*, 55: 537–551.

Fürsich, F.T., & Mayr, H., 1981. Non-marine *Rhizocorallium* (trace fossil) from the upper Freshwater Molasse (Upper Miocene) of southern Germany. *Neues Jahrbuch fur Geologie und Paläontologie*, Monatshefte, 6: 321–333.

Hadavi, H., & Notghi Moghaddam, M., 2010. Calcareous nannofossils from chalky limestone of upper Abderaz Formation and lower part of Abtalkh Formation in the Kopet-Dagh range NE Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 10: 52-61.

Knaust, D., 1998. Trace fossils and ichnofabrics on the Lower Muschelkalk carbonate ramp (Triassic) of Germany: Tool for high-resolution sequence stratigraphy. *Geologische Rundschau*, 87: 21–31.

Mayer, G., 1954. Ein neues *Rhizocorallium* aus dem mittleren Hauptmuschelkalk von Bruchsal. *Beiträge zur Naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland*, 13: 80–83.

Pemberton, S.G., 1992. Applications of ichnology to petroleum exploration: a core workshop, 17. *Society of Economic Paleontologist and Mineralogists*, Tulsa, Oklahoma, 429 p.

Pemberton, S.G., Maceachern, J.A., & Saunders, T., 2004. Stratigraphic applications of substrate-specific ichnofacies: Delineating discontinuities in the rock record. *In:* McIlroy, D., (ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, 228: 29–62.

Rey, O., Simo, J.A., & Lorente, M.A., 2004. A record of long- and short-term environmental and climatic change during OAE3: La Luna Formation, Late Cretaceous (Santonian–early Campanian), Venezuela. *Sedimentary Geology*, 170: 85-105.

Rodriguez-Tovar, F.J., & Perez-Valera, F., 2008. Trace fossil *Rhizocorallium* from the middle Triassis of the Betic Cordillera, southern Spain: characterization and environmental implications. *Palaios*, 23: 78-86.

Rodriguez-Tovar, F.J., Perez-Valera, F., & Perez-Lopez, A., 2006. Ichnological analysis in high-resolution sequence stratigraphy: The *Glossifungites* ichnofacies in Triassic successions from the Betic Cordillera (southern Spain). *Sedimentary Geology*, 198: 293–307.

Uchmann, A., 1992. Ichnogenus *Rhizocorallium* in the Paleogene flysch (outer Western Carpathians, Poland). *Geologica Carpathica*, 43: 57–60.

Uchmann, A., Bubniak, I., & Bubniak, A., 2000. The *Glossifungites* ichnofacies in the area of its nomenclatural archetype, Lviv, Ukraine. *Ichnos*, 7: 183–193.

Worsley, D., & Mørk, A., 2001. The environmental significance of the trace fossil *Rhizocorallium jenense* in the Lower Triassic of western Spitsbergen. *Polar Research*, 20: 37–48.

Zonneveld, J.P., Pemberton, S.G., Saunders, R.D.A., & Puckerill, R.K., 2002. Large, robust *Cruziana* from the Middle Triassic of northeastern British Columbia: Ethologic, biostratigraphic and paleobiologic significance. *Palaios*, 17: 435–448.