

دوره اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲ - شماره شاپا: ۱۷۷۵-۲۹۸۱

- سازند گپساران، بخش اول: تاریخ تکوین تقسیمات سنگ چینه‌نگاری و لایه‌های راهنمای سازند گپساران در زون دزفول  
هواد سعادت نژاد\*
- رده‌بندی، توصیف و زیست‌پهنه‌های کیتینوزوآهای دونین پسین سازند فوش ییلاق در برش فوش ییلاق، البرز شرقی  
فاطمه طاهریان، فاطمه واعظ جوادی\* و سید ممید وزیری
- سنگواره دندان اسب (Equus) از بخش لهبری سازند آغاچاری، غرب مسجد سلیمان  
برزو عسگری پیر بلوطی، ممید میرزایی عطاآبادی\* و معراج پارسازاد
- ارتباط الگوهای سافتماری زمین شناسی با فرایند دولومیتی شدن در نهشته‌های ژوراسیک منطقه جنوب زنجان  
هواد ربانی\*، افشین زهدی، میرعلی اصغر مفتاری، ابراهیم زلففانی و سعید هادیلو
- چینه‌نگاری زیستی سازند تله زنگ، جنوب اسلام آباد غرب، موزه لرستان  
محمّد یاسرفسروآبادی، ایرج مغفوری مقدم\* و اصغر روز پیکر
- تنوع زیستی اثرفسیل های سازند میلا در گذر کامبرین- اردوویسین، برش شمال شه‌میرزاد، البرز مرکزی  
نصراله عباسی\* و مهدی هادی



### اطلاعات نشریه

- صاحب امتیاز: دانشگاه زنجان
- رتبه نشریه در پرتال نشریات علمی وزارت عتف: در حال ارزیابی
- ناشر: دانشگاه زنجان
- دوره انتشار: دوفصلنامه
- شاپای الکترونیکی: ۱۷۷۵-۲۹۸۱
- حوزه‌های انتشار: مطالعات پژوهشی درباره زیست چینه نگاری، سنگ‌چینه‌نگاری، گاه‌چینه نگاری، چینه‌نگاری مغناطیسی، چینه نگاری سکansı، چینه‌نگاری خاک‌های دیرینه، آب چینه نگاری، چینه‌نگاری لرزه ای، کانسارهای با سنگ میزبان رسوبی، رسوب شناسی و محیطهای رسوبی دیرینه، سنگ های رسوبی
- دسترسی به مقالات: دسترسی آزاد و رایگان (Open Access)
- نوع داوری: داوری دو مرتبه مخفیانه (بدون انتشار اسامی داوران و مؤلفان)
- زمان ارزیابی مقالات: حدود ۲ ماه
- هزینه انتشار: ندارد
- وضعیت چاپ: الکترونیکی
- سردبیر نشریه: دکتر نصراله عباسی
- مدیر مسئول نشریه: دکتر افشین زهدی
- مدیر داخلی نشریه: دکتر جواد ربانی
- ایمیل نشریه: zpaleo@znu.ac.ir



## سخن سردبیر

انتشار نتایج به دست آمده از تحقیقات و پژوهش های علمی، مرحله‌ی بسیار مهم در انجام فرآیند پژوهشی است. این بخش که به نوعی آخرین بخش یک پژوهش است، امکان دسترسی به نتایج و یافته‌های مطالعات را برای سایر محققان فراهم می نماید. در این راستا، نشریات علمی کار اصلی انتشار آخرین داده ها و دستاوردهای علمی را به عهده دارند. چینه نگاری و دیرینه شناسی از شاخه‌های مهم در دانش علوم زمین می باشند که نتایج مطالعات در آنها، مورد استفاده محققان سایر گرایش‌های تخصصی علوم زمین یا حتی سایر شاخه‌های علوم، مانند زیست‌شناسی است. نشریات گوناگونی در سطح کشور در دسترس می باشند که مایل به بررسی و انتشار مقالات چینه‌نگاری و دیرینه شناسی هستند. با این وجود، در حال حاضر، نشریه علمی نوپای چینه‌نگاری و دیرینه شناسی دانشگاه زنجان به عنوان تنها نشریه تخصصی، مقالات این شاخه از علوم زمین را مورد بررسی و داوری قرار می دهد و منتشر می نماید. هدف اصلی از انتشار این نشریه ایجاد یک پایگاه تخصصی در زمینه چینه نگاری و دیرینه شناسی است تا خلاء نبود یک نشریه علمی در این زمینه در سطح کشور را پر نماید. تامین شرایط و ضوابط مورد نظر دفتر سیاستگذاری و برنامه ریزی امور پژوهشی وزارت علوم، جهت ارزیابی نشریات علمی از دغدغه های اصلی گروه دبیران این نشریه می باشد و دریافت مقالات به تعداد مورد نظر از چالش های اصلی این نشریه است. بنا به دلایل مختلف، مانند کاهش تعداد دانشجویان تحصیلات تکمیلی در این گرایش رشته زمین شناسی و به طبع آن کاهش تعداد مقالات مستخرج از پایان نامه و همچنین بعضاً عدم رغبت برخی از محققان به ارسال مقالات به نشریات نوپا و فاقد رتبه، ممکن است موجب کندی در فرآیند دریافت و انتشار مقالات گردد. مجله چینه نگاری و دیرینه شناسی دانشگاه زنجان علی رغم وجود چنین مشکلاتی، تلاش نموده است که به طور دقیق و طبق چهارچوب های شناخته شده مقالات دریافتی را بررسی، داوری و منتشر نماید. امید است با حمایت محققان و پژوهشگران این نشریه علمی به کار خود به خوبی و شایسته ادامه دهد.

با سپاس

نصراله عباسی



فهرست مقالات منتشر شده در این شماره (دوره اول، شماره اول)

- ۱ - سازند گچساران، بخش اول: تاریخ تکوین تقسیمات سنگ چینه‌نگاری و لایه‌های راهنمای سازند گچساران در زون دزفول  
۱۹ - رده‌بندی، توصیف و زیست‌پهنه‌های کیتینوزوآ‌های دونین پسین سازند خوش‌بیلاق در برش خوش‌بیلاق، البرز شرقی  
۳۹ - سنگواره دندان اسب (Equus) از بخش لهبری سازند آغاچاری، غرب مسجد سلیمان  
۴۸ - ارتباط الگوهای ساختاری زمین‌شناسی با فرایند دولومیتی شدن در نهشته‌های ژوراسیک منطقه جنوب زنجان  
۵۵ - چینه‌نگاری زیستی سازند تله زنگ، جنوب اسلام‌آباد غرب، حوضه لرستان  
۷۵ - تنوع زیستی اثر فسیل‌های سازند میلا در گذر کامبرین- اردوویسین برش شمال شه‌میرزاد، البرز مرکزی



## سازند گچساران، بخش اول: تاریخ تکوین تقسیمات سنگ چینه‌نگاری

### و لایه‌های راهنمای سازند گچساران در زون دزفول

جواد سعادت‌نژاد\*

۱- کارشناسی ارشد چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، اداره زمین‌شناسی، مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۳/۰۵

\*مسئول مکاتبات: جواد سعادت‌نژاد، [javadsaadatnejad@gmail.com](mailto:javadsaadatnejad@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۸

#### چکیده

سازند گچساران در ابتدا با عنوان گروه ژیبس پایینی، در ادامه سری فارس پایینی و در نهایت به سازند گچساران تغییر نام داد. تقسیم‌بندی سازند گچساران با توجه به اهمیت آن در حین عملیات حفاری، از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان متعددی بوده و در طی سالیان تعاریف دقیق‌تر و کاربردی‌تری از آنها ارائه شده است. سازند گچساران تحت عنوان سری فارس پایینی در ابتدا به سه قسمت Stage I (معادل بخش‌های یک الی پنج امروزی)، Stage II (معادل بخش شش امروزی) و Stage III (معادل بخش هفت امروزی) و در نهایت به هفت بخش (بخش ۷ در رأس و بخش یک یا پوش‌سنگ در قاعده) تقسیم گردید. زمین‌شناسان مختلف در طی سالیان گذشته، به دلیل کنترل بهتر روند حفاری جهت جلوگیری از اشتباه و ایجاد مشکلات فنی در حین عملیات حفاری، لایه‌های راهنمای متفاوتی در تمام ضخامت سازند گچساران از ساختمان‌های مختلف مطرح نموده که در حال حاضر، فقط لایه‌های راهنمای بخش پوش‌سنگ شامل لایه‌های راهنمای A, B, C, D, E و F مورد استفاده قرار می‌گیرند. جهت بررسی تعاریف و تعیین خصوصیات سنگ چینه‌نگاری کلیه بخش‌ها، کلیه ساختمان‌های موجود در زون دزفول (شمالی، جنوبی و دشت آبادان) مورد بررسی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: سازند گچساران، سنگ چینه‌نگاری، لایه‌های راهنما، زون دزفول.

## **Gachsaran Formation, Part 1: History of the Development of Lithostratigraphy divisions and Gachsaran Formation Key Beds in Dezful Zone**

Javad Saadatnejad<sup>\*1</sup>

1- MSc, stratigraphy and paleontology, petroleum geology office, exploration directorate, national Iranian oil company

\*Corresponding author: Javad Saadatnejad, [javadsaadatnejad@gmail.com](mailto:javadsaadatnejad@gmail.com)

### **Abstract:**

Gachsaran Formation was named as lower Gypsum Group at first, then lower Fars Series and finally Gachsaran Formation. The subdivision of Gachsaran Formation, due to its importance during drilling operations, has long been of interest to many geologists. Therefore more accurate and practical definitions have been provided over the years. At first, Gachsaran Formation as a lower Fars Series divided into three parts; Stage I (equivalent to members 1-5), Stage II (equivalent to member 6) and Stage III (equivalent to member 7). Finally, Gachsaran Formation divided into seven members (member 7 on top and member 1 or cap rock in the base of Gachsaran Formation). During the past years, different geologists have proposed different key beds in the whole thickness of Gachsaran Formation from different anticlines. However currently only 6 key beds in the cap rock are used as A, B, C, D, E & F. In order to ensure the definitions and determine the Lithostratigraphic characteristics of sections, all existing anticlines in Dezful zone (Northern, Southern and Abadan plain) were investigated.

**Keywords:** Gachsaran Formation, Lithostratigraphy, Key beds, Dezful Zone.

## مقدمه

جنبش‌های آلبی پایانی (نئوژن - کواترنر) در ایران اغلب باعث گسترش وسیع رخساره‌های قاره‌ای تخریبی و تبخیری شده‌اند که از جمله سازند سرخ بالایی در ایران مرکزی، طبقات سرخ میوسن در البرز و سازند گچساران در زاگرس را می‌توان نام برد. سازندهای مذکور در نتیجه حرکات میوسن میانی یا کوهزایی ستیرین (Styrian Orogeny) به‌وقوع پیوسته است (خسرو تهرانی، ۱۳۷۶). گذر از ردیف‌های کربناتی الیگوسن - میوسن زاگرس (سازند آسماری) و ایران مرکزی (سازند قم) به نهشته‌های تبخیری - آواری جوان‌تر (سازندهای گچساران و سرخ بالایی)، ناگهانی و گاه از نوع ناپیوستگی دگرشیب است. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که حرکات ستیرین در ایران، به‌طور عمده خشکی‌زا بوده و ممکن است بیشتر با افت عمومی سطح آب‌های آزاد ارتباط داشته است. چرخه رسوبی فارس یک واحد زمین‌ساختی - چینه‌شناختی همزمان با کوهزایی آلپ است که در یک دریای پس‌رونده به سمت جنوب باختری نهشته شده و تغییرات سنی آن از میوسن پیشین تا پلیوسن می‌باشد. به‌همین رو این چرخه، دربرگیرنده سازندهای گروه فارس (گچساران، میشان و آغاجاری) و سازند کنگلومرای بختیاری بوده که نشانگر یک فاز پسروی می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲). سازند گچساران با توجه به اینکه پوش‌سنگ مخزن آسماری (یکی از مخازن اصلی نفتی زاگرس) بوده و در اغلب مناطق مختلف زون دزفول، محل قرارگیری دو پاشنه جدارگی در عملیات حفاری می‌باشد، از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان نفت بوده و جهت تسهیل و شناسایی طبقات این سازند در حین عملیات حفاری، مورد تقسیم‌بندی و تفکیک سنگ‌شناسی قرار گرفته که

در منابع مختلف قدیمی به آن‌ها اشاراتی شده است. علی‌رغم اهمیت شناسایی و تفکیک بخش‌های سازند گچساران حین عملیات حفاری و تأثیر مستقیم آن بر روی روند حفاری و سایر کاربردهای فراوان آن، هیچ منبع مشخص و دقیقی از بخش‌بندی‌های هفت‌گانه، مشخصات مرزها و مشخصات سنگ‌شناسی آن‌ها وجود نداشته و بین زمین‌شناسان صنعت نفت به‌صورت کاملاً تجربی از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. از طرفی دیگر تعاریف کلی و پراکنده موجود از بخش‌ها، به اشتباه به تمامی گستره وسیع زون دزفول (دزفول شمالی، دزفول جنوبی و دشت آبادان) بسط داده شده که موجب اشتباهاتی در تشخیص بخش‌ها در حین عملیات حفاری شده و مشاهده می‌شود که تقسیمات سنگی سازند مذکور در ساختمان‌های مجاور هم به‌صورت متفاوت صورت گرفته که دلیل اصلی آن عدم وجود یک منبع مشخص می‌باشد. این مجموعه مطالعات، جهت جمع‌بندی کلیه تعاریف موجود در منابع مختلف، بررسی مشخصات توالی سنگی سازند گچساران در تمامی ساختمان‌های سراسر زون دزفول، ارائه تعریف مشخص از بخش‌های سازند در هر منطقه، مشخصات و ذکر تغییرات عمودی آن‌ها (به‌طور کاربردی در حین عملیات حفاری)، بررسی دقیق پوش‌سنگ در تمامی ساختمان‌ها در سراسر زون دزفول و در نهایت بررسی محل دو پاشنه جدارگی در سراسر سازند گچساران صورت گرفته است. در این مجموعه نوشتار، در نخستین مقاله به ذکر کلیات سازند گچساران، تاریخ تکوین تقسیمات سنگ‌چینه‌ای سازند گچساران از ابتدا، کلیات تقسیمات سنگ‌چینه‌ای و تعاریفی که تاکنون صورت گرفته و ذکر لایه‌های کلیدی معرفی شده پراهمیت‌تر در سراسر گچساران در تمامی

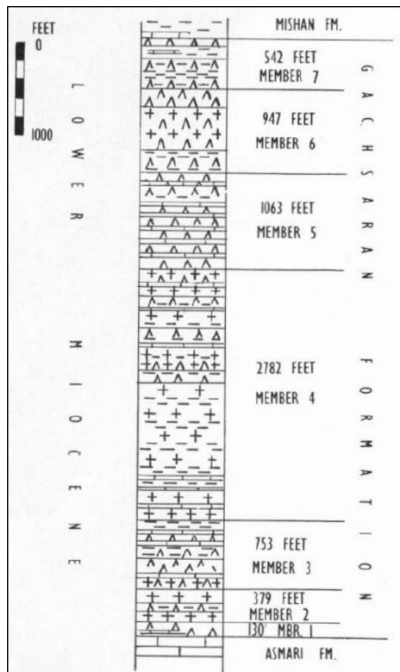
ساختمان‌های زون دزفول پرداخته شده است. لازم به ذکر است که بررسی دقیق لایه‌های راهنما در مقالات مربوط به هر بخش اشاره خواهد شد. همانطور که در بالا اشاره شد، اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه اغلب شامل مقالات و گزارشات، اطلاعات ستون سنگی و نمودارهای الکتریکی موجود در منابع مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران می‌باشد.

### تاریخ تکوین اصطلاحات سری فارس پایینی یا سازند گچساران:

Loftus (1855) برای نخستین بار توالی سنگی حاوی انیدریت در گروه فارس را گروه گچ (Gypsum group) نامید. Pilgrim (1908) سری فارس را ردیف ضخیم طبقات سنگی میوسن که در ناحیه فارس توسعه یافته بودند نام نهاد. وی سری فارس را به سه گروه ژئوپس پایینی (سازند گچساران امروزی)، گروه طبقات دارای *Ostrea virleti* (سازند میشان امروزی) و گروه طبقات دارای *Pecten vasseli* (سازند آغاچاری امروزی) تقسیم نمود ولی مرز این سری‌ها به خوبی تعریف نشده بود. بعدها James and Halse در یک گزارش منتشر نشده شرکت نفت ایران و انگلیس (APOC) سری فارس را در حوالی مسجد سلیمان به سه سری فارس پایینی، فارس میانی و فارس بالایی تقسیم نمودند. لازم به ذکر است که زمان و عنوان گزارش مذکور نامشخص می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲). Busk and Mayo (1918) هم‌انطباقه‌بندی را با اندک تغییراتی منتشر ساخته و هم‌اکنون نیز اسامی فارس پایینی، فارس میانی و فارس بالایی در اغلب کشورهای خاورمیانه مورد استفاده قرار گرفته و اغلب این تقسیم‌بندی را منتسب به دو زمین‌شناس اخیر می‌دانند (مطیعی، ۱۳۷۲).

Richardson (1926) فارس پایینی را به سه قسمت از پایین به بالا شامل Stage I (معادل بخش‌های یک الی پنج امروزی)، Stage II (معادل بخش شش امروزی) و Stage III (معادل بخش هفت امروزی) تقسیم نمود. Child (1936) Stage III در میدان هفتکل را مطالعه و آن را به دو گروه شامل گروه یک (گروه بالایی) و گروه دو (گروه پایینی) تقسیم نمود، به طوری که گروه یک شامل طبقاتی در حد فاصل مارن‌های خاکستری فارس میانی (سازند میشان) تا رأس انیدریت توده‌ای (موسوم به لایه راهنمای A) و گروه دو شامل طبقات حدفاصل قاعده انیدریت توده‌ای تا رأس مارن قرمز (رأس Stage II) می‌باشند. همچنین وی در این مطالعه Stage III در میدان هفتکل را در چاه‌های مختلف مقایسه و انطباق نمود. سازند گچساران در میدان هفتکل در تقسیمات هفت‌گانه سایر میداین بسیار متفاوت بوده و دو گروه یاد شده در این میدان را نمی‌توان به طور حتم معادل بخشی از سازند گچساران نسبت داد. Strong (1937) Stage I را به پنج گروه از پایین به بالا شامل گروه یک یا گروه پوش‌سنگ (Cap Rock)، گروه دو یا گروه نمک پایینی (lower Salt Group)، گروه سه یا گروه گل‌سنگ (Mudstone Group)، گروه چهارم یا گروه نمک اصلی (Main Salt Group) و گروه پنجم یا گروه انیدریت (Anhydrite Group) تقسیم نمود ولی Stage II و Stage III نیز در نوشته مذکور به همان صورت اشاره شدند. Child (1937) پس از بررسی سازند گچساران در میداین آغاچاری و پازنان، بالاترین گروه در Stage I (گروه پنجم یا گروه انیدریت) را به Upper Stage I تغییر نام داد.

(معادل زون ۳)، گروه آهک سی فوتی (معادل زون ۴) و گروه انیدریتی قاعده‌ای (معادل زون ۵). (1959) Stage I Slinger and Crichton را که پیشتر به پنج گروه تقسیم شده بود به کار گرفت ولی Stage II را به گروه ۶ یا گروه مارن قرمز و Stage III را به گروه هفتم یا گروه مارن خاکستری تغییر نام دادند. (1960a) Watson طبق طبقه‌بندی‌های قبلی با تلفیق طبقات راهنما و نمودارهای گاما و نوترون، فارس پایینی را به ۷ بخش (member) تقسیم نمود (اشاره شده در صفحات بعدی). وی کماکان از عبارت سری فارس پایینی برای کل سازند گچساران استفاده نمود. (1965) James and Wynd سری فارس را به گروه فارس و سری فارس پایینی را به سازند گچساران تغییر نام دادند (شکل ۱).



شکل ۱: سازند گچساران و بخش‌های هفت‌گانه آن (اقتباس از James & Wynd, 1965)

Child (1939) مطالعات کامل و دقیقی بر روی Stage I (شامل گروه‌های ۵ الی یک) میدان هفتکل انجام داد و از اسامی معرفی شده در Stage I توسط Strong (1937) که در یال جنوبی هفتکل مطالعه نموده بود، برای گروه‌های چهارم، دوم و اول استفاده نمود ولی برای گروه پنجم از عنوان Upper Stage I و برای گروه سوم از عنوان Bituminous Shale Group استفاده نمود. (1939) Richardson گروه هفتم یا Stage III را که معادل بخش هفتم از سازند گچساران می‌باشد را به پنج زون در سطح زمین در مناطقی مانند گچساران، چیلینگر، پازنان و مسجد سلیمان تقسیم نمود که از بالا به پایین شامل زون ژئوپس بالایی (Upper Gypseous Zone)، زون خاکستری بالایی (Upper Grey Zone)، زون ژئوپس میانی (Middle Gypseous Zone)، زون خاکستری پایینی (Lower Grey Zone) و زون ژئوپس پایینی (Lower Gypseous Zone) می‌باشند. وی همچنین Stage II را به سه زون بالایی (Upper Zone)، زون میانی (Middle Zone) و زون پایینی (Lower Zone) تقسیم نمود. همچنین وی از پنج گروهی که Strong (1937) در Stage I تقسیم و نامگذاری نموده بود مجدداً بکار برد ولی زون بالایی یا همان زون انیدریت که معادل بخش ۵ امروزی می‌باشد را به پیروی از Child (1939) از Slinger Upper Stage I استفاده نمود. (1948) Stage III یا بخش هفتم را به پنج گروه تقسیم نمود. این گروه‌ها از بالا به پایین شامل عناوین زیر می‌باشد: گروه چهار انیدریت شاخص (بالاترین گروه) (معادل زون ۱)، گروه مارن خاکستری شاخص (معادل زون ۲)، گروه میانی

Oswald (1978) هر یک از بخش‌های سازند گچساران در میدان گچساران را مجدداً توصیف و نامگذاری نمود. همچنین برای هر یک از بخش‌های هفت‌گانه معرفی شده توسط Watson (1960a)، اسامی معادل با شاخصه‌های سنگ‌شناسی در نظر گرفت. بخش هفتم یا بخش مارن خاکستری، بخش ششم یا بخش مارن قرمز، بخش پنجم یا بخش انیدریت، بخش چهارم یا بخش نمک اصلی، بخش سوم یا بخش گل‌سنگ، بخش دوم یا بخش نمک پایینی و بخش یک یا بخش پوش‌سنگ. امروزه از پوش‌سنگ بجای بخش یک ولی سایر بخش‌ها با شماره آنها اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### سازند گچساران و بخش‌های آن:

سازند گچساران به‌عنوان پوش‌سنگ سازند آسماری، نخستین سازند گروه فارس بوده که در مناطق فروافتادگی دزفول - لرستان تا حوضه خلیج فارس گسترش دارد. این سازند زمان‌گذر است به گونه‌ای که مرز پایینی آن در حوالی جزیره قشم به الیگوسن و شاید ائوسن برسد ولی در نواحی شمالی، سن بوردیگالین (میوسن پیشین) دارد (مطیعی، ۱۳۷۲). در ناحیه فارس این سازند به سه بخش چهل (در پایین)، چمپه (در وسط) و مول (در بالا) تغییر رخساره می‌دهد ولی در نواحی مجاور راندگی زاگرس، به سازند رازک تبدیل می‌شود. از نگاه مهندسی، سازند تخییری گچساران یک واحد سنگی با رفتار شکل‌پذیر است (مطیعی، ۱۳۷۲). به‌همین رو در سطح زمین برش کاملی نداشته و با تلفیق چاه‌های میدان گچساران به‌عنوان برش الگو (غیر رسمی) در نظر گرفته شده است که هفت بخش غیر رسمی داشته که در پایین به آن اشاره شده است. سنگ‌شناسی تشکیل دهنده سازند گچساران اغلب شامل انیدریت، نمک، مارن (خاکستری و قرمز) و

رس‌سنگ و به میزان کمتر شامل انواع آهک (آهک تمیز، آهک رسی، آهک دولومیتی و آهک انیدریتی) و شیل می‌باشد. لازم به ذکر است که ضخامت و سنگ‌شناسی بخش‌های هفت‌گانه برش الگو و عضوهای سه‌گانه در منطقه فارس یکسان نبوده و در برخی نواحی (همانند غرب زون فارس) این سازند قابل بخش‌بندی نیست و با نام کلی سازند گچساران از آن یاد می‌شود. سنگواره‌های جانوری موجود در سازند گچساران متعلق به محیط‌های کولابی و لب‌شور می‌باشد. همان‌طور که در بالا اشاره شد از جنوب باختری زاگرس (زاگرس چین‌خورده) به سمت شمال خاوری این ارتفاعات (زاگرس مرتفع) سازند تخییری گچساران با حضور یک واحد تدریجی به ردیف‌های آواری سرخ‌رنگی به‌نام سازند رازک جایگزین می‌شود. به‌همین رو در گذشته، سازند رازک درون سازند گچساران دسته‌بندی می‌شده و گاه نیز عنوان رخساره ماسه‌سنگی گچساران در نظر گرفته می‌شود. با توجه به تغییرات زیاد زیست‌چینه‌ای و زمان‌چینه‌ای، این باور وجود دارد که سازند رازک رسوبات آواری حوضه تخییری سازند گچساران و احتمالاً رسوبات آواری سکوه‌های کربناتی سازند آسماری می‌باشد. در جنوب جزیره قشم و در حوالی بندر بستانه یک حوضه نمکی، به احتمال، هم‌ارز سازند گچساران وجود دارد.

ولی این حوضه (تنگه هرمز)، از فروافتادگی دزفول جدا بوده و از نظر سنی با سازند گچساران مغایرت دارد. در این حوضه، سازند آسماری حضور نداشته و سازند گچساران با ضخامت بسیار زیادی از انیدریت، مارن و نمک روی سازند پاینده و زیر سازند میشان قرار دارد.

Watson (1960a) براساس سه میدان گچساران، آغاچاری و پازنان، هفت بخش از سازند گچساران را با معرفی برش‌های نمونه در چاه‌های مذکور ارائه

دارند، طبق تعاریف به هیچ عنوان بخش‌ها قابل تفکیک نمی‌باشند.

لذا در نهایت براساس مطالعات صورت گرفته در این نوشتار، مشخص گردید که تعاریف بخش‌ها و روند تغییرات در نواحی مختلف، متغیر بوده و می‌بایستی برای هر بخش در هر ناحیه، تعریف جداگانه‌ای ارائه نمود که در مطالعات آتی به این تعاریف اشاره خواهد شد. تعاریف بخش‌های سازند گچساران بر اساس فرهنگ چینه‌شناسی ایران (Stöcklin & Setudehnia, 1970) که براساس چاه‌های حفاری شده در میدان گچساران است، به قرار زیر می‌باشد:

- بخش هفت (براساس چاه گچساران-۱۴ در فاصله عمقی ۷۹۵/۹۶ الی ۹۳۵/۱ متری):

این بخش توسط سازند میشان به صورت هم‌شیب پوشیده شده و شامل تناوب انیدریت، مارن خاکستری و آهک‌های رسی می‌باشد.

- بخش شش (براساس چاه گچساران-۱۸ در فاصله عمقی ۱۰۸۲/۹ الی ۱۳۶۸/۶ متری): شامل تناوب انیدریت، مارن قرمز و آهک، آهک‌ها اغلب در یک سوم قاعده‌ای، بخش میانی شامل نمک و انیدریت و ۶۰ متر بالایی شامل تناوب انیدریت و مارن‌های قرمز و خاکستری.

- بخش پنج (براساس چاه گچساران-۲۰ در فاصله عمقی ۸۶۸/۷ الی ۱۱۹۲/۷ متری): شامل تناوب انیدریت و مارن‌های قرمز و خاکستری.

- بخش چهار (براساس چاه گچساران-۲۱ در فاصله عمقی ۷۲۹/۳ الی ۱۵۷۷/۴ متری): شامل تناوب نمک‌های ضخیم همراه با مارن خاکستری، آهک و انیدریت.

- بخش سه (براساس چاه گچساران-۲۷ در فاصله عمقی ۱۲۷۸/۴ الی ۱۵۰۷/۸ متری): نیمه پایینی اغلب حاوی طبقات ضخیم انیدریت و به میزان

نمود که روند تغییرات بخش‌ها را به‌صورت زیر عنوان نمود (دید از بالا به پایین حین حفاری): شروع بخش هفت (شروع سازند گچساران) با حضور اولین لایه انیدریت در زیر مارن‌ها یا آهک‌های سازند میشان. شروع بخش شش: حضور اولین لایه مارن قرمز. شروع بخش پنج: قاعده آخرین حضور مارن قرمز یا قاعده مارن‌های قرمز ممتد. شروع بخش چهار: اولین حضور لایه‌های نمکی ضخیم. شروع بخش سه: قاعده آخرین نمک‌های ضخیم. شروع بخش دو: اولین حضور لایه‌های نمکی ضخیم یا ممتد. شروع بخش یک (پوش سنگ): قاعده آخرین نمک و شروع با لایه راهنمای A. لازم به‌ذکر است که تکیه Watson (1960a) بر تقسیمات سازند گچساران اغلب براساس لایه‌های راهنمای موجود در بخش‌های مختلف می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد تقسیمات بخش‌های ارائه شده توسط وی دارای مشکلاتی بوده که به قرار زیر می‌باشد:

- به هیچ عنوان تعاریف (جداول شماره ۱ و ۲) و مرزهای بخش‌های مذکور در تمامی ناحیه دزفول یکسان نبوده و در نواحی مختلف شرایط بسیار مختلفی حاکم بوده است.

- لایه‌های راهنما در بخش‌های مختلف در نواحی مختلف بسیار متفاوت می‌باشند.

- براساس تعریف ارائه شده، اولین مارن قرمز مربوط به شروع بخش شش بوده، در صورتی که در بسیاری نواحی مارن‌های قرمز به میزان اندک یا زیاد در بخش هفت وجود دارند.

- براساس تعریف ارائه شده، آخرین مارن قرمز مربوط به قاعده بخش شش بوده، در صورتی که در بسیاری نواحی مارن‌های قرمز به میزان اندک یا زیاد در بخش پنج نیز وجود دارند.

- در نواحی که لایه‌های نمک به میزان زیاد در بسیاری از بخش‌ها از جمله شش الی دو وجود

(Casing) در سازند گچساران در انیدریت زیر اولین لایه مارن قرمز رانده می‌شود. پس از راندن اولین جداری، بدلیل جریانات گاه‌ها سنگین آب نمک به‌ویژه در نیمه پایینی بخش ششم، گل حفاری، اشباع از نمک شده و وزن گل در داخل این بخش افزایش می‌یابد. سنگ‌شناسی این بخش از سازند، اغلب شامل تناوب انیدریت، مارن قرمز و خاکستری می‌باشند. آهک‌های صدف‌دار و حاوی میکروفسیل اغلب در طبقات نزدیک قاعده حضور دارند. طبقات بالاتر حاوی طبقات زیادی از نمک می‌باشند.

- بخش پنج (بخش انیدریتی):

شروع این بخش در قاعده آخرین لایه مارن قرمز قابل توجه (ضخیم یا ممتد) در نظر گرفته می‌شود. سنگ‌شناسی این بخش شامل تناوب انیدریت، مارن‌های خاکستری و قرمز و تعداد زیادی آهک نازک لایه فسیل‌دار یا الییتی بوده که گاهی لایه‌های نمکی نیز در این بخش مشاهده می‌شود.

- بخش چهار (بخش نمک اصلی):

شامل لایه‌های نمک ضخیم و انیدریت همراه با تناوب مارن می‌باشد. رأس بخش نمک اصلی عموماً با نمودارها قابل انطباق بوده و ضخامت بسیار متنوعی در چاه‌های مختلف داشته که به دلیل چین خوردگی نیز می‌باشد.

- بخش سه (بخش گل‌سنگ):

عمدتاً شامل انیدریت در تناوب با آهک‌های نازک سودوالییتی و الییتی و مارن می‌باشد. گاهی حاوی شیل‌های بیتومینه به‌ویژه در نزدیک رأس بوده که گاهی در حین حفاری با بخش پوش‌سنگ اشتباه می‌شود. از وجوه تمایز طبقات بالایی بخش سه با پوش‌سنگ می‌توان به حضور لایه‌های آهکی صدف‌دار (Carbula) و نبود آهک‌های حاوی Milliolid اشاره نمود.

کمتر طبقات نمکی و نیمه بالایی شامل تناوب انیدریت، آهک‌های نازک لایه و مارن.

- بخش دو (براساس چاه گچساران-۲۱ در فاصله عمقی ۲۲۳۵/۴ الی ۲۳۵۱ متری): اساساً شامل طبقات نمک همراه با میان‌لایه‌های انیدریت و آهک نازک

- بخش یک یا پوش‌سنگ (براساس چاه گچساران-۲۵ در فاصله عمقی ۲۳۶۰/۷ الی ۲۴۰۰/۳ متری): شامل تناوب انیدریت و آهک همراه با میان‌لایه‌هایی از شیل بیتومینه، به‌صورت هم‌شیب بر روی سازند آسماری قرار گرفته و طبقات پرفشار سازند گچساران را از طبقات کم‌فشار سازند آسماری جدا می‌نماید.

آخرین تعریف بخش‌های سازند گچساران توسط Oswald (1978) ارائه شده که به قرار زیر می‌باشد:

- بخش هفت (بخش مارن خاکستری):

رأس بالاترین لایه انیدریت، شروع بخش هفتم و سازند گچساران می‌باشد. در قاعده این لایه انیدریتی یک لایه آهک مارنی نازک و یک لایه انیدریت ضخیم‌تر قرار دارد. در قاعده این لایه انیدریتی به ترتیب از بالا به پایین سنگ‌شناسی زیر وجود دارد:

۱- تناوب مارن‌ها و آهک‌های نازک با ضخامت حدود ۱۵۰ فوت (زون ۲)

۲- هفت لایه انیدریت با میان‌لایه‌های مارن نازک خاکستری (زون ۳)

۳- قاعده بخش هفت شامل آهک‌های حاوی فسیل‌های پیریتی شده و در نهایت تناوب لایه‌های انیدریت و مارن خاکستری (زون ۴ و ۵)

این بخش از سازند گچساران در نمودارها کاملاً متمایز می‌باشد.

- بخش شش (بخش مارن قرمز):

شروع این بخش از سازند (حین حفاری) با ظهور اولین لایه مارن قرمز می‌باشد. اولین لوله جداری

۱ الی ۲۰ مربوط به سازند گچساران و لایه شماره ۲۱ مربوط به سرسازند آسماری نیز در نظر گرفت. لازم بذکر است که از این تعداد لایه‌های راهنما، یک لایه مارنی و یک لایه شیل بوده و مابقی شامل لایه‌های انیدریتی، آهکی و به تعداد کمتر ترکیب دو یا چند لایه بوده است. همچنین می‌بایستی یادآوری نمود که تعداد لایه‌های راهنمای معرفی شده توسط وی بیش از این تعداد بوده به طوری که برخی از لایه‌ها به عنوان مثال به صورت ۵، 5a و 5b و یا ۴/۱، ۴/۲ و ۴/۳ شماره‌گذاری شده‌اند. طبقات راهنمایی که وی برای پوش سنگ در نظر گرفت عبارتند از: ۱۹/۴، ۱۹/۵، ۲۰، ۲۰/۱، ۲۰/۲، ۲۰/۳ و ۲۰/۴ که لایه راهنمای ۱۹/۴ همان انیدریت رأسی پوش سنگ می‌باشد.

براساس تقسیم‌بندی وی لایه‌های راهنمای شماره ۱ الی ۳ مربوط به بخش هفتم، لایه راهنمای شماره ۴ مربوط به بخش ششم، لایه‌های راهنمای شماره ۵ الی ۱۳ مربوط به بخش پنجم، لایه راهنمای شماره ۱۴ مربوط به بخش چهارم، لایه‌های راهنمای شماره ۱۵ الی ۱۸ مربوط به بخش سوم، لایه راهنمای شماره‌های ۱۹ الی ۱۹/۳ مربوط به بخش دوم، لایه‌های راهنمای شماره ۱۹/۴ الی ۲۰/۴ مربوط به بخش اول یا پوش سنگ و در نهایت لایه راهنمای ۲۱ مربوط به راس سازند آسماری می‌باشد. لایه‌های راهنمای ۱، ۴، ۵، ۱۴a، ۱۵، ۱۹ و ۱۹/۴ به ترتیب مربوط به رأس بخش‌های ۷، ۶، ۵، ۴، ۳ و پوش سنگ می‌باشند (شکل‌های ۲ الی ۴). Slinger طبقات راهنمای سازند گچساران در میدان آغاچاری را از بخش هفتم تا دوم در یک مقاله (1948) و طبقات پوش سنگ را در مقاله دیگر (1949) توصیف نمود.

- بخش دو (بخش نمک زیرین):

شامل تناوب لایه‌های نمک، انیدریت، مارن و آهک‌های نازک لایه بوده که بخش عمده آن شامل نمک نیز می‌باشد. در این بخش غسل خوردگی زیادی مشاهده می‌شود.

- بخش یک (پوش سنگ):

پوش سنگ نشان‌دهنده پایان رسوب‌گذاری محیط رسوبی دریای باز (سازند آسماری) بوده و شامل هفت لایه نازک آهک دریایی با ضخامت ۱۰ الی ۲۰ فوتی در بین لایه‌های انیدریتی است. همچنین عموماً سه لایه بیتومینه در پوش سنگ مشاهده می‌شود. پوش سنگ همواره با یک لایه انیدریت با ضخامت دو الی سه فوتی (لایه راهنمای نخست) شروع شده و در ادامه حاوی یک لایه شیل بیتومینه (لایه راهنمای دوم) می‌باشد و تا انتها شش لایه راهنمای دیگر وجود دارد.

#### لایه‌های راهنمای سازند گچساران:

(Verteuil and Child (1929) پس از مطالعه پوش سنگ و سازند آسماری در میدان هفتکل (چاه شماره یک الی ۹) سه لایه آهکی از بالا به پایین با عناوین Miliola A Limestone، The Miliola B و Intermediate Limestone را در بخش پوش سنگ معرفی نموده و آهک‌های Main Limestone (سازند آسماری) را با این سه لایه آهکی مقایسه نمودند. Elder (1943) دو Stage سه و دو همراه با لایه‌های راهنمای آن‌ها را در میدان مسجد سلیمان، لالی و هفتکل مطالعه و با هم مقایسه نمود.

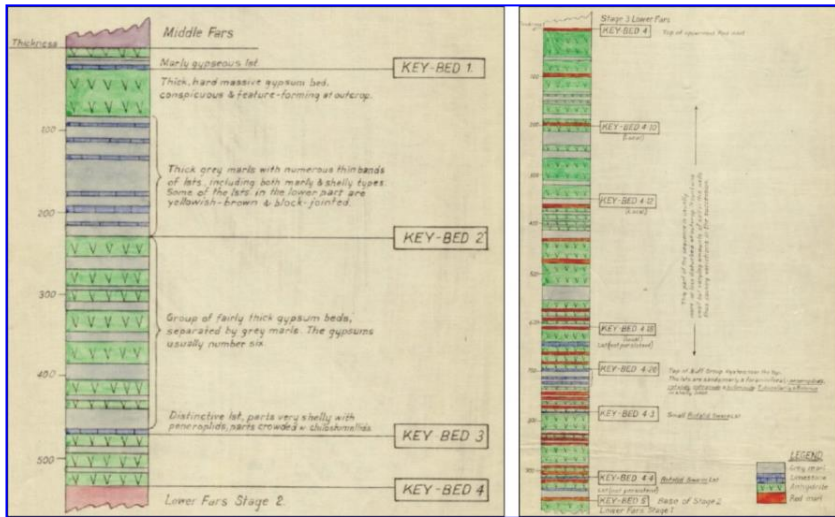
(Child (1944) براساس تعداد ۱۱ حلقه چاه حفاری شده در میدان گچساران که تا آن زمان حفاری شده بود، تعداد ۲۱ لایه راهنما و ۱۷ زیر لایه معرفی نمود به طوری که لایه‌های راهنمای شماره

جدول ۱: برش شاخص و سنگ‌شناسی بخش‌های سازند گچساران (اقتباس از Watson, 1960a)

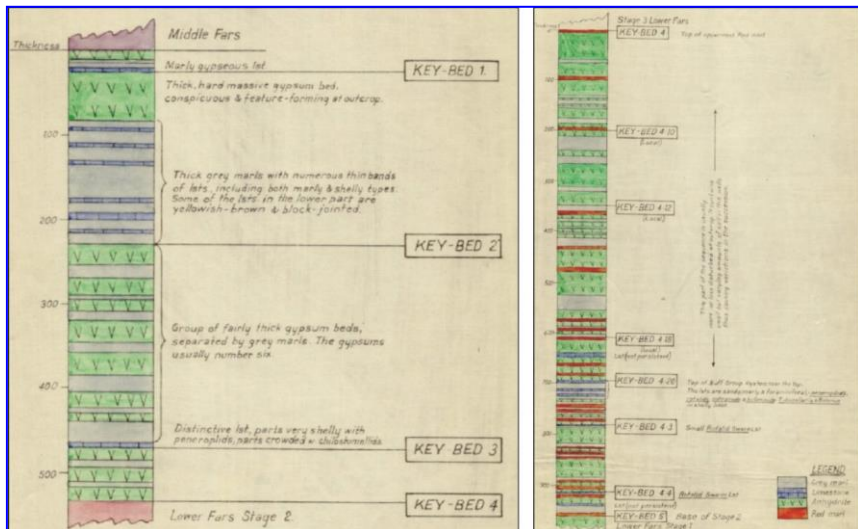
بخش‌ها	برش نمونه (چاه)	سنگ‌شناسی بخش‌ها در برش نمونه
هفتم	گچساران - ۱۴	انیدریت، مارن و آهک
ششم	آغاجاری - ۱۴۸	انیدریت، مارن، نمک و کمی آهک
پنجم	آغاجاری - ۱۰۴	انیدریت، مارن و کمی نمک و آهک
چهارم	پازنان - ۳۶	نمک‌های ضخیم، انیدریت، مارن و کمی آهک
سوم	پازنان - ۳۱	بخش بالایی انیدریت و مارن، بخش پایینی انیدریت، مارن و نمک
دوم	پازنان - ۳۱	نمک، انیدریت، مارن و کمی آهک
اول (پوش‌سنگ)	گچساران - ۲۵	انیدریت، مارن، آهک و کمی شیل، رس سنگ و دولومیت و گاهی نمک

جدول ۲: شاخصه‌های غالب بخش‌های سازند گچساران (اقتباس از Watson, 1960a)

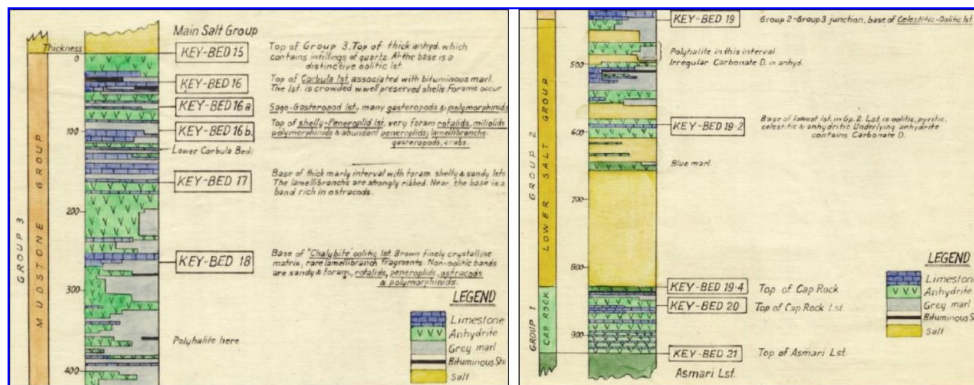
بخش‌ها	شاخصه‌های غالب
هفتم	قابل تفکیک به پنج زون
ششم	حضور مارن‌های قرمز فراوان و اولین حضور نمک در سازند گچساران (از بالا به پایین حین حفاری)
پنجم	کمبود یا نبود مارن قرمز، گاه‌ها حاوی آهک زیاد
چهارم	حاوی نمک‌های ضخیم، غالب پدیده‌های ساختمانی ثانوی در این بخش اتفاق می‌افتد.
سوم	گل کم‌شدگی و تنگ‌شدگی دیواره چاه در حین حفاری
دوم	حاوی نمک‌های فراوان، گاه‌ها فقط حاوی یک لایه نمک ضخیم
اول (پوش‌سنگ)	این واحد به علت جدا نمودن سازند پرفشار گچساران از سازند کم فشار آسماری از نظر کنترل حفاری بسیار پراهمیت است. پوش‌سنگ کامل دارای پنج سیکل تبخیری و حاوی شش طبقه راهنما می‌باشد.



شکل ۲: لایه‌های راهنمای شماره‌های یک الی چهار معرفی شده توسط Child (1944) از سری فارس پایینی (سازند گچساران) در میدان گچساران مربوط به Stage 3 (تصویر سمت چپ) و Stage 2 (تصویر سمت راست)، لایه‌های راهنمای یک الی سه مربوط به Stage 3 (بخش ۷) و لایه‌های راهنمای چهار و زیرمجموعه‌های چهار مربوط به Stage 2 (بخش ۶) (اقتباس از Child, 1944)



شکل ۳: لایه‌های راهنمای شماره‌های ۵ الی ۱۴ معرفی شده توسط Child (1944) از سری فارس پایینی (سازند گچساران) در میدان گچساران مربوط به گروه ۵ (تصویر سمت چپ) و گروه ۴ (تصویر سمت راست)، لایه‌های راهنمای ۵ الی ۱۳ مربوط به گروه ۵ (بخش ۵) و لایه‌های راهنمای ۱۴ و زیرمجموعه‌های ۱۴ مربوط به گروه ۴ یا گروه نمک اصلی (بخش ۴) (اقتباس از Child, 1944)



شکل ۴: لایه‌های راهنمای شماره‌های ۱۵ الی ۲۰ معرفی شده توسط Child (1944) از سری فارس پایینی (سازند گچساران) در میدان گچساران مربوط به گروه ۳ (تصویر سمت چپ) و گروه‌های ۲ و ۱ (تصویر سمت راست)، لایه‌های راهنمای ۱۵ الی ۱۸ مربوط به گروه ۳ یا گروه گل‌سنگ (بخش ۳) و لایه‌های راهنمای ۱۹ الی ۲۰ و زیرمجموعه‌های آنها مربوط به گروه ۲ یا گروه نمک پایینی (بخش ۲) و گروه پوش‌سنگ (اقتباس از Child, 1944)

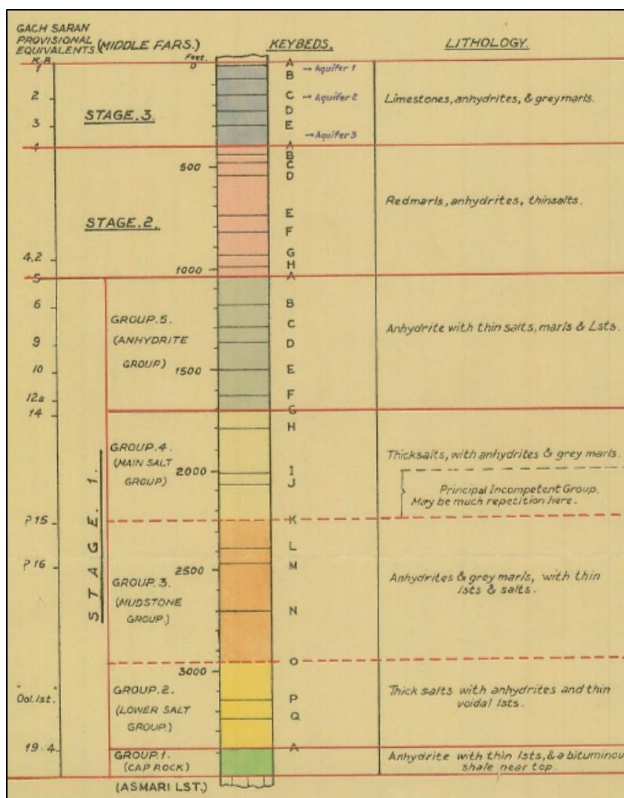
زیرین (سازند گچساران امروزی) از چاه‌های میدان نفت سفید را معرفی و به تفصیل توصیف نمود. لایه‌های راهنمای ۱ الی ۵ مربوط به فارس میانی، ۶ الی ۱۲ مربوط به Stage III (بخش هفتم)، ۱۳ الی ۱۹ مربوط به Stage II (بخش ششم)، ۲۰ الی ۲۳ مربوط به گروه ۵، ۲۴ الی ۲۶ مربوط به گروه چهارم یا گروه نمک اصلی، ۲۷ الی ۲۹ مربوط به گروه سوم یا گروه شیل بیتومینه، لایه راهنمای ۳۰ مربوط به گروه دوم یا گروه نمک زیرین، ۳۱ الی ۳۸ مربوط به گروه یک یا پوش‌سنگ. Watson (1960a) طبقات راهنمای سازند گچساران در میدان گچساران را مورد مطالعه مجدد قرار داد. وی براساس مطالعات Child (1944) و براساس اطلاعات تکمیلی بدست آمده از سایر چاه‌های میدان گچساران (چاه‌های شماره ۱۲ الی ۲۷)، تعداد ۴۷ لایه راهنما (۴۶ لایه راهنما در سازند گچساران و شماره ۴۷ مربوط به سرسازند آسماری) معرفی نمود. لایه‌های معرفی شده توسط وی همانند Child (1944) به جز سه نمونه، مابقی مربوط به لایه‌های آهکی یا انیدریتی نیز می‌باشند.

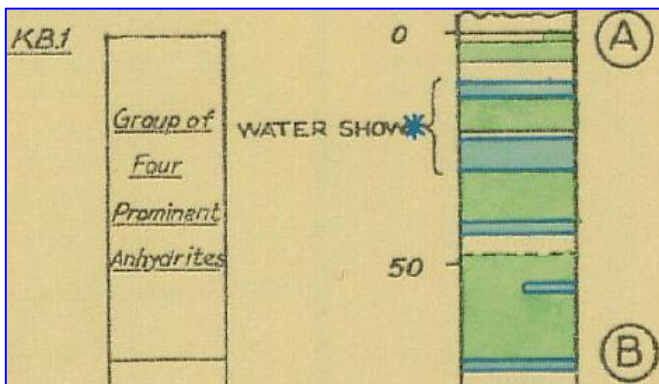
طبقات راهنمای معرفی شده توسط وی، برای هر Stage با عنوان‌های A, B, C, D و ... توصیف شده بودند. وی برای Stage III یا بخش هفتم تعداد ۵ لایه راهنما شامل A تا E، برای Stage II یا بخش ششم تعداد ۸ لایه راهنما شامل A تا H، برای Stage I (شامل بخش‌های ۵ الی ۲) تعداد ۱۷ لایه راهنما شامل A تا Q و برای پوش‌سنگ تعداد ۶ لایه راهنما شامل لایه‌های راهنمای A, B, C, D, E و F در نظر گرفت که در حال حاضر نیز در صنعت نفت، تنها از لایه‌های راهنمای مربوط به پوش‌سنگ استفاده می‌شود. تعداد کل طبقات راهنمای معرفی شده توسط وی ۳۶ عدد می‌باشد (شکل ۵). همانطور که پیشتر ذکر شد بخش هفتم یا Stage III حاوی پنج لایه راهنما شامل A تا E بوده که لایه راهنمای A مربوط به اولین انیدریت سازند گچساران یا اولین انیدریت زون یک (براساس تقسیم بندی Richardson, 1939) از بخش هفتم سازند گچساران می‌باشد (شکل ۶). Watson (1950) لایه راهنما در فارس میانی (سازند میشان امروزی) و ۳۳ لایه راهنما در فارس

هفتکل (Watson, 1960a)، نفت سفید (Child, 1939)، لالی و مسجد سلیمان (Richardson, 1950) 1939) منطبق نمود که شاید بتوان این انطباق را اولین اقدام به یکنواخت نمودن و مطالعه ناحیه‌ای طبقات راهنما دانست. انطباق مذکور در جدول ۳ و ۴ قابل مشاهده می‌باشد.

(Stone and Watson, 1962) لایه‌های راهنمای سازند گچساران در میدان آغاچاری را مطالعه نموده و کلیه نمودارهای الکتریکی سازند گچساران را منطبق و با تلفیق طبقات راهنما به نتیجه‌گیری پرداختند به طوری که اعداد ۱ الی ۳۶ را جایگزین حروف ارائه شده توسط (Slinger, 1948, 1949) نمودند (جدول ۵).

تعداد طبقات راهنمایی که (Watson, 1960a) برای پوش‌سنگ سازند گچساران ارائه نمود به هشت عدد می‌رسید که از تعداد لایه‌های راهنمای مورد استفاده در حال حاضر، دو لایه بیشتر است. این طبقات راهنمای اضافی شامل لایه‌های راهنمای شماره ۴۱ و ۴۳ می‌باشند. لایه‌های راهنمای ۳۹، ۴۰، ۴۲، ۴۴، ۴۵ و ۴۶ به ترتیب مربوط به لایه‌های کلیدی A, B, C, D, E و F معرفی شده توسط (Slinger, 1949) بوده که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Watson, 1960b) طبقات راهنمای میدان گچساران (Watson, 1960a & Child, 1944) را با سایر طبقات راهنمای میدان‌های آغاچاری (Slinger, 1948, 1949)،





شکل ۶: لایه راهنمای A در گروه چهار انیدریت شاخص در Stage III (بخش هفتم) (میدان آغاچاری) (اقتباس از Slinger, 1948)؛ (سبز: انیدریت، آبی: آهک، خاکستری: مارن خاکستری)

تقسیم می‌گردد. آخرین تعریف ارائه شده از بخش‌های هفت‌گانه سازند گچساران (Oswald, 1978) به قرار زیر می‌باشد:

بخش هفت: رأس بالاترین لایه انیدریت، شروع بخش هفتم و سازند گچساران می‌باشد. سنگ‌شناسی اغلب شامل انیدریت و مارن خاکستری و به میزان کمتر آهک.

بخش شش: شروع این بخش از سازند (حین حفاری) با ظهور اولین لایه مارن قرمز می‌باشد. سنگ‌شناسی اغلب شامل انیدریت، مارن قرمز و خاکستری و به میزان کمتر نمک.

بخش پنج: شروع این بخش در قاعده آخرین لایه مارن قرمز قابل توجه در نظر گرفته می‌شود. سنگ‌شناسی شامل انیدریت، مارن‌های خاکستری و قرمز (اغلب خاکستری) و به میزان کمتر آهک و گاهی نمک.

بخش چهار: شامل لایه‌های نمک ضخیم و انیدریت همراه با تناوب مارن می‌باشد. بخش چهار ضخامت بسیار متنوعی در چاه‌های مختلف داشته که به دلیل چین خوردگی بسیار زیاد بدلیل وجود طبقات نمکی نیز می‌باشد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، Slinger (1948, 1949) هر یک از استیج‌ها را به‌طور جداگانه نامگذاری نموده و بخش پوش‌سنگ را از Stage I جدا نموده است. (Gregorian, 1962) لایه‌های راهنمای سازندهای میشان، گچساران و رأس آسماری در میدان اهواز را مطالعه و معرفی نمود. لایه‌های راهنمای ۱ الی ۳ مربوط به فارس میانی، ۴ الی ۱۱ مربوط به بخش هفتم، ۱۲ الی ۲۵ مربوط به بخش ششم، ۲۶ الی ۳۰ مربوط به بخش پنجم، ۳۱ مربوط به بخش چهارم، ۳۲ الی ۳۹ مربوط به بخش سوم، ۴۰ مربوط به بخش دوم، ۴۱ الی ۴۷ مربوط به بخش پوش‌سنگ و لایه راهنمای ۴۸ مربوط آهک آسماری توصیف کامل و تصاویر لایه‌های راهنمای معرفی شده از سازند گچساران، به تفصیل و به‌طور جداگانه در بخش‌های مختلف، در نوشتار آتی اشاره خواهد شد.

#### نتیجه‌گیری:

۱- سازند گچساران به ۷ بخش غیر رسمی از بالا به پایین شامل بخش ۷ در زیر سازند میشان یا آغاچاری الی بخش یک یا پوش‌سنگ در قاعده

جدول ۳: انطباق لایه‌های راهنمای سری فارس پایینی در میدین گچساران، آغاچاری، هفتکل، نفت سفید، لالی و مسجد سلیمان توسط Watson (1960b) مربوط به بخش‌های ۷ الی ۴

بخش	گچساران (Watson, 1960a)	گچساران (Child, 1944)	آغاچاری (Slinger, 1948,1949)	هفتکل (Child, 1939)	نفت سفید (Watson, 1950)	لالی و مسجد سلیمان (Richardson, 1939)
۷	۱	---	A	رأس انیدریت ضخیم	۶	رأس انیدریت ضخیم
	۲	۲	انیدریت	S	۹	انیدریت نازک
	۳	۳	E	G	۱۲	آهک نازک
۶	۴	۴	A	رأس مارن قرمز	۱۳	آهک صدف‌دار
	۵	---	D	---	---	---
	۶	۴/۲	G	طبقات حاوی Oyster	---	---
	۷	۳/۴	آهک	آهک روتالیددار	۱۹	آهک روتالیددار
	۸	۴/۴	---	---	---	---
	۹	۵	A	انیدریت	۲۰	انیدریت
	۱۰	۵a	---	---	---	---
۵	۱۱	۵b	B?	---	---	---
	۱۲	۶a	آهک	---	---	---
	۱۳	۷	C	---	---	---
	۱۴	۸	---	---	۲۱	آهک صدف‌دار
	۱۵	۹a	---	---	---	---
	۱۶	---	---	Carb E	۲۲	پلی‌هالیت؟
	۱۷	۱۲	F	۱۲	۲۳	---
	۱۸	۱۲a	---	۱۲a	---	---
	۱۹	۱۳	---	۱۳	---	---
	۲۰	۱۴	G	۱۴	۲۴	انیدریت
	۴	۲۱	۱۴a	H	طبقات حاوی Oyster	---
۲۲		---	I	---	---	---
۲۳		---	J	---	۲۵	---
۲۴		۱۴b	---	طبقات حاوی شکم‌پایان ۱	---	---
۲۵		---	---	Carb D2	---	---
۲۶		---	---	---	---	---
۲۷		۱۴d	---	---	---	---

جدول ۴: انطباق لایه‌های راهنمای سری فارس پایینی میداین گچساران، آغاچاری، هفتکل، نفت سفید، لالی و مسجد سلیمان توسط Watson (1960b) مربوط به بخش‌های ۳ الی ۱

بخش	گچساران (Watson, 1960a)	گچساران (Child, 1944)	آغاچاری (Slinger, 1948,1949)	هفتکل (Child, 1939)	نفت سفید (Watson, 1950)	لالی و مسجد سلیمان (Richardson, 1939)
۳	۲۸	۱۵	K	B1	۲۷	انیدریت
	۲۹	۱۶	L	شیل بیتومینه	۲۸	شیل بیتومینه
	۳۰	۱۶a	---	آهک روتالیدار	---	---
	۳۱	۱۶b	M	آهک	---	---
	۳۲	۱۷	---	انیدریت	۲۹	Carb D
	۳۳	۱۸	---	آهک	---	---
	۳۴	۱۹	O	B2	۳۰	نمک
۲	۳۵	---	---	آهک میلیویدار	۳۲	---
	۳۶	۱۹/۲	P	آهک	۳۳	---
	۳۷	---	انیدریت	انیدریت	انیدریت	---
	۳۸	---	Q	آهک میان‌لایه ۲	۴۲۴	انیدریت؟
	۳۹	۱۹/۴	A	انیدریت	۳۶	انیدریت
	۴۰	۱۹/۵	B	---	---	---
	۴۱	---	انیدریت	انیدریت	انیدریت	Carb E
Cap Rock	۴۲	۲۰	C	آهک میلیویدار	۳۸	آهک میلیویدار
	۴۳	۲۰/۱	آهک	---	---	---
	۴۴	۲۰/۲	D	آهک میلیویدار	---	---
	۴۵	۲۰/۳	E	---	---	---
	۴۶	۲۰/۴	F	---	---	---
	۴۷	۲۱	آهک	آهک	آهک	آهک
	آهک آسماری	---	---	---	---	---

جدول ۵: انطباق لایه‌های راهنمای Stone and Watson (1962) و Slinger (1948, 1949)

Member	7	6	5	4	3	2	Cap Rock
Stage	III	II		I			
1949 1948, Slinger,	A-E	A-H	A-G	H-J	K-N	O-Q	A-F
Stone & Watson, 1962	1-5	6-13	14-19	20-23	24-27	28-30	31-36

کمتر آهک‌های نازک‌لایه بوده که بخش عمده آن شامل نمک نیز می‌باشد. بخش یک (پوش‌سنگ): شامل هفت لایه نازک آهک با ضخامت ۱۰ الی ۲۰ فوتی در بین لایه‌های انیدریتی است که عموماً حاوی سه لایه بیتومینه می‌باشد. پوش‌سنگ همواره با یک لایه انیدریت با ضخامت دو الی سه

بخش سه: عمدتاً شامل تناوب انیدریت و مارن‌های خاکستری همراه با آهک‌های نازک می‌باشد. گاهی حاوی شیل‌های بیتومینه به‌ویژه در نزدیک رأس بوده که ممکن است در حین حفاری با بخش پوش‌سنگ اشتباه شود. بخش دو: شامل تناوب لایه‌های نمک، انیدریت و مارن و به میزان

(بخش ۳)، ۴۰ (بخش ۲)، ۴۱ الی ۴۷ (پوش‌سنگ) و ۴۸ (سازند آسماری).

۳- به‌طور کلی لایه‌های راهنمای معرفی شده از سازند گچساران توسط افراد مختلف، اغلب محدود به یک یا چند ساختمان نزدیک به آن بوده و فقط در همان محدوده قابل پیگیری و انطباق می‌باشد. لذا بسط دادن لایه‌های راهنمای به تمامی ساختمان‌ها در سراسر زون دزفول عملاً غیر ممکن می‌باشد.

۴- از رأس سازند گچساران تا قاعده این سازند تعداد زیادی لایه‌های راهنما توسط افراد متعددی معرفی شده که در حال حاضر فقط لایه‌های راهنمای شش‌گانه معرفی شده توسط Slinger (1948, 1949) مربوط به بخش پوش‌سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند که از بالا به پایین شامل لایه‌های راهنمای A, B, C, D, E و F می‌باشد.

#### منابع:

- خسرو تهرانی، خ. (۱۳۷۶). زمین‌شناسی ایران. دانشگاه پیام نور.
- مطیعی، ه. (۱۳۷۲). زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی زاگرس. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Busk, H.G. & Mayo, H.T. (1918). Some notes on the geology of the Persian Oil fields. *Jurnal Institution Petroleum Technology*, 5: 3-33.
- Child, J.G. (1936). Haftkel Wells. The Examination and Correlation of Stage III Lower Fars. Anglo-Iranian Oil Company, Report No. 508. (Unpublished)
- Child, J.G. (1937). A Correlation to the Study of the Lower Fars at Aghajari and Pazanan and a Correlation of the Wells, Based mainly on Distinctive Limestone. Anglo-Iranian Oil Company, Report No. 562. (Unpublished)
- Child, J.G. (1939). The Study of Lower Fars Stage I in the Haftkel Wells. Anglo-Iranian Oil Company, Report No. 629. (Unpublished)

فوتی (لایه راهنمای نخست) شروع شده و در ادامه حاوی یک لایه شیل بیتومینه (لایه راهنمای دوم) می‌باشد و تا انتها چهار لایه راهنمای دیگر وجود دارد.

۲- از رأس سازند گچساران تا قاعده این سازند تعداد زیادی لایه‌های راهنما توسط افراد متعددی معرفی شده که مهمترین آنها به شرح زیر می‌باشد: - Child (1944): تعداد ۲۱ لایه راهنما و ۱۷ زیر لایه براساس میدان گچساران. ۱ الی ۳ (بخش ۷)، ۴ (بخش ۶)، ۵ الی ۱۳ (بخش ۵)، ۱۴ (بخش ۴)، ۱۵ الی ۱۸ (بخش ۳)، ۱۹ الی ۱۹/۳ (بخش ۲)، ۱۹/۴ الی ۲۰/۴ (پوش‌سنگ)، ۲۱ (سازند آسماری).

- Slinger (1948, 1949) تعداد ۳۶ لایه راهنما براساس میدان آغا‌جاری. A تا E (بخش ۷)، A تا H (بخش ۶)، A تا Q (بخش‌های ۵ الی ۲) لایه‌های راهنمای A, B, C, D, E و F (پوش‌سنگ).

- Watson (1950) تعداد ۳۸ لایه راهنما براساس میدان نفت سفید. ۱ الی ۳ (بخش ۷)، ۴ الی ۸ (بخش ۶)، ۹ الی ۱۹ (بخش ۵)، ۲۰ الی ۲۷ (بخش ۴)، ۲۸ الی ۳۳ (بخش ۳)، ۳۴ الی ۳۸ (بخش ۲)، ۳۹ الی ۴۶ (پوش‌سنگ) و ۴۷ (سازند آسماری).

- Watson (1960a) تعداد ۴۷ لایه راهنما براساس میدان گچساران. ۱ الی ۵ (سازند میشان)، ۶ الی ۱۲ (بخش ۷)، ۱۳ الی ۱۹ (بخش ۶)، ۲۰ الی ۲۳ (بخش ۵)، ۲۴ الی ۲۶ (بخش ۴)، ۲۷ الی ۲۹ (بخش ۳)، ۳۰ (بخش ۲) و ۳۱ الی ۳۸ (پوش‌سنگ).

- Gregorian (1962) تعداد ۴۸ لایه راهنما براساس میدان گچساران. ۱ الی ۳ (سازند میشان)، ۴ الی ۱۱ (بخش ۷)، ۱۲ الی ۲۵ (بخش ۶)، ۲۶ الی ۳۰ (بخش ۵)، ۳۱ (بخش ۴)، ۳۲ الی ۳۹

- Oil Company, Report No. 721. (Unpublished)
- Slinger, F.C.P. (1949). The Aghajari cap rock Gachsaran Formation Member 1. American Iranian Oil Company, Report No. 751. (Unpublished)
  - Slinger, F.C.P. & Chrichton, J.G. (1959). The geology and development of Gachsaran field southwest Iran. Proc. Fifth world petroleum congress, Section 1: 349-375.
  - Stöcklin, J. & Setudehnia, A. (1970). Stratigraphic Lexicon of Iran. Geological Survey of Iran, Report No. 18, 376 p.
  - Stone, A.J. & Watson, S.E. (1962). Aghajari, Lower Fars key beds correlation. American Iranian Oil Company, Report No. 1014. (Unpublished)
  - Strong, M.W. (1937). Micro petrographic methods as an aid to the stratigraphy of chemical deposits. Second World Petroleum Congress, Paris, 1: 395-399.
  - Verteuil, J.P.D & Child, J.G. (1929). The Correlation of the Cap Rock Series, Haftkel. American Iranian Oil Company, Report No. 348. (Unpublished)
  - Watson, S.E. (1950). Naft-e-Sefid, Notes on the Correlation of Middle and Lower Fars. Iranian Oil Exploration and Producing Company, Report No. 946. (Unpublished)
  - Watson, S.E. (1960a). Revision of the Lower Fars key beds in the Gachsaran Field. Iranian Oil Exploration and Producing Company, Report No. 946. (Unpublished)
  - Watson, S.E. (1960b). Correlation of the Lower Fars key beds in fields. Iranian Oil Exploration and Producing Company, Report No. 954. (Unpublished)
  - Child, J.G. (1944). Lower Fars key beds in Gachsaran area. Anglo-Iranian Oil Company, Report No. 647. (Unpublished)
  - Elder, S. (1943). Comparative Stratigraphic Columns of Middle and Lower Fars, Stages 3 and 2 of The Central Area. Iranian Oil Exploration and Producing Company, Report No. 641. (Unpublished)
  - Gregorian, O. (1962). Ahwaz Middle and Lower Fars Key Beds. Iranian Oil Exploration and Producing Company, Report No. 1076. (Unpublished)
  - James, G.S. & Wynd, J.G. (1965). Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement area. American Association Petroleum Geology, B, 49 (12): 2182-2245.
  - Loftus, W. (1855). On the Geology of portions of the Turco-Persian frontier and of the districts adjoining. Quarternary Journal of the Geological Society, 11 (1-2): 247-344.
  - Oswald, D.H. (1978). The Gachsaran Formation of Gachsaran Field. Oil Service Company of Iran, Report No. 1281. (Unpublished)
  - Pilgrim, G.E. (1908). The geology of the Persian Gulf and the adjoining portions of Persia and Arabia. Mem. Geology Survey India, 24 (4): 1-177.
  - Richardson, R.K. (1926). Die Geologie und die Salzdome im suedwestlichen teile des Persischen Gulfes: Verh Naturh - med Ver Heidelberg, 15 (4): 375-424. (In Germany)
  - Richardson, F.D.S. (1939). Lower Fars stratigraphy summary of outcrop evidences. American Iranian Oil Company, Report No. 611. (Unpublished)
  - Slinger, F.C.P. (1948). Lower Fars key beds at Aghajari area. American Iranian



## رده‌بندی، توصیف و زیست‌پهنه‌های کیتینوزوآهای دونین پسین سازند

### خوش‌ییلاق در برش خوش‌ییلاق، البرز شرقی

فاطمه طاهریان<sup>۱</sup>، فاطمه واعظ جوادی<sup>۲\*</sup> و سید حمید وزیری<sup>۳</sup>

۱- دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲- دانشیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹

\*مسئول مکاتبات: فاطمه واعظ جوادی، [vaezjavadi@ut.ac.ir](mailto:vaezjavadi@ut.ac.ir)

### چکیده

کیتینوزوآهای متنوع و خوب حفظ شده‌ای در دونین پسین سازند خوش‌ییلاق در مجاورت روستای خوش‌ییلاق، البرز شرقی حضور دارند. این سازند دربردارنده‌ی ۹ گونه متعلق به ۳ جنس است. رده‌بندی، توصیف و زیست‌پهنه‌بندی گونه‌های کیتینوزوآی این برش در این مقاله انجام می‌شود. گونه‌های شاخص دونین نظیر *Angochitina echinata*، *Angochitina devonica*، *Sphaerochitina sp. cf. S. sphaerocephala* و *Fungochitina pilosa* شناسایی شدند. سه زیست‌پهنه بر اساس اولین و آخرین حضور مشاهده شده گونه‌های کیتینوزوآ معرفی می‌شوند. این زیست‌پهنه‌ها به ترتیب از قدیم به جدید عبارت هستند از: زیست‌پهنه ۱: I: *Angochitina devonica* Taxon Range Zone زیست‌پهنه ۲: *Angochitina devonica-Fungochitina pilosa* Interval Zone و زیست‌پهنه ۳: *Angochitina ecinata-Fungochitina pilosa* Assemblage Zone. II: برخی کیتینوزوآها نظیر گونه‌های *A. devonica*، *F. pilosa* و *S. sp. cf. S. sphaerocephala* به طور نزدیکی قابل مقایسه با مجموعه‌های هم ارز گزارش شده از آمریکای شمالی و جنوبی، لیبی، اسپانیا و بالتیک می‌باشند. این امر نشان دهنده‌ی ارتباط نزدیک صفحه‌ی ایران با سایر بخش‌های شمالی گندوانا و جنوبی لورازیا در خلال دونین پسین است. به‌علاوه، شواهد دیرینه‌شناسی و سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که سازند خوش‌ییلاق در یک محیط دریایی، تقریباً نزدیک ساحل و با انرژی پایین در میان حوضه‌ی البرز و در امتداد اقیانوس پالئوتتیس در این فاصله زمانی نهشته شده است.

**واژه‌های کلیدی:** دونین پسین، کیتینوزوآ، رده‌بندی، زیست‌پهنه‌بندی، سازند خوش‌ییلاق، البرز.

## Classification, description and biozonation of the Late Devonian Khoshyeilagh Formation Chitinozoans in Khoshyeilagh section, eastern Alborz

Fatemeh Taherian<sup>1</sup>, Fatemeh Vaez-Javadi<sup>\*2</sup> and Seyed Hamid Vaziri<sup>3</sup>

- 1- Ph.D., Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Islamic Republic of Iran
- 2- Department of Soft rock geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Islamic Republic of Iran;;
- 3- Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Islamic Republic of Iran

\*Corresponding author: Fatemeh Vaez-Javadi, [vaezjavadi@ut.ac.ir](mailto:vaezjavadi@ut.ac.ir)

### Abstract:

Diverse and well preserved chitinozoans occur in the Late Devonian Khoshyeilagh Formation near the Khoshyeilagh village, northeastern Alborz. This formation consists of nine species assigned to three genera. Classification, description, and biostratigraphy of species were done herein. The vertical distribution of chitinozoans allows the erection within these sediments of three local biozones. These biozones are in descending order: Biozone I: *Angochitina devonica* Taxon Range Zone occurs, Biozone II: *A. devonica*- *Fungochitina pilosa* Interval Zone Interval Zone, and Biozone III: *Angochitina echinata*-*Fungochitina pilosa* Assemblage Zone. Some of the chitinozoan species such as, *A. devonica*, *F. pilosa*, and *Sphaerochitina* sp. cf. *S. sphaerocephala*, are closely comparable with coeval assemblages recorded from the Baltic, Libya, South America, and North America. This indicates the close relationship of the Iranian Platform to other parts of the northern Gondwana and southern Laurentian Domain during the Late Devonian.

Moreover, palaeontological and lithological evidence indicates that the Khoshyeilagh Formation was deposited in a low energy, somewhat offshore, normal marine environment within the Alborz Basin, along the Palaeo-Tethys Ocean during this time interval.

**Keywords:** Upper Devonian, Chitinozoans, Classification, Biozonation, Khoshyeilagh Formation, Alborz.

## مقدمه

دونین پسین برای این لایه‌ها در نظر گرفته شد. به علاوه، بر اساس مطالعات کنودونت‌های سازند خوش‌ییلاق سن دونین پیشین تا پسین برای این سازند پیشنهاد گردید (Hamdi & Janvier, 1981). عاشوری (۱۳۷۳)، به کمک کنودونت‌ها، سن عضوهای (Member) ۱ و ۲ سازند خوش‌ییلاق را آیفیلین دانست. قویدل سیوکی (۱۳۵۵) بر اساس پالینومورف‌های محل برش الگوی این سازند، لایه‌های شیلی تیره رنگ سازند پادها و خوش‌ییلاق را به سن دونین پسین تعیین کرد. مطالعات دیگر عضو ۶ تا ۱۷ سازند خوش‌ییلاق، سن فراسنین - فامنین را برای این واحد سنگی نشان داده است (Coquel et al., 1977). همچنین، بر اساس مطالعات صورت گرفته روی پالینومورف‌های دریایی (اکریتارک‌ها و پراسینوفیت‌ها) و خشکی (میوسپورها) این ناحیه، برای مجموع سازندهای پادها و خوش‌ییلاق در برش الگو، سن دونین پسین تعیین شد (Taherian et al., 2020 & 2022). مطالعات پالینولوژیکی سایر پهنه‌های هم‌ارز، از جمله سازندهای پادها و خوش‌ییلاق کوه ازوم واقع در شمال ناحیه جاجرم، سن دونین پسین را نشان می‌دهد (Ghavidel-Syooki & Owens, 2007). به علاوه، واعظ جوادی (۱۳۷۳) بر اساس مطالعات پالینولوژیکی بر روی میوسپورها و اکریتارک‌های سازند جیروود (هم‌ارز بخش بالایی سازند خوش‌ییلاق) سن دونین پسین را خاطر نشان نمود. سایر مطالعات پالینولوژیکی پهنه‌های هم‌ارز سازند خوش‌ییلاق نیز سن دونین پسین را برای این برش‌ها در سایر نقاط ایران خاطر نشان می‌سازد (Kimyai, 1972 & 1979)؛ Hashemi, 1998؛ Ghavidel-Syooki, 1994, 1995, 1998). اولین برش نمونه‌ی سازند خوش‌ییلاق توسط بزرگ‌نیا و همکاران (۱۳۵۰)

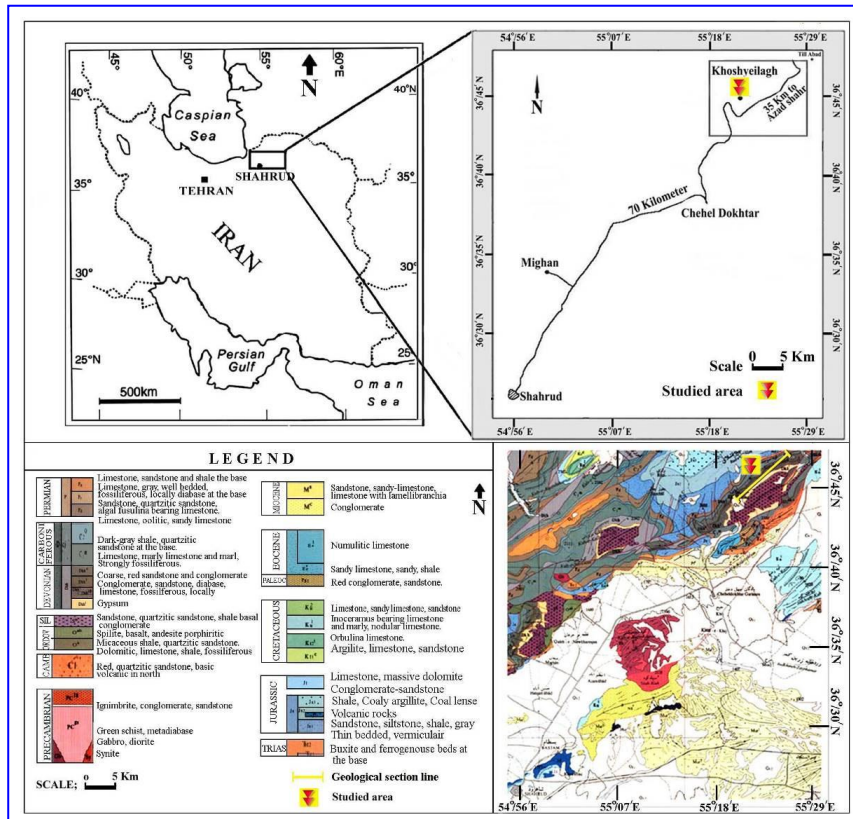
رسوبات دونین ایران توسط محققین بسیاری مطالعه شد (Assereto & Gaetani, 1964)؛ Kimyai, 1972, 1979؛ واعظ جوادی، ۱۳۷۳؛ Coquel et al., 1977؛ قویدل سیوکی و مهدویان، ۱۳۸۹؛ Ghavidel-Syooki, 1994, 1995, 1998, 2001؛ قویدل سیوکی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Hashemi & Playford, 1998؛ Ghavidel-Syooki et al., 2007؛ Owens, 2011؛ قویدل سیوکی و طاهریان، ۱۳۹۱؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۶ و (Taherian et al., 2020). توالی‌های پالئوزوئیک ناحیه‌ی خوش‌ییلاق از لحاظ چینه‌شناسی به ترتیب از قدیم به جدید شامل سازندهای قلی، سلطان‌میدان، پادها، خوش‌ییلاق (برش الگو) و سازند مبارک می‌باشد. مطالعات پالینولوژی سازندهای قلی و سلطان‌میدان نشان می‌دهد که این لایه‌ها به سن اردویسین (Katian-Hirnantian) تا سیلورین پسین (Gorstian) هستند (Ghavidel-Syooki et al., 2011). سازند پادها در این ناحیه عمدتاً متشکل از لایه‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگی در پایین و تناوب لایه‌های دولومیتی- آهکی و شیل‌های تغییر شکل‌یافته در بالا می‌باشد. بر مبنای مطالعات پالینولوژی، سن سازند پادها در بخش‌های مختلف ایران، دونین پسین برای بخش‌های بالایی آن تعیین گردید (Ghavidel-Syooki, 2001)؛ قویدل سیوکی، ۱۳۵۵؛ طایفه خبازی، ۱۳۷۴؛ موسوی، ۱۳۷۴؛ مهدویان، ۱۳۸۹؛ شفیعی، ۱۳۸۷؛ قویدل سیوکی و طاهریان، ۱۳۹۰). سازند خوش‌ییلاق در برش الگو بر پایه‌ی براکیوپودها، به سن دونین میانی تا پسین تعیین شد (Brice et al., 1975)؛ Brice, 1985). قابل ذکر است میکروفسیل‌های این سازند در محل برش الگو توسط بزرگ‌نیا (Bozorgnia, 1973) مطالعه شد و سن ژئوسین-

### موقعیت جغرافیایی ناحیه‌ی خوش بیلاق

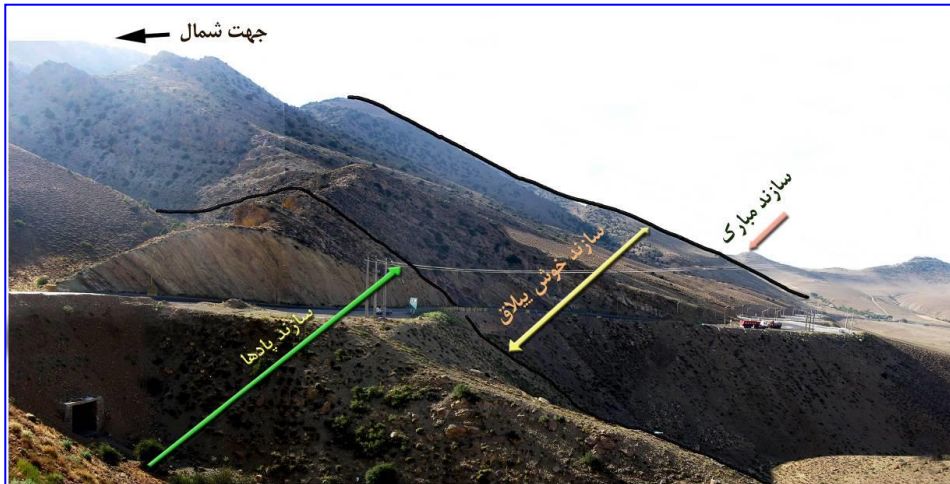
برش مورد مطالعه در ۵ کیلومتری غرب روستای خوش بیلاق و در ۷۰ کیلومتری شمال شرق شاهرود از توابع شهرستان شاهرود واقع در استان سمنان و به فاصله‌ی ۵۰۰ کیلومتری از شمال شرق تهران، با مختصات جغرافیایی ۴۵' ۳۶° عرض شمالی و ۲۰' ۵۵° طول شرقی قرار دارد. این سازند متشکل از لایه‌های آهک فسیل‌دار، شیل و ماسه‌سنگ می‌باشد و ستبری آن در برش مورد مطالعه‌ی این تحقیق ۸۰۲ متر است (شکل های ۱ و ۲).

مطالعه شد. برش نمونه این سازند با ستبری ۱۳۵۰ متر در ناحیه خوش بیلاق در ۶۵ کیلومتری شمال شرق شاهرود و ۵۰ کیلومتری آزادشهر قرار دارد. در مطالعه‌ی مذکور مشخص گردید که این سازند به عنوان برش نمونه‌ی سنگ‌های دونین میانی - بالایی البرز خاوری،

یکی از ستبرترین ردیف‌های دونین البرز است به طوری که سازند آواری-تخیری پادها در زیر و سازند آهکی مبارک در بالای آن قرار دارد و مرزهای بالا و پایین آن تدریجی است (Assereto & Gaetani, 1964; Bozorgnia, 1973).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، راه‌های ارتباطی و نقشه‌ی زمین‌شناسی ناحیه‌ی خوش بیلاق از توابع شهرستان شاهرود (نقشه زمین‌شناسی برگرفته از شهری، ۱۳۶۹).



شکل ۲- توالی سازندهای پادها، خوش بیلاق و مبارک ناحیه‌ی خوش بیلاق.

به منظور جداسازی کانی‌های سنگین و تغلیظ، نمونه‌ها به کمک بروماید روی ( $ZnBr_2$ ) سانتریفیوژ شده و نهایتاً درون شیشه‌های کوچک درب دار (ویال) قرار گرفتند. سپس، اسلاید میکروسکوپی از آنها تهیه شد. نمونه‌های دارای کیفیت بهتر هم با میکروسکوپ نوری (LM) و هم با میکروسکوپ الکترونیکی (SEM) عکسبرداری و شناسایی شدند. سپس، زیست‌پهنه‌بندی کیتینوزوآها تشخیص داده شد و ترسیم گردید.

#### رده‌بندی کیتینوزوآهای برش خوش بیلاق

رده‌بندی (سیستماتیک) کیتینوزوآها که گروهی از پالینومورف‌های دریایی می‌باشند در این مقاله به طور مفصل شرح داده می‌شود. تعداد ۹ گونه کیتینوزوآ متعلق به ۳ جنس در برش خوش بیلاق شناسایی شد. شکل کلی کیتینوزوآها کوزه‌ای تا گلدانی بوده و دارای گردنی با درازای متفاوت و یک دهانه است (شکل‌های شماره ۳ و ۴؛ Plates 1, 2).

#### روش پژوهش

به منظور شناسایی پالینومورف‌های برش «خوش بیلاق»، ۲۷۰ نمونه از این برش برداشت گردید که از این میان ۱۶۷ نمونه جهت مطالعات پالینولوژی آماده شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه تحت روش Playford & Phipps (۱۹۸۴)، اسیدشویی شدند. در این روش، ابتدا از هر نمونه رسوبی، حدود ۷۰ گرم خرد شد و در اسید کلریدیک ۱۰٪ به مدت یک شبانه روز قرار گرفت. سپس، با استفاده از الک نایلونی با قطر چشمه‌های ۲۰ میکرون غربال شد. بعد، محتوای حاصله به مدت ۴۸ ساعت در اسید فلوئوریدیک ۴۰٪ قرار گرفت تا سیلیکات‌های آن حل شد. مجدداً، با الک نایلونی غربال شد و در بشر کوچک‌تر شیشه‌ای (با حجم ۱۰۰ سانتیمتر مکعب) قرار گرفت و با اسید کلریدیک ۱۰٪ به مدت نیم ساعت حرارت داده شد تا باقیمانده‌های رسوبات آهکی حل شود.

می‌باشند. خارها پهن و بطور کلی شفاف هستند و در مقطع، به شکل بلند و نازک مشاهده می‌شوند (شکل ۳، تصاویر ۵-۱).

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی این گونه در نمونه TDKh-191 بوده و تا نمونه TDKh-291 سازند خوش‌بیلاق ادامه می‌یابد. این گونه در زیست‌پهنه I کیتینوزوآها به تعداد ۱۱ عدد با فراوانی معمول (Common) و با سن دونین پسین در برش خوش‌بیلاق مشاهده می‌شود.

***Angochitina echinata* Eisenack, 1931**

1931 *Angochitina echinata* Eisenack, p. 82, pl. 1, figs. 6-7.

1968 *Angochitina echinata* Eisenack; p. 177, pl. 31, fig. 16.

1974 *Angochitina echinata*: Laufeld; p. 53, figs. 16, 17.

2001 *Angochitina* sp. cf. *A. echinata*: Grahn & Gutiérrez; p. 47, fig. 10, D, fig. 14.

2011 *Angochitina echinata*: Nestor; p. 200, pl. 8, figs. G, H.

**توصیف:** این گونه دارای حجره‌ی بدنی (وزیکول) کوچک تا متوسط است. بدنه در وسط محور طولی تقریباً دارای بیشترین پهنا است. گردن استوانه‌ای شکل و پهن می‌باشد. خارهای سوزنی شکل ریز به طور مساوی روی بدنه‌ی این گونه و همچنین، در قسمت تحتانی گردن توزیع شده است (شکل شماره ۳، تصاویر ۱۱ و ۱۲).

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی (FOD) این گونه در نمونه‌ی TDKh-331 سازند خوش‌بیلاق است و تا نمونه TDKh-343 ادامه می‌یابد. این گونه در زیست‌پهنه III کیتینوزوآهای سازند خوش‌بیلاق در برش خوش‌بیلاق به تعداد ۷ عدد، با فراوانی نامعمول (Uncommon) به سن فامنین حضور دارد.

***Angochitina rathbuni* Grahn and Melo, 2002** (Plate I, Figs. 5-7, 11; Plate II, Figs. 1, 2, 4)

2002 *Angochitina* sp. cf. *A. rathbuni*: Grahn et al.; p. 138, pl. 3C, text-figs. 2, 13.

Incertae sedis Group **Chitinozoa**

Eisenack, 1931

Order **Prosomatifera** Eisenack, 1972

Family **Lagenochitinidae** Eisenack,

1931 emend. Paris, 1981

Subfamily **Angochitinae** Paris, 1981

Genus **Angochitina** Eisenack, 1931

Type species: ***Angochitina echinata***

Eisenack, 1931

***Angochitina devonica* Eisenack, 1955**

(Plate I, Figs. 1-3)

1955 *Angochitina devonica* Eisenack, p. 313, pl. 1, figs. 10-12.

1958 *Angochitina devonica*: Collinson and Scott; pp. 13-15, pl. 1, figs. 6, 9, 10, 14, 18, 20, 21, 24; pl. 3, figs. 22, 26, text-fig. 4.

1961 *Angochitina* sp. cf. *A. devonica*: Staplin; p. 419, pl. 51, figs. 1-7.

1972 *Angochitina devonica*: Urban; p. 14, pl. 2, figs. 1-12.

1973 *Angochitina devonica*: Urban & Newport; p. 240, pl. 1, figs. 11-12, 14-16

1980 *Angochitina devonica*: Wright; p. 9, pl. 4, figs. 1-3.

1984 *Angochitina* sp. cf. *A. devonica*: Moreau-Benoit; p. 212, pl. V, fig. 5.

1986 *Angochitina devonica*: Paris et al.; pl. 28, figs. 7-9.

1997 *Angochitina devonica*: Wicander & Wood; p. pp. 126, 131.

2007 *Angochitina devonica*: Ghavidel-Syooki & Owens, p. 137, pl. 5, figs. 6, 8.

2012 *Angochitina devonica*: El Shamma et al.; pp. 1904, 1908, pl. 2, fig. 5.

2014 *Angochitina devonica*: Moustafa et al.; p. 1469, pl. 5, figs. 10, 11.

2016 *Angochitina devonica*: Russell; p. 39; pl. III, figs. 2-3.

2019 *Angochitina devonica*: Askew & Russell; p. 76, pl. I, fig. 6, pl. III, fig. 1.

**توصیف:** این گونه از یک حجره یا محفظه‌ی بدنی تخم مرغی شکل و یک گردن واضح و نسبتاً کوتاه تشکیل شده است. نسبت قطر به طول (ارتفاع) تقریباً ۵/۰ است. تزئینات پوسته شامل خارهایی است که به صورت دو شاخه یا چند شاخه، گسترش یافته و یا ترکیبی از این موارد می‌باشد. بیشتر نمونه‌ها دارای ترکیبی از خارهای دو شاخه یا چند شاخه‌ی گسترده با اندازه‌ی بلند یا کوتاه

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی این گونه در نمونه‌ی TDKh-331 بوده و تا نمونه‌ی TDKh-333 ادامه می‌یابد و در زیست‌پهنه III کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در برش خوش بیلاق به تعداد ۲ عدد با فراوانی کمیاب و با سن فامنین حضور یافته است.

**Genus *Fungochitina*** Taugourdeau, 1966  
Type species. *Conochitina fungiformis*  
Eisenack, 1931

***Fungochitina pilosa*** (Collinson and Scott, 1958)  
Paris in Paris, Richardson, Riegel, Streel & Vanguetaine, 1985

1958 *Sphaerochitina pilosa* Collinson and Scott, p. 21, pl. III, figs. 1-5.

1965 *Sphaerochitina pilosa*: Taugourdeau; pp. 66-67, pl. 1, figs. 28, 30.

1972 *Sphaerochitina pilosa*: Urban; p. 23, pl. 4, figs. 1-3.

1973 *Sphaerochitina pilosa*: Urban & Newport; p. 241, pl. 2, figs. 1-16.

1985 *Fungochitina pilosa* (Collinson and Scott) Paris in Paris et al.; pl. 28, figs. 3-6, 10a, b.

1986 *Sphaerochitina pilosa*: Wood, pl. 2, figs. 8, 9.

1987 *Fungochitina pilosa*: Boumendjel, pp. 122-124, pl. 21, fig. 8.

1988 *Fungochitina pilosa*: Boumendjel et al., pl. 5, fig. 9.

2002 *Fungochitina pilosa*: Grahn & Melo; p. 119, pl. I, figs. 5, 6.

2002 *Fungochitina pilosa*: Grahn et al.; p. 154, pl. 8H, text-fig. 13.

2012 *Fungochitina pilosa*: El Shamma et al.; pp. 1904, 1908.

2014 *Fungochitina pilosa*: Moustafa et al.; p. 1469, pl. 5, fig. 12.

2016 *Fungochitina pilosa*: Russell; p. 40, pl. III, fig. 4.

2019 *Fungochitina pilosa*: Askew & Russell; p. 77, pl. II, Fig. 2

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این گونه، کوچک است؛ گردن استوانه‌ای نسبتاً بلند و بدنه‌ای مخروطی و کوتاه دارد که قاعده‌ی آن اکثراً مسطح است (شکل ۴، تصویر ۲).

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این گونه متوسط و گرد می‌باشد. شانه‌ها توسعه یافته و مشخص است. خارهای سوزنی شکل و ریز به طور مساوی روی سطح حفره‌ی بدنی و قسمت تحتانی گردن توزیع شده است (شکل شماره ۳، تصاویر ۶ و ۷).

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی این گونه‌ی شاخص در نمونه TDKh-327 بوده و آخرین حضور مشاهده شده‌ی آن در نمونه‌ی TDKh-343 سازند خوش بیلاق می‌باشد. این گونه به تعداد ۱۵ عدد با فراوانی معمول در زیست‌پهنه‌های II و III کیتینوزوآهای این سازند و با سن فامنین پسین حضور دارند.

#### ***Angochitina* sp. A**

(Plate I, Figs. 10, 11)

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این جنس، گرد، با اندازه‌ی متوسط می‌باشد. اندازه‌ی گردن مساوی با ارتفاع حفره‌ی اصلی بدنه و کاملاً مشخص است. خارهای سوزنی شکل ریز به حالت خاصی روی گردن توزیع شده است (شکل ۳، تصاویر ۱۳ و ۱۴).

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی این گونه‌ی نامشخص در نمونه‌ی TDKh-331 سازند خوش بیلاق بوده و تا نمونه TDKh-343 این سازند ادامه می‌یابد. این گونه در زیست‌پهنه‌های II و III کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در برش خوش بیلاق به تعداد ۳ عدد با فراوانی کمیاب (Rare) با سن فامنین موجود است.

#### ***Angochitina* sp. B**

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این جنس گرد با اندازه‌ی متوسط می‌باشد. اندازه‌ی گردن مساوی با ارتفاع حفره‌ی اصلی و نسبت به گونه‌ی *Angochitina* sp. A پهن‌تر است. خارهای سوزنی شکل ریز به صورت منظم روی سطح پوسته توزیع شده است (شکل ۴، تصویر ۳).

### *Sphaerochitina* sp.

**توصیف:** این جنس از یک محفظه‌ی بدنی تخم مرغی شکل و یک گردن واضح و نسبتاً کوتاه تشکیل شده است. نسبت قطر حفره‌ی اصلی به طول کل (ارتفاع) تقریباً ۰/۵ است. خارها در این گونه به طور کلی شفاف و نامشخص هستند (شکل ۳، تصویر ۱۰).

**نمونه‌ها:** انتشار چینه‌شناسی این گونه از نمونه‌ی TDKh-316 تا نمونه‌ی TDKh-343 سازند خوش بیلاق است. این گونه در زیست‌پهنه‌های II و III کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در ناحیه‌ی خوش بیلاق به تعداد ۸ عدد و با فراوانی نامعمول و سن فامنین موجود می‌باشد.

### زیست چینه‌نگاری کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق

تاکنون هیچ زیست‌پهنه‌بندی برای کیتینوزوآهای دونین پسین ایران ارائه نشده است. کیتینوزوآهای این مطالعه، تنها در سازند خوش بیلاق در برش خوش بیلاق گسترش یافته‌اند و شامل ۹ گونه متعلق به ۳ جنس می‌باشند. کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در قالب سه زیست‌پهنه به طور محلی دسته‌بندی شده و معرفی می‌شوند (شکل ۵). این زیست‌پهنه‌ها به منظور تعیین سن دقیق‌تر با زیست‌پهنه‌های آکریتارک‌ها و میوسپورهای سازند خوش بیلاق و سایر زیست‌پهنه‌های استاندارد میوسپورها در مقیاس جهانی زمان دونین پسین مقایسه گردیده و تطبیق داده شد. شرح زیست‌پهنه‌های مذکور در ادامه آمده است

**نمونه‌ها:** اولین حضور مشاهده شده‌ی این گونه در نمونه‌ی TDKh-331 قرار دارد و آخرین حضور مشاهده شده‌ی آن در نمونه‌ی TDKh-343 می‌باشد. این گونه در زیست‌پهنه III کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در برش خوش بیلاق به تعداد ۱۲ عدد با فراوانی معمول و با سن فامنین حضور دارد.

### *Fungochitina* sp.

(Plate II, Figs. 3, 5)

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این جنس کوچک می‌باشد. گردن استوانه‌ای نسبتاً بلند و بدنه‌ای مخروطی و کوتاه دارد. قاعده در اکثر نمونه‌ها مسطح است (شکل ۳، تصویر ۹).

**نمونه‌ها:** این گونه در نمونه TDKh-333 و زیست‌پهنه III کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق در برش خوش بیلاق به تعداد ۳ عدد با فراوانی کمیاب و با سن فامنین حضور دارد.

### Genus *Sphaerochitina* Eisenack, 1955

Type species. *Lagenochitina sphaerocephala* Eisenack, 1932

### cf. *S. sphaerocephala Sphaerochitina* sp. Eisenack, 1932

1996 *Sphaerochitina sphaerocephala*: Paris & Grahn; p. 636, Text-fig. 2.

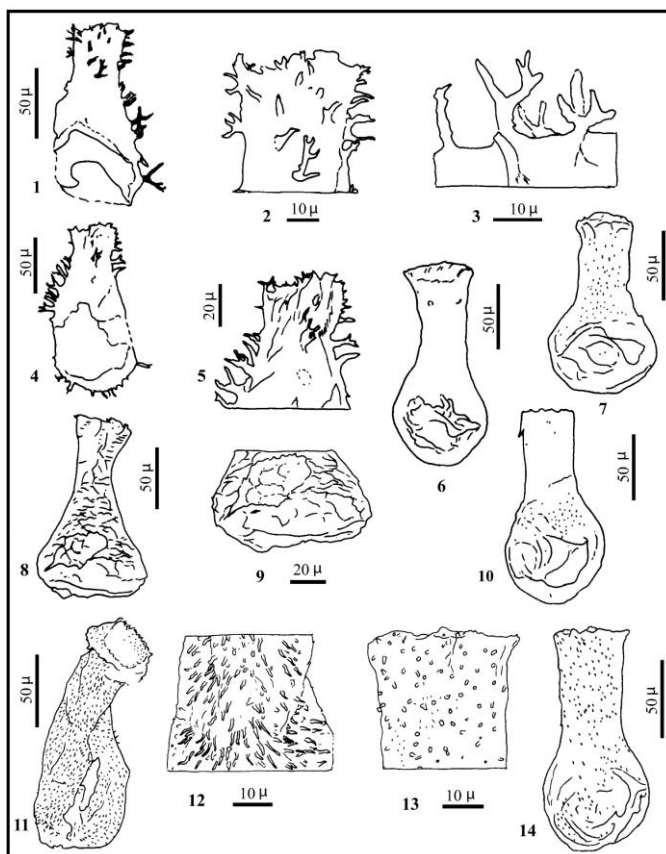
2016 *Sphaerochitina* sp. cf. *S. sphaerocephala*: Russell; p. 49, pl. IV, fig. 3.

2019 *Sphaerochitina sphaerocephala*: Askew & Russell; p. 80, pl. II, figs. 17, 18, pl. III, 8.

**توصیف:** حفره‌ی بدنی این گونه از یک محفظه‌ی تخم‌مرغی شکل و یک گردن واضح و نسبتاً کوتاه تشکیل شده است. نسبت بیشترین قطر حفره‌ی اصلی به طول کل (ارتفاع کل) تقریباً ۰/۵ است. خارها در حالت عمومی شفاف و نامشخص هستند (شکل ۴، تصویر ۱).

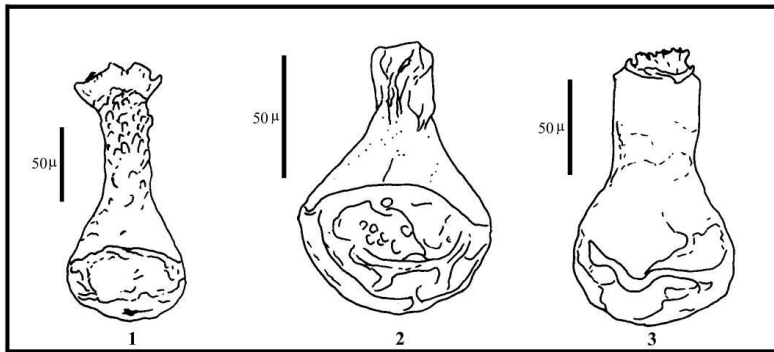
جدول ۱- اندازه‌های گونه‌های کیتینوزوآی مشاهده شده در سازند خوش بیلاق

انواع گونه های کیتینوزوآ در این مطالعه	طول کل (ارتفاع) (میکرومتر)	بلندی گردن (میکرومتر)	پهنای یقه (میکرومتر)	اندازه حجره اصلی (میکرومتر)	بیشترین عرض حجره اصلی (میکرومتر)	طول خار (میکرومتر)
<i>Angochitina devonica</i>	۱۴۲	۴۵	۳۱	۹۷	۶۶/۸	۱۷/۸
<i>Angochitina echinata</i>	۱۶۰	۷۴	۴۰	۸۶	۶۰	۳/۹
<i>Angochitina rathbuni</i>	۱۴۹-۱۰۸ (۱۲۸/۵)	۳۸ (۵۶/۵) ۷۵	۳۴/۶ (۴۲/۸) ۵۱	۷۰ (۹۱) ۱۱۲/۱	۷۱(۸۷/۳) ۱۰۳/۷	۱ (۲/۱) ۳/۲
<i>Angochitina</i> sp. A	۱۳۷/۴	۶۷/۴	۴۷/۴	۷۰	۶۶/۳	۱/۷
<i>Angochitina</i> sp. B	۱۴۰	۵۷/۷	۴۳/۳	۸۲/۳	۸۳/۷	۲/۱
<i>Fungochitina pilosa</i>	۱۰۹/۳ (۱۲۸) ۱۴۶/۸	۳۵/۴ (۵۶/۵) ۷۷/۶	۲۸ (۴۰) ۵۲	۷۳/۹ (۷۹/۱) ۸۴/۴	۸۰/۴ (۱۰۶/۷) ۱۳۳	۱/۵ (۳/۳) ۵/۲
<i>Fungochitina</i> sp.	۱۴۱/۷ (۱۴۲/۶) ۱۴۳/۵	۳۸ (۵۳) ۶۸	۲۷/۳ (۳۶/۱) ۴۵	۷۵/۵ (۸۹/۶) ۱۰۳/۷	۸۴/۸ (۸۶/۲) ۸۷/۶	۱/۵ (۲/۴) ۳/۳
<i>Sphaerochitina</i> sp. cf. <i>S. sphaerocephala</i>	۱۷۲	۹۰/۸	۴۰	۸۱/۲	۸۰	---
<i>Sphaerochitina</i> sp.	۱۴۷	۶۷	۴۰/۴	۸۰	۷۶/۲	۱/۷



شکل ۱-۳ تا ۵: *Angochitina devonica*; ۶، ۷: *Angochitina rathbuni*; ۸، ۹: *Fungochitina* sp.; ۱۰: *Sphaerochitina* sp.

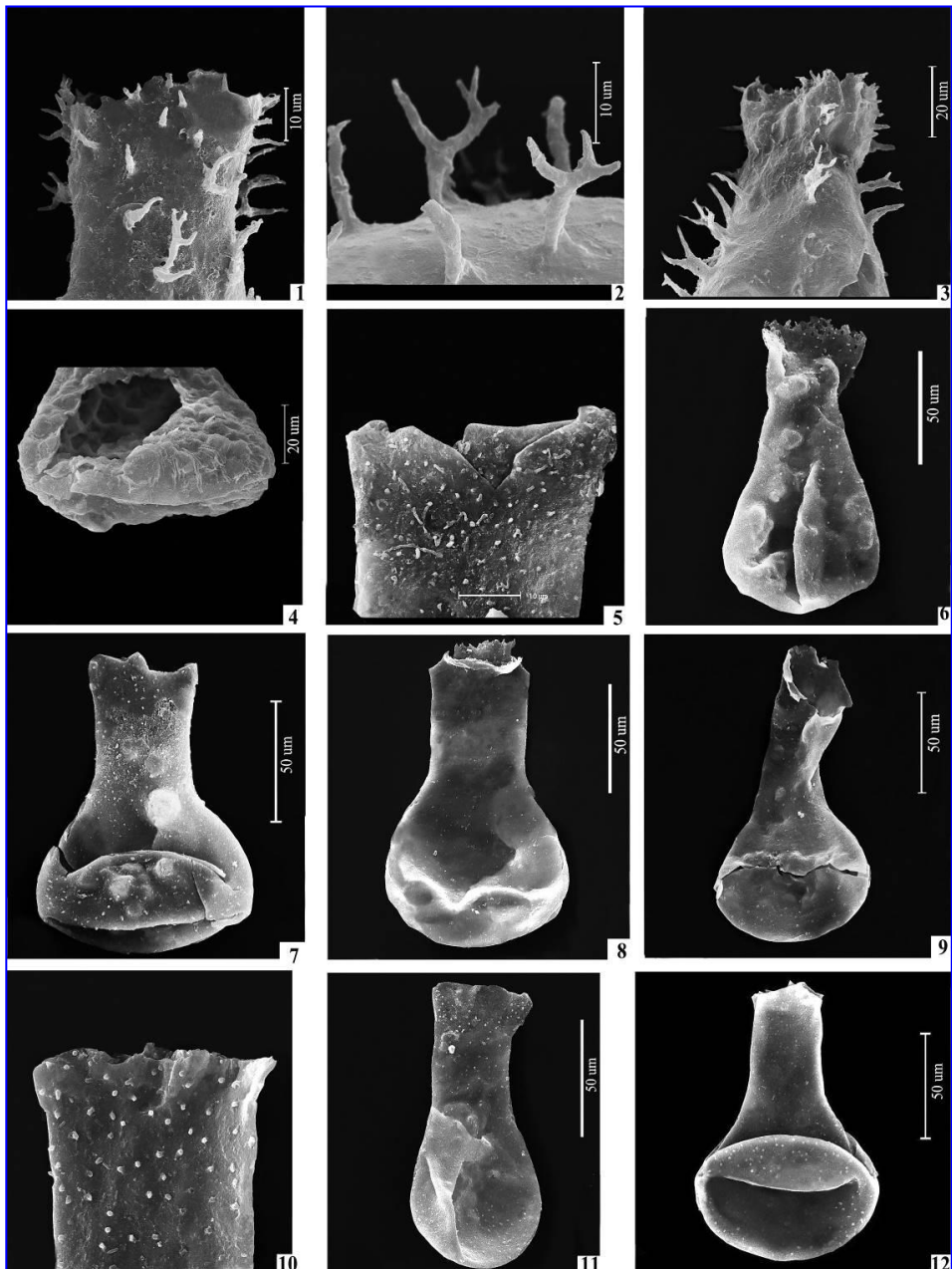
۱۱، ۱۲: *Angochitina echinata*; ۱۳، ۱۴: *Angochitina* sp. A



شکل ۴- ۱: *Sphaerochitina* sp. cf. *S. sphaerocephala*; ۲: *Fungochitina pilosa*; ۳: *Angochitina* sp.

این زیست‌پهنه در محدوده‌ی سنی فامنین پیشین از سازند خوش بیلاق گسترش دارد. زیست‌پهنه ۱ا: *Angochitina devonica*- زیست‌پهنه *Fungochitina pilosa* Interval Zone دو، یک زیست‌پهنه بینابینی است که در یک ضخامت ۲۳۶ متری از سازند خوش بیلاق گسترش دارد (TDKh-291 تا TDKh-331). سنگ‌شناسی عمده‌ی این بخش شیل است. مرز زیرین این زیست‌پهنه منطبق بر آخرین حضور مشاهده شده‌ی *Angochitina devonica* می‌باشد. این زیست‌پهنه دربردارنده‌ی گونه‌های *Sphaerochitina* sp. cf. *S. sphaerocephala* ، *Sphaerochitina* sp. و *Angochitina rathbuni* است. مرز بالایی آن منطبق بر مرز زیرین زیست‌پهنه III است. این بخش در محدوده‌ی میانی سازند خوش بیلاق با زیست‌پهنه‌ی LE میوسپوره‌های سازند خوش بیلاق (Taherian et al., 2022) و سایر نواحی جهان هم‌ارز می‌باشد (Streel et al., 1987; Maziane et al., 1999). حضور کیتینوزوآی شاخص *Angochitina rathbuni* (Grahn & Melo, 2002; Grahn et al., 2003; Grahn, 2005) در بخش انتهایی این زیست‌پهنه، سن فامنین برای آن پیشنهاد می‌گردد.

زیست‌پهنه ۱: *Angochitina devonica* Taxon Range Zone: این زیست‌پهنه با اولین و آخرین حضور مشاهده شده‌ی (FOD-LOD) گونه کیتینوزوآی *Angochitina devonica* شناخته می‌شود و ضخامت ۲۶۸ متر از بخش زیرین تا میانی سازند خوش بیلاق را دربر می‌گیرد (TDKh-191 تا TDKh-291). سنگ‌شناسی (لیتولوژی) این بخش عمدتاً از لایه‌های آهکی با قطعات کمی از دولومیت، دیاباز، دولومیت و سنگ آهک‌های دارای تبلور مجدد و فاقد فسیل (نمونه های ۱۹۱ تا ۲۹۱) و همچنین، سنگ آهک‌های دولومیتی با لایه‌بندی نازک تا متوسط و سنگ آهک‌های رسی خاکستری تیره به همراه ۹۰ متر ماسه‌سنگ قرمز می‌باشد. این زیست‌پهنه‌ی با زیست‌پهنه‌ی LE میوسپوره‌های سازند خوش بیلاق ناحیه‌ی خوش بیلاق (Taherian et al., 2022) و با زیست‌پهنه‌های VH و LL استاندارد جهانی (Streel et al., 1987) و همچنین با زیست‌پهنه *-pusillites fructifera* از تقسیمات ریچاردسون و مک گرگور (Richardson & McGregor, 1986) قابل مقایسه است.

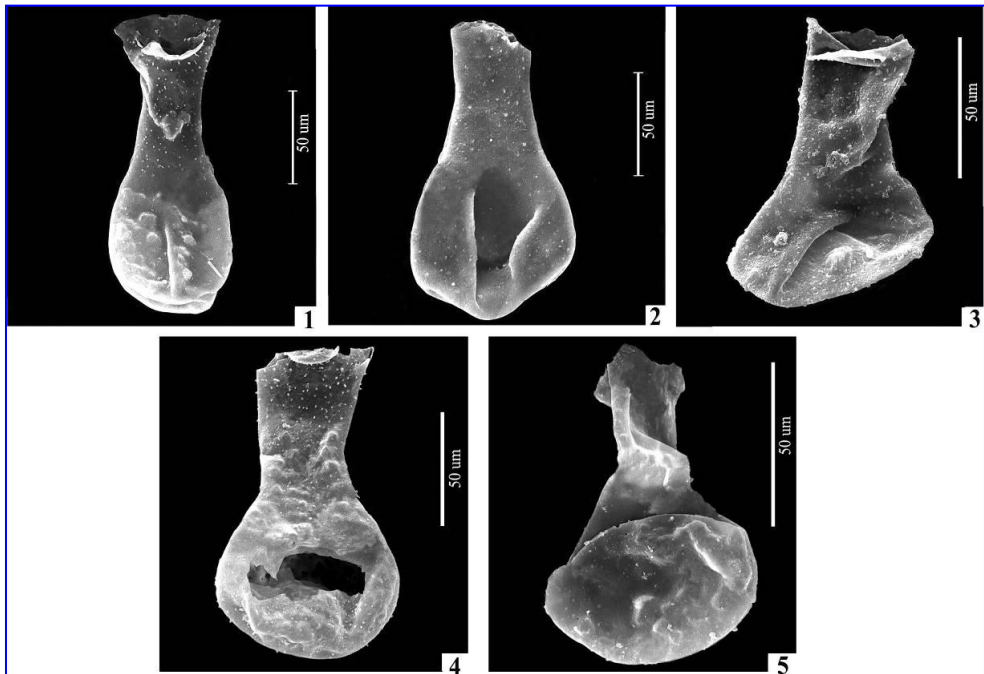


**Plate I-** 1-3- *Angochitina devonica* Collinson and Scott, 1958 (Sample TDKh-291); 4- *Fungochitina* sp. (Sample TDKh-333); 5, 6, 7- *Angochitina rathbuni* Grahn and Melo, 2002 (Samples TDKh-333; TDKh-343); 8- *Angochitina* sp. B (Sample TDKh-333); 9- *Sphaerochitina* sp. (Sample TDKh-333); 10, 11- *Angochitina* sp. A (Sample TDKh-331); 11- *Angochitina rathbuni* Grahn and Melo, 2002 (Sample TDKh-343).

### زیست پهنه III:

و *Angochitina* sp. A *Angochitina* sp. B ،  
*Fungochitina* sp. نیز مشاهده می‌شود. این  
زیست پهنه با زیست پهنه‌ی LN میوسپورهای  
سازند خوش بیلاق (Taherian et al., 2022) و سایر  
نواحی جهان هم ارز می‌باشد (Streel et al., 1987;  
Maziane et al., 1999). بر این اساس، این  
زیست پهنه با سن فامینین پسین در این بخش از  
سازند خوش بیلاق گسترش دارد.

*Angochitina echinata-Fungochitina pilosa*  
Assemblage Zone: این زیست پهنه تجمعی در  
یک ضخامت ۵۷ متری در محدوده‌ی بالایی سازند  
خوش بیلاق گسترش دارد (TDKh-331 تا TDKh-  
343). این بخش شامل تناوب لایه‌های آهکی و  
شیلی می‌باشد. همچنین، علاوه بر تداوم حضور دو  
گونه کیتینوزوآی *Angochitina rathbuni* و  
*Sphaerochitina* sp. cf. *S. sphaerocephala*  
در این زیست پهنه، اولین حضور گونه‌های  
*Fungochitina pilosa* *Angochitina echinata*



**Plate II-** Figs. 1, 2- *Angochitina rathbuni* Grahn & Melo, 2002 (Sample TDKh-343); Figs. 3, 5- *Fungochitina* sp. (Sample TDKh-331); Fig. 4- *Angochitina rathbuni* (Sample TDKh-333).



۲- *Angochitina strigose* با سن لوشکووین، ۳-  
 Interval Zone *Urochitina lobi* با سن  
 لوشکووین پایانی، ۴- *Ramochitina magnifica*  
 Interval Zone با سن پراگین آغازی، ۵-  
 Interval Zone *Ancyrochitina pachycerata* با  
 سن پراگین پایانی-امسین آغازی، ۶-  
 Interval Zone *Ancyrochitina parisi* با سن  
 امسین، ۷- *Alpenachitina eisenacki* Interval  
 Zone با سن اواخر امسین پایانی-اوایل ژئوسین،  
 ۸- *Ramochitina stiphrospinata* Total Range  
 Zone با سن ژئوسین آغازی، ۹- *Fungochitina*  
 با سن ژئوسین میانی تا پایانی، ۱۰- *Hoegisphaera*  
 Interval Zone *glabra* با سن فراسنین آغازی تا  
 پایانی، ۱۱- *Urochitina bastosi*-  
 Concurrent Range *Sommerocithina langei*  
 Zone با سن فراسنین پایانی-فامنین پایانی، ۱۲-  
*Fungochitina Sommerocithina langei*  
 Total و ۱۳- *fenestrata* Range Zone  
 با سن پایانی‌ترین بخش فامنین.  
 لازم به ذکر است که از میان کیتینوزوآهای سازند  
 خوش‌بیلاق تنها گونه *Fungochitina pilosa* با  
 گسترش آیفلین میانی تا فراسنین پایانی در میان  
 چندین زیست‌پهنه (۷ تا ۱۱) در این مناطق  
 گسترش دارد.

#### انتشار جغرافیایی و زمانی کیتینوزوآها

همان‌طوری که در بخش‌های قبل بیان شد؛ انتشار  
 جهانی کیتینوزوآها محدود به زمانی اردوویسین تا  
 دونین پسین را در برمی‌گیرد. بر این اساس، به  
 منظور برقراری تطابق و فهم وضعیت جغرافیایی  
 دیرینه دونین پسین ناحیه‌ی خوش‌بیلاق شمال  
 شاهرود، انتشار چینه‌شناسی و پراکنش جغرافیایی  
 گونه‌های کیتینوزوآهای نامبرده شده در بالا در  
 جدول شماره ۲ مرتب شده است. لازم به ذکر است

فامنین مطابقت داد. (Streel et al. (1988  
 زیست‌پهنه‌بندی (بیواستراتیگرافی) کیتینوزوآها و  
 اسپوره‌های هفده حلقه‌چاه را در شمال شرق لیبی  
 مورد مطالعه قرار دادند. آنها شش زیست‌پهنه  
 غیررسمی از رسوبات دونین میانی-بالایی معرفی  
 نمودند. این زیست‌پهنه‌ها به ترتیب از قدیم به  
 جدید عبارت هستند از: ۱- *Alpenachitina*  
*eisenacki* Assemblage (آیفلین)، ۲-  
*Eisenackitina castor* Acme Range Biozone  
 (آیفلین پایانی). لازم به ذکر است اولین حضور  
 گونه *Fungochitina pilosa* در این زیست‌پهنه  
 مشاهده می‌شود، ۳- *Fungochitina pilosa* Acme  
 Range Biozone (ژئوسین)، ۴- *Ancyrochitina*  
*Angochitina* sp. A Assemblage (ژئوسین)، ۵-  
*cyrenaicensis* Assemblage (ژئوسین) و ۶-  
*Ancyrochitina* sp. B-*Muscochitina* sp. A  
 Concurrent Range Biozone (فامنین).

(Askew & Russell (2019) کیتینوزوآهای دونین  
 میانی آیریا، شمال اسپانیا را مورد مطالعه قرار  
 داده و سه زیست‌پهنه معرفی نمودند. این  
 زیست‌پهنه‌ها به ترتیب سنی عبارت هستند از:

۱- *Alpenachitina eisenacki* Interval Range  
 Biozone (آیفلین)، ۲- *Eisenackitina aranea*  
 Interval Range Biozone (مرز آیفلین-ژئوسین) و  
 ۳- زیست‌پهنه *Ancyrochitina cornigera*  
 Interval Range (ژئوسین)، لازم به ذکر است گونه  
*Fungochitina pilosa* در این زیست‌پهنه حضور  
 دارد. (Grahm (2005) سیزده زیست‌پهنه بر مبنای  
 گونه‌های کیتینوزوآ از گندوانای غربی که شامل  
 کشورهای بولیوی، برزیل، پاراگوئه و آرژانتین  
 (آمریکای جنوبی) می‌باشد، معرفی نمود. این  
 زیست‌پهنه‌ها عبارت هستند از:

۱- *Angochitina praedensibaculata* Total  
 Range Zone با سن لوشکووین آغازی تا میانی،

ماسه سنگ هیبریدی و شیت‌های این سازند حضور دارند که نشان دهنده‌ی محیط دریایی با انرژی متوسط است.

یکی از برداشت‌های انتهایی سازند خوش‌بیلاق (TDKh-366) شامل قطعاتی از پوسته‌ی کیتینوزوآها با خار دو شاخه تا چند شاخه به همراه گونه‌های بازوپایان در میان رسوبات میکریتی می‌باشد. به دلیل فقدان قابلیت تشخیص جنس و گونه‌ی مشخصی از کیتینوزوآها، از ذکر موارد در ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه اجتناب شده است؛ اما می‌توان بیان داشت که محیط رسوبی بخش بالایی این سازند با شرایط قاعده‌ای تشکیل این سازند، مشابه بوده است (شکل‌های شماره ۶ و ۷).

#### نتیجه‌گیری

رسوبات دونین بالایی سازند خوش‌بیلاق در برش خوش‌بیلاق واقع در شمال شرق شاهرود دربردارنده‌ی نه گونه کیتینوزوآ (متعلق به سه جنس) است. بر مبنای انتشار چینه‌شناسی گونه‌ها و اولین حضور مشاهده شده (FOD) و آخرین حضور مشاهده‌ی (LOD) گونه‌های کیتینوزوآ، سه زیست‌پهنه محلی شناسایی شد. این زیست‌پهنه‌ها به ترتیب از قدیم به جدید عبارت هستند از: زیست‌پهنه I: *Angochitina devonica* Taxon، زیست‌پهنه II: *A. devonica*- Range Zone، زیست‌پهنه III: *Angochitina echinata*- Interval Zone و *Fungochitina pilosa* Assemblage Zone. بررسی گونه‌های شاخص کیتینوزوآها نشان می‌دهد که گونه‌ی *Angochitina rathbuni* در فامنین پسین زیست‌پهنه III گسترش دارد. گونه‌های *S. sp. cf.* و *F. pilosa*، *Angochitina devonica* قابل مقایسه با مجموعه‌های هم ارز گزارش شده از آمریکای شمالی و جنوبی،

که گونه *Angochitina devonica* از رسوبات قدیمی‌تر یعنی اردویسین میانی و گونه *Fungochitina pilosa* از چینه‌های سیلورین بالایی و گونه *Sphaerochitina sphaerocephala* از رسوبات اردوویسین زیرین نیز معرفی شده‌اند (Askew & Russell, 2019)؛ بنابراین، این گونه‌ها علیرغم گستره پراکنش خوب، محدوده‌ی سنی وسیعی را در برمی‌گیرند و نمی‌توانند فسیل شاخص خوبی تلقی شوند.

تنها گونه‌ی شاخص *Angochitina rathbuni* با سن دونین پسین است که تاکنون از برزیل (Grahn & Melo, 2002; Grahn et al., 2003; Grahn, 2005) گزارش شده است و دارای محدوده سنی کوتاهی است.

#### محیط دیرینه و سنگ‌شناختی سازند خوش-

#### بیلاق ناحیه‌ی مورد مطالعه

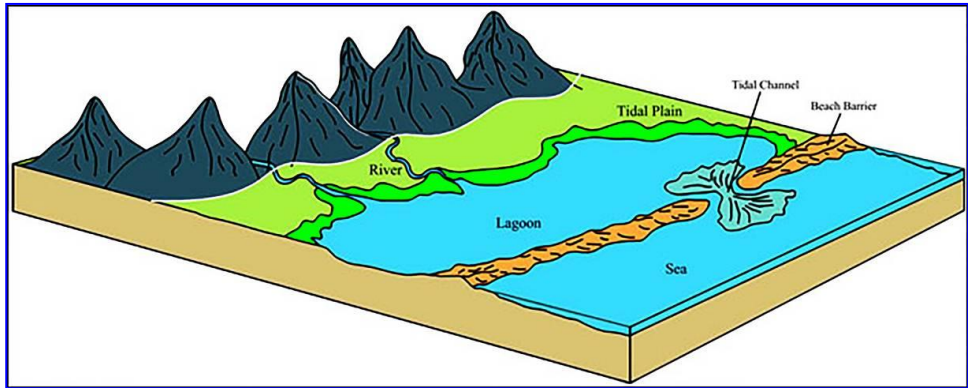
چنین به نظر می‌رسد که کیتینوزوآها دارای قرابتی با جانوران دریایی هستند به طوری که برخلاف سایر گونه‌های جانوری، در سنگ‌های دگرگونی با درجه متوسط از جمله شیت نیز به خوبی حفظ شده‌اند. گونه‌ی کیتینوزوآی *Angochitina devonica* در قاعده‌ی سازند خوش‌بیلاق (نمونه‌های TDKh-191 تا TDKh-291) با خارهای دو شاخه و چند شاخه مشاهده شد. از آنجا که این گونه همراه با نمونه‌های لاله‌وش (از خارپوستان)، بازوپایان و شکم‌پایان (از نرم‌تنان) دیده شده و سنگ‌های دربرگیرنده‌ی آنها شامل شیت و بیواسپارایت می‌باشد، محیط رسوبی این بخش بیشتر شرایط با انرژی کم تا متوسط را نشان می‌دهد (شکل شماره ۵). کیتینوزوآهای بخش میانی سازند خوش‌بیلاق (TDKh-327 تا TDKh-343) تزئیناتی به شکل خارهای سوزنی ریز دارند. این کیتینوزوآها بیشتر درون سنگ‌های بیواسپارایت،

سنگ‌شناسی و فسیلی مبین این مطلب است که این سازند در شرایط نزدیک به ساحل و در محیطی با انرژی پایین تا بعضاً متوسط و در امتداد ساحل اقیانوس پالئوتتیس نهشته شده است.

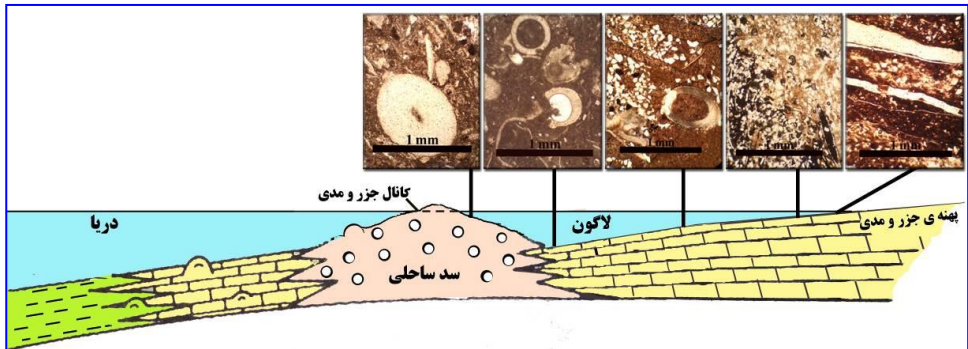
لیبی، مصر، اسپانیا، بالتیک و هند می‌باشد. این امر نشان‌دهنده‌ی ارتباط نزدیک صفحه ایران با سایر بخش‌های شمالی گندوانا و جنوبی لورانسیا در خلال دونین پسین است. به علاوه، شواهد

جدول ۲- انتشار زمان چینه‌ای گونه‌های کیتینوزوآها در جهان

گونه‌های کیتینوزوآ	کرونواستراتیگرافی گونه‌های کیتینوزوآ				مکان	نویسندگان
	Eifelian	Givetian	Frasnian	Famennian		
<i>Angochitina devonica</i>					بالتیک، لیبی، آمریکا (ایالت‌های آیوا و ایندیانا)، استرالیا، مصر، اسپانیا	Eisenack (1955), Collinson and Scott (1958), Urban (1972), Urban & Newport (1973), Jenkins & Legault (1979), Wright (1980), Moreau-Benoit (1984), Paris et al. (1985), Wicander & Wood (1997), El Shamma et al. (2012), Moustafa et al. (2014), Askew & Russell (2019)
<i>Angochitina echinata</i>					بالتیک، برزیل، سوئد	Eisenack (1931, 1968), Laufeld (1974), Grahn & Gutiérrez (2001), Nestor (2011)
<i>Angochitina rathbunni</i>					برزیل، پاراگوئه	Grahn & Melo (2002), Grahn et al. (2002), Grahn (2005)
<i>Fungochitina pilosa</i>					برزیل، پاراگوئه، آیوا و نیویورک (آمریکا)، لیبی، الجزایر، مصر، فرانسه،	Collinson & Scott (1958), Taugourdeau (1965), Urban & Newport (1973), Jenkins & Legault (1979), Paris et al. (1985), Wood (1986), Boumendjel (1987), Boumendjel et al. (1988), Paris (1996), Grahn et al. (2002), Grahn & Melo (2002), El Shamma et al. (2012), Moustafa et al. (2014), Askew & Russell (2019)
<i>Sphaerochitina sphaerocephala</i>					بالتیک، آکراین، اسپانیا	(Eisenack, 1968), Díez & Cramer (1978), Paris & Grahn (1996), Askew & Russell (2019)



شکل ۶- محیط رسوبی سازند پادها و بخش قاعده‌ای سازند خوش بیلاق (برگرفته از طاهریان، ۱۳۹۹).



شکل ۷- محیط رسوبی و مقاطع پتروگرافی هم‌زمان با زیست‌پهنه‌های کیتینوزوآهای سازند خوش بیلاق.

### منابع

- طاهریان، ف.، (۱۳۹۹). پالینواستراتیگرافی، پالئوژئوگرافی و پالئوآکولوژی کیتینوزوآها در سازندهای پادها، خوش بیلاق و مبارک در ناحیه ی خوش بیلاق. دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، پایان نامه دکتری.

- طایفه خبازی، م.ر. (۱۳۷۴). پالینواستراتیگرافی و پالئوژئوگرافی سازندهای پادها و بهرام در ناحیه انارک (ایران مرکزی). دانشکده علوم دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

- بزرگ‌نیا، ح.، بیات، ع.، معمار، ع. و مهاجر، م. (۱۳۵۰). گزارش منتشر نشده ای از رسوبات البرز. شرکت ملی نفت ایران.

- شفیعی، ن.، (۱۳۸۷). پالینواستراتیگرافی و پالئوژئوگرافی سازندهای پادها و بهرام در ناحیه شمس آباد کرمان. دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، پایان نامه کارشناسی ارشد.

- شهرابی، م. (۱۳۶۹). نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی گرگان. انتشارات سازمان زمین شناسی ایران.

- قویدل سیوکی، م. (۱۳۵۵). مطالعه ی مجموعه ی میکروفسیل های گیاهی رسوبات دونین ناحیه خوش‌بیلاق. دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- عاشوری، ع. (۱۳۷۳). موقعیت چینه شناسی عضو های ۱ و ۶ سازند خوش‌بیلاق با استفاده از فون کنودونتی و معرفی سه زون کنودونتی از عضو ۶. مجله علوم زمین، ۴، شماره ۱۳، صفحات ۷۱-۶۴.
- قویدل سیوکی، م. و مهدویان، م. (۱۳۸۹). پالینواستراتیگرافی رسوبات دونین در ناحیه هوتک واقع در شمال کرمان. پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۳۹، شماره ۲، صفحات ۱۹-۳۲.
- قویدل سیوکی، م.، صادقی، ع. و روزگار، ر. (۱۳۹۰). پالینومورف‌های دریایی (آکریتارک‌ها) دونین پسین در ناحیه شاهزاده محمد کرمان. پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۴۴، شماره ۳، صفحات ۸۲-۶۹.
- قویدل سیوکی، م. و طاهریان، ف. (۱۳۹۰). بایواستراتیگرافی و پالئوژئوگرافی سازندهای پادها (بخش فوقانی)، خوش‌بیلاق و مبارک (قاعده) در ناحیه میقان، شمال غرب شاهرود واقع در رشته کوه البرز شرقی. پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب شناسی، ۴۶، شماره ۱، صفحات ۵۴-۳۳.
- موسوی، س.م.ج. (۱۳۷۴). پالینواستراتیگرافی و پالینوبیویژئوگرافی سازندهای پادها، بهرام، شیشتو (۲و۱) و سردر واقع در حوض دوره (شرق طبس). دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- مهدویان، م. (۱۳۸۹). پالینوبایواستراتیگرافی رسوبات سازندهای پادها و بهرام در ناحیه هوتک واقع در شمال کرمان. پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۳۹، شماره ۲، صفحات ۱۹-۳۲.
- واعظ جوادی، ف. (۱۳۷۳). بایواستراتیگرافی سازند جبرود در مقطع تیپ بر اساس پالینولوژی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۸۴ صفحه.
- هاشمی، س.ح.، سپیده دم، ش. و حسین زاده، ر. (۱۳۹۶). پالینواستراتیگرافی و پالئوآکولوژی سازند شیشتو در برش چینه‌شناسی کوه تیر، شمال غرب کرمان. پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۶۶، شماره ۱، صفحات ۱۰۰-۸۵.
- Askew, A.J. & Russell, E. (2019). A new Middle Devonian chitinozoan assemblage from northern Iberia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 268, 72-87.
- Assereto, R., Gaetani, M. (1964). Nuovi dati sul Devoniano della catena dell'Imam Zadéh Hashim (Elburz Centrale-Iran). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 70, 631-636.
- Boumendjel, K. (1987). Les Chitinozoaires du Silurien supérieur et Dévonien du Sahara Algérien. Ph.D. Thesis, Université de Rennes, 181 p.
- Boumendjel, K., Loboziak, S., Paris, F., Steemans, P. & Streeel, M. (1988). Biostratigraphie des miospores et des chitinozoaires du Silurien supérieur et du Dévonien dans le bassin d'Illizi (S.E. du Sahara Algérien). *Géobios*, 22, 329-357.
- Bozorgnia, F. (1973). Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of central and east Alborz Mountains, Iran. *National Iranian Oil Company*, 4, 185 p.
- Brice, D. (1985). "Tableau de répartition des principaux genres et espèces de Brachiopodes, cités dans le texte, provenant de 154 gisements. In: B. Mistiaen, Phénomènes récifaux dans le Dévonien d'Afghanistan". *Publications de la Société géologique du Nord*, 11 (1), 333-336.
- Brice, D., Lapparent, A. F. de and Mistiaen, B. (1975). "Le Dévonien supérieur à l'Est d'Hajigak (Afghanistan)". *Annales de la Société géologique du Nord*, 94, 67-70.
- Coquel, R., Loboziak, S., Stampfli, G., Stampfli-Vuille, B. (1977). Palynologie du Dévonien supérieur et du Carbonifère

- implications. Review of Palaeobotany and Palynology, 164, 251-271.
- Grahn, Y. (2005). Devonian chitinozoan biozones of Western Gondwana. Acta Geologica Polonica, 55 (3), 211-227.
- Grahn, Y. & Gutiérrez, P.R. (2001). Silurian and Middle Devonian Chitinozoa from the Zapla and Santa Bárbara Ranges, Tarija Basin, northwestern Argentina. Asociación Paleontológica Argentina, 38 (1), 35-50.
- Grahn, Y. & Melo, J.H.G. (2002). Chitinozoan biostratigraphy of the Late Devonian formations in well Caima PH-2, Tapajós River area, Amazonas Basin, northern Brazil. Review of Palaeobotany and Palynology, 118: 115-139.
- Grahn, Y., Pereira, E. & Bergamaschi, S. (2002). Middle and Upper Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. Palynology, 26, 135-165.
- Hashemi, H. & Playford, G. (1998). Upper Devonian palynomorphs of the Shishtu Formation, Central Iran Basin, east-central Iran. Palaeontographica B, 246, 115-212.
- Jenkins, V.A.M. & Legault, J. A. (1979). Stratigraphic ranges of selected Chitinozoa. Palynology, 3, 235-264.
- Kimyai, A. (1972). Devonian plant microfossils from the Central Elborz, Iran. Pollen et Spores, 14, 186-201.
- Kimyai, A. (1979). Devonian spores from the Hassanakdar area, Iran. Pollen et Spores, 21, 481- 498.
- Laufeld, S. (1974). Silurian Chitinozoa from Gotland. Fossils and Strata. Universitetsforlaget, Norway, 5, 1-130.
- Maziane, N., Higgs, K. T., Streel, M. (1999). Revision of the Late Famennian miospore zonation scheme in eastern Belgium. Journal of Micropalaeontology, 18 (1), 17-25.
- Moreau-Benoit, A. (1984). Acritarchs et Chitinozoaires du Devonien Moyen et Supérieur de Libye Occidentale. Review of Palaeobotany and Palynology, 43, 187-216.
- Moustafa, T.F., Gamal M. A. Lashin, Hosny A.M. & El-Shamma A.A. (2014). Ordovician-Carboniferous palynology of el-waha-1 borehole, western desert, Egypt. Indiana Journal of Geo-Marine Sciences, 43(8), 1484-1499.
- inférieur dans l'Elburz oriental (Iran nordest). Revue de Micropaléontologie, 20, 59-71.
- Collinson, C.W., Scott, A.J. (1958). Chitinozoan faunule of the Devonian Cedar Valley Formation. Illinois State Geological Survey, Circular, 247, 1-34.
- Díez, M. del C.R., Cramer, F.H. (1978). Iberian Chitinozoans - II. Lower Devonian forms (La Vid shales and equivalents). Palinol. Número - Extraordin., 1, 203-218.
- Eisenack, A. (1931). Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs. I. Paläontologische Zeitschrift, 13, 74-118.
- Eisenack, A. (1955). Neue Chitinozoen aus dem Silur des Baltikums und dem Devon der Eifel. Senckenb. Lethaea, 36, 311-319.
- Eisenack, A. (1968). Über Chitinozoen des baltischen Gebietes. Palaeontographica A, 131, 137-198.
- El Shamma, A.A., Moustafa, T.F., Hosny, A.M. (2012). A new study of Acritarchs and Chitinozoa of established subsurface Devonian rocks at North Western Desert, Egypt. Journal of Applied Sciences Research, 8(4), 1901-1917.
- Ghavidel-Syooki, M. (1988). Palynostratigraphy and paleoecology of the Faraghan Formation of southeastern Iran. A Ph. D dissertation Michigan state University, 279 p. (Unpublished).
- Ghavidel-Syooki, M. (1994). Upper Devonian Acritarchs and Miospores from the Geirud Formation in Central Alborz Range, Northern Iran. Journal of Sciencess, 5(3), 103-122.
- Ghavidel-Syooki, M. (1995). Palynostratigraphy and palaeogeography of a Palaeozoic sequence in the Hassanakdar area, Central Alborz Range, Northern Iran. Review of palaeobotany and palynology, 86, 91-109.
- Ghavidel-Syooki, M. & Owens, B. (2007). Palynostratigraphy and palaeogeography of the Padeha, Khoshyeilagh, and Mobarak formations in the eastern Alborz Range (Kopet-Dagh region), northeastern Iran. Revue de micropaléontologie, 50, 129-144.
- Ghavidel-Syooki, M., Hassanzadeh, J. & Vecoli, M. (2011). Palynology and isotope geochronology of the Upper Ordovician-Silurian successions (Ghelli and Soltan Maidan Formations) in the Khoshyeilagh area, eastern Alborz Range, northern Iran; stratigraphic and palaeogeographic

floras in the type marine Devonian of the Ardenne-Rhenish Regions. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 50, 211-229.

-Streel, M., Paris, F., Riegel, W. & Vanguetaine, M. (1988). Acritarch, chitinozoan and spore stratigraphy from the Middle and Late Devonian of northeast Libya. In: El-Arnauti, A. et al. [Eds.], *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya*.

-Taherian, F., Vaez-Javadi, F. & Vaziri, S.H. (2020). The biostratigraphy of the Upper Devonian of the Khoshyeilagh area, northeastern Alborz, Iran. *Palynology*, 45(2), 351-362.

-Taherian, F., Vaez-Javadi, F., & Vaziri, S. H. (2022). Miospores from the Upper Devonian and lowermost Carboniferous strata of the Khoshyeilagh area, northeastern Alborz, Iran. *Palynology*, 46(3), 1-16.

-Urban, J. B. (1972). A reexamination of Chitinozoa from the Cedar Valley Formation of Iowa with observations on their morphology and distribution. *Bulletin of American Palynology*, 63 (275), 1-48.

-Urban, J.B. & Newport, R.L. (1973). Chitinozoa of the Wapsipinicon Formation (Middle Devonian) of Iowa. *Micropaleontology*, 19 (2), 239-246.

-Wicander, R. & Wood, G.D. (1997). The use of microphytoplankton and chitinozoans for interpreting transgressive/regressive cycles in the Rapid Member of the Cedar Valley Formation (Middle Devonian), Iowa. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 98, 125-152.

-Wood, G.D. (1986). Some Middle Devonian (Givetian) chitinozoans and acritarchs from New York State: Preliminary results. In: Miller, M.A. (Ed.), *A field excursion to Trenton Group (Middle and Upper Ordovician) and Hamilton Group (Middle Devonian) localities in New York, and a survey of their chitinozoans*. American Association Stratigraphic Palynologists Field Trip Guidebook (pp. 101-119).

-Wright, R.P. (1980). Middle Devonian chitinozoa of Indiana. *Geological Survey, special report*, 18, 1-24.

-Nestor, V. (2011). Chitinozoan biostratigraphy of the Pridolí Series of the East Baltics. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60 (4), 191-206

-Paris, F. (1996). Chapter 17. Chitinozoan biostratigraphy and palaeoecology. In: Jansonius, J., and McGregor, D.C. (Eds.) *Palynology: Principles and Applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 2, 531-552.

-Paris, F. & Grahn, Y. (1996). Chitinozoa of the Silurian-Devonian boundary sections in Podolia, Ukraine. *Palaeontology*, 39 (3), 629-649.

-Paris, F., Richardson, J.B., Riegel, W., Streel, M. & Vanguetaine, M. (1985). Devonian Palynomorphs. In: Thusu, B.G., and Owens, B. (Eds.) *Palynostratigraphy of North East Libya*. *Journal of Micropalaeontology*, 4, 49-82.

-Phipps, D., Playford, G. (1984). Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments.

-Richardson, J.B., Ahmed, S. (1988). Miospores, zonation and correlation of Upper Devonian sequences from Western New York State and Pennsylvania. In: N.J. Mc Millan et al. [Eds] *Devonian of the World: Paleontology, Paleocology and Biostratigraphy*. Canadian Society of Petroleum Geologists, *Memoir*, 14 (3), 541-558.

-Richardson, J.B., McGregor, D. C. (1986). Silurian and Devonian Spore Zones of the Old Red Sandstone Continent and Adjacent Regions. *Geological Survey of Canada*, 364, 1-79.

-Russell, E. (2016). Middle Devonian chitinozoans and scolecodonts from the Naranco Formation, northern Spain. Thesis. Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield, 60 pp.

-Staplin, F.L. (1961). Reef-controlled distribution of Devonian Microplankton in Alberta. *Palaeontology*, 4 (3), 392-424.

-Streel, M., Higgs, K.T., Loboziak, S., Riegel, W., Steemans, P. (1987). Spore stratigraphy and correlation with faunas and



## سنگواره دندان اسب (*Equus*) از بخش لهری سازند آجاجاری،

### غرب مسجد سلیمان

برزو عسگری پیر بلوطی<sup>۱</sup>، مجید میرزایی عطاآبادی<sup>۲\*</sup> و معراج پارسازاد<sup>۳</sup>

۱- گروه مهندسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجد سلیمان.

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- کارشناسی ارشد چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

\*مسئول مکاتبات: مجید میرزایی عطاآبادی، [majid.mirzaie@znu.ac.ir](mailto:majid.mirzaie@znu.ac.ir)

### چکیده

سازند آجاجاری به صورت همساز و تدریجی بر روی سازند میشان واقع شده و مرز فوقانی آن با سازند بختیاری ناپیوسته و دگرشیب است. بخش لهری شامل قسمتهای بالایی سازند آجاجاری بوده و سنگ‌شناسی آن شامل سیلتستون‌های هوازده و نرم با رگه‌های گچ با تناوبی از مارن و ماسه‌سنگ می‌باشد که از دیدگاه رایج در زاگرس دارای سن پلیوسن می‌باشد. بقایای فسیلی بویژه مهره‌داران در این رسوبات کمیاب بوده و کشف آنها بسیار قابل اهمیت است. سنگواره دندان اسب یافت شده از بخش لهری در غرب مسجد سلیمان، دندان آسیای بالایی متعلق به خانواده اسب از جنس *Equus* می‌باشد. این اسب‌ها در پلیوسن از تکامل اسب‌های سه انگشتی بوجود آمده‌اند. هر چند پیش از این آثار اسب‌های سه انگشتی *Hipparion* از زاگرس گزارش گردیده است، این مقاله اولین گزارش سنگواره دندان اسب *Equus* از این ناحیه می‌باشد و تاییدی بر سن پلیوسن بخش لهری سازند آجاجاری در منطقه مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: سازند آجاجاری، بخش لهری، پلیوسن، مهره‌داران، اکوئوس.

## ***Equus* fossil tooth from Lahbari member of Aghajari Formation, west of Masjid Soleiman**

**Borzu Asgari Pirbaluti<sup>1</sup>, Majid Mirzaie Ataabadi\*<sup>2</sup> and Meraj Parsazad<sup>2</sup>**

1- Department of Petroleum engineering, Islamic Azad university, Masjid Soleiman branch

2- Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan

\*Corresponding author: Majid Mirzaie Ataabadi, [majid.mirzaie@znu.ac.ir](mailto:majid.mirzaie@znu.ac.ir)

### **Abstract:**

Lahbari member includes the upper parts of the Aghajari Formation in Zagros, and is classically Pliocene in age. Fossil remains, especially vertebrates, are rare in this formation and their discovery is thus, very important. The discovered horse tooth from Lahbari member in west of Masjid Soleiman, is the upper molar of an *Equus*. These horses evolved from Hipparionine horses at the end of Miocene. Although Hipparionine horses were previously reported from Zagros, this paper reports, for the first time, an *Equus* tooth from this area and confirms the Pliocene age of Lahbari member of the Aghajari Fm. in the study area.

**Keywords:** Aghajari Formation, Lahbari member, Pliocene, Vertebrates, Equus.

## مقدمه

قدیم شناخته شده است و کشفیات چندی نیز در این زمینه صورت گرفته است، با این حال بجز نمونه‌های اخیرا مطالعه شده در لرستان، نمونه گزارش شده توسط هریسون تنها مرجع قابل استناد در ارتباط با این فسیل‌ها در خوزستان می‌باشد. با توجه به در دسترس نبودن فسیل‌های کشفیات قدیمی، یافته‌های تازه می‌تواند اطلاعات با ارزشی از این بقایای فسیلی بسیار کمیاب در اختیار ما قرار دهد. در این تحقیق بقایای دندانی یافت شده از اسب‌ها از رسوبات لهبری در منطقه مسجد سلیمان گزارش و اهمیت آنها بیان می‌شود.

### مواد و روش تحقیق

سنگواره دندان یافت شده مربوط به بخش لهبری سازند آغاچاری بوده که محل پیدایش آن حدود ۲۰ کیلومتری غرب مسجد سلیمان واقع در استان خوزستان می‌باشد (شکل ۱). آسان‌ترین راه دسترسی به این محل از طریق جاده اصلی اهواز-مسجد سلیمان است که در ۲۰ کیلومتری قبل از مسجد سلیمان در شمال جاده، کنار رودخانه فصلی، محل پیدایش دندان فوق در رسوبات بخش لهبری رخنمون دارد (شکل ۲).

نمونه یافت شده پس از پاکسازی جزئی، با استفاده از روش‌های استاندارد موجود در مطالعه اسب‌ها (Eisenmann et al., 1988) مورد اندازه‌گیری و عکسبرداری قرار گرفته و شناسایی گردیده است.

### زمین‌شناسی عمومی

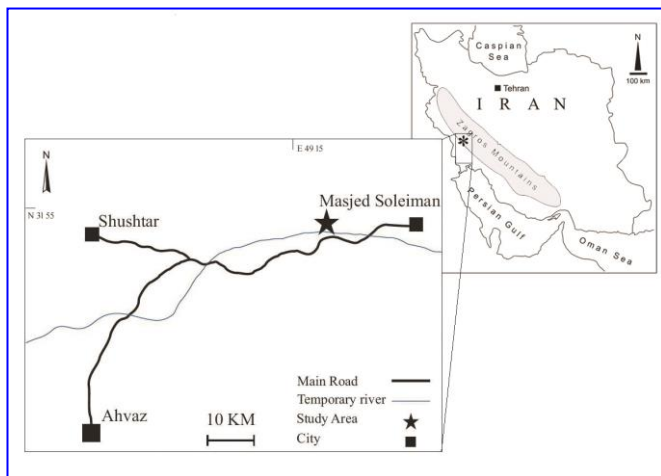
در منطقه مورد مطالعه رسوبات گروه فارس شامل سازندهای گچساران و آغاچاری گسترش قابل ملاحظه‌ای دارند. سازند آغاچاری بالاترین سازند گروه فارس در حوضه زاگرس می‌باشد که در کشورهای همسایه همچون عراق، سوریه و ترکیه نیز گسترش چشمگیر دارد. نام این سازند از میدان نفتی آغاچاری انتخاب شده و برش نمونه آن از

سازند آغاچاری به دلیل اهمیت آن در مناطق نفت‌خیز خوزستان از گذشته‌های دور توسط زمین‌شناسان مورد مطالعه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات Jones, (1949); Kalantari, (1958); James and Wynd, (1965); Elmore, (1979) اشاره کرد. نخستین بار هریسون (Harrison, 1932) علاوه بر مطالعات دقیق سازند آغاچاری، آثاری از اسب‌های هیپاریونی (سه انگشتی) را نیز از بخش لهبری این سازند گزارش نموده است. هیپاریون‌ها گروهی از خانواده اسب‌ها بودند که در میوسن در اوج شکوفایی و تنوع قرار داشته و بقایای فسیلی آنها بویژه در بسیاری از نقاط اوراسیا (از جمله شمال غرب و غرب ایران) یافت گردیده است (Mirzaie Ataabadi et al., 2011a, b, 2013; Bernor, 1986).

در پلیوسن از تنوع این موجودات شدیداً کاسته شد و بجای آنها تنوع جنس‌های پیشرفته‌تر خانواده اسب‌ها همچون *Equus* که اسب‌های امروزی و گورهای وحشی نیز بدان جنس تعلق دارند، شتاب گرفت. در نهایت با انقراض کامل هیپاریون‌ها، اسب‌ها و گورها جایگزین آنها شدند. بجز گزارش‌های اولیه از زاگرس ایران، بقایای فسیلی مهره‌داران میوسن از رسوبات معادل آغاچاری در کشور عراق نیز گزارش گردیده است (Thomas et al., 1980). اخیرا نیز بقایای ردپای مهره‌داران از این سازند در عراق گزارش شده است (Abbassi et al., 2021). در ایران به تازگی بقایای فراوانی از مهره‌داران میوسن بالایی از منطقه دره دیمه، نورآباد لرستان گزارش شده است (Orak et al., 2019). همچنین ردپای مهره‌داران نیز از سازند آغاچاری گزارش گردیده است (Abbassi & Dashtban, 2021، کاظمی و عباسی، ۱۴۰۲). هر چند بقایای مهره‌داران در رسوبات نوژن زاگرس از

قسمت بالایی سازند آجاجاری شامل بخش لهبری می‌باشد (Lahbari clastic Member) که سازند بختیاری به صورت ناپیوسته و دگرشیب روی آن قرار گرفته است (مطیعی، ۱۳۷۲). بخش لهبری که نام آن از ناودیس لهبری در تنگ توکاب واقع در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی هفتکل توسط جیمز و وایند (۱۹۶۵) مطالعه و ضخامت آن ۱۵۷۵ متر اندازه‌گیری گردیده است.

کنار جاده امیدیه که به میدان نفتی آجاجاری منتهی می‌گردد انتخاب و ضخامت آن ۲۹۶۵ متر توسط جیمز و وایند (۱۹۶۵) اندازه‌گیری گردیده است. از لحاظ لیتولوژی این سازند شامل ماسه سنگ‌های آهکی خاکستری تا قهوه‌ای رنگ، مارن-های رنگی قرمز، بنفش و آبی و سیلتستون‌های آهکی به همراه رگه‌های گچ می‌باشد که در اثر فرسایش مارن‌ها و سیلتستون‌ها دچار فرسودگی عمیق و ماسه‌سنگها به حالت برجسته درآمده‌اند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن



شکل ۲- نمای عمومی از رسوبات بخش لهبری در منطقه مورد مطالعه

سنگ‌شناسی آن شامل سیلتستون‌های هوازده و نرم با رگه‌های گچ با تناوبی از مارن و ماسه‌سنگ می‌باشد. بر اساس مطالعات دیرینه‌شناسی سن بخش لهری پلیوسن تعیین گردیده است (مطیعی، ۱۳۷۲). البته مطالعات اخیر نشان داده است که سن سازندهای فورلند زاگرس دو زمانه (Diachronic) می‌باشد به گونه‌ای که رخنمون‌های موجود در نواحی مرتفع زاگرس اغلب سنی قدیمی‌تر از معادل‌های خود در نواحی پایین دست نشان می‌دهند (Fakhari et al., 2008; Pirouz et al., 2011). در مجموع سازند آغاچاری دارای سن میوسن پایانی تا پلیوسن می‌باشد که سازند بختیاری با رخساره کنگلومرایی با سن پلیستوسن به صورت ناپیوستگی دگرشیب آنرا می‌پوشاند. لازم به ذکر است که بخش لهری سازند آغاچاری در خوزستان و لرستان اغلب با بخش پایینی سازند آغاچاری حالت تدریجی بین انگشتی (Interfingering) دارد که در آن صورت تشخیص و تفکیک آن از آغاچاری دشوار می‌گردد.

#### دیرینه‌شناسی سیستماتیک

Class MAMMALIA Linnaeus, 1758  
Order PERISSODACTYLA Owen, 1848  
Family EQUIDAE Gray, 1821  
Genus EQUUS Linnaeus, 1758  
Equus sp.

(جدول ۱، شکل ۳)

توصیف: سنگواره یافت شده دندان تقریباً کامل آسیای (Molar) دوم بالایی، سمت راست اسب اکوئوس (Equus) می‌باشد که تاج (Crown) آن به همراه حاشیه تاج با جنس مینا (Enamel) اولیه حفظ گردیده است (شکل ۳ D, E).

دندان یافت شده ویژگی شاخص اسب اکوئوس که اتصال پروتوکون (Protocone) به پروتولوف (Protoloph) است را دارا می‌باشد (شکل ۳ A, C, E). ارتفاع دندان از لبه‌ی تاج تا نزدیک انتهای

ریشه‌ها ۸ سانتی‌متر می‌باشد (جدول ۱ و شکل ۳ D) که بیانگر هیپسودونتی (Hypsodonty) یا دراز شدگی بالای آن می‌باشد. به نظر می‌رسد که انتهای ریشه‌ها بعلت سست‌تر بودن فرسایش یافته و از بین رفته‌اند. ریشه دندان به دو شاخه انشعاب یافته که هر کدام مجدداً دو شاخه شده و بنابراین این دندان در انتها ریشه‌ای چهار انشعابی (چهار پایه) داشته که بین آنها کاملاً از رسوب پر گردیده است. در چهار سوی دندان از قسمت تاج تا ریشه، خطوط طولی برجسته و فرورفته دیده می‌شود، به خصوص سمت داخلی دندان که به سمت داخل فک بوده که یک خط طولی بسیار برجسته دارد که این برجستگی و فرورفتگی‌ها موجب استحکام بیشتر دندان می‌شده است. روی سطح بالایی و تاج نیز به شکل مماندیری برجستگی و فرورفتگی‌هایی جهت تغذیه از گیاهان علفی وجود دارد. در این سطح پروتوکون (Protocone) بسیار کشیده و بیضی شکل می‌باشد (شکل ۳ C, E) و طولی برابر ۱۲ میلی‌متر دارد (جدول ۱). هیپوکون (Hypocone) گرد شده و دارای فرورفتگی (Groove) عمیقی است. پری فوست (Pri fossette) و پست فوست (Post fossette) مشخص و فاقد چین‌خوردگی‌های ظریف (Plication) بوده و تنها چین‌های بزرگ و اندکی در خود دارد. پاراکون (Paracone) و متاکون (Metacone) فشرده شده و ضعیف هستند.

متاستایل (Metastyle) و مزوستایل (Mesostyle) قوی و برجسته ولی پاراستایل (Parastyle) دیده نمی‌شود (شکل ۳ C, E). مجموعه ویژگی‌های فوق بیانگر تعلق نمونه به جنس اکوئوس (Equus) می‌باشد. اسب‌های اکوئوس بر خلاف اسب‌های هیپاریون (Hipparion) که پاهایشان حالت سه انگشتی داشته است دارای انگشتان جانبی کاملاً

بدون ضمائم فک و دیگر اندامهای اسب در داخل رسوبات سیلتی رسی حفظ گردیده، به نظر می‌رسد که مرگ این اسب در خارج از حوضه رسوبی بوده و مدتی پس از مرگ توسط سیلاب‌ها و رودخانه‌ها حمل شده و وارد حوضه گردیده باشد.

تحلیل رفته بوده و دست و پاها به صورت تک انگشت (تک سم) در آمده و اندام این اسب کشیده‌تر و جثه آن نیز بلندتر و بزرگتر از اسب‌های هیپاریون و شبیه اسب‌های امروزی بوده است. از آنجایی که دندان فوق به صورت منفرد و

جدول ۱. اندازه گیری نمونه مورد مطالعه بر اساس روش استاندارد (Eisenmann et al., 1988).  
فاکتورهای اندازه گیری شده در شکل ۳C نشان داده شده است.

M4	M3	M2	M1	فاکتورهای اندازه گیری
عرض سطح بالایی	طول پروتوکون	طول سطح بالایی	ارتفاع دندان	
۲۵	۱۲	۲۷	۸۰	اندازه‌ها در نمونه مورد مطالعه به میلی‌متر

سنگهای رسی موید تداوم و تبدیل به رسوبات سیلابی است. به احتمال زیاد رگه‌های ژپیس در آن نیز نتیجه تخریر دریاچه‌های خشک شونده فصلی می‌باشد که به صورت تناوبی در بین طبقات سیلتستون و ماسه‌سنگهای ریز دانه قرار می‌گیرند. به طور کلی احتمالاً بخش لهری یک ردیف حد واسط از محیط‌های رودخانه‌ای ماندری (آغاچاری) به رسوبات رودخانه‌ای بریده بریده شده (braided river) و رسوبات مخروط افکنه‌ای سازند بختاری است. بخش لهری در قسمت پایانی خود به سمت بالا به صورت تدریجی دانه درشت می‌شود و در نهایت شکل کنگلومرای با رخساره قلوه‌سنگی با ابعاد ریز و درشت به خود می‌گیرد. به طور کلی محیط‌های موثر در بخش لهری تداوم عرضی رودخانه‌های بریده بریده شده و بالاخره رسوبات دشت سیلابی می‌باشد (Elmore & Farrand, 1981).

اخیراً با مطالعه نمک‌های حل شونده (Böhme et al., 2021) و کانی‌های رسی (Dietzel et al., 2023) شرایط آب و هوایی دیرینه سازند آغاچاری را به شکل آب و هوای نیمه خشک تا

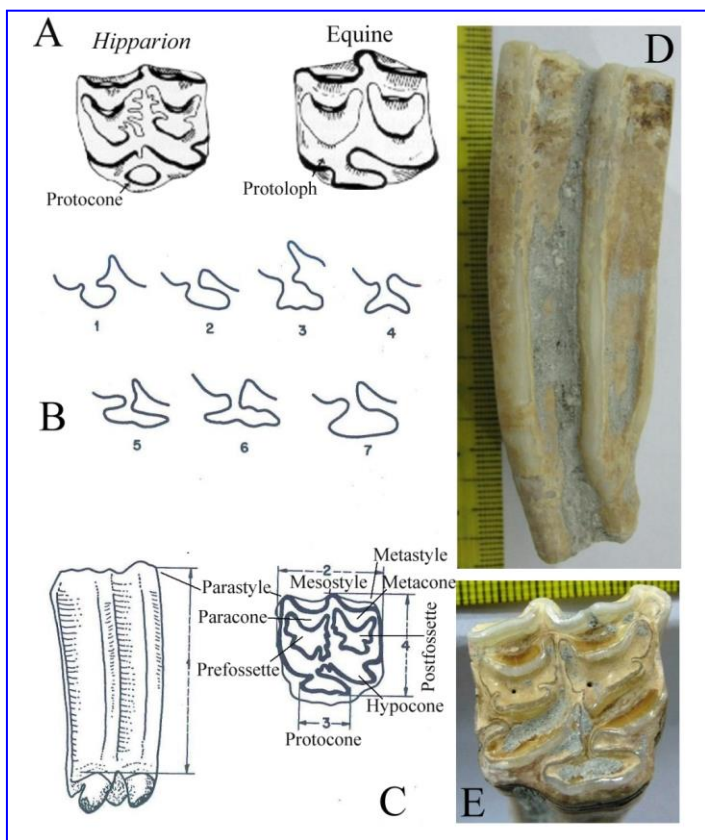
## بحث

سنگواره‌های معمول پیدا شده از سازند آغاچاری حاکی از محیط‌های لب‌شور تا شیرین کم عمق است. در روی سیلتستون‌ها و ماسه سنگ‌های ظریف لایه که ضخامت آنها حدود ۵۰ سانتی‌متر و با مارن‌های رنگی تناوبی تشکیل شده‌اند، ساختمان‌های رسوبی متنوعی همچون ریپل مارک، ترک‌های گلی و لامینه‌های درهم نیز وجود دارد. آثاری از فسیل‌های گیاهی، اثر فسیل و فسیل‌های بی مهرگان آب شیرین نیز در آن موجود می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۲). کشفیات اخیر حضور فراوانی از ردپای مهره‌داران را نیز در بخش‌هایی از سازند آغاچاری نشان می‌دهد (کازمی و عباسی، ۱۴۰۲، Abbassi & Dashtban, 2021). وجود قطعات پراکنده مهره‌داران نیز از گذشته در این سازند گزارش شده است.

از آنجایی که سیکل‌های رسوبی سازند آغاچاری به طرف بالا دانه‌ریز می‌گردد، می‌تواند حاکی از رسوبات رودخانه‌هایی باشد که به طرف جنوب غربی در این منطقه از زاگرس جریان داشته‌اند و ماسه سنگ‌ها تاییدی بر تداوم عرضی رودها و

را می‌توان به دوره‌های نیمه خشکی نسبت داد که در حدود ۱۰ و ۸-۷ میلیون سال پیش در منطقه زاگرس وجود داشته است (Dietzel et al., 2023) و طی آن شرایط مناسب‌تر آب و هوایی برای زیست این موجودات فراهم بوده است. وجود آثار و بقایای فراوان مهره‌داران در نواحی لرستان (Orak et al., 2019) و عراق (Thomas et al., 1980; Abbassi et al., 2020) نیز می‌تواند به همین دوره‌های مساعدتر آب و هوایی تعلق داشته باشد.

خشک (Semi Arid/Arid) بازسازی نموده‌اند. بر اساس این مطالعات شرایط آب و هوایی در زمان تشکیل رسوبات لهبری به صورت شدیداً خشک (Hyper Arid) می‌باشد. کشف بقایای فراوانی از ردپای مهره‌داران پستاندار و پرنده از رسوبات آغاچاری در زاگرس (کاظمی و عباسی، ۱۴۰۲، Abbassi & Dashtban, 2021) حاکی از شرایط مساعد محیطی برای زیست این موجودات می‌باشد. پراکندگی این موجودات در سازند آغاچاری



شکل ۳- (A) تفاوت ساختاری دندانی اسب‌های هیپاریونی و اکوئین، (B) مدل‌های مختلف اتصال پروتوکون به پروتولوف در اسب‌های اکوئین، (C) فاکتورهای اندازه‌گیری دندان اسب‌ها و قسمت‌های مختلف در ریخت‌شناسی سطح بالایی دندان (Eisenmann et al 1988)، دندان اسب یافت شده از رسوبات لهبری در منطقه مسجد سلیمان، (D) نمای کناری و (E) نمای بالایی (تقسیمات مقیاس به میلی متر)

بر سن پلیوسن این بخش در منطقه مورد مطالعه است. از آنجایی که آثار مربوط به اسب‌های هیپاریونی نیز پیش از این از رسوبات بخش لهبری گزارش گردیده، وجود همزمان این دو اسب در این بخش دارای اهمیت فراوان بوده و نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. با توجه به بازسازی‌های آب و هوایی اخیر که حاکی از شرایط عمدتاً خشک و نامساعد در سازند آغاجاری است، فسیل‌های یافت شده از مهره‌داران نشان دهنده وجود دوره‌های آب و هوایی با شرایط مساعدتر در این نهشته‌ها می‌باشد.

#### منابع

- فیروز، ا. (۱۳۹۰). حیات وحش ایران: مهره‌داران. نشر دانشگاهی، ص ۴۹۱.
- مطیعی، ه. (۱۳۷۲)، چینه‌شناسی زاگرس. سازمان زمین‌شناسی کشور، ص ۵۳۶.
- کاظمی، ع. و عباسی، ن. (۱۴۰۲). ارزیابی تنوع زیستی مهره‌داران میوسن در زاگرس: یافته‌های نوین از ردپای مهره‌داران سازند آغاجاری، خاور گتوند، استان خوزستان، جنوب باختری ایران. فصلنامه علمی علوم زمین، شماره ۲، سال ۳۳، ص ۲۹۹-۳۱۸.
- Abbassi, N., & Dashtban, H. (2021). Vertebrate footprints from the Agha Jari Formation (late Miocene–Pliocene), Zagros Mountains, and a review of the Cenozoic vertebrate ichnites in the Persian Gulf region. *Bulletin of Geosciences*, 96(2), 159-179.
- Abbassi, N., Karim, K. H., Mohialdeen, I. M., & Sharbazheri, K. M. (2021). Vertebrate footprints and a mammal mud-bath trace fossil (Laspichnia) from the Mukdadiya Formation (Late Miocene–Pliocene), Chamchamal Area, Kurdistan Region, Northeast Iraq. *Ichnos*, 28(1), 72-83.
- Bernor, R. L. (1986). Mammalian biostratigraphy, geochronology, and zoogeographic relationships of the Late

کشف بقایای دندانی اسب اکوئوس از رسوبات لهبری نیز قاعدتاً اشاره به شرایط مساعدتر در بخش‌هایی از این عضو دارد. شرایط شدیداً خشک در این رسوبات تا حدود ۳ میلیون سال پیش مشاهده شده است و پس از آن از خشکی آب و هوا کاسته شده است (Dietzel et al., 2023). لذا بقایای اسب موجود در این عضو می‌تواند به همین زمان تعلق داشته باشد. ظهور و فراوانی جنس Equus نیز از همین زمان (پلیوسن پسین) اتفاق افتاده است (Cirilli et al., 2022).

با توجه به محیط زیست امروزی خانواده اسب‌ها (مانند گورهای ایرانی و آسیایی) که عمدتاً شرایط علف زار/استپ و حتی بیابان کم آب و علف می‌باشد (فیروز، ۱۳۹۰)، حضور اسب Equus در پلیوسن بالایی زاگرس با شرایط آب و هوای خشک (Dietzel et al., 2023) نیز امکان پذیر می‌باشد. البته با توجه به حمل شدگی این آثار، محیط زیست این موجودات می‌تواند در نواحی مرتفع تر و مساعدتر زاگرس در پلیوسن بالایی بوده باشد. با توجه به وجود همزمان اسب‌های سه انگشتی هیپاریونی و اسب Equus از پلیوسن اوراسیا بویژه در اروپا (Forsten, 2002) گزارش‌های قبلی از حضور Hipparion در بخش لهبری (Harrison, 1932) می‌تواند معتبر باشد. از نواحی همجوار زاگرس که فسیل اسب Equus از پلیوسن بالایی در آن یافت شده است می‌توان به قفقاز و ترکیه (Forsten, 2002) اشاره کرد. بقایای موجود در زاگرس نیز می‌تواند با این نواحی بویژه آناتولی (ترکیه) در ارتباط بوده باشد.

#### نتیجه‌گیری

برای نخستین بار آثار اسب اکوئوس از بخش لهبری سازند آغاجاری گزارش می‌گردد که تاییدی

- mountain country. Private report, (455), 1934-35.
- Jones, W.D.V. (1949). Report on Aghajari Geological survey structure in AJ Well no.1 and Mishan formation and Aghajari formation boundary. AIOC Report no.750.
  - James, G. A., & Wynd, J. G. (1965). Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. AAPG bulletin, 49(12), 2182-2245.
  - Kalantari, A. (1958). paleontological Correlation of the Aghajari formation in the Vicinity of Bibi Hakime and KUH-Safid. AIOC Report no.883.
  - Mirzaie Ataabadi, M., & Zaree, G. (2011a). Large mammals from new late Miocene fossil localities near Varzeghan, Northwest Iran. *Vertebrata Palasiatica*, 49(3), 311.
  - Mirzaie Ataabadi, M., Mohammadalizadeh, J., Zhang, Z., Watabe, M., Kaakinen, A., & Fortelius, M. (2011b). Late Miocene large mammals from Ivand (northwestern Iran). *Geodiversitas*, 33(4), 709-728.
  - Mirzaie Ataabadi, M., Bernor, R. L., Kostopoulos, D. S., Wolf, D., Orak, Z., Zare, G., ... & Fortelius, M. (2013). Recent advances in paleobiological research of the late Miocene Maragheh Fauna, Northwest Iran. *Fossil Mammals of Asia*, 546-565.
  - Orak, Z., Mirzaie Ataabadi, M., Solgi, A., Majidifard, M. R., & Kostopoulos, D. (2019). First mammal fossil locality from the late Miocene of Zagros, Western Iran. *Geopersia*, 9(2), 367-379.
  - Pirouz, M., Simpson, G., Bahroudi, A., & Azhdari, A. (2011). Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system. *Geological Magazine*, 148(5-6), 838-853.
  - Thomas, H. (1980). La faune miocène de la formation Agha Jari du Jebel Hamrin (Irak). *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen B*, 83(3), 269-287.
  - Miocene Maragheh fauna, Iran. *Journal of vertebrate Paleontology*, 6(1), 76-95.
  - Böhme, M., Spassov, N., Majidifard, M. R., Gärtner, A., Kirscher, U., Marks, M., ... & Winklhofer, M. (2021). Neogene hyperaridity in Arabia drove the directions of mammalian dispersal between Africa and Eurasia. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 85.
  - Cirilli, O., Machado, H., Arroyo-Cabrales, J., Barrón-Ortiz, C. I., Davis, E., Jass, C. N., ... & Bernor, R. L. (2022). Evolution of the Family Equidae, Subfamily Equinae, in North, Central and South America, Eurasia and Africa during the Plio-Pleistocene. *Biology*, 11(9), 1258.
  - Dietzel, C. A., Berthold, C., Kirscher, U., Majidifard, M. R., & Böhme, M. (2023). Using clay mineralogy and micropalaeontological observations to unravel Neogene climate variations in Northern Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(5), 343.
  - Elmore, R. D., & Farrand, W. R. (1981). Asphalt-bearing sediment in synorogenic Miocene-Pliocene molasse, Zagros mountains, Iran. *AAPG Bulletin*, 65(6), 1160-1165.
  - Elmore, R. D. (1979). Miocene-Pliocene Syndepositional Tar Deposit in Iran. *AAPG Bulletin*, 63(3), 444-444.
  - Eisenmann, V., Alberdi, M.T., de Giuli, C. & Staesche, U. (1988). Methodology. In: Woodburne M. and P. Sondaar, eds., *Styding fossil horses*, E. J. Brill, 1- 71.
  - Forstén, A. (2002). Latest Hipparion Christol, 1832 in Europe. A review of the Pliocene Hipparion crassum Gervais Group and other finds (Mammalia, Equidae). *Geodiversitas*, 24(2), 465-486.
  - Fakhari, M. D., Axen, G. J., Horton, B. K., Hassanzadeh, J., & Amini, A. (2008). Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland basin and implications for Cenozoic evolution of the High Zagros. *Tectonophysics*, 451(1-4), 170-185.
  - Harrison, J. V., Taitt, A. H., & Falcon, N. L. (1932). The geology of the Bakhtiari



## ارتباط الگوهای ساختاری زمین‌شناسی با فرایند دولومیتی شدن

### در نهشته‌های ژوراسیک منطقه جنوب زنجان

جواد ربانی\*<sup>۱</sup>، افشین زهدی<sup>۲</sup>، میرعلی اصغر مختاری<sup>۱</sup>، ابراهیم زلفخانی<sup>۳</sup> و سعید هادیلو<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- کارخانه سیمان زنجان، قیدار، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۹

\*مسئول مکاتبات: جواد ربانی، [Rabbani@znu.ac.ir](mailto:Rabbani@znu.ac.ir)

### چکیده

به منظور دستیابی به نقش فعالیت‌های تکتونیکی بر روی فرایند دولومیتی شدن، مطالعات صحرایی چینه‌شناسی، ساختاری و سنگ‌شناسی رسوبی بر روی واحدهای سنگی به سن ژوراسیک شامل سازندهای شمشک، دلیچای و لار در سه برش چینه‌شناسی ینگجه، محمدآباد و بولاماجی در منطقه جنوب زنجان صورت پذیرفت. مطالعات ساختاری در این منطقه نشان می‌دهد که عمده گسل‌های موجود در منطقه از نوع مورب لغز (امتداد لغز با مولفه راست‌لغز و شیب لغز با مولفه نرمال) با میانگین راستای شمال شرقی-جنوب غربی می‌باشند. الگوی پراکندگی گسل‌ها در این منطقه ارتباط بسیار خوبی با زون‌های دولومیتی شده در نهشته‌های سازندهای دلیچای و لار دارند به طوری که عمده زون‌های دولومیتی در محدوده گسل‌های اصلی و فرعی منطقه مشاهده شده و هرچه از محدوده گسل‌ها فاصله بگیریم میزان دولومیتی شدن توالی‌های سنگی کاهش می‌یابد. فرایند دولومیتی شدن در این منطقه از لایه‌بندی طبقات ژوراسیک تبعیت نمی‌کند و به صورت وصله‌ای مشاهده می‌شود. در مطالعات پتروگرافی نیز دولومیت‌های مورد مطالعه درشت بلور با مرزهای غیر مسطح و خاموشی موجی بوده که بیانگر تشکیل آنها در طی تدفین عمیق و در نتیجه عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی و گسل‌های منطقه می‌باشد. منشا منیزیم در این فرایند می‌تواند از توده‌های نفوذی زیرسطحی در محدوده‌های گسل خوردگی باشد که از طریق شکاف ایجاد شده به نواحی سطحی رسیده و در مسیر خود باعث دولومیتی شدن نهشته‌های کربناته شده است.

واژه‌های کلیدی: گسل، دولومیتی شدن، ژوراسیک، زنجان.

## Geological structures related to the dolomitization process of the Jurassic strata in the south of Zanjan

Javad Rabbani<sup>\*1</sup>, Afshin Zohdi<sup>2</sup>, Mir Ali-Asghar Mokhtari<sup>2</sup>, Ebrahim Zolfkhani<sup>3</sup>, Saeed Hadilo<sup>3</sup>

- 1- Asistant professor, Geology department, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- 2- Asociated professor, Geology department, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- 3- Zanjan Cement Factory, Gheydar, Iran.

\*Corresponding author: Javad Rabbani, [Rabbani@znu.ac.ir](mailto:Rabbani@znu.ac.ir)

### Abstract:

Field geology, structural geology and sedimentological studies have been carried out on Jurassic strata (Shemshak, Dalichai and Lar Formations) in three stratigraphic sections (Yengejeh, Mohammad-Abad and Boolamaji) in the south of Zanjan in order to achieve the role of tectonic activities on dolomitization diagenetic process. Structural geology studies show several oblique-slip faults (Right lateral-Normal) with NE-SW strike in this area. Faults geographic pattern are related to the dolomitic zones in the Dalichai and Lar Formations strata. The most of the dolomitization process have happened along fault area. Also, there are more limestone zones far from the structural zones. There is no relation between dolomitization process and layers in this area and we can see the dolomite zones as patch dolomite between limestone strata. Petrographic studies show large scale dolomite crystals with non-flat boundary and undulatory extinction that created in the burial system related to the tectonic activities. The source of magnesium in the dolomitization process in this area can be from intrusive mass along the fault zones that effects on carbonate strata through the faults and joints.

**Keywords:** Fault, Dolomitization, Jurassic, Zanjan.

## مقدمه

است (شکل ۱). مطالعات چینه‌شناسی در محدوده مورد نظر نشان می‌دهد که نهشته‌های ماسه‌سنگی و سیلت‌سنگی سبز رنگ سازند شمشک قدیمی - ترین رخنمون‌های این محدوده را تشکیل می‌دهد که نواحی کم ارتفاع یال شمال شرقی را در این منطقه به خود اختصاص می‌دهد.

در ادامه، توالی‌های نازک تا متوسط لایه کربناته سازند دلیچای با مرز پوشیده بر روی سازند شمشک قرار گرفته است. سازند دلیچای در این ناحیه عموماً از سنگ آهک‌های رسی تشکیل شده که در بخش‌های انتهایی آن آثاری از فسیل‌های آمونیت و بلمنیت عمدتاً به صورت قالب فسیلی دیده می‌شود.

و در نهایت توالی‌های ضخیم لایه سنگ آهک و دولومیت سازند لار که جدیدترین واحدهای سنگی منطقه می‌باشند به صورت همشیب بر روی سازند دلیچای واقع شده است که ارتفاعات ناحیه را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

### روش انجام مطالعه

برای این منظور، مطالعات صحرایی، زمین‌شناسی ساختاری، چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی در محدوده مورد نظر در سه برش عمود بر امتداد لایه‌ها صورت پذیرفت.

در این مطالعات، تفکیک واحدهای سازندی صورت پذیرفت. در ادامه، محدوده‌های گسلی شناسایی گردید (شکل ۲). به منظور دستیابی به ارتباط فعالیت‌های تکتونیکی و نواحی دولومیتی شده، مطالعات سنگ‌شناسی در محدوده‌های گسلی و نواحی دور از گسل انجام شده و نتایج این مطالعات با یکدیگر مقایسه گردید.

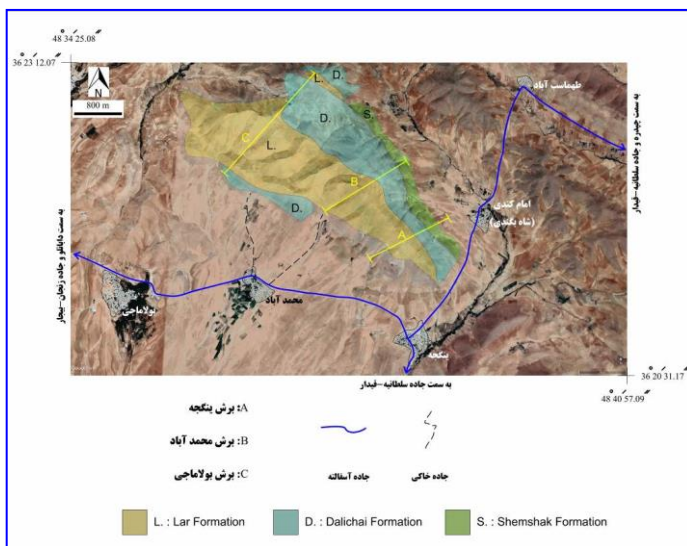
در نهایت نتایج بدست آمده در کل منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت و مدل دولومیتی شدن ترسیم گردید.

قرایندهای دولومیتی شدن یکی از مهمترین فرایندهای دیاژنزی در سیستم‌های کربناته به شمار می‌رود جایی که سنگ آهک ( $\text{CaCO}_3$ ) در اثر عواملی از قبیل تبلور مجدد، فشار و سیالات غنی از منیزیم، به دولومیت ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) تبدیل می‌گردد (Kowshidayatullah et al. 2020). فرایند دولومیتی شدن می‌تواند در امتداد گسل‌ها صورت پذیرد که در این صورت دولومیت‌های هیدروترمال (Hollis et al. 2017) تشکیل می‌شوند. رفتار سیالات نفوذی و درپی آن الگوی تشکیل دولومیت‌ها از الگوی پهنه‌های گسلی موجود در منطقه پیروی می‌کند (Ferraro et al., 2019). به این معنی که تاثیر متقابل فعالیت گسل‌ها و سیالات نفوذی می‌تواند باعث دولومیتی شدن واحدهای کربناته مجاور شده و این موضوع زمانی اتفاق می‌افتد که سیالات اشباع یا فوق اشباع از منیزیم در تماس با واحدهای کربناته قرار گیرند (Mozafari et al. 2019). با انجام مطالعات صحرایی و زمین‌شناسی ساختاری در یک منطقه می‌توان به الگوی دولومیتی شدن و ارتباط آن با پهنه‌های ساختاری پی برد (Bistacchi et al. 2015). به منظور تعیین الگوی ساختاری و تاثیر آن در الگوی دولومیت‌های یک منطقه، ۳ برش چینه‌شناسی در جنوب زنگان مورد بررسی و مطالعه صحرایی قرار گرفت. مطالعه زمین‌شناسی ساختاری در این منطقه برای اولین بار صورت می‌پذیرد.

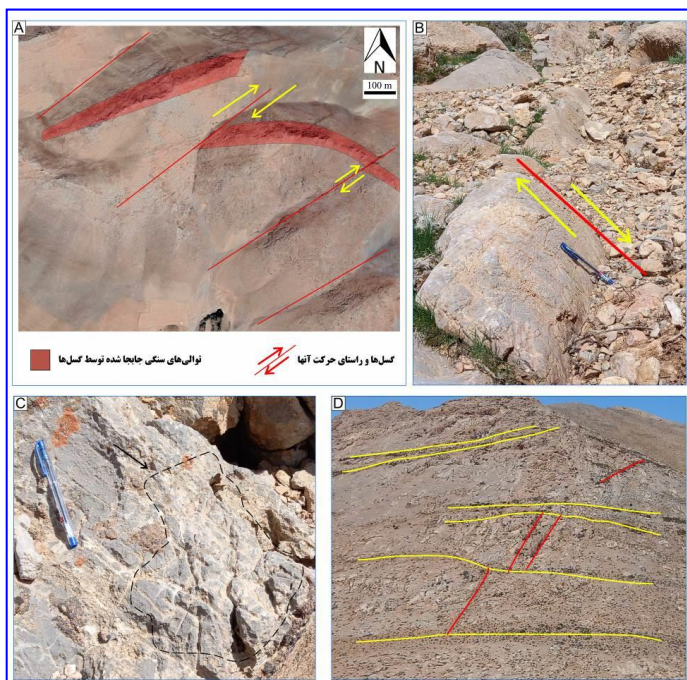
### راه دسترسی و زمین‌شناسی منطقه مورد

#### مطالعه

به منظور دسترسی به محدوده مورد مطالعه می‌توان از جاده زنگان به سمت قیدار استفاده نمود. محدوده مورد مطالعه در حدود ۵ کیلومتری جنوب غربی شهر سلطانیه واقع شده



شکل ۱- راه دسترسی و تفکیک سازندهای موجود در منطقه بر اساس مطالعات صحرایی



شکل ۲- A- نمایی از عملکرد گسل‌های امتدادلغز با مولفه راست لغز در تصویر هوایی در سازند لار. B- نمایی از عملکرد گسل شیب لغز با مولفه نرمال در سازند لار. C- نمایی از برش گسلی در محدوده گسل در سازند لار. D- نمایی از پوشش گیاهی خطی در دو فاز مختلف در سازند لار که فاز زرد رنگ جوانتر از فاز قرمز می‌باشد.

## نتایج

### مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی

مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی در منطقه نشان می‌دهد که توالی‌های سنگی دارای امتداد متغیر N130 تا N140 و مقدار شیب 30 تا 35 درجه بوده و جهت شیب این توالی‌های در بخش‌های مختلف متفاوت است به طوری که در یال جنوب شرقی منطقه جهت شیب SW و در یال شمال غربی جهت شیب SW و NE می‌باشد. وجود چین خوردگی و گسل خوردگی متعدد در این ناحیه باعث تغییر در جهت شیب لایه‌ها گردیده است. عمده گسل‌ها در این محدوده دارای راستای شمال شرقی- جنوب غربی بوده که از نوع مورب لغز(راستگرد- نرمال) می‌باشند.

گسل‌ها در این محدوده بر اساس آثاری از قبیل جابجایی لایه‌ها، برش گسلی، پوشش گیاهی خطی و تشکیل زون‌های دولومیتی قابل شناسایی می‌باشند(شکل ۲).

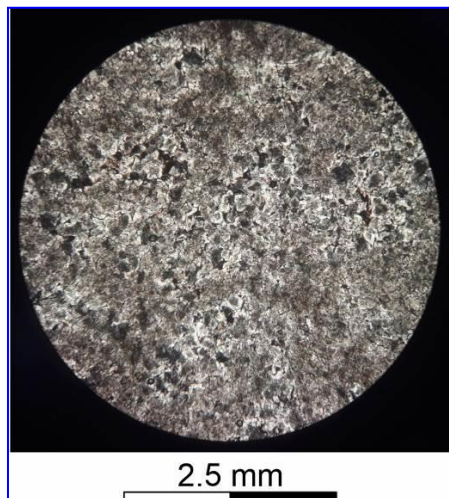
### بحث و نتیجه گیری

مطالعه سنگ شناسی سازندهای دلیچای و لار در محدوده مذکور نشان می‌دهد که عمده توالی‌های این دو سازند از سنگ آهک تشکیل شده اما توالی‌های ابتدایی سازند لار شامل دولومیت و دولومیت آهکی می‌باشند. در برخی از نواحی(بخصوص در محدوده سازند لار) فرایند دولومیتی شدن ثانویه باعث تشکیل واحدهای دولومیتی به صورت پراکنده در میان واحدهای سنگ آهک گردیده است که در مقاطع نازک به صورت بلورهای درشت بلور قابل مشاهده است(شکل ۳).

مطالعه الگوهای ساختمانی منطقه و الگوی مکانی پراکندگی دولومیت‌های ثانویه بیانگر وجود ارتباط مستقیم بین نواحی گسله با زون‌های دولومیتی شده می‌باشد به طوری که با ترسیم نقشه

پراکندگی زون‌های دولومیتی و مقایسه آن با نقشه گسل‌های منطقه می‌توان دریافت که دلیل اصلی دولومیتی شدن واحدهای سنگ آهک می‌تواند بر اثر تزریق سیالات غنی از منیزیم به درون زونهای گسله و شکستگی‌ها و در ادامه ایجاد زون‌های دولومیتی شدن در نزدیکی گسل‌های اصلی و فرعی در منطقه باشد. فعالیت گسل‌ها در منطقه باعث تشکیل دره‌ها و چشمه‌های متعددی شده و با توجه به اینکه توالی‌های سنگی در راستای گسل‌ها به شدت خرد شده و مستعد فرسایش می‌باشند از این رو مناطق گسله دارای توپوگرافی پست‌تری نسبت به نواحی فاقد گسلش می‌باشند(شکل ۴).

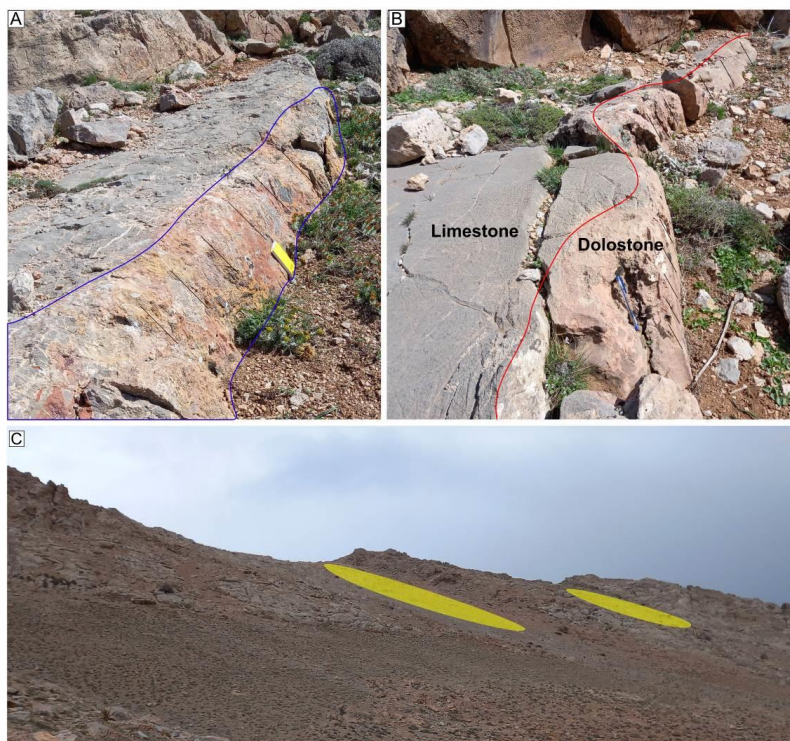
گسل‌های موجود در منطقه بر اساس اصل فرایندهای متقاطع در چینه‌شناسی مربوط به سنوزوئیک می‌باشند. در مجاورت این گسل‌ها، درصد فرایند دولومیتی شدن ثانویه در توالی‌ها نیز افزایش قابل توجهی از خود نشان می‌دهد(شکل ۵).



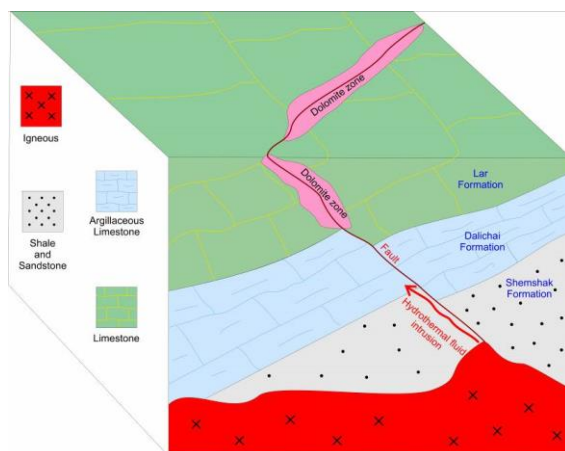
شکل ۳- نمایی از دولومیت‌های درشت بلور در مقطع نازک میکروسکوپی مربوط به نواحی دولومیتی شده در محدوده گسلها برگرفته از ربانی و همکاران ۱۴۰۱

مطالعات سنگ شناسی در منطقه بیانگر این موضوع می‌باشد که هرچه از زون‌های گسله و دره-های گسله در منطقه فاصله بگیریم از میزان واحدهای دولومیتی در محدوده کاسته شده و درصد توالی‌های سنگ آهک افزایش می‌یابد. منشا سیال غنی از منیزیم در این فرایند می‌تواند از توده‌های نفوذی تزریق شده در راستای گسل‌ها باشد که در مسیر خود به سمت سطح زمین باعث دولومیتی شدن سنگ آهک‌های اطراف خود می‌شود. این توده‌های نفوذی در توالی‌های ژوراسیک منطقه جنوب غرب زنجان در نزدیکی روستای احمد کندی قبلاً گزارش شده است (زه‌دی و ربانی ۱۳۹۷، بختیاری ۱۳۹۷). اما این نفوذی‌ها در

منطقه مورد مطالعه رخنمون نیافته‌اند. آغشتگی به اکسید آهن نیز یکی دیگر از مواردی است که در راستای گسل‌ها در این محدوده به وضوح قابل مشاهده می‌باشد که وجود سیال غنی از آهن را در این محدوده تایید می‌نماید. این اکسید آهن در برخی موارد باعث تغییر رنگ سنگ آهک به قرمز متمایل به قهوه‌ای می‌گردد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی پراکندگی گسل‌ها می‌تواند کنترل کننده الگوی جغرافیایی دولومیت‌های ثانویه در یک منطقه باشد. این موضوع زمانی قابل استناد است که فرایند دولومیتی شدن به صورت ثانویه در اثر تزریق سیالات غنی از منیزیم در گسل‌های یک منطقه صورت پذیرد.



شکل ۴- A- آغشتگی به اکسید آهن در زون گسله. B- زون دولومیتی شده در محدوده گسل. C- زون‌های دولومیتی در راستای گسل‌های منطقه که ارتفاع پست تری را نشان می‌دهند.



شکل ۵- مدل فرضی ارتباط بین گسلها و زونهای دولومیتی در سازند لار در محدوده مورد مطالعه

- Bistacchi, A., Balsamo, F., Storti, F., Mozafari, M., Swennen, R., Solum, J., ... & Taberner, C. (2015). Photogrammetric digital outcrop reconstruction, visualization with textured surfaces, and three-dimensional structural analysis and modeling: Innovative methodologies applied to fault-related dolomitization (Vajont Limestone, Southern Alps, Italy). *Geosphere*, 11(6), 2031-2048.

- Hollis, C., Bastesen, E., Boyce, A., Corlett, H., Gawthorpe, R., Hirani, J., ... & Whitaker, F. (2017). Fault-controlled dolomitization in a rift basin. *Geology*, 45(3), 219-222.

- Koeshidayatullah, A., Corlett, H., Stacey, J., Swart, P. K., Boyce, A., & Hollis, C. (2020). Origin and evolution of fault-controlled hydrothermal dolomitization fronts: A new insight. *Earth and Planetary Science Letters*, 541, 116291.

- Mozafari, M., Swennen, R., Balsamo, F., El Desouky, H., Storti, F., & Taberner, C. (2019). Fault-controlled dolomitization in the Montagna dei Fiori Anticline (Central Apennines, Italy): record of a dominantly pre-orogenic fluid migration. *Solid Earth*, 10(4), 1355-1383.

Ferraro, F., Agosta, F., Ukar, E., Grieco, D. S., Cavalcante, F., Belviso, C., & Prosser, G. (2019). Structural diagenesis of carbonate fault rocks exhumed from shallow crustal depths: An example from the central-southern Apennines, Italy. *Journal of Structural Geology*, 122, 58-80.

## منابع

- بختیاری ا.، (۱۳۹۷)، سنگ‌شناسی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین نیمه‌عمیق منطقه احمدکندی، جنوب غرب زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه زنجان، ۶۲ صفحه.

- زهدی ا. و ربانی ج. (۱۳۹۷). تاریخچه رسوبگذاری سازند دلیچای در جنوب غرب زنجان (با تاکید بر تشکیل میکروبیالیت‌ها). چهارمین همایش انجمن رسوب شناسی ایران با تاکید بر مخازن هیدروکربوری. دانشگاه زنجان. ص. ۴۹۲-۵۰۲.

- ربانی ج.، زهدی ا. و فزونی ش. (۱۴۰۱). چینه نگاری و بازسازی محیط رسوبگذاری سازندهای دلیچای و لار در برش ینگجه (جنوب خاوری زنجان). پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی. دانشگاه اصفهان. ص. ۷۷-۹۴.

## چینه‌نگاری زیستی سازند تله زنگ، جنوب اسلام آباد غرب، حوضه لرستان

محمد جاسر خسروآبادی<sup>۱</sup>، ایرج مغفوری مقدم<sup>۲\*</sup>، اصغر روز پیکر<sup>۳</sup>

- ۱- کارشناسی ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
- ۳- دکترای چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۵/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۴

\*مسئول مکاتبات: ایرج مغفوری مقدم، [maghfouri.i@lu.ac.ir](mailto:maghfouri.i@lu.ac.ir)

### چکیده

در این پژوهش، توالی رسوبی سازند تله زنگ در برش تنگ کونر با برآورد اهداف زیست‌چینه‌نگاری، تعیین سن و سیستماتیک روزن‌داران بررسی شده است. برش نامبرده در جنوب شرق اسلام آباد غرب، حوضه لرستان و پهنه زاگرس چین خورده واقع گردیده است و با ضخامت ۱۴۱ متر شامل سنگ آهک‌های توده‌ای می‌باشد. سنگ آهک‌های سازند تله زنگ به صورت همشیب ولی با تغییر ناگهانی سنگ‌شناسی به ترتیب بر روی ماسه سنگ-های سازند امیران و در زیر ماسه سنگ‌های سازند کشکان به صورت ناپیوسته قرار می‌گیرند. شناسایی ۱۸ گونه و ۲۵ جنس از روزن‌داران کفزی موجب شناسایی زون‌های زیستی SBZ3 و SBZ4 مشابه قلمرو تئیس باختری گردید. با توجه به زون‌های زیستی شناسایی شده سن پالئوسن پسین (تانترین) برای سازند تله زنگ برای برش مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. در برش مورد مطالعه مانند نهشته‌های تانترین تئیس خاوری و بر خلاف همین نهشته‌ها در تئیس باختری، تنوع روزن‌داران کفزی بسیار و در مقابل فراوانی جلبک‌های آهکی و مرجانها بسیار کم می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** چینه‌نگاری زیستی، سازند تله زنگ، تانترین، روزن‌داران کفزی، حوضه لرستان.

## **Biostratigraphy of the Taleh Zang Formation, South of Eslamabad-e Gharb, Lorestan basin**

Mohammad Jaser Khosroabadi<sup>1</sup>, Iraj Maghfouri Moghaddam<sup>\*2</sup>, Asghar Roozpeykar<sup>3</sup>

- 1- Master's degree in stratigraphy & paleontology Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorram Abad, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorram Abad, Iran
- 3- Graduated with a doctorate in stratigraphy & paleontology Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorram Abad, Iran

\*Corresponding author: Iraj Maghfouri Moghaddam, [maghfouri.i@lu.ac.ir](mailto:maghfouri.i@lu.ac.ir)

### **Abstract:**

In this research, the sedimentary sequence of the Taleh Zang Formation in the Tange Konar section has been examined by estimating the goals of biostratigraphy, determining the age and systematics of foraminifera. The studied section is located in the southeast of Eslamabad-e Gharb, the Lorestan basin and the folded Zagros zone. The Taleh Zang Formation is 141 meters thick and includes massive limestones. It is underlain by the Amiran Formation and is overlain by the Kashkan Formation conformably but with sharp changes in lithology, respectively. The identification of 18 species and 25 genera of benthic foraminifera led to the identification of SBZ3 and SBZ4 biozones similar to the Western Tethys province. According to the identified biozones, the Late Paleocene (Thanetian) age is suggested for the Taleh Zang Formation in the South of Eslamabad-e Gharb. In the studied section, like the Thanetian deposits of the Eastern Tethys, and unlike the same deposits in the Western Tethys, the diversity of benthic foraminifera is high, while the abundance of calcareous algae and corals is very low.

**Keywords:** Biostratigraphy, Taleh Zang Formation, Thanetian, Benthic foraminifera, Lorestan basin.

## مقدمه

با شرایط الیگو تروفیک می‌باشد (Hottinger, 1982). بدون شک مطالعه محتویات فسیلی سازند نهشته‌های پالئوسن پسین- انوسن پیشین در درک بهتر رویدادهای فوق و پی جویی تاثیرات آنها در پهنه لرستان دارای اهمیت به سزایی می‌باشد. نهشته‌های پالئوسن بالایی- انوسن پایینی به خوبی در سازند تله زنگ گسترش دارد. برش الگوی سازند تله زنگ توسط جیمز و وایند (James & Wynd, 1965) در تنگ ۲ در جنوب خاوری حوضه لرستان انتخاب گردید. محتویات زیستی این سازند توسط وایند (Wynd, 1965) به زون‌های زیستی زیر تفکیک گردید:

1. *Miscellanea- Kathina* assemblage Zone (late Paleocene)
2. *Opertorbitolites* subzone (early Eocene)
- 3- *Somalina* subzone (middle Eocene)

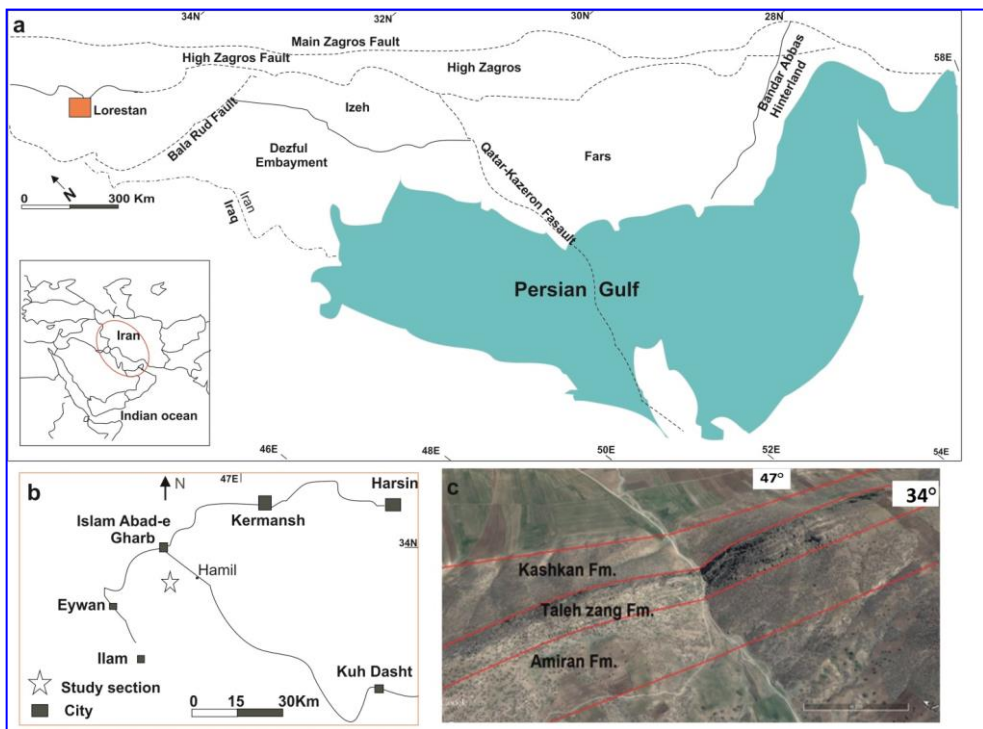
معرفی زون‌های فوق بر مبنای شناسایی روزن‌داران کفزی در حد جنس می‌باشد. تعیین سن لایه‌های سازند تله زنگ با استفاده از این زون‌های زیستی در حد دوره و زیردوره‌ها امکان پذیر می‌باشد (به عنوان مثال Maghfouri & Jalali, 2002; Maghfouri et al., 2008; Zohdi & Adabi, 2008; Shalavand et al., 2020) ولی به هیچ عنوان نمی‌توان اشکوب‌ها و زیر اشکوب‌ها را با آنها تفکیک کرد. از سالیان دور دیرین شناسانی چون (Hottinger, 1960)، (Schaub, 1981)، (Hottinger and Drobe, 1988) اپل زون‌هایی بر مبنای شناسایی گونه‌های روزن‌داران کفزی به ویژه آلوئولینیدها در لایه‌های پالئوژن حوضه مدیترانه معرفی کردند. این زون‌های زیستی بر خلاف زون‌های زیستی مناطق دیگر مانند پهنه زاگرس قادر به تفکیک اشکوب‌های پالئوژن می‌باشند. (Serra-Kiel et al., 1988) بر مبنای تمامی روزن‌داران کفزی پالئوژن (مانند آلوئولینیدها،

از اواخر پالئوسن در بخش‌های شرقی و شمالی حوضه لرستان بر روی نهشته‌های توریدایتی سازند امیران، سنگ آهک‌های سازند تله زنگ در یک سکوی کربناته انباشته شدند که مقارن با یکی از مهمترین رویدادهای مهم بوم‌شناسی سنوزوئیک می‌باشد. در این زمان در بازه زمانی بسیار کوتاه (حدود ۴ تا ۵ میلیون سال) دمای زمین ۵ تا ۸ درجه سانتیگراد بالا رفت که موجب تغییرات زیستی شدیدی شد (Zachos et al., 2001). از سوی دیگر ابتدای پالئوسن پسین شروع بازبایی اشکال حیاتی و همچنین مرحله سوم چرخه بلوغ تجمع‌های جهانی (Global Community) (Maturation cycle) بعد از انقراض توده‌ای کرتاسه پسین می‌باشد (Hottinger, 2001). در این مرحله، تنوع مورفولوژی و جنس‌های روزن‌داران بزرگ کفزی شروع به افزایش نمود. از اواخر پالئوسن و شروع انوسن روزن‌داران با راهبرد زیستی k شروع به افزایش نمودند. گونه‌هایی با راهبرد k دارای اندازه بزرگتر و طول عمر طولانی‌تر و در مقابل میزان زاد و ولد کمتری نسبت به گونه‌هایی با راهبرد R می‌باشند (Petrizzo, 2002). لازم به ذکر است که حروف k و R برگرفته از یک فرمول زیست‌شناختی برای نرخ زاد و ولد و ظرفیت محیطی برای نگهداری نسل جدید می‌باشد. در شرایط سخت محیطی که میزان مرگ و میر زیاد است تعداد تولید مثل زیاد و در مقابل طول عمر آنها کم می‌شود و در مقابل اگر شرایط محیطی مناسب باشد و میزان مرگ و میر کاهش یابد نرخ تولید مثل کاهش می‌یابد. K مخفف واژه آلمانی Kapazitätsgrenze به معنی محدودیت ظرفیت و R مخفف واژه Rate به معنی نرخ می‌باشد. وابستگی این گونه‌ها به جلبک‌های همزیست زیاد می‌باشد که نشان دهنده سازش آنها

برش‌های چینه‌نگاری مختلف نیاز به شناسایی روزن‌داران کفزی در سطح گونه می‌باشد. متاسفانه در مورد سیستماتیک و معرفی ویژگی‌های گونه‌های روزن‌دار کفزی در نهشته پالئوژن ایران مطالعات بسیار کمی انجام شده است که می‌توان به (Rahaghi 1978; 1983) و (Hadi et al., 2019) اشاره کرد.

ولی در مورد سیستماتیک روزن‌داران سازند تله زنگ تاکنون چنین مطالعه‌ای انجام نشده است. هدف نوشته حاضر سامان‌بندی و توصیف روزن‌داران کفزی سازند تله زنگ در یک برش چینه‌نگاری در جنوب اسلام آباد غرب (شمال حوضه لرستان) می‌باشد.

نومولیتها و اورتوگرامنیدا) بیست زون زیستی (Shallow Benthic Zone) برای نهشته‌های پالئوژن حوضه مدیترانه معرفی کردند. این زون‌های زیستی تا تیس شرقی برای تفکیک آشکوب‌ها و زیر آشکوب‌های پالئوژن قابل استفاده می‌باشند (Zhang et al., 2013). از مدتها قبل در بخش‌های مختلف ایران نیز از این زون‌های زیستی در مطالعات چینه‌نگاری زیستی استفاده شده است. به عنوان مثال برای نهشته‌های ائوسن البرز می‌توان به (Hadi et al. 2015; 2016)، سازند تله زنگ در مرکز حوضه لرستان توسط (Bagherpour & Vaziri, 2012) و سازند جهرم توسط (Nafarieh et al., 2019; Amirshahkarami & Zebarjadi, 2018) اشاره کرد. معرفی این زون‌های زیستی در



شکل ۱- (a) موقعیت برش مورد مطالعه در لرستان و حوضه زاگرس؛ (b) راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه؛ (c) تصویر ماهواره‌ای از برش مورد مطالعه.

## روش مطالعه

برش مورد مطالعه در غرب پهنه زاگرس و در شمال حوضه لرستان (شکل ۱-a) و در تنگ کونر در ۱۵ کیلومتری جنوب اسلام آباد غرب از توابع استان کرمانشاه، با مختصات جغرافیایی " 33° N و 57' 8" و 46° 38' 53" E قرار گرفته است. بهترین راه دسترسی به ناحیه مورد مطالعه، ۱۵ کیلومتری راه اصلی اسلام آباد غرب - حمیل می باشد (شکل ۱-b). در مطالعه حاضر در مجموع ۷۴ نمونه برداشت گردید و از آنها مقطع نازک تهیه گردید. از آنجا که در برش‌های مورد مطالعه نمونه‌های سخت نشده وجود نداشت امکان تهیه و آماده سازی نمونه‌های ایزوله فراهم نبود. خصوصیات داخلی میکروفسیل‌ها در زیر میکروسکوپ شناسایی گردید و بر اساس محدوده چینه نگاری و تجمعات میکروفسیل‌ها زون‌های زیستی شناسایی گردیدند و در نهایت نتایج حاصل با مناطق مجاور مقایسه گردید. برای شناسایی و سیستماتیک روزن داران از منابع مختلفی استفاده شد که مهم ترین آنها عبارتند از: (Hottinger, 2009, 2014) و (Haynes et al., 2010).

## زمین شناسی

حوضه زاگرس و صفحه ایران در طی پالئوژئیک بخشی از صفحه افریقا بوده‌اند که با باز شدن اقیانوس نوئوتیس از اواخر پرمین از یکدیگر جدا شدند (Farahpour & Hessami, 2012). این اقیانوس از اوایل کرتاسه به زیر صفحه ایران فرورانش نمود. حرکت رو به سوی شمال شرق اقیانوس نوئوتیس و فرورانش آن به زیر صفحه ایران در کرتاسه موجب تشکیل زون‌های پیش بوم (Foreland) از قبیل لرستان در مقابل گسله زاگرس مرتفع شد (Falcon, 1974). این روند در پالئوژن با شروع کافت زایی دریای سرخ ادامه

یافت (Beydoun et al., 1992). حرکات کوهزایی کرتاسه پسین موجب بالا آمدن بخش‌های وسیعی از زون زاگرس مرتفع شد که از فرسایش و رسوب گذاری مجدد آنها، نهشته‌های توریدایی سازند امیران در بخش‌های شرقی و شمالی زون لرستان انباشته شدند. از اواخر پالئوسن تا ائوسن میانی شرایط تقریباً پایداری در زون لرستان وجود داشت که حاصل آن رسوب گذاری کربنات‌های کم عمق سازند تله زنگ در بخش‌های حاشیه‌ای و مارن‌های عمیق سازند پابده در بخش‌های میانی و باختری این حوضه بوده است. حرکات کوهزایی پیرینه در اواخر ائوسن پیشین موجب ته نشینی رسوبات تخریبی و قاره‌ای سازند کشکان بر روی سازند تله زنگ شد. در برش مورد مطالعه سازند تله زنگ ۱۴۱ متر ضخامت داشته و متشکل از سنگ آهک- های توده‌ای خاکستری تا قهوه‌ای می باشد که به طور هم شیب ولی با مرز مشخص به ترتیب بر روی ماسه سنگ‌های سازند امیران و زیر ماسه سنگ‌های سازند کشکان قرار می‌گیرد (شکل ۱-c).

## سیستماتیک

به طور کلی سازند تله زنگ دارای محتویات روزن- دار بسیار غنی می‌باشد. در این بخش سیستماتیک برخی از گونه‌های مهم روزن دار بیان می‌شود که دارای اهمیت زیست چینه نگاری می‌باشند.

Phylum: Foraminifera (d'Orbigny, 1826)  
 Class: *Globothalamia* (Pawłowski, Holzmann & Tyszka, 2013)  
 Subclass: *Rotaliana* (Mikhalevich, 1980)  
 Order: *Rotaliida* (Delage & Hérouard, 1896)  
 Superfamily: *Nonionoidea* (Schultze, 1854)  
 Family: *Miscellaneidae* (Sigal in Piveteau, 1952 emend. Hottinger, 2009)  
 Genus: *Miscellanites* (Hottinger, 2009)  
 Species: *Miscellanites minutus* (Rahaghi, 1983)  
 Fig.2a  
 Sample no.25

توصیف: این گونه دارای پوسته دوکی و تخم مرغی شکل و دارای منفذهای متعددی است. ستونک‌ها در این نمونه محدود به قطبین بوده و اسکلت دیواره توسط یک دسته کانال منظم پوشیده شده است. در بسیاری از برش‌های محوری آخرین پیچش یک تغییر آشکار از حالت زاویه‌دار به حالت گرد شونده را نشان می‌دهد. نمونه‌های بالغ میکروسفریکی قطری حدود ۱/۵ میلی‌متر و نمونه‌های بالغ مگالوسفریکی قطری حدود ۱ میلی‌متر را دارا می‌باشند و دارای ۱۶ و ۱۴ حجره‌ای می‌باشند به ترتیبی که در آخرین پیچش سپتا به صورت شعاعی و مستقیم در منطقه استوایی و به صورت نسبتاً خمیده و پیچ خورده در مناطق جانبی دیده می‌شود.

گسترش زمانی: این گونه در برش الگوی زون زیستی SBZ3 در سواحل آکیتاین در جنوب غرب فرانسه مشاهده شده است و تا انتهای زون زیستی SBZ4 مشاهده می‌شود (Hottinger, 2009).

گسترش مکانی: این گونه از ایران و فرانسه گزارش شده است (Hottinger, 2009).

Species: *Miscellanites iranicus* (Rahaghi, 1983)

Fig. 2c

Sample no.35

توصیف: فرم‌های میکروسفریک دارای پوسته تخم مرغی شکل با قطری تا ۳/۵ میلی‌متر هستند. نسبت قطر به ضخامت آنها ۱ به ۱ است. حجرات آنها به صورت یک پیچش ساده و کوتاه پلانیس پیرال و اینولوت است که بیشتر در مقاطع استوایی دیده می‌شود. شیارهای سپتاها از دو قطب نزدیک به سطح محوری قرار دارند. کانال‌های شعاعی که به شکل یکنواختی از هم فاصله دارند نقش انتقال مواد مغذی را به داخل موجود دارند. فرم‌های مگالوسفریک دارای پوسته تخم مرغی شکل و

توصیف: فرم‌های میکروسفریک این گونه در برش مورد مطالعه بسیار کم می‌باشد. پوسته در این حالت به شکل عدسی با حواشی نوک‌تیز دیده می‌شود. حداکثر قطر آنها به ۲/۲ میلی‌متر می‌رسد ولی قطر معمولی آنها ۲ میلی‌متر است. حجرات پلانیس پیرال و اینولوت و به صورت ساختار حلقوی مانند می‌باشند. در فضاها محدود به قطبین پوسته یک گروه از ستونک‌های بلند و باریک که شامل تعداد قابل ملاحظه‌ای کانال هستند به صفحه نافی متصل‌اند. فرم‌های مگالوسفریک آن دارای قطر بین ۱/۴ تا ۱/۵ میلی‌متر می‌باشند. در برش محوری حدود سه ستونک قابل مشاهده است. چهار شکاف ریز بر روی قسمت‌های اتصال دهنده لبه داخلی به بخش درونی قرار دارند. صفحه نافی توسط یک حجره پوشیده شده است.

*M.minutus* از *M.primitivus* از طریق تعداد حجرات بیشتر، حاشیه و لبه‌ی واضح و مشخص و تعداد کمتری خط درز بر روی سطح خارجی پوسته تشخیص داده می‌شود.

گسترش زمانی: هوتینگر (Hottinger, 2009) *Miscellanites minutus* (Rahaghi, 1983) را زون زیستی SBZ3 پیشنهاد نمود ولی عنوان کرد که احتمالاً محدوده زمانی این گونه تا اواخر پالئوسن نیز می‌رسد.

گسترش مکانی: این گونه و *Miscellanites primitivus* (Rahaghi, 1983) از تتیس غربی (اسپانیا و فرانسه)، تتیس مرکزی (بالکان) (Leppig, 1988) و شرق ایران (گرگیج و شهرکی میرزایی، ۱۳۹۴) گزارش شده است.

Species: *Miscellanites primitivus* (Rahaghi, 1983)

Fig. 2b

Sample no.62

پورسولانوز و لایه بیرونی هیالین می باشد. ترکیب دیواره این گونه موجب بحث های فراوانی در سامان بندی آن شده است. بسیاری آن را متعلق به راسته روتالیدا می دانند (Loeblich & Tappan, 1988) و برخی مانند شله جنت وایت و رگارد (Schlagiantweit & Rigard, 2019) با توجه به ساختارهای درونی، این جنس را در راسته تکستولاریدا قرار می دهند.

گسترش زمانی و مکانی: ماستریشتین تا تانتین ایران و اتریش (Schlagiantweit & Rigard, 2019). این گونه برای اولین بار در ایران معرفی شده است.

Genus: *Sistanites* (Rahaghi, 1983)  
Species: *Sistanites iranica* (Rahaghi, 1983)  
Fig.2e  
Sample no.12

توصیف: پوسته کوچک و تروکوسپیرال و غیر متقارن (بخش شکمی تقریباً صاف و بخش پشتی به شدت محدب)، حداکثر ارتفاع ۱ میلی متر می باشد. دیواره دو لایه بوده و لایه روشن و لایه تیره ساخته می باشد. صفحات افقی در آن قابل تشخیص می باشد. حجره جنینی بیضوی است.

گسترش زمانی و مکانی: این گونه از پالتوسن ایران، ترکیه و ایتالیا گزارش شده است (Sirel, 2009) و تنها گونه شناخته شده از جنس *Sistanites* می باشد.

Family: *Cancriidae* (Chapman, Parr & Collins, 1934)  
Genus: *Valvulineria* (Cushman, 1926)  
Species: *Valvulineria* sp.  
Fig.2f  
Sample no.17

توصیف: پوسته تروکواسپیرال و اینولوت با محیطی کاملاً گرد می باشد. سمت ناف شدیداً فرورفته می باشد. حجرات تدریجاً بزرگ می شوند. حجره آخر بیش از نیمی از صدف را شامل می شود. گسترش این جنس جهانی بوده و از دانین تا عهد حاضر

پیچش حجرات پلانیس پیرال و اینولوت با نسبت قطر به ضخامت ۱ به ۲ تا ۱ به ۳ می باشند. حاشیه پوسته گرد است. منطقه های قطبی توسط ستونک هایی پوشیده شده اند که حدود یک سوم پوسته را اشغال کرده اند و در برش محوری این ستونک ها ۴ تا ۶ عدد هستند.

گسترش زمانی و مکانی: این گونه از شیراز (Rahaghi, 1983) و در توالی سنگ آهکی جنوب کرمانشاه زون زیستی SBZ3 گزارش شده است (Hottinger, 2009).

Superfamily: *Discorboidea* (Ehrenberg, 1838)

Family: *Mississippinidae* (Saidova, 1981)

Subfamily: *Stomatorbininae* (Saidova, 1981)

Genus: *Stomatorbina* (Dorreen, 1948)

Species: *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss, 1862)

Fig 2d

Sample no.15

Synonymised names: *Rosalina binkhorsti* (Reuss, 1862), *Conorbina binkhorsti* (Reuss, 1862),

*Discopulvinulina binkhorsti* (Reuss, 1862),

*Discorbina binkhorsti* (Reuss, 1862),

*Gavelinella binkhorsti* (Reuss, 1862),

*Mississippina binkhorsti* (Reuss, 1862),

*Pulvinulina binkhorsti* (Reuss, 1862).

توصیف: محیط اطراف صدف گرد و اندازه صدف کوچک و بین ۰/۷ تا ۱ میلی متر می باشد. حجرات گرد تا گریزی شکل و تدریجاً بزرگ می شوند.

حجره آخر بسیار بزرگ می شود. تا ۲ دور پیچش در آن مشاهده می شود. محدوده زمانی آن ماستریشتین تا انتهای زون زیستی SBZ4 می باشد.

در برش نازک این گونه بسیار شبیه *Discorbis* sp. می باشد. تفاوت عمده آنها در دیواره می باشد. دیواره *Discorbis* sp. هیالین ساده می باشد.

باشد ولی جنس دیواره *Stomatorbina* (Dorreen, 1948) مرکب است، بطوری که لایه زیرین

Genus: *Lockhartia* (Davies, 1932)

*Lockhartia* sp.

Fig.2h

Sample no.120

توصیف: پوسته تروکوسپیرال کوتاه از سوی بخش شکمی و پشتی محدب می باشد. در بخش شکمی ستونکهای متعددی وجود دارد. سپتهاها به صورت دوگانه دیده می شوند. دیواره از آهک هیالین لایه لایه و از فیبرهای شعاعی تشکیل یافته است.

گسترش زمانی: محدوده زمانی این جنس از اواخر پالئوسن تا اوایل انوسن می باشد (Hottinger 2009).

گسترش مکانی: این جنس از پاکستان، ایران، ترکیه و سومالی گزارش شده است (Hottinger 2009).

Subfamily: *Daviesininae* Hottinger, 2014 †

Genus: *Daviesina* (Smout, 1954)

Species: *Daviesina shirazensis* (Rahaghi 1983)

Fig.2i

Sample no.84

توصیف: پوسته هیالین دو لاملی و تروکوسپیرال کوتاه می باشد و در سطح خارجی آرایش های برجسته های می باشد. اندازه صدف کوچک و قطر آن حدود ۱/۲ میلی متر می باشد. نسبت قطر استوایی به ارتفاع صدف حدود ۱/۴ می باشد. در قسمت میانی صدف دارای ۴ ستونک بزرگ می باشد که از اطراف به ستونک های کوچکتر محدود می شود. دارای کانال های داخل سپتایی می باشد. مهمترین ویژگی این گونه نسبت به گونه های دیگر تحدب زیاد صدف و ستونک های بزرگ شکمی است.

گسترش زمانی: محدوده زمانی این گونه تانین میانی می باشد (Hottinger, 2009).

گسترش مکانی: این گونه برای اولین بار از شبه جزیره قطر توسط (Smout, 1954) معرفی شد. در کرمانشاه توسط (Rahaghi, 1983) با نام معرفی شده است.

گزارش شده است (Loeblich & Tappan, 1988).

لازم به یادآوری است از این جنس تنها دو نمونه در برش مورد مطالعه یافت شده است.

گسترش زمانی: دانین- هولوسن (Loeblich & Tappan, 1988).

گسترش مکانی: این جنس گسترش جهانی دارد (Loeblich & Tappan, 1988).

Family: *Rotaliidae* (Ehrenberg, 1839)

Subfamily: *Kathininae* Hottinger, 2014

Genus: *Dictyokathina* (Smout, 1954)

Species: *Dictyokathina simplex* (Smout, 1954)

Fig.2g

Sample no.64

Synonymised names: *Kathina delseota* (Smout, 1954)

توصیف: پوسته عدسی شکل با اطراف گرد و صاف بوده و طول قطر تا ۳/۴ میلی متر می رسد. بخش پشتی تقریباً محدب و سطح شکمی مسطح تا مقعر می باشد. در بخش شکمی آمبو مشخص بوده (شاخصه زیر تیره *Kathininae*) و از اطراف به فونولها محدود می شود. در بخش پشتی بر روی حجره جنبینی، آمبو پشتی مشاهده می شود.

فورامن ها به صورت متوالی در یک آرایش کمائی در بخش حاشیه داخلی (*Interiomarginal*) مشاهده می شوند. *Dictyokathina simplex* (Smout, 1954) تنها گونه شناخته شده جنس *Dictyokathina* (Smout, 1954) می باشد.

گسترش زمانی: محدوده سنی این گونه زون های زیستی SBZ3 و SBZ4 می باشد (Hottinger, 2009).

گسترش مکانی: این گونه در نهشته های پالئوسن جنوب خلیج فارس گسترش وسیع دارد (Serra- Kiel et al., 2016). همچنین این گونه در مناطق مختلف ایران مانند نهشته های پالئوسن باختر رفسنجان گزارش شده است (Ahmadi, 2020).

Subfamily: *Lockhartiina* (Hottinger, 2014)

1983) و *Taberina daviesi* (Henson, 1950) مربوط به یک جنس واحد می‌باشند. آنها این گونه را *Azzarolina daviesi* (Henson, 1950) نامیدند به باور Meriç and Çoruh (1991) گونه *Orbitolites shirazensis* (Rahaghi, 1983) حقیقت نه به جنس *Taberina* بلکه در حقیقت مربوط به جنس جدیدی می‌باشند که آن را *Mardinella* نامیدند. از آنجا که Meriç and Çoruh (1991) آن را زودتر اعلام کرده بود، نام گونه *Mardinella daviesi* (Henson, 1950) قابل پذیرش می‌باشد. تفاوت جنس *Mardinella* با *Taberina* در داشتن ستونک‌های متقاطع می‌باشد. *Taberina* دارای استولون‌های شعاعی است. در جنس *Orbitolites* سپتولاهای تقسیم کننده حجرات عمودی هستند ولی در *Mardinella* به صورت مایل می‌باشند.

گسترش زمانی: محدوده سنی این گونه تانتین می‌باشد (Vicedo and Serra-Kiel, 2015) و احتمالاً طبق نظر هنسون (Henson, 1950) آخرین گسترش آن ائوسن پیشین می‌باشد. گسترش مکانی: این از شاخ آفریقا و کل پلت عربی تا زاگرس گزارش شده است (Vicedo and Serra-Kiel, 2015).

Family: *Meandropsinidae* (Henson, 1948)  
Genus: *Hottingerina* (Drobne, 1975)  
Species: *Hottingerina anatolica* (Sirel, 1999)  
Fig.21  
Sample no.56

توصیف: پوسته عدسی پورسولانوز با قطر ۲ میلی‌متر حجره جنینی کروی با پنج دور پیچش بعدی احاطه می‌شود پلانیسپیرال اینولوت پیچش-ها تدریجاً باز می‌شوند دارای سپتولاهای زیر جلدی است که از سقف آویزان می‌باشند گسترش زمانی: محدوده سنی جنس *Hottingerina* سلان‌دین پسین تا تانتین می‌باشد.

Order: Miliolida (Delage & Hérouard, 1896)  
Superfamily: Soritoidea (Ehrenberg, 1839)  
Family: Soritidae (Ehrenberg, 1839)  
Genus: Rhabdorites (Fleury, 1996)  
Rhabdorites sp.

Fig.2j

Sample no.72

توصیف: پوسته پورسولانور، ابتدا پلانیسپیرال یعد تک ردیفی و مخروطی می‌شود. حجرات فاقد ستونک می‌باشند. بعد از پیچش پلانیسپیرال ۱۳ حجره قابل مشاهده می‌باشد.

گسترش زمانی و مکانی: این جنس از زون زیستی SBZ3 یونان (Di Carlo et al., 2010) و حوضه کارائیب (Vicedo et al., 2013I) و از نهشته‌های ائوسن بالایی سازند جهرم (Nafarieh et al., 2019) گزارش شده است.

Subfamily: *Soritinae* (Ehrenberg, 1839)  
Genus: *Mardinella* (Meriç & Çoruh, 1991)  
Species: *Mardinella daviesi* (Henson, 1950)  
Fig.2k

Sample no.84

Synonymised names: *Taberina daviesi* (Henson, 1950), *Azzarolina daviesi* (Henson, 1950), *Mardinella shirazensis* (Rahaghi, 1983), *Orbitolites shirazensis* (Rahaghi, 1983), *Taberina daviesi* (Henson, 1950)

توصیف: پوسته در این گونه به شکل صفحه‌ای و عدسی و مقعر الطرفین و حجرات در اولین پیچش‌ها به صورت حلقه ای هستند. طول صدف تا ۴/۶ میلی‌متر و ارتفاع آن ۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد. شکل و قرارگیری پرده‌های دیافراگمی از یک حجره به حجره‌ی بعدی مایل بوده و به خوبی دیده می‌شوند. اما در اولین پیچش‌ها آرایش حجرات به صورت ضعیفی توسعه یافته است. آرایش حجرات در دوره‌های اولیه کلیه‌ای شکل (reniform) است که سریع در دوره‌های بعدی به حلقه‌ای شکل (annular) تغییر شکل می‌دهد.

(Vicedo & Serra-Kie, 2015) بر این باورند که گونه‌های *Orbitolites shirazensis* (Rahaghi,

Class: *Globothalamea* Pawlowski, Holzmann & Tyszka, 2013

Subclass: *Textulariana* (Mikhalevich, 1980)

Order: *Lofusiida* (Kaminski & Mikhalevich in Kaminski, 2004)

Suborder: *Ataxophragmiina* (Fursenko, 1958)

Superfamily: *Ataxophragmioidea* (Schwager, 1877)

Family: *Anatoliellidae* (Sirel, 2013)

Genus: *Anatoliella* (Sirel 1988)

Species: *Anatoliella ozalpiensis* (Sirel, 1988)

Fig. 20

Sample no. 40

توصیف: پوسته بزرگ (۲/۵ تا ۳ میلیمتر) می باشد.

جنس *Anatoliella* (Sirel, 1988) تنها دارای این

یک گونه بوده و دارای پیچش مخروطی کوتاه می-

باشد و حجرات توسط مقسم های افقی (Raft) و

عمودی (Beam) تقسیم می شود. حجرات فنجان

مانند در سه ردیف مرتب شده اند.

گسترش مکانی: این گونه برای اولین بار در ترکیه

معرفی شده است (Sirel, 1988).

Suborder: *Orbitolinina* (Kaminski, 2004)

Superfamily: *Orbitolinoidea* (Martin, 1890)

Family: *Orbitolinidae* (Martin, 1890)

Subfamily: *Orbitolininae* (Martin, 1890)

Genus: *Karsella* (Sirel, 1997)

Species: *Karsella daviesi* (Hofker, 1966)

Fig. 2p

Sample no. 22

Synonymised names: *Karsella hottingeri* (Sirel, 1997)

توصیف: جنس *Karsella* (Sirel, 1997) تنها دارای

یک گونه *Karsella daviesi* (Hofker, 1966) می-

باشد که توسط سرل (Sirel, 1997) از شرق ترکیه

در نهشته های تانتین معرفی شد. این گونه مانند

دیگر جنس های زیر تیره اوربیتولینه دارای صدف

مخروطی بزرگ با ساختارهای درونی می باشد ولی

نسبت به دیگر گونه های این تیره پیچیده تر است و

در برش عرضی قابل مشاهده است. گسترش زمانی

و مکانی: به باور (Schlagintweit, 2021) گونه

*Orbitolina daviesi* (Hofker, 1966) در تانتین

گسترش مکانی: این گونه برای اولین بار در ترکیه معرفی شده است (Sirel 1999).

Superfamily: *Milioloidea* (Ehrenberg, 1839)

Family: *Spiroloculina d'Orbigny*, 1826

Family: *Hauerinidae* (Schwager, 1876)

Subfamily: *Miliolinellinae* (Vella, 1957)

Genus: *Idalina* (Schlumberger & Munier-Chalmas, 1884)

Species: *Idalina sinjarica* (Grimsdale, 1952)

Fig. 2m

Sample no. 70

توصیف: پوسته تخم مرغی شکل با حجرات به

شکل پلوتونه، بیشترین قطر صدف ۱/۳۵ میلیمتر

می باشد. حجرات ابتدا در پنج جهت سپس در ۳ و

در نهایت در ۲ جهت رشد می کنند. لایه قاعده ای

صدف کمتر از نیمی از ضخامت صدف می باشند.

گسترش زمانی و مکانی: این گونه از پالتوسن

اسپانیا تا هند گزارش شده است (Zarlu et al.,

2011).

همچنین این گونه در مناطق مختلف ایران مانند

نهشته های پالتوسن باختر رفسنجان گزارش شده

است (Ahmadi, 2020).

Species: *Idalina antiqua* (Schlumberger & Munier-Chalmas, 1884)

Fig. 2n

Sample no. 40

توصیف: دیواره پورسولانوز با لایه قاعده های ضخیم

پوسته تخم مرغی شکل، هر حجره بیش از نیمی از

ارتفاع صدف را شامل می شود و در حالت بلوغ

کاملا آخرین حجره ماقبل خود را می پوشاند

(تفاوت اصلی با گونه *Idalina sinjarica*

(Grimsdale 1952). ارتفاع صدف حدود ۱

میلیمتر می باشد. گسترش زمانی و مکانی: این

گونه از پالتوسن اسپانیا تا هند گزارش شده است

(Zarlu et al., 2011). همچنین این گونه در

مناطق مختلف ایران مانند نهشته های پالتوسن

باختر رفسنجان (Ahmadi, 2020) و شمال زاهدان

گزارش شده (Gorgij & Shahraki Mirzae, 2019)

است.

جنس را برای اولین بار از شرق ترکیه گزارش کرد و به علت داشتن پوسته آگلوتین و به تیره لیتولیده منسوب کرد. اما ( Hottinger et al., 2009) به علت وجود لایه پورسلانوز جنس *Haymanella* (Sirel, 2009) را مربوط به تیره پنیروپلیده می دانند. ارتفاع این جنس به حدود ۲/۵ سانتیمتر می رسد. به باور (Hottinger, 2009) گونه *Praerhapydionina (hensoni, 1950)* که توسط Hnson (1950) از عراق گزارش داده است در واقع نام دیگری برای گونه *Haymanella huberi (hensoni, 1950)* می باشد. گسترش زمانی: محدوده سنی این جنس پالئوسن - ائوسن می باشد (Sirel, 2009). گسترش مکانی: این گونه از لایه های ائوسن سازند چهارم در فارس گزارش شده است ( Nafarieh et al., 2019).

Class: *Tubothalamea* (Pawlowski, Holzman & Tyszka, 2013)  
Order: *Spirillinida* (Hohenegger & Piller, 1975)  
Suborder: *Ammodiscina* (Mikhalevich, 1980)  
Superfamily: *Ammodiscoidea* (Reuss, 1862)  
Family: *Ammodiscidae* (Reuss, 1862)  
Subfamily: *Usbekistaniinae* (Vyalov, 1968)  
Genus: *Turritellella* (Rhumbler, 1904)  
*Turritellella* sp.  
Fig.2t  
Sample no.44

توصیف: پوسته مخروطی بلند که جهت پیچش آن تغییر می کند. جنس پوسته پورسلانوز نازک که روی آن لایه آگلوتین با ذرات ریز قرار می گیرد. دارای حجرات کشیده که توسط مقسم های عمودی به اتاقک های ثانوی تقسیم می شود. پراکندگی زمانی و مکانی: این جنس از سیلورین تا عهد حاضر از مناطق کم عمق تا عمیق با انتشار جهانی می باشد (Loeblich and Tappan, 1988).

پاکستان در حقیقت گونه *Karsella daviesi* (Hofker, 1966) می باشد.

Subfamily: *Dictyoconinae* (Schubert, 1912)  
Genus: *Dictyoconus* (Blanckenhorn, 1900)  
*Dictyoconus* sp.  
Sample no.22

نوصیف: پوسته ابتدا پلاننسیپیرال سپس به صورت تک ردیفی باز می شود. در حاشیه صدف دارای ستونک و ضامثم فرعی کوتاه است ولی در مرکز حجرات داری ستونک می باشند. در برش طولی به صورت مثلثی دیده می شوند. ارتفاع حجرات در طول رشد افزایش می یابند. گسترش زمانی و مکانی: این جنس از آپتین تا الیگوسن در گستره وسیعی از جهان گزارش شده است ( Loeblich & Tappan, 1988).

Genus: *Fallotella* (Mangin, 1954)  
*Fallotella* sp.  
Fig.2r  
Sample no.115

جنس دیواره آگلوتین دانه ریز می باشد. پوسته مخروطی ابتدا پلاننسیپیرال و بعد به صورت تک ردیفی باز می شود. ارتفاع صدف تا ۱ میلیمتر می رسد. حجرات ساده دارای مقسم های افقی و عمودی هستند که در میانه صدف ضخیمتر می شوند. پالئوسن میانی تا اوایل پالئوسن پسین از اسپانیا تا ایران گزارش شده است ( Loeblich & Tappan, 1988).

Suborder: *Lituolina* (Lankester, 1885)  
Superfamily: *Lituoloidea*  
Family: *Lituolidae* (Blainville, 1827)  
Subfamily: *Ammomarginulininae* (Podobina, 1978)  
Genus: *Haymanella* (Sirel, 1999)  
Species: *Haymanella* (Sirel, 2009)  
*Haymanella* sp.  
Fig.2s  
Sample no.51

توصیف: پوسته پورسلانوز نازک که روی آن لایه آگلوتین قرار می گیرد. سرل (Sirel 2009) این

## بحث

2017). در برش مورد مطالعه مرز زیرین مجموعه

زیستی ۱ بر روی سنگ‌های تخریبی سازند امیران می‌باشد و مرز بالایی آن در زیر تجمع زیستی ۲ قرار می‌گیرد.

زون زیستی ۲ از ۱۲۳ متری تا انتهای سازند تله زنگ (به ضخامت ۱۸ متر) گسترش دارد. مرز بالایی آن در زیر نهشته‌های تخریبی سازند کشکان قرار می‌گیرد. روزن‌دارن کفزی این زون زیستی عبارتند از:

*Daviesina danieli* (Smout, 1954),  
*Dictyokathina simplex* (Smout, 1954),  
*Dorotia* sp., *Kathina delseota* (Smout, 1954),  
*Lockhartia* sp., *Mardinella daviesi* (Henson, 1950), *Miscellanites primitivus* (Rahaghi, 1983), *Setia* sp. and *dasycladalean* algae.

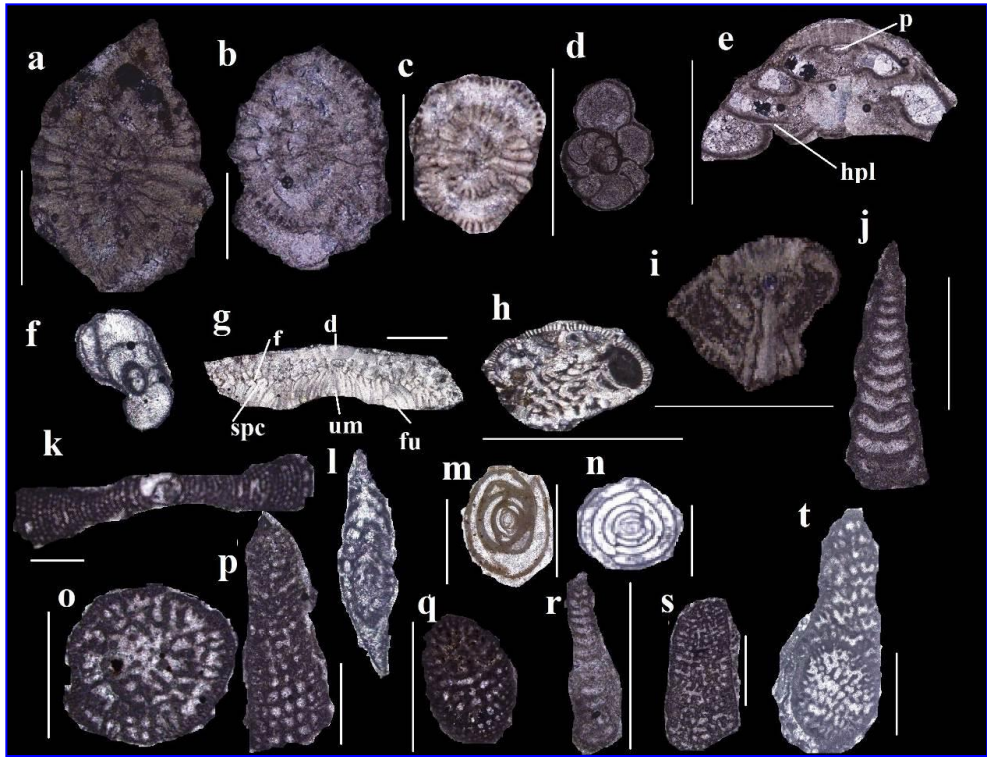
این مجموعه زیستی نشان دهنده زون زیستی SBZ4 به سن تانتین می‌باشد. بعد از انقراض توده-ای کرتاسه پسین تغییرات اقلیمی موجب بازیابی و تنوع جانداران شد. تداوم آب و هوای گرم در تمامی پالئوسن موجب ایجاد شرایط الیگوتروفی وسیعی شد که حاصل آن ایجاد شرایط مناسب برای گسترش روزن‌داران کفزی می‌باشد (Hottinger, 2009). (Scheibner & Speizer, 2008) با مطالعه و جمع‌آوری داده‌های مربوط به انتشار جانداران در چندین پلت فرم کربناته از تتیس غربی تا شرق آسیا، سه مرحله مهم در فرگشت مجموعه زیستی پلت فرم‌های پالئوژن شناسایی نمودند. مرحله اول در زون زیستی SBZ3، مرحله دوم در زون زیستی SBZ4 و مرحله سوم با ظهور و گسترش روزن‌داران بزرگ در اوایل ائوسن (زون‌های زیستی SBZ5) مشخص می‌شوند (شکل ۴).

فرگشت پلت فرم برخی نواحی مانند ترکیه و عمان توسط (Scheibner & Speizer, 2008) مطالعه نشده‌اند.

بر مبنای روزن‌داران کفزی (شکل ۲) دو زون زیستی (شکل ۳) در سازند تله زنگ در برش جنوب اسلام آباد شناسایی گردید. زون یک از قاعده تا ضخامت ۱۲۳ متر سازند تله زنگ قرار دارد. روزن‌داران شناسایی شده در زون ۱ به به شرح زیر می‌باشد:

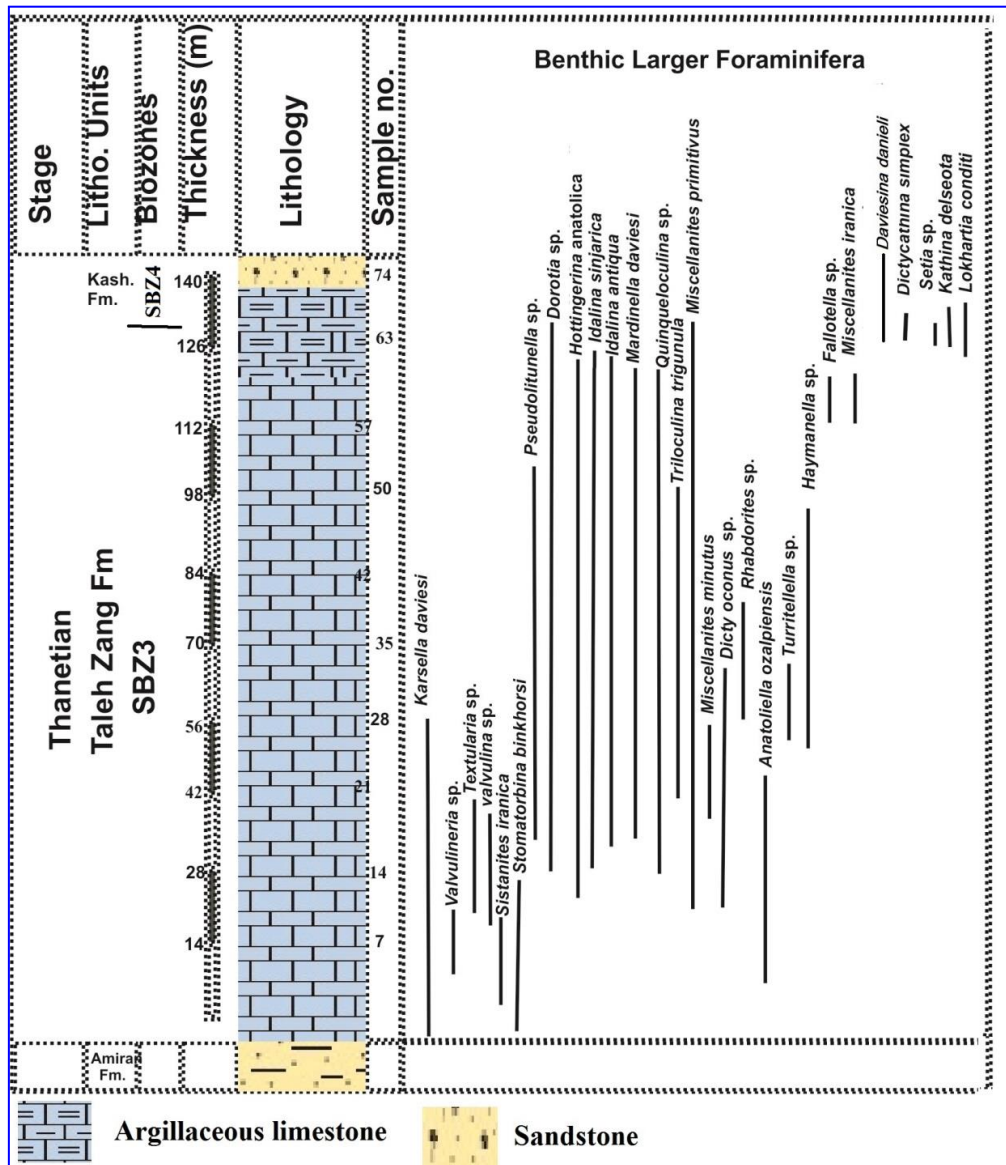
*Dorotia* sp., *Fallotella* sp., *Hottingerina anatolica* (Sirel, 1999), *Idalina antiqua* (Schlumberger & Munier-Chalmas, 1884), *Idalina sinjarica* (Grimsdale, 1952), *Mardinella daviesi* (Henson, 1950), *Miscellanites Iranicus* (Rahaghi, 1983), *Miscellanites Minutus* (Rahaghi, 1983), *Miscellanites primitivus* (Rahaghi, 1983), *Pseudolitulnella* sp., *Quinqueloculina* sp., *Setia* sp. *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss, 1862), *Textularia* sp., *Triloculina trigonula* (Lamarck, 1804), *Valvulina* sp.

در برش مورد مطالعه جلبک‌های داسی‌کلاداسه مانند *Cymopolia* sp. به تعداد فراوان مشاهده می‌شود. بر اساس روزن‌دارانی مانند *Hottingerina anatolica* (Sirel, 1999) و *Miscellanites Iranicus* (Rahaghi, 1983) سن مجموعه زیستی ۱ سازند تله زنگ در برش مورد مطالعه تانتین (زون زیستی SBZ3) می‌باشد. مانند تتیس خاوری (هند) و برخلاف تتیس باختری و برخی از رخنمون‌های سازند نهشته‌های پالئوسن در شرق ایران (گرگیچ و شهرکی میرزایی ۱۹۹۴) در جنوب اسلام آباد غرب گونه *Glomalveolina primaeva* (Reichel, 1936) مشاهده نشده است. فراوانی بسیار زیاد روزن‌داران مخروطی با پوسته آگلوتین و هیالین می‌تواند نشانه ارتباط با آب‌های آزاد زون زیستی SBZ3 می‌باشد که تضاد کامل با محیط کاملاً محدود و نیمه بسته کم عمق *Glomalveolina primaeva* (Reichel 1936) دارد (Govindan, و Vecchio & Hottinger, 2007)



شکل ۲- تصویری از برخی روزنبران برش های مورد مطالعه

a) *Miscellanites minutus* (Rahaghi, 1983), sample no, 25; b) *Miscellanites primitivus* (Rahaghi, 1983), sample no, 62; c) *Miscellanites Iranicus* (Rahaghi, 1983), sample no, 35; d) *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss, 1862), sample no, 15; e) *Sistanites iranica* (Rahaghi, 1983), sample no, 12, (hpl; horizontal plates; p: protoconch); f) *Valvulineria* sp., sample no. 17 ;g) *Dictyokathina simplex* (Smout, 1954), sample no, 64; d: dorsal umbo; f: foramen, fu: funul. spc: spiral canal, um: umbo); h) *Lockhartia* sp., sample no. 120; i) *Daviesina danieli* (Smout, 1954), sample no. 62 ; j) *Rhabdorites* sp. sample no, 72; k) *Mardinella daviesi* (Henson, 1950), sample no, 84; l) *Hottingerina anatolica* (Sirel, 1999), sample no. 56 ; m) *Idalina sinjarica* (Grimsdale, 1952), sample no, 70; n ) *Idalina antiqua* (Schlumberger & Munier-Chalmas, 1884), sample no, 40; o) *Anatoliella ozalpiensis* (Sirel, 1988) sample no, 40; p: Pillar; o) *Karsella daviesi* (Hofker, 1966) , sample no, 22; q) *Dictyoconus* sp., sample no, 22; r) *Fallotella alavensis* (Mangin, 1954), sample no. 115; s) *Haymanella elongata* (Sirel, 2009), sample no. 51; t) *Turritellella* sp., sample no. 44. Scale bar represent 1 mm.

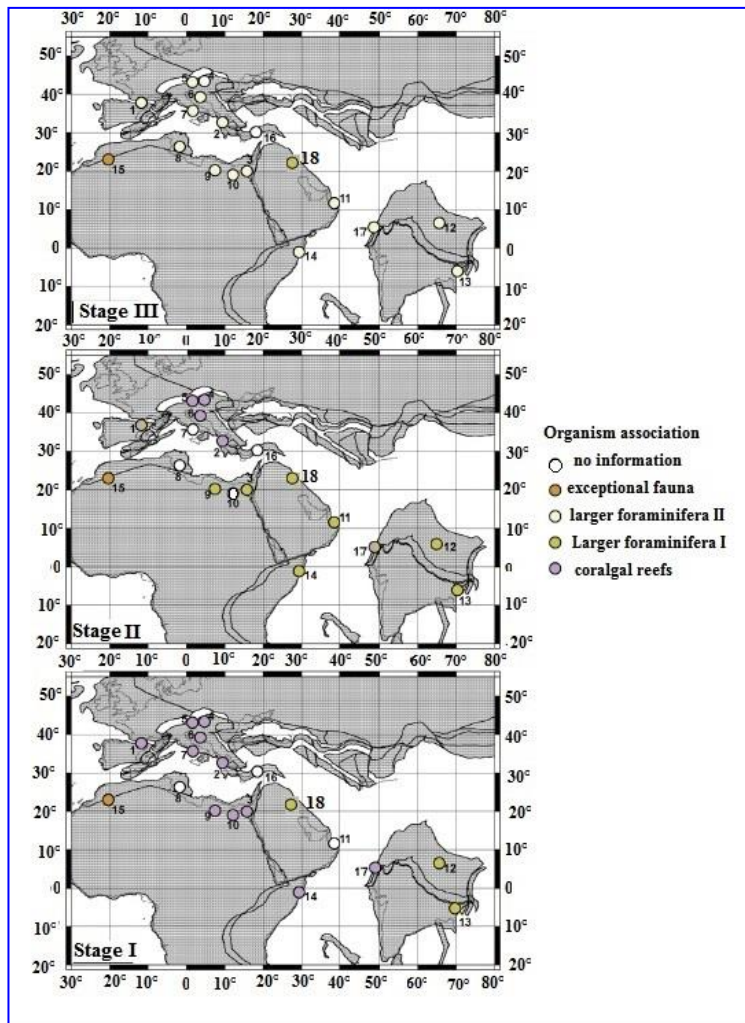


شکل ۳: سنگ شناسی، چینه نگاری زیستی و انتشار روزن داران سازند تله زنگ در برش جنوب اسلام آباد غرب

می‌شود (Scheibner & Speizer, 2008). در برش مورد مطالعه نیز مرز زون‌های زیستی SBZ3 و SBZ4 با تغییر سنگ‌شناسی واضح همراه می‌باشد بطوری‌که سنگ آهک‌های زون زیستی SBZ3 به سنگ آهک‌های رس‌دار زون زیستی SBZ4 تبدیل می‌شوند. این تغییر سنگ‌شناسی همراه با تغییرات شدید مجموعه زیستی سازند تله زنگ می‌باشد که گویای کاهش عمق می‌باشد. بطوریکه بالاترین لایه‌های سازند تله زنگ در برش مورد مطالعه شامل روزن‌دارانی مانند *Dictyokathina simplex* (Smout, 1954) می‌باشند که به روتالیدهایی تعلق دارند که ساکن کم عمق‌ترین مناطق دریایی می‌باشند (Boudagher-Fadel, 2008). بطور کلی نهشته‌های سازند تله زنگ یک توالی پسرونده می‌باشند که در گذر تدریجی تبدیل یک محیط مربوط به منطقه شیب (سازند امیران) به رسوبات قاره‌ای (سازند کشکان) انباشته شده‌اند. کاهش عمق در شروع زون زیستی SBZ4 در دیگر مناطق ایران نیز این گزارش شده است. به عنوان مثال در اطراف رفسنجان در ایران مرکزی نهشته‌های حاوی روزن‌داران کفزی زون زیستی SBZ4 بر روی نهشته‌های حاوی روزن‌داران شناور زون زیستی *Morozovella angulata* Lowest occurrence zone قرار گرفته‌اند (Ahmadi, 2020).

مرحله سوم با ظهور و گسترش روزن‌داران بزرگ در اوایل ائوسن (زون‌های زیستی SBZ5) مشخص می‌شود و در تمامی پلت فورم‌های حاشیه تیتیس از ۲۰° جنوبی تا ۴۰° شمالی مشاهده می‌شود. بدون شک حادثه افزایش دما در مرز پالئوسن-ائوسن در شروع این مرحله تاثیر زیادی داشته است. در اثر این حادثه بسیاری از روزن‌داران زون زیستی SBZ4 منقرض شدند و به جای آنها الوئولینیدها، نومولیتیدها و اورتوفرآگمینیدها بسیار بزرگ ظاهر شدند.

سایر پلت فرم‌ها در مرحله اول فرگشت خود به سه گروه تفکیک می‌شوند. اولی مربوط به کوه‌های اطلس در مراکش می‌باشد که به علت دارا بودن ریف‌های استوایی و دیگر پلسی‌بودهای بزرگ پیکر و نبود مرجان با بقیه پلت‌فرمها تفاوت دارد. دومی پلت‌فرم‌هایی را شامل می‌شوند که حاوی ریف‌های مرجانی و جلبکی می‌باشند. گسترش این پلت فرم‌ها با امتداد شمال غرب - جنوب شرق از عرض‌های ۳۰° تا ۴۰° شمال (تیتیس غربی شامل اسپانیا و ایتالیا) تا ۲۰° شمالی تا استوا (مصر، لیبی و شاخ افریقا) و یک نقطه در شمال غرب هند می‌باشد. پلت‌فرم‌های نوع سوم از نظر فراوانی و تعداد روزن‌داران کفزی بسیار شاخص می‌باشند و بیشتر در شمال هند و تبت گسترش دارند (شکل ۴). همانگونه که قبلا اشاره شد، متاسفانه اغلب نهشته‌های کربناته کم عمق پالئوسن در ایران دقیقا تعیین سن نشده‌اند و لذا نمی‌توان در مورد فرگشت مجموعه زیستی آنها اظهار نظر کرد. اما به نظر میرسد همانگونه که (Gorgij & Shahraki, 2019) عنوان کردند مجموعه زیستی نهشته‌های پالئوسن زاهدان قابل قیاس با تیتیس شرقی می‌باشد. در برش مورد مطالعه نیز نبود مرجان و فراوانی کم جلبک و در مقابل فراوانی روزن‌داران کفزی تشابه آن را با تیتیس شرقی نشان می‌دهد. مرحله دوم در فرگشت مجموعه زیستی پلت‌فرم‌های پالئوژن با گسترش ریف‌های مرجانی در عرض‌های ۳۰° تا ۴۰° شمالی و فراوانی روزن‌داران کفزی بزرگ در پلت فرم‌هایی در عرض‌های جغرافیای پایین‌تر مشخص می‌شود. محدود شدن ریف‌های مرجانی به عرض‌های بالا در زون زیستی SBZ4 متأثر از افزایش و بالاتر رفتن دما از آستانه تحمل مرجان‌ها می‌باشد (Scheibner & Speizer, 2008). مرز مرحله اول و دوم با یک پسروی وسیع در حوضه تیتیس مشخص



شکل ۴- انواع اجتماعات زیستی در سه مرحله فرگشت پلت فرمهای کریناته پالوژن تتیس (Scheibner & Speizer, 2008)

سازند تله زنگ مشاهده می شود (به ضخامت ۱۲۳ متر) و معادل زیستی SBZ3 در حوضه مدیترانه می باشد. مجموعه زیستی دوم در سنگ آهک های رس دار بخش فوقانی سازند تله زنگ به ضخامت ۱۷ متر مشاهده می شود و معادل زون زیستی SBZ4 حوضه مدیترانه می باشد. مرز این دو زون زیستی مانند بسیاری از مناطق تیتیس همراه با کاهش عمق آب می باشد. کمبود جلبک های آهکی و مرجان در برش مورد مطالعه نشان می دهد که مجموعه زیستی سازند تله زنگ در جنوب اسلام آباد مشابه پلت فرم های تیتیس شرقی (شمال هند) می باشد.

#### منابع

- Ahmadi, T., (2020) Biostratigraphy and paleoecology of Paleocene-Eocene deposits in Kuh-e-Ketabi Section (West of Rafasanjan). *Advanced Applied Geology* 9:423-429, <https://doi.org/10.22055/AAG.2019.28036.1914>.

- Amirshahkarami, M., & Zebarjadi, E. (2018). Late Paleocene to Early Eocene larger benthic foraminifera biozones and microfacies in Estahbanate area, Southwest of Iran with Thetyan biozones correlation. *Carbonates and Evaporites* 1-16, <https://doi.org/10.1007/s13146-018-0464-8>.

- Bagherpour B., & Vaziri, M.R., (2012). Facies, Paleoenvironment, carbonate platform and facies changes across Paleocene-Eocene of the Taleh Zang Formation in the Zagros Basin, SW Iran. *Historical Biology* 24, 121-142, <http://doi.org/10.1080/08912963.2011.587185>.

- Beydoun Z. R., Hughes Clarke, M. W., Stoneley, R., (1992). Petroleum in the Zagros basin: a late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Paleozoic-Mesozoic passive-margin shelf, in MacQueen, R. M., and Leckie, D. A., editors, *Foreland Basins and Fold Belts*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 55, 309-339.

وجود بسیاری از روزن داران بزرگ زون SBZ4 در قاعده ائوسن در تبت و شرق آسیا نشان می دهد که این مرحله در این نواحی کمی دیرتر نسبت به تیتیس غربی اتفاق افتاده است ( Zhang et al., 2013). در برش مورد مطالعه از بخش های فوقانی زون زیستی SBZ4 رسوبات قاره ای سازند کشکان بر روی سازند تله زنگ قرار می گیرند و لذا کیفیت مرحله سوم قابل پیگیری نمی باشد. شرح علایم سمت راست شکل به شرح زیر می باشد: No information یعنی مناطقی که داده های جدیدی از آنها در دست می باشد؛ Eceptional fauna مجموعه زیستی که مشابه دیگر مناطق نمی باشد و در کشور مراکش گسترش دارد؛ Larger Foraminifera II مجموعه روزن داران مرحله دوم Larger Foraminifera II (SBZ4) مجموعه روزن داران مرحله اول (SBZ3) Coralalgal reef-ریف های مرجانی جلبکی

1: Pyrenees, 2: Ionian Islands, Greece, 3: Galala Mountains, Egypt, 4: Slovakia, 5: Northern Calcareous Alps, 6: Adriatic Platform, 7: Maiella Platform, Italy, 8: Tunisia, 9: Sirte Basin, Libya, 10: Western Desert, Egypt 11: Oman, 12: Tibet, 13: NE India, 14: NW Somalia, 15: Morocco, 16: Turkey, 17: NW India, 18: study section.

#### نتیجه گیری

با توجه به بررسی های دقیق داده های زیست و سنگ چینه نگاری سازند تله زنگ در برش تنگ کونر در جنوب اسلام آباد غرب نتایج زیر به دست آمد: سازند تله زنگ در برش مورد مطالعه ضخامت قابل توجهی دارد (حدود ۱۴۰ متر) و شامل سنگ آهک و سنگ آهک های رسی می باشد که به طور ناپیوسته بر روی سازند امیران و در زیر سازند کشکان قرار می گیرد. بر اساس محتویات روزن داران کفزی ۲ زون زیستی می توان تشخیص داد. مجموعه زیستی اول در سنگ آهک های قاعده ای

micropaleontology 63 ,65–84, <http://doi.org/10.1016/j.revmic.2019.01.001>.

- Hadi, M., Mosaddegh, H., and Abbassi, N., (2016Y). Microfacies and biofabric of nummulite accumulations (Bank) from the Eocene deposits of Western Alborz (NW Iran). *Journal of African Earth Sciences* 124, 216-233,

<http://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.09.012>.

- Haynes, R.H., Racey, A., & Whittaker, J., E., (2010G). A revision of the Early Palaeogene nummulitids (Foraminifera) from northern Oman, with implications for their classification. *The Micropalaeontological Society, Special Publications* 29–89.

- Henson. F. R. S., (1950). Middle Eastern Tertiary Peneroplidae (Foraminifera) with remarks on the phylogeny and taxonomy of the family: West Yorkshire Printing Company, Wakefield.

- Hottinger, L., (1960). Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen* 75/76, 1-236.

- Hottinger, L., (1982). Larger Foraminifera, giant cells with a historical background. *Naturwissenschaften*. 69: 361-371.

- Hottinger L. 2001. Learning from the past? In: Box, E., Pignatti, J. (ed.). *The living world. Part Two: Discovery and Spoliation of the Biosphere*. San Diego, Academic Press, 449-477.

- Hottinger, L., (2007). Revision of the foraminiferal genus *Globoreticulina* Rahfhi 1978, and of its associated fauna of larger foraminifera from the late Middle Eocene of Iran. *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*, Brest Article 2007/06 (CG2007-A06). 51, <http://doi.org/10.4267/2042/9213>.

- Hottinger, L., (2009). The Paleocene and earliest Eocene foraminiferal Family *Miscellaneidae*: neither nummulitids nor rotaliids. *Carnets de Géologie, Notebooks on Geology*, CG2009, A06, 1-41, <http://doi.org/10.4267/2042/28794>.

- Hottinger, L., & Drobne, K., (1988). Tertiary Alveolinids: problems linked to the

- Boudagher-Fadel, M. K., (2008). *Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera*. Amsterdam Elsevier.

- Carbone, F., Matteucci, R., Pignatti, J. S., & Russo, A., (1993). Facies analysis and biostratigraphy of the Auradu Limestone Formation in the Berbera-Sheikh area, Northwestern Somalia. *Geologica Romana* 29, 213–235.

- Consorti, L., Schlagintweit, F., & Rashidi, K., (2020). Three shell types in *Mardinella daviesi* indicate the evolution of a paratrimorphic life cycle among late Paleocene soritid benthic foraminifera. *Acta Palaeontologica* 65 (3), 641–648, <http://doi.org/10.4202/app.00703.2019>.

- Di Carlo, M., Accordi, G., Carbone, F., & Pignatti, J., (2010). Biostratigraphic analysis of Paleogene lowstand wedge conglomerates of tectonically active platform margin (Zakynthos Island, Greece). *Journal of Mediterranean Earth Sciences* 2: 31-92, <http://doi.org/10.3304/JMES.2010.004>.

- Falcon, N. L., (1974). Southern Iran: Zagros Mountains. Geological Society, London, Special Publications, 4, 199-211.

- Farahpour, M.M., & Khaled Hessami, K H., (2012). Cretaceous sequence of deformation in the SE Zagros fold–thrust belt. *Journal of Geological Society* 169: 733-743.

- Gorgij, m., Shahraki Mirzaei, S., (2019). Micropaleontology and systematic determination of *Miscellaneidae* family in the Middle Paleocene–lower Eocene deposits in the north of Zahedan, Padagi stratigraphic sections. *Journal of stratigraphy and sedimentology researcher* 35:79-89.

- Govindan A., (2017). Late Paleocene larger conical Agglutinated Foraminifera of the Cauvery Basin, South India In: Kaminski M.A., & Alegret, L., (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication 22, 51-63.

- Hadi, M. Less. G., & Vahidinia, M., (2019). Eocene larger benthic foraminifera (alveolinids, nummulitids, and orthophragmines) from the eastern Alborz region (NE Iran): Taxonomy and biostratigraphy implications. *Revue de*

Taleh Zang Formation in Kermanshah region. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches 37: 45-66, 10.22108/JSSR.2020.124937.1186 .

- Scheibner, C., & Speijerm, R.P., (2008). Late Paleocene – early Eocene Tethyan carbonate platform evolution – A response to long – and short-term paleoclimatic change. Earth Science Reviews 90, 71–102, <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.07.002>

- Schlagintweit, F., (2021). Orbitolina daviesi Hofkerr, 1966: A forgotten orbitolinidae from the Thanetian of Pakistan and its taxonomic status. Acta Palaentologica Romaniae 17(1): 41-48, <http://doi.org/10.35463/j.apr.2021.01.04>.

- Hlagiantweit, F., & Rigard, S., (2019). The benthic foraminifer Stomatorbina binkhorsti (Reuss, 1862) Taxonomic review and ecological insights. Austrian Journal of Earth Sciences 112(2): 195-206, <http://doi.org/10.17738/ajes.2019.0011>.

- Schaub, H., (1981). Nummulites et Assilines de la Téthys paléogène. Taxonomie, phylogénèse et biostratigraphie. Mémoires de la Société Paléontologique Suisse / Abhandlungen der schweizerischen paläontologischen Gesellschaft 104: 1-236.

- Sirel, E., (1997). Karsella, a new complex Orbitolinid (Foraminiferida) from the Thanetian limestone of the Van region (East Turkey). Micropaleontology 43 (2), 206-210.

- Sirel, E., (1988). Anatoliella , a new foraminiferal genus and a new species of Dictyokathina from the Paleocene of the Van area (East Turkey). *Revue de Paléobiologie*. 7(2): 447-493.

- Sirel, E., (1999) Four New Genera (Haymanella, Kayseriella, Elazigella and Orduella) and One New Species Of Hottingerina From The Paleocene Of Turkey. Micropaleontology 45:113-137, <https://doi.org/10.2307/1486109>.

- Sirel E., (2009). Reference sections and key localities of the Paleocene Stages and their very shallow/shallowwater three benthic foraminifera in Turkey. *Revue de Paleontologie* 28 (2), 413-435.

- Serra-Kiel, J., Hottinger, L, Caus, E., Drobne, K., Ferrandez, C., Jauhri, A.K., Less, G., Pavlovec, R, Pignatti, J., & Samso, J.M.,

conception of species. *Revue de Paléobiologie* 2, 665-681.

- Hottinger, L., Halicz. E., & Reiss, Z., (1993). Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Opera Slovenian Academic Sciences Arts* 33, 1–179.

- Leppig U., (1988). Structural analysis and taxonomic revision of Miscellaneous, Paleocene larger Foraminifera. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 81: 689-721.

- Loeblich, A.R., & Tappan, H., (1988). Foraminiferal Genera and Their classification. Van Nostrand Reinhold International Company Limited, New York.

- Meriç, E., & Çoruh T., (1991). Mardinella, A new genus and discussion on Orbitolites shirazensis Rahaghi, 1983. *Journal of Islamic Academy of Sciences* 4, 166–169.

- Nafarieh, E., Boix, C., Cruz-Abad, E., Ghasemi-Nejad, E., Tahmasbi, A et al. (2019). Imperforate larger benthic foraminifera from shallow-water carbonate facies (middle and late Eocene),(Zagros Mountains, Iran. *Journal of Foraminiferal Research* 49(3), 275-302, <http://doi.org/10.2113/gsjfr.49.3.275>.

- Pignatti, J., Matteucci, R., Parlowm T., & Fantozzi, L., 1998. Larger foraminiferal biostratigraphy of the Maastrichtian-Ypresian Wadi Mashib succession (South Hadramawt Arch, SE Yemen). *Zeitschrift geologische Wissenschaften* 26, 609–635.

- Petrizzo, M. R. (2002). Late Cretaceous planktonic foraminiferal assemblages from the Exmouth Plateau, ODP Sites 122-762 and 122-763, eastern Indian Ocean. *The Journal of Foraminiferal Research* 33, 330–337, <http://doi.org/10.2113/0330330>.

- Rahaghi, A., (1978). Paleogene Biostratigraphy of Some Parts of Iran. Tehran, Iran. National Iranian Oil Company.

- Rahaghi, A., (1983). Stratigraphy and Faunal Assemblage of Paleocene- Lower Eocene in Iran. Tehran, Iran: National Iranian Oil Company.

- Shalalvand, M., Adabi, M. H., & Zohdi, A. ( 2020) Research Paper Biological evolution of the carbonate platform of the

- Vicedo, V., Serra-Kiel, J., (2015). The new genus *Azzaolina* (Foraminifera): THE false *Taberina* from the Paleocene of the Middle East. *Journal of Foraminiferal Research*, 45(4): 369–377, <http://doi.org/10.2113/gsjfr.45.4.369>.
- Wynd, J. G., (1965), Biofacies of the Iranian consortium- agreement area Report 1082. Tehran Geological and Exploration Divisions., Iranian Oil Operating Companies press.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., & Billiups, K., (2001). Trends, Rhythms, and Aberrations in Global. Climate 65 Ma to Present. *SCIENCE* 686-693, 686-693, DOI: 10.1126/science.1059412.
- Zorlu, K., Inan, S., Gül, M., Kurt, N.M.A., and Alpaslan, M., (2011) Geological Evolution of the Ulukışla Basin (Late Cretaceous - Eocene) Central Anatolia, Turkey. *Yerbilimleri* 32(2):151-170 .
- Zhang, Q., Willems, H., & Ding, L., (2013). Evolution of the Paleocene-Early Eocene larger benthic foraminifera in the Tethyan Himalaya of Tibet, China. *International Journal of Earth Sciences* 102 1427-1445, <http://doi.org/10.1007/s00531-012-0856-2>.
- Zohdi, A., and Adabi, M.H., (2008). Sedimentation, diagnosis and geochemistry of the Taleh Zang Formation, South Lorestan. *Geosciences*. 18 (71): 105-114.
- (1998). Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. *Bulletin de la Société Géologique de France* 169, 281-299.
- Serra-Kiel, J., Vecchio, E., Razin, P.H., & Grelaud, C., (2016) Selandian-Thantian larger foraminifera from the lower Jafnayn Formation in the Sayq area (eastern Oman Mountain). *Geologica Acta* 14: 315 - 333, <http://doi.org/10.1344/GeologicaActa20161473>.
- Smout, A. H. (1954) Lower Tertiary foraminifera of the Qatar peninsula. *British Museum*.
- Vecchio, E., & Hottinger, L., (2007). Agglutinated Conical Foraminifera From the Lower-Middle Eocene of the Trentinara Formation (southern Italy). *Facies*, 53 (4): 509–533, <http://doi.org/10.1007/s10347-007-0112-6>.
- Vicedo, V., Berlanga, J.A., & Serra-Kiel, J., (2014). Paleocene larger foraminifera from the Yucatán Peninsula (SE Mexico). *Brest Cornets de Geologie* 14(4), 41-68. <http://doi.org/10.2113/gsjfr.43.2.170>.
- Vicedo, V., Caus, E., & Frijia, G., (2013) Late Cretaceous alveolinaceans (larger foraminifera) of the Caribbean palaeobioprovince and their stratigraphic distribution. *Journal of Systematic Palaeontology* 11: 1-25, <https://doi.org/10.1080/14772019.2011.637517>.

## تنوع زیستی اثر فسیل‌های سازند میلا در گذر کامبرین - اردوویسین

### برش شمال شه میرزاد، البرز مرکزی

نصراه عباسی\*<sup>۱</sup> و مهدی هادی<sup>۲</sup>

- ۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان.
- ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷

\*مسئول مکاتبات: نصراه عباسی، [Abbasi@znu.ac.ir](mailto:Abbasi@znu.ac.ir)

#### چکیده

تنوع زیستی شامل همه زیست‌مندان گوناگون یک زیست بوم است که در طی کنش و واکنش میان نیروهای درونی و بیرونی یک زیست بوم و در طی زمان زمین‌شناسی شکل گرفته است. رخداد افزایش چشمگیر تنوع زیستی در گذر کامبرین به اردوویسین برای محققان شناخته شده است. سازند میلا در برش شمال شه میرزاد به سن کامبرین میانی - اردوویسین پیشین به ضخامت ۴۵۰ متر از توالی دولومیت، مارن، آهک بلورین، آهک زیست تخریبی، شیل، ماسه‌سنگ و سیلتستون تشکیل شده است. این سنگ‌ها در پنج بخش چینه‌نگاری تنظیم شده‌اند. اثر فسیل‌های گوناگون و فراوانی در این برش از سازند میلا یافت شدند که شامل ۲۱ اثر جنس با ۴۱ اثرگونه هستند. این اثر فسیل‌ها نشان دهنده رفتارهای زیستی تغذیه‌ای، مسکن گزیدن، چرشی، تخم ریزی، استراحت هستند. تنوع اثر فسیلی به طرف بالای توالی سازند میلا از کامبرین به اردوویسین افزایش می‌یابد که نه تنها همراه تنوع رفتاری است بلکه تنوع اثر تاکسون‌ها را نیز نشان می‌دهد. این تغییر ناشی از ایجاد زیستگاه‌های نو در طی گذر کامبرین به اردوویسین است.

**واژه‌های کلیدی:** کوه‌های البرز، ایکنولوژی، رخداد بزرگ تنوع زیستی اردوویسین.

## **Ichno-biodiversity of Mila Formation in Cambrian-Ordovician interval north Shahmirzad section, Central Alborz**

Nasrollah Abbassi<sup>1\*</sup>, Mehdi Hadi<sup>2</sup>

- 1- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- 2- Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*Corresponding author: Nasrollah Abbassi, [Abbasi@znu.ac.ir](mailto:Abbasi@znu.ac.ir)

### **Abstract:**

Biodiversity includes all diversities of biologic forms and its related, and are discussed about genetic, species and ecologic diversities. Recent biodiversity is resulted from interaction of internal and external forces of the ecologic niches through geologic time. Biodiversity trough Cambrian-Ordovician interval however is important and was discuses by many of researcher. Because of Grate Ordovician Biodiversity Event (GOBE), is greatest biodiversity in the phanerozoic and were attended by them. Mila Formation (Middle Cambrian-Early Ordovician) in the north Shahmirzad, eastern Alborz Mountains comprises dolomite, marl, crystalline limestone, bioclastic limestone, shale, sandstone and siltstone (450 m). These sediments have been divided into five members. Biodiversity studies on trace fossils created by some researchers. Trace fossils differ from body fossils in the creation and fossilization. Therefore, it may differ in biodiversity discussion trace fossils from body fossils. Environmental and ethological factors are affected on the trace fossils. Trace fossils radiations of Mila formation are main subject of this paper. Diverse trace fossils have been found in this formation that include 21 ichnogenera with 41 ichnospecies.

Trace fossils show different behaviors such as grazing, dwelling, resting and feeding. The ichnodiversity of trace fossils increase to upper members of formation and show diverse behaviors. It seems that this biodiversity increase resulted from the creation of new settlements during the Cambrian to Ordovician passing.

**Keywords:** Alborz Mountains, Ichnology, Grate Ordovician Biodiversity Event (GOBE).

## مقدمه

سن بخش نخست سازند میلا را به کامبرین میانی نسبت می‌دهند. ۱۱ متر قاعده بخش سوم به سن کامبرین میانی و بقیه به زمان کامبرین پسین تعیین سن شده‌اند. بخش چهارم دارای دو سن است، بطوریکه واحد سنگی بالایی این بخش سن اردوویسین داشته و لایه‌های قاعده‌ای آن به سن کامبرین پسین می‌باشند. در نهایت بخش پنجم سن اردوویسین پیشین (ترومادوسین) دارد. مرز کامبرین پسین-اردوویسین از زیر ۴۴ متر بالایی بخش ۴ عبور می‌کند.

### اثر فسیل‌های سازند میلا در برش شه‌میرزاد

لایه رسوبی بخش‌های دوم تا پنجم این سازند دارای اثر فسیل‌های فراوانی است که اثر جنس‌ها و اثر گونه‌های زیر تشخیص داده شدند (شکل‌های ۱ تا ۳):

*Asterosoma* isp., *Bergaueria* *perata*,  
*Bilinchus* *simplex*, *Conichnus*  
*conus*, *Cruziana* cf. *semiplicata*, *Cruziana*  
*problematica*, *Cruziana* isp., *Harlaniella* isp.,  
*Lockeia* isp., *Mammillichnis* *aggeris*,  
*Megagraption* *irregular*, *Monocretarion*  
*tentaclatum*, *Monomorphichnus* *bilinearis*,  
*Monomorphichnus* *lineatus*, *Neonereites*  
*uniserialis*, *Palaeophycus* *heberti*,  
*Palaeophycus* *striatus*, *Phycodes* cf.  
*palmatum*, *Phycodes* isp., *Planolites*  
*annularius*, *Planolites* *beverleyensis*,  
*Planolites* *constriannulatus*, *Planolites*  
*montanus*, *Rusophycus* *carbonarius*,  
*Rusophycus* cf. *transversensis*, *Rusophycus*  
*didymus*, *Rusophycus* isp.A-H, *Scolicia*  
*plana*, *Scolicia* isp., *Skolithos* isp.,  
*Subphyllochora* isp., *Thalassinoides* isp.,  
*Thalassinoides* isp., *Treptichnus* *pedum*.

دانش مطالعه و شناسایی اثرهای حاصل از فعالیت-های زیستی را در رسوبات ایکنولوژی (ichnology) یا اثرشناسی گویند. زمان کامبرین زمان شکل-گیری پیدا زیستی و حیات نخستین بر روی زمین است. مطالعه ریخت‌های اولیه زیستی ما را در بازسازی حیات اولیه کره زمین یاری می‌دهند. به بیان دیگر با توجه به ماهیت اثر فسیل‌ها، به نظر می‌رسد این گروه از فسیل‌ها در این مطالعات کارایی بیشتری در تغییرات تنوع زیستی داشته باشند (Crimes 1992). از طرف دیگر در زمان اردوویسین زمان خاصی در طول تاریخ زیست‌مندان بوده و بیشینه شکوفایی و تنوع زیستی در طول فانروزوئیک در این دوره رخ داده است. سازند میلا به سن کامبرین میانی تا اردوویسین پیشین علاوه بر داشتن ماکروفسیل‌ها دارای اثر فسیل‌های قابل توجهی است که با استفاده از نوع، فراوانی و پراکندگی این نوع فسیل‌ها سعی خواهد شد تا شرایط حوضه رسوبی مورد بحث و بررسی قرار گرفته و تنوع اثر فسیلی در گذر کامبرین-اردوویسین مورد بحث قرار گیرد.

### سازند میلا در برش شه‌میرزاد

منطقه شه‌میرزاد واقع در ۲۰ کیلومتری شمال شهر سمنان در بخش خاوری البرز مرکزی واقع است. زمین‌های کامبرین میانی، کامبرین پسین و اردوویسین منطقه شه‌میرزاد با سازند میلا مشخص می‌گردد که در بالای سازند لالون به سن کامبرین پسین و زیر سازند جیروود به سن دونین جای دارد. پنج بخش سازند میلا در این برش کم و بیش مشابه برش الگو، قابل تشخیص هستند و به ترتیب از (۱) مارن زرد و دولومیت تیره (۲) تناوب شیل و آهک فسیل‌دار، (۳) آهک‌های روشن ستیغ ساز و گلاکونیتی، (۴) تناوب شیل و آهک پرفسیل، (۵) آهک اینتراکلاستیک و شیل سبز.

## محیط رسوبی

همراه دسموسپونژیا و خرده صدف‌های تریلوبیت، براکیوپود و خارداران و لایه‌های آهکی قرمز ایجاد شده‌اند (Kruse and Zhuravlev 2008). نهشته‌های اردوویسین ایران اساساً با رخساره‌های سنگی شیل، سیلستون و ماسه‌سنگ سبز زیتونی شناخته می‌شوند (آق‌نابتی ۱۳۸۳). بخش پنجم سازند میلا نیز در بیشتر برش‌ها، از همین رخساره سنگی است. این بخش هم ارز سنی سازندهای لشکرک و قلی در البرز-کپه داغ است و برخی این بخش را همان سازند لشکرک تلقی می‌کنند (Bayet-Goll et al. 2021). بخش پنج سازند میلا در برش تویه-دروار از رسوبات تخریبی و گل سنگ است و با توجه به رخساره سنگی و ساخت‌های همراه این لایه‌ها، این سنگ‌ها در بخش‌های عمیق دریا و در زیر محیط‌های بادبزنها‌ی دریایی و دشت حوضه‌ای نهشته شده‌اند و فعالیت‌های زمین‌ساختی در پیدایش رخساره‌های توربیدیتی بخش ۵ سازند میلا نقش داشته‌اند (امیرسرداری و لاسمی ۱۳۷۹). چنین وضعیتی نیز در رسوبات بخش ۵ سازند میلا در برش شه‌میرزاد مشاهده می‌شود. همانطور که گفته شد لایه‌ها شامل توالی رخدادی بصورت لایه‌های تخریبی-کربناته تا شیلی و بصورت نازک لایه شونده و ریز دانه شونده بطرف بالا هستند. با عنایت به اینکه در زمان شروع اردوویسین فرایندهای زمین ساختی نواحی شمال-شمال‌خاوری گندوانا روبه افزایش بوده است، بنابراین این لایه‌ها در طی جریان‌ات توربیدیتی برجای مانده‌اند.

این در حالی است که در مطالعات جدیدتر بر روی نهشته‌های سازند میلا انجام گرفته و از لحاظ محیط رسوبی، تکتونیک حوضه، شرایط اقیانوسی قدیمه مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که در مطالعات جدیدتر بر روی نهشته‌های

لایه‌های زرد بخش یک سازند میلا که بیشتر از دولوستون استروماتولیتی و جلبکی ترکیب یافته است، در یک محیط قاره‌ای با شرایط خشک نهشته شده است. وجود ایزوتوپ سنگین  $\delta^{18}O$  نشانگر شرایط تبخیر و ایزوتوپ سبک  $\delta^{17}O$  ممکن است بیانگر وضعیت رسوبگذاری کربنات‌های قاره‌ای باشند. لایه‌های زرد بخش نخست سازند میلا نشانگر رسوبات تحت جوی (subaerial) هستند و مشابه پرفیل‌های خاکی در زمان‌های پایین رفتن سطح دریا ته نشست شده‌اند (Noike et al. 2007). بخش دوم سازند میلا در برش‌های ملاکوه و خراباش واقع در برش ناحیه‌های دامغان و شاه‌رود توسط کنگی و همکاران (Kangi et al. 2009) مورد مطالعه قرار گرفته است. در ضخامت ۶۵ متری بخش دوم سازند میلا سی متر قاعده برش در شرایط قاره‌ای و کم عمق نهشته شده است. ده متر بخش میانی در حوضه عمیق‌تر و دریای باز رسوبگذاری نموده که به تدریج از عمق حوضه کاسته شده است. بیشتر لایه‌های بخش بالایی این بخش دوباره در شرایط کم عمق برجای مانده‌اند این در حالی است که به عقیده لاسمی و امین رسولی ۱۳۸۱، واحد زیرین بخش دوم سازند میلا در برش تویه-دروار واقع در ۴۸ کیلومتری جنوب باختری دامغان در یک رمپ کم شیب با جزر و مد ضعیف (microtide) زیر نفوذ طوفان (strom-dominated) پدیده آمده‌اند. در لایه‌های بالایی بخش دوم و پائینی بخش سوم افق‌هایی از ریف آرکئوسیاتین، میکروبیال و استروماتولیتی وجود دارند که در شرایط پائین بودن سطح انرژی حوضه دسموسپونژیا به همراه ژیروانلا (Girvanella) و صدف براکیوپود، تریلوبیت و هیالولیت ایجاد شده‌اند. در زمان‌های پرانرژی ترکیبی از بایوهرم‌های در مقیاس متری و تافوهرم‌های به

شکل لوله‌ای همراه بخش قیفی شکل مخروطی ساده می‌باشند. در این مسکن گزیدن‌ها فعالیت زیستی جانور ممکن است توأم با تغذیه یا به منظور کمین کردن برای شکار باشد.

در اثر فسیل *Thalassinoides* یافت شده که بعنوان حفاری مسکنی جانوران سخت پوست تلقی می‌شود برخلاف فرم‌های مسکنی یادشده حفاری جانور پیچیده‌تر بوده و شامل مجموعه‌ای از حفاری‌های انشعابی است. با این وجود در مقایسه با فرم‌های *Thalassinoides* گزارش شده از زمان‌های جدیدتر زمین‌شناسی، نمونه‌های سازند میلا از شکل ساده‌تری برخوردار بوده و فقط حفاری‌های دو بعدی و سطحی (سطح لایه‌بندی) یافت شدند. رفتار استراحتی شامل *Bergaueria*-*Rusophycus*-*Lockeia*-*Conichnus* می‌باشد. در این نوع آثار چه به دلیل عوامل محیط (مثلا به علت افزایش سرعت جریان یا احساس خطر جانور) و چه به دلیل نیاز خود جانور، جانور اثرساز در یک نقطه ساکن شده و به اصطلاح استراحت نموده است.

در این نوع رفتار به علت اینکه در اغلب موارد جانور برای مدتی بر روی سطح یا عمق کم رسوب ساکن می‌گردد، ویژگی‌های ریختی اندام‌های زیرین جانور و در تماس با سطح رسوب، در رسوب ثبت می‌شود، به این دلیل در بیشتر موارد امکان تشخیص جانور اثرساز ممکن است. اثر فسیل *Bergaueria* مربوط به شقایق‌های دریایی، *Lockeia* مربوط به دوکفه‌ای‌ها و بالاخره *Rusophycus* مربوط به استراحت تریلوبیت‌هاست. اگر این تحلیل درست باشد، می‌توان به وجود بی‌مهره‌گان شقایق‌های دریایی و دوکفه‌ای‌ها در محیط رسوبی سازند میلا، پی برد هرچند که فسیل پیکره‌ای آنها در رسوبات میلا گزارش نشده است.

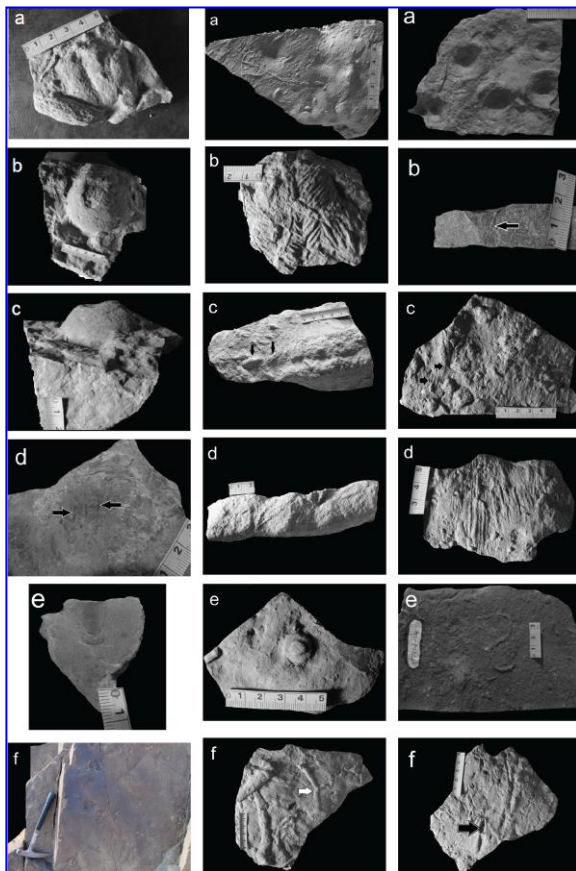
سازند میلا انجام گرفته و از لحاظ محیط رسوبی، تکنونیک حوضه، شرایط اقیانوسی قدیمه مورد بررسی قرار گرفته است. با این وجود، در بررسی‌های اخیر بر روی توالی‌های بخش ۵ سازند میلا نشان می‌دهد که این توالی در طی جریانات بیش چگال (*Hyperpycnal*) و در پاشنه دلتا برجای مانده‌اند که تشکیل توالی‌های شبه بوما تحت عنوان هایپریپیکنیت (*Hyperpycnite*) را می‌دهند (Bayet-Goll et al. 2022a, 2021a, b).

### رفتارشناسی اثرسازها

اثر فسیل‌های یافت شده حاصل رفتارهای متنوعی هستند که عبارتند از اثرهای حاصل فعالیت تغذیه‌ای (*Phycodes*-*Asterosoma* - *Treptichnus*-*Subphyllochora*) شامل فقط رفتار تغذیه‌ای است. در این نوع رفتار رسوبات فقط به منظور تغذیه زیست آشفته می‌شوند. در دو اثر فسیل *Phycodes* و *Asterosoma* جانور با به هم ریختن سازمان یافته از یک نقطه معین به جستجوی غذا می‌پردازد. در اثر فسیل‌های *Treptichnus*-*Subphyllochora* عمل تغذیه همراه با حرکت و جابجایی است.

در مقایسه با فرم‌های ابتدایی و اولیه اثر فسیل‌ها که مربوط به زمان پرکامبرین هستند مشاهده می‌شود که به تدریج فرایند تغذیه جانوران اثرساز پیشرفته شده و با پیچیدگی‌هایی همراه می‌گردد و از حرکت ساده به حرکت‌های مشخص و سازمان یافته تبدیل می‌گردد. اثرهای *Cruziana*، *Megagraption*، *Scolicia* نشان دهنده رفتار خزشی-چرشی هستند.

در این اثرها جانور اثر ساز نه تنها بر روی رسوب حرکت کرده و جابجا شده است، بلکه تغذیه نیز نموده است. اثرهای مسکنی یافت شده (*Thalassinoides*-*Skolithos*-*Monocretarion*-*Conichnus*) شامل حفاری‌های ساده‌ای هستند به



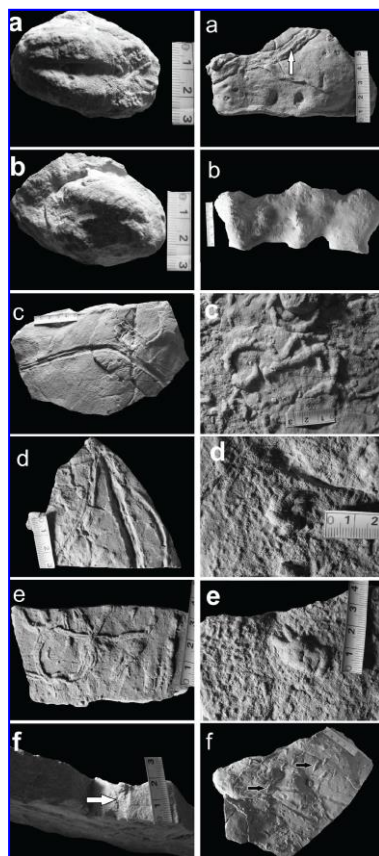
شکل ۱- ستون سمت چپ - a - *Asterosoma* isp. حفظ شده بصورت برجسته در سطح لایه‌بندی، c و b - *Bergaueria perata* به شکل نیمکره برجسته در سطح زیرین لایه‌بندی، شکل c نمای جانبی اثر فسیل. d - اثر فسیل *Bilinchnus simplex* به شکل اثرهای خراش بر روی سطح بالایی لایه‌بندی، e و f - *Conichnus conicus*، شکل e برش عمود بر سطح لایه‌بندی و شکل f رخمون سطحی تعدادی از آن در سطح یک لایه مربوط به بخش پنج سازند میلا را نشان می‌دهد. مقیاس‌ها به سانتی متر است. طول چکش در شکل f، سی سانتیمتر است. ستون میانی - a - *Cruziana problematica* بصورت اثر خزشی دو لپی به همراه *Planolites montanus* در سمت چپ و سایر اثرهای نامشخص. b - *Cruziana cf. semiplicata* با اثرهای خراش درشت و واضح. c - *Cruziana* isp. به همراه خراش‌های درشت Y شکل در ابتدای آن (پیکان‌ها). d - *Harlaniella* isp. مانند یک ریسمان پیچ خورده است. e - *Mammillichnis aggeris* به شکل پستان مانند در برجسته در سطح زیرین لایه. f - *Megagraptus irregular* بصورت حفاری‌های لوله ای انشعابی (پیکان) و به همراه سایر اثر فسیل‌ها. مقیاس‌ها به سانتیمتر است. ستون سمت راست - a و b - *Monocraterion tentaculatum* به ترتیب در دید سطح رسوب و در برش عمود بر سطوح لایه‌بندی. c - *Monomorphichnus bilinearis* بصورت خراش‌های کوتاه و جفتی (پیکان). d - *Monomorphichnus lineatus* به شکل مجموعه خطوط حاصل خراش پای تریلوبیت بر روی سطح رسوب. e - *Neonereites uniserialis* به شکل اثر خزشی دارای برجستگی‌ها در طول خود. شکل f - اثر فسیل *Palaeophycus heberti*؛ پیکان محل پرشدگی و دیواره ضخیم اثر فسیل را نشان می‌دهد. مقیاس‌ها به سانتیمتر است.



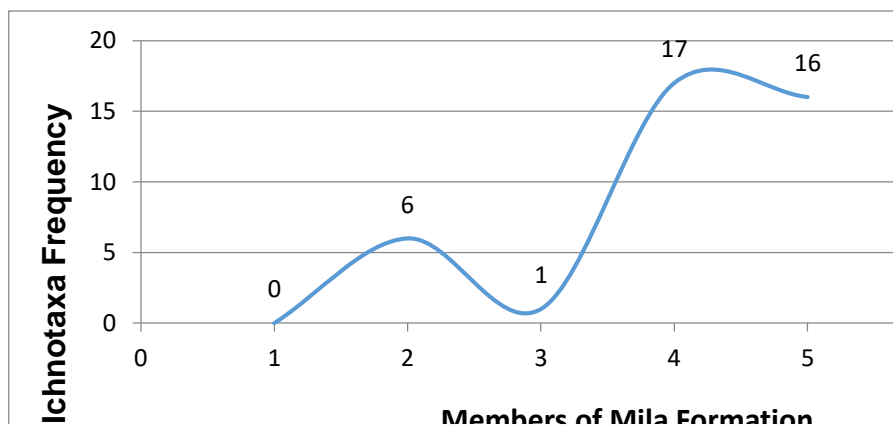
**تنوع اثر فسیلی در گذر کامبرین-اردوویسین**  
 ویژگی‌های محیط رسوبی یاد شده در طی تغییر شرایط تکتونیکی محیط رسوبگذاری سازند میلا ایجاد شده‌اند. به نحوی که به تدریج شرایط تکتونیکی حاشیه غیرفعال و آرام گندوانیک در زمان کامبرین میانی-پسین به لبه فعال و عمیق اردوویسین تبدیل شده است. با تغییر شرایط محیط رسوبی و همگام با افزایش تنوع فسیل‌های پیکری در زمان اردوویسین، گوناگونی قابل توجهی در اثر فسیل‌ها نیز مشاهده می‌شود (شکل ۴، جدول ۱). این افزایش تنوع نشانگر تکامل و تکرر در رفتارهای زیستی است.

بنابراین در پی تشکیل حوضه کم عمق و فلاتی شکل (Platform) بر روی ایران میانی (البرز-ایران مرکزی) تکمیل روند رسوبگذاری این حوضه با سازند [گروه] میلا در زمان کامبرین-اردوویسین ادامه پیدا می‌کند. اساساً سازندهای رسوبی پرکامبرین-کامبرین میانی این بخش از ایران دارای تنوع فسیلی بالایی نیستند، ولی از زمان کامبرین میانی تا اردوویسین پیشین فسیل‌های مختلفی را می‌توان در رسوبات سازند میلا یافت. اثر فسیل‌های موجود در بخش‌های سازند میلا چه به لحاظ فراوانی و چه به لحاظ گوناگونی و تنوع قابل توجه است.

این افزایش را می‌توان به دو دلیل اصلی دانست. دلیل نخست می‌تواند این باشد که به تدریج بر تنوع زیست‌مندان افزوده شده و همراه با تکامل آناتومیک، رفتار زیستی آنها نیز تکامل یافته است. دلیل دوم تغییر شرایط محیطی بوده است، به نحوی که در طی رسوبگذاری سازند میلا شرایط ممکن برای ایجاد و ثبت اثرهای فسیلی در رسوبات فراهم شده است.



شکل ۳- ستون سمت چپ - *Rusophycus* isp. G - a  
 اثر *Scolicia* isp. - d و c - *Rusophycus* isp. H - b  
 خزشی با یک بخش میانی پهن و بخش‌های کناری باریک، در بخش میانی اثرهای هلالی مشاهده می‌شود. *Scolicia perisca* - e  
 کناری باریک و یک بخش میانی پهن. *Skolithos* - f  
*linearis* به شکل لوله ای قائم ساده. ستون راست -  
 -a *Subphyllocorda* isp. از بخش پنجم سازند میلا.  
 پیکان اثر لوله میانی را نشان می‌دهد. b -  
*Thalassinoides* isp. ، قطعه ای از شبکه انشعابی  
 حفاری های این اثر جنس را نشان می‌دهد. c و d و e -  
 اثر فسیل *Treptichnus pedum* شامل مجموعه ای از  
 اثرهای انشعابی *Lockeia* isp. - f بصورت برجسته در  
 سطح زیرین لایه بندی. مقیاس ها به سانتیمتر است.



شکل ۴- منحنی تغییرات فراوانی تاکسون‌های اثر فسیلی در بخش‌های سازند میلا

سنگی با نامگذاری جدید مورد تایید کمیته ملی چینه‌شناسی قرار نگرفته است، از تقسیمات جاری (Stöcklin et al. 1964) پیروی کرده و از همان نام و تفکیک رسمی بخش پنجم برای بالاترین واحد سنگی سازند میلا در شمال شهمیرزاد استفاده شده است. تنوع زیستی (biodiversity) به فراوانی یا گوناگونی جامع زیستی که شامل همه اشکال زیستی است اشاره دارد و دربردارنده تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع بوم سازگان می‌باشد. در مطالعات دیرینه‌شناسی به منظور تحلیل تنوع زیستی، بسیاری از اطلاعات حذف شده یا دسترسی به آنها به راحتی میسر نیست. در این میان عوامل مختلفی بر تشخیص تنوع زیستی گذشته زمین موثراند و آنچه که تشخیص تنوع زیستی گذشته را با محدودیت روبرو می‌کند، تأثیر فرآیندهای فسیل‌شدن در ثبت تنوع موجود و قابلیت فسیل شدن زیست‌مندان در زیست‌بوم‌های گذشته است. همچنین تأثیر روش نمونه‌برداری بر تعیین تنوع زیستی دیرینه را نیز نباید از یاد برد. در مطالعات تنوع زیستی گذشته زمین سه معیار برای بررسی ظهور و ایجاد تنوع در دسترس‌اند، که

### بحث و نتیجه گیری

سازند میلا یکی از مهمترین و گسترده‌ترین سازندهای پالئوزوئیک پیشین ایران می‌باشد که حوضه رسوبی آن در گستره البرز-آذربایجان و ایران مرکزی گسترش داشته است (Stöcklin et al. 1964). این سازند در منطقه طیس ستبرای بالایی داشته و آن را به مرتبه گروه ارتقا می‌دهد و شامل سه سازند کال‌شانه، درنجال و شیرگشت است (Ruttner et al. 1968). با این وجود، اخیراً واحدهای سنگی با نام‌های محلی برای سازند میلا در البرز پیشنهاد شده‌اند (مانند Geyer et al. 2014, Ghobadi Pour et al. 2022) که همه نام‌ها غیر رسمی بوده و هنوز به تایید کمیته ملی چینه‌شناسی ایران نرسیده‌اند. از طرف دیگر بخش پنجم سازند میلا در البرز خاوری مورد پیمایش محققین مختلف قرار گرفته و برخی آن را سازندی مستقل از سازند میلا دانسته و با نام‌های غیر رسمی نامگذاری یا هم ارز سازند لشکرک در البرز مرکزی معرفی نموده‌اند (Álvarez et al. 2022, Ghobadi Pour et al. 2022, Bayet-Goll et al. 2014). به هر ترتیب، در اینجا نظر به اینکه هنوز واحدهای

شامل فسیل‌های پیکره‌ای، فسیل‌های مولکولی و اثرفسیل‌ها هستند (Jensen et al. 2005). بنابراین با رخداد ظهور یک گروه از زیست‌مندان، انتظار تنوع زیستی نیز است ولی برای متنوع شدن لازم است که زمینه و شرایط زیستی و غیر زیستی (محیطی) مورد نیاز نیز فراهم باشد.

جدول ۱- پراکندگی اثرفسیل‌ها در بخش‌های چینه‌نگاری سازند میلا با سن کامبرین میانی تا اردووسین

نام اثرفسیل	سازند میلا				
	بخش یک	بخش دو	بخش سه	بخش چهار	بخش پنج
	کامبرین میانی		کامبرین پسین		اردووسین
<i>Asterosoma</i> isp.					
<i>Bergaueria perata</i>					
<i>Bilinchus simplex</i>					
<i>Conichmus conus</i>					
<i>Cruziana</i> cf. <i>semiplicata</i>					
<i>Cruziana problematica</i>					
<i>Cruziana</i> isp.					
<i>Harlaniella</i> isp.					
<i>Lockeia</i> isp.					
<i>Mammillichnis aggeris</i>					
<i>Megagraptus irregulare</i>					
<i>Monocretarion tentaclatum</i>					
<i>Monomorphichnus bilinearis</i>					
<i>Monomorphichnus lineatus</i>					
<i>Neonereites uniserialis</i>					
<i>Palaeophycus heberti</i>					
<i>Palaeophycus striatus</i>					
<i>Phycodes</i> cf. <i>palmatus</i>					
<i>Phycodes</i> isp.					
<i>Planolites annularius</i>					
<i>Planolites beverleyensis</i>					
<i>Planolites constriannulatus</i>					
<i>Planolites montanus</i>					
<i>Rusophycus carbonarius</i>					
<i>Rusophycus</i> cf. <i>transversensis</i>					
<i>Rusophycus didymus</i>					
<i>Rusophycus</i> isp. A-H					
<i>Scolicia plana</i>					
<i>Scolicia</i> isp.					
<i>Skolithos</i> isp.					
<i>Subphyllochorda</i> isp.					
<i>Thalassinoides</i> isp.					
? <i>Thalassinoides</i> isp.					
<i>Treptichnus pedum</i>					

شده است (Servais et al. 2009). این تغییرات، تغییر ژئوشیمی آب‌های اقیانوسی و دریای آزاد را در پی داشته و موجب افزایش و تنوع منابع غذایی و در نتیجه افزایش تنوع زیستی گردیده است (Slatzman 2005). از زمان کامبرین تا اردووسین میانی روند رو به افزایش محیط‌های شلف با آب و هوای تروپیکال رخ داده است و بیشترین مساحت محیط‌های شلف تروپیکال در تاریخ زمین در اردووسین بوده است (Servais et al. 2009).

### سپاسگزاری

بدینوسیله نگارندگان از آقای دکتر ارام بایت گل به خاطر در اختیار قراردادن منابع مفید و راهنمایی‌های ارزنده ایشان بسیار سپاسگزارند. از داوران علمی این مقاله به خاطر تذکرات ارزشمند علمی ایشان قدردانی می‌نماییم. از آقایان علی نظری و مرصاد معینی که در مطالعات صحرایی ما را یاری دادند قدردانی می‌کنیم.

### منابع

- امیرسرداری، د. و لاسمی، ی. (۱۳۷۹)، بررسی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی عضو ۵ سازند میلا در البرز شرقی. چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ارائه بصورت پوستر.

- لاسمی، ی. و امین رسولی، ه. (۱۳۸۱)، میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های طوفانی در واحد زیرین بخش ۲ سازند میلا، منطقه تویه-دروار (جنوب باختر دامغان). مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۲۸، شماره ۱، ص. ۵۲-۳۳.

- Álvaro, J.J., Ghobadi Pour, M., Sánchez-García, T. Kebria-ee Zadeh, M.R., Hairapetian, V., Popov, L.E. (2022). Stratigraphic and volcanic signatures of Miaolingian-Late Ordovician rift pulses in the Alborz Mountains, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 233, 105240. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2022.105240>

تنوع زیستی اردووسین محصول ایجاد و تعادل تنوع زیستی در کامبرین است. به عبارت دیگر بایستی رخدادهای زیستی زمان کامبرین را زمینه ساز افزایش تنوع زیستی اردووسین با نرخ بالا دانست. مطالعات گسترده‌ای به وسیله بایت گل و همکاران (Bayet-Goll et al. 2022b) بر روی تاثیر حوادث زیستی کامبرین بر روی اثر فسیل‌ها و تکامل پلتفرم میلا صورت گرفته است و آنان به تاثیر حوادث Steptoean Positive Carbon Isotope Excursion (SPICE) و Hellnmaria-Red Tops Boundary (HERB) بر روی تنوع اثر فسیل‌ها و ریف‌های میکروبیالی یا اسفنجی میلا اشاره شده کرده‌اند. داده‌های رسوب‌شناسی و ایکنولوژی گروه میلا در حوضه البرز، شمال ایران نشان می‌دهد که ظهور رخساره‌های anachronistic و احیای میکروبیولیت‌ها نتیجه توسعه شرایط فوق العاده palaeoceanographic با استرس محیطی گسترده و افزایش تهنشینی  $CaCO_3$  بوده است. شرایط نامساعد محیطی در پلتفرم گروه میلا منجر به کاهش قابل توجه در تنوع اثر فسیل‌ها گردیده، شدت زیست آشفستگی و عمق و اندازه حفاری‌های جانوران کاهش یافته که منجر به دوران حاکمیت اکولوژی کلسی میکروب گردیده است. توسعه رخساره‌های anachronistic یا غیرمعمول حدود Cambrian Stage 4-Wuliuan boundary آغاز شده، احتمالاً همزمان با رویداد SPICE، در حالی که دوران رخساره‌های anachronistic Furongian احتمالاً همزمان با رویداد HERB رخ داده‌اند. با این حال حوادث غیر زیستی رخ داده در طی اردووسین نیز تاثیر به سزایی در تکثر زیستی این زمان داشته است. زیرا در پی خردشدگی ابرقاره پروتروزوئیک ردونیا (Rodinia) در طی کامبرین-اردووسین موجب افزایش محیط‌های شلف با آب و هوای تروپیکال

Palaeoclimatology, Palaeoecology 220: 19-29.

- Kangi, A., Aryaei, A. A., Maasoomi, A., (2009), Synsedimentary deformations in member 2 of the Mila Formation in the Central Alborz Mountains, Northern Iran. *Arb J. Geosci.*, 3: 33-39.

- Kruse, P. D. and Zhuravlev, A. Y., (2008), Middle-Late Cambrian Rankenella-Girvanella reefs of the Mila Formation, north Iran. *Cand. J. Earth Sci.* 45: 619-639.

- Noike, K., Matsumoto, R., Gharaie, M. H. M., Yinxi, W., Salamati, R. and S. N. Matsuda, (2007), Carbon isotope anomaly of the "Yellow beds" in the Lower Cambrian Mila Formation in Shahmirzad, Alborz, northern Iran. *Jour. Sedimentological Society of Japan*, 64: 121-124.

- Ruttner, A., Nabavi, M. and Hajian, J. (1968). *Geology of the Shirgesth area (Tabas area, East Iran)*. Geological Survey of Iran, Report 4, 1-133.

- Saltzman, M.R. (2005), Phosphorus, nitrogen, and the redox evolution of the Paleozoic oceans. *Geology* 33: 573-576.

- Servais, T., Harper, D.A., Li, J., Munnecke, A., Owen, A.W., and Sheehan, P.M., (2009), Understanding the great Ordovician biodiversification event (GOBE): Influences of paleogeography, paleoclimatology, or paleoecology?, *GSA Today*, 19(4/5): 4-10.

- Stöcklin, J., Ruttner, A., Nabavi, M., (1964). New data on the Lower Paleozoic and pre-Cambrian of North Iran. *Geological Survey of Iran, Report 1*, 1-29.

- Bayet-Goll, A., Geyer, G., Wilmsen, M., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., (2014). Facies architecture, depositional environments and stratigraphy of the Middle Cambrian Fasham and Deh-Sufiyan formations in the central Alborz. *Facies* 60, 815-841.

- Bayet-Goll, A., Sharafi, M., Jazimagh, N., Brandano, M., (2022a). Understanding along-strike variability in controlling mechanisms of paleoenvironmental conditions and stratigraphic architecture: Ordovician successions in the Alborz Mountains of Iran at the northern Gondwana margin. *Marine and Petroleum Geology*, 140, 105654.

- Bayet-Goll, A., Buatois, L. A., Mángano, M. G., & Daraei, M. (2021a). The interplay of environmental constraints and bioturbation on matground development along the marine depositional profile during the Ordovician Radiation. *Geobiology*, 20, 233-270. <https://doi.org/10.1111/gbi.12473>.

- Bayet-Goll, A., Knaust, D., Daraei, M., Bahrami, N., and Bagheri, F., (2021b). *Rosselia* ichnofabrics from the Lower Ordovician of the Alborz Mountains (northern Iran): palaeoecology, palaeobiology and sedimentology. *Palaeobio Palaeoenv.* <https://doi.org/10.1007/s12549-021-00493-0>.

- Crimes, T. P. (1992a). Changes in the trace fossil biota across the Proterozoic-Phanerozoic boundary. *J. geol. Soc. London* 149:637-646.

- Geyer, G., Bayet-Goll, A., Wilmsen, M., Mahboubi, A., & Moussavi-Harami, R. (2014). Lithostratigraphic revision of the middle Cambrian (Series 3) and upper Cambrian (Furongian) in northern and central Iran. *Newsletters on Stratigraphy*, 47, 21-59. <https://doi.org/10.1127/0078-0421/2014/0039>

- Ghobadi Pour, M., Popov, L.E., Álvaro, J.J., Amini, A., Hairape tian, V. & Jahangir, H. (2022). Ordovician of North Iran: New lithostratigraphy, palaeogeography and biogeographical links with South China and the Mediterranean peri-Gondwana margin. *Bulletin of Geosciences* 97(4), 465-538.

- Jensen, S., Droser, M. L., and Gehling, J.G. (2005), trace Fossil preservation and the early evolution of animals. *Palaeogeography*,