

Dor: [۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۲۰۱۸۷۳۸,۱۴۰۰,۱۱,۲۱,۱,۹](https://doi.org/10.1001/1.22018738.1400.11.21.1.9)

## چینه‌نگاری زیستی، چینه‌نگاری سنگی و تطابق زیست‌زوناسیون در سازند تیرگان، غرب حوضه رسوبی کپه داغ (شمال شرق ایران)

عاطفه چنارانی<sup>۱</sup>، میثم شفیع اردستانی<sup>۲</sup>، محمد وحیدی نیا<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- پژوهشگر پسا دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\*Vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir

دریافت بهمن ۱۳۹۹، پذیرش مهر ۱۴۰۱

### چکیده

جهت انجام مطالعات سنگ چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری سازند تیرگان در غرب حوضه رسوبی کپه داغ، سه برش چینه‌شناسی (اسطرخی (۱۲۹ متر)، جوزک (۳۶۲ متر) و زاو (۶۳۹ متر)) از این سازند در این ناحیه انتخاب شد. بر اساس مطالعه مجموعه فرامینفرهای بتتیک و جلبک‌های سبز آهکی در سه برش مورد مطالعه، تعداد ۲۸ جنس و ۳۲ گونه از فرامینفرهای بتتیک و ۲۱ جنس و ۲۴ گونه از جلبک‌های سبز در برش اسطرخی، ۳۲ جنس و ۳۷ گونه از فرامینفرهای بتتیک و ۱۲ جنس و ۱۵ گونه از جلبک‌های سبز در برش جوزک و ۲۵ جنس و ۳۲ گونه از فرامینفرهای بتتیک و ۱۳ جنس و ۱۹ گونه از جلبک‌های سبز در برش زاو شناسایی شد. بر اساس ظهور، گسترش و انقراض تاکسون‌های شاخص، تعداد ۲ زیست‌زون برای سازند تیرگان در این برش‌های صحرائی تعیین و معرفی گردید که عبارتند از: ۱) *Kopetdagaria sphaerica* Zone که بر اساس ظهور *Kopetdagaria sphaerica* (به عنوان مرز پایینی) تا ظهور *Palorbitolina lenticularis* (به عنوان مرز بالایی) تعریف شده است. ضخامت این زیست‌زون در برش اسطرخی ۷۰ متر، در برش جوزک ۷۵ متر و در برش زاو ۴۱۵ متر است. ۲) *Palorbitolina lenticularis* Total Range Zone که بر اساس ظهور و انقراض این گونه تعریف شده است و ضخامت آن در برش اسطرخی ۲۰ متر، در برش جوزک ۲۸۸ متر و در برش زاو ۱۷۰ متر است. با توجه به گسترش چینه‌شناسی تاکسون‌های ذکر شده در زیست‌زون‌های فوق و حضور سایر تاکسون‌های همراه آن‌ها، سن سازند تیرگان در ناحیه مورد مطالعه به بارمین-آپتین زیرین نسبت داده می‌شود.

**کلمات کلیدی:** حوضه رسوبی کپه داغ، سازند تیرگان، سنگ‌چینه‌نگاری، زیست‌چینه‌نگاری، برش اسطرخی، برش جوزک، برش زاو.

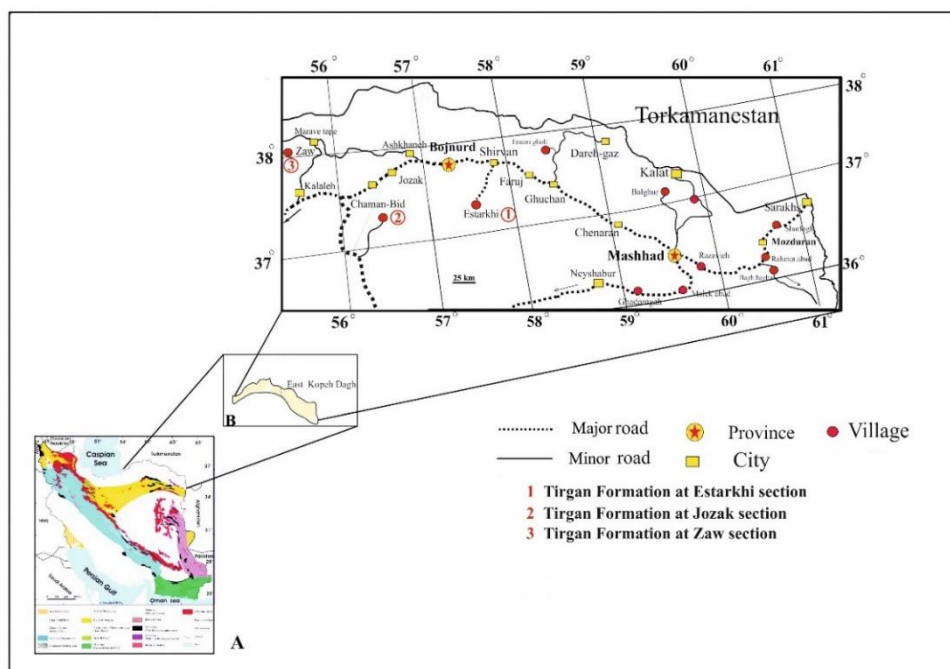
## ۱- مقدمه

حوضه درون قاره‌ای کپه داغ پس از بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در طی کوهزایی سیمیرین پیشین در زمان تریاس میانی تشکیل شده است [۱]. این حوضه علاوه بر ایران در کشورهای مجاور از جمله افغانستان و ترکمنستان نیز گسترش نسبتاً وسیعی داشته و دارای مخازن هیدروکربنی است. رسوب‌گذاری در این حوضه، از ژوراسیک تا میوسن ادامه داشته و شامل مجموعه‌ای از رسوبات سیلیسی آواری و کربناته است. سازندهای کربناته مزدوران و تیرگان، و سازند آواری شوربیجه به علت استعداد مخزنی مناسب و پتانسیل هیدروکربنی، مهمترین واحدهای سنگ‌چینه‌ای در حوضه کپه داغ محسوب می‌شوند. در سال ۱۳۴۷ پس از حفاری اولین چاه اکتشافی در تاقدیس خانگیران (ناحیه شرقی کپه داغ) و کشف گاز از سازندهای شوربیجه و مزدوران، مطالعات هیدروکربوری در این حوضه رسوبی اهمیت بسزایی یافت [۱]. بخصوص اینکه به دلیل شرایط استراتژیک تأمین انرژی، کشف میدین هیدروکربوری در بخش غربی حوضه رسوبی کپه داغ مورد تأکید واقع شد. از این رو تاکنون مطالعات زیادی از دیدگاه اکتشاف هیدروکربنی بروی سازندهای مذکور و بخصوص تیرگان در ناحیه غربی حوضه کپه داغ صورت گرفته که عمده‌ی این مطالعات بر روی ساختارهای تاقدیس شکل سطحی نظیر تاقدیس غلامان [۲، ۳] تاقدیس اشلر و حاجی داغ [۱] و برخی به روی ساختمان‌های زیرسطحی-ژئوفیزیکی نظیر ساختمان کوند صورت گرفته است. از جمله مطالعات قبلی صورت پذیرفته در سازند تیرگان عبارتند از پژوهش الکساندرا و همکاران (۲۰۱۴) که توانستند به بررسی تکامل ساختارهای تکتونیکی در حوضه رسوبی کپه داغ و مقایسه آن با حوضه رسوبی خزر جنوبی و آمو دریا بپردازند [۱۰]. غیاثوند و همکاران (۲۰۱۹ a) سازند تیرگان را در برش‌های روستای تیرگان و امیر آباد مورد مطالعه دقیق سنگ‌شناسی و چینه‌نگاری قرار دادند [۱۷]. ریاحی و همکاران (۲۰۲۱) توانستند سازند تیرگان را در جنوب غرب و شمال بجنورد مورد مطالعه دقیق فسیل‌شناسی قرار بدهند و مجموعه زیست‌زون‌های، *Palorbitolina lenticularis* Taxon Range Zone ۲- *Novallesia producta-Orbitolina* spp. Assemblage Zone را که معرف محدوده زمانی Barremian-Early Aptian است، برای سازند تیرگان شناسایی کنند [۳۴]. مطابق با مطالعات هوگو و همکاران (۲۰۱۹) مکان مرز بارمین-آپتین در محدوده زمانی تقریبی (۱۲۱-۱۲۶) میلیون سال قبل قرار می‌گیرد [۲۶]. غیاثوند و همکاران (۲۰۱۹ b) و (۲۰۲۱) توانستند سازند تیرگان را در روستای تیرگان بر اساس فرامینفرهای بتیک و ارگانسیم‌ها به همراه ایزوتوپ کربن مورد مطالعه قرار داده و سه زیست‌زون *Feurtillia gracilis* range zone (upper Valanginian)، *Campanellula capuensis* range zone (upper Hauterivian) و *Orbitolionid* Assemblage zone (lower-upper Aptian) را که در مجموع موید محدوده سنی upper Valanginian-upper Aptian می‌باشد را برای برش مورد مطالعه پیشنهاد دهند [۱۸، ۲۰]. شیلاگیتو (۲۰۲۱) در پژوهشی به مطالعه کارهای انجام شده پیشین [۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰] پرداخته و بیان می‌کند که سن در نظر گرفته شده برای سازند تیرگان نمی‌تواند آپتین پسین باشد و نهایت آپتین پیشین است؛ که علت این امر را در عدم تشخیص *Simplorbitolina manasi* به جای *Iraqia simplex* و گونه *Mesorbitolina parva* به جای *Palorbitolina lenticularis* می‌داند [۴۰]. مولایی و همکاران (۲۰۱۹) سازند تیرگان را بر اساس مجموعه فونای آمونیتی در غرب حوضه رسوبی کپه داغ مورد مطالعه قرار داده و محدوده سنی انتهای بارمین-اوایل آپتین را برای این سازند پیشنهاد دادند [۳۳]. آقابابایی و همکاران (۱۳۹۳) سازند تیرگان را در شش برش چینه‌شناسی مورد مطالعه دقیق فسیل‌شناسی و رسوب‌شناسی قرار دادند و سن آپتین را برای مجموع برش‌های مورد مطالعه در شرق حوضه پیشنهاد دادند [۱]. بوکور و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اربیتولین‌های سازند تیرگان محدوده سنی Latest Barremian-early Aptian را برای نهشته‌های سازند تیرگان پیشنهاد می‌دهد [۱۴]. شکبیا و همکاران (۱۴۰۰) توانستند بر اساس مطالعات آب‌شناسی و رسوب‌شناسی بر روی سازند تیرگان یک مدل رسوبی رمپ هموکلینال بر نهشت این سازند

در شرق حوضه رسوبی کپه داغ پیشنهاد دهند [۵]. طباطبایی و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه سازند تیرگان در شرق حوضه رسوبی کپه داغ محدوده سنی آپتین پسین را به همراه یک محیط رمپ هموکلینال و به همراه شواهد غرق شدگی در انتهای سازند تیرگان معرفی و ثبت می‌نمایند [۴۴]. کلاتری (۱۹۶۹) سن سازند تیرگان را در برش حمام قلعه بر اساس فرامینفرها به دو بخش تقسیم کرده است: قسمت زیرین این سازند را به نئوکومین-آپتین و قسمت فوقانی این سازند را به آپتین نسبت داده است. همچنین ایشان بر پایه شناخت میکروفسیل‌ها در برش‌های نزدیک به دشت مشهد- قوچان مانند رادکان- بارو و دادلو سن سازند را نئوکومین و در برش گلیان، در جنوب شیروان، بارمین گزارش نموده است [۲۹]. کشاورز (۱۳۷۶) در نواحی شمال شرق و شمال غرب مشهد سن سازند تیرگان را بارمین-آپتین در نظر گرفته است [۶]. هاشمی کاخکی (۱۳۸۵) به مطالعه ریزرخساره و محیط رسوبی این سازند در نواحی شرق و مرکزی پرداخته و سن سازند تیرگان را بارمین پسین-آپتین پیشین تعیین نموده است [۷]. بر اساس مطالعه فرامینفرها سن سازند تیرگان در برش‌های بید سوخته و آبگرم، آپتین و در برش گلیان، آپتین-آلبین تعیین شده است که افزایش ضخامت و جوانتر شدن سازند از شرق به غرب حوضه گزارش شده است. طاهرپور خلیل آباد و همکاران (۲۰۱۳) توانستند با مطالعه سازند تیرگان در برش چینه‌شناسی سیساب و تعیین گونه *Kopetdagaria sphaerica* مرز زمانی بارمین-آپتین را در غرب حوضه رسوبی کپه داغ تعیین کنند [۴۵]. طاهرپور خلیل آباد و همکاران (۱۳۹۳) با مطالعه مجموعه فونای فرامینفر بتتیک و جلبک سبز در سازند تیرگان، برش سیساب سن بارمین پسین-آپتین پیشین را پیشنهاد کرده‌اند [۸]. در پژوهش حاضر، اهداف زیست‌چینه‌نگاری و تعیین حوادث زیستی دیرینه سازند تیرگان در برش‌های اسطرخی، جوزک و زاو مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس مطالعه میکروفسیل‌های فرامینفر و جلبک سبز انجام پذیرفته است.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه و راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه

حوضه رسوبی کپه داغ در شمال و شمال شرقی ایران قرار داشته و یکی از حوضه‌های مهم رسوبی و شناخته شده در کشور ما می‌باشد. این پهنه علاوه بر ایران در کشورهای مجاور از جمله در افغانستان و ترکمنستان گسترده شده و دارای ذخایر هیدروکربنی است. این حوضه با مساحتی حدود ۵۵۰۰۰ کیلومتر مربع بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه و ۰۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار گرفته است و رسوب‌گذاری آن از ژوراسیک تا ترشیاری بدون وقفه ادامه داشته است [۹]. برش‌های صحرائی مورد مطالعه در حد فاصل شهرهای چناران، چمن بید و مراوه تپه قرار دارند (شکل ۱).

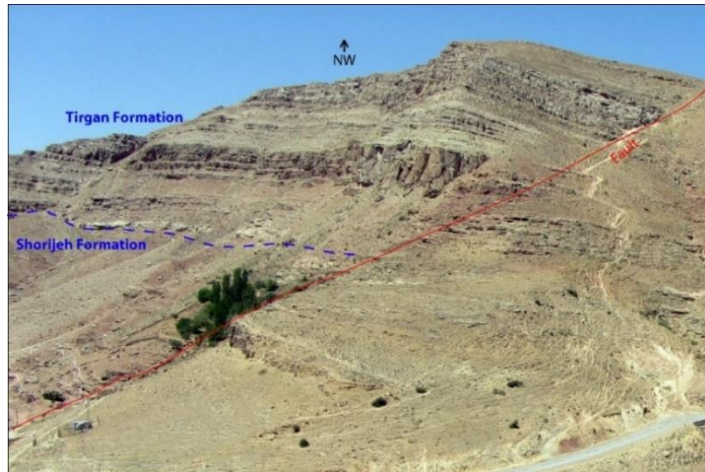


شکل ۱) نقشه راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه

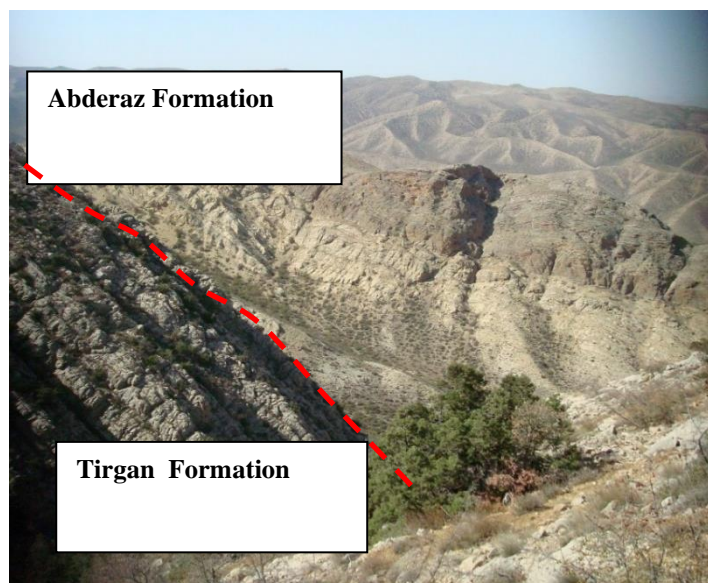
برش اسطرخی با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۹ ثانیه عرض شمالی، در ۱۸۰ کیلومتری شمال باختری مشهد و ۳۰ کیلومتری جنوب شیروان (نزدیک روستای اسطرخی) قرار دارد ضخامت سازند تیرگان در این برش ۱۲۹ متر بوده و سازند مورد مطالعه بصورت همشیب و پیوسته در روی سازند شوربچه و در زیر سازند سرچشمه قرار گرفته است (شکل ۲). برش جوزک با مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۵/۸ ثانیه عرض شمالی، در ۴۰ کیلومتری جنوب باختری شهرستان بجنورد قرار گرفته است. ضخامت سازند تیرگان در برش مذکور ۳۶۲ متر بوده و سازند مورد مطالعه بصورت همشیب و پیوسته در روی سازند شوربچه و بصورت واضح و با مرزگسله در زیر سازند آبدراز قرار گرفته است (شکل ۳). برش زاو با مختصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۰/۶ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی، پایین تر از روستای زاو و در نزدیکی گرگان رود از توابع بخش پیشکمر و در فاصله ۴۵ کیلومتری شمال شهر کلاله واقع شده است. ضخامت سازند تیرگان در این برش ۶۳۹ متر می‌باشد. لازم به ذکر است که سطح تماس فوقانی سازند مورد مطالعه در این برش پوشیده شده است و سطح تماس زیرین آن با سازند زرد بصورت همشیب و پیوسته است. نمای کلی سازند تیرگان در برش زاو در شکل ۴ نشان داده شده است.

بر اساس تطابق سنگ‌چینه‌نگاری تهیه شده از سازند تیرگان هر چه بیشتر به سمت غرب حوضه رسوبی کپه داغ پیشروی کنیم، ضخامت سازند تیرگان افزایش پیدا می‌کند به طوری که در برش اسطرخی ۱۲۹ متر، در برش جوزک ۳۶۲ متر و برش زاو ۶۳۹ متر ضخامت ثبت و اندازه‌گیری شده است. دلیل این تغییر ضخامت را می‌توان به امکان تغییر در شرایط رسوب‌گذاری مانند تفاوت در نرخ تولید رسوب و افزایش فضای رسوب‌گذاری به دلیل تغییرات محیطی و یا وجود فعالیت‌های تکتونیکی که باعث تفاوت در میزان فرورنشینی کف حوضه و یا بالآمدگی آن شده است، نسبت داد. همچنین قسمت پایینی سازند تیرگان (ماسه سنگ و مارن) از برش اسطرخی به سمت جوزک و زاو ناپدید می‌شود که به دلیل افزایش عمق حوضه رسوبی و عدم وجود شرایط مناسب جهت تشکیل رسوبات تخریبی می‌باشد. به علاوه، بخش دولومیتی و آهک‌های دولومیتی در

برش‌های جوزک و زاو به وضوح قابل تفکیک است که ضخامت آن از سمت شرق به غرب حوضه کاهش پیدا می‌کند و به دلیل کاهش تاثیر فرآیندهای دیاژنتیکی و افزایش عمق حوضه رسوبی مرتبط می‌باشد. به طور کلی در مجموع برش‌های مورد مطالعه، برش اسطرخی نسبت به دو برش دیگر ( برش جوزک و زاو) از لایه‌بندی نازکتری برخوردار می‌باشد. از دیگر تفاوت‌ها در میان برش‌های مذکور وجود گسل‌ها و درز و شکاف‌های بیشتر به همراه گسترش رگه‌های کلسیتی بیشتر در برش کوه زاو نسبت به دو برش دیگر است (شکل ۵).



شکل ۲) سطح تماس زیرین سازند تیرگان با سازند شورجه در برش روستای اسطرخی، دید به سمت شمال غرب



شکل ۳) نمایش واحدهای صخره ساز سازند تیرگان در برش جوزک، دید به سمت شمال غرب

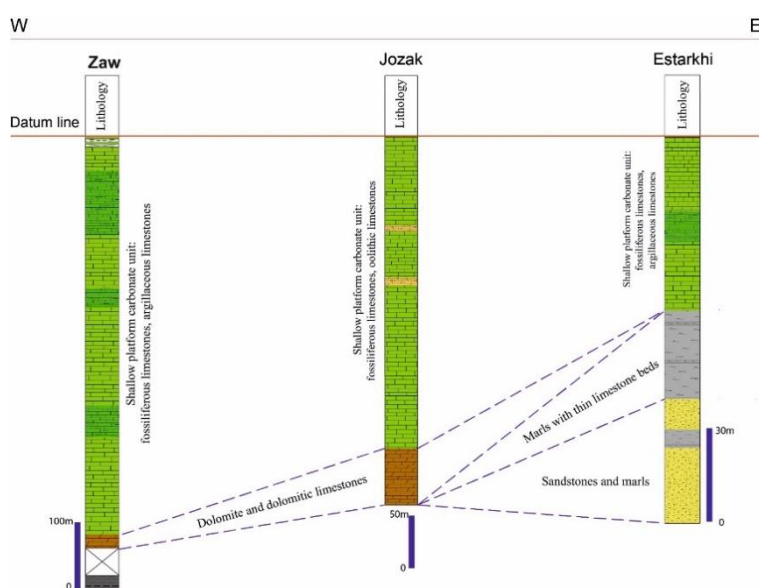
### ۳- مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۷۰۰ نمونه آهک‌های الیتی و اربیتولین‌دار و مارنی سازند تیرگان در سه برش اسطرخی (۶۲ نمونه)، جوزک (۱۰۲ نمونه) و زاو (۲۲۶ نمونه) و در مجموع ۳۹۰ نمونه از هر سه برش، بطور سیستماتیک برداشت شده که فواصل نمونه‌برداری در آن حدود ۳ متر می‌باشد. همچنین در محل مرز لایه‌بندی‌ها و یا مکان‌هایی که تغییر لیتولوژی شدیدی را نشان داده‌اند فواصل نمونه برداری کمتر شده است. در نهایت، از نمونه‌های صحرائی برداشت شده مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده و کلیه ویژگی‌های آن‌ها در زیر میکروسکوپ پلاریزان دو چشمی مدل لایکا (Leica) و مجهز به دوربین عکس

برداری (DC ۵۰۰) و نرم افزار مربوطه (NIS-Elements AR ۴,۰۰,۰۶) مطالعه شده است. در این مطالعه جهت شناسایی نمونه‌های جلبک‌های سبز از منابعی چون [۱۱، ۱۲، ۱۵، ۲۵] استفاده گردیده شد. همچنین جهت شناسایی نمونه‌های فرامینفرهای بتتیک از منابعی مانند [۱۶، ۲۲، ۳۰، ۳۱، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹] در این مطالعه استفاده گردیده شد.



شکل ۴) نمای کلی سازند تیرگان در برش زاو، دید به سمت شمال غرب



شکل ۵) تطابق ناحیه‌ای سنگ‌چینه‌نگاری برش‌های مورد مطالعه و چگونگی تغییرات ضخامتی توالی آهکی در گستره جانبی

سازند تیرگان در بخش‌های مختلف از حوضه رسوبی کپه داغ از دیدگاه زیست‌چینه‌نگاری توسط مولفین متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیقات به صورت موردی بوده و عمدتاً منجر به معرفی و تعیین زیست‌زون‌های محلی شده است و تاکنون مدل یکپارچه که در برگرفته زیست‌زون‌ها و وضعیت زیست‌چینه‌نگاری این سازند در گستره ناحیه‌ای و کل حوضه کپه داغ باشد معرفی نشده است. در تحقیق حاضر، به منظور مطالعه و بررسی بیشتر، سه برش چینه‌شناسی در غرب حوضه رسوبی کپه داغ انتخاب گردید و زیست‌چینه‌نگاری این سازند بر مبنای فرامینفرهای بتتیک و جلبک‌های سبز مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین، هدف اصلی از بررسی زیست‌زون‌ها در این تحقیق، تعیین زیست‌زون‌های محلی و یا استفاده از زیست‌زون‌های ذکر شده‌ی جهانی در برش‌های مورد مطالعه دنیا است.

#### ۴-۱ مروری بر زیست‌زون‌های معرفی شده بر اساس خانواده اوربیتولینیده در بارمین-آپتین

توالی‌های سنگ‌چینه‌ای به سن بارمین برای اولین بار در اطراف روستای بارم (Barreme) در ناحیه Basse-Alpes جنوب شرق فرانسه شناسایی و معرفی شده‌اند. در آن زمان، این توالی‌ها به واسطه اولین ظهور گونه‌ای سفالوپود تحت عنوان *Spitidiscus hugii* معرفی گردیدند. توالی‌های سنگ‌چینه‌ای به سن آپتین نیز ابتدا در اطراف روستای آپت واقع در ناحیه Basse-Alpes شناسایی و به واسطه اولین ظهور جنس *Prodeshayesites* تعیین سن شدند. با این همه، واحدهای زمانی نامبرده بعدها توسط افراد مختلفی مورد بازنگری قرار گرفتند [۲۴]. مرز توالی‌های بارمین-آپتین در حوضه زاگرس را بر مبنای فونای آمونیتی منطبق بر قاعده زیست‌زون *Tuarkyricus* دانسته و بر اساس اولین ظهور جنس *Deshayesites* تعیین نموده‌اند. همچنین تاکسون‌هایی چون *Kucatisites*, *Pseudocrioceras*, *Pseudohaploceras* از مهمترین تاکسون‌ها آمونیتی برای تعیین قاعده آپتین در حوضه مدیترانه در نظر گرفته شده‌اند. هر چند امروزه مشخص شد که برخی از آن‌ها در رسوبات مربوط به زیر آشکوب بارمین پسین دیده شده‌اند [۲۱]. نانوفسیل‌های آهکی نیز نقش قابل توجهی در تعیین قاعده زمانی آپتین دارند. زیر کمیته‌چینه‌شناسی آپتین در دومین گردهمایی بین‌المللی که برای تعیین مرزهای آشکوب‌های کرتاسه در سال ۱۹۹۳ برگزار شده بود، قاعده آپتین را در قاعده کرون مغناطیسی MO و بصورت سیستماتیک، بر روی اولین ظهور گونه نانوفسیلی *Hayesites irregularis* قرار داده است [۲۳]. همچنین سیمونس (۱۹۹۴) در توالی‌های در بردارنده محدوده زمانی بارمین-آپتین متعلق به سازندهای شعیبا و خرائیب کوه‌های عمان مرکزی، زیست‌زون *Palorbitolina lenticularis* را به همراه دو زیر زون *Palorbitolina lenticularis*, *Paleodictyoconus arabicus* معرفی نموده‌اند [۴۳]. شرودر و همکاران (۲۰۱۰) زیست‌زون *Palorbitolina lenticularis* را که با شروع *Palorbitolina lenticularis* تا اولین ظهور *Praeorbitolina cormyi* مشخص می‌شود، در توالی‌های با سن بارمین پسین-آپتین پیشین قرار داده است. همچنین ایشان این زیست‌زون را معادل با زیست‌زون‌های آمونیتی *Deshayesites oglanlensis* و *Deshayesites weissii* می‌دانند. همچنین از گونه *Montseciella arabica* به عنوان شاخصی در توالی‌های بارمین پسین نام برده‌اند [۴۲]. در صورتی که قبلاً سینت مارک (۱۹۷۰)، گونه مذکور را شاخصه محدوده زمانی آپتین پیشین در نظر گرفته بود [۳۵]. شرودر و همکاران (۲۰۱۰) از جنس‌های *Palorbitolinoides* و *Praeorbitolina* به عنوان نمونه‌های شاخص زیرآشکوب آپتین پیشین یاد کرده‌اند [۴۲]. شیلایگیتو و همکاران (۲۰۱۳) نیز از گونه *Praeorbitolina cormyi* به عنوان گونه شاخص زیرآشکوب آپتین پیشین (بدولین) نام برده‌اند [۳۶].

## ۴-۲ زیست‌چینه‌نگاری و زیست‌زون‌های سازند تیرگان در برش های مورد مطالعه

### ۴-۲-۱- برش اسطرخی

در این برش تعداد ۲۸ جنس و ۳۲ گونه از فرامینفرهای بتتیک و ۲۱ جنس و ۲۴ گونه از جلبک‌های سبز مورد شناسایی قرار گرفته است و نمودار توزیع عمودی آن‌ها در ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه ترسیم شده است (شکل ۶). بر اساس ظهور، گسترش و انقراض تاکسون‌های شاخص، تعداد ۲ زیست‌زون برای سازند تیرگان در این برش تعیین و معرفی شده است که عبارتند از:

#### ۱- *Kopetdagaria sphaerica* Zone

##### تعریف:

این زیست‌زون بر اساس ظهور *Kopetdagaria shpaerica* (به عنوان مرز پایینی) تا ظهور *Palorbitolina lenticularis* (به عنوان مرز بالایی) تعریف شده است. این زیست‌زون حدود ۷۰ متر ضخامت دارد و بخش‌های مارنی و آهکی قاعده سازند تیرگان را در برمی‌گیرد.

##### مجموعه فسیلی همراه:

##### فرامینفرهای بتتیک:

*Quinquoloculina* sp., *Mayncina bulgarica*, *Derventina filipescui*, *Lenticulina* sp., *Haplophragmoides globosus*, *Nautiloculina oolithica*, *Charentia cuvillieri*, *Rumanoloculina robusta*, orbitolinidae, *Novalesia producta*, *Istriloculina eliptica*, *Nautiloculina* sp., *Balkhanian balkhanica*, *Cuneolina hensoni*, *Debarina hahounerensis*, *Nezzazata isabellae*.

##### جلبک‌های آهکی:

*Salpingoporella* sp., *Salpingoporella muehlbergii*, *Coptocampylodon* sp., *Acicularia* sp., *Pseudoactinoporella iranica*, *Kopetdagaria sphaerica*, *Permocalculus minutus*, *Montiella elitzae*, *Dellofrella quercifoliipora*, *Pseudoactinoporella fragilis*, *Cayeuxia* sp., *Linoporella* sp., *Salpingoporella cemi*, *Terquemella* sp., *Permocalculus* sp., *Permocalculus halimedaformis*, *Salpingoporella hasi*, *Boueina hochstetteri*, *Salpingoporella dinarica*.

##### سن:

بارمین پیشین تا پسین. از آنجائی که گونه *Kopetdagaria shpaerica* برای اولین بار از نهشته‌های بارمین پیشین ناحیه کپه داغ ترکمنستان معرفی شده است [۳۲] و از طرفی، این تاکسون از قدیمی ترین (پایین ترین) لایه‌های آهکی پلاتفرمی و کم عمق قاعده سازند تیرگان در برش اسطرخی ظاهر می‌شود، بنابراین سن قاعده سازند تیرگان در این برش سطحی احتمالاً از ؟ بارمین پیشین شروع می‌گردد.

#### ۲- *Palorbitolina lenticularis* Total Range Zone

##### تعریف:

مرز زیرین این زیست‌زون منطبق بر اولین ظهور *Palorbitolina lenticularis* است و مرز بالائی آن مطابق با گسترش کلی این فرم می‌باشد. ضخامت این زیست‌زون در این برش صحرائی ۲۰ متر می‌باشد و تا انتهای سازند تیرگان را در بر می‌گیرد.

##### مجموعه فسیلی همراه:

مطابق با شکل ۶، اغلب فرم‌های فرامینفر که در زون قبلی وجود دارند در این زیست‌زون هم گسترش دارند. تاکسون‌های فرامینفر بتتیک که برای اولین بار در این زون ظاهر می‌شوند عبارتند از:



*Palorbitolina lenticularis*, *Vercorsella arenata*, *Dictyoconus pachymarginalis*, *Iraqia simplex*, *Montseciella arabica*, *Pseudocyclamina* sp., *Voloshinoides* sp., *Rumanoloculina pseudominima*, *Paleodictyoconus actinostoma*, *Spiroloculina cretacea*, *Marsonella oxycona*, *Simplorbitolina* sp., *Paleodictyoconus cuvillieri*.

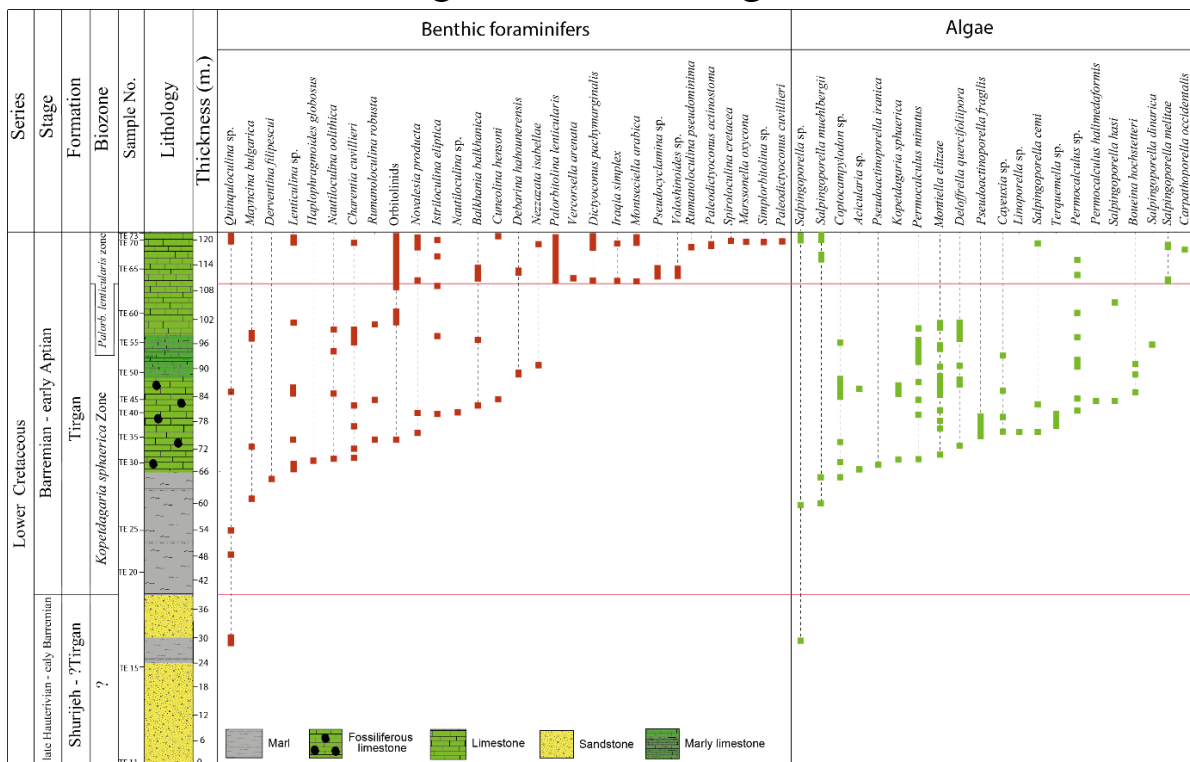
از بین جلبک‌های آهکی، اغلب تاکسون‌هایی که در زیست‌زون قبلی حضور داشتند در اینجا حضور ندارند، مانند:

*Salpingoporella* sp., *Salpingoporella muehlbergii*, *Salpingoporella cemi*, *Permocalculus* sp.

همچنین، جلبک‌هایی که در این زیست‌زون ظاهر می‌شوند عبارتند از:

*Carpathoporella occidentalis*, *Salpingoporella melitae*.

سن: با توجه به مجموعه فسیلی فوق و نظر به اینکه تاکسون *Palorbitolina lenticularis* از فرامینیفرهای شاخص بارمین پسین تا آپتین پیشین در سراسر تیتس است [۴۱، ۴۶] لذا سن این زیست‌زون بارمین پسین-آپتین پیشین است. این زیست‌زون منطبق با زیست‌زون *Palorbitolina lenticularis* Range Zone Husinec et al., ۲۰۰۰، با محدوده سنی بارمین پسین-آپتین پیشین است، همچنین این زیست‌زون توسط جمالی (۱۳۹۰) با سن بارمین پسین-آپتین پیشین در برش‌های حمام قلعه، مزدوران، باغک و چاه خانگیران شماره ۳۲ واقع در شرق حوضه رسوبی کپه داغ شناسایی و معرفی شده است [۴].



## ۱- *Kopetdagaria sphaerica* Zone

### تعریف:

این زیست‌زون بر اساس ظهور *Kopetdagaria shpaerica* (به عنوان مرز پایینی) تا ظهور *Palorbitolina lenticularis* (به عنوان مرز بالایی) تعریف شده است. ضخامت این زیست‌زون در این برش ۷۵ متر می باشد و بخش‌های قاعده‌ای سازند تیرگان را در بر می‌گیرد.

مجموعه فسیلی همراه:

فرامینیفرهای بتتیک:

*Haplophragmoides* sp., *Spiroplectammina* sp., *Scythiolina* sp., *Novalesia producta*, *Istriloculina elliptica*, *Moesiloculina histri*.

جلبک‌های آهکی:

*Kopetdagaria sphaerica*, *Permocalculus* sp., *Marinella lugeoni*, *Salpingoporella muehlbergii*, *Coptocampylodon lineolatus*, *Permocalculus minutus*, *Montiella elitzae*.

سن: بارمین زیرین تا بالایی. از آنجائیکه گونه *Kopetdagaria shpaerica* برای اولین بار از نهشته‌های بارمین زیرین ناحیه کپه داغ ترکمنستان معرفی شده است [۳۲] و از طرفی، این تاکسون از قدیمی‌ترین (پایین‌ترین) لایه‌های قاعده سازند تیرگان در برش جوزک ظاهر می‌شود، بنابراین سن قاعده سازند تیرگان در این برش سطحی احتمالاً از ؟ بارمین زیرین شروع می‌گردد.

## ۲- *Palorbitolina lenticularis* Total Range Zone

### تعریف:

مرز زیرین این زیست‌زون منطبق بر اولین ظهور *Palorbitolina lenticularis* است و مرز بالایی آن مطابق با گسترش کلی این فرم می‌باشد. ضخامت این زیست‌زون در این برش صحرائی ۲۸۸ متر می‌باشد و تا انتهای سازند تیرگان را در بر می‌گیرد.

مجموعه فسیلی همراه:

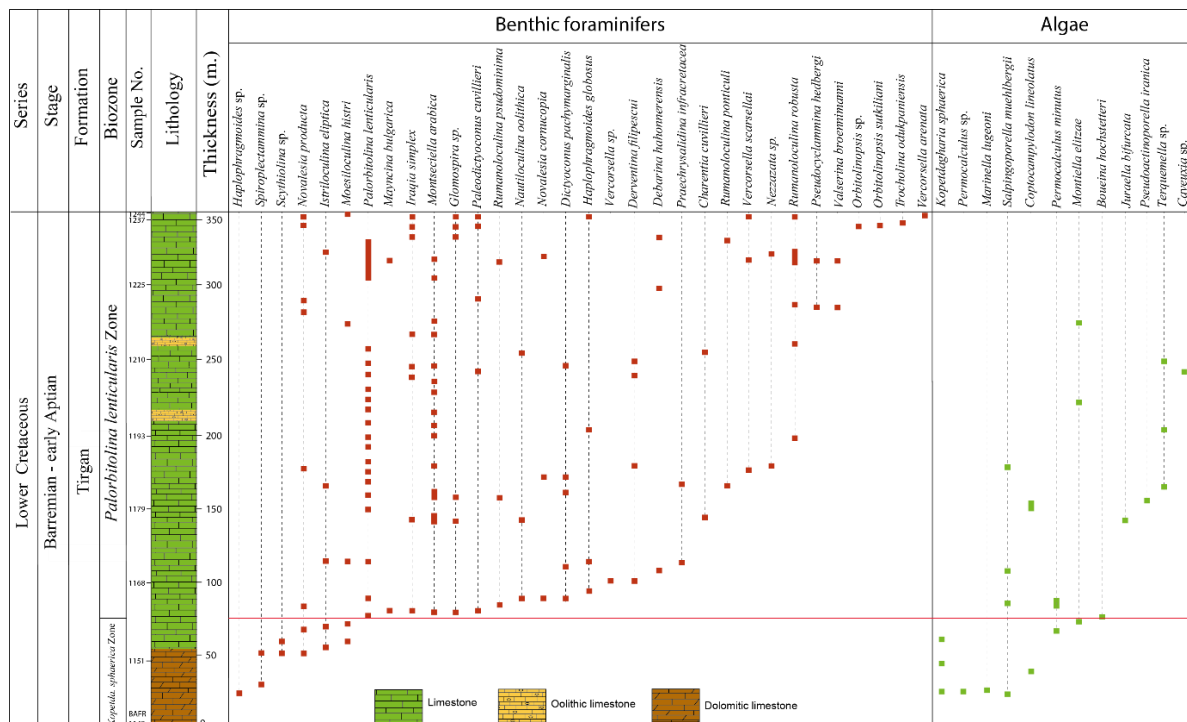
مهمترین تاکسون‌ها از فرامینیفرهای بتتیک که در این زیست‌زون ظاهر می‌شوند عبارتند از:

*Palorbitolina lenticularis*, *Mayncina bulgarica*, *Iraqia simplex*, *Montseciella arabica*, *Glomospira* sp., *Paleodictyoconus cuvillieri*, *Rummanoloculina pseudominima*, *Nautiloculina oolithica*, *Novalesia concucopia*, *Dictyoconus pachymarginalis*, *Haplophragmoides globosus*, *Vercorsella* sp., *Derventina filipescui*, *Debarina hahounerensis*, *Praechrysalidina infracretacea*, *Charentia cuvillier*, *Rumanoloculina ponticuli*, *Vercorsella scarsellai*, *Nezzazata* sp., *Rumanoloculina robusta*, *Pseudocyclammina hedbergi*, *Valserina broennimanni*, *Orbitolinopsis* sp., *Orbitolinopsis subkiliani*, *Trocholina odukpaniensis*, *Vercorsella arenata*.

از مهمترین تاکسون‌های جلبک‌های آهکی، جنس‌ها و گونه‌های زیر در این زون برای اولین بار ظاهر می‌شوند:

*Boueina minima*, *Juraella biforcata*, *Pseudoactinoporella iranica*, *Terquemella* sp., *Cayeuxia* sp.

سن: با توجه به مجموعه فسیلی فوق و نظر به اینکه تاکسون *Palorbitolina lenticularis* از فرامینیفرهای شاخص بارمین پسین تا آپتین پیشین در سراسر تتیس است [۴۱، ۴۶] لذا سن این زیست‌زون بارمین پسین - آپتین پیشین است.



شکل ۷) چینه‌نگاری زیستی، گسترش گونه‌های شاخص شناسایی شده و زیست‌زون‌های معرفی شده برای سازند تیرگان در برش جوزک

## ۴-۲-۳- برش زاو

در این برش تعداد ۲۵ جنس و ۳۲ گونه از فرامینیفرهای بنتیک و ۱۳ جنس و ۱۹ گونه از جلبک‌های سبز مورد شناسایی قرار گرفته است و نمودار توزیع عمودی آنها در ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه ترسیم شده است (شکل ۸). بر اساس ظهور، گسترش و انقراض تاکسون‌های شاخص، تعداد ۲ زیست‌زون برای سازند تیرگان در این برش تعیین و معرفی شده است که عبارتند از:

### ۱- *Kopetdagaria sphaerica* Zone

#### تعریف:

این زیست‌زون بر اساس ظهور *Kopetdagaria sphaerica* (به عنوان مرز پایینی) تا ظهور *Palorbitolina lenticularis* (به عنوان مرز بالایی) تعریف شده است. ضخامت این زیست‌زون در این برش صحرایی ۴۱۵ متر می‌باشد و بخش‌های قاعده‌ای سازند تیرگان را در بر می‌گیرد.

مجموعه فسیلی همراه:

فرامینیفرهای بنتیک:

*Haplophragmoides globosus*, *Lenticulina* sp., *Novallesia producta*, *Quincoloculina* sp., Orbitolinids, *Rumanoloculina robusta*, *Istriloculina eliptica*, *Istriloculina* sp., *Novallesia cornucopia*, *Vercorsella arenata*.

جلبک‌های آهکی:

*Salpingoporella cemi*, *Kopetdagaria sphaerica*, *Permocalculus minutus*, *Salpingoporella muehlbergii*, *Acicularia* sp., *Montiella elitzae*, *Permocalculus* sp., *Coptocampylodon* sp., *Cayeuxia* sp., *Terquemella* sp., *Salpingoporella hispanica*, *Marinella lugeoni*.



#### ۴-۳- تطابق ناحیه‌ای زیست‌چینه‌نگاری برش‌های مورد مطالعه

به منظور بررسی تغییرات ناحیه‌ای از دیدگاه ضخامتی، تعداد ۲ نقشه هم ضخامت از زیست‌زون‌های تعریف شده برای سازند تیرگان در برش‌های مورد مطالعه (اسطرخی، جوزک و زاو) تهیه شده است (شکل‌های ۹ و ۱۰). بر طبق نتایج حاصل از این نقشه‌ها، اینتروال زمانی باریمن زیرین-بالایی که بخش‌های قاعده‌ای سازند تیرگان را در بر می‌گیرد و با زیست‌زون *Kopetdagaria sphaerica* مشخص می‌شود در غربی‌ترین بخش حوضه (برش زاو) بیشترین ضخامت را نشان می‌دهد. در همین زمان، کمترین ضخامت این زیست‌زون در شرقی‌ترین بخش از ناحیه مورد مطالعه (برش اسطرخی) می‌باشد (شکل ۹). تغییرات ضخامت شدید نشانه عدم وجود فضای کافی برای رسوب‌گذاری ناشی از کم بودن عمق حوضه و یا اینکه عملکرد گسله‌های پی سنگی و ایجاد بالآمدگی‌های موضعی در حوضه رسوبی را نشان می‌دهد. در زمان باریمن پسین تا آپتین پیشین، روند تغییرات ضخامتی متفاوت شده است. به طوریکه زیست‌زون *Palorbitolina lenticularis* در ناحیه جوزک بیشترین ضخامت (البته با توجه به گسله بودن کنتاکت بالایی در این برش، احتمالاً ضخامت زیست‌زون بیشتر از این مقدار هم باشد) را نشان می‌دهد و در نواحی مجاور آن یعنی اسطرخی و زاو از ضخامت آن کاسته می‌شود (شکل ۱۰). دلیل افزایش ضخامت در نواحی مرکزی می‌تواند ناشی از وضعیت و هندسه پلاتفرم و ایجاد شرایط مناسب از نظر فضای رسوب‌گذاری و تنوع وجودی تولیدکننده‌های کربناته در حاشیه پلاتفرم تلقی شود.

#### ۵- نتیجه‌گیری

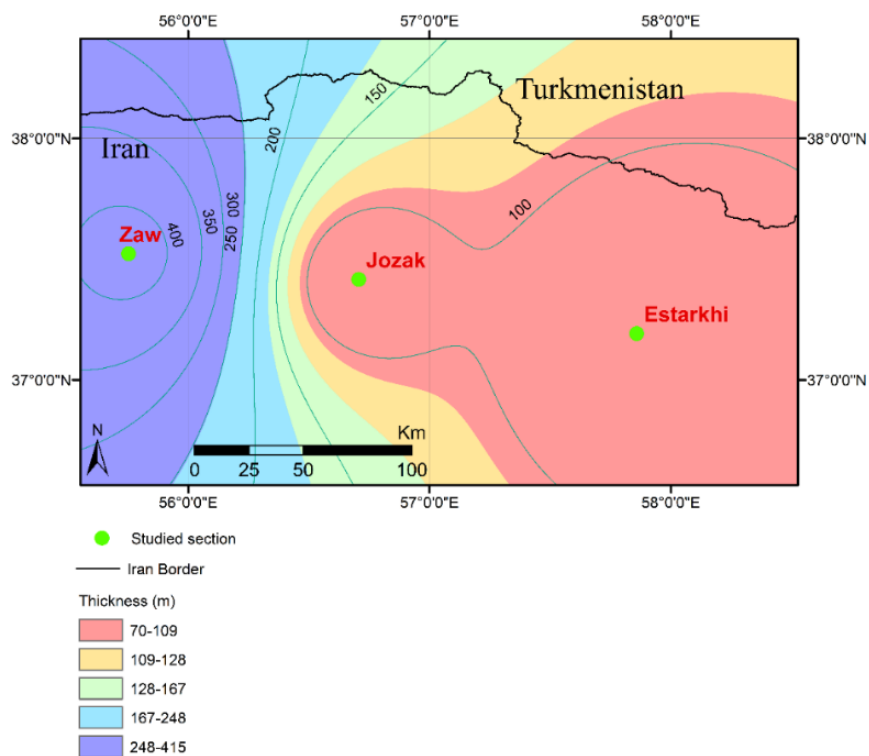
۱) جهت انجام این مطالعه، سه برش چینه‌شناسی از سازند تیرگان در غرب حوضه رسوبی کپه داغ به ترتیب در روستای اسطرخی (۳۰ کیلومتری جنوب شیروان)، جوزک (۴۰ کیلومتری جنوب باختری شهرستان بجنورد) و زاو (۴۵ کیلومتری شمال شهر کلاله) انتخاب شد.

۲) ضخامت سازند تیرگان در رخنمون‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱۲۹ متر در برش اسطرخی، ۳۶۲ متر در برش جوزک و ۶۳۹ متر در برش زاو اندازه‌گیری و مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. در این مطالعه، تعداد ۶۲ نمونه صحرایی از برش اسطرخی، ۱۰۲ نمونه از برش جوزک و ۲۲۶ نمونه از برش زاو برداشت و مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفت.

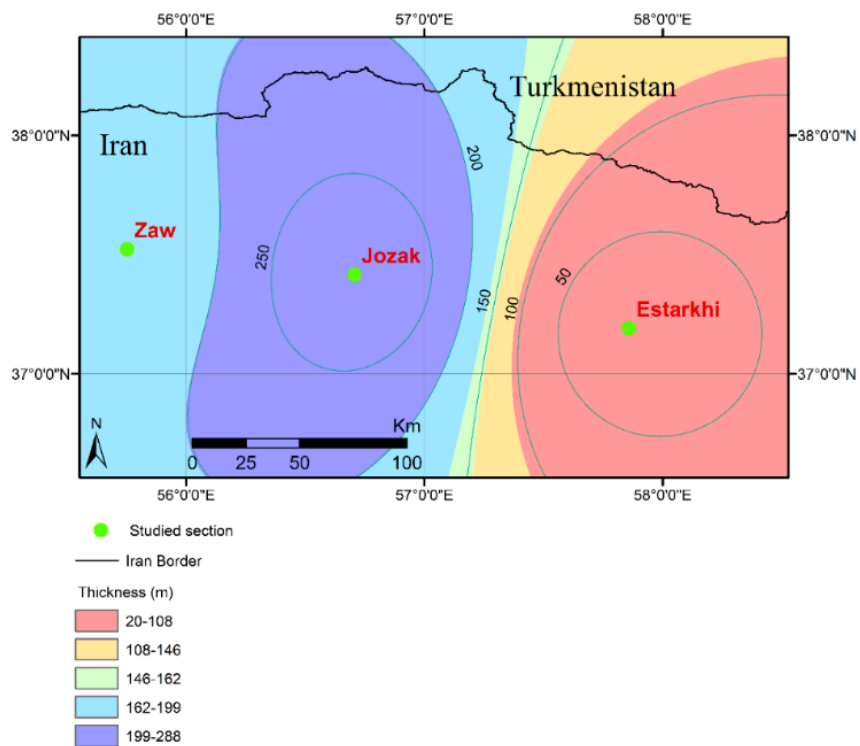
۳) در برش روستای اسطرخی، سازند شورجه در زیر سازند تیرگان به صورت همشیب و پیوسته قرار گرفته است. همچنین سطح تماس بالایی سازند تیرگان با سازند سرچشمه به صورت همشیب و پیوسته می‌باشد. در این رخنمون سطحی، سازند تیرگان با رخساره‌های ماسه‌ای و میان‌لایه‌های ماری شروع می‌شود که نشان‌دهنده گذر تدریجی از سازند قاره‌ای شورجه به رخساره‌های دریایی سازند تیرگان می‌باشد. برش روستای جوزک نشان‌دهنده سطح تماس پیوسته و همشیب سازند تیرگان در قاعده با سازند شورجه است، اما سطح تماس بالایی آن با سازند آبدراز به صورت گسله می‌باشد. در برش زاو، سطح تماس زیرین سازند تیرگان با سازند زرد و به صورت پیوسته و همشیب است. ولی سطح تماس بالایی آن با سازند جوانتر به صورت پوشیده و نامشخص می‌باشد.

۴) بر اساس مطالعه مجموعه فرامینفرهای بنتیک و جلبک‌های سبز آهکی در سه برش مورد مطالعه، تعداد ۲۸ جنس و ۳۲ گونه از فرامینفرهای بنتیک و ۲۱ جنس و ۲۴ گونه از جلبک‌های سبز در برش اسطرخی، تعداد ۳۲ جنس و ۳۷ گونه از فرامینفرهای بنتیک و ۱۲ جنس و ۱۵ گونه از جلبک‌های سبز در برش جوزک و تعداد ۲۵ جنس و ۳۲ گونه از فرامینفرهای بنتیک و ۱۳ جنس و ۱۹ گونه از جلبک‌های سبز در برش زاو شناسایی شد. بر اساس ظهور، گسترش و انقراض تاکسون‌های شاخص، تعداد ۲ زیست‌زون برای سازند تیرگان در این برش‌های صحرایی تعیین و معرفی گردید که عبارتند از: ۱) *Kopetdagaria sphaerica Zone* که بر اساس ظهور *Kopetdagaria sphaerica* (به عنوان مرز پایینی) تا ظهور

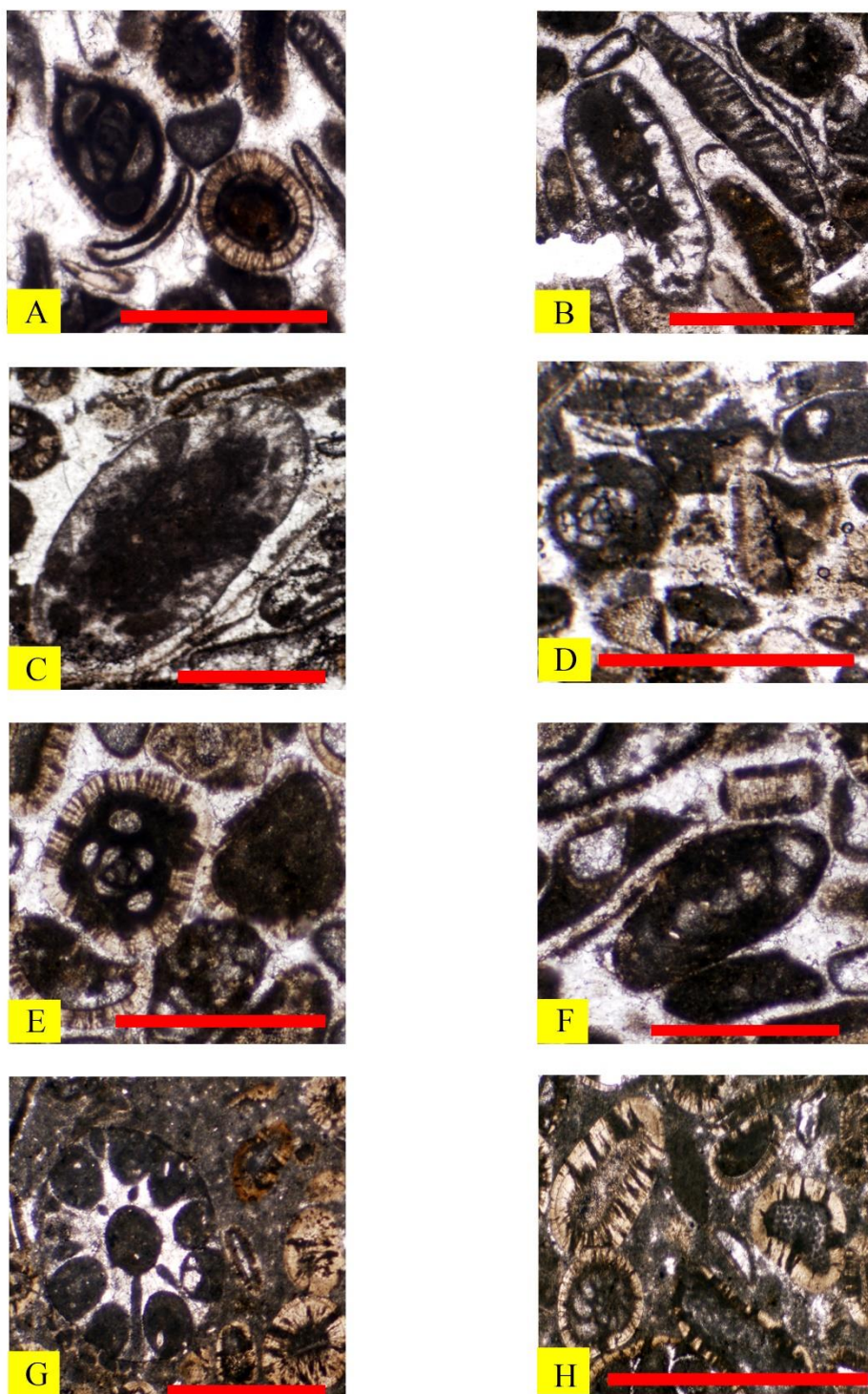
*Palorbitolina lenticularis* (به عنوان مرز بالایی) تعریف شده است. ضخامت این زیست‌زون در برش اسطرخی ۷۰ متر، در برش جوزک ۷۵ متر و در برش زاو ۴۱۵ متر است. *Palorbitolina lenticularis* Total Range Zone (۲) که بر اساس ظهور و انقراض این گونه تعریف شده است و ضخامت آن در برش اسطرخی ۲۰ متر، در برش جوزک ۲۸۸ متر و در برش زاو ۱۷۰ متر است. با توجه به گسترش چینه‌شناسی فرم‌های ذکر شده در فوق و حضور سایر تاکسون‌های همراه آنها، سن سازند تیرگان در برش‌های مورد مطالعه به بarmین-آپتین زیرین نسبت داده می‌شود.



شکل ۹) نقشه کنتوری و هم‌ضخامت از زیست‌زون *Kopetdagaria sphaerica* در برش‌های مورد مطالعه



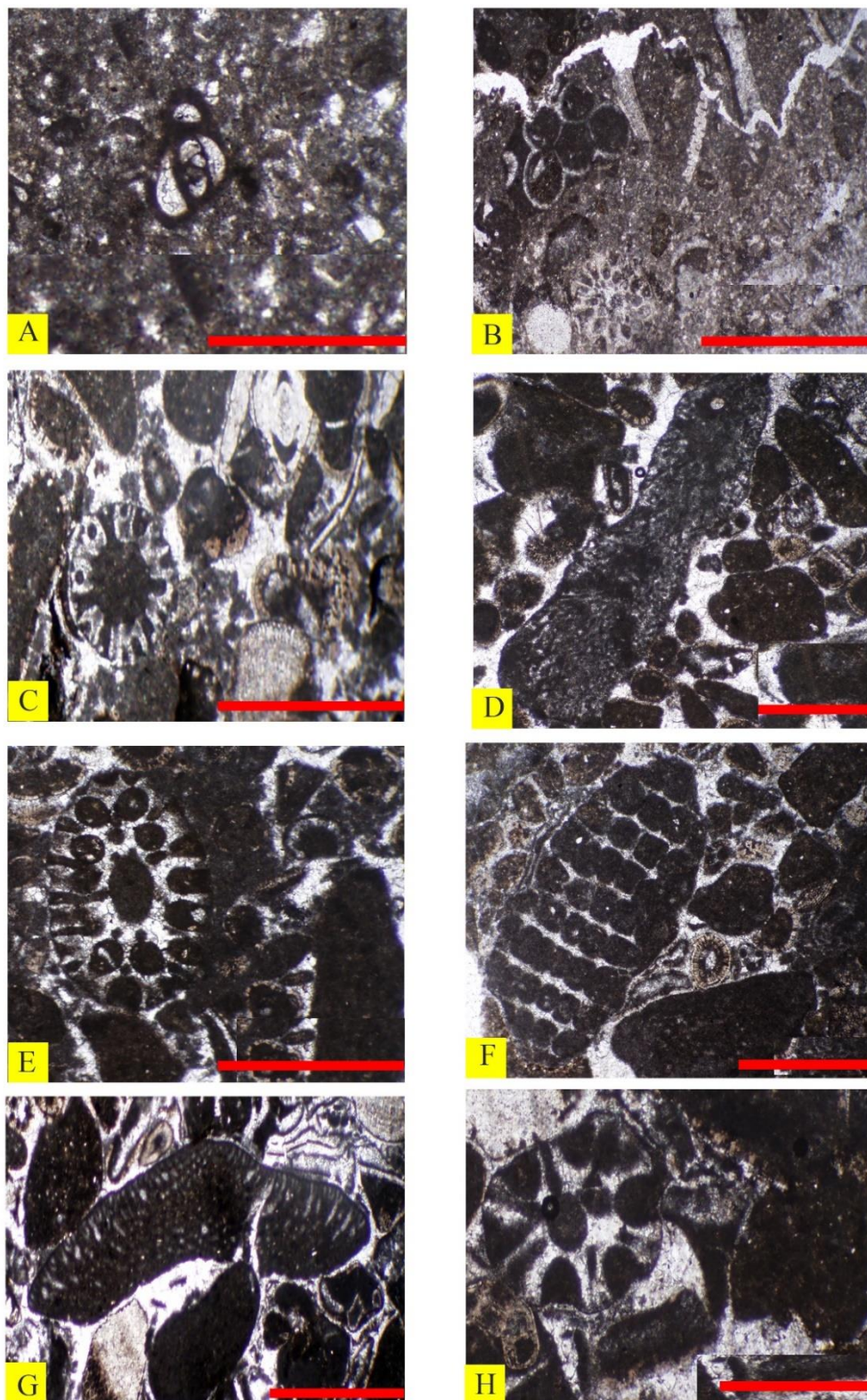
شکل ۱۰ نقشه کنتوری و هم‌ضخامت از زیست‌زون *Kopetdagaria sphaerica* در برش‌های مورد مطالعه



پلیت ۱) تصاویر منتخبی از جلبک‌های سبز و فسیل‌های همراه شناسایی شده در برش اسطرخی

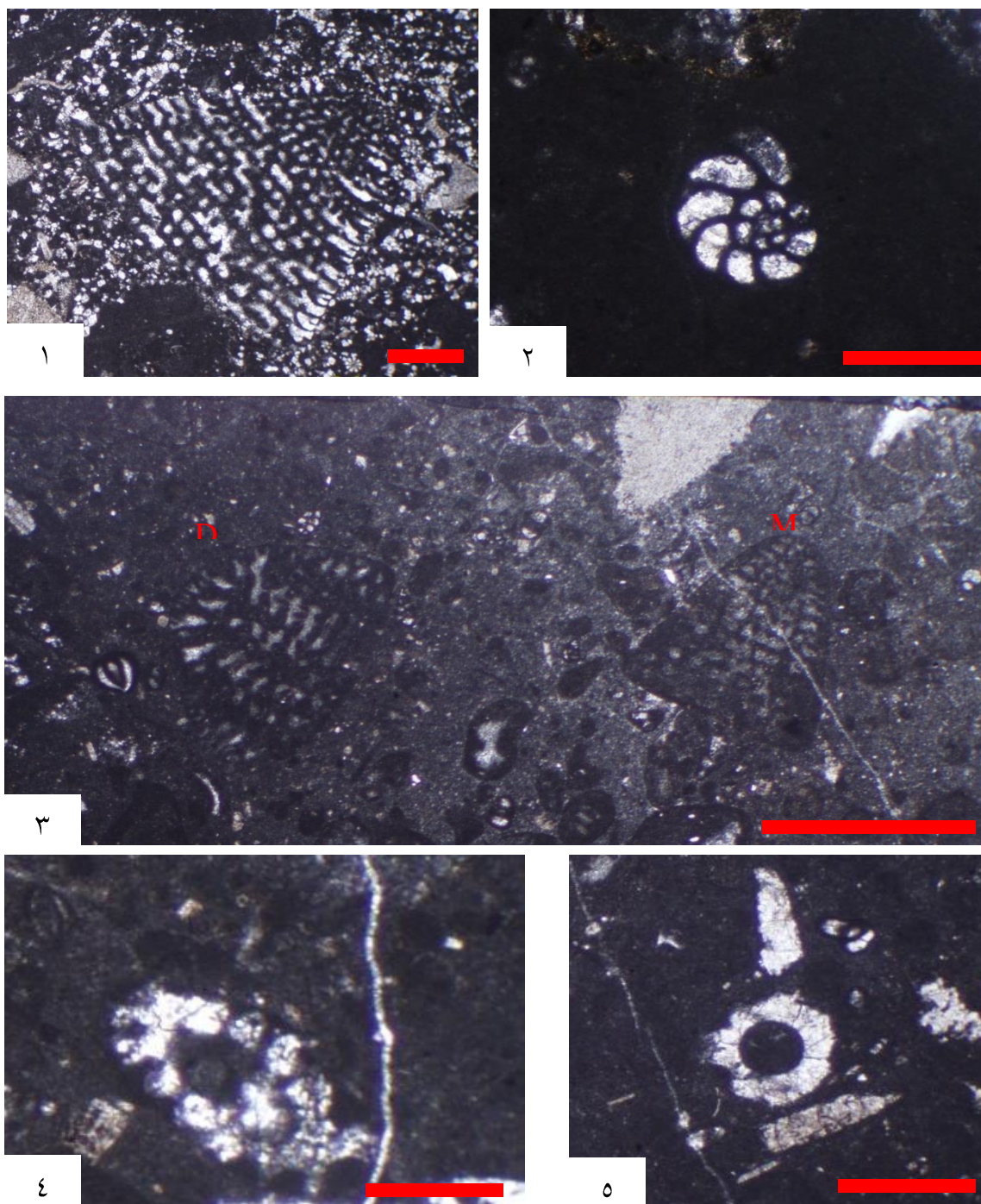
**Plate 1 (Estarkhi section):** A: *Rumanoloculina* sp. Sample number ۴۹, B: *Permocalculus minutus* Bucur ۱۹۹۴b, Sample number ۴۹, C: Udoeteacean algae, *Juraella bifurcata*, Bernier, ۱۹۸۴, Sample number ۵۰, D: *Charentia cuvillieri*, (Neumann, ۱۹۶۵), Sample number ۵۰, E: *Rumanoloculina robusta*, Sample number ۵۰, F: *Charentia cuvillieri*, (Neumann, ۱۹۶۵), Sample number ۵۰, G: *Montiella elitzae* (Bakalova ۱۹۷۸) Radoicic ۱۹۸۰, Sample number ۵۱, H: *Permocalculus* sp. (right side) and *Mayncina bulgarica* (left side), Sample number ۵۱. Scale bar represent ۰,۵mm.





پلیت ۲) تصاویر منتخبی از جلبک‌های سبز و فسیل‌های همراه شناسایی شده در برش جوزک

**Plate ۲ (Jozak section):** A: *Moesiloculina histri* (Neagu, ۱۹۶۸), Sample number ۱۱۵۶, B: *Kopetdagaria* cf. *k. sphaerica* Malsov, ۱۹۶۰, Sample number ۱۱۵۷, C: *Coptocampylodon lineolatus* Elliott, ۱۹۶۳, Sample number ۱۱۵۸, D: *Permocalculus minutus* Bucur (۱۹۹۴b), Sample number ۱۱۵۹, E and F: *Montiella elitzae* (Bakalova, ۱۹۷۱), Sample number ۱۱۵۹, G: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach, ۱۸۰۵), Sample number ۱۱۶۰, H: *Montiella elitzae* (Bakalova, ۱۹۷۱), Sample number ۱۱۶۰. Scale bar represent ۰,۵ mm.



پلیت ۳) تصاویر منتخبی از جلبک‌های سبز و فسیل‌های همراه شناسایی شده در برش زاو

**Plate ۳ (Zaw section):** Fig. ۱: *Montseciella arabica*, sample BAFR ۱۵۵۴, Fig. ۲: *Mayncina bulgarica*, sample BAFR ۱۵۵۹, Fig. ۳: *Dictyoconus pachymarginalis* (D) and *Motseciella arabica* (M), sample BAFR ۱۵۶۲, Fig. ۴: *Salpingoporella muehlbergii*, sample BAFR ۱۵۶۲, Fig. ۵: *Montiella elitzae*, sample BAFR ۱۵۶۲, Scale bars: ۵۰۰  $\mu\text{m}$ , Age: Barremian-early Aptian.

## سپاس و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی و تشکر خود را از جناب آقای پروفسور **FELIX SCHLAGINTWEIT** از بابت تایید شناسایی نمونه‌های میکروفسیل اعلام میدارند. همچنین تمامی هزینه‌های انجام این پروژه از محل طرح درون دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد به شماره ۳۹۳۲۱ تامین شده است. از داوران مقاله آقایان دکتر ابراهیم محمدی (استادیار دانشگاه

تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان) و دکتر امراله صفری (دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان) تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

- [۱] آقابابایی، ع.، آقاجری، ل.، حسنی، س.، ۱۳۹۳، بازنگری در مطالعه زمین شناسی ساختمانی تاقدیس غلامان (کپه داغ باختری). مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت، گزارش فنی شماره ۲۳۳۲، ۳۰ صفحه.
- [۲] آریافر، ب.، ۱۳۸۸، چینه نگاری ناحیه کوند و تطابق چینه‌ای آن با چاه قول تپه-۲ و مقاطع سطحی نارلی، سوملی، آیتامیر، حاجی داغ، غلامان، و تنگ ترکمن. مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت، گزارش فنی شماره ۱۷۴۰، ۱۷ صفحه.
- [۳] آریافر، ب.، اصغری، ا.، معتمدی، ب.، ۱۳۹۳، چینه شناسی، رسوب شناسی و چینه نگاری سکانسی سازند تیرگان در کپه داغ غربی. مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت، گزارش فنی شماره ۲۲۳۲، ۱۲۸ صفحه.
- [۴] جمالی، م.، ۱۳۹۰، بایواستراتیگرافی و لیتواستراتیگرافی نهشته های کرتاسه زیرین در شرق کپه داغ، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۴۴۶ ص.
- [۵] شکبیا، فیروز، کرمی، غ.، طاهری، ع.، ۱۴۰۰، بررسی تاثیر محیط رسوبی و دیاژنز در پتانسیل توسعه کارست در سازند تیرگان در غرب کپه‌داغ) شمال شرق بجنود، رسوب شناسی کاربردی دانشگاه بوعلی سینا، ۱۷: ۱۳۰-۱۱۴.
- [۶] کشاورز، غ.، ۱۳۷۶، بررسی لیتواستراتیگرافی سازند تیرگان در نواحی شمال شرق-شمال غرب مشهد (مقاطع چینه شناسی مزدوران-جاده کلات-دره رادکان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- [۷] هاشمی کاخکی، ن.، ۱۳۸۵، تحول زمین شناسی و بررسی چینه شناسی و ریزرخساره اورگونین سازند تیرگان در حوضه کپه داغ. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۱۰ صفحه.
- [۸] طاهر پور خلیل آباد، م.، وزیری، س. ح.، آریایی، ع. ا.، عاشوری، ع.، ۱۳۹۳، کاربرد روزن داران کف زی و جلبک های آهکی در تعیین مرز بارمین-آپتین: مطالعه موردی سازند تیرگان در غرب حوضه رسوبی کپه داغ. نشریه علمی-پژوهشی دیرینه شناسی. پاییز و زمستان ۱۳۹۳. ۲: ۱۸۰-۱۹۷.

[۹] AFSHAR HARB, A., ۱۹۷۷, Guesstimte reserve of the Kopet Dagh Region, NIOC: *Geological Note*, ۳۰۰, ۱-۱۲۷.

[۱۰] ALEXANDRA, M.M. ROBERT, JEAN LETOUZEY, A. KAVOOSI, SHERKATI SH, and MÜLLER C, ۲۰۱۴, South

Caspian Sea Basin and Amu Darya Basin: *Marine and Petroleum Geology*, Elsevier, ۵۷, ۶۸-۸۷.

[۱۱] BAHARI, L. F, MAHMUDY GHARAIE, M H, CONRAD M A, BARATTOLO F, MUOSSAVI HARAMI R, and MAHBOUBI A, ۲۰۲۰. On certain Neocomian – Aptian calcareous algae in the West of Kopeh-Dagh (NE-Iran) – Systematics and compared biogeography, focusing on Dasycladales: *Geopersia*, ۱۰ (۱), ۱۱۵-۱۳۴.

[۱۲] BARATTOLO, F., CARRAS, N., CONRAD, M., and RADOIČIĆ, R., ۲۰۱۹, *Falsolikanella campanensis* (Azéma and Jaffrezo, ۱۹۷۲) Granier, ۱۹۸۷ revisited on type material, evidence of polyphysacean nature (green algae): *Journal of Paleontology*, ۹۳(۴), ۵۹۳-۶۱۱.

[۱۳] BUCUR, I.I., MAJIDIFARD, M.R., and SENOWBARI-DARYAN, B., ۲۰۱۲, Early Cretaceous calcareous benthic microfossils from the eastern Alborz and western Kopet Dagh (northern Iran) and their stratigraphic significance: *Acta Palaeontologica Romaniaae*, ۹ (۱), ۲۳-۳۷.

[۱۴] BUCUR, I., YARAHMADZAH, H., and MIRCESCU, C., ۲۰۱۹, The Lower Cretaceous Tirgan Formation in the Gelian section (Kopet-Dagh, north Iran): microfacis, microfossil, and their Biostratigraphic significance: *Acta Palaeontologica Romaniaae*, ۱۵, ۱۳-۲۳.

[۱۵] BUCUR, I., JOVANOVIĆ, D., RADOIČIĆ, R., SUDAR, M., and VICTOR, C., ۲۰۲۱, Lower cretaceous carbonate deposits from the derezna borehole (carpatho - balkanides, eastern serbia) and remarks on some dasycladalean algae: *Acta Palaeontologica Romaniaae*, ۱۷ (۱), ۳-۱۴.

[۱۶] ELLIS, B., and MESSINA, A., ۲۰۰۹, Catalogue of Foraminifera, Museum Natural History, Special publication.

[۱۷] GHEIASVAND, M., ASHOURI, A. R., AGHANABATI, S. A., TAHERPOURKHALIL ABAD, M., and GHADERI, A., ۲۰۱۹a, Biostratigraphy of the Tirgan Formation in the Kopet-Dagh basin: Stratigraphic sections of the Tirgan village and Amirabad: *Journal of stratigraphy and sedimentology researches*, ۳۵, ۲۳-۳۶.

- [۱۸] GHEIASVAND, M., KARL, B., FÖLLMI, , ARNAUD VANNEAU, A., and ADATTE, T., ۲۰۱۹B, New stratigraphic data for the Lower Cretaceous Tirgan Formation, Kopet-Dagh Basin, NE Iran: *Arabian Journal of Geosciences*, ۱۲(۵). DOI: ۱۰.۱۰۰۷/s۱۲۵۱۷-۰۱۹-۴۲۴۸-۹.
- [۱۹] GHEIASVAND, M., ASHOURI, A.R., AGHANABATI, S.A., KHALIL-ABAD, M.T., and GHADERI, A., ۲۰۲۰, Stratigraphic distribution of shallow-water benthic foraminifera from the Lower Cretaceous Taft formation, Central Iran (Yazd Block), with evidence for the importance of hiatuses: *Annales de Paléontologie*, ۱۰۶.
- [۲۰] GHEIASVAND, M., FÖLLMI, K.B., STAMPFLI, G.M., VÉRARD, C., LUCIANI, V. and MORSILLI, M., ۲۰۲۱, Paleoenvironment and paleobiogeography of Lower Cretaceous carbonate successions of the northern Tethyanmar-gin: Examples from Northeastern and Central Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, ۲۱۳, ۱۰۴۷۵۲.
- [۲۱] GOLAFSHANI, T., KHANEHBAD, M., MOUSSAVI-HARAMI, R., MAHBOUBI, A., and FEIZY, A., ۲۰۲۰, Carbonate platform evolution of the Tirgan formation during Early Cretaceous (Urgonian) in the eastern Kopet-Dagh Basin, northeast Iran: depositional environment and sequence stratigraphic Significance: *Carbonates and Evaporites*, ۳۵, ۱۱۰. <https://doi.org/10.1007/s1۲۱۴۶-۰۲۰-۰۰۶۴۷-۹>.
- [۲۲] GAWLICK, H.J., SCHLAGINTWEIT, F., and MISSONI, S., ۲۰۰۵, Barmsteinkalke der Typlokalität nordwestlich Hallein (hohes Tithonium bis Tifferes Berriasium; Salzburger Kalkalpen) – Sedimentologie, Mikrofazies, Stratigraphie und Mikropaläontologie: neue Aspekte zur Interpretation der Entwicklungsgeschichte der Ober-Jura-Karbonatplattform und der tektonischen Interpretation der Hallstätter zone von Hallein-Bad Dürnberg: *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, ۲۳۶, ۳۵۱-۴۲۱.
- [۲۳] GRADSTEIN, F. M., OGG, J., G Schmitz, M, and Ogg, G., ۲۰۲۰, A geologic time scale ۲۰۲۰, Cambridge University Press, ۱۳۹۰.
- [۲۴] HOSSEINI, S. A., ۲۰۱۴, Holostratigraphy of the Berriasian-Aptian Carbonate Platform Deposits from the Zagros Fold-thrust Belt, SW Iran, Ph. D thesis, University of Geneva, Switzerland, ۲۷۳.
- [۲۵] HOSSEINI S. A., CONRAD, M. A., CLAVEL, B., and CARRAS, N., ۲۰۱۶, Berriasian-Aptian shallow water carbonates in the Zagros fold-thrust belt, SW Iran: integrated Sr-isotope dating and biostratigraphy: *Cretaceous Research*, ۵۷, ۲۵۷-۲۸۸.
- [۲۶] HUGO, K.H., OLIEROOK, JOURDAN, F., RENAUD E. MERLE, T., ۲۰۱۹, Age of the Barremian–Aptian boundary and onset of the Cretaceous Normal Superchron: *Earth-Science Reviews*, ۱۹۷. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.۲۰۱۹.۱۰۲۹۰۶>.
- [۲۷] HUSINEC, A., VELIC, I., FUCEK, L., VLAHOVIĆ, I., MATICEC, D., OSTRIC, N., and KORBAR, T., ۲۰۰۰, Mid Cretaceous Orbitolinid (Foraminifera) record from the islands of Cres and Losing (Croatia): *Cretaceous Research*, ۲۱, ۱۵۵-۱۷۱.
- [۲۸] HUSINEC, A. and SOKAC, B., ۲۰۰۶, Early Cretaceous benthic associations (foraminifera and calcareous algae) of a shallow tropical-water Platform environment (Mljet Island, southern Croatia): *Cretaceous Research*, ۲۷, ۴۱۸-۴۴۱.
- [۲۹] KALANTARI, A., ۱۹۶۹, Foraminifera from the Middle Jurassic-Cretaceous successions of the Koppet-Dagh region (N.E. Iran): *Nat Iran OilCompany Geol Lab Publ*, ۳, ۱-۲۹۸.
- [۳۰] LOEBLICH, A. R., and TAPPAN, H., ۱۹۸۸, Foraminiferal Genera and their Classification, Van Nostrand Reinhold Co., New York, ۹۷۰.
- [۳۱] MAJIDIFARD, M. R., ZAVAR, P., KHALIL-ABAD, M. T., PEDRAM, M. Z. and MOHTAT, T., ۲۰۱۹, Microbiostratigraphy of the lower Cretaceous strata from South East of Maragheh, NW Iran: *Iranian Journal of Earth Sciences*, ۱۱, ۶۸-۷۹.
- [۳۲] MASLOV, V. P., ۱۹۶۰, New Cretaceous algae of Kopet Dag (Turkmenistan): *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, ۱۴, ۱۹۸-۲۲۳.
- [۳۳] MOLAEI, M., VAZIRI, S.H., RAISOSSADAT, S.N., TAHERPOUR-KHALIL-ABAD, M., and TAHERI, J., ۲۰۱۹, Late Barremian–Early Aptian Ammonites from the Tirgan Formation, Kopet-Dagh Sedimentary Basin, NE Iran: *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, ۳۰(۱), ۵۱ – ۵۹.
- [۳۴] RIAHI, N., SADEGHI, A., ADABI, M., and KAMYABI SHADAN, H., ۲۰۲۱, Biostratigraphy of the Tirgan Formation in Robat-Eshgh (south-west of Bojnurd) and Ghezelghan (North of Bojnurd) stratigraphic sections, and comparing them with each other: *Iranian Journal of Geology*, ۱۵(۵۷), ۱۲۳-۱۴۱.
- [۳۵] SAINT-MARC, P., ۱۹۷۰, Contribution à la connaissance du Crétacé basal au Liban: *Revue de Micropaléontologie*, ۱۲ (۴), ۲۲۴-۲۳۳.
- [۳۶] SCHLAGINTWEIT, F., BUCUR, I.I., RASHIDI, K., and SABERZADEH, B., ۲۰۱۲, *Praeorbitolina claveli* n.sp. (benthic Foraminifera) from the Lower Aptian sensu lato (Bedoulian) of Central Iran: *Carnets de Géologie [Notebooks on Geology]*, Brest, ۴, ۲۵۵-۲۷۲.
- [۳۷] SCHLAGINTWEIT, F., and WILMSEN, M., ۲۰۱۴, Orbitolinid biostratigraphy of the top Taft Formation (Lower Cretaceous of the Yazd Block, Central Iran): *Cretaceous Research*, ۴۹, ۱۲۵-۱۳۳.

- [۳۸] SCHLAGINTWEI, T., ROSALES, I., and NAJARRO, M., ۲۰۱۶, *Glomospirella cantabrica* n. sp., and other benthic foraminifera from Lower Cretaceous Urgonian-type carbonates of Cantabria, Spain: Biostratigraphic implications: *Geologica Acta: an international earth science journal*, ۱۴, ۱۱۳-۱۳۸.
- [۳۹] SCHLAGINTWEIT, F., and BUCUR, I., ۲۰۲۰, *Cantabriconus? meridionalis* n. sp., a new orbitoliniform benthic foraminifera from the lower Aptian of the Reșita–Moldova Nouă zone, Romania: *Cretaceous Research*, ۱۰۶.
- [۴۰] SCHLAGINTWEIT, F., ۲۰۲۱, Comments on “stratigraphic distribution of shallow-water benthic foraminifera from the Lower Cretaceous Taft Formation, central Iran (yazd block), with evidence for the importance of hiatuses” by gheiasvand, m. et al. [*Annales de paléontologie*, ۲۰۲۰, ۱۵۴ (۳), ۱۰۲۳۹۹] and related papers: *Acta palaeontologica romaniae*, ۱۸(۱), ۳-۸.
- [۴۱] SCHROEDER, R., ۱۹۶۳, *Palorbitolina*, ein neues subgenus der gattung *Orbitolina* (Foram): *Neues Jahrbuch Fur. Geologie und paläontologie*, ۱۱۷, ۳۴۶-۳۵۹.
- [۴۲] SCHROEDER, R., VAN BUCHEM, F.S.P., CHERCHI, A., BAGHBANI, D., VINCENT, B., IMMENHAUSER, A., and GRANIER, B., ۲۰۱۰, Revised orbitolinid biostratigraphic zonation for The Barremian- Aptian of the eastern Arabian plate and implications for regional stratigraphic correla: *Georbia special publications*, ۴ (۱), ۴۹-۹۶.
- [۴۳] SIMMONS, M.D., ۱۹۹۴, Micropalaeontological biozonation of the Kahmah Group (Early Cretaceous), Central Oman Mountains. In: Simmons, M.D., (ed.), *Micropalaeontology and Hydrocarbon Exploration in the Middle East*. Chapman & Hall, London, ۱۷۷-۲۱۹.
- [۴۴] TABATABAEE, P., LASEMI, Y. and JAHANI, D., ۲۰۱۹, Facies variability of a lower Aptian carbonate platform succession, Tirgan Formation, eastern Kopet Dagh Basin, northeast Iran: *Carbonates Evaporites*, ۳۴, ۵۹۷-۶۰۸. <https://doi.org/10.1007/s13146-018-0428-0>.
- [۴۵] TAHERPOUR KHALIL-ABAD, M., SCHLAGINTWEIT, F., VAZIRI, S.H., ARYAEI, A.A., and ASHOURI, A.R., ۲۰۱۳, *Balkhania balkhanica* Mamontova, ۱۹۶۶ (benthic foraminifera) and *Kopetdagaria sphaerica* Maslov, ۱۹۶۰ (dasycladale alga) from the Lower Cretaceous Tirgan Formation of the Kopet Dagh mountain range (NE-Iran) and their palaeobiogeographic significance: *Facies*, ۵۹, ۲۶۷-۲۸۵.
- [۴۶] VELIC, I., ۲۰۰۷, Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europa): *Geologia Croatica*, ۶۰ (۱), ۱-۱۱۳.

## Biostratigraphy, Lithocorrelation and Biocorrelation of the Tirgan Formation, west of Kopeh-Dagh sedimentary basin (NE Iran)

Atefeh Chenarani<sup>۱</sup>, Meysam Shafiee Ardestani<sup>۲</sup>, Mohamad Vahidinia<sup>۳\*</sup>

۱- Phd student of Geology, Faculty of Sciences, Department of Geology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran

۲- Post-Doc researcher of Paleontology and Stratigraphy, Faculty of sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

۳\*- Associate professor of geology, Faculty of Sciences, Department of Geology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran

\*[vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir)

### Abstract

In order to study the lithostratigraphy, biostratigraphy, microfacies, depositional setting and also to reconstruct the paleo-environmental conditions of the Tirgan Formation, three outcrop sections (Estarkhi (۱۲۹m), Jozak (۳۶۲m) and Zaw (۶۳۹m)) were selected in the western part of the Kopet Dagh sedimentary basin. Based on the study of benthic foraminifera and calcareous green algae assemblage, a total number of ۲۸ genera and ۳۲ species of benthic foraminifera along with ۲۱ genera and ۲۴ species of green algae in Estarkhi section, ۳۲ genera and ۳۷ species of benthic foraminifera with ۱۲ genera and ۱۵ species of green algae in Jozak section, and finally, ۲۵ genera and ۳۲ species of benthic foraminifera and ۱۳ genera and ۱۹ species of green algae in Zaw section, were recognized. Based on the appearance, extend and disappearance of the marker taxa, two local biozones were defined and suggested for the Tirgan Formation throughout the studied area. They are: ۱) *Kopetdagaria sphaerica* Zone, which has been defined based on the first appearance of this taxon as the lower boundary, and its upper boundary is the first occurrence of *Palorbitolina lenticularis*. This biozone has a thickness of ۷۰ m in Estarkhi section, ۷۵ m in Jozak section and ۴۱۵ m in Zaw section. ۲) *Palorbitolina lenticularis* Total Range Zone, that is defined based on the total range of this species. This biozone has a thickness of ۲۰ m in Estarkhi section, ۲۸۸ m in Jozak section and ۱۷۰ m in Zaw section. According to the stratigraphical value of the mentioned taxa and the associated fauna, the Tirgan Formation is assigned to the Barremian-early Aptian age in the study area.

**Key-words:** Kopet Dagh sedimentary basin, Tirgan Formation, Lithostratigraphy, Biostratigraphy, Estarkhi section, Jozak section, Zaw section.