

یافته‌های نوین چینه‌نگاری سنگی و زیستی سازند فرخی در جنوب باختر خور (ایران مرکزی)

حسن سیف^۱، محمودرضا مجیدی فرد^۲ و طیبه محتاط^۳

^۱ کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۳ دکتر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

برای مطالعات چینه‌نگاری سنگی و زیستی سازند غیر رسمی فرخی، برش کوه هونو در ۱۵ کیلومتری جنوب باختر شهر خور انتخاب شده است. در این برش سه سازند هفتومان، فرخی و چوپانان رخمون و گسترش خوبی دارند. ستبرای سازند فرخی در این برش ۱۷۷ متر بود که بر پایه ویژگی‌های سنگ‌شناسی به چهار بخش شامل مارن، سنگ‌آهک و سنگ‌آهک رسی تقسیم شده است. سازند فرخی با ناپیوستگی فرسایشی (Disconformity) روی سنگ‌آهک سازند هفتومان قرار گرفته است. از میان ۹۶ نمونه گردآوری شده از این برش، ۲۰ نمونه به روش شستشو (Washing) و ۷۶ نمونه به روش مقاطع نازک تهیه و مطالعه شد که به شناسایی ۱۰۳ گونه از ۸۷ جنس از روزن‌بران انجامید. به گونه‌ای که ۲۰ گونه از ۱۱ جنس، متعلق به روزن‌بران پلانکتونیک، ۷۳ گونه از ۶۶ جنس، متعلق به روزن‌بران کف‌زی و ۹ گونه از ۹ جنس متعلق به روزن‌بران کف‌زی بزرگ (LBF) تشخیص داده شد. از فسیل‌های دیگر این سازند می‌توان به استراکدا و مقادیر فراوانی از بی‌مهرگان شامل گونه‌های مختلفی از براکیوپودا، خارپوست، دوکفه‌ای و به ندرت آمونیت اشاره کرد. بررسی‌های انجام گرفته روی روزن‌بران پلانکتونیک زیر واحد مارنی سازند فرخی، سبب شناسایی سه پهنه زیستی شده که عبارتند از: *Pseudotextularia intermedia* Partial Range Zone (CF5)، شاخص ماستریشین پیشین. *Contusotruncana contusa* Partial Range Zone (CF6)، شاخص ماستریشین پیشین. *Racemiguembelina fruticosa* Taxon Range Zone (CF4)، شاخص ابتدای ماستریشین پسین. با توجه به مجموعه فسیلی شناسایی شده، سن سازند فرخی گستره‌ای از ماستریشین پیشین تا پسین است. مرز K/Pg در برش کوه هونو انطباق کاملی با مرز مشترک دو سازند فرخی و چوپانان دارد و از نوع ناپیوستگی موازی است. این موضوع با توجه به عدم وجود سنگ‌های پالئوسن زیرین، تغییر رخساره و محیط رسوبی از سازند فرخی به سازند چوپانان اثبات می‌شود. حضور متفاوت گروه‌های مختلف فسیلی، به ویژه روزن‌بران، در بخش‌های مختلف سازند فرخی مؤید محیط رسوبی دریای باز (شیب قاره) در ابتدای این سازند است که به سوی بالا به محیط کم‌رُفای نریک تبدیل می‌شود.

کلیدواژه‌ها: سازند فرخی، ماستریشین، ایران مرکزی، مرز K/Pg، خور.

* نویسنده مسئول: حسن سیف

E-mail: h.seif131@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

نخستین بار (Aistov et al., 1984)، طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۸ مطالعات زمین‌شناسی این ناحیه، شامل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰، اکتشافات معدنی، فعالیت آتشفشانی و ... را انجام دادند که حاصل آن افزون بر ارائه نقشه‌ها و گزارش کامل زمین‌شناسی منطقه، تعیین و نام‌گذاری واحدهای سنگی دوره‌های مختلف گستره خور بود. آنها برای سازندهای کرتاسه ناحیه خور از اسامی غیر رسمی نقره، شاه‌کوه، بازیاب، بیابانک، میرزا، دبرسو، هفتومان و فرخی استفاده کردند.

سازند فرخی جوان‌ترین واحد سنگی کرتاسه در ناحیه خور، انارک و جندق است، که در بیشتر مناطق یک عضو مارنی در قاعده آن وجود دارد. نمونه‌های فسیلی گزارش شده از آن، توسط (Mohafez & Moshtaghian, 1963) و (Khosrowtehrani, 1977)، بیانگر سن سنونین پسین برای این واحد سنگی است. این درحالی است که (Aistov et al., 1984) با توجه به سنگواره بی‌مهرگان موجود در این واحد سنگ‌چینه‌ای که بیشتر شامل براکیوپودا و خارپوستان است، سن سنونین پسین - پالئوسن را به آن نسبت داده‌اند. همچنین (Wilmsen et al., 2012) برای اولین بار در ایران و خاورمیانه، گونه *Porosphaera globularis* (Phillips, 1829) که نوعی اسفنج آهکی کوچک است را از ماستریشین سازند فرخی توصیف و گزارش کرده‌اند. رزمجویی (۱۳۹۰) بر پایه مطالعات روزن‌بران پلانکتونیک و کف‌زی موجود در سازند فرخی در شمال باختر شهر خور، سن ماستریشین زیرین - پالئوسن را به آن نسبت داده است. در پژوهش پیش رو این واحد سنگی از دید سنگی و زیستی مورد مطالعه دقیق‌تری قرار گرفته است.

ناحیه خور، بخشی از خردقاره ایران مرکزی و بلوک ساختاری یزد است که سرگذشت زمین‌شناسی پیچیده‌ای داشته است. این ناحیه دربردارنده سنگ‌هایی با گستره سنی پروتوزویک بالایی تا کواترنری است. کهن‌ترین سنگ‌ها شامل کمپلکس‌های انارک، جندق و چاپدونی، به دیرینگی پروتوزویک بالایی - پالئوزویک پسین است، که بخشی از پی‌سنگ ایران را شکل داده است. توالی سنگ‌های پالئوزویک، تحت تأثیر فازهای کوهزایی، درجات مختلفی از دگرگونی را دچار شده‌اند. این امر تطابق واحدهای سنگی مربوط به این دوران را با واحدهای دیگر مناطق، با مشکل روبه‌رو ساخته است. دوران دوم با واحدی دولومیتی - کنگلومرایی که نام‌گذاری نشده، شروع می‌شود و با سازند شمشک که کمی دگرگون شده است ادامه می‌یابد (Aistov et al., 1984).

ناحیه خور یکی از مناطق کلیدی بلوک یزد است، جایی که سنگ‌های کرتاسه رخمون و گسترش فراوانی دارند (Wilmsen et al., 2012 & 2013). به گونه‌ای که (Mohafez & Moshtaghian, 1963) ستبرای توالی سنگ‌های این دوره را حدود ۵۰۰۰ متر بیان کرده‌اند. به باور آقناباتی (۱۳۸۳) از ابتدای کرتاسه پسین، تحولات زمین‌ساختی موجب تغییرات زیادی در گسترده‌گی، ژرفا و شرایط زیستی حوضه‌های رسوبی شد. این امر سبب شده تا واحدهای سنگی کرتاسه بالایی ایران به جز زاگرس و کپه‌داغ نام‌گذاری نشود یا از اسامی غیر رسمی برای این واحدها استفاده شود. توالی سنگ‌های کرتاسه ناحیه خور نیز از این قاعده مستثنی نیست.

۲- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه

برش مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 44' 43''$ شمالی و $55^{\circ} 01' 29''$ خاوری در دامنه شمال خاوری کوه هونو و در جنوب باختر شهر خور (۴۵۰ کیلومتری شمال خاور اصفهان) قرار گرفته است. به منظور دسترسی به برش، باید از یک جاده خاکی حدود ۱۵ کیلومتر به سوی جنوب باختر خور حرکت کرد تا پس از کمی پیاده‌روی به ابتدای برش رسید (شکل‌های ۱ و ۲).

۳- روش مطالعه

در این طرح پس از بررسی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور و بازدید مقدماتی از منطقه مورد مطالعه، برش شمال خاوری کوه هونو که یکی از کامل‌ترین برش‌های سنونین بالایی-پالئوسن و به ویژه سازند فرخی در ناحیه خور است، برای مطالعه انتخاب شد. در ابتدا همبری این سازند با سازند زیرین خود مشخص و سپس نمونه‌گیری از چند متر پایانی سازند هفتومان شروع شد.

از میان نمونه‌های گردآوری شده، ۷۶ نمونه به روش مقاطع نازک (Thin Section) و ۲۰ نمونه به روش شستشو (Washing) آماده و مطالعه شد. بیشتر نمونه‌ها به روش مقاطع نازک تهیه و از نمونه‌های شاخص عکس گرفته شد. برای جداسازی، مطالعه و شناسایی روزن‌بران فرم آزاد از میکروسکوپ مشاوری استفاده شد. برخی از نمونه‌های شاخص، انتخاب و از آنها تصاویر الکترونی (SEM) تهیه شد. منابع معتبری مانند (Permoli Silva & Verga (2004) و (Loeblich & Tappan (1988) برای شناسایی و رده‌بندی روزن‌بران مورد استفاده قرار گرفت.

۴- چینه‌نگاری سنگی سازند فرخی

در این پژوهش، بالاترین بخش سازند هفتومان، سازند فرخی و حدود ۵۵ متر ابتدای سازند چوپانان مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل‌های ۳-الف، ب، پ و ت). ستبرای سازند فرخی حدود ۱۷۷ متر بود که بر پایه ویژگی‌های مختلف سنگ‌شناسی و محتوای فیسیلی به چهار بخش مجزا به شرح زیر تفکیک شد.

۴-۱. همبری پایینی

شامل سنگ‌آهک خاکستری تا قهوه‌ای کم رنگ (صورتی)، با لایه‌بندی متوسط تا ستبرالایه (۰/۷ تا یک متر) سازند هفتومان است که قطعات شکسته شده رودیست و به ویژه خارپوست را در بر گرفته است. از دید ریزرخساره، این سنگ‌آهک‌ها شامل رودستون بایواسپارایتی است که خرده‌صدف‌های رودیست و خارپوست بخش اصلی آن را شکل داده‌اند. این بخش، از دید حضور روزن‌بران محدود به انواع کفزی چون: *Lenticulina* sp., *Nodosaridae*, *Rotalia* sp., *Textularia* sp., *Goupillaudina* sp. و پلانکتونیک *Heterohelix* sp. و الیگوسترنای *Calcisphaerula* sp. است.

مرز بالایی سازند هفتومان با سازند فرخی ناپیوسته (Disconformity) و با یک مرز ناگهانی کارستی شده سرشار از اکسید آهن که گاه قطعه‌سنگ‌های حمل شده سازند هفتومان را دربر دارد، مشخص می‌شود (شکل ۳-پ). این ویژگی‌ها بیانگر یک دوره کوتاه مدت خروج از آب در پایان شکل‌گیری سازند هفتومان است.

– **بخش اول:** این بخش، شامل مارن خاکستری تا سبز مایل به زرد، با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک رسی و ماسه‌ای است (شکل ۳-ب) که گاه دارای بلورهای ژیسپ ثانویه است. ویژگی مهم زیر واحد مارنی، غنی بودن آن از دید محتوای فیسیلی است. روزن‌بران، خارپوستان، براکیوپودها و به ندرت آمونیت و دوکفه‌ای مهم‌ترین ماکروفسیل‌های این بخش از سازند فرخی هستند.

ستبرا و تعداد میان‌لایه‌های این عضو، در بخش‌های مختلف کوه هونو متفاوت است. رخساره میان‌لایه‌های سنگی این بخش، بیشتر پکستون تا گرینستون بایومیکرایت و بایواسپارایتی است.

قطعات جلبک‌های سرخ، بریوزا، خرده صدف دوکفه‌ای و خارپوست و همچنین خار اکتینوید دیگر اجزای سازنده این بخش سازند هستند.

– **بخش دوم:** این بخش، شامل ۳۴ متر سنگ‌آهک خاکستری روشن متمایل به سرخ، با لایه‌بندی نازک تا متوسط لایه (۵ تا ۵۰ سانتی‌متر)، همراه با میان‌لایه‌های سنگ‌آهک رسی تا کمی ماسه‌ای است (شکل ۳-ت).

بیشتر رخساره سنگی این واحد شامل گرینستون و پکستون بایو، اینتراکلاست‌دار است که دارای کوارتز و چرت‌های ریز تا متوسط‌دانه است.

روزن‌بران بزرگ کفزی (*Large benthic foraminifera*)، به همراه انواع کوچک‌تر مهم‌ترین زیای موجود در این واحد سنگی هستند.

جلبک، بریوزا، خرده صدف‌های دوکفه‌ای، خارپوستان و خار آنها از جمله اجزای سازنده این واحد هستند. ماکروفسیل‌های این واحد محدود به آمونیت و مقدار کمی براکیوپوداست که در قاعده آن یافت شد.

– **بخش سوم:** سومین بخش، شامل ۱۹ متر سنگ‌آهک رسی نازک لایه (۵ تا ۱۲ سانتی‌متر) سرشار از فیسیل، به رنگ خاکستری تا زرد روشن است (شکل ۳-ث).

این بخش، دارای ماکروفسیل‌های فراوانی از براکیوپودا، دوکفه‌ای (آسترا) و به ندرت خارپوستان و گاه قالب داخلی آمونیت است. چیره بودن رس در این بخش از توالی سبب شده تا سیمای فرسایش یافته تری نسبت به دیگر بخش‌ها داشته باشد. آثار موجودات حفار، به فراوانی در این واحد دیده می‌شود (شکل ۳-ج). تعدادی نمونه سنگی و نرم از این بخش از سازند برداشت و مطالعه شد؛ ولی هیچ روزن‌بری دیده نشد.

– **بخش چهارم:** بخش چهارم و پایانی سازند فرخی، شامل ۵۱ متر سنگ‌آهک خاکستری متمایل به قهوه‌ای متوسط تا ستبر لایه (۰/۲۲ تا ۱ متر)، همراه با میان‌لایه‌های سنگ‌آهک رسی و کمی ماسه‌ای خاکستری رنگ است (شکل ۳-چ). به سوی انتهای سازند ستبر لایه‌بندی این واحد افزایش می‌یابد. رخساره سنگی این بخش از توالی، از پکستون تا گرینستون بایومیکرایت و بایواسپارایتی تشکیل شده است.

روزن‌بران کفزی بزرگ و به‌طور پراکنده انواع پلانکتونیک، به همراه قطعات جلبک، بریوزا، خرده صدف‌های دوکفه‌ای، خارپوست و خار آنها نقش به‌سزایی در تشکیل رخساره سنگی این واحد داشته‌اند.

افزایش میزان کرنات کلسیم در ترکیب این بخش از سکنس سبب شده است تا سیمای چهره‌سازتری نسبت به دیگر اعضا داشته باشد؛ به گونه‌ای که شیب توپوگرافی این بخش در بیشتر موارد بیش از ۸۰ و حتی گاه ۹۰ درجه است.

۴-۲. همبری بالا

اشکوب ماستریشتین در برش مورد مطالعه با سنگ‌آهک رسی و کمی ماسه‌ای که در مقاطع نازک دارای روزن‌بران کفزی شاخص کرتاسه بالایی است به پایان می‌رسد. انقراض تجمعات فیسیلی ماستریشتین پسین با لایه‌های پالئوسن پسین سازند چوپانان که توالی مربوط به کرتاسه را با ناپیوستگی پوشانده است، ادامه می‌یابد. مرز ماستریشتین-پالئوسن پسین در ناحیه مورد مطالعه با حدود ۱۰ متر سنگ‌آهک خاکستری تا قهوه‌ای متمایل به صورتی رنگ کمی بلورین شده، با لایه‌بندی منظم و ستبرالایه (حدود یک متر)، که به سوی بالا کمی دولومیتی شده است، شروع می‌شود (شکل ۳-ح). رخساره سنگی این بخش شامل دولومیکرایت تا دولواسپارایت دارای قطعات بریوزا و خارپوستان است. روزن‌بران در این بخش از توالی فراوانی کمی دارند و محدود به انواع ریز کفزی *Planorbulina cretae* (Marsson), *Lenticulina* sp., *Anomalina* sp., *Rotalia* sp., *Storssella* sp., *Asterigerina* sp. هستند.

این بخش از توالی، با حدود ۲۰ متر سنگ‌آهک زیست-آواری متوسط‌لایه، به رنگ خاکستری متمایل به گرم، که در مقاطع میکروسکوپی به‌صورت کالک‌ارنایت بیو، پل‌میکرایتی و کمتر اسپارایتی بریوزوآدار دیده می‌شود، ادامه می‌یابد. افزون

Lepidorbitoides cf. socialis, *Ctenorbitoides cf. cardwelli*, *Laffitteina calvazea*, *Nummofallotina sp.*, *Goupillaudina sp.*, *Sulcoperculina sp.*
 افزون بر روزن‌بران، سازند فرخی دارای استراکدهای *Cytherella sp.*, *Paracypris sp.*, *Krithe sp.*, *Cyterelloidea sp.*, *Pterygocythera sp.* *Bairdia sp.* و گونه *Calcisphaerula innominata* از خانواده الیگوسترنییدا و مقادیر فراوانی از بی‌مهرگان شامل گونه‌های مختلفی از براکیوپودا (*Terbratulina sp.*) و *Cardiotaxis cf. heberti* (Cotteau)، خارپوستان (*Gauthiosoma sp.*)، دوکفه‌ای و به ندرت آمونیت (*Scaphites sp.*) است.

۶- بحث

روزن‌بران پلانکتونیک به علت داشتن گوناگونی زیاد، قدرت تفکیک بالا و گسترش جهانی یکی از بهترین گروه‌ها برای انجام کار زیست‌چینه‌نگاری، به‌ویژه در پایان کرتاسه هستند. با توجه به فراوانی روزن‌بران پلانکتونیک در عضو مارنی به‌ویژه ابتدای آن، از این گروه فسیلی برای زیست‌چینه‌نگاری سازند فرخی در برش کوه هونو استفاده شد.

زیست‌چینه‌نگاری کرتاسه بالایی در حوضه تتیس توسط افراد مختلفی انجام شده است که مهم‌ترین آن زون‌های زیستی استاندارد ارائه شده برای حوضه تتیس توسط Robaszynski & Caron (1995) است. بعدها این زیست‌زون‌ها توسط Caron (1985) مورد تجدید نظر قرار گرفت. سپس Li & Keller (1998a & b) به منظور تفکیک بیشتر طبقات کامپانین و ماستریشین بر پایه زیست‌چینه‌نگاری روزن‌بران پلانکتونیک پیشنهاد کردند این محدوده سنی به ۸ زون که CF (Cretaceous Foraminiferal Zone) نامیده شده است، تقسیم شود. در پایان زیست‌زون‌های کرتاسه بالایی در حوضه تتیس توسط Petrizzo (2003) و Permolli Silva & Verga (2004) مورد بازنگری قرار گرفت (شکل ۵).

همچنین در بیشتر بررسی‌های انجام شده در حوضه تتیس، از پیدایش گونه *Abathomphalus mayaroensis* برای تعریف زون زیستی ماستریشین بالایی استفاده شده است که پایان آن با انقراض عمومی روزن‌بران پلانکتونیک کرتاسه مشخص می‌شود. Li & Keller (1998a & b) در برش El-Kef کشور تونس که برش الگوی جهانی K/Pg در آنجا قرار دارد، برای تفکیک بیشتر زون *A. mayaroensis* ماستریشین بالایی به علت ستبرای زیاد این زون از دید سنی و دو زمانه بودن این گونه (پیدایش آن در عرض‌های جغرافیایی بالاتر زودتر رخ می‌دهد) آن را به ۴ زیست‌زون تقسیم کرده‌اند، که به ترتیب از قدیم به جدید CF4 تا CF1 نامیده شده‌اند. نبود روزن‌بران شاخص پلانکتونیک در ۲۰ متر ابتدایی عضو مارنی، سبب عدم تعیین زون زیستی برای این بخش از توالی گشته است. بر پایه مطالعات رزمجویی (۱۳۹۰)، سازند فرخی در ناحیه شمال باختر خور با زون‌های زیستی *Globotruncana aegyptica* (CF8) و *Gansserina gansseri* (CF7) آغاز می‌شود. بنابراین ممکن است این فاصله دربر دارنده زون‌های CF7 و CF8 باشد.

نتایج حاصل از مطالعات فسیل‌شناسی روزن‌بران پلانکتونیک بخش مارنی سازند فرخی منجر به شناسایی ۳ زیست‌زون (شکل ۷) شد، که از قدیم به جدید عبارتند از:

۶-۱. زیست‌زون ۱: *Contusotruncana contusa* Partial Range Zone (CF6)

– **تعریف:** این زون به وسیله اولین حضور گونه *C. Contusa* در قاعده و آخرین حضور گونه *Globotruncana linneiana* در بالا معرفی می‌شود.

– **مؤلف:** Permolli Silva & Bolli (1973)

– **سن:** ماستریشین پیشین. بر پایه Li & Keller (1998a & b)، فاصله ۶۹/۶ تا ۶۹/۱ میلیون سال پیش را دربر می‌گیرد.

– **توضیحات:** Li & Keller (1998a & b) از پیدایش *C. Contusa* برای تعریف این زیست‌زون استفاده کرده‌اند. همچنین Permolli Silva & Sliter (1995)، از پیدایش

بر بریزوا، قطعات خارپوستان، جلبک‌های سرخ، خار اکتینوید و روزن‌بران کف‌زی، که در لایه زیرین نیز حضور داشتند، در تشکیل رخساره سنگی این بخش نقش داشته‌اند. سرانجام بخش پایانی سازند چوپانان در برش مورد مطالعه با ۲۲ متر سنگ‌آهک زیست-آواری خاکستری روشن تا سفید رنگ، ستبر تا توده‌ای بریزوادار پایان می‌یابد (شکل ۳-ح). رخساره سنگی این بخش شامل بیو، پل‌میکرایت کمی ماسه‌ای است که دارای قطعاتی از بریزوا، جلبک‌های سرخ *Ethelia alba*، *Cymopolia kurdistanensis* و *Acicularia sp.* روزن‌بران کف‌زی همچون *Anomalina sp.* و *Planorbulina cretae* (Marsson) خارپوستان و خار اکتینوید است.

۵- چینه‌نگاری زیستی سازند فرخی

یکی از ویژگی‌های مهم سازند فرخی در برش جنوب باختر خور (برش شمال خاور کوه هونو)، غنی بودن آن از دید محتوای فسیلی است. روزن‌بران از جمله مهم‌ترین و فراوان‌ترین گروه‌های فسیلی هستند که به‌ویژه در بخش مارنی گسترش و فراوانی بسیاری دارند. از میان آنها، پلانکتونیک‌های زیر در این بخش شناسایی شد:

Contusotruncana contusa (Cushman, 1926), *Contusotruncana fornicata*, (Plummer, 1931), *Contusotruncana walfichensis*, *Globotruncana arca*, (Cushman, 1926), *Globotruncana bulloides*, (Vogler, 1941), *Globotruncana ventricosa*, (White, 1928), *Globotruncana linneiana*, (d'Orbigny, 1839), *Globotruncanella conica*, (White, 1928), *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk, 1937), *Globotruncanella stuartiformis*, (Bolli, 1951), *Globotruncanella stuarti*, (de Laparent, 1918), *Heterohelix sp.* (Ehrenberg, 1843), *Heterohelix navarroensis* (Loeblich), *Heterohelix planata* (Cushman, 1938), *Macroglobigerinelloides sp.*, (Verga & Peremoli Silva, 2004), *Pseudotextularia elegans* (Rzehak, 1891), *Rugoglobigerina macrocephala* (Broennimann, 1952), *Racemiguemblina fructicosa* (Egger), *Racemiguemblina powelli* (Smith & Pessango), *Ventilabrella sp.* (Cushman, 1928)

در کنار پلانکتونیک‌های بالا، روزن‌بران کف‌زی نیز بخش چیره‌ای از زیای بخش مارنی را به خود اختصاص داده‌اند؛ که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

Ammodiscus cretaceous, *Subreophax pseudoscalaris sp.*, *Reophax duplex*, *Reophax globosus*, *Reophax pilulifer*, *Bulbaculites problematicus*, *Ammobaculites jarvisi*, *Haplophragmoides horridus*, *Haplophragmoides cf. glabrus*, *Gaudryna pyramidata*, *Marssonella oxycona*, *Marssonella trochus*, *Spiroplectinella dentate*, *Spiroplectinella israelkyi*, *Clavulinoides trilateral*, *Clavulinoides aspera*, *Coryphostoma incrassatum*, *Cystamina sveni*, *Conotrochammina voeringensis*, *Bolivinoidea draco verrucosus*, *Fronicularia archiaciana*, *Neoflabellina delicatissima*, *Neoflabellina thalmani*, *Lenticulina midwayensis*, *Cibicoides padella*, *Stensioeina sp.*, *Gavelinella dayi*, *Lagena laevis*, *Textularia sp.*, *Miliolid sp.*

گروه سوم روزن‌بران سازند فرخی کف‌زی‌های بزرگ (Larger benthic) هستند که سازنده بخشی از میان‌لایه‌های عضو مارنی و همچنین بخش‌های دوم تا چهارم هستند. از میان روزن‌بران این گروه، گونه‌های زیر شناسایی شد:

Orbitoide cf. media, *Orbitoide cf. apiculata*, *Siderolites calcitrapoides*, *Siderolites dentaculatus*, *Sirtina orbitoidiformis*, *Lepidorbitoides cf. minor*,

stuartiformis, *Globotruncanita stuarti*, *Globotruncanita pettersi*, *Contusatruncana fornicata*, *Contusatruncana* sp., *Pseudotextularia elegans*, *Racemiguembelina powelli*, *Heterohelix* sp.

۷- نتیجه‌گیری

- سازند فرخی از دید سنگ‌شناسی، قابل تفکیک به چهار بخش، متشکل از مارن، سنگ‌آهک و سنگ‌آهک رسی است.

- مطالعات انجام گرفته روی روزن‌بران در این پژوهش سبب شناسایی ۱۰۳ گونه از ۸۷ جنس شد که از میان آنها ۲۰ گونه از ۱۱ جنس متعلق به روزن‌بران پلانکتونیک، ۷۳ گونه از ۶۶ جنس متعلق به روزن‌بران کف‌زی و ۹ گونه از ۹ جنس متعلق به روزن‌بران کف‌زی بزرگ هستند.

- بر پایه مطالعات انجام گرفته روی روزن‌بران پلانکتونیک بخش مارنی سازند فرخی در برش کوه هونو، ۳ زون زیست‌چینه‌ای CF4 تا CF6، مطابق با زون‌های استاندارد جهانی ارائه شده توسط Li & Keller (1998a & b) تشخیص داده شد.

- همبندی سازند فرخی با سازند هفتومان، و همچنین گذر این سازند به سازند چوپانان در برش مورد مطالعه، ناپیوسته و به ترتیب از نوع فرسایشی و موازی است. بنابراین می‌توان این سازند را یک سکانس رسوبی نامید که میان دو ناپیوستگی محلی در پایین و ناحیه‌ای در بالا قرار گرفته است.

- مرز K/Pg در برش کوه هونو با مرز مشترک دو سازند فرخی و چوپانان تطابق دارد. بر پایه مطالعات فسیل‌شناسی و با توجه به نبود روزن‌بران شاخص پالئوسن پیشین (اشکوب دانین) در بخش ابتدایی سازند چوپانان، این مرز ناپیوسته و همان گونه که بیان شد از نوع موازی است.

- با توجه به گوناگونی فسیلی سازند فرخی به‌ویژه روزن‌بران، محیط دیرینه شکل‌گیری این واحد رسوبی گستره‌ای از مناطق کم‌ژرفای شیب قاره تا دریای نرتیک داخلی است.

- واحدهای سنگی ماستریشین در ایران مرکزی تنها در ناحیه خور و با نام غیر رسمی نام‌گذاری شده‌اند. سنگ‌های این آشکوب افزون بر ناحیه خور، در اصفهان، کرمان، یزد و نایین نیز گسترش داشته‌اند، که از میان آنها توالی سنگی ماستریشین در جنوب و جنوب باختری یزد (کوه چاه‌ترش، کوه گرد و کوه دوسر)، از دید محتوای فسیلی و رخساره رسوبی بیشترین همانندی را با سازند فرخی (به‌ویژه بخش‌های سنگ‌آهکی) دارد.

- شناسایی و معرفی نخستین برخی از گونه‌های فسیلی در ایران (روزن‌بران با دیواره آگلوتین مانند: *Reophax pilulifer* (Brady, 1884) و همچنین روزن‌بران بنتیک بزرگ (LBF) مانند: *Siderolites denticulatus* (Douville, 1907)؛ معرفی زون زیستی *Contusotruncana contusa* (CF6) و *Pseudotextularia intermedia* (CF5) برای اولین بار در ایران مرکزی از سازند فرخی؛ بررسی مرز K/Pg در ناحیه خور بر پایه روزن‌بران و تغییرات رخساره‌ای از اشکوب ماستریشین به پالئوسن پسین؛ شناسایی همبندی ناپیوسته میان سازند فرخی و هفتومان به دیرینگی کامپاین-ماستریشین؛ شناسایی و معرفی چهار بخش برای سازند غیر رسمی فرخی، نیز از دستاوردهای نوین این نوشتار می‌باشد.

همزمان دو گونه *C. contosa* و *Racemiguembelina fructicosa* برای تعریف آن استفاده کرده‌اند.

ستبرای این زیست‌زون در حدود ۴ متر (از متر ۲۰ تا ۲۴ متری برش) و از دید سنگ‌شناسی شامل مارن است.

گونه‌های روزن‌بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارت‌اند از:

Globotruncana ventricosa, *Globotruncana arca*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncanita conica*, *Contusatruncana fornicata*, *Contusatruncana* sp., *Pseudotextularia elegans*, *Heterohelix* sp.

۶-۲. زیست‌زون ۲: *Pseudotextularia intermedia* Partial Range Zone (CF5)

- **تعریف:** این زون به وسیله انقراض *Globotruncana linneiana* در قاعده و اولین حضور *R. Fructicosa* تعریف می‌شود.

- **مؤلف:** Li & Keller (1998)

- **سن:** انتهای ماستریشین پیشین بر پایه Li & Keller (1998a & b) فاصله ۶۹/۱ تا ۶۸/۳ میلیون سال پیش را دربر می‌گیرد.

ستبرای این زیست‌زون در حدود ۲۹ متر (از متر ۲۴ تا ۵۳ متری برش) و از دید سنگ‌شناسی شامل مارن است.

گونه‌های روزن‌بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارت‌اند از:

Globotruncana ventricosa, *Globotruncana arca*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncanita conica*, *Contusatruncana fornicata*, *Contusatruncan* sp., *Pseudotextularia elegans*, *Heterohelix* sp.

۶-۳. زیست‌زون ۳: *Racemiguembelina fructicosa* Taxon Range Zone (CF4)

- **تعریف:** این زون به وسیله اولین حضور *R. Fructicosa* تا اولین حضور *Pseudoguembelina hariaensis* معرفی می‌شود.

- **مؤلف:** Li & Keller (1998a)

- **سن:** ابتدای ماستریشین پسین بر پایه Li & Keller (1998a & b) فاصله ۶۸/۳۳ تا ۶۶/۸۳ میلیون سال پیش را در بر می‌گیرد.

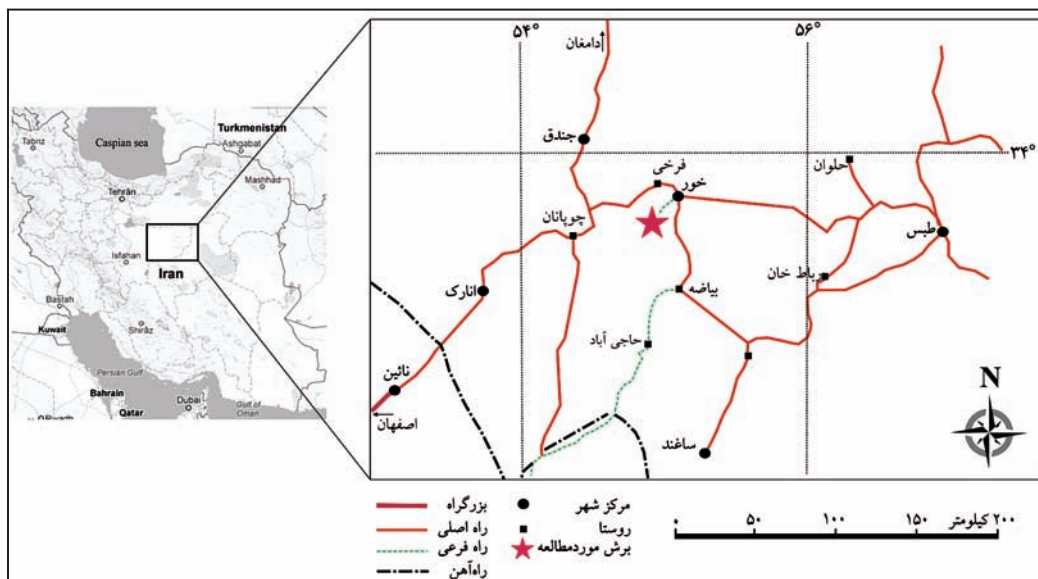
- **توضیحات:** شروع این زون همزمان با شروع زون Caron (1985) *Abathomphalus mayaroensis* است. این زون همچنین توسط Nederbragt (1991) نیز معرفی شده است.

در این پژوهش حضور روزن‌بران پلانکتونیک محدود به بخش مارنی بوده و واحدهای بعدی سازند فرخی در محیط بنتیک نهشته شده است که روزن‌بران پلانکتونیک در آن گسترش کمی دارند و شامل انواع *Globotruncanita stuartiformis* و *Heterohelix* sp. و *Racemiguembelina fructicosa* هستند. در این برش گونه *Pseudoguembelina hariaensis* که محدوده بالایی این زون را مشخص می‌کند حضور ندارد. بنابراین اولین و آخرین حضور گونه *Racemiguembelina fructicosa* مشخص‌کننده گستره این زون است.

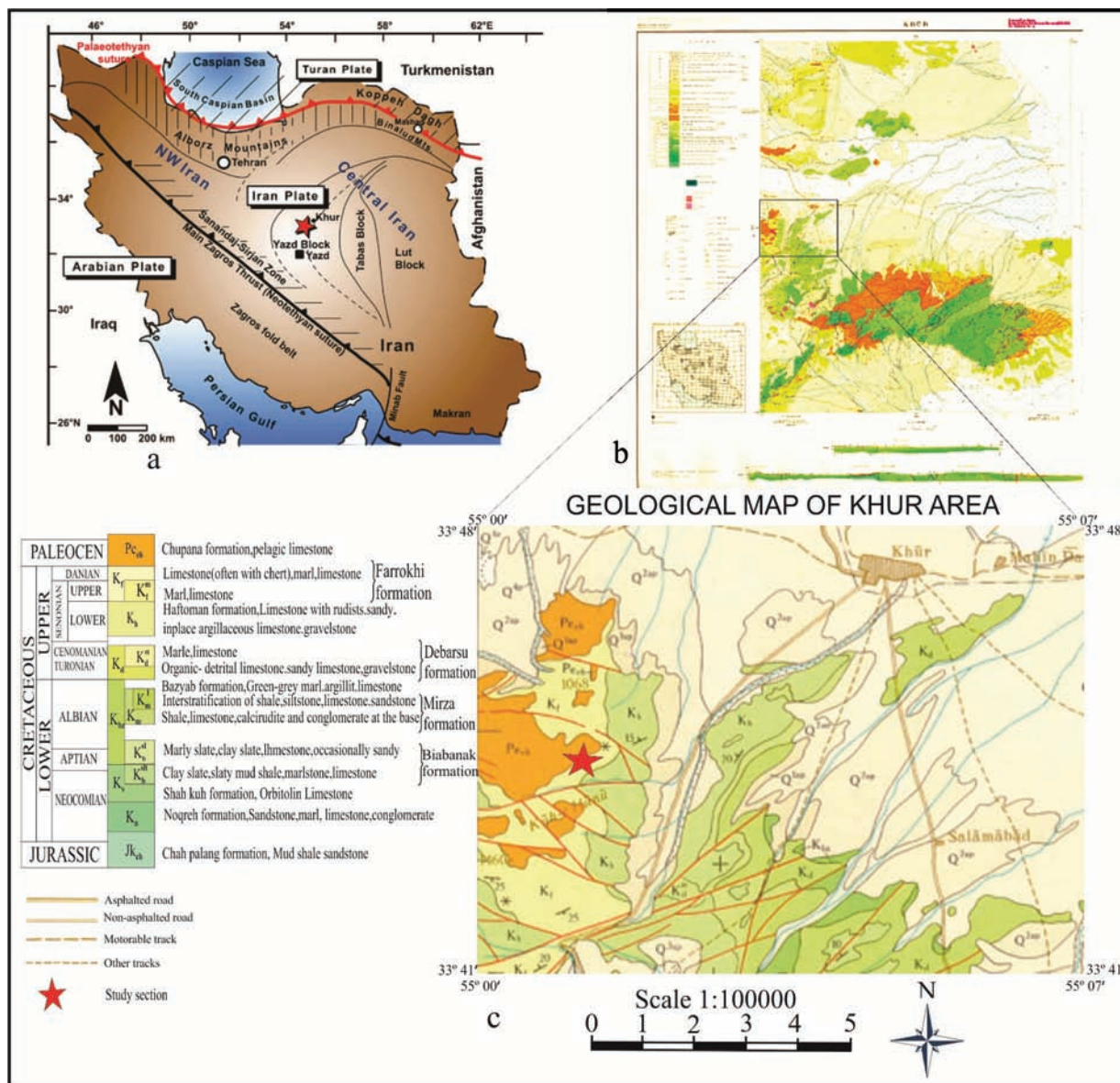
ستبرای این زیست‌زون در حدود ۱۰۶ متر (از متر ۵۳ تا ۱۶۶ متری برش) بوده و از دید سنگ‌شناسی شامل مارن و آهک است.

گونه‌های روزن‌بران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارت‌اند از:

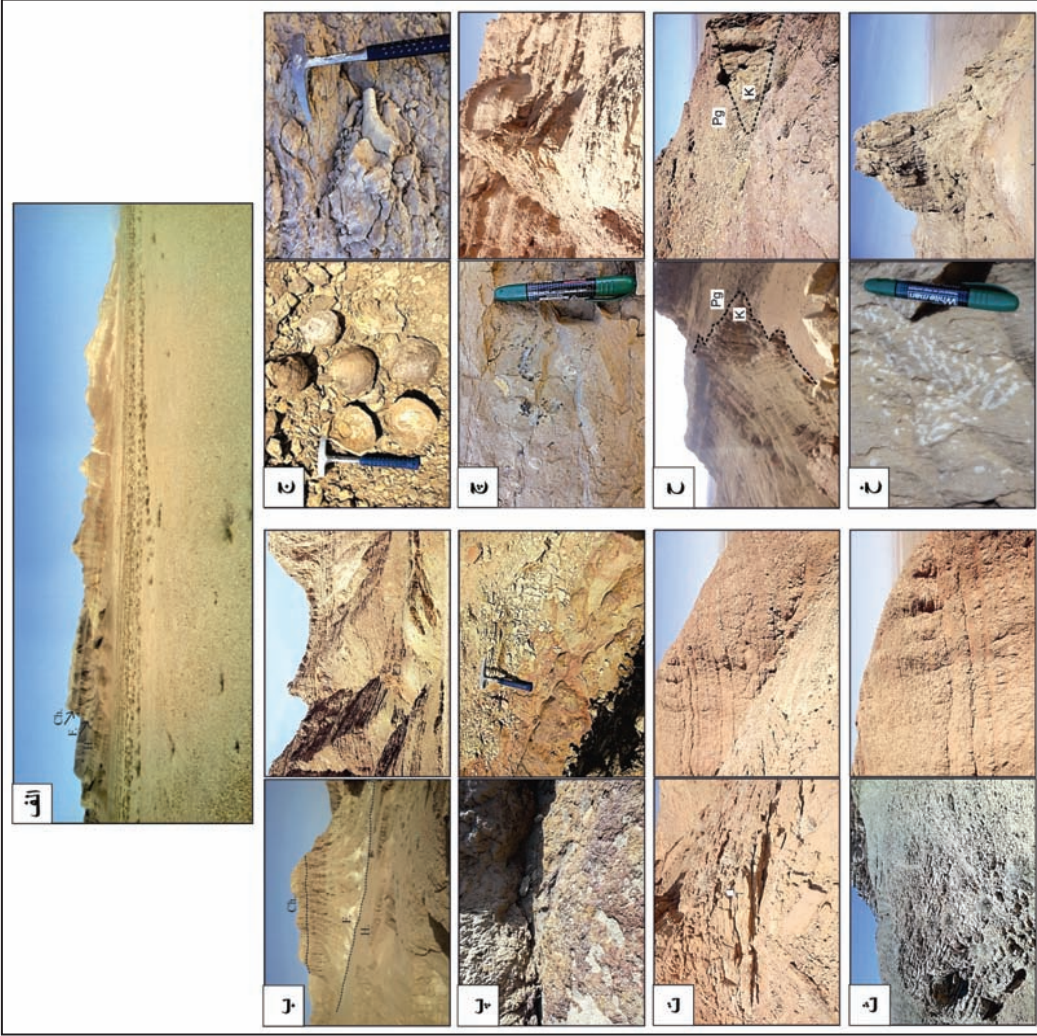
Globotruncana ventricosa, *Globotruncana arca*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncanita conica*, *Globotruncanita*



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش کوه هونو که در جنوب باختر خور قرار گرفته است.



شکل ۲- موقعیت زمین‌شناسی برش کوه هونو در جنوب باختر خور. (a) موقعیت برش مورد مطالعه واقع در بلوک یزد (Wilmsen et al., 2012)؛ (b و c) نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خور.



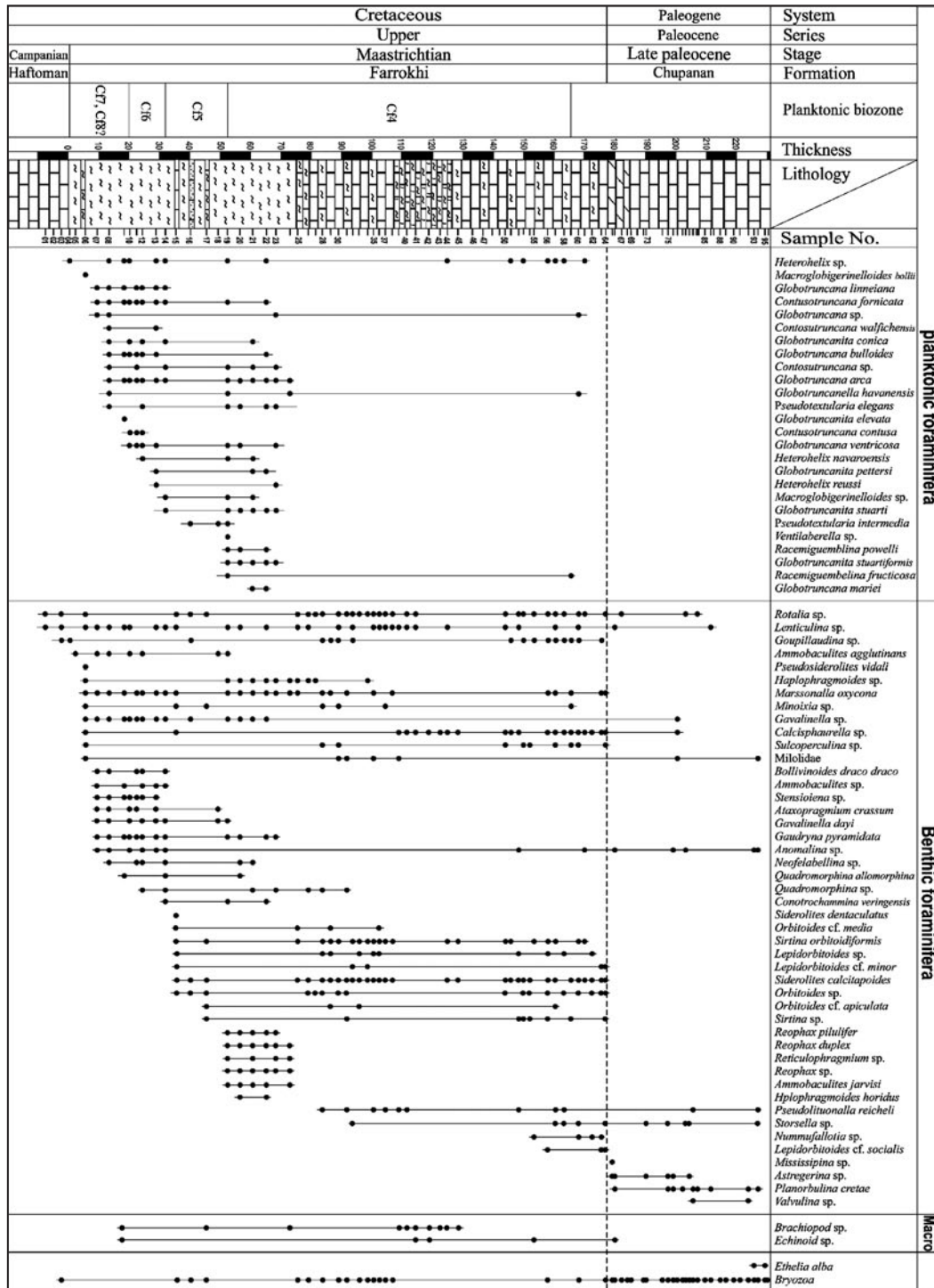
شکل ۳- الف) نمای کلی از کوه هونو که سه سازند هفتومان، فرخی و چوپانان رختمون خرمی دارند (دید به سوی جنوب باختر)؛ H: سازند هفتومان؛ F: سازند فرخی؛ CH: سازند چوپانان؛ ب) نمایی از برش مورد مطالعه (دید به سوی جنوب باختر)؛ سمت چپ: عضو ماری، سمت راست: عضو آهکی؛ پ) نمایی از همبری سازندهای هفتومان و فرخی که به صورت یک ناپوستگی فرسایشی است؛ ت) نمایی از بخش دوم سازند فرخی (دید به سوی باختر)؛ ث) نمایی از بخش سوم سازند فرخی (سمت راست)؛ دید به سوی باختر و سمت چپ: دید به سوی جنوب خاور؛ ج) نمایی از مارکوفسیل‌ها و آثار زیستی درون بخش سوم سازند فرخی؛ چ) نمایی از بخش چهارم سازند فرخی؛ سمت راست: واحد ستیغ‌ساز سازند (دید به سوی جنوب باختر)؛ نمای نزدیک از قطعات دوگانه‌ای و خارپوست درون واحد انتهایی سازند فرخی؛ ح) نمایی از همبری سازند فرخی با سازند چوپانان که با مرز K/Pg در کوه هونو همخوانی دارد؛ سمت راست: بخش زیرین سازند چوپانان (دید به سوی شمال باختر)؛ سمت چپ: نمای کلی از سازند فرخی و موقعیت مرز (دید به سوی جنوب خاور)؛ خ) سمت راست: بخش انتهایی سازند چوپانان (دید به سوی شمال باختر)؛ سمت چپ: پروژوا درون سازند چوپانان.

| System | Series | Stage | Formation | Rock unit | Thickness | Lithology | Sample No. | Description |
|------------|--------------------|----------------|----------------|-----------|-----------|----------------------------|------------|---|
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 1 | 0-40 | Marly limestone | 16 | White to light gray, thick-bedded to massive organic-detrital limestone with bryozoan and algae fragments. |
| | | | | | 40-60 | Sandy limestone | 15 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 2 | 60-100 | Limestone | 14 | Light gray to cream, medium-bedded, organic-detrital limestone with bryozoan fragments. |
| | | | | | 100-110 | Marl | 13 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 3 | 110-120 | Lumachelle marly limestone | 12 | Pinkish-gray to brown, medium to thick-bedded, microcrystalline limestone and dolomitic limestone. |
| | | | | | 120-130 | Disconformity | 11 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 130-140 | Marly limestone | 10 | Gray, medium to thick-bedded limestone, with intercalation of dark gray to yellowish marly limestone with <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Orbitoides apiculata</i> , <i>Lepidorbitoides</i> sp. and brachiopods. |
| | | | | | 140-150 | Sandy limestone | 9 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 150-160 | Limestone | 8 | Yellowish-ligth gray, thin-bedded lumachelle marly limestone, with abundant brachiopods and bivalves (ostra). |
| | | | | | 160-170 | Marl | 7 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 170-180 | Limestone | 6 | Reddish to light gray, thin to medium-bedded limestone with <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Orbitoides apiculata</i> , <i>Lepidorbitoides</i> sp. and <i>Sirinia orbitoidiformis</i> . |
| | | | | | 180-190 | Marly limestone | 5 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 190-200 | Limestone | 4 | Olive green to gray marl with intercalation of gray, medium-bedded limestone, marly and sandy limestone with echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 200-210 | Marly limestone | 3 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 210-220 | Limestone | 2 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 220-230 | Marly limestone | 1 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 230-240 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 240-250 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 250-260 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 260-270 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 270-280 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 280-290 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 290-300 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 300-310 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 310-320 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 320-330 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 330-340 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 340-350 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 350-360 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 360-370 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 370-380 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 380-390 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 390-400 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 400-410 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 410-420 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 420-430 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 430-440 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 440-450 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 450-460 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 460-470 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 470-480 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 480-490 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 490-500 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 500-510 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 510-520 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 520-530 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 530-540 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 540-550 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 550-560 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 560-570 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 570-580 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 580-590 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 590-600 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 600-610 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 610-620 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 620-630 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 630-640 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 640-650 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 650-660 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 660-670 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 670-680 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 680-690 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 690-700 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 700-710 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 710-720 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 720-730 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 730-740 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 740-750 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 750-760 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 760-770 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 770-780 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 780-790 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 790-800 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 800-810 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 810-820 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 820-830 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 830-840 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 840-850 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 850-860 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 860-870 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 870-880 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 880-890 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 890-900 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 900-910 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 910-920 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 920-930 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 930-940 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 940-950 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 950-960 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 960-970 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 970-980 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 980-990 | Marly limestone | 0 | |
| Cretaceous | Upper Mastrichtian | Late paleocene | Farokhi (177m) | 4 | 990-1000 | Limestone | 0 | Brownish-gray, medium to thick-bedded limestone with fragments of echinoids and brachiopods. |
| | | | | | 1000-1010 | Marly limestone | 0 | |

شکل ۴- ستون چینه‌شناسی برش کوه هونو، شامل سه سازند هفتومان، فرخی و چوپانان.

| Boll, (1965) | Sigal, (1977) | Standard zones Caron, (1985) | Elke, Tunisia Nederber, (1991) | Elkef & Elles Li et al., (1999) Li & Keller, (1998a,b) | permoli Silva & Verga, (2004) | SE Turkey Yeldes et al., (1999) | This study |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| A. mayaorensis | A. mayaorensis | A. mayaorensis | R. fructicosa | Cf1 Cf2 Cf3 Cf4 | A. mayaorensis | ? | ? |
| G. gansseri | G. gansseri | G. gansseri | G. gansseri | P. intermedia R. contusa G. gansseri | R. contusa - R. fructicosa | G. gansseri | P. intermedia R. contusa |
| G. lapp. tricar. | G. stuarti+ G. falsostuarti | G. aegyptica G. havanensis | G. aegyptica G. havanensis | R. hexacamerata G. aegyptica G. subcarinatus | G. gansseri | G. aegyptica G. havanensis | G. gansseri & G. aegyptica ? |

شکل ۵- انطباق زیست‌زون‌های معرفی شده برای طبقات ماستریختین برش مورد مطالعه با مقطع تیپ El-kef و مقاطع دیگر در نقاط مختلف جهان.

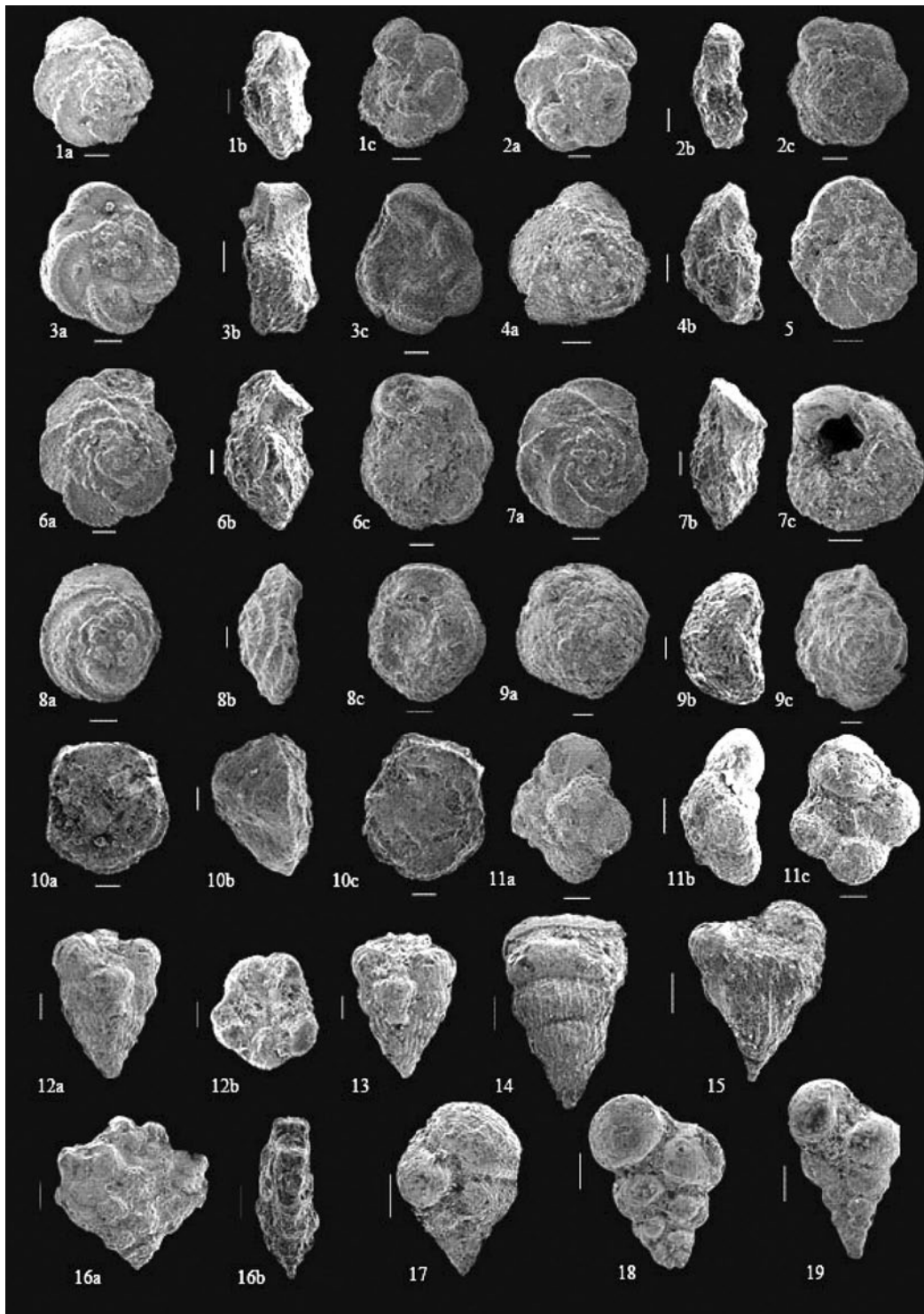


شکل ۶- گسترش چینه‌شناسی روزن بران سازند فرخی.

| Stage | Standard zones Caron, (1985) | Magnetic polarity(1) | Chrono ages (2) | Datum events | Planktonic foram CF zones (Li & Keller, 1998a) | Calcareous Nanno. zones (Manivit, 1984; Henriksson, 1993) | This study | | |
|-------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | planktonic foraminiferal biozones | planktonic foraminiferal events | |
| K-T | Late Maastrichtian | 29R | 65.6 | G. gansseri | CF2-1 P. palpebra- P. hantk | M. prinsii | | | |
| | | 30N | 67.6 67.7 | P. hariaensis | Cf3 P. hariaensis | M. murus (Cc26a) | | | |
| C-M | Early Maastrichtian | 31N | 68.7 | R. fructicosa | Cf4 R. fructicosa | L. quadratus (Cc25c) | | | |
| | | 31R | | R. linneiana | Cf5 P. intermedia | A. symbiformis (Cc25b) | | | |
| | | 32N | 71.1 | R. contusa | Cf6 R. contusa | | | | R. hexaca- merata |
| | | | 71 | R. hexaca- merata | Cf7 G. gansseri | | | | |

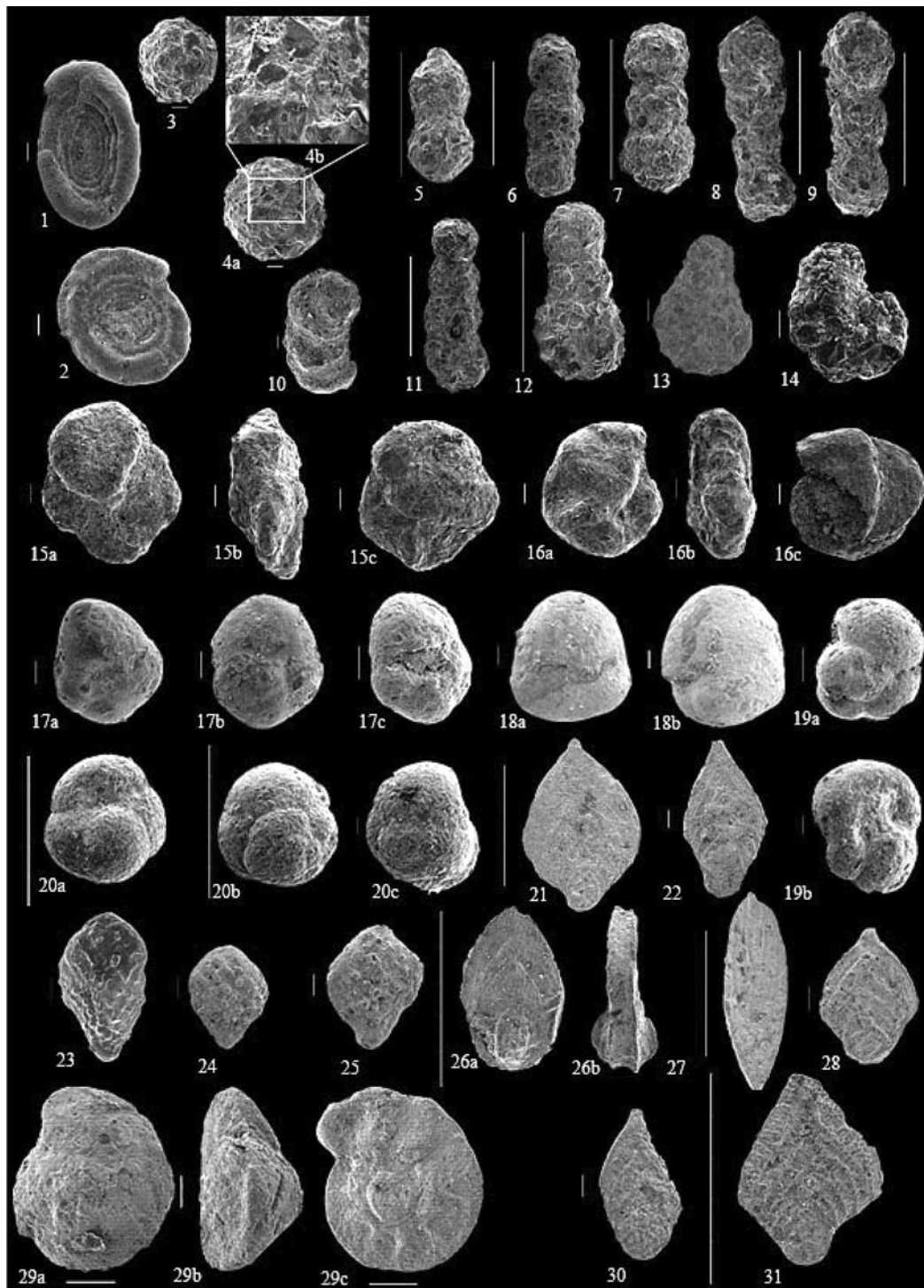
شکل ۷- مقایسه زیست‌زون‌های موجود در برش مورد مطالعه با دیگر زون‌ها، همراه با گسترش گونه‌های شاخص (برگرفته از Abramovich et al. (2002) با تغییرات).

Plate 1



(Scale bar= 100 µm)

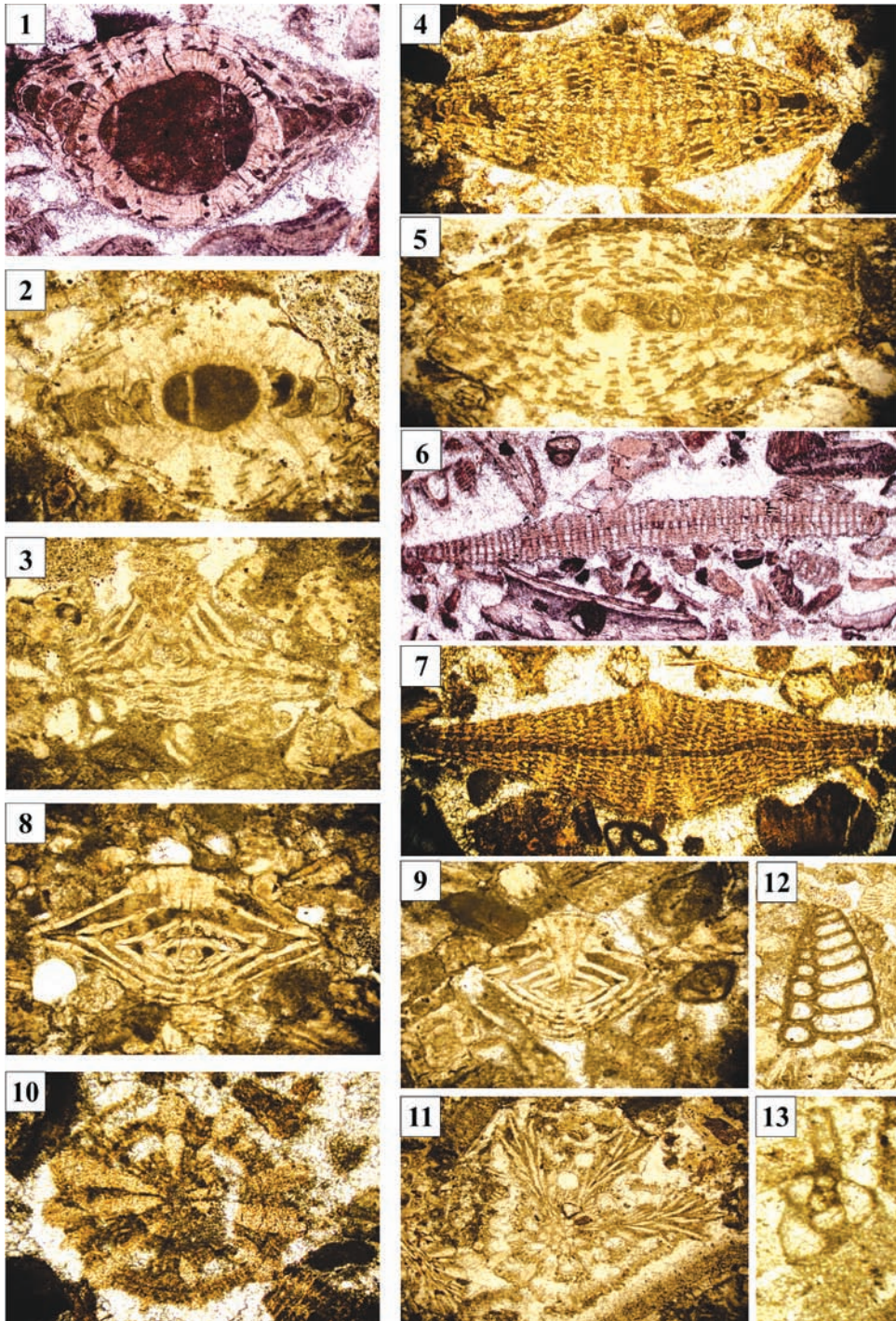
1. *Globotruncana arca* (Cushman, 1926), 2. *Globotruncana bulloides* (Vogler, 1941), 3. *Globotruncana limieiana* (d' Orbigny, 1839), 4. *Globotruncana conica* (White, 1928), 5. *Globotruncana* sp., 6. *Globotruncanita stuarti* (de Laparent, 1918), 7. *Globotruncanita stuartiformis* (Bolli, 1951), 8. *Contusotruncana fornicata* (plummer, 1931), 9. *Contusotruncana walfichensis*, 10. *Contusotruncana contusa* (Cushman, 1926), 11. *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk, 1937), 12. *Racemiguemblina fructicosas* (Egger, 1899), 13. *Racemiguemblina powelli* (Smith & Pessango), 14. *Pseudotextularia elegans* (Rzehak, 1891), 15. *Pseudotextularia* cf. *intermedia* (De Klasz, 1953), 16. *Ventilabrella* sp. (Cushman, 1928), 17. *Heterohelix* sp., (Ehrenberg 1843), 18. *Heterohelix planata* (Cushman, 1938), 19. *Heterohelix navarroensis* (Loeblich)

Plate 2


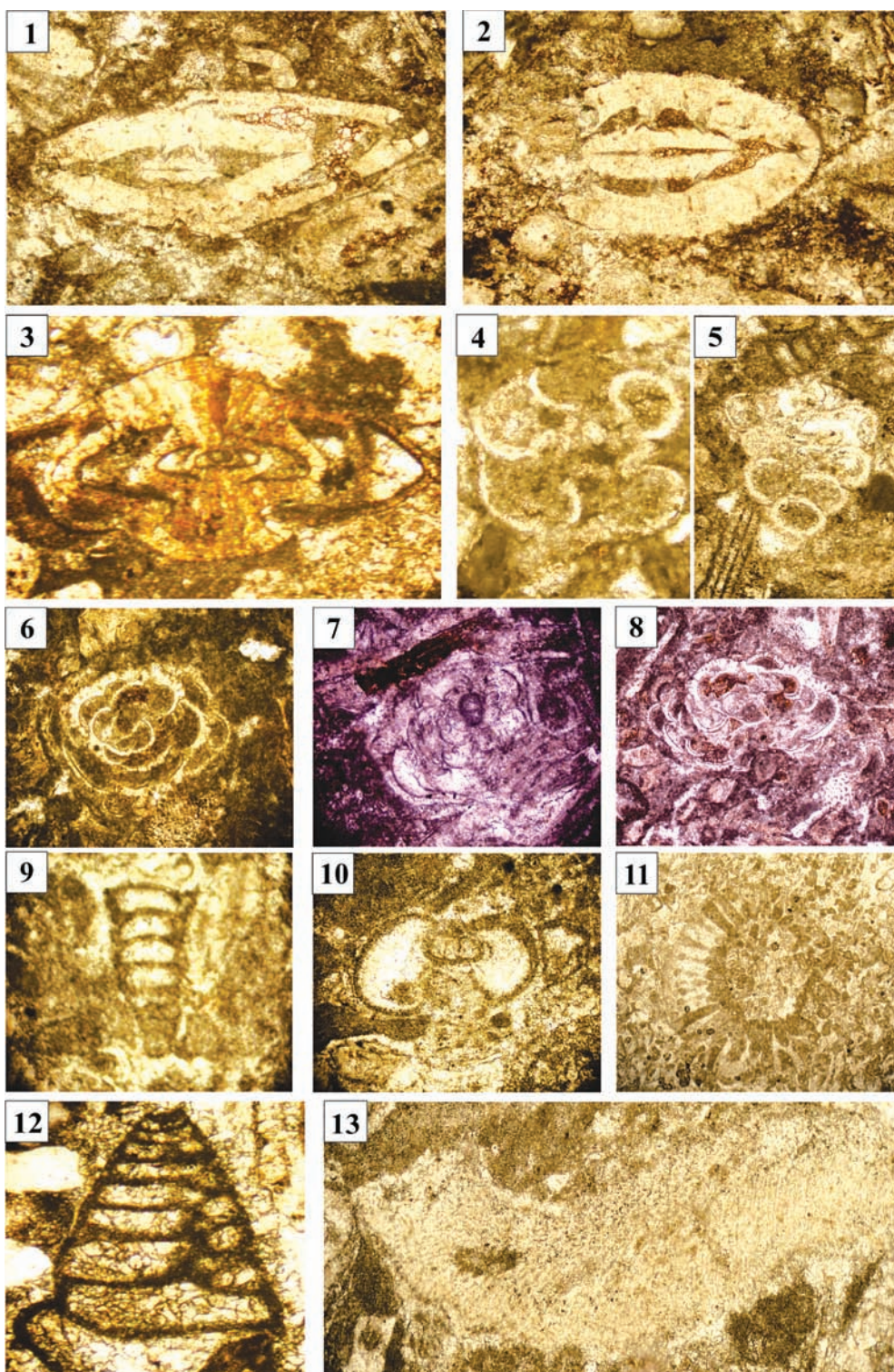
(Small Scale bar= 100 μ m, Large Scale bar= 1 mm)

1, 2. *Ammodiscus cretaceus* (Reuss, 1845), 3, 4, 5. *Reophax duplex* (Grzybowski, 1896), 6. *Reophax globosus* (Sliter, 1968), 7, 8, 9. *Reophax pilulifer* (Brady, 1884), 10. *Subreophax pseudoscalaris* (Samuel, 1977), 11. *Bulbaculites problematicus* (Neagu, 1962), 12. *Ammobaculites jarvisi* (Cushman & Renz, 1946), 13. *Saccamina* cf. *alexanderi* (Loeblich and Tappan, 1950), 14. *Reticulophragmium* sp. (Maync, 1955), 15. *Haplophragmoides horridus* (Grzybowski, 1901), 16. *Haplophragmoides* cf. *glabrus* (Cushman & Waters, 1927), 17. *Quadromorphina* sp. (Sliter), 18. *Quadromorphina allomorphinoides* (Reuss), 19. *Cystammina sveni* (Gradstein & Kaminski, 1997), 20. *Conotrochammina voeringensis* (Gradstein & Kaminski, 1997), 21. *Neoflabellina delicatissima* (Plummer), 22. *Neoflabellina* sp.; 23, 24, 25. *Bolivinoides draco verrucosus* (Beckmann & Koch); 26. *Frondicularia* sp. (Defrance, 1826); 27. *Frondicularia watersi* (Cushman); 28. *Neoflabellina thalmani* (Finlay); 29. *Gavelinella dayi* (White, 1928); 30. *Neoflabellina permutata* (Koch, 1977); 31. *Neoflabellina praereticulata* (Hiltermann, 1952).

Plate 3

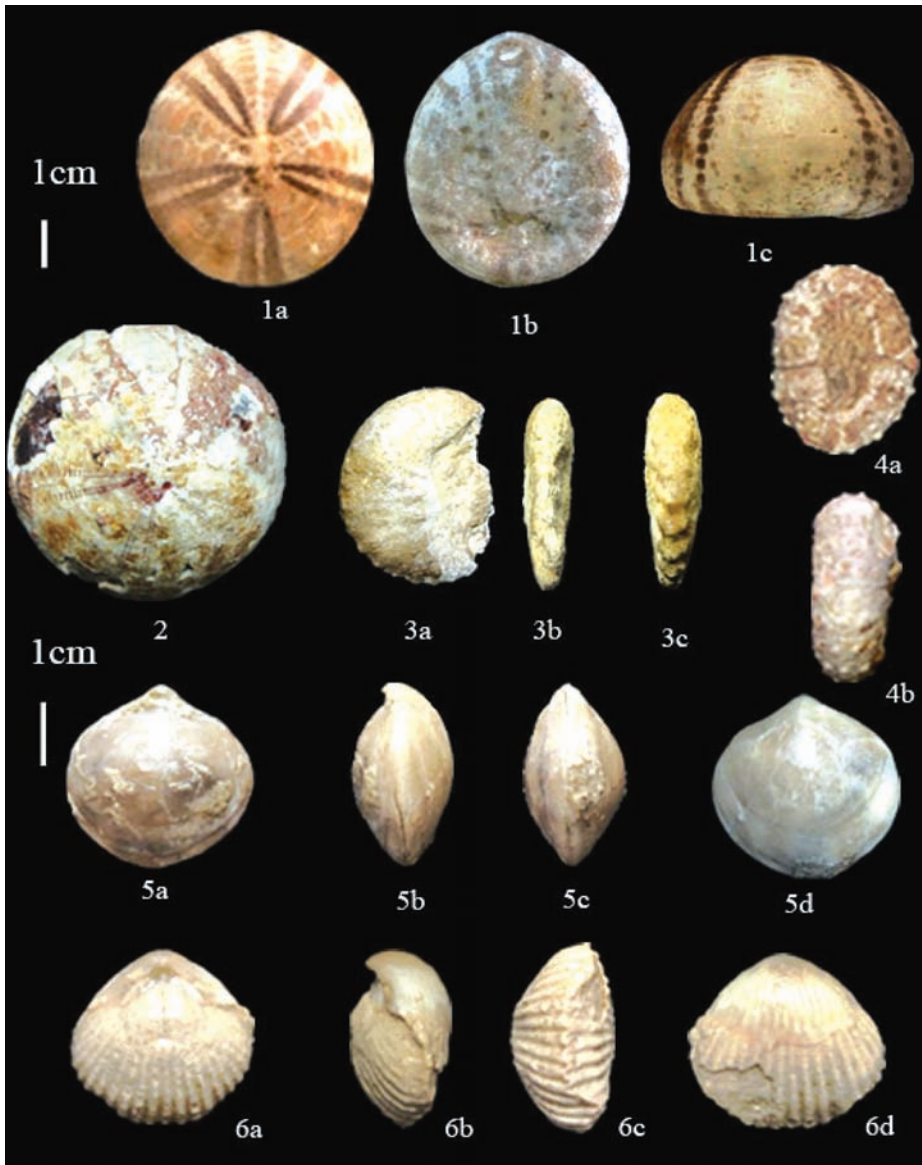


1,4. *Orbitoides cf. media* (Archiac, 1837). Magnification $\times 10$, sample 15. 2. *Orbitoides cf. apiculata* (Schlumberger, 1902). Magnification $\times 15$, sample 34. 3. *Ctenorbitoides cf. cardwelli* (Bronniman, 1958). Magnification $\times 15$, sample 59. 5. *Orbitoides* sp. (d'Orbigny, 1848). Magnification $\times 20$, sample 29. 6. *Lepidorbitoides cf. minor* (Schlumberger, 1901). Magnification $\times 5$, sample 15. 7. *Lepidorbitoides* sp. (*A. silvestri*). Magnification $\times 5$, sample 15. 8. *Sirtina orbitoidiformis* (Bronnimann and Wirz, 1962). Magnification $\times 15$, sample 62. 9. *Sirtina* sp. (Bronnimann and Wirz, 1962). Magnification $\times 15$, sample 59. 10. *Siderolites denticulatus* (Douville', 1907). Magnification $\times 5$, sample 15. 11. *Siderolites calcitrapoides* (Lamarck, 1801). Magnification $\times 15$, sample 33. 12. *Gaudryna* sp. (d'Orbigny, 1839). Magnification $\times 10$, sample 61. 13. *Triloculina* sp. (d'Orbigny, 1826). Magnification $\times 40$, sample 96.

Plate 4


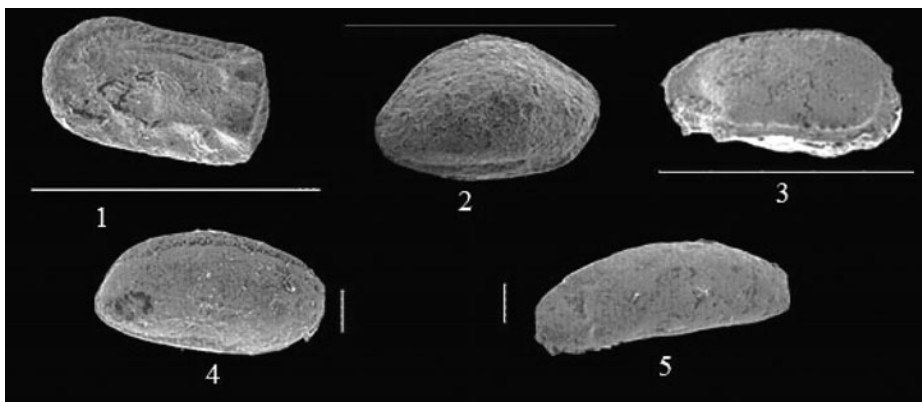
1. *Goupillaudina* sp. (Marie, 1958). Magnification $\times 15$, sample 33. **2.** *Sulcoperculina* sp. (Thalman, 1939). Magnification $\times 15$, sample 33. **3.** *Laffiteina calvazea*. Magnification $\times 25$, sample 29. **4,5.** *Racemiguemblina fructicosa* (Egger). Magnifications $\times 15$, $\times 20$ samples 31, 32. **6-8.** *Planorbulina cretae* (Marsson, 1878). Magnifications $\times 15$, 15, 10, Sample 83, 80, 83. **9.** *Pseudolitonella richeli* (Marie, 1955). Magnification $\times 40$, sample 95. **10.** *Anomalina* sp. (Cushman and Renz, 1942). Magnification $\times 30$, sample 96. **11.** *Cymopolia kordistansis*. Magnification $\times 96$, sample 10. **12.** *Gaudryna* sp. (d'Orbigny, 1839). Magnification $\times 20$, sample 16. **13.** *Ethelia alba* (Pfeiffer). Magnification $\times 15$, sample 96.

Plate 5



1: *Cardiotaxis* cf. *heberti* (Cotteau);
 1a: Aboral face; 1b: Oral face;
 1c: Lateral view. 2: *Echinocorys* sp.?
 3: *Scaphites* sp.? 3a: Lateral view;
 3b: Frontal view; 3c: Dorsal view.
 4: *Gauthiosoma* sp.; 4a: Aboral face;
 4b: Lateral view. 5: *Carneithyris* sp.
 5a: brachial valve (dorsal valve);
 5b: lateral view; 5c: anterior view
 (commissur); 5d: pedicle valve (ventral
 valve). 6: *Terbratulina* sp. 6a: brachial
 valve (dorsal valve); 6b: lateral
 view; 6c: anterior view (commissur);
 6d: pedicle valve (ventral valve).

Plate 6



(Small Scale bar= 100 µm, Large Scale
 bar= 1 mm)
 1: *Cytherelloidea* sp.; s. n: 14,
 bar = 1 mm; right valve. 2: *Bardia* sp.; s.
 3: *Pterygocytherer* sp.; s. n: 16,
 bar = 1 mm; Carpace, right valve. ,
 4: *Cytherella* sp.; s. n: 7, bar = 1 µm;
 left valve. 5: *Paracypris* sp.; s. n: 17,
 bar = 1 µm; left valve.

کتابنگاری

آفانباتی، س.ع. ۱۳۸۳ - زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.
 رزمجویی، آ.، ۱۳۹۰ - سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری سازند فرخی در شمال غربی خور (ایران مرکزی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین.

References

- Abramovich, S., Keller, G., Addat, T., Stinesbeck, W., Hottinger, L., Stueben, D., Berner, Z., Ramanivosoa, B. & Randriamanantenasa, A., 2002-Age and Paleoenvironment of the Ma to Paleocen of the Mahajanga Basin, Madagascar: a multidisciplinary approach; Elsevier, *Marine Micropaleontology* 47, 17-70.
- Abramovich, S., Keller, G., Stuben, D. & Berne, Z., 2003- Characterization of Late Comanian and Maastrichtian Planktonic Foraminiferal depth Habitats and Vital activities based on stable isotopes, *Journal of Elsevier, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology* 202, 1-29.
- Aistov, I., Melnikov, B., Krivyakin, B., Morozova, L. & Kiristeav, V., 1984- Geology of khur area (Central iran), Explanatory text of the khur Quadrangle map 1:250,000, *Report Te/No.20*.
- Akyazi, M. & Özgen-Erdem, N., 2013-Paleontology and Stratigraphy of Upper Cretaceous sediments in the Ilgaz Region (çankiri,turkey); the *Journal for Science and Engineering*, vol, 28
- Bolli, H. M. & Saunders, J. B., 1989- Plankton stratigraphy, Cambridge press, Vol.1.
- Caron, M., 1985- Cretaceous planktic foraminifera. In: Bolli H.M., Saunders J.B., and Perch Nielsen, K. (Eds). *Plankton stratigraphy*. CambridgeUniversity Press. pp. 17-86.
- Darvishzadeh, B., Ghasemi nejad, E., Ghourchaei, S. & Keller, G., 2007- Planktonic foraminiferal Biostratigraphy and Faunal Turnover across the Cretaceous – Tertiary Boundary in Suothwestern Iran, *Journal of sciences, Islamic Republic of Iran*, 18 (2), 139 -149.
- Goldbeck, E. J., 2007- Faunal provinces and patterns of Diversity in Late Cretaceous (Santonian-Maastrichtian) Larger Foraminifera, 1-258pp.
- Khosrotehrani, K., 1977- Startigraphie du cretace Superieur et du Paleocene de la partie mediane de l'Iran (region comprise entre Esfahan-jandagh et yazd) C.R.Sc. Geol. FR., DA. 1977; No.4; PP.239-241.
- Li, K. & Keller, G., 1998a- Maastrichtian climate, productivity and faunal turnovers in planktic foraminifera in south Atlantic DSD sites 52 and 21. *Mar. Micropaleo.* 33: 55- 86.
- Li, L. & Keller, G., 1998b- Diversification and extinction in Campanian-Maastichtian planktic foraminiferal of the North-west Tunisia *Eclogae. Geol. Helv.* 91: 75–102.
- Loeblich, A. R. & Tappan, H. Jr., 1988- Foraminiferal General and their Classification: Van Nostrand Reinhold Company , New yourk ,2 Volumes, 970p. plus 212p, and 847 pl.
- Mohafez, S. & Moshtaghian, A., 1963- Geology and oil possibilities of khur-Jandaq-Biabanak area.
- Nederbragt, A. J., 1991- Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelicidae (planktonic foraminifera). *Micropaleontology*.37: 329-372.
- Premoli Silva, I. & Sliter, W. V., 1995- Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottacioni section , Gubbio, Italya. *Palaeo. Ital.* 82: 1-89.
- Premoli Silva, I. & Verga, D., 2004 - Practical Manual of Cretaceous planktonic Foraminifera. In: Verga, D. and Rettori, R., (Eds.): *International school on Planktonic Foraminifera*. Universities of Perugia and Milano, Tipografia Pontefelcino, Perugia 283 pp.
- Petrizzo, M. R., 2003- Late Cretaceous planktonic foraminiferal bioevents in the Tethys and in the Southern ocean record: an overview; *Journal of Foraminiferal Research* 23, 330-337.
- Robaszynski, F. & Caron, M., 1995- Foraminifera planctoniques du cretace: Commentaire de la zonation Europe Mediterone, France.*Bull. Soc. Geol.* 166: 691–692.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T. & Majidifard, M. R., 2013- The Shah Kuh Formation, a latest Barremian-Early Aptian carbonate platform of Central Iran (Khur area, Yazd Block); Elsevier, *Cretaceous Research* 39, 183-194.
- Wilmsen, M., Fürsich, F. T. & Majidifard, M. R., 2012- Porosphaera globularis (Porifera, Calcarea) from the Maastrichtian of the Farokhi Formation of Central Iran; Elsevier, *Cretaceous Research* 33, 91-96.

New Lithostratigraphic and Biostratigraphic Finding on the Farrokhi Formation in South West of Khur, Central Iran

H. Seif^{1*}, M. R. Majidifard² & T. Mohtat³

¹ M. Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ Ph. D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2014 April 19

Accepted: 2015 May 10

Abstract

The Farrokhi formation in 15 km southwest of Khur with a thickness of up to 117m consists of marl and limestone with Maastrichtian age. In this section, the Farrokhi formation disconformably overlies the Haftoman formation below and the Chupanan formation above. In the present study, 87 genera and 103 species have been recognized. Based on foraminifera, the Farrokhi formation ranges from the Maastrichtian and 3 biozones in the rock unit 1 of the formation have been recognized: (1) *Contusotruncana contuse* Partial range zone (CF6), indexing Early Maastrichtian. (2) *Pseudotextularia intermedia* Partial range zone (CF5), index for late Early Maastrichtian index and (3) *Racemiguembelina fructicosa* Taxon Range Zone (CF4), an index for early Late maastrichtian. The Farrokhi formation can be subdivided into four rock units which are composed of marl and marly limestone. In addition, the Farrokhi formation fauna contains ostracods and high abundance of invertebrate as diverse species of brachiopods, echinoderms and bivalves with rare fragments of ammonites. The K/Pg boundary is in this section paraconformity and can be compared with boundary of the Farrokhi and Chupanan formations. The evidence of paraconformity is a gap of Early Paleocene and changes in lithofacies. The Farrokhi formation is carbonate and it is parts of a carbonate system consisting of a platform and the adjacent slope.

Keywords: Farrokhi formation, Maastrichtian, Central Iran, K/Pg boundary, Khur.

For Persian Version see pages 197 to 210

*Corresponding author: H. Seif; E-mail: h.seif131@gmail.com