

بوم شناسی دیرینه و بررسی های تافونومیک (حوادث پس از دفن شدگی) خارپوستان سازند کژدمی (آلبین - سنومائین) در برش فیروزآباد، حوضه زاگرس

بابک صدقی^۱، علی بهرامی^{۲*} و مهدی یزدی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری چینه شناسی و فسیل شناسی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استاد چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

[*a.bahrami@sci.ui.ac.ir](mailto:a.bahrami@sci.ui.ac.ir)

دریافت دی ۱۴۰۲، پذیرش بهمن ۱۴۰۲

چکیده

در این تحقیق نهشته های سازند کژدمی از دیدگاه حوادث پس از مرگ (postmortem) و دفن شدگی (burial) خارپوستان و جغرافیای دیرینه نهشته ها مورد بررسی قرار گرفته است. از حدود ۱۵۰ نمونه فسیل شده خارپوستان این برش که شامل ۱۰ جنس و ۱۳ گونه ی *Coenholectypus neocomiensis*, *Phymosoma binexilis*, *Dorocidaris taouzensis*, *Cottaldia* aff. *Benettiae*, *Leptosalenia sergipensis*, *Phymosoma baylei*, *Micropedina olisiponensis*, *Tetragramma deshaysi*, *Macraster douvillei*, *Mecaster batnensis*, *Macraster obtritrus*, *Pliotoxaster comanchei*, *Macraster* sp., *Hemiaster* sp. می باشند، بخش قابل توجهی از آنها دچار خردشدگی (Disarticulation and fragmentation)، ترک های شعاعی و تغییر شکل پوسته (test outline distortion and radial cracking) و تغییر حجم و فرسایش زیستی (bioerosion) و سوراخ شدگی توسط کرم های رو زیست (microboring) گردیده اند. البته بعد از تغییر حجم، شکستگی و یا فشردگی تافونومیکی، محلول های موجود (هیدروکربور و محلول های غنی از هیدروکسیدهای آهن، منگنز و گاهی سیلیس) در شکاف ها و ترک های حاصله از این پدیده های فیزیکی جایگزین شده اند. پوسته این خارپوستان توسط اپی فونا های همزیست مانند اوسترید ها و گریفه ها بعنوان غذا و جایگاه اتصال رو زیستی و پناهگاه پس از مرگ و دفن شدگی آنها بوده است. بنظر می رسد تغییر حجم، خرد شدگی، تزریق محلول و خم شدگی فونا تحت تاثیر فشار تکتونیکی گنبد های نمکی منطقه و سنگ شناسی نرم (پلاستیسیته بالا) سازند کژدمی بین دو سازند داریان و سروک می باشد.

کلید واژه ها: کژدمی، خارپوستان، حوادث پس از مرگ، اپی فونا، گنبد نمکی.

۱- مقدمه

اشکوب آلبین در سراسر دنیا منعکس کننده شرایط گرم و گلخانه ای همراه با افزایش نسبی سطح تراز آب اقیانوس ها و توسعه شرایط احيایی در بخش های ژرف حوضه های رسوبی بوده است [۲۰ و ۲۱ و ۲۵]. غلبه این شرایط در طول آلبین باعث ته نشست رسوباتی از جنس شیل و مارن غنی از ماده آلی در اقیانوس ها و از جمله حوضه زاگرس و به ویژه در مناطق فلات قاره ای مانند فروافتادگی دزفول شده است [۴۷]. حوضه رسوبی زاگرس، یکی از نفت خیزترین حوضه های رسوبی جهان به شمار می آید که حدود ۱۰ درصد از مخازن نفتی را در خود جای داده است، با مطالعاتی که توسط [۳۶] در سیستم نفتی کرتاسه میانی انجام شده است، چندین واحد سنگ منشا در حوضه زاگرس وجود دارد. با این وجود، سازند کژدمی کرتاسه احتمالاً اکثر هیدروکربن های تجاری در این منطقه را تولید کرده است [۱۱]. سازند کژدمی یکی از مهمترین واحدهای سنگی در گروه بنگستان در حوضه زاگرس است. وجود واحدهای سنگی غنی از مواد آلی و بالغ از نظر حرارتی حاوی کروژن مستعد نفت یا گاز عامل کلیدی کنترل پتانسیل تولید هیدروکربن است [۸].

سازند کژدمی به عنوان یکی از مهمترین سنگهای منشأ حوضه زاگرس معرفی شده است [۷ و ۹ و ۱۰]. بررسی توان هیدروکربورزایی سازند کژدمی، به عنوان مهمترین سنگ منشأ نفت در حوضه رسوبی زاگرس، اهمیت زیادی دارد. گسترش سازند کژدمی در حوضه زاگرس، با تفاوتی در ژرفا و شرایط رسوبگذاری زونهای مختلف این حوضه و تغییراتی نظیر تنوع در رخساره های رسوبی و میزان حفظ شدگی ماده آلی همراه بوده است [۲۴].

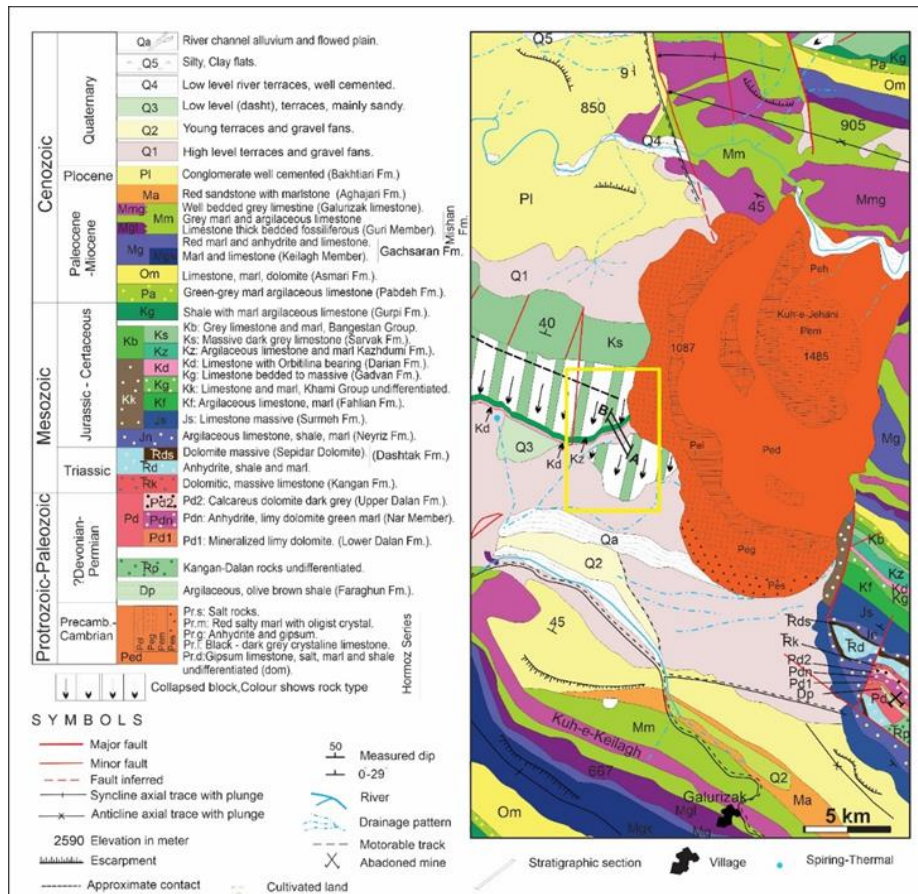
برش الگوی سازند کژدمی به سبترای ۲۱۰ متر در تنگ گرگدا واقع در یال جنوبی کوه میش در ۷ کیلومتری شمال خاوری دو گنبدان قرار دارد. سازند کژدمی از خوزستان به طرف شمال خاوری لرستان بیشتر آهکی و در مرکز و جنوب باختری لرستان به شیل های سیاه و آهک های سازند گرو تبدیل می شود، در خوزستان و شمال باختر منطقه فارس سازند کژدمی فقط از شیل های سیاه و بیتومین دار و سنگ آهک تشکیل شده است ولی از خوزستان به طرف جنوب باختری، سازند کژدمی با ماسه سنگهای سازندهای برغان (Baragan) و نهر عمر (Umr nahr) در کویت و جنوب خاوری عراق، به طور بین انگشتی قرار دارد [۲].

سازند کژدمی غنی از سنگواره های خارداران و آمونیت ها است، بقایای زیستی غنی آمونیت های این سازند توسط [۸] و [۳۸] مطالعه شده و سن آن را آلبین تا سنومانین پیشین تعیین کرده اند. سازند کژدمی همچنین در برگرنده سنگواره های متنوع و بسیار فراوان از خارداران است، ولی تاکنون مطالعات اندکی روی گونه های موجود در آن انجام شده است که از آن جمله می توان به [۳ و ۵] اشاره نمود.

۲- موقعیت جغرافیایی برش چینه شناسی فیروزآباد

این برش در حدود ۳۰ کیلومتری شهر فیروزآباد و از طریق راه اصلی فیروزآباد- جم قابل دسترسی است. مختصات جغرافیایی این برش شامل (Base) and (Top) $N28^{\circ},44',49.6"$, $E52^{\circ},26',24"$ و $N28^{\circ},44',52.04"$, $E52^{\circ},26',14.8"$ کتار گنبد نمکی کوه جهانی قرار دارد (شکل ۱). سبترای سازند کژدمی در برش چینه شناسی فیروزآباد حدود ۶۰ متر و مرز زیرین سازند کژدمی با سازند داریان به صورت یک ناپیوستگی فرسایشی است که با وجود زون سرخ رنگ دارای اکسیدهای آهن در این مرز قابل مشاهده می باشد (شکل های ۲، ۳، ۴) و مرز بالایی آن با سازند سروک به صورت تدریجی است (شکل ۶). در مجموع سنگ شناسی سازند کژدمی شامل سنگ آهک های مارنی سبز رنگ نازک تا متوسط لایه همراه با نرم تنان فراوان به ویژه تاکسون های متنوعی از دوکفه ای ها و خارداران (شکل ۵) و سنگ آهک های سبتر لایه خاکستری رنگ است و از قاعده به سمت بالا شامل سنگ آهک های مارنی سبز تا خاکستری روشن رنگ نازک لایه به همراه میان لایه هایی

از سنگ آهک های مارنی خاکستری روشن رنگ متوسط لایه دارای اربیتولین می باشد (شکل ۲ و ۳). در بخش انتهایی این برش تناوب سنگ آهک کرم به قهوه ای روشن و مارن قرمز با ماسه سنگ های بسیار ریز شامل آمونیت های پراکنده، دوکفه ای ها و گاستروپودها، همراه با اربیتولین های ایزوله می باشند. لازم به ذکر است که پس از شستشوی چندین نمونه از این لایه مشخص گردید حدود ۳۰ درصد بقایای جانوران فسفات شده از قبیل شکم پایان، دوکفه ایها و بندرت قطعات خرد شده (خورده شده توسط جانوران دیگر) *Notocoprystes* و حدود ۲ تا ۳ درصد از حجم نمونه ها را بقایای مهره داران مخصوصا کوسه ها تشکیل می دهند.



شکل ۱: بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ فراشوند که برش فیروزآباد بر روی آن نمایش داده شده است (صدقی، ۱۴۰۲).



شکل ۲: نمایی از آهک های ماسیو خاکستری سازند داریان در قاعده کژدمی (دید به سمت شمال باختر).



شکل ۳: نمایی از افق نودول آهن در قاعده سازند کژدمی در برش فیروزآباد (دید به سمت شمال خاور)



شکل ۴: حضور گلوله های آهن (Nugget) در برش فیروزآباد.



شکل ۵: نمایی از مارن های زرد رنگ غنی از فسیل های خارپوستان، سازند کژدمی، در برش فیروزآباد



شکل ۶: نمایی نزدیک از رودیست های سازند سروک در برش فیروزآباد

۳- بیومتری و بیوزناسیون خارپوستان و شارک ها (کوسه ها)

رده بندی خارداران در این مقاله بر مبنای نوشته (Kroh & Smith, 2010) انجام شده است [۲۹]. نمونه های مطالعه شده با کدهای IUIM در گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، ایران نگهداری می شوند. اندازه گیری سطحی، ضخامت، فواصل آمبولاکرال ها و فاصله دهان و منخرج از لبه های کناری یا زیرین نمونه در بکارگیری شناسایی جنس و گونه ها در مدل های استاندارد استفاده می شود، به عنوان مثال می توان (Yavari, 2017)، [۴۶]. (غلامعلیان و همکاران، ۱۳۹۴)، [۵] (Black, 1988) روش اندازه گیری خارپوستان منظم و مخصوصاً خارپوستان را به طور کلی تشریح نموده است. [۹] در این روش فواصل موجود بر روی نمونه خارپوست به عنوان مثال فواصل Ambulacrum و Interambulacral با کولیس و به صورت دستی اندازه گیری شده است. در نهایت اندازه گیری های بدست آمده در Excel برای هر جنس و گونه به صورت جدول ترسیم گردیده است.

Collection Number	L	W	H	W/L	H/L	LI	LII	LIII	LI/LII	Lpr	Wpr	Lpc	Wpc	Lap	Wap
45	27.7	27.4	23.7	0.98	0.85	30	28	28	1.07	0	0	0	0	2.1	2.7
55	28.4	28.2	12.4	0.99	0.43	21	23	23	0.91	5.7	6.7	3	5	1	1
56	23	22.4	14.4	0.97	0.62	26	25	26	1.04	6.3	6.8	1.3	1.3	0	0
57	19.8	18.4	14.2	0.92	0.71	20	22	22	0.9	4.8	5	2	6	1	1.4
58	18.4	18.4	14.8	1	0.8	22	22	22	1	4.4	5.5	3.4	8.3	0.5	0.5

توصیف کمی تغییرات شکل پوسته در خارپوستان

نمونه های مطالعه شده شامل نمونه هایی از بقایای میکرو فسیلی است. نمونه های بهتر حفظ شده با استفاده از یک شوینده ملایم و در صورت لزوم، یک ویراتور اولتراسونیک و یک سوزن آماده سازی و تمیز شده اند، در نهایت نمونه های جمع آوری شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM تصویر برداری شده است. شناسایی تاکسونومی ها توسط (Cappetta, 2012)، (Guinot et al., 2013) و (Vullo et al., 2016) برای بقایای Chondrichthyes، انجام گردیده است [۱۱ و ۲۱ و ۴۵]. و (Kriwet, 2005) and (Poyato-Ariza & Wenz, 2002) بقایای Pycnodontiformes را مطالعه نمودند. [۲۸ و ۳۶].

استفاده از تافونومی و حوادث پس از مرگ و تغییر حجم و تزریق محلول ها در گونه های فسیل شده در دهه های اخیر در بازسازی جغرافیای دیرینه و شرایط دفن شدگی (postmortem) مورد استفاده قرار است [۴۷]. رحیمی نژاد و همکاران (۲۰۲۰) خارپوستان کلیپ آسترید سازند قم در منطقه ورتون اصفهان را دیدگاه تافونومی و حوادث پس از مرگ مطالعه نموده اند [۴۷]. در این مطالعه از حدود ۱۵۰ نمونه فسیل خارداران مطالعه شده از سازند کژدمی به بررسی حوادث تافونومی پس از مرگ از قبیل خم شدگی، خرد شدگی، تغییر حجم و تزریق محلول پرداخته شده است. تزریق محلول های معدنی و حضور گلوله های آهن (Nugget) در برش فیروزآباد (شکل ۴) و بعضاً محلول های گرم غنی از هیدروکسیدهای آهن، منگنز و گاهی سیلیس در درزها و شکاف های خارپوستان گاهی نیز محلول های سیاه رنگ (احتمالاً هیدروکربور) از پدیده های تافونومی و پس از مرگ در خارپوستان مورد مطالعه می باشد.

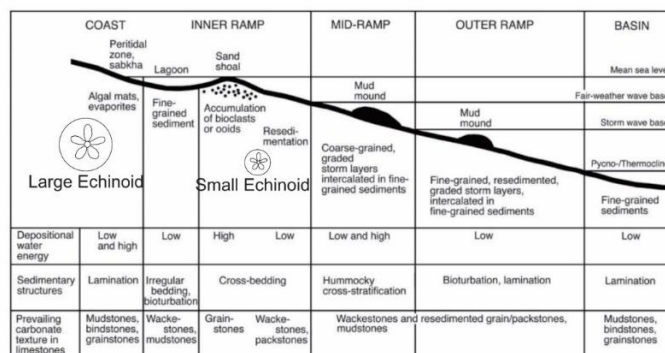
۴- روش مطالعه و پالتواکولوژی و توصیف خارداران

خارداران دارای پیشینه فسیلی طولانی هستند و تعداد گونه های فسیل آنها بیشتر از تعداد گونه های زنده امروزی است. از مهمترین ویژگی های شناسایی را که بتوان در مورد خارداران عمومیت داد تقارن شعاعی پنج تایی است. اسکلت خارجی آنها از صفحات آهکی جدا از هم و درزبندی شده ساخته شده است. سطح زیرین هر بازو دارای یک شیار تغذیه ای طویل به نام

شیار آمبولاکرابی *Groove ambulacra* است که مجهز به ضمام لوله ای مکنده نرم و متحرکی (*Feet tube*) است، این لوله ها بخش های خارجی سیستم گردش آب است که به شیوه هیدرولیکی، حرکت لوله غذایی را کنترل می کند و این خود از ویژگیهای بیشتر خارداران است. از ویژگی های دیگر، سطح خاردار اسکلت آنها است که نام این شاخه از این ویژگی گرفته شده است. اسکلت خارجی خارداران صندوق مانند است و دیواره (*Theca*) یا پوسته (*Calyx*) نام دارد که از صفحات به نسبت بزرگ درزبندی شده تشکیل شده و بخش های داخلی بدن را محافظت می کند، درزبندی ممکن است برای انجام برخی جنبش ها به صورت سست انجام شده باشد و حتی صفحات ممکن است به صورت فلسی با هم جفت شده باشند و تکا حالت انعطاف و انحناء پذیری داشته باشد. ساختمان سکلیت (*Sclerites*) در دیواره بدن رشد می کنند و به آن استحکام میبخشند، چندین میلیون سکلیت ممکن است در یک فرد خاردار وجود داشته باشد. صفحات (*Ossicles*) از اندازه میکروسکوپی تا حدود ۳۰ میلیمتر متغیرند و طول خارهای خارداران ممکن است به ۱۵۰ میلیمتر برسند. صفحات مشتمل بر شبکه ای متشکل از میله ها و رابط ها که استروئوم (*Stereom*) نامیده میشوند، هستند و در زمان زنده بودن خاردار در بافت مزودرمی که استروما (*Stroma*) نامیده شده احاطه شده اند. صفحات اسکلتی خارداران به وسیله ماهیچه ها یا لیگامنت ها به هم مرتبط میشوند یا بواسطه فرایندهای جفت شدگی "ستروئوم" به هم می پیوندند. در مجموع از مهمترین پارامترهایی که بر روی خارداران مورد مطالعه، بررسی شد عبارتند از: ۱- اندازه گیری دقیق طول و عرض صدف و شکل کلی صدف ۲- مطالعه و شناسایی دقیق وضعیت سیستم *Apex* تعداد و شکل پلاک ها ۳- مطالعه و شناسایی دقیق وضعیت سیستم *Calyx*، شکل و نحوه قرارگیری *Ambulacral plate* و *Interambulacral plate* و اندازه آنها ۴- مطالعه و شناسایی دقیق وضعیت سیستم *Peristom* بویژه اندازه دهانه که در مقاله حاضر فقط به بوم شناسی این خارداران پرداخته شده است.

عمق، درجه حرارت، عرض جغرافیایی و وضعیت رسوبات بستر از مهم ترین فاکتورهای کنترل کننده توزیع و فراوانی خارداران عهد حاضر است. در حدود ۸۰۰ گونه از خارداران عهد حاضر ترجیح می دهند که بین نواحی جزرومدی تا شلف کم عمق زیست نمایند، از این بین بیش از ۱۵۰ گونه بین نواحی بالاترین و پایین ترین نواحی جزر و مدی و ۳۶۰ گونه نیز در حدود ۱۰۰ متر زیر ناحیه جزرومدی زندگی می کنند [۹-۱۱ و ۱۳، ۱۶-۱۷]. هر چه به نواحی عمیق تر می رسیم، تعداد گونه های در حال زیست مرتباً کاهش می یابد [۳۸]. بسیاری از خارداران عهد حاضر همچنین ترجیح می دهند که در آب های گرم و نزدیک به استوا زیست نمایند و گونه های بسیار اندکی مانند جنس *Pourtalesia* هستند که آب های سرد را ترجیح می دهند و همچنین گونه های بسیار اندکی همانند بعضی از گونه های جنس های *Brissopsis* و *Spatangus* در آب های سرد مربوط به نواحی با عرض جغرافیایی بالا و پایین نزدیک به نواحی قطبی را برای زندگی انتخاب نموده اند [۲۰-۲۱، ۲۲-۲۷]. وضعیت رسوبات بستر نیز فاکتور کنترل کننده بسیار مهمی در توزیع گونه های خارداران است، خارداران منظم و بعضی از گونه های خانواده *Cassiduloidea* به علت دارا بودن فانوس و ابزار آرواره ای پیشرفته، زندگی در بسترهای سنگی و تخریبی درشت دانه و سخت نزدیک به ساحل که مملو از جلبک و سایر مواد غذایی است را ترجیح می دهند و بیشتر خارداران نامنظم که عمدتاً شامل افراد راسته های *Spatangoidae* و *Holasteroidae* هستند، نواحی اندکی عمیق تر با بسترهای ماسه ای دانه ریز، مارنی و رسی را ترجیح می دهند و بسترها را برای به دست آوردن غذا حفر می کنند. بعضی دیگر از این خارداران نامنظم نیز ترجیح می دهند که در داخل رسوبات رسی و گل و لای بسیار دانه ریز و نرم زندگی نموده و از آن تغذیه نمایند و ارتباط خود با سطح آب را توسط پاهای لوله ای پیشرفته برقرار نمایند [۱۶]. بدیهی است که این شرایط زیستی برای خارداران در زمان کرتاسه پسین و پالئوسن نیز حاکم بوده و آن ها نیز شرایط زیستن در آب های کم عمق و گرم و بسترهای ماسه ای دانه ریز تا رسی را ترجیح می داده اند [۴]. بوکسیت های قاعده ای سازند کژدمی بیانگر محیط خشکی (ساحلی) بوده که بر روی این بوکسیت ها آهک های اربیتولین دار قرار دارند که بررسی رخساره های میکروسکوپی این واحد بیانگر سنگ آهک میکریتی،

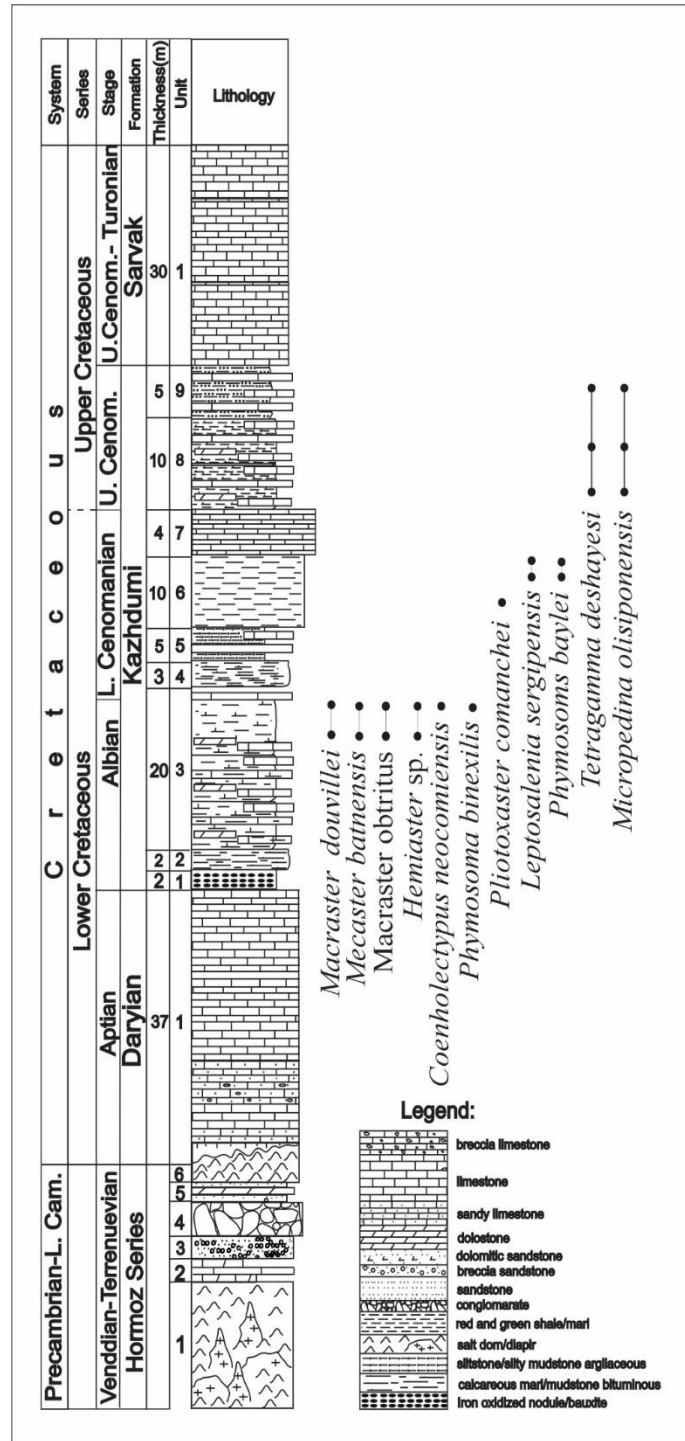
و کستون و پکستون می‌باشد، این رخساره‌ها بیانگر محیط رمپ داخلی با انرژی پایین می‌باشد [۴۱]. (شکل ۷). به سمت بالا مارن‌های رسی زرد، خاکستری و قرمز رنگ حاوی خارپوستان کوچک *Phymosoma*, *Coenholectypus neocomiensis*, *Dorocidaris taouzensis*, *Macraster douvillei*, *Mecaster batnensis*, *Hemiaster* sp., *binexilis* گرم، کم عمق، پرنرزی و مواد غذایی کم بوده است. بر روی این واحد رس‌های خاکستری رنگ با اریبتولین و کرم‌های گلومرولا (شکل ۱۱) فراوان به همراه خارپوستان بزرگ *Leptosalenia sergipensis*, *Pliotoxaster comanchei*, *Tetragramma deshayesi*, *Phymosoma binexilis* که حاکی از عمق بسیار کم و فراوانی مواد غذایی است که بیانگر محیط‌های حد جزر و مدی است. در بخش بالایی این سازند حضور ماسه سنگ‌های فسفا ته و حضور فسیل‌های بقایای شارک‌ها (کوسه‌ها، شکل ۱۲) و عدم وجود خارپوستان، نشان از دریایی بسیار کم عمق و نزدیک ساحل با آب و هوایی گرم، پرنرزی و خروج از آب را نشان می‌دهند.



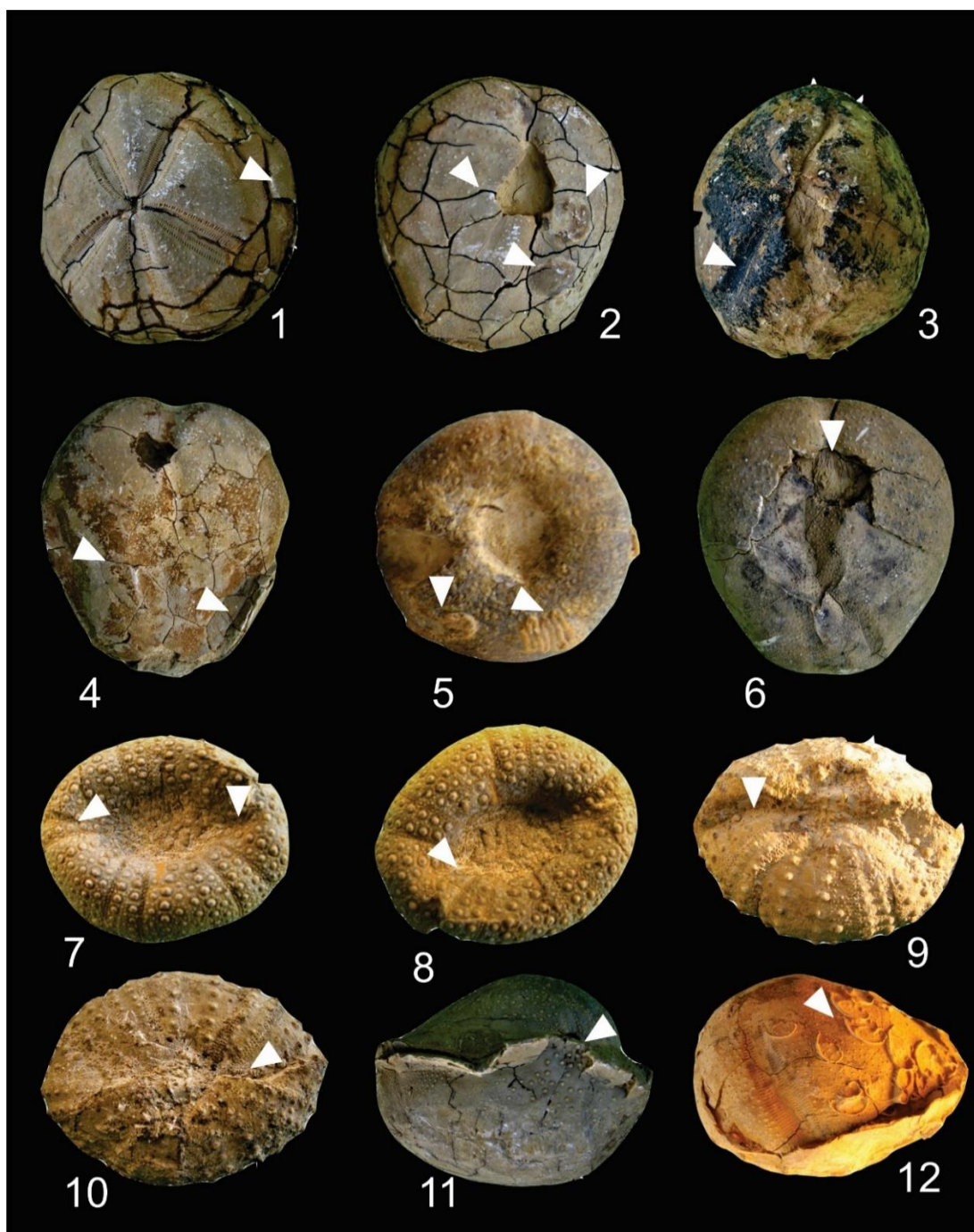
شکل ۷: تقسیم بندی کلی رمپ‌های کربناته (Flügel, 1979)، و قرار گیری خارپوستان کوچک و بزرگ در آن‌ها.

۵- نتیجه گیری

بر اساس فونای خارپوستان و بقایای شارک‌ها سن آلبین میانی - سنومانین برای این نهشته‌ها پیشنهاد می‌گردد، مجموعه‌ای غنی از انواع خارداران راسته‌های هولکتیوییدا، همیسیداروییدا، ارتوپسیدا، کاسیدولوییدا و اسپاتانگوییدا شناسایی شده در این برش و حضور کرم‌های دریایی *Glomerula serpentina* (Goldfuss, 1831) از کرم‌های پلی کیت خانواده Sabellidae که هم بر روی قالب داخلی آمونیت‌ها و هم بر روی پوسته اصلی خارپوستان و دو کفه‌ای‌ها دیده شده‌اند و از طرفی فسفا ته شدن افق‌های بالایی گویای این واقعیت است که در فاصله زمانی آلبین تا سنومانین، آب کم عمق، گرم، پرنرزی و غنی از مواد غذایی حضور داشته است که عمق بسیار کم حوضه در اثر حرکات قائم قاعده‌ای یا گنبد‌های نمکی (کوه جهانی) در منطقه می‌باشد. خم‌شدگی، پرس‌شدگی، ترک‌خوردگی (پرشده با مواد هیدروکربوری و هیدروکسید های آهن) و تغییرات حجم در خارپوستان گویای این واقعیت است که پس از مرگ و دفن شدگی در اثر حرکات مداوم تکتونیکی گنبد‌های نمکی و خواص پلاستیسیته سازند کژدمی منجر به دگرشکلی فونای مورد مطالعه شده باشد.



شکل ۸: ستون چینه شناسی و بیوزوناسیون خارپوستان سازند کژدمی در برش فیروزآباد



1-4, 6 - *Macraster obtritrus* (Lambert, 1931), 5- *Coenholectypus neocomiensis* (Gras.1848), 7- 10- *Phymosoma binexilis* (White, 1887). 11, 12- undetermined echinid, Unit 3, Firouzabad section.

شکل ۹: ۱، ۲، ۳، ۴- شکاف و ترک خوردگی در خارپوست ها و تزریق محلول هیدروکربن در آن ها، ۵- کرم های سایلید که از خارپوستان به

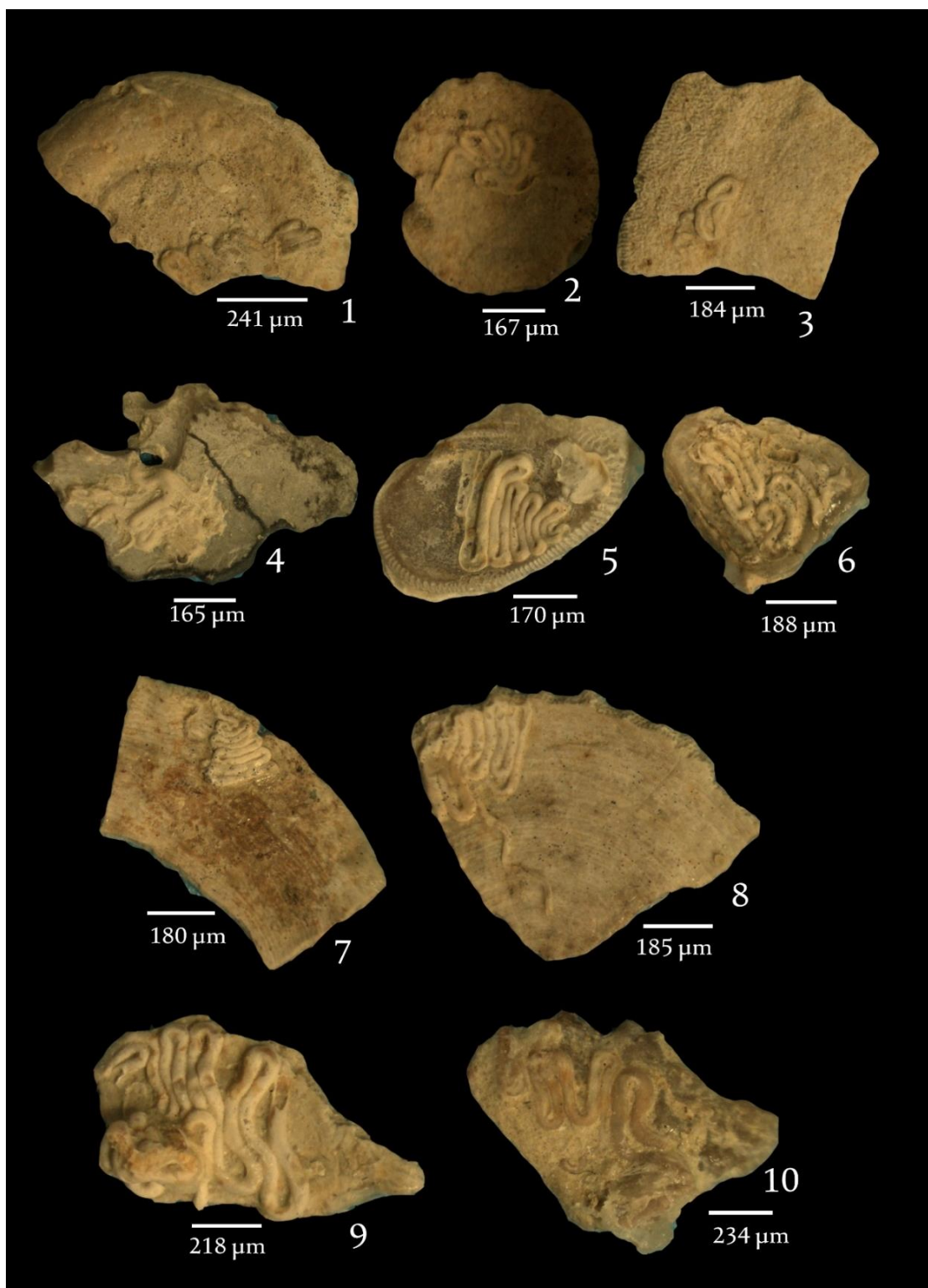
عنوان پایه استفاده می کنند و از آنها تغذیه می کنند (در نزدیکی مخرج)، ۶- خورده شدگی و ترک بر روی خارپوست، ۷- ۱۱ خم شدگی، خردشدگی،

پرس شدگی، تغییر حجم، را نشان می دهد، ۱۲- تغذیه و هم زیستی بین اویستریدها و خارپوستان.



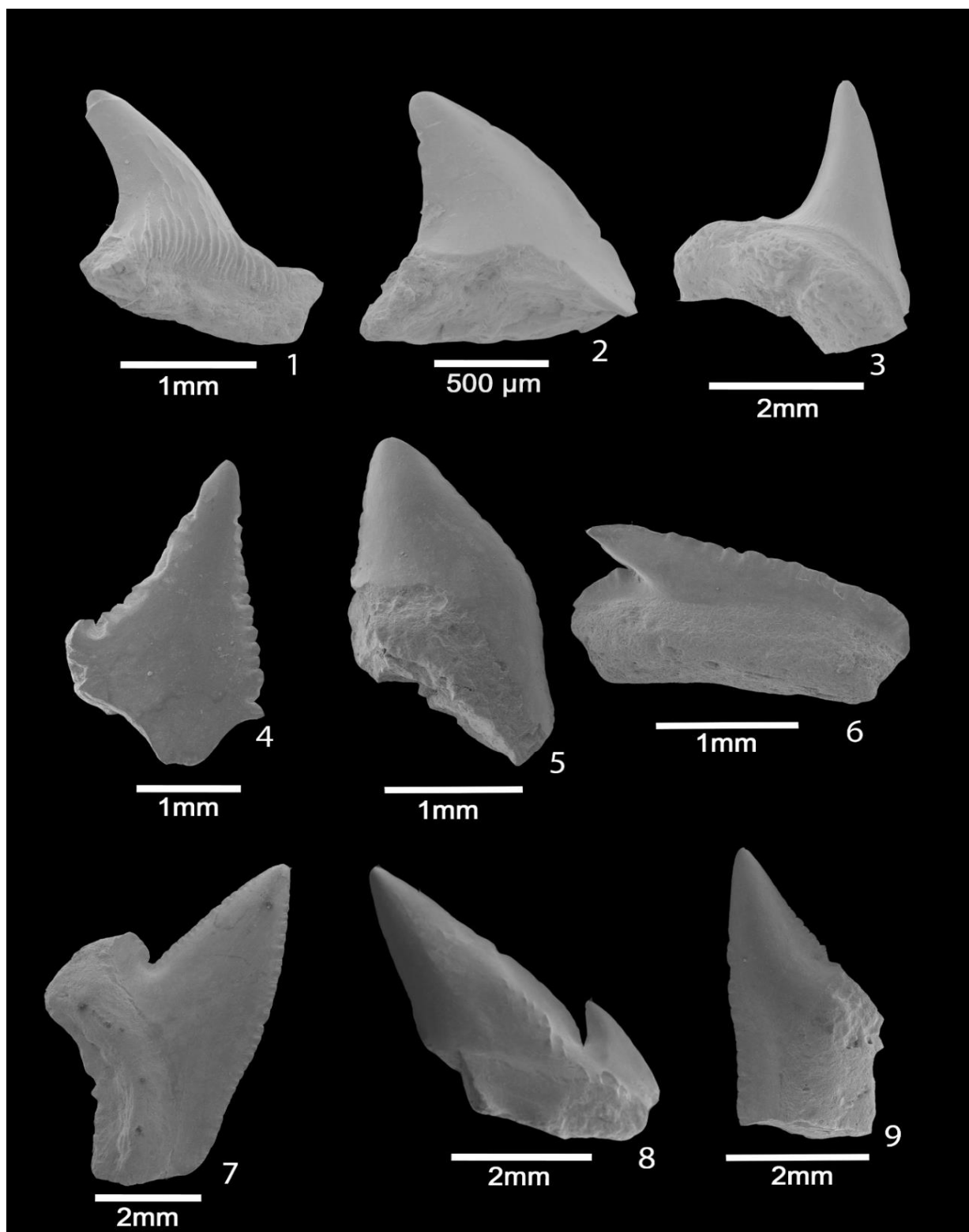
1, 2- undetermined echinid, 3- *Micropedina olisiponensis* (Forbes, 1850), 4- *Coenholectypus neocomiensis* (Gras, 1848). Unit 3, 5- 8- *Macraster obtritus* (Lambert, 1931). Unit 3, Firouzabad section.

شکل ۱:۱ و ۷- تغذیه و هم زیستی بین اویستریداها و خارپوستان را نمایش می دهد. ۲ و ۴- کرم های سایبیلید که از خارپوستان به عنوان پایه استفاده می کنند و از آنها تغذیه می کنند، ۳- تغییر حجم، ۵ و ۶- خورده شدگی، ۸- شکاف و ترک در خارپوست و تزریق محلول هیدروکربن در آنها، ۹- پرس شدگی، تغییر حجم، را نشان می دهد.



1-10- *Glomerula serpentina* (Goldfuss, 1831)

شکل ۱۱- کرم های گلومرولا بر روی اربیتولین ها که به وفور یافت می شود.



شکل ۱۲- دندان های کوسه یافت شده در افق بالایی سازند کژدمی در برش فیروزآباد

1: cf. *Pteroscylium* (Gill, 1862). EUIC 100587, 2,5: Pycnodontiformes *indet.* (Berg, 1937). EUIC 100588; 3: cf. *Paranomotodon* sp. (Cappetta & Case, 1975). EUIC 100589, 4, 6, 7, 9: *Anacoracidae indet.* (Casier, 1947). EUIC 100590, 8: *Lamniformes indet.* 3 (Cappetta and Case, 1999). EUIC 100591.

سپاس و قدردانی

نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان و گروه شناسی دانشگاه اصفهان بجهت پشتیبانی های مادی و معنوی قدردانی می نمایند. همچنین از داوران مقاله آقای دکتر حامد عامری (دانشیار دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان) و خانم دکتر الهه ستاری (مدیر اجرایی و مدیر داخلی مجله زمین شناسی نفت ایران) تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- [۱] افسری، س.، یزدی، م. و ع. بهرامی (۱۳۹۲): فرآیند تافونومی و میزان حفظ شدگی ماهی های استخوانی سازند پابده. هفتمین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران. صفحات ۲-۷.
- [۲] خسرو تهرانی، خ.، (۱۳۸۴): زمین شناسی ایران (مزوزوئیک و سنوزوئیک). کلیدر، تعداد صفحات ۴۵۸،
- [۳] دهقانی، م.، دهقانی، س.، احمدی، ا.، زواره ای، ا.، (۱۳۹۱). دوکفه ای ها و خارداران سازند کژدمی در برش های چینه شناسی سیوند و کوه خانه کت در نواحی شمال و شمال خاوری شیراز. شماره ۸۴، ۱۷۹-۱۸۸.
- [۴] عظام پناه، ی.، صادقی، ع.، آدابی، م.، ح.، جمالی، ا.، م. و کامیابی شادان، ح (۱۳۹۵): معرفی خارداران مایستریشتین و پالئوسن پیشین در برش چینه شناسی مراوه تپه در غرب حوضه کپه داغ. پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی سالسی دوم، شماره پیاپی، ۴۶ شماره سوم، پاییز ۵، صفحه ۲۱-۵۴.
- [۵] غلامعلیان، ح.، رویا، ف.، ر.، (۱۳۹۹): بررسی خارداران کرتاسه ناحیه انگوران، شمال باختری بندرعباس، نشریه علوم زمین، دوره ۳۰، شماره ۱۱۸، صفحات ۲۰۳-۲۱۴.
- [6] AFGHAH, M., PARVANEH NEJAD SHIRAZI, M., KESHAVARZI, M., 2020, Biostratigraphy of the Kazhdumi Formation (Albian), northeast of Shiraz, Zagros Basin (SW of Iran). Explore the latest publications in *Geoscience*, and find Geoscience experts.
- [7] ALIZADEH, B., SARAFDOKHT, H., RAJABI, M., OPERA, A., JANBAZ, M. 2012, Organic geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian–Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rocks in the southern part of the Dezful Embayment, Iran. *OrganicGeochemistry*, Volume 49, August 2012, Pages 36-46.
- [8] BIDAR, A., DE Villoutreys, O., 1974, Sur la présence du genre américain *Macraster* dans le Cénomanien des Alpes-Maritimes. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. Série D: Sciences Naturelles 278, 1179–1181.
- [9] BLACK, R. M. 1988, The Elements of Palaeontology. *Cambridge University press*, Australia. 404 P.
- [10] BORDENAVE, M.L. AND BURWOOD, R. 1990, Source Rock Distribution and Maturation in the Zagros Belt; Provenance of the Asmari and Bangestan Reservoir Oil Accumulations. *Organic Geochemistry*, 16, 369-387.
- [11] BOLANDI, V., KADKHOAIE-ILKHCHI, A., ALIZADEH, B., TAHMORASI, J., FARZI, R., 2015, Source rock characterization of the Albian Kazhdumi formation by integrating well logs and geochemical data in the Azadegan oilfield, Abadan plain, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Volume 133, September 2015, Pages 167-176.
- [12] BORDENAVE, M. L., HEGRE, J. A. 2010, Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. *Geological Society*, London, Special Publications, Volume 330, Pages 291 – 353.
- [13] BOURDON, J., WRIGHT, K., LUCAS, S.G., SPIELMANN, J.A., & PENCE, R. 2011, Selachians from the Upper Cretaceous (Santonian) Hosta Tongue of the Point Lookout Sandstone, central New Mexico: Bulletin 52 (Vol. 52). *New Mexico Museum of Natural History and Science*.
- [14] BULOT, L.G., VINCENT, B., 2010, Systematic paleontology of Aptian and Albian ammonites from southwest Iran. *Books Published*: January 01, 2010.
- [15] CAPPETTA, H. (2012). Chondrichthyes (Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: Teeth). In: H.-P. Schultze (Ed.) *Handbook of palaeoichthyology*, vol. 3E. Verlag F. Pfeil, München, pp 512.

- [16] CLEGG, E. L. G. 1933, Echinoidea from the Persian Gulf. *Palaeontologica Indica*, New Series, Memoire 22, 1-35.
- [17] COLLIGNON, M., 1950. Recherches sur les faunes albiennes de Madagascar. II - *Les Echinides d'Ambarimaninga*. *Annales Géologiques du Service Des Moines*, Madagascar 17, 5-16.
- [18] COTTEAU, G., & GAUTHIER, V., 1895. Mission scientifique en Perse par I. De Morgan. *Etudes Géologique*, 3 (2): 1-107.
- [19] DANUTA, O. N. 2007, Late Cretaceous (Turonian – Coniacian) irregular echinoids of western Kazakhstan (Mangyshlak) and southern Poland (Opole): *Acta Geologica Polonica*, v. 1, p 1-87.
- [20] DURHAM, J.W., 1966, Ecology and Paleocology. In: R.C. Moore (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology: Geological Society of America & The University of Kansas*; Boulder, Colorado, v. 1, p. 257-265.
- [21] ERNST, G. and E. SEIBERTZ. 1977, *Concepts and methods of Echinoid Biostratigraphy*. In: E.G. Kauffman & J.E. Hazel (Eds), *Concepts and Methods of Biostratigraphy: Dowden, Hutchinson and Ross, Inc.*; Stroudsburg, Pennsylvania, p. 541-563
- [22] FLÜGEL, E. 1979, *Microfacies of Carbonate Rocks*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- [23] GALLEMÌ, J., LOPEZ, G.M., MARTINEZ, P., MUNOZ, ~ J., PONS, J.M., 1997. Albian–Cenomanian and Campanian–Maastrichtian biostratigraphy of southeast Spain. *Cretaceous Research* 18, 355–372.
- [24] GAUTHIER, M.V., 1902. Etudes géologiques. Partie 3 - échinides, supplément. In: *Morgan de, J.(Ed.), Mission Scientist*.
- [25] GUINOT, G., UNDERWOOD, C.J., CAPPETTA, H., & WARD, D.J. 2013, Sharks (Elasmobranchii: Euselachii) from the late Cretaceous of France and the UK. *Journal of Systematic Palaeontology*, 11(6), 589-671.
- [26] JARVIS, I., ANDREW, S. G., HUGH C. J., and MARTIN A. P. 2006, Secular variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}C$ carbonate reference curve for the Cenomanian–Campanian (99.6–70.6 Ma), *Published online by Cambridge University Press*.
- [27] JENKINS, H.C., MATTHEWS, A., TSIKOS, H., EREL, Y., 2007, Nitrate reduction, sulfate reduction, and sedimentary iron isotope evolution during the Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event. *Paleoceanography and Paleoclimatology*. Online ISSN:2572-4525, Print ISSN:2572-4517.
- [28] GHAYENI, H, MAHMUDY-GHARAEI, M, H., 2023, Hydrocarbon generation potential of Kazhdumi Formation in Tang E- Magar and Perchestan sections compared to the other oil field in the Zagros basin. Scientific Quarterly Journal, *GEOSCIENCES*, vol. 33, issue 1, Serial No.127, Spring 2023, pp 27- 42.
- [29] KANAZAWA, K., 1992, Adaptation of test shape for burrowing and locomotion in spatangoid echinoids. *Palaeontology* 35, 733–750.
- [30] KIER, P. M. 1972, Tertiary and Mesozoic Echinoids of Saudi Arabia. *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 10, 1-105., page(s): 23-24; fig. 7, pl. 1: figs 1-6, pl. 2: figs 1-2.
- [31] LAMBERT, J., 1931, Etude sur les échinides fossiles du Nord de l’Afrique. *Mémoires de la Société géologique de France* 7, 5–108.
- [32] Kriwet, J. 2005, A comprehensive study of the skull and dentition of pycnodont fishes. *Zitteliana*, 45, 135-188.
- [33] KROH A. & SMITH A.B. 2017, Classification and phylogeny of post-Palaeozoic echinoids. *Journal of Systematic Palaeontology*, London, vol. 7, p. 147-212.
- [34] LECKIE, RM, [TIMOTHY, B. J](#); CASHMAN, V. 2002, Oceanic anoxic events and plankton evolution: *Biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous*. *Paleoceanography*, 17(3), 13-1-13-29,
- [35] MASROUR, M., AOUTEM, M., ATROPS, F., 2004. Succession des peuplements d’échinides du Crétacé inférieur dans le Haut Atlas atlantique (Maroc); *révision systématique et intérêt stratigraphique*. *Geobios* 37.
- [36] NÉRAUDEAU, D., FLOQUET, M., 1991. Les échinides Hemiasteridae : *marqueurs écologiques de la plate-forme castillane et navarro-cantabre (Espagne) au Crétacé supérieur*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 88, 265–281.
- [37] NÉRAUDEAU, D., DAVID, B., MADON, C., 1998, Tuberculation in spatangoid fascioles: *delineating plausible homologies*. *Lethaia* 31, 323–334.

- [38] NEUMANN, C., 1996, The mode of life and paleobiogeography of the genus *Douvillaster* Lambert (Echinoidea: Spatangoida) as first recorded in the Lower Cretaceous (Albian of Spain). *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen* 18, 257–265.
- [39] NICHOLS, D., 1972, The water-vascular system in living and fossil echinoderms. *Palaeontology* 15, 519–538.
- [40] POYATO-ARIZA, F.J., & WENZ, S. 2002, A new insight into pycnodontiform fishes. *Geodiversitas*, 24(1), 139-248.
- [41] RAHIMINEJAD, A. H., YAZDI, M. & A. BAHRAMI 2020, Palaeoenvironments and taphonomy of clypasteroids in Miocene carbonates of Esfahan- Sirjan Basin. Central Iran. *Springer-Verlag GmbH Germany*, part of Springer Nature 2020 Facies. **66**: 14.
- [42] RAISOSSADAT, N., HAMDANI, H., LATIL, J., Jaillard, E., 2021, The Kazhdumi Formation (Lower Cretaceous, upper Aptian–upper Albian) in the Zagros Basin, Iran. *Cretaceous Research* 127(1):104920
- de Castro Manso, C.L., Souza-Lima, W., 2003. O Equinoide *Douvillaster* Lambert, 1917 na Formac, ao
- [43] SMITH, A.B., 1980. The structure, function, and evolution of tube feet and ambulacral pores in irregular echinoids. *Palaeontology* 23, 39–84.
- [44] SMITH, A.B., STOCKLEY, B., 2005. Fasciole pathways in spatangoid echinoids: a new source of phylogenetically informative characters. *Zoological Journal of the Linnean Society* 144, 15–35.
- [45] VILLIER, L., DAVID, B., NÉRAUDEAU, D., 2001. Ontogenetic and morphological evolution of the ambulacral pores in *Heteraster* (early spatangoids). In: Barker, M. (Ed.), *Echinoderm 2000. Balkema, Rotterdam, The Netherlands*, pp. 563–567.
- [46] SIVERSSON, M., CEDERSTRÖM, P., & RYAN, H.E. 2022, A new dallasiellid shark from the lower Campanian (Upper Cretaceous) of Sweden. *GFF*, 144(2), 118-125.
- [47] VILLIER, V., NÉRAUDEAU, D., CLAVEL, B., NEUMANN, C., 2004. Phylogeny of early Cretaceous Spatangoids (Echinodermata: Echinoidea) and taxonomic implications. *Palaeontology* 47, 265–292.
- [48] VILLIER, L., NAVARRO, N., 2004. Biodiversity dynamics and their driving factors during the Cretaceous diversification of Spatangoida (Echinoidea, Echinodermata). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 214, 265–282.
- [49] VINCENT, B., VAN BUCHEM, F.S.P., BULOT, L., JALALI, M., SWENNEN, R., HUSSEINI, A.S., & BAGHBANI, D., 2015. Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in Coastal Fars (SW Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 63: 47-67.
- [50] VINCENT, S, J. SAINTOT, A., ARAL, M., OKAY, I., NIKISHIN, A.M., 2016, Comment on “Relict Basin Closure and Crustal Shortening Budgets During Continental Collision: An Example From Caucasus Sediment Provenance” . *Tectonics*, [Volume37, Issue3](#), March 2018, Pages 1006-1016.
- [51] VULLO, R., GUINOT, G., & BARBE, G. 2016, The first articulated specimen of the Cretaceous mackerel shark *Haimirichia amonensis* gen. nov. (Haimirichiidae fam. nov.) reveals a novel ecomorphological adaptation within the Lamniformes (Elasmobranchii). *Journal of Systematic Palaeontology*, 14(12), 1003-1024.
- [52] YAVARI, M., YAZDI, M., GHALAVAND, H., ADABI, M. H 2017, Urganian type microfossils of the dariyan formation, from Southwest of Iran (Northeast of Shiraz). *Journal of sciences*, Islamic Republic of Iran.
- [53] ZIEGLER, B., 1983, Introduction to Palaeobiology General Palaeontology. *Ellis Horwood Publication*. 225p.

Palaeoecology and taphonomy of Albian-Cenomanian Echinoids of Kazhdumi Formation in the Firouzabad section, Zagros Basin

Babak Sedghi¹, Ali Bahrami^{2*} and Mehdi Yazdi³

1- Ph.D. in Paleontology & Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

[*a.bahrami@sci.ui.ac.ir](mailto:a.bahrami@sci.ui.ac.ir)

Received: January 2024, Accepted: February 2024

Abstract

Kazhdumi Formation deposits in Firouzabad section were investigated regarding the postmortem and burial events of echinoderms, from about 150 echinoderm fossils which include 10 genera and 13 species of *Coenholectypus neocomiensis*, *Phymosoma binexilis*, *Dorocidaris taouzensis*, *Cottaldia* aff. *Benettiae*, *Leptosalenia sergipensis*, *Phymosoma baylei*, *Micropedina olisiponensis*, *Tetragramma deshayesi*, *Macraster douvillei*, *Mecaster batnensis*, *Macraster obtritus*, *Pliotoxaster comanchei*, *Macraster* sp., *Hemiaster* sp. most part of them suffer from disarticulation and fragmentation, radial cracks and shell deformation (test outline distortion and radial cracking) and volume change and biological erosion (bioerosion) and perforation by living worms (microboring).

Of course, after volume changes, fractures or taphonomic compression, the existing solutions (hydrocarbon and solutions rich in iron, manganese and sometimes silica) hydroxides have been replaced in the cracks. The test of these echinoderms has been used by symbiotic epifauna such as *Osterids* and *Gryphaes* as food and attachment points and shelter after their death and burial. It seems that the volume change, crushing, solution injection and fauna bending are influenced by the tectonic pressure of the salt domes of the region and the soft lithology (high plasticity) of the Kazhdumi formation between the Darian and Sarvak formations.

Keywords: Kazhdumi, Echinoderms, Taphonomic, Epifauna, Diapirs