

پالئواکولوژی سازند آب تلخ در برش پادها واقع در شرق حوضه کپه‌داغ، بر اساس روزن داران پلانکتونیک و بنتیک

مرتضی احمدی^{1*}، محمد وحیدی‌نیا²، علیرضا عاشوری³

1- کارشناس ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

2- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

3- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: mortezaahmadi2000@gmail.com

تاریخ پذیرش: 90/4/20

تاریخ دریافت: 89/11/23

چکیده

سازند آب تلخ یکی از واحدهای کرتاسه پسین مربوط به حوضه رسوبی کپه‌داغ (شمال شرق ایران) است. این مطالعه به بررسی سازند مذکور در شرق حوضه در روستای پادها می‌پردازد. این سازند دارای 991 متر ضخامت بوده و سنگ‌شناسی آن متشکل از شیل و مارن خاکستری تا خاکستری متمایل به آبی است. مرز زیرین آن با سازند آب‌دراز به صورت تدریجی و هم‌شیب و مرز بالایی آن با سازند نیزار ناپیوسته است. در این پژوهش برای تعیین پالئواکولوژی (شامل عمق، اکسیژن و مواد غذایی) برش مورد مطالعه از روزن داران پلانکتونیک و بنتونیک استفاده شد. برای بررسی تغییرات سطح دریا و تعیین عمق این برش از روزن داران بنتونیک شاخص عمق، نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک و معادله Van der Zwaan *et al.* (1990) استفاده شد. بر این اساس بخش ابتدایی و میانی این سازند نشان دهنده عمق باتیال بالایی و بخش انتهایی آن معرف عمق نریتیک می‌باشد. همچنین عمق 170 تا 470 متر برای بخش ابتدایی تا میانی و محدوده عمقی از 170 تا 40 متر برای بخش انتهایی برش پیشنهاد گردیده است. در این تحقیق سازند مورد نظر بر اساس مورفوتایپ بنتونیک اپی‌فونا به اینفونا (EP/IN) و روزن داران پلانکتونیک دو ردیفی به دو بخش تقسیم شده است. بخش پایینی که در آن نسبت مورفوتایپ (EP/IN) فراوان و روزن داران دو ردیفی کاهش یافته، نشان دهنده شرایط محیطی اکسیژن بالا و مواد غذایی کم بوده و بخش بالایی که روزن داران دو ردیفی آن افزایش و نسبت مورفوتایپهای (EP/IN) کاهش یافته است، نشان دهنده کاهش مقدار اکسیژن و افزایش مواد غذایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کپه‌داغ، سازند آب تلخ، پادها، روزن دار پلانکتونیک و بنتونیک، باپوزون، سانتونین پسین - ماستریشتین پیشین.

مقدمه

تاکنون در حوضه کپه‌داغ بررسی‌های متعددی بر روی برشهای مختلف سازند آب تلخ بر مبنای فسیل روزن داران، نانوفسیلهای آهکی و آستراکود صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Bozorgnia & Banafati (1964) با مطالعه سازند آب تلخ در برش الگو و برش چهچه در شمال غربی برش الگو سن سانتونین - ماستریشتین را ارائه داده‌اند. Kalantari (1969) با مطالعه سازند مذکور در برشهای پادها - پدعلی، شوربچه و

تمامی مطالعات صورت گرفته در این سازند از لحاظ زیست چینه نگاری بوده و از نظر پالئوآکولوژی بررسی جامعی به عمل نیامده است، در این تحقیق سعی شده تا این سازند از جنبه پالئوآکولوژی نیز بررسی شود.

موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه

مورد مطالعه

سازند آب تلخ در برش پادها در جنوب شرق مشهد و مسیر جاده مشهد - سرخس واقع شده است. برای دستیابی به برش مورد مطالعه، باید بعد از گردنه مزدوران (واقع در جاده مشهد - سرخس) 22 کیلومتر در جاده‌ای که به سمت جنوب شرق منشعب می‌گردد، حرکت کرد تا به روستای پادها رسید. سپس از محل روستا 3 کیلومتر در جاده‌ای خاکی که به سمت شرق امتداد یافته حرکت کرد تا به چاه رخشانی (برش مورد مطالعه) رسید. برش مورد نظر در شرق چاه رخشانی قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی برش مورد مطالعه "40' 44' 60" طول شرقی و "24' 06' 36" عرض شمالی می‌باشد (شکل 1).

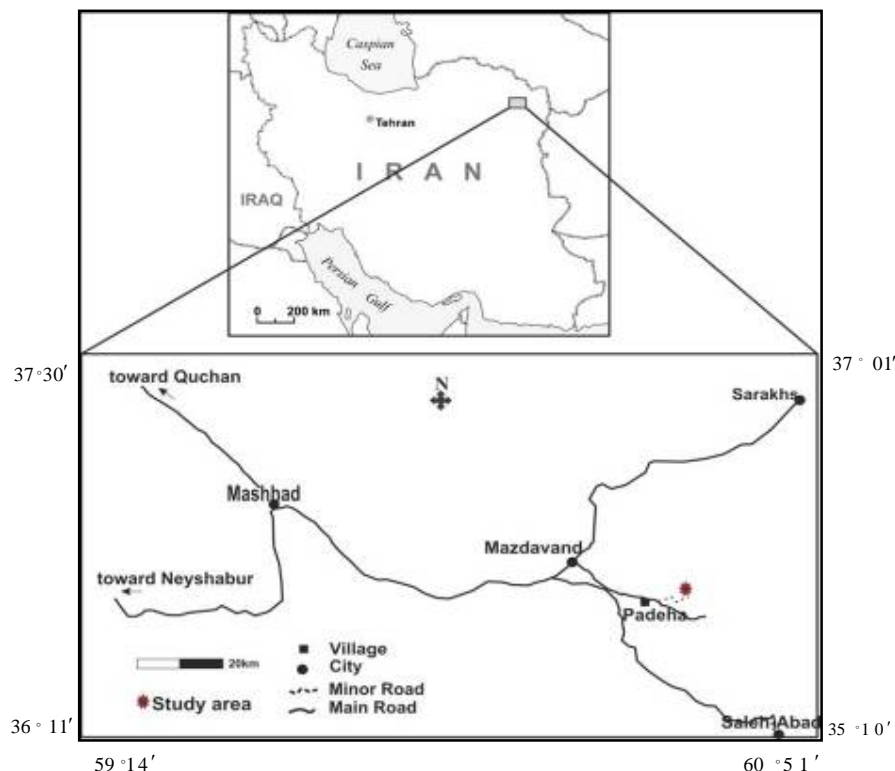
روش کار

از سازند آب تلخ به ضخامت 991 متر تعداد 140 نمونه به صورت سیستماتیک برداشت گردید. نمونه برداری در فواصل تقریباً 7 متری انجام گرفت. ابتدا نمونه‌ها را به قطعات ریزتری خرد کرده و از چند دقیقه تا 12 ساعت در محلول پراکسید هیدروژن (H₂O₂) 10% قرار داده و بعد به همراه آب بر روی الکهای 125 μm و 63 μm شست و شو داده شد. در نهایت نمونه‌های باقی مانده بر روی الکهای ذکر شده با میکروسکپ دو چشمی مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین از هر الک 300 نمونه برای تفسیر پالئوآکولوژی مورد شمارش قرار گرفتند.

نار در جنوب شرق برش الگو سن سنونین را پیشنهاد کرده است. Rahaghi (1971) در نوشته افشار حرب (1373) سن سازند آب تلخ را کامپانین - ماستریشتین گزارش نموده است. جنتی جهرمی و یزدان پناه (1379) بر اساس زیست چینه شناسی نانوفسیلهای آهکی سازند آب تلخ در مقطع تیپ سن سانتونین پسین - کامپانین پیشین را ارائه داده‌اند. هادوی (1380) با بررسی نانوفسیلهای این سازند در غرب روستای چهچه (جاده مشهد - کلات) سن کامپانین پیشین - کامپانین پسین را برای این رسوبات مشخص نموده است. نریمانی (1383) با مطالعه آستراکودهای سازند آب تلخ در برش الگو سن کنیاسین پسین تا ماستریشتین را تشخیص داده است. علامه و حسن زاده (1386) ضمن مطالعه سازند آب تلخ بر مبنای آستراکود در برش روستای پادها سن سانتونین پسین - ماستریشتین پیشین را پیشنهاد کرده‌اند. همچنین وحیدی نیا (1386) با مطالعه بر روی برشهای گردنه مزدوران، چهچه و حمام قلعه سن کامپانین پیشین تا ماستریشتین پیشین را برای هر سه برش ارائه داده است.

این سازند در برش روستای پادها دارای 991 متر ضخامت بوده و سنگ شناسی آن متشکل از شیل و مارن خاکستری تا خاکستری متمایل به آبی می‌باشد. مرز زیرین آن با سازند آب‌دراز به صورت تدریجی و هم شیب و مرز بالایی آن با سازند نیزار ناپیوسته است.

در این پژوهش 42 گونه از 17 جنس روزن داران پلانکتونیک در قالب 6 بایوزون تحت عنوان *Globotruncana*, *Radotruncana calcarata*, *Dicarinella*, *Globotruncanita elevate ventricosa*, *Globo-* و *Globotruncanella havanensi asymetrica truncana aegyptic* شناسایی شده است. بر این اساس، سن سازند آب تلخ در برش پادها اواخر سانتونین پسین - ماستریشتین پیشین تعیین شده است، اما با توجه به این که



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد نظر

پالئواکولوژی

در این مقاله برای تعیین پالئواکولوژی برش مورد مطالعه از روزن داران بنتونیک شاخص عمق و روزن داران پلانکتونیک و بنتونیک استفاده شده که به اختصار به آنها پرداخته می‌شود.

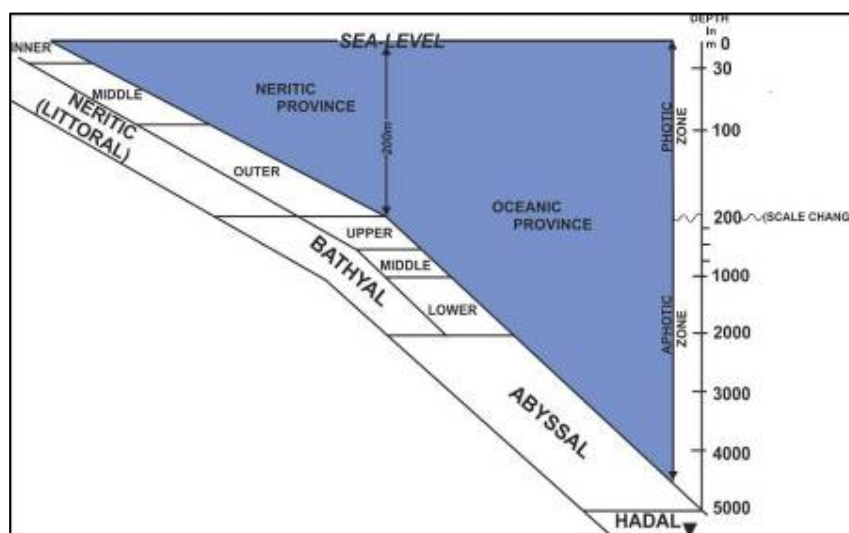
الف) تعیین عمق دیرینه با استفاده از روزن داران بنتونیک شاخص عمق

تعیین عمق دیرینه از اهمیت زیادی در شناخت حوضه‌های رسوبی قدیمه و تجزیه و تحلیل آنها برخوردار است. اهمیت اصلی این موضوع در بازسازی تاریخچه بالا آمدگی و فرونشینی حوضه رسوبی است (Van der Zwaan *et al.*, 1990). امروزه برای تعیین عمق معمولاً از میکروفسیلها استفاده می‌شود. در این روش از الگوهای توزیع گونه‌های بنتونیک استفاده می‌شود که اغلب شامل روزن داران و

آستراکودها می‌باشد. استفاده گسترده از روزن داران بنتونیک برای بازسازی محیطهای دیرینه به علت تنوع زیاد، فراوانی در رسوبات، حضور از کامبرین تا عهد حاضر و محدوده وسیع زیست آنها از آبهای لب شور کم عمق تا عمیق ترین بخشهای اقیانوس است. همچنین پوسته‌های آهکی و ماسه‌ای روزن داران بنتونیک دارای توانایی بالایی برای حفظ شدگی است (Van der Zwaan *et al.*, 1999). در این روش با مطالعه عمق زندگی، الگوی پراکندگی و نحوه تغییر اجتماعات روزن داران بنتونیک نسبت به تغییرات عمق در حوضه‌های مختلف امروزی، گونه‌های وابسته به عمق شناسایی و در نهایت چنین فرض می‌شود که گونه مورد نظر (در صورت عدم انقراض) و یا گونه‌های هم شکل و مشابه آن در طول زمان عمق زیست خود را ثابت نگه داشته‌اند. سپس مدلهایی برای زمانهای مورد نظر تهیه

عمقی را تغییر می‌دهد. تراکم مواد آلی باعث کاهش میزان اکسیژن به سمت مناطق عمیق‌تر در ستون آب می‌شود و این امر به علت مصرف اکسیژن صورت می‌گیرد. بنابراین در یک عمق معین ترکیب متنوعی از گونه‌ها وجود خواهند داشت که به نسبت ترکیب اکسیژن به فرآوری مواد آلی وابسته‌اند. بنابراین گونه‌های معمولی هرگز شاخصهای خوبی برای پی بردن به عمق دیرینه نمی‌باشند. پس بهتر است که عمق را به وسیله گونه‌های خاصی که به اکسیژن و میزان مواد غذایی وابسته نیستند، باز سازی کنیم.

لازم به ذکر است، با توجه به این که در تقسیم محیطهای دریایی نظریات مختلفی ارائه شده، در پژوهش حاضر مبنای این تقسیم بندی مدل Berggren (1998) است (شکل 2).



شکل 2: تقسیمات اصلی محیطهای دریایی (اقتباس از Berggren, 1998).

نمودار مربوط به آنها ترسیم گردیده است. از جمله آنها می‌توان به گونه‌های زیر اشاره کرد (پلیت 2):

Anomalinoides acutus, *Clavulinoides trilatera*, *Coryphostoma incrassata*, *Eouvigerina subsculptura*, *Gaudryina pyramidata*, *Gyroidinoides globosus*, *Praebulimina reussi*, *Marssonella oxycona*, *Osangularia plummerae*.

می‌شود. برای نمونه از مدل‌های متداول مورد استفاده در مطالعات کرتاسه می‌توان به مدل Sliter & Baker (1972)، مدل Alegret & Thomas (2001) و مدل Alegret *et al.* (2003) اشاره کرد.

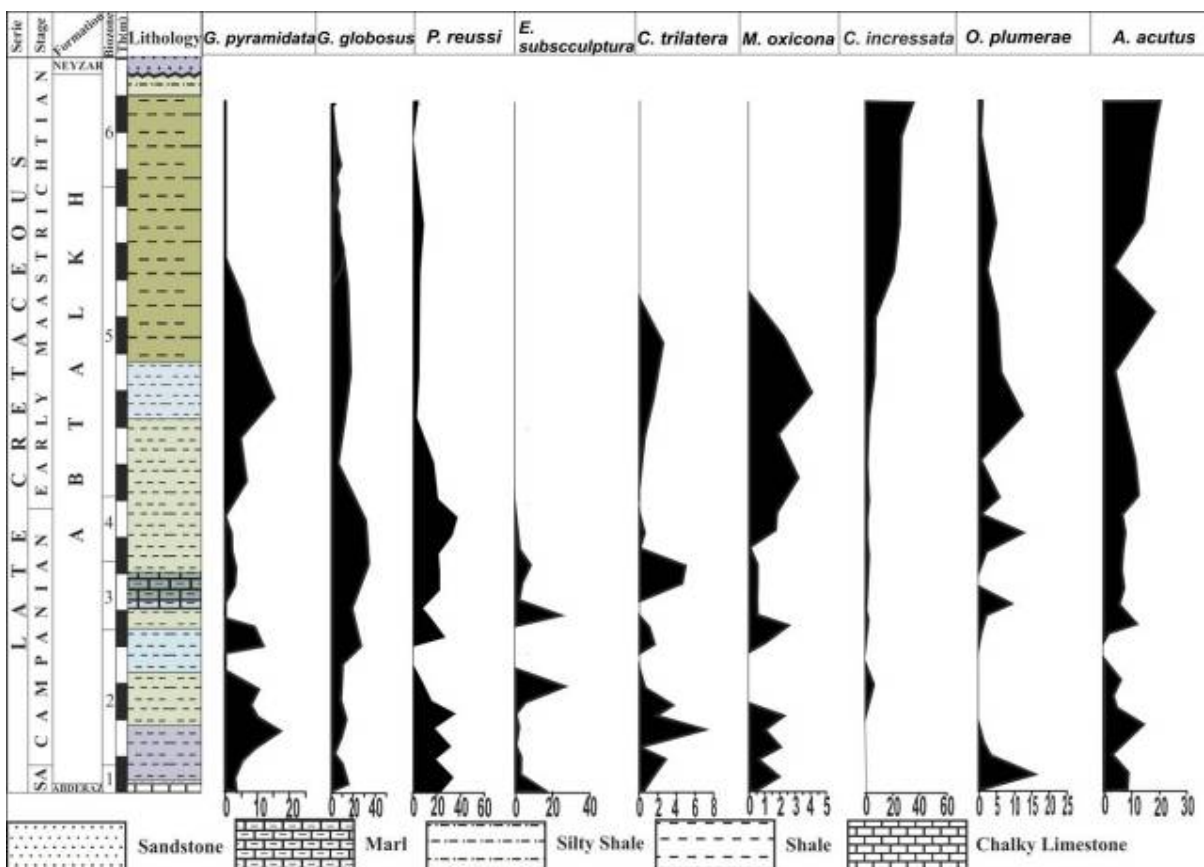
از آن جایی که که اکسیژن و میزان مواد آلی از مهمترین شاخصه‌ها برای توصیف توزیع روزن داران بنتونیک می‌باشند منطقی به نظر می‌رسد فرض کنیم که این عوامل به عنوان مهمترین کنترل کننده‌های عمقی ارائه شده‌اند. در حقیقت اکسیژن عاملی است که می‌تواند توزیع و پراکندگی را در مکانهای مختلف توصیف کند. تأثیر میزان مواد بر روی توزیع عمقی گونه‌ها توسط افراد مختلفی بررسی شده و نشان می‌دهد تغییرات در میزان مواد آلی، الگوهای توزیع

در این بخش بر اساس گونه‌های شاخص عمق روزن داران بنتونیک برگرفته از Alegret *et al.* (2003) عمق برش مورد مطالعه بررسی شد.

روش کار در این تحقیق بدین صورت است که تعداد 300 روزن‌دار بنتونیک از هر نمونه مورد شمارش قرار گرفته و سپس درصد گونه‌های بنتونیک شاخص عمق اندازه گیری و

برش مورد مطالعه گونه‌های یاد شده کاهش پیدا کرده، ولی گونه‌هایی مانند *C. incrassata*، *O. plummerae* و *A. acutus* افزایش می‌یابند که نشان دهنده کاهش عمق و محیط نریتیک خارجی است (Alegret et al., 2003) (شکل 3).

در بخش ابتدایی و میانی برش مورد مطالعه گونه‌های *G. trilatera*، *E. subsculptura*، *P. reussi*، *globosus* و *M. oxycona* غالب می‌باشند (در برخی نمونه‌ها به بیش از 40% هم می‌رسند) که نشان دهنده عمق باتیال بالایی است (Alegret et al., 2003). در بخش بالایی



شکل 3: نمودار روزن داران بنتیک شاخص عمق در برش مورد مطالعه

عوامل ایجاد خطای احتمالی در این روش

زمان و مکانهای مختلف دارای عمق یکسان بوده‌اند توافقی وجود ندارد و ممکن است محدوده عمقی گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده باشد. با این حال معمولاً در تحلیل عمق سنجی دیرینه چنین فرض می‌شود که گونه‌ها و یا حتی هم‌شکل‌های آنها در طول زمان در اعماق ثابتی زندگی می‌کرده‌اند (Van der Zwaan et al., 1990).

به طور کلی اگرچه گونه‌های بنتونیک در مقابل تغییرات عمق عمدتاً از نظم خاصی پیروی می‌کنند، بعضی مشکلات مانع از بازسازی دقیق عمق دیرینه می‌شود که به طور خلاصه عبارتند از: 1- اطلاعات زیادی در مورد عوامل مؤثر بر پراکندگی روزن داران بنتونیک وجود ندارد. 2- محدوده عمقی گونه‌ها در مناطق مختلف به طور قابل توجهی متفاوت است. 3- در مورد این که کدام گونه‌ها در طول

که در آن P تعداد روزن داران پلانکتونیک و B تعداد روزن داران بنتونیک است.

همچنین Van Marle *et al.* (1987) عنوان نمودند که این نسبت در اعماق زیاد به علت حل شدن بخشی از پوسته روزن داران پلانکتونیک، کارآیی نخواهد داشت. بنابراین در این مدل، اعداد برای اعماق بیش از 1600 متر (نسبت پلانکتونیک بیش از 93%) و نیز، اعداد کمتر از 5% در نسبت روزن داران پلانکتونیک به دلیل خطاهای آزمایش، قابل اعتماد نیستند. همان طور که Van Marle *et al.* (1987) اشاره کرده اند، تفاوت در نتایج حاصله از مطالعات آنها با رابطه پیشنهادی Wright به علت تولید اولیه بالا و در نتیجه اکسیژن کمتر در آبهای بستر منطقه مورد مطالعه آنها به نسبت دریاها باز و نرمال بود. بدین علت آنها پیشنهاد نمودند که چنانچه طبقات مورد مطالعه مربوط به دریاها باز و نرمال بوده باشد از معادله Wright یا همان رابطه (1.2.4) و اگر تولید اولیه بالا و اکسیژن بستر کم باشد از رابطه Van Marle *et al.* یا رابطه (2.2.4) استفاده شود.

به عقیده Van der Zwaan *et al.* (1990) به جز عمق، عوامل دیگری مانند اکسیژن می تواند بر این نسبت مؤثر باشد. بنابراین آنها فرمولهای رابطه (1.2.4) را که توسط رایت و رابطه (2.2.4) که توسط Van Marle *et al.* ارائه شده بود، بدین صورت تصحیح کردند:

$$\text{Depth} = e^{(3.58718 + (0.03534 \times \%P))} \quad (4.2.4)$$

که در رابطه بالا روزن داران پلانکتونیک به کل اجتماع روزن داران منهای انواع اینفونال تقسیم می شوند.

$$\%P^* = (P / P+B-\text{inf.}) \times 100 \quad (5.2.4)$$

Van der Zwaan *et al.* (1990) از داده های خود چنین نتیجه گرفتند که رگرسیون یا پسرقت $\%P^*$ (با حذف روزن داران بنتونیک اینفونال) پتانسیلی مفید برای تخمین عمق دیرینه بین 30 تا 1250 متر دارد. آنها همچنین برطبق آنالیزهای آماری به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق از

ب) تعیین نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک و معادلات تعیین عمق دیرینه

در انجام مطالعات محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی، داشتن اطلاعاتی راجع به حدود عمق حوضه رسوبی بسیار مفید بوده و می تواند در پیش بینی و تفسیر الگوی انباشت رسوبی و تعیین سطوح مهم سکانسی کمک مؤثری بنماید. روزن داران بنتونیک به طور گسترده ای برای تعیین عمق دیرینه استفاده شده اند. در ابتدا تلاشها بر شناسایی گونه های هم عمق یعنی آنهایی متمرکز بود که توزیعشان در تمام حوضه ها در عمقی یکسان بود. همچنین در بیشتر مناطق ساحلی از نسبت بین فرمهای با پوسته هیالین، پورسلانوز و آگلوتینه به عنوان شاخصهای عمق آب و شوری استفاده شده است. سالها بعد، نسبت بین روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک به عنوان روشی مناسب برای عمق سنجی مورد استفاده قرار گرفت (Jorissen *et al.*, 2007).

Phleger (1951) و Grimsdale & Van Morkhoven (1955) در مطالعات ابتدایی به رابطه بین عمق و نسبت P/B اشاره کرده اند. Wright (1977) با بررسی دریاها مختلف، معادله ای را برای تعیین عمق دیرینه پیشنهاد کرد که این معادله به صورت زیر است:

$$\text{Depth} = e^{(0.042 \times \%P + 3.48)} \quad (1.2.4)$$

در این رابطه e عدد نپر ($e = 2.718281\dots$) و (%P) برابر با درصد روزن داران پلانکتونیک است.

چند سال بعد Van Marle *et al.* (1987) نمونه هایی مربوط به اعماق 40 تا 2119 متری را در حاشیه شرقی اندونزی مورد مطالعه قرار دادند و رابطه زیر را برای تعیین عمق با استفاده از درصد روزن داران پلانکتونیک ارائه دادند:

$$\text{Depth} = e^{(0.061 \times \%P + 1.25)} \quad (2.2.4)$$

در روابط (1.2.4) و (2.2.4)، درصد روزنداران پلانکتونیک (%P) از رابطه زیر به دست می آید:

$$\%P = (P / P+B) \times 100 \quad (3.2.4)$$

همچنین به علت تغییر سنگ شناسی از شیل به شیل سیلتی و تبدیل شدن به ماسه سنگهای سازند نیزار محدوده عمقی از 170 تا 40 متر تغییر پیشنهاد گردیده است. با مقایسه تغییرات عمق این برش نمودار ارائه شده توسط Berggren (1998) محدوده عمق سازند آب تلخ در بخش ابتدایی و میانی، معادل باتیال بالایی و در بخش انتهایی، عمق نریتیک را نشان می‌دهد (شکل 4).

پ) اکسیژن و مواد غذایی

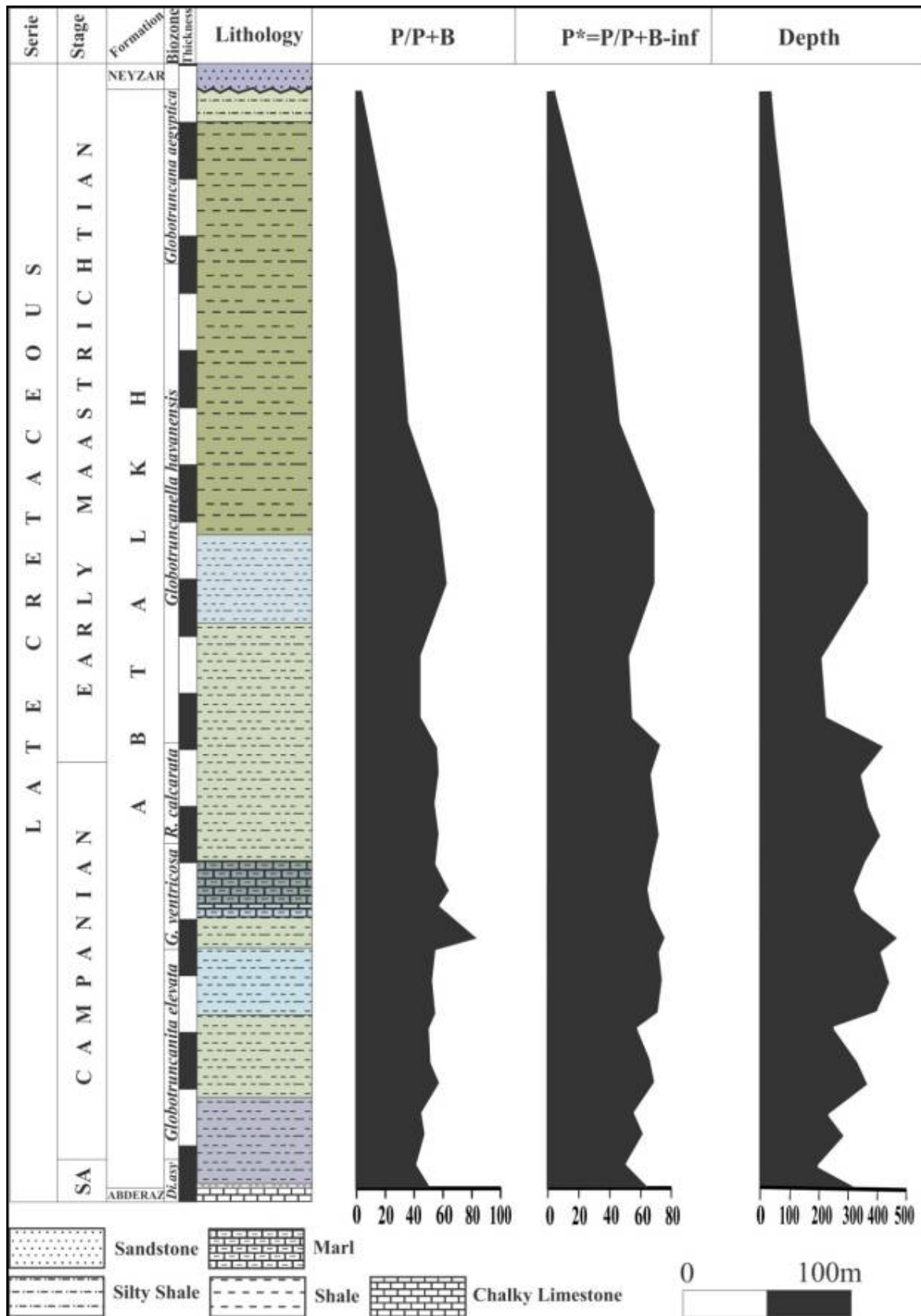
روزن داران بنتونیک فراوانترین تجمعات یوکاریوت در کف دریاها هستند. آنها همچنین فراوانترین ارگانوسمهای بنتونیک هستند که از دریاها عمیق پالئوزوئیک پیشین تا عهد حاضر حفظ شده‌اند. مطالعات اخیر بر اهمیت نقش این روزن داران در بازسازی ساختار اکوسیستم بستر اقیانوسها تأکید دارد (Gooday, 1994). روزن داران در بعضی نقاط تقریباً 80 درصد میکروفسیل‌های محیطی را تشکیل می‌دهند. آنها نقش مهمی را در زنجیره غذایی ایفا می‌کنند و منبع غذایی برای موجودات دیگر به شمار می‌روند (Lipps, 1983).

اکسیژن و میزان مواد آلی برای توزیع روزن داران بنتونیک اهمیت اکولوژیکی زیادی دارند و شگفت‌انگیز نیست که امروزه تمام عوامل تحت تأثیر ارتباط بین این دو عامل هستند و عواملی مثل دما و شوری اثر چندانی بر این پراکندگی ندارند. به نظر می‌رسد اکثر روزن داران بنتونیک، مناطق حد واسط آب و رسوب را به عنوان مکانی برای زندگی انتخاب می‌کنند چون در این رسوبات مواد غذایی فراوانی مانند باکتری، مواد آلی محلول و ... وجود دارند. بیش از 75 درصد روزن داران بنتونیک در بخشهای بالایی ستون رسوبی زندگی می‌کنند. این امر نشان دهنده این است که لایه‌های رسوبی عمیق‌تر برای سکونت مناسب نیستند، زیرا در قسمتهای عمیق‌تر مقدار مواد غذایی و میزان اکسیژن کاهش می‌یابد (Van der Zwaan, 1999).

میزان دقت این رابطه کاسته می‌شود به طوری که عمق 430 متر (معادل 50% پلانکتونیک) با ضریب اطمینان 90% بین اعماق 310 تا 590 متری است، درحالی که عمق 1200 متر (معادل 99% پلانکتونیک) با ضریب اطمینان 90% بین اعماق 860 تا 1650 متر است. البته این داده‌های مورد مطالعه Van der Zwaan *et al.* (1990) بدون حذف نمونه‌های دوباره حمل شده بود که در صورت حذف این چنین نمونه‌هایی ضریب اطمینان رابطه بالا، بیشتر خواهد بود. امروزه استفاده از رابطه (4.2.4) برای به دست آوردن عمق دیرینه برای مطالعات مختلف خصوصاً مطالعات هیدرودینامیک و تحلیل حوضه بسیار متداول است (Kouwenhoven & Van der Zwaan, 2005; Van Hinsbergen *et al.* 2006).

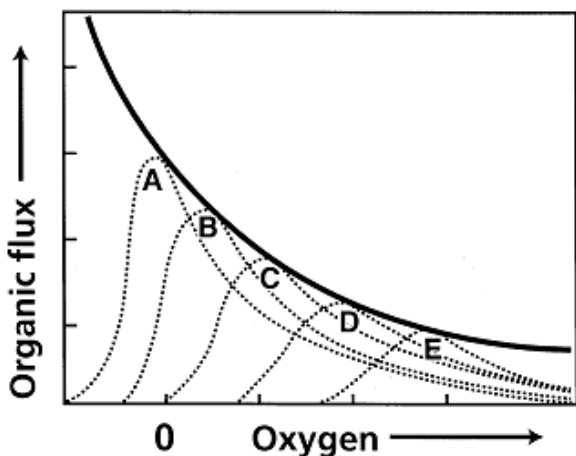
در این برش از هر الگ 300 نمونه روزن‌دار پلانکتونیک (پلیت 1) و بنتونیک (پلیت 2) برای تفسیر عمق مورد شمارش قرار گرفتند که با بررسی نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک (P/B) چهار مورد تغییرات سطح دریا مشاهده شد. تغییر اول در 375 متر ابتدایی برش مورد مطالعه رخ داده است که نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک (P/B) به 75% می‌رسد که نشان دهنده پیش‌روی آب دریاست. در ادامه برش تا ضخامت 450 متر با کاهش نسبت (P/B) پس‌روی سطح دریا مشاهده شده است. از ضخامت 450 تا 575 متر با افزایش نسبت (P/B) که در برخی نمونه‌ها تا 67% می‌رسد بالا آمدن سطح دریا صورت گرفته است. در انتهای برش مورد مطالعه تا بخش قاعده‌ای سازند نیزار نسبت (P/B) از 67% به 4% کاهش پیدا می‌کند که نشان دهنده افت شدید سطح آب دریا به سمت سازند نیزار است.

همچنین در این مطالعه از معادله Van der Zwaan *et al.* (1990) برای تعیین عمق دیرینه استفاده شده و محدوده عمقی 170 تا 470 متر برای بخش ابتدایی تا میانی سازند آب تلخ تعیین شده است. برای بخش انتهایی برش مورد مطالعه با توجه به نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک و



شکل 4: نمودار نسبت روزن داران پلانکتونیک به بنتونیک و محاسبه عمق توسط معادله Van der Zwaan et al.

تعداد موجودات بنتونیک می‌تواند عامل خوبی برای تشخیص اثرات مواد غذایی و مقدار اکسیژن باشد. از آن جایی که با کاهش اکسیژن، توزیع گونه‌ها محدود می‌شود تنوع گونه‌ها به میزان اکسیژن در طول زمان وابسته است (Van der Zwaan, 1999).



شکل 5: نمودار فراوانی گونه‌های روزن دار بنتونیک بر اساس مؤلفه‌های اکسیژن و مواد غذایی (برگرفته از Van der Zwaan, 1999).

پ-2 مدل Trox

Corliss & Emerson (1990) را بررسی و پیشنهاد کردند که توزیع و گسترش روزن داران بنتونیک توسط ترکیب جریان مواد آلی و اکسیژن محدود شده است. این مدل پیشنهادی که در شکل 6 آورده شده مدل Trox نامیده شده است. در این مدل رابطه روزن داران با عمق نفوذ اکسیژن و مواد آلی بررسی می‌شود و به خوبی تغییرات فراوانی و توزیع روزن داران بنتونیک را با اکسیژن و مواد غذایی نشان می‌دهد. در محیط الیگوتروفیک عمق زندگی به شرایط اکسیژن بالا و مواد غذایی کم محدود شده و روزن داران بنتونیک اپی فونا غالب می‌باشند. در محیط یوتروفیک شرایط مواد غذایی بالا و مقدار اکسیژن پایین حاکم است و روزن داران بنتونیک اینفونا غالب هستند. در محیط مزوتروفیک نیز بیشترین فراوانی گونه‌ها دیده می‌شود.

گونه‌های مختلف روزن داران بر طبق میزان مواد آلی در محیط بنتونیک توزیع می‌شوند. آنها دارای قابلیت تولید مثل سریع و حتی ناقصی بوده و بنابراین در مدت کوتاهی به تعداد بسیار زیادی می‌رسند؛ به این صورت که با افزایش تقاضا در محیط و افزایش میزان جریان مواد آلی، میزان اکسیژن در محیط به شدت کاهش می‌یابد. به همین دلیل اگر گونه‌ها خواستار منبع عظیم مواد غذایی هستند به ناچار باید شرایطی با کمترین میزان اکسیژن را تحمل نمایند (Van der Zwaan, 1999). بین اندازه موجودات و میزان تقاضای اکسیژن ارتباطی وجود دارد بنابراین موجودات بزرگتر قبل از موجودات کوچکتر می‌میرند. بعضی از روزن داران بنتونیک می‌توانند در منطقه بی‌هوازی و در زیر سطح میانی اکسیژن/فقدان اکسیژن در ستون رسوبی، به فعالیت خود ادامه دهند (Vernberg & Vernberg, 1976; Hannah *et al.*, 1994).

پ-1 مدل Van der Zwaan

در شکل 5 نمونه‌ای از ترتیب گونه‌ها در طول یک نمودار اکسیژن و مواد غذایی نشان داده شده است. این نمودار وجود و یا فقدان اکسیژن و میزان مواد غذایی را نشان می‌دهد، که در تعداد گونه‌ها تأثیر می‌گذارند. کاهش در ذخیره مواد غذایی بیشترین تأثیر را بر روی مجموعه‌های فرصت طلب می‌گذارد که از مواد غذایی بیشترین استفاده را می‌برند. اگر چه در آبهای سطحی تأثیر اکسیژن و مواد غذایی ممکن است به سختی قابل تفکیک باشد. در محیطهای دریایی عمیق، جایی که اکسیژن محدود است، گونه‌های منفرد تا حدود زیادی تحت تأثیر مواد غذایی می‌باشند. بر طبق این نمودار تغییر در میزان اکسیژن تحت شرایطی که مقدار مواد غذایی ثابت باشد بیشترین تأثیر را بر روی ترکیب فونا می‌گذارد تا جایی که اکسیژن تعیین کننده حضور یا عدم حضور تاکسونهاست. به طور کلی ترکیب

می‌باشد که در سطح پوسته منفذ نداشته و در صورت وجود در کناره پوسته قرار دارند. این گونه‌ها همچنین بالاتر از یک سانتی‌متری رسوب زندگی می‌کنند.

در شرایط مواد غذایی کم و اکسیژن بالا گونه‌های اپی فونا فرصت طلب هستند و قادر به رشد و تکثیر در واکنش به نوسانات سریع مواد غذایی هستند (Corliss, 1985).

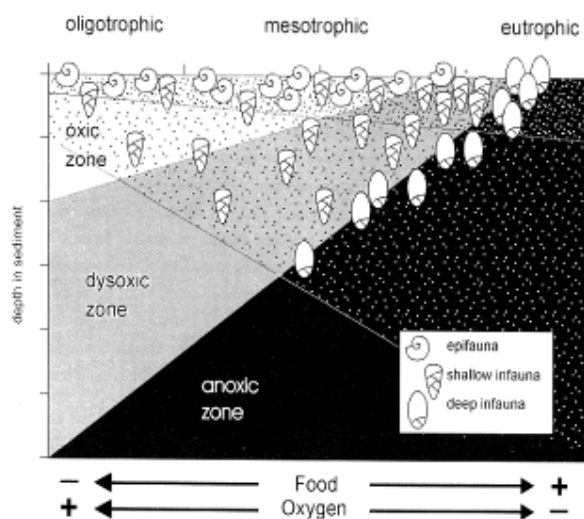
به طور کلی اغلب دانشمندان معتقدند که فراوانی بالای مورفوتایپهای اینفونا شرایط یوتروفیک با مواد غذایی بالا و اکسیژن کم را نشان می‌دهد. به طور کلی کاهش اینفونا نشان‌دهنده شرایط لیگوتروفیک با مواد غذایی کم و اکسیژن بالاست (Kaminski et al., 1988; Jorissen et al., 1995).

Keller & Pardo (2004) با بررسی حوضه تیس شرقی و اقیانوس هند به این نتیجه رسیدند که فراوانی بالای روزن داران پلانکتونیک دو ردیفی نشان‌دهنده شرایط اکسیژن کم می‌باشد و این گونه‌ها را به عنوان گونه‌هایی مقاوم در مقابل شرایط فقدان اکسیژن بیان می‌کنند.

با بررسی مورفوتایپهای بنتونیک اپی فونا به اینفونا (جدول 1) و روزن داران پلانکتونیک دو ردیفی، تغییرات اکسیژن و مواد غذایی در این برش مورد بررسی قرار گرفت. در بخش پایینی برش نسبت مورفوتایپ (EP/IN) فراوان و روزن داران دو ردیفی کاهش می‌یابند که نشان‌دهنده شرایط محیطی اکسیژن بالا و مواد غذایی کم می‌باشد. در بخش بالایی برش مورد مطالعه نسبت مورفوتایپ (EP/IN) کاهش و روزن داران دو ردیفی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش مقدار اکسیژن و افزایش مواد غذایی است.

نتیجه‌گیری

سازند آب تلخ در روستای پادها دارای 991 متر ضخامت بوده و سنگ شناسی آن متشکل از شیل و مارن خاکستری تا خاکستری متمایل به آبی است. مرز زیرین آن با سازند



شکل 6: مدل Trox، ارتباط فونای بنتیک با عمق نفوذ اکسیژن در رسوبات و میزان مواد غذایی (برگرفته از Jorissen et al., 1995).

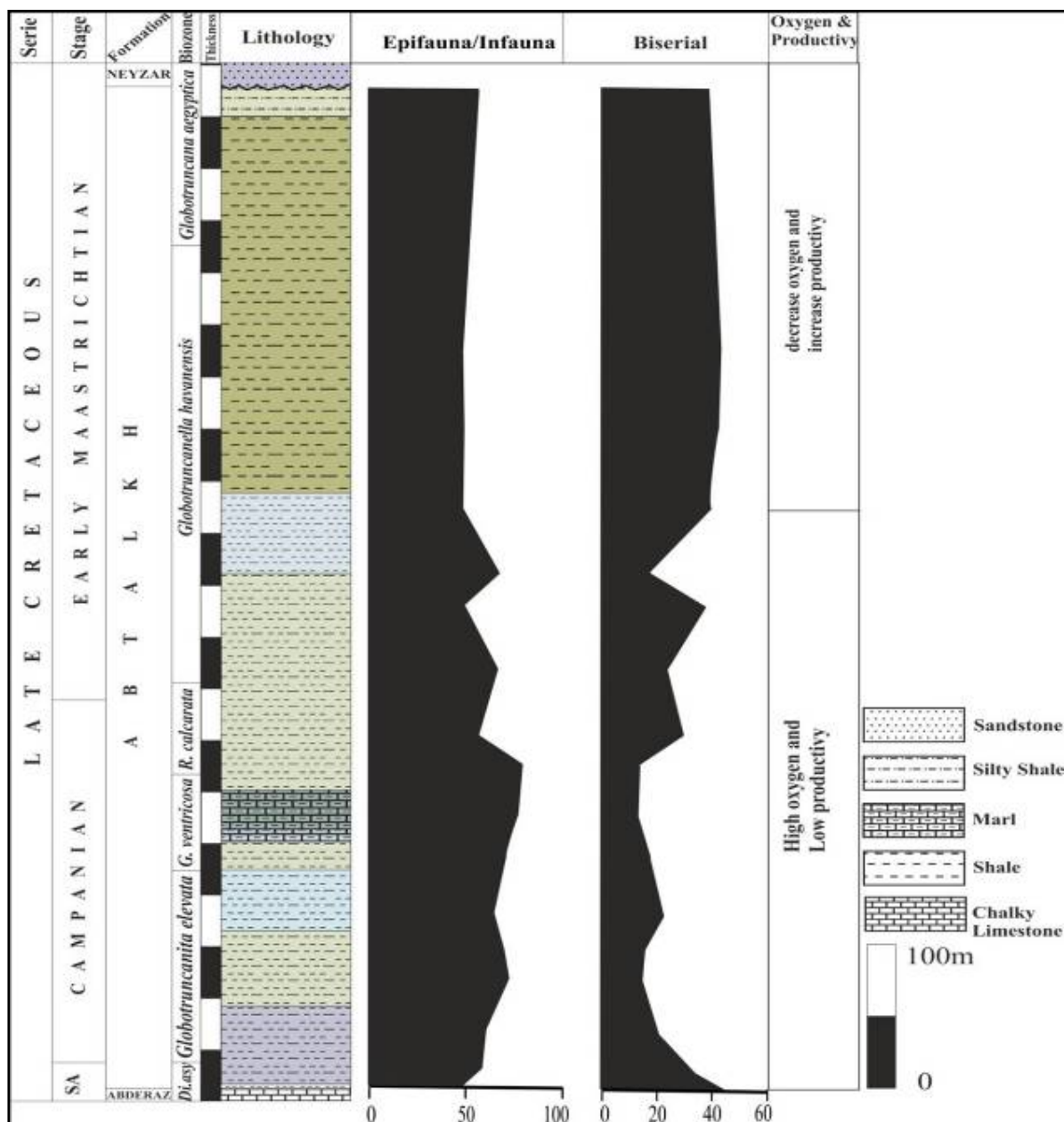
پ-3- گونه‌های اپی فونا و اینفونا

شرایط اکسیژن کم معمولاً در عمق باتیال (1000 - 1500 متر) در طول بخشهای حاشیه قاره‌ای که تحت شرایط زون مینیمم اکسیژن (OMZ) و نواحی با فرآوری بالا (بالا آمدگی)، در نواحی فقیر از چرخش هوا، آبدرد (Fjords) و ... ایجاد می‌شود. *Bolivinoidea* و *Uvigerina* از جمله جنس‌هایی به شمار می‌روند که در این شرایط فراوان می‌شوند. گونه‌های آهکی که شرایط اکسیژن کم را تحمل می‌کنند دارای دیواره نازک، پوسته منفذ دار با اشکال کشیده پهن (Elongate flatten) یا اشکال باریک هستند که گونه‌های اینفونا نامیده می‌شوند. این گونه‌ها در زیر یک سانتی‌متری رسوب پیدا می‌شوند به صورت پلان‌اسپایرال با یک حاشیه گرد شده، صدفهای سیلندری و تخم مرغی شکل با پیچش 2 یا 3 ردیفی هستند و منافذ به طور کامل روی پوسته آنها پراکنده شده‌اند (Mullins et al., 1985; Kaminski et al., 1988).

همچنین چهار دسته اپی فونا تعیین شده است که شامل ریخت شناسی تروکواسپایرال پلانوکوکوس، تروکواسپایرال بای ککو کس، تروکواسپایرال گرد شده و پیچش میلیولین

باتیال بالایی و در بخش انتهایی، عمق نریتیک را نشان می‌دهد. همچنین در ابتدای برش نسبت مورفوتایپ (EP/IN) فراوان و روزن داران دوردیفی کاهش می‌یابند که نشان دهنده شرایط محیطی اکسیژن بالا و مواد غذایی کم و در بخش میانی و انتهایی برش مورد مطالعه نسبت مورفوتایپ (EP/IN) کاهش می‌یابد که حاکی از کاهش مقدار اکسیژن و افزایش مواد غذایی می‌باشد.

آب‌دراز به صورت تدریجی و هم‌شیب و مرز بالایی آن با سازند نیزار ناپوسته است. با بررسی تغییرات سطح دریا و تعیین عمق در این برش 4 مورد تغییر مشاهده گردید. این تغییرات نشان دهنده این است که در ابتدای سازند پیش‌روی آب صورت گرفته و به سمت انتهای سازند سطح آب دریا اُفت کرده است. با توجه به نمودار ارائه شده توسط (1998 Berggren)، این سازند در بخش ابتدایی و میانی، عمق



شکل 7: نمودار تفکیک زونهای اکسیژن به وسیله روزن داران پلانکتونیک دوردیفی و مورفوتایپهای روزن دار بنتیک در برش مطالعه شده

جدول 1: مورفوتایپهای روزن داران بنتونیک (برگرفته از Alegret et al., 2003)

EPIFAUNAL CALCAREOUS

Rounded trochospiral

Anomalinoidea rubiginosus^a
Gyroidinoidea globosus^a

Plano-convex trochospiral

Alabamina wilcoxensis
Angulogavelinella avnimelechi
Cibicidoides abudurbensi^b
Cibicidoides hyphalus^{a,b}
Cibicidoides eklomi
Cibicidoides howelli
Cibicidoides proprius^{s,l}
Cibicidoides velascoensis^{a,b}
Cibicidoides spp.^a

Globorotalites michelinianus

Globorotalites spp.^a

Gyroidinoidea depressus

Gyroidinoidea girardanus^a

Gyroidinoidea subangulatus

Nuttallinella florealis^a

Nuttallinella coronula

Osangularia plummerae

Paralabamina hillebrandti^{a,b}

Stensioeina beccariformis^b

Stensioeina excolata

Valvalabamina lenticula

Biconvex trochospiral

Anomalinoidea acutus

Anomalinoidea aegyptiacus

Anomalinoidea ammonoides

Anomalinoidea spp.

Cibicidoides dayia

Cibicidoides pseudoacutus

Lenticulina spp.^a

Nuttallides truempyi^{2a,c,d}

Oridorsalis plummerae^b

Osangularia plummerae

Osangularia spp.

Paralabamina lunata^{a,b}

Sliteria varsoviensis^b

Trochospiral flattened

Heronallenia lingulata

Milioline

Quinqueloculina sp.

Palmate

Fronicularia jarvisi

Neoflabellina delicatissima

EPIFAUNALAGGLUTINATED

A: Tubular or branching

Bathysiphone

Hyperammia sp.^c

B2: Coiled flattened and streptospiral

Ammodiscus cretaceus^e

Ammodiscus latus

Ammodiscus macilentus

Ammodiscus spp.^c

Glomospirella grzybowskie

Glomospira sp.^{c,d,e}

Repmanina charoides

INFAUNAL CALCAREOUS

Cylindrical tapered

Bulimina midwayensis

Bulimina trinitatensis^{a,b}

Buliminella grata

Eouvigerina subsculptura^a

Ellipsoidella spp.

Fursenkoina sp.

laevidentalinids

Pleurostomella spp.

Praebulimina reussi^b

Praebulimina spp.

Pseudouvigerina plummerae^{a,b}

Pyramidina rudita^{a,b}

Sitella cushmani^b

Stilostomella sp.^c

Flattened tapered

Astacolus spp.

Aragonia velascoensis

Bolivinoidea delicatulus^{a,b}

Bolivinoidea draco^{a,b}

Coryphostoma decurrens

Coryphostoma incrassata^a

Coryphostoma incrassata forma gigantean^b

Coryphostoma plaitum

Loxostomuma

Vaginulina trilobata

Allomorphina polonica

Allomorphina velascoensis

Globulina spp.^a

Guttulina sp.

Lagena spp.^a

Quadriformina allomorphinoides?

Reussoolina spp.^a

Rounded planispiral

Nonionella spp.^a

Pullenia cretacea^a

Pullenia coryelli^a

Pullenia jarvisi^a

Flattened ovoid

Buchnerina sp.

Paliolatella orbygniana

Biconvex trochospiral

Gyroidinoidea beissel^f

Oridorsalis umbonatus^g

INFAUNAL AGGLUTINATED

B1: Globular unilocular

Saccamina placenta^e

Saccamina sp.^e

C1: Elongate multilocular

Arenobulimina truncata

Arenobulimina spp.^e

Clavulinoides amorphia emend. Alegret and

Thomas

Clavulinoides trilatera

Dorothia bulleta

Dorothia pupa

Gaudryina laevigata

Gaudryina pyramidata^c

Marssonella indentata

Marssonella oxycona^e

Spiroplectammina spp.^e

Spiroplectammina dentata

Spiroplectammina spectabilis

Reophax spp.^{e,h}

Subreophax velascoensis

Subreophax spp.^e

Vulvulina sp.

Flattened trochospiral

*Haplophragmoidesh*ⁱ

Plate 1- planktonic foraminifera. Scale bars represent 100µm.

1- *Dicarinella asymetrica* (Sigal); 2- *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk); 3- *Globotruncanita elevata* (Brotzen); 4- *Globotruncana ventricosa* (White); 5- *Radotruncana calcarata* (Cushman); 6- *Globotruncana aegyptiaca* (Nakkady); 7- *Archaeoglobigerina cretacea* (D'Orbigny); 8- *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer); 9- *Globigerinelloides multispinus* (Lalicker); 10- *Heterohelix punctulata* (Cushman); 11- *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk); 12- *Heterohelix papula* (Belford); 13- *Laeviheterohelix dentata* (Stenestad); 14- *Planoglobulina carseyae* (Plummer).

Plate 2- benthic foraminifera. Scale bars represent 100µm.

1- *Ammobaculites corprolitiformis* (Schwager); 2- *Ammodiscus cretacea* (Reuss); 3- *Bolivinoidea draco australis* (Leeuwin); 4- *Bolivinoidea decoratus* (Jonnes); 5- *Clavulinoides trilatera* (Cushman); 6- *Gaudryina pyramidata* (Cushman); 7- *Globulina lacrima* (Reuss); 8- *Dorothia conula* (Reuss); 9- *Eouvigerina americana* (Cushman); 10- *Eouvigerina subsculptura* (MacNeil & Caldwell); 11- *Marsonella oxycona* (Reuss); 12- *Praebulimina reussi* (Morrow); 13- *Coryphostoma incrassata* (Reuss); 14- *Lagena sulcata* (Walker & Jacob); 15- *Marginulina navarroana* (Cushman); 16- *Nodosarella gracillima* (Cushman); 17- *Pleurostomella subnodosa* (Reuss); 18- *Ramulina ornata* (Cushman); 19- *Spiroloculina cretacea* (Reuss); 20(a,b)- *Anomalinoidea acutus* (Plummer); 21(a,b)- *Osangularia plummerae* (Brotzen); 22(a,b)- *Gyroidinoidea globosus* (Hagenow).

Plate 1

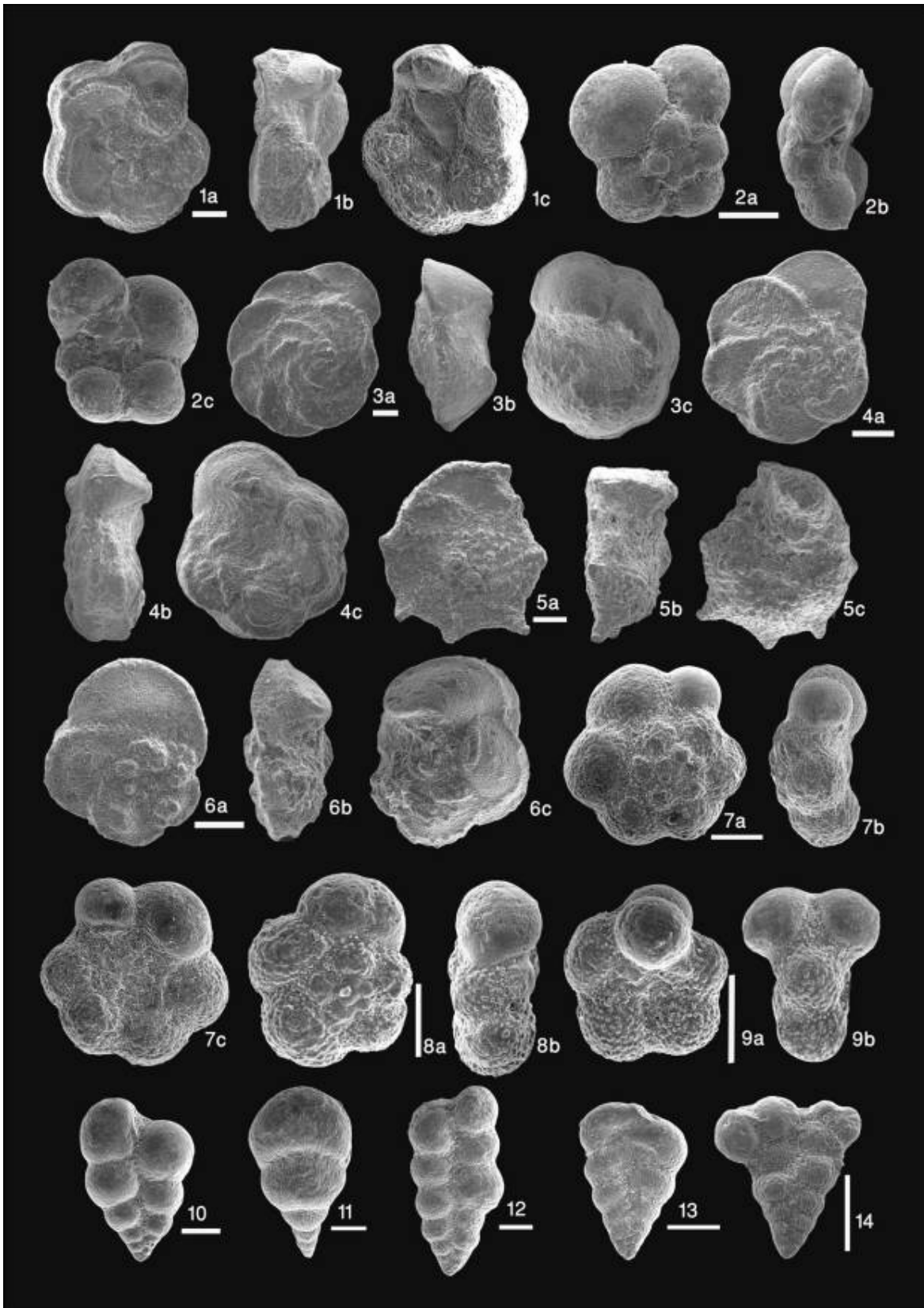
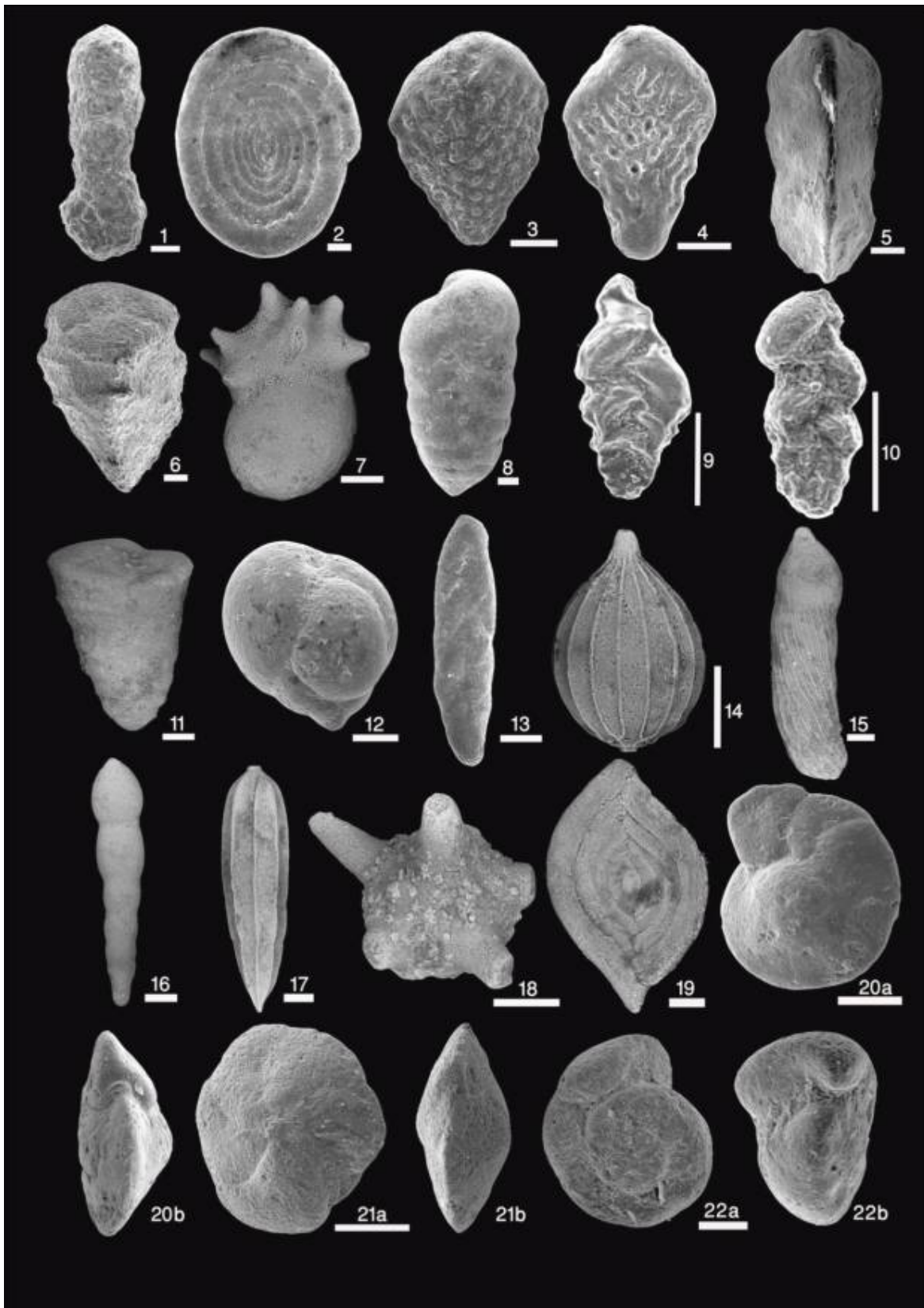


Plate 2



منابع

- افشارحرب، ع.، 1373. زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، 276 ص.
- جنتی جهرمی، م.، یزدان پناه، م.، 1379. زیست‌چینه‌شناسی نانوفسیلهای آهکی سازند آب تلخ در مقطع تیپ. چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز.
- علامه، م.، حسن زاده، ع.، 1386. مطالعه سازند آب تلخ در حوضه رسوبی کپه‌داغ بر مبنای آستراکدها. اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
- نریمانی، ح.، 1383. مطالعه آستراکدهای سازند آب تلخ در برش الگو. بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- هادوی، ف.، 1380. نانوفسیلهای سازند آب تلخ در غرب روستای چهچه (جاده مشهد - کلات). بیستمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- وحیدی نیا، م.، 1386. مطالعات بایواستراتیگرافی رسوبات سنونین تا ماستریشتین حوضه کپه‌داغ. پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- Alegret, L., & Thomas, E., 2001. Upper Cretaceous and Lower Paleogene benthic foraminifera from northeastern Mexico. *Micropaleontology*, 47: 269-316.
- Alegret, L., Molina, E., & Thomas, E., 2003. Benthic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene boundary at Agost (southeastern Spain): paleoenvironmental inferences. *Marine Micropaleontology*, 48: 251-279.
- Berggren, W.A., 1998. Marine Micropaleontology: an Introduction. In: Haq, B.U., & Boersma, A., (Eds.), Introduction to Marine Micropaleontology, 2nd Edition, Elsevier Science (Singapore) Pte Ltd., P 1-17.
- Bozorgnia, F., & Banafti, S., 1964. Microfacies and microorganisms of Paleozoic through tertiary sediments of some parts of Iran. 22p.
- Corliss, B.H., 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature*, 314: 435-438.
- Corliss, B.H., & Emerson, S., 1990. Distribution of Rose Bengal stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotian continental margin and Gulf of Mexico. *Deep-sea research*, 37: 381-400.
- Gooday, A.J., 1994. The Biology of Deep-Sea Foraminifera: A Review of Some Advances and Their Applications in Paleooceanography. *Palaios*, 9: 14-31.
- Grimsdale, T.F., & Van Morkhoven, F.P.C.M., 1955. The ratio between pelagic and benthic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proceedings of 4th World Petroleum Congress*, Section I/D4: 473-491.
- Jorissen, F.J., Stigter, H.C., & Widmark, J.G.V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 26: 3-15.
- Jorissen, F.J., Fontanier, C., & Thomas, E., 2007. Paleooceanographical proxies based on deepsea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In: Hillaire-Marcel, C., & de Vernal, A. (Eds.), Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography (Pt.2): Biological tracers and biomarkers, Elsevier, 843 pp.
- Kalantari, A., 1969. Foraminifera from the middle-Jurassic-Cretaceous of Kopet-Dagh region (N.E. Iran). *Tehran NIOC. Geol. Laboratories*, Publication No.3; Ph.D. thesis, London University.
- Kaminski, M.A., Gradstein, F.M., Berggren, W.A., Geroch, S., & Beckmann, J.P., 1988. Flysch-type agglutinated foraminiferal assemblages from Trinidad: Taxonomy, stratigraphy and paleobathymetry. *Proc. Second Workshop on Agglutinated Foraminifera*, Vienna, Abhandl; Geologische Bundesanstalt, 41: 155-227.
- Keler, G., & Pardo, A., 2004. Disaster opportunists Guembelitrinidae: index for environmental index for environmental catastrophes. *Marine Micropaleontology*, 53: 83-116.

- Kouwenhoven, T.J., & Van der Zwaan G.J., 2006. A reconstruction of Late Miocene Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238: 373-385.
- Hannah, F., Rogerson, A., & Laybourn-Parry, J., 1994. Respiration rates and biovolumes of common benthic foraminifera -Protozoa. *Journal Marine Biological Association*, UK, 74: 301–312.
- Mullins, H.T., Thompson, J.B., McDougall, K., & Vercoutere, T.L., 1985. Oxygen-minimum zone edge effects: evidence from the Central California coastal upwelling system. *Geology*, 13: 491–494.
- Lipps, J.H., 1983. Biotic interactions in benthic foraminifera. In: Tevesz, M.J.S., & McCall, P.L., (Eds.), *Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities*. *Plenum Publishing Co.*, New York. pp. 331-376.
- Phleger, F.B., 1951. Foraminiferal distribution, pt.I, Ecology of foraminifera, northwest Gulf of Mexico. *Geol. Soc. Am. Mem*, 46: 1-88.
- Sliter, W.V., & Baker, R.A., 1972. Cretaceous bathymetric distribution of benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 2: 167-183.
- Van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J., & De Stigter, H.C., 1990. The depth-dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios; constraints and applications. *Marine Geology*, 95: 1-16.
- Van der Zwaan, G.J., Duijnste I.A.P., Den Dulk M., Ernst S.R., & Kouwenhoven, N.T., 1999. Benthic foraminifera: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. *Earth Sciences Reviews*, 46: 213-236.
- Van Hinsbergen, D.J.J., Kouwenhoven T.J., & Van der Zwaan, G.J., 2005. Paleobathymetry in the backstripping procedure: distinguishing between tectonic and climatic effects on depth estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221: 245-265.
- Van Marle, L.J., Van Hinte, J.E., & Nederbragt, A.J., 1987. Plankton percentage of the foraminiferal fauna in seafloor samples from the Australian-Irian Jaya continental margin, Eastern Indonesia. *Marine Geology*, 77: 151-156.
- Vernberg, F.J., & Vernberg, W.B., 1976. *Functional Adaptation of Marine Organisms*. *Academic Press*, 347 pp.
- Wright, R.G., 1977. Planktonic-Benthonic ratio in foraminifera as paleobathymetric tool. Quantitative evaluation. *Annual American Association of Petroleum Geologists and Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Convention* (Washington, D.C.), p.65 (Abstract).

Paleoecology of Abtalkh Formation based on planktonic and benthic foraminifera in Padeha section, Kopet-Dagh Basin

Ahmadi, M.^{1*}, Vahidinia, M.², Ashouri, A.R.³

1- M.Sc. in Paleontology & Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*E-mail: mortezaahmadi2000@gmail.com

Abstract

Abtalkh Formation is a part of Late Cretaceous sedimentary unit in the Kopet- Dagh basin, NE Iran. This study deals with the study of this formation in the eastern parts of the basin in Padeha village. Its thickness is about 991m, and lithologically consists of grey, greyish to blue shale and marl. The lower contact with Abderaz Formation is conformable and transitional, but the upper boundary with Neyzar Formation is disconformable. At this study, Paleoecology (paleobathymetry, oxygen and productivity) determined, based on planktonic and benthic foraminifera. Also, benthic foraminifera species, planktonic to benthic ratio and Van der Zwaan *et al.*, (1990) equation were used as an indicator for investigation of bathymetry and sea level change. Therefore, in the view of bathymetry, the lower and middle parts of the formation are deposited in the bathyal (approximately 170-470 m in depth); while the upper part attributes to neritic zone (approximately 40-170 m in depth). In addition, analysis of epifaunal to infaunal benthic morphotypes and biserial planktonic foraminifera, this formation at this locality divided into two parts: the lower part of the section in which epifaunal to infaunal ratio is abundance, and biserial foraminifera decrease, indicating environmental conditions with high oxygen and low nutrients flux and the upper part of section that epifaunal to infaunal morphotype ratio decreases and biserial foraminifera increase, showing a decrease in oxygen and increase in nutrient flux.

Keywords: Biozone, Abtalkh Formation, Kopet-Dagh, Padeha, Planktonic Foraminifera.