Archive of SID

بررسی میزان تولید مواد آلی (Paleoproductivity) طی انبایش سازند گورپی در برش الگو

نوشته: دکتر ابراهیم قاسمی نژاد* و الهه زارعی*

Paleoproductivity of the Gurpi Formation at its Type Section

By: Dr. E. Ghasemi-Nejad* & E. Zarei*

چکیده

برش الگوی سازند گورپی در تنگ انبار سفید در نزدیکی آبادی حتی در شمال خاوری شهر لالی قرار دارد. این سازند با ۱۸۲ متر ستبرا و با سنگ‌شناسی شیل آهکی تا شیل سیاه رنگ با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند آهکی ایلام قرار می‌گیرد و به صورت پیوسته و تدریجی به شیلهای ارغوانی رنگ سازند پابده تبدیل می‌شود. سن برش مورد مطالعه بر مبنای حضور *Globotruncana calcarata* از روزن‌داران و *Odontochitina porifera* از داینوسیستها در قاعده سازند، از کامپانین پسین شروع می‌شود. سن مرز بالایی این سازند با شیلهای ارغوانی قاعده سازند پابده به علت عدم حفظ شدگی پالینومورفها در قسمت بالایی سازند فقط بر اساس روزن‌داران و حضور *Morozovella velascoensis* با سن پالئوسن پسین (Thanetian) تعیین گردید. مرز کرتاسه – ترشیری تقریباً ۵۷ متر پایین‌تر از شیلهای ارغوانی تفکیک کننده سازندهای گورپی و پابده و در داخل شیلهای سیاه رنگ سازند گورپی قرار می‌گیرد.

در این مطالعه به منظور بررسی چگونگی و میزان تولید مواد آلی در برش الگوی سازند گورپی از چگونگی نسبت دو گروه از داینوسیستها، پریدینیویید به گونیالاکویید، استفاده شد. از آنجا که پریدینیویدها (P) از فرمهای حساس به شرایط بوم‌شناختی محسوب می‌شوند، از این رو برای برآورد میزان تولید مواد آلی لازم است این مسئله مشخص گردد که آیا نبود آنها ناشی از عدم تولید آنها و یا ناشی از عدم حفظ شدگی آنهاست. لذا عوامل حفاظت از مواد آلی، از جمله عامل Lability وتغییرات نسبت SOM به پالینومرف دریایی، به منظور بررسی درجه حفظ شدگی مواد آلی مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه برآن، برای بررسی عوامل و شرایط تولید از چهار شاخص به شرح زیر استفاده شد:

نسبت داینوسیستهای پریدینیویید به گونیالاکویید (P/G)، نسبت داینوسیستهای شاخص محیطهای نرتیک خارجی به نریتیک داخلی (ON/IN)، نسبت پالینومرفهای خشکی به دریایی(T/M) و نسبت روزن‌داران پلانکتون به کف‌زی (P/B). بر این اساس سه زیست‌رخساره و دو زیر زیست‌رخساره تفکیک گردید.

بررسی این عوامل نشان می‌دهد که در زیست‌رخساره I با ویژگی پایین بودن درجه حفظ شدگی مواد آلی (کاهش Lability و افزایش SOM تیره به پالینومرف دریایی) و وجود نسبت بالایی از P/B و روزن‌داران کف‌زی ژرف و همچنین فراوانی داینوفلاژله‌های نریتیک خارجی از جمله *Impagidinium* ، عدم وجود داینوسیستهای پریدینیویید (P) ناشی از عدم تولید و عدم حفظ شدگی مواد آلی است. در زیست‌رخساره II که مواد آلی دارای حفظ شدگی نسبتاً خوبی هستند (Lability بالا و نسبت پایین SOM به پالینومرف دریایی) می‌توان بر اساس اختلاف فراوانی پریدینیوییدها (P) دو زیر زیست‌رخساره تفکیک کرد. در زیرزیست‌رخساره IIa فراوانی روزن‌داران کف‌زی و نسبت T/M به همراه افزایش فراوانی *Spiniferites* نشان‌دهندهٔ کاهش ناگهانی سطح آب و شرایط پسروی است که باعث عدم تولید پریدینیوییدها شده است و در زیست‌رخساره IIb وجود روزن‌داران کف‌زی کم‌ژرفا و کاهش نسبت P/B و افزایش T/M و حضور فرمهای نریتیک داخلی چون گروه *Areoligera* و*Fibrocysta* و... می‌توان بالا بودن میزان تولید را ناشی از تولید در نزدیک ساحل دانست. در زیست رخساره III نیز وجود روزن‌داران و داینوفلاژله‌های آب سرد را می‌توان نشان‌دهندهٔ وجود جریانهای آب سرد در ابتدای پالئوسن دانست. وجود فسفات و گلوکونیت و فراوانی روزن‌داران جنرالیست (ecological generalists) نشان می‌دهد که عدم وجود فرمهای پریدینیویید، به علت کاهش دمای آب و عدم شرایط مناسب برای تولید آنها بوده است.

کلید واژه‌ها: سازند گورپی، تولید مواد آلی، روزن‌داران، مواد آلی، زیست‌رخساره

www.SID.ir

Archive of SID

Abstract

The type section of the Gurpi Formation which is located in Anbar-e-Sefid Valley near to Lali town is about 182 m thick and consists of calcareous shales and black shales. The formation lies by an erosional disconformity on Ilam Formation and turns gradually to the purple shales of the overlying Pabdeh Formation. The Gurpi Formation was dated the late Campanian to late Paleocene based on the presence of foraminifer species *Globotruncana calcarata* and dinocyst species *Odontochitina porifera* in the lowermost parts and foraminifer species *Morozovella velascoensis* in the uppermost parts of the section. The Cretaceous / Tertiary boundary (KTB) is located some 57 meters below the Gurpi and Pabdeh contact within the black shales of the Gurpi Formation.

In order to study paleoproductivity of the Gurpi Formation, the authors examined many different factors including changes in ratio of Peridinioid to Gonyaulacoid (P/G) dinoflagellate cysts. Peridinioid dinocysts are stenotopic forms and usually used for this purpose but one has to determine whether their absence in sediments is because of original absence during depositional period or because of bad preservation and destruction after their production and during depositional period. Thus factors related to state of preservation of the organic matters including "lability" and ratio of structureless organic matter (SOM) to marine palynomorphs were calculated for the samples throughout the stratigraphic column. In addition four different indices were also calculated for paleoproductivity condition including ratio of Peridinioid to Gonyaulacoid (P/G) dinocysts, ratio of dinocysts indices for outer neritic to those of inner neritic, ratio of terrestrial to marine elements (T/M), and ratio of planktonic to benthonic foraminifera. Based on these factors three biofacies and two subfacies were recognized and differentiated. Facies (I) is marked by the low state of preservation of organic residue, low lability and a relatively high ratio of SOM to marine elements. The ratio of Planktonic to benthonic (P/B) is relatively high, abundance of deep-water benthonic foraminifera and dinocysts indices for outer neritics such as *Impagidinium*. Absence of peridinioids is more probably because of their bad state of preservation. In biofacies II preservation of organic matter is much better (higher lability, and low ratio of SOM to marine palynomorphs). Altogether production of organic matter is much higher in this facies. In biofacies III presence of cold-water foraminifera and dinoflagellate cysts indicate presence of cold-water currents at the beginning of Paleocene. Presence of phosphates and glauconites and abundance of ecological generalist foraminifera indicate that the absence of the Peridinioid dinocysts is related to reduction in temperature and lack of suitable condition for their propagation.

.

Keywords: Gurpi Formation, Paleoproductivity, Foraminifera, Organic matters, Biofacies.

مقدمه

بازسازی تولید یوکاریوتها در محیط دریایی به دلیل وابستگی به ویژگیهای آب وهوایی و نقش جریانهای سطحی و بالاروندهٔ(upwelling) در آنها و نیز مطرح شدن چرخه کربن جهانی بسیار قابل توجه است. بازسازی چنین شرایطی بر مبنای ویژگیهای ژئوشیمیایی و ریزدیرینه‌شناختی (بر اساس روزن‌داران کف‌زی، دینوفلاژله‌ها ، کوکولیتها ، دیاتومها ، رادیولرها) امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین استفاده از این گروهها، بررسی میزان تولید در یک محیط دریایی باز را امکان‌پذیر می‌سازد. بیشتر گروههای فسیلی به دلیل دارا بودن پوسته های کانی‌سازی شده (بخصوص آهکی) مستعد انحلال شیمیایی (بویژه در عرض جغرافیایی بالا) هستند. این محدودیت تا حد زیادی در مورد دینوفلاژله‌ها وجود ندارد، زیرا آنها دارای پوسته‌های (سیستهای) آلی هستند. اگرچه فراوانی اکسیژن باعث تجزیه دیواره آلی دینوفلاژله‌ها می‌شود اما این گروه به صورت قابل توجهی نسبت به نوسانات مواد غذایی حساس هستند. بنابراین، سیست دینوفلا ژله‌ها (دینوسیستها) ابزار مفیدی برای بازسازی میزان تولید در زمان گذشته به شمار می‌آیند.

برش مورد مطالعه که در تنگ انبار سفید در نزدیکی روستای حتی در شمال خاوری شهرلالی واقع شده (شکل ۱) شامل ۱۸۲ متر شیل آهکی و شیل خاکستری تا سیاه‌رنگ است. در این برش، عضوهای آهکی امام حسن و سیمره مشاهده نمی‌شوند. این توالی با یک ناپیوستگی فرسایشی بر روی آهک ایلام قرار می‌گیرد و حد بالایی آن با شیلهای سیلتی ماسه‌ای ارغوانی سازند پابده به صورت تدریجی و بدون ناپیوستگی است.

توالی رسوبی مورد مطالعه از پایین به بالا شامل ۶۵ متر شیل آهکی، ۳۰ متر شیل خاکستری با میان لایه شیل آهکی، ۲۳ متر شیل خاکستری متمایل به سبز، ۲۹ متر شیل آبی تا سیاه‌رنگ که بیشتر به حالت گرهکی دیده می‌شود و به طرف بالا حالت مارنی پیدا می‌کند. بر روی این توالی، ستبرایی در حدود ۳۳ متر به طور کامل پوشیده می‌باشد که با تعقیب لایه‌ها به جوانب نیز رخنمون آن مشاهده نگردید. بر روی این واحد پوشیده حدود ۲ متر شیل سیاه‌رنگ قرار می‌گیرد که به واحدی با ستبرای ۱۵ متر از شیل و ماسه‌های ارغوانی رنگ قاعدهٔ سازند پابده ختم می‌شود. در ۵ متر بالای این بخش، آثار گلوکونیت نیز مشاهده می‌شود. به منظور بررسی میزان تولید مواد آلی (Paleoproductivity) که از عوامل عمده رسوب‌شناختی و شاخص شرایط بوم‌شناختی محیطهای رسوبی است، ۳۰ نمونه به طور سیستماتیک از این سازند بر داشت و مطالعه شد (شکل ۲).

روشهای آزمایشگاهی

برای تهیه اسلایدهای پالینولوژیکی به منظور مطالعه مواد آلی، از روش تقریباً استاندارد Traverse (1988) استفاده شد. بر اساس این روش پس

www.SID.ir

Archive of SID

از افزودن اسید کلریدریک و اسید فلوریدریک و مراحل خنثی سازی، به وسیله محلول سنگین کلرید روی ($ZnCl_2$) عمل جداسازی پالینومرفها از مواد دیگر صورت گرفت. اما از آنجا که تمام عناصر موجود در اسلایدهای پالینولوژیکی برای تفاسیر محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرند، بنابراین در اینجا لازم است موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.

- برای جلوگیری از اشتباه احتمالی از خرده گیاهی مربوط به گیاهان امروزی پس از خرد کردن نمونه‌های پالینولوژی آنها را با آب شسته تا از ذرات و گرده‌های گیاهان امروزی موجود در نمونه‌ها پاک‌سازی شود .
- از آنجا که در مطالعهٔ مواد آلی و بررسی عوامل حفاظت مواد آلی از رنگ این مواد(ماسرال وSOM) استفاده می‌شود، لذا از مواد روشن‌کننده مواد آلی از قبیل وایتکس یا محلول شولز و رنگ آمیزی کردن نمونه‌ها خودداری گردید.
- اسلایدهای پالینولوژیکی با میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفته است. برای جلوگیری از اشتباه احتمالی در مورد SOM و اطمینان از وجود ماسرال قهوه‌ای، این عناصر در نور پلاریزان نیز بررسی شدند.
- مطالعه روزن‌داران از طریق مقاطع نازک صورت گرفته است .

هدف از مطالعه

به منظور چگونگی تولید مواد آلی طی انبایش واحدهای سنگ‌چینه‌ای از نسبت دینوسیستهای پریدینیویید(Peridinioid) به گونیالاکویید (Gonyaulacoid) یا (P/G) استفاده می‌شود (Sluijs et al.,2005; Vernal,1989). غالب دینوفلاژله‌های پریدینیویید دگرپرورد (هتروتروف) هستند و در محیطی که مواد غذایی در دسترس باشد، زیاد می‌شوند. از مهم‌ترین مباحث پیرامون دینوسیستهای پریدینیویید این است که تمام آنها دگرپرورد نیستند و امکان دارد فراوانی آنها بجز فراوانی مواد غذایی، به شرایط دیگری همچون دما نیز وابسته باشد. از سوی دیگر ممکن است به‌رغم وجود شرایط مساعد برای تولید و فراوانی آنها، به دلیل حساسیت بالای سیستهای این گروه به شرایط محیطی همچون اکسیژن و میزان رسوبگذاری، در رسوبات حفظ نشده و باقی نمانند (Zonneveld et al.,1997). به‌رغم این مباحث، به طور معمول تطابق خوبی بین فراوانی این سیستها با میزان تولید و فراوانی مواد غذایی وجود دارد. برای تعیین اینکه آیا نبود سیستهای پریدینیویید ناشی از عدم تولید آنها در زمان گذشته بوده یا ناشی از عدم حفظ شدگی آنها، بایستی عوامل حفاظت از مواد آلی و همچنین تطابق فراوانی پریدینیویدها با دینوسیستهای آب گرم و سرد محاسبه و بررسی شود. در این مطالعه، چگونگی تولید مواد آلی طی انبایش سازند گورپی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور دو عامل Lability و نسبت مواد نامتبلور به پالینومرف دریایی برای بررسی درجه حفظ شدگی نیز مورد مطالعه قرار گرفت. از سوی دیگر برای بررسی شرایط و عوامل تولید، شاخصها و عوامل مختلفی مورد بررسی قرار گرفت.

اطلاعات پالینولوژیک

تمام مواد موجود در اسلایدهای پالینولوژیک برای تعیین دیرینه‌رخساره و تفسیر محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد را می‌توان در سه گروه مواد نامتبلور (SOM)، پالینومرف دریایی (MP) و پالینوماسرال(P) قرارداد.

۱- مواد نامتبلور (SOM): مواد آلی بدون ساختار را شامل می‌شود که به دو صورت تیره و شفاف دیده می‌شوند. این مواد نامتبلور و بی‌شکل هرچند ساختار مشخصی ندارند، ولی در تفسیرهای بوم شناختی به عنوان مهم‌ترین عناصر شناخته می‌شوند .

۲- پالینومرفهای دریایی(MP): شامل دینوفلاژله‌ها، آکریتارکها، پوسته داخلی روزن‌داران می‌شوند که در برش مورد مطالعه بیشتر شامل دینوفلاژله‌ها هستند.

۳- پالینوماسرال(p): شامل تمام ذراتی هستند که از محیط خشکی وارد حوضه می‌شوند. این گروه تمام خرده‌های مربوط به محیطهای خشکی از جمله خرده‌های برگ و ریشه درختان و همچنین گرده‌ها و هاگهای مربوط به گیاهان را در برمی گیرد (Bombardiere & Gorin,2000; Waveren & Visscher,1994; Eshet & Hoek,1996).

نسبت دینوسیستهای پریدینیویید به گونیالاکویید (P/G)

برای بررسی میزان تولید مواد آلی در زمان گذشته می‌توان از نسبت P/G استفاده کرد (Sluijs et al.,2005; Holbourn et al.,2001; Vernal,1989). معمولاً پریدینیویدها از دینوفلاژله‌های دگرپرورد هستند و در محیطهای با مواد غذایی فراوان، زیاد می‌شوند. در مقابل، گونیالاکوییدها از دینوسیستهای خودپرورد (اتوتروف) هستند که معمولاً فراوانی آنها در مناطق دور از ساحل است. این فرمها نسبت به پریدینیوییدها در مقابل شرایط اکسیژن‌دار محیط مقاومت بیشتری نشان می‌دهند (Zonneveld et al., 1997 ; Guasti et al. , 2005 ; Brinkhuis et al., 1998;). برای بررسی میزان تولید طی انبایش سازند گورپی نسبت پریدینیوییدها به گونیالاکوییدها (P/G) برای تمامی نمونه‌ها در طول ستون چینه‌شناسی محاسبه گردید و سپس منحنی مربوطه رسم شد (شکل۳- F). از آنجا که حفظ شدگی دینوسیستهای پریدینیویید وابسته به شرایط بوم‌شناختی، از جمله میزان اکسیژن و آهنگ رسوبگذاری و... است لذا برای تعیین ارتباط حضور، نبود و فراوانی آنها با میزان تولید و حفظ‌شدگی عوامل حفاظت از مواد آلی نیز محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

عوامل "حفاظت از مواد آلی"

آنچه که در اسلایدهای پالینولوژیکی به دست می‌آید، نتیجه‌ای از حفاظت انتخابی مواد آلی است. این عوامل بر اساس چگونگی نسبت درصدی سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی (پالینومرف دریایی، SOM و ماسرالها) سنجیده می‌شوند (Wavern&visscher, 1994;Schioler et al.,2002; Carlos & Francisca, 1999 ; Oboh-Ikenobe , 2000; Schioler et al.,2002). در این مقاله دو عامل مورد بررسی قرار گرفت.

الف) عامل Lability

ماسرالها بر اساس میزان شفافیت، به دودسته کدر و قهوه‌ای تقسیم می‌شوند. عامل Lability بر اساس نسبت ماسرالهای قهوه‌ای به ماسرالهای کدر سنجیده می‌شود. ماسرال قهوه‌ای(b) وابسته به گیاهان خشکی بوده و نشان‌دهندهٔ محیط نزدیک ساحل است و ماسرال کدر (op) دارای رنگی تیره است که یک محیط نیمه اکسیژن‌دار – نیمه آرام را نشان می‌دهد. ماسرالهای کدر معمولاً از ماسرالهای قهوه‌ای به وجود می‌آیند و بنابراین در محیطهای دور از ساحل زیاد می‌شوند (Wavern&visscher, 1994; Bombardiere & Gorin,2000). بررسی نمودار Lability حاصل از مطالعات آماری(شکل۳-C) نشان‌دهنده افزایش تدریجی این عامل از حدود ۷۰ متری از قاعده برش تا مرز K/T است. (افزایش این عامل در ابتدای سازند مربوط به ریفهای قارچی و هاگ قارچها می‌باشد که دارای مقاومت بالایی در مقابل شرایط محیطی بوده و درجه حفظ شدگی بالایی دارند). بررسی این نمودار نشان می‌دهد که میزان Lability بدون در نظر گرفتن ریفهای قارچی به سمت بالای برش مورد مطالعه افزایش می‌یابد.

ب) نسبت SOM تیره به پالینومرف دریایی و SOM شفاف به پالینومرف دریایی

بهترین درجه حفاظت پالینومرفهای دریایی بویژه دینوفلاژله‌ها در شرایط بی‌اکسیژن و آهنگ رسوبگذاری بالاست. چنانچه میزان اکسیژن و نیز آهنگ رسوبگذاری پایین باشد، باعث عدم حفظ شدگی پالینومرفها و تبدیل آنها به SOM شفاف می‌شود. اگر میزان اکسیژن بالا و آهنگ رسوبگذاری پایین باشد، پالینومرفهای دریایی تغییر شکل داده و به SOM تیره رنگ تبدیل می‌شوند(Waveren & Visscher, 1994; Tyson, 1993 ; Bombardiere & Gorin, 2000 ; Zonneveld et al., 1997). در قاعده برش مورد مطالعه نسبت SOM تیره به پالینومرف دریایی زیاد است که نشان‌دهنده شرایط اکسیژن‌دار می‌باشد. به سمت بالای برش میزان SOM شفاف افزوده می‌شود (شکل ۳-D). بررسی این نمودار نشان‌دهنده این است که از ستبرای ۷۵ متری و در رخسارهٔ شیلهای سیاه‌رنگ سازند گورپی، حفظ شدگی خوبی از مواد آلی وجود دارد.

همچنین برای بررسی عوامل و شرایط تولید و وابستگی تولید به شرایط محیط ساحلی و نریتیک و یا به تولید سطحی در اقیانوس باز و... از سه عامل زیر استفاده شد:

نسبت دینوسیستهای شاخص نریتیک خارجی به نریتیک داخلی (ON/IN)

نسبت دینوسیستهای نریتیک خارجی(ON: Outer Neritic) به نریتیک داخلی(IN: Inner Neritic) برای بررسی نوسانات سطح آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که راسته گونیالاکوییدها (G) نسبت به شرایط اکسیژن‌دار مقاوم هستند و مقاومت بیشتری در مقابل شرایط بوم‌شناختی دارند، لذا فرمهای ON و IN از گروه دینوسیستهای گونیالاکویید انتخاب می‌شوند (Sluijs et al .,2005) (شکل ۳- E).

نسبت فرمهای خشکی به دریایی(T/M)

اسپورومرفها (Sporomorphs) و ماسرالها که در این مقاله با حرف T نمایش داده می‌شوند، نشان‌دهنده موادی هستند که از خشکی به محیط رسوبگذاری آورده شده‌اند. پالینومرفهای دریایی (Marine Palynomorphs) که با حرف M نشان داده می‌شوند، فرمهای دریایی هستند. از نسبت این دو گروه (T/M)، برای بررسی تغییرات نسبت عناصر خشکی به دریایی و بررسی نزدیکی و دوری از خط ساحلی استفاده می‌شود. (Waveren et al.,1994; Gorin & Steffen,1991). بررسی این عامل نشان می‌دهد که از ستبرای ۷۵ متری از قاعده سازند گورپی، افزایش اسپورومرفها و ماسرالهای قهوه‌ای مشاهده می‌شود که ناشی از پایین افتادن سطح آب است. مطالعه روزن‌داران پلاژیک و کف‌زی نیز می‌تواند در این خصوص، مورد استفاده قرار گیرد. بررسی نسبت روزن‌داران پلاژیک که در سطح آب زندگی می‌کنند به فرمهای کف‌زی که در منطقه نزدیک ساحل فراوان هستند نیز نشان دهنده تغییرات سطح آب است. همچنین تغییر در فراوانی روزن‌داران کف‌زی ژرف و کم ژرفا نشان‌دهنده تغییرات و نوسانات سطح آب هستند (Dodd & Stanton,1990; Martinez,1989; Shahin,1992). این تغییرات نیز در برش مورد مطالعه بررسی شدند و در شکل۳- A ارائه گردیده که گویای کاهش سطح آب است.

مطالعه تغییرات فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها

در این مطالعه، برای بررسی تغییرات در نسبت دینوسیستهای پریدینیویید به گونیالاکویید (P/G) از راسته پریدینیوییدها از گروههای *Cerodinium* و

www.SID.ir

Archive of SID

Lejuenecysta و از راسته گونیالاکوییدها از گروههای *Fibrocysta, Spiniferites, Impagidinium* و *Areoligera* استفاده شده است. در بررسی شاخص ON/IN نیز فقط از دینوسیستهای گونیالاکوییـد (G) استفاده شده است. گروه *Areoligera, Fibrocysta* محیطهای نریتیک داخلی(IN) و گروه *Spiniferites, Impagidinium* شرایط نریتیک خارجی (ON) را نشان می‌دهند. به همین دلیل این گروهها به طور اختصار معرفی می‌شوند و تصاویر آنها نیز در Plate 1 ارائه می‌گردد.

۱- *Fibrocysa* : این گروه شامل سیستهای گونیالاکوییـد پروکسیمیت رشته‌ای (fibrous proximate) تا کوریت مانند *Fibrocysta* , *Kenyleyia* است.بیشترین‌فراوانی آنها شامل *Corodosphaeridium* sp., *Operculodinium* sp. و *Cribroperidinium* spp. است که نشان‌دهنده محیط نریتیک داخلی هستند.

۲- *Cerodinium*: این گروه شامل سیستهای پریدینیوییـد حفره‌دار از جملـه گونـه‌هـای مختلـف *Cerodinium, Paleocystodinium, Spinidinium, Senegalinium* است. از مهم‌ترین جنسهای این گروه *Cerodinium* است که در برش مورد مطالعه، فراوانی و تنوع خوبی دارد. جنس *Cerodinium* که شباهت زیادی نیز به جنس *Deflandrea* دارد، از سیستهای دگرپرورد مربوط به محیط نریتیک و اقیانوسی است.

۳- *Areoligera*: از جنسهای *Gonyaulacoid* به شمار می‌آید. این گروه شامل گونیالاکوییدهای Skolochorate می‌شود که در قسمت پشتی و شکمی فشرده شده و بیشتر در مناطق نریتیک داخلی و ساحلی فراوان هستند. گونه‌های مختلف جنسهای *Areoligera* و *Glaphyrocysta* در این گروه قرار می‌گیرند.

٤- *Lejuenecysta* : این گروه از سیستهای Proximate-cavate یا به صورت بسیار ضعیف (Cornucavat) است که جزو سیستهای protoperidinioid قرار می‌گیرند. این گروه در مناطق با تولید بالا فراوان می‌شوند.

۵- *Spiniferites*: این گروه شامل *Spiniferites* و *Achomosphaera* است که جزو سیستهای گونیالاکوییـد (Proximochorate) جهانی قرار می‌گیرد. فراوانی *Spiniferites* معمولاً به عنوان شاخص پسروی شناخته شده است ولی بعضی از پژوهشگران آن را به عنوان شاخص محیط دریایی باز نیز می‌شناسند. بنابراین، استفاده از تغییرات فراوانی *Spiniferites* به عنوان تعیین چگونگی الگوی پیشروی باید به همراه دیگر عوامل شاخص صورت پذیرد. سایر مواد آلی همراه که در اینجا می‌توان از آنها استفاده کرد، ماسرالها و مواد نامتبلور هستند. چنانچه میزان *Spiniferites* همراه با افزایش ماسرالهای خشکی باشد نشان‌دهنده پسروی است، اما اگر فراوانی *Spiniferites* با تنوع و فراوانی دینوفلاژله‌ها همراه باشد، نشان‌دهنده شرایط محیط دریایی باز است.

٦- *Impagidinium* : از سیستهای گونیالاکوییـد (Proximochorate) است که نشان‌دهنده شرایط Oligotrophic در محیط دریایی باز است.

همچنین برای بررسی شرایط و عوامل تولید می‌توان از نسبت (ON/IN) و(P/B) و نسبت فرمهای خشکی به دریایی استفاده کرد. بر اساس این عوامل مطرح شده و نسبت تغییرات هر یک از این عوامل یعنی حفظ‌شدگی مواد آلی (Lability, SOM/MP) و نسبت فرمهای خشکی به دریایی و روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی، سه زیست‌رخساره و دو زیرزیست‌رخساره تفکیک گردید.

تعیین انواع زیست‌رخساره

تفکیک زیست‌رخساره‌ها براساس شاخصها و عوامل مطرح شده و تغییرات سنگ‌شناسی صورت گرفته است. بر این اساس سه زیست‌رخساره و دو زیر زیست‌رخساره به شرح زیر تعیین گردید:

زیست‌رخساره I

ویژگی این زیست‌رخساره حفظ شدگی پایین عناصر سازنده آن است. میزان Lability پایین ومیزان نسبت SOM/MP بالا بوده و SOM از انواع تیره است. چگونگی این عوامل نشان‌دهندهٔ عدم حفظ شدگی مناسب مواد آلی است. همچنین نسبت P/G پایین و نسبت ON/ IN خیلی بالا است. فراوانی دینوسیستها در این زیست‌رخساره بسیار پایین است که آن هم مربوط به دینوسیستهای ON مانند *Hystrichokolpoma, Impagidinium* است. نسبت (T/M) (S ازانواع ماسرالهای کدر است) بالاست و همچنین نسبت روزن‌داران P/B بالا و فراوانی و تنوع بالایی از فرمهای جنرالیست (eg = ecological generalists) مانند *Globotruncana calcarata* و *Globotruncana fornicata* در آن دیده می‌شود. روزن‌داران کف‌زی بسیار کمیاب و از انواع مربوط به ژرفای زیاد هستند.

زیست‌رخساره II

ویژگی این زیست‌رخساره میزان Lability بالا و نسبت SOM به پالینومرف دریایی پایین است که نشان‌دهنده حفظ شدگی خوب مواد آلی است. این زیست‌رخساره را براساس حضور و یا نبود پریدینیوییدها و نسبت T/M و ON/IN می‌توان به دو زیر زیست‌رخساره تعیین کرد.

زیست‌رخساره IIa : در این زیر زیست‌رخساره نسبت P/G پایین ولی نسبت T/M بالاست (T بیشتراز انواع ماسرالهای سیاه و کدر است). حضور

www.SID.ir

Archive of SID

و فراوانی *Spiniferites* به همراه کاهش تنوع دینوسیستها و فراوانی ماسرالهای کدر در این زیست‌رخساره نشان‌دهنده پایین آمدن سطح آب و ایجاد شرایط پسروی است. بررسی نسبت روزن‌داران نیز نشان‌دهنده افزایش فرمهای کف‌زی و کاهش فراوانی و تنوع روزن‌داران پلانکتون است. این زیست‌رخساره از نمونه ۱۸ تا ۲۵ در شیلهای سیاه رنگ با میان‌لایه شیل آهکی سازند ثبت گردیده است .

زیست‌رخساره IIb : دراین زیر زیست‌رخساره نسبت دینوسیستهای ON/IN کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد ولی نسبت T/M کاهش یافته (T بیشتر از نوع ماسرال قهوه‌ای است). بررسی روزن‌داران این زیست‌رخساره نشان دهنده کاهش نسبت روزن‌داران پلانکتون به کف‌زی و افزایش روزن‌داران کف‌زی با اندازه بزرگ و مربوط به مناطق کم‌ژرفا است. فراوانی و تنوع روزن‌داران پلانکتون کاهش نشان می‌دهد. این زیرزیست‌رخساره از نمونه شماره ۲۶ تا ۴۱ در شیلهای سیاه‌رنگ سازند گورپی قابل شناسایی است.

زیست‌رخساره III

ویژگی این زیست رخساره میزان Lability پایین، نسبت SOM به پالینومرف دریایی پایین و حفظ شدگی خوب مواد آلی است. همچنین در این زیست‌رخساره نسبت P/G پایین، نسبت T/M پایین، و فراوانی بالایی از پالینومرف دریایی شامل دینوفلاژله‌ها و آستر داخلی پوسته درونی روزن‌داران قابل مشاهده است. همچنین میزان ON/IN تقریباً پایین است. روزن‌داران پلانکتون از انواع تخصص یافته (ecological specialists = es) کاملاً ناپدید شده و فرمهای eg فراوان می‌شوند. این زیست‌رخساره در نمونه‌های شماره ۴۲ تا ۴۸ ثبت شده است (شکل۳-H) .

تفسیر انواع زیست‌رخساره‌ها

میزان پایین Lability و میزان بالای نسبت SOM/MP (SOM بیشتر از نوع تیره است) نشان‌دهنده عدم حفظ شدگی مواد آلی در زیست‌رخساره شمارهٔ I است. بنابراین اگرچه تولید مواد آلی وجود داشته است ولی به علت عدم حفظ شدگی، پالینومرفها به صورت فسیل باقی نمانده‌اند. بالا بودن نسبت T/M نیز به علت عدم حفظ شدگی پالینومرفهای دریایی است. فراوانی ناچیز پالینومرفهای دریایی مربوط به فرمهای گونیالاکوییدماننـد *Impagidinium* است. چگونگی این عوامل نشان‌دهنده عدم تولید وعدم حفظ شدگی مواد آلی در کمپانین پسین تا ابتدای ماستریشتین است.

افزایش میزان Lability و کاهش تقریبی نسبت SOM/MP در زیست‌رخساره شمارهٔ II نشان‌دهنده حفظ شدگی بهتر مواد آلی طی انبایش رسوبات این زیست‌رخساره است. در قسمت قاعده‌ای زیست‌رخساره IIa که نمونه‌های شمارهٔ ۱۸ تا ۲۴ را شامل می‌شود، فراوانی بالایی از گونه‌های *Spiniferites* دیده می‌شود. این فراوانی منطبق با کاهش میزان تنوع پالینومرفهای دریایی و افزایش ماسرالهای خشکی است. چنین شرایطی همراه با تغییر سنگ شناسی از شیل آهکی به شیل سیاه رنگ تا خاکستری رنگ است و افزایش روزن‌داران کف‌زی از نوع کم ژرفا، نشان‌دهنده شرایط پسروی است. به رغم وجود شرایط مناسب برای حفظ شدگی مواد آلی در زیست‌رخساره IIa ، عدم وجود پریدینیوییدها (P) در این قسمت ناشی از عدم تولید مواد آلی بوده که این عدم تولید خود ناشی از تغییر ناگهانی سطح آب و ایجاد شرایط پسرونده بوده است.

در زیست‌رخساره IIb که نمونه‌های شمارهٔ ۲۵ تا ۴۱ را شامل می‌شود، به طور کلی میزان P/G و نسبت ON/IN افزایش یافته است. این تغییرات با افزایش فراوانی روزن‌داران کف‌زی مناطق کم‌ژرفا منطبق است. افزایش فرمهای پریدینیوییدازنوع *Cerodinium, Paleocystodinium, Deflandera* و همچنین افزایش گونیالاکوییدهای نریتیک داخلی چون *Areoligera , Fibrocysta* نشان‌دهنده افزایش میزان تولید مواد آلی همراه با پایین آمدن سطح آب است. تولید در ناحیه ساحلی و نریتیک بر اساس افزایش پریدینیوییدها و فراوانی جنسهای *Wetzeliella, Deflandera* مشخص می شود. همچنین گونه *Thalassiphora pelagica* نشان دهنده شرایط eutrophication و تولید در سطح آب است. چنین تغییراتی به همراه افزایش دینوسیستهای آب گرم نشان می‌دهد که در این زیست رخساره فراوانی پریدینیوییدها احتمالاً وابسته به تنوع غذایی بالا در نزدیک ساحل به همراه افزایش دما است.

در زیست‌رخساره شماره III که شامل نمونه‌های بعد از مرز K/T است، فراوانی کاملاً مشخصی از روزن‌داران eg و فرمهای فرصت طلب ثبت گردیده است. روزن‌داران eg چون *Heterohelix* و *Hedbergella* بسیار ریز بوده و فرمهای ابتدای دانین یعنی *Globigerina* نیز مشاهده می‌شوند. افزایش روزن‌داران e.g. منطبق بر فراوانی دینوسیستهای فرصت طلب و جهان‌گستر (Cosmopolitant) چون *Spiniferites* و افزایش دینوسیستهای آب سرد همچون *Cribroperidinium* spp., *Spiniferites cornutus, Carpatella cornuta* می‌باشد که نشان‌دهندهٔ کاهش دما در این زمان است.

وجود جریانهای آب سرد پس از مرز K/T و در ابتدای دانین موجب افزایش دینوسیستهای آب سرد و روزن‌داران فرصت طلب با چرخه زندگی کوتاه و سازگار به شرایط آب سرد، مانند *Globigerina* می‌شود. این تغییرات همراه با افزایش فراوانی پالینومرفهای دریایی و وجود ماسرالهای با

www.SID.ir

Archive of SID

کناره‌های گرد شده و جور شده و همچنین وجود فسفات و گلوکونیت نشان دهنده وجود جریان آب سرد به همراه آمیختگی و افزایش مواد غذایی است که می‌توان آن را به جریانهای بالا رونده (Upwelling) نسبت داد.

عدم حضور پریدینیوییدها (P) در نمونه‌های بعد از مرز K/T نشان می‌دهد که هرچند که افزایش مواد غذایی وجود داشته است، اما به دلیل کاهش دمای آب این فرمها قادر به ادامه زندگی و تولید مثل نبوده‌اند. بنابراین می‌توان بیان کرد که کاهش دمای آب از تولید و فراوانی پریدینیوییدها (P) جلوگیری کرده و فقط فرمهای جهانی و سازگار به آب سرد فراوان شده‌اند.

بحث

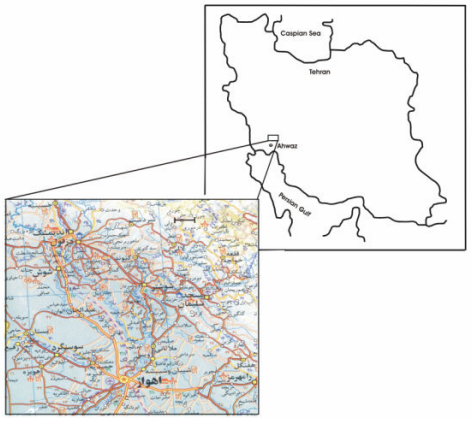
بررسی چگونگی میزان تولید (Paleoproductivity) مواد آلی در برش الگوی سازند گورپی نشان می‌دهد که در زیست‌رخساره I به علت پایین بودن عوامل حفظ شدگی مواد آلی؛ تفکیک عدم تولید و یا عدم حفظ‌شدگی به راحتی امکان‌پذیر نیست. در زیر زیست‌رخساره IIa گرچه مواد آلی حفظ شدگی نسبتاً خوبی نشان می‌دهند، اما به علت تغییر ناگهانی سطح آب و عدم شرایط مناسب برای زیست دینوفلاژله‌های پریدینیوییدها، میزان تولید پایین بوده است. در زیرزیست‌رخساره IIb افزایشی از دینوفلاژله‌های پریدینیوییدها ثبت گردیده، این افزایش به همراه افزایش نسبت روزن‌داران کف‌زی به فرمهای پلانکتون و افزایش آشکار فرمهای کف‌زی شاخص مناطق کم‌ژرفا و همچنین افزایش فراوانی دینوسیستهای شاخص مناطق نریتیک داخلی نشان‌دهنده فراوانی تولید ناشی از کاهش ژرفا و شرایط نریتیک ساحلی است. در زیست‌رخساره III فراوانی قابل توجهی از پالینومرفهای دریایی و حفظ شدگی خوب مواد آلی ثبت شده است. بررسی پالینومرفهای دریایی و روزن‌داران موجود در این نمونه‌ها نشان‌دهنده فراوانی دینوفلاژله‌ها و روزن‌داران آب سرد است. نبود دینوسیستهای پریدینیوییدها در ابتدای ترشیری را می‌توان به کاهش دما نسبت داد که باعث عدم تولید این دینوسیستها شده است

نتیجه‌گیری

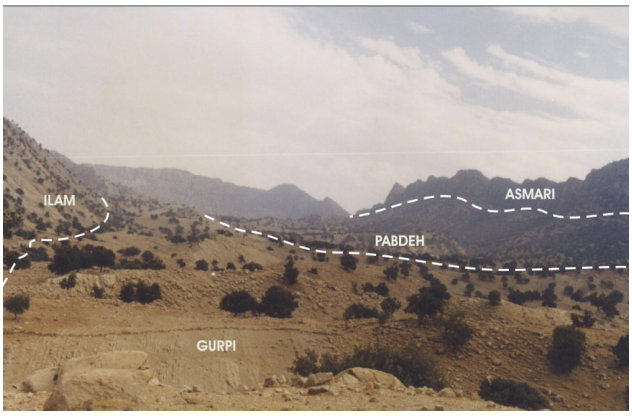
برای بررسی میزان تولید مواد آلی طی انبایش سازند گورپی در برش الگو از نسبت P/G استفاده شد. از آنجا که گروه پریدینیوییدها (P) از دینوسیستهای حساس به شرایط محیطی همچون میزان اکسیژن هستند، برای بررسی اینکه آیا عدم وجود این گروه از دینوسیستها ناشی از عدم تولید و یا ناشی از عدم حفظ شدگی بوده است از عوامل حفظ شدگی از مواد آلی استفاده شد. برای بررسی میزان و عوامل تولید از سه شاخص P/G، ON/IN و P/B استفاده شد. در بررسی این شاخصها از شش گروه از دینوسیستها استفاده شد. بررسی این عوامل منجر به تفکیک سه زیست‌رخساره و دو زیر زیست‌رخساره گردید. مطالعه این رخساره‌ها نشان می‌دهد که در زیست‌رخساره I با وجود شرایط ژرف‌تر که توسط نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی (P/B) و دینوسیستهای محیطهای ژرف‌تر نشان داده شده، عدم حفظ شدگی مواد آلی مهم‌ترین نقش را ایفا کرده است. در زیست‌رخساره II میزان حفظ شدگی مواد آلی افزایش داشته است. در زیرزیست‌رخساره II a به علت عدم وجود شرایط مناسب برای تولید پریدینیوییدها (P) کاهش فوق العاده‌ای در میزان تولید ثبت شده است. افزایش دینوسیستهای پریدینیوییدها به همراه افزایش روزن‌داران کف‌زی در زیرزیست‌رخساره IIb احتمالاً حاصل تغییرات سطح آب و افزایش تولید در اثر افزایش شرایط نزدیک ساحل است. کاهش آشکار فراوانی دینوفلاژله‌ها و افزایش فراوانی روزن‌داران شاخص آب سرد همچون پریدینیوییدها و *Globigerina* در زیست‌رخساره III که در نمونه‌های پس از مرز K/T ثبت شده است، نشان دهندهٔ عدم تولید مواد آلی در اثر شرایط نامساعد محیطی برای تولید آنها بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- راه دسترسی به برش مورد مطالعه



شکل ۲- نمایی از سازند گورپی در برش الگو

جدول ۱- اطلاعات آماری مورد استفاده برای رسم منحنیهای شکل ۳، تفکیک انواع رخسارهها و بررسی میزان تولید مواد آلی طی انبایش سازند گورپی.

	FORAMINIFERA				TOTAL KEROGEN				
S.number	P/B	SOM %	MP%	P %	Lability	SOM/Mp	ON/IN	P/G	T/M
1	92	6	2	92	95	75	100	0	100
4	95	85	0	15	95	100	100	0	95
6	80	15	0	85	2	100	100	0	95
8	90	8	0	92	2	100	100	0	100
10	75	55	15	30	50	78.5	65	5	70
12	90	80	0	20	95	100	67	0	100
14	90	15	5	80	60	75	75	0	100
16	90	5	0	95	20	100	100	0	100
18	75	35	10	55	55	77	60	3	60
20	84	35	10	55	60	77	65	0	60
21	75	55	5	40	90	91.6	65	0	61
22	75	25	0	75	98	100	65	0	62
23	75	5	10	85	80	33.3	75	0	65
25	50	70	20	10	60	77.7	55	19	50
27	50	70	15	15	60	82.3	38	18	50
29	50	45	10	45	70	81	55	35	45
31	50	60	10	30	60	85	26	50	45
33	64	10	10	80	80	50	23	25	50
35	77	65	25	10	40	72	47	52	45
37	45	2	1	97	80	66.6	18	0	100
39	98	15	25	60	60	37.5	30	61	40
41	25	35	5	60	50	87.5	28	50	40
42	8	25	35	40	50	41.5	26	0	30
43	5	20	50	30	70	28.5	27	0	20
44	0	25	55	20	70	31.2	28	0	20
45	0	15	60	25	50	20	27	3	20
46	0	10	62	28	50	13.8	28	6	22
47	0	5	70	25	75	6.6	30	7	23
48	0	5	70	25	50	6.6	51	8	26

طی انبایش سازند گورپی.

SOM : مواد آلی نامتبلور

MP : پالینومرف دریایی

P : پالینوماسرال

SOM/MP : نسبت مواد نامتبلور به پالینومرف دریایی

Lability : نسبت ماسرالهای قهوهای به کدر

P/B : نسبت روزنداران پلاژیک به کف زی

DWF : روزنداران مربوط به مناطق ژرف

SWF : روزنداران مربوط به مناطق کمژرفا

ESF : روزنداران مربوط به مناطق برقارهای

P (foram) : بررسی حفظ شدگی روزنداران

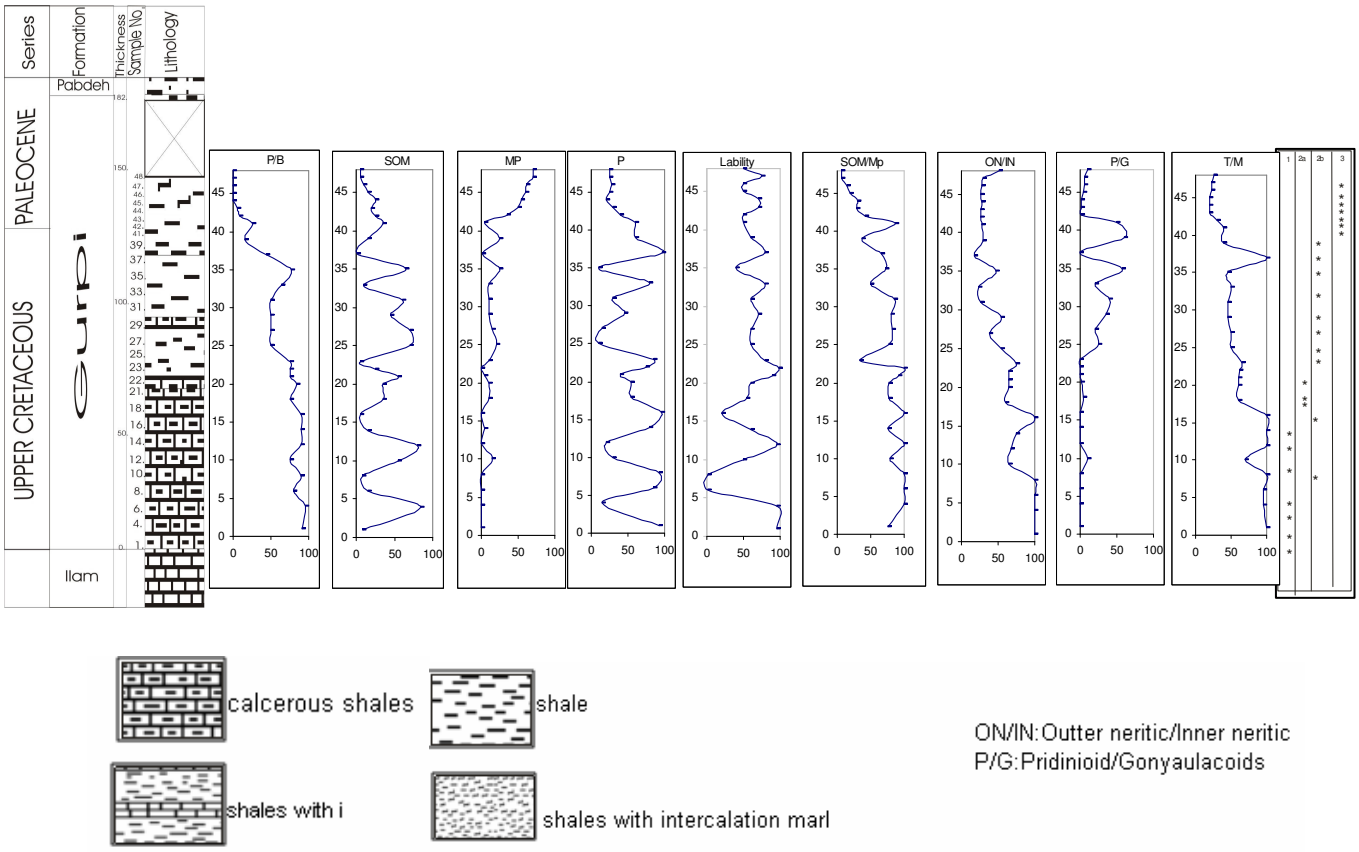
mg : حفظ شدگی خوب

mm : حفظ شدگی متوسط

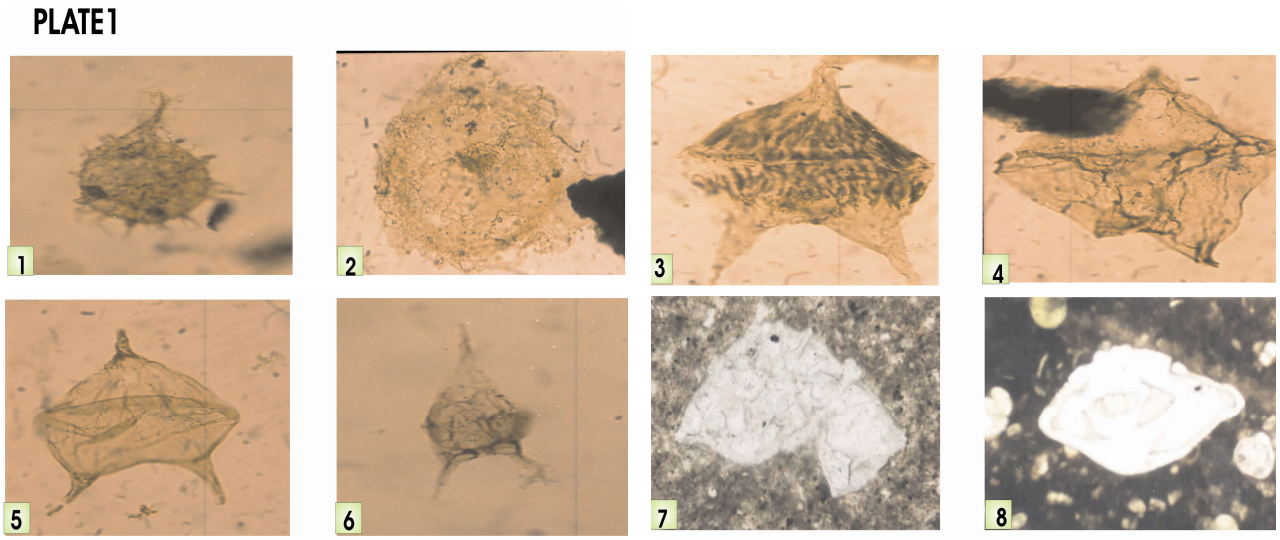
mp : حفظ شدگی ضعیف

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- منحنیهای مورد استفاده در تفکیک انواع رخساره برای بررسی میزان تولید طی انبایش سازند گورپی در برش الگو



1-*Fibrocysta deflanderi* Bujak 1984,X640
2-*Glaphyrocysta expans*a (Corradini 1973) Roncaglia et Corradini,X640
3-*Cerodinium striatum* Drug 1967,X640
4-*Palaeoperidinium pyrophorum* Brown 1986,X640
5-*Odontochitina porifera* Cookson 1956,X640
6-*Cerodinium diebelii* (Alberti ,1959) Lentin and Williams 1968,X640
7-*Rosita contusa* Cushman ,X40
8-*Lenticulina* sp.X40

www.SID.ir

Archive of SID

References

Bombardiere, L., Gorin, G.E., 2000- Stratigraphical and lateral distribution of sedimentary organic matter in upper Jurassic carbonates of SE France. Sedimentary Geology, 132, 177-203.

Brinkhuis, H., Bujak, J.P., Smit, J., Versteegh., G.J.M., Visscher, H., 1998- Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstructions across the Cretacous –tertiary boundary. 141,67-83.

Carlos, A.J., Francisca, E.O., 1999- Sequence stratigraphic interpretations from palynofacies,dinocysts and lithology data of Upper Eocece-Lower Oligocene strata in southern Mississippi and Alabama, U.S.Gulf Coas. Paleo III, 145,259-302

Dodd, R. and Stanton, R., 1990- paleoecology; concepts and Application. Wiley-interscience publication, 502p.

Eshet, Y., Hoek, R., 1996- palynological processing of organic –rich rock S,or : How many time have you called a palyniferous.Sampler barren? Paleo III, 94,101-109

Gorin, G.E., Steffen, D., 1991- Organic facies as a tool for recording eustatic variation in marine fine-grained carbonates-example of the Berriasian Stratotype at Barrias(Ardecch,SE France). Paleo III, 85, 303-320

Guasti, E., Kouwenhoven, T.j., Brinkhuis,H., Speijer, R., 2005- Paleocene sea level and productivity changes at the southern Tethyan margin (El Kef,Tunisia) .Marine Micropaleontology,55,1-17

Harland, R., Pudsey, C., 1999- Dinoflagellate cysts from sediment traps deployed in the Bellingshausen ,Weddell and Scotia seas,Antrarctica. Marine Micropaleontology,37,77-99

Martinez, R., 1989- Foraminiferal biostratigraphy and paleoenviroment of the Maastrichtian colon mudston of northern south America. Micropaleotology, 35, 97-113

Oboh-Ikuenobe, F.E., 1996- Correlating palynofacies assemblages with sequence Stratigraphy in upper Cretaceous (Campanian) sedimentary rocks of the Book Cliffs ,east-central Utah. G. S. A., Ballerin, 108, 1275-1294

Schioler, P., Crampton, J., Laird, M., 2002- Palynofacies and Sea level chages in the middle coniacian Late Companian (Late Crataceous) of the East cos Basin, New Zealand. Paleo III, 188, 101-125.

Shahin, A., 1992- Contribution to the foraminifera biostratigraphy and paleobathymetry of the late Cretaceous and early Tertiary in the western central sinai Egyt. Revwe de micropaleontologie, 35, 157-175

Sluijs, A., Pross, J., Brinkhuis, H., 2005- From greenhouse to icehouse;organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Pleogene. Earth-Science Reviews ,68 ,281-315

Traverse, A. ,1988- Paleopalynology. Academic Division of UnWihyman Ltd, London,UK, 600pp.

Tyson, R., 1993- Palynofacies analysis. Applied Micropaleontology, 153-191.

Vernal, A., Mudie, P., 1989- Pliocene and Plistocene Palynostratigraphy at ODP sites 646 and 647,Eastern and Southern Labrador Sea .Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results,105,401-422

Waveren, I., Visscher, H., 1994- Analynsis of the composition and selective preservation of organic matter in surfical deep –sea sediment form a high –productivity area (Bandasa, Indonesia) Paleo III, 112, 85-111

Zonneveld, K., Versteegh, G., Lange, G., 1997- Preservation of organic –walled dinoflagellate cyst in different oxygen regimes: a 1000 year natural experiment. Marine micropaleontology 29, 393 -405.

* گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ایران

*Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Tehran, Iran

www.SID.ir