

# 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 ستبر و با سنگ‌شناسی شیل آهکی تا شیل سیاه رنگ با ناپوستگی 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 داینوسیتها 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 داینوسیتها، پریدینوئید به گونیاکویید، استفاده شد. از آنجا که پریدینوئیدها (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 و تغییرات نسبت SOM به پالینومرف دریایی، به منظور بررسی درجه حفظ شدگی مواد آلی مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر آن، برای بررسی عوامل و شرایط تولید از چهار شاخص به شرح زیر استفاده شد:

نسبت داینوسیتهای پریدینوئید به گونیاکویید (P/G)، نسبت داینوسیتهای شاخص محیطهای نریتیک 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 داینوسیتهای پریدینوئید (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 پریدینوئیدها (P) دو زیر زیست‌رخساره تفکیک کرد. در زیرزیست‌رخساره IIa فراوانی روزن‌داران کفزی و نسبت T/M به همراه افزایش فراوانی *Spiniferites* نشان‌دهنده کاهش ناگهانی سطح آب و شرایط پسروری است که باعث عدم تولید پریدینوئیدها 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 زیست‌رخساره III نیز وجود روزن‌داران و داینوفلاژله‌های آب سرد را می‌توان نشان‌دهنده وجود جریانهای آب سرد در ابتدای پالئوسن دانست. وجود فسفات و گلوکونیت و فراوانی روزن‌داران جنرالست (ecological generalists) نشان می‌دهد که عدم وجود فرمهای پریدینوئید، 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

## 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

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 نگردد. 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 قاعده 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 برداشت و مطالعه شد (شکل ۲).

## روشهای آزمایشگاهی

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

بازسازی تولید یوکاریوتها در محیط دریایی به دلیل وابستگی به ویژگیهای آب وهوایی و نقش جریانهای سطحی و بالارونده (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، داینوفلاژله‌ها، 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 پوسته‌های کانی‌سازی شده (بخصوص آهکی) مستعد انحلال شیمیایی (بوژه در عرض جغرافیایی بالا) هستند. این محدودیت تا حد زیادی در مورد داینوفلاژله‌ها وجود ندارد، زیرا آنها دارای پوسته‌های (سیستهای) آلی هستند. اگرچه فراوانی اکسیژن باعث تجزیه دیواره آلی داینوفلاژله‌ها می‌شود اما این گروه به صورت قابل توجهی نسبت به نوسانات مواد غذایی حساس هستند. بنابراین، سیست داینوفلاژله‌ها (داینوسیستها) 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

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 بوم‌شناختی به عنوان مهم‌ترین عناصر شناخته می‌شوند.

۲- پالینومرفهای دریایی (MP): شامل داینوفلاژله‌ها، آکریتارکها، پوسته داخلی روزن‌داران می‌شوند که در برش مورد مطالعه بیشتر شامل داینوفلاژله‌ها 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 برمی‌گیرد (Bombardiere & Gorin, 2000; Waveren & Visscher, 1994; Eshet & Hoek, 1996).

### نسبت داینوسیستهای پریدینیوید به گونیا لاکوئید (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 داینوفلاژله‌های دگرپرورد هستند و در محیطهای با مواد غذایی فراوان، زیاد می‌شوند. در مقابل، گونیا لاکوئیدها از داینوسیستهای خودپرورد (اتوتروف) هستند که معمولاً فراوانی آنها در مناطق دور از ساحل است. این فرمها نسبت به پریدینیویدها 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 پریدینیویدها به گونیا لاکوئیدها (P/G) برای تمامی نمونه‌ها در طول ستون چینه‌شناسی محاسبه گردید و سپس منحنی مربوطه رسم شد (شکل ۳-F). از آنجا که حفظ شدگی داینوسیستهای پریدینیوید 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.

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 پالینولوژیک برای تفسیر 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 مطالعه مواد آلی و بررسی عوامل حفاظت مواد آلی از رنگ این مواد (ماسرال و SOM) استفاده می‌شود، لذا از مواد روشن‌کننده مواد آلی از قبیل وایتکس یا محلول شولز و رنگ آمیزی کردن نمونه‌ها خودداری گردید.
- اسلایدهای پالینولوژیک 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 داینوسیستهای پریدینیوید (Peridinioid) به گونیا لاکوئید (Gonyaulacoid) یا (P/G) استفاده می‌شود (Sluijs et al., 2005; Vernal, 1989). غالب داینوفلاژله‌های پریدینیوید دگرپرورد (هترتروف) هستند و در محیطی که مواد غذایی در دسترس باشد، زیاد می‌شوند. از مهم‌ترین مباحث پیرامون داینوسیستهای پریدینیوید 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، به‌طور معمول تطابق خوبی بین فراوانی این سیستها با میزان تولید و فراوانی مواد غذایی وجود دارد. برای تعیین اینکه آیا نبود سیستهای پریدینیوید 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 داینوسیستهای 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

## 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 نشان‌دهنده 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 (شکل ۳-۳) 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 داینوفلاژله‌ها 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 ۳-۳). بررسی این نمودار نشان‌دهنده این است که از ستبرای ۷۵

متری و در رخساره 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 نریٹیک و یا به تولید سطحی در اقیانوس باز و... از سه عامل زیر استفاده شد:

### نسبت داینوسیستهای شاخص نریٹیک خارجی به نریٹیک داخلی (ON/IN)

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

### 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 نشان‌دهنده 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 شکل ۳-۳ A ارائه گردیده که گویای کاهش سطح آب است.

### مطالعه تغییرات فراوانی سیست داینوفلاژله‌ها

در این مطالعه، برای بررسی تغییرات در نسبت داینوسیستهای پریدینوئید به گونیا لاکوئید (P/G) از راسته پریدینوئیدها از گروههای Cerodinium و

*Spiniferites* با تنوع و فراوانی داینوفلاژله‌ها همراه باشد، نشان‌دهنده شرایط محیط دریایی باز است. *Impagidinium* - 7: از سیستم‌های گونیاوکوئید (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 بر اساس 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 حفظ‌شدگی پایین عناصر سازنده آن است. میزان Lability پایین و میزان نسبت SOM/MP بالا بوده و SOM از انواع تیره است. چگونگی این عوامل نشان‌دهنده عدم حفظ‌شدگی مناسب مواد آلی است. همچنین نسبت P/G پایین و نسبت ON/IN خیلی بالا است. فراوانی داینوسیستها در این زیست‌رخساره بسیار پایین است که آن هم مربوط به داینوسیستهای ON مانند *Hystriochokolpoma*, *Impagidinium* است. نسبت (T/M) (S) از انواع ماسرالهای کدر است) بالاست و همچنین نسبت روزن‌داران P/B بالا و فراوانی و تنوع بالایی از فرمهای جنرالست (eg = ecological generalists) مانند *Globotruncana fornicata* و *Globotruncana calcarata* 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 حفظ‌شدگی خوب مواد آلی است. این زیست‌رخساره را بر اساس حضور و یا نبود پریدینوئیدها 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 بیشتر از انواع ماسرالهای سیاه و کدر است). حضور

*Lejuenecysta* و از راسته گونیاوکوئیدها از گروههای *Fibrocysta*, *Spiniferites*, *Impagidinium* و *Areoligera* استفاده شده است. در بررسی شاخص ON/IN نیز فقط از داینوسیستهای گونیاوکوئید (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. این گروه شامل سیستم‌های گونیاوکوئید پروکسیمیت رشته‌ای (fibrous proximate) تا کوریت مانند *Fibrocysta*, *Corodosphaeridium* sp., *Kenyleyia* است. بیشترین فراوانی آنها شامل *Operculodinium* sp. و *Cribroperidinium* spp. است که نشان‌دهنده محیط نریتیک داخلی هستند.

*Cerodinium* - 2: این گروه شامل سیستم‌های پریدینوئید حفره‌دار از جمله گونه‌های مختلف *Cerodinium*, *Paleocystodinium*, *Spinidinium*, *Senegalium* 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 سیستم‌های دگرپرورد مربوط به محیط نریتیک و اقیانوسی است. *Areoligera* - 3: از جنسهای *Gonyaulacoid* به شمار می‌آید. این گروه شامل گونیاوکوئیدهای 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 *Glaphrocysta* در این گروه قرار می‌گیرند.

*Lejuenecysta* - 4: این گروه از سیستم‌های Proximate-cavate یا به صورت بسیار ضعیف (Cornucavat) است که جزو سیستم‌های protoperidinioid قرار می‌گیرند. این گروه در مناطق با تولید بالا فراوان می‌شوند.

*Spiniferites* - 5: این گروه شامل *Spiniferites* و *Achomosphaera* است که جزو سیستم‌های گونیاوکوئید (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

رسوبات این زیست‌رخساره است. در قسمت قاعده‌ای زیست‌رخساره IIa که نمونه‌های شماره 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 وزن‌داران کفزی از نوع کم ژرفا، نشان‌دهنده شرایط پسروی است. به رغم وجود شرایط مناسب برای حفظ شدگی مواد آلی در زیست‌رخساره IIa، عدم وجود پریدینیوئیدها (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 شماره ۲۵ تا ۴۱ را شامل می‌شود، به طور کلی میزان P/G و نسبت ON/IN افزایش یافته است. این تغییرات با افزایش فراوانی وزن‌داران کفزی مناطق کم ژرفا منطبق است. افزایش فرمهای پریدینیوئید از نوع *Cerodinium*, *Paleocystodinium*, *Deflandera* و همچنین افزایش گونیا لاکوئیدهای 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 پریدینیوئیدها و فراوانی جنسهای *Wetzeliella*, *Deflandera* مشخص می‌شود. همچنین گونه *Thalassiphora pelagica* نشان‌دهنده شرایط eutrophication و تولید در سطح آب است. چنین تغییراتی به همراه افزایش داینوسیستهای آب گرم نشان می‌دهد که در این زیست‌رخساره فراوانی پریدینیوئیدها 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 وزن‌داران eg و فرمهای فرصت طلب ثبت گردیده است. وزن‌داران eg چون *Heterohelix* و *Hedbergella* بسیار ریز بوده و فرمهای ابتدای داینین یعنی *Globigerina* نیز مشاهده می‌شوند. افزایش وزن‌داران e.g. منطبق بر فراوانی داینوسیستهای فرصت طلب و جهان‌گستر (Cosmopolitan) چون *Spiniferites* و افزایش داینوسیستهای آب سرد همچون *Cribroperidinium* spp., *Spiniferites cornutus*, *Carpatella cornuta* می‌باشد که نشان‌دهنده کاهش دما در این زمان است.

وجود جریانهای آب سرد پس از مرز K/T و در ابتدای داینین موجب افزایش داینوسیستهای آب سرد و وزن‌داران 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

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

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

### زیست‌رخساره III

ویژگی این زیست‌رخساره 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 داینوفلاژله‌ها و آستر داخلی پوسته درونی وزن‌داران قابل مشاهده است. همچنین میزان ON/IN تقریباً پایین است. وزن‌داران 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 (شکل ۳-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 شماره 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 گونیا لاکوئید مانند *Impagidinium* است. چگونگی این عوامل نشان‌دهنده عدم تولید و عدم حفظ شدگی مواد آلی در کمپاین پسین تا ابتدای ماستریشتین است.

افزایش میزان Lability و کاهش تقریبی نسبت SOM/MP در زیست‌رخساره شماره II نشان‌دهنده حفظ شدگی بهتر مواد آلی طی انباشت

پریدینیوید در ابتدای ترشیری را می توان به کاهش دما نسبت داد که باعث عدم تولید این داینوسیستها شده است

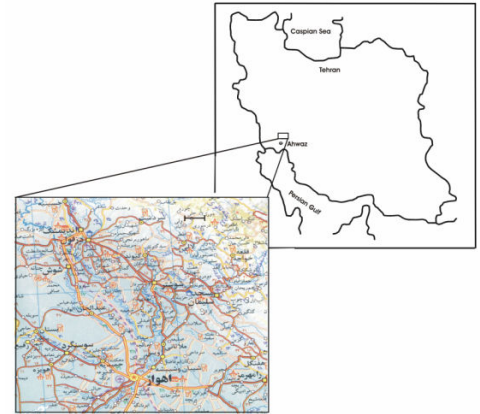
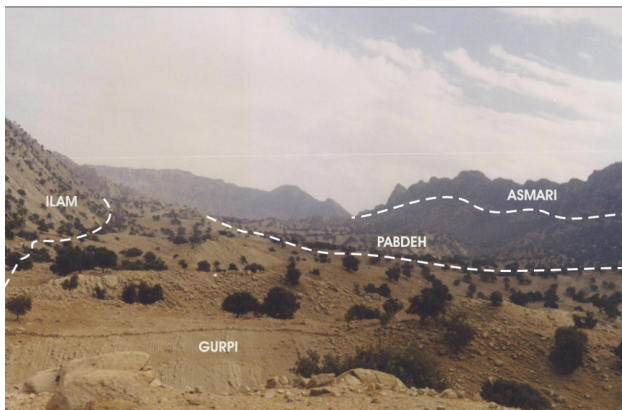
### نتیجه گیری

برای بررسی میزان تولید مواد آلی طی انبایش سازند گورپی در برش الگو از نسبت P/G استفاده شد. از آنجا که گروه پریدینیویدها (P) از داینوسیستهای حساس به شرایط محیطی همچون میزان اکسیژن هستند، برای بررسی اینکه آیا عدم وجود این گروه از داینوسیستها 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 داینوسیستها استفاده شد. بررسی این عوامل منجر به تفکیک سه زیست رخساره و دو زیر زیست رخساره گردید. مطالعه این رخسارهها نشان می دهد که در زیست رخساره I با وجود شرایط ژرف تر که توسط نسبت روزن داران پلاژیک به کفزی (P/B) و داینوسیستهای محیطهای ژرف تر نشان داده شده، عدم حفظ شدگی مواد آلی مهم ترین نقش را ایفا کرده است. در زیست رخساره II میزان حفظ شدگی مواد آلی افزایش داشته است. در زیرزیست رخساره II a به علت عدم وجود شرایط مناسب برای تولید پریدینیویدها (P) کاهش فوق العاده ای در میزان تولید ثبت شده است. افزایش داینوسیستهای پریدینیوید به همراه افزایش روزن داران کفزی در زیرزیست رخساره II b احتمالاً حاصل تغییرات سطح آب و افزایش تولید در اثر افزایش شرایط نزدیک ساحل است. کاهش آشکار فراوانی داینوفلاژله ها و افزایش فراوانی روزن داران شاخص آب سرد همچون پریدینیویدها و *Globigerina* در زیست رخساره III که در نمونه های پس از مرز K/T ثبت شده است، نشان دهنده عدم تولید مواد آلی در اثر شرایط نامساعد محیطی برای تولید آنها بوده است.

کناره های 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 می توان آن را به جریانهای بالا رونده (Upwelling) نسبت داد. عدم حضور پریدینیویدها (P) در نمونه های بعد از مرز K/T نشان می دهد که هر چند که افزایش مواد غذایی وجود داشته است، اما به دلیل کاهش دمای آب این فرمها قادر به ادامه زندگی و تولید مثل نبوده اند. بنابراین می توان بیان کرد که کاهش دمای آب از تولید و فراوانی پریدینیویدها (P) جلوگیری کرده و فقط فرمهای جهانی و سازگار به آب سرد فراوان شده اند.

### بحث

بررسی چگونگی میزان تولید (Paleoproductivity) مواد آلی در برش الگوی سازند گورپی نشان می دهد که در زیست رخساره I به علت پایین بودن عوامل حفظ شدگی مواد آلی؛ تفکیک عدم تولید و یا عدم حفظ شدگی به راحتی امکان پذیر نیست. در زیر زیست رخساره II a گرچه مواد آلی حفظ شدگی نسبتاً خوبی نشان می دهند، اما به علت تغییر ناگهانی سطح آب و عدم شرایط مناسب برای زیست داینوفلاژله های پریدینیوید، میزان تولید پایین بوده است. در زیرزیست رخساره II b افزایشی از داینوفلاژله های پریدینیوید ثبت گردیده، این افزایش به همراه افزایش نسبت روزن داران کفزی به فرمهای پلانکتون و افزایش آشکار فرمهای کفزی شاخص مناطق کم ژرفا و همچنین افزایش فراوانی داینوسیستهای شاخص مناطق نریتیک داخلی نشان دهنده فراوانی تولید ناشی از کاهش ژرفا و شرایط نریتیک ساحلی است. در زیست رخساره III فراوانی قابل توجهی از پالینومرفهای دریایی و حفظ شدگی خوب مواد آلی ثبت شده است. بررسی پالینومرفهای دریایی و روزن داران موجود در این نمونه ها نشان دهنده فراوانی داینوفلاژله ها و روزن داران آب سرد است. نبود داینوسیستهای



شکل ۲- نمایی از سازند گورپی در برش الگو

شکل ۱- راه دسترسی به برش مورد مطالعه

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

S. number	FORAMINIFERA				TOTAL KEROGEN					
	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	91.8	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.

P/B: نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف زی

DWF: روزن‌داران مربوط به مناطق ژرف

SWF: روزن‌داران مربوط به مناطق کم ژرفا

ESF: روزن‌داران مربوط به مناطق برقراره‌ای

P (foram): بررسی حفظ شدگی روزن‌داران

mg: حفظ شدگی خوب

mm: حفظ شدگی متوسط

mp: حفظ شدگی ضعیف

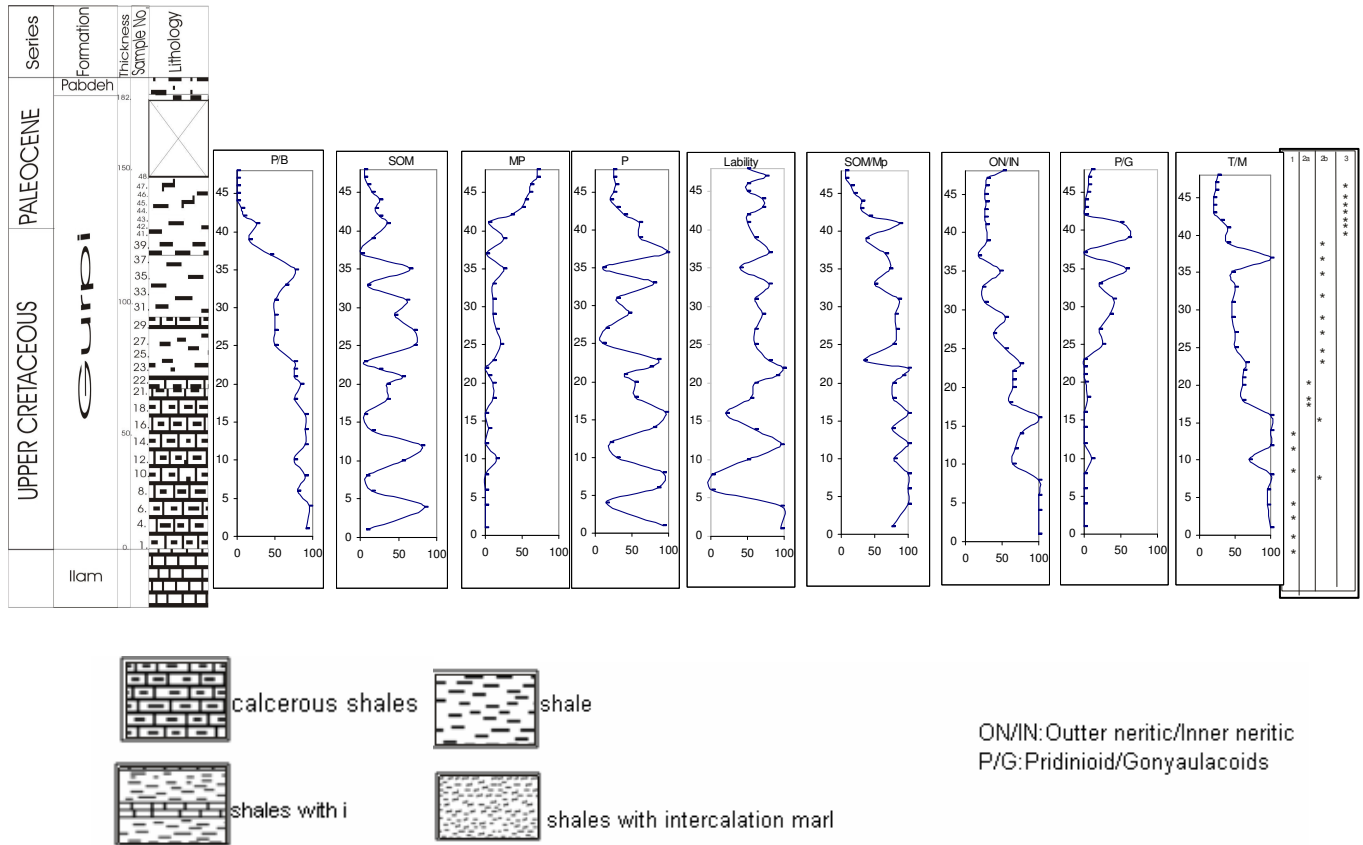
SOM: مواد آلی نامتبلور

MP: پالینومرف دریایی

P: پالینوماسرال

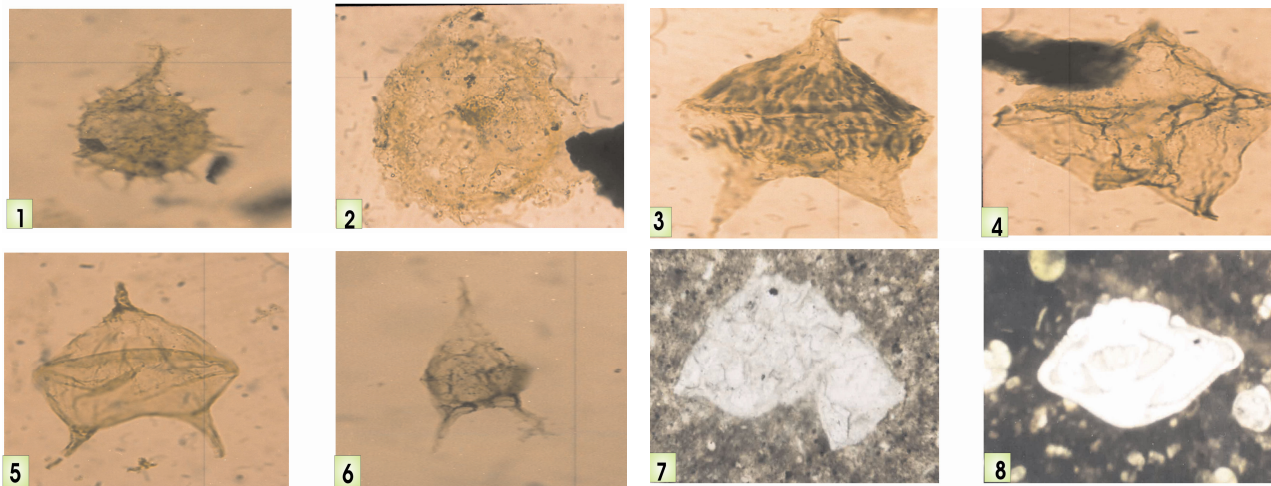
SOM/MP: نسبت مواد نامتبلور به پالینومرف دریایی

Lability: نسبت ماسرالهای قهوه‌ای به کدر



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

### PLATE 1



- 1-*Fibrocysta deflanderi* Bujak 1984,X640
- 2-*Glaphyrocysta expansa* (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

## 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 Cretaceous –tertiary boundary. 141,67-83.
- Carlos, A.J., Francisca, E.O., 1999- Sequence stratigraphic interpretations from palynofacies, dinocysts and lithology data of Upper Eocene-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, Antarctica. *Marine Micropaleontology*, 37,77-99
- Martinez, R., 1989- Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironment of the Maastrichtian colon mudston of northern south America. *Micropaleontology*, 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 changes in the middle coniacian Late Campanian (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 Egypt. *Revue 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- Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep – sea sediment from 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