

سازند گورپی؛ سری پیشرونده یا پسرونده؟

نوشته: الهه زارعی* و دکتر ابراهیم قاسمی نژاد*

Gurpi Formation; A Transgressive or Regressive Unit?

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

چکیده

به منظور بررسی چگونگی تغییرات سطح آب طی انباش سازند گورپی در برش الگو، روزن‌داران، پالینومرفهای دریایی و محتوای مواد آلی موجود در ۳۰ نمونه برداشت شده از این سازند به تفصیل مطالعه شدند. مطالعه روزن‌داران نشان می‌دهد که به تدریج به سمت بالای ستون چینه‌شناسی، نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی (P/B) کاهش، فرمهای کف‌زی با اندازه‌های بزرگ و همچنین فرمهای پلاژیک مناطق کم ژرفای دریایی (ESF: epicontinental sea fauna) و فرمهای شاخص دریای کم ژرفا (SWF: shallow water fauna) افزایش و تنوع روزن‌داران نیز کاهش پیدا می‌کند. این تغییرات برخلاف انتظار با افزایش فراوانی و تنوع پالینومرفهای دریایی که به‌طور عمده داینوفلاژله هستند انطباق دارد. برای توضیح این تناقض و تعیین چگونگی تغییرات سطح آب، عوامل «حفاظت از مواد آلی» و تغییرات در ترکیب گروه‌های مختلف داینوفلاژله بررسی شد. محاسبات آماری این عوامل نشان‌دهنده میزان کم عامل lability و میزان نسبتاً زیاد «نسبت مواد آلی فاقد ساختار (SOM: structureless organic matter)» به پالینومرفهای دریایی در ابتدای برش است که نشان‌دهنده حفظ شدگی پایین مواد آلی در این قسمت است. در حالی که در قسمت بالای برش، عامل lability بالا و «نسبت SOM به پالینومرف دریایی» پایین است که نشان‌دهنده حفظ شدگی خوب مواد آلی در این قسمت است. به علت حفظ شدگی انتخابی پالینومرفهای دریایی از داینوفلاژله‌های Gonyaulacoid در مقابل شرایط محیطی دارای مقاومت بالایی هستند (اکثراً در گروه مقاوم و خیلی مقاوم قرار می‌گیرند) و فرمهای مختلف آنها به‌عنوان شاخص محیط‌های دریایی باز، نریتیک خارجی تا نریتیک داخلی و ساحلی شناخته شده‌اند، استفاده شد. نتایج حاصل، منطبق و مؤید نتایج حاصل از مطالعه روزن‌داران است. افزون بر این موارد، نسبت درصد سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی برای تمامی نمونه‌ها محاسبه و بر روی نمودار معروف Tyson پیاده شد و سپس چگونگی تغییرات برای تمامی ستون رسم گردید. بررسی محتوای روزن‌داران نمونه‌ها، چگونگی عوامل «حفظ شدگی مواد آلی» و نمودار Tyson و مطالعه گروه‌های مختلف داینوفلاژله نشان‌دهنده شرایط کم‌ویش ژرف (basinal) برای قسمت پایین ستون و شرایط کم‌ژرفا (proximal shelf) برای قسمتهای بالایی آن بوده و به‌طور کلی تداوم شرایط پسرونده طی انباش سازند گورپی در این برش را نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: گورپی، روزن‌دار، داینوفلاژله، مواد آلی، سری پیشرونده، سری پسرونده

Abstract

Palynological and foraminiferal contents of 30 samples taken systematically from Gurpi Formation at its type section were studied in order to determine water-level fluctuations and the general trend of water-level during the depositional course of the formation. Statistical studies on foraminiferal contents of the samples show that the planktonic to benthonic ratio (P/B) and diversity decrease while benthonic foraminifera with larger size and epicontinental sea fauna (ESF) and shallow water fauna (SWF) increase in general towards the upper parts of the formation.

On the other hand dinoflagellate cyst abundance and diversity show an increasing trend which looks like a contradiction at the



first glance. To describe this apparent controversy and determine the water level trend, changes in composition of palynomorphs and the organic matter preservation state (lability factor) was studied. Statistical studies show that in the lower parts of the section the lability is low and the ratio of structure-less organic matter (SOM) to marine palynomorph is high. This indicates a low state of preservation of organic matter for the lower portion. In the upper parts lability is high while the ratio of SOM to marine palynomorph is low which indicate a better state of preservation for the upper parts.

Statistical studies on the Gonyaulacoid dinocysts which are eurytopic forms and indices for open marine, inner neritic and outer neritic environments confirm the results gained from the foraminiferal studies. Combining all these data and comparing them with the well-known Tyson palynofacies analysis diagrams confirm a relatively deep basinal condition for the lower part and a relatively shallower and proximal shelf environmental condition for the upper part of the Gurpi Formation.

Keywords: Gurpi, Foraminifera, Dinoflagellate, Organic matters, Transgressive, Regressive

مقدمه

در این مقاله تشریح می‌شود، مد نظر قرار گرفت. تعیین چگونگی تغییرات سطح آب طی انبایش سازند گورپی به درک بهتر وضعیت حوضه زاگرس در طی کرتاسه پسین و بازسازی جغرافیای دیرینه این حوضه کمک می‌کند.

روزن‌داران

الف) نسبت روزن‌داران پلاژیک به کفزی: روزن‌داران از نظر نحوه زیست به دو دسته کفزی (بنتیک) که روی رسوبات زندگی می‌کنند و پلاژیک که در حجم آب غوطه‌ورند تقسیم می‌شوند. روزن‌داران پلاژیک برعکس روزن‌داران کفزی که به طور معمول در ژرفای حدود ۶۰ متری زندگی می‌کنند، در منطقه دور از ساحل فراوانی بیشتری دارند. دلیل این امر این است که روزن‌داران پلاژیک به علت تغییرات زیاد شوری در محیط‌های نزدیک ساحل قادر به زندگی نیستند و فقط شکلهایی می‌توانند در چنین شرایطی زندگی کنند که قابلیت بالایی در برابر تغییر شرایط بوم‌شناختی بویژه شوری (شرایط یوری‌هالین) دارند. موجودات کفزی به علت نداشتن حرکت یا حرکت بسیار کم، در تفسیر محیط‌های رسوبی دارای ارزش بیشتری نسبت به موجودات پلانکتون هستند از این رو تعیین نسبت فرمهای پلاژیک به کفزی می‌تواند ارتباط مستقیمی با تغییرات سطح آب و فاصله از ساحل داشته باشد (Abramovich et al., 2002, 2003; Eijden, 1995). بررسی چگونگی نسبت روزن‌داران پلاژیک به کفزی موجود در نمونه‌های برش مورد مطالعه نشان می‌دهد که در قسمت قاعده‌ای تا ستبرای تقریبی ۷۵ متری برش، فراوانی فرمهای پلاژیک (P) زیاد بوده، سپس به تدریج به سمت بالا از فراوانی آنها کاسته شده و شکل‌های کفزی زیاد می‌شوند (جدول ۱ و شکل ۳- A).

برش مورد مطالعه در شمال شهر لالی از توابع مسجد سلیمان واقع است (شکل ۱). سازند گورپی در برش مورد مطالعه با سن کامپانین پسین تا پائوسن پسین (تانین)، ۱۸۲ متر ستبرای دارد و با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگ آهک ایلام قرار می‌گیرد. این سازند در بالا به شیل‌های ارغوانی سازند پابده می‌رسد (شکل ۲). سنگ‌شناسی چیره در این برش شیل آهکی کرم‌رنگ و شیل سیاه‌رنگ است. واحد شیل آهکی قاعده سازند به ستبرای ۷۵ متر به صورت تدریجی به شیل سیاه‌رنگ تبدیل می‌شود. به منظور بررسی نوسانات و چگونگی روند تغییر سطح آب طی انبایش سازند گورپی ۳۰ نمونه از قاعده سازند تا مرز کرتاسه / ترشیری (K/T) برداشت و مطالعه شد.

هدف از مطالعه

هدف از این مطالعه، بررسی چگونگی تغییرات سطح آب طی انبایش سازند گورپی است. به همین منظور، مطالعات سنگ‌چینه‌شناسی و چینه‌نگاری سکانشی صورت می‌پذیرد. در سالهای اخیر علاوه بر این مطالعات، مطالعات ژئوشیمیایی نیز به کمک چینه‌شناسان آمده و موضوع شاخه‌ای جدید در این علم به نام چینه‌شناسی شیمیایی (chemostratigraphy) شده است. شاخه پالینواستراتیگرافی که در آن پالینومرفها به منظور چینه‌شناسی به کار گرفته می‌شوند، نیز در سالهای اخیر برای موضوعاتی از قبیل بررسی چگونگی تغییرات سطح آب دریاها گذشته و تعیین واحدهای سازنده توالیها مورد استفاده قرار گرفته و معمول شده است. به همین منظور، مطالعه چگونگی تغییرات سطح آب طی انبایش سازند گورپی با استفاده از محتوای روزن‌داران و محتوای پالینولوژیکی نمونه‌ها و استفاده از عواملی که در این قسمت معمول است و

ناشی از کاهش ژرفا باشد.

پالینومرفهای دریایی

الف) فراوانی

داینوفلاژله‌ها معمولاً در شرایط مساعد از نظر میزان دما و مواد غذایی به سرعت تکثیر می‌شوند و فراوانی قابل توجهی پیدا می‌کنند و قدر مطلق آنها با دور شدن از ساحل و افزایش سطح آب زیاد می‌شود. به همین دلیل از آنها برای تعیین موقعیت خط ساحلی استفاده می‌شود. بررسی چگونگی تغییرات فراوانی پالینومرفهای دریایی در برش مورد مطالعه نشان‌دهنده افزایش تدریجی داینوفلاژله‌ها و آسترهای داخلی پوسته روزن‌داران به سمت بالای ستون بویژه در نمونه‌های مرز K/T است (جدول ۱ و شکل D-۳).

ب) تنوع

در برش مورد مطالعه تنوع پالینومرفهای دریایی (بویژه داینوفلاژله‌ها) برعکس روزن‌داران از قاعده به سمت بالای ستون، یک افزایش تدریجی نشان می‌دهد. بالا رفتن تنوع در پالینومرفهای دریایی (بویژه داینوفلاژله‌ها) می‌تواند نشان‌دهنده مساعد بودن شرایط برای تولید انواع مختلفی از آنها باشد. البته باید در نظر داشت میزان فراوانی و تنوع پالینومرفهای دریایی غیر از مناسب بودن شرایط برای تولید و تنوع گونه‌های مختلف، به شرایط حفظ شدگی آنها نیز بستگی دارد. در صورت نبود چنین شرایطی، میزان فراوانی و تنوع به‌رغم تولید بالا ناچیز خواهد بود (Sluijs et al., 2005; Guasti et al., 2005; Zonneveld et al., 1997). بررسی نمودار حاصل از تغییرات نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی و همچنین انواع روزن‌داران پلاژیک و تنوع روزن‌داران، نشان‌دهنده کم ژرفاشدگی تا مرز K/T است که این تغییر در داینوفلاژله‌ها بر اساس فراوانی و تنوع آنها معکوس بوده، یعنی فراوانی و تنوع به سمت مرز افزایش می‌یابد که در ظاهر می‌تواند نشان‌دهنده یک ژرف‌شدگی درحوضه باشد (Sluijs et al., 2005; Guasti et al., 2005). برای توضیح این تناقضات، عوامل «حفظ شدگی مواد آلی» و تنوع گروه‌های مختلف داینوفلاژله بررسی شد. این عوامل ضمن رفع تناقض یاد شده نشان می‌دهند که تفسیر شرایط بوم‌شناختی بدون در نظر گرفتن «عوامل حفاظت از مواد آلی» مشکلاتی را ایجاد می‌کند. بنابراین دو عامل «حفاظت مواد آلی» بررسی و محاسبه شد.

عوامل حفاظت از مواد آلی

مواد آلی موجود در اسلایدهای پالینولوژیکی را می‌توان در سه گروه تقسیم‌بندی کرد.

ب- روزن‌داران پلاژیک: گسترش روزن‌داران پلاژیک به چگالی و دمای آب بستگی دارد. روزن‌داران پلاژیک در ژرفای معینی زندگی می‌کنند و بر این اساس دارای ریخت‌شناسی متفاوتی هستند. به طور معمول فرمهای ژرف تر تخلخل کمتری دارند، چرا که پوسته آنها باید شرایط محیط ژرف تر و اثرات ناشی از آن از قبیل انحلال کربنات کلسیم و فشار را تحمل کند (Keller et al., 2002; Martinez, 1989; Luciani, 2002; Leckie, 1987). روزن‌داران پلاژیک را می‌توان بر اساس ژرفا به سه دسته شامل فرمهای مربوط به دریاهای برقاره‌ای (epicontinental sea fauna = ESF)، فرمهای مربوط به آبهای کم ژرفا (shallow water fauna = SWF) و فرمهای مربوط به مناطق ژرف (deep water fauna = DWF) تقسیم کرد (Martinez, 1989; Shahin, 1992; Keller et al., 2002; Schmidt et al., 2004). فرمهای ژرف (DWF) از قبیل Globotruncanids که در ژرفای بیشتر زندگی می‌کنند اغلب به شرایط بوم‌شناختی حساس هستند و به دلیل تغییر مداوم شرایط بوم‌شناختی در محیطهای کم ژرفا نمی‌توانند این محیطها را تحمل نمایند.

گروه مربوط به دریاهای کم ژرفا (SWF) بیشتر روزن‌داران پلاژیک کروی شکل از قبیل Hedbergellids و Globigerinids را دربر می‌گیرد (Schmidt et al., 2004; Keller et al., 2002; Martinez, 1989). فرمهای دریای برقاره‌ای (epicontinental sea fauna) یا (ESF)، از قبیل Heterohelicids معمولاً پوری توپیک بوده و به شرایط بوم‌شناختی حساس نیستند. فرمهای دوردیفی و سه‌ردیفی در این گروه قرار می‌گیرند. بررسی این سه گروه از روزن‌داران پلاژیک و تعیین نسبت درصد هریک از گروهها در مقاطع نازک نشان می‌دهد که در برش مورد مطالعه تا ستبرای تقریباً ۷۵ متری از قاعده سازند فرمهای DWF که بیشتر از نوع دو کیله هستند فراوان می‌باشند و از آن به بعد، به تدریج از فراوانی آنها کاسته شده و در مجموع فرمهای کم ژرفای ESF و SWF افزایش پیدا می‌یابند (جدول ۱ و شکل ۳-۳B). این افزایش همراه با کاهش تدریجی فرمهای DWF (بویژه فرمهای دو کیله) نشانگر یک کم ژرفاشدگی تا مرز K/T هستند.

تنوع روزن‌داران: بالا رفتن تنوع در روزن‌داران می‌تواند نشان‌دهنده مساعد بودن شرایط برای تکثیر و رشد گونه‌های متفاوت و کاهش آن می‌تواند ناشی از نامساعد بودن شرایط بوم‌شناختی برای گونه‌های متفاوت باشد. در چنین شرایطی، معمولاً چند گونه خاص که نسبت به شرایط محیطی حساس نیستند فراوان می‌شوند (Ottens & Nederbragt, 1992). در برش مورد مطالعه تنوع در ابتدای برش تا ستبرای تقریباً ۷۵ متری بالا بوده و به تدریج از میزان تنوع کاسته می‌شود (جدول ۱ و شکل C-۳). این کاهش تنوع به احتمال



و تنوع پالینومرف دریایی به سمت بالای ستون نشان دهنده بهبود شرایط حفظ شدگی مواد آلی یعنی کاهش میزان اکسیژن و افزایش آهنگ رسوبگذاری است. بنابراین می توان بر مبنای نسبت روزن داران پلاژیک به کفزی، انواع روزن داران پلاژیک و همچنین تنوع آنها و تطابق آنها با میزان تنوع فراوانی پالینومرفهای دریایی تغییرات سطح آب را بررسی کرد.

تغییر در ترکیب پالینومرفهای دریایی

سازگاری بعضی از گونه های داینوفلاژله به شرایط سطح آب باعث شده است تا بتوان بر اساس مجموعه داینوفلاژله های دریایی شرایط پروکسیمال (مناطق کم ژرفای نزدیک ساحل) و دیستال (مناطق ژرف و دور از ساحل) را نشان داد. بنابراین مجموعه های داینوفلاژله های موجود در رسوبات می توانند در بازسازی میزان نزدیکی و دوری محیط رسوبی از ساحل کمک کند (Sluijs et al., 2005; Guasti et al., 2005; Zonneveld et al., 1997; Hultberg and Malmgren 1986).

مطالعات و نقشه های پراکندگی داینوسیستهای امروزی نشان دهنده وابستگی داینوفلاژله ها به غذا و دمای آب است. بنابراین فراوانی و تنوع آنها به شدت وابسته به بوم سامانه و تنش محیطی است. تنش خود اغلب وابسته به چگونگی دوری و نزدیکی از خط ساحلی است. بنابراین تغییرات در ترکیب و تنوع مجموعه های داینوفلاژله ها می تواند برای تعیین دوره های پیشروی و پسروی استفاده شود. این کاربرد موفقیت آمیز داینوفلاژله ها باعث شده است که در

چینه نگاری سکانسی نیز از آنها استفاده شود.

در بازسازی تغییرات سطح آب به دو صورت از سیستم داینوفلاژله ها (داینوسیستها) استفاده می شود:

۱- استفاده از اختلاف در مجموعه و ترکیب آنها (گروه های مختلف)

۲- مطالعه و ارزیابی تنوع و فراوانی در مجموعه آنها

مطالعه گروه های مختلف داینوفلاژله و تغییرات در ترکیب گروه ها در بازسازی تغییرات سطح آب توسط افراد مختلف از جمله (Sluijs et al., 2005), (Guasti et al., 2005), (John Carlos & Francisca 1999), (1993) صورت گرفته است. بر مبنای تحقیقات این محققان افزایش فرمهای اقیانوسی و نریتیک خارجی مانند *Impagidinium* و همچنین *Nematosphaeropsis* نشان دهنده افزایش سطح آب است. همچنین افزایش فرمهای نریتیک و ساحلی مانند *Areoligera* و *Glaphrocysta* نشان دهنده شرایط پسروی است.

اما باید در نظر داشت که تولید و تنوع داینوفلاژله ها نه تنها به تغییرات سطح آب بلکه به حفظ شدگی آنها نیز وابسته است. حفظ شدگی برخی از

مواد نامتبلور یا بی ساختار (SOM): مواد بی شکل و بی ساختاری هستند که به وسیله باکتریهای هوازی و یا بی هوازی از سایر مواد آلی به وجود می آیند. پالینومرفهای دریایی (MP): همه موجودات دریایی مانند داینوفلاژله ها و آستر داخلی پوسته روزن داران و ... که در محیط دریایی زندگی می کنند را شامل می شود.

پالینوماسرال (P): تمام ذرات خشکی همچون گرده، هاگ و خرده های گیاهی را شامل می شود (Obob-Ikuenobe, 1996; Gorin, 1991; Bombardiere & Gorin, 2000).

برای تعیین عوامل «حفاظت از مواد آلی» باید تمامی این عناصر شناسایی و نسبت درصد گروه ها در نمونه های مورد مطالعه محاسبه شود. عوامل «حفاظت از مواد آلی» شامل عامل Lability و نسبت مواد بی ساختار (نامتبلور) به پالینومرف دریایی (SOM/MP) برای همه نمونه ها در طول ستون چینه شناسی محاسبه شد. توضیح چگونگی این عوامل به شرح زیر است:

عامل Lability: این عامل نسبت ماسرال های قهوه ای به کدر را نشان می دهد. ماسرال های کدر در داخل حوضه در اثر شرایط اکسیدی تولید می شوند. از آنجا که امکان دارد این ماسرالها در اثر شرایط دیگر از قبیل جابه جایی (reworking) یا آتش سوزی به وجود آمده باشند (Waveren & Visscher, 1994)، لازم است توسط دیگر عوامل مواد آلی همچون نسبت SOM/MP کنترل شوند.

عامل SOM/MP: این عامل چگونگی نسبت مواد آلی بی ساختار به پالینومرفهای دریایی را نشان می دهد. افزایش این عامل نشان دهنده عدم شرایط مناسب برای حفظ شدگی مواد آلی است. در چنین شرایطی مواد آلی و پالینومرفهای دریایی توسط باکتریهای هوازی و بی هوازی به ذرات بی شکل (SOM شفاف و تیره) تبدیل می شوند (Obob-Ikuenobe, 1996; Gorin, 1991; Bombardiere & Gorin, 2000).

در ابتدای برش میزان این عوامل بالاست (جدول ۱، شکل ۱-G-۳) به سمت بالای برش به تدریج میزان این عامل کاهش پیدا می کند. بررسی این دو عامل نشان می دهد که حتی اگر در قاعده برش شرایط برای تولید پالینومرفهای دریایی (داینوفلاژله ها) مساعد بوده باشد، ولی شرایط مساعد برای حفظ شدگی آنها وجود نداشته است. به همین دلیل با وجود فراوانی روزن داران پلاژیک و نسبت بالای فرمهای پلاژیک به کفزی در قاعده سازند که شرایط حفظ شدگی متفاوتی از مواد آلی و پالینومرفهای دریایی لازم دارند، فقط هاگهای قارچ و ریفهای قارچی که در مقابل شرایط آلکالینیت و اکسیژن مقاوم هستند (Waveren & Visscher, 1994; Schioler et al., 2002) باقی مانده اند و بقیه ذرات آلی به SOM تیره تبدیل شده اند. افزایش فراوانی

ژرف (DWF) و تنوع روزن داران همگی مقدار بالایی را نشان می دهند که منطبق با کاهش میزان lability و افزایش نسبت SOM به پالینومرف دریایی است. این شواهد نشان می دهد که نمونه های ۱، ۶، ۸ و ۱۶ در محدوده شرایط حوضه ای قرار می گیرند. نمونه شماره ۳۷ به علت پایین بودن میزان روزن داران پلاژیک و همچنین فراوانی فرمهای کم ژرفای ESF و SWF و بالا بودن میزان lability شرایط حاشیه ای ژرف (highly proximal shelf) را بیان می کند. نمونه های ۱۴، ۲۲، ۲۳ و ۳۳ در رخساره II که شرایط حاشیه ای کم و بیش بی اکسیژن تا حوضه ای بی اکسیژن (marginal dysoxic-anoxic basin) را نشان می دهد قرار می گیرند. بررسی میزان روزن داران پلاژیک و عوامل حفظ شدگی مواد آلی میزان lability پایین و نسبت SOM به پالینومرف دریایی به نسبت بالایی را نشان می دهد که مؤید چنین شرایطی است. نمونه های شماره ۴، ۱۲، ۲۱ و ۳۱ در رخساره IX که شرایط حوضه ای تقریباً کم اکسیژن تا بی اکسیژن (distal suboxic-anoxic basin) را نشان می دهد قرار می گیرند. بررسی دقیق محتوای فسیلی و مواد آلی نشان می دهد که نمونه های ۴ و ۱۲ دارای میزان روزن داران پلاژیک (DWF) بالایی بوده و گویای شرایط حوضه ای تقریباً بی اکسیژن (suboxic basin) است. نمونه های ۲۱ و ۳۱ نیز با نسبت پایین lability و میزان SOM به پالینومرف دریایی و سنگ شناسی شیلی دارای میزان کمتری از روزن داران پلاژیک (DWF) است که شرایط حوضه ای کم و بیش بی اکسیژن (anoxic basin) را نشان می دهند. نمونه های ۲۵، ۲۷ و ۳۵ در رخساره شماره VIII که شرایط حاشیه حوضه ای ژرف (distal anoxic shelf) را شامل می شود، قرار می گیرند. در این نمونه ها میزان lability و SOM شفاف بالا بوده، میزان روزن داران کفزی بیشتر شده و فرمهای ESF و SWF افزایش نشان می دهند. میزان بالای فرمهای ESF و SWF تأیید کننده شرایط حاشیه ای حوضه ای (distal shelf) است.

نمونه شماره ۳۹ با داشتن میزان lability بالا و میزان SOM به پالینومرف دریایی تقریباً پایین و همچنین میزان بالایی از روزن داران کم ژرفا (SWF, ESF) در رخساره III قرار می گیرد که نشان دهنده شرایط حاشیه ای کم ژرفا (proximal shelf) است. این عوامل به علاوه سنگ شناسی شیلی، مؤید رسوبگذاری این نمونه ها در شرایط حاشیه ای کم ژرفا (proximal shelf) است. نمونه شماره ۴۱ با داشتن lability بالا و همچنین میزان بالایی از فرمهای یوری توپیک مناطق کم ژرفا (SWF, ESF) در رخساره VI که شرایط کم ژرفای نیمه اکسیژن دار تا حاشیه ای بی اکسیژن (proximal suboxic-anoxic shelf) را نشان می دهد، قرار می گیرد. نمونه های شماره ۴۲ تا ۴۸ در رخساره V قرار می گیرند. این رخساره که نمونه های پس از مرز K/T را دربرمی گیرد،

داینوفلاژله ها وابسته به شرایط بوم شناختی، بویژه میزان اکسیژن کف حوضه است. براساس میزان حساسیت به شرایط بوم شناختی داینوسیستها به ۴ گروه تقسیم می شوند: فرمهای بسیار حساس، فرمهای حساس، فرمهای مقاوم و فرمهای بسیار مقاوم (Zonneveld et al., 1997). راسته Peridinioids جزو گروه بسیار حساس و حساس به شرایط اکسیژن دار به شمار می آید و در صورت نبود شرایط مساعد برای حفاظت آنها به سرعت از بین می روند. در مقابل، راسته Gonyaulacoids که حساسیت کمتری به شرایط بوم شناختی دارد بیشتر در گروه مقاوم قرار می گیرند. بنابراین، برای بررسی تغییرات سطح آب و برای جلوگیری از اشتباه ناشی از عدم حفظ شدگی داینوفلاژله ها از این راسته استفاده شد. بر این اساس بر مبنای تقسیم بندی های John (1993), Sluijs et al. (2005), Carlos & Francisca (1999) و Guasti et al. (2005) که محیطهای دریایی را بر مبنای داینوسیستهای شاخص از محیط ساحلی به نریتیک خارجی و اقیانوسی تفکیک کرده اند چگونگی فراوانی فرمهای شاخص این گونه محیطها در نمونه های برش مورد مطالعه محاسبه شد (شکل ۴). این گروهها شامل فرمهای زیر است: *Areoligera*, *Glaphyrocysta*, *Operculodinium*, *Spiniferites*, *Cliestosphaeridium*, *Nematosphaeropsis*, *Impagidinium* بررسی این گروهها نشان می دهد که در ابتدای برش مورد مطالعه هرچند که به علت عدم حفظ شدگی مواد آلی فراوانی کمی از داینوفلاژله ها و پالینومرفهای دریایی ثبت شده ولی به طور نسبی جنسهای *Impagidinium* و *Nematosphaeropsis* فراوان تر بوده و به تدریج به سمت بالای برش مورد مطالعه که تنوع و فراوانی داینوفلاژله ها افزایش می یابد، فراوانی مربوط به فرمهای شاخص محیطهای نریتیک و ساحلی مانند *Areoligera*، *Deflandera* و *Glaphyrocysta* است. همچنین فراوانی *eutrophic* که در محیطهای عاری از کربن فراوان می شود و معمولاً شرایط *Impagidinium* و محیطهای نزدیک به ساحل را نشان می دهد (Guasti et al., 2005) در این قسمت ثبت شده است. مجموع این موارد یک کم ژرفا شدگی به سمت بالای ستون چینه شناسی را تأیید می کند.

بررسی چگونگی تغییرات سطح آب براساس نمودار سه گانه Tyson (1993)

پس از تعیین نسبت درصد سه گروه اصلی پالینولوژیکی، مقادیر روی نمودار سه گانه Tyson (1993) پیاده و موقعیت هر نمونه مشخص شد (شکل ۵). بر این اساس نمونه های ۱، ۶، ۸، ۱۶ و ۳۷ در رخساره I قرار می گیرند. این رخساره محیط ژرف حوضه ای (highly proximal shelf تا basin) را نشان می دهد. محاسبه نسبت روزن داران پلاژیک به کفزی و میزان فرمهای

است. همچنین بررسی داینوفلاژله‌ها نشان می‌دهد که فرمهای خاصی مانند *Spiniferites* و *Operculodinium*, *Glaphyrocysta*, *Areoligera* فراوان می‌شوند که مؤید شرایط نریتیک داخلی و محیط ساحلی یعنی حاشیه‌ای کم ژرفا است. چنین شرایطی نشان‌دهنده یک کاهش تدریجی ژرفاست.

نتیجه گیری

مطالعه تغییرات نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی و افزایش فراوانی انواع فرمهای پلاژیک ESF و SWF کم ژرفاشدگی به سمت مرز کرتاسه/ترشیری را در برش مورد مطالعه نشان می‌دهد. اما مطالعه دو عامل «حفاظت از مواد آلی» شامل lability و نسبت SOM به پالینومرف دریایی نشان می‌دهد که میزان پایین lability و افزایش میزان نسبت SOM به پالینومرف دریایی حاصل عدم حفظ شدگی مواد آلی در قاعده برش است. به تدریج میزان lability افزایش می‌یابد که این افزایش به همراه کاهش نسبی از نسبت SOM به پالینومرف دریایی که در شیل‌های سیاه‌رنگ سازند به بیشترین میزان خود می‌رسد، نشان‌دهنده حفظ شدگی خوب مواد آلی است. حفظ شدگی مواد آلی به همراه افزایش فراوانی روزنداران ESF و SWF و افزایش روزنداران کف‌زی و فراوانی داینوسیست‌های محیط نریتیک داخلی و ساحلی مؤید کاهش ژرفاست. این تغییرات و نوسانات سطح آب (پسروی و به‌دنبال آن پیشروی همراه با کاهش دما) در مرز K/T باعث ایجاد جریان‌های بالا رونده (upwelling) می‌شود. چنین جریان‌هایی خود باعث فراوانی فرمهای یوریتوپیک ESF و SWF و فرمهای بسیار ریز ابتدای ترشیری شده و در ضمن باعث فراوانی پالینومرف دریایی نیز می‌شود. وجود فسفات و کانی‌های درج‌زایی چون گلوکونیت در نمونه‌های مرز K/T مؤید چنین شرایطی است.

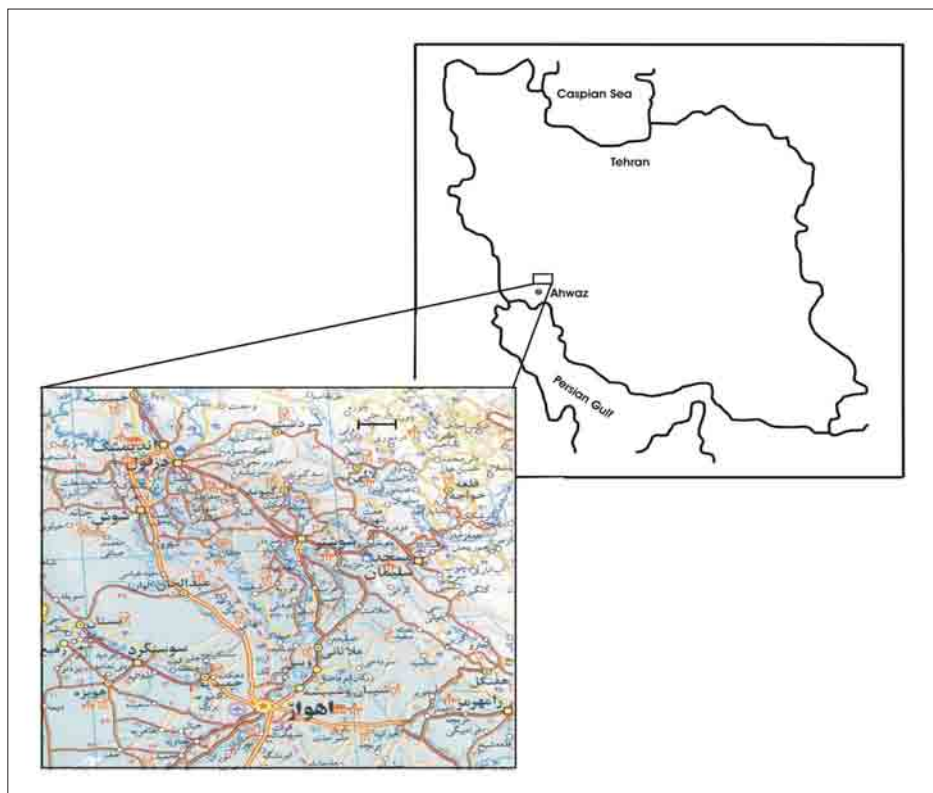
منطبق بر محیط حاشیه‌ای ژرف (distal shelf) است. مطالعه این نمونه‌ها میزان بالایی از پالینومرفهای دریایی و افزایش قابل توجهی از فرمهای مناطق کم ژرفا و افزایش مسال‌های کدر با کناره‌های کاملاً گرد شده را نشان می‌دهد که نشانه آشفستگی در محیط است.

بحث

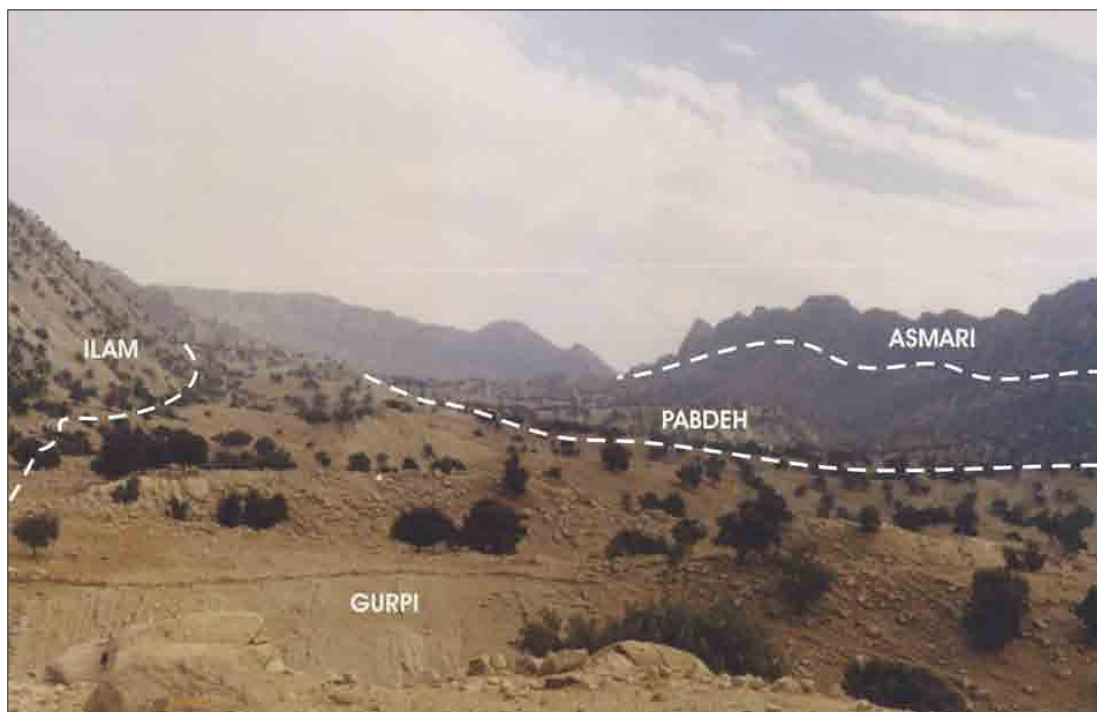
مطالعه مواد آلی و تعیین نسبت درصد سه گروه اصلی پالینولوژیکی و تأثیر عوامل «حفاظت از مواد آلی» و تطابق آنها با نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی و همچنین گروه‌های مختلف روزن‌داران پلاژیک در مقاطع مورد مطالعه و با تغییرات فراوانی و تنوع پالینومرفهای دریایی نشان می‌دهد که در شیل‌های آهکی ابتدای برش فراوانی و تنوع بالایی از روزن‌داران پلاژیک از انواع DWF وجود دارد. این فراوانی و تنوع که منطبق بر درصد ناچیزی از پالینومرفهای دریایی و بالا بودن میزان نسبت SOM به پالینومرف دریایی و میزان lability پایین می‌باشد، نشان‌دهنده عدم حفظ شدگی مواد آلی است. مطالعه آماری گروه داینوفلاژله‌های مقاوم در برابر شرایط محیطی (Gonyaulacoids) فراوانی فرمهای نریتیک خارجی و اقیانوسی مانند *Nematosphaeropsis* و *Impagidinium* را نشان می‌دهد. استنتاج چنین شرایطی منطبق با نتایج حاصل از نمودار سه گانه تیسون است. به تدریج به سمت بالای ستون چینه‌شناسی و در شیل‌های سیاه‌رنگ میزان lability افزایش می‌یابد و کاهش نسبی از میزان نسبت SOM شفاف به پالینومرف دریایی مشاهده می‌شود. این تغییرات همراه با افزایش فراوانی و تنوع پالینومرفهای دریایی نشان‌دهنده حفظ شدگی خوب مواد آلی است. فراوانی فرمهای پلاژیک مناطق کم ژرفای SWF و ESF و افزایش روزن‌داران کف‌زی با اندازه بزرگ نشان‌دهنده شرایط کم ژرفا در قسمت‌های بالایی ستون مورد مطالعه

جدول ۱- اطلاعات مربوط به مطالعات آماری بر روی روزنداران و عناصر پالینولوژیکی

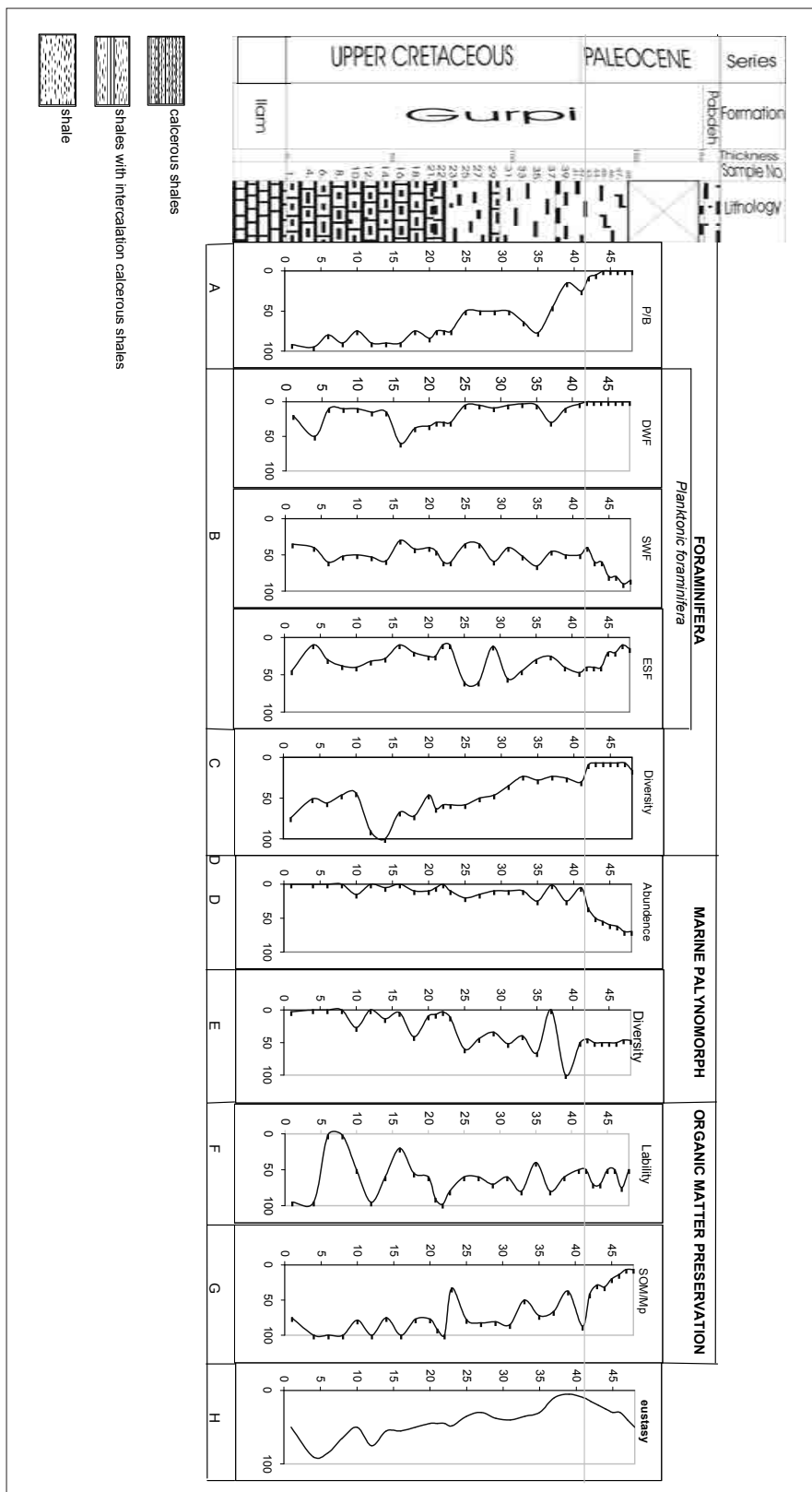
	FORAMINIFERA						PALYNOLOGICAL ELEMENTS								
	S.No.	P/B	ESF	SWF	DWF	Diversity Abundance	SOM %	MP%	P %	Diversity(MP)	SOM/Mp	Lability	Eustasy		
SOM: مواد آلی نامتبلور	1	92	45	35	20	74.4	55	mg	6	2	92	3	75	95	50
MP: پالینومرف دریایی	4	95	10	40	50	51.1	8	mp	85	0	15	0	100	95	90
P: پالینوماسال	6	80	30	60	10	55.8	15	mp	15	0	85	0	100	2	85
نسبت مواد نامتبلور به پالینومرف دریایی	8	90	38	52	10	46.5	75	mp	8	0	92	0	100	2	65
Lability: نسبت مسال‌های قهوه‌ای به کدر	10	75	40	50	10	43.8	85	mp	55	15	30	27.3	78.5	50	50
P/B: نسبت روزن‌داران پلاژیک به کف‌زی	12	90	32	53	15	90.6	65	mp	80	0	20	0	100	95	75
DWF: روزن‌داران مربوط به مناطق ژرف	14	90	28	58	15	100	55	mg	15	5	80	13.69	75	60	55
SWF: روزن‌داران مربوط به مناطق کم ژرفا	16	90	10	30	60	67.44	45	mg	5	0	95	4.1	100	20	55
ESF: روزن‌داران مربوط به مناطق برقاره‌ای	18	75	20	42	38	72.09	58	mg	35	10	55	41	77	55	50
P(foram): وضعیت حفظ شدگی روزن‌داران	20	84	25	40	35	46.51	35	mm	35	10	55	9.58	77	60	45
mg: حفظ شدگی خوب	21	75	25	45	30	62.79	43	mg	55	5	40	6.84	91.6	90	45
mm: حفظ شدگی متوسط	22	75	10	60	30	58.1	55	mp	25	0	75	2.73	100	98	45
mp: حفظ شدگی ضعیف	23	75	10	60	30	58.1	50	mp	5	10	85	10.95	33.3	80	48
	25	50	60	35	5	58.1	70	mm	70	20	10	60.2	77.7	60	35
	27	50	60	35	5	50	48	mm	70	15	15	43.83	82.3	60	30
	29	50	12	59	9	46.51	20	mm	45	10	45	34.24	81	70	38
	31	50	55	40	5	34.88	33	mg	60	10	30	52.05	85	60	40
	33	64	45	52	3	23.25	5	mm	10	10	80	39.72	50	80	35
	35	77	30	65	5	27.9	27	mg	65	25	10	65.7	72	40	30
	37	45	25	45	30	23.25	5	mp	2	1	97	0	66.6	80	10
	39	98	40	50	10	25.58	15	mp	15	25	60	100	37.5	60	5
	41	25	47	50	3	30.23	35	mg	35	5	60	50	87.5	50	10
	42	8	40	40	0	9.3	96	mg	25	35	40	45	41.5	50	15
	43	5	40	60	0	6.9	98	mg	20	50	30	50	28.5	70	20
	44	0	40	60	0	6.9	98	mg	25	55	20	50	31.2	70	25
	45	0	20	80	0	6.9	98	mg	15	60	25	50	20	50	30
	46	0	20	80	0	6.9	95	mg	10	62	28	50	13.8	50	30
	47	0	10	90	0	6.9	85	mg	5	70	25	46	6.6	75	40
	48	0	15	85	0	16.2	90	mg	5	70	25	47	6.6	50	50



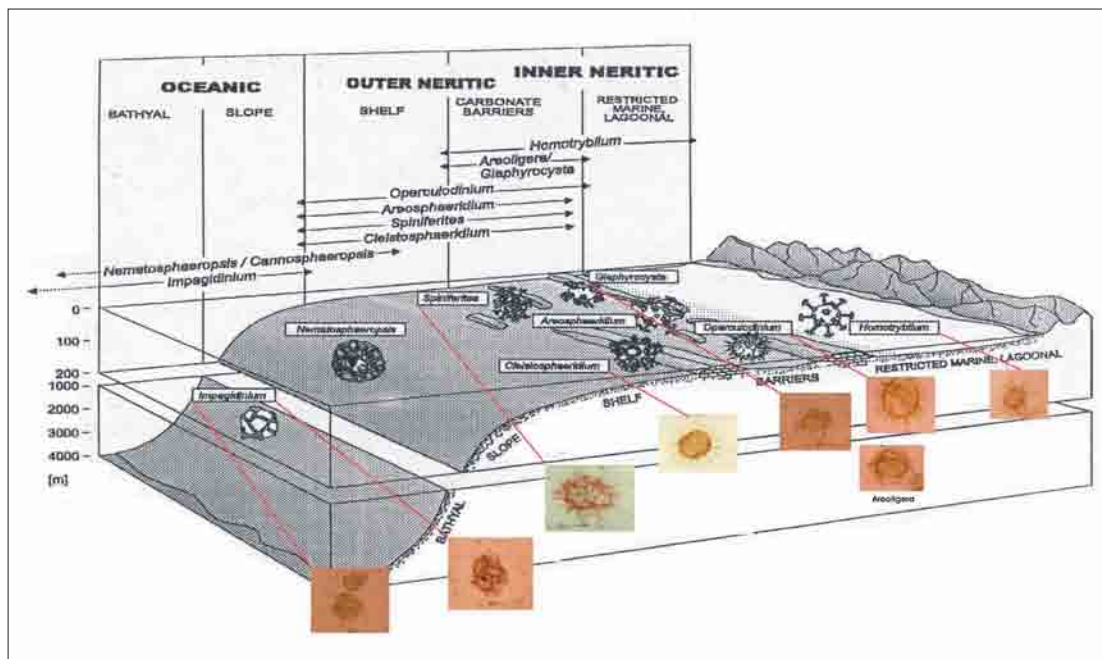
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه



شکل ۲- نمایی از سازند گورپی در برش مورد مطالعه
(برش الگو، دید از باختر به خاور)

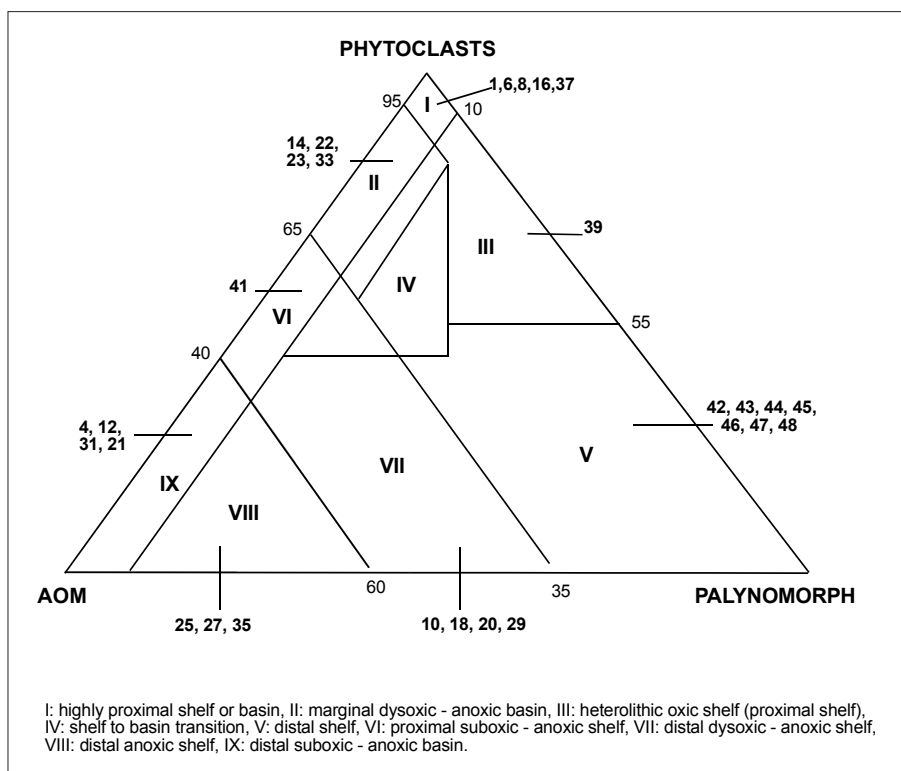


شکل ۳- نمایش منحنیهای مربوط به محتوای فسیلی و میزان مواد آلی در برش مورد مطالعه برای بررسی تغییرات سطح آب



شکل ۴- تفکیک محیطهای دریایی بر مبنای داینوسیستهای شاخص راسته Gonyaulacoids از محیط ساحلی به نریتیک خارجی و اقیانوسی (اقتباس از Sluijs et al., 2005) که به ترتیب شامل:

Areoligera/Glyphyrocysta, Operculodinium, Spiniferites, Cleistocasperidium, Nematospaeropsis, Impagidinium



شکل ۵- نمودار سه گانه Tyson (1993) و رخساره‌های مشخص شده برای هر نمونه

PLATE 1

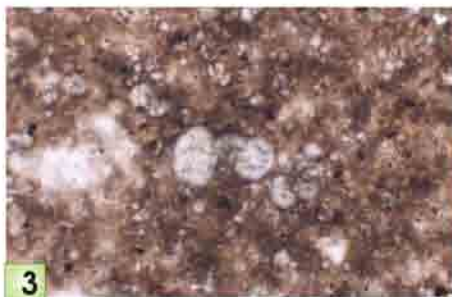


Plate 1

1- *Globotruncana calcarata* Cushman, X40.

2- *Lenticulina* sp., X40

3- *Globigerina triloculinoides* Plummer, X40. Abundance of foraminifera in the Early Paleocene.

4- *Globigerina triloculinoides* Plummer, X40.

5- Abundance of opaque maceral; low lability

6- Abundance of marine palynomorphs (dinoflagellate cysts) relative to SOM.

7- Abundance of SOM relative to marine palynomorphs.

8- Fungal spore and fungal body.

PLATE 2

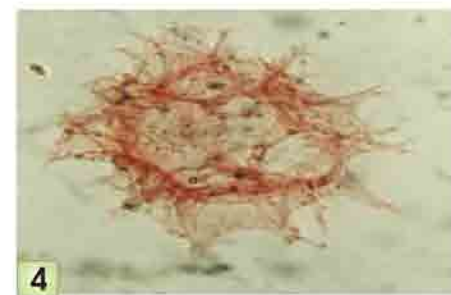


Plate 2

1- *Impagidinium* sp., X640.

2- *Impagidinium aculeatum*, X640.

3- *Operculodinium* sp., X640.

4- *Spiniferites* sp., X640.

5- *Areoligera senonensis* (Wilson 1967 a) Lentin and Williams 1976., X640.

6- *Glaphyrocysta* sp., X640.

7- *Thalassiphora* sp., X640.

8- *Deflandrea oebisfeldensis*, Alberti 1959, X640.

References

- Abramovich, S., Keller, G., 2002- High stress late Maastrichtian Palaeoenvironment: inference from planktonic foraminifera in Tunisia. *Paleo III*, 178, 145-164.
- Abramovich, S., Keller, G., Stuben, D., Berner, Z., 2003- Characterization of late Campanian and Maastrichtian planktonic foraminifera depth habites and vital activities based on stable isotopic. *Paleo III*, 202, 1-29.
- 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.
- Carlos, A. J., Francisca, E. O., 1999- Sequence stratigraphic interpretations from palynofacies, dinocyst and lithology data of Upper Eocene-Lower Oligocene strata in southern Mississippi and Alabama, U.S. Gulf Coast. *Paleo III*, 145, 259-302.
- Eijden, A., 1995- Morphology and relation frequency of planktonic foraminifera species in relation To oxygen isotopically depth habitats. *Paleo III*, 113, 267- 301
- 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.
- Hultberg, S., Malmgren, B., 1986- Dinoflagellates and planktonic foraminifera paleobathymetry indices in the boreal uppermost Cretaceous. *Micropaleontology* 32(4), 310-323.
- John, V. F., 1993- Dinoflagellate assemblages and sea-level fluctuations in the Maastrichtian of South west Georgia. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 79, 179-204.
- Keller, G., Adatte, T., Stinnesbeck, W., Luciani, V., Karoui-Yaakoub, N., Zaghbi-Turki, D., 2002- Paleocology of the Cretaceous-Tertiary mass extinction in planktonic foraminifera. *Paleo III*, 178, 257-297.
- Leckie, R., 1987- Paleocology of mid Cretaceous planktonic foraminifera: A comparison of open ocean and Epicontinental sea assemblages. *Micropaleontology*, 33, 164-176.
- Luciani, V., 2002- High resolution planktonic foraminifera analysis from the Cretaceous-Tertiary boundary at Ain Settara (Tunisia): evidence of an extended mass extinction. *Paleo III*, 178, 299-319.
- Martinez, R., 1989- Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironment of the Maastrichtian colon mudstone 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., Bullerin*, 108, 1275-1294.
- Ottens, G., Nederbragt, A., 1992- Planktonic foraminifera diversity as indicator of ocean environment. *Marine Micropaleontology*, 19, 13 -28.
- Schioler, P., Crampton, J., Laird, M., 2002- Palynofacies and Sea level changes in the middle Coniacian Late Campanian (Late Cretaceous) of the East cos Basin, New Zealand. *Paleo III*, 188, 101-125.
- Schmidt, D., Thierstein, H., Bollmann, G., 2004- The evolutionary history of size variation of planktonic foraminifera assemblages in the Cenozoic. *Paleo III*, 212, 159 -180.
- 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, 281-31
- Tyson, R., 1993- Palynofacies analysis. *Applied Micropaleontology*, 153-191.
- 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.

* دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

*School of Geology, University College, University of Tehran