

تعیین عمق دیرینه سازند گورپی بر مبنای فرامینفرهای پلانکتونیک و بنتیک

میثم همتی نسب^{۱*}، ابراهیم قاسمی نژاد^۱، بهروز درویش زاده^۲

۱- دانشکده‌ی زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

* مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: m.hemmati@gmail.com

(دریافت: ۸۶/۱۱/۶؛ پذیرش: ۸۶/۱۲/۲۵)

چکیده

سازند گورپی در برش کاور شامل ۲۱۳ متر مارن با میان لایه‌های مارن آهکی و حاوی دو عضو سیمره (لوف) با لیتولوژی سنگ آهک و امام حسن با لیتولوژی سنگ آهک‌های رس دار می‌باشد که بر مبنای فرامینفرهای پلانکتونیک این سازند، فاصله‌ی کامپاین میانی تا پائوسن پسین را در بر می‌گیرد. به منظور تعیین و چگونگی تغییرات عمق دیرینه در زمان انباشت این سازند در جنوب ایلام، فرامینفرهای پلانکتونیک و بنتیک مورد مطالعه قرار گرفتند. بدین منظور در فرامینفرهای بنتیک، درصد پوسته‌های هیالین، آگلوتینه‌ی کلسیتی، آگلوتینه‌ی غیر کلسیتی و نیز بنتیک‌های سطح‌زی (epifaunal) و درون‌زی (infaunal) و نسبت این دو گروه به یکدیگر تعیین شد. همچنین نسبت فرامینفرهای پلانکتونیک به بنتیک‌های سطح‌زی تعیین و با استفاده از معادله‌ی $(D = e^{(3.58718 + (0.03534 \times \%P))})$ عمق بیش از ۸۰۰ متر برای اغلب بخش‌های این سازند به دست آمد که مطالعه‌ی فرامینفرهای بنتیک شاخص عمق نیز مؤید این مطلب می‌باشد. تطابق خوب منحنی تغییرات نسبی سطح آب به دست آمده در این مطالعه با منحنی‌های یوستازی موجود نشان‌دهنده‌ی تأثیر بالای عامل یوستازی نسبت به دیگر عوامل در ایجاد تغییرات عمق سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فرامینفرها، عمق دیرینه، تغییرات نسبی سطح آب، سازند گورپی، ایران

مقدمه

اقیانوس به علاوه، داشتن پوسته‌های آهکی و ماسه‌ای که به آنها توانایی بالقوه‌ی بالایی برای حفظ شدگی می‌دهد، این ارگانسیم‌ها را به ابزاری مناسب برای بازسازی محیط دیرینه تبدیل می‌نماید (Van der Zwaan et al. 1999).

تلاش‌های عمق‌سنجی با استفاده از فرامینفرها در ابتدا متمرکز بر شناسایی گونه‌های هم‌عمق یعنی آنهایی بود که توزیع‌شان در تمام حوضه‌ها در عمق یکسانی بود. سال‌ها بعد نسبت بین فرامینفرهای پلانکتونیک به بنتیک به عنوان روش مناسب برای عمق‌سنجی مورد استفاده قرار گرفت (Jorissen et al. 2007).

مشخصات سنگ شناسی و راه دسترسی به برش مورد مطالعه
مطالعه‌ی حاضر در برش کاور، در جنوب استان ایلام انجام گرفته است. به منظور دسترسی به این برش باید از طریق راه روستای کاور توه طاق که در ۵۵ کیلومتری جاده‌ی دهلران به سمت مهران واقع است، ۱۳ کیلومتر به سمت شهر زرین‌آباد رفت (شکل ۱). برش مورد نظر در سمت غربی جاده قرار گرفته و مختصات قاعده‌ی برش بدین قرار است: $E 46^{\circ}, 48', 31.8''$ و $N 32^{\circ}, 56', 13.4''$

سازند گورپی در این برش شامل ۲۱۳ متر مارن‌های خاکستری تیره با میان‌لایه‌های مارن آهکی خاکستری روشن و حاوی عضو سیمره

سازند گورپی در زاگرس به جهت دارا بودن استعداد سنگ منشأ دارای اهمیت زیادی است. مرز کرتاسه و پالئوژن نیز در قسمت‌های بالایی این سازند واقع شده که جهت بررسی حوادث مربوط به این مرز مطالعات دقیق بر روی این سازند ضروری است. از آن جایی که در انجام مطالعات محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکansı، داشتن اطلاعاتی راجع به حدود عمق حوضه رسوبی بسیار مفید بوده و می‌تواند در پیش‌بینی و تفسیر الگوی انباشت بسته‌های رسوبی و تعیین سطوح مهم سکansı کمک شایانی نماید، لذا به منظور انجام مطالعات چینه‌نگاری سکansı و برای تعیین میزان تغییرات سطح آب در این سازند، به ابزارهایی برای تعیین عمق دیرینه حوضه نیاز است. با این وجود تاکنون عمق دیرینه‌ی این سازند مورد مطالعه قرار نگرفته است. برای این کار امروزه در اغلب روش‌ها از میکروفسیل‌ها استفاده می‌شود. در این روش‌ها از الگوهای توزیع گونه‌های بنتیک استفاده می‌شود که اغلب شامل فرامینفرها و استراکودهاست (Van der Zwaan et al. 1990).

ویژگی‌های فرامینفرهای بنتیک از قبیل تنوع زیاد، فراوانی در رسوبات، گستره‌ی وسیع از کامبرین تا عهد حاضر و محدوده‌ی وسیع زیست آنها از آب‌های لب شور کم عمق تا عمیق‌ترین بخش‌های

روش انجام کار

به منظور مطالعه‌ی فرامینیفرها به صورت آزاد (ایزوله)، ۸۱ نمونه از ۱۲۷ نمونه‌ی برداشت شده از سازند گورپی، و نیز نمونه‌های قسمت بالایی سازند ایلام و قاعده‌ی سازند پابده، پس از شستشو بر روی الک‌های ۱۲۰ مش (۱۲۵ میکرون) و ۲۳۰ مش (۶۳ میکرون) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در هر نمونه با شمارش بیش از ۴۰۰ فرد به صورت تصادفی، تعداد فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک مشخص شده است.

همچنین در فرامینیفرهای بنتیک نسبت انواع سطح‌زی (epifaunal) و درون‌زی (infaunal)، بر اساس راهنمای جدول ضمیمه‌ی ۲ و نیز درصد فرامینیفرهای با پوسته‌ی هیالین، آگلوتینه‌ی کلسیتی و آگلوتینه‌ی غیر کلسیتی در کل اجتماع فرامینیفرهای بنتیک محاسبه شد. به منظور بررسی احتمال حمل‌شدگی و یا حل‌شدگی پوسته‌ها، با شمارش تصادفی بیش از ۴۰۰ فرد در هر نمونه از رسوبات بین الک‌های ۱۲۰ مش و ۲۳۰ مش (کوچکتر از ۱۲۵ میکرون و بزرگتر از ۶۳ میکرون) تعداد فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک محاسبه شد (جدول ضمیمه‌ی ۱). سپس وجود یا عدم وجود پیریت، گلوکونیت، فسفات، ژیبس و نیز حل‌شدگی در پوسته‌ها به ویژه در انواع پلانکتونیک، و احتمال حمل‌شدگی و یا آثار آن در هر نمونه بررسی شد (شکل ۲). برخی فرامینیفرهای بنتیک به منظور شناسایی تاکسهای شاخص عمق شناسایی شدند. گونه‌های بنتیک شاخص عمق توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM) عکس‌برداری شده و در سلول نگهداری میکروفسیل به شماره‌ی G.05.08.MH به موزه‌ی زمین‌شناسی دانشکده‌ی زمین‌شناسی دانشگاه تهران سپرده شده‌اند.

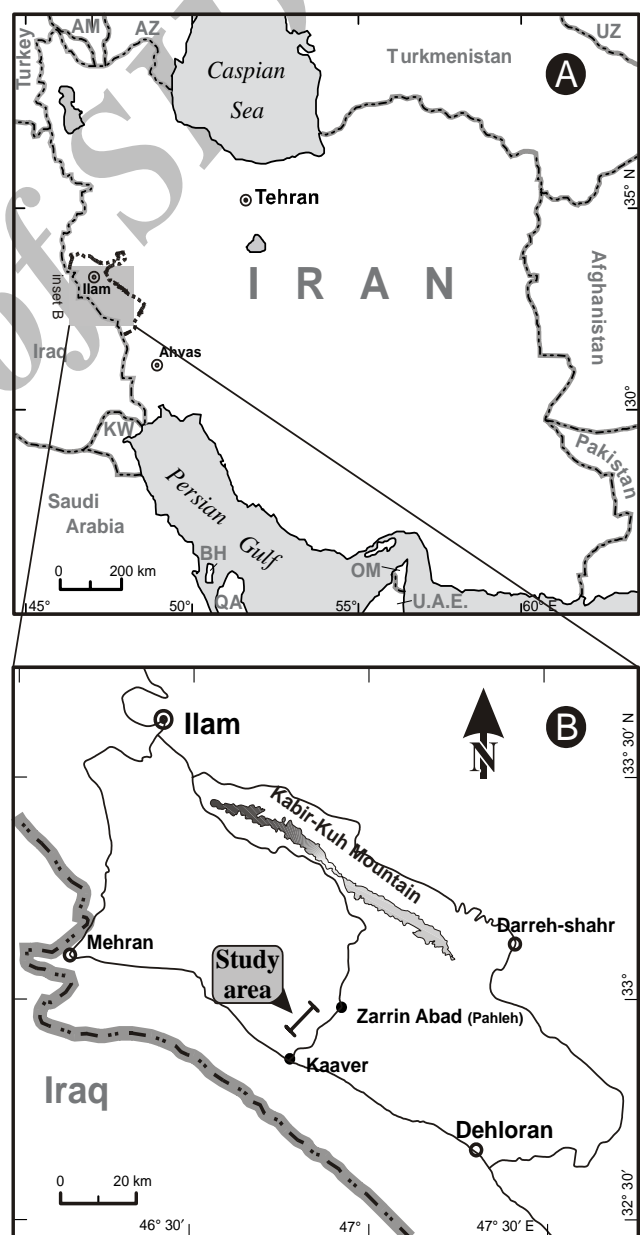
در نهایت از دو روش متداول برای تعیین عمق دیرینه استفاده شد که عبارتند از:

- ۱- استفاده از گونه‌ها و اجتماعات فرامینیفرهای بنتیک شاخص عمق.
- ۲- استفاده از روش‌های کمی و آماری و نسبت بین فرامینیفرهای پلانکتونیک به بنتیک.

فرامینیفرهای بنتیک شاخص عمق

در این روش، با مطالعه عمق زندگی، الگوی پراکندگی و نحوه‌ی تغییرات اجتماعات و گونه‌های فرامینیفر بنتیک نسبت به تغییرات عمق در حوضه‌های مختلف امروزی، گونه‌های وابسته به عمق شناسایی و نیز خصوصیات اجتماعات فرامینیفرهای بنتیک در اعماق مختلف بررسی می‌شود و در نهایت این گونه فرض می‌شود که گونه‌ی مورد نظر (در صورت عدم انقراض) و یا گونه‌های هم‌شکل و هم‌خصوصیت آن در طول زمان عمق زیست خود را ثابت نگه داشته‌اند. سپس مدل‌هایی

(لویفا) با لیتولوژی سنگ آهک به رنگ زرد و عضو امام حسن با لیتولوژی سنگ آهک رس‌دار به رنگ کرم می‌باشد. سن سازند گورپی در این برش بر مبنای فرامینیفرهای پلانکتونیک، از کامپانین میانی تا پالئوسن پسین است (شکل ۲). مرز زیرین سازند گورپی در این برش با سازند ایلام و به صورت پیوسته ولی با تغییر سنگ‌شناسی مشخص بوده که در آن مارن‌های آهکی سفید تا کرم‌رنگ سازند ایلام به مارن‌های خاکستری گورپی تبدیل می‌شوند. مرز بالایی سازند گورپی در این برش با سازند پابده و به صورت تدریجی و پیوسته است که طی آن مارن‌های خاکستری مایل به سبز سازند گورپی به شیل‌های ارغوانی‌رنگ قاعده‌ی سازند پابده تبدیل می‌شوند.



شکل ۱- A: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت به ایران

B: راه دسترسی به برش مربوطه.

گونه‌های شاخص عمق، فراوانی آنها در نمونه‌ها بر طبق روش معرفی شده توسط الگرت و توماس (Alegret & Thomas 2001) تعیین شد که بر این اساس، به منظور توصیف چگونگی فراوانی آنها از اصطلاحات خیلی فراوان (>۱۵٪)، فراوان (۵٪ تا ۱۵٪) معمولی (۲٪ تا ۵٪)، کمیاب (۱٪ تا ۲٪) و خیلی کمیاب (<۱٪) استفاده شده است. این درصدها مربوط به فراوانی هرگونه در حداقل یک نمونه‌ی مورد مطالعه است. تقسیم‌بندی حوضه بر اساس عمق در این مطالعه بر اساس مدل ارائه شده توسط الگرت و توماس (Alegret & Thomas 2001) بوده که طبق آن صفر تا ۲۰۰ متر محیط نریتیک، ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر باتیال طبق بالایی، ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر باتیال میانی، ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر باتیال پایینی و ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر محیط آبیسال است. در عین حال این تقسیم‌بندی در برخی منابع دارای اختلاف بوده که در این صورت عمق مورد نظر آن مؤلف در جلوی اصطلاح مربوطه آورده شده است (جدول ۱).

برای زمان‌های مورد نظر تهیه می‌شود که برای نمونه می‌توان از مدل‌های متداول مورد استفاده در مطالعات کرتاسه، به مدل اسلیتر و بیگر (Sliter & Baker 1972)، مدل الگرت و توماس، (Alegret & Thomas 2001)، و مدل الگرت و همکاران (Alegret et al. 2003)، اشاره کرد.

با استفاده از مدل‌های مذکور یا مدل‌های مشابه، می‌توان حدود عمق دیرینه‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه را به دست آورد. همچنین با کمک این روش گاهی می‌توان رسوبات و فسیل‌های بیگانه‌ی حمل شده به محیط را هم شناسایی کرد. برای مثال در مطالعه‌ی برش‌های مختلف سازندهای کرتاسه‌ی بالایی و پالئوژن زیرین در اطراف مکزیک، اسپانیا و فرانسه بارها از این روش توسط الگرت و همکارانش استفاده شده است (برای مثال: Alegret & Thomas 2001, Alegret et al. 2001, Alegret et al. 2002, Alegret et al. 2003, Alegret & Thomas 2004, Alegret et al. 2004, Alegret & Thomas 2005).

به منظور بررسی فرامینیفرهای بنتیک شاخص عمق جهت تعیین عمق سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه، پس از شناسایی

جدول ۱- توزیع برخی گونه‌های فرامینیفر بنتیک شاخص عمق در سازند گورپی، جنوب ایلام، با استفاده از مدل ارائه شده توسط الگرت و همکاران (Alegret et al. 2003).

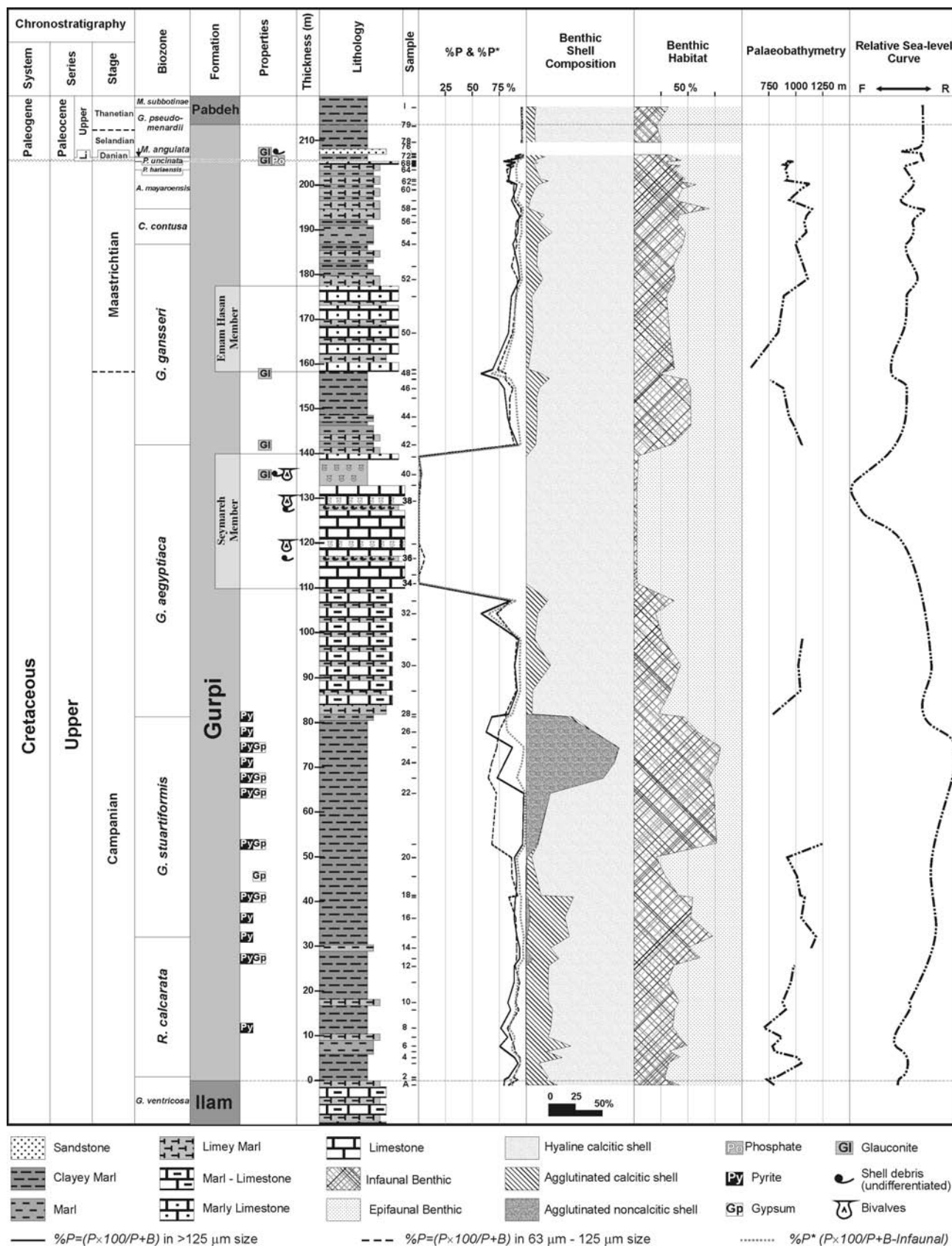
| گونه‌های شاخص عمق | فراوانی | حداقل عمق زیست | توزیع عادی در محیط |
|--|---------|----------------|--|
| <i>Bolivinooides delicatulus</i> Cushman | R | | باتیال (1, p. 338)؛ اغلب در باتیال بالایی-میانی و کمتر در باتیال پایینی (7) |
| <i>Bolivinooides draco</i> (Marsson) | A | | نریتیک خارجی و باتیال (1, p. 378)؛ اغلب در باتیال بالایی-میانی و کمتر در باتیال پایینی (7) |
| <i>Clavulinooides trilatera</i> (Cushman) | C | | باتیال و آبیسال (5)؛ باتیال میانی (6)؛ باتیال پایینی - آبیسال (1, 3, 8) |
| <i>Eouvirgerina subsculptura</i> MacNeil and Caldwell | A | | باتیال بالایی-میانی؛ اغلب در باتیال بالایی-میانی و کمتر در باتیال پایینی |
| <i>Gaudryina pyramidata</i> Cushman | V | 200-300 (1) | باتیال-آبیسال (5)؛ باتیال پایینی و آبیسال (3)؛ اغلب در باتیال بالایی-میانی و کمتر در باتیال پایینی (7) |
| <i>Gyroidinooides globosus</i> (Hagenow) | V | 200-300 (2) | باتیال میانی-آبیسال (3)؛ باتیال-آبیسال (1c, 2) |
| <i>Marssonella oxycona</i> (Reuss) | R | | باتیال میانی (10)؛ 500-1500 m |
| <i>Nuttalinella florealis</i> (White) | R | | باتیال و آبیسال (5)؛ باتیال و آبیسال (1c) |
| <i>Paralabamina lunata</i> (Brotzen) | C | | باتیال تا آبیسال (7) |
| <i>Praebulimina reussi</i> (Morrow) | V | | باتیال تا آبیسال (7)؛ باتیال میانی (10)؛ 500-1500 m |
| <i>Sitella cushmani</i> (Sandidge) | C | | اغلب در باتیال بالایی-میانی و کمتر در باتیال پایینی (7) |
| <i>Spiroplectamina spectabilis</i> (Grzybowski) | A | 500-700 m (1) | باتیال (8) |

علامت‌ها: V= خیلی فراوان، A= فراوان، C= عادی، R= کمیاب، X= خیلی کمیاب

(1) Van Morkhoven et al. 1986, p. 8, fig. 5; (1c) Van Morkhoven et al. 1986, fold out; modified after Van Morkhoven et al. 1986; (2) Speijer 1994, p. 84, fig. 6; (3) Tjalsma & Lohmann 1983; (4) Widmark 2000, pp. 376-377; (5) Berggren & Aubert 1975; (6) Speijer 2001; (7) Widmark & Speijer, 1997; (8) Kaiho 1992.

از میان گونه‌های فرامینیفر بنتیک شاخص عمق، گونه‌های *Gyroidinooides* و *Praebulimina reussi*، *Gaudryina pyramidata* و *globosus* خیلی فراوان (بیش از ۱۵٪)، گونه‌های *Bolivinooides draco* و *Eouvirgerina subsculptura*

از میان گونه‌های فرامینیفر بنتیک شاخص عمق، گونه‌های *Gyroidinooides* و *Praebulimina reussi*، *Gaudryina pyramidata* و *globosus* خیلی فراوان (بیش از ۱۵٪)، گونه‌های *Bolivinooides draco* و *Eouvirgerina subsculptura*



شکل ۲- بایواستراتیگرافی، لیتولوژی، نمودار %P در رسوبات بزرگتر از ۱۲۵ میکرون و رسوبات ۱۲۵ تا ۶۳ میکرون، نمودار %P* درصد انواع پوسته‌ها در فرامینیفرهای بنتیک، درصد انواع فرامینیفرهای بنتیک درون‌زی و سطح‌زی در فرامینیفرهای بنتیک، محاسبه‌ی عمق دیرینه از رابطه‌ی وان‌درزوان و همکاران (Van der Zwaan et al. 1990) و تعیین تغییرات نسبی سطح آب دریا برای سازند گورپی در برش کاور.

در روابط (۱) و (۲)، درصد فرامینیفرهای پلانکتونیک (%P) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\%P = (P / P+B) \times 100 \quad (3)$$

که در آن P تعداد فرامینیفرهای پلانکتونیک و B تعداد فرامینیفرهای بنتیک است.

مطالعات بعدی نشان دادند که به غیر از عمق، عوامل دیگری در نسبت P/B مؤثر هستند. با توجه به این که در رابطه‌ی P/B تغییرات در هر دو عامل فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک مؤثر است، علل و نحوه‌ی تغییر در هر یک از این دو عامل را بررسی می‌نماییم.

به طور کلی فراوانی فرامینیفرهای پلانکتونیک با افزایش عمق، افزایش می‌یابد (Gibson 1989, Berger & Diester-Haass 1988, Nigam & Henriques 1992).

علت افزایش فرامینیفرهای پلانکتونیک با افزایش عمق می‌تواند کاهش آشفتگی (turbidite) با افزایش فاصله از خط ساحلی باشد که موجب افزایش تولید اولیه می‌شود. به علاوه اکوسیستم پیچیده‌ی پلاژیک با چرخه‌ها و زنجیره‌های غذایی پیچیده‌اش در اعماقی کامل می‌شود که تمام منطقه‌ی نوری را در بر گیرد. با افزایش عمق، فرامینیفرهای پلانکتونیک نیمه‌عمیق (mesoplagic) و خیلی عمیق (bathypagic) هم وارد اکوسیستم می‌شوند. البته با افزایش فاصله از خط ساحلی و کم شدن مواد غذایی وارده از خشکی، در نقطه‌ی معینی دوباره تعداد پلانکتون‌ها کاهش می‌یابد، اما در مورد فرامینیفرهای بنتیک وضعیت پیچیده‌تر و کمتر قابل پیش‌بینی است و گاهی در برخی محیط‌هایی که انتظار نمی‌رود - مانند حوضه‌های بی‌اکسیژن - تعدادشان افزایش می‌یابد (Van der Zwaan et al. 1990).

مطالعات نشان داده است که فرامینیفرهای بنتیک در مقابل اغلب تغییرات محیطی غیرحساس هستند و فاکتورهایی نظیر دما و شوری، در توزیع فرامینیفرهای بنتیک نقش چندانی ندارند. در عین حال مواد غذایی و اکسیژن دارای اهمیت اکولوژیکی زیادی است و چگونگی توزیع گونه‌ها در اعماق، تابعی از میزان اکسیژن، چگونگی و نرخ ورود مواد غذایی و رقابت در محیط بستر است (Berger & Diester-Haass 1988, Van der Zwaan et al. 1990, Jorissen et al. 1995, Van der Zwaan et al. 1999, Jorissen et al. 2007).

مطالعات بعدی نشان داده است که نقش اکسیژن وارده به بستر نیز بسیار مهم است به طوری که مطالعات آزمایشگاهی ارنست و وان در زوان (Ernest & Van der Zwaan 2004) نشان داد که در شرایط مزوتروفیک (وجود مقدار متوسط مواد غذایی و اکسیژن)، اجتماعات فرامینیفرهای بنتیک در دوره‌های کوتاه زمانی (چند روز یا هفته) بیشتر متأثر از تغییرات اکسیژن است تا مواد غذایی ولی در دوره‌های زمانی بزرگ‌تر تأثیر مواد غذایی تنظیم‌کننده‌ی فراوانی بنتیک‌هاست.

همچنین به نظر اسلیتر و بیکر (Sliter & Baker 1972)، گونه‌های مختلف جنس‌های *Ammodiscus* و *Bathysiphon* در محیط باتیال ساکن هستند که گونه‌های هر دو جنس مذکور در نمونه‌های مورد مطالعه موجود و فراوانی آنها معمولی است. همچنین *Haplophragmoides* spp. در نمونه‌های شماره‌ی ۲۱ تا ۲۷ خیلی فراوان (گاهی تا بیش از ۴۰٪) هستند که بر اساس مدل اسلیتر و بیکر (Sliter & Baker 1972)، عمق زیست گونه‌های این جنس، محیط باتیال پایینی است. بنابر شواهد گفته شده و جدول ۱، می‌توان عمقی معادل حداقل قسمت‌های باتیال میانی را برای اغلب دوره‌های انباش سازند گورپی در برش مورد مطالعه ارزیابی کرد.

میزان و عوامل ایجاد خطای احتمالی در این روش

اگرچه به طور کلی گونه‌های بنتیک در مقابل تغییرات عمق از نظم خاصی پیروی می‌کنند ولی بعضی مشکلات مانع از بازسازی دقیق عمق دیرینه می‌شود که به طور خلاصه عبارتند از: ۱- اطلاعات کمی در مورد فاکتورهای اساسی توزیع فرامینیفرهای بنتیک موجود است ۲- محدوده‌ی عمق‌سنجی گونه‌ها از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر به طور قابل توجهی متفاوت است ۳- اجماعی در مورد این که کدام گونه‌ها در طول زمان و مکان‌های مختلف دارای عمق یکسان بوده‌اند وجود ندارد و ممکن است محدوده‌ی عمق‌سنجی گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده باشد. با این حال معمولاً در تحلیل عمق‌سنجی دیرینه این طور فرض می‌شود که گونه‌ها و یا حتی هم‌شکل‌های (homomorphic) آنها در طول زمان در اعماق ثابتی زندگی می‌کرده‌اند (Van der Zwaan et al. 1990).

از این‌روست که تعیین عمق دیرینه نباید تنها بر مبنای گونه‌های شاخص عمق صورت گیرد بلکه بهتر است که از خصوصیات کمی اجتماعات، مثل نسبت پلانکتونیک به بنتیک (P/B) نیز استفاده شود (Van der Zwaan et al. 1999).

نسبت فرامینیفرهای پلانکتونیک به بنتیک (P/B)

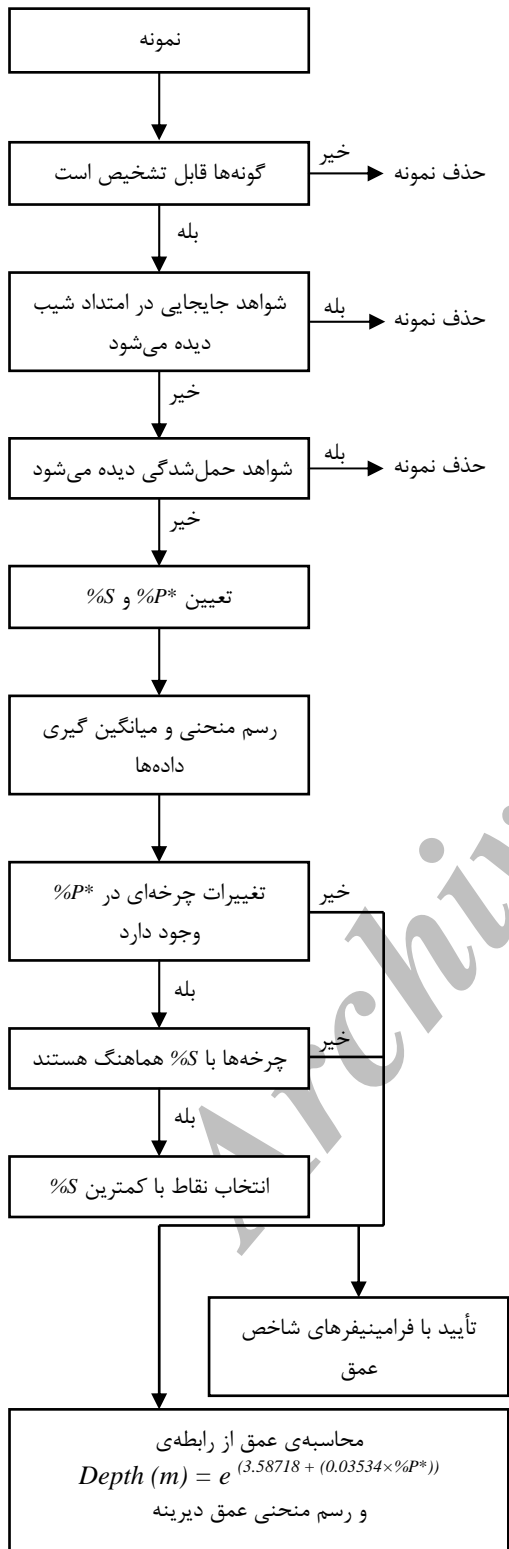
در سال ۱۹۷۷، رایت (Wright 1977) با مطالعه‌ی دریا‌های امروزی، معادله‌ای را برای تعیین عمق دیرینه پیشنهاد کرد که به این قرار بود:

$$Depth = e^{(0.042 \times \%P + 3.48)} \quad (1)$$

چند سال بعد وان مارل و همکاران (Van Marle et al. 1987)، نمونه‌هایی مربوط به اعماق ۴۰ تا ۲۱۱۹ متری را در حاشیه‌ی شرقی اندونزی مورد مطالعه قرار دادند و رابطه‌ی زیر را برای تعیین عمق با استفاده از درصد فرامینیفرهای پلانکتونیک (%P) پیشنهاد نمودند:

$$D = e^{(0.061 \times \%P + 1.25)} \quad (2)$$

اشاره کرده‌اند داده‌های مورد مطالعه‌ی آنها شامل نمونه‌های دوباره حمل شده نیز بوده که در صورت حذف این نمونه‌ها، ضریب اطمینان رابطه‌ی بالا، بیشتر خواهد بود (Van der Zwaan et al. 1990).



شکل ۳- نمودار جریان‌ی مراحل مختلف مطالعه‌ی نمونه‌ها تا تعیین عمق دیرینه (بر گرفته شده از Van Hinsbergen et al. 2005 با کمی تغییر).

وان‌درزوان و همکاران (Van der Zwaan et al. 1990)، پس از بررسی داده‌های حاصل از نسبت P/B در چند حوضه‌ی امروزی دریافتند که تأثیر ورود مواد غذایی به کف بستر (در اثر تولید اولیه) می‌تواند در این نسبت تأثیرگذار باشد و تفاوت در نسبت P/B از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر می‌تواند به شدت وابسته به مقدار فرامینفرهای بنتیکی باشد که درون رسوبات زندگی می‌کنند. آنها همچنین عنوان نمودند که الگوی توزیع فراوانی فرامینفرهای بنتیک در رابطه با عمق نشان دهنده‌ی افزایش تعداد فرامینفرهای بنتیک از مناطق نزدیک ساحل تا مناطق لبه‌ی فلات قاره و کاهش دوباره آن به سمت مناطق عمیق‌تر است و این الگو، به طور مستقیم تحت تأثیر محتوای کربن آلی موجود در رسوبات و تأثیرپذیری فرامینفرهای بنتیک درون‌زی از این محتوای کربن است. بر طبق مطالعات آنها بیشترین فراوانی فرامینفرهای بنتیک درون‌زی مربوط به اعماق ۵۰ تا ۸۰۰ متری است (Van der Zwaan et al. 1990).

با در نظر گرفتن این عوامل، وان‌درزوان و همکاران (Van der Zwaan et al. 1990) فرمول‌های پیشنهادی توسط مطالعات رایت (رابطه‌ی ۱) و وان‌مارل و همکاران (رابطه‌ی ۲) را به این صورت تصحیح کردند:

$$Depth = e^{(3.58718 + (0.03534 \times \%P^*))} \quad (4)$$

که در این فرمول، فرامینفرهای پلانکتونیک به کل اجتماع فرامینفرها منهای انواع درون‌زی تقسیم می‌شوند.

$$\%P^* = (P / (P+B-\text{infaunal})) \times 100 \quad (5)$$

جهت تمایز درصد پلانکتونیک به دست آمده از رابطه‌ی ۵ با درصد حاصل از رابطه‌ی ۳، از علامت ستاره (*) استفاده شده است.

ترسیم منحنی حاصل از درصد فرامینفرهای پلانکتونیک به کل اجتماع فرامینفرها در مقابل عمق بعد از حذف انواع درون‌زی ($\%P^*$)، توسط وان‌درزوان و همکاران، کاهش پراکندگی داده‌ها را نشان داد. با این وجود مطالعات آنها نشان داد که انحلال بخشی پوسته‌ی فرامینفرهای پلانکتونیک، موجب تغییر در نسبت P/B شده و باید نمونه‌های دارای آثار حل‌شدگی در پوسته را (که عمدتاً در نمونه‌های مربوط به اعماق زیاد با P/B بالا دیده می‌شود) حذف کرد. آنها همچنین از داده‌های خود این‌گونه نتیجه گرفتند که رگرسیون $\%P^*$ (با حذف بنتیک‌های درون‌زی)، پتانسیلی مفید برای تخمین عمق دیرینه بین ۳۰ تا ۱۲۵۰ متر دارد. بر طبق تحلیل‌های آماری، با افزایش عمق از میزان دقت این رابطه کاسته می‌شود به طوری که عمق ۴۳۰ متر (معادل ۵۰٪ پلانکتونیک) با ضریب اطمینان ۹۰٪ بین اعماق ۳۱۰ تا ۵۹۰ متری است در حالی که عمق ۱۲۰۰ متر (معادل ۹۹٪ پلانکتونیک) با ضریب اطمینان ۹۰٪ بین اعماق ۸۶۰ تا ۱۶۵۰ متر است. البته باید در نظر داشت همان‌گونه که وان‌درزوان و همکارانش

میزان و عوامل ایجاد خطای احتمالی در این روش

یکی از محدودیت‌های این روش در عمق قابل محاسبه (بین ۳۶ تا ۱۲۳۸ متر) است. عامل محدود کننده‌ی دیگر نقش رسوبات دوباره حمل شده به ویژه در مواردی است که این رسوبات دانه ریز باشند. تأثیر این عامل همیشه یکسان نیست و درحالی که در بسیاری از موارد موجب کاهش درصد پلانکتونیک می‌شود، در مواردی نیز موجب افزایش این مقدار می‌شود. محدودیت سوم حل‌شدگی کربنات کلسیم به ویژه در رسوبات دارای میزان بالای مواد آلی است که با توجه به مقاومت بیشتر پوسته‌های فرامینیفراهای بنتیک، موجب حذف انتخابی به ویژه در مورد گونه‌های نابالغ فرامینیفراهای پلانکتونیک شده و درصد پلانکتونیک به دست آمده کمتر از مقدار واقعی خواهد شد (Van der Zwaan et al. 1990).

دیگر شواهد عمق حوضه

هرچند میزان کربنات کلسیم محلول در آب به عوامل مختلفی از قبیل دما، فشار و فعالیت‌های زیستی وابسته است اما به طور متوسط تا عمق ۵۰۰ متری، آب دریا از کربنات کلسیم اشباع است و بعد از این عمق به تدریج انحلال کربنات کلسیم آغاز می‌گردد (Boersma 1998). فراوانی فرامینیفراهای بنتیک با پوسته‌ی آگلوتینه‌ی غیر آهکی به همراه وجود انحلال در پوسته‌ی آهکی فرامینیفراها در نمونه‌های ۱۳ و ۲۱ تا ۲۷، نشان از عمقی است که کربنات کلسیم به حالت غیر اشباع رسیده است. البته باید در نظر داشت که رسوبات مورد مطالعه هیچ‌گاه به زیر عمق موازنه‌ی کربنات کلسیم (CCD) نرفته‌اند زیرا همچنان آهک، سازنده‌ی عمده‌ی نمونه‌هاست. هرچند همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود، در نمونه‌های ذکر شده، به علت مقاومت کمتر پوسته‌ی فرامینیفراهای پلانکتونیک در مقایسه با بنتیک و وجود حل‌شدگی بیشتر در این پوسته‌ها به ویژه در انواع ریزتر، مقادیر P^* محاسبه شده (از رابطه‌ی ۳) کاهش را نشان می‌دهد که این کاهش برای رسوبات با اندازه‌ی بین ۶۳ تا ۱۲۵ میکرون بیشتر از مقادیر محاسبه شده برای رسوبات با اندازه‌ی بزرگتر از ۱۲۵ میکرون است. بیشترین عمق بدست آمده نیز در همین نمونه‌هاست.

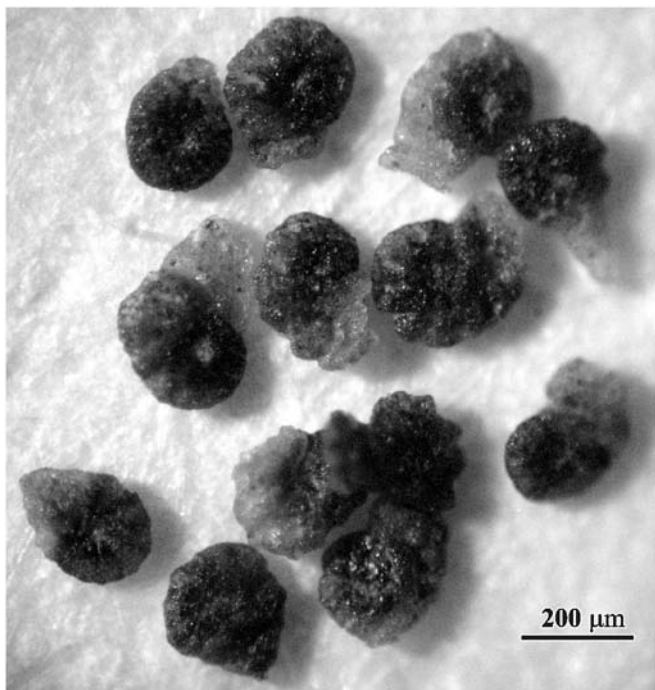
همچنین بر اساس الگوهای کلی توزیع فرامینیفراها در محیط، رسوبات و فونای پایین شیب قاره کاملاً مختلط و در آنجا رسوبات حمل‌شده کاملاً عادی می‌باشد. محیط باتیال نیز دارای مارن‌های آهکی ریزدانه با بیش از ۷۵٪ تا ۹۰٪ فرامینیفرا پلانکتونیک (که آثار انحلال در برخی از آنها دیده می‌شود) به همراه مقدار زیاد فرامینیفراهای با پوسته‌ی آگلوتینه در فونای بنتیک است. بنتیک‌های با پوسته‌ی هیالین نیز در این محیط‌ها دارای پوسته‌ای ضخیم هستند (Boersma 1998).

استفاده از رابطه‌ی وان‌درزوان و همکاران (رابطه‌ی ۴) امروزه برای به دست آوردن عمق دیرینه جهت مطالعات مختلف به ویژه مطالعات هیدرودینامیک و تحلیل حوضه بسیار متداول است (برای مثال، Kouwenhoven & Van der Zwaan 2006, Snel et al. 2006, Van Hinsbergen et al. 2005).

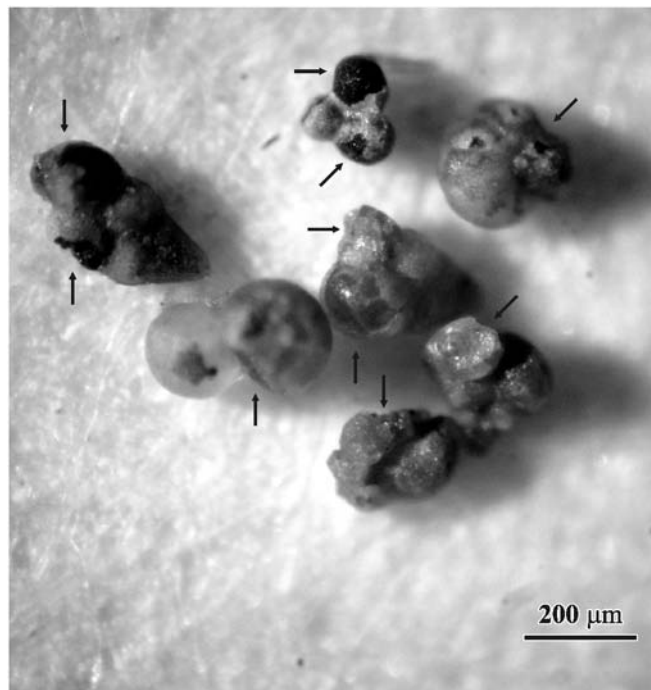
وان‌هینزبرگن و همکاران (Van Hinsbergen et al. 2005) پس از بررسی تأثیر اکسیژن در تغییرات P/B ، انواع درون‌زی را که تعدادشان در شرایط بی‌اکسیژنی افزایش می‌یابد شاخص اکسیژن (stress marker) نامیده و درصد آنها را در کل اجتماع فرامینیفراهای بنتیک $S\%$ نامیدند. آنها همچنین نمودار جریانی را برای مراحل مختلف مطالعه نمونه‌ها تا تعیین عمق دیرینه پیشنهاد کردند. شکل ۳ مراحل مختلف انجام این مطالعه برای تعیین عمق دیرینه بر اساس نمودار جریانی مذکور را نشان می‌دهد.

به منظور تعیین عمق دیرینه‌ی سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه به جهت وجود آثار انحلال در پوسته‌ی فرامینیفراهای آهکی در نمونه‌های شماره‌ی ۱۳ و ۲۱ تا ۲۷ (شکل ۴)، این نمونه‌ها از محاسبه‌ی P^* (با استفاده از رابطه‌ی ۵) حذف شدند. این نمونه‌ها علاوه بر آثار حل‌شدگی، دارای فرامینیفراهای بنتیک آگلوتینه زیاد به ویژه انواع غیر کلسیتی هستند (شکل ۵ و پلیت ۱، شکل ۱۶) که در آزمایش این گونه‌ها با اسید هیدروکلریک ۳۰٪، هیچ‌گونه واکنش یا حل‌شدگی با این اسید مشاهده نشد.

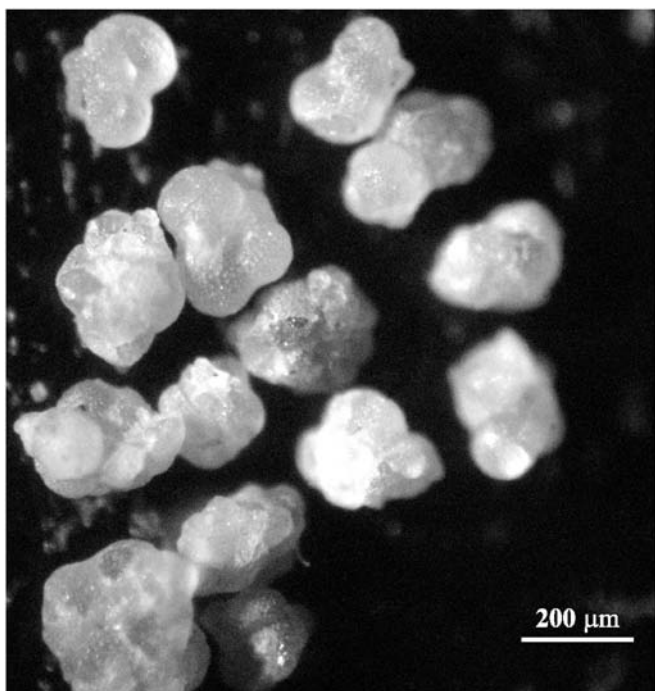
نمونه‌های ۳۲ تا ۴۱، ۴۸، ۵۷ تا ۵۸، نمونه‌های بعد از کرتاسه (شماره‌های ۷۱ تا ۷۹) و نمونه‌ی ابتدای سازند پابده نیز به دلیل وجود آثار حمل‌شدگی (اشکال ۶ و ۷) از محاسبه‌ی P^* (با استفاده از رابطه‌ی ۵) حذف شدند. در نمونه‌های ۳۴ تا ۴۱ همچنین قطعات خرد شده‌ی ماکروفسیل‌ها به همراه درصد خیلی زیاد فرامینیفراهای بنتیک (بیش از ۹۸٪) با آثار حمل‌شدگی وجود دارد. نمونه‌های بعد از کرتاسه (شماره‌های ۷۱-۷۹) نیز همراه با آثار حمل‌شدگی و اغلب شکسته شده بوده که در آنها نمونه‌های ریز مربوط به کرتاسه نیز دیده می‌شود. در نهایت در نمونه‌های باقیمانده با محاسبه‌ی P^* با استفاده از رابطه‌ی ۵ و قرار دادن آن در فرمول پیشنهادی وان‌درزوان و همکاران (رابطه‌ی ۴)، عمق دیرینه برای سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه محاسبه شد (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود عمق محاسبه شده برای بیشتر قسمت‌های سازند بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر متغیر بوده که در بیشتر محدوده‌ی باتیال میانی می‌باشد و مؤید عمق به دست آمده با استفاده از فرامینیفراهای بنتیک شاخص عمق است.



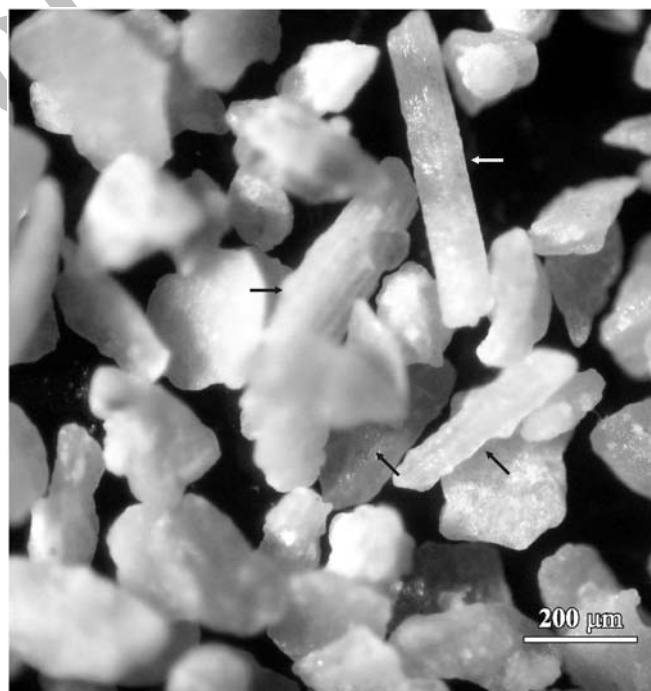
شکل ۵- برخی گونه‌های فرامینیفر بنتیک دارای پوسته‌ی آگلوتینه‌ی غیر آهکی، عکس از نمونه‌ی شماره‌ی ۲۵.



شکل ۴- آثار حل شدگی در پوسته‌ی فرامینیفرها که با علامت مشخص شده است، عکس از نمونه‌ی شماره‌ی ۲۶.



شکل ۷- برخی گونه‌های فرامینیفر دارای آثار حمل شدگی در نمونه‌ی شماره‌ی ۷۲.



شکل ۶- آثار حمل شدگی و برخی قطعات ماکروفسیل‌ها که با علامت مشخص شده در نمونه‌ی شماره‌ی ۴۰.

در قسمت‌های نریتیک به ویژه در کرتاسه‌ی بالایی فراوان هستند، به همراه حضور بیش از ۸۰٪ فرامینیفرهای پلانکتونیک در مارن‌های همی‌پلاژیک، معرف دریا‌های باز با عمق حداقل معادل بخش‌های بالایی باتیال دانسته شده است (Alegret & Thomas 2001) که در سازند

نحوه‌ی توزیع فرامینیفرها در اغلب بخش‌های سازند مورد مطالعه (همان گونه که در داده‌های جدول ضمیمه ۱ و شکل ۲ دیده می‌شود) شبیه به محیط پایین شیب قاره و باتیال می‌باشد. عدم حضور ماکروفسیل‌ها یا قطعات آنها و نیز غیبت فرامینیفرهای بنتیک بزرگ که

کمترین عمق به دست آمده مربوط به رسوبات عضو آهکی سیمره به سن انتهای کامپانین است که با توجه به ماکروفسیل‌های موجود و اندازه‌ی بسیار بزرگ آنها، در محیط نریتیک تشکیل شده‌اند هرچند تعیین محیط انبایش این رسوبات و نیز برجا یا نابرجا بودن آن نیاز به مطالعه و بحث بیشتری دارد که از حوصله‌ی این مطالعه خارج است.

جهت مقایسه‌ی منحنی به دست آمده با منحنی‌های یوستازی، لازم است تا ابتدا منحنی تغییرات عمق، به جای ترسیم در کنار ستون چینه‌شناسی، در مقابل زمان رسم شود تا اثر تغییرات نرخ رسوب‌گذاری و یا فشردگی رسوبات از این منحنی حذف شود. از آن جا که زون‌های جهانی میکروفسیل‌های پلانکتونیک، نزدیک‌ترین واحدها در چینه‌نگاری زیستی به واحدهای کرونواستراتیگرافی هستند (Aubry & Van Couvering 2005)، بایوزون‌های فرامینیفر پلانکتونیک تعیین شده در این مطالعه با سن مطلق محاسبه شده برای بایوزن‌ها و حوادث بایواستراتیگرافی، ارائه شده توسط هاردنبول و همکاران (Hardenbol et al. 1998) برای کرتاسه و برگرن و پییرسون (Berggren & Pearson 2005) برای پالئوسن تطبیق داده شد. در نهایت منحنی تغییرات نسبی سطح آب در مقابل این چارچوب زمانی رسم شد (شکل ۸).

واحدهای قطبیت (Polarity chron) ارائه شده توسط حق و همکاران (Haq et al. 1988) با همین واحدها در گردشتین و همکاران (Gradstein et al. 2004) در نرم‌افزار TSCreator 3.7 مطابقت داده شد تا سن مطلق بایوزن‌ها و منحنی یوستازی آنها با آخرین تغییرات منتشر شده توسط کمیته‌ی بین‌المللی چینه‌شناسی منطبق شود. سپس منحنی به دست آمده در این مطالعه با منحنی‌های یوستازی حق و همکاران (Haq et al. 1988) و هاردنبول و همکاران (Hardenbol et al. 1998) مقایسه شد (شکل ۸). لازم به ذکر است که نرم‌افزار فوق‌الذکر، محصول کمیته‌ی بین‌المللی چینه‌شناسی و حاوی آخرین اطلاعات این کمیته در رابطه با واحدهای زمان چینه‌ای، قطبیت، منحنی‌های یوستازی و بایوزون‌های گروه‌های مختلف فسیلی است که از آدرس <http://www.tscreator.org> قابل برگرفتن است.

همان‌گونه که در شکل ۸ دیده می‌شود، انطباق نسبتاً خوب منحنی تغییرات نسبی سطح آب به دست آمده در این مطالعه با منحنی‌های تغییرات جهانی سطح آب موجود، نشان از تأثیرپذیری بالای این تغییرات در زمان انبایش سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه از تغییرات یوستازی و عملکرد نسبتاً ضعیف دیگر عوامل از قبیل فعالیت‌های تکتونیک و نرخ رسوب‌گذاری است.

نبود رسوبی موجود در سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه مربوط به انتهای ماستریختین و ابتدای پالئوسن است که به دلیل تشکیل

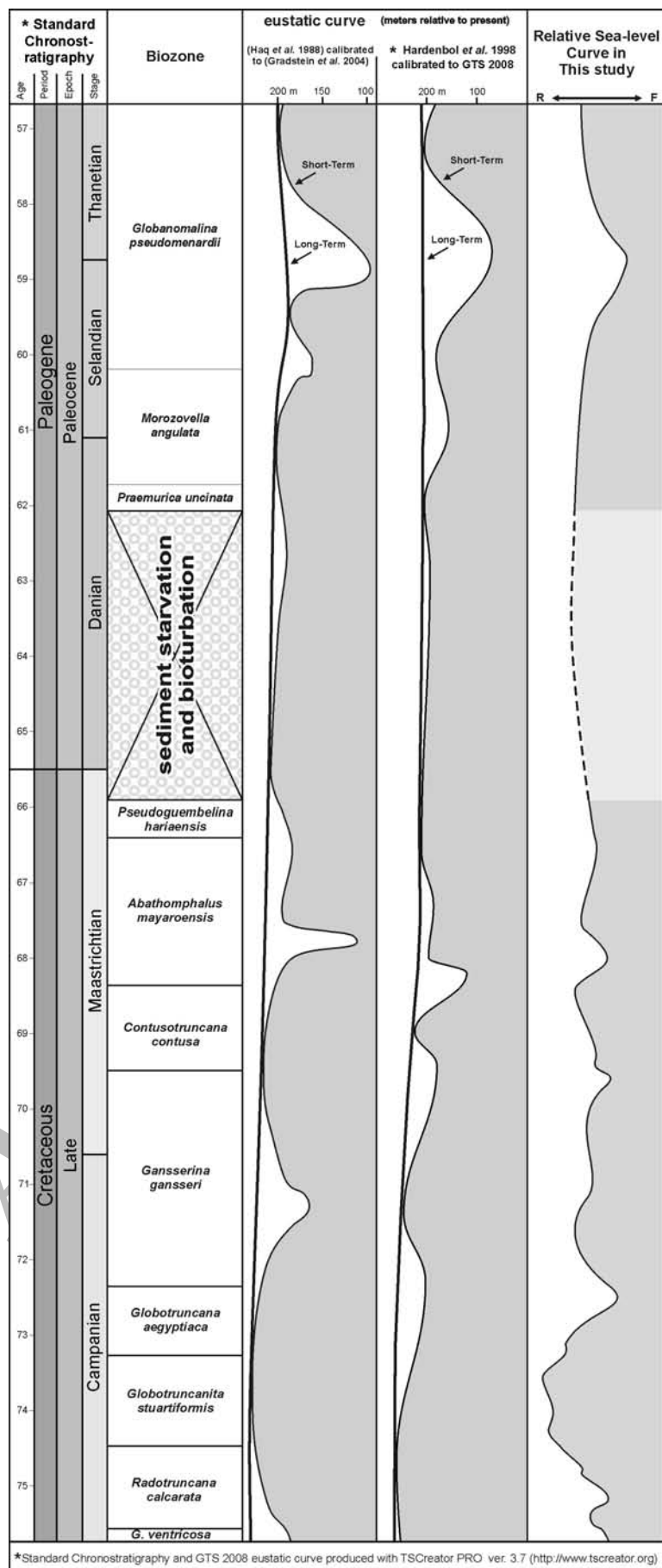
مورد مطالعه نیز این شرایط دیده می‌شود. همچنین بر مبنای مطالعات صورت گرفته بر روی فرامینیفراهای پلانکتونیک (که در دست انتشار است) سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه در مدت بیش از ۱۹ میلیون سال تشکیل شده است که با توجه به ضخامت ۲۱۳ متری کنونی این سازند، نشان از نرخ بسیار پایین رسوب‌گذاری در زمان نهشته شدن آن است. این موضوع به علاوه‌ی عدم وجود قطعات رسوبی درشت نابرجا در نمونه‌های شسته‌شده و نیز، وجود پیریت‌های دانه تمشکی (اولیه) به مقدار زیاد، بیانگر احتمال انبایش این سازند در محیطی عمیق است. البته در مورد تمام شرایط گفته شده در بالا، عضو آهکی سیمره، شرایطی متفاوت دارد.

تعیین تغییرات نسبی سطح آب دریا

تغییرات عمق ممکن است در اثر چند عامل عمده رخ دهد. مهمترین عامل تغییرات جهانی سطح آب دریا (یوستازی) است. عامل دیگر بالآمدگی یا فرونشینی در اثر فعالیت‌های تکتونیک و یا فشردگی رسوبات است. تغییرات در تأمین یا ساخت رسوب (sediment supply or sediment creation) نیز می‌تواند خود را به صورت تغییرات در عمق نشان دهد. در این مطالعه تغییرات عمق، بدون توجه به عوامل ایجاد کننده آن را تغییرات نسبی سطح آب (در مقابل تغییرات مطلق سطح آب) نامیده‌ایم.

به منظور تعیین تغییرات نسبی سطح آب دریا در زمان انبایش سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه بیشترین توجه به دو عامل بوده است، عامل اول درصد فرامینیفراهای پلانکتونیک به کل اجتماع فرامینیفرها بعد از حذف فرامینیفراهای بنتونیک درون‌زی (%P*) است. با توجه به برخی محدودیت‌ها و اشکالات موجود در این روش، به همراه آن از عامل دومی که بررسی تغییرات در ترکیب پوسته‌ی فرامینیفراهای بنتیک بوده استفاده شده است.

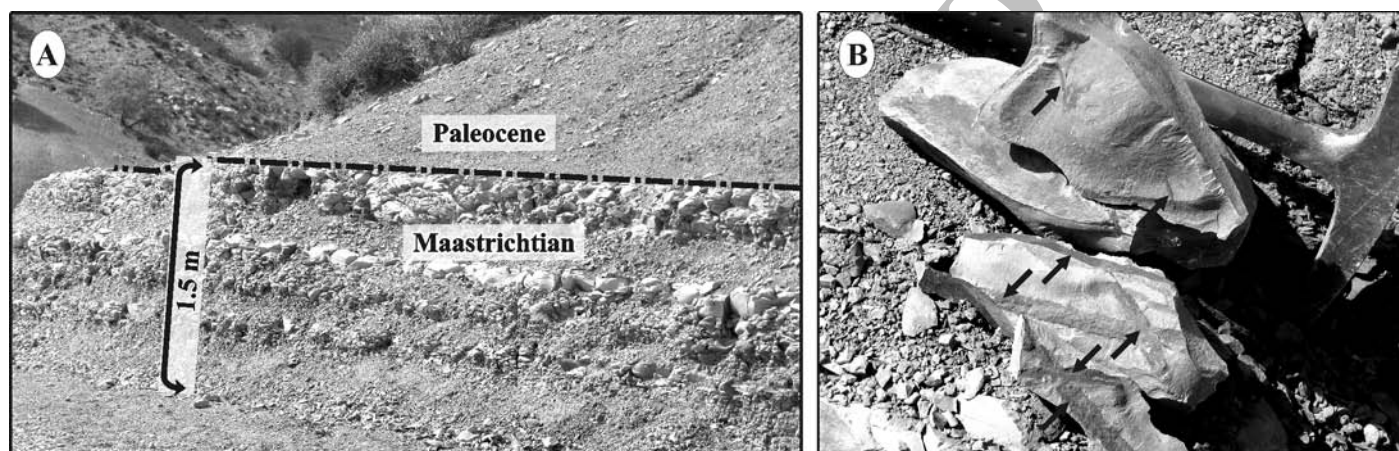
به طور کلی با افزایش عمق نسبت فرامینیفراهای بنتیک با پوسته‌ی آگلوتینه به انواع با پوسته‌ی هیالین زیادتر می‌شود. همچنین انواع دارای پوسته‌ی آگلوتینه‌ی غیر آهکی نشان‌دهنده‌ی عمق بیشتری از انواع دارای پوسته‌ی آگلوتینه‌ی آهکی هستند (Holbourn et al. 2001, Nagy et al. 2001). با توجه به این مطلب و نیز توجه به وجود برخی شواهد رسوب‌شناسی از قبیل وجود اثرفسیل‌ها، قطعات فسیلی درشت حمل شده به محیط، وجود برخی کانی‌ها مانند پیریت به شکل اولیه و وجود مادکلاست، تغییرات نسبی سطح آب، به خصوص برای نمونه‌هایی که در محاسبه‌ی عمق مطلق حذف شده بودند و امکان تعیین عمق انبایش آنها از طریق فرمول امکان پذیر نبود، تعیین شد. منحنی تغییرات نسبی سطح آب مربوط به سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه، در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۸- تطابق منحنی تغییرات نسبی سطح آب سازند گورپی در برش کاور با منحنی‌های تغییرات جهانی سطح آب

انتهای نرتیک) بوده است، پیوسته می‌باشد. آنها نبود رسوب‌گذاری در انتهای کرتاسه و ابتدای پالئوژن در مناطق عمیق حوضه را به افزایش جهانی سطح آب در این زمان و قحط رسوبی متعاقب آن، نسبت داده‌اند در حالی که در مناطق کم عمق تر (مانند مقطع جهانی این مرز در برش El-kef تونس) به علت ادامه‌ی رسوب‌گذاری، این مرز به صورت پیوسته می‌باشد. تطابق شواهد موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه با شواهد ذکر شده در مطالعه‌ی مذکور، مؤید عمیق بودن حوضه و خیز سطح آب در انتهای ماستریختین در منطقه‌ی مورد مطالعه، به تأثیر از تغییرات جهانی یوستازی است.

زمینه‌ای بسیار سخت در رسوبات انتهای ماستریختین (به رنگ خاکستری) همراه با وجود اثرفسیل‌های بسیار زیاد در آن و سپس قرارگیری رسوبات پالئوژن (به رنگ قهوه‌ای مایل به سبز) به صورت نرم همراه با گلوکونیت و فسفات (شکل ۹)، به قحط رسوب‌گذاری (sediment starvation) و آشفستگی زیستی (bioturbation)، در اثر خیز جهانی آب در انتهای کرتاسه و ابتدای پالئوژن نسبت داده شد. مکلئود و کلر (MacLeod & Keller 1991) با بررسی دقیق ۱۵ برش مربوط به مرز کرتاسه - پالئوژن در کشورهای مختلف دریافتند که این مرز در برش‌هایی که مربوط به مناطق عمیق دریا بوده است به صورت ناپیوسته و در برش‌هایی که مربوط به مناطق کم عمق تر (شیب قاره و



شکل ۹- مرز ماستریختین با پالئوسن در برش مورد مطالعه A: نمای کلی مرز که در آن تغییر لیتولوژی به وضوح دیده می‌شود. B: تصویری از اثرفسیل‌های موجود در سخت زمینه (هاردگراند) انتهای ماستریختین که با علامت مشخص شده است.

بیشترین عمق به دست آمده در میانه‌ی واحد مارنی قبل از عضو سیمره بوده که در آن، فرامینیفراهای بنتیک غیرآهکی و آثار انحلال در پوسته‌های آهکی دیده می‌شود. همچنین کمترین عمق به دست آمده، محیط نرتیک بوده که مربوط به تشکیل رسوبات عضو سیمره به سن انتهای کامپانین است هرچند در مورد عمق انباشت آن و برج یا نابرجا بودن آن نیاز به مطالعات گسترده‌تری است.

مقایسه‌ی منحنی تغییرات نسبی سطح آب به دست آمده در این مطالعه با منحنی‌های یوستازی موجود نشان می‌دهد که در ایجاد تغییرات عمق سازند گورپی عامل یوستازی در منطقه مورد مطالعه نقش اصلی را ایفا کرده است.

تشکر و قدردانی

از همکاری آقایان روح‌اله حسین‌زاده و جواد ربانی در مطالعات صحرایی و نیز نظرات ارزنده‌ی ایشان در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، بر مبنای فرامینیفراهای بنتیک شاخص عمق، اکثر قسمت‌های سازند گورپی در منطقه‌ی مورد مطالعه، در باتیال میانی نهشته شده‌اند. همچنین محاسبه‌ی عمق با استفاده از نسبت فرامینیفراهای پلانکتونیک به بنتیک‌های سطح‌زی و به کارگیری آن در فرمول تعیین عمق بیانگر عمقی حدود ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر برای اغلب زمان‌های انباشت این سازند بوده که این عمق بیشتر در محدوده‌ی باتیال میانی و مؤید عمق به دست آمده با فرامینیفراهای بنتیک شاخص عمق است.

انحلال بخشی پوسته‌های آهکی و حضور فراوان فرامینیفراهای بنتیک آگلوتینه به ویژه انواع غیر آهکی، فقدان قطعات ماکروفسیل‌ها و بنتیک‌های بزرگ که ساکنان مناطق نرتیک هستند و نیز الگوهای کلی ارائه شده در مورد توزیع فرامینیفراها در محیط بر اساس عمق نیز مؤید عمق زیاد محیط نهشته شدن این سازند است.

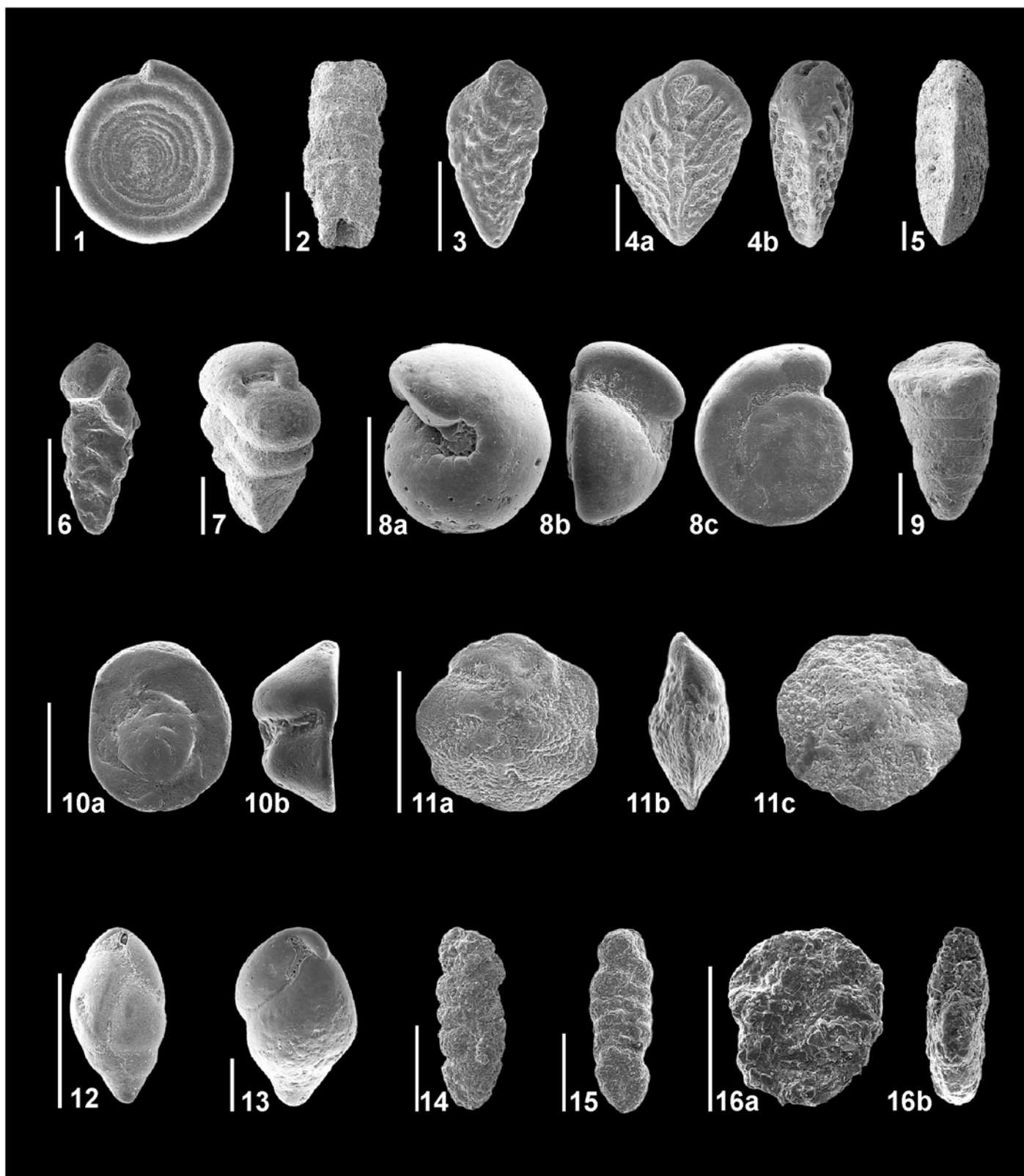


Plate 1- Benthic foraminifera. Scale bars represent 200 μm .

1, *Ammodiscus cretaceus* (Reuss), Sample 6; side view; 2, *Bathysiphon* sp., Sample 5; side view; 3, *Bolivinooides delicatulus* Cushman, Sample 5; side view; 4, *Bolivinooides draco* (Marsson), Sample 59; 4a, side view; 4b, peripheral view; 5, *Clavulinooides trilateral* (Cushman), Sample 53; side view; 6, *Eouvigerina subsculptura* MacNeil & Caldwell, Sample 53; side view; 7, *Gaudryina pyramidata* Cushman, Sample 3; side view; 8, *Gyrooidinoides globosus* (Hagenow), Sample 5; 8a, umbilical view; 8b, peripheral view; 8c, spiral view; 9, *Marssonella oxycona* (Reuss), Sample 2; side view; 10, *Nuttallinella florealis* (White), Sample 5; 10a, spiral view; 10b, peripheral view; 11, *Paralabamina lunata* (Brotzen), Sample 3; 11a, umbilical view; 11b, peripheral view; 11c, spiral view; 12, *Praebulimina reussi* (Morrow), Sample 3; side view; 13, *Sitella cushmani* (Sandidge), Sample 55; side view; 14-15, *Spiroplectammina spectabilis* (Grzybowski), Sample 16; side view; 16, *Haplophragmoides* sp., Sample 27; 16a, spiral view; 16b, peripheral view.

منابع

- Alegret L., Thomas E. 2001: Upper Cretaceous and lower Paleogene benthic foraminifera from northeastern Mexico. *Micropaleontology* **47**: 269-316.
- Alegret L., Molina E., Thomas E. 2001: Benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary around the Gulf of Mexico. *Geology* **29**: 891-894.
- Alegret L., Arenillas I., Arz J.A., Liesa C., Melendez A., Molina E., Soria A.R., Thomas E. 2002: The Cretaceous/ Tertiary boundary impact event: sedimentology and micropaleontology at El Mulato section, NE Mexico. *Terra Nova* **14**: 330-336.
- Alegret L., Molina E., Thomas E. 2003: Benthic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene boundary at Agost (southeastern Spain): paleoenvironmental inferences. *Mar. Micropaleontol.* **48**: 251-279.
- Alegret L., Thomas E. 2004: Benthic foraminifera and environmental turnover across the Cretaceous/Paleogene boundary at Blake Nose, Western Atlantic (ODP Hole 1049C). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **208**: 59-83.
- Alegret L., Kaminski M.A., Molina E. 2004: Paleoenvironmental recovery after the Cretaceous/Tertiary boundary crisis: evidence from the marine Bidart section (SW France). *Palaios* **19**: 574-586.
- Alegret L., Thomas E. 2005: Cretaceous/Paleogene boundary bathyal paleo-environments in the central North Pacific (DSDP Site 465), the Northwestern Atlantic (ODP Site 1049), the Gulf of Mexico and the Tethys: the benthic foraminiferal record. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **224**: 53-82.
- Aubry M.P., Van Couvering J.A. 2005: Buried Time: Chronostratigraphy as a Research Tool. In: Koutsoukos E.A.M. (Ed.): Applied Stratigraphy. Springer, Netherlands, p 32.
- Berger W.H., Diester Haass L. 1988: Paleoproductivity; the benthic/planktonic ratio in foraminifera as a productivity index. *Mar. Geol.* **81**: 1-4.
- Berggren W.A., Aubert J. 1975: Paleocene benthonic foraminiferal biostratigraphy, paleobiogeography and paleoecology of Atlantic-Tethyan regions: Midway-type fauna. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **18**: 73-192.
- Berggren W.A., Pearson P.N. 2005: A revised tropical to subtropical Paleogene planktonic foraminiferal zonation. *J. Foramin. Res.* **35**: 279-298.
- Boersma A. 1998: Foraminifera. in: Haq B.U., Boersma A.: Introduction to Marine Micropaleontology (Second Edition). pp. 19-77.
- Ernest S., Van der Zwaan B. 2004: Effects of experimentally induced raised levels of organic flux and oxygen depletion on a continental slope benthic foraminiferal community. *Deep-Sea Res. I* **51**: 1709-1739.
- Gibson T.G. 1989: Planktonic Benthonic Foraminiferal Ratios; Modern Patterns and Tertiary Applicability. *Mar. Micropaleontol.* **15**: 29-52.
- Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G., et al. 2004: Geologic time scale. Cambridge Univ. Press, 500 pp.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R., Baum G.R. 1988: Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cycles. In: Wignall C.K. (Ed.): Sea-Level Change: An Integrated Approach. *Soc. Econ. Paleo. Mineral. Spec. Publ.* **42**: Tulsa, 71-108.
- Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B., Jacquin Th., de Graciansky P.-C., Vail P.R. (with numerous contributors) 1998: Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. in: De Graciansky P.-C., Hardenbol J., Jacquin Th., Vail P. R., Farley M. B., eds.: Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. *SEPM Spec. Publ.* **60**.
- Holbourn A., Kuhnt W., Soeding E. 2001: Atlantic paleobathymetry, paleoproductivity and paleocirculation in the late Albian: the benthic foraminiferal record. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **170**: 171-196.
- Jorissen F.J., de Stigter H.C., Widmark J.G.V. 1995: A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Mar. Micropaleontol.* **22**: 3-15.
- Jorissen F.J., Fontanier C., Thomas E. 2007: Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In: Hillaire-Marcel C., de Vernal A.: Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography (Pt. 2): Biological tracers and biomarkers. Elsevier, 843 pp.
- Kaiho K., 1992: A low extinction rate of intermediate-water benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Marine Micropaleontology* **18**: 229-259.
- Kouwenhoven T.J., Van der Zwaan G.J. 2006: A reconstruction of late Miocene Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **238**: 373-385.
- MacLeod N., Keller G. 1991: Hiatus distributions and mass extinctions at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geology* **19**: 497-501.
- Nagy J., Finstad E.K., Dypvik H., Bremer M.G.A. 2001: Response of foraminiferal facies to transgressive-regressive cycles in the Callovian of northeast Scotland. *J. Foramin. Res.* **31**: 324-349.
- Nigam R., Henriques P.J. 1992: Planktonic percentage of foraminiferal fauna in surface sediments of the Arabian Sea (Indian Ocean) and a regional model for paleodepth determination. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **91**: 89-98.

- Nyong E.E., Olsson R.K. 1984: A paleoslope model of Campanian to Lower Maestrichtian foraminifera in the North American basin and adjacent continental margin. *Mar. Micropaleontol.* **8**: 437-477.
- Sliter W.V., Baker R.A. 1972: Cretaceous bathymetric distribution of benthic foraminifera. *J. Foram. Res.* **2**: 167-183.
- Snel E., Marunteanu M., Meulenkamp J. E. 2006: Calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the Upper Miocene and Lower Pliocene of the Northern Aegean (Orphanic Gulf–Strimon Basin areas), Greece. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **238**: 125–150.
- Speijer R.P. 1994: Extinction and recovery patterns in southern Tethyan benthic foraminiferal assemblages across the Cretaceous/Paleogene boundary. *Geol. Ultraiectinia* **124**: 19-64.
- Tjalsma R.C., Lohmann G.P. 1983: Paleocene-Eocene bathyal and abyssal benthic foraminifera from the Atlantic Ocean. *Micropaleontology, Spec. Publ.* **4**: 1-90.
- Van der Zwaan G.J., Jorissen F.J., De Stigter H.C. 1990: The depth-dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios; constraints and applications. *Mar. Geol.* **95**: 1–16.
- Van der Zwaan G.J., Duijnste I.A.P., Den Dulk M., Ernst S.R., Kouwenhoven N.T. 1999: Benthic foraminifers: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. *Earth Sci. Rev.* **46**: 213-236.
- Van Hinsbergen D.J.J., Kouwenhoven T.J. Van der Zwaan G.J. 2005: Paleobathymetry in the backstripping procedure: distinguishing between tectonic and climatic effects on depth estimates. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **221**: 245–265.
- Van Marle L.J., Van Hinte J.E. Nederbragt A.J. 1987: Plankton percentage of the foraminiferal fauna in seafloor samples from the Australian-Irian Jaya continental margin, Eastern Indonesia. *Mar. Geol.* **77**: 151-156.
- Van Morkhoven F.P.C.M., Berggren W.A., Edwards A.S. 1986: Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bul. Cent. Res. Exp.-Prod. Elf-Aquit. Mem.* **11**: 421 pp.
- Widmark J.G.V. 2000: Biogeography of terminal Cretaceous benthic foraminifera: deep-water circulation and trophic gradients in the deep South Atlantic. *Cretac. Res.* **21**: 367-379.
- Widmark J.G.V., Speijer R.P. 1997: Benthic foraminiferal faunas and trophic regimes at the terminal Cretaceous Tethyan seafloor. *Palaios* **12**: 354-371.
- Wright R.G. 1977: Planktonic-benthonic ratio in foraminifera as paleobathymetric tool. Quantitative evaluation. *Annu. Am. Assoc. Pet. Geol. Soc. Econ. Paleo. Mineral. Conv.* (Washington, D.C.), p.65 (Abstract).

Archive of SID

جدول ضمیمه‌ی ۱- داده‌ها و محاسبات مربوط به نمونه‌های مورد مطالعه.

| اطلاعات نمونه‌ها | | محاسبات درصد فرامینیفراهای پلانکتونیک به بنتیک | | | | | | | | محاسبات مربوط به اجتماع فرامینیفراهای بنتیک | | | | | | | | عمق دیرینه | | | | |
|------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---|-------|------------------|--------------|------|------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|-------|------------------------------|------|
| شماره‌ی نمونه | فاصله از قاعده‌ی سازند به متر | بزرگتر از ۲۵ میکرون | | | | بین ۶۳ تا ۱۲۵ میکرون | | | | یوسته‌ی هیالین | | یوسته‌ی آگلوتینه | | | | سطح زی (Epifaunal) | | | درون زی (Infaunal) | | تعداد کل فرامینیفراهای بنتیک | |
| | | تعداد فرامینیفرا بنتیک | تعداد فرامینیفرا پلانکتونیک | درصد فرامینیفرا پلانکتونیک (P) | درصد فرامینیفرا پلانکتونیک (P) | تعداد کل فرامینیفراها | تعداد فرامینیفرا بنتیک | تعداد فرامینیفرا پلانکتونیک | درصد فرامینیفرا پلانکتونیک (P) | تعداد کل فرامینیفراها | تعداد | درصد | تعداد کلسیتی | درصد | تعداد غیر کلسیتی | درصد | تعداد | | درصد | تعداد | | درصد |
| 40 | 135.28 | 445 | 16 | 3.5 | 3.6 | 461 | 413 | 10 | 2.4 | 423 | 153 | 100.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 147 | 96.1 | 6 | 3.9 | 153 | حذف |
| 39 | 132.87 | 511 | 6 | 1.2 | 1.2 | 517 | 409 | 10 | 2.4 | 419 | 109 | 100.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 106 | 97.2 | 3 | 2.8 | 109 | حذف |
| 38 | 129.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 37 | 119.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 36 | 116.55 | 412 | 5 | 1.2 | 1.2 | 417 | 388 | 27 | 6.5 | 415 | 105 | 100.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 102 | 97.1 | 3 | 2.9 | 105 | حذف |
| 35 | 112.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 34 | 110.93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 33 | 107.08 | 61 | 360 | 85.5 | 91.0 | 421 | 60 | 364 | 85.8 | 424 | 86 | 79.6 | 22 | 20.4 | 0 | 0.0 | 63 | 58.3 | 45 | 41.7 | 108 | 901 |
| 32 | 104.21 | 173 | 245 | 58.6 | 64.5 | 418 | 109 | 294 | 73.0 | 403 | 102 | 89.5 | 12 | 10.5 | 0 | 0.0 | 89 | 78.1 | 25 | 21.9 | 114 | حذف |
| 31 | 98.48 | 29 | 411 | 93.4 | 95.3 | 440 | 35 | 380 | 91.6 | 415 | 105 | 92.1 | 9 | 7.9 | 0 | 0.0 | 80 | 70.2 | 34 | 29.8 | 114 | 1048 |
| 30 | 92.74 | 46 | 401 | 89.7 | 94.3 | 447 | 43 | 367 | 89.5 | 410 | 94 | 77.0 | 28 | 23.0 | 0 | 0.0 | 64 | 52.5 | 58 | 47.5 | 122 | 1013 |
| 29 | 87.00 | 33 | 378 | 92.0 | 94.8 | 411 | 39 | 391 | 90.9 | 430 | 113 | 94.2 | 7 | 5.8 | 0 | 0.0 | 75 | 62.5 | 45 | 37.5 | 120 | 1031 |
| 28 | 81.84 | 66 | 344 | 83.9 | 87.5 | 410 | 82 | 350 | 81.0 | 432 | 101 | 94.4 | 6 | 5.6 | 0 | 0.0 | 80 | 74.8 | 27 | 25.2 | 107 | 795 |
| 27 | 81.27 | 133 | 287 | 68.3 | 81.6 | 420 | 81 | 359 | 81.6 | 440 | 71 | 56.8 | 6 | 4.8 | 48 | 38.4 | 61 | 48.8 | 64 | 51.2 | 125 | حذف |
| 26 | 77.85 | 171 | 293 | 63.1 | 82.9 | 464 | 119 | 354 | 74.8 | 473 | 48 | 36.9 | 0 | 0.0 | 82 | 63.1 | 46 | 35.4 | 84 | 64.6 | 130 | حذف |
| 25 | 74.43 | 58 | 408 | 87.6 | 98.4 | 466 | 118 | 320 | 73.1 | 438 | 14 | 13.6 | 1 | 1.0 | 88 | 85.4 | 12 | 11.7 | 91 | 88.3 | 103 | حذف |
| 24 | 71.01 | 85 | 348 | 80.4 | 96.5 | 433 | 133 | 287 | 68.3 | 420 | 22 | 18.0 | 0 | 0.0 | 100 | 82.0 | 18 | 14.8 | 104 | 85.2 | 122 | حذف |
| 23 | 67.59 | 122 | 338 | 73.5 | 92.0 | 460 | 153 | 287 | 65.2 | 440 | 36 | 27.9 | 0 | 0.0 | 93 | 72.1 | 31 | 24.0 | 98 | 76.0 | 129 | حذف |
| 22 | 64.17 | 9 | 431 | 98.0 | 99.6 | 440 | 115 | 305 | 72.6 | 420 | 88 | 77.9 | 0 | 0.0 | 25 | 22.1 | 21 | 18.6 | 92 | 81.4 | 113 | حذف |
| 21 | 52.76 | 15 | 474 | 96.9 | 99.5 | 489 | 131 | 284 | 68.4 | 415 | 129 | 89.0 | 1 | 0.7 | 15 | 10.3 | 23 | 15.9 | 122 | 84.1 | 145 | حذف |
| 20 | 49.80 | 48 | 403 | 89.4 | 91.6 | 451 | 62 | 402 | 86.6 | 464 | 113 | 95.0 | 5 | 4.2 | 1 | 0.8 | 92 | 77.3 | 27 | 22.7 | 119 | 919 |
| 19 | 45.57 | 37 | 397 | 91.5 | 94.0 | 434 | 53 | 357 | 87.1 | 410 | 85 | 90.4 | 8 | 8.5 | 1 | 1.1 | 64 | 68.1 | 30 | 31.9 | 94 | 1003 |
| 18 | 41.35 | 41 | 412 | 90.9 | 94.8 | 453 | 36 | 434 | 92.3 | 470 | 103 | 85.8 | 17 | 14.2 | 0 | 0.0 | 66 | 55.0 | 54 | 45.0 | 120 | 1030 |
| 17 | 40.92 | 42 | 388 | 90.2 | 95.8 | 430 | 73 | 391 | 84.3 | 464 | 62 | 56.4 | 46 | 41.8 | 2 | 1.8 | 44 | 40.0 | 66 | 60.0 | 110 | 1069 |
| 16 | 36.27 | 48 | 391 | 89.1 | 95.1 | 439 | 39 | 381 | 91.7 | 420 | 73 | 64.0 | 37 | 32.5 | 4 | 3.5 | 48 | 42.1 | 66 | 57.9 | 114 | 1041 |
| 15 | 32.05 | 34 | 384 | 91.9 | 98.3 | 418 | 37 | 383 | 91.2 | 420 | 63 | 60.0 | 41 | 39.0 | 1 | 1.0 | 20 | 19.0 | 85 | 81.0 | 105 | 1167 |
| 14 | 29.61 | 25 | 410 | 94.3 | 97.4 | 435 | 35 | 375 | 91.5 | 410 | 87 | 77.0 | 26 | 23.0 | 0 | 0.0 | 50 | 44.2 | 63 | 55.8 | 113 | 1128 |
| 13 | 27.22 | 24 | 386 | 94.1 | 98.0 | 410 | 36 | 376 | 91.3 | 412 | 98 | 70.0 | 33 | 23.6 | 9 | 6.4 | 45 | 32.1 | 95 | 67.9 | 140 | حذف |
| 12 | 25.51 | 46 | 375 | 89.1 | 93.2 | 421 | 41 | 369 | 90.0 | 410 | 88 | 79.3 | 23 | 20.7 | 0 | 0.0 | 66 | 59.5 | 45 | 40.5 | 111 | 974 |
| 11 | 21.89 | 44 | 358 | 89.1 | 92.5 | 402 | 25 | 404 | 94.2 | 429 | 97 | 79.5 | 25 | 20.5 | 0 | 0.0 | 80 | 65.6 | 42 | 34.4 | 122 | 951 |
| 10 | 17.41 | 70 | 350 | 83.3 | 90.2 | 420 | 40 | 383 | 90.5 | 423 | 95 | 79.2 | 25 | 20.8 | 0 | 0.0 | 65 | 54.2 | 55 | 45.8 | 120 | 876 |
| 9 | 15.79 | 61 | 369 | 85.8 | 91.2 | 430 | 29 | 414 | 93.5 | 443 | 89 | 75.4 | 29 | 24.6 | 0 | 0.0 | 69 | 58.5 | 49 | 41.5 | 118 | 907 |
| 8 | 11.72 | 97 | 320 | 76.7 | 84.5 | 417 | 70 | 340 | 82.9 | 410 | 96 | 77.4 | 28 | 22.6 | 0 | 0.0 | 75 | 60.5 | 49 | 39.5 | 124 | حذف |
| 7 | 9.68 | 71 | 349 | 83.1 | 90.1 | 420 | 59 | 364 | 86.1 | 423 | 95 | 79.2 | 25 | 20.8 | 0 | 0.0 | 65 | 54.2 | 55 | 45.8 | 120 | 872 |
| 6 | 7.65 | 102 | 319 | 75.8 | 87.3 | 421 | 49 | 401 | 89.1 | 450 | 69 | 59.0 | 48 | 41.0 | 0 | 0.0 | 53 | 45.3 | 64 | 54.7 | 117 | 792 |
| 5 | 6.41 | 75 | 351 | 82.4 | 88.0 | 426 | 44 | 400 | 90.1 | 444 | 96 | 80.7 | 23 | 19.3 | 0 | 0.0 | 76 | 63.9 | 43 | 36.1 | 119 | 810 |
| 4 | 5.12 | 44 | 379 | 89.6 | 94.3 | 423 | 27 | 464 | 94.5 | 491 | 83 | 66.9 | 41 | 33.1 | 0 | 0.0 | 65 | 52.4 | 59 | 47.6 | 124 | 1011 |
| 3 | 3.82 | 30 | 376 | 92.6 | 95.1 | 406 | 21 | 393 | 94.9 | 414 | 101 | 87.8 | 14 | 12.2 | 0 | 0.0 | 74 | 64.3 | 41 | 35.7 | 115 | 1042 |
| 2 | 0.72 | 65 | 344 | 84.1 | 88.5 | 409 | 52 | 407 | 88.7 | 459 | 89 | 80.2 | 22 | 19.8 | 0 | 0.0 | 76 | 68.5 | 35 | 31.5 | 111 | 826 |
| 1 | 0.20 | 81 | 328 | 80.2 | 85.5 | 409 | 32 | 380 | 92.2 | 412 | 85 | 81.0 | 20 | 19.0 | 0 | 0.0 | 72 | 68.6 | 33 | 31.4 | 105 | 742 |
| A | -1.00 | 62 | 244 | 79.7 | 87.8 | 306 | 50 | 263 | 84.0 | 313 | 85 | 71.4 | 34 | 28.6 | 0 | 0.0 | 65 | 54.6 | 54 | 45.4 | 119 | 805 |

ادامه‌ی جدول ضمیمه‌ی ۱.

| اطلاعات نمونه‌ها | | محاسبات درصد فرامینیفرهای پلانکتونیک به بنتیک | | | | | | | | محاسبات مربوط به اجتماع فرامینیفرهای بنتیک | | | | | | | | عمیق‌دیرینه | | | | |
|------------------|-------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|--|------|------------------|------------|-------|------|--------------------|------|-------------|--------------------|------|-----------------------------|------|
| شماره‌ی نمونه | فاصله از قاعده‌ی سازند به متر | بزرگتر از ۱۲۵ میکرون | | | | بین ۶۲ تا ۱۲۵ میکرون | | | | پوسته‌ی هیالین | | پوسته‌ی آگلوتینه | | | | سطح‌زی (Epifaunal) | | | درون‌زی (Infaunal) | | تعداد کل فرامینیفرهای بنتیک | |
| | | تعداد فرامینیفر بنتیک | تعداد فرامینیفر پلانکتونیک | درصد فرامینیفر پلانکتونیک (P) | درصد فرامینیفر پلانکتونیک (P*) | تعداد کل فرامینیفرها | تعداد فرامینیفر بنتیک | تعداد فرامینیفر پلانکتونیک | درصد فرامینیفر پلانکتونیک (P) | تعداد | درصد | کلسیتی | غیر کلسیتی | تعداد | درصد | تعداد | درصد | | | | | |
| I | 217.28 | 18 | 412 | 95.8 | 97.2 | 430 | 15 | 405 | 96.4 | 420 | 92 | 91.1 | 9 | 8.9 | 0 | 0.0 | 67 | 66.3 | 34 | 33.7 | 101 | حذف |
| 79 | 213.17 | 17 | 420 | 96.1 | 97.0 | 437 | 13 | 408 | 96.9 | 421 | 101 | 92.7 | 8 | 7.3 | 0 | 0.0 | 84 | 77.1 | 25 | 22.9 | 109 | حذف |
| 78 | 209.54 | 15 | 425 | 96.6 | 97.5 | 440 | 18 | 406 | 95.8 | 424 | 98 | 91.6 | 9 | 8.4 | 0 | 0.0 | 78 | 72.9 | 29 | 27.1 | 107 | حذف |
| 77 | 207.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 76 | 207.01 | 43 | 380 | 89.8 | 92.0 | 423 | 13 | 403 | 96.9 | 416 | 105 | 84.7 | 19 | 15.3 | 0 | 0.0 | 95 | 76.6 | 29 | 23.4 | 124 | حذف |
| 75 | 206.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |
| 74 | 206.80 | 21 | 409 | 95.1 | 96.8 | 430 | 6 | 424 | 98.6 | 430 | 95 | 87.2 | 14 | 12.8 | 0 | 0.0 | 71 | 65.1 | 38 | 34.9 | 109 | حذف |
| 73 | 206.38 | 42 | 378 | 90.0 | 93.7 | 420 | 16 | 408 | 96.2 | 424 | 88 | 87.1 | 13 | 12.9 | 0 | 0.0 | 61 | 60.4 | 40 | 39.6 | 101 | حذف |
| 72 | 206.17 | 16 | 404 | 96.2 | 97.7 | 420 | 23 | 398 | 94.5 | 421 | 79 | 81.4 | 18 | 18.6 | 0 | 0.0 | 58 | 59.8 | 39 | 40.2 | 97 | حذف |
| 71 | 205.44 | 75 | 416 | 84.7 | 91.7 | 491 | 74 | 356 | 82.8 | 430 | 96 | 93.2 | 7 | 6.8 | 0 | 0.0 | 52 | 50.5 | 51 | 49.5 | 103 | حذف |
| 70 | 205.23 | 81 | 329 | 80.2 | 88.5 | 410 | 86 | 334 | 79.5 | 420 | 99 | 90.0 | 11 | 10.0 | 0 | 0.0 | 58 | 52.7 | 52 | 47.3 | 110 | 825 |
| 69 | 205.03 | 41 | 370 | 90.0 | 93.1 | 411 | 50 | 370 | 88.1 | 420 | 109 | 92.4 | 9 | 7.6 | 0 | 0.0 | 79 | 66.9 | 39 | 33.1 | 118 | 970 |
| 68 | 204.82 | 53 | 413 | 88.6 | 92.1 | 466 | 47 | 373 | 88.8 | 420 | 105 | 88.2 | 14 | 11.8 | 0 | 0.0 | 79 | 66.4 | 40 | 33.6 | 119 | 938 |
| 67 | 204.61 | 58 | 362 | 86.2 | 90.8 | 420 | 66 | 393 | 85.6 | 459 | 111 | 93.3 | 8 | 6.7 | 0 | 0.0 | 75 | 63.0 | 44 | 37.0 | 119 | 895 |
| 66 | 204.40 | 73 | 339 | 82.3 | 90.4 | 412 | 64 | 347 | 84.4 | 411 | 106 | 93.0 | 8 | 7.0 | 0 | 0.0 | 56 | 49.1 | 58 | 50.9 | 114 | 883 |
| 65 | 204.19 | 60 | 350 | 85.4 | 91.6 | 410 | 49 | 386 | 88.7 | 435 | 98 | 91.6 | 9 | 8.4 | 0 | 0.0 | 57 | 53.3 | 50 | 46.7 | 107 | 921 |
| 64 | 203.36 | 62 | 369 | 85.6 | 91.1 | 431 | 73 | 338 | 82.2 | 411 | 109 | 90.8 | 11 | 9.2 | 0 | 0.0 | 70 | 58.3 | 50 | 41.7 | 120 | 903 |
| 63 | 201.23 | 66 | 350 | 84.1 | 91.8 | 416 | 65 | 345 | 84.1 | 410 | 88 | 86.3 | 14 | 13.7 | 0 | 0.0 | 48 | 47.1 | 54 | 52.9 | 102 | 928 |
| 62 | 200.84 | 62 | 349 | 84.9 | 91.3 | 411 | 74 | 346 | 82.4 | 420 | 110 | 79.7 | 28 | 20.3 | 0 | 0.0 | 74 | 53.6 | 64 | 46.4 | 138 | 910 |
| 61 | 200.07 | 37 | 405 | 91.6 | 97.0 | 442 | 45 | 365 | 89.0 | 410 | 111 | 88.8 | 14 | 11.2 | 0 | 0.0 | 43 | 34.4 | 82 | 65.6 | 125 | 1112 |
| 60 | 198.92 | 39 | 381 | 90.7 | 95.0 | 420 | 48 | 372 | 88.6 | 420 | 95 | 92.2 | 8 | 7.8 | 0 | 0.0 | 53 | 51.5 | 50 | 48.5 | 103 | 1037 |
| 59 | 196.48 | 56 | 365 | 86.7 | 92.1 | 421 | 43 | 367 | 89.5 | 410 | 103 | 96.3 | 4 | 3.7 | 0 | 0.0 | 60 | 56.1 | 47 | 43.9 | 107 | 936 |
| 58 | 194.67 | 43 | 417 | 90.7 | 97.9 | 460 | 20 | 420 | 95.5 | 440 | 325 | 97.9 | 7 | 2.1 | 0 | 0.0 | 68 | 20.5 | 264 | 79.5 | 332 | 1151 |
| 57 | 193.16 | 25 | 391 | 94.0 | 96.7 | 416 | 19 | 401 | 95.5 | 420 | 85 | 83.3 | 17 | 16.7 | 0 | 0.0 | 55 | 53.9 | 47 | 46.1 | 102 | 1100 |
| 56 | 191.72 | 30 | 390 | 92.9 | 95.9 | 420 | 37 | 377 | 91.1 | 414 | 109 | 88.6 | 14 | 11.4 | 0 | 0.0 | 69 | 56.1 | 54 | 43.9 | 123 | 1070 |
| 55 | 189.24 | 33 | 397 | 92.3 | 96.2 | 430 | 41 | 379 | 90.2 | 420 | 88 | 75.9 | 28 | 24.1 | 0 | 0.0 | 55 | 47.4 | 61 | 52.6 | 116 | 1083 |
| 54 | 186.77 | 49 | 361 | 88.0 | 93.6 | 410 | 35 | 385 | 91.7 | 420 | 102 | 89.5 | 12 | 10.5 | 0 | 0.0 | 57 | 50.0 | 57 | 50.0 | 114 | 989 |
| 53 | 181.83 | 30 | 388 | 92.8 | 95.6 | 418 | 57 | 373 | 86.7 | 430 | 92 | 90.2 | 10 | 9.8 | 0 | 0.0 | 61 | 59.8 | 41 | 40.2 | 102 | 1059 |
| 52 | 178.86 | 24 | 391 | 94.2 | 96.6 | 415 | 34 | 416 | 92.4 | 450 | 89 | 84.8 | 16 | 15.2 | 0 | 0.0 | 61 | 58.1 | 44 | 41.9 | 105 | 1096 |
| 51 | 175.07 | 59 | 381 | 86.6 | 90.6 | 440 | 37 | 383 | 91.2 | 420 | 115 | 95.0 | 6 | 5.0 | 0 | 0.0 | 81 | 66.9 | 40 | 33.1 | 121 | 888 |
| 50 | 166.91 | 67 | 348 | 83.9 | 89.1 | 415 | 52 | 364 | 87.5 | 416 | 122 | 93.8 | 8 | 6.2 | 0 | 0.0 | 83 | 63.8 | 47 | 36.2 | 130 | 841 |
| 49 | 158.76 | 125 | 281 | 69.2 | 79.3 | 406 | 110 | 312 | 73.9 | 422 | 130 | 97.7 | 3 | 2.3 | 0 | 0.0 | 78 | 58.6 | 55 | 41.4 | 133 | حذف |
| 48 | 157.85 | 168 | 237 | 58.5 | 65.3 | 405 | 78 | 342 | 81.4 | 420 | 111 | 86.7 | 17 | 13.3 | 0 | 0.0 | 96 | 75.0 | 32 | 25.0 | 128 | حذف |
| 47 | 156.59 | 108 | 308 | 74.0 | 85.8 | 416 | 82 | 348 | 80.9 | 430 | 80 | 78.4 | 22 | 21.6 | 0 | 0.0 | 48 | 47.1 | 54 | 52.9 | 102 | 750 |
| 46 | 154.49 | 84 | 336 | 80.0 | 90.4 | 420 | 51 | 372 | 87.9 | 423 | 98 | 88.3 | 13 | 11.7 | 0 | 0.0 | 47 | 42.3 | 64 | 57.7 | 111 | 883 |
| 45 | 152.39 | 83 | 344 | 80.6 | 91.0 | 427 | 63 | 357 | 85.0 | 420 | 99 | 90.0 | 11 | 10.0 | 0 | 0.0 | 46 | 41.8 | 64 | 58.2 | 110 | 901 |
| 44 | 148.19 | 69 | 339 | 83.1 | 92.0 | 408 | 62 | 351 | 85.0 | 413 | 106 | 89.8 | 12 | 10.2 | 0 | 0.0 | 50 | 42.4 | 68 | 57.6 | 118 | 933 |
| 43 | 146.09 | 60 | 350 | 85.4 | 93.3 | 410 | 63 | 358 | 85.0 | 421 | 103 | 90.4 | 11 | 9.6 | 0 | 0.0 | 48 | 42.1 | 66 | 57.9 | 114 | 976 |
| 42 | 141.89 | 34 | 407 | 92.3 | 95.2 | 441 | 44 | 366 | 89.3 | 410 | 90 | 90.9 | 9 | 9.1 | 0 | 0.0 | 60 | 60.6 | 39 | 39.4 | 99 | 1044 |
| 41 | 139.26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | حذف |

جدول ضمیمه‌ی ۲- سکونت‌گاه ترجیحی گروه‌های شکلی فرامینیفرهای بنتیک آهکی و آگلوتینه‌ی کرتاسه‌ی پسین و پالئوسن (برگرفته شده از Alegret *et al.* 2003).

EPIFAUNAL CALCAREOUS**Rounded trochospiral**

Anomalinoidea rubiginosus^a
Gyroidinoidea globosus^a

Plano-convex trochospiral

Alabamina wilcoxensis
Angulogavelinella avnimelechi
Cibicidoides abudurbensis^b
Cibicidoides hyphalus^{a,b}
Cibicidoides ekbloimi
Cibicidoides howelli
Cibicidoides proprius s.l.
Cibicidoides velascoensis^{a,b}
Cibicidoides spp.^a
Globorotalites michelinianus
Globorotalites spp.^a
Gyroidinoidea depressus
Gyroidinoidea girardanus^a
Gyroidinoidea subangulatus
Nuttallinella florealis^a
Nuttallinella coronula
Osangularia plummerae
Paralabamina hillebrandti^{a,b}
Stensioeina beccariiiformis^b
Stensioeina excolata
Valvalabamina lenticula

Biconvex trochospiral

Anomalinoidea acutus
Anomalinoidea aegyptiacus
Anomalinoidea affinis
Anomalinoidea ammonoides
Anomalinoidea spp.
Cibicidoides dayi^a
Cibicidoides pseudoacutus
Lenticulina spp.^a
Nuttallides truempyi^{2a;c;d}
Oridorsalis plummerae^b
Osangularia plummerae
Osangularia spp.
Paralabamina lunata^{a,b}
Sliteria varsoviensis^b

Trochospiral flattened

Heronallenia lingulata

Milioline

Quinqueloculina sp.

جدول ضمیمه‌ی ۲ (ادامه).

Palmate

Fronicularia jarvisi
Neoflabellina delicatissima

EPIFAUNAL AGGLUTINATED**A: Tubular or branching**

Bathysiphon^c
Hyperammia sp.^c

B2: Coiled flattened and streptospiral

Ammodiscus cretaceus^c
Ammodiscus latus
Ammodiscus macilentus
Ammodiscus spp.^c
Glomospirella grzybowski^c
Glomospira sp.^{c,d,e}
Repmantina charoides

INFAUNAL CALCAREOUS**Cylindrical tapered**

Bulimina midwayensis
Bulimina trinitatensis^{a,b}
Buliminella grata
Eouvirgerina subsculptura^a
Ellipsoidella spp.
Fursenkoia sp.
laevidentalimids
Pleurostomella spp.
Praebulimina reussi^b
Praebulimina spp.
Pseudouvirgerina plummerae^{a,b}
Pyramidina rudita^{a,b}
Sitella cushmani^b
Stilostomella sp.^c

Flattened tapered

Astacolus spp.
Aragonia velascoensis
Bolivinoidea delicatulus^{a,b}
Bolivinoidea draco^{a,b}
Coryphostoma decurrens
Coryphostoma incrassata^a
Coryphostoma incrassata forma *gigantea*^b
Coryphostoma plaitum
Loxostomuma
Vaginulina trilobata

Spherical/globose

جدول ضمیمه‌ی ۲ (ادامه).

Allomorphina polonica
Allomorphina velascoensis
Globulina spp.^a
Guttulina sp.
Lagena spp.^a
Quadriformina allomorphinoides?
Reussolina spp.^a

Rounded planispiral

Nonionella spp.^a
Pullenia cretacea^a
Pullenia coryelli^a
Pullenia jarvisi^a

Flattened ovoid

Buchnerina sp.
Paliolatella orbygniana
Biconvex trochospiral
Gyroidinoidea beisselti^f
Oridorsalis umbonatus^g

INFAUNAL AGGLUTINATED**B1: Globular unilocular**

Saccamina placenta^c
Saccamina sp.^c

C1: Elongate multilocular

Arenobulimina truncata
Arenobulimina spp.^c
Clavulinoidea amorphia emend. Alegret and Thomas
Clavulinoidea trilatera
Dorothia bulleta
Dorothia pupa
Gaudryina laevigata
Gaudryina pyramidata^c
Marssonella indentata
Marssonella oxycona^c
Spiroplectammina spp.^c
Spiroplectammina dentata
Spiroplectammina aff. *S. israeli*
Spiroplectammina spectabilis
Reophax spp.^{e,h}
Subreophax velascoensis
Subreophax spp.^e
Vulvulina sp.

Flattened trochospiral

Haplophragmoides^{h,i}

^a Widmark & Malmgren (1992a,b)

^b Widmark & Speijer (1997a,b)

^c Kaminski *et al.* (1996)

^d Kuhnt & Kaminski (1990)

^e Peryt *et al.* (1997)

^f Alegret *et al.* (2001)

^g Rathburn & Corliss (1994)

^h Kaminski *et al.* (1995)

ⁱ Kuhnt *et al.* (1996), Gooday (1990) and Kaminski *et al.* (1999).