

## بایوستراتیگرافی مرز ائوسن - الیگوسن (Priabonian- Rupelian) در برش چینه‌شناسی چهارده (زون ایذه، خوزستان)

نسرین هداوندخانی<sup>۱\*</sup>، عباس صادقی<sup>۲</sup>، علیرضا طهماسبی سروستانی<sup>۳</sup>، محمد حسین  
آدابی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
- ۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
- ۳- رئیس اداره مطالعات و تحقیقات زمین شناسی و ژئوشیمی، مدیریت اکتشاف نفت
- ۴- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۸

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۴/۲۱

### چکیده

به منظور مطالعه مرز ائوسن - الیگوسن در زون ایذه، ۱۷۰ متر از رسوبات سازند پابده (واحد مارن با میان لایه‌های سنگ آهک) در برش چهارده مورد نمونه برداری قرار گرفت. بر اساس مطالعه فرامینیفرهای پلانکتونی ۵ بایوزون زیر در رسوبات مذکور شناسایی و معرفی گردید:

Zone E14: *Globigerinatheka semiinvoluta* Highest-occurrence Zone  
Zone E15: *Globigerinatheka index* Highest-occurrence Zone  
Zone E16: *Hantkenina alabamensis* Highest-occurrence Zone  
Zone O1. *Pseudohastigerina naguewichiensis* Highest-occurrence Zone  
Zone O2. *Turborotalia ampliapertura* Highest-occurrence Zone

مرز ائوسن - الیگوسن در این برش بر مبنای بایوزون‌های فوق و تغییر در فرامینیفرهای پلانکتونی به خصوص انقراض خانواده *Hantkeninidae*، در ۴۷۱ متری از قاعده سازند پابده و ۳۲۶ متر پایین‌تر از مرز پابده-آسماری قرار دارد. همچنین در این مطالعه زون‌های زیستی شناسایی شده، با زون‌های فرامینیفرهای پلانکتونی در مرز ائوسن-الیگوسن دیگر مناطق تیس مقایسه گردید.

**واژه‌های کلیدی:** ایذه، بایوستراتیگرافی، خوزستان، مرز ائوسن - الیگوسن.

## مقدمه

تعیین اشکوب‌های الیگوسن اولین بار توسط بیرچ در سال ۱۸۵۴ انجام شد، ولی ماهیت الیگوسن یا ائوسن بودن آن‌ها به طور دقیق مشخص نبود و با گذشت زمان این اشکوب‌ها منسوخ شده و سپس یک آرایش کروئوستراتیگرافی واقعی و استاندارد از الیگوسن در دو اشکوب توسط هاردنیل و برگرن در سال ۱۹۷۸ ارائه شد. آن‌ها دو واحد لیتولوژیکی قابل تشخیص در استراتوتایپ سنتی الیگوسن در شمال غرب اروپا تعیین کردند:

- (۱) واحد رسی پایینی متعلق به دریای باز که دربرگیرنده رسوبات ناحیه تپ روپلین است.
- (۲) واحد ماسه‌ای بالایی عمدتاً متعلق به دریای کم عمق که شامل مقطع تپ شاتین است.

این پیشنهاد تا به امروز مورد استفاده قرار گرفته و در IGC واشنگتن در سال ۱۹۸۹ به صورت رسمی درآمد (جنکینز و لوترباخ، ۱۹۹۲). مرز ائوسن - الیگوسن در قاعده اشکوب روپلین تعریف شده است. این اشکوب توسط دومونت در سال ۱۸۴۹ برای نهشته‌های رسی رخنمون یافته در امتداد رودخانه‌های Rupel و Scheldt در بلژیک معرفی شد. این نهشته‌های رسی، روپلین بالایی را تشکیل داده در حالی که بخش پایینی روپلین از نهشته‌های رسی، شبیه رسوبات Nucula Omta، بین دو واحد ماسه‌ای که دارای برونزادی در شمال شرق بلژیک است، تشکیل یافته است. گروه‌های ماکرو و میکروفسیلی متعددی در منطقه تپ مطالعه شده‌اند (ون سیمایز و واندنبرگ، ۲۰۰۶).

زون‌های فرامینیفرهای پلانکتونی O1 تا O4 و زون‌های نانوپلانکتونی NP23 و NP24 در این نهشته‌های رسی مشاهده شده و یک زوناسیونی از فرامینیفرهای بنتیک و سیست داینوفلاژله‌ها نیز

در استراتوتایپ روپلین ایجاد شده است (وید و همکاران، ۲۰۱۱؛ برگرن و همکاران، ۲۰۰۵).

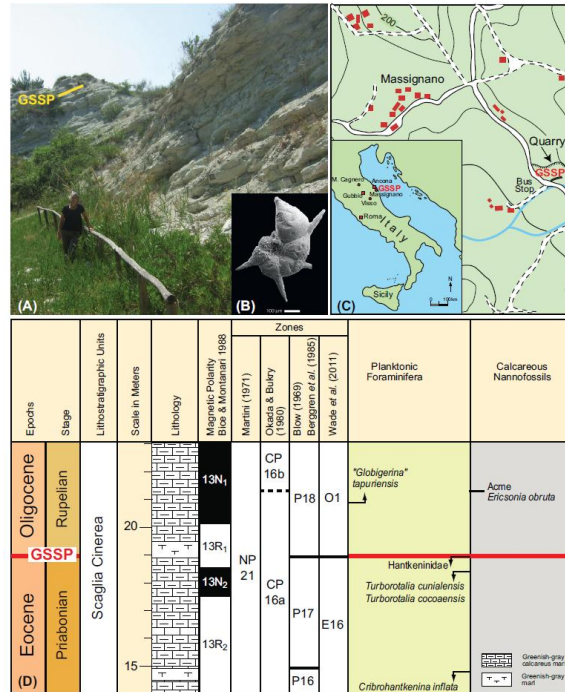
GSSP روپلین و سری الیگوسن در برش Massignano، 10 کیلومتری جنوب شرق Ancona در ساحل آدریاتیک شمال ایتالیا تعریف شده است. GSSP در یک معدن متروکه در سمت شرقی جاده Ancona-Sirolo نزدیک Massignano معین شده است. برش Massignano در برگرنده‌ی یک توالی ۲۳ متری از مارن‌های دریای باز و مارن‌های آهکی ائوسن بالایی تا الیگوسن زیرین می‌باشد. GSSP در قاعده یک لایه مارنی خاکستری سبز رنگ با ضخامت ۰/۵ متری، در ۱۹ متری بالاتر از قاعده برش تعریف شده است (شکل ۱).

مارکر شاخص GSSP این مرز، انقراض گونه‌های Hantkeninid است که در رأس زون E16 و در داخل زون نانوفسیلی NP21 واقع شده است. در این مقاله سعی بر آن است تا مرز ائوسن- الیگوسن (Priabonian- Rupelian) در برش چینه‌شناسی چهارده واقع در زون ایزه بر اساس زون‌های فرامینیفرهای پلانکتونی معرفی شده در محدوده تئیس مورد مطالعه و مقایسه قرار گیرد.

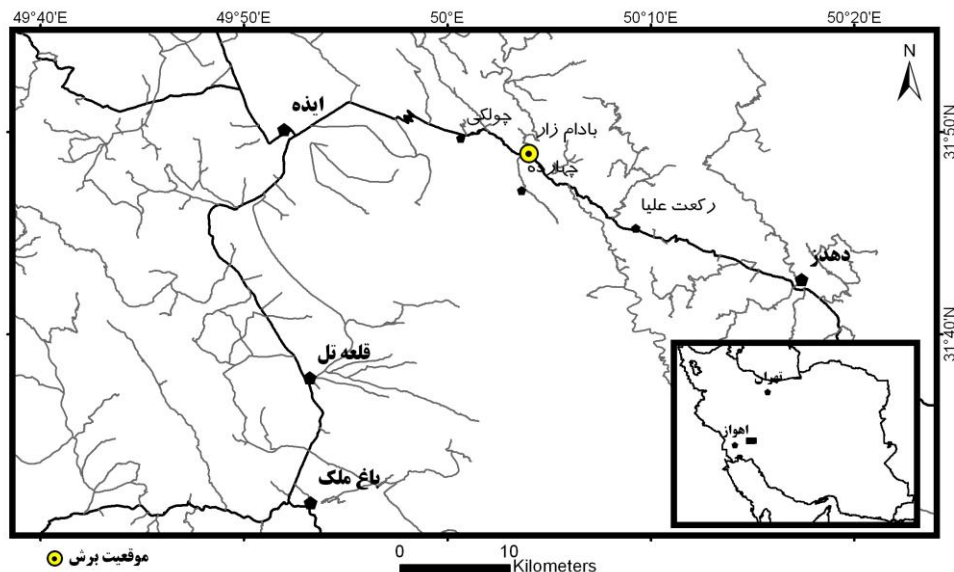
## مواد و روش‌ها

### موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه

نمونه‌های مورد مطالعه از برش چهارده در نزدیکی روستایی به همین نام در شهر ایزه برداشت شده است. این برش دارای مختصات جغرافیایی " ۲۶.۸ ۵۰°۳' طول شرقی و " ۴۷'۵۳.۶ ۳۱° عرض شمالی می‌باشد و راه دسترسی به آن از طریق جاده ایزه به اصفهان امکان‌پذیر است. این برش در نزدیکی سد کارون ۳ و یک کیلومتری روستای چهارده واقع شده است (شکل ۲).



تصویر ۱: GSSP اشکوب روپلین واقع شده در بخش Massignano، استان Ancona در ایتالیا بر روی زمین (A) و نقشه (C) (گریداستین و همکاران، ۲۰۱۲)، تصویر *Hantkenina alabamensis* (B) و داده‌های چینه شناسی (D) (پرمولی سیلوا و جنکینر، ۱۹۹۳).



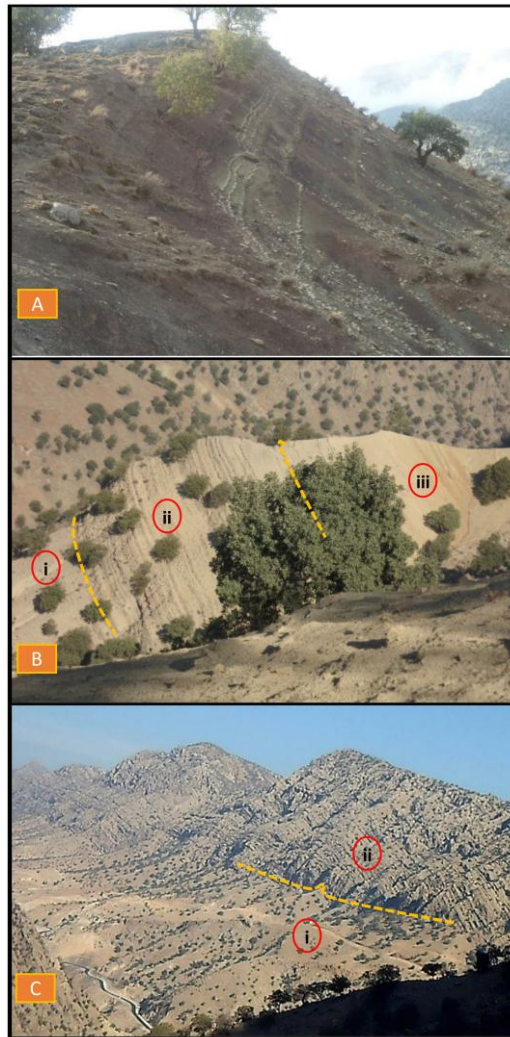
تصویر ۲: موقعیت و راه دسترسی رخنمون مورد مطالعه

۱۳۹۳). به منظور مطالعه مرز ائوسن-الیگوسن در برش مورد مطالعه، ۱۷۰ متر از واحد مارن با میان لایه‌های سنگ آهک (۱۵۶ عدد نمونه) به ضخامت ۳۵۷.۶ متر مورد نمونه برداری سیستماتیک قرار گرفت. مرز زیرین این واحد با واحد آهکی و مرز

سازند پاینده در برش چهارده به ضخامت ۷۹۷ متر به ۴ واحد شیل ارغوانی (شکل ۳A)، واحد آهک و مارن (i در تصویر ۳B)، واحد آهکی (ii در تصویر ۳B)، واحد مارن با میان لایه های سنگ آهک (iii در شکل ۳B) تقسیم شده‌است (هداوندخانی،

گرفت و پس از شناسایی فرامینیفرهای پلانکتونی به کمک میکروسکوپ الکترونی (SEM) از آنها عکسبرداری به عمل آمد. از نمونه‌های سخت مقطع نازک تهیه شد و در زیر میکروسکوپ پلاریزان مطالعه و سپس عکسبرداری انجام شد.

بالایی آن با سازند آسماری (شکل ۳C) هم شیب می‌باشد. نمونه‌برداری در فواصل نیم متری تا ۱ متری صورت گرفت. نمونه‌ها جهت آماده‌سازی به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های نرم بر روی الک-های ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ گل‌شویی و سپس در زیر میکروسکوپ انعکاسی دوچشمی مورد مطالعه قرار



تصویر ۳: (A) واحد شیل ارغوانی در سازند پابده، (B) واحد آهک و مارن (i)، واحد آهکی (ii)، واحد مارن با میان لایه های سنگ آهک (iii)، (E) مرز واحد مارن با میان لایه های سنگ آهک سازند پابده (i) با سازند آسماری (ii)

گونه باقی مانده خانواده Hantkeninidae همراه بوده‌است. همچنین در نزدیکی این مرز انقراض گونه‌های *Turborotalia cerroazulensis* و *Turborotalia cocoaensis* و *cunialensis* ثبت شده‌است. از تغییرات دیگر در

### نتایج

#### بایوستراتیگرافی

در مرز ائوسن- الیگوسن یکی از انقراض‌های اصلی در تاریخ فرامینیفرهای پلانکتونی اتفاق افتاده است، به طوری که این مرز با انقراض ناگهانی ۵

در این مطالعه پس از شناسایی فرامینیفرهای پلانکتونی و ترسیم محدوده چینه شناسی آنها (شکل ۴)، زون بندی زیستی فرامینیفرهای پلانکتونی و تعاریف آن (شکل ۵) براساس جدیدترین داده‌ها نظیر برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و وید و همکاران در سال ۲۰۱۱، در محدوده مرز ائوسن- الیگوسن صورت گرفت و ۵ بایوزون به شرح زیر شناسایی و معرفی گردید:

#### **Zone E14. *Globigerinatheka semiinvoluta* Highest-occurrence Zone**

تعریف: اینتروالی است بین آخرین ظهور *Morozovelloides crassatus* در پایین و آخرین ظهور *Globigerinatheka semiinvoluta* در بالا. این زون مطابق با زون زیستی E14 از زون بندی زیستی برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ است. ضخامت این زون در برش چهارده ۳۸.۷۵ متر می باشد که قاعده آن در ستون چینه شناسی رسم شده در این برش آورده نشده است. فرامینیفرهای همراه آن عبارتند از:

*Turborotalia cerroazulensis*,  
*Pseudohastigerina micra*, *Globigerinatheka korotkovi*, *Turborotalia increbescens*,  
*Hantkenina alabamensis* *Globigerinatheka index*, *Clavigerinella* sp., *Paragloborotalia nana*, *Catapsydrax dissimilis*,  
*Globigerinatheka semiinvoluta*,  
*Turborotalia pomeroli*, *Catapsydrax unicavus*, *Hantkenina compressa*, Genus 2. sp.1, *Dentoglobigerina galavisi*, *Subbotina yeguaensis*, *Zeauvigerina zelandica*,  
*Turborotalia altispiroites*,  
*Dentoglobigerina tripartita*.

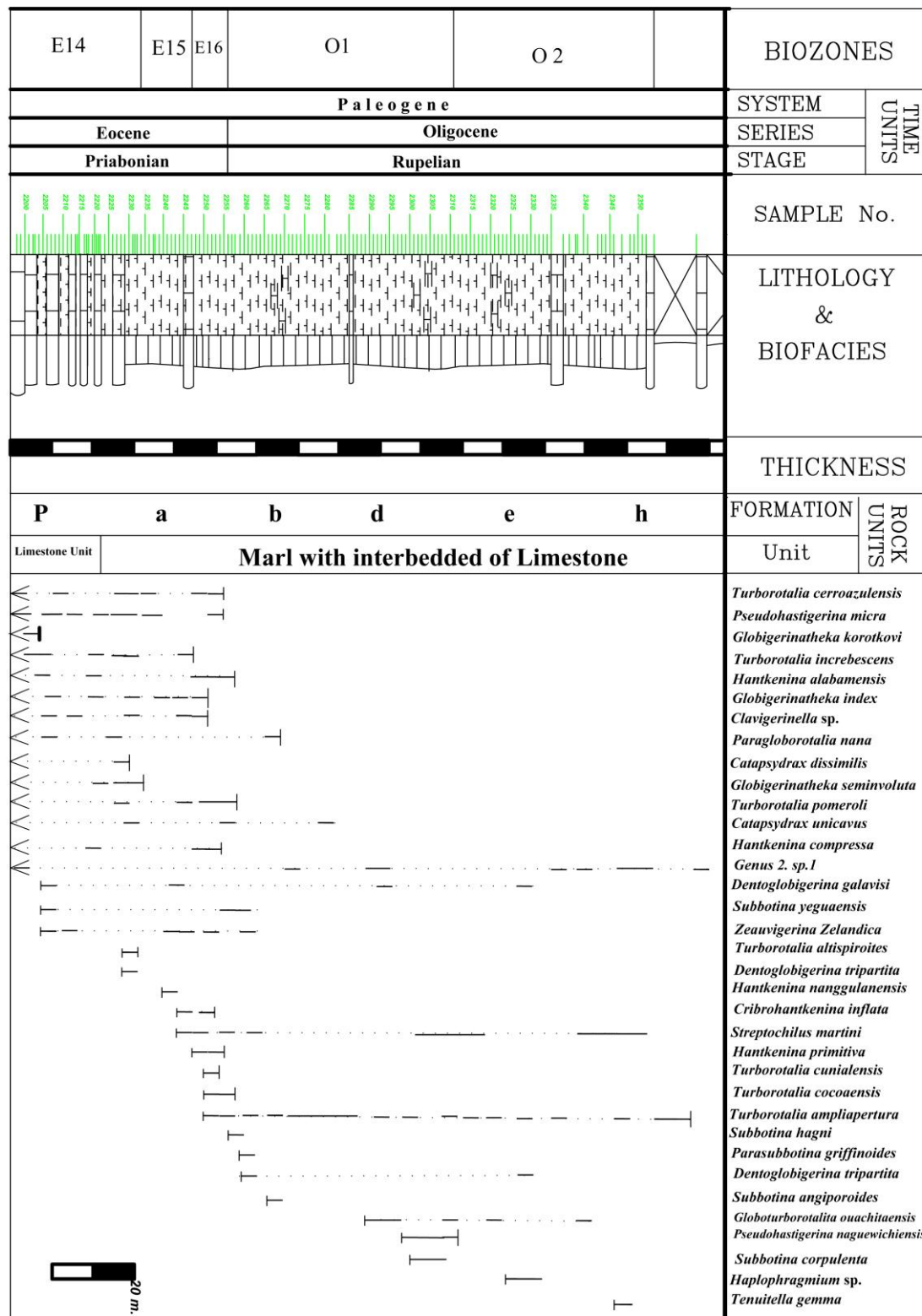
سن: ائوسن میانی - پسین (بارتونین - پریابونین)

فرامینیفرهای پلانکتونی در این مرز می توان به انقراض *Pseudohastigerina micra* با اندازه بزرگتر از 150  $\mu\text{m}$  نیز اشاره کرد و فقط گونه *Pseudohastigerina naguwichiensis* با اندازه کوچکتر بعد از مرز باقی مانده است. این حوادث زیستی، منطبق با حد بالایی زون E16 (بین دو زون E16 و O1) از زوناسیون فرامینیفرهای پلانکتونی وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ و نیز برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و بین دو زون زیستی P17 و P18 از زون بندی برگرن و همکاران در سال ۱۹۹۵ می باشد. سن رادیومتریک این مرز ۳۴ میلیون سال است.

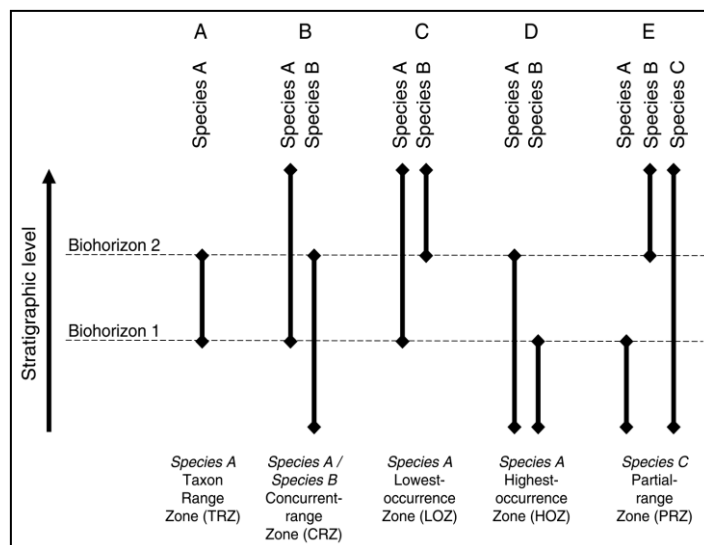
دلیل اصلی این انقراض را تغییر تدریجی از اقلیم گرم در ائوسن پیشین به اقلیم یخچالی و سرد در ابتدای الیگوسن می دانند که یکی از مهم ترین تغییرات اقلیمی در تکامل دوران سنوزوئیک محسوب می شود (زاچوس و همکاران، ۲۰۰۱؛ تریپاتی و همکاران، ۲۰۰۵).

دلیل سردشدگی در این مرز بسیار بحث برانگیز بوده است. لیورمور و همکاران در سال ۲۰۰۵ علت این سرد شدگی را بازشدگی گذرگاه Drake و ایجاد جریاناتی از قطب شمال می دانند. محققان دیگر این عامل را به تنهایی موثر نمی دانند و کاهش شدید CO<sub>2</sub> اتمسفر را دلیل سردشدن تدریجی می دانند (دیکونتو و پلارد، ۲۰۰۳؛ هابر و همکاران، ۲۰۰۴؛ تریپاتی و همکاران، ۲۰۰۵).

ونهووف و همکاران در سال ۲۰۰۰، دلیل سردشدگی را برخوردهای متئوریت در 35.5 Ma و بیش از یک میلیون سال زودتر می دانستند، ولی داده های ایزوتوپی این مورد را تأیید نمی کنند (تریپاتی و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۴: انتشار چینه‌شناسی فرامینیفرهای پلانکتونی در برش چینه‌شناسی چهارده در مرز ائوسن- الیگوسن



تصویر ۵: تعاریف زون‌های بایوستراتیگرافی استفاده شده در این مطالعه اقتباس از (Berggren & Pearson(2005))

تعریف: بخشی از انتشار چینه شناسی گونه نامبرده که بین آخرین ظهور *Globigerinatheka index* در پایین و آخرین ظهور *Hantkenina alabamensis* در بالا قرار می‌گیرد.

این زون مطابق با زون زیستی E16 از زون‌بندی زیستی برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ است. ضخامت این زون زیستی در برش چهارده ۹ متر تعیین شده‌است و مهم‌ترین میکروفسیل‌های همراه در این زون عبارتند از:

*Turborotalia cerroazulensis*,  
*Pseudohastigerina micra*, *Turborotalia increbescens*, *Hantkenina alabamensis*  
*Globigerinatheka index*, *Clavigerinella* sp.,  
*Paragloborotalia nana*, *Turborotalia pomeroli*, *Catapsydrax unicavus*,  
*Hantkenina compressa*, Genus 2. sp.1,  
*Subbotina yeguaensis*, *Dentoglobigerina galavisi*, *Cribrhantkenina inflata*,  
*Streptochilus martini*, *Hantkenina primitive*, *Zeauvigerina zelandica*,  
*Turborotalia cunialensis*, *Turborotalia cocoaensis*, *Turborotalia ampliapertura*

سن: ائوسن پسین (پریابونین)

در انتهای این زون زیستی انقراض خانواده *Hantkeninidae* و تمامی گونه‌های

#### Zone E15. *Globigerinatheka index* Highest-occurrence Zone

تعریف: اینتروالی است بین آخرین ظهور *Globigerinatheka semiinvoluta* در پایین و آخرین ظهور *Globigerinatheka index* در بالا. این زون مطابق با زون زیستی E15 از زون‌بندی زیستی برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ است. این زون با ضخامت ۱۲.۵ متر بر روی زون E14 قرار دارد و حاوی فرامینیفرهای پلانکتونی زیر می‌باشد:

*Turborotalia cerroazulensis*,  
*Pseudohastigerina micra*, *Turborotalia increbescens*, *Hantkenina alabamensis*  
*Globigerinatheka index*, *Clavigerinella* sp.,  
*Paragloborotalia nana*, *Turborotalia pomeroli*, *Catapsydrax unicavus*,  
*Hantkenina compressa*, Genus 2. sp.1,  
*Dentoglobigerina galavisi*, *Subbotina yeguaensis*, *Zeauvigerina zelandica*,  
*Hantkenina nanggulanensis*,  
*Cribrhantkenina inflata*, *Streptochilus martini*

سن: ائوسن پسین (پریابونین)

#### Zone E16. *Hantkenina alabamensis* Highest-occurrence Zone



تعریف: اینتروالی است بین آخرین ظهور *Pseudohastigerina naguewichiensis* در پایین و آخرین ظهور *Turborotalia ampliapertura* در بالا. ضخامت این زون در برش مورد مطالعه ۴۹.۵ متر است و با فسیل‌های همراه زیر شناسایی می‌شود:

*Genus 2. sp.1, Dentoglobigerina galavisi, Turborotalia ampliapertura, Streptochilus martini, Dentoglobigerina tripartita, Globoturborotalita ouachitaensis, Haplophragmium sp., Tenuitella gemma*

سن: الیگوسن پیشین (روپلین)

همانطور که ملاحظه می‌شود، مرز ائوسن- الیگوسن در این مطالعه مطابق با زون‌های زیستی معتبر در حوضه تتیس، در حدفاصل زون‌های E16 با سن ائوسن پسین (Priabonian) و O1 با سن الیگوسن پیشین (Rupelian) در سازند پابده (واحد مارن با میان لایه‌های سنگ آهک) و ۳۲۶ متر پایین تر از مرز سازندهای پابده و آسماری قرار دارد.

زون‌های زیستی شناسایی شده در محدوده مرز ائوسن - الیگوسن در این برش قابل مقایسه با دیگر زون‌های زیستی در حوضه تتیس می‌باشد که در شکل ۶ نشان داده شده‌است.

*Turborotalia ampliapertura* به غیر از *T. ampliapertura* داده است که تعیین کننده مرز ائوسن - الیگوسن است.

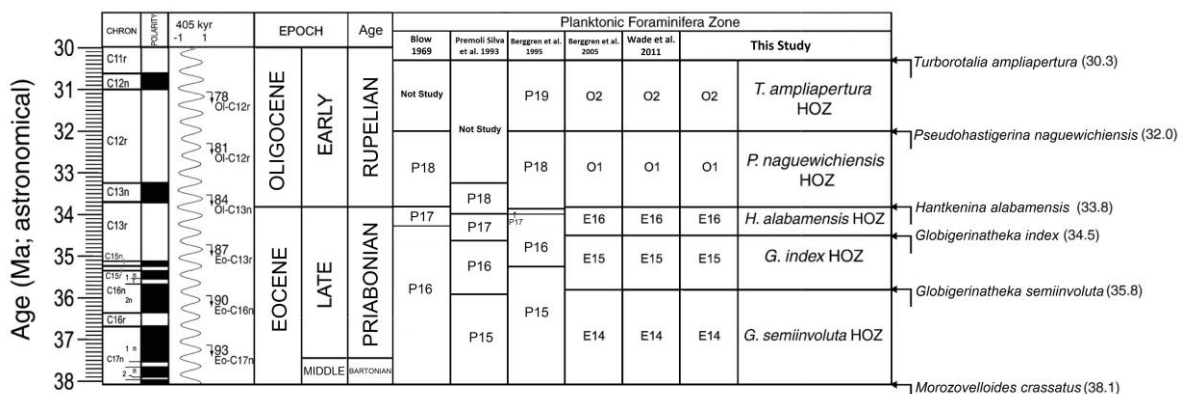
**Zone O1. *Pseudohastigerina naguewichiensis* Highest-occurrence Zone**

تعریف: اینتروالی است بین آخرین ظهور *Hantkenina alabamensis* در پایین و آخرین ظهور *Pseudohastigerina naguewichiensis* در بالا. این زون مطابق با زون زیستی O1 از زون- بندی زیستی برگرن و همکاران در سال ۲۰۰۵ و وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ است. این زون زیستی با ضخامت ۵۶ متر و فسیل‌های زیر در برش چهارده قابل تفکیک است:

*Paragloborotalia nana, Catapsydrax unicavus, Genus 2. sp.1, Dentoglobigerina galavisi, Subbotina yeguaensis, Zeauvigerina zelandica, Turborotalia ampliapertura, Streptochilus martini, Subbotina hagni, Parasubbotina griffinoides, Dentoglobigerina tripartita, Subbotina angiporoides, Globoturborotalita ouachitaensis, Pseudohastigerina naguewichiensis, Subbotina corpulenta*

سن: الیگوسن پیشین (روپلین)

**Zone O2. *Turborotalia ampliapertura* Highest-occurrence Zone**



شکل ۶: چارت تطابقی زون بندی زیستی مرز ائوسن- الیگوسن در برش چینه‌شناسی چهارده با دیگر زون بندی‌های زیستی در حوضه تتیس



### بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی مرز ائوسن - الیگوسن در برش چهارده بر اساس فرامینیفراهای پلانکتونی، ۵ بایوزون زیر منطبق با زونبندی زیستی وید و همکاران در سال ۲۰۱۱ در محدوده تئیس شناسایی و معرفی گردید:

**Zone E14:** *Globigerinatheka semiinvoluta*  
Highest-occurrence Zone

**Zone E15:** *Globigerinatheka index*  
Highest-occurrence Zone

**Zone E16:** *Hantkenina alabamensis*  
Highest-occurrence Zone

**Zone O1:** *Pseudohastigerina naguwichiensis*  
Highest-occurrence Zone

**Zone O2:** *Turborotalia ampliapertura*  
Highest-occurrence Zone

بایوزون‌های E14، E15 و E16 متعلق به ائوسن پسین و زون‌های O1 و O2 متعلق به الیگوسن

پیشین است. بر اساس زون‌های زیستی فوق، مرز ائوسن - الیگوسن در حدفاصل دو زون زیستی E16 و O1 در سازند پابده (واحد مارن با میان لایه های سنگ آهک) و ۴۷۱ متری از قاعده آن و ۳۲۶ متر پایین تر از مرز سازندهای پابده و آسماری تعیین شده است.

در این مرز انقراض ناگهانی خانواده Hantkeninidae و انقراض گونه‌های *Turborotalia cerroazulensis*، *Turborotalia cunialensis* و *cocoaensis* نظیر دیگر مناطق حوضه تئیس مشهود است که این انقراض را عده‌ای به سرد شدگی در ابتدای الیگوسن نسبت داده‌اند (زاجوس و همکاران، ۲۰۰۱؛ تریپاتی و همکاران، ۲۰۰۵).

### منابع

- رساله دکترای، دانشگاه شهید بهشتی.
- هداوندخانی، ن.، ۱۳۹۲، بایوستراتیگرافی سازند پابده در زون ایذه (برش های چهارده، تنگ حتی و تنگ پابده)،
- Beyrich, E., 1854. Uber die Stellungder hessischen Tertiabildungen, Berichte der Verhandlungen der koniglichen. Preussischen Akademie der Wissenschaften, Akademie der Wissenschaften zu Berlin, p. 640-666.
- Dumont, A., 1849. Rapport sur la carte geologique de la Belgique, Bulletin de l'Academie royales des Sciences et des Lettres de la Belgique, v. 16, p. 351-373.
- DeConto, R.M. and Pollard, D., 2003. Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO<sub>2</sub>, Nature, v. 421, p. 245-249.
- Gradstein, F.M. and Ogg, J.G., 2012. The Concise Geologic Time Scale, Cambridge University Press, Cambridge, 1140 p.
- Hardenbol, J. and Berggren, W.A., 1978. A new Paleogene numerical time scale,
- Berggren, W. A. and Pearson, P. N., 2005. A revised tropical to subtropical Paleogene planktonic foraminiferal zonation. Journal of Foraminiferal Research, v. 35, p. 279-298.
- Berggren, W. A. and Miller, K. G., 1988. Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology, Micropaleontology, v. 34, p. 362-380.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher III, C. C., and Aubry, M. -P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy, In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.-P., Hardenbol, J. (Eds.), Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation: A Unified Temporal Framework for an Historical Geology: SEPM Spec. Publ., v. 54, p. 129-212.

- In: Cohee, G.V., Glaessner, M.F., Hedberg, H.D. (Eds.), Contributions to the Geologic Time Scale, American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, v. 6, p. 213-234.
- Huber, M., Brinkhuis, H., Stickley, D.E., Doos, K., Sluijs, A., Warnaar, J., Schellenberg, S.A. and Williams, G.L., 2004. Eocene circulation of the Southern Ocean: was Antarctica kept warm by subtropical waters? *Paleoceanography*, v. 19, p. 26-40.
- James, G.A. and J.G. Wynd 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 49, p. 2182-2245.
- Jenkins, D.G. and Luterbacher, H.P., 1992. Paleogene stages and their boundaries: Introductory remarks, *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie Abhandlungen*, v. 186, p.1-5.
- Livermore, R., Nankivell, A., Eagles, G. and Morris, P., 2005. Paleogene opening of the Drake Passage, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 236, p. 459- 470.
- Molina, E., Gonzalvo, C., Ortiz, S. and Cruz, L., 2006, Foraminiferal turnover across the Eocene–Oligocene transition at Fuente Caldera, southern Spain: No cause–effect relationship between meteorite impacts and extinctions, *Marine micropaleontology*, v. 58, p. 270-286.
- Ogg, J.G., Ogg, G. and Gradstein, F.M., 2008. *The Concise Geologic Time Scale*, Cambridge University Press, Cambridge, 177 p.
- Pearson, P.N., Olsson, R.K., Huber, B.T., Hemleben, C. and Berggren, W.A.(Eds.), 2006. *Atlas of Eocene Planktonic Foraminifera*, Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Fredericksburg, 514 p.
- Premoli Silva, I. Spezzaferi. S. and D Angelantonio A., 1998. Cretaceous foraminiferal bio-isotope stratigraphy of Hole 967E and Paleogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of Hole 966E, Eastern Mediterranean, Robertson, A, H, F., Emeis, K.C., Richter, C., and Camerlenghi, A. (Eds) *Proceedings of Ocean Drilling program, Scientific Result*, v. 160, p. 377-394.
- Premoli Silva, I. and Jenkins, D.G., 1993. Decision on the Eocene-Oligocene boundary stratotype, *Episodes*, v. 16, p. 379-382.
- Tripathi, A., Backman, J., Elderfield, H. and Ferretti, P., 2005. Eocene bipolar glaciation associated with global carbon cycle changes, *Nature*, v. 436, p. 341-346.
- Van Simaey, S. and Vandenberghe, N., 2006. Rupelian. *Geologica Belgica*, v. 9, p. 95-101.
- Vanhof, H.B., Smit, J., Brinkhuis, H., Montanari, A. and Nederbragt, A.J., 2000. Global cooling accelerated by early late Eocene impacts, *Geology*, v. 28, p. 687-690.
- Wade, B.S., 2011. Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale, *Earth-Science Reviews*, v. 104, p. 111-142.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present, *Science*, v. 292, p. 686-693.

### Plate 1

Figs 1a- c: <i>Turborotalia altispiroides</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2229
Figs 2a- c: <i>Turborotalia cerroazulensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2146
Figs 3a- c: <i>Turborotalia cocoaensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2254
Figs 4a- c: <i>Turborotalia cunialensis</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2250
Figs 5a- c: <i>Turborotalia increbescens</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2259
Figs 6a- c: <i>Turborotalia pomeroli</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2243
Figs 7a- b: <i>Zeauvigerina zelandica</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2259

### Plate 2

Figs 1a- c: <i>Hantkenina alabamensis</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2254
Figs 2a- c: <i>Hantkenina compressa</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2254
Figs 3a- c: <i>Hantkenina nanggulanensis</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2240
Figs 4a- c: <i>Hantkenina primitiva</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2254
Figs 5a- c: <i>Cribrohantkenina inflata</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2243
Figs 6a- c: <i>Subbotina yeguaensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2259
Figs 7a- b: <i>Streptochilus martini</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2243

### Plate 3

Figs 1a- c: <i>Globigerinatheka index</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2146
Figs 2a- c: <i>Globigerinatheka korotkovi</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2081
Figs 3a- c: <i>Globigerinatheka seminvoluta</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2240
Figs 4a- c: <i>Dentoglobigerina tripartita</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2259
Figs 5a- c: <i>Dentoglobigerina galavisi</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2205
Figs 6a- c: <i>Catapsydrax dissimilis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2145
Figs 7a- c: <i>Catapsydrax unicavus</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2229

### Plate 4

Figs 1a- d: <i>Globoturborotalia ouachitaensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2115
Figs 2a- d: <i>Turborotalia ampliapertura</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2327
Figs 3a- c: <i>Tenuitella gemma</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2320
Fig 4: <i>Paragloborotalia nana</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2320
Fig 5: <i>Turborotalia cerroazulensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2194
Fig 6: <i>Turborotalia pomeroli</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2098
Fig 7: <i>Turborotalia increbescens</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2130
Fig 8: <i>Clavigerinella</i> sp.	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2206
Fig 9: <i>Pseudohastigerina naguewichiensis</i>	scale bar: 200 $\mu$ m, SampleNo: 2311
Fig 10: <i>Hantkenina alabamensis</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2203
Fig 11: <i>Hantkenina</i> sp.	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2251
Fig 12: <i>Globigerinatheka index</i>	scale bar: 100 $\mu$ m, SampleNo: 2070

Plate 1

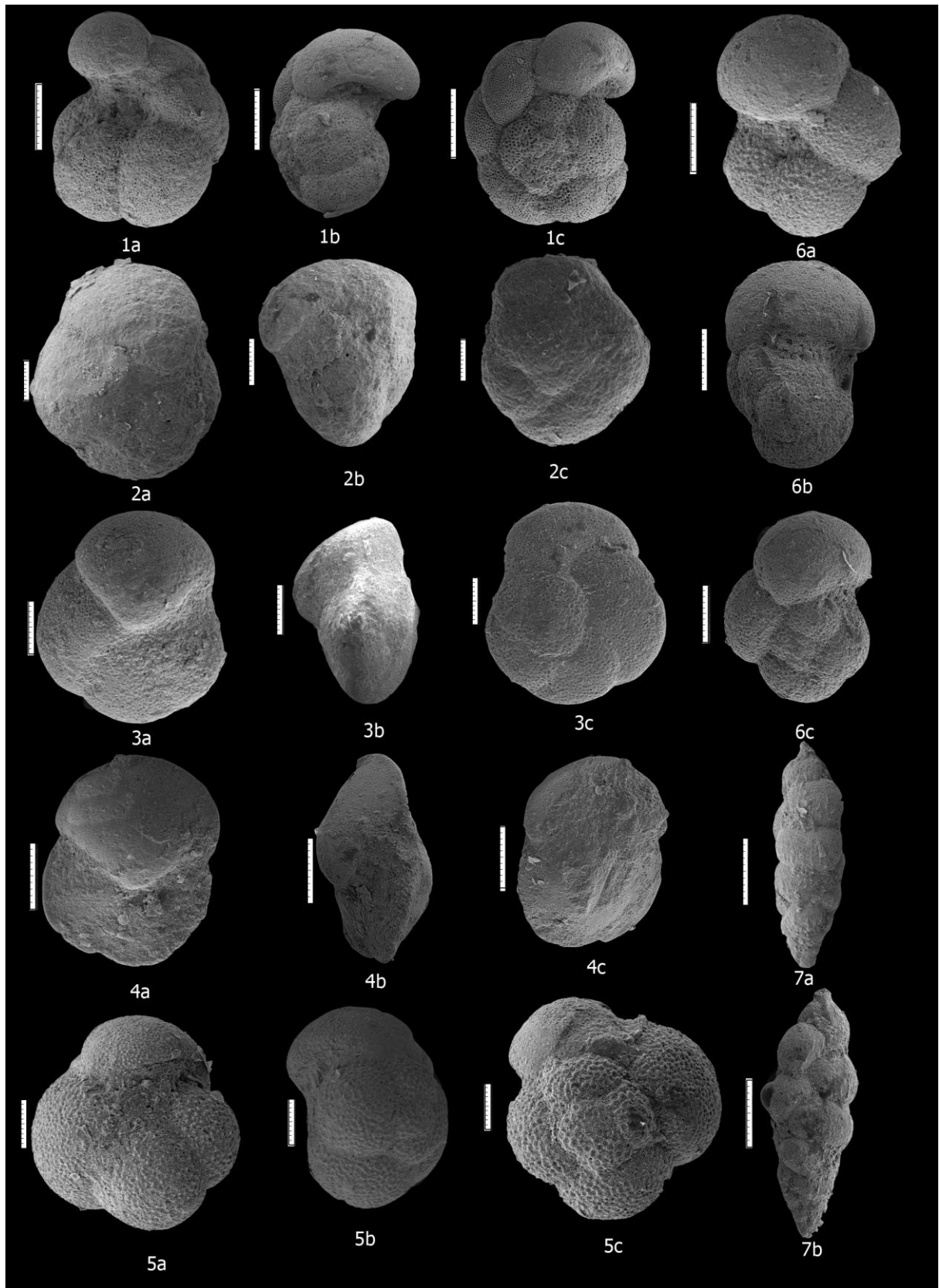


Plate 2

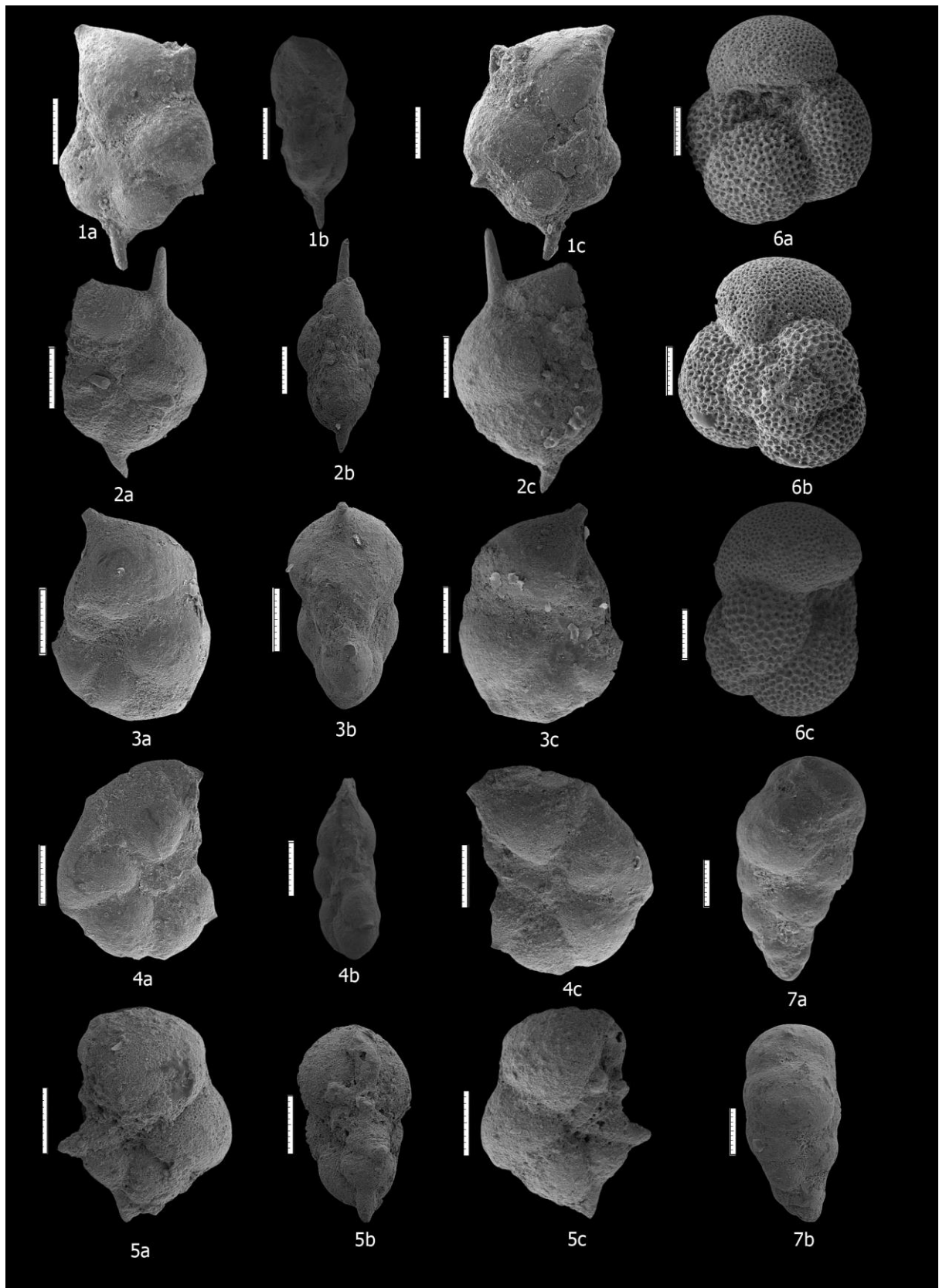


Plate 3

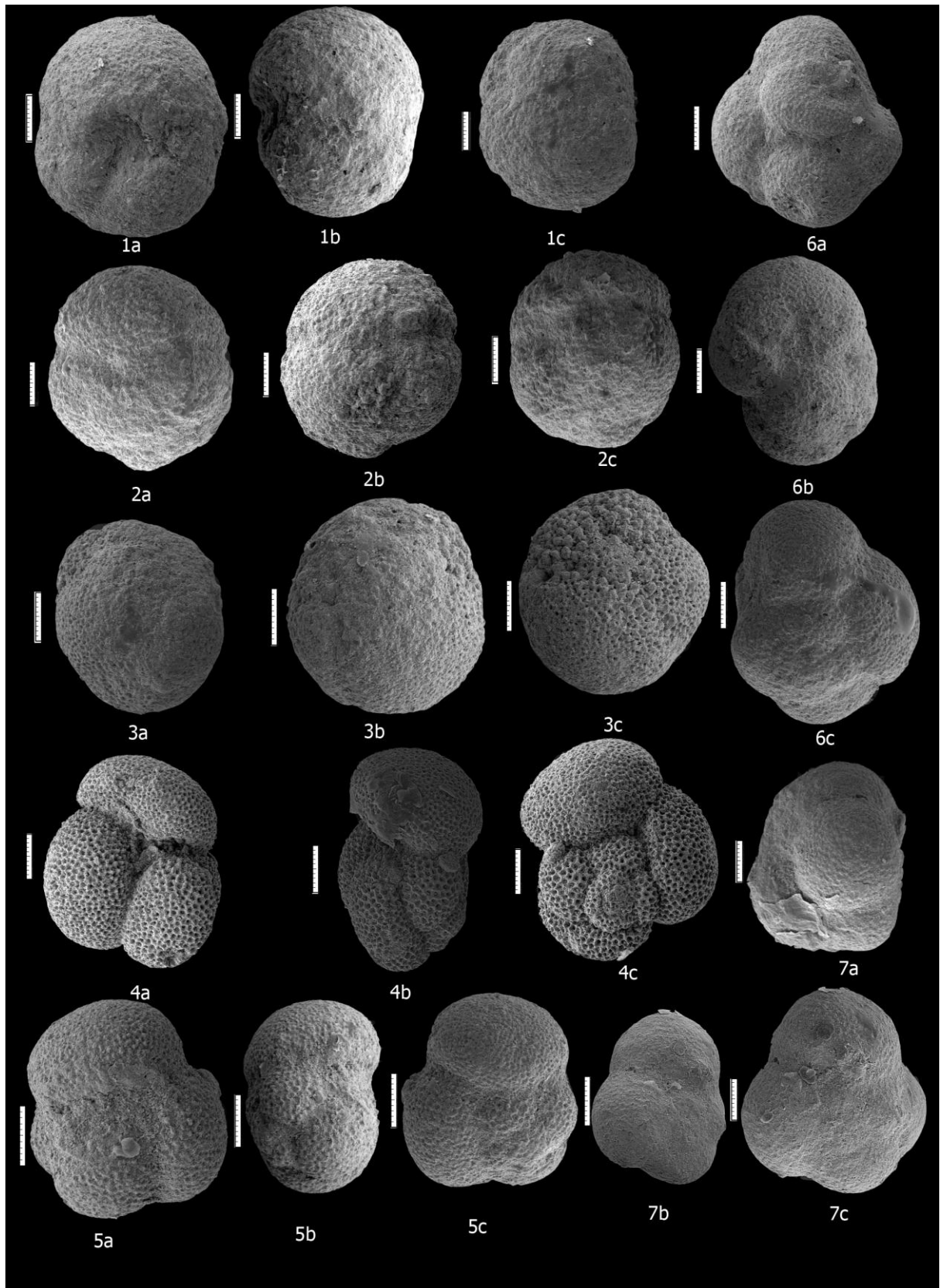


Plate 4

