

بیواستراتیگرافی سازند پابده بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در جنوب غرب ایلام، زون ساختاری ایلام

سعیده سنماری، دانشیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین، ایران*

افسانه ده بزرگی، استادیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین، ایران

چکیده

به‌منظور مطالعه زیست چینه‌نگاری سازند پابده در جنوب غرب ایلام، برش ماربرا انتخاب شد. در این برش، سازند پابده اساساً از مارن، شیل و سنگ‌آهک مارنی تشکیل شده است. مطالعه نانوفسیل‌های آهکی به تشخیص ۷۲ گونه و ۳۶ جنس منجر شد. مطابق با نخستین حضور گونه‌های شاخص و گسترش تجمعات فسیلی، بایوزون‌های *Discoaster binodosus* Zone (NP10)، *Tribrachiatius contortus* Zone (NP11)، *Tribrachiatius orthostylus* Zone (NP12)، *Discoaster lodoensis* Zone (NP13)، *Discoaster sunlodoensis* Zone (NP14)، *Nannotetrina fulgens* zone (NP15)، *Discoaster tanii nodifer* Zone (NP16)، *Discoaster saipanensis* Zone (NP17)، *Chiasmolithus oamaruensis* Zone (NP18)، *Isthmolithus recurvus* Zone (NP19)، *Sphenolithus pseudoradians* Zone (NP20)، *Ericsonia Subdisticha* zone (NP21)، *Helicosphaera reticulate* Zone (NP22)، *Sphenolithus predistintus* Zone (NP23)، *Sphenolithus distentus* Zone (NP24)، *Sphenolithus ciperoensis* Zone (NP25) از زون‌بندی مارتینی (Martini, 1971) شناسایی شد. در نتیجه این مطالعه و براساس زون‌های مشخص‌شده، سن سازند پابده در جنوب غرب ایلام از ائوسن پیشین (ایپرزین) تا الیگوسن پسین (چاتین) پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایلام، بیواستراتیگرافی، پالئوژن، حوضه زاگرس، سازند پابده، نانوفسیل‌های آهکی

مقدمه

شیل‌های ارغوانی قاعده سازند پابده به صورت پیوسته روی شیل‌های خاکستری سازند گورپی قرار داشته‌اند و به صورت تدریجی و پیوسته به عضو گچ کلهر از سازند آسماری منتهی می‌شوند (شکل ۳). پیدایش تدریجی گچ کلهر در رأس سازند پابده بیان‌کننده کاهش عمق حوضه رسوبی در اثر بالآمدن کف حوضه و پسروری آب در این زمان است. این برش در مختصات طول جغرافیایی $21^{\circ} E$ و عرض جغرافیایی $32^{\circ} N$ قرار گرفته است. در این پژوهش برای بازنگری دقیق‌تر رسوبات سازند پابده، تعیین سن نسبی و ارائه بایوناسیون بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی، برش ماربرا مطالعه و بررسی شد.

تاریخچه و پیشینه پژوهش

تاریخچه زمین‌شناسی حوضه رسوبی زاگرس شامل دوره‌های طولانی مدت فرونشست و رسوب‌گذاری است که همراه دوره‌های کوتاه مدت بالآمدگی و عدم رسوب‌گذاری توأم است (Alavi 2004). به دنبال حرکات کرتاسه پسین، در زمان پالئوژن با پیشروی دریا در نواحی عمیق زاگرس، سازند پابده نهشته شد (درویش‌زاده ۱۳۷۰). این سازند از فارس تا عراق ادامه دارد و به دلیل دارا بودن خواص سنگ منشأ مناسب، اهمیت ویژه‌ای در مطالعات مناطق نفتی داشته است و به همین دلیل پژوهشگران این عرصه، مطالعات گسترده‌ای درباره آن انجام داده‌اند (Kamali et al. 2006; Motiei 1995; Rahaghi 1978; Bahrami 2009; Behbahani et al. 2010; Alizadeh et al. 2012; Tabatabaei et al. 2012; حیدری و همکاران ۱۳۸۹; صادقی و هداوندخانی ۱۳۸۹; خاوری و همکاران ۱۳۹۲; پرنده‌آور و همکاران ۱۳۹۲; آهی‌فر و همکاران ۱۳۹۴).

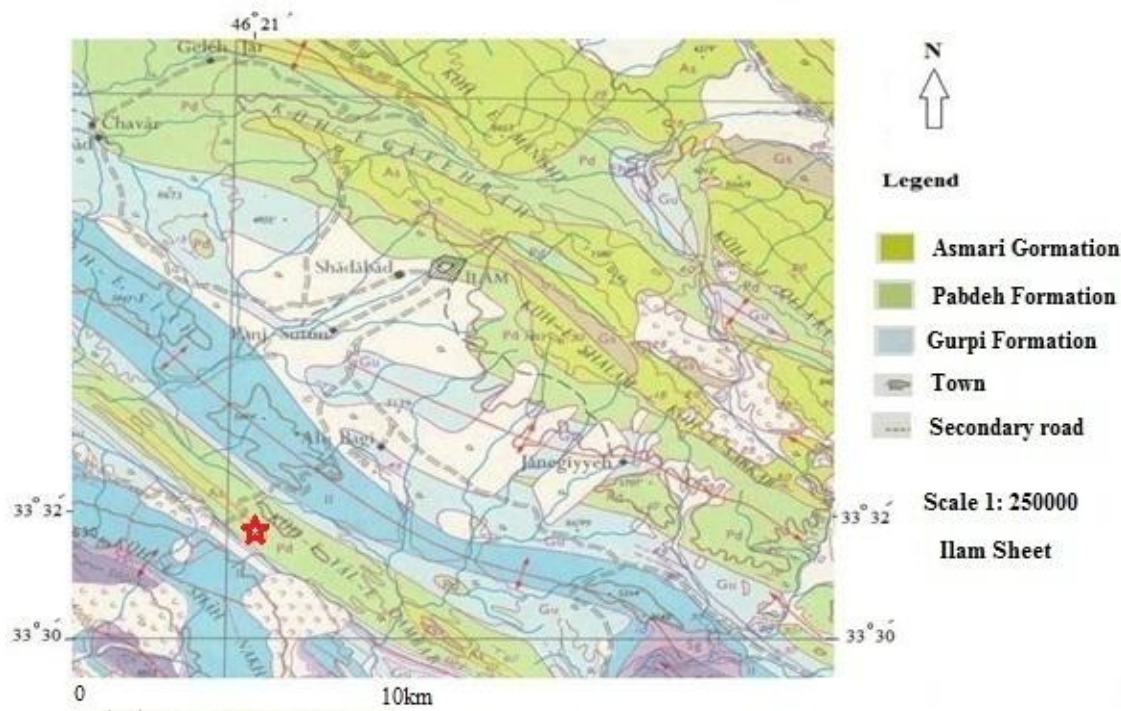
روش کار، آماده‌سازی و مطالعه

با انتخاب بهترین رخنمون از سازند پابده به ضخامت ۵۵۰ متر، نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه، منتقل و برای جلوگیری از هدررفت گونه‌ها، آماده‌سازی با روش اسمیر اسلاید انجام شد (Bown and Young 1998).

یکی از مهم‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی ایران و شاید جهان (Motiei 1995)، رشته‌کوه زاگرس است که در جنوب غرب ایران با روند شمال غرب - جنوب شرق قرار دارد. اهمیت این حوضه به دلیل اکتشاف میادین بزرگ هیدروکربوری به مقداری است که سبب شده است این حوضه یکی از مهم‌ترین حوضه‌های زمین‌شناسی جهان محسوب شود (Jams and Wynd 1965; Motiei 1995). این رشته‌کوه، بخشی از رشته‌کوه آلپ - هیمالیا است که از لحاظ موقعیت زمین‌شناسی، حاشیه تکتونیکی شده عربستان و نتیجه رویداد کوه‌زایی لارامید در کرتاسه پسین است. در واقع این رشته‌کوه بعد از برخورد صفحات عربی و آسیا تشکیل شده است (Alavi 2004). در زمان پالئوژن با پیشروی دریا در نواحی عمیق زاگرس، سازند پابده نهشته شد. سازند پابده در لرستان، خوزستان و فارس گسترش دارد. در لرستان مرز سازندهای پابده و گورپی در قاعده شیل‌های ارغوانی و به صورت ناپیوسته است. برش الگوی سازند پابده در تنگ پابده واقع در شمال میدان نفتی لالی، حدود ۸۰۰ متر ضخامت دارد. بخش پایینی آن (شیل ارغوانی) از شیل و مارن با ضخامت حدود ۱۴۰ متر تشکیل شده است. بخش باقیمانده آن، شیل‌های خاکستری و لایه‌های آهک رسی و گاهی چرت‌دار است؛ البته مقدار شیل و آهک رسی در همه جا یکنواخت نیست، گاهی شیل و گاهی آهک برتری دارد. مرز بالایی سازند پابده در برش الگو با سنگ‌آهک‌های سازند آسماری هم‌شیب و تدریجی است (Motiei 1995). در پژوهش حاضر به منظور مطالعه رسوبات سازند پابده، برش ماربرا واقع در جنوب غرب ایلام در حوضه رسوبی زاگرس انتخاب شد. برش ماربرا در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب غرب ایلام در یال غربی کوه دامبر از زون ساختاری ایلام قرار دارد. راه دسترسی به برش مطالعه‌شده از مسیر جاده ایلام به ماربرا است (شکل‌های ۱-۲). سازند پابده در این برش از رخساره شیلی، مارنی و سنگ‌آهک مارنی تشکیل شده است. در مشاهدات صحرائی،

پرک‌نیلسون (Perch-Nielsen 1985) و زون‌بندی‌های موجود از جمله مارتینی (Martini 1971)، اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) و آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014) استفاده شد.

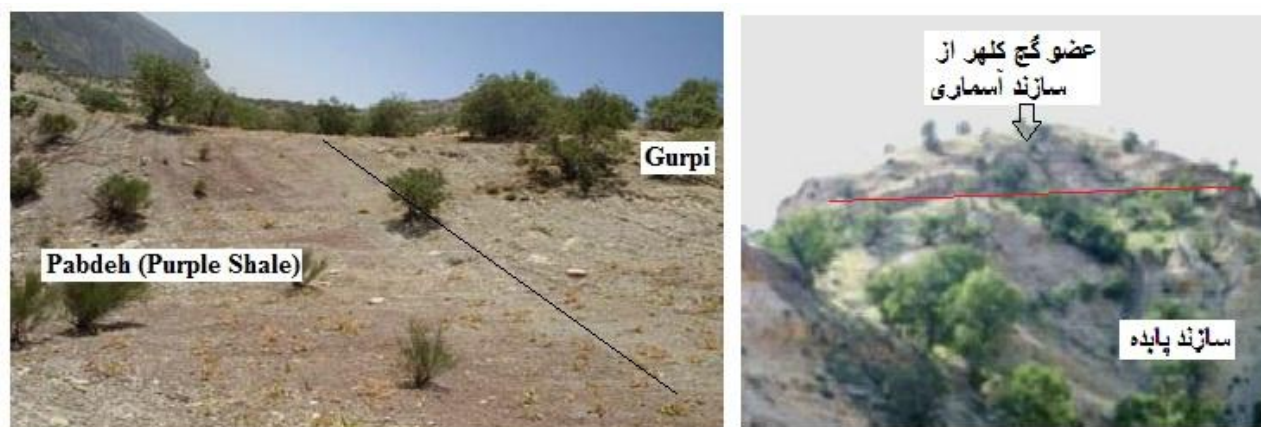
اسلایدهای تهیه‌شده با میکروسکوپ پلاریزان در نور معمولی (PPL) و پلاریزه (XPL) و با بزرگنمایی ۱۰۰۰ بررسی شد. برای شناسایی جنس و گونه‌های مختلف نانوفسیل‌ها و انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری از کتب رفرنسی همچون



شکل ۱- موقعیت ناحیه مطالعه‌شده در جنوب غرب ایلام، برش مطالعه‌شده با ستاره مشخص شده است (برگرفته‌شده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ایلام)



شکل ۲- موقعیت برش مطالعه‌شده در شرق ماربرآ واقع در جنوب غرب ایلام (برگرفته‌شده از سایت Google Earth)



شکل ۳- تصویر چپ، شیل‌های ارغوانی سازند پابده است که به صورت پیوسته روی شیل‌های خاکستری سازند گورپی قرار گرفته است (دید رو به جنوب شرق) تصویر راست، سازند پابده و عضو گچ کلهر از سازند آسماری (دید رو به شمال شرق)

بحث

مطالعات زیست چینه‌ای

(1980)، علامت اختصاری CNE بیان‌کننده نانوفسیل‌های آهکی ائوسن (Calcareous Nannofossils Eocene) و علامت اختصاری CNO بیان‌کننده نانوفسیل‌های آهکی الیگوسن (Calcareous Nannofossils Oligocene) در زون‌بندی آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014) است. در این مطالعه، زون‌بندی رسوبات سازند پابده طبق زون‌بندی مارتینی (Martini 1971) بر مبنای نخستین ظهور (First Occurrences= FO) و آخرین حضور (Last Occurrences= LO) گونه‌های شاخص از نانوفسیل‌های آهکی انجام گرفت. شرح هر یک از زون‌های شناسایی‌شده در این برش به ترتیب زیر است (جدول ۱):

Tribrachiatus contortus Zone (NP10/ CP9a)

نخستین زون زیستی در بخش شیل قاعده‌ای سازند پابده، زون NP10 است که در حد فاصل ظهور گونه *Tribrachiatus bramlettei* تا آخرین حضور گونه *Tribrachiatus contortus* قرار می‌گیرد. نخستین ظهور گونه *T. bramlettei* در متر ۰/۳ از نمونه ۲ و آخرین حضور گونه *T. contortus* در متر ۰/۹ و نمونه ۶ از برش مورد مطالعه مشاهده شد. این زون معادل زیرزون CP9a از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) است. ضخامت این زون در حدود ۶ متر و سن آن ائوسن پیشین (Ypresian) است.

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فسیلی برای تعیین سن نسبی، بیواستراتیگرافی، مطالعات پالئوکولوژی، بررسی آب‌وهوای گذشته، پالئوجغرافیای حوضه رسوبی و نیز تطابق لایه‌های رسوبی دوران‌های دوم و سوم زمین‌شناسی در مناطق مختلف جهان، نانوفسیل‌های آهکی هستند (Perch-Nielsen 1985; Bralower 2002; Zachos et al. 2003; Melinte 2004; Villa and Persico 2006; Villa et al. 2008; Shamrock 2010). اجتماع نانوفسیل‌های آهکی بیان‌کننده میزان مواد غذایی و درجه حرارت آب‌های سطحی اقیانوسی است؛ بنابراین بررسی تنوع و فراوانی آنها اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه از نانوفسیل‌های آهکی موجود در نهشته‌های پابده برش ماربره، واقع در جنوب غرب ایلام به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعات زیست چینه‌ای و تعیین سن نسبی استفاده شد. در بررسی به‌عمل‌آمده از این برش، ۷۲ گونه متعلق به ۲۶ جنس از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شد (پلیت ۱). در مطالعه حاضر برای زون‌بندی‌های به‌کاررفته، علامت اختصاری NP بیان‌کننده نانوپلانکتون‌های پالئوژن (Nannoplankton) در زون‌بندی مارتینی (Martini 1971)، علامت اختصاری CP بیان‌کننده کوکولیت‌های پالئوژن (Coccoliths) در زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry

ظهور گونه *D. lodoensis* در متر ۲۵ و نمونه ۱۸ و آخرین حضور گونه *T. orthostylus* در متر ۳۳ و نمونه ۲۴ از برش مورد مطالعه ثبت شد. زون حاضر با زون CP10 از زون بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. ضخامت این زون، ۸ متر و سن این زون ائوسن پیشین (Ypresian) است. زون NP12 با زون *Discoaster lodoensis/Tribrachiathus orthostylus* Concurrent Range Zone (CNE4) براساس زوناسیون آگینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. مطابق این زون بندی، این زون از نخستین حضور رایج گونه *D. lodoensis* تا آخرین حضور گونه *T. orthostylus* است.

***Discoaster lodoensis* Zone (NP13/ CP11)**

این زون زیستی از آخرین حضور گونه *Tribrachiatus orthostylus* یا نخستین ظهور گونه *Toweius crassus* تا نخستین ظهور گونه *Discoaster sublodoensis* ادامه دارد. آخرین حضور گونه *T. orthostylus* در متر ۳۳ و نمونه ۲۴ از برش مورد مطالعه مشاهده شد. در مطالعه حاضر، گونه *D. sublodoensis* ثبت نشد که تعیین کننده مرز بین زون های NP13-NP14 از زون بندی مارتینی (Martini 1971) و شاخص زونی تعیین کننده مرز زون های CNE5-CNE6 از زون بندی آگینی (Agnini et al. 2014) است؛ بنابراین، مرز بین زون های مذکور در جدول مشخص نشده است. زون حاضر با زون CP11 از زون بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. سن این زون، ائوسن پیشین (Ypresian) است. گونه های شناسایی شده در این زون شامل گونه های *B. bigelowii*, *T. crassus*, *R. dictyoda*, *D. kuepperi*, *C. pelagicus*, *H. lophota*, *S. moriformis*, *S. radians*, *Z. bijugatus*, *D. barbadiensis*, *E. formosa*, *D. lodoensis*, *D. deflandrei*, *H. lophota* است. زون NP13 با قاعده زون *Reticulofenestra dictyoda* Partial Range Zone (CNE5) براساس زوناسیون آگینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. مطابق این زون بندی، این زون از آخرین حضور گونه *Tribrachiathus orthostylus* تا نخستین ظهور گونه *Discoaster sublodoensis* ادامه دارد.

این زون با زون های CNE1 و CNE2 براساس زوناسیون آگینی و همکاران (Agnini et al., 2014) معادل است؛ البته زون CNE1 (*Fasciculithus tympaniformis* Top Zone) که مرز فوقانی آن با آخرین حضور گونه *F. tympaniformis* مشخص می شود، به دلیل حضور نداشتن گونه مذکور معرفی نشد. آخرین حضور گونه *T. contortus* که از شاخص های مهم زون NP10 است و در محدوده زون CNE2 از طرح زون بندی آگینی قرار دارد در قاعده سازند و متر ۶ تا ۱ متر و نمونه های برداشت شده از ۱ تا ۶ مشاهده شد. همچنین، نخستین حضور گونه *T. orthostylus* در بخش فوقانی زون CNE2 مشاهده شد؛ بنابراین، زون CNE2 نخستین زون شناسایی شده مطابق زوناسیون آگینی و همکاران (Agnini et al., 2014) در برش مورد مطالعه است.

***Discoaster binodosus* Zone (NP11/ CP9b)**

بایوزون NP11/CP9b دومین زون زیستی شناسایی شده در برش جنوب غرب ایلام است. این زون در حد فاصل آخرین حضور گونه *Tribrachiatus contortus* تا نخستین ظهور گونه *Discoaster lodoensis* معرفی می شود. آخرین حضور گونه *T. contortus* در متر ۵/۹ و نمونه ۶ و نخستین ظهور گونه *D. lodoensis* در متر ۲۵ و نمونه ۱۸ از برش مورد مطالعه مشاهده شد. محدوده این زون با زیرزون CP9b از زون بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) هم خوانی دارد. بازه زمانی این زون، ائوسن پیشین (Ypresian) و ضخامت آن ۱۹ متر است. زون NP11 با زون *Tribrachiatus orthostylus* Base Zone (CNE3) براساس زوناسیون آگینی و همکاران (Agnini et al., 2014) معادل است. مطابق این زون بندی، این زون از نخستین حضور گونه *T. orthostylus* تا نخستین حضور رایج گونه *D. lodoensis* ادامه دارد.

***Tribrachiatus orthostylus* Zone (NP12/ CP10)**

بایوزون NP12 از نخستین ظهور گونه *Discoaster lodoensis* تا آخرین حضور گونه *Tribrachiatus orthostylus* یا نخستین ظهور گونه *Toweius crassus* ادامه دارد. نخستین

زون‌بندی آگینینی (Agnini et al. 2014) استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر، نخستین حضور رایج گونه *Sphenolithus cuniculus* ثبت نشد که شاخص مرز فوقانی زون CNE10 از زون‌بندی آگینینی (Agnini et al. 2014) است.

Discoaster tanii nodifer Zone (NP16/ CP14a)

زون زیستی NP16/ CP14a از آخرین حضور گونه *Rhabdolithus gladius* تا آخرین حضور گونه *Chiasmolithus solitus* معرفی می‌شود. گونه *R. gladius* در برش مدنظر ثبت نشد. آخرین حضور گونه *C. solitus* در متر ۱۲۵ و نمونه ۵۹ ثبت شد. زون حاضر با زیرزون CP14a از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است و شاخص‌های زونی این زوناسیون، نخستین حضور گونه *R. umbilica* در متر ۱۰۷ و نمونه ۵۰ یا نخستین حضور گونه *D. bifax* در متر ۱۰۷/۹ و نمونه ۵۱ برای شاخص قاعده‌ای است تا آخرین حضور گونه *C. solitus* یا آخرین حضور گونه *D. bifax* در متر ۱۲۵ و نمونه ۵۹ تعیین می‌شود. ضخامت این زون، ۱۸ متر و سن این زون ائوسن میانی (Lutetian) است. گونه‌های شناسایی شده در این زون شامل گونه‌های *R. dictyoda*, *M. inversus*, *R. minuta*, *R. reticulata*, *R. bisecta*, *C. pelagicus*, *S. moriformis*, *P. versa*, *S. radians*, *C. floridanus*, *S. predistentus*, *R. daviesi*, *R. umbilica*, *S. obtusus*, *C. solitus*, *H. bramlettei*, *D. bifax*, *D. barbadiensis*, *D. saipanensis*, *D. deflandrei* است. زون NP16 با توجه به ثبت نخستین حضور رایج گونه *R. umbilicus* (متر ۱۰۷ و نمونه ۵۱)، نخستین حضور رایج گونه *C. reticulatum* (متر ۱۱۷، ۲ و نمونه ۵۵)، نخستین ظهور گونه *D. bisectus* (متر ۱۲۵ و نمونه ۵۹) با قسمت‌های میانی و فوقانی زون CNE14، CNE13، CNE12 و قسمت تحتانی زون CNE15 از زون‌بندی آگینینی و همکاران (Agnini et al., 2014) معادل است.

Discoaster saipanensis Zone (NP17/ CP14b)

زون زیستی NP17/CP14b از آخرین حضور گونه *Chiasmolithus solitus* تا نخستین ظهور

زون زیستی NP14 است. زون *D. lodoensis*, *D. deflandrei* با زون CNE6، CNE7 و CNE8 از زوناسیون آگینینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. شاخص زونی در این زوناسیون آخرین حضور گونه *D. lodoensis* (متر ۶۹ نمونه ۳۱) و نخستین حضور گونه *crystata Nannoterina* (متر ۷۰ نمونه ۳۲) در برش مورد مطالعه است. مجموع ضخامت زون‌های NP13 - NP14 با توجه به آخرین حضور گونه *Tribrachiatus orthostylus* در متر ۳۳ و نخستین حضور گونه *Nannotetrina fulgens* در متر ۸۳ معادل ۵۰ متر است.

Nannotetrina fulgens Zone (NP15/ CP13)

زون زیستی NP15 از نخستین ظهور گونه *Nannotetrina fulgens* تا آخرین حضور گونه *Rhabdolithus gladius* ادامه دارد. همان‌طور که در بالا به آن اشاره شد، نخستین ظهور گونه *N. fulgens* در متر ۸۳ و نمونه ۳۵ از برش مورد مطالعه ثبت شد. گونه *R. gladius* در برش مدنظر ثبت نشد. زون حاضر با زون CP13 از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است و شاخص‌های زونی این زوناسیون از نخستین ظهور گونه *N. fulgens* در متر ۸۳ و نمونه ۳۵ تا نخستین حضور گونه *Reticulofenestra umbilica* در متر ۱۰۷ و نمونه ۵۰ یا نخستین حضور گونه *Discoaster bifax* تعیین می‌شود که در متر ۱۰۷/۹ و نمونه ۵۱ است. ضخامت این زون ۲۴ متر و سن این زون، ائوسن میانی (Lutetian) است. همچنین در زون‌بندی آگینینی (Agnini et al. 2014)، این زون با زون‌های CNE9، 10، 11 و قسمت‌های ابتدایی CNE12 معادل است. در این مطالعه، شاخص زونی نخستین حضور گونه *Chiasmolithus gigas* (متر ۸۹ و نمونه ۳۹) برای تعیین مرز فوقانی زون CNE9، شاخص زونی آخرین حضور گونه *Chiasmolithus gigas* (متر ۹۲ و نمونه ۴۳) برای تعیین مرز فوقانی زون CNE11 و شاخص زونی نخستین حضور رایج گونه *Reticulofenestra umbilica* (متر ۱۰۸ و نمونه ۵۱) برای تعیین مرز زون CNE12 از

NP17 - برابر ۱۲۸ متر است. گونه‌های شناسایی شده در این زون شامل گونه‌های زیر است:

R. dictyoda, *B. spinosus*, *R. reticulata*, *C. reticulatum*, *C. erbae*, *R. minuta*, *D. bisecta*, *C. pelagicus*, *C. floridanus*, *P. versa*, *S. radians*, *S. predistentus*, *M. inversus*, *H. lophota*, *H. euphratis*, *R. umbilica*, *R. samodurovii*, *H. compacta*, *H. bramlettei*, *D. barbadiensis*, *D. tani*, *D. saipanensis*, *D. deflandrei*, *Z. bijugatus*.

در میان تجمعات فسیلی ذکر شده در این زون، گونه‌های مربوط به جنس‌های *Discoaster*، *Sphenolithus* و *Helicosphaera* متعلق به آب‌وهوای گرم و شرایط الیگوتریفیک (Gibbs et al. 2004)، به فراوانی مشاهده می‌شوند. این زون به دلیل نخستین حضور رایج گونه *Criboecentrum erbae* (مترای ۱۹۸٫۸ و نمونه ۷۹) و آخرین حضور رایج همین گونه (مترای ۲۱۶ و نمونه ۸۹)، با زون CNE17 معادل است و به دلیل آخرین حضور رایج گونه *Criboecentrum erbae* (در مترای ۲۱۶ و نمونه ۸۹) تا نخستین حضور رایج گونه *I. recurvus* (مترای ۲۵۴ و نمونه ۹۷) با بخش تحتانی زون CNE18 از زوناسیون آگینینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است.

***Isthmolithus recurvus* Zone (NP19/ CP15b)**

این بایوزون از نخستین ظهور گونه *I. recurvus* تا نخستین ظهور گونه *Sphenolithus pseudoradians* تعیین می‌شود. نخستین ظهور گونه *I. recurvus* در مترای ۲۵۳ و نمونه ۹۶ و نخستین ظهور گونه *S. pseudoradians* در مترای ۳۲۰ و نمونه ۱۱۶ از برش مورد مطالعه است؛ البته مارتینی (Martini, 1976) بیان کرد از حادثه زیستی نخستین ظهور گونه *S. pseudoradians* به درستی به عنوان شاخص زیستی تعیین مرز فوقانی این زون نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا تشخیص گونه‌های بزرگتر از *S. radians* از گونه *S. pseudoradians* مشکل است. همچنین، بازه زمانی نخستین ظهور گونه *S. pseudoradians* در مکان‌های مختلف، متفاوت گزارش شده است؛ به همین دلیل این گونه برای تعیین مرز فوقانی زون مطالعه شده از نظر مارتینی شاخص مناسبی نیست. به

گونه *Chiasmolithus oamaruensis* معرفی می‌شود. آخرین حضور گونه *C. solitus* در مترای ۱۲۵ و نمونه ۵۹ ثبت شد. گونه *C. oamaruensis* در برش مدنظر ثبت نشد؛ از این رو مرز بین زون‌های NP17- NP18 در این برش مشخص نشد. زون حاضر تقریباً با تمامی زیرزون CP14b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. شاخص‌های زونی این بایوزون در عرض‌های جغرافیایی پایین نادر است. آخرین حضور گونه *C. solitus* در مترای ۱۲۵ و نمونه ۵۹ بیان‌کننده بخش تحتانی زیرزون CP14b است. سن این زون، ائوسن میانی (Bartonian) است. گونه‌های شناسایی شده در این زون شامل گونه‌های *R. dictyoda*، *M. inversus*، *R. daviesi*، *R. stavensis*، *R. reticulata*، *R. minuta*، *R. bisecta*، *C. pelagicus*، *S. moriformis*، *P. versa*، *S. radians*، *S. predistentus*، *R. umbilica*، *S. obtusus*، *H. compacta*، *H. bramlettei*، *D. barbadiensis*، *D. saipanensis*، *D. deflandrei* است. باتوجه به ثبت آخرین حضور گونه *Sphenolithus obtusus* (مترای ۱۵۲ و نمونه ۶۸) و نخستین حضور رایج گونه *Criboecentrum erbae* (مترای ۱۹۸٫۸ و نمونه ۷۹)، زون NP17 با بخش میانی - فوقانی زون CNE15 و زون CNE16 از طرح زونی آگینینی و همکاران (Agnini et al., 2014) معادل است.

***Chiasmolithus oamaruensis* Zone (NP18/ CP15a)**

این بایوزون از نخستین ظهور گونه *Chiasmolithus oamaruensis* تا نخستین ظهور گونه *Isthmolithus recurvus* تعیین می‌شود. گونه *C. oamaruensis* در برش مدنظر ثبت نشد. نخستین ظهور گونه *I. recurvus* در مترای ۲۵۳ و نمونه ۹۶ ثبت شد. زون حاضر با زیرزون CP15a از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است؛ البته همان‌طور که ذکر شد شاخص‌های زونی این بایوزون در عرض‌های جغرافیایی پایین نادر است. سن این زون، ائوسن پسین (Priabonian) است. باتوجه به ثبت نشدن گونه *C. oamaruensis* در برش مدنظر، مرز زون‌های NP18 - NP17 تعیین نشد؛ از این رو ضخامت مجموع زون‌های NP18

Discoaster saipanensis یا آخرین حضور گونه *Discoaster barbadiensis* معرفی می‌شود. نخستین ظهور گونه *S. pseudoradians* در متر ۳۲۰ و نمونه ۱۱۶ و آخرین حضور گونه *D. saipanensis* در متر ۳۴۰ و نمونه ۱۲۱ است. زون حاضر با بخش فوقانی زیرزون CP15b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. شاخص‌های زونی این زون‌بندی، آخرین حضور گونه *D. barbadiensis* (متر ۳۴۰ و نمونه ۱۲۱) یا آخرین حضور گونه *D. saipanensis* در متر ۳۴۲ و نمونه ۱۲۲ است. براساس طرح زونی مارتینی، مرز ائوسن به الیگوسن بین زون‌های NP20 و NP21 قرار دارد که با آخرین حضور گونه *D. saipanensis* و *D. barbadiensis* مشخص می‌شود. آخرین حضور این دو گونه، بهترین شاخص برای تعیین مرز فوقانی زون مذکور در عرض‌های جغرافیایی پایین است. ضخامت این زون، ۲۰ متر و سن آن ائوسن پسین (Priabonian) است. این زون با زون CNE20 از زون‌بندی آگینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. شاخص‌های زونی این بیوزون، آخرین حضور گونه *C. reticulatum* در متر ۳۰۰ و نمونه ۱۱۲ و آخرین حضور گونه *D. saipanensis* در متر ۳۴۰ و نمونه ۱۲۱ است. در واقع مجموع زون‌های NP20 و NP19 با قسمت‌های فوقانی زون CNE18، CNE19 و CNE20 از زون‌بندی آگینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است.

***Ericsonia subdisticha* Zone (NP21/ CP16a-b)**

این بیوزون از آخرین حضور گونه *D. saipanensis* تا آخرین حضور گونه *Ericsonia formosa* معرفی می‌شود. آخرین حضور گونه *D. saipanensis* در متر ۳۴۰ و نمونه ۱۲۱ و آخرین حضور گونه *E. formosa* در متر ۳۹۷ و نمونه ۱۴۳ است. در مطالعه برش حاضر، مرز بین ائوسن و الیگوسن براساس آخرین حضور گونه *D. saipanensis* از زون‌بندی مارتینی (Martini, 1971) در نظر گرفته شده است. زون حاضر با زیرزون‌های CP16a/b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada

همین دلیل از نظر او تعیین مرز زون‌های NP19 و NP20 معمولاً به درستی انجام نمی‌شود. پژوهشگران دیگری (Fornaciari et al. 2010; Agnini et al. 2011) نیز مشابه این مطالعات را انجام داده‌اند. برای افزایش دقت تعیین مرز باید از شاخص‌های مناسب دیگری برای شناسایی حد فوقانی زون NP19 استفاده کرد. براساس نظر پرکنیلسون (Perch-Nielsen 1985) از آخرین حضور گونه *C. reticulatum* نیز برای تقریب مرز زون‌های NP18 - NP19 استفاده می‌شود؛ به طوری که مطالعه حوادث زیستی گونه‌ها نشان می‌دهد نخستین ظهور گونه *S. pseudoradians* بعد از آخرین حضور گونه *C. reticulatum* اتفاق می‌افتد (Perch-Nielsen 1985). از این رو شاید اینگونه حوادث زیستی، شاخص مناسب دیگری برای تعیین حدود مرز زون‌ها باشد. زون حاضر با بخش تحتانی زیرزون CP15b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry, 1980) معادل است. شاخص زونی این زون‌بندی، نخستین ظهور گونه *I. recurvus* (متر ۲۵۳ و نمونه ۹۶) است. زون NP19 معادل بخش فوقانی زون CNE18 و CNE19 از زون‌بندی آگینی و همکاران (Agnini et al. 2014) است. شاخص‌های زونی برای این بیوزون‌اسیون، نخستین حضور گونه *Cribocentrum isabellae* (در متر ۲۸۰ و نمونه ۱۰۸) و آخرین حضور گونه *C. reticulatum* (در متر ۳۰۰ و نمونه ۱۱۲) است. ضخامت این بیوزون، ۶۷ متر و سن آن ائوسن پسین (Priabonian) است. برخی از گونه‌های شناسایی شده در این زون شامل گونه‌های زیر است:

B. bigelowii, *C. consuetus*, *R. reticulata*, *C. reticulatum*, *C. isabellae*, *R. samodurovii*, *R. minuta*, *D. bisecta*, *S. moriformis*, *C. floridanus*, *E. formosa*, *Isthmolithus recurvus*, *S. radians*, *S. predistentus*, *H. compacta*, *H. euphratis*, *R. stavensis*, *R. umbilica*, *H. bramlettei*, *D. barbadiensis*, *S. moriformis*, *D. tani*, *D. saipanensis*, *D. deflandrei*, *Z. bijugatus*.

***Sphenolithus pseudoradians* Zone (NP20/ CP15b)**

این بیوزون از نخستین ظهور گونه *Sphenolithus pseudoradians* تا آخرین حضور گونه *Discoaster*

نمونه ۱۴۳) تا آخرین حضور گونه *Reticulofenestra umbilica* (مترای ۴۶۶ و نمونه ۱۵۶) ادامه دارد.

***Sphenolithus predistentus* Zone (NP23/ CP17-18)**

این بایوزون از آخرین حضور گونه *Reticulofenestra umbilica* تا نخستین ظهور گونه *Sphenolithus ciproensis* تعیین می‌شود. نخستین ظهور گونه *S. ciproensis* در مترای ۵۱۰/۵ و نمونه ۱۷۴ است. ضخامت این زون، ۴۴/۵ متر و سن آن الیگوسن پیشین (Rupelian) است. این زون با زون‌های CNO3 و CNO4 براساس زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. زون CNO3 همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. زون CNO3 از آخرین حضور گونه *Reticulofenestra umbilica* (مترای ۴۶۶ و نمونه ۱۵۶) تا نخستین حضور گونه *Sphenolithus distentus* (مترای ۴۹۲ و نمونه ۱۶۷) ادامه دارد. زون CNO3 با زون CP17 از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. زون *Sphenolithus distentus/Sphenolithus predistentus* Concurrent Range Zone (مترای ۴۹۲ و نمونه ۱۶۷) تا آخرین حضور گونه *S. predistentus* (مترای ۵۱۰ و نمونه ۱۷۳) ادامه دارد (Agnini et al. 2014). نخستین ظهور گونه *S. ciproensis* (مترای ۵۱۰/۵ و نمونه ۱۷۴) در این زون ثبت شده است. زون CNO4 با زون CP18 و قسمت تحتانی زیرزون CP19a از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است؛ به طوری که مرز فوقانی آن با آخرین حضور گونه *S. predistentus* (مترای ۵۱۰ و نمونه ۱۷۳) شناسایی می‌شود.

***Sphenolithus distentus* Zone (NP24/ CP19a)**

این بایوزون از نخستین ظهور گونه *Sphenolithus ciproensis* تا آخرین حضور گونه *Sphenolithus distentus* تعیین می‌شود. شاخص‌های زونی در برش مطالعه‌شده، نخستین ظهور گونه *S. ciproensis* (مترای ۵۱۰/۵ و نمونه ۱۷۴) و آخرین حضور گونه *S. distentus* (مترای ۵۱۸ و نمونه

and Bukry 1980) معادل است. ضخامت این زون، ۵۷ متر و سن آن ائوسن پسین - الیگوسن پیشین (Priabonian/Rupelian) است. براساس زون‌بندی آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014)، مرز ائوسن به الیگوسن بین زون‌های CNE21 و CNO1 قرار می‌گیرد. در این زوناسیون، (*Helicosphaera compacta* Partial Range Zone) از آخرین حضور گونه *D. saipanensis* تا نخستین حضور رایج گونه *Clausicoccus subdistichus* و زون CNO1 (*Ericsonia Formosa/ Clausicoccus subdistichus* Concurrent Range Zone) از نخستین حضور رایج گونه *C. subdistichus* تا آخرین حضور گونه *E. formosa* ادامه دارد. شاخص‌های زونی در این زوناسیون، آخرین حضور گونه *D. saipanensis* (مترای ۳۴۰ و نمونه ۱۲۱)، نخستین حضور رایج گونه *Clausicoccus subdistichus* (در مترای ۳۶۳،۷ و نمونه ۱۳۱)، آخرین حضور رایج گونه *Clausicoccus subdistichus* (در مترای ۳۹۵،۸ و نمونه ۱۴۲) و آخرین حضور گونه *E. formosa* در مترای ۳۹۷ و نمونه ۱۴۳ است.

***Helicosphaera reticulata* Zone (NP22/ CP16c)**

این بایوزون از آخرین حضور گونه *Ericsonia formosa* تا آخرین حضور گونه *Reticulofenestra umbilica* تعیین می‌شود. آخرین حضور گونه *E. formosa* (مترای ۳۹۷ و نمونه ۱۴۳) و آخرین حضور گونه *R. umbilica* در مترای ۴۶۶ و نمونه ۱۵۶ است. زون حاضر با زیرزون CP16c از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. در مطالعه این زون، شاخص‌های زونی مارتینی (Martini 1971) و اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) یکسان است. ضخامت این زون، ۶۹ متر و سن آن الیگوسن پیشین (Rupelian) است. این زون با زون CNO2 براساس زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014) معادل است. زون (*Reticulofenestra umbilicus* Top Zone) CNO2 از آخرین حضور گونه *Ericsonia formosa* (مترای ۳۹۷ و

حضور گونه *Sphenolithus distentus* تا آخرین حضور گونه *S. ciproensis* است.

نتیجه

در مطالعه برش ماربرا در جنوب غرب ایلام، تعداد ۷۲ گونه متعلق به ۲۶ جنس از نانوفسیل‌های آهکی در سازند پابده شناسایی شد. گونه‌های شناسایی شده در محیط دریایی نهشته شده‌اند. مطابق با نخستین و آخرین حضور گونه‌های شاخص، بایوزون‌های NP10 – NP25 از زون‌بندی مارتینی (Martini 1971)، زون‌های CNE2 – CNO5 براساس زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014) و زون‌های CP9- CP19b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) برای سازند پابده شناسایی شد. براساس بایوزون‌های شناسایی شده، سن برش مطالعه شده از Early Eocene (Ypresian) تا Late Oligocene (Chattian) پیشنهاد می‌شود. همچنین در مشاهدات صحرایی، مرز بین رسوبات سازند گورپی با سازند پابده، پیوسته و مرز بین رسوبات سازند پابده با سازند آسماری (عضو گچ کلهر) پیوسته و تدریجی است که بیان‌کننده پسروری و کاهش عمق آب در حوضه رسوبی در حد فاصل سازندهای پابده و آسماری است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از راهنمایی ارزنده پروفیسور کلودیا آگنینی و داوران محترم قدردانی می‌کنند که در ارتقای کیفی مقاله مؤثر بوده‌اند.

References

- Ahifar A. Kani A. and Amiri Bakhtiar H. 2015. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of Pabdeh Formation at Gurpi Anticline. Geosciences, 24(95):107–120 (in Persian).
- Agnini C. Fornaciari E. Giusberti L. Grandesso P. Lanci L. Luciani V. Muttoni G. Rio D. Stefani C. Pälke H. and Spofforth D.J.A. 2011. Integrated bio-magnetostratigraphy of the Alano section (NE Italy): a proposal for defining the Middle–Late Eocene boundary.

۱۷۷) است. ضخامت این زون، ۷/۵ متر و سن آن الیگوسن پسین (Chattian) است. براساس زون‌بندی آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014)، این زون با بخش فوقانی زون CNO4 و بخش تحتانی زون CNO5 معادل است. مرز بین بخش فوقانی زون CNO4 (*Sphenolithus distentus/Sphenolithus predistentus Concurrent Range Zone*) و بخش تحتانی زون CNO5 (*Sphenolithus ciproensis Top Zone*) با آخرین حضور گونه *S. predistentus* (مترای ۵۱۰ و نمونه ۱۷۳) مشخص می‌شود. زون NP24 با زیرزون CP19a از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. شاخص‌های زونی این زون‌بندی، نخستین ظهور گونه *S. ciproensis* (مترای ۵۱۰,۵ و نمونه ۱۷۴) تا آخرین حضور گونه *S. distentus* (مترای ۵۱۸ و نمونه ۱۷۷) است.

Sphenolithus ciproensis Zone (NP25/ CP19b)

این بایوزون از آخرین حضور گونه *Sphenolithus distentus* تا آخرین حضور گونه *Helicosphaera recta* یا آخرین حضور گونه *S. ciproensis* تعریف می‌شود. شاخص‌های زونی این بایوزون، آخرین حضور گونه *S. distentus* (در مترای ۵۱۸ و نمونه ۱۷۷)، آخرین حضور گونه *H. recta* (در مترای ۵۵۰ و نمونه ۱۹۰) و آخرین حضور گونه *S. ciproensis* (در مترای ۵۴۸ و نمونه ۱۸۹) است. ضخامت این زون، ۳۲ متر و سن آن الیگوسن پسین (Chattian) است. براساس زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini et al. 2014)، این زون با بخش میانی – فوقانی زون CNO5 و بخش زیرین و میانی NCO6 معادل است. زون CNO5 (*Sphenolithus ciproensis Top Zone*) از آخرین حضور گونه *S. predistentus* (مترای ۵۱۰ و نمونه ۱۷۳) تا آخرین حضور گونه *S. ciproensis* (در مترای ۵۴۸ و نمونه ۱۸۹) معرفی می‌شود. در برش مطالعه شده، گونه *Sphenolithus delphix* ثبت نشد؛ بنابراین، مرز فوقانی زون CNO6 از زوناسیون آگنینی تعیین نشد. زون NP25 با زیرزون CP19b از زون‌بندی اکادا و بکری (Okada and Bukry 1980) معادل است. شاخص‌های زونی این زیرزون، آخرین

- Ceara Rise, ODP Leg 154. *Paleoceanography*, 19(1): 1029-1041.
- Heydari A. Ghalavand H. Foroughi F. and Elias Lankaran Z. 2010. Determination of age of Pabdeh Formation in Well 424 (Dezful embayment in Ahwaz Region) Based on Calcareous Nannofossils. The first meeting of the National Conference Achievements of Iranian Scientists, 9 (in Persian).
- James G.A. and Wynd J.C. 1965. Stratigraphy nomenclature of Iranian Oil consortium Agreement Area. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, 49: 2182-2245.
- Kamali M.R. Fathi Mobarakabad A. and Mohsenian E. 2006. Petroleum Geochemistry and Thermal Modeling of Pabdeh Formation in Dezful Embayment. *Journal Science of University of Tehran*, 32(2):1-11.
- Khavari M. Hadavi F. and Ghaseminejad A. 2014. Nanostratigraphy and Paleocheology of Pabdeh Formation in the Northwest of Zagros Basin in Ilam Section. *Paleontology*, 1(2): 149-164 (in Persian).
- Martini E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. In: Farniacci A. (Ed.), *Proceedings, 2th International Conference on Planktonic Microfossils*. Rome, Italy. Edizioni Tecnoscienza, 2: 739-785.
- Martini E. 1976. Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). In: Schlanger S.O. Jackson E.D. et al., *Initial reports DSDP, 33: Washington (U.S. Govt. Printing Office)*, 383-423.
- Melinte M. 2004. Calcareous nannoplankton, a tool to assign environmental changes. *Proceedings of Euro-EcoGeoCentre, Romania*, p.1-8
- Motiei H. 1995. *Petroleum Geology of Zagros -1*. Geological Survey of Iran (in Farsi), 589 p.
- Okada H. and Bukry D. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, 5(3): 321-325.
- Parandavar M. Mahanipour A. Aghanabati A. and Hosseini A. 2013. Biostratigraphy of calcareous nannofossils in the upper part of the Gurpi Formation and lower part of Pabdeh Formation (purple shale) in the northeastern limit of the Gurpi anticlinal. *Geosciences*, 89(23):187-198 (in Persian).
- Perch-Nielsen K. 1985. Cenozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli HM. Saunders JB. Perch-Nielsen K. (Eds.), *Plankton Geological Society of America Bulletin*, 123 (5/6): 841-872. doi:10.1130/B30158.1.
- Agnini C. Fornaciari E. Raffi I. Catanzariti R. Pälke H. Backman J. and Rio D. 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 47(2):131-181.
- Alavi M. 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, 304:1-20.
- Alizadeh B. Sarafdokht H. Rajabi M. Opera A. and Janbaz M. 2012. Organic Geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian-Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rock in Southern part of the Dezful Embayment, Iran. *Journal of Organic Geochemistry*, 49: 36-46.
- Bahrami M. 2009. Microfacies and Sedimentary Environments of Gurpi and Pabdeh formations in Southwest of Iran. *American Journal of Applied Science*, 6(7): 1295-1300.
- Behbahani R. Mohseni H. Khodabakhsh S. and Atashmard Z. 2010. Depositional environment of the Pabdeh formation (Paleogene) Elucidated from trace fossils, Zagros Basin, W Iran, 1st International Applied Geological Congress, 26-28 April, p. 1004-1007.
- Bown P.R. and Young J.R. 1998. Techniques. In: Bown P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, p.16-28.
- Bralower T.J. 2002. Evidence of surface water oligotrophy during the Paleocene-Eocene thermal maximum: Nannofossil assemblage data from Ocean Drilling Program Site 690, Maud Rise, Weddell Sea. *Paleoceanography*, 17 (2): 1-12.
- Darvishzadeh A. 1991. *Geology of Iran*. Publications dissemination of knowledge today, 901p (in Persian).
- Fornaciari E. Agnini C. Catanzariti R. Rio D. Bolla E.M. and Valvasoni E. 2010. Mid latitude calcareous nannofossil biostratigraphy and biochronology across the middle to late Eocene transition. *Stratigraphy*, 7(4): 229-264.
- Gibbs S.J. Shackleton N.J. and Young J.R. 2004. Identification of dissolution patterns in nannofossil assemblages: a high-resolution comparison of synchronous records from

- determination and Paleoenvironmental Condition. *Journal of Geology and Geosciences*, 1(1): 102.
- Villa G. and Persico D. 2006. Late Oligocene climatic changes: Evidence from calcareous nanofossils at Kerguelen Plateau Site 748 (Southern Ocean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 231: 110–119.
- Villa G. Fioroni C. Pea L. Bohaty S.M. and Persico D. 2008. Middle Eocene–late Oligocene climate variability: Calcareous nanofossil response at Kerguelen plateau, Site 748. *Marine Micropaleontology*, 69:173–192.
- Zachos J.C. Wara M.W. Bohaty S. Delaney M.L. Petrizzo M.R. Brill A. Bralower T.J. and Premoli-Silva I. 2003. A transient rise in tropical sea-surface temperature during the Paleocene–Eocene thermal maximum. *Science*, 302: 1551–1554.
- Stratigraphy. Cambridge University Press, p. 427-554
- Rahaghi A. 1978. Paleogene biostratigraphy of some parts of Iran. National Iranian Oil Company, 165 p.
- Sadeghi A. and Hadavandkhani N. 2010. Biostratigraphy of Pabdeh Formation in the Stratigraphic Section of Emamzadeh Sultan Ibrahim (Northwest of Izeh). *Iranian Journal of Geology*, 15: 81-98 (in Persian)
- Shamrock J.L. 2010. Eocene calcareous nanofossil biostratigraphy, paleoecology and biochronology of ODP leg 122 hole 762c, Eastern Indian Ocean (exmouth plateau). University of Nebraska-Lincoln Follow, PhD thesis, 160p.
- Tabatabaei H. Motamed A. Soleimani B. and Kamali M.R. 2012. Chemical Variation during Pabdeh Formation Deposition, Zagros Basin: Gurpi-Pabdeh-Asmari Boundaries

Taxonomic index

- Biantholithus sparsus* Bramlette & Martini, 1964
Blackites spinosus (Deflandre & Fert, 1954) Hay & Towe, 1962
Braarudosphaera bigelowii (Gran and Braarud, 1935) Deflandre, 1947
Chiasmolithus gigas (Bramlette & Sullivan, 1961) Radomski, 1968
Chiasmolithus consuetus (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967
Chiasmolithus bidens (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler, 1967
Chiasmolithus solitus (Bramlette and Sullivan, 1961) Locker, 1968
Coccolithus pelagicus (Wallich, 1877) Schiller, 1930
Coccolithus eopelagicus (Bramlette & Riedel, 1954) Bramlette & Sullivan, 1961
Criboecentrum isabellae Catanzariti, Rio and Fornaciari in Fornaciari et al. 2010
Criboecentrum erbae Fornaciari et al. (2010)
Criboecentrum reticulatum (Gartner & Smith, 1967) Perch-Nielsen (1971)
Cyclicargolithus abisectus (Muller, 1970) Wise, 1973
Cyclicargolithus floridanus (Roth and Hay in Hay et al., 1967) Bukry, 1971
Discoaster deflandrei Bramlette and Riedel, 1954
Discoaster lodoensis Bramlette & Riedel (1954)
Discoaster kuepperi Stradner, 1959
Discoaster barbadiensis Tan, 1927
Discoaster pacificus Haq, 1969
Discoaster tani Bramlette & Riedel (1954)
Discoaster saipanensis Bramlette & Riedel (1954)
Discoaster multiradiatus Bramlette & Riedel (1954)
Discoaster diastypus Bramlette and Sullivan, 1961
Discoaster bifax Bukry (1971)
Dictyococcites bisectus (Hay, Mohler, & Wade, 1966) Bukry & Percival (1971)
Ellipsolithus macellus (Bramlette and Sullivan, 1961) Sullivan, 1964
Ericsonia formosa (Kamptner, 1963) Haq, 1971
Ericsonia subdisticha (Roth and Hay in Hay et al., 1967) Roth in Baumann & Roth (1969) = *Clausicoccus subdistichus* (Roth & Hay in Hay et al., 1967) Prins, 1979
Helicosphaera euphratis Haq, 1966
Helicosphaera lophota (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1973
Helicosphaera bramlettei Müller (1970)
Helicosphaera oblique Bramlette and Wilcoxon, 1967
Helicosphaera recta Haq, 1966
Isthmolithus recurvus Deflandre in Deflandre and Fert, 1954
Markalius inversus (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Bramlette and Martini, 1964
Micrantholithus excelsus Bown, 2005
Nannotetrina fulgens (Stradner, 1960) Achuthan and Stradner, 1969
Nannotetrina cristata (Martini, 1958) Perch-Nielsen, 1971
Neococcolithes dubius (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Black, 1967
Neococcolithes protenus (Bramlette & Sullivan, 1961) Black, 1967
Pontosphaera enormis (Locker, 1967) Perch-Nielsen, 1984
Pyrocyclus orangensis (Bukry, 1971) Backman, 1980
Reticulofenestra bisecta (Hay, Mohler, and Wade, 1966) Roth, 1970
Reticulofenestra reticulata (Gartner & Smith, 1967) Roth & Thierstein, 1972
Reticulofenestra daviesii (Haq, 1968) Haq, 1971
Reticulofenestra dictyoda (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards, 1968
Reticulofenestra samodurovii (Hay et al., 1966) Roth, 1970
Reticulofenestra stavensis (Levin & Joerger, 1967) Varol, 1989
Reticulofenestra minuta Roth, 1970
Reticulofenestra umbilicus (Levin, 1965) Martini & Ritzkowski (1968)
Reticulofenestra oamaruensis (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Haq, 1968
Rhombosphaera cuspidata Bramlette & Sullivan, 1961
Sphenolithus anarrhopus Bukry & Bramlette 1969
Sphenolithus editus Perch-Nielsen in Perch-Nielsen et al. 1978

-
- Sphenolithus obtusus* Bukry, 1971
Sphenolithus spiniger Bukry, 1971
Sphenolithus pseudoradians Bramlette and Wilcoxon, 1967
Sphenolithus primus Perch-Nielsen, 1971
Sphenolithus predistentus Bramlette and Wilcoxon, 1967
Sphenolithus radians Deflandre in Grassé, 1952
Sphenolithus distentus Martini (1965) Bramlette and Wilcoxon, 1967
Sphenolithus dissimilis Bukry and Percival, 1971
Sphenolithus ciproensis Bramlette and Wilcoxon, 1967
Sphenolithus conicus Bukry, 1971
Sphenolithus moriformis (Bronnimann and Stradner, 1960) Bramlette and Wilcoxon, 1967
Triquetrorhabdulus carinatus Martini, 1965
Toweius crassus (Bramlette & Sullivan 1961) Perch-Nielsen 1984
Tribrachiatus bramlettei (Brönnimann & Stradner, 1960) Proto Decima et al. (1975)
Tribrachiatus contortus (Stradner, 1958) Bukry (1972)
Tribrachiatus orthostylus Shamrai (1963)
Zygrhablithus bijugatus (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Deflandre, 1959

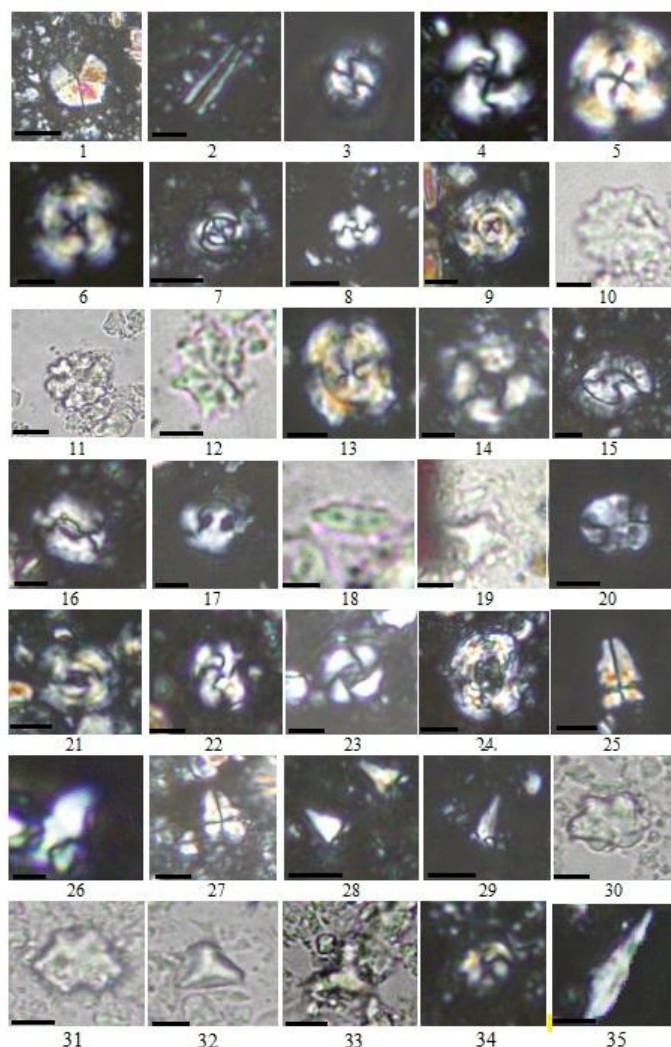


Plate: All figures in XPL except figures 10, 11, 12, 18, 19, 30, 31, 32 and 33 in PPL, Light micrographs×1000 (Scale bar 5µm); the taxa considered in the present figure are referenced in Perch-Nielsen (1985) and Fornaciari et al. (2010). 1: *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud, 1935) Deflandrae, 1947; 2: *Blackites spinosus* (Deflandrae & Fert, 1954) hay & Towe, 1962; 3: *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller (1930); 4: *Cribozentrum erbae* Fornaciari et al. (2010); 5: *Cribozentrum isabellae* Catanzariti, Rio and Fornaciari in Fornaciari et al. 2010; 6: *Cribozentrum reticulatum* (Gartner & Smith, 1967) Perch-Nielsen (1971); 7: *Clausicoccus subdistichus* (Roth & Hay in Hay et al., 1967) Prins, 1979; 8: *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Hay, in Hay et al., 1967) Bukry, 1971; 9: *Cyclicargolithus abisectus* (Muller, 1970) Wise, 1973; 10: *Discoaster barbadiensis* Tan, 1927; 11: *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, 1954; 12: *Discoaster saipanensis* Bramlette & Riedel (1954); 13: *Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler & Wade, 1966) Bukry & Percival (1971); 14: *Ericsonia formosa* (Kamptner, 1963) Haq, 1971; 15: *Helicosphaera compacta* Bramlette & Wilcoxon, 1967; 16: *Helicosphaera euphratis* Haq, 1966; 17: *Helicosphaera recta* (Haq, 1966) Jafar & Martini, 1975; 18: *Isthmolithus recurvus* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954; 19: *Nannotetrina fulgens* (Stradner, 1960) Achuthan and Stradner, 1969; 20: *Pontosphaera versa* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood, 1974; 21: *Reticulofenestra dictyoda* (Deflandrae in Deflandrae & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards, 1968; 22: *Reticulofenestra bisecta* (Hay, Mohler and Wade, 1966) Roth, 1970; 23: *Reticulofenestra daviesii* (Haq, 1968) Haq, 1971; 24: *Reticulofenestra umbilica* (Levin, 1965) Martini & Ritzkowski (1968); 25: *Sphenolithus pseudoradians* Bramlette & Wilcoxon, 1967; 26: *Sphenolithus ciperiensis* Bramlette and Wilcoxon, 1967; 27: *Sphenolithus radians* Deflandre in Grassé, 1952; 28: *Sphenolithus predistentus* Bramlette & Wilcoxon, 1967; 29: *Sphenolithus distentus* Martini (1965) Bramlette and Wilcoxon, 1967; 30: *Tribrachiatus bramlettei* (Bronnimann and Stradner 1960) Proto Decima et al. 1975; 31: *Tribrachiatus contortus* (Stradner, 1958) Bukry 1972; 32, 33: *Tribrachiatus orthostylus* Shamrai 1963; 34: *Toweius crassus* (Bramlette & Sullivan 1961) Perch-Nielsen 1984; 35: *Triquetrorhabdulus carinatus* Martini, 1965.