

مطالعه چینه‌نگاری سنگی و زیستی سازند گورپی در یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون، جنوب باختر ایران (زاگرس)

سعیده سنماری^{۱*}، فرح جلیلی^۲ و مرضیه نطقی مقدم^۳

۱- دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۲- دانش‌آموخته دکترا، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور تهران، ایران

نویسنده مسئول: senemari2004@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۳

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

به منظور انجام مطالعات چینه‌نگاری بر روی سازند گورپی، رسوبات این سازند در چاهی در میدان نفتی مارون واقع در جنوب باختر ایران بر اساس نانوفسیل‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه سازند گورپی از ۱۰ واحد سنگی متشکل از مارن، مارن آهکی، سنگ آهک و سنگ‌آهک شیلی تشکیل شده است. مطالعه چینه‌نگاری زیستی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی منجر به تشخیص ۲۲ جنس و ۴۳ گونه شد. بر اساس گونه‌های شاخص شناسایی شده، زیست‌زون‌های *Calculites obscurus Zone (CC17)*, *Aspidolithus parvus Zone (CC18)*, *Calculites ovalis Zone (CC19)*, *Ceratolithoides aculeus Zone (CC20)*, *Quadrum sissinghii Zone (CC21)*, *Quadrum trifidum Zone (CC22)*, *Tranolithus phacelosus Zone (CC23)*, *Reinhardtites levis Zone (CC24)*, *Arkhangelsiella cymbiformis Zone (CC25)*, *Nephrolithus frequens Zone (CC26)* از *UC13 - C20c, d^{TP}* بر اساس زیست‌زون‌های به دست آمده، برای نهشته‌های سازند گورپی در چاه مورد مطالعه بازه زمانی سانتونین پسین/کامپانین پیشین تا اواخر ماستریشتین پسین پیشنهاد می‌شود. مطالعه چینه‌نگاری بیانگر آن است که رسوب‌گذاری سازند گورپی در سانتونین پسین زیاد بوده و بدنبال آن رسوب‌گذاری سازند گورپی تا ماستریشتین پسین ادامه داشته، طوری که آخرین رویداد زیستی مربوط به سازند گورپی ظهور *Micula prinsii* است. سپس در اواخر ماستریشتین پسین، رسوب‌گذاری این سازند در این میدان نفتی به اتمام رسید که بدنبال آن سازند پابده با ناپیوستگی بر روی سازند گورپی نهشته شده است.

واژگان کلیدی: چینه‌نگاری، زون زیستی، سازند گورپی، میدان نفتی مارون، نانوفسیل‌آهکی

پیشگفتار

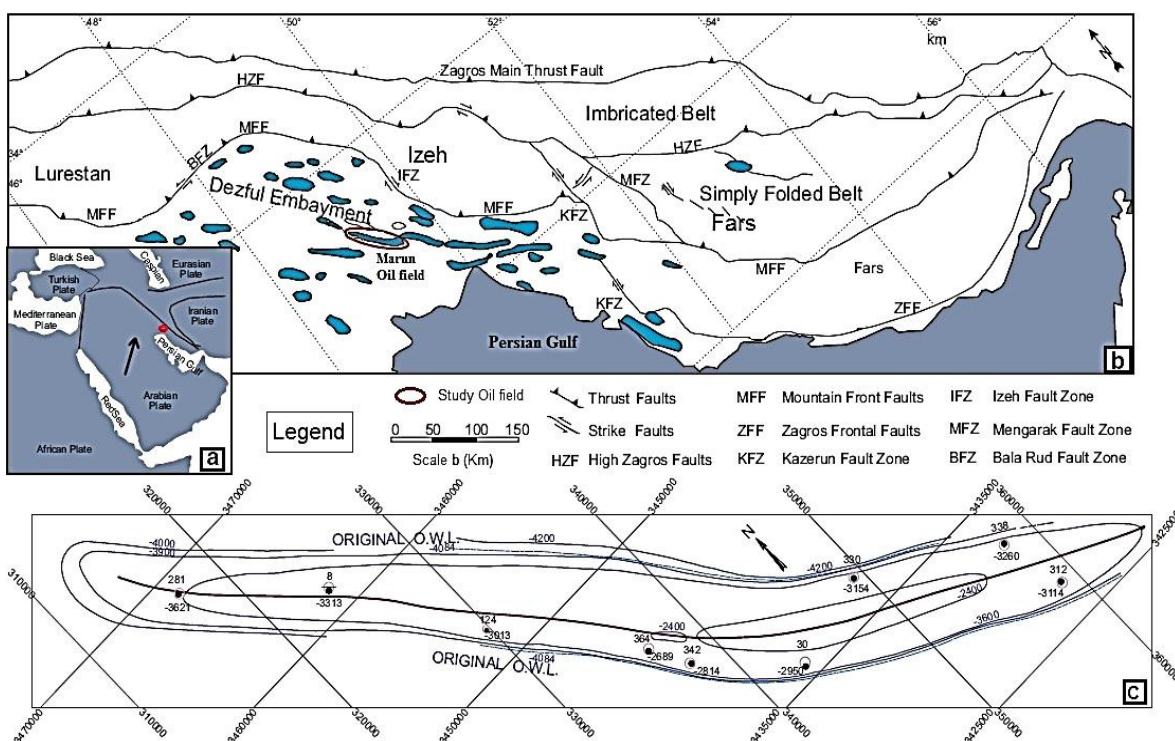
صورت نهشته‌های سنگ‌منشا، سنگ‌مخزن و سنگ‌پوش در آن جای گرفته و سیستم‌های نفتی را تشکیل دادند (مطیعی، ۲۰۰۳). از این رو این حوضه جزء نفت‌خیزترین حوضه‌های رسوبی جهان محسوب می‌گردد. یکی از مهم‌ترین سازندهای موجود در این حوضه، نهشته‌های متعلق به سازند گورپی است که با توجه به پتانسیل بالای این سازند به عنوان سنگ‌منشأ و سنگ‌پوش، بررسی آن از لحاظ علمی و اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی یکی از جنبه‌های دیگر اهمیت علمی آن وجود رخساره پلانکتونی و گسترش زمانی آن در کرتاسه پسین است.

برش الگوی سازند گورپی در تنگ پابده، شمال میدان نفتی لالی واقع در شمال‌خاور مسجد سلیمان قرار دارد و با ۳۲۰

کمر بند چین‌خورده زاگرس با روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری نتیجه برخورد صفحه عربی با خرده بلوک ایران مرکزی است که در اثر بسته شدن اقیانوس نئوتتیس بوجود آمده است (آقناباتی، ۱۳۸۵). بر اساس بررسی‌های دیرینه جغرافیا، این کمر بند در همه جا ویژگی‌های زمین‌شناختی یکسانی نداشته و لذا به زون‌های ساختاری مانند فارس، لرستان و خوزستان تقسیم می‌شود (آقناباتی، ۱۳۸۵؛ درویش‌زاده، ۱۳۸۸؛ جیمز و واین، ۱۹۶۵) (شکل ۱). بنابراین با توجه به شرایط خاص تکتونیکی و رسوبی در هر یک از زون‌ها، رسوبات سازندهای مختلف با ضخامت‌های متفاوت از دوران اول تا سوم زمین‌شناسی در حوضه زاگرس نهشته شده است. در این میان برخی از رسوبات به

فرامینفرها بوده است. از این گروه فسیلی برای تعیین سن سازند گورپی در چاه‌های شماره ۴۵، ۲۱، ۴۳، ۱۲۳، ۴۱ استفاده شده (صادقی و دارابی، ۱۳۹۴) که بر همین اساس، این نهشته‌ها به سانتونین پسین تا ماستریشتین پسین نسبت داده شدند. همین چاه‌ها در مطالعه دیگری از جنبه پالئوآکولوژی توسط دارابی و صادقی (۲۰۱۷) مورد بررسی قرار گرفتند. اگرچه از نانوفسیل‌های آهکی برای تعیین سن سازند گورپی در برش‌های مختلف چینه‌شناسی استفاده شده (صالحی، ۱۳۸۰؛ حسینی فالحی، ۱۳۸۵؛ هادوی و رسایزیدی، ۱۳۸۷؛ هادوی و شکری، ۱۳۸۸؛ سنماری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ماهانی‌پور و نجف‌پور، ۲۰۱۶)، اما مطالعه حاضر اولین مطالعه در این زمینه در میدان نفتی مارون به شمار می‌آید. بر اساس مطالعات چینه‌نگاری زیستی و گونه‌های شاخص نانوفسیل‌های آهکی و همچنین تجمعات فسیلی همراه، مرز آشکوب‌ها در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته و زون‌های زیستی متناسب با آن ارائه شده است.

متر ضخامت از نهشته‌های شیل و سنگ‌آهک‌های رسی تشکیل شده است (آقنابتی، ۱۳۸۵). چینه‌نگاری زیستی این سازند نخستین بار توسط جیمز و وایند (۱۹۶۵) بررسی شد (شکل ۲). بر اساس مطالعه انجام شده ضخامت و سن این سازند از فارس تا خوزستان و لرستان متغیر است. محیط دیرینه و تغییرات عمق حوضه رسوبی زاگرس در زمان نهشته شدن رسوبات سازند گورپی با استفاده از شواهد مختلف رسوبی و محتوای فسیلی در برش‌های مختلف چینه‌شناسی این سازند مورد بررسی قرار گرفته است (بیرانوند و همکاران، ۲۰۱۳؛ زارعی و قاسمی‌نژاد، ۲۰۱۴؛ رزمجویی و همکاران، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۲۰). از فرامینفرها می‌توان به عنوان یکی از پرکاربردترین گروه‌های فسیلی در تعیین سن نسبی سازند گورپی در مناطق مختلف حوضه رسوبی زاگرس یاد کرد (وزیری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵؛ فریدون‌پور و همکاران، ۱۳۹۳؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۳؛ بیرانوند و قاسمی‌نژاد، ۲۰۱۳؛ وزیری‌مقدم، ۲۰۱۶). مطالعات فسیل‌شناسی صورت گرفته در میدان نفتی مارون نیز عمدتاً بر پایه

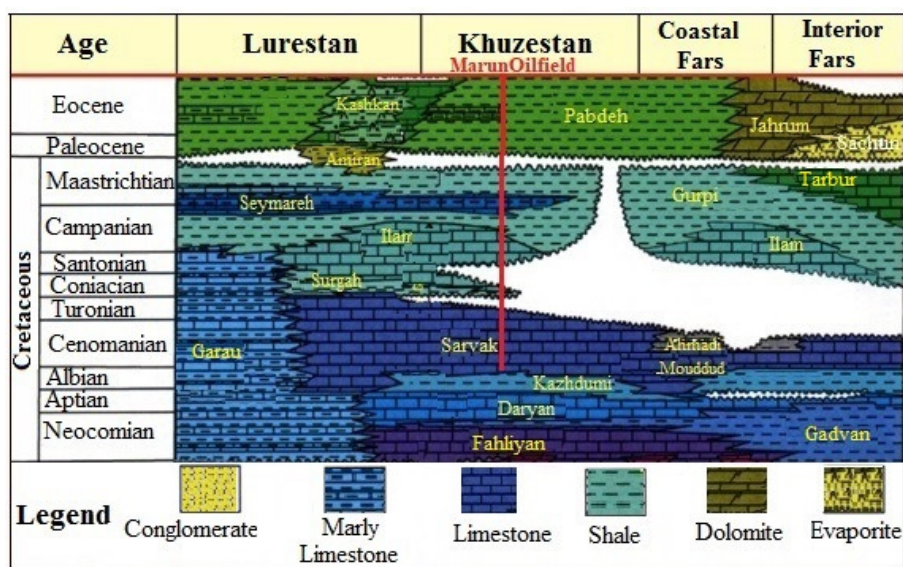


شکل ۱. (a, b) موقعیت پهنا زاگرس در جنوب باختر ایران و میدان نفتی مارون (موقعیت با بیضی مشخص شده است). (c) موقعیت چاه‌های اکتشافی در میدان نفتی مارون، بر گرفته شده با کمی تغییرات از جعفری و همکاران (۲۰۲۰).

موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مارون

چاه مورد مطالعه در میدان نفتی مارون دارای مختصات $30^{\circ} 51' 13''$ شمالی و $49^{\circ} 50' 19''$ خاوری، در ناحیه فرافتادگی دزفول شمالی و در ۵۰ کیلومتری جنوب‌خاور شهر اهواز واقع شده است. چاه مورد مطالعه در این میدان

در موقعیت خاور میدان نفتی مارون قرار دارد (شکل ۱). توالی رسوبی از سازند گورپی واقع در این چاه با ضخامت ۱۹۴ متر از لحاظ سنگ‌شناسی از مارن، سنگ‌آهک شیلی، مارن آهکی و سنگ‌آهک تشکیل شده است. این رسوبات به صورت پیوسته بر روی رخساره آهکی سازند ایلام و به صورت ناپیوسته در زیر سازند پایده قرار دارد.



شکل ۲. حدود تقریبی موقعیت میدان نفتی مارون در خوزستان و نحوه پراکنندگی سازندهای مختلف در زون‌های مختلف زاگرس (برگرفته شده با کمی تغییرات از جیمز و وایند، ۱۹۶۵).

روش پژوهش

در این پژوهش، از نمونه‌های متعلق به مغزه مربوط به توالی رسوبی سازند گورپی به ضخامت ۱۹۴ متر از یکی از چاه‌های واقع در میدان نفتی مارون استفاده شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه با روش ساده اسمیر اسلاید مطابق بون و یانگ (۱۹۹۸) آماده‌سازی شدند. سپس اسلایدهای تهیه شده با میکروسکوپ پلاریزان (Olympus BH2) با بزرگنمایی ۱۰۰۰ تحت بررسی قرار گرفت. برای بررسی‌های تاکسونومی و شناسایی گونه‌ها از منابع مختلف پرکنیلسون (۱۹۸۵) و بارت (۱۹۹۸) استفاده شد. همچنین از طرح‌های زون‌بندی استاندارد بارت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) بعنوان مبنای مطالعه چینه‌نگاری زیستی استفاده گردید. بر اساس مطالعات انجام گرفته، گسترش زیست‌چینه‌ای نانوفسیل‌های شناسایی شده در شکل ۳ و همچنین تصویر برخی از گونه‌های شاخص در شکل ۴ ارایه شده است.

چینه‌نگاری سنگی سازند گورپی

سازند گورپی در این چاه ۱۹۴ متر ضخامت داشته که شامل ۱۰ واحد سنگی است (شکل ۳). سنگ‌شناسی عمده این برش شامل مارن، مارن و سنگ‌آهک، سنگ‌آهک، سنگ‌آهک و شیل است. سازند گورپی در این برش به طور پیوسته بر روی سازند ایلام و به صورت ناپیوسته در زیر سازند پایده قرار دارد. واحدهای رسوبی تعیین شده در این سازند از پایین به بالا به قرار زیر است:

- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی سنگ‌آهک و شیل به ضخامت ۱۸ متر (از ضخامت ۳۳۵۸ متر تا ۳۳۷۶ متر).
- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی مارن و سنگ‌آهک به ضخامت ۲۲ متر (از ضخامت ۳۳۳۶ متر تا ۳۳۵۸ متر).
- رخساره رسوبی با لیتولوژی مارن به ضخامت ۱۱ متر (از ضخامت ۳۳۲۵ متر تا ۳۳۳۶ متر).

چینه‌نگاری زیستی مذکور بر اساس روند تکاملی گونه‌های شاخص و بر اساس اولین و آخرین حضور تکامل گونه‌ها ارایه می‌شود. در این پژوهش، اساس زون‌بندی ارایه شده طبق زون‌بندی ارایه شده توسط بارت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) است. اختصارات بکار برده شده (CC¹، UC²)، اولین حضور (FO³) و آخرین حضور (LO⁴) است. در مطالعه حاضر با شناسایی اجزای نانوفسیل‌های آهکی موجود در نمونه‌ها، ضمن تشخیص ۴۳ گونه، زون‌های *Calculites obscurus* Zone تا *Nephrolithus frequens* Zone بر اساس زون‌بندی سیسینگ (۱۹۷۷) و زون‌های زیستی UC13 تا زیرزون UC20d از زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) تعیین شد (شکل ۳). چگونگی گسترش زون‌های زیستی و تعیین مرز آشکوب‌ها در توالی رسوبی مورد مطالعه به شرح ذیل است:

زون زیستی شناسایی شده در بازه زمانی سانتونین/کامپانین

Calculites obscurus Zone (CC17)/ UC13

اولین زون شناسایی شده در شروع نهشته‌های توالی کرتاسه بالایی از سازند گورپی، زون CC17 است. حادثه زیستی ظهور گونه *Calculites obscurus* (از شروع توالی رسوبی، نمونه ۳) و متوالیا ظهور گونه *parcus* *Aspidolithus* (ضخامت ۱۳/۳ متر، نمونه ۱۲) بیانگر این زون است. زون زیستی مورد نظر با زون UC13 از زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. شاخص شروع این زون در زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) حادثه زیستی ظهور گونه *Arkhangelskiella cymbiformis* (نمونه ۳) تا ظهور گونه *Aspidolithus parcus* است. بنابراین ضخامت زون مورد مطالعه حدود ۱۳ متر و بازه زمانی آن سانتونین پسین-کامپانین پیشین است. برخی از مهم‌ترین گونه‌های فسیلی همراه در این زون *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Braarudosphaera biglowii*, *Calculites obscurus*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Micula decussata*, *Micula concava*, *Quadrum gartneri*, *Marthasterites furcatus*, *Microrhabdulus decoratus*, *Tranolithus phacelosus* (= *Tranolithus orionatus*), *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* است.

- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی مارن و سنگ‌آهک به ضخامت ۲۳ متر (از ضخامت ۳۳۰۲ متر تا ۳۳۲۵ متر).
- رخساره رسوبی با لیتولوژی سنگ‌آهک به ضخامت ۷ متر (از ضخامت ۳۲۹۵ متر تا ۳۳۰۲ متر).
- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی مارن و سنگ‌آهک به ضخامت ۳۷ متر (از ضخامت ۳۲۵۸ متر تا ۳۲۹۵ متر).
- رخساره رسوبی با لیتولوژی مارن به ضخامت ۸ متر (از ضخامت ۳۲۴۹ متر تا ۳۲۵۸ متر).
- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی مارن و سنگ‌آهک به ضخامت ۴۴ متر (از ضخامت ۳۲۰۵ متر تا ۳۲۴۹ متر).
- رخساره رسوبی با لیتولوژی سنگ‌آهک به ضخامت ۴ متر (از ضخامت ۳۲۰۱ متر تا ۳۲۰۵ متر).
- رخساره رسوبی با ترکیب سنگ‌شناسی مارن و سنگ‌آهک به ضخامت ۲۰ متر (از ضخامت ۳۱۸۰ متر تا ۳۲۰۱ متر).

الگوی چینه‌نگاری زیستی و بیوزون‌ها

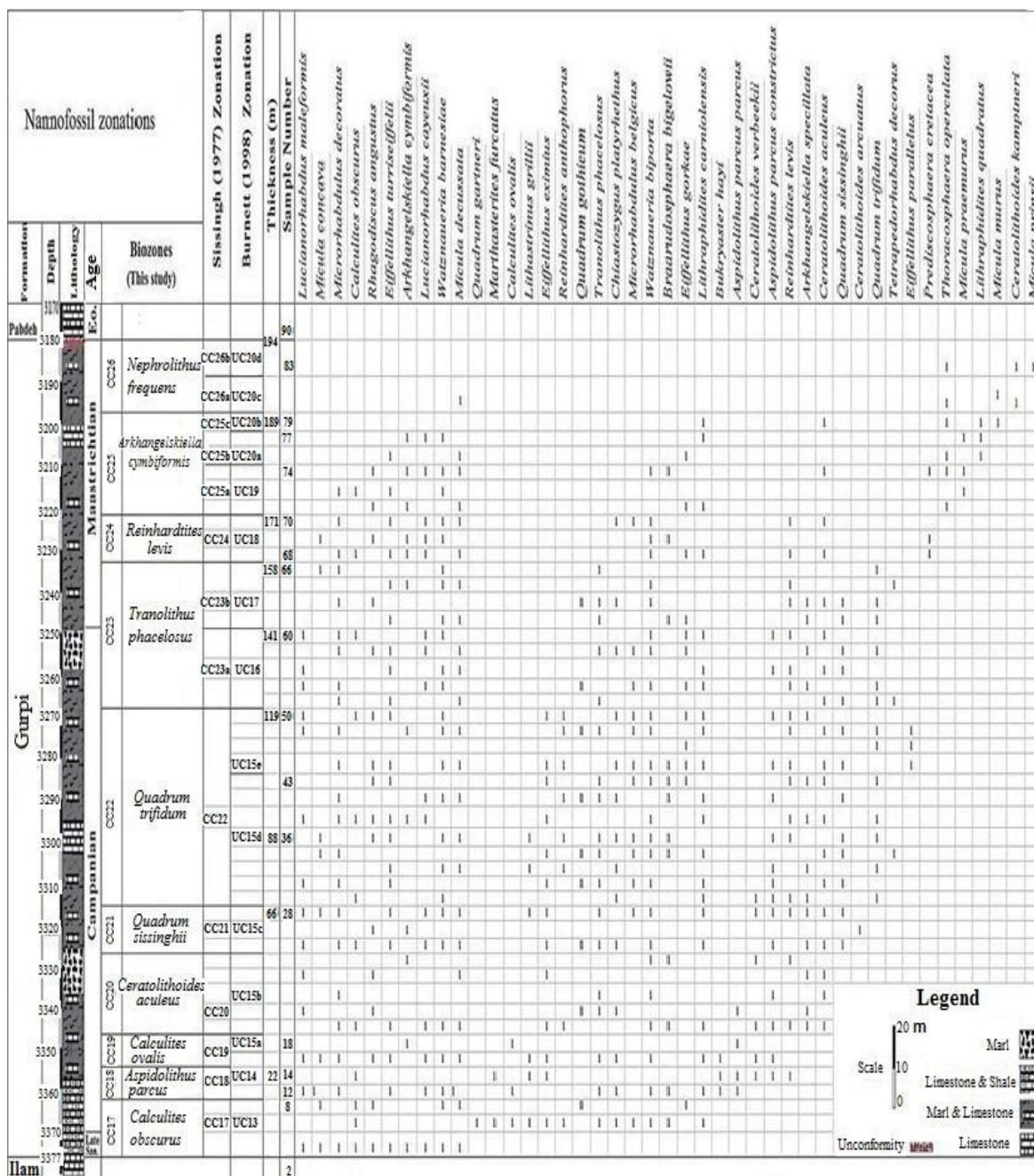
نانوفسیل‌های آهکی یکی از دقیق‌ترین گروه‌های فسیلی جهت مطالعات چینه‌نگاری زیستی و تعیین مرز بین آشکوب‌ها در رسوبات محیط‌های اقیانوسی متعلق به دوران‌های مزوزویک و سنوزویک هستند که خصوصاً در رسوبات شیلی و مارنی که تحت تاثیر دیاژنز قرار نگرفته باشد یافت می‌شوند. محدوده سنی کوتاه، تکامل سریع، گسترش جغرافیایی زیاد و قدرت تفکیک سنی دقیق از ویژگی‌های بارزی است که آن‌ها را به عنوان شاخصی مهم در مطالعات وابسته به دیرینه و چینه‌نگاری زیستی مطرح می‌سازد (پرکنیلسون، ۱۹۸۵). الگوی تکامل زیستی نانوپلانکتون‌های آهکی در پژوهش‌های مختلفی همچون مطالعات تطابق ناحیه‌ای و قاره‌ای به طور گسترده مطرح می‌گردد (مانیویت، ۱۹۷۱؛ تیرستین، ۱۹۷۶؛ سیسینگ، ۱۹۷۷؛ پرکنیلسون، ۱۹۸۵؛ برالور و همکاران، ۱۹۹۵؛ بارت، ۱۹۹۸؛ لیز، ۲۰۰۲؛ بورنمن و همکاران، ۲۰۰۳؛ برالور، ۲۰۰۵؛ واتکینز و سلف‌تری، ۲۰۰۵؛ ویلا و همکاران، ۲۰۰۸؛ گردستین و همکاران، ۲۰۱۲). مدل‌های

³ First Occurrence

⁴ Last Occurrence

¹ Coccolith Cretaceous

² Upper Cretaceous



شکل ۳. نحوه گسترش زون‌های زیستی و چین‌نگاری سنگی سازند گورپی در چاه مورد مطالعه در میدان نفتی مارون، جنوب خاور اهواز.

بنابراین *furcatus* (ضخامت ۲۲ متر، نمونه ۱۴) ادامه دارد. ضخامت این زون ۸/۸ متر و بازه زمانی آن کامپانین پیشین است. زون CC18 با زیرزون‌های UC14a^{TP}، UC14b^{TP} و UC14c^{TP} و بخش تحتانی زیرزون UC14d^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. در واقع شاخص شروع زون مطابق زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) یکسان است.

زون‌های زیستی شناسایی شده در بازه زمانی کامپانین پیشین

Aspidolithus parvus parvus Zone (CC18)/ UC14

در توالی رسوبی منتخب از چاه مورد مطالعه، زون CC18 از ظهور گونه *Aspidolithus parvus parvus* (ضخامت ۱۳/۳ متر، نمونه ۱۲) تا آخرین حضور گونه *Marthasterites*

نمونه ۱۹) تا ظهور گونه (= *Quadrum sissinghii*) (*Uniplanarius sissinghii*) (ضخامت ۵۳ متر، نمونه ۲۵) تعیین می‌شود. شاخص‌های زیستی در هر دو طرح زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) یکسان است. از اینرو زون CC20 با زیرزون UC15b^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. سن این زون، اواخر کامپانین پیشین و ضخامت آن ۲۲ متر است. برخی از تجمعات فسیلی همراه در این زون گونه‌های *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parvus constrictus*, *Aspidolithus parvus parvus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Calculites obscurus*, *Chiastozygus platyrhethus*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Tranolithus orionatus*, *Rhagodiscus angustus*, *Reinhardtites levis*, *Reinhardtites anthophorus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Quadrum gothicum* (= *Uniplanarius gothicus*), *Micula decussata*, *Microrhabdulus decoratus*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

زون زیستی شناسایی شده در بازه زمانی کامپانین پیشین / کامپانین پسین

Quadrum sissinghii Zone (CC21)/ UC15c^{TP}

تعیین این زون بر اساس ظهور گونه (= *Uniplanarius sissinghii*) (*Quadrum sissinghii sissinghii*) (ضخامت ۵۳ متر، نمونه ۲۵) تا ظهور گونه (*Uniplanarius trifidus*) (= *Uniplanarius trifidus*) (ضخامت ۶۶/۲ متر، نمونه ۲۹) انجام گرفت. شاخص‌های زیستی در هر دو طرح زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) یکسان است. از اینرو زون CC21 با زیرزون UC15c^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. در این زون گونه *Ceratolithoides arcuatus* در ضخامت ۵۷/۳ متری و فقط در نمونه ۲۷ ثبت شد. بنابر پیشنهاد سیسینگ (۱۹۷۷) زون CC21 را می‌توان براساس اولین ظهور و آخرین حضور این گونه به سه زیرزون تقسیم نمود. در مطالعه حاضر با توجه به ثبت گونه تنها در نمونه ۲۷ امکان تقسیم‌بندی زون وجود نداشت. بازه زمانی زون مورد نظر اواخر کامپانین پیشین-آغاز کامپانین پسین و ضخامت آن ۱۳/۲ متر است. برخی از فسیل‌های همراه شامل گونه‌های *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Arkhangelskiella specillata*, *Aspidolithus parvus parvus*, *Aspidolithus parvus constrictus*,

در زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸)، اولین حضور گونه‌های *Aspidolithus parvus constrictus* (= *Broinsonia parca constricta*) (18 m), *Bukryaster hayi* (13/2 m), *Ceratolithoides verbeekii* (18/9 m), *Reinhardtites levis* (18/2 m) تعیین کننده مرز زیرزون‌های متعلق به زون UC14 است. در این مطالعه، گونه شاخص تعیین کننده مرز فوقانی زون UC14 (مرز فوقانی زیرزون UC14d^{TP}) یعنی گونه *Misceomarginatus pleniporus* ثبت نگردید. برخی از مهم‌ترین گونه‌های فسیلی در این زون شامل *Aspidolithus parvus parvus*, *Aspidolithus parvus constrictus* (*Broinsonia parca constricta*), *Bukryaster hayi*, *Braarudosphaera biglowii*, *Calculites ovalis*, *Calculites obscurus*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Micula decussata*, *Micula concava*, *Marthasterites furcatus*, *Microrhabdulus decoratus*, *Reinhardtites levis*, *Tranolithus orionatus*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

Calculites ovalis Zone (CC19)/ UC15a^{TP}

این زون از آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* (ضخامت ۲۲ متری، نمونه ۱۴) تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* (۳۱ متر، نمونه ۱۹) ادامه دارد. زون CC19 با زیرزون UC15a^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. البته همانطور که در بالا به آن اشاره شد، شاخص زونی تعیین کننده مرز بین زیرزون‌های UC14d^{TP} و UC15a^{TP} (*M. pleniporus*) ثبت نشد لذا مرز زون‌های UC14 و UC15 از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) در جدول چینه‌نگاری زیستی قابل تفکیک نیست. محدوده سنی زون مورد مطالعه، اواخر کامپانین پیشین و ضخامت آن ۸/۸ متر است. برخی از مهم‌ترین گونه‌های همراه در این زون *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parvus parvus*, *Aspidolithus parvus constrictus*, *Calculites obscurus*, *Calculites ovalis*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Micula decussata*, *Lithastrinus grillii*, *Microrhabdulus decoratus*, *Reinhardtites levis*, *Tranolithus orionatus*, *Rhagodiscus angustus*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

(CC20)/ UC15b^{TP} *Ceratolithoides aculeus* Zone

آخرین زون شناسایی شده در این بازه زمانی بر اساس ظهور گونه *Ceratolithoides aculeus* (ضخامت ۳۱ متر،

Tranolithus phacelosus Zone (CC23)/ UC16-UC17

زون زیستی CC23 از آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* (ضخامت ۱۱۹ متری، نمونه ۵۰) تا آخرین حضور گونه *Tranolithus orionatus* (= *Tranolithus phacelosus*) (ضخامت ۱۵۸ متری، نمونه ۶۶) گسترش دارد. در این زون، آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* در ضخامت ۱۴۱ متری از نمونه ۶۰ سبب تقسیم زون مورد نظر به دو زیرزون شد. زون CC23 با زون‌های UC16 و UC17 از زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، زون UC16 براساس آخرین حضور گونه *E. eximius* (ضخامت ۱۱۹ متری، نمونه ۵۰) تا آخرین حضور گونه *Broinsonia parva constricta* (ضخامت ۱۵۸ متری، نمونه ۶۶) تعیین می‌شود. بازه زمانی این زون اواخر کامپانین پسین-ماستریشترین پیشین و ضخامت آن ۳۹ متر است. مهم‌ترین فسیل‌های همراه در این زون گونه‌هایی نظیر *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parvus constrictus*, *Braarudosphaera biglowii*, *Calculites obscurus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Chiastozygus platyrhethus*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Tranolithus orionatus*, *Reinhardtites levis*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Micula concava*, *Micula decussata*, *Microrhabdulus decoratus*, *Quadrum gothicum* (= *Uniplanarius gothicus*), *Quadrum trifidum* (= *Uniplanarius trifidus*), *Quadrum sissinghii* (= *Uniplanarius sissinghii*), *Tetrapedorhabdus decorus*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

**زون‌های زیستی شناسایی شده در بازه زمانی
ماستریشترین پیشین - ماستریشترین پسین**

Reinhardtites levis Zone (CC24)/ UC18

این زون زیستی از آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* (= *Tranolithus orionatus*) (ضخامت ۱۵۸ متری، نمونه ۶۶) تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* (ضخامت ۱۷۱ متری، نمونه ۷۰) معرفی می‌شود. شاخص‌های زونی برای تعیین محدوده زون در هر دو زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) و سیسینگ (۱۹۷۷) یکسان

Chiastozygus platyrhethus, *Ceratolithoides arcuatus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Calculites obscurus*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Rhagodiscus angustus*, *Micula decussata*, *Microrhabdulus decoratus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Reinhardtites levis*, *Quadrum sissinghii* (= *Uniplanarius sissinghii*), *Quadrum gothicum* (= *Uniplanarius gothicus*), *Watznaueria biporta*, *Watznaueria barnesiae* می‌باشند.

**زون‌های زیستی شناسایی شده در بازه زمانی
کامپانین پسین-ماستریشترین پیشین**

Quadrum trifidum Zone (CC22)/ UC15d^{TP} - UC15e^{TP}

این زون در توالی رسوبی مورد مطالعه، براساس حادثه زیستی اولین ظهور گونه *Quadrum trifidum* (= *Uniplanarius trifidus*) (ضخامت ۶۶/۲ متری، نمونه ۲۹) تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* (ضخامت ۱۱۹ متری، نمونه ۵۰) تعیین شد. در این زون همزمان با آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* حادثه زیستی آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* (ضخامت ۱۱۹ متر، نمونه ۵۰) ثبت شد. زون مذکور با زیرزون‌های UC15d^{TP} و UC15e^{TP} از زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. در این زون، ظهور گونه شاخص *Eiffellithus parallelus* که تفکیک‌کننده زیرزون‌های UC15e^{TP} و UC15d^{TP} از زون‌بندی بارت (۱۹۹۸) است در متر ۱۰۱/۵ و در نمونه ۴۴ ثبت شد. همچنین حادثه زیستی آخرین حضور *L. grillii* از جمله حوادث زیستی مشاهده شده در این زون در ضخامت ۸۸ متری و در نمونه ۳۶ است. محدوده زمانی این زون اواخر کامپانین پسین و ضخامت آن ۵۳ متر است. برخی از مهم‌ترین تجمعات فسیلی همراه گونه‌های زیر می‌باشند: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Arkhangelskiella specillata*, *Aspidolithus parvus constrictus*, *Ceratolithoides aculeus*, *Eiffellithus parallelus*, *Eiffellithus eximius*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Lithastrinus grillii*, *Microrhabdulus decoratus*, *Micula decussata*, *Reinhardtites levis*, *Reinhardtites anthophorus*, *Rhagodiscus angustus*, *Tranolithus orionatus*, *Quadrum gothicum* (= *Uniplanarius gothicus*), *Quadrum sissinghii* (= *Uniplanarius sissinghii*), *Quadrum trifidum* (= *Uniplanarius trifidus*), *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta*.

Braarudosphaera biglowii, *Ceratolithoides aculeus*, *Calculites obscurus*, *Prediscosphaera cretacea*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Lithraphidites quadratus*, *Micula murus*, *Micula decussata*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

زون زیستی شناسایی شده در بازه زمانی ماستریشتین پسین تا مرز کرتاسه-پالئوژن (K/Pg)

***Nephrolithus frequens* Zone (CC26)/ UC20c, d^{TP}**

این زون زیستی در عرض‌های جغرافیایی بالا، تعریفی از اولین حضور تا آخرین حضور گونه *Nephrolithus frequens* دارد (پرک نیلسون، ۱۹۸۵). از آنجاییکه در برش مورد مطالعه گونه *N. frequens* ثبت نشد لذا در این مطالعه، پایین زون با حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* (ضخامت ۱۸۹/۲ متری، نمونه ۸۰) مشخص و حد فوقانی زون بر اساس کاهش نانوفسیل‌های اواخر کرتاسه و همچنین اولین ظهور گونه شاخص معرف مرز کرتاسه-پالئوژن یعنی اولین ظهور گونه *Micula prinsii* (ضخامت ۱۹۳/۷ متری، نمونه ۸۳) و بویژه ظهور و افزایش فراوانی گونه *Thoracosphaera operculata* معین شد. در واقع (پرک نیلسون، ۱۹۸۵) زون CC26 را اصلاح کرده و پایین آن را بر اساس اولین گونه *C. kamptneri* تعریف می‌کند و به وسیله اولین حضور گونه *Micula prinsii* آن را به دو زیرزون CC26a و CC26b تقسیم می‌نماید. اولین حضور این گونه همچنین پایین UC20d را در زون بندی بارنت (۱۹۹۸) مشخص می‌کند. راس زون‌های CC26 و UC20 هم به وسیله اولین حضور گونه‌های سنوزوییک و افزایش شدید در اجتماع *Thoracosphaera* تعیین می‌شود. سن این زون اواخر ماستریشتین پسین که در محدوده مرز کرتاسه -پالئوژن (K/Pg) قرار می‌گیرد. ضخامت این زون در توالی رسوبی مورد مطالعه حدود ۵ متر است.

بحث

در توالی رسوبی مورد مطالعه، اولین حضور گونه *Calculites obscurus* از شروع سازند گوربی ثبت شد که این رویداد زیستی، شاخص زمان سانتونین پسین می‌باشد. دومین حادثه زیستی ثبت شده، ظهور گونه *Aspidolithus parvus* است که در ضخامت ۱۳/۳ متری از پایین سازند

است. زون CC24 با زون UC18 از زون بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت دارد. در این زون همزمان با آخرین حضور گونه *Tranolithus orionatus*، حادثه زیستی آخرین حضور گونه *Uniplanarius trifidus* نیز ثبت شد. سن این زون، اواخر ماستریشتین پیشین و ضخامت آن ۱۳ متر است. مهم ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده شامل گونه‌های *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Braarudosphaera biglowii*, *Ceratolithoides aculeus*, *Calculites obscurus*, *Eiffellithus turriseiffelii*, *Prediscosphaera cretacea*, *Rhagodiscus angustus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Microrhabdulus decoratus*, *Micula decussata*, *Reinhardtites levis*, *Watznaueria barnesiae*, *Watznaueria biporta* می‌باشند.

***Arkhangelskiella cymbiformis* Zone (CC25) UC19-UC20a^{TP}-UC20b^{TP}**

در زون بندی‌های استاندارد جهانی، محدوده این زون زیستی براساس آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین ظهور گونه *Nephrolithus frequens* تعریف شده است (پرک نیلسون، ۱۹۸۵). در برش مورد مطالعه گونه *N. frequens* ثبت نشد اما اولین ظهور گونه *Ceratolithoides kamptneri* (ضخامت ۱۸۹/۲ متری، نمونه ۸۰) که تعیین کننده مرز زون‌های CC25 و CC26 یا مرز زیرزون‌های UC20b^{TP} و UC20c^{TP} از زون بندی بارنت (۱۹۹۸) است ثبت شد. از اینرو تعیین محدوده این زون زیستی از آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* (ضخامت ۱۷۱ متری، نمونه ۷۰) تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* (ضخامت ۱۸۹/۲ متری، نمونه ۸۰) انجام گرفت. بنابراین بازه زمانی زون مورد نظر ابتدای ماستریشتین پسین و ضخامت آن ۱۸ متر است. از جمله حوادث زیستی دیگر ثبت شده در این زون، اولین ظهور گونه‌های *Lithraphidites quadratus* (ضخامت ۱۸۴/۳ متری، نمونه ۷۵) و *Micula murus* (ضخامت ۱۸۹ متری، نمونه ۷۹) در توالی رسوبی مورد مطالعه است که این گسترش مطابق شاخص‌های استاندارد جهانی است که در عرض‌های جغرافیایی پایین اتفاق می‌افتد. زون زیستی CC25 با زون‌های UC19 و UC20-UC20a^{TP} مطابقت دارد. مهم ترین فسیل‌های همراه در توالی مورد مطالعه گونه‌های *Arkhangelskiella cymbiformis*

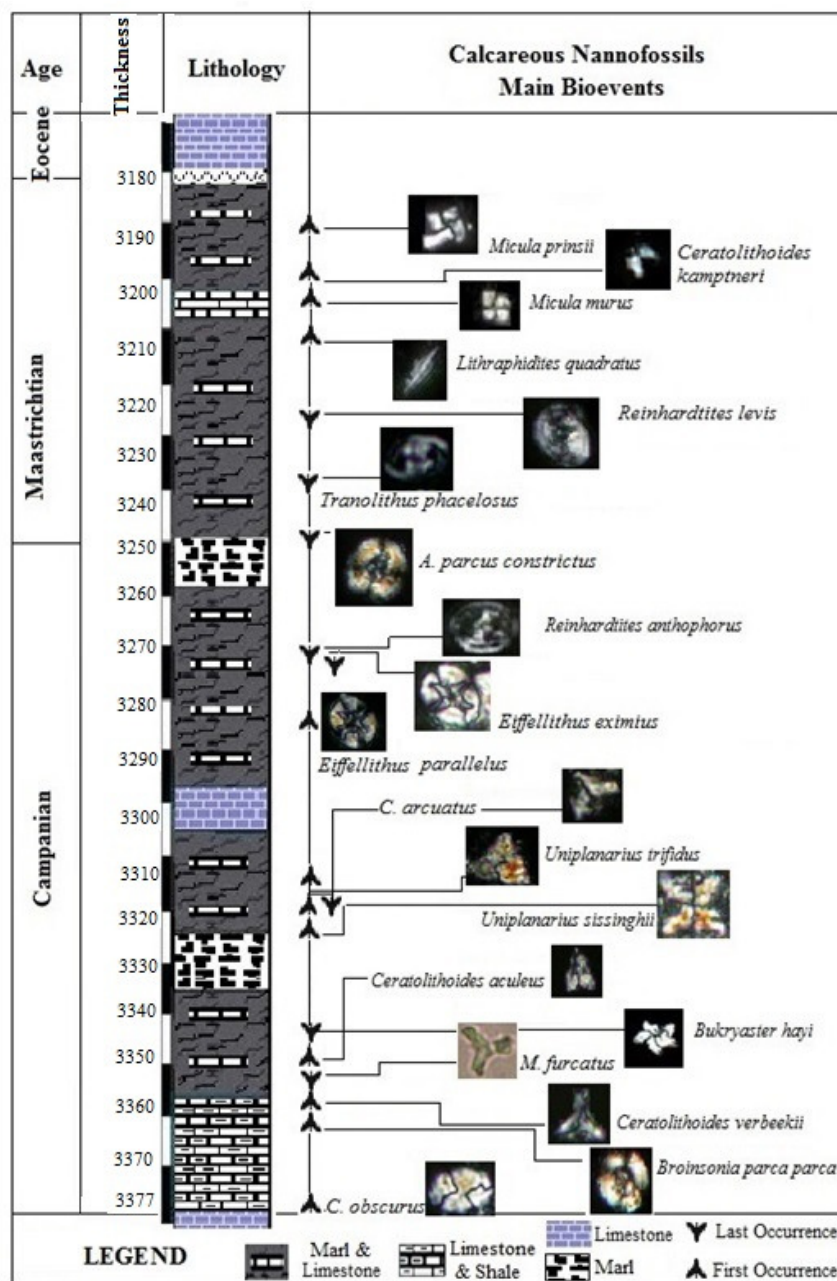
متری و مقارن شدن آن با آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* در همین ضخامت از جمله حوادث زیستی در زون بعدی یعنی زون CC22 است. در این زون، حادثه زیستی آخرین حضور گونه *L. grillii* در ضخامت ۸۸ متری (داخل زیرزون UC15d^{TP}) و بدنال آن ظهور گونه شاخص *Eiffellithus parallelus* که تفکیک کننده مرز زیرزون‌های UC15e^{TP} و UC15d^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) است، می‌باشد. این حوادث در ضخامت ۱۰۱/۵ متری از پایین سازند گورپی اتفاق افتاد. آخرین حضور گونه *A. parvus constrictus* در ضخامت ۱۴۱ متری و سپس متعاقب آن ثبت آخرین حضور گونه‌های *Tranolithus phacelosus* (= *Tranolithus orionatus*) و *Uniplanarius trifidus* در ضخامت ۱۵۸ متری از جمله حوادث دیگر در بازه زمانی کامپانین پسین- ماستریشتین پیشین است.

به سمت بخش فوقانی سازند گورپی، آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* در ضخامت ۱۷۱ متری ثبت شد. آخرین حضور گونه‌های *Tranolithus phacelosus* و *Reinhardtites levis* بیانگر زون UC18 در اواخر ماستریشتین پیشین است. در توالی رسوبی مطالعه شده، اولین ظهور گونه *Ceratolithoides kamptneri* که تعیین کننده مرز زون‌های CC25 و CC26 (مرز زیرزون‌های UC20c^{TP}- UC20b^{TP}) است در ضخامت ۱۸۹/۲ متری ثبت گردید. به عبارتی دیگر حوادث زیستی آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides kamptneri* تایید کننده محدوده زمانی آغاز ماستریشتین پسین در توالی رسوبی مورد نظر است. از جمله حوادث زیستی دیگر به سمت بالای سازند گورپی، ثبت اولین حضور گونه *Lithraphidites quadratus* در ضخامت ۱۸۴/۳ متری و *Micula murus* در ضخامت ۱۸۹ متری است. آخرین حادثه زیستی در سازند گورپی، اولین حضور گونه *Micula prinsii* در ضخامت ۱۹۳/۷ متری است که توسط آن می‌توان زون CC26 را به دو زیرزون CC26a و CC26b تقسیم نمود. زون CC26 با زیرزون‌های UC20d^{TP} و UC20c^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) مطابقت داشته که بیانگر سن اواخر ماستریشتین پسین است (جدول ۱). در ادامه نهشته‌های سازند پابده با رسوبات آهن‌دار بر روی رسوبات سازند گورپی قرار می‌گیرند که این مبین آن است که مرز

گورپی ثبت شد که شاخص مرز زون‌های CC17 و CC18 (سانتوین پسین- کامپانین پیشین) می‌باشد. البته به دلیل ثبت گونه *C. obscurus* از اولین نمونه برداشت شده از پایین گورپی، ممکن است این حادثه زیستی پایین‌تر از ضخامت مورد نظر رخ داده باشد و لذا تعیین دقیق مرز تحتانی این بیوزون امکان‌پذیر نیست. اما از آنجاییکه، اولین ظهور گونه *Aspidolithus parvus* در ضخامت ۱۳/۳ متری نسبت به مرز سازند گورپی با سازند ایلام رخ داده است لذا ضخامت زون در حدود ۱۳ متر در نظر گرفته می‌شود. متعاقباً از حوادث زیستی مهم ثبت شده در توالی رسوبی، آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* در ضخامت ۲۲ متری نسبت به قاعده برش است. این گونه تفکیک کننده مرز زون‌های زیستی CC18 و CC19 است. از شاخص‌های فسیلی دیگر در توالی مورد مطالعه، ثبت اولین ظهور گونه‌های *Aspidolithus parvus constrictus* (= *Broinsonia parva constricta*), *Bukryaster hayi*, *Ceratolithoides verbeekii*, *Reinhardtites levis* عنوان شاخص تعیین کننده زیرزون‌های متعلق به زون UC14 است. همانطور که اشاره شد با توجه به عدم ثبت گونه *Misceomarginatus pleniporus* امکان تفکیک زیرزون‌های UC14d^{TP} و UC15a^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) وجود نداشت. حادثه زیستی دیگر، ثبت اولین ظهور گونه *Ceratolithoides aculeus* در ضخامت ۳۱ متری نسبت به پایین سازند گورپی است. این گونه تفکیک کننده مرز زون‌های CC19 و CC20 در بازه زمانی اواخر کامپانین پیشین است. حوادث زیستی دیگر در توالی رسوبی مورد مطالعه، ثبت ظهور گونه‌های شاخص *Quadrum sissinghii* (= *Uniplanarius sissinghii*) و *Quadrum trifidum* (= *Uniplanarius trifidus*) به ترتیب در ضخامت‌های ۵۳ و ۶۶/۲ متری از پایین توالی مورد مطالعه است. این حوادث زیستی در بازه زمانی اواخر کامپانین پیشین - آغاز کامپانین پسین یا به عبارتی دیگر در مرز کامپانین پیشین - کامپانین پسین رخ داده است. ثبت ظهور گونه *Ceratolithoides arcuatus* در ضخامت ۵۷/۳ متری یکی دیگر از رخداد‌های زیستی موجود در این بازه زمانی است. در واقع این حوادث زیستی، بیانگر زون CC21 از زون‌بندی سیسینگ (۱۹۷۷) و زیرزون UC15c^{TP} از زون‌بندی بارنت (۱۹۹۸) است. آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* در ضخامت ۱۱۹

Rhagodiscus angustus, *Watznaueria barnesia* بیانگر شرایط آب و هوایی گرم در عرض‌های جغرافیایی پایین است (ترستین، ۱۹۷۶؛ ترستین، ۱۹۸۱؛ پرک نیلسون، ۱۹۸۵؛ واتکینز، ۱۹۹۲؛ واتکینز و همکاران، ۱۹۹۶؛ هرل، ۲۰۰۳؛ تنتاوی، ۲۰۰۲؛ هوبر و همکاران، ۲۰۰۲؛ ترمولادا و همکاران، ۲۰۰۶؛ فردریچ و مییر، ۲۰۰۶؛ لینرت و ماترلوس، ۲۰۰۹؛ تیبولت و گاردین، ۲۰۰۷؛ لینرت و همکاران، ۲۰۱۱). تصاویر برخی از گونه‌ها در شکل ۴ ارائه شده است.

سازندهای گورپی و پابده با ناپیوستگی همراه است. در نهایت در توالی رسوبی متعلق به سازند گورپی، گسترش گونه‌ها مطابق شاخص‌های تعریف شده استاندارد جهانی در عرض‌های جغرافیایی پایین رخ داده است. به عنوان مثال حضور گونه‌های مختلف ذکر شده که شاخص آب و هوای گرم می‌باشند مانند *Ceratolithoides aculeus*, *Lithraphidites carniolensis*, *Lithraphidites quadratus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Microrhabdulus decorates*, *Micula murus*, *Quadrum sissinghii*, *Quadrum trifidum*,



شکل ۴. حوادث زیستی و گسترش نانوفسیل‌های آهکی در چاه مورد مطالعه واقع در فروافتادگی دزفول

جدول ۱. برخی از حوادث زیستی وابسته به نانوفسیل‌های آهکی با ذکر مترآژ و شماره نمونه واقع در یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون، جنوب خاور اهواز

Nannofossil bio-events in borehole in Marun Oil field	Thickness (m)	Sample No.
FO of <i>Micula prinsii</i>	193/7 m	83
FO of <i>Ceratolithoides kamptneri</i>	189/2 m	80
FO of <i>Micula murus</i>	189 m	79
FO of <i>Lithraphidites quadratus</i>	184/3 m	75
LO of <i>Reinhardtites levis</i>	171 m	70
LO of <i>Uniplanarius trifidus</i>	158 m	66
LO of <i>Tranolithus phacelosus</i>	158 m	66
LO of <i>Broinsonia parca constricta</i>	141 m	60
LO of <i>Reinhardtites anthophorus</i>	119 m	50
LO of <i>Eiffellithus eximius</i>	119 m	50
FO of <i>Eiffellithus parallelus</i>	101/5 m	44
LO of <i>Lithastrinus grillii</i>	88 m	36
FO of <i>Uniplanarius trifidus</i>	66/2 m	29
FO of <i>Ceratolithoides arcuatus</i>	57/3 m	27
FO of <i>Uniplanarius sissinghii</i>	53 m	25
FO of <i>Ceratolithoides aculeus</i>	31 m	19
LO of <i>Marthasterites furcatus</i>	22 m	14
FO of <i>Ceratolithoides verbeekii</i>	18/9 m	14
FO of <i>Broinsonia parca constricta</i>	18 m	13
FO of <i>Broinsonia parca parca</i>	13/3 m	12
FO of <i>Bukryaster hayi</i>	13/2 m	12
FO of <i>Calculites obscurus</i>	5 cm	3
FO of <i>Arkhangelskiella cymbiformis</i>	Base of section	3

نتیجه‌گیری

بررسی نانوفسیل‌های آهکی در توالی رسوبی متعلق به سازند گورپی واقع در یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون امکان بررسی چینه‌نگاری سنگی و زیستی را فراهم ساخت. این مطالعه منجر به شناسایی ۲۲ جنس و ۴۳ گونه از نانوفسیل‌های آهکی با حفظ‌شدگی خوب شد. براساس این مطالعه، حادثه زیستی ظهور گونه *Calculites obscurus* و متعاقباً ظهور گونه *Aspidolithus parvus* بیانگر سن سانتونین پسین- کامپانین پیشین در شروع سازند گورپی و اولین ظهور گونه *Micula prinsii* بیانگر بازه زمانی اواخر ماستریشتین پسین متعلق به بخش فوقانی سازند گورپی است. بنابراین، بر اساس گونه‌های شاخص ثبت شده در توالی رسوبی سازند گورپی، زون‌های زیستی *Calculites obscurus* Zone تا *Nephrolithus frequens* Zone که با زون‌های زیستی UC13- UC20c, d^{TP} مطابقت دارد، مشخص شد. براساس زون‌های زیستی گسترش یافته، سن توالی سازند گورپی از سانتونین پسین/کامپانین پیشین تا اواخر ماستریشتین پسین تعیین شده است. در این رابطه با توجه به تجمعات زیستی موجود می‌توان بیان نمود که در سانتونین پسین تا کامپانین پیشین شرایط زیست در محیط رسوب‌گذاری سازند گورپی در این میدان بخوبی

مهیا بوده است. سپس رسوب‌گذاری سازند گورپی در منطقه مذکور تا ماستریشتین پسین ادامه داشته، به طوری که آخرین زون زیستی مربوط به سازند گورپی در منطقه مذکور زون *Nephrolithus frequens* Zone می‌باشد. در نهایت در اواخر ماستریشتین پسین، رسوب‌گذاری در این میدان به اتمام رسیده و بدنبال آن نهشته‌های سازند پایده با یک وقفه رسوبی بر روی سازند گورپی قرار گرفته است. از سویی دیگر، با توجه به وجود تجمعات فسیلی همراه و گونه‌های شاخص معرف آب و هوای گرم، می‌توان بیان کرد که میدان نفتی مارون در زمان تشکیل خود در عرض جغرافیایی پایین با شرایط حاکم آب و هوایی گرم قرار داشته است.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم این نشریه که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، و همچنین سردبیر و هیات تحریریه نشریه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آقانباتی، ع (۱۳۸۵) زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

- Beiranvand, B., & Ghasemi-Nejad, E (2013) High resolution planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Gurpi Formation, K/Pg boundary of the Izeh Zone, SW Iran. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16 (1): 5-26.
- Bornemann, A., Aschwer, U., & Mutterlose, J (2003) The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic-Cretaceous boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 199: 187-228.
- Bown, P. R., & Young, J. R (1998) Techniques; In: Bown, P.R. (eds.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall, London, pp.16- 28.
- Burnett, J. A (1998) Upper Cretaceous. In: Bown, P.R. (eds.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall Ltd. Kluwer Academic Publisher, London, pp. 132-165.
- Bralower, T. J., Leckie, R. M., Sliter, W. V., & Thierstein, H. R (1995) An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P., Hardenbol, J. (eds.), *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*. SEPM special publication, 54: 65-79.
- Bralower, T. J (2005) Data report: Paleocene-Early Oligocene calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 Sites 1209, 1210, and 1211 (Shatsky Rise, Pacific Ocean). In: Bralower, T.J., Premoli Silva, I., Malone, M.J. (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 198: 1-15.
- Darabi, Gh. & Sadeghi, A (2017) Biostratigraphy and Paleoecology of the Gurpi Formation in Marun Oil Field, Zagros Basin, SW Iran. *Geopersia*, 7 (2): 169-198.
- Farmani, T., Ghasemi-Nejad, E., Beiranvand, B., & Maleki-Porzamiani, S (2020) Biozonation, Paleobathymetry and paleoenvironmental study of the Gurpi Formation in southwestern Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 12(1): 54-68.
- Friedrich, O., & Meier, S (2006) Suitability of stable oxygen and carbon isotopes of calcareous dinoflagellate cysts for paleoclimatic studies: Evidence from the Campanian- Maastrichtian cooling phase. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239: 456-469.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., Ogg, G. M., eds., (2012) *The Geological Time Scale 2012*, Amsterdam, Elsevier, 2 Vols, 1144 p.
- Herrle, J. O (2003) Reconstructing nutricline dynamics of mid-Cretaceous oceans evidence from calcareous nannofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France). *Marine Micropaleontology*, 47: 307-321.
- حسینی‌فالحی، ب (۱۳۸۵) لیتواستراتیگرافی و نانوآستراتیگرافی سازند گورپی در تاق‌دیس کوه منگشت و برش تاق‌دیس کمستان (منطقه ایزه)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۹۴ ص.
- درویش‌زاده، ع (۱۳۸۸) زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم. انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص.
- رحیمی، س، صادقی، آ، پرتوآذر، م. ر (۱۳۹۳) چینه‌نگاری زیستی سازند گورپی در برش کوه‌سفید، خاور رامهرمز. *مجله علوم زمین*، ۹۴، ص ۱۰-۳.
- سنماری، س، فضلی، ل، و عمرانی، م (۱۳۸۹) بررسی تطابق نانوپلانکتون‌های آهکی و روزنبران پلانکتون سازند گورپی در خاور بهبهان، فصلنامه علوم‌زمین، ۷۵، ص ۱۱۹-۱۲۶.
- سنماری، س (۱۳۹۵) معرفی نانوفسیل‌های آهکی و تعیین مرز ائوسن- الیگوسن در رسوبات پالئوژن واقع در میدان نفتی مارون، مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، ۱۶۵ ص.
- صالحی، ف (۱۳۸۰) بایواستراتیگرافی سازند گورپی در برش الگو با استفاده از نانوفسیل‌های آهکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۸۸ ص.
- صادقی، ع، دارابی، ق (۱۳۹۴) بایواستراتیگرافی سازند گورپی در میدان نفتی مارون. *نشر پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، دوره ۲۱، شماره ۳، ص ۱۹-۳۶.
- فریدون‌پور، م، وزیری‌مقدم، ح، غبیشاوی، ع، و طاهری، ع (۱۳۹۳) چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاق‌دیس کوه سیاه و مقایسه آن با برش‌های تنگ بوالفارس و تاق‌دیس آغار، *نشریه رخساره‌های رسوبی*، دوره ۷، شماره ۱، ص ۱۰۶-۸۳.
- وزیری‌مقدم، ح، کاملی، ا، قیامی، م، طاهری، ع (۱۳۸۵) مقایسه چینه‌نگاری زیستی سازند گورپی در مقطع تیپ (شمال باختر مسجد سلیمان) و سبزه کوه (جنوب باختر بروجن). *نشریه علوم دانشگاه خوارزمی*، دوره ۶، شماره ۶، ص ۸۲۶-۸۰۳.
- هادوی، ف، و رسا‌یزدی، م (۱۳۸۷) نانوآستراتیگرافی سازند گورپی در برش دره‌شهر (جنوب خاور ایلام)، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۴، ص ۲۹۹-۳۰۸.
- هادوی، ف، و شکری، ن (۱۳۸۸) نانوآستراتیگرافی سازند گورپی در جنوب ایلام (برش کاور). *مجله رخساره‌های رسوبی*، دوره ۲، شماره ۲، ص ۲۲۵-۲۱۷.
- Beiranvand, B., Ghasemi-Nejad, E., & Kamali, M. R (2013) Palynomorphs response to sea-level fluctuations: a case study from Late Cretaceous-Paleocene, Gurpi Formation, SW Iran. *Journal of Geopersia*, 3 (1): 11-24.

- Cocquerez, T (2018) Integrated bio- and carbon-isotope stratigraphy of the Upper Cretaceous Gurpi Formation (Iran): A new reference for the eastern Tethys and its implications for large-scale correlation of stage boundaries. *Cretaceous Research*, 91: 312–340.
- Sissingh, W (1977) Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton: *Geologie En Minjbouw*, 56: 37–65.
- Tantawy, A. A. A. M (2002) Calcareous nannofossil biostratigraphy and palaeoecology of the Cretaceous-Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt. *Marine Micropaleontology*, 47: 323–356.
- Thibault, N., & Gardin, S (2007) The late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology*, 65: 163–184.
- Thibault, N., & Gardin, S (2010) The calcareous nannofossil response to the end-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291: 239–252.
- Thierstein, H. R (1976) Mesozoic calcareous nannoplankton Biostratigraphy of Marine Sediments. *Marine Micropaleontology*, 1: 325–362.
- Thierstein, H. R (1981) Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary. In: Warme, J. E., Douglas, R.G., Winterer, E. L. (eds.), *The deep sea Drilling Project: a decade of progress*. SEPM Special Publication, 32: 355–394.
- Tremolada, F., Erba, E., & Bralower, T. J (2006) Late Barremian to early Aptian calcareous nannofossil paleoceanography and paleoecology from the Ocean Drilling Program Hole 641C (Galicia Margin). *Cretaceous Research*, 27: 887–897.
- Vaziri-Moghaddam, H (2016) Biostratigraphy of the Gurpi Formation in Sepidan section, Interior Fars basin based on planktonic foraminifera. *Geopersia*, 6 (2): 211–221.
- Villa, G., Fioroni, C., Pea, L., Bohaty, S., & Persico, D (2008) Middle Eocene-late Oligocene climate variability: Calcareous nannofossil response at Kerguelen Plateau, Site 748. *Marine Micropaleontology*, 69: 173–192.
- Watkins, D. K (1992) Upper Cretaceous nannofossils from Leg 120, Kerguelen plateau, southern ocean. *Proceedings of the Ocean Drilling program, scientific results*, 120: 343–370.
- Watkins, D. K., Wise, S.W., Pospichal, J. J., Crux, J (1996) Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mognilevsky, A., Whatley, R. (eds.), *Microfossils and oceanic environments*. Huber, B. T., Norris, R. D., MacLeod, K. G (2002) Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous. *Geology*, 30: 123–126.
- James, G. A., & Wynd, J. G (1965) Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. *AAPG Bulletin*, 49: 2182–2245.
- Jafari, J., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., & Al-Aasm, I. S (2020) The effects of diagenesis on the petrophysical and geochemical attributes of the Asmari Formation, Marun oil field, southwest Iran. *Petroleum Science*, 17: 292–316. <https://doi.org/10.1007/s12182-019-00421>.
- Lees, J. A (2002) Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research*, 23: 537–634.
- Linnert, C., & Mutterlose, J (2009) Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian-Maastrichtian boundary interval: Calcareous nannofossils from DSDP Hole 390A (Black Nose). *Marine Micropaleontology*, 73: 26–36.
- Linnert, C., Mutterlose, J., & Herrle, J. O (2011) Late Cretaceous (Cenomanian-Maastrichtian) calcareous nannofossils from Goban Spur (DSDP Sites 549, 551): Implications for the palaeoceanography of the proto North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299: 507–528.
- Mahanipour, A., & Najafpour, A (2016) Calcareous nannofossil assemblages of the Late Campanian- Early Maastrichtian from Gurpi Formation (Dezful embayment, SW Iran): Evidence of a climate cooling event. *JGeope*, 6 (1): 129–148.
- Manivit, H (1971) Les nannofossiles calcaires du Crétacé français (Aptien-Maastrichtien): essai de biozonation appuyée sur les stratotypes. Ph. D thesis, Université de Paris, 187.
- Motiei, H (2003) Stratigraphy of Zagros, Treatise on the geology of Iran. Tehran, Iran, Geology Survey Press, 583.
- Perch-Nielsen, K (1985) Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M., et al. (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, pp. 329–426.
- Razmjooei, M. J., Thibault, N., Kani, A., Mahanipour, A., Boussaha, M., Korte, C (2014) Coniacian-Maastrichtian calcareous nannofossil biostratigraphy and carbon-isotope stratigraphy in the Zagros Basin (Iran): consequences for the correlation of Late Cretaceous Stage Boundaries between the Tethyan and Boreal realms. *Newsletters on Stratigraphy*, 47 (2): 183–209.
- Razmjooei, M. J., Thibault, N., Kani, A., Dinares-Turel, J., Puceat, E., Shahriari, S., Radmacher, W., Jamali, A. M., Ullmann, C. V., Voigt, S.,

- University of Wales, Aberystwyth Press, pp. 55–381.
- Watkins, D. K., & Self-Trail, J. M (2005) Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian. *Paleoceanography*, 20: PA3006, doi: 10.1029/2004PA001121.
- Zarei, E., Ghasemi-Nejad, E (2014). Sedimentary and organic facies investigation of the Gurpi Formation in Southwest of Zagros, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 7: 4265–4278.