چینه‌نگاری زیستی سازند گورپی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش تاقدیس کوه سفید، زون ساختاری ایذه

سعیده سنماری؛ دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، دانشکدهٔ فنی

دریافت ۹۵/۱۲/۱۸ پذیرش ۹۸/۰۴/۱۷

چکیده

در پژوهش حاضر ۱۹۰ متر از رسوبات سازند گورپی در تاقدیس کوه سفید از نقطه نظر نانوفسیل‌های آهکی بررسی شد. در این برش سازند گورپی اساسا از شیل، مارن و سنگ آهک رسی تشکیل شده است. بررسی نانوفسیل‌های آهکی در این قسمت منجر به تشخیص ۲۱ جنس و ۴۱ گونه شد. بر اساس پراکندگی گونه‌های شاخص نانوفسیلی، زیست‌زون‌های CC25-CC16 تشخیص داده شد که این زون‌ها با زیست زون‌های UC12 تا $UC20a^{TP}$ مطابقت دارد. بر اساس زون‌های زیستی به‌دست آمده، بازهٔ زمانی سازند گورپی در این برش از سانتونین میانی/پسین تا اوایل ماسترشتین پسین است. بررسی در برش تاقدیس کوه سفید نشان می‌دهد رسوب‌گذاری سازند گورپی در سانتونین میانی/پسین آغاز شده و تا اوایل ماسترشتین پسین ادامه داشته است.

واژه‌های کلیدی: زیست زون، زاگرس، سازند گورپی، کرتاسه بالایی، کوه سفید، نانوفسیلهای آهکی.

مقدمه

حوضهٔ رسوبی زاگرس از مهم‌ترین پهنه‌های رسوبی ایران است که توالی‌های رسوبی ضخیمی در آن ته نشست شده است [۳۳]. کمربند چین‌خورده و رورانده زاگرس بخشی از رشته کوه آلپ -هیمالیا است که با وسعتی در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق از شرق گسل آناتولی (شرق ترکیه) تا گسل عمان در جنوب ایران گسترش دارد [۵]. این کمربند محصول پیچیده‌ای از جدایش ایران از سرزمین گندوانا و سپس فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس با شیبی به‌سمت شمال‌شرق به زیر خرده بلوک ایران است که در نتیجه آن برخورد بین ورقه آفریقایی-عربی و بلوک ایران صورت گرفته است [۶]. این زون به‌دلیل داشتن پتانسیل بالای ذخایر طبیعی نفت و گاز از مهم‌ترین مناطق نفت‌خیز خاورمیانه محسوب می‌شود. وجود سنگ منشأ متعدد، سنگ مخزن‌های تراوا با سنگ پوش‌های مناسب، شرایط منحصر به‌فردی را برای تولید و انباشت هیدروکربن در زاگرس فراهم کرده است به‌طوری‌که این پهنه از نفت خیزترین حوضه‌های رسوبی جهان شناخته می‌شود. این زون به‌دلیل تفاوت‌های ساختاری و زمین‌شناسی موجود به زیر پهنه‌های مختلف فارس، ایذه، لرستان، خوزستان و فروافتادگی دزفول تقسیم می‌شود. در این زیر پهنه‌ها به‌دلیل تفاوت‌های ساختاری کف حوضه، رسوبات سازندهای مختلف با ضخامت‌های متفاوت نهشته شده‌اند [۳۷]. از جمله مهم‌ترین توالی‌های رسوبی دوران دوم در این ساختار، سازند گورپی است که گسترش زیادی در جنوب غرب ایران دارد [۱]. برش الگوی این سازند در تنگ پابده در جنوب باختر دامنهٔ کوه پابده با لیتولوژی از رسوبات مارن، شیل و سنگ آهک رسی است. از کارهای انجام شده روی سازند گورپی می‌توان به تحقیقات متعددی اشاره کرد [۲]، [۳]، [۴]، [۷]، [۸]، [۹]، [۲۷]، [۴۴]. در همهٔ این تحقیقات محیط رسوبی عمیق و تغییرات عمق دیرینه و نیز چگونگی گسترش

*نویسنده مسئول senemari2004@yahoo.com

میکرو و ماکروفسیل‌ها بررسی شده است و بر اساس آن تعیین سن‌های مختلفی از سانتونین (کرتاسه پسین) تا پالئوسن برای سازند گورپی در مناطق مختلف ارائه شده است. تحقیق حاضر از اولین پژوهش‌های انجام شده روی نهشته‌های سازند گورپی، واقع در برش تاقدیس کوه سفید در شرق رامهرمز است که به‌منظور بایوزوناسیون و تعیین سن نسبی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی بررسی شده است.

زمین‌شناسی عمومی منطقه و راه‌های دسترسی

بر اساس پژوهش‌های زمین‌شناسی، خوزستان در دورهٔ کرتاسه به‌صورت بخشی از زاگرس از سایر مناطق ایران جدا شد و به‌شکل حوضه‌ای فرورفته که دائماً در حال فرونشست بود، درآمد. رسوبات کف این حوضه شروع به چین‌خوردگی کرد که نتیجه آن پیدایش کوه‌های زاگرس در جنوب‌غرب ایران است. قسمت‌های شمالی تا شرق خوزستان در نتیجه این فعالیت‌های کوه‌زایی به‌صورت مجموعه‌ای چین‌خورده متشکل از تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی درآمد. برش بررسی شده بین پهنهٔ ساختاری ایذه و فروافتادگی دزفول، با موقعیت عرض جغرافیایی شمالی ′۱۸ °۳۱ و طول جغرافیایی شرقی′۵۹ °۴۹ و در شرق رامهرمز قرار دارد. این برش از نظر سنگ‌شناسی از شیل، مارن و سنگ آهک رسی تشکیل شده که به‌صورت هم‌شیب روی سازند ایلام و به‌صورت ناپیوسته و فرسایشی به‌وسیلهٔ سازند پابده پوشیده شده است. برای دست‌یابی به این برش می‌توان در مسیر جاده رامهرمز به باغملک قرار گرفت و سپس به‌سمت شرق به روستای بهمنی رسید. برش مورد نظر در یال تاقدیس کوه سفید در نزدیکی روستای بهمنی قرار دارد (شکل ۱).

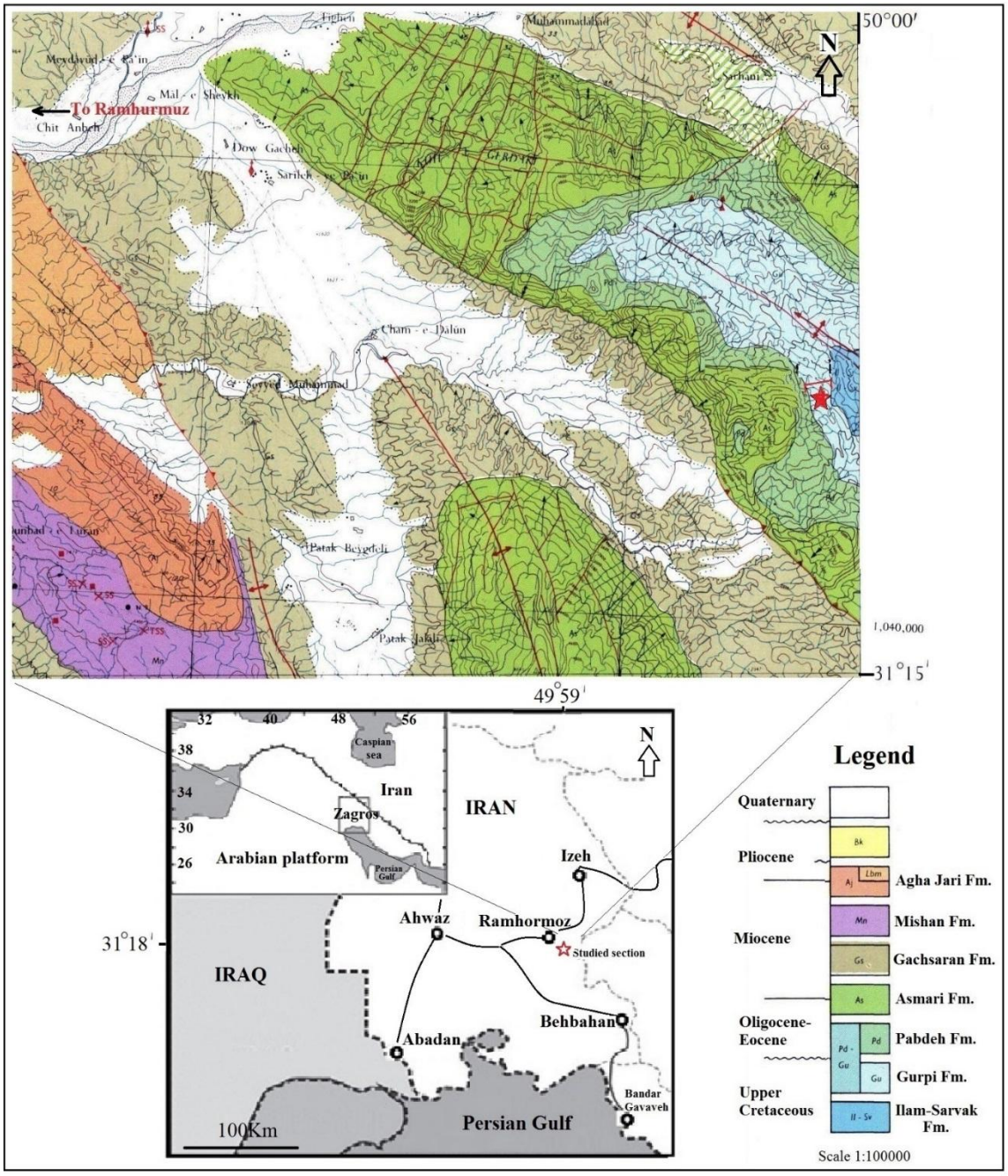
روش تحقیق و بررسی

در این تحقیق برای انجام پژوهش‌های چینه‌نگاری زیستی، نمونه‌برداری از ۱۹۰ متر از رسوبات سازند گورپی به‌همراه برداشت از بخش‌های بالایی سنگ آهک سازند ایلام و شیل‌های ارغوانی متعلق به بخش تحتانی سازند پابده به‌منظور مشخص کردن مرزهای زیرین و بالایی صورت گرفت. نمونه‌ها در آزمایشگاه با روش اسمیراسلاید آماده‌سازی [۱۲] و سپس به‌وسیلهٔ میکروسکوپ پلاریزان المپوس BH2 با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ در نور پلاریزه و نور معمولی بررسی شدند. در این تحقیق به‌منظور انجام زیست‌چینه‌نگاری بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی، بررسی نیمه‌کمی انجام شد. در ضمن این پژوهش بین ۵ تا ۷ ردیف از هر اسلاید و بین ۵۰ تا ۷۰ میدان دید بررسی شد. بررسی اسلایدها برای شناسایی جنس‌ها و گونه‌ها، بر اساس منابعی مانند پرچ نیلسون [۳۵] و بارنت [۱۸] انجام شد. برای تعیین دقیق سن نسبی سازند، زون‌های زیستی تعیین شده با زون‌های زیستی ارائه شده به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] و بارنت [۱۸] در قلمرو تتیس مقایسه شد (شکل ۲).

بررسی زیست‌چینه‌نگاری برش تاقدیس سفید کوه

الگوی تکاملی نانوفسیل‌ها در تحقیقات مختلفی مانند چینه‌نگاری‌زیستی رسوبات دریایی و بررسی‌های دیرینه اهمیت دارد. رسوبات حاوی اجزای نانوفسیل‌های آهکی در انواع محیط‌های دریایی یا اقیانوسی متعلق به دوران‌های زمین‌شناسی مزوزوئیک و سنوزوئیک یافت می‌شوند. نانوپلانکتون‌های آهکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان اولیه محیط‌های

اقیانوسی هستند و نقش مهمی را در فرآیندهای بیولوژیکی و کانی‌زایی زیستی ایفا می‌کنند. فراوانی نسبی، محدوده سنی کوتاه و گسترش جغرافیایی وسیع، آن‌ها را به‌عنوان شاخصی مفید در پژوهش‌های چینه‌نگاری‌زیستی مطرح می‌کند [۱۱]، [۱۳]، [۱۵]، [۱۸]، [۲۸]، [۳۱]، [۳۵]، [۳۸]، [۴۲]، [۴۵]، [۴۸]. تمامی مدل‌های زیست‌چینه‌نگاری ارائه شده بر اساس روند تکاملی گونه‌های شاخص زونی ارائه شده است. در این تحقیق، زون‌بندی بررسی شده در برش سفید کوه با زون‌بندی سیسینگ [۳۸] و بارنت [۱۸] مطابقت داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی تاقدیس سفید کوه در شرق رامهرمز (برگرفته شده از نقشه ۱۰۰۰۰۰ :۱ هفت‌کل [۲۳]) و راه‌های دسترسی به برش بررسی شده (موقعیت با ستاره مشخص شده است)(برگرفته شده با کمی تغییر از [۹])

الگوی زیست‌چینه‌نگاری نانوفسیل‌های آهکی

به‌منظور شناسایی گونه‌ها و بررسی چینه‌نگاری‌زیستی، از بولی و همکاران[۱۰] و بارنت [۱۸] استفاده شد. در این پژوهش با شناسایی اجزای نانوفسیل‌های‌آهکی موجود در رسوبات، ضمن تشخیص ۴۱ گونه از ۲۱ جنس و ۱۳ خانواده، زون‌های زیستی *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone تا *Arkhangelskiella cymbiformis* Zone بر اساس زون‌بندی سیسینگ [۳۸] و زیست‌زون UC12 تا زیرزون $UC20a^{TP}$ از زون‌بندی بارنت [۱۸] تشخیص داده شد. با استفاده از گونه‌های شناسایی شده (پلیت ۱، ۲)، نمودار چینه‌نگاری‌زیستی تهیه شد و در نهایت با زون‌بندی‌های مذکور مقایسه شد (شکل ۲). بیوزون‌های تشخیص داده شده در سازند گورپی در برش سفید کوه بدین‌شرح است:

Lucianorhabdus cayeuxii (CC16) Zone

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* تا ظهور گونه شاخص *Calculites obscurus* تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. در این زون زیستی حادثه زیستی ظهور گونه‌های *Lucianorhabdus cayeuxii* (نمونهٔ ۲، ۰/۲ متر) و سپس *Calculites obscurus* (نمونه ۷، ۱۰/۲ متر) بیان‌گر وجود زون CC16 در قاعده سازند گورپی است. در این زیست زون، شاخص‌های زونی *L. cayeuxii* و سپس *C. obscurus* شناسایی شد. از سویی دیگر به‌دلیل حضور نداشتن گونهٔ *L. septenarius* در این زون و همچنین حضور گونهٔ *Quadrum gothicum* (=*Uniplanarius goticus*) این زون با زون UC12 از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. سن این زون بر اساس شاخص‌های زونی سانتونین میانی/ پسین است. ضخامت این زون زیستی ۱۰ متر و برخی از مهم‌ترین گونه‌های همراه شناسایی شده در این زون شامل این گونه‌ها است:

Braarudosphaera biglowii, Chiastozygus platyrhethus, Calculites ovalis, Eiffellithus eximius, Eiffellithus turriseiffelii, Reinhardtites anthophorus, Rhagodiscus angustus, Micula staurophora, Marthasterites furcatus, Micula decussata, Micula concava, Microrhabdulus decoratus, Quadrum gartneri, Lithastrinus grillii, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Lucianorhabdus maleformis, Tranolithus phacelosus (=*Tranolithus orionatus*), *Uniplanarius goticus, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta*.

Calculites obscurus (CC17) Zone

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونهٔ *Calculites obscurus* تا ظهور گونهٔ *Broinsonia parcus* (=*Aspidolithus parcus parca parca*) تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. در برش تاقدیس سفید کوه، حادثهٔ زیستی ظهور گونهٔ *Calculites obscurus* (نمونهٔ ۷، ۱۰/۲ متر) و سپس ظهور گونهٔ *Broinsonia parca parca* (نمونهٔ ۱۲، ۲۶/۷ متر) بیان‌گر وجود زون CC17 است. در این زون، گونهٔ *Arkhangelskiella cymbiformis* شناسایی شد اما حضور این گونه به‌صورت کمیاب و نادر مشاهده شد. از این‌رو زون مورد نظر با زون UC13 از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. سن این زون، سانتونین پسین-کامپانین پیشین و ضخامت آن ۱۶/۵ متر است. مهم‌ترین گونه‌های همراه شناسایی شده در این زون شامل این گونه‌ها است: *Arkhangelskiella cymbiformis, Braarudosphaera biglowii, Calculites ovalis, Calculites*

obscurus, Chiastozygus platyrhethus, Eiffellithus eximius, Eiffellithus gorkae, Eiffellithus turriseiffelii, Rhagodiscus angustus, Tranolithus orionatus, Uniplanarius goticus, Quadrum cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Lithastrinus grillii, gartneri, Lucianorhabdus Lucianorhabdus maleformis, Microrhabdulus decoratus, Microrhabdulus belgicus, Micula furcatus, Micula concava, Micula staurophora, Reinhardtites decussata, Marthasterites anthophorus, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta

در این زون گونهٔ *A. cymbiformis* کوچک‌تر از نمونه‌های همین گونه در زون‌های زیستی CC23 تا CC25 بود.

Aspidolithus parcus parcus (CC18) Zone

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونهٔ *Aspidolithus parcus* (=*Broinsonia parca parca*) *parcus* تا آخرین حضور گونهٔ *Marthasterites furcatus* تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. در برش کوه‌سفید، حادثهٔ زیستی ظهور گونه *Broinsonia parca parca* (نمونهٔ ۱۲، ۲۶/۷ متر) و سپس آخرین حضور گونهٔ *Marthasterites furcatus* (نمونهٔ ۱۶، ۴۳/۱ متر) بیان‌گر وجود این زون است. زون CC18 با زون UC14 از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. شاخص زونی شروع این زون، یعنی گونهٔ *Broinsonia parca parca* در زون‌بندی‌های بارنت [۱۸] و سیسینگ [۳۸]یک‌سان است. ضخامت این زون ۱۶/۴ متر است. سن این زون، کامپانین پیشین و تجمعات فسیلی همراه در این زون شامل این گونه‌ها است:

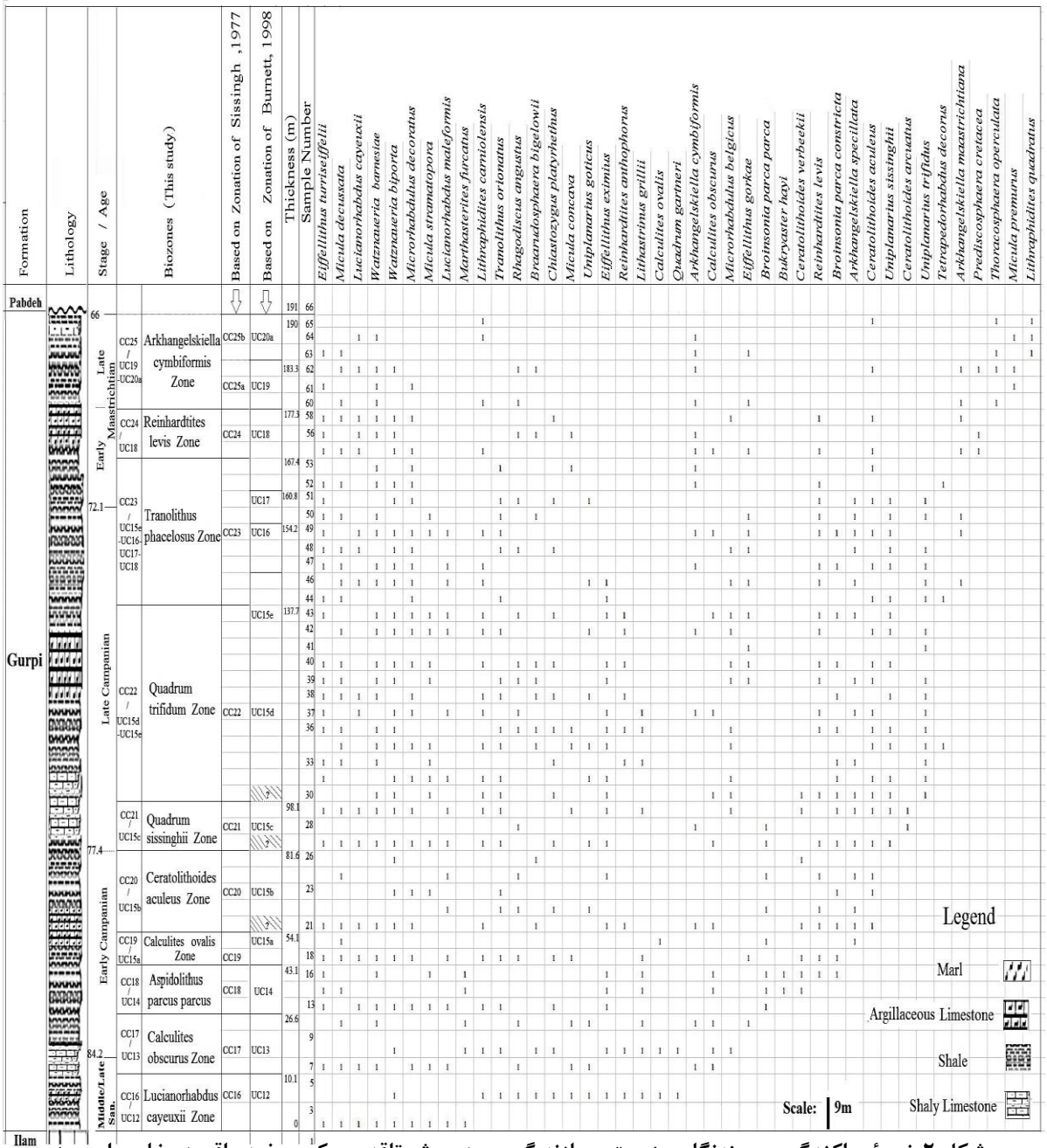
Broinsonia parca parca, Aspidolithus parcus constrictus (=*Broinsonia parca constricta*), *Bukryaster hayi, Chiastozygus platyrhethus, Calculites obscurus, Ceratolithoides verbeekii, Eiffellithus eximius, Eiffellithus turriseiffelii, Lithastrinus grillii, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Micula staurophora, Marthasterites furcatus, Microrhabdulus decoratus, Reinhardtites levis, Tranolithus orionatus, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta*

Calculites ovalis (CC19) Zone

این زون در برش بررسی شده از آخرین حضور گونهٔ *Marthasterites furcatus* تا ظهور گونهٔ *Ceratolithoides aculeus* تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. در برش بررسی شده، آخرین حضور گونهٔ *M. furcatus* (نمونهٔ ۱۶، ۴۳/۱ متر) تا ظهور گونهٔ *Ceratolithoides aculeus* (نمونهٔ ۲۱، ۵۴/۲ متر) بیان‌گر وجود زون CC19 است. زون CC19 با زیرزون $UC15a^{TP}$ از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. ضخامت زون مورد نظر ۱۱/۱ متر است. سن این زون، اواخر کامپانین پیشین و برخی از مهم‌ترین گونه‌های همراه شناسایی شده عبارتند از:

Broinsonia parca parca, Arkhangelskiella specillata, Broinsonia parca constricta, Calculites ovalis, Ceratolithoides verbeekii, Chiastozygus platyrhethus, Eiffellithus gorkae, Eiffellithus

turriseiffelii, Lithraphidites carniolensis, Lucianorhabdus cayeuxii, Micula concava, Micula decussata, Microrhabdulus decoratus, Tranolithus orionatus, Rhagodiscus angustus, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta.



شکل ۲. نحوهٔ پراکندگی و چینه‌نگاری زیستی سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سفید واقع در خاور رامهرمز، خوزستان

Ceratolithoides aculeus (CC20) Zone

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونهٔ *Ceratolithoides aculeus* تا ظهور گونهٔ *Uniplanarius sissinghii sissinghii*) تعریف می‌شود [۳۵]. این بیوزون به‌وسیلهٔ کپک وهای [۲۰] معرفی و

به‌وسیلهٔ مارتینی [۳۲] اصلاح شده است. در برش بررسی شده زون مذکور از ظهور گونهٔ *C. aculeus* (نمونهٔ ۲۱، ۵۴/۲ متر) تا ظهور گونهٔ *Uniplanarius sissinghii* (نمونهٔ ۲۷، ۸۱/۷ متر) ادامه دارد. زون CC20 با زیرزون $UC15b^{TP}$ از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. سن این زون زیستی، اواخر کامپانین پیشین و ضخامت آن ۲۷/۵ متر است. از تجمعات فسیلی همراه در این زون می‌توان به این گونه‌ها اشاره کرد:

Broinsonia parca constricta, Arkhangelskiella specillata, Broinsonia parca parca, Braarudosphaera biglowii, Ceratolithoides verbeekii, Calculites obscurus, Chiastozygus platyrhethus, Ceratolithoides aculeus, Eiffellithus eximius, Eiffellithus turriseiffelii, Tranolithus orionatus, Reinhardtites anthophorus, Uniplanarius goticus, Rhagodiscus angustus, Micula decussata, Microrhabdulus decoratus, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Lucianorhabdus maleformis, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta.

***Quadrum sissinghii* (CC21) Zone**

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونهٔ *Uniplanarius sissinghii* تا ظهور گونهٔ (=*Uniplanarius Quadrum trifidum trifidus*) تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. شناسایی این زون در برش بررسی شده بر اساس ظهور گونهٔ *Uniplanarius sissinghii* (نمونهٔ ۲۷، ۸۱/۷ متر) تا ظهور گونهٔ شاخص *Uniplanarius trifidus* (نمونهٔ ۳۰، ۹۸/۲ متر) است. سیسینگ زون مذکور را بر اساس بازهٔ زمانی ظهور و انقراض گونهٔ *Ceratolithoides arcuatus* به سه بخش تقسیم کرد [۳۸]. زون CC21 با زیرزون $UC15c^{TP}$ از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. سن این زون ابتدای کامپانین پسین است. ضخامت این زون ۱۶/۵ متر و مهم‌ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده این گونه‌ها است:

Arkhangelskiella specillata, Arkhangelskiella cymbiformis, Broinsonia parca constricta, Chiastozygus platyrhethus, Ceratolithoides arcuatus, Ceratolithoides aculeus, Ceratolithoides verbeekii, Calculites obscurus, Eiffellithus eximius, Eiffellithus turriseiffelii, Tranolithus orionatus, Rhagodiscus angustus, Micula concava, Micula staurophora, Micula decussata, Microrhabdulus decoratus, Lucianorhabdus maleformis, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Uniplanarius sissinghii, Uniplanarius goticus, Watznaueria biporta, Watznaueria barnesiae.

***Quadrum trifidum* (CC22) Zone**

این زون در برش بررسی شده از ظهور گونهٔ *Quadrum trifidum* (=*Uniplanarius trifidus*) تا آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites anthophorus* تعریف می‌شود [۳۵]. این زون به‌وسیلهٔ بوکری و برملت [۱۷] ارائه و به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] تصحیح شده است. شناسایی این زون در برش بررسی شده بر اساس حوادث زیستی ظهور گونهٔ *Uniplanarius trifidus* (نمونهٔ ۳۰، ۹۸/۲ متر) تا آخرین حضور گونهٔ شاخص *Reinhardtites anthophorus*

(نمونهٔ ۴۳، ۱۳۷/۷ متر) انجام شده است. زون CC22 با زیرزون‌های $UC15d^{TP}$ و $UC15e^{TP}$ از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. البته ثبت نشدن گونهٔ *Eiffellithus parallelus* امکان تفکیک زیرزون‌های $UC20d^{TP}$ و $UC20e^{TP}$ را امکانپذیر نکرد. سن این زون اواخر کامپانین پسین است. ضخامت این زون ۳۹/۵ متر و مهم‌ترین تجمعات فسیلی همراه نظیر این گونه‌ها است:

Arkhangelskiella cymbiformis, Arkhangelskiella specillata, Broinsonia parca constricta, Braarudosphaera biglowii, Calculites obscurus, Ceratolithoides aculeus, Chiastozygus platyrhethus, Eiffellithus eximius, Eiffellithus turriseiffelii, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Lithastrinus grillii, Micula staurophora, Micula concava, Microrhabdulus decoratus, Micula decussata, Reinhardtites levis, Reinhardtites anthophorus, Rhagodiscus angustus, Tetrapedorhabdus decorus, Tranolithus orionatus, Uniplanarius goticus, Uniplanarius sissinghii, Uniplanarius trifidus, Watznaueria barnesiae.

***Tranolithus phacelosus* (CC23) Zone**

این زون زیستی از آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites anthophorus* تا آخرین حضور گونهٔ *Tranolithus phacelosus* (=*Tranolithus orionatus*) تعریف می‌شود [۳۵]. زون CC23 به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. در برش بررسی شده این زون از آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites anthophorus* (نمونهٔ ۴۳، ۱۳۷/۷ متر) تا آخرین حضور گونهٔ *Tranolithus orionatus* (نمونهٔ ۵۳، ۱۶۷/۴ متر) ادامه دارد. زون CC23 با زون‌های UC16-UC17 از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. در این زون آخرین حضور گونهٔ *Broinsonia parca constricta* سبب تقسیم زون CC23 می‌شود [۳۹]. سن این زون اواخر کامپانین پسین- ماستریشتین پیشین است. ضخامت این زون ۲۹/۷ متر است. مهم‌ترین فسیل‌های همراه در این زون این گونه‌ها هستند:

Arkhangelskiella specillata, Arkhangelskiella maastrichtiana, Arkhangelskiella cymbiformis, Broinsonia parca constricta, Braarudosphaera biglowii, Calculites obscurus, Ceratolithoides aculeus, Chiastozygus platyrhethus, Eiffellithus turriseiffelii, Eiffellithus gorkae, Tranolithus orionatus, Rhagodiscus angustus, Reinhardtites levis, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Micula decussata, Microrhabdulus decoratus, Micula staurophora, Uniplanarius goticus, Uniplanarius trifidus, Uniplanarius sissinghii, Tetrapedorhabdus decorus, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta

***Reinhardtites levis* (CC24) Zone**

این زون از آخرین حضور گونهٔ *Tranolithus orionatus* تا آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites levis* تعریف می‌شود [۳۵]. زون CC24 به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] معرفی شده است. شناسایی این زون در برش بررسی شده بر اساس آخرین حضور گونهٔ *Tranolithus orionatus* (نمونهٔ ۵۳، ۱۶۷/۴ متر) تا آخرین حضور گونهٔ

Reinhardtites levis (نمونهٔ ۵۸، ۱۷۷/۳ متر) انجام شد. به‌عبارتی دیگر هر دو شاخص زونی در این برش شناسایی شد. زون CC24 با زون UC18 از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. سن این زون، بخش فوقانی ماستریشتین پیشین و ضخامت آن ۹/۹ متر است. مهم‌ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده در این زون این گونه‌ها هستند:

Arkhangelskiella cymbiformis, Arkhangelskiella maastrichtiana, Chiastozygus platyrhethus, Braarudosphaera biglowii, Ceratolithoides aculeus, Calculites obscurus, Eiffellithus gorkae, Eiffellithus turriseiffelii, Microrhabdulus decoratus, Prediscosphaera cretacea, Rhagodiscus angustus, Micula concava, Micula decussata, Lithraphidites carniolensis, Lucianorhabdus cayeuxii, Reinhardtites levis, Watznaueria barnesiae, Watznaueria biporta.

Arkhangelsiella cymbiformis (CC25) Zone

این زون از آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites levis* تا ظهور گونهٔ *Nephrolithus frequens* ادامه دارد. این زون به‌وسیلهٔ پرچ نیلسون [۳۵] معرفی و به‌وسیلهٔ سیسینگ [۳۸] تصحیح شده است. در این پژوهش گونهٔ *Nephrolithus frequens* به‌دلیل این‌که شاخص عرض‌های جغرافیایی بالا است، شناسایی نشد. از این‌رو در برش تاقدیس کوه سفید، مرز تحتانی زون به‌وسیله آخرین حضور گونهٔ *Reinhardtites levis* (نمونهٔ ۵۸، ۱۷۷/۳ متر) و تعیین حد بالایی زون تا زیرزون CC25b یعنی بر اساس آخرین حضور گونهٔ *Lithraphidites quadratus* (نمونهٔ ۶۵، ۱۹۰/۲ متر) انجام شد. از این‌رو زون CC25 با بخش تحتانی زون UC20 a^{TP} از زون‌بندی بارنت [۱۸] مطابقت دارد. بنابراین سن آخرین زون شناسایی شده در سازند گورپی، در برش کوه سفید، اوایل ماسترشتین پسین است. ضخامت این زون ۱۲/۹ متر است. مهم‌ترین فسیل‌های همراه شناسایی شده در این زون این گونه‌ها است:

Arkhangelskiella cymbiformis, Arkhangelskiella maastrichtiana, Braarudosphaera biglowii, Ceratolithoides aculeus, Eiffellithus gorkae, Eiffellithus turriseiffelii, Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxii, Lithraphidites carniolensis, Prediscosphaera cretacea, Micula decussata, Microrhabdulus decoratus, Micula praemurus, Rhagodiscus angustus, Thoracosphaera operculata, Watznaueria biporta, Watznaueria barnesiae

بنابراین در این پژوهش بیوزون‌های شناسایی شده بر اساس رفرنس سیسینگ [۳۸] شامل بیوزون‌های متوالی CC16 تا CC25a و بیوزون‌های شناسایی شده بر اساس بارنت [۱۸]، شامل زون‌های زیستی UC12 تا UC20a است. ضمن این‌که در این بررسی، طبق زون‌بندی بارنت [۱۸]، مرز زیرزون‌های UC15a/b ، UC15b/c و UC15c/d به‌دلیل ثبت نشدن گونه‌های شاخص نامشخص است.

بررسی برخی عوامل مؤثر بر پراکندگی تجمعات نانوفسیل‌های آهکی

در دهه‌های اخیر نانوفسیل‌های آهکی به‌عنوان شاخص‌های بسیار مفید برای تفسیر وضعیت گذشته و در پاسخ به سوالات مطرح شده در زمینه‌های اقیانوس‌شناسی و آب و هوای دیرینه استفاده شده‌اند [۲۱]، [۳۰]. در تحقیق حاضر

با استفاده از بررسی نانوفسیل‌های آهکی، چینه‌نگاری‌زیستی و هم‌چنین حضور و فقدان برخی از گونه‌های شاخص بررسی شد. از جمله عامل‌هایی که فعالیت‌های حیاتی کوکولیتوفر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد درجه حرارت، عمق، شدت نور و مقدار مواد غذایی است [۱۹]، [۲۵]، [۳۴]، [۳۶]، [۵۰]، [۴۷]. افزایش نانو پلانکتون‌ها بر چرخه‌های کربن و هم‌چنین بر جذب دی‌اکسید کربن جوی در اقیانوس‌ها اثر می‌گذارد [۲۱]. بیش‌ترین مقدار این گروه فسیلی در آب‌های گرم، در زون نوری و بیش‌ترین حد تجمع آن‌ها در عرض‌های جغرافیایی 45° شمالی و جنوبی است [۲۱]. در برش بررسی شده حضور گونه‌های مختلفی که شاخص آب و هوای گرم هستند مانند:

Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxii, Microrhabdulus decorates, Micula decussata, Rhagodiscus angustus, Watznaueria barnesiae, Uniplanarius trifidus, Uniplanarius sissinghii, Ceratolithoides aculeus, Lithraphidites carniolensis

بیان‌گر شرایط گرم آب و هوایی در حوضهٔ بررسی شده است. گسترش گونه‌های مذکور در حوضه‌های مختلف، به‌وسیلهٔ بسیاری از محققان گزارش شده است [۱۶]، [۲۲]، [۲۴]،[۲۶]، [۳۱]، [۳۵]، [۳۹]، [۴۳]، [۴۶]. در این پژوهش از تمایلات محیطی گونه‌ها و بر اساس نتایج به‌دست آمده از محققان مختلف برای شرح تغییرات محیط اقیانوسی گذشته استفاده شده است. به‌عنوان مثال در این تحقیق تغییرات فراوانی گونهٔ *M. decussata* که معرف و شاخص عمق است بررسی شد. نتایج بررسی الگوی فراوانی گونهٔ *M. decussata* نشان می‌دهد که فراوانی این گونه با عمق نسبت مستقیم دارد [۴۲]. به‌طوری‌که در زون‌های تحتانی سازند گورپی، این گونه فراوانی زیادی دارد. اما هر چه به‌سمت راس سازند و بخش‌های انتهایی آن پیش می‌رویم از فراوانی آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین با توجه به فراوانی کم گونهٔ *M. decussata* در بخش‌های بالایی سازند گورپی می‌توان به کاهش عمق حوضهٔ رسوبی در زمان ماسترشتین نسبت به کامپانین پی‌برد. هم‌چنین از جمله عوامل مؤثر بر گونه‌ها، عامل حفظ‌شدگی در برش بررسی شده است. این عامل در ارتباط با عامل انحلال در محیط رسوبی است، به‌طوری‌که هر چه عواملی مانند انحلال و یا دیاژنز در رسوبات متعلق به حوضه رسوبی بیش‌تر باشد، از حفظ‌شدگی گونه‌های حساس به انحلال کاسته می‌شود [۴۹]، [۱۱]. از آن‌جاکه در برش بررسی شده گونه‌هایی با دیواره ضخیم، ناحیهٔ مرکزی مشخص و حفظ‌شدگی خوب، زیاد مشاهده می‌شود از این‌رو، این می‌تواند دلیلی بر وجود شرایط مناسب محیطی در حوضهٔ رسوبی و برش بررسی شده باشد. حضور گونه‌های حساس در برابر انحلال نظیر *Calculites obscurus, Uniplanarius trifidus, Uniplanarius sissinghii,* در توالی مورد نظر بیان‌گر آن است که نرخ انحلال در حوضه رسوبی بسیار اندک است و یا این‌که وجود نداشته است. هم‌چنین حضور گونه‌های *Rhagodiscus angustus, Microrhabdulus decorates, Eiffellithus turriseiffelii, Lithraphidites carniolensis, Watznaueria barnesiae* در برش بررسی شده بیان‌گر آب‌های الیگوتروفیک و با نرخ کم مواد غذایی است [۱۴]، [۲۹]، [۳۰]، [۴۰]، [۴۱]. به‌عنوان مثال گونهٔ *Watznaueria barnesiae* گونه‌ای است که بیان‌گر شرایط الیگوتروفیک پایدار است [۳۴].

نتیجه‌گیری

بررسی نانوفسیل‌های آهکی در برش بررسی شده منجر به شناسایی ۴۱ گونه از ۲۱ جنس از نانوفسیل‌های آهکی با حفظ‌شدگی خوب در نمونه‌ها شد. بر اساس این پژوهش، اولین حضور گونه‌های *Lucianorhabdus cayeuxii* و *Calculites obscurus* بیان‌گر سن سانتونین میانی/پسین در شروع سازند گورپی و آخرین حضور گونهٔ *Lithraphidites quadratus* نیز بیان‌گر بخش فوقانی سازند گورپی با سن اوایل ماسترشتین پسین است. با توجه به نبود گونه شاخص *Micula murus*، بیش‌ترین زون شناسایی شده در این برش، زیرزون UC20a^{TP} /CC25b است. بنابراین در برش بررسی شده زون‌های زیستی *Lucianorhabdus cayeuxii* Zone تا (زیرزون CC25b) *Arkhangelsiella cymbiformis* Zoneکه معادل با زون‌های زیستی UC12 تا UC20a^{TP} است مشخص و تعیین گردید. با توجه به پژوهش‌هایانجام شده روی نانو فسیل‌های آهکی، حضور گونه‌های معرف آب و هوای گرم و شاخص عرض‌های جغرافیایی پایین می‌تواند بیان کننده آب و هوای گرم در این بخش از ایران در شرق رامهرمز باشد.

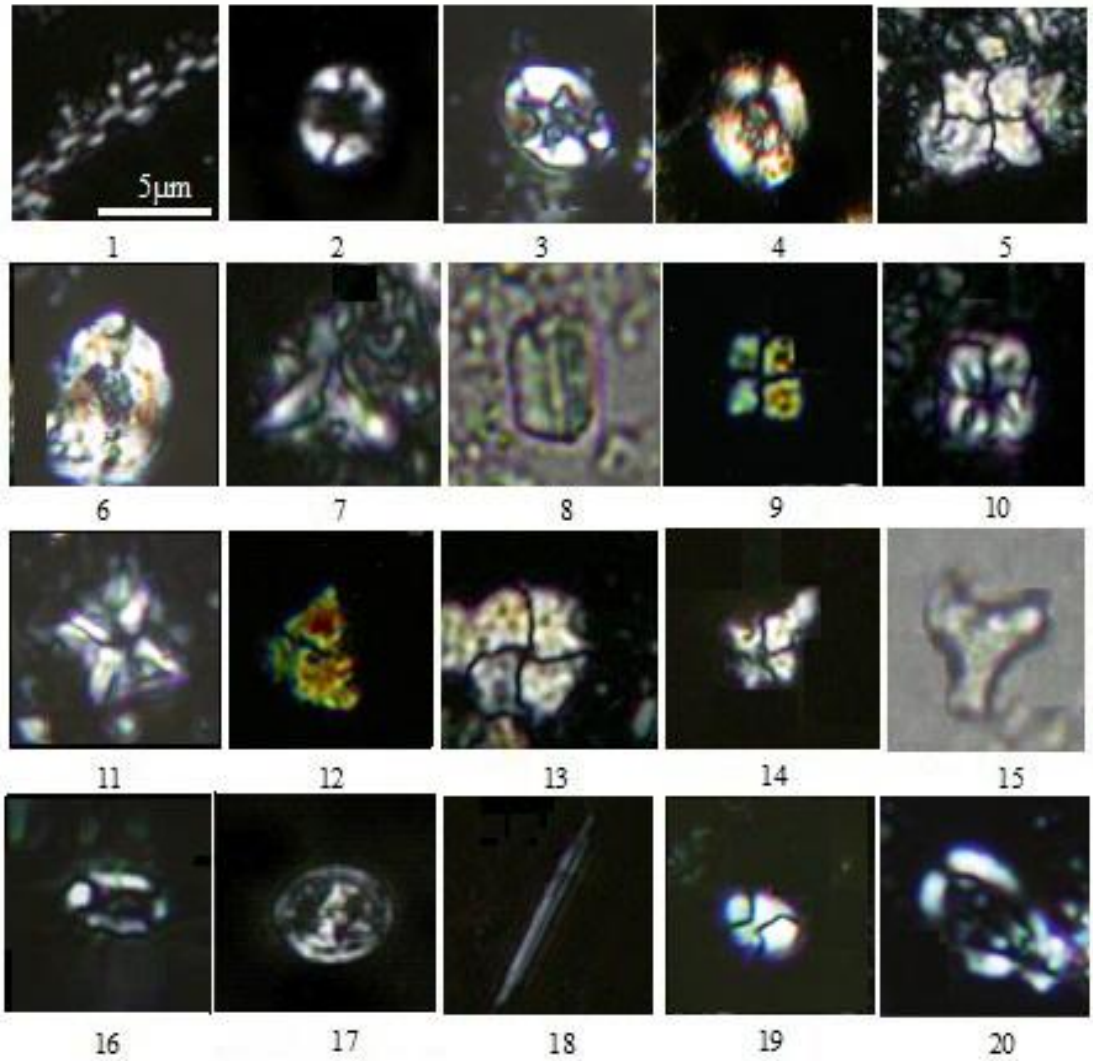


Plate 1: All figures light microphotographs X1000, the taxa considered in the present figure are referenced in Perch-Nielsen (1985); Scale bar is 5 µm. 1. *Microrhabdulus decoratus* Deflandre (1959); (Sample No. 38), 2. *Eiffellithus gorkae* Reinhardt, 1965; (Sample No. 63), 3. *Eiffellithus turriseiffelii (*Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Reinhardt, 1965; (Sample No. 44), 4. *Aspidolithus parcus parcus* (Stradner, 1963) Noel (1969); (Sample No. 28), 5. *Quadrum gothicum* (Deflandre, 1959) Prins & Perch-Nielsen in Manivit et al. (1977); (Sample No. 27), 6. *Aspidolithus parcus constrictus* (Hattner et al., 1980) Perch-Nielsen (1984a); (Sample No. 36), 7, *Ceratolithoides verbeekii* Perch-Nielsen, 1979; (Sample No. 29), 8. *Lithraphidites quadratus* Bramlette & Martini, 1964; (Sample No. 65), 9. *Quadrum gartneri* Prins & Perch-Nielsen *in* Manivit et al., 1977, (Sample No. 9), 10. *Micula cubiformis* Forchheimer, 1972; (Sample No. 1), 11. *Micula decussata* Vekshina (1959); (Sample No. 62), 12. *Uniplanarius trifidus* (Stradner in Stradner & Papp, 1961) Hattner & Wise, in Wind & Wise 1983; (Sample No. 34), 13. *Calculites ovalis (*Stradner, 1963) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977; (Sample No. 19), 14. *Uniplanarius sissinghii*

(Perch-Nielsen, 1986) Farhan 1987; (Sample No. 47), 15. *Marthasterites furcatus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Deflandre, 1959; (Sample No. 10), 16. *Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt (1971); (Sample No. 18), 17. *Reinhardtites anthophorus* (Deflandre, 1959) Perch-Nielsen (1968); (Sample No. 38), 8. *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963; (Sample No. 65), 19. *Calculites obscurus* (Deflandre, 1959) Prins & Sissingh in Sissingh (1977); (Sample No. 54), 20. *Arkhangelskiella cymbiformis* Vekshina, 1959; (Sample No. 42).

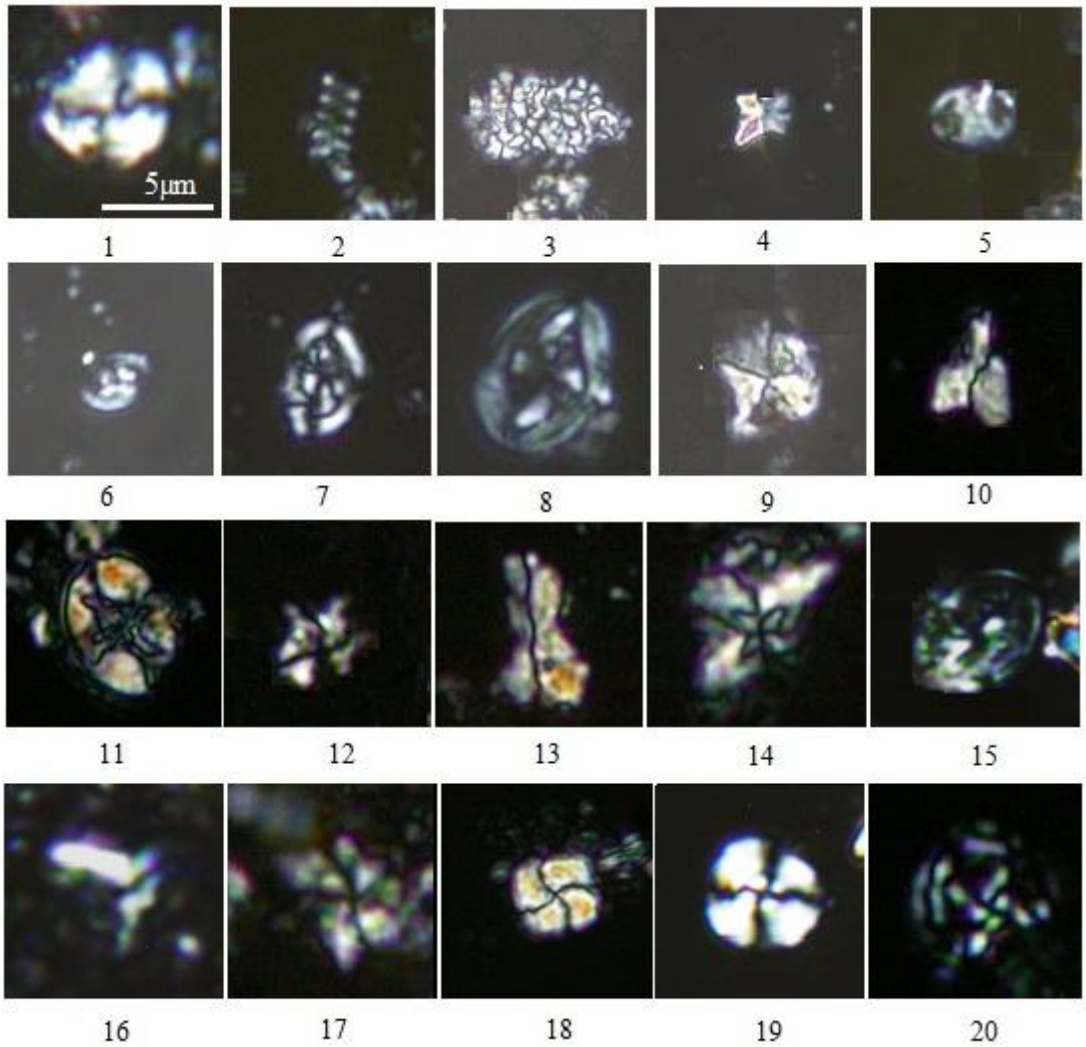


Plate 2: All figures light microphotographs X1000, the taxa considered in the present figure are referenced in Perch-Nielsen (1985); Scale bar is 5 µm. 1. *Watznaueria biporta* Bukry, 1969, (Sample No.58), 2. *Tetrapodorhabdus decorus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Wind & Wise 1983, (Sample No. 52), 3. *Thoracosphaera operculata* Bramlette & Martini 1964, (Sample No. 62), 4. *Micula concava* (Stradner in Martini & Stradner, 1960) Verbeek, 1976; (Sample No. 34), 5. *Chiastozygus platyrhethus* Hill, 1976 (Sample No. 51), 6. *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b; (Sample No. 48), 7. *Arkhangelskiella specillata* Vekshina, 1959, (Sample No. 49), 8. *Arkhangelskiella*

***maastrichtiensis* Burnett, 1997; (Sample No. 60), 9. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud 1935) Deflandre, 1947, (Sample No. 50), 10. *Ceratolithoides aculeus* (Stradner, 1961) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977, (Sample No. 39), 11. *Eiffellithus eximius* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968; (Sample No. 39), 12. *Bukryaster hayi* (Bukry, 1969) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977; (Sample No. 14), 13. *Lucianorhabdus cayeuxii* Deflandre, 1959; (Sample No. 37), 14. *Micula staurophora* (Gardet, 1955) Stradner, 1963; (Sample No. 49), 15. *Reinhardtites levis* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977; (Sample No. 50), 16. *Ceratolithoides arcuatus* Prins & Sissingh in Sissingh, 1977; (Sample No. 29), 17. *Lithastrinus grillii* Stradner, 1962; (Sample No. 36), 18. *Micula praemurus* (Bukry, 1973) Stradner & Steinmetz (1984); (Sample No. 62), 19. *Watznaueria barnesiae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen (1968); (Sample No. 48), 20. *Prediscospheara cretacea* (Arkhangelsky, 1912) Gartner (1968) (Sample No. 54).**

منابع

۱. آقانباتی علی، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۵) ۵۸۶.

۲. رضائیان هاله، "زیست چینه‌نگاری سازندهای ایلام و گورپی در شرق شهرستان رامهرمز"، برش تنگ بوالفارس .پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان (۱۳۹۰).

۳. فریدونپور محبوبه، وزیری مقدم حسین، غبیشاوی علی، طاهری عزیزالله، "چینه‌نگاری سازند گورپی در برش تاقدیس کوه سیاه و مقایسه آن با برشهای تنگ بوالفارس و تاقدیس آغار"، رخساره‌های رسوبی، ۷ (۱۳۹۳) ۸۳-۱۰۶.

۴. همتی‌نسب، میثم، قاسمی‌نژاد ابراهیم، درویش‌زاده بهروز، "تعیین عمق دیرینه سازند گورپی بر مبنای فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک"، مجلهٔ علوم دانشگاه تهران، ۳۴ (۱۳۸۷) ۱۵۷-۱۷۳.

5 .Alavi M., "Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution", American Journal of Science, 304 (2004) 1-20.

6. Alavi M., "Structures of the Zagros Fold-Thrust belt in Iran", American Journal of Sciences, 307(2007) 1064-1095.

7. Bahrami M., Parvanehnezhad Shirazi, M., "Microfacies and sedimentary environments of Gurpi and Pabdeh Formations and the type of Mesozoic– Cenozoic boundary in Fars province, Iran", Journal of Applied Geology, 5 (2010) 330-335.

8. Beiranvand B., Ghasemi-Nejad E., Kamali M. R., "Palynomorphs response to sea-level fluctuations: a case study from Late Cretaceous-Paleocene, Gurpi Formation, SW Iran", Journal of Geopersia, 3 (2013) 11-24.

9. Beiranvand B., Ghasemi-Nejad E., "High resolution planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Gurpi Formation, K/Pg boundary of the Izeh Zone, SW Iran", Revista Brasileira de Paleontologia, 16 (2013) 5-26.

10. Bolli H. M., Saunders J. B., Perch-Nielsen K., Fancett K. E., "Plankton stratigraphy volume 1 Planktic foraminifera, Calcareous nannofossils and Calpionellids", Cambridge university press, (1985) 599.
11. Bornemann A., Aschwer U., Mutterlose J., "The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic-Cretaceous boundary", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 199 (2003) 187-228.
12. Bown P. R., Young J. R., "Techniques", In: Bown P.R., (eds.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall, London, (1998) 16-28.
13. Bralower T. J., Leckie R. M., Sliter W. V., Thierstein H. R.,"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 (1995) 65-79.
14. Bralower T. J., "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 (2002) 1-13.
15. Bralower T. J., "Data report: Paleocene–Early Oligocene calcareous nannofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 Sites 1209, 1210, and 1211 (Shatsky Rise, Pasific Ocean) ", In: Bralower, T.J., Premoli Silva, I., Malone, M.J. (eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 198 (2005) 1-15.
16. Bukry D., "Coccolith stratigraphy, eastern equatorial Pacific, Leg 16, Deep Sea Drilling Project", Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 16 (1973) 653-711.
17. Bukry D., Bramlette M. N., "Coccolith age determinations Leg 3, Deep Sea Drilling Project". In: Maxwell, A. E. et al. (eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project Volume III. Washington (U. S. Government Printing Office) (1970) 589.
18. Burnett J. A., "Upper Cretaceous", In: Bown, P.R. (eds.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman and Hall Ltd. Kluwer Academic Publisher, London, (1998) 132-199.
19. Campbell R. J., Howe R. W., Rexilius J. P., "Middle Campanian–lowermost Maastrichtian nannofossil and foraminiferal biostratigraphy of the northwestern Australian margin", Cretaceous Research, 25(2004) 827-864.
20. Cepek P., Hay W. W., "Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous", Gulf Coast Association of Geological Societies, 19 (1969) 323-336.
21. Erba E., "Calcareous nannofossils and Mesozoic oceanic anoxic events", Marine Micropaleontology, 52 (2004) 85-106.

22. Friedrich O., Meier S., "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 (2006) 456-469.
23. Haft Kel geological map, 1:100000. National oil company (NIOC), Tehran.
24. Herrle J. O., "Reconstructing nutricline dynamics of mid-Cretaceous oceans evidence from calcareous nannofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France) ", Marine Micropaleontology, 47 (2003) 307-321.
25. Huber B. T., Watkins D. K., "Biogeography of Campanian- Maastrichtian calcareous plankton in the region of the Southern Ocean: Paleogeographic and Paleoclimatic implications", In: Kennett, J.P., Warnke, D.A. (eds.), The Antarctic Paleoenvironment: A Perspective on Global Change. American Geophysical Union, Antarctic Research Series 56, Washington, (1992) 31-60.
26. Huber B. T., Norris R. D., MacLeod K. G., "Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous", Geology, 30 (2002) 123-126.
27. James G. A., Wynd J. G., "Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area", AAPG Bulletin, 49 (1965) 2182-2245.
28. Lees J. A., "Calcareous nannofossil biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean", Cretaceous Research, 23 (2002) 537-634.
29. Linnert C., Mutterlose J., "Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian- Maastrichtian boundary interval: Calcareous nannofossils from DSDP Hole 390A (Black Nose)", Marine Micropaleontology, 73 (2009) 26-36.
30. Linnert C., Mutterlose J., Herrle J. O., "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(2011) 507-528.
31. Manivit H., "Les nannofossiles calcaires du Crétacé français (Aptien-Maestrichtien): essai de biozonation appuyée sur les stratotypes", PhD thesis, Université de Paris (1971) 187.
32. Martini E., "Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33)", In: Schlanger, S.O., Jackson, E.D., & et al. (eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 33 (1976) 383-423.
33. Motiei H., "Stratigraphy of Zagros, Treatise on the geology of Iran", Tehran, Iran, Geology Survey Press, (2003) 583.
34. Mutterlose J., Bornemann A., Herrle J. O., "Mesozoic calcareous nannofossils – state of the art", Paläontologische Zeitschrift, 79 (2005) 113-133.

35. Perch-Nielsen K., "Mesozoic calcareous nannofossils", In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (eds.), Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, (1985) 329-426.
36. Shamrock J. L., Watkins D. K., "Evolution of the Cretaceous calcareous nannofossil genus Eiffellithus and its biostratigraphic significance", Cretaceous Research Journal, 30 (2009) 1083-1102.
37. Sherkati Sh., Letouzey J., "Variation of structural style and basin evolution in the Central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran", Marine and Petroleum Geology, 21(2004) 535-554.
38. Sissingh W., "Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton", Geologie En Minjbouw, 56 (1977) 37-65.
39. Tantawy A. A. A. M., "Calcareous nannofossil biostratigraphy and palaeoecology of the Cretaceous-Tertiary transition in the central eastern desert of Egypt", Marine Micropaleontology, 47 (2002) 323-356.
40. Thibault N., Gardin S., "The late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A", Marine Micropaleontology, 65 (2007) 163-184.
41. Thibault N., Gardin S., "The calcareous nannofossil response to the end-Cretaceous warm event in the Tropical Pacific", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 291 (2010) 239-252.
42. Thierstein H. R., "Mesozoic calcareous nannoplankton Biostratigraphy of Marine Sediments", Marine Micropaleontology, 1 (1976) 325-362.
43. Thierstein H. R., "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 (1981) 355-394.
44. Vaziri-Moghaddam H., "Biostratigraphic study of the Ilam and Gurpi Formations based on planktonic foraminifera in SE of Shiraz (Iran) ", Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 13(2002) 339-356.
45. Villa G., Fioroni C., Pea L., Bohaty S., Persico D., "Middle Eocene-late Oligocene climate variability: Calcareous nannofossil response at Kerguelen Plateau, Site 748", Marine Micropaleontology, 69 (2008) 173-192.
46. Watkins D. K., "Upper Cretaceous nannofossils from Leg 120, Kerguelen plateau, southern ocean", Proceedings of the Ocean Drilling program, scientific results, 120 (1992) 343-370.
47. Watkins D. K., Wise Jr, S. W., Pospichal J. J., Crux J., "Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean", In: Moguilevsky,

A., Whatley, R. (eds.), Microfossils and oceanic environments. University of Wales, Aberystwyth Press, (1996) 55-381.

48. Watkins D. K., Self-Trail, J. M., "Calcareous nannofossil evidence for the existence of the Gulf Stream during the late Maastrichtian", Paleoceanography, 20 (2005) PA3006,

49. Williams J. R., Bralower T. J., "Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes and the paleoceanography of the Valanginian-Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin", Paleoceanography, 10 (1995) 815-839.

50. Winter A., Jordan R. W., Roth P. H., "Biogeography of living coccolithophores", In: Winter, A., Siesser, W.G. (eds.), Coccolithophores. Cambridge University Press, Cambridge, (1994) 161-178.