

## زیست چینه نگاری سازند آب تلخ بر اساس نانوفسیلهای آهکی در شرق حوضه کپه‌داغ برش چینه‌شناسی پادها (جنوب شرق مشهد)

فریبا فروغی<sup>1\*</sup>، انوشیروان لطفعلی کنی<sup>2</sup>، محمد وحیدی‌نیا<sup>3</sup>

1- مرکز مطالعات و تحقیقات دیرینه شناسی و ژئوشیمی، مدیریت اکتشاف نفت، تهران، ایران

2- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

3- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\*پست الکترونیک: fariba.foroughi86@gmail.com

تاریخ پذیرش: 92/4/24

تاریخ دریافت: 91/10/11

### چکیده

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال و شمال شرق ایران واقع شده و شامل توالیهای دریایی ژوراسیک تا نفوژن می‌باشد. سازند آب‌تلخ یکی از واحدهای سنگی کرتاسه در این حوضه است که بیشترین ضخامت را در شرق این حوضه به خود اختصاص داده است. سنگ شناسی این سازند شامل مارنهای خاکستری تا سبز و آبی و مارنهای سیلتی بوده که به صورت هم‌شیب و پیوسته بر روی آخرین واحد سنگ آهک گل سفیدی به رنگ سفید تا نخودی سازند آب‌دراز قرار گرفته و خود توسط ماسه سنگها، مارنها و سنگ آهکهای زرد تا خاکستری رنگ سازند نیزاز، به صورت هم‌شیب پوشیده می‌شوند. این سازند از لحاظ نانوفسیلهای آهکی دارای فراوانی و غنای بسیار زیاد بوده و حاوی جامعه فسیلی قلمرو تبتیس می‌باشد. برای مطالعه نانوفسیلهای، تعداد 268 نمونه از توالیهای رسوبی سازندهای آب‌دراز، آب‌تلخ و نیزاز در برش پادها برداشت شده است. ضخامت سازند آب‌تلخ در این برش 974/5 متر اندازه‌گیری شده است. در این مطالعات، 114 گونه نانوفسیلی از 49 جنس و 17 خانواده شناسایی شده است. برای زیست چینه نگاری برش پادها از الگوی تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی Burnett (1998) استفاده شده است. بیوزونهای نانوفسیلی سازند آب‌تلخ، به ترتیب از قاعده تا رأس شامل بخشی از CC19، CC20، CC21، CC22 و احتمالاً بخشی از CC23a، از الگوی تصحیح شده Sissingh (1977) و بخشی از زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و زیرزونهای UC15b<sup>TP</sup>، UC15c<sup>TP</sup>، UC15d<sup>TP</sup> و احتمالاً بخشی از بیوزون UC16 از الگوی Burnett (1998) می‌باشند. بدین ترتیب برای سازند آب‌تلخ در برش چینه‌شناسی پادها، سن انتهای کامپانین پیشین تا انتهای ترین بخش کامپانین پسین پیشنهاد می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پادها؛ سازند آب‌تلخ؛ کپه‌داغ؛ زیست چینه نگاری؛ کامپانین؛ کرتاسه.

### مقدمه

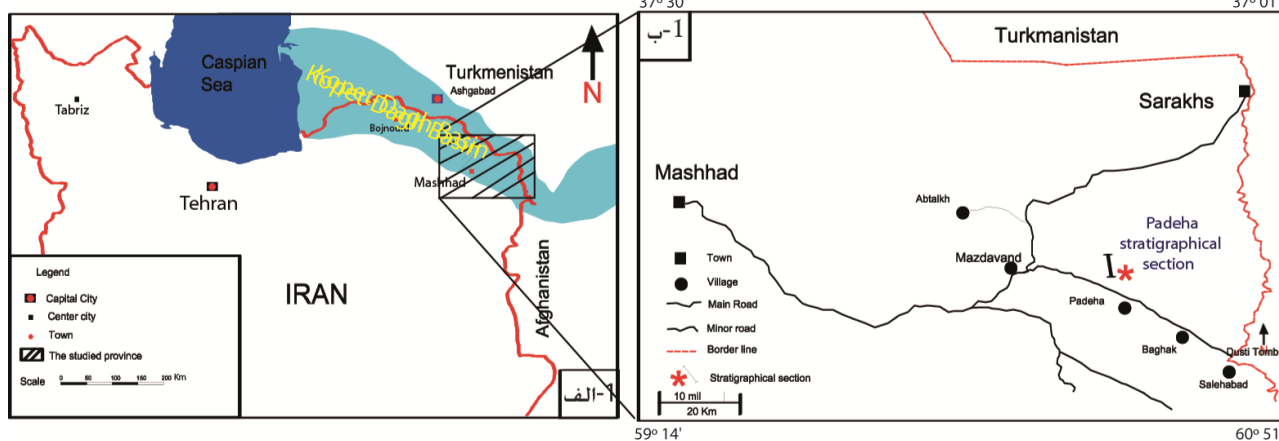
کرتاسه ایران، در این حوضه با ضخامتی بالغ بر 6500 متر وجود دارند (افشارحرب، 1373)، به طوری که کرتاسه زیرین شامل سازندهای شوربجه، تیرگان، سرچشمه، سنگانه

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال و شمال شرق ایران واقع شده است. در این حوضه توالیهای نسبتاً کاملی از رسوبات مزوزوئیک و سنوزوئیک وجود دارند. کامل ترین نهشته‌های

تعیین سن سازند آب تلخ در برش چینه‌شناسی پادها می‌پردازد.

### موقعیت و زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

حوضه رسوبی کپه‌داغ، به صورت حوضه‌ای باریک در ناحیه‌ای بین ترکمنستان، افغانستان و ایران واقع شده است (شکل الف). قاعده رسوبات کامل کرتاسه این حوضه در بخش شرقی آن و در شمال شرق ایران قرار دارد (Davodzadeh & Schmidt, 1982). این حوضه در بخش شمالی حوضه تیس (Berberian & King, 1981؛ Glennie, 2000) قرار داشته و شامل توالی رسوبات دریایی از ژوراسیک تا نئوژن می‌باشد. ناحیه مورد مطالعه، برش چینه‌شناسی پادها، در جنوب شرق مشهد، 115 کیلومتری مسیر جاده مشهد - سرخس، بعد از گردنه مزداوند و 22 کیلومتری جاده سد مخزنی دوستی و در نزدیکی روستای پادها قرار دارد (شکل ب). مختصات قاعده برش پادها  $36^{\circ} 06' 47''$  عرض شمالی و  $60^{\circ} 44' 00''$  طول شرقی می‌باشد.



شکل 1: موقعیت جغرافیایی حوضه رسوبی کپه‌داغ (الف) و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه (ب): (برگرفته از Afshar-Harb, 1983; Berberian & King, 1981; Google Map, 2012؛ همراه با تغییرات)

با سنگ شناسی ماسه‌سنگ، مارنهای سیلتی و سنگ آهکهای خاکستری پوشیده می‌شود. مرز این سازند با سازند آب‌دراز به صورت هم‌شیب و پیوسته و مرز بالای آن با سازند نیزاز به صورت تدریجی و هم‌شیب است

و آیتامیر بوده و کرتاسه بالایی با سازندهای آب‌دراز، آب‌تلخ، نیزاز و کلات ادامه می‌یابد. به دلیل وجود پتانسیل هیدروکربوری مناسب، این حوضه همواره مورد توجه زمین‌شناسان نفتی بوده و محققین بسیاری، مطالعات خود را در زمینه‌های مختلف معطوف به این حوضه نموده‌اند.

سازند آب‌تلخ یکی از واحدهای کرتاسه بالایی کپه‌داغ بوده و بیشترین ضخامت را در شرق حوضه کپه‌داغ، به خود اختصاص داده است (Stoklin & Setodehnia, 1991). نام این سازند از روستای آب‌تلخ در 77 کیلومتری شمال شرق مشهد گرفته شده است (افشارحرب، 1373). این سازند تاکنون توسط محققینی که بر روی گروه‌های مختلف فسیلی مطالعه نموده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و سنها و ضخامت‌های متفاوتی برای آن ارائه شده است (سانتوین تا مایستریشتین). نوشتار حاضر به مطالعه نانوفسیلهای آهکی این سازند، تبیین بیوزونهای نانوفسیلی بر اساس دو الگوی بیوزوناسیون (الگوی تصحیح شده Sissingh 1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی Burnett (1998) و

سازند آب‌تلخ با سنگ شناسی مارنهای آهکی و گاه سیلتی خاکستری، سبز تا آبی بر روی آخرین واحد سنگ آهک گل سفیدی (chalky limestone) سفید تا نخودی رنگ سازند آب‌دراز قرار گرفته و خود توسط سازند نیزاز

در برش پادها سنگ آهکهای گل سفیدی سازند آب‌دراز، حاوی دو کفه‌ایهای اینوسراموس و آمونیت می‌باشند و در زیر شیل و مارنهای خاکستری رنگ سازند آب‌تلخ قرار دارند. بخش بالایی و افقهای انتهایی سازند آب‌تلخ، شامل مارنهای سیلتی خاکستری تا سبز می‌باشند که توسط ماسه‌سنگهای خاکستری تا زرد حاوی افقهای غنی از دو کفه‌ایها، طبقه‌بندیهای مورب، ریپل مارک و اثر فسیلهای سازند نیزار پوشیده می‌شوند. در محل مرز سازندهای آب‌تلخ و نیزار نیز دو افق نازک سیلتی قرمز رنگ، به فاصله 2 متر از یکدیگر و با ضخامت 5 تا 10 سانتی متر وجود دارد (شکل 3).

(افشار حرب، 1373). سازند آب تلخ به دلیل سنگ شناسی منحصر به فرد و خاص، زمین ریخت شناسی تپه ماهوری (badland) را در حوضه کپه‌داغ ایجاد نموده است (شکل 2).



شکل 2: سازند آب تلخ در برش چینه‌شناسی پادها و سازندهای بعدی آن و ایجاد منظره تپه ماهوری (badland) در سازند آب تلخ



شکل 3: محل مرز سازند آب تلخ به سازند نیزار و افق قرمز رنگ سیلتی 1 (الف) و افق قرمز رنگ سیلتی 2 (ب)

عکس برداری گردیده است. برای مطالعات زیست چینه‌ای، از هر اسلاید، 3 تا 5 ردیف (traverse) به صورت اتفاقی، بررسی شده است. همچنین برای تعیین بیوزونهای مربوطه از اولین ظهور و آخرین حضور گونه‌های شاخص و برای فسیلهای همراه به روش نیمه کمی (semi-quantitative) استفاده شده است. برای این منظور، بر اساس تعداد میدان دید و تعداد هر یک از نانوفسیلهای آهکی موجود در آن، میزان فراوانی آنها به حضور یک نمونه یا (Present) P، نادر یا (Rare) R، کم یا (Few) F، معمول یا (Common) C و فراوان یا (Abundant) A تفکیک و ارزیابی می‌شوند (جدول 1). برای زیست چینه نگاری برش پادها بر اساس

## روش مطالعه

جهت انجام مطالعات زیست چینه نگاری بر اساس نانوفسیلهای آهکی، 268 عدد نمونه سنگی از افقهای انتهایی سازند آب‌دراز (7 نمونه)، کل سازند آب تلخ (250 نمونه) و افقهای قاعده سازند نیزار (11 نمونه) به طور سیستماتیک، برداشت شده است. جهت برداشت نمونه‌های تازه و غیرهوازده، نمونه برداری از عمق 70 تا 30 سانتی متری و با رعایت اصول عدم آغشتگی انجام گرفته است. نمونه‌های جمع آوری شده به روش ته نشینت ثقلی (Bown, 1998) آماده سازی شده و سپس توسط میکروسکوپ نوری Axioplan Imaging II Zeiss با بزرگنمایی 1570 مطالعه و

نانوفسیلهای آهکی، از الگوی اصلاح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی Burnett (1998) بهره گرفته شده است. پلیتهای 1 تا 3، شماری از نانوپلانکتونهای شناسایی شده را نشان می دهند.

جدول 1: تعیین میزان فراوانی گونه‌های نانوفسیلی بر اساس میدان دید (FOV)

Abbreviation	Abundance	FOV
VA	Very Abundant بسیار فراوان	بین 10-50 گونه در هر FOV
A	Abundance فراوان	بین 1-10 گونه در هر FOV
C	Common معمولی	FOV 10-2
F	Few کم	FOV 50-11
R	Rare نادر	FOV 100-50
S	Single یک گونه	FOV 100

برای تعیین میزان حفظ شدگی نانوفسیلهای آهکی، از الگوی معرفی شده توسط Watkins (2007) بهره گرفته شده است. قابلیت حفظ شدگی نانوفسیلهای از خوب، متوسط تا ضعیف در تغییر است. شواهد میزان خوردگی و رشد ثانویه که ارتباط مستقیم با قابلیت حفظ شدگی دارند نیز با درجات مختلف، در آنها قابل مشاهده بوده و در تعیین میزان حفظ شدگی لحاظ شده است (جدول 2).

### مطالعات پیشین

بیشتر مطالعات قبلی که بر روی سازند آب تلخ انجام شده بر مبنای روزن‌داران پلانکتونیک بوده و مطالعات زیست‌چینه‌ای بر اساس نانوفسیلهای آهکی کمتر مورد توجه بوده است. در مطالعاتی که تاکنون توسط محققین مختلف بر روی سازند آب تلخ بر اساس گروههای متفاوت فسیلی صورت گرفته، ضخامت و سنهای متفاوتی نیز ارائه شده است.

بنا به نوشته افشارحرب (1373)، کلانتری، رهقی و بزرگ‌نیا ضخامت سازند آب تلخ را در گردنه مزدوران، 813 متر و سن آن را بر اساس روزن‌داران پلانکتونیک، سانتونین - مایستریشتین ارائه نموده‌اند. به باور افشارحرب (1373)،

ضخامت سازند آب تلخ در برش پادها 1250 متر، در برش شوربچه 720 و در برش نار که شرقی‌ترین برش در حوضه کپه‌داغ است، 380 متر می‌باشد. سازند آب تلخ در برشهای آرموتلی، جوزک و غرب درگز حضور نداشته، در چهچهه 715 و در حمام قلعه 760 متر گزارش شده است (افشار حرب، 1373). مطالعات وحیدی نیا (1386) بر پایه روزن‌داران پلانکتونیک سن این سازند را از شرق به غرب کپه‌داغ شرقی، سانتونین تا مایستریشتین معرفی کرده و ذکر می‌نماید که سن این سازند از شرق به غرب کپه‌داغ، جوانتر می‌شود. ایشان در دو برش گردنه مزدوران و حمام قلعه 2 لایه قرمز رنگ در مرز بین سازندهای آب تلخ و نیزار گزارش کرده و آن را یک مرحله خروج از آب و خاک قدیمه دانسته است. احمدی (1389) ضخامت سازند آب تلخ را در برش پادها 980 متر گزارش کرده و سن آن را بر پایه روزن‌داران پلانکتونیک، سانتونین تا مایستریشتین پیشین ارائه نموده است. نیازی (1390) ضخامت سازند آب تلخ را در غرب کپه‌داغ شرقی در برش قره سو، نزدیکی شهرستان کلات، 1420 متر و سن آن را بر اساس مطالعه روزن‌داران پلانکتونیک، کامپانین عنوان کرده است.

نانوفسیلهای آهکی سازند آب تلخ نیز در برش گردنه مزدوران توسط جنتی (1379) مطالعه و بیوزونهای CC17 تا CC22 از آن گزارش شده و سن سانتونین پسین - کامپانین برای این سازند پیشنهاد شده است. هادوی (1381) سازند آب تلخ را بر اساس نانوپلانکتونهای آهکی در برش چهچهه مطالعه نموده، ضخامت سازند را 860 متر و سن آن را کامپانین - مایستریشتین پسین پیشنهاد نموده است. نطقی مقدم (1382) و Hadavi & Notghi Moghadam (2010) بخشهای بالایی سازند آب‌دراز و قاعده سازند آب تلخ در برش حمام قلعه را بر اساس نانوپلانکتونهای آهکی مورد مطالعه قرار داده و سن سانتونین پسین - کامپانین پیشین را برای آن پیشنهاد نموده‌اند. بخش بالایی سازند آب تلخ نیز در

می‌باشند. در توالیهای مورد مطالعه، از برش پادها 5 بیوزون شناسایی شده است. در زیر، شرح هر یک از بیوزونها از قاعده تا رأس توالی آورده شده است:

جدول 3: رخدادهای نانوستراتیگرافی (اولین حضور و آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلهای آهکی در برش پادها)

شماره نمونه	ضخامت (متر) از قاعده برش	رخدادهای نانوفسیلی در برش پادها
FPB 100	قاعده برش	FO of <i>Staurolithites mielnicensis</i>
FPB 100	قاعده برش	FO of <i>Aspidolithus parvus constrictus</i>
FPB 112	15/9	FO of <i>Ceratolithoides aculeus</i>
FPB 135	47/8	FO of <i>Rucinolithus magnus</i>
FPB 144	79/5	FO of <i>Quadrum garneri</i>
FPB 217	229/9	FO of <i>Uniplanarius sissinghii</i>
FPB 240	272/2	FO of <i>Uniplanarius trifidus</i>
FPB 298	466/5	FO of <i>Reinhardtites levis</i>
FPB 310	542/1	FO of <i>Eiffellithus parallelus</i>
FPB 341	846/5	LO of <i>Lithastrinus grillii</i>
FPB 351	983/3	LO of <i>Eiffellithus eximius</i>

برش حمام قلعه توسط خدادادی (1382) و Hadavi & Khodadadi (2002) مطالعه و به سن کامپانین - مایستریشتین پیشین گزارش شده است.

جدول 2: تعیین میزان حفظ شدگی نانوفسیلهای آهکی؛ با اقتباس از روش Watkins (2007)؛ همراه با تغییرات

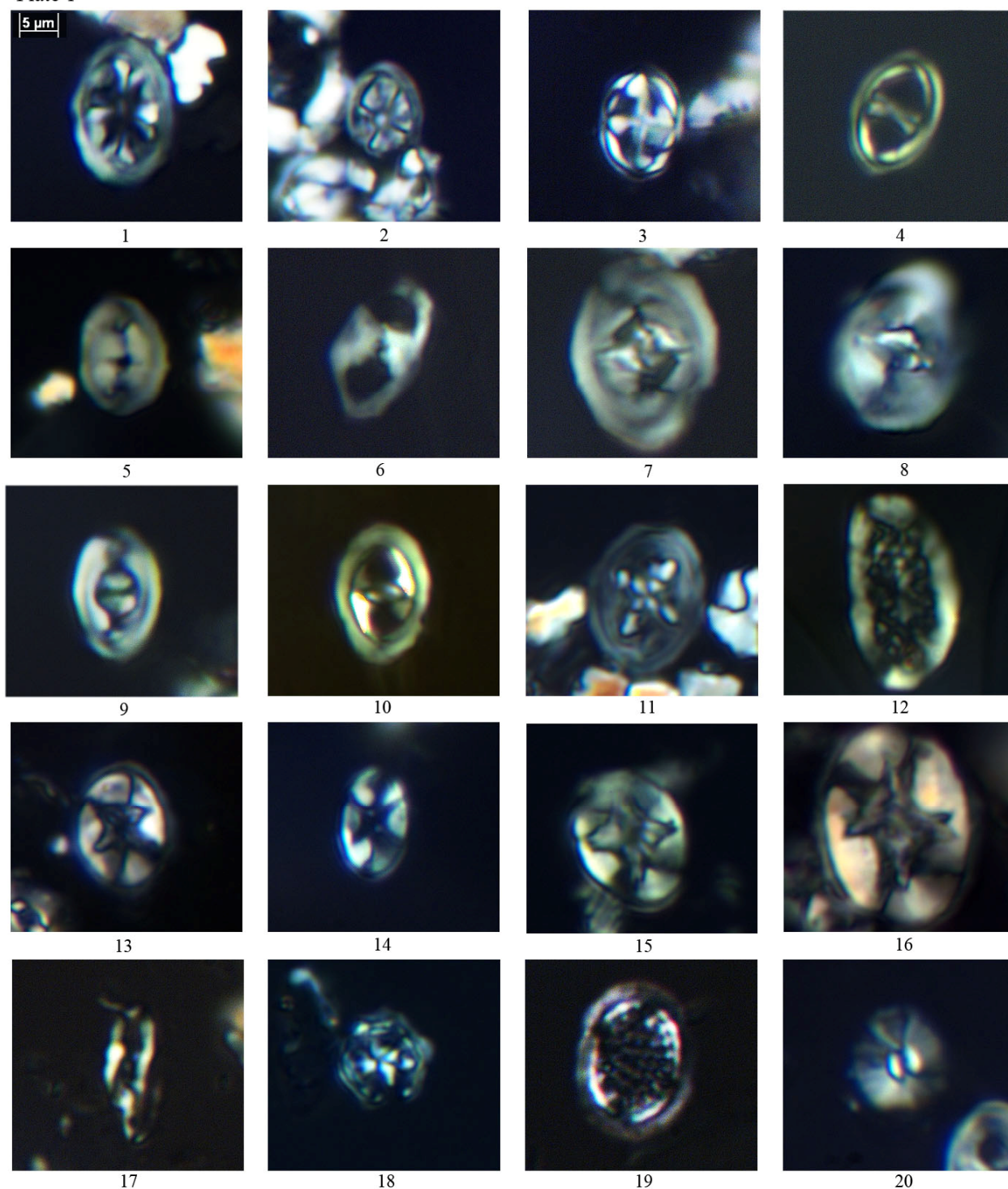
حفظ شدگی (Preservation)	
G خوب	حفظ شدگی خوب؛ خوردگی (Eaching) یا رشد مجدد (overgrowth) مشاهده نمی‌شود یا به مقدار کم قابل مشاهده است و گونه‌ها قابل شناسایی هستند.
M متوسط	حفظ شدگی متوسط؛ در گونه‌ها شواهدی از خوردگی (Eaching) یا رشد مجدد (overgrowth) مشاهده می‌شود، اما اغلب گونه‌ها قابل شناسایی هستند یا در سطوحی از خوردگی یا رشد مجدد قرار دارند.
P ضعیف	حفظ شدگی ضعیف؛ گونه‌ها چندین بار انحلال یافته‌اند و تشخیص آنها به سختی و در حد جنس انجام می‌گیرد یا گونه‌ها در سطوحی از انحلال یا رشد مجدد قرار دارند.

## بحث

**1- بخشی از بیوزون CC19 - Zone Calculites ovalis معادل با بخشی از زیرزون UC14d<sup>TP</sup>**  
 بیوزون *Calculites ovalis* توسط Sissingh (1977) معرفی شده است. محدوده این بیوزون با آخرین حضور گونه *Marthastrites furcatus* تا اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* مشخص می‌شود. زیرزون UC14d<sup>TP</sup> توسط Burnett (1998) معرفی شده است. این زیرزون با اولین حضور گونه *Ceratolithoides verbeekii* تا اولین حضور گونه *Miscenomarginatus pleniporus* شناخته می‌شود و معادل با بخشی از بیوزون CC19 است (Bown, 1998). آخرین حضور گونه *Buckryaster hayi* در بیوزون CC19 گزارش شده است (Perch-Nielsen, 1985). در زیرزون UC14d<sup>TP</sup> اولین حضور گونه‌های *Staurolithus mielnicensis* و *Reinhardtites levis* گزارش شده (Burnett, 1998) که در برش پادها نیز این گونه‌ها مشاهده می‌شوند.

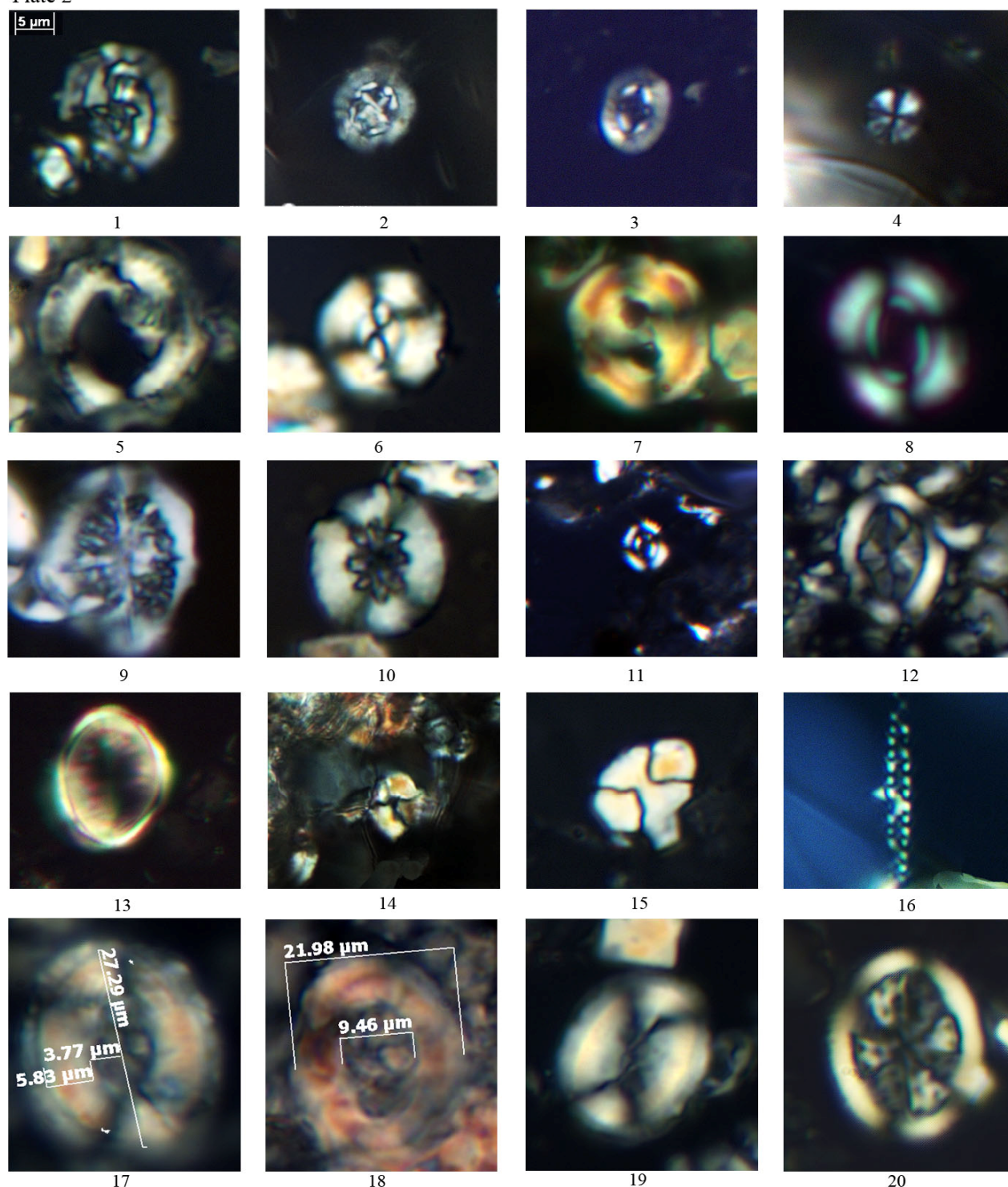
الگوی زیست چینه‌ای زمان کامپانین در قلمرو تیس توسط Thierstein (1971, 1973)، Manivit (1971a) و Manivit (1971b) در نوشته Bown (1998)، اصلاح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و Burnett (1998) ارائه شده است. برای تعیین بیوزونها از اولین ظهور و آخرین حضور گونه‌های شاخص نانوفسیلی استفاده شده است. رخدادهای نانوفسیلی، اولین ظهور و آخرین حضور گونه‌های شاخص در سازند آب تلخ و در برش چینه‌شناسی پادها در جدول 3 آورده شده است. بر اساس این رخدادها، بیوزونهای نانوفسیلی سازند آب تلخ، به ترتیب از قاعده تا رأس شامل بخشی از CC19، CC20، CC21، CC22 و احتمالاً بخشی از CC23a از الگوی بیوزوناسیون اصلاح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و بخشی از زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و زیرزونهای UC15b<sup>TP</sup>، UC15c<sup>TP</sup>، UC15d<sup>TP</sup> و احتمالاً بخشی از بیوزون UC16 از الگوی بیوزوناسیون Burnett (1998)

## Plate 1



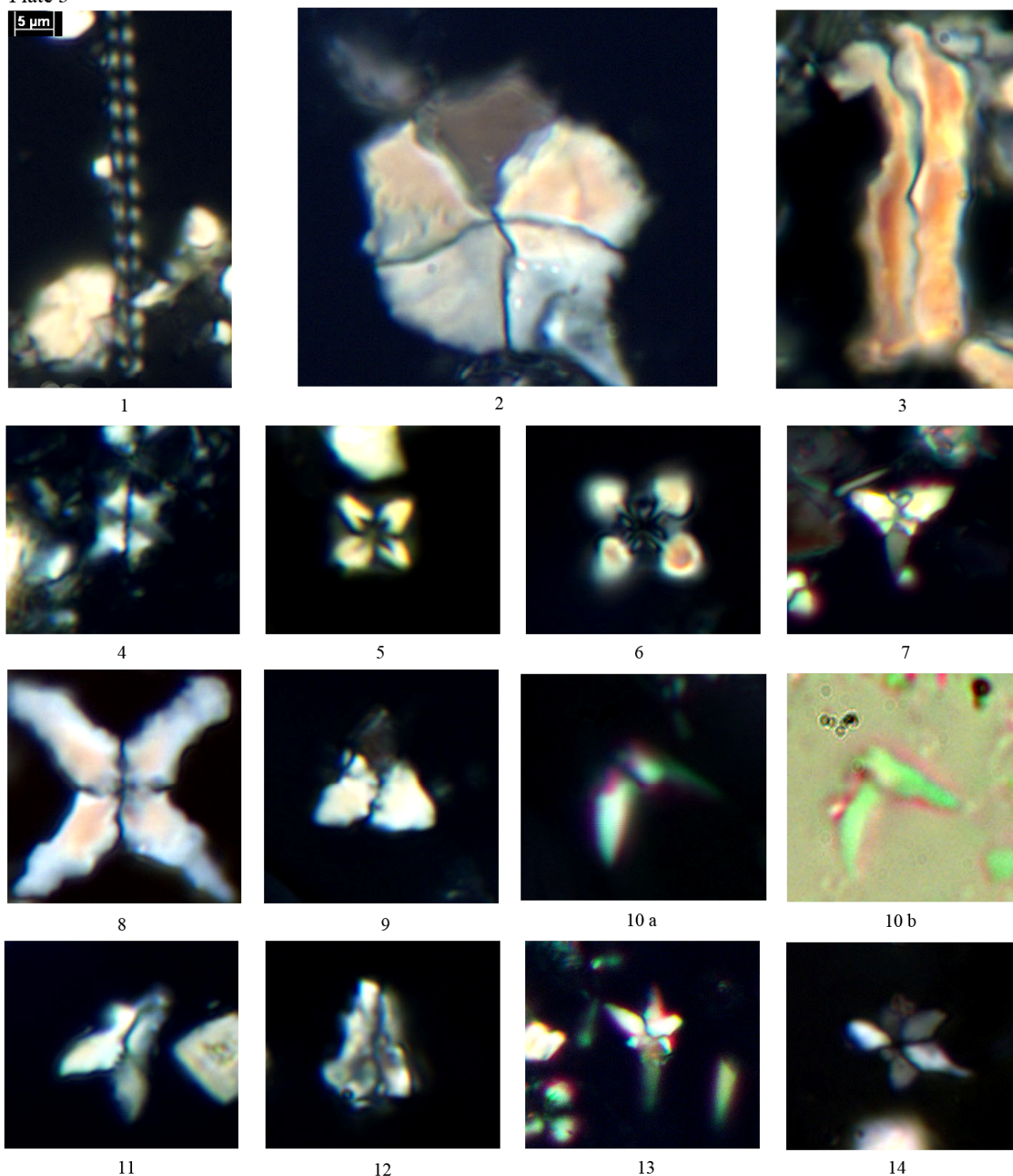
**Plate 1:** (1) *Ahmuellerella octoradiata*, Sample No. FPB 103, (Abderaz Fm); (2) *Ahmuellerella regularis*, Sample No. FPB 141; (3) *Staurolithites mielnicensis*, Sample No. FPB 239; (4) *Amphizigus brooksii*, (30° rotated), Samples No. FPB 171; (5) *Tranolithus orionatus*, Sample No. FPB 264; (6) *Tranolithus gabalus*, (30° rotated), Sample No. FPB 167; (7) *Reinhardtites cf. anthophorus*, Sample No. FPB 145; (8) *Reinhardtites cf. levis*, (20° rotated), Sample No. FPB 302; (9) *Zeugrhabdotus bicrescenticus*, Sample No. FPB 333; (10) *Zeugrhabdotus sigmoides*, Sample No. FPB 282; (11) *Chiastozygus litterarius*, (30° rotated), Sample No. FPB 104 (Abderaz Fm); (12) *Rhagodiscus reniformis*, Sample No. FPB 204; (13) *Eiffellithus turriseiffelii*, Sample No. FPB 137; (14) *Eiffellithus gorkae*, Sample No. FPB 148; (15) *Eiffellithus parallelus*, (40° rotated), Sample No. FPB 343; (16) *Eiffellithus eximius*, Samples No. FPB 136; (17) *Rhagodiscus angustus*, Sample No. FPB 302; (18) *Corollithion exiguum*, Sample No. FPB 208; (19) *Cribrosphaerella ehrenbergii*, Sample No. FPB 212; (20) *Biscutum constans*, (10° rotated), Sample No. FPB139.

Plate 2



**Plate 2:** (1) *Prediscosphaera arkhangelskyi*, Sample No. FPB 140; (2) *Prediscosphaera cretacea*, Sample No. FPB 266, (Abderaz Fm); (3) *Prediscosphaera stoveri*, Sample No. FPB 303; (4) *Discorhabdus ignotus*, Sample No. FPB 116; (5) *Manivitella pennatoidea*, Sample No. FPB 136; (6) *Watznaueria barnesae*, Sample No. FPB 102, (Abderaz Fm.); (7) *Watznaueria biporta*, Sample No. FPB 355; (8) *Watznaueria ovate*, Sample No. FPB 353; (9) *Cretarhabdus conicus*, Sample No. FPB 207; (10) *Retecapsa ficula*, Sample No. FPB 102 (Abderaz Fm); (11) *Cyclogelosphaera cf. rotaclypeata*, Sample No. FPB 302; (12) *Arkhangelskiella cymbiformis*, Sample No. FPB 108; (13) *Kamptnerius magnificus*, Sample No. FPB 348; (14) *Calculites ovalis*, Sample No. FPB 108; (15) *Calculithes obscurus*, (40° rotated), Sample No. FPB 315; (16) *Microrhabdulus belgicus*, Sample No. FPB 204; (17) *Aspidolithus parvus constrictus* (= *Broinsonia parca constricta*), (20° rotated), Sample No. FKB 126; (18) *Aspidolithus parvus parvus* (= *Broinsonia parca parca*), (10° rotated), Sample No. FPB 108; (19) *Aspidolithus parvus constrictus* (= *Broinsonia parca constricta*), (15° rotated), Sample No. FPB 341; (20) *Arkhangelskiella specillata*, Sample No. FPB 346.

Plate 3



**Plate 3:** (1) *Microrhabdulus decoratus*, Sample No. FPB 313; (2) *Braarudosphaera bigelowii*, Sample No. FPB166; (3) *Lucianorhabdus cayeuxii*, Sample No. FPB 350; (4) *Lithastrinus grillii*, Sample No. FPB 343; (5) *Micula decussata*, Sample No. FPB 304; (6) *Quadrum svabenickae*, Sample No. FPB 205; (7) *Uniplanarius trifidus*, Sample No. FPB 346; (8) *Uniplanarius sissinghii*, Sample No. FPB 341; (9) *Uniplanarius trifidus*, Sample No. FPB 341; (10) *Ceratolithoides arcuatus*, (30° rotated), (a) polarized light, (b) bright field, Sample No. FPB 346; (11) *Ceratolithoides aculeus*, (30° rotated), Sample No. FPB 132; (12) *Ceratolithoides verbeekii*, Sample No. FPB 108; (13) *Rucinolithus hayi*, Sample No. FPB 346; (14) *Rucinolithus magnus*, (5° rotated), Sample No. FPB 316.



## 2- بیوزون CC20 - Ceratolithoides aculeus Zone معادل با زیروزون UC15b<sup>TP</sup>

بیوزون Ceratolithoides aculeus توسط Cepek & Hay (1969) و Martini (1976) در نوشسته Perch-Nielsen (1985) معرفی شده است. محدوده این بیوزون با اولین حضور گونه Ceratolithoides aculeus تا اولین حضور گونه Uniplanarius sissinghii مشخص می‌شود. در برش پادها، زیروزون UC15b<sup>TP</sup> نیز که توسط Burnett (1998) معرفی شده، معادل با بیوزون CC20 در نظر گرفته شده است (Bown, 1998). این بیوزون بعد از بیوزون CC19 و معادل با زیروزون UC14d<sup>TP</sup> قرار گرفته و 214 متر ضخامت دارد (از ضخامت 15/9 متری و نمونه FPB112 تا ضخامت 229/9 متری و نمونه FPB217). اولین حضور گونه‌های Ceratolithoides cf. arcuatus, Rucinolithus magnus و Uniplanarius gothicus نیز در این بیوزون می‌باشد. جامعه فسیلی همراه بیوزون CC20 معادل با زیروزون UC15b<sup>TP</sup>، مشابه بیوزون قبلی است که با کمیت‌های متفاوتی در این سری از رسوبات حضور دارند. این بیوزون از غنای خوب نانوفسیلی و حفظ‌شدگی متوسط تا خوب برخوردار است. سن این بیوزون تقریباً بخش پسین کامپانین پیشین می‌باشد.

## 3- بیوزون CC21 - Uniplanarius sissinghii Zone معادل با زیروزون UC15c<sup>TP</sup>

بیوزون Uniplanarius sissinghii توسط Sissingh (1977) معرفی شده و محدوده آن شامل اولین ظهور گونه Uniplanarius sissinghii تا اولین حضور گونه Uniplanarius trifidus می‌باشد. زیروزون UC15c<sup>TP</sup> نیز که توسط Burnett (1998) معرفی شده، معادل با زون CC21 در نظر گرفته می‌شود (Bown, 1998). این بیوزون بعد از بیوزون CC20 معادل با زیروزون UC15b<sup>TP</sup> قرار گرفته و

از آن جا که گونه Marthastrites furcatus در بین توالیهای موجود در برش پادها شناسایی نشده و گونه‌های Ceratolithoides, Stauroolithus mielnicensis, Calculites ovalis, Buckryaster hayi, verbeekii و Aspidolithus parvus constrictus در اولین بخشهای قاعده برش مشاهده شدند، این رسوبات تا اولین حضور Ceratolithoides aculeus (ضخامت 15/9 متری از قاعده برش، 1/4 متری، از قاعده سازند آب تلخ و نمونه شماره FPB112) متعلق به بخشی از بیوزون CC19 و بخشی از زیروزون UC14d<sup>TP</sup> در نظر گرفته شده‌اند. بر اساس الگوی اصلاح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و الگوی Burnett (1998) بخشی از این بیوزون در آخرین واحد سنگ آهک‌های گل سفیدی سازند آب‌دراز و قاعده سازند آب تلخ قرار داشته و ضخامت 15/9 متر ابتدایی از ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است (شماره نمونه‌های FPB100 تا FPB112). 14/5 متر ابتدایی این بیوزون مربوط به سازند آب‌دراز و 1/4 متر به سازند آب تلخ تعلق دارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه جنس Aspidolithus معادل Broinsonia در نظر گرفته شده است. با توجه به حضور بخشی از این بیوزون در این سری از رسوبات، سن انتهای کامپانین پیشین (یا تقریباً بخش پیشین کامپانین پیشین تا بخش انتهایی کامپانین پیشین) برای آن پیشنهاد می‌گردد.

از آن جا که گونه Marthastrites furcatus در این بخش از رسوبات یافت نشده و گونه Miscenomarginatus pleniporus نیز در رسوبات کامپانین این حوضه موجود نمی‌باشد، لذا زیروزون UC15a<sup>TP</sup> در این حوضه غیرقابل شناسایی است. در اغلب مناطق دنیا نیز این زیروزون شناسایی نشده است (گفتگوی شفاهی، Gardin, 2012).

رسوبات زیاد بوده و حفظ شدگی متوسط تا خوب را از خود نشان می‌دهند، اما در بخش‌های بالایی آن حفظ شدگی به شدت ضعیف بوده و از فراوانی نانوفسیلها کاسته می‌شود. محدوده زیرزون UC15d<sup>TP</sup> که توسط Burnett (1998) معرفی شده، با اولین حضور گونه *Uniplanarius trifidus* شروع و تا اولین حضور گونه *Eiffellithus parallelus* ادامه می‌یابد. در قاعده این زیرزون اولین حضور گونه *Reinhardtites levis* در برش پادها مشاهده گردیده است. گونه‌های حدواسط بین *Reinhardtites anthophorus* و *Reinhardtites levis* در بیوزونهای قبلی این برش حضور داشته‌اند. ضخامت این زیرزون، 269/9 متر اندازه‌گیری شده است (ضخامت 272/2 متری و نمونه FPB240 تا ضخامت 542/1 متری و نمونه FPB310). فراوانی نانوفسیلهای آهکی در این سری از رسوبات نیز زیاد بوده و حفظ شدگی متوسط تا خوب دارند. سن این زیرزون تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین می‌باشد.

محدوده زیرزون UC15e<sup>TP</sup> که توسط Burnett (1998) معرفی شده نیز، با اولین حضور گونه *Eiffellithus parallelus* شروع و تا آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* ادامه می‌یابد. ضخامت 446/8 متر از ستون چینه‌شناسی برش پادها، به این زیرزون اختصاص دارد (ضخامت 542/1 متری و نمونه FPB310 تا ضخامت 984/3 متری و نمونه FPB352). در این زیرزون، اولین حضور گونه‌های *Monomarginatus* و *Quadrum svabenickae* و *Rucinolithus quaternarius* و آخرین حضور گونه‌های *Lithastrinus grillii* و *magnus* مشاهده شده است. سن این زیرزون تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین تا بخش پسین کامپانین پسین می‌باشد.

قاعده بیوزون CC22 و قاعده زیرزون UC15d<sup>TP</sup> با اولین حضور *Uniplanarius trifidus* شروع می‌شود و آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* تقریباً معادل

ضخامت 42/3 متر (از ضخامت 229/9 متری و نمونه FPB217 تا ضخامت 272/2 متری و نمونه FPB240) از ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است. اولین حضور گونه *Ceratolithoides arcuatus* در این بیوزون گزارش شده است (Bown, 1998). در این سری از لایه‌های سازند آب‌تلخ، گونه‌های حدواسط بین *Ceratolithoides arcuatus* و *Ceratolithoides aculeus* وجود دارند. جامعه فسیلی این سری از رسوبات مشابه بیوزونهای قبلی است که با کمیتهای متفاوتی در آن یافت می‌شوند. فراوانی نانوفسیلهای آهکی در این سری از رسوبات نیز زیاد بوده و حفظ شدگی متوسط تا خوب دارند. برای این بیوزون سن بخش پیشین کامپانین پسین پیشنهاد می‌شود.

#### 4- بیوزون CC22 - *Uniplanarius trifidus* Zone معادل با

##### زیرزونهای UC15d<sup>TP</sup> و UC15e<sup>TP</sup>

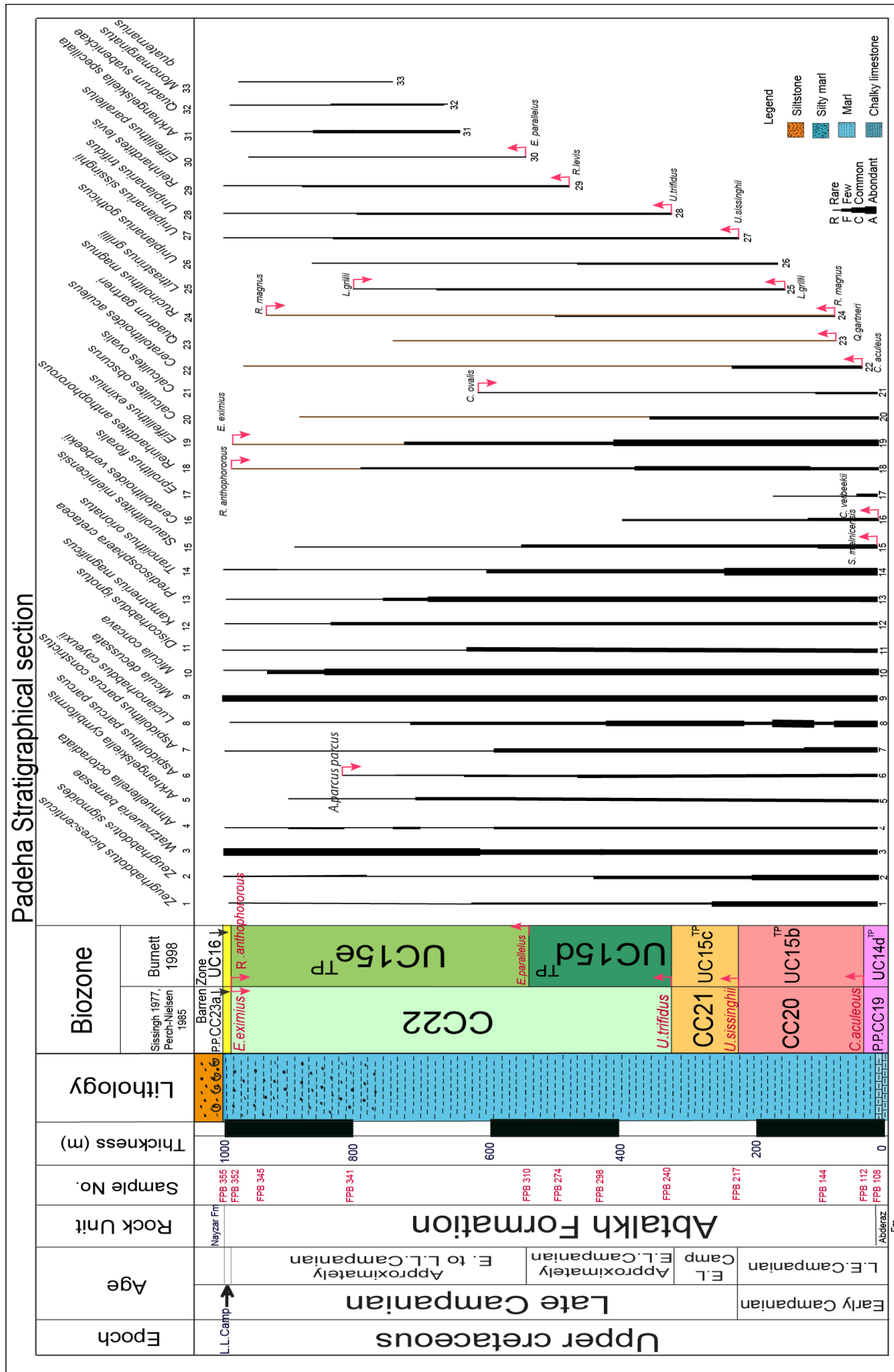
بیوزون *Uniplanarius trifidus* توسط Bukry & Bramlette (1970) و Sissingh (1977) معرفی شده است. محدوده این بیوزون از اولین ظهور گونه *Uniplanarius trifidus* تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* می‌باشد. در توصیف این بیوزون آمده است که آخرین حضور گونه‌های *Reinhardtites anthophorus* و *Eiffellithus eximius* تقریباً معادل هم هستند (Perch-Nielsen, 1985؛ Burnett, 1998). این بیوزون بعد از بیوزون CC21 معادل با زیرزون UC15c<sup>TP</sup> قرار داشته و بیشترین ضخامت را در ستون چینه‌شناسی به خود اختصاص داده است. بر اساس بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985)، این بیوزون دارای ضخامت 712/1 متر می‌باشد (ضخامت 272/2 متری و نمونه FPB240 تا ضخامت 984/3 متری و نمونه FPB352). فراوانی نانوفسیلهای آهکی در بخش‌های پایینی این سری از

و اولین حضور هیچ نانوفسیلی از این بخش از رسوبات مشاهده نشد، لذا برای این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ، بخشی از بیوزون UC16 از بیوزوناسیون Burnett (1998) که معادل با بخشی از بیوزون CC23a از بیوزوناسیون Sissingh (1977) تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (1985) است، در نظر گرفته شده است. همچنین برای سن این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ، بالاترین بخش کامپانین پسین پیشنهاد می‌گردد. در ستون چینه‌شناسی (شکل 4) اولین حضور و آخرین حضور گونه‌های شاخص و بعضی از فسیلهای همراه مهم در برش پادها نشان داده شده است. مطالعات انجام شده بر اساس روزن‌داران پلانکتونیک و نانوفسیلهای آهکی، مؤید این مطلب است که سن به دست آمده از نانوفسیلهای آهکی و روزن‌داران پلانکتون گاه در یک برش یکسان نبوده و اختلافاتی را نشان می‌دهند. این اختلاف در ارزیابی‌های سنی، از آن جا ناشی می‌شود که محققین از منابع قدیمی استفاده نموده‌اند (به ویژه در مورد روزن‌داران پلانکتونیک). بخش مهمی از تغییرات ایجاد شده در گستره حضور و پراکندگی فسیلها و حتی نام گونه‌ها در نوشته Gradstein *et al.* (2006) آمده است، اما هم اکنون نیز بعضی از محققین از منابع قدیمی، برای تعیین سن سازندها و واحدهای سنگ چینه‌ای این حوضه استفاده می‌نمایند. از این رو، استفاده از بیوزوناسیون Burnett (1998) بسیار قابل اهمیت است که علاوه بر تغییرات جدید در گستره حضور و اسامی نانوفسیلها نسبت به بیوزوناسیونهای قبلی، می‌توان به سن دقیقتری از مطالعه توالیهای رسوبی دست یافت، زیرا بیوزونهای ارائه شده Sissingh (1977) تصحیح شده توسط Perch-Nielsen (1985) را به زیرتقسیمات کوچکتری تقسیم می‌نماید و یک بیوزوناسیون کمکی برای تبیین بیوزونهای قبلی باشد. علاوه بر آن گونه‌های شاخص جدیدی که در بیوزوناسیون Burnett (1998) استفاده شده است، در حوضه‌های مختلف

با آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* می‌باشد (Burnett, 1998؛ Perch-Nielsen, 1979, 1985). لذا محدوده بالایی زیرزون UC15e<sup>TP</sup> با محدوده بالایی بیوزون CC22 معادل می‌باشد و به این ترتیب این دو زیرزون معادل با بیوزون CC22 در نظر گرفته شده‌اند. جامعه نانوفسیلی این بیوزون کمابیش مشابه با بیوزونهای قبلی است. سن این بخش از رسوبات سازند آب‌تلخ تقریباً بخش پیشین کامپانین پسین تا بخش پسین کامپانین پسین می‌باشد.

#### 5 - بخشی از بیوزون *Tranolithus orionatus* Zone - CC23a معادل با بخشی از بیوزون UC16

بیوزون *Tranolithus orionatus* توسط Sissingh (1977) معرفی گردیده است. محدوده این بیوزون از بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985)، آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* در قاعده و آخرین حضور گونه *Tranolithus orionatus* در رأس است. لازم به توضیح است گونه *Tranolithus phacelosus* مترادف گونه *Tranolithus orionatus* می‌باشد. محدوده بیوزون UC16 که توسط Burnett (1998) معرفی شده، با آخرین حضور گونه *Eiffellithus eximius* شروع و تا آخرین حضور گونه *Aspidolithus parvus constrictus* ادامه می‌یابد. آخرین حضور گونه‌های *Eiffellithus eximius* و *Reinhardtites anthophorus* نیز معادل یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند (Perch-Nielsen, 1979, 1985؛ Burnett, 1998). این بیوزون بعد از بیوزون CC22 معادل با زیرزونهای UC15d<sup>TP</sup> و UC15e<sup>TP</sup> قرار گرفته و ضخامت 4/6 متر از سازند آب‌تلخ را شامل می‌شود (ضخامت 984/3 متری و نمونه FPB352 تا ضخامت 988/9 متری و نمونه FPB355). از آن جا که گونه *Aspidolithus parvus constrictus*، *Uniplanarius trifidus* و *Tranolithus orionatus* در آخرین لایه‌های سازند آب‌تلخ حضور دارند



تتیس که توسط محققین مختلف ارائه شده است، همخوانی دارد. در شکل 5 مهمترین الگوهای ارائه شده نانوفسیلی برای برهه زمانی انتهای سانتونین، کامپانین و مایستریشتین، در مقایسه با بیوزونهای معرفی شده سازند آب تلخ در برش پادها، نمایش داده شده است.

با عرضهای جغرافیایی متفاوت، که گسترش آنها را ذکر نموده، بهتر و دقیقتر می‌تواند سن توالیهای رسوبی را ارائه نماید. نتایج حاصل از مطالعه نانوفسیلهای آهکی در برش پادها که بخشی از قلمرو تتیس می‌باشد با الگوهای جهانی کامپانین

Age	Roth (1978)	Sissingh (1977)	Perch-Nielsen(1979,1985)	Burnett (1998)	This Work Padeha		
					Sissingh 1977, Perch-Nielsen 1985	Burnett 1998	
Campanian	Early Maastrichtian	NC21	CC24	CC24	UC18		
	Late Campanian		CC23	CC23	UC17		
					UC16		
		NC20	CC22	CC22	UC15		
Early Campanian	Appx L.U. Camp	CC20	CC20	UC14			
Santonian	NC17	CC17	CC17	UC13			

شکل 5: الگوهای بیوزوناسیون نانوفسیلی و انطباق برش پادها با آنها (Roth,1978; Sissingh, 1977; Perch-Nielsen, 1985; Burnett, 1998)

Melinte-Dobrinescu, 2003)، در ناحیه Hateg رومانی (، 2010)، در ایتالیا (Catanzariti, 2011)، در ناحیه Gobbio ایتالیا (Gardin et al., 2012)، در اقیانوس هند، سایت حفاری چاه 762C پروژه ODP (Thibault et al., 2012)، از سازند گورپی در حوضه زاگرس (صالحی، 1380) و در

بیوزونهای کرتاسه پسین محدوده اقیانوس تتیس از حوضه‌هایی نظیر Tercis-les-Bains، برش الگوی استاندارد جهانی مرز کامپانین - مایستریشتین (Gardin et al., 2001; Odin, 2001) از جنوب فرانسه، در نوادا، شمال اسپانیا، بلژیک، در Nagoriany اوکراین (Wagreich et al.,

شرق بهبهان (Senemari & Azizi, 2012) و در سازند سورگه چاه شماره 10 میدان گازی تنگ بیجار (فرهاد و همکاران، 1389) و غیره گزارش شده است. همچنین گزارشات از ترکیه، Peri-Tethys در روسیه و ترکمنستان (Baraboshkin et al., 2003) که در محدوده تیس و در عرضهای جغرافیایی شمالی قرار دارند، وجود دارد که حوضه که داغ قابل ارزیابی و مقایسه با آنها می باشد.

در برش پادها، سازند آبدراز با غنا و فراوانی زیاد نانوفسیلی همراه با پیوستگی رسوبی به سازند آبتلخ می پیوندد. با توجه به مطالعات و نتایج بالا، سازند آبتلخ از نانوفسیلهای آهکی فراوان و با تنوع مطلوب برخوردار بوده، اما این فراوانی با تغییر سنگ شناسی از مارن به مارنهای سیلتی سبز تا خاکستری رنگ در بخشهای بالایی آن دستخوش تغییر می گردد به طوری که از فراوانی و تنوع نانوفسیلهای آهکی آن کاسته شده و حفظ شدگی نیز ضعیف می شود. در ضمن گونه‌هایی نظیر *Watznaueria barnesae* و *Micula decussata* که مقاومت بیشتری در برابر شرایط انحلال و خوردگی دارند، در جامعه فسیلی بخشهای بالایی بیوزون CC22 و بخشی از بیوزون CC23a این رسوبات به طور چشمگیری وجود دارند. این شرایط به صورت توالیهای تکرارشونده (rhythmic) در نمونه‌های بخش بالایی سازند آبتلخ قابل رؤیت هستند.

در این سازند 114 گونه نانوفسیلی از 49 جنس و 17 خانواده شناسایی شده است. لازم به ذکر است از واحدهای قاعده سازند نیز هیچ گونه نانوفسیلی یافت نشده است، حتی در مارنهای سیلتی بین لایه‌های ماسه سنگی قاعده سازند نیز، هیچ گونه نانوفسیلی مشاهده نگردید. لذا فقط به هم شیب بودن آخرین واحدهای سازند آبتلخ و سازند نیزار بسنده می شود. بدین ترتیب برای سازند آبتلخ در برش پادها، سن انتهای کامپانین پیشین تا آخرین بخش کامپانین پسین پیشنهاد می گردد.

میزان فراوانی و تنوع نانوفسیلهای آهکی ارتباط مستقیمی هم با میزان CO<sub>2</sub>، دما، مواد غذایی، شوری آب و جریانات اقیانوسی دارد (Thibault et al., 2012). در زمان کامپانین پیشین و ابتدای کامپانین پسین، نانوفسیلهای آهکی به دلیل شرایط مطلوب محیطی، فراوانی و تنوع بسیار خوبی را از خود نشان می دهند. این شرایط در بیوزونهای بخشی از CC19، CC20، CC21 و بخشهای پایینی CC22 معادل با زیرزونهای بخشی از UC14d<sup>TP</sup>، UC15b<sup>TP</sup>، UC15c<sup>TP</sup> و UC15d<sup>TP</sup> و بخشهای پایینی UC15e<sup>TP</sup> به طور چشمگیری قابل مشاهده است. کاهش در میزان فراوانی نانوفسیلهای همزمان با بخشهای بالایی بیوزون CC22 و بیوزون CC23a از بیوزوناسیون تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و بخشهای بالایی زیرزون UC15e<sup>TP</sup> و بیوزون UC16 از بیوزوناسیون Burnett (1998) می باشد. این مورد در تمام عرضهای جغرافیایی و همزمان با تغییرات ایزوستازی جهانی کره زمین در بیوزون UC16 قابل مشاهده (Burnett, 1998؛ Bown, 1998؛ Burnett et al., 2000؛ Bullila et al., 2011) و یقیناً حوضه که داغ نیز بی تأثیر از این تغییرات جهانی انتهای کامپانین - اوایل مایستریشتین بوده است (گفتگوی شفاهی Bullila, 2012).

ضخامت سازند آبتلخ در این برش 974/5 متر اندازه گیری شده که می تواند به دلیل نرخ رسوب گذاری بالای آن و احتمالاً مربوط به جنس رسوبات که بیشتر مارنی هستند (Hu et al., 2005)، فرونشست حوضه رسوبی (Forstick & Steel, 1993) و گسلهای همزمان با رسوب گذاری (افشار حرب، 1372) باشد.

### نتیجه گیری

نانوفسیلهای سازند آبتلخ از تنوع و فراوانی خوبی برخوردار بوده و 114 گونه از 49 جنس و 17 خانواده در

زیرزونه‌های UC15b<sup>TP</sup>، UC15c<sup>TP</sup>، UC15d<sup>TP</sup> و احتمالاً بخشی از بیوزون UC16 از الگوی Burnett (1998) از قاعده تا رأس آن شده است. با استناد به بیوزونه‌های شناسایی شده سازند آب تلخ در برش پادها، سن نسبی انتهای کامپانین پیشین تا انتهایی ترین بخش کامپانین پسین برای آن پیشنهاد می‌گردد.

### سپاس‌گزاری

نگارندگان لازم می‌دانند از زحمات سرکار خانم پروفیسور Silvia Gardin دبیر انجمن بین‌المللی چینه‌شناسی کرتاسه، برای تأیید شناسایی گونه‌های نانوفسیلی و بیوزونه‌های مربوطه و مدیریت محترم گروه Paléobiodiversité et Paléoenvironnements برای ارائه پاره‌ای تسهیلات در دانشگاه (UPMC) Université Pierre et Marie Curie، Paris 6 فرانسه تشکر و قدردانی نمایند.

این رسوبات شناسایی شده است. این تنوع و فراوانی زیاد نانوفسیلهای آهکی، ناشی از وجود محیطی مساعد از لحاظ شرایط آب و هوایی، گرمای آبهای اقیانوسی، میزان مواد غذایی، نور، اکسیژن، CO<sub>2</sub> و درجه شوری آب در زمان کامپانین این حوضه می‌باشد. نرخ بالای رسوب‌گذاری این سازند، احتمالاً مربوط به جنس رسوبات (که بیشتر مارنی هستند)، فرونشست حوضه رسوبی و گسلهای همزمان با رسوب‌گذاری می‌باشد. تعیین سن و بیوزوناسیون سازند آب تلخ بر مبنای نانوفسیلهای آهکی در برش پادها، با استفاده از بیوزوناسیون تلفیقی و برای اولین بار با استناد به شواهد موجود در این سازند و نمونه‌برداری سیستماتیک و بسیار نزدیک به هم در این برش ارائه شده است. این مطالعات، منجر به شناسایی بیوزونه‌های بخشی از CC19، CC20، CC22، CC21 و احتمالاً بخشی از CC23a از الگوی تصحیح شده Sissingh (1977) توسط Perch-Nielsen (1985) و بخشی از زیرزون UC14d<sup>TP</sup> و

### منابع

- احمدی، م.، 1389. لیتو استراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند آب تلخ بر اساس روزن‌داران، در برش چینه‌شناسی پادها (جنوب شرق مشهد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، 210ص.
- افشارحرب، ع.، 1373. زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 275ص.
- جنتی، م.، 1379. بیواستراتیگرافی سازند آب تلخ بر اساس نانوفسیلهای آهکی در مقطع تیپ (گردنه مزدوران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، 130ص.
- خدادادی، ل.، 1382. بیواستراتیگرافی و پالئواکولوژی بخش فوقانی سازند آب تلخ بر اساس نانوفسیلهای آهکی (جاده مشهد - کلات)، برش حمام قلعه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، 170ص.
- صالحی، ف.، 1380. بیواستراتیگرافی نانوفسیلهای آهکی سازند گورپی در برش الگو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، 175ص.
- فرهاد، ف.، کنی، ا.، صالحی، ف.، 1389. نانو استراتیگرافی و پالئواکولوژی سازند سورگاه در میدان گازی تنگ بیجار (چاه شماره 10) و تطابق آن با برش نمونه. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد واحد زاهدان، 6 (3): 209-216ص.
- نطقی مقدم، م.، 1382. بیواستراتیگرافی و پالئواکولوژی بخش فوقانی سازند آب‌دراز و بخش تحتانی آب تلخ بر اساس نانوفسیلهای آهکی (جاده مشهد - کلات)، برش حمام قلعه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، 145ص.

نیازی، م.، 1390. لیتوستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند آب تلخ بر اساس فرامینیفرها در شرق کلات (برش قره سو). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، 150ص.

وحیدی نیا، م.، 1386. بررسی میکروبیواستراتیگرافی رسوبات سنونین در محدوده شرق کپه داغ. رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، 360ص.

هادوی، ف.، 1381. نانوفسیلهای آهکی ایران: کپه داغ، ایران مرکزی، مکران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 320ص.

Afshar-Harb, A., 1983. Geological map of Sarakhs, 1:250,000 scale (one sheet). *Exploration and Production, NIOC*, Tehran, Iran.

Baraboshkin, E.Y., Alekseev, A.S., & Kopaeovich, L.F., 2003. Cretaceous palaeogeography of the North-Eastern Peri-Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 196: 177-208.

Berberian, M., & King, G.C.P., 1981. Toward a palaeogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.

Boulila, S., Galbrun, B., Miller, G.K., Pekar, S.F., Browning, J.V., Laskar, J., & Wright, J.D., 2011. On the origin of Cenozoic and Mesozoic "third-order" eustatic sequences. *Earth-Science Reviews*, 109: 94-112.

Bown, P.R., 1998. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. *British Micropaleontology Society Publication Series. Chapman and Hall*, London, 328 p.

Burnett, J.A., 1998. Upper Cretaceous. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall*, Cambridge, pp. 132-199.

Catanzariti, R., & Perilli, N., 2011. Chronostratigraphic framework of the external Ligurian units (Late Cretaceous, Northern Apennines, Italy) based on calcareous nannofossils. *Ofioliti*, 36 (1): 37-57.

Cepek, P., & Hay, W.W., 1969. Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 19: 323-336.

Davodzadeh, M., & Schmidt, K., 1982. Zur Trias des Iran. *Geol. Rundschau*, 71: 21-39.

Frostick, L.E., & Steel, R.J., 1993. Sedimentation in divergent plate margin basins. In: Forstick, L.E. & Steel, R.J. (eds.), *Tectonic controls and signatures in sedimentary successions. International Association of Sedimentologists, Special Publication Blackwell Scientific Publications*, Oxford. 20: 111-128.

Gardin, S., Odin, G.S., Bonnermaison, M., Melinte, M., Monechi, S., & Von Salis, K., 2001. Results of the cooperative study on the calcareous nannofossils across the Campanian-Maastrichtian boundary at Tercis les Bains (Landes, France). In: Odin, G.S., (ed.), *The Campanian-Maastrichtian stage Boundary. Elsevier Science*, pp. 293-309.

Gardin, S., Galbrun, B., Thibault, N., Coccioni, R., Premoli Silva, I., 2012. Bio-magnetostratigraphy for the upper Campanian-Maastrichtian from the Gubbio area, Italy: new results from the Contessa Highway and Bottaccione sections. *Newsletters on Stratigraphy*, 45 (1): 75-103.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.J., A.G., Agterberg, F.P., Bleeker, W., Cooper, R.A., Davydov, V., Gibbard, P., Hinnov, L., House, M.R., Lourens, L., Luterbacher, H-P., McArthur, J., Melchin, M.J., Robb, L.J., Shergold, J., Villeneuve, M., Wardlaw, B.R., Ali, J., Brinkhuis, H., Hilgen, F.J., Hooker, J., Howarth, R.J., Knoll, A.H., Laskar, J., Monechi, S., Powell, J., Plumb, K.A., Raffi, I., Röhl, U., Sanfilippo, A., Schmitz, B., Shackleton, N.J., Shields, G.A., Strauss, H., Van Dam, J., Veizer, J., van Kolfshoten, Th. and Wilson, D., 2006. Updated Geological time scale, 2004. *Cambridge University Press*, Version 1: 620 p.



- Glennie, K.W., 2000. Cretaceous tectonic evolution of Arabia eastern plate margin: a tale of two oceans, in Middle East models of Jurassic/Cretaceous carbonate Systems. *SEPM Special Publication*, 69: 9-20.
- Hadavi, F., & Khodadadi, L., 2002. Calcareous nannoplankton Campanian-Maastrichtian of Iran. 9th INA Conference. Poster.
- Hadavi, F., & Notghi Moghaddam, M., 2010. Calcareous nanofossils from chalky limestone of upper Abderaz Formation and lower part of Abtalkh Formation in the Kopet-Dagh range NE Iran. *Arab J. Geosci.*, 10.1007/s12517-009-0106-5.
- Hu, X., Jansa, L., Wang, C., Sarti, M., Bak, K., Wagneich, M., Michalik, J., & Sotak, J., 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age and environments. *Cretaceous Reserch*, 26: 3-20
- Lees, J.A., Bown, P.R., 2005. Upper Cretaceous calcareous nanofossil biostratigraphy, ODP Leg 198 (Shatsky Rise, northwest Pacific Ocean). In: Bralower, T.J., Premoli Silva, I., & Malone, M.J. (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 198: 1–60.
- Manivit, H., 1971a. Nannofossiles calcaires du Cretace´ francais (Aptien– Maestrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes, *These doctoral, Universite´ de Paris*, 187 pp.
- Melinte-Dobrinescu, M.C., 2010. Lithology and biostratigraphy of Upper Cretaceous marine deposits from the Hațeg region (Romania): Palaeoenvironmental implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293: 283–294.
- Odin, G.S., (editor), 2001. The Campanian-Maastrichtian stage boundary: characterisation at Tercis les Bains (France): correlation with Europe and other continents. IUGS Special Publication (monograph) Series, v. 36; Developments in Palaeontology and Stratigraphy Series, v. 19, *Elsevier Sciences Publ. Amsterdam*, 910 p.
- Perch-Nielsen, K., 1979. Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (ed.), *Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series, A*, 6: 223-272.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch-Nielsen, K., (eds.), *Plankton stratigraphy, Cambridge Earth Science Series, Cambridge University Press*, pp. 329-426.
- Senemari, S., & Azizi, M., 2012. Nannostratigraphy of Gurpi Formation (Cretaceous -Tertiary oundary) in Zagros Basin, Southwestern Iran. *World Applied Sciences Journal*, 17 (2): 205-210.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Calcareous Nannoplankton. *Geologie En Mijnbouw*, 56: 37-65.
- Stocklin, J., & Setudehnia, A., 1971. Stratigraphic Lexicon of Iran. *Geological Survey of Iran*, Report 18: 1-376.
- Thibault, N., Husson, D., Harlou, R., Gardin, S., Galbrun, B., Huret, E., & Minoletti, F., 2012. Astronomical calibration of upper Campanian–Maastrichtian carbon isotope events and calcareous plankton biostratigraphy in the Indian Ocean (ODP Hole 762C): implication for the age of the Campanian–Maastrichtian boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 337–338: 52–71.
- Thierstein, H.R., 1971. Tentative Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Zonation. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 64: 459-488.
- Thierstein, H.R., 1973. Lower Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 29: 3-53.
- Wagneich, M., Kuchler, T., & Summesberger, H., 2003. Correlation of calcareous nanofossil zones to the local first occurrence of *Pachydiscus neubergicus* (von Hauer, 1858) (Ammonoidea) in European Upper Cretaceous sections. *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 82 (3): 283-288.

- Watkins, D.K., 2007. Quantitative analysis of the calcareous nannofossil assemblages from CIROS-1, Victoria Land Basin, Antarctica. *J. Nannoplankton Res.*, 29 (2): 130-137.
- Young, J.R., & Bown, P.R., 1997. Cenozoic calcareous nannoplankton classification. *Journal of Nannoplankton Research*, 19 (1): 36-47.

## **Biostratigraphy of Abtalkh Formation based on Calcareous nannofossils in eastern Kopet-Dagh basin, Padeha stratigraphic section (south-east of Mashhad)**

**Foroughi, F.<sup>1\*</sup>, Lotfali Kani, A.<sup>2</sup>, Vahidinia, M.<sup>3</sup>**

1- Paleontology and Geochemistry Studies and Researches Center, Exploration Directorate, Iranian Oil Company, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*E-mail: fariba.foroughi86@gmail.com

### **Abstract**

The Kopet-Dagh basin extended in the north and north east of Iran and consists of marine strata from Middle Jurassic to Paleogene time. Abtalkh Formation is one of the thickest lithostratigraphic units of Cretaceous in the Kopet-Dagh basin and is composed of light gray, green to bluish marl and silty marl. The Abtalkh Formation conformably overlies the marls and chalky limestones of the Abderaz Formation and is conformably overlain by the Nayzar Formation (sandstone, silty marl and limestone). In this study, the Padeha stratigraphical section in the eastern Kopet-Dagh basin was selected and studied in high resolution for its calcareous nannofossil biochronology. Padeha section contains very abundant, rich and moderately preserved calcareous nannofossil assemblages of Tethyan realm. A total of 268 samples in Padeha stratigraphical section were collected from the Abderaz, Abtalkh and Nayzar formations. The thickness of measured Abtalkh Formation in Padeha section was 974.5 (m). One hundred and fourteen nannoplanktonic species belonging to forty nine genera and seventeen families were identified and the biostratigraphic study allowed the recognition of the calcareous nannofossil biozones of Sissingh (1977), emended by Perch-Nielsen (1985) and Burnett (1998). From bottom to top, identified biozones in the Padeha section including a part of CC19, CC20, CC21, CC22, probably a part of CC23a and a part of UC14dTP, UC15bTP, UC15cTP, UC15dTP and probably a part of UC16. The results of this study indicate that the age of Abtalkh Formation in the Padeha section spans from late Early Campanian to Latest Campanian.

**Keywords:** Padeha stratigraphical section; Abtalkh Formation; Kopet-Dagh Basin; nanostratigraphy; Campanian; Cretaceous.