

تعیین ژرفای دیرینه و مطالعه وقایع زیستی مرز سانتونین - کامپانین بر اساس روزن‌بران شناور در خاور حوضه کپه داغ، شمال خاور ایران

میثم شفیعی اردستانی^۱، محمد وحیدی نیا^۲ و عباس صادقی^۳

^۱ دکتر، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۳ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۱

چکیده

در این پژوهش، گذر زمانی سانتونین-کامپانین بر اساس روزن‌بران شناور در ۵ برش چینه‌شناسی الگو، روستای پادها، شوراب، روستای آبدراز و برش قره‌سو در خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ مورد بررسی قرار گرفت. در تمامی برش‌های مورد مطالعه گونه جهانی *Marsupites testudinarius* Schlotheim که انقراض آن به طور گسترده در تعیین قاعده زمانی کامپانین به کار می‌رود یافت نگردید. چندین افق زیستی همزمان از روزن‌بران شناور نزدیک به گذر زمانی سانتونین-کامپانین شامل LODs گونه‌های *Contusotruncana patelliformis* (FOD) و *Ventilabrella austriana* Cushman, *Dicarinella concavata* (Brotzen), *Dicarinella asymetrica* (Sigal) (Gandolfi) ثبت گردیدند. مرز زمانی سانتونین-کامپانین در بالاترین قسمت زیست زون *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone و در قسمت بالایی سازند آبدراز در برش‌های الگو، شوراب، روستای آبدراز و روستای پادها و در قاعده سازند آب تلخ در برش قره‌سو قرار دارد. مدل زیستی به دست آمده برای برش‌های مورد مطالعه قابل مقایسه با مدل Gale et al. (2008) در برش WDS (Waxahachie Dam Spill way Section) شمال تگزاس است. مطالعه آماری تجمعات روزن‌بران شناور و کف‌زی مشخص نمود که فراوانی پایین روزن‌بران شناور کیل‌دار و همچنین درصد پایین روزن‌بران شناور (%P) نشان‌دهنده شرایط محیطی کم‌ژرفا در برش‌های الگو، شوراب، روستای آبدراز و روستای پادها و فراوانی بالای روزن‌بران شناور کیل‌دار و نیز درصد بالای روزن‌بران شناور (%P) نشان‌دهنده شرایط ژرف در برش قره‌سو در بالای مرز سانتونین-کامپانین می‌باشد. همچنین نسبت روزن‌بران شناور به کف‌زی‌های سطح‌زی تعیین و با استفاده از معادله واندروزان مشخص شد که ژرفای آب در قاعده زمانی کامپانین به حدود ۱۶۰ متر در برش قره‌سو رسیده است.

کلیدواژه‌ها: کپه‌داغ، سازند آبدراز، سازند آب‌تلخ، روزن‌بران شناور، مرز سانتونین-کامپانین، افق زیستی، مدل زیستی.

*نویسنده مسئول: میثم شفیعی اردستانی

E-mail: Meysam.shafieeardestani@stu.um.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

مطالعات زیادی بر روی زیست‌چینه‌نگاری مرز زمانی سانتونین-کامپانین در مناطق مختلف دنیا صورت پذیرفته است که همگی آنها بیانگر آن است که انقراض گونه *Marsupites testudinarius* (در مناطق آمریکای شمالی، اروپا، آسیا، شمال آفریقا، استرالیا) به صورت جهانی مشخص کننده مرز زمانی مورد مطالعه در دنیا است که این حادثه زیستی منطبق با پیدایش گونه آمونیتی *Goniatites granulataquadrata* و بلمنت *Placentoceras bidorsatum* و پیدایش گونه روزن‌دار شناور *Globotruncanites elevata* است. ایزوتوپ ⁸⁷SR/⁸⁶SR دارای مقدار ۰/۷۰۷۴۷۹ و ایزوتوپ ¹³C دارای مقدار عددی مثبت در مرز زمانی سانتونین-کامپانین هستند. در این مرز زمانی کرون مغناطیسی برابر با مقدار 33R می‌باشد (Gale et al., 1995). اولین همایش بر روی مرز آشکوب‌های زمانی کرتاسه در Copenhagen در سال ۱۹۸۳ برگزار شد. در طی این همایش پارامترهای مختلفی چون آمونیت‌ها، نانوفسیل‌های آهکی، اینوسرامیدها، روزن‌بران شناور و کف‌زی برای تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین پیشنهاد شد که به ترتیب FOS گونه آمونیتی *Placentoceras bidorsatum* (Roemer) و گونه کوکولیتی *Broinsonia parca parca* (Strandner, 1963) و گونه روزن‌بر کف‌زی *Bolivinooides strigillatus* (Chapman) (که به طور خاص در اروپای باختری یافت شده و در خارج از آن حوضه از خود دیاکرونیته نشان می‌دهد) مرز زمانی مورد مطالعه تعیین می‌شود (Birkelud et al., 1984, Grossourre, 1901). همچنین در داده‌های پالئومغناطیس در کرون 33R، یک معکوس‌شدگی در داخل طبقات قرمز رنگ Kirghizia و مناطقی دیگر چون Gubbio و Moria و Umbria و در مرکز ایتالیا ثبت شده است (Alvarez et al., 1977; Shmeleva, 1963).

Lowrie & Alvarez, 1977a,b; Alvarez & Lowrie, 1978). یک متر بالاتر از این معکوس‌شدگی، اولین ظهور *Globotruncanites elevata* در مناطق مورد مطالعه ثبت شده است (Cresta et al., 1989). در این پژوهش استفاده از حوادث زیستی روزن‌بران شناور هدف اصلی برای تعیین مرز زمانی یاد شده است. از این رو، یادآوری نقطه نظر برخی پژوهشگران در مورد حوادث زیستی این گروه بسیار حائز اهمیت است. Bolli (1966) اولین حضور (FOS) گونه‌های *Contusotruncana fornicata* و *Globotruncanites stuarti* را به ترتیب به عنوان گونه‌های شاخص زیر آشکوب سانتونین پسین و قاعده آشکوب کامپانین در نظر می‌گیرد. (Pessagno, 1967). FO گونه *Archaeoglobigerina blowi* را گونه شاخص قاعده آشکوب کامپانین در نظر می‌گیرد. (Postuma (1971) آخرین حضور گونه *Dicarinella asymetrica* (Carinata) و FO گونه *Globotruncanites elevata* را به ترتیب به عنوان حوادث زیستی پایین و بالای مرز سانتونین-کامپانین در نظر می‌گیرند. (Sigal, 1977). LOS گونه‌های *Dicarinella concavata* و *Dicarinella asymetrica* به همراه FOS گونه‌های *Globotruncanites stuartiformis* و *Globotruncanites elevata* را به عنوان گونه‌های شاخص تعیین مرز در نظر می‌گیرد. (Van Hinte (1976). به همراه Wonders (1980) اعتقاد دارند که هیچ گونه روزن‌بران شناور شاخصی برای تعیین این مرز در دنیا وجود ندارد و مرز زمانی مورد نظر در داخل زیست‌زون *Globotruncanites elevata* Interval Zone قرار می‌گیرد. (Caron (1985) معتقد است که LO گونه *Dicarinella asymetrica* مشخص‌کننده انتهای آشکوب سانتونین است. همچنین (Nederbragt (1990) و (Robaszynski & Caron (1995) LO گونه *Dicarinella asymetrica* را در قاعده آشکوب کامپانین می‌دانند. (Huber (1992)

سنگ آهک گل سفیدی و شیل تشکیل شده است که از هر برش در محدوده ۴۰ متری مرز زمانی مورد مطالعه بیش از ۱۷ نمونه و در مجموع بیش از ۱۰۰ نمونه برداشته و مورد مطالعه قرار گرفتند. مرز زمانی مورد مطالعه در برش‌های الگو، روستای پادها، شوراب و روستای آبدراز در چاک‌های سازند آبدراز و در برش قره‌سو در شیل‌های سازند آب تلخ قرار می‌گیرد. فاصله تقریبی نمونه‌برداری ۲/۵ متر و به صورت سیستماتیک بوده که در اطراف مرز این فاصله به کمتر از ۱ متر کاهش می‌یابد. نمونه‌های برداشت شده را ابتدا در آب اکسیژنه ۱۰٪ به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و سپس مخلوط حاصل بر روی الک‌های با قطر منافذ ۶۳، ۱۲۰، ۲۵۰ میکرون شستشو داده تا مواد ریزتر و گل و لای از نمونه‌های میکروفسیل جدا شود. مواد باقیمانده بر روی هر الک جمع‌آوری شده و پس از خشک کردن نمونه‌ها، با استفاده از میکروسکوپ دوچشمی مورد مطالعه قرار گرفتند. در نهایت پس از شناسایی نمونه‌ها از آنها تصاویر SEM از سه سطح پشتی، شکمی و جانبی به همراه مقطع نازک تهیه شده که در قالب سه پلیت به همراه یک پلیت از مجموعه زیای ماکروفسیلی برش‌های مورد مطالعه ارائه گردیده است.

۴- بحث

تاکنون استراتوتایپ برش جهانی GSSP (Global boundary Stratotype Section and Point) برای مرز زمانی سانتونین-کامپانین در دنیا به صورت جهان‌شمول گزارش نشده است. در این بین چندین برش چینه‌شناسی که پتانسیل لازم را برای معرفی به عنوان GSSP مرز نامبرده داشته‌اند در طی دو مین همایش بین‌المللی مرزهای آشکوب‌های کرتاسه در سال ۱۹۹۵ که در Brussels برگزار شد مطرح گردید. در این همایش انقراض کربنویید *Marsupites testudinarius* (Schlotheim) به عنوان شاخص اولیه در تشخیص مرز زمانی سانتونین-کامپانین مد نظر قرار گرفت (Hancock & Gale, 1996). از جمله فسیل‌های دیگری که به عنوان حوادث زیستی ثانویه (secondary bio-events) در تشخیص این مرز زمانی مطرح گردید به ترتیب، اولین حضور (FO) گونه آمونیتی *Placenticeras bidorsatum* (Roemer 1841)، اولین حضور (FO) گونه نانوفسیلی *Broinsonia parca parca* و همچنین (LO) آخرین حضور گونه روزن‌بران *Dicarinella asymetrica* می‌باشند. در حال حاضر سه برش چینه‌شناسی که دارای پتانسیل‌های لازم برای معرفی آنها به عنوان GSSP مرز زمانی سانتونین-کامپانین می‌باشند عبارتند از:

۱- برش Sea Ford Head در منطقه Sussex انگلستان که توسط Hampton et al. (2007) معرفی شد.

۲- منطقه Waxahachie dam-Spill way (WDS) در چاک‌های Austin، شمال تگزاس مرکزی توسط Gale و همکاران به عنوان GSSP قاعده زمانی کامپانین معرفی گردید. برش یاد شده در یک محیط ژرف رسوب‌گذاری شده است (Young & Woodruff, 1985; Durham & Hall, 1991; Haymond, 1991).

۳- برش Schattau در گروه Gossau در منطقه Austria، شمال Calcareous Alps توسط Wagreich et al. (2010) معرفی گردید. در این برش گونه کلیدی تعیین مرز سانتونین-کامپانین وجود ندارد. لذا از FO گونه کربنوییدی *Marsupites laevigatus* و همچنین سایر گروه‌های فسیلی چون روزن‌بران آهکی، نانوفسیل‌های آهکی، آمونیت و اینوسرامیدها، برای تشخیص مرز زمانی یاد شده استفاده کردند. تاکنون مدل‌های زیستی مختلفی برای تعیین این مرز زمانی ارائه شده که به ترتیب ذیل معرفی و در نهایت با مدل زیستی پیشنهادی برای مناطق مورد مطالعه در خاور حوضه رسوبی کبه‌داغ مقایسه می‌شوند (جدول ۲).

۴-۱. مدل زیستی مرز سانتونین-کامپانین از Mark & Stan (1983) بر اساس

روزن‌داران شناور

این مدل زیستی حاصل مطالعه بر روی روزن‌بران شناور چاک‌های ناحیه

از انقراض *Marginotruncana marginata* به عنوان یک پتانسیل در تعیین این مرز زمانی در قلمرو Austral استفاده می‌کند. (2000) Petrizzo اولین ظهور گونه *Globigerinelloides impensus* را شاخص تعیین قاعده زمانی آشکوب کامپانین در Exmouth plateau می‌داند. (2003) Nishi et al. با مطالعه برش Nakanofutamata در ناحیه Haboro معتقدند که انقراض جنس *Archaeoglobigerina* شاخص تعیین این مرز زمانی است. (2004) Takashima et al. با مطالعه گروه Yezo در ژاپن در حاشیه باختری پاسیفیک اولین ظهور گونه *Contusotruncana pateliformis* را شاخص تعیین این مرز زمانی می‌دانند. (2007) Hampton et al. از هیچ گونه روزن‌بران شناور برای تعیین مرز سانتونین-کامپانین استفاده نکردند. (2008) Gale et al. انقراض گروهی *marginotruncanids* را به همراه انقراض *Dicarinella asymetrica* شاخص تعیین قاعده این مرز زمانی می‌دانند. (2010) Takashima et al. معتقدند که اولین ظهور گونه *Globotruncana arca* شاخص اولیه برای تعیین مرز سانتونین-کامپانین است. در ایران برای اولین بار مرز زمانی مورد مطالعه توسط شفیعی‌اردستانی و همکاران (۱۳۸۸) بر اساس روزن‌بران شناور در برش الگوی سازند آبدراز مطالعه شد. سپس احمدی و همکاران (۱۳۸۹) توانستند مرز زمانی مورد مطالعه را بر اساس انقراض *Marginotruncanids* در برش روستای پادها تعیین نمایند. روزن‌بران شناور بر خلاف سایر گروه‌های فسیلی در این مرز زمانی از خود دیاکرونیتی نشان نمی‌دهند و با توجه به آنکه تاکنون در ایران مطالعه جامعی بر روی حوادث زیستی روزن‌بران شناور مشخص کننده این مرز زمانی صورت پذیرفته است لذا در برش‌های مورد مطالعه تمام گونه‌های روزن‌بران شناور در پیرامون مرز سانتونین-کامپانین به همراه سایر حوادث زیستی بی‌مهره به دقت مورد مطالعه قرار گرفتند و در این مقاله سعی می‌گردد با دو روش، یکی استفاده از مورفوتایپ‌های پلانکتونیک و دیگری به کارگیری معادلات تعیین ژرفا، بتوان روند تغییرات نسبی سطح آب در قاعده زمانی آشکوب کامپانین را در تمامی برش‌های مورد مطالعه ترسیم کرد.

۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دستیابی به برش‌های مورد مطالعه

در این مطالعه سازند آبدراز در برش‌های الگو، شوراب، روستای آبدراز، روستای پادها و قره‌سو مورد مطالعه دقیق چینه‌شناسی قرار گرفت. برای رسیدن به برش الگو چنانچه از مشهد ۹۰ کیلومتر در جاده اصلی مشهد به سرخس حرکت کنیم به شهر مزدوران می‌رسیم. در صورتی که از رأس گردنه مزدوران حدود ۱/۵ کیلومتر در مسیر این جاده حرکت کنیم به برش مورد نظر می‌رسیم. برش پادها در فاصله ۲۵ کیلومتری خاور برش الگو و در ۲ کیلومتری خاور روستای پادها در محلی به نام چاه رخشان قرار گرفته است. برش روستای آبدراز در شمال برش الگو قرار گرفته و برای رسیدن به آن از رأس گردنه مزدوران ۱۵ کیلومتر حرکت کرده تا به سه‌راهی بزنگان برسیم چنانچه در جاده بزنگان ۷ کیلومتر حرکت کرده به برش مورد نظر می‌رسیم. برش شوراب در فاصله ۵۹ کیلومتری جنوب خاور برش الگو قرار گرفته است. برای رسیدن به برش مورد نظر بایستی در مسیر جاده مشهد به سرخس حرکت کرده تا به سه راهی صالح‌آباد رسیده و پس از طی ۳۳ کیلومتر به یک جاده فرعی رسیده که در سمت راست قرار داشته و در نهایت پس از طی ۴ کیلومتر به برش مورد مطالعه خواهیم رسید. برش قره‌سو در ۱۲۹ کیلومتری شمال باختر برش الگو قرار گرفته است. برای رسیدن به برش مورد نظر از جاده اصلی مشهد به کلات نادری ۱۴۸ کیلومتر پیموده و به دهانه ورودی ناودیس کلات خواهیم رسید. سپس در مسیر جاده کلات نادری به درگز حدود ۱ کیلومتر حرکت کرده و به برش مورد نظر که در جنوب جاده و در مسیر رودخانه قرار گرفته می‌رسیم. مختصات جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده‌اند.

۳- روش کار

سنگ‌شناسی برش‌های مورد مطالعه در اطراف مرز سانتونین-کامپانین از مارن،

– مطالعه اکتیویدها، اینوسرامیدها، آمونیت‌ها و روزن‌بران شناور در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه در برش الگو نمایانگر آنست که Los گونه‌های آمونیتی *Texanites hispanicus* و *Placenticeras polyopsis* و Fo گونه اکتیویدی *Echinocorys scutata* و FO گونه اینوسرامیدی *Cordiceramus cf. muelleri muelleri* به همراه LODs روزن‌بران شناور *marginotruncanids* و *Dicarinella concavata* مشخص‌کننده قسمت زیرین قاعده زمانی کامپانین و FOs گونه‌های پلانکتونیک *Globigerinelloides impensus* و *Contusotruncana patelliformis* و *Globotruncanita elevata* از جمله وقایع مشخص‌کننده قسمت بالایی قاعده آشکوب کامپانین هستند. در این مطالعه FO گونه اکتیویدی *Echinocorys vulgaris-striata* در اطراف مرز ساتونین-کامپانین ثبت شد. در این برش LODs گونه‌های *Ventilabrella austiniana* و *Dicarinella asymetrica* به عنوان گونه‌های شاخص تعیین مرز در این برش قلمداد شده‌اند.

– مطالعه مجموعه حوادث زیستی مرز زمانی ساتونین-کامپانین در برش روستای پادها مشخص نمود که LOs گونه‌های *Texanites hispanicus* و *Echinocorys scutata* به همراه LO گونه *Dicarinella concavata* و گروه whiteinellids قسمت زیرین مرز و FOs گونه‌های پلانکتونیک *Dicarinella asymetrica* و *Contusotruncana patelliformis* و *Marginotruncana sinuosa* در قسمت بالای مرز ثبت شدند. در این برش LODs گونه‌های *Ventilabrella austiniana* و *Dicarinella asymetrica* به عنوان گونه‌های شاخص تعیین مرز در این برش در نظر گرفته شدند.

– مطالعه مجموعه زیادی موجود در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه در برش شوراب گویای آنست که LO گونه آمونیتی *Texanites hispanicus* به همراه LOs گونه‌های پلانکتونیک *Dicarinella concavata* و *D. hagni* و *marginotruncanids* مشخص‌کننده قسمت زیرین مرز و FOs گونه‌های *Contusotruncana patelliformis* و *Globotruncanita elevata* مشخص‌کننده قسمت بالایی مرز زمانی مورد مطالعه‌اند. در این برش LOD گونه *Ventilabrella austiniana* به عنوان گونه شاخص تعیین شد. – مطالعه مجموعه زیادی به دست آمده در برش روستای آبدراز بیانگر آن است که LO گونه آمونیتی *Texanites hispanicus* به همراه Lo گروهی *marginotruncanids* از روزن‌بران شناور مشخص‌کننده بخش زیرین و FOs گونه‌های پلانکتونیک *Contusotruncana patelliformis* و *Pseudoguembelina costellifera* و *Muricohedbergella holmdelensis* به همراه LO گونه اینوسرامیدی *Cordiceramus sp.* مشخص‌کننده بخش بالایی مرز زمانی مورد مطالعه‌اند. در این برش LOD گونه *Dicarinella asymetrica* به همراه FOD گونه *Contusotruncana patelliformis* به عنوان گونه‌های شاخص تعیین مرز در این برش قلمداد شده‌اند.

– برش قره‌سو در بردارنده مجموعه غنی از اکتیویدها، براکیوپودها، آمونیت، اینوسرامید و روزن‌بران شناور است. در این برش LOs گونه‌های پلانکتونیک *dicarinellids* و *Schackoina multispinata* مشخص‌کننده بخش زیرین مرز و FOs گونه‌های پلانکتونیک *Laeviheterohelix dentata*، *Contusotruncana patelliformis*، *Globotruncana arca*، *Heterohelix carinata* و *Globotruncanita elevata* مشخص‌کننده قسمت بالایی مرز زمانی مورد مطالعه است. LODs گونه‌های *Ventilabrella austiniana* و *Contusotruncana patelliformis* به همراه FOD گونه *Dicarinella asymetrica* به عنوان شاخص‌ترین گونه‌ها به مرز زمانی مورد مطالعه در نظر گرفته شدند.

Austin-Taylor در تگزاس است. آخرین حضور (Last occurrence) گونه‌های *Whiteinella brittonensis* و *Dicarinella concavata* و *Contusotruncana fornicata* gr. *Manauensis* مشخص‌کننده ساتونین پسین و اولین حضور گونه‌های *Globotruncanita stuartiformis* و *Globotruncana arca* و *Globotruncana stephensoni* مشخص‌کننده کامپانین پیشین در این مدل می‌باشند.

۴-۲. مدل زیستی مرز زمانی ساتونین-کامپانین از Gale et al. (1996)

در این مدل برای تعیین قاعده آشکوب کامپانین از گروه‌های مختلف فسیلی مانند کریئویدها، نانوپلانکتون‌های آهکی، روزن‌بران شناور و آمونیت‌ها به عنوان حوادث زیستی (Bio-events) اصلی در تعیین مرز زمانی مورد نظر استفاده شده است. در این مدل به ترتیب از شماره ۱ تا ۸ سن حوادث جوان‌تر گشته و Lo گونه *M. testudinarius* نشان‌دهنده مرز در پالئومغناطیس 33R است (جدول ۲).

۴-۳. مدل زیستی مرز ساتونین-کامپانین از Hampton et al. (2007) ، برش

Sussex ، Seaford Head ، جنوب انگلستان

برش صخره‌ای Seaford Head در Sussex در جنوب انگلستان به عنوان یکی از برش‌های مرجع بین‌المللی برای مرزهای زمانی Coniacian-Santonian و Santonian-Campanian در دنیا پیشنهاد شده است (Birkelund et al., 1984; Lamolda & Hancock, 1996; Hancock & Gale, 1996). در این برش قاعده آشکوب ساتونین به واسطه FO دو کفه‌ای اینوسرامید *Cladoceras undulatoplicatus* و همچنین قاعده آشکوب کامپانین به واسطه انقراض گونه کریئویدی *Marsupites testudinarius* مشخص می‌شود (Mortimore, 1986; Mortimore et al., 2001).

۴-۴. مدل زیستی مرز ساتونین-کامپانین از Gale et al. (2008) در

Waxahachie dam-spillway ، Austin chalk ، شمال تگزاس

در این مدل Gale و همکاران بر اساس ژئوشیمی، ایزوتوپ اکسیژن و کربن، نانوفسیل‌های آهکی، روزن‌بران شناور و اینوسرامید، آمونیت‌ها و کریئویدها در برش Waxahachie dam-spill way در شمال تگزاس به تعیین قاعده آشکوب کامپانین پرداخته‌اند. در این مدل پایین‌ترین حد ظهور گونه اینوسرامیدی *Placenticeras bidorsatum* به همراه انقراض گونه کریئویدی *Marsupites testudinarius* (Schloteim) و Datum level انقراض گروهی از روزن‌بران شناور به نام *Dicarinella concavata* یا نانوفسیل *Broinsonia parca* را منطبق با مغناطیس دیرینه 33R/34N می‌دانند (Kuhry, 1970; Wonders 1980; Dowsett, 1984).

۴-۵. مدل زیستی مرز زمانی ساتونین-کامپانین توسط

Wagreich et al. (2010) در برش Schattu ، گروه Gossau در Austria

این مدل زیستی، حاصل یک کار گروهی از مجموعه گروه‌های فسیلی متشکل از روزن‌بران شناور، نانوفسیل‌های آهکی، کریئویدها، اکتیویدها، آمونیت‌ها و اینوسرامیدها در کنار ایزوتوپ ^{13}C و ایزوتوپ استرانسیم $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ بوده که به تعیین مرز زمانی ساتونین-کامپانین در برش Schattu در اتریش (شمال باختر حوضه تیس) می‌پردازد. در این مدل اولین حضور روزن‌بران شناور *Globotruncanita elevata* و *Dicarinella asymetrica* و *Globotruncanita stuartiformis* به عنوان حوادث زیر مرز در نظر گرفته شدند. برای زیر تقسیمات محدود مرز زمانی ساتونین-کامپانین از مدل‌های زیست‌زوندی Perch-Nielsen, 1985 CC zones, Sissingh, 1977, UC zones Burnett, 1998 استفاده می‌کنند.

۴-۶. مدل زیستی مرز زمانی ساتونین-کامپانین در برش‌های مورد مطالعه

بر اساس مطالعه حوادث زیستی موجود در برش‌های الگو، روستای پادها، شوراب، روستای آبدراز، قره‌سو مجموعه حوادث زیستی ذیل در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه مشخص شد:

این زون نخستین بار توسط Postuma (1971) با محدوده زمانی اوایل سانتونین تا اواخر سانتونین معرفی شد ولی تحقیقات جدید نشان داده است که سن سانتونین تا اوایل کامپانین دارند (Robaszynski & Caron, 1995). اولین حضور گونه *D. asymetrica* در مناطق مختلف دنیا دارای سنین مختلف است. به عنوان مثال اولین حضور این گونه در تونس، رومانی و اسپانیا Middle Coniacian می باشد (Ion et al., 2004; Lamolda et al., 2007). اولین ظهور همین گونه در دیگر مناطق حوضه تبتیس Early-Middle Santonian می باشد (Caron, 1985; Robaszynski & Caron, 1995; Premoli-Silva & Verga 2004). Caron (1985) اعتقاد دارد که از میان تمام marginotruncanids تنها گونه *Dicarinella asymetrica coronata* از مرز زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* عبور کرده و وارد زیست‌زون *Globotruncana elevata* می شود و بقیه گونه‌های آن در انتهای زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* منقرض می‌شوند، ولی (Premoli-silva & Sliter, 1994) معتقدند که مرز این دو زیست‌زون با انقراض همه marginotruncanids منطبق است. برخی دیگر از زمین‌شناسان اولین حضور *Globotruncanita elevata* (Wagreich, 1992) و عده‌ای انقراض *Dicarinella asymetrica-concavata* یا انقراض گروه *Dicarinella asymetrica* را شاخص گذر زمانی سانتونین-کامپانین می‌دانند (Caron, 1985; Premoli-Silva & Sliter, 1994). در این برش حالت دوم برقرار است در آخرین لایه‌های سازند آبدراز و شروع سازند آب‌تلخ هیچ گونه‌ای از *Marginotruncana contusotruncana patelliformis* دیده نشد. حضور روزن‌برانی از قبیل *Rugoglobigerina rugosa*, *Globotruncanita elevata* در قسمت‌های بالایی برش مورد مطالعه به همراه LOD گونه *Ventillabrella austriana* گویای سن اوایل کامپانین برای انتهای سازند آبدراز در این منطقه هستند. در برش الگو مرز مورد مطالعه در داخل زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone قرار می‌گیرد. FO گونه *Echinocorys vulgaris-striata* در قسمت بالای مرز و LO گونه آمونیتی *Placentoceras polyopsis* در قسمت پایین مرز در برش الگو ثبت شدند. همچنین در این منطقه اولین ظهور گونه اینوسرامیدی *Cordiceramus cf. muelleri muelleri* در فاصله ۴ متری از قاعده آشکوب کامپانین ثبت گردید. در مجموع، ۱۶ جنس و ۴۱ گونه روزن‌دار شناور در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه در این برش شناسایی شد (شکل ۳).

۵-۲. تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین در برش روستای پادها

Dicarinella asymetrica zone

Category: Total Range Zone

Age: Early Santonian to Early Campanian

Author: Robaszynski & Caron, 1995

– زیست‌زون *Dicarinella asymetrica*

این زون گستره‌ای شامل تمام ستبرای رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن حضور دارد. گونه‌های همراه این زون عبارتند از: *Archaeoglobigerina bosquensis* Pessagno 1967, *A. cretacea* (d'Orbigny 1840), *A. sp.*, *A. tradinghousensis* Pessagno 1967, *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931), *C. patelliformis* (Gandolfi 1955), *Costellagerina pilula* (Belford 1960), *Dicarinella concavata* (Brotzen 1934), *D. sp.*, *Globotruncana arca* (Cushman 1926), *G. bulloides* Vogler 1941, *G. linneiana* (d'Orbigny 1839), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg 1840), *Laeviheterohelix pulchra* (Brotzen 1936), *Globigerinelloides alvarezii* (Eternod olvera 1959), *G. bolli* (Pessagno 1967), *G. escheri* Kaufmann 1865, *G. prairiehillensis* (Pessagno 1967), *G. sp.*, *Marginotruncana coronata* (Bolli 1945), *M. marginata*

۵- زیست‌چینه‌نگاری و ژرفاسنجی دیرینه مرز زمانی سانتونین- کامپانین، در برش‌های چینه‌شناسی الگو، روستای پادها، شوراب، روستای آبدراز و قره‌سو

در این مطالعه در مجموع ۴۷ گونه در قالب ۱۷ جنس از روزن‌بران شناور در اطراف مرز زمانی سانتونین-کامپانین (بر اساس منابع Bolli, 1957; Postuma, 1971; Robaszynski & Caron, 1979, 1995; Caron, 1985; Loeblich & Tappan 1988; Premoli Silva & Sliter, 1994; Ellis & Messina, 1999; Premoli-silva & Verga, 2004) مورد شناسایی قرار گرفت. نمونه فسیل‌های پلانکتون شاخص در سلول شماره Ab-5secNEI در آزمایشگاه پالئولوژی دانشگاه فردوسی مشهد بایگانی شد. همچنین به منظور تعیین ژرفای دیرینه در اطراف مرز زمانی سانتونین-کامپانین از هر نمونه، ۳۰۰ عدد از روزن‌بران (شناور و کف‌زی) و ۳۰۰ نمونه جداگانه از روزن‌بران شناور در تمام برش‌های مورد مطالعه شمارش شد (جدول ۳). بر مبنای گسترش این مجموعه فسیلی در نمونه‌های مورد مطالعه در ۵ برش چینه‌شناسی نامبرده در مرز زمانی مورد مطالعه زیست‌زون‌های ذیل به شرح زیر تفکیک گردید.

۵-۱. تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین در برش الگو

در این برش مرز زمانی سانتونین-کامپانین در قسمت بالایی سازند آبدراز و در داخل زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone قرار می‌گیرد. در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه میزان تنوع و فراوانی و حفظ‌شدگی روزن‌بران شناور نسبتاً بالا است.

– زیست‌زون *Dicarinella asymetrica*

Dicarinella asymetrica zone

Category: Total Range Zone

Age: Early Santonian to Early Campanian

Author: Robaszynski & Caron, 1995

این زون گستره‌ای (Total range zone) شامل تمام ستبرای رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن حضور دارد. گونه‌های همراه این زون عبارتند از: *Archaeoglobigerina bosquensis* Pessagno 1967, *A. cretacea* (d'Orbigny 1840), *A. tradinghousensis* Pessagno 1967, *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931), *C. patelliformis* (Gandolfi 1955), *Dicarinella canaliculata* (Reuss 1854), *D. concavata* (Brotzen 1934), *D. hagni* (Scheibnerova 1962), *Globigerinelloides alvarezii* (Eternod olvera 1959), *G. bolli* (Pessagno 1967), *G. escheri* Kaufmann 1865, *G. impensus* (Sliter 1977), *G. prairiehillensis* (Pessagno 1967), *G. ultramicrus* (Subbotina 1949), *Globotruncana arca* (Cushman 1926), *G. bulloides* Vogler 1941, *G. linneiana* (d'Orbigny 1839), *Globotruncanita elevata* (Brotzen 1934), *Guembelietria cretacea* Cushman 1933, *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg 1840), *H. carinata* Cushman 1938, *H. striata* (Ehrenberg 1840), *H. papula*, *Laeviheterohelix pulchra* (Brotzen 1936), *Marginotruncana coronata* (Bolli 1945), *M. marginata* (Reuss 1845), *M. pseudolinneiana* Pessagno 1967, *M. paraconcavata* Porthault 1970, *M. renzi* (Gandolfi 1942), *M. schneegansi* (Sigal 1952), *M. sigali* (Reichel 1950), *M. undulata* (Lehmann 1963), *Muricohedbergella flandrini* (Porthault 1970), *M. holmdelensis* (Olsson 1964), *M. simplex* (Morrow 1934), *Pseudoguembelina costellifera* Masters 1976, *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk 1937), *Schackoia multispinata* (Cushman & Wickenden 1930), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926), *Ventillabrella austriana* Cushman 1938.

در این برش مرز زمانی مورد مطالعه در داخل سنگ آهک‌های گل سفیدی سازند آبدراز و در قسمت بالایی آن قرار دارد. انقراض گروه marginotruncanids و FOD گونه *Ventilabrella austiniana* به همراه انقراض گونه آمونیتی *Texanites hispanicus* قسمت زیرین مرز زمانی سانتونین-کامپانین تعیین می‌شود. همچنین LOD گونه *Dicarinella asymetrica* به همراه FOD گونه روزن‌بران شناور *Globotruncanita elevata* در کنار FO گونه اکتیونیدی *Echinocorys vulgaris-striata* قسمت بالایی مرز زمانی مورد مطالعه تشخیص داده شد. لازم به یادآوری است که می‌توان از LOD گونه روزن‌بران شناور *Dicarinella concavata* نیز به عنوان یکی دیگر از حوادث زیستی مهم در تعیین قسمت زیرین قاعده زمانی آشکوب کامپانین در این منطقه استفاده کرد. در مجموع ۱۴ جنس و ۳۴ گونه روزن‌بران شناور در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه شناسایی شد (شکل ۵).

۵-۴. تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین در برش روستای آبدراز - زیست‌زون *Dicarinella asymetrica*

Dicarinella asymetrica zone

Category: Total Range Zone

Age: Early Santonian to Early Campanian

Author: Robaszynski & Caron, 1995

این زون گستره‌ای شامل تمام ستبرای رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن حضور دارد. گونه‌های همراه این زون عبارتند از: *Archaeoglobigerina bosquensis* Pessagno 1967, *A. cretacea* (d,Orbigny) 1840, *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931), *C. patelliformis* (Gandolfi 1955), *D. concavata* (Brotzen 1934), *D. sp.*, *Globotruncana arca* (Cushman 1926), *G. bulloides* Vogler 1941, *G. linneiana* (D'Orbigny 1839), *Guembelitra cretacea* Cushman 1933, *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg 1840), *Laeviheterohelix pulchra* (Brotzen 1936), *Globigerinelloides alvarezii* (Eternod olvera 1959), *G. bolli* (Pessagno 1967), *G. escheri* Kaufmann 1865, *G. prairiehillensis* (Pessagno 1970), *G. sp.*, *Marginotruncana coronata* (Bolli 1945), *M. marginata* (Reuss 1845), *M. pseudolinneiana* Pessagno 1967, *M. paraconcavata* Porthault 1970, *M. renzi* (Gandolfi 1942), *M. schneegansi* (Sigal 1952), *M. sigali* (Reichel 1950), *Muricohedbergella flandrini* (Porthault 1970), *M. holmdelensis* (Olsson 1964), *Pseudoguembelina costellifera* Masters 1976, *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk 1937), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926).

در این برش مرز زمانی سانتونین-کامپانین در سنگ آهک‌های گل سفیدی سازند آبدراز و در داخل زیست‌زون مورد مطالعه قرار می‌گیرد. گونه‌های شاخص *Ventilabrella austiniana* و *Globotruncanita elevata* در این برش وجود نداشته و لذا از انقراض گروهی marginotruncanids و *Dicarinella asymetrica* LOD و FOD گونه *Contusotruncana patelliformis* به عنوان شاخص‌های تعیین مرز مورد مطالعه استفاده شد. در این برش FO گونه اکتیونیدی *Echinocorys vulgaris-striata* در قسمت بالایی مرز و LOs گونه آمونیتی *Texanites hispanicus* و گونه اینوسرامیدی *Cladoceramus sp.* در قسمت زیرین مرز زمانی مورد مطالعه ثبت شدند. در نهایت، ۳۰ گونه روزن‌بران شناور متعلق به ۱۳ جنس در اطراف مرز زمانی سانتونین-کامپانین ثبت گردید (شکل ۶).

۵-۵. تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین در برش قره‌سو

در این برش، مرز زمانی مورد مطالعه در داخل پایین‌ترین قسمت سازند آب‌تلخ و در بالاترین حد زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone قرار می‌گیرد.

(Reuss 1845), *M. pseudolinneiana* Pessagno 1967, *M. paraconcavata* Porthault 1970, *M. renzi* (Gandolfi 1942), *M. schneegansi* (Sigal 1952), *M. sigali* (Reichel 1950), *M. sinuosa* Porthault 1970, *M. tarfayaensis* (Lehmann 1963), *Muricohedbergella simplex* (Morrow 1934), *M. planispira* (Tappan, 1940), *M. flandrini* (Porthault 1970), *M. holmdelensis* (Olsson 1964), *Pseudoguembelina costellifera* Masters 1976, *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk 1937), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926), *Ventilabrella austiniana* Cushman 1928, *Whiteinella aumalensis* (Sigal 1952), *W. baltica* Douglas & Rankin 1969.

در این برش مرز زمانی سانتونین-کامپانین در داخل سازند آبدراز و در داخل زیست‌زون *Dicarinella asymetrica* قرار می‌گیرد. در این برش گونه شاخص تعیین مرز یعنی *Globotruncanita elevata* وجود نداشته و لذا از LODs گونه‌های *Dicarinella asymetrica* و *Ventilabrella austiniana* به همراه FOD گونه *Contusotruncana patelliformis* به عنوان شاخص‌های تعیین مرز مورد استفاده قرار گرفت. همچنین روند تکامل خطی *Dicarinella primitiva-Dicarinella concavata-Dicarinella asymetrica* از نسل اجدادی اینها یعنی *Dicarinella algeriana* که به صورت خطوط درز منحنی شکل در ناحیه نافی آنهاست مورد بررسی قرار گرفت. در این منطقه هیچ حادثه زیستی مهمی از مجموعه زیای بی‌مهره که نشان‌دهنده قسمت بالای مرز سانتونین-کامپانین باشد، یافت نگردید و تنها LO گونه اینوسرامیدی *Cladoceramus sp.* به عنوان حادثه زیستی اصلی و LO گونه اکتیونیدی *Echinocorys gr. scutata* به عنوان حادثه زیستی دوم در قسمت زیرین مرز زمانی مورد مطالعه ثبت شدند. در نهایت، ۳۹ گونه روزن‌بران شناور متعلق به ۱۴ جنس در اطراف مرز زمانی مورد مطالعه ثبت شد (شکل ۴).

۵-۳. تعیین مرز زمانی سانتونین-کامپانین در برش شوراب - زیست‌زون *Dicarinella asymetrica*

Dicarinella asymetrica zone

Category: Total Range Zone

Age: Early Santonian to Early Campanian

Author: Robaszynski & Caron, 1995

این زون گستره‌ای شامل تمام ستبرای رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن حضور دارد. گونه‌های همراه این زون عبارتند از: *Archaeoglobigerina cretacea* (d,Orbigny 1840), *A. sp.*, *A. tradinghousensis* Pessagno 1967, *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931), *C. patelliformis* (Gandolfi 1955), *Dicarinella canaliculata* (Reuss 1845), *D. concavata* (Brotzen 1934), *D. hagni* (Scheibnerova 1962), *Globotruncana arca* (Cushman 1926), *G. bulloides* Vogler 1941, *G. linneiana* (d,Orbigny 1839), *Globotruncanita elevata* (Brotzen 1934), *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg 1840), *H. carinata* (Cushman 1938), *Laeviheterohelix pulchra* (Brotzen 1936), *Globigerinelloides alvarezii* (Eternod olvera 1959), *G. bolli* (Pessagno 1967), *G. escheri* Kaufmann 1865, *G. prairiehillensis* (Pessagno), *G. sp.*, *Muricohedbergella holmdelensis* (Olsson 1960), *M. simplex* (Morrow 1934), *Marginotruncana coronata* (Bolli 1945), *M. marginata* (Reuss 1845), *M. pseudolinneiana* Pessagno 1967, *M. paraconcavata* Porthault 1970, *M. renzi* (Gandolfi 1942), *M. schneegansi* (Sigal 1952), *M. sigali* (Reichel 1950), *Pseudoguembelina costellifera* Masters 1976, *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk 1937), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926), *Ventilabrella austiniana* Cushman 1938.

در این منطقه، روزن‌بران شناور از فراوانی و تنوع بالا و از حفظ‌شدگی نسبتاً پایینی برخوردارند.

- زیست‌زون *Dicarinella asymetrica*

Dicarinella asymetrica zone

Category: Total Range Zone

Age: Early Santonian to Early Campanian

Author: Robaszynski & Caron, 1995

این زون گستره‌ای شامل تمام ستبرای رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن حضور دارد. گونه‌های همراه این زون عبارتند از:

Archaeoglobigerina blowi Pessagno 1967, *A. bosquensis* Pessagno 1967, *A. cretacea* (d, Orbigny 1840), *A. tradinghouseensis* Pessagno 1967, *Contusotruncana formicata* (Plummer 1931), *C. patelliformis* (Gandolfi 1955), *Costellagerina pilula* (Belford 1960), *Dicarinella canaliculata* (Reuss 1854), *D. hagni* (Scheibnerova 1962), *D. sp.*, *Globigerinelloides bolli* (Pessagno 1967), *G. prairiehillensis* (Pessagno 1967), *G. ultramicrus* (Subbotina 1949), *G. subcarinatus* (Broennimann 1952), *G. messinae* (Broennimann 1952), *G. multispinus* (Lalicker 1948), *G. sp.*, *Globotruncana arca* (Cushman 1926), *G. linneiana* (d, Orbigny 1839), *G. lapparenti* Brotzen 1936, *G. bulloides* Vogler 1941, *G. sp.*, *Globotruncana elevata* (Brotzen 1934), *G. stuartiformis* (Dalbiez 1955), *Heterohelix carinata* (Cushman 1938), *H. globulosa* (Ehrenberg 1840), *H. papula*, *H. striata* (Ehrenberg 1840), *Laeviheterohelix dentata* Nederbragt 1990, *L. pulchra* (Brotzen 1936), *L. flabiformis* Nederbragt 1990, *Marginotruncana marginata* (Reuss 1845), *M. coronata* (Bolli 1945), *M. sigali* (Reichel 1950), *M. schneegansi* (Sigal 1952), *M. sinuosa* Porthault 1970, *Muricohedbergella flandrini* (Porthault 1970), *M. monmouthensis* (Olsson 1960), *M. planispira* (Tappan 1940), *Pseudoguembelina costellifera* Masters 1976, *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk 1937), *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926), *R. sp.*, *Schackoina multispinata* (Cushman & Wickenden 1930), *Ventillabrella austiniiana* Cushman 1938, *Whiteinella* sp.

امروزه بر اساس Premoli-silva & Sliter (1994), Petrizzo (2000) آخرین حضور یا انقراض گروهی marginotruncanids مرز زمانی سانتونین- کامپانین مشخص می‌شود. بر اساس نظر Wagreich et al. (2010) اولین ظهور دو گونه پلانکتونیک *Globotruncana stuartiformis* و *Globotruncana elevata* قاعده زمانی آشکوب Campanian را مشخص می‌کند. در این برش بر اساس LODs دو گونه *Dicarinella asymetrica* و *Ventillabrella austiniiana* به همراه FOD گونه *Contusotruncana patelliformis* قاعده زمانی کامپانین تعیین شد. در این برش هیچ حادثه‌زیستی از زیای بی‌مهرگان در قسمت بالای مرز ثبت نگردید و تنها LOD گونه اینوسرامیدی *Cladoceramus* sp. در قسمت زیرین مرز ثبت شد. در برش قره‌سو marginotruncanids در uppermost Santonian منقرض نمی‌شوند و از این رو، به عنوان یک حادثه‌زیستی مهم نمی‌توان از آنها استفاده کرد. در نهایت، ۱۷ جنس و ۴۷ گونه روزن‌بران شناور در این محدوده زمانی شناسایی شد (شکل ۷). در ادامه حوادث زیستی روزن‌بران شناور مرز سانتونین- کامپانین در برش‌های مورد مطالعه با یکدیگر مقایسه و نمایش داده شده‌اند. مرز بین دو سازند آبدراز و آب‌تلخ به عنوان یک Datum Level و به صورت یک خط چین قرمز و مرز زمانی سانتونین- کامپانین به صورت یک خط سبز رنگ نمایش داده شده است. در تمام ۵ برش چینه‌شناسی مورد مطالعه مرزهای زمانی و سنگ‌شناسی بر هم منطبق نیست و بیانگر این مطلب

است که گذر زمانی سانتونین به کامپانین در مرز سنگ‌شناسی بین سازندهای آبدراز و آب‌تلخ قرار نمی‌گیرد (شکل ۸).

۶- ژرفاسنجی دیرینه

۳ گروه از مورفوتایپ‌های پلانکتون کرتاسه بر اساس ژرفای زندگی آنها تشخیص داده شده است (Be, 1977; Hart, 1980a; b, Wonders, 1980). این گروه‌ها عبارتند از: ۱- زیای مناطق کم ژرفا (۵۰-۱۰۰ متر)، ۲- زیای آب‌های حدواسط (۵۰-۱۰۰ متر) و ۳- زیای آب‌های ژرف‌تر (پایین‌تر از ۱۰۰ متر) که در این مطالعه تنها به شمارش این گروه بسنده شده شد. زیرا که زیای مناطق کم ژرفا و نیمه ژرف عموماً گویای دقیقی از نوسانات سطح آب دریا نبوده، از این رو در این مطالعه تنها به شمارش گروه مورفوتایپی ۳ (زیای آب‌های ژرف) به تعداد ۳۰۰ عدد میکروفسیل به صورت تصادفی در تمام نمونه‌های برداشت شده پرداخته شد. نمونه‌های مربوط به این ژرفا، دارای صدف تروکواسپیرال با حجرات فشرده و دارای کارن همانند marginotruncanids, globotruncanids dicarinellids هستند. دیگر ابزار پیشنهاد شده برای تعیین ژرفا، نسبت بین روزن‌بران شناور به کف‌زی است (Jorissen et al., 2007). در این مطالعه با استفاده از درصد روزن‌بران شناور $P = (P / (P+B)) \times 100$ و معادله ژرفی و اندرزوان $(Depth = e^{(3.58718 + (0.03554 \times \%P))})$ به تعیین عددی ژرفای دیرینه گذر سانتونین- کامپانین در راستای جنوب خاوری- شمال باختری محدوده مورد مطالعه پرداخته شد. که در این رابطه e عدد نپر ($e=2.718281...$) و p درصد روزن‌بران شناور است. امروزه استفاده از رابطه وان‌درزوان و همکاران برای به دست آوردن ژرفای دیرینه برای مطالعات مختلف خصوصاً مطالعات هیدرودینامیک و آنالیز حوزه بسیار متداول است (Kouwenhoven & Van der Zwaan, 2006). از جمله مزایای استفاده از این معادله آنست که اثر اکسیژن علاوه بر اثر ژرفا بر روی روزن‌بران در این معادله در نظر گرفته شده است. در این معادله درصد روزن‌بران شناور به صورت ستاره‌دار $P^* = (P / (P+B-\text{inf.})) \times 100$ بوده، که تفاوت آن با فرمول درصد روزن‌بران شناور آنست که از مخرج کسر تعداد روزن‌دار کف‌زی اینفونال (Stress marker) کسر می‌شود. با توجه به آنکه در تمام برش‌های مورد مطالعه تعداد روزن‌بران کف‌زی اینفونال پایین بوده، در معادله و اندرزوان به جای p^* از p استفاده شد. همچنین مطالعات انجام شده توسط متخصصان اینوسرامید بیانگر آنست که جنس *Platyceramus* دارای پوسته‌ای نازک بوده که احتمالاً ناشی از سازگاری این جنس با آب‌های ژرف‌تر نسبت به جنس *Cordiceramus* با پوسته سترتر است (Dochev, 2006). هر دو جنس یاد شده در برش‌های مورد مطالعه با فراوانی‌های مختلف حضور دارند. با مطالعه پارامترهای مذکور در برش‌های مورد مطالعه در خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ مشخص شد که فراوانی بالای درصد روزن‌بران شناور (P) و فراوانی بالای روزن‌بران کیل‌دار (*Dicarinella asymetrica* و *Globotruncana bulloides*, *G. linneiana*) به همراه فراوانی بالای جنس *platyceramus* نشانگر بالا بودن نسبی سطح آب دریا در محدوده upper Santonian و فراوانی پایین (P) و درصد پایین روزن‌بران کیل‌دار به همراه فراوانی بالای جنس *cordiceramus* *ex.gtMulleri* نشانگر پایین بودن سطح آب دریا در محدوده مرز سانتونین- کامپانین در برش‌های الگو، شوراب، روستای پادها و روستای آبدراز است. در حالی که افزایش درصد روزن‌بران شناور کیل‌دار (M3) به همراه افزایش P خود نشان‌دهنده افزایش ژرفا در محدوده زمانی مورد مطالعه در برش قره‌سو است. مطالعه معادله عمقی و اندرزوان از جنوب خاور به سمت شمال باختر مناطق مورد مطالعه نشانگر ژرفای میانگین ۸۴ متر در برش الگو، ۷۹ متر در برش شوراب، ۷۴ متر در برش روستای آبدراز، ۷۳ متر در برش روستای پادها و ۱۵۶ متر در برش قره‌سو در محدوده زمانی سانتونین- کامپانین است. مطالعه آماری روزن‌بران شناور در تمام برش‌های مورد مطالعه نشان داد که ژرفای حوضه رسوبی از جنوب خاور به سمت شمال

عنوان شاخص‌های اولیه در تعیین قاعده زمانی کامپانین در برش‌های چینه‌شناسی مورد مطالعه استفاده شد. مرز زمانی سانتونین-کامپانین در تمامی برش‌ها به استثنای برش چینه‌شناسی قره‌سو در داخل سازند آبدراز و در داخل زیست‌زون پلانکتونیک *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone قرار می‌گیرد و حالتی کاملاً پیوسته دارد. مدل زیستی به دست آمده در برش‌های مورد مطالعه با سایر مدل‌های متعلق به سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۰ مقایسه و مشخص شد که دارای بیشترین قرابت با مدل Gale et al. (2008) است. در نهایت مطالعه آماری درصد روزن‌بران شناور (%P) به همراه درصد مورفوتایپ ۳ (روزن‌داران شناور کیل‌دار) و استفاده از معادله عمق وان درزون نشان داد که از جنوب خاور به سمت شمال باختر برش الگو میزان ژرفای حوضه رسوبی افزایش و به حدود ۱۶۰ متر در قاعده آشکوب کامپانین رسیده است.

سپاسگزاری

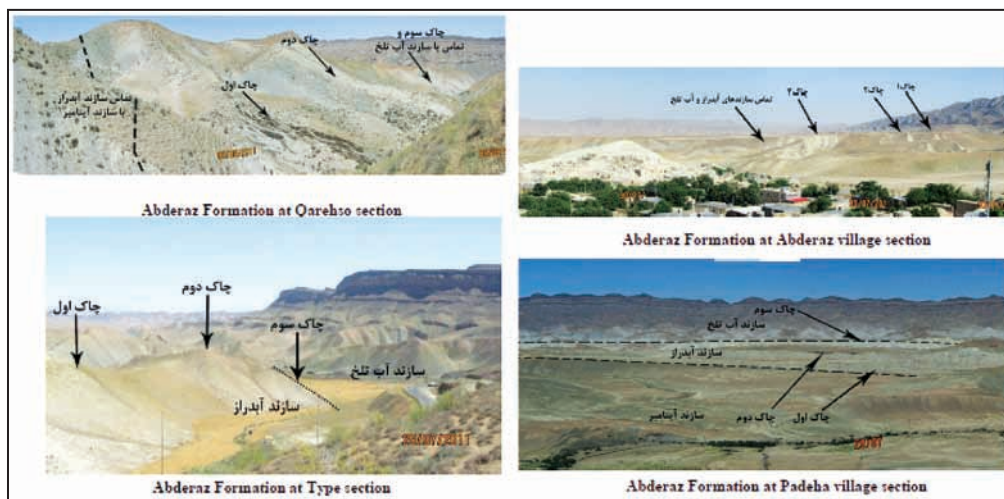
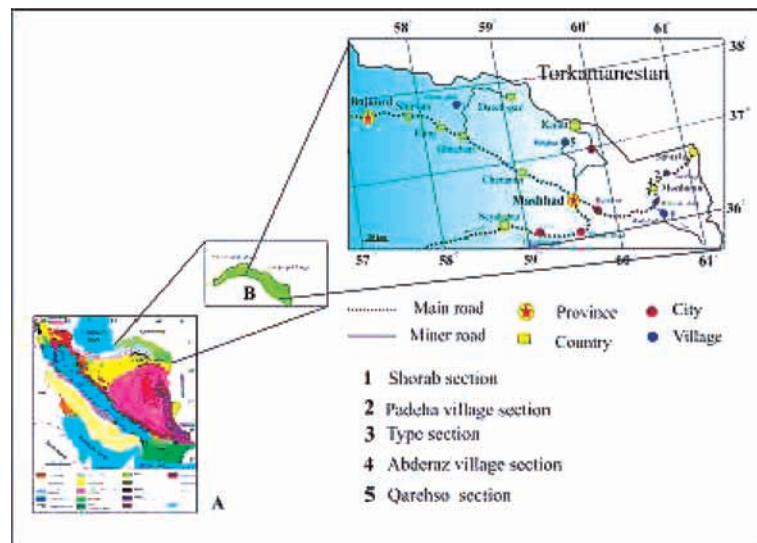
به این وسیله از همکاری پروفیسور Robaszynski استاد افتخاری دانشکده پلی‌تکنیک مونس بلژیک (تأیید شناسایی روزن‌داران شناور)، پروفیسور Gallemi از دانشگاه بارسلونای اسپانیا (شناسایی خارپوستان)، Olszewska-Nejebert از دانشگاه ورشوی لهستان (تأیید شناسایی خارپوستان)، و دانشگاه فردوسی مشهد از بابت گرفتن عکس‌های SEM به همراه شرکت متالورژی رازی کرج در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

باختر برش الگو در محدوده upper Santonian کاهش و در محدوده مرزی و قاعده آشکوب کامپانین افزایش پیدا می‌کند. به طور کلی روند تغییرات سطح آب دریا در برش‌های مورد مطالعه دارای هماهنگی نسبتاً کامل با روند تغییرات جهانی سطح آب دریا در دنیا (Haq et al., 1988) دارد (شکل ۹).

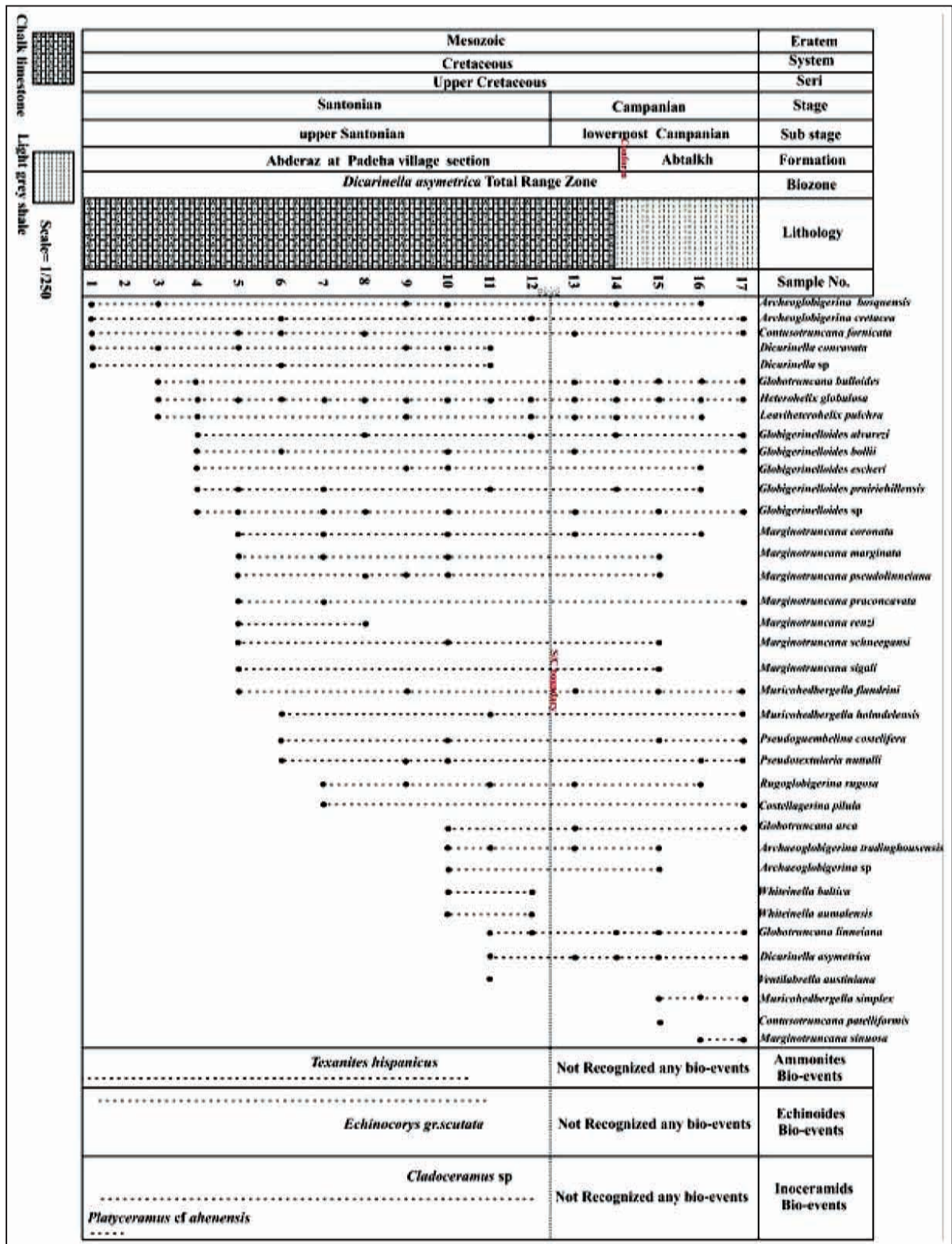
۷- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به منظور تعیین دقیق مرز زمانی سانتونین-کامپانین، ۵ برش چینه‌شناسی الگو، شوراب، روستای آبدراز، روستای پادها و قره‌سو در خاور حوضه رسوبی کهپه‌داغ مورد مطالعه دقیق فسیل‌شناسی قرار گرفتند. در مجموع، ۱۷ جنس و ۴۷ گونه روزن‌دار شناور در حوالی مرز زمانی مورد نظر شناسایی و مورد عکسبرداری SEM قرار گرفتند. کمترین و بیشترین میزان جنس و گونه روزن‌بران شناور شناسایی شده به ترتیب در برش‌های روستای آبدراز و قره‌سو ثبت شدند. در هیچ کدام از برش‌های مورد مطالعه گونه کرینوییدی *Marsupites testudinarius* که گونه تیپیک جهانی برای تعیین قاعده آشکوب کامپانین است یافت نشد. به منظور تعیین این مرز زمانی از پارامترهای دیگری چون LODs گونه‌های اکتینوییدی *Echinocorys scutata* و *Echinocorys vulgaris-striata* به همراه LODs گونه‌های *Dicarinella asymetrica* و *Ventilabrella austiniiana* و FOD گونه *Contusotruncana patelliformis* به

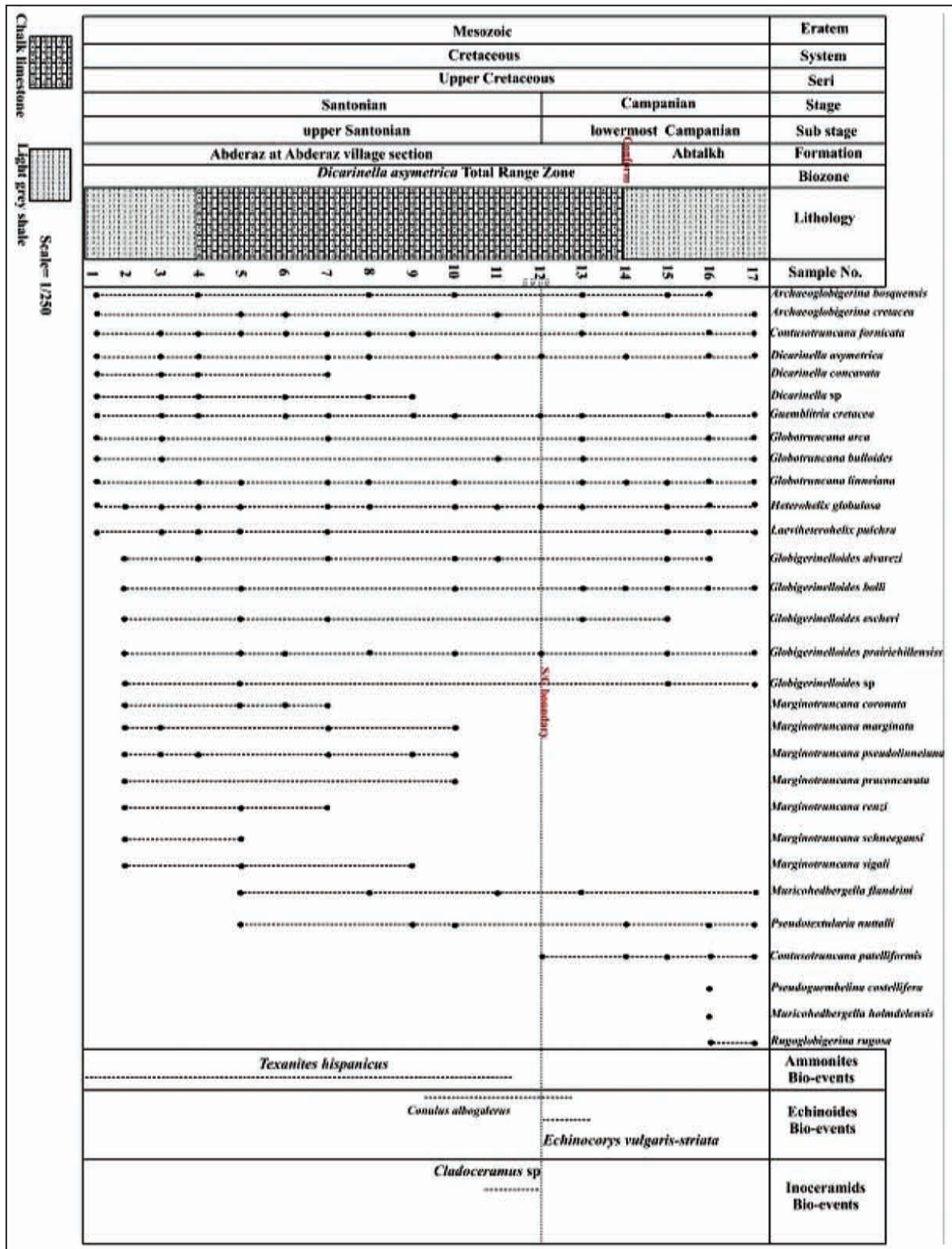
شکل ۱- نقشه راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه در خاور حوضه رسوبی کهپه‌داغ، نقشه ایران برگرفته از (Nezafati (2006) و B) موقعیت برش‌ها.



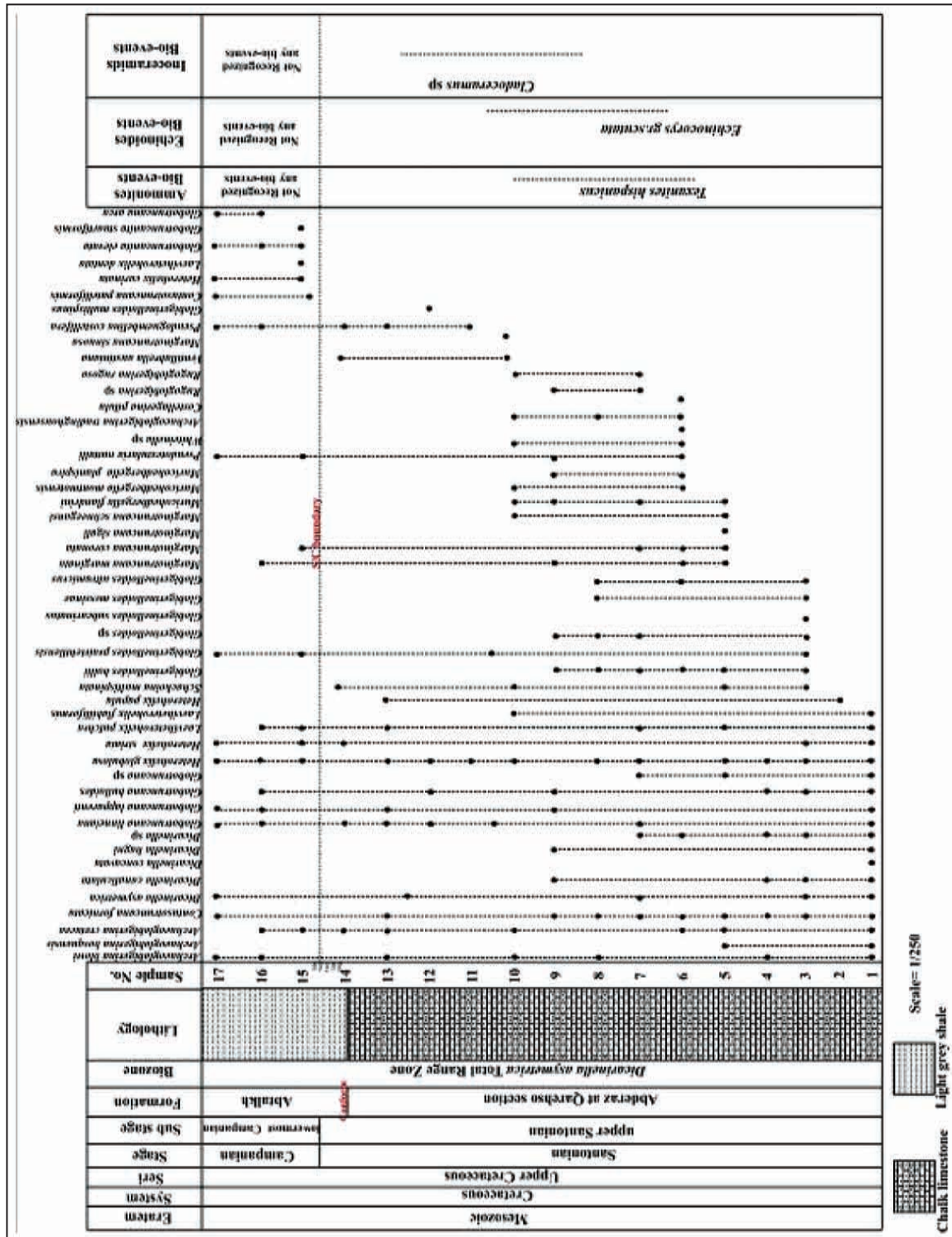
شکل ۲- نمایش مرز بین سازندهای آبدراز و آب‌تلخ در برش‌های مورد مطالعه، خاور حوضه رسوبی کهپه‌داغ، برش روستای آبدراز نگاه به سمت شمال خاور، برش‌های پادها و الگو نگاه به سمت شمال و در برش قره‌سو نگاه به سمت باختر است.



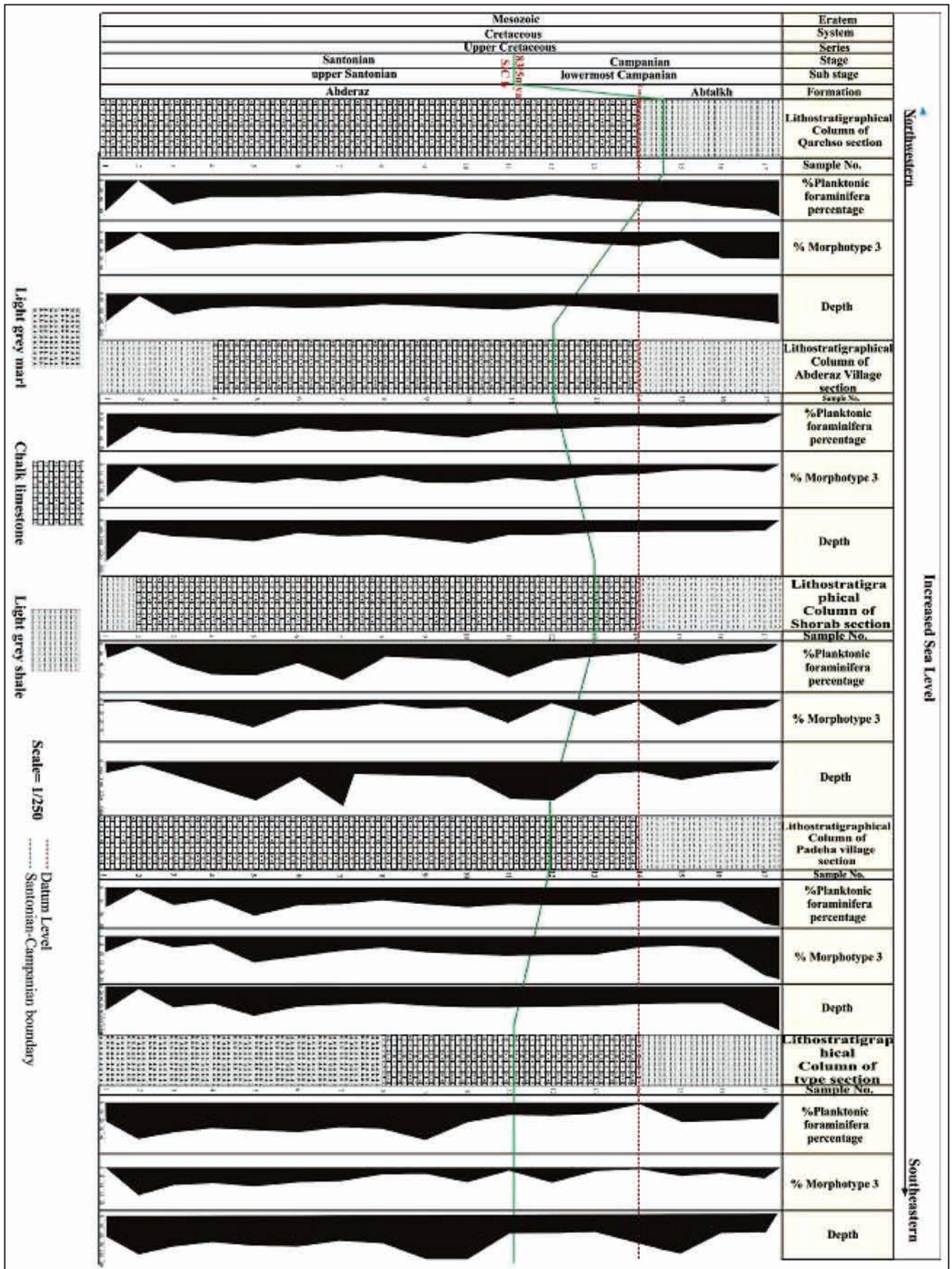
شکل ۴- نمایش ستون چینه‌شناسی و انتشار روزن‌بران شناور و بی‌مهرگان پیرامون مرز زمانی سانتونین- کامپانین در بخش روستای پادها.



شکل ۶- نمایش ستون چینه‌شناسی و انتشار روزنیران شناور و می‌مهرگان پیرامون مرز زمانی سانتونین- کامپنین در برش روستای آبدراز.

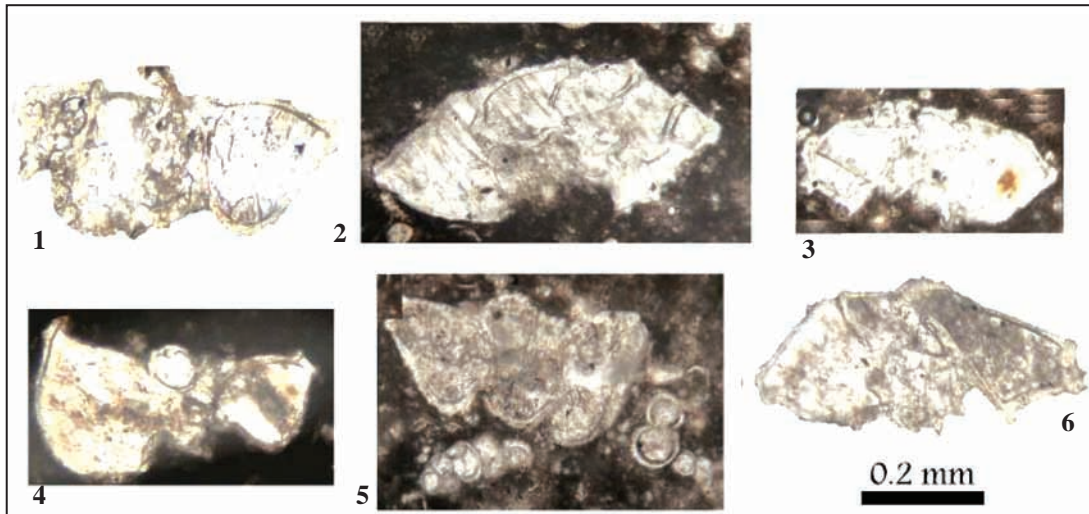


شکل ۷- نمایش ستون چینه‌شناسی و انتشار روزن بران شناور و بی‌مهرگان پیرامون مرز زمانی سانتونین- کامپانین در برش قره‌سو.



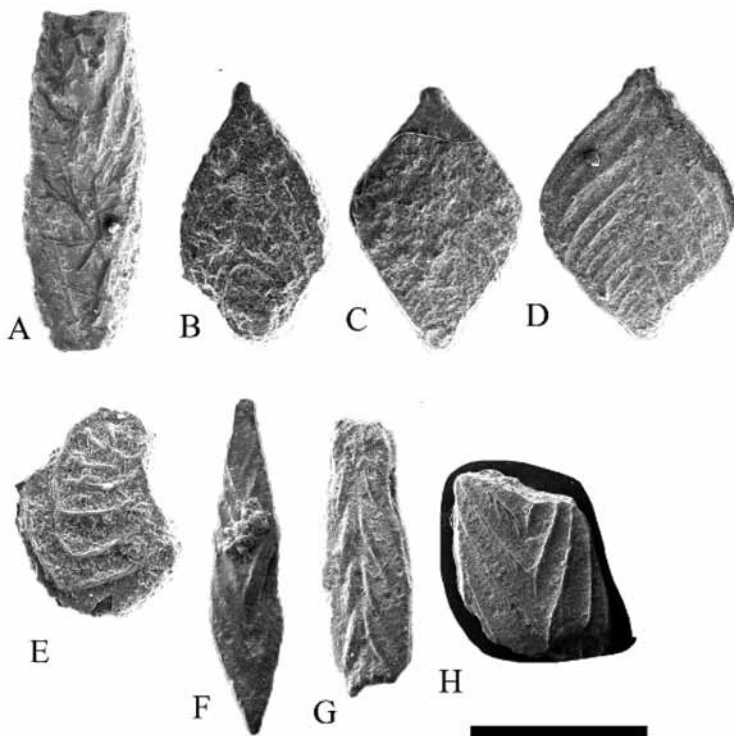
شکل ۹- مقایسه تغییرات سطح آب دریا در گذر زمانی سانتونین- کامپانین ، خاور حوضه رسوبی که داغ.

Plate 1



1: *Dicarinella concavata*, sample number: 118, Qarehso section, 2: *Marginotruncana cf sinuosa*, sample number: 41, Shorab section, 3: *Dicarinella* sp., sample number: 30, Type section, 4: *Dicarinella concavata*, sample number: 116, Qarehso section, 5: *Dicarinella cf concavata*, sample number: 70, Qarehso section, 6: *Contusotruncana cf fornicata*, sample number: 99, type section. Scale bar represent 0.2mm.

Plate 2

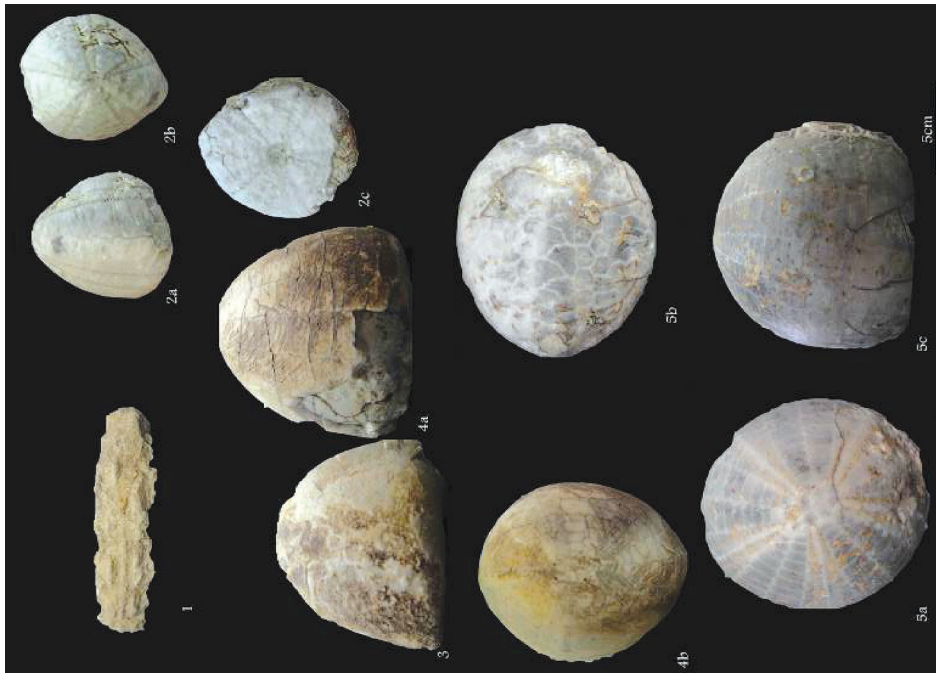


A: *Neoflabellina* sp. Hiltermann, 1952, Side view, (Type section), B: *Neoflabellina gibbera* (Wedekind, 1940), Side view, Earliest Santonian, (Type section), C: *Neoflabellina* sp., Side view, (Type section), D: *Neoflabellina praecursor* Side view, (Shorab section). E: *Neoflabellina gibbera* (Wedekind, 1940), Side view, Earliest Santonian, (Type section). F: *Neoflabellina* sp., Side view, sample number 6, (Type section). G: *Fronicularia* sp. (Reuss), Side view, Turonian, sample number 34, (Padeha section). H: *Fronicularia* sp. (Reuss), Side view, Turonian, sample number 34, (Padeha section). Scale bar represents 100µm.

جدول ۱- ویژگی‌های جنترایی برش‌های مورد مطالعه در خاور حوضه رسوبی کپه داغ.

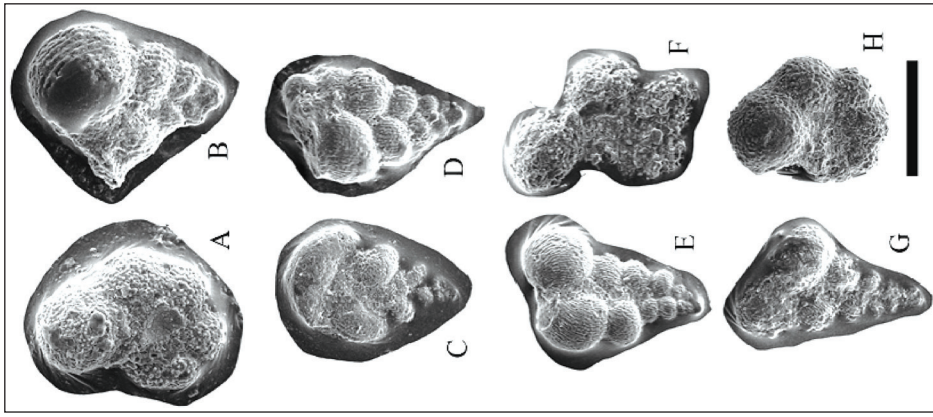
مختصات جغرافیایی		برش مورد مطالعه
عرض شمالی	طول شرقی	
۳۶° ۱۰' ۴۰"	۶۰° ۳۳' ۰۰"	برش الگو
۳۶° ۰۶' ۳۳٫۷"	۶۰° ۳۴' ۳۸٫۶"	برش روستای بادها
۳۵° ۵۶' ۱۶"	۶۰° ۳۶' ۳۳"	برش شوراب
۳۶° ۰۵' ۳۵"	۶۰° ۳۴' ۳۸"	برش روستای آبهراز
۳۶° ۵۴' ۳۰"	۵۸° ۴۰' ۰۰"	برش قره‌سو

Plate 4



1- *Texanites hispanicus*, Santonian (FO= index fossil for the base of Santonian)
 Sample 10. 2- *Conulus albogalerus* Leske, (Coniacian till santonian) Sample 8, 3,4a,b- *Echinocorys vulgaris-striata*, Sample 10, 5a, b, c- *Echinocorys scutata* Sample 11c (Vahidinia 1379). Scale bar represent 5cm (From all studied sections).

Plate 3



A: *Macrolobigerinelloides* sp. Abderaz Formation at type locality,
 B: *Heterohelix globulosa*, Coniacian, Abderaz Formation at type locality,C: *Laeviheterohelix pulchra*, Santonian, Abderaz Formation at type locality,D: *Heterohelix punctata*, Santonian, Abderaz Formation at type locality,E: *Heterohelix moremani*, Turonian, Abderaz Formation at type locality,F: *Macrolobigerinelloides* sp. Abderaz Formation at type locality,G: *Heterohelix moremani*, Turonian, Abderaz Formation at type locality,H: *Macrolobigerinelloides* sp., Abderaz Formation at type locality. Scale bar represents 100µm.

جدول ۲- مقایسه وقایع و مدل‌های زیستی مرز سانتونین- کامپانین (۱۹۸۳ تا ۲۰۱۰) و مقایسه آنها با مدل زیستی ارائه شده برای خاور حوضه که‌داغ.

Table 2- List of Bio-events for each models

Coniacian			Santonian			Campanian			Stage						
Lower	Middle	Upper	Lower	Middle	Upper	Lower			Sub stage						
Santonian-Campanian boundary model from Marks and Stam in 1982 at Austin chalk-Talor clay in Texas									Bio-event Model						
<i>Globotruncana huxleyi</i> Assemblage Zone						<i>Globotruncana formicosa-stuartiformis</i>			Biozonation from Pessagno, 1967						
<i>Marginostrucana concavata</i>			<i>Globotruncana formicosa</i>			<i>A. blowi</i>	<i>G. elevata</i>	<i>R. imbricatocostulata</i>							
<i>Lo Whitinella hirtuosensis</i>			<i>Lo Dicarinella concavata</i>			<i>Fo- Globotruncana stuartiformis</i>			Main planktonic foraminifera bio-events						
<i>Lo Contrastotruncana formicosa</i>						<i>Fo- Globotruncana stephensoni</i>			Bio-event Model						
Santonian-Campanian boundary model by Gale et al, 1995-Generalized															
					<i>Fo Uvacrinus socialis</i> (T.R.Z1)	<i>Lo Marsupites tenuidorsatus</i> 4			Crinoids Bio-events						
					<i>Fo Marsupites tenuidorsatus</i> 2	<i>Fo Brotisoma parca parca</i>			<i>Fo Globotruncana elevata</i> 6 <i>Lo Globotruncana asymmetrica</i> <i>-Globotruncana concavata</i> 7			Planktonic foraminifera Bio-events			
					<i>Fo Calceolites obscurus</i> 3							<i>Fo Placenticeras bialvatus</i> 5 <i>Fo Menabites(Delawarella) delawarensis</i> 8			Ammonites Bio-events
Santonian-Campanian boundary model by Hampton et al 2007 at Seaford Head, Sussex, Southern England									Bio-event Model						
<i>FAD S. granulata polonica</i>		<i>FAD Amphizygus miniaevae</i>	<i>LAD Stensioina granulata polonica</i> <i>FAD Calceolites henricsonianus</i>	<i>FAD Secuioidea granulata laevifolia</i>		<i>FAD Bolivinaeides cuberensis</i> <i>LAD Bolivinaeides argillinus</i> <i>FAD Stensioina excelsa gracilis</i>			Benthic foraminifera Bio-events						
<i>Micraster coranguinum</i>		<i>FAD,LAD Helicolithus tuberculatus</i>	<i>LAD Lihasinthus septentrionalis</i>	<i>FAD Arkhangelskiella cymbiformis</i>		<i>FAD Calceolites obscurus</i> <i>FAD,LAD Hirtosurella hirtuosensis</i>			Nanno Bio-events						
		<i>Extinction of Marsupites tenuidorsatus</i>		<i>Uvacrinus socialis</i> <i>Extinction of Marsupites tenuidorsatus</i>			<i>Uvacrinus anglicus</i> <i>Echinocorys testiformis</i> <i>Off. ovata pilula</i> <i>E. edgworthi</i>			Echinoid & Crinoids Bio-events					
<i>Fo Placenticeras Koenigsi subquadratum foenicerasus involutus</i>		<i>Cladocerasus undulatopectatus</i>	<i>Cordicerasus cordiformis</i>							Inoceramid Bio-events Mortimore, 1986 Mortimore & Wood 2001					
Santonian-Campanian boundary model by Gale et al 2008 at Waxahachie Dam Spillway section, North Texas									Bio-event Model						
<i>U. socialis</i>		<i>M. larvigatus</i>		<i>M. tenuidorsatus</i>		<i>U. anglicus</i>			Crinoids						
<i>Lo Uvacrinus socialis</i>		<i>Fo Marsupites larvigatus</i>		<i>Fo Marsupites tenuidorsatus</i>		<i>Lo Mastodinosus</i> <i>Fo U. anglicus</i>									
<i>Fo Globotruncana stuartiformis</i>				<i>Lo Sigalla group</i>		<i>Lo Dicarinella asymmetrica</i>			Planktonic foraminifera Bio-events						
<i>Fo Arkhangelskiella cymbiformis</i>						<i>Fo Ostrum campanensis</i>			Nanno Bio-events						
<i>Lo Cordicerasus germanicus</i> <i>Fo Placenticeras absensens</i>						<i>Fo Placenticeras cf. exornis</i>			Inoceramid Bio-events						
Santonian-Campanian boundary model by Michael Wagreich et al, 2010															
<i>Fo Marsupites laevigatus</i>				<i>Fo Globotruncana cf. elevata</i> <i>Fo Globotruncana stuartiformis</i> <i>Dicarinella asymmetrica</i>		<i>Lo Sigalla</i> <i>Lo Dicarinella asymmetrica</i> <i>Lo Marginotruncanids</i>			Planktonic foraminifera Bio-events						
				<i>Fo J. acuminatobulata capaxum</i> <i>Calceolites obscurus</i> <i>Fo Arkhangelskiella cymbiformis</i>		<i>Fo Brotisoma parca parca</i>			<i>Fo Marsupites laevigatus</i>			Nanno Bio-events			
<i>Lo Micraster coranguinum roseus</i>						<i>Fo offaster pilula</i>						Crinoids			
									<i>Fo Cordicerasus muelleri muelleri</i>			<i>Fo Echinocorys arcuatus</i> <i>Fo Placenticeras muelleri</i> <i>Fo Placenticeras paraplurum</i>			Inoceramid Bio-events
									<i>Fo Echinocorys arcuatus</i> <i>Fo Placenticeras muelleri</i> <i>Fo Placenticeras paraplurum</i>						<i>Fo Echinocorys arcuatus</i> <i>Fo Placenticeras muelleri</i> <i>Fo Placenticeras paraplurum</i>
Santonian-Campanian boundary model at this study									Bio-event Model						
						<i>LAD Dicarinella asymmetrica</i> <i>FOD Contusotruncana gatliffiformis</i> <i>LAD Echinocorys austriaca</i> <i>FOD Globotruncana elevata</i>			Planktonic foraminifera Bio-events						
						<i>Lo Marginotruncanids</i>			<i>Lo Echinocorys vulgaris-striata</i>			Echinoid			
						<i>Lo Echinocorys scabra</i>			<i>Lo Echinocorys vulgaris-striata</i>			Ammonites Bio-events			
						<i>Lo Echinocorys scabra</i>						<i>Lo Echinocorys vulgaris-striata</i>			Inoceramid Bio-events
<i>Lo Echinocorys scabra</i>			<i>Lo Echinocorys vulgaris-striata</i>			Ammonites Bio-events									
<i>Lo Echinocorys scabra</i>						<i>Lo Echinocorys vulgaris-striata</i>			Inoceramid Bio-events						

جدول ۳- نمایش داده‌های آماری تعداد روزن‌بران شناور (p)، تعداد روزن‌بران کف‌زی (B)، درصد روزن‌بران شناور (%P)، گروه مورفو تاپ (M3) و عمق و اندرزوان (Depth) در برش‌های چینه‌شناسی مورد مطالعه.

Sample No.	Shorab section					type section					Abderaz village section					Padana village section					Qarehso section						
	P	B	%P	%M3	Depth	P	B	%P	%M3	Depth	P	B	%P	%M3	Depth	P	B	%P	%M3	Depth	P	B	%P	%M3	Depth		
1	77	222	26	0	75	65	225	22	0	67	200	97	222	26	0	75	265	75	227	26	9	71	184	116	61	25	215
2	0	210	0	0	0	120	172	43	15	120	78	211	26	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	122	177	43	11	85	102	198	34	10	96	120	198	40	20	115	64	216	21	7	66	150	150	50	22	185		
4	180	120	60	17	200	88	212	29	8	83	222	178	41	17	118	40	259	14	5	53	115	185	38	17	168		
5	100	101	66	23	250	98	202	25	11	93	142	198	47	23	142	99	201	23	14	93	100	200	33	14	92		
6	114	180	38	14	100	102	196	31	7	96	90	210	30	16	85	61	220	20	10	65	107	193	36	15	182		
7	211	89	70	10	201	81	219	27	7	78	110	190	37	19	105	35	205	18	4	59	99	201	33	14	93		
8	31	219	27	4	70	39	211	30	4	83	101	194	34	14	96	44	256	15	7	54	82	228	27	11	78		
9	111	150	37	11	105	145	157	48	3	140	129	171	45	20	126	56	244	19	9	61	91	207	31	10	89		
10	101	199	34	7	96	69	221	23	7	48	149	151	59	22	125	69	231	25	11	69	114	206	28	0	108		
11	200	108	40	28	250	44	256	15	2	54	101	200	35	18	93	60	240	20	10	63	122	176	41	5	118		
12	91	208	31	5	88	49	255	13	3	54	100	199	34	18	96	59	240	20	10	63	83	217	28	10	90		
13	90	210	30	11	85	40	240	13	3	51	94	216	28	14	80	60	240	20	10	63	106	192	36	12	102		
14	54	244	18	3	99	0	200	0	0	0	77	223	26	11	75	49	251	16	7	50	129	171	43	16	126		
15	129	171	43	30	150	71	229	44	5	129	94	211	30	7	88	44	256	15	6	54	122	167	44	9	129		
16	74	220	25	14	73	62	238	21	3	65	74	228	23	7	73	49	251	16	7	50	159	141	53	20	149		
17	49	255	18	7	29	52	249	17	6	58	99	241	29	8	63	128	172	45	24	126	178	122	59	31	200		

کتابنگاری

- احمدی م.، وحیدی‌نیا، م.، عاشوری، ع.، ۱۳۸۹- بررسی سازند آب‌تلخ و تعیین مرز سانتونین-کامپانین در برش پادها بر اساس فرامینفرهای پلانکتونیک. چهارمین همایش ملی زمین‌شناسی پیام‌نور مشهد. صفحه ۲۵۸
- شفیعی‌اردستانی، م.، وحیدی‌نیا، م.، برای، ع.، ۱۳۸۸- بیوژئوگرافی و تعیین مرز سانتونین-کامپانین سازند آبدراز در برش الگو بر اساس فرامینفرهای پلانکتونیک. سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین. صفحه ۵۷
- وحیدی‌نیا، م.، آریایی، ع.ا.، ۱۳۷۹- مطالعه خارپوستان سازند آبدراز در مناطق شرق حوضه کپه داغ، مجموعه مقالات چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.

References

- Alvarez, W. & Lowrie, W., 1978- Upper Cretaceous magnetic stratigraphy at Moria (Umbrian Apennines, Italy): Verification of the Gubbio section), *Geophysical & Astronomical Research Journal*, 55(1), 1-17.
- Alvarez, W., Arthure, M.A., Fischer, A.G., Lowrie, W., Napoleone, G., Premoli-Silva, I. & Roggenthen, W.M., 1977- Upper Cretaceous-Paleocene magnetic stratigraphy at Gubbio, Italy. Type section for the Late Cretaceous-Paleocene magnetic reversal timescale. *Geology Society of America Bulletin*. 88,383-389.
- Be, A., W.H., 1977- An ecological, zoogeographical & taxonomic review of recent planktonic foraminifera. In: Ramsay, A.T.S. (Editor) *Oceanic micropalaeontology*, I, 1-100.
- Birkelund, T., Hancock, J.M., Hart, M.B., Rawson, P.F., Remane, J., Robaszynski, F., Schmid, F., Surlyk, F., 1984- Cretaceous stage boundaries-proposals. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 33, 3-20.
- Bolli, H.M., 1957- The genera *Praeglobotruncana*, *Rotalipora*, *Globotruncana*, & *Abathomphalus* in the Upper Cretaceous of Trinidad. B.W.I. In: A.R.Loeblich, Jr, *Studies in Foraminifera*. National Museum of America Bulletin. 215, 51-60.
- Bolli, H., M., 1966- Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. *Boletín Informativo Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo* 9, 3-32.
- Caron, M., 1985- Cretaceous planktonic foraminifera. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, 17-86.
- Dochev, D., 2006- New biostratigraphic data based on inoceramid bivalves from the interval Upper Turonian – Coniacian in Breznik, West Srednogie Mountains, Bulgaria. *Geosciences*. 61-64.
- Dowsett, H.J., 1984- Documentation of the foraminiferal Santonian–Campanian boundary in the northeastern Gulf of Mexico. *Journal of Foraminiferal Research* 14, 129-133.
- Durham, C.O., Hall, S.B., 1991- The Austin Chalk bed by bed through central Texas. In: Chuber, S. (Ed.), *Austin Chalk, Exploration Symposium*, San Antonio, Texas, February 1991, pp. 25-40.
- Ellis, B.F. Messina, A.R., 1999- Catalogue of foraminifera on CD ROM. American Museum of Natural History.
- Gale, A.S., Hancock, J.M., Kennedy, W.J., Petrizzo, M.R., Lees, J.A., Walaszczyk, I., Wray, D.S., 2008- An integrated study (geochemistry, stable oxygen & carbon isotopes, nannofossils, planktonic foraminifera, inoceramid bivalves, ammonites & crinoids) of the Waxahachie Dam Spillway section, north Texas: a possible boundary stratotype for the base of the Campanian Stage. *Cretaceous Research* 29, 131-167.
- Gale, A.S., Montgomery, P., Kennedy, W.J., Hancock, J.M., Burnett, J.A., McArthur, J.M., 1995 - Definition & global correlation of the Santonian–Campanian boundary. *Terra Nova* 7, 611-622.
- Grossouvre, A.de., 1901- Recherches sur la craie supérieure 1: stratigraphie générale. In: *Memoires pour Servir à l'explication de la Carte Géologique Détaillée de la France*, 1013.
- Hancock, J.M., Gale, A.S., 1996- The Campanian Stage. In: Rawson, P.F., Dhondt, A.V., Hancock, J.M., Kennedy, W.J. (Eds.), *Proceedings, "Second International Symposium on Cretaceous Stage boundaries"*. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre* 66 (Supplement) 103-110.
- Hampton, M.J., Bailey, H.W., Gallagher, L.T., Mortimore, R.N., Wood, C.J., 2007- The biostratigraphy of Seaford Head, Sussex, southern England; an international reference section for the basal boundaries for the Santonian & Campanian Stages in chalk facies. *Cretaceous Research* 28, 43-60.
- Haq U.B., Hardenbol, J. & Vail, P.R., 1988- Mesozoic & cycle of sea-level change. In: *Sea-Level Changes: an integrated approach* (ed. By C.K. Wilgus, B.S. Hastings, G. St C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross & J.C. Van Wagoner), Special. Publication. Society. Econ. Paleontology. Mineralogy. Tulsa, 42, 71-108.
- Hart, M.B., 1980a- The recognition of Mid-Cretaceous sea level changes by means of foraminifera. *Cretaceous Research*, I, 289-297.
- Hart, M. B., 1980b- A water depth model for the evolution of the planktonic foraminifera. *Nature*, 286,252-254.
- Haymond, D., 1991- The Austin Chalk e an overview. *Bulletin of the Houston Geological Society* (for April 1991), 27-34.
- Huber, B.T., 1992- Paleobiogeography of Campanian–Maastrichtian foraminifera in the southern high latitudes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 92, 325-360.
- Ion, J., Antonescu, E., Melinte, M.C. & Szasz, L, 2004- Integrated biostratigraphy of the Turonian of Romania. *Acta palaeontologica Romaniaae*, 4, 151-161.
- Jorissen, F. J., Fontanier, C. & Thomas, E., 2007- Paleocyanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In: *Proxies in Late Cenozoic Paleocyanography* (Pt. 2): Biological tracers & biomarkers, edited by C. Hillaire-Marcel & A. de Vernal, Elsevier, 843.

- Kouwenhoven, T.J., van der Zwaan, G.J., 2006- A reconstruction of late Miocene Mediterranean circulation patterns using benthic foraminifera; *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238, 373–385.
- Kuhry, B., 1970- Some observations on the type material of *Globotruncana elevata* (Brotzen) & *Globotruncana concavata* (Brotzen). *Revista Espanola de Micropaleontologica* 2, 291–304.
- Lamolda, M.A., Hancock, J.M., 1996- The Santonian Stage and substages. In: Rawson, P.F., Dhondt, A.V., Hancock, J.M., Kennedy, W.J. (Eds.), *Proceedings, Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries*, Brussels 8-16 September 1995. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique* 66 (Supplement) 95-102.
- Lamolda, M. A., Peryt, D. Ion, J., 2007- Planktonic foraminiferal bioevents in the Coniacian/Santonian boundary interval at Olazagutia, Navarra province, Spain. In: *Stratigraphy of the Coniacian–Santonian transition* (A. V. Dhondt, M. A. Lamolda, J. M. Pons, Eds.). *Cretaceous Research* 28, 18–29.
- Loeblich, A. R. Jr & Tappan, E., 1988- *Foraminiferal genera & their classification*. (Van Nostrand Reinhold Company, New York). 970 pp.
- Lowrie, W., Alvarez, W., 1977a- Upper Cretaceous–Paleocene magnetic stratigraphy at Gubbio, Italy. III. Upper Cretaceous magnetic stratigraphy. *Geological Society of America Bulletin* 88, 374–377.
- Lowrie, W., Alvarez, W., 1977b- A review of magnetic stratigraphy investigations in Cretaceous pelagic carbonate rocks, *Journal of Geophysical Research*. 85B, 3597-3605.
- Marks, P. & Stan, N., 1983- Proposal for the recognition of boundaries between Cretaceous stages by means of planktonic foraminiferal biostratigraphy, *Bullten geology Society Denmark*. 33, 163-169.
- Mortimore, R.N., 1986- Stratigraphy of the Upper Cretaceous White Chalk of Sussex. *Proceedings of the Geologists' Association* 97, 97-139.
- Mortimore, R.N., Wood, C.J., Gallois, R.W., 2001- British Upper Cretaceous Stratigraphy. In: *Geological Conservation Review Series No. 23*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 558.
- Nederbragt, A.J., 1990- Biostratigraphy & paleoceanographic potential of the Cretaceous planktic foraminifera Heterohelicidae. PhD dissertation, Centrale Huisdrukkerij, Vrije Universiteit, Amsterdam, 203..
- Nishi, H., Takashima, R., Hatsugai, T., Saito, T., Moriya, K., Ennyu, A., Sakai, T., 2003- Planktonic foraminiferal zonation in the Cretaceous Yezo Group, Central Hokkaido, Japan. *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 867-886.
- Perch-Nielsen, K., 1985- Mesozoic calcareous nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 329- 426.
- Pessagno, E. A. Jr., 1967- Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the Western Gulf Coastal Plain. *Palaeontographica Americana* 5, 259–441.
- Petrizzo, M.R., 2000- Upper Turonian-lower Campanian planktonic foraminifera from southern mid-high latitudes (Exmouth Plateau, NW Australia): biostratigraphy & taxonomic notes. *Cretaceous Research*, 21, 479-505.
- Postuma, J., 1971- *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Publishing Co. Amsterdam, 420.
- Premoli Silva, I., Sliter, W.V., 1994- Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy & evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy. *Palaeontographia Italica* 82, 1–89.
- Premoli Silva, I. & Verga, D., 2004- Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera. In: Verga, D. & Rettori, R., (Eds.): *International school on Planktonic Foraminifera*. Universities of Perugia & Milano, Tipografia Pontefelcino, Perugia, 283.
- Robaszynski, F., Caron, M., 1979- Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer Boreale et Tethys), première partie. *Cahiers de Micropaleontologie* 1, 1–185 pp.
- Robaszynski, F. & Caron, M., 1995- Foraminifères planctoniques du Crétacé: *Bulletin de la Société Géologique de France*, t.166, & p.681-698.
- Shmeleva, A.N., 1963- Palaeomagnetic investigation of some sections of Upper Cretaceous sediments at the Western foothills of Fergana Ridge, *Trudy Vsesoyusnogo Neftyanogo nauchno-issledova tel skogo iinstituta*, vypusk, 204, 212-219 (In Russian).
- Sigal, J., 1977- Essai du zonation du Crétacé méditerranéen à l' aide des foraminifères planctoniques. *Géologie Méditerranéenne*, 4: 99-108.
- Sissingh, W., 1977- Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw* 56, 37-65.
- Takashima, H., Kawabe, F., Nishi, H., Moriya, K., Wani, R., Ando, H., 2004- Geology & stratigraphy of forearc basin sediments in Hokkaido, Japan: Cretaceous environmental events on the north-west Pacific margin. *Cretaceous Research*: 25 (2004) 365-390.
- Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Hayashi, K., Waseda, A., Obuse, A., Tomosugi, T., Deguchi, N., Mochizuki, S., 2010- High-resolution terrestrial carbon isotope & planktic foraminiferal records of the Upper Cenomanian to the Lower Campanian in the Northwest Pacific. *Earth & Planetary Science Letters* 289, 570–582.
- Van Hinte, J.E., 1976- A Cretaceous time scale. *Petroleum Geology Society of America Bulletin*, 60, 498-516.
- Wagreich, M., 1992- Correlation of Late Cretaceous calcareous nannofossil zones with ammonite zones & planktonic foraminifera: the Austrian Gosau sections. *Cretaceous Research* 13, 505-516.
- Wagreich, M., Summesberger, H., Kroh, A., 2010- Late Santonian bioevents in the Schattau section, Gosau Group of Austria – implications for the Santonian–Campanian boundary stratigraphy. *Cretaceous Research* 31, 181–191.
- Wonders, A. A., 1980- Middle & Late Cretaceous planktonic Foraminifera of the western Mediterranean area. *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 24, 1-158.
- Young, K., Woodruff, Jr., C.M., 1985- Austin Chalk in its type area stratigraphy & structure. In: *Austin Geological Society Guidebook*, 7, 1-88.

Planktic Foraminiferal Palaeobathymetry of the Santonian-Campanian Boundary in Eastern Kopeh-Dagh Basin, Northeastern Iran

M. Shafiee Ardestani ^{1*}, M. Vahidinia ², A. Sadeghi ³

¹ Ph.D., Faculty of Science, Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Associate Professor, Faculty of Science, Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³ Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of ShahidBeheshti, Tehran, Iran

Received:2012 March 13

Accepted:2012 December 31

Abstract

In this research, we documented a paleontological study on the basis of planktic foraminifera, in five stratigraphic sections (Type, Padeha village, Shorab, Abderaz village and Qarehso) across the Santonian-Campanian transitional boundary in the eastern Kopeh-Dagh sedimentary basin. In all sections, no *M. testudinarius* Schlotheim (cosmopolitan species) was identified, which its last occurrence datum (LOD) is widely used to define the base of the Campanian stage. Several planktic foraminiferal biohorizons close to the Santonian/Campanian boundary were recorded, including the LOD's of *Ventilabrella austini* Cushman, *Dicarinella concavata* (Brotzen) and *Dicarinella asymetrica* (Sigal), and the first occurrence datum (FOD) of *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi). The Santonian/Campanian boundary was placed in the upper part of the *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone at the top of the Abderaz Formation in the type section and other sections in Shorab, Abderaz village, Padeha village, and at the base of the Abtalkh Formation in the Qarehso section. The acquired bio-models for the study sections are quite comparable with that of Gale et al, 2008 in WDS section, North Texas. On the basis of quantitative analysis of the planktic and benthic foraminiferal assemblages, the sparse presence of keeled planktic foraminifera and planktic foraminifera (%P) indicates that a shallow marine condition was prevailing just above the Santonian/Campanian boundary in the type section, Shorab, Abderaz and Padeha village sections. In addition, the abundance of such foraminifera (keeled planktic foraminifera and planktic foraminifera) reflects deeper water depths in the Qarehso section at the same time. Besides, estimation of the planktic to benthic ratio, which is based on the Van der Zwaan equilibrium, confirms that in the base of Campanian at one of the study sections (Qarehso section) the water depth was 160 m.

Keywords: Kopeh-Dagh, Abderaz Formation, Abtalkh Formation, Planktonic foraminifera, Santonian/Campanian boundary, Bio-horizone, Bio-events model

For Persian Version see pages 45 to 64

*Corresponding author: M. Shafiee Ardestani; E-mail: Meysam.shafieeardestani@stu.um.ac.ir