

## رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کژدمی (کرتاسه میانی) در زاگرس مرکزی

علی حسین جلیلیان

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

نویسنده مسئول: jalilian@pnu.ac.ir

دریافت: ۹۹/۷/۲۱ پذیرش: ۹۹/۹/۱۲

نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

سازند کژدمی (آپتین-آلبین) نخستین واحد سنگ‌چینه‌ای کرتاسه میانی در مناطق خاوری و مرکزی رشته‌کوه زاگرس و یکی از غنی‌ترین سنگ‌های منشأ شناخته‌شده نفت در جهان است. به‌منظور تعیین رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی این سازند در زاگرس مرکزی، در این تحقیق یک برش سطحی از تاقدیس پیون در زون ایذه و یک چاه از میدان نفتی اهواز در فروافتادگی دزفول بررسی شده‌اند. داده‌های میدانی، آزمایشگاهی و چاه‌نگاری نشان دادند که سازند کژدمی عمدتاً از شیل‌های بیتومین‌دار تیره و کربنات‌های نازک‌لایه غنی از روزنبران پلاژیک همراه با افق‌هایی از رادیولاریت، گلوکونیت و فسفات تشکیل شده است. این مجموعه رسوبی در یک حوضه درون شلفی آرام و سرشار از مواد آلی نهشته شده است که در جنوب‌خاوری به پلاتفرم کربناته فارس (سازند داریان) و در جنوب خوزستان با دلتای بورگان (بخش ماسه‌سنگی آزادگان) محدود شده است. مرز شمالی گستره سازند کژدمی توسط گسل بالارود از حوضه لرستان (سازند گرو) جدا شده است. ایجاد دریای عمیق کژدمی با رسوبات غنی از مواد آلی، نتیجه افزایش سریع فضای رسوب‌گذاری ناشی از فرونشینی بستر حوضه در امتداد گسل‌های کازرون و هندیجان و نوسان سطح آب دریا همراه با افزایش واردات آواری است که با رویدادهای جهانی بی‌هوازی اقیانوس‌ها در آپتین و آلبین همزمان بوده است. تغییرات عمودی رخساره‌های رسوبی و نمودارهای ژئوفیزیکی حاکی از آن است که توالی رسوبی سازند کژدمی در زاگرس مرکزی قسمتی از یک سکانس رسوبی رده دوم (۵ تا ۵۰ میلیون سال) است که با کربنات‌های پلاتفرمی پایان سازند داریان (آپتین) و شروع سازند سروک (آلبین) کامل شده است. این سوپرسکانس با بخش بالایی سکانس مهرداد (کرتاسه زاگرس) هم‌ارز است و به نوبه خود سه سکانس رسوبی رده سوم (۵ تا ۰/۵ میلیون سال) را شامل می‌شود.

واژگان کلیدی: چینه‌نگاری سکانسی، سازند کژدمی، زاگرس مرکزی، حوضه درون شلفی

## پیشگفتار

جغرافی درگاهی، ۱۳۸۹). هم‌چنین، در بعضی از مناطق پیرامون خلیج فارس، سازند کژدمی با ماسه‌سنگ‌های سازند بورگان جایگزین می‌شود که یکی از بزرگ‌ترین مخازن نفتی خاورمیانه است (هریس و وبر، ۲۰۰۶؛ محرایی و همکاران، ۲۰۱۹). این مطالب گویای اهمیت اقتصادی سازند کژدمی و بخشی از دلایلی است که ضرورت مطالعه همه‌جانبه آن را توجیه می‌کند (به‌عنوان نمونه بُردنیف و بُروود، ۱۹۹۰؛ قاسمی‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۹؛ رحمانی و همکاران، ۲۰۱۰؛ سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۴؛ نوری و همکاران، ۲۰۱۶؛ سعدی‌راد و همکاران، ۱۳۹۳؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ رضایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ یآوری و همکاران، ۱۳۹۷). شناخت سنگ‌های منشأ، مخزن و پوشش و میزان گسترش آن‌ها در یک

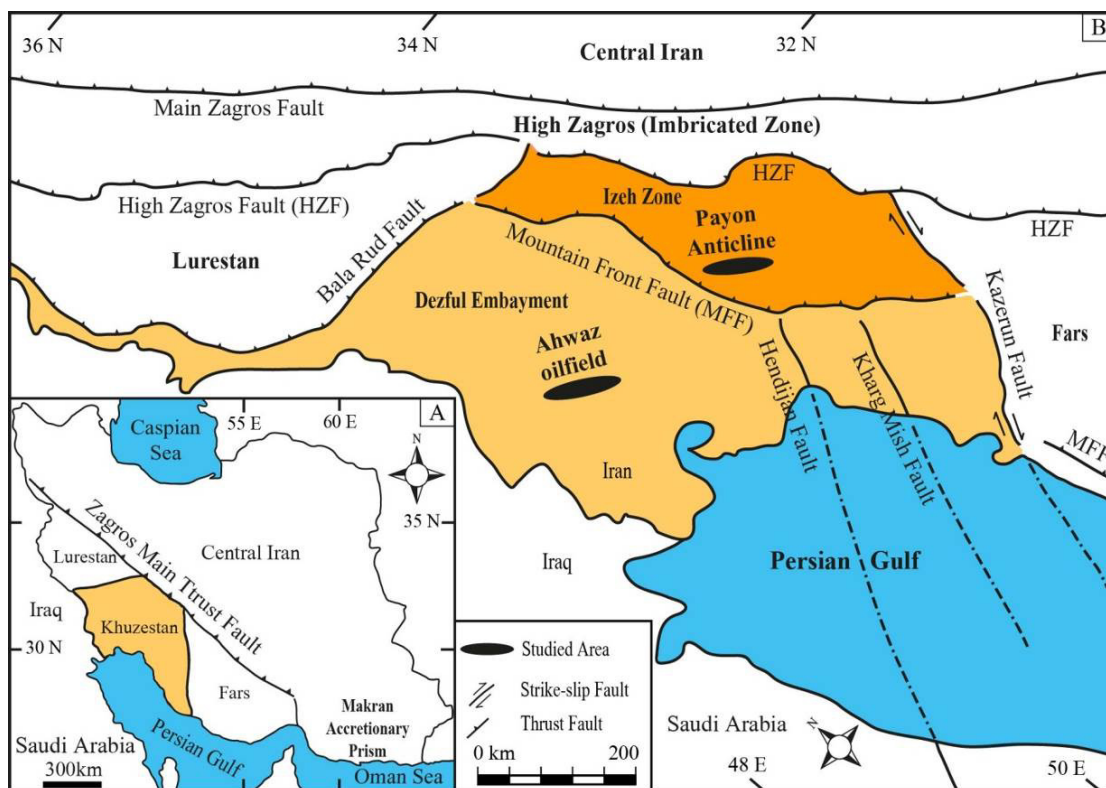
سازند کژدمی کهن‌ترین واحد سنگ‌چینه‌ای کرتاسه میانی (آلبین-تورونین) در مناطق فارس و خوزستان است که با سازندهای سروک و ایلام، گروه بنگستان (کرتاسه میانی-بالایی) را تشکیل داده‌اند (ستوده‌نیا، ۱۹۷۸؛ علوی، ۲۰۰۴). این سازند یکی از غنی‌ترین سنگ‌های منشأ شناخته‌شده جهان و تأمین‌کننده اصلی نفت مخازن کرتاسه و سنوزوئیک به‌خصوص گروه بنگستان و سازند آسماری (الیگومیوسن) در جنوب باختری ایران است (الشهران و نیرن، ۲۰۰۳؛ غضبان، ۲۰۰۷؛ سفیدیاری و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به سنگ‌شناسی عمدتاً شیلی و ناتراوا بودن سازند کژدمی، با پوشاندن کربنات‌های کرتاسه زیرین به‌عنوان پوش سنگ این مخازن نیز عمل می‌کند (مطیعی، ۱۳۷۴؛ آرین و

۱۹۸۲؛ علوی، ۲۰۰۷). با توجه به تغییرات رخساره‌های رسوبی، روندهای ساختاری و چین‌نگاری در زاگرس، این منطقه به سه زیرپهنه فارس، خوزستان و لرستان تفکیک شده است (بربریان، ۱۹۹۵؛ سپهر و کاسگروو، ۲۰۰۴). زاگرس مرکزی توسط سامانه‌های گسلی کازرون و بالارود از مناطق فارس و لرستان جدا و با عبور گسل پیشانی کوهستان<sup>۱</sup> به دو بخش فروافتادگی دزفول در جنوب و زون ایذه در شمال تقسیم شده است (شرکتی و همکاران، ۲۰۰۶؛ آلن و طالبیان، ۲۰۱۱) (شکل ۱). بخش‌های جنوبی و شمالی زاگرس مرکزی تفاوت‌های اساسی دارند که از جمله آن‌ها باید به چین‌خوردگی شدیدتر سنگ‌ها و ارتفاع بیشتر زون ایذه و فقدان رخنمون‌های کربناته سازند آسماری در فروافتادگی دزفول اشاره کرد (بربریان ۱۹۹۵). به همین خاطر، فروافتادگی دزفول از پتانسیل هیدروکربنی بالاتری برخوردار است و حدود ۸ درصد از کل ذخایر نفت جهان در این ناحیه کشف شده است (بردنیف و هگری، ۲۰۰۵؛ ۲۰۱۰).

مجموعه رسوبی مستلزم درک رخساره‌ها، مدل رسوب‌گذاری و چین‌نگاری سکانشی است (نویدطلب و همکاران، ۲۰۱۳). به دلیل پیوستگی رسوب‌گذاری در محیط‌های دریایی عمیق، تفکیک سکانشی‌های رسوبی در نهشته‌های بخش عمیق حوضه غالباً دشوار و چالش‌برانگیز و نیازمند بررسی دقیق داده‌های رسوب‌شناسی، چین‌نگاری و چاه‌نگاری در مناطق مختلف است (امری و مایرس، ۱۹۹۶؛ کاتونینو، ۲۰۰۶). در این مقاله، رخساره‌ها، شرایط محیطی و سکانشی‌های رسوبی رده دوم و سوم سازند کژدمی در بخش عمیق حوضه زاگرس بررسی و با مناطق مجاور آن مقایسه شده است.

### زمین‌شناسی و چین‌نگاری نواحی مورد مطالعه

رشته‌کوه زاگرس محصول رسوب‌گذاری حوضه زاگرس و رویدادهای زمین‌شناسی است که از پرکامبرین پسین تا عهد حاضر در مناطق واقع در جنوب‌خاوری ایران تا جنوب خاوری ترکیه به وقوع پیوسته‌اند (کوپ و استونلی،



شکل ۱. A: جایگاه زمین‌شناسی و گسترش جغرافیایی زیرپهنه‌های مختلف رشته‌کوه زاگرس در جنوب و جنوب‌باختری ایران و B: چارچوب ساختاری و گسل‌های مهم محدود کننده زاگرس مرکزی (منطقه خوزستان): موقعیت میدان نفتی اهواز در فروافتادگی دزفول و تاقدیس پیون در زون ایذه نشان داده شده است (بر اساس داده‌های بربریان، ۱۹۹۵؛ سپهر و کاسگروو، ۲۰۰۴؛ شرکتی و لتوزی، ۲۰۰۴).

<sup>1</sup> Mountain front fault

مطالعات میدانی، ضمن اندازه‌گیری ستبرای توالی رسوبی و بررسی تغییرات جانبی و عمودی واحدهای سنگی، ۲۰۰ نمونه دستی با فاصله کمتر از ۱ متر برداشت شدند. با تهیه برش‌های نازک و پتروگرافی نمونه‌ها، ویژگی‌های بافتی، اجزای تشکیل‌دهنده سنگ‌ها و فراوانی نسبی آلوکم‌ها بررسی گردید. نمونه‌های کربناته بر پایه رده‌بندی بافتی دانهام (۱۹۶۲) نام‌گذاری شدند، البته حد بالایی اندازه میکرایت ۶۰ میکرون در نظر گرفته شد. تلفیق داده‌های میدانی و آزمایشگاهی به شناخت رخساره‌های رسوبی منجر گردید که با مقایسه آن‌ها با رسوبات شناخته شده امروزی در منابعی نظیر تاکر و رایت (۱۹۹۰)، ریدینگ (۱۹۹۶) و فلوگل (۲۰۱۰) محیط رسوبی گذشته بازسازی شد. در بررسی نمودارهای (لاگ) ژئوفیزیکی گاما و صوتی میدان نفتی اهواز، ترکیب کلی سنگ‌ها در دیواره چاه مشخص گردید و واحدهای شیلی از سایر بخش‌ها تفکیک شدند. در مرحله بعد، توالی رسوبی و رخساره‌های شناخته شده در برش سطحی و چاه مطابقت داده و واحدهای سنگی هم‌ارز مشخص شدند. با توجه به تغییرات عمودی رخساره‌ها و نمودارهای چاه‌نگاری در توالی رسوبی و استناد به یافته‌های دیرینه‌شناسی منتشر شده، تغییرات نسبی عمق حوضه در گذر زمان مشخص و سکانس‌های رسوبی شناخته شدند. بخش‌های مختلف سکانس‌ها بر اساس مدل وان واگونر و همکاران (۱۹۸۸) از هم تفکیک و به دسته‌های رخساره‌ای (لاسمی، ۱۳۷۹) بخش‌بندی شدند. برای آگاهی از وضعیت سطح جهانی آب دریاها در دوره کرتاسه از نمودارهای ارایه شده توسط گلونکا و کیسلینگ (۲۰۰۲) و حق و القحطانی (۲۰۰۵) استفاده شده است.

### رخساره‌ها و محیط رسوبی

داده‌های میدانی و سنگ‌نگاری نمونه‌های گوناگون سازند کژدمی در زاگرس مرکزی گواه آن است که شیل رخساره چیره این توالی رسوبی است که با بین‌لایه‌هایی از سنگ‌های آهکی همراه است. هم‌چنین، افق‌های متشکل از لایه‌های گلوکونیتی و رادیولاریتی نیز در این مجموعه حضور دارند که در این بخش توصیف و تفسیر شده‌اند. خلاصه مطالب این بخش در جدول ۱ درج شده است.

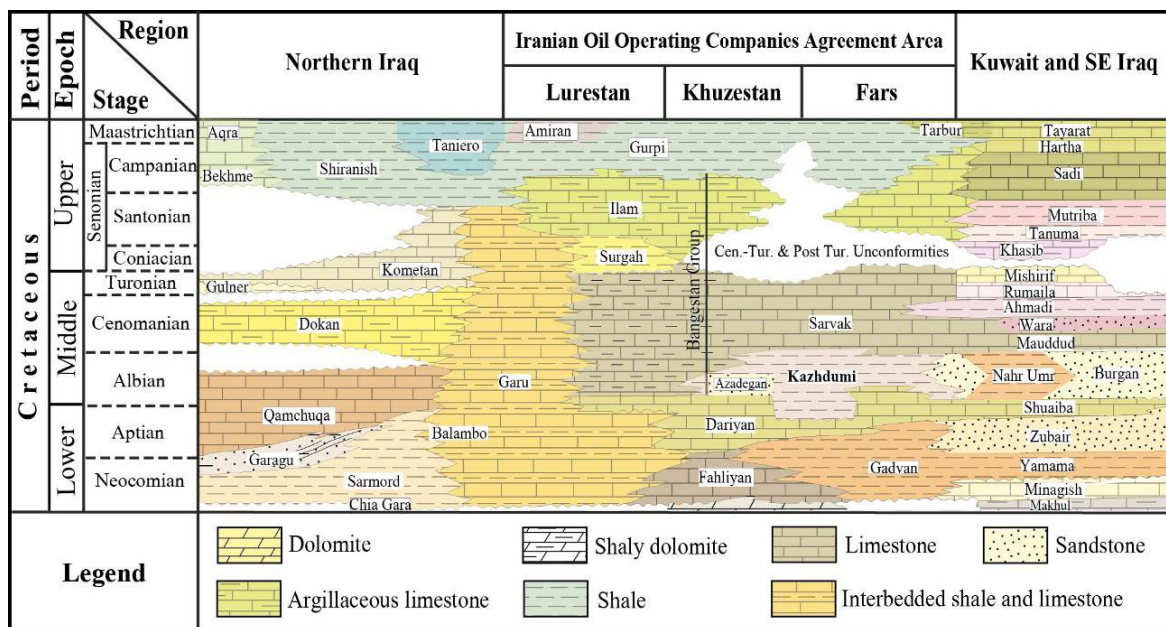
سیستم کرتاسه در زاگرس عمدتاً شامل رسوبات دریایی است و به سه قسمت زیرین، میانی و بالایی تقسیم شده است (مطیعی، ۱۳۷۲). ضخامت این رسوبات در منطقه خوزستان حدود ۲۴۰۰ متر است که به سازندهای فهلیان، گدون، داریان، کژدمی، سروک، لافان، ایلام و گورپی تفکیک شده است (علوی، ۲۰۰۴؛ نجفی و همکاران، ۲۰۱۸) (شکل ۲). سازند کژدمی (آپتین-آلبین) معرف نخستین نهشته‌های حاصل از پیشروی دریای کرتاسه میانی در زاگرس است (ستوده‌نیا، ۱۹۷۸). البته شرایط زمین‌شناسی مناطق مختلف زاگرس در آن زمان متفاوت بوده است؛ به‌گونه‌ای که از وقفه رسوبی (ناپیوستگی فرسایشی و کارستی شدن) در جنوب فارس تا تداوم رسوب‌گذاری در فروافتادگی دزفول و لرستان تغییر می‌کند. این موضوع، به تأثیر تکتونیک بر فضای رسوب‌گذاری و نقش گسل‌هایی همچون کازرون در تکامل حوضه مربوط است (غضبان، ۲۰۰۷؛ وینسنت و همکاران، ۲۰۱۰). مرزهای زیرین و بالایی سازند کژدمی در خوزستان به ترتیب با سازندهای داریان (آپتین) و سروک (آلبین-تورونین) پیوسته است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ آقائباتی، ۱۳۸۳). با توجه به ریخت فرسوده و پوشیده از خاک سازند کژدمی، تفکیک میدانی این سازند از کربنات‌های ستبر داریان و سروک به آسانی میسر است (شکل ۳). در تقادیس پیون در زون ایزده، سازند کژدمی از ۱۷۵ متر شیل‌های خاکستری تا سیاه‌رنگ و بیتومین‌دار با همراهانی از سنگ‌آهک‌های رسی<sup>۱</sup> تشکیل شده است. در چاه شماره ۶۷ میدان نفتی اهواز در فروافتادگی دزفول، ضخامت این مجموعه شیلی و کربناته به ۳۳۳ متر افزایش یافته است (رَبّانی و باقری تیرتاشی، ۲۰۱۰).

### روش مطالعه

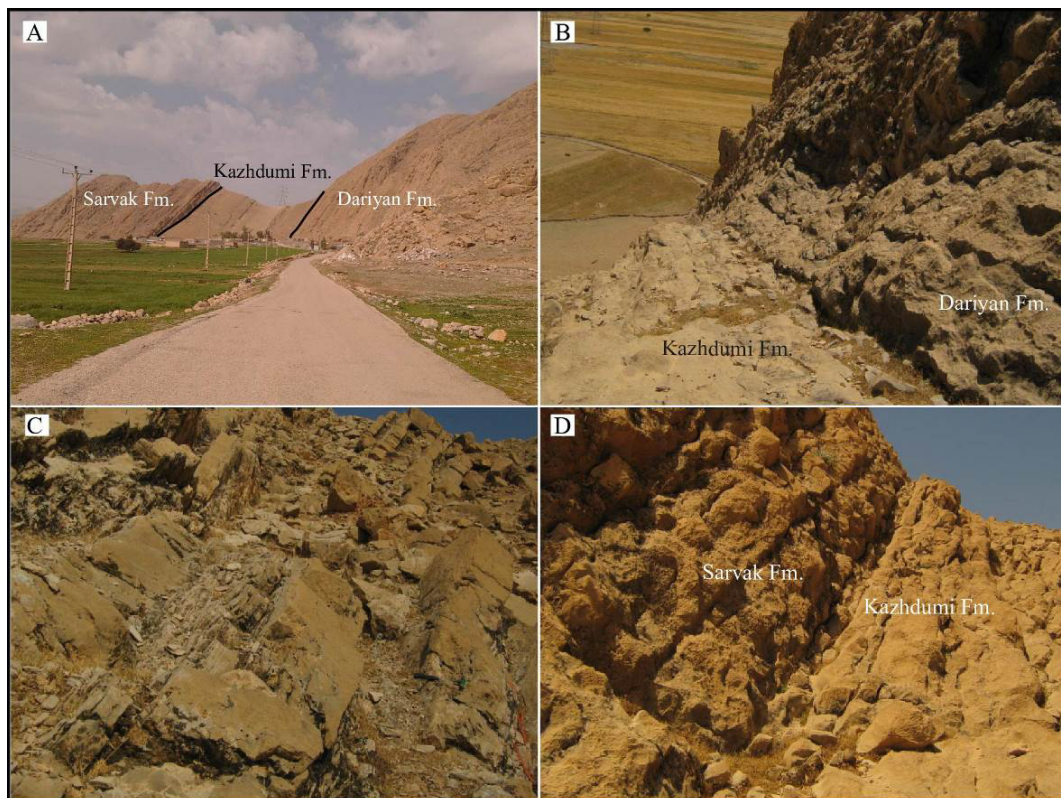
در این تحقیق یک برش سطحی و یک برش زیرزمینی از سازند کژدمی در جنوب‌باختری ایران از نظر رسوب‌شناسی، چینه‌نگاری و چاه‌نگاری بررسی شده‌اند. این برش‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که هر دو بخش شمالی و جنوبی زاگرس مرکزی مورد توجه قرار گیرند. تقادیس پیون تقریباً در مرکز زون ایزده و میدان نفتی اهواز نیز در مرکز فروافتادگی دزفول قرار دارد. در

<sup>2</sup> Log

<sup>1</sup> Argillaceous limestones



شکل ۲. شمای کلی واحدهای سنگ‌چینه‌نگاری کرتاسه در مناطق مختلف زاگرس از شمال عراق تا فارس در جنوب ایران و مقایسه با بعضی از نواحی پیرامون خلیج فارس از جمله کویت و جنوب‌خاوری عراق (بر اساس داده‌های جیمز و واینند، ۱۹۶۵؛ علوی، ۲۰۰۴؛ الشهران و نیرن، ۲۰۰۳).



شکل ۳. تصاویر میدانی قسمتی از توالی رسوبی کرتاسه زیرین و میانی در شمال شهر ایذه (شمال زاگرس مرکزی). A: نمای کلی بخشی از بال جنوبی تاقدیس پیون که در آن سازند کژدمی با ریخت فرسوده در میان کرنات‌های کوه‌ساز و برجسته سازندهای داریان و سروک نمایان است (نگاه دوربین به سمت شمال). B: مرز پیوسته و تغییر ناگهانی سنگ‌آهک‌های آریتولین‌دار سازند داریان به مارن‌های پایین سازند کژدمی، C: نمای نزدیک از سنگ‌شناسی عمومی سازند کژدمی متشکل از تناوب شیل‌های (مارن) خاکستری و سنگ‌آهک‌های رُسی نازک تا متوسط لایه و D: تماس تدریجی و پیوسته سازندهای کژدمی و سروک.

جدول ۱. شرح و تفسیر رخساره‌های شناخته شده در نهشته سنگ‌های آپتین-آلبین منطقه خوزستان

Formation	Facies Code	Facies Name	Main Components	Depositional Environment
Upper Dariyan	A	Medium to thick-bedded Orbitolinid-rich limestone	Orbitolinids, miliolids, textulariids, gastropods, bryozoans and green algae	Platform (inner to mid ramp)
Kazhdumi	B	Dark laminated bituminous Ammonite-bearing shale	Detrital clay minerals, silt and organic carbon	Deep sea (basin)
Kazhdumi	C	Glaucony Facies	Glauconite, clay minerals, iron oxides and pelagic foraminifera	Deep water setting (condensed sedimentation)
Kazhdumi	D	Argillaceous Oligostegina-Globigerina limestone	Oligostegina, globigerinides, Hedbergella and radiolaria	Outer ramp to intra-shelf basin
Kazhdumi	E	Radiolaria Facies	Radiolaria, pelagic foraminifera and sponge spicules	Intra-shelf basin (deep marine)
Lower Sarvak	F	Thick to massive Rudist debris-rich carbonate	Rudist debris, bivalves, echinoderm debris, benthic foraminifera and peloids	Rimmed carbonate platform (platform margin)

### رخساره شیلی (B)

**توصیف:** سازند کژدمی معرف قسمتی از شیل‌های آمونیت‌دار کرتاسه در زاگرس است که بیانگر سنگ‌شناسی عمدتاً شیلی این واحد سنگ‌چینه‌ای است. زمین‌ریخت فرسوده این سازند نیز ناشی از مقاومت کم شیل‌هایی است که در همه بخش‌های آن حضور دارند. این رخساره آواری در روی زمین به صورت لامیناسیون‌های افقی با رنگ‌های خاکستری تا سیاه و بیتومین‌دار دیده می‌شود (شکل‌های C ۳ و A-B ۴). شیل‌های مورد مطالعه در حقیقت مادستون‌های متورقی هستند که با افزایش محتوای کربنات به مادستون‌های آهکی و مارن تغییر می‌یابند. تغییرات رنگ این شیل‌ها به تفاوت مقدار مواد آلی<sup>۱</sup> آن‌ها مربوط است که به نوبه خود تابع محیط تشکیل این رسوبات به خصوص مقدار اکسیژن و شرایط پس از رسوب‌گذاری است.

**تفسیر:** شیل فراوان‌ترین سنگ‌های رسوبی و محصول تولید و انتقال حجم زیادی از آواری‌های دانه‌ریز به انواع محیط‌های رسوبی گذشته به خصوص اعماق دریاهاست (تاگر، ۲۰۰۱؛ باگس، ۲۰۰۹). شیل‌های بیتومین‌دار ۳ تا ۱۰ درصد کربن آلی دارند و حضور آمونیت‌ها، محیط دریایی تشکیل آن‌ها را گواهی می‌کند (ریدینگ، ۱۹۹۶؛ هادسن، ۲۰۰۵). شیل‌های آمونیتی از رخساره‌های شناخته شده بخش‌های عمیق حوضه‌های رسوبی پالئوزویک و مزوزویک در مناطق مختلف جهان هستند که عمق بعضی از آن‌ها تا چند هزار متر نیز می‌رسیده

است (فرناندز- لویز و مندز، ۱۹۹۴؛ نویدطلب و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از مسایل مهم مرتبط با شیل‌های بخش‌های عمیق دریاها خاستگاه<sup>۲</sup> و نحوه تأمین واردات آواری به حوضه است که به روش‌های گوناگون امکان‌پذیر است (به‌عنوان نمونه آپلین و همکاران، ۱۹۹۹؛ پوتر و همکاران، ۲۰۰۵). تغییرات جانبی رخساره‌ها و ارتباط بین‌انگشتی سازند کژدمی با نهشته‌سنگ‌های همزمان در مناطق پیرامون زاگرس نشان می‌دهند که قسمت عمده آواری‌ها و مواد آلی این سازند از دلتای بورگان تأمین شده است (بُردنیف و هگری، ۲۰۱۰؛ بُردنیف، ۲۰۱۴). دلتای مزبور منطقه وسیعی از خلیج فارس کنونی شامل بخش‌هایی از عربستان، کویت، عراق و جنوب ایران را در بر گرفته بود که ماسه‌سنگ‌های سازند بورگان و بخش آزادگان نتیجه رسوب‌گذاری آن در نواحی یاد شده است (العیدان و همکاران، ۲۰۰۱؛ غضبان، ۲۰۰۷؛ محرابی و همکاران، ۲۰۱۸). شیل و مادستون‌های سازند کژدمی محصول انتقال بار معلق دلتای بورگان به فواصل دوردست شمال آن و رسوب‌گذاری در اعماق آرام حوضه محسوب می‌شوند. شرایط بی‌هوازی ناشی از عمق زیاد و چینه‌بندی آب دریا (عدم اختلاط آب‌های شور و شیرین) نیز محیط مناسبی برای حفظ مواد آلی فراهم کرده بود (سفیدیاری و همکاران، ۲۰۱۵؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۹).

<sup>2</sup> Provenance

<sup>1</sup> Total organic carbon

## رخساره گلوکونیتی (C)

**توصیف:** این رخساره از دانه‌های گلوکونیت در اندازه سیلت و ماسه‌ریز با مقادیر متفاوتی کانی‌های فسفات، خرده‌های اسکلتی و روزنبران پلاژیک تشکیل شده است. مقدار گلوکونیت در نمونه‌های مورد مطالعه ۳۰ تا ۹۰ درصد است که به صورت لایه‌های مجزا به ضخامت چند سانتی‌متر مشاهده می‌شود یا در سایر واحدهای سنگی پراکنده است (شکل‌های ۴C-F). رخساره گلوکونیتی بیش‌تر در نیمه زیرین سازند کژدمی دیده می‌شود و با افق‌های هوازده قهوه‌ای و قرمز همراه است. به سمت بالای توالی رسوبی، واحدهای شیلی و گلوکونیت‌ها تدریجاً با سنگ‌های کربناته جایگزین می‌شوند که حاکی از تغییر شرایط محیطی با گذشت زمان است.

**تفسیر:** گلوکونیت شامل گروهی از آلومینوفیلوسیلیکات‌های<sup>۳</sup> غنی از آهن و پتاسیم است که در شرایط نیمه‌احیایی حاکم بر دریا‌های نسبتاً عمیق (ژرفای ۳۰ تا ۵۰۰ متری) تشکیل می‌شود و شاخص نرخ پایین رسوب‌گذاری است (آموروسی، ۱۹۹۷؛ پروترو و شواب، ۲۰۱۴؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). کمبود اکسیژن محیط، ناشی از عمق زیاد یا محدودیت گردش آب دریاست و نرخ پایین رسوب‌گذاری<sup>۴</sup> نیز نتیجه کاهش واردات آواری به نواحی دور از ساحل و افت تولید کربنات در اعماق حوضه است (جنکینس، ۲۰۱۰؛ خلیفه و همکاران، ۲۰۱۸). تداوم چنین شرایطی به تشکیل افق‌های متراکم و زمین‌های سخت<sup>۵</sup> منجر شده است که نشانه وقفه در رسوب‌گذاری و ایجاد ناپیوستگی است (کریست و همکاران، ۲۰۱۵). این ویژگی‌ها از نشانه‌های حوضه‌های گرسنه<sup>۶</sup> محسوب می‌شوند که با کمبود تأمین و تولید رسوب و فزونی بلندمدت فرونشینی بر رسوب‌گذاری مواجه بوده‌اند (میال، ۲۰۰۰؛ آلابای، ۲۰۰۸؛ فلوگل، ۲۰۱۰). از نمونه‌های امروزی این حوضه‌ها می‌توان به فلات قاره‌های وسیع سواحل باختری و خاوری اقیانوس اطلس اشاره کرد (میلیمن و سیویتسکی، ۱۹۹۲؛ اینسل، ۲۰۰۰).

## رخساره سنگ‌آهک پلاژیک (D)

**توصیف:** سنگ‌آهک‌های پلاژیک سازند کژدمی، نازک تا متوسط لایه‌اند و رنگ تیره دارند. این سنگ‌ها عمدتاً زیست‌زاد هستند و از روزنبران پلانکتونی نظیر گلوبیترینا، آلیگوسترینا و هدبرگلا<sup>۷</sup> تشکیل شده‌اند. در نمونه‌های این رخساره، گل‌آهکی غالب است و بافت مادستونی و وکستونی دارند (شکل‌های ۳C، ۴A، ۵A-B).

**تفسیر:** فراوانی روزنبران پلانکتونی به انضمام فقدان بقایای جانداران کف‌زی<sup>۸</sup> و تناوب با شیل‌های آمونیت‌دار گواه عمق نسبتاً زیاد محیط رسوب‌گذاری سنگ‌های آهکی است (شوله و آلمر-شوله، ۲۰۰۳؛ فلوگل، ۲۰۱۰). پلاژیک به معنای دریای آزاد و مترادف با نهشته‌هایی است که در محیط آرام دور از ساحل رسوب می‌کنند. بنابراین، کمتر تحت تأثیر فرایندهای قاره‌ای قرار می‌گیرند و نرخ رسوب‌گذاری پایین (۰/۰۱ تا ۰/۰۵ میلی‌متر در سال) دارند (تاکر و رایت، ۱۹۹۰؛ آلابای، ۲۰۰۸؛ هانیکه و مولدر، ۲۰۱۱). با افزایش عمق آب دریا و فشار محیط و کاهش میزان اکسیژن، نور و دما بخش عمده موجودات کربنات‌سازی که پلاتفرم‌ها را در سیطره خود دارند، حذف شده یا فعالیت آن‌ها به بعضی از گونه‌های خاص محدود می‌شود. این موضوع در کنار اسیدی‌شدن تدریجی آب دریا باعث می‌شود کربنات‌ها از نقطه اشباع خود دور شوند و تولید آن‌ها تا حدود زیادی کاهش یابد. به همین خاطر، بخش عمده کربنات‌های پلاژیک منشأ زیستی دارند و از پوسته موجودات پلانکتونی تشکیل شده‌اند.

## رخساره رادیولاریتی (E)

**توصیف:** رادیولاریت نسبت به سایر رخساره‌های سازند کژدمی کمترین گسترش را دارد. این رخساره بخشی به ضخامت حدود نیم‌متر شامل چند لایه نازک تا متوسط در میانه توالی رسوبی تشکیل داده است. لایه‌های سفید رادیولاریت در میان شیل‌های تیره‌رنگ به آسانی شناخته می‌شوند. برش‌های میکروسکوپی رادیولاریت‌ها بافت وکستونی و پکستونی دارند و عمدتاً از پوسته رادیولرها (۶۰-۹۰ درصد) با کمی اسپیکول اسفنج و بقایای روزنبران پلاژیک تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۵C-D).

<sup>3</sup> Aluminophyllosilicates

<sup>4</sup> Low sedimentation rate

<sup>5</sup> Condensed sections and hardgrounds

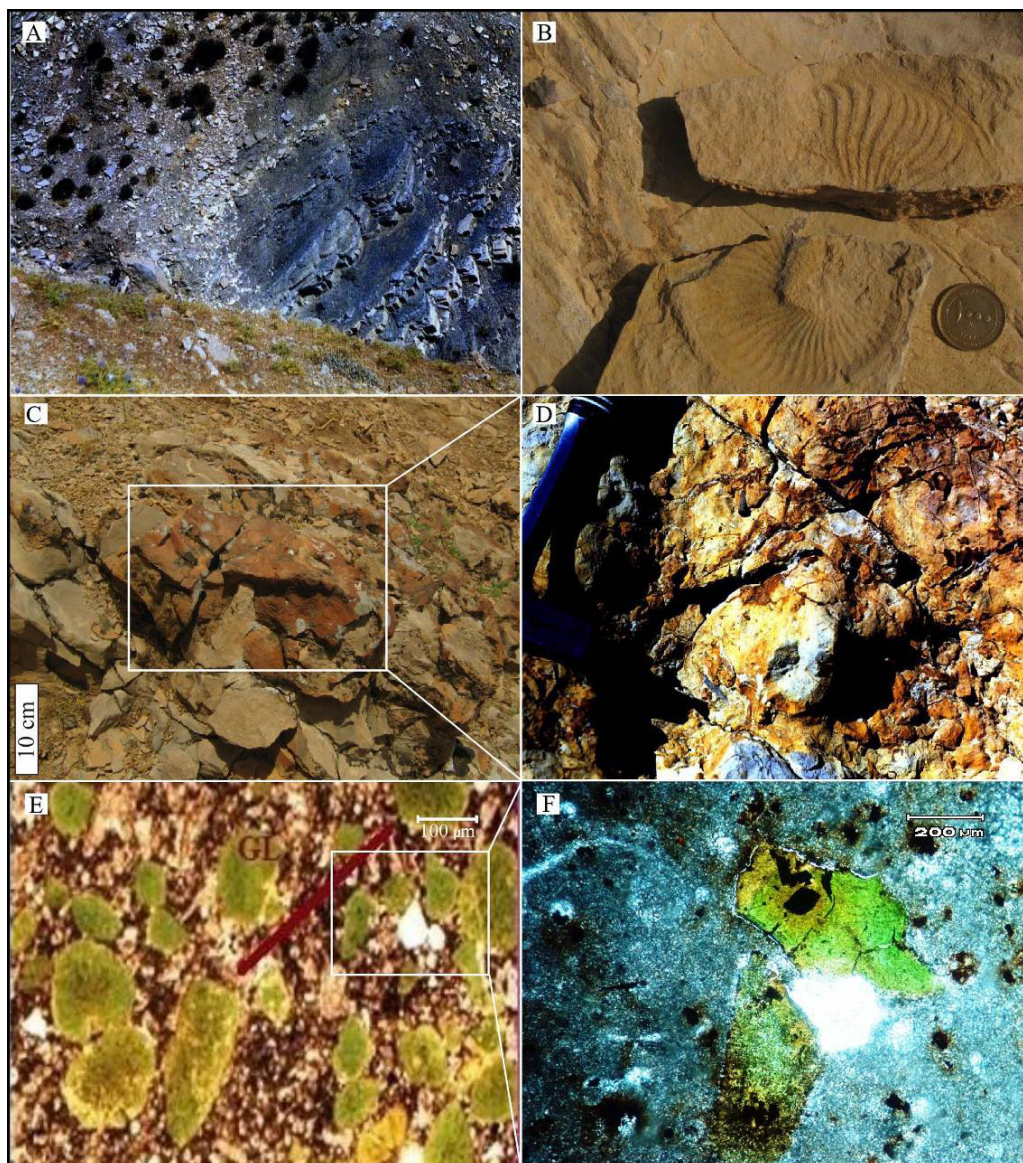
<sup>6</sup> Starved Basins

<sup>7</sup> Globigerina; Oligostegina; Hedbergella

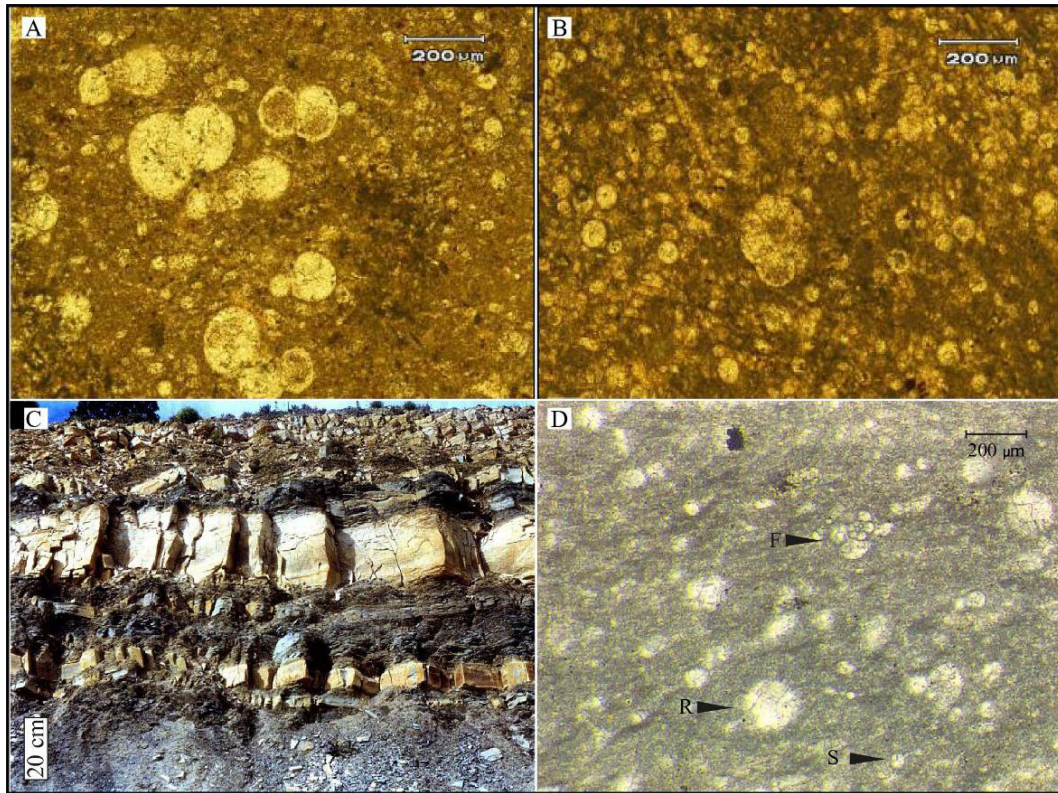
<sup>8</sup> Benthic

فعالیت رادیولرها بیانگر عمیق‌ترین بخش حوضه رسوبی است که با کاهش قابل‌ملاحظه ورود ترکیبات غیرسیلیسی و توقف مقطعی تولید کربنات همراه بوده است (وان بوچم و همکاران، ۲۰۱۰؛ نویدطلب و همکاران، ۲۰۱۳). مدل رسوبی و زیرمحیط‌های مختلف حوضه زاگرس در کرتاسه میانی در شکل ۶ نشان داده شده است.

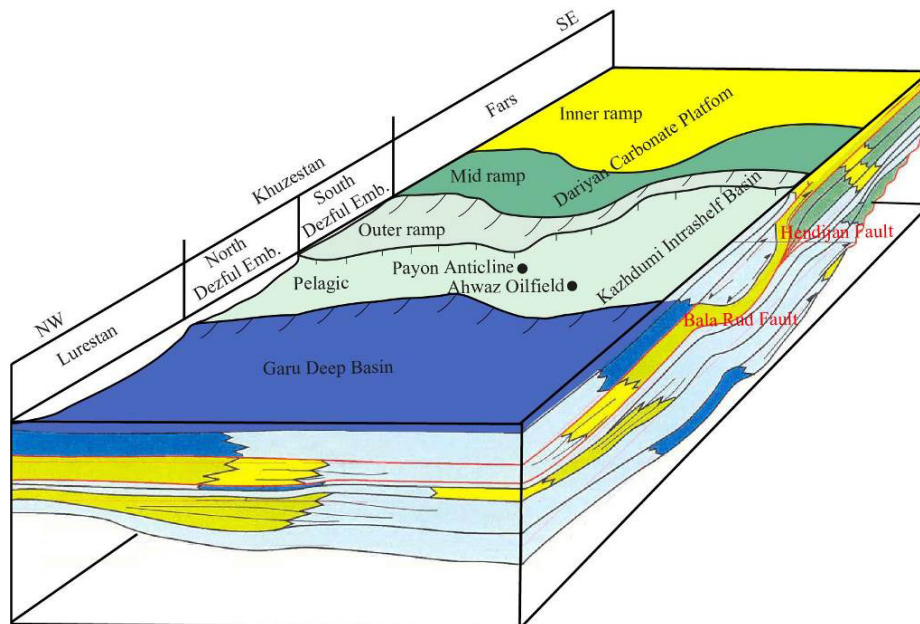
تفسیر: رادیولرها در مناطق سطحی و روشن آب اقیانوس‌ها تا اعماق بیش از ۴۰۰۰ متری یافت می‌شوند (کیسی، ۱۹۹۳؛ کراکی و گردی، ۲۰۰۰). با این حال، وجود رادیولاریت‌ها معمولاً نشانه محیط‌های دریایی عمیق است، زیرا این موجودات اغلب آب‌های سرد و عمیق را ترجیح می‌دهند (شوله و آل‌مر - شوله، ۲۰۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). تشکیل ترکیبات سیلیسی حاصل از



شکل ۴. تصاویر میدانی و میکروسکوپی از رخساره‌های شیلی و گلوکونیتی سازند کژدمی در تاق‌دیس پیون، A: تناوب شیل‌های بیتومین‌دار سیاه و سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه پلاژیک که رخساره‌های چیره سازند کژدمی در خوزستان هستند. B: قطعاتی از آمونیت‌ها که از سنگواره‌های شاخص و متداول در سازند کژدمی است. C: تصویر صحرایی افق متراکم متشکل از لایه‌های گلوکونیتی همراه با فسفات و اکسیدهای آهن به رنگ هوازه قرمز که نمای نزدیک‌تر قسمتی از آن در شکل D به تصویر کشیده شده است (طول دسته چکش در بالای تصویر حدود ۱۰ سانتی‌متر است). E: تصویر میکروسکوپی نمونه گلوکونیتی (XPL) که برای مشاهده جزئیات بیشتر قسمتی از آن با بزرگ‌نمایی بالاتر در شکل F نشان داده شده است (PPL).



شکل ۵. تصاویر میدانی و میکروسکوپی از سنگ آهک‌های پلاژیک و رخساره رادیولاریتی سازند کژدمی در تاقدیس پیون A و B: تصاویر میکروسکوپی از سنگ آهک‌های پلاژیک با روزنبران پلانکتونی شامل وکستون بیوکلاستی گلوبیژین‌دار و وکستون بیوکلاستی آلیگوستژین‌دار: C (XPL) نمای نزدیک از لایه‌های رادیولاریت سفیدرنگ در تناوب با شیل‌های بیتومین‌دار تیره در میانه توالی رسوبی سازند کژدمی و D: تصویر میکروسکوپی نمونه رادیولاریت با بافت وکستونی متشکل از رادیولرها (R)، روزنبران پلاژیک (P) و بُرش عرضی اسپیکول اسفنج (S)؛ آثار لامیناسیون ظریف در مقطع دیده می‌شود (PPL).



شکل ۶. مدل رسوبی و زیرمحیط‌های مختلف حوضه زاگرس در آپتین-آلبین متشکل از پلاتفرم کربناته داریان در فارس، حوضه درون شلفی کژدمی در خوزستان و دریای عمیق گرو در لرستان؛ موقعیت تقریبی میدان نفتی اهواز و تاقدیس پیون نشان داده شده است. بعضی از منابع مرتبط با رخساره‌ها و محیط‌رسوبی سازندهای داریان و گرو در فهرست منابع معرفی شده‌اند.



## محیط‌رسوبی

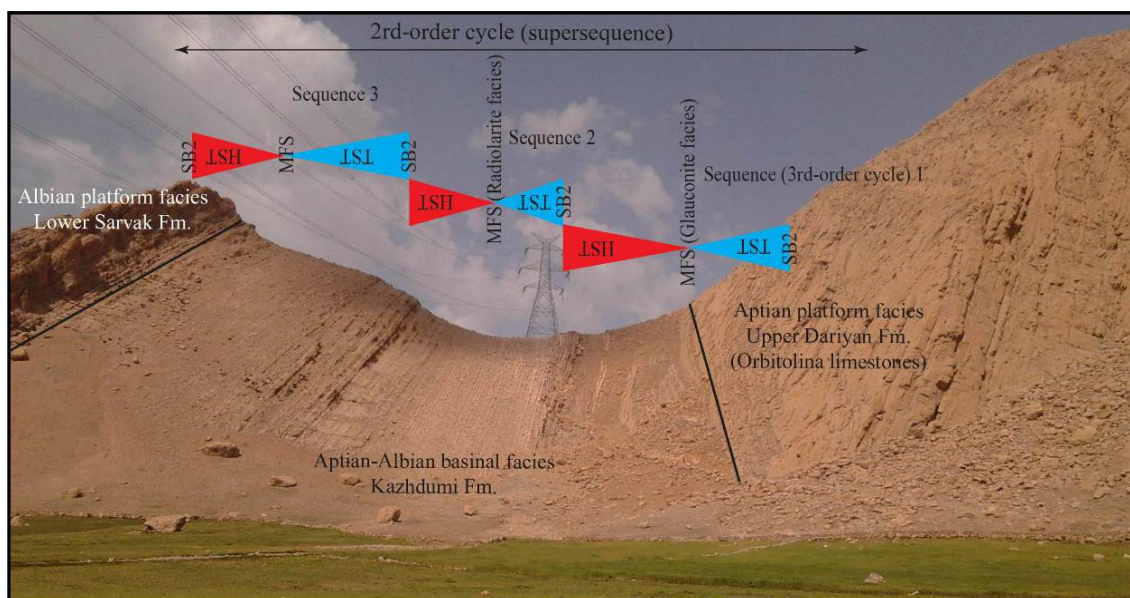
نتایج به‌دست آمده از مطالعه مجموعه رخساره‌های سازند کژدمی در منطقه خوزستان گواه آن است که این رسوبات در بخش عمیق دریای کرتاسه نهشته شده‌اند (شکل ۶). منظور از دریای عمیق، مناطقی از اقیانوس است که زیر خط گل یا پایین‌تر از قاعده امواج توفانی<sup>۱</sup> قرار دارند. در حقیقت، محیط دریایی عمیق شامل همه مناطق دریا به‌جز فلات‌قاره است (جلیلیان، ۱۳۹۶). دریای عمیق کژدمی حاصل پایین افتادن بستر بخش میانی حوضه زاگرس در امتداد گسل‌های کازرون و هنديجان در آپتین است که سبب شد این قسمت از حوضه، رخساره‌ها و تاریخچه تکامل متفاوتی نسبت به سایر مناطق آن داشته باشد و به‌نام حوضه درون شلفی<sup>۲</sup> کژدمی معرفی گردد (وان‌بوچم و همکاران، ۲۰۱۰، وینسنت و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طور کلی، توالی رسوبی کرتاسه زاگرس از تناوب‌های کربناته-شیلی تشکیل شده است (ستوده‌نیا، ۱۹۷۸؛ علوی، ۲۰۰۴) که در یک سامانه رسوبی متشکل از پلاتفرم‌های کربناته و حوضه‌های درون شلفی نهشته شده است (زیگلر، ۲۰۰۱؛ شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ وینسنت و همکاران، ۲۰۱۰). این ساختار رسوبی از زمان ژوراسیک میانی (آلنین) به بعد در مناطق شمالی خلیج فارس فعال بوده است (لاسمی و جلیلیان، ۲۰۱۰). تغییر ناگهانی کربنات‌های پلاتفرمی به نهشته‌های دریای عمیق در دوره‌های ژوراسیک و کرتاسه زاگرس به این موضوع مربوط است که تحت عنوان غرق شدن پلاتفرم‌های کربناته مطرح شده است (جلیلیان، ۱۳۹۹). حوضه کژدمی، قسمت عمیق پلاتفرم کربناته داریان (فارس) است که مرز شمالی آن با حوضه عمیق گرو (لرستان) بر گسل بالارود منطبق است (غضبان، ۲۰۰۷؛ عقراوی و همکاران، ۲۰۱۰). این حوضه ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر عمق داشته و بر خلاف حوضه عمیق‌تر گرو (با ژرفای حدود ۱۰۰۰ متر) امکان ارتباط با اقیانوس نوتتیس را نداشته است (غضبان، ۲۰۰۷؛ وان‌بوچم و همکاران، ۲۰۱۰). حوضه‌های یاد شده متأثر از آب و هوای گرم و مرطوب مناطق استوایی بوده‌اند و در نتیجه بارش‌های زیاد دوره کرتاسه، مقادیر قابل‌توجهی مواد آلی و آواری از خشکی‌های پیرامون خود دریافت کرده‌اند (زیگلر، ۲۰۰۱؛

شارلند و همکاران، ۲۰۰۱). این موارد می‌توانند بعضی از شباهت‌ها و تفاوت‌های رخساره‌های به‌جای‌مانده از این حوضه‌های غنی از مواد آلی و پتانسیل تولید هیدروکربن در آن‌ها را توضیح دهند (به‌عنوان نمونه نویدطلب و همکاران، ۲۰۱۳؛ سفیدیاری و همکاران، ۲۰۱۵).

## چینه‌نگاری سکانسی

بررسی تغییرات عمودی رخساره‌ها و نمودارهای چاه‌نگاری سازند کژدمی در خوزستان حاکی است که این سازند قسمتی از یک سکانس رده دوم (سوپرسکانس) است که کربنات‌های پلاتفرمی انتهایی سازند داریان و شروع سازند سروک را هم شامل می‌شود (شکل ۷). سوپرسکانس‌های رسوبی همزمان با چرخه‌های ۵ تا ۵۰ میلیون ساله نوسان سطح جهانی آب دریاها تشکیل شده‌اند و عمدتاً محصول فعالیت‌های زمین‌ساختی در مقیاس منطقه‌ای هستند (میل، ۲۰۰۰؛ کاتونینو، ۲۰۰۶). مقایسه سکانس رسوبی سازند کژدمی با نهشته‌سنگ‌های همزمان در سایر مناطق جهان نشان می‌دهد که این سکانس با سکانس زونی بالای ۲ در امریکا (اسلاس، ۱۹۶۳) و مگاسکانس شماره ۸ پلاتفرم عربی (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱) معادل و بر بخش بالایی سکانس مهرداد در زاگرس (حیدری، ۲۰۰۸) منطبق است. این سوپرسکانس با ناپیوستگی نوع ۲ محدود شده است و سه سکانس رسوبی رده سوم (۵ تا ۵ میلیون سال) را شامل می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، به‌دلیل تداوم رسوب‌گذاری در بخش عمیق حوضه‌های رسوبی، توالی رسوبی این بخش پیوسته است. به‌همین خاطر، مرزهای جداکننده سکانس‌های رده سوم در سازند کژدمی نیز بدون شواهد خروج از آب و وقفه رسوب‌گذاری از نوع پیوستگی معادل<sup>۳</sup> هستند. سکانس نخست (S1) در بُرش پیون (زون ایذه) حدود ۶۲ متر ضخامت دارد که ۳۲ متر از سنگ‌آهک‌های اُربیتولین‌دار انتهایی سازند داریان و حدود ۳۰ متر از رخساره گلوکونیتی، سنگ‌آهک‌های پلاژیک و شیل‌های آمونیت‌دار بخش آغازین سازند کژدمی را دربرمی‌گیرد. در چاه شماره ۶۷ میدان نفتی اهواز این سکانس به حدود ۲۰۳ متر افزایش می‌یابد که ۴۴ متر آن کربنات‌های داریان بالایی و ۱۵۹ متر رخساره‌های شیلی آغاز سازند کژدمی است (شکل ۸).

<sup>1</sup> Storm wave base (SWB)<sup>2</sup> Intraself basin<sup>3</sup> Type-2 sequence boundary (SB2)



شکل ۷. تصویر میدانی بخشی از توالی رسوبی کرتاسه در زون ایذه متشکل از سنگ‌آهک‌های آربیتولین‌دار بخش بالایی سازند داریان، تناوب‌های عمدتاً شیلی و سنگ‌آهک‌های پلاژیک سازند کژدمی و کربنات‌های پایین سازند سروک؛ این مجموعه حاصل یک چرخه رسوبی رده دوم یا سوپرسکانس است که رخساره‌های متفاوت پلاتفرم و حوضه (بخش عمیق دریا) در مراحل مختلف آن تشکیل شده‌اند. تغییرات عمودی رخساره‌ها به‌گونه‌ای است که می‌توان این سوپرسکانس را به سه سکانس رسوبی رده سوم تفکیک کرد. علایم و کلمات مخفف در شکل ۸ معرفی شده‌اند (نگاه دوربین به سمت شمال).

نهشته شوند. در بُرش زیرزمینی اهواز افزایش شدید مقادیر پرتوی گاما و انحراف منحنی صوتی به سمت چپ، نشانه افزایش محتوای شیل و کاهش نفوذپذیری سنگ‌ها و تغییر سازند داریان به سازند کژدمی است (به‌عنوان نمونه، ارزانی و ندیمی، ۱۳۸۵). همگرا شدن روند تغییرات نمودارهای گاما و صوتی در چینه‌نگاری سکانسی معرف بالا آمدن سطح آب دریاست و موقعیت کمترین فاصله بین دو منحنی به‌عنوان بیش‌ترین پیشروی و عمق حوضه در نظر گرفته می‌شود (یانگ و نیو، ۱۹۹۳). سن بخش آغازین سازند کژدمی در مناطق مختلف بسیار متغیر و از آپتین در نواحی مرکزی حوضه درون شلفی تا آلبن در فارس ساحلی در نوسان است (شرودر و همکاران، ۲۰۱۰؛ وان‌بوچم و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، در مناطق مرکزی زاگرس بخش‌هایی از سازند کژدمی هم‌ارز سازند داریان و دربرگیرنده رخساره‌های بخش عمیق دریای آن زمان است.

سکانس دوم (S2) سازند کژدمی در تاقدیس پیون حدود ۴۹ متر ضخامت دارد که در میدان نفتی اهواز به بیش از ۷۳ متر می‌رسد. شیل‌های بیتومین‌دار و گلوکونیت‌های پراکنده قسمت اصلی دسته رخساره‌های پیشرونده و تراز

افزایش ضخامت سازند کژدمی در ناحیه اهواز حاکی از فضای رسوب‌گذاری و واردات آواری بیش‌تر آن است که در مرکز حوضه درون‌شلفی (فروافتادگی دزفول) و فاصله کمتر از دلتای بورگان واقع شده بود (وان‌بوچم و همکاران، ۲۰۱۰؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۹). سنگ‌آهک‌های آربیتولین‌دار داریان بالایی معرف دسته رخساره‌های پیشرونده<sup>۱</sup> این سکانس رسوبی در زمان آپتین است (موسوی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۵). تغییر کربنات‌های داریان بالایی به سنگ‌آهک‌های پلاژیک و گلوکونیت‌های پایه سازند کژدمی ضمن یادآوری تداوم رسوب‌گذاری در زاگرس مرکزی، نشانه بیش‌ترین پیشروی آب دریا<sup>۲</sup> است که به تشکیل افق‌های مترکم منجر شده است. این سطح با MFS K80 شارلند و همکاران (۲۰۰۱) در پلاتفرم عربی مطابقت دارد. خیزش بلندمدت و بی‌سابقه سطح جهانی آب دریاها در کرتاسه میانی (گلونکا و کیسلینگ، ۲۰۰۲؛ حق و الفحطانی، ۲۰۰۵) سبب شد ضخامت قابل‌توجهی از رسوبات پلاژیک مرتبط با دسته رخساره‌های تراز بالا<sup>۳</sup> در حوضه کژدمی

<sup>1</sup> Transgressive Systems Tracts (TST)

<sup>2</sup> Maximum flooding surface (MFS)

<sup>3</sup> Highstand Systems Tracts (HST)

۲۰۱۶؛ بیل و همکاران، ۲۰۱۹). حضور قابل‌ملاحظه شیل‌های بیتومین‌دار در سازند کژدمی، حاکی از همخوانی زمان رسوب‌گذاری این سازند با بعضی از رویدادهای بی‌هوازی اقیانوس‌ها در آپتین و آلبین<sup>۵</sup> است (شرودر و همکاران ۲۰۱۰؛ وینسنت و همکاران ۲۰۱۰).

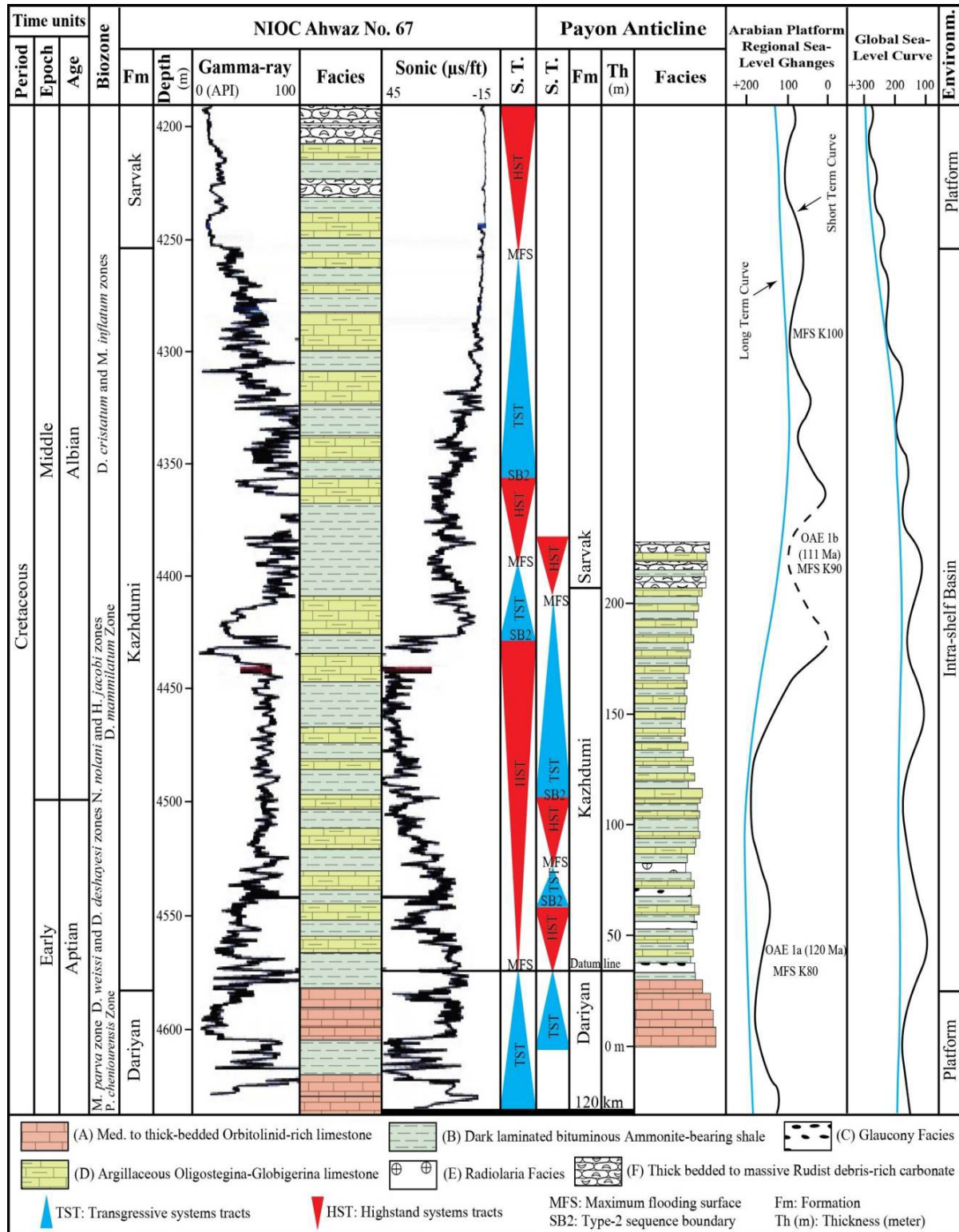
### نتیجه‌گیری

سازند کژدمی معرف قسمتی از شیل‌های آمونیت‌دار کرتاسه در منطقه زاگرس است که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سنگ‌های منشأ نفت در جهان شناخته شده است. این سازند در زاگرس مرکزی سن آپتین-آلبین دارد و عمدتاً از تناوب‌های شیلی و سنگ‌آهک‌های پلاژیک همراه با افق‌هایی از گلوکونیت و رادیولاریت تشکیل شده است. این مجموعه رسوبی محصول دریای عمیق یا حوضه درون شلفی کژدمی است که در اثر پایین افتادن بخشی از بستر حوضه رسوبی زاگرس در امتداد گسل‌های شمالی-جنوبی کازرون و هندیشان ایجاد شده است. حوضه کژدمی در فروافتادگی دزفول یا منطقه خوزستان محدود است و از جنوب با پلاتفرم کربناته فارس و دلتای بورگان و در شمال با گسل بالارود و دریای عمیق گرو (لرستان) احاطه شده است. قسمت عمده نهشته‌های آواری و مواد آلی سازند کژدمی نتیجه انتقال بار معلق دلتای بورگان به نواحی عمیق و آرام (پایین‌تر از قاعده امواج) و فاقد اکسیژن دریای شمال آن است. حضور قابل‌ملاحظه روزنبران پلانکتونی و مواد آلی (شیل‌های سیاه) در این سازند مؤید عمق زیاد محیط رسوبی آن و انطباق با رویدادهای جهانی بی‌هوازی اقیانوس‌ها در دوره کرتاسه است. سازند کژدمی قسمتی از یک سکانس رسوبی رده دوم (سوپرسکانس) است که کربنات‌های پلاتفرمی داریان بالایی و سروک زیرین را دربرمی‌گیرد. این سوپرسکانس به‌نوبه خود از سه سکانس رسوبی رده سوم تشکیل شده و محصول حرکات تکتونیکی، بالا بودن سطح جهانی آب دریاها، آب و هوای گرم استوایی و واردات آواری قابل‌ملاحظه به زاگرس مرکزی در آن زمان است.

بالای این سکانس رسوبی را تشکیل داده‌اند. در بُرش زیرزمینی اهواز، بالاترین مقادیر پرتوی گاما مربوط به این سکانس است که بر رخساره غالباً شیلی این بخش از توالی رسوبی سازند کژدمی تأکید می‌کند. در قسمت میانی سکانس دوم یک افق رادیولاریتی وجود دارد که معرف سطح بیش‌ترین پیشروی دریا و عمیق‌ترین زمان حوضه درون شلفی کژدمی است (وینسنت و همکاران، ۲۰۱۰؛ نویدطلب و همکاران، ۲۰۱۳) که با MFS K90 شارلند و همکاران (۲۰۰۱) قابل مقایسه است. کاهش ضخامت واحدهای رسوبی، مقدار کربنات و گلوکونیت و حضور بیش‌تر رادیولاریت‌ها در مقایسه با روزنبران پلاژیک از تفاوت‌های سکانس دوم نسبت به سکانس نخست است. آخرین سکانس رسوبی سازند کژدمی (S3) سن آلبین دارد (بُردنیف، ۲۰۱۴؛ دیویس و همکاران، ۲۰۱۹). این سکانس در تاقدیس پیون ۱۱۰ متر ضخامت دارد که ۹۶ متر انتهای سازند کژدمی و ۱۴ متر از سروک زیرین را پوشش می‌دهد. به سمت جنوب و در میدان نفتی اهواز ضخامت سکانس سوم به ۱۶۴ متر می‌رسد که ۱۰۱ متر از این مقدار جزو سازند کژدمی است. فقدان گلوکونیت و افزایش تدریجی کربنات‌ها از مشخصات سکانس اخیر است. سطح بیش‌ترین پیشروی آب دریا در سکانس سوم بر مرز سازندهای کژدمی و سروک منطبق است و تقریباً با MFS K100 شارلند و همکاران (۲۰۰۱) همخوانی دارد. بر خلاف سکانس نخست که کربنات‌های پلاتفرم آپتین بدون واسطه با رخساره‌های پلاژیک شروع سازند کژدمی پوشانده شده‌اند، در سکانس سوم رسوبات بخش عمیق دریا تدریجاً به کربنات‌های رودیستی آلبین (دسته رخساره‌های پسرونده) تبدیل می‌شوند. این موضوع نشانه پر شدن تدریجی حوضه درون شلفی کژدمی ناشی از فزونی نرخ رسوب‌گذاری نسبت به فضای رسوب‌گذاری و تشبیت پلاتفرم کربناته سروک در زاگرس است. دوره کرتاسه به‌دلیل شرایط خاص خود از جمله آب و هوای گرم و مرطوب، بالا بودن سطح جهانی آب دریاها و فراوانی دی‌اکسیدکربن در جو زمین در چند مرحله با تشکیل رسوبات غنی از مواد آلی (شیل‌های سیاه) همراه بوده است که به رویدادهای جهانی بی‌هوازی اقیانوس‌ها<sup>۴</sup> معروفند و در تشکیل سنگ منشأهای نفت و گاز موثر بوده‌اند (میلان و همکاران، ۲۰۱۴؛ زورینا و همکاران،

<sup>5</sup> OAE1a (Aptian), b (Albian)

<sup>4</sup> Oceanic Anoxic Events (OAE)



شکل ۸. رخساره‌ها و سکناس‌های رسوبی قسمتی از توالی کرتاسه در تاق‌دیس پیون و چاه شماره ۶۳ میدان نفتی اهواز متشکل از کربنات‌های پلاتفرمی انتهای سازند داریان و شروع سازند سروک که با رخساره‌های پلاژیک حوضه درون شلفی کژدمی از هم جدا شده‌اند. منحنی‌های نشانگر وضعیت سطح آب دریاها از حق و القحطانی (۲۰۰۵) و داده‌های سنی از شرودر و همکاران (۲۰۱۰)، وان بوچم و همکاران (۲۰۱۰) و وینسنت و همکاران (۲۰۱۰) اقتباس شده‌اند.

## سپاسگزاری

لازم است از زحمات دست‌اندرکاران ارجمند مجله رسوب‌شناسی کاربردی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان در پیگیری امور مختلف مربوط به این مقاله و داوران گرامی به‌خاطر صرف وقت گرانبه‌ای خود در مطالعه مقاله و ارائه نکته‌نظرات ارزشمند قدردانی نمایم. هم‌چنین، خانم بهناز حیدری با در اختیار گذاشتن بعضی از منابع مورد نیاز، کمک شایانی در تکمیل مقاله داشتند که موجب امتنان است.

## منابع

- آرزانی، ن. و ندیمی، ع. ر (۱۳۸۵) زمین‌شناسی زیرسطحی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۲۹۷ ص.
- آرین، م. و جعفری‌درگاهی، ه (۱۳۸۹) دیپاچه‌ای بر زمین‌شناسی نفت ایران، انتشارات آثار نفیس، ۲۷۲ ص.
- آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۸ ص.
- اسدی، ا.، مجیدی‌فرد، م. ر.، وزیر، س. ح. و یوسفی‌راد، م (۱۳۹۴) آمونیت‌های آلبین سازند کژدمی در بُرش نار خاور بوشهر (پهنه زاگرس)، مجله علوم زمین، شماره ۹۸، ص ۲۱۲-۱۹۹.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۶) محیط‌های رسوبی پیشرفته، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۳۴۷ ص.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۹) شواهدی بر غرق شدن پلاتفرم کربناته فارس در ژوراسیک، جنوب ایران، مجله رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۸، شماره ۱۵، ص ۹۳-۷۸.
- رضایی، ز.، قاسمی‌نژاد، ا.، حاجی‌کاظمی، ا. و شیخ‌زکریایی، ج (۱۳۹۴) بررسی شرایط محیط و خصوصیات ژئوشیمیایی سازند کژدمی در میدان نفتی سروش بر اساس شواهد پالینولوژیکی و پیرولیز راک-اول، مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۵۹، ص ۵۰-۳۵.
- سعدی‌راد، ف.، موسوی‌حرمی، ر. و محبوبی، ا (۱۳۹۳) چینه‌نگاری سکانسی سازند کژدمی در میدان نفتی آزادگان، مجله پژوهش نفت، شماره ۷۷، ص ۳۳-۲۶.
- علیزاده، ب.، سعادت، ح.، صمصامی، ج.، حسینی، س. ح.، گندمی‌ثانی، ا. ر (۱۳۹۳) مطالعه تغییرات محتوای کربن آلی سازند کژدمی در یکی از میداین دشت آبدان با استفاده از داده‌های زمین‌شیمیایی و پتروفیزیکی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۳، ص ۱۹-۱۱.
- لاسمی، ی (۱۳۷۹) رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالتوزویک ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۸۰ ص.
- مرادی، ه. و علیزاده، ب (۱۳۹۳) بررسی بلوغ حرارتی سازند کژدمی با استفاده از پارامترهای ژئوشیمیایی مولکولی در میدان نفتی یادآوران، مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۸، شماره ۱۶، ص ۵۷-۴۷.
- مطیعی، ه (۱۳۷۲) چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۷۲ ص.
- مطیعی، ه (۱۳۷۴) زمین‌شناسی نفت زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۰۹ ص.
- یاوری، آ.، قویدل سیوکی، م.، مجیدی‌فرد، م. ر. و وزیر، س. ح (۱۳۹۵) توصیف و زیست‌چینه‌نگاری سازند کژدمی، بُرش چینه‌شناسی تنگ ماغر شمال باختر بهبهان (حوضه زاگرس)، مجله علوم زمین، شماره ۱۰۷، ص ۲۳۲-۲۲۱.
- Al-Eidan, A. J., Wethington, W. B., and Davies, R. B (2001) Upper Burgan reservoir distribution, northern Kuwait: Impact on reservoir development. *GeoArabia*, 6(2): 179-208.
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, 304: 1-20.
- Alavi, M (2007) Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, 307: 1064-1095.
- Allaby, M (2008) *A Dictionary of Earth Sciences*. Oxford University Press, 654 p.
- Allen, M. B., and Talebian, M (2011) Structural variation along the Zagros and the nature of the Dezful Embayment. *Geological Magazine*, 148: 911-924.
- Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M (2003) *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Elsevier, 878 p.
- Amorosi, A (1995) Glaucony and sequence stratigraphy: A conceptual framework of distribution in siliciclastic sequences: *Journal of Sedimentary Research*, 65: 419-425.
- Amorosi, A (1997) Detecting compositional, spatial, and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research: *Sedimentary Geology*, 109: 135-153.
- Aplin, A. C., Fleet, A. J., and MacQUAKER, J. H. S (1999) *Muds and Mudstones: Physical and Fluid Flow Properties*. Geological Society, London, Special Publications, 158 p.
- Aqrawi, A. A. M., Goff, G. C., Horbury, A. D., and Sadooni, F. N (2010) *The Petroleum Geology of Iraq*. Scientific Press, 423 p.
- Berberian, M (1995) Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface

- Ghasemi-Nejad, E., Head, M. J., and Naderi, M (2009) Palynology and petroleum potential of the Kazhdumi Formation (Cretaceous: Albian–Cenomanian) in the South Pars field, northern Persian Gulf. *Marine and Petroleum Geology*, 26: 805–816.
- Ghazban, F (2007) *Petroleum geology of the Persian Gulf*. Tehran University Press, 707 p.
- Golonka, J., and Kiessling, W (2002) Phanerozoic Time Scale and definition of time slices. *SEPM, Special Publication*, 72: 11-20.
- Haq, B. U., and Al-Qahtani, A. M (2005) Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. *GeoArabia*, 10(2): 127-160.
- Harris, P. M., and Weber, L. J (2006) *Giant Hydrocarbon Reservoirs of the World: From Rocks to Reservoir Characterization and Modeling*. AAPG Memoir 88, 469 p.
- Heydari, E (2008) Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451: 56–70.
- Hudson, J. D (2005) Pyrite in ammonite-bearing shales from the Jurassic of England and Germany. *Sedimentology*, 29(5): 639–667.
- Hunke, H., and Mulder, T (2011) *Deep-Sea Sediments*. *Developments in Sedimentology* 63, Elsevier, 849 p.
- James, G. A., and Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, 49(12): 2182-2245.
- Jenkyns, H (2010) Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 11(3): 1-30.
- Khalifa, Z., Affouria, H., Riganea, A., Jacob, J (2018) The Albian oceanic anoxic events record in central and northern Tunisia: Geochemical data and paleotectonic controls. *Marine and Petroleum Geology*, 93: 145–165.
- Lasemi, Y., and Jalilian, A. H (2010) The Middle Jurassic basinal deposits of the Surmeh Formation in the Central Zagros Mountains, southwest Iran: Facies, Stacking pattern and Controls. *Carbonates and Evaporites*, 25: 283-295.
- Mehrabi, H., Esrafil-Dizaji, B., Hajikazemi, E., Noori, B., and Mohammad-Rezaei, H (2019) Reservoir characterization of the Burgan Formation in northwestern Persian Gulf. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 174: 328-350.
- Miall, A. D (2000) *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer, 616 p.
- Milliman, J. D., and Syvitski, J. P. M (1992) Geomorphotectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology*, 100: 525-544.
- morphotectonics. *Tectonophysics*, 241: 193-224.
- Berberian, M., and King, C. G. P (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Boggs, S (2009) *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Fourth Edition, Pearson Prentice Hall, 662 p.
- Bordenave, M. L (2014) Petroleum systems and distribution of the oil and gas fields in the Iranian part of the Tethyan region. *AAPG memoir.*, 106 (36): 505–540.
- Bordenave, M. L., and Burwood, R (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of the Asmari and Bangestan Reservoir oil accumulations. *Advances in Organic Geochemistry*, 16(1-3): 369-387.
- Bordenave, M. L., and Hegre, J. A (2005) The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Fold belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 28(4): 339-368.
- Bordenave, M. L., and Hegre, J. A (2010) Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. *Geological Society London Special Publications*, 330: 291–353.
- Catuneanu, O (2006) *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier, 380 p.
- Casey, R. E. P (1993) Radiolaria. In: Lipps, J. H (Ed) *Fossil prokaryotes and protists*. Blackwell, Oxford, pp. 249–288.
- Catuneanu, O (2006) *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier, 380 p.
- Article I. Christ, N., Immenhauser, A., Wood, R. A., Darwich, K., and Niedermayr, A (2015) Petrography and environmental controls on the formation of Phanerozoic marine carbonate hardgrounds. *Earth-Science Reviews*, 151: 176-226.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E (Ed) *Classification of carbonate rocks*, AAPG Memoir, pp. 108–121.
- Emery, D., and Myers, K. J (1996) *Sequence stratigraphy*. Blackwell scientific, Oxford, 297 p.
- Einsele, G (2000) *Sedimentary Basins Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer, 628 p.
- Fernandez-Lopez, S., and Melendez, G (1994) Abrasion surfaces on internal moulds of ammonites as palaeobathymetric indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 110: 29–42.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks*. 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 984 p.

- Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for regional stratigraphic correlations. *GeoArabia Special Publication*, 4: 49–96.
- Sepehr, M., and Cosgrove, J. W (2004) Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 21: 829–843.
- Setudehnia, A (1978) The Mesozoic sequence in southwest Iran and adjacent area. *Journal of Petroleum Geology*, 1(1): 3-42.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, H. P., Horbory, A. D., and Simons, M. D (2001) Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia, Gulf Petrolink, Bahrain*, 370 p.
- Sherkati, S., and Letouzey, J (2004) Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 21: 535-554.
- Sherkati, S., Letouzey, J., and Frizon de Lamotte, D (2006) Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling. *Tectonics*, 25: 1-27.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D., and Letouzey, J (2005) Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. *Journal of Structural Geology*, 27: 1680–1696.
- Sloss, L. L (1963) Sequences in the cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin*, 74: 93-114.
- Soleimani, B., Monjezi, K., and Malaki, S (2014) Microfacies, Diagenetic and Depositional Environment of Kazhdumi Formation (Aptian-Albian), Dezful Embayment, Zagros, NW Iran. *Journal of Geology and Geosciences*, 3(3): 154-164.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology An introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Third edition, Blackwell Science, 262 p.
- Tucker, M. E., and Wright, V. P (1990) *Carbonate Sedimentology*. Blackwell, 482 p.
- van Buchem, F. S. P., Baghbani, D., Bulot, L. G., Caron, M., Gaumet, F., Hosseini, A., and Keyvani, F (2010) Barremian–Lower Albian sequence stratigraphy of south-west Iran (Gadvan, Dariyan and Kazhdumi formations) and its comparison with Oman, Qatar and the United Arab Emirates. *GeoArabia Special Publication*, 4: 503–548.
- Van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Loutit, T. S., and Hardenbol, J (1988) An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. *Society of*
- Moosavizadeh, S. M. A., Mahboubi, A., Mousavi-Harami, R., Kavooosi, M. A., and Schlagintweit, F (2015) Sequence stratigraphy and platform to basin margin facies transition of the Lower Cretaceous Dariyan Formation (northeastern Arabian Plate, Zagros fold-thrust belt, Iran). *Bulletin of Geosciences*, 90(1): 145–172.
- Najafi, M., Verges, J., Etemad-Saeed, N., and Karimnejad, H. R (2018) Folding, thrusting and diapirism: Competing mechanisms for shaping the structure of the north Dezful Embayment, Zagros, Iran. *Basin Research*, 30(6): 1200-1229.
- Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Nazari-Badii, A., and Sarfi, M (2013) Challenges in deep basin sequence stratigraphy: a case study from the Early–Middle Cretaceous of SW Zagros. *Facies*, 60(1): 195-215.
- Noori1, B., Kohansal Ghadimvand, N., Movahed, B., and Yousefpour, M. R (2016) Sedimentology and Depositional Environment of the Kazhdumi Formation Sandstones in the Northwestern Area of the Persian Gulf. *Open Journal of Geology*, 6: 1401-1422.
- Potter, P. E., Maynard, J. B., and Depetris, P. J (2005) *Mud and Mudstones Introduction and Overview*. Springer, 297 p.
- Prothero, D. R., and Shwab, F (2014) *Sedimentary geology*. Third edition, W. H. Freeman and Company, 604 p.
- Rabbani, A. R., and Bagheri Tirtashi, R (2010) Hydrocarbon Source Rock Evaluation of the Super Giant Ahwaz Oil Field, SW Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(5): 673-686.
- Racki, G., and Cordey, F (2000) Radiolarian palaeoecology and radiolarites: is the present the key to the past? *Earth-Science Reviews*, 52: 83–120.
- Rahmani, O., Aali, J., Mohseni, H., Rahimpour-Bonab, H., and Zalaghaie, S (2010) Organic geochemistry of Gadvan and Kazhdumi formations (Cretaceous) in South Pars field, Persian Gulf, Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 70: 57–66.
- Reading, H. G (Ed) (1996) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell, 688 p.
- Scholle, P. A., Bebout, D. G., and Moore, C. H (Eds) (1983) *Carbonate depositional environments*. AAPG Memoir 33, 708 p.
- Scholle, P. A., and Scholle, D. S. U (2003) *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. AAPG Memoir 77, 459 p.
- Schroeder, R., van Buchem, F., Cherchi, A., Baghbani, D., Vincent, B., Immenhauser, A., and Granier, B (2010) Revised orbitolinid biostratigraphic zonation for the Barremian–

- Economical Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 42: 39-45.
- Vincent, B., van Buchem, F. S. P., Bulot, L. G., Immenhauser, A., Caron, M., Baghbani, D., and Huc, A. Y (2010) Carbon-isotope stratigraphy, biostratigraphy and organic matter distribution in the Aptian–Lower Albian successions of southwest Iran (Dariyan and Kazhdumi formations). *GeoArabia Special Publication*, 4(1): 139-197.
- Zhang, X., Cai, Y., and Jiang, D (2017) An Experimental Study on Transforming Montmorillonite to Glauconite: Implications for the Process of Glauconitization. *Clays Clay Minerals*, 65: 431–448.
- Yang, C. S., and Nio, S. D (1993) Application of high-resolution sequence stratigraphy to the Upper Rotliegend in the Netherlands offshore. *AAPG Memoir*, 58: 285-316.
- Ziegler, M. A (2001) Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences. *GeoArabia*, 6: 445–504.
- Zorina, S. O., Pavlova, O. V., Galiullin, B. M., Morozov, V. P., and Eskin, A. A (2016) Euxinia as a dominant process during OAE1a (Early Aptian) on the Eastern Russian Platform and during OAE1b (Early Albian) in the Middle Caspian. *Science China Earth Sciences*, DOI: 10.1007/s11430-016-0043-1.