

کانی‌شناختی و پراکندگی اجزای رسوبی در بخش شمالی خلیج فارس (پهنه دریایی و رودخانه‌های ورودی)

رضا بهبهانی^{۱*} و راضیه لک^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲- پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران

نویسنده مسئول: rezabehbahani30@yahoo.com

دریافت: ۹۸/۲/۱۷ پذیرش: ۹۸/۵/۲۴

چکیده

در این پژوهش، اجزای رسوبی و کانی‌ها در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن بررسی شده است. این بررسی بر پایه ویژگی‌های رسوب‌شناختی (اندازه دانه‌ها، نوع رسوب و اجزای سازنده) و کانی‌شناختی با بهره‌گیری از داده‌های بدست آمده در این پژوهش انجام گرفته است. ۲۰۰ نمونه رسوب سطحی از ژرفای ۱۰ تا ۱۰۰ متری آب از مناطق ساحلی تا بخش‌های ژرف بستر ایرانی خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن (ژرفای ۱ تا ۴ متر آب) با نمونه‌گیر فکی برداشت شد و از دید اندازه دانه‌ها، محتوای زیستی و آواری و کانی‌شناسی (واکوی پراش پرتوایکس) واکوی شدند. رسوبات بستر از دانه‌های آواری به نسبت کم‌تر (مانند کوارتز، فلدسپار، میکا و خرده‌سنگ) و آلی-زیستی به نسبت بیش‌تر (مانند گاستروپودا، استراکودا، اکینودرم، بریوزا و فرامینیفرهای پلانکتونیک و کفزی) ساخته شده‌اند. بیش از ۵۰ درصد از اجزای بستر از دانه‌ها در اندازه سیلت و رس (گل) ساخته شده است. ۴ نوع رسوب عمده (گل با کمی گراول، گل‌ماسه‌ای، گل‌گراولی و گل‌ماسه‌ای با کمی گراول) بیش از ۷۵ درصد از رسوبات بستر را ساخته است. اجزای آواری حوضه پیش‌بوم خلیج فارس تقریباً از فرسایش کمربند کوهستانی آناطولی-زاگرس دریافت شده است. همانندی رسوبات رودخانه‌ای و دریایی کم‌ژرفا و ژرف (به استثنای قطعات پوسته در رسوبات دریایی) نشان‌دهنده خاستگاه یکسان آن‌ها است. افزون بر آن، تاثیر سازوکارهای گوناگون انتقال رسوبات مانند جریان‌های امواج، رودخانه‌ای و کشندی در پراکندگی رسوبات در مناطق کم‌ژرفا در این پژوهش دوباره به اثبات رسیده است. رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس از عوامل مهم تامین و انتقال دانه‌های آواری (دانه‌ها در اندازه گراول-رس) به بخش شمالی آن هستند. دانه‌های آواری و آلی-زیستی توسط جریان‌های دریایی و کشندی در تمام خلیج فارس پراکنده می‌شوند. بیش‌تر کانی‌های رسی (کائولینیت، ایلیت، اسمکتیت، کلریت) به استثنای پالی‌گورسکیت (منشا اتوژنیک) در بخش شمالی خلیج فارس از نوع آواری هستند.

واژه‌های کلیدی: اجزای رسوبی، خلیج فارس، کانی‌شناسی، دانه‌های آواری، کانی رسی

پیشگفتار

دریا در زمان هولوسن (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵)، مقادیر فراوان گرد و غبار به سبب وزش بادهای شدید (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) و رسوب‌گذاری مستقیم اجزاء آلی-زیستی^۱ است (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶). البته در بخش‌های شمالی و جنوبی خلیج فارس، جریان‌های ناشی از باد، امواج و کشند (به ویژه در شمال باختری آن) نقش بسزایی در ترابری رسوبات در امتداد کرانه‌های آن دارند (کامف و صدری نسب، ۲۰۰۶؛ یائو، ۲۰۰۸؛ پوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ صدری نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران،

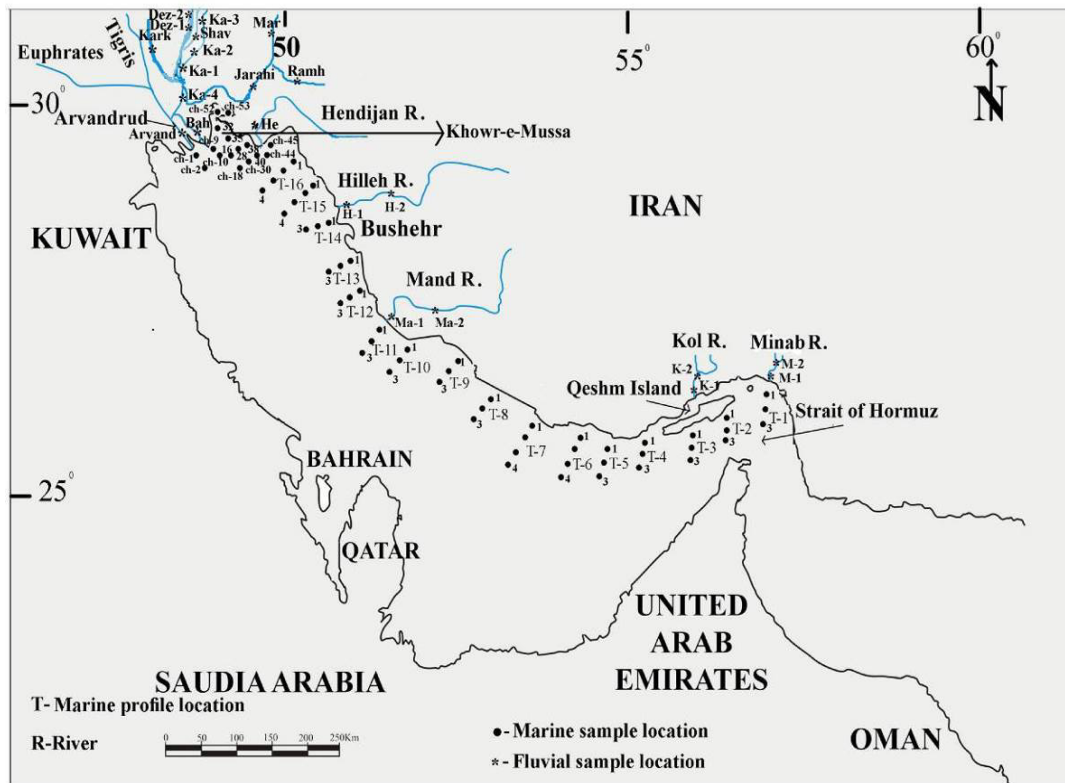
خلیج فارس نمونه‌ای از دریاهای حاشیه قاره‌ای امروزی است که رسوبات آواری و کربناته در کرانه‌های شمالی و جنوبی آن ته‌نشست می‌شود (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷). در مناطق شمالی آن، دلتای بزرگ اروندرود و رودخانه‌های ورودی متعدد (مانند اروندرود، کارون، مند، حله و زهره) (بهبهانی و همکاران، ۲۰۱۵) و هم‌چنین تاثیر فراوان این ناحیه از خشکی‌های کناری (گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶) سبب شده که میزان دانه‌های آواری در این بخش نسبت به بخش جنوبی خلیج فارس افزایش یابد. باید گفته شود که رسوب‌گذاری در این ناحیه حاصل دینامیک رودخانه‌ای (رسوبات آواری) و بالا آمدن تراز آب

¹ Organic-biogenic

جایگاه جغرافیایی

خلیج فارس یک حوضه رسوبی محصور در میان کشورهای ایران، کویت، عربستان، بحرین، قطر، عراق و امارت متحده عربی می‌باشد. این دریا ۹۹۰ کیلومتر درازا و ۵۶ تا ۳۳۸ کیلومتر پهنا دارد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). مساحت آن نزدیک ۲۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع برآورد شده است (بارت و یارخان، ۲۰۰۸). منطقه مورد بررسی در نواحی شمالی خلیج فارس در حد فاصل نواحی دریایی تنگه هرمز در خاور و دلتای اروندرود و خورموسی در باختر و رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی آن، واقع شده است. این ناحیه میان ۳۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵ دقیقه طول خاوری واقع شده است (شکل ۱).

۲۰۱۶). اگر چه بررسی‌های وابسته به رسوب‌شناسی و مواد آلی (ژئوشیمی آلی) بخش‌های متفاوت خلیج فارس و نواحی کناری توسط پژوهش‌گران چند مانند پرسر و سیبولد (۱۹۷۳)، کلارک و کجی (۱۹۷۳)، سیبولد و همکاران (۱۹۷۳)، پرسر و اوانس (۱۹۷۳)، البدران و حاسن (۲۰۰۳)، چناتی و لک (۱۳۸۸)، سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۸۹)، بهبهانی و همکاران (۱۳۹۰، ۱۳۹۲ و ۲۰۱۵)، دهقان‌چناری (۱۳۹۱ و ۱۳۹۳)، غریب‌رضا و همکاران (۲۰۱۴)، گارزانتی و همکاران (۲۰۱۶) و ۲۰۱۶) و همکاران (۲۰۱۷) انجام گرفته است، با این وجود نیاز به پژوهش‌های بیش‌تر در ارتباط با بخش شمالی خلیج فارس احساس می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی اجزای رسوبی و کانی‌شناسی در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های منتهی به آن است.

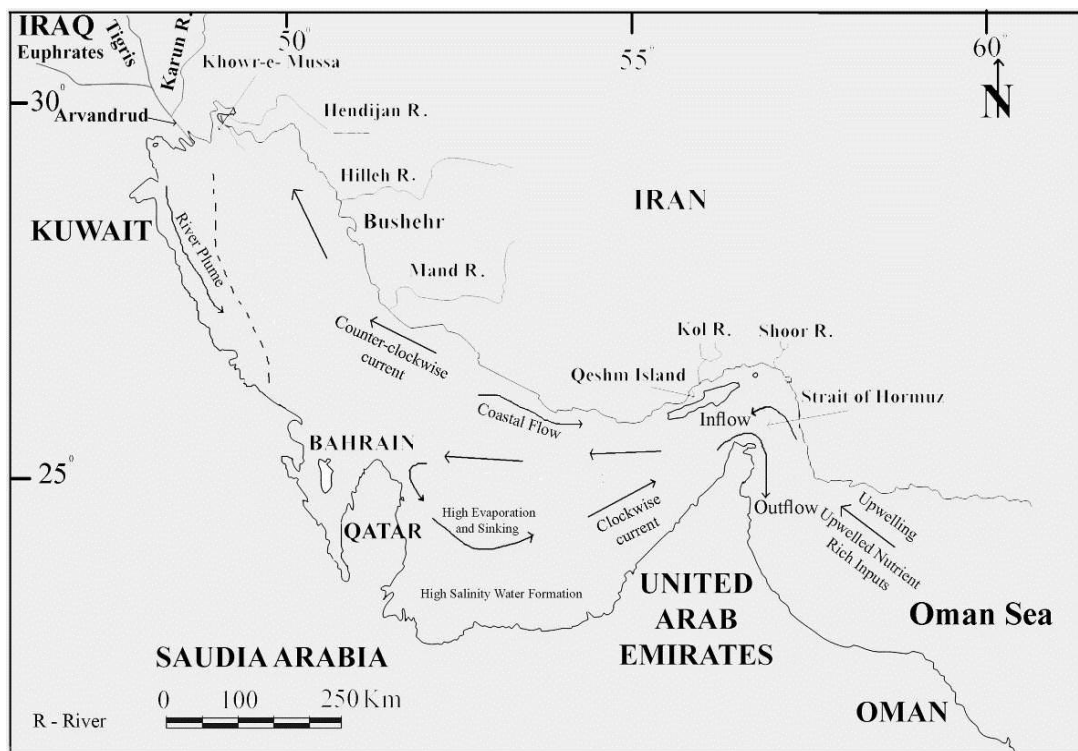


شکل ۱. جایگاه جغرافیایی ناحیه مورد بررسی و محل نیم‌رخ‌های اصلی نمونه‌برداری دریایی (۱۶ نیم‌رخ)، نقاط اصلی نمونه‌برداری دریایی (۵۱ عدد): T-1 تا T-16 که به ترتیب از مناطق کم‌ژرفا تا ژرف را شامل می‌شوند)، جایگاه جغرافیایی خورموسی در شمال باختری خلیج فارس (۱۶ نمونه برداشت‌شده (ch) برای واکاوی پراش پرتوایکس و شناسایی اجزای سازنده آن و نقاط نمونه‌برداری رودخانه‌ای استان‌های هرمزگان، بوشهر (۸ نمونه: M-1, M-2, K-1, K-2, Ma-1, Ma-2, H-1, H-2) و استان خوزستان (Dez: رودخانه دز، Shav: رودخانه شاور، Kark: رودخانه کارون، Jarahi: رودخانه جراحی، Ramh: رودخانه رامهرمز، Mar: رودخانه مارون، Zohreh: رودخانه زهره، Bahman: رودخانه بهمنشیر و Arvand: اروندرود) در بخش شمالی خلیج فارس. لازم به یادآوری است که رودخانه‌های عمده ورودی به خلیج فارس در بخش شمال باختری (استان خوزستان) آن قرار گرفته‌اند.

جریان‌های دریایی

جریان‌های دریایی خلیج فارس عمدتاً سه منشأ چگالی، بادی و کشندی دارد (صدری‌نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران، ۲۰۱۶). به طور کلی افزون بر الگوی عمومی جریان آب در خلیج فارس (جریان سطحی نسبتاً آرام پادساعت‌گرد در طول کرانه‌های ایران و جریان ژرف و چگال ساعت‌گرد در بخش جنوبی آن)، جریان‌های حاکم بر خلیج فارس را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود (پوس و همکاران، ۲۰۱۲؛ صدری‌نسب و حسینی، ۲۰۱۲؛ الازهر و همکاران، ۲۰۱۶): ۱- جریان‌های متأثر از باد^۱، ۲- جریان‌های موازی ساحل^۲، ۳- جریان‌های بالارونده و زیررونده^۳. مهم‌ترین جریان آب در خلیج فارس جریان پادساعت‌گرد (عکس حرکت عقربه‌های ساعت) است که در اثر اختلاف چگالی آب پدید می‌آید (کامف و صدری‌نسب، ۲۰۰۶) (شکل ۲). شوری بیش‌تر آب حوضه

خلیج فارس نسبت به اقیانوس هند و دریای عمان موجب پیدایش این جریان از اقیانوس هند به خلیج فارس می‌شود. آب با شوری معمول اقیانوسی از طریق تنگه هرمز وارد خلیج فارس شده و به سمت شمال‌باختری به موازات کرانه‌های ایران حرکت و در بخش باختری حوضه به سمت جنوب آن تغییر می‌کند. در طی پیمودن این مسیر در اثر فرایند تبخیر، آب چگال‌تر و ژرف‌تر شده و از بستر خلیج فارس (تنگه هرمز) بیرون می‌رود (شکل ۲). جریان باد نقش بسزایی در ایجاد پایین‌آمدگی^۴ در کرانه‌های عربی (جنوبی) و پدیده بالآمدگی در کرانه‌های ایرانی (شمالی) خلیج فارس بازی می‌کند (رینولدز، ۱۹۹۳). هم‌چنین جریان‌های رودخانه‌های ورودی در انتهای شمال باختری خلیج فارس (مانند اروندرود) به سمت جنوب خاوری ادامه می‌یابد.



شکل ۲. رژیم جریانی در خلیج فارس الگوی عمومی جریان آب در خلیج فارس شامل جریان پادساعت‌گرد در بخش شمالی و جریان ساعت‌گرد در بخش جنوبی آن می‌باشد.

¹ Wind driven currents

² Longshore currents

³ Upwelling and downwelling currents

⁴ Downwelling

مواد و روش‌ها

۱- بررسی‌های میدانی

در این پژوهش، ۱۲۵ نمونه سطحی (ژرفای نمونه‌برداری ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) از بستر خلیج فارس (ژرفای آب ۱۰ تا ۱۰۰ متر از مناطق ساحلی تا بخش‌های ژرف ایرانی) در ۱۶ خط اصلی (نیمرخ) عمود بر ساحل (T-1 تا T-16) و نقاط ما بین آن‌ها، ۶۱ نمونه سطحی (ژرفای نمونه‌برداری همانند نمونه‌های یادشده) از خورموسی و نواحی دریایی مجاور آن در خط‌های عمود بر ساحل با بازه ۸ کیلومتری و ۲۰ نمونه سطحی از رودخانه‌های وارده به بخش شمالی خلیج فارس (رودخانه‌های اروندرود ۱) نمونه، بهمین‌شیر (۱ نمونه)، دز (۲ نمونه)، کرخه (۱ عدد)، زهره (هندیجان؛ ۱ عدد)، کارون (۲ عدد)، مارون (۱ عدد)، رامهرمز (۱ عدد)، شاور (۱ عدد)، جراحی (۱ عدد)، کل، میناب، حله و مند هر کدام ۲ عدد) توسط نمونه‌گیر رسوب بستر فکی^۱ برداشت شد (شکل ۱). لازم به یادآوری است که نمونه‌برداری منظم از مصب رودخانه‌ها به سوی دریا با بازه ۳ کیلومتر در امتداد نیمرخ‌هایی به طول ۱۵ کیلومتر در رودخانه‌های زهره، بهمین‌شیر و اروندرود انجام شد. نمونه‌برداری از مناطق دریایی طی گشت دریایی سال ۱۳۸۷ و نمونه‌برداری از رودخانه‌ها در سال ۱۳۹۳ توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام گرفت.

۲- بررسی‌های آزمایشگاهی

۶۷ نمونه از بستر خلیج فارس در بخش شمالی آن برای بررسی‌های کانی‌شناسی، ۱۸۶ نمونه برای بررسی‌های رسوب‌شناختی (اندازه دانه‌ها، شناسایی نوع رسوب و شناسایی اجزای سازنده) و ۲۰ نمونه از رودخانه‌های وارده به آن نیز برای واکاوی پراش پرتو ایکس (بررسی‌های کانی‌شناسی) و شناسایی اندازه دانه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام بررسی‌های رسوب‌شناختی، نمونه‌های دریایی و رودخانه‌ای برداشت شده توسط دستگاه الک و لرزنده مرطوب (برای دانه‌ها بالای ۶۳ میکرون) و دانه‌های کوچک‌تر از ۶۳ میکرون توسط دانه‌سنج لیزری^۲ مدل (Analysette 21) ساخت شرکت فریچ^۳ آلمان و در آزمایشگاه رسوب‌شناسی

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد دانه‌سنجی قرار گرفتند. نام‌گذاری نهشته‌های دریایی و شناسایی نوع رسوبات بر پایه معیار فولک (۱۹۷۴) انجام شد. برای شناسایی دانه‌های رسوبی در اندازه‌های ۲ میلی‌متر تا ۲۵۰ میکرون، بررسی‌های مورفوسکوپی توسط میکروسکوپ الیمپوس^۴ انجام شد. سنجش میزان پراش پرتو ایکس^۵ برای شناسایی ترکیب کانی‌شناسی دانه‌ها رسوبی در رسوبات دریایی و رودخانه‌ای (رده‌های کوچک‌تر از ۲۵۰ میکرون حاصل از دانه‌سنجی به صورت نمونه کل^۶) در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور توسط دیفراکتومتر پرتو ایکس مدل زمینس (5000) (D) (ولتاژ ۴۰ کیلوولت، شدت جریان ۴۰ میلی‌آمپر و لامپ مس) انجام گرفت. هم‌چنین، برای بررسی‌های میکروسکوپی دقیق‌تر بر روی برخی اجزای رسوبی رسوبات دریایی و رودخانه‌ای، از میکروسکوپ الکترونی^۷ زایس مدل (IGMA/VP) دارای توان واکاوی نقطه‌ای^۸ موجود در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی بهره‌گیری شد (به استثنای رسوبات گرفته شده از خورموسی و بخش‌های دریایی کناری آن که از میکروسکوپ الکترونی مدل (VEGA 2 TESCAN) موجود در شرکت متالورژی و فراوری رازی بهره‌گیری شد). آماده‌سازی نمونه‌ها (تیمار) برای واکاوی پراش پرتو ایکس به روش چهار تیمار اشباع با پتاسیم، اشباع پتاسیم بعد از گرم‌کردن تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع منیزیم و اشباع منیزیم پس از تیمار اتیلن گلیکول انجام شد.

۳- پردازش داده‌ها

برای تهیه نقشه‌های توزیع دانه‌ها در اندازه‌های گوناگون و انواع رسوب از نرم‌افزار Arc GIS (نسخه 9.3) بهره‌گیری شد. داده‌های حاصل از دانه‌سنجی و بازدیدهای میدانی با یکدیگر تلفیق شده و نتایج آن‌ها به صورت نقشه‌های یادشده ترسیم شد. روش درون‌یابی^۹ به کار رفته در این پژوهش کریجینگ^{۱۰} است.

⁴ Olympus-SZX-16⁵ XRD⁶ Bulk⁷ SEM⁸ EDS⁹ Interpolation¹⁰ Kriging¹ Van Veen Grab² Laser particle sizer³ Fritsch

محدودیت‌ها و ملاحظات

به دلیل وجود دانه‌های کربناته (درون حوضه‌ای و آواری) و آواری در کنار یکدیگر در رسوبات مورد بررسی، جدایش و حذف اجزای کربناته و بررسی ویژگی‌های بافتی (مانند شکل و فابریک) اجزای آواری باقی‌مانده در این پژوهش امکان‌پذیر نیست. در صورت انجام این عمل، ویژگی‌های بافتی بدست‌آمده و در نتیجه تحلیل محیطی حاصل از آن نادرست می‌باشد. اما به ناچار، برای توصیف رسوبات و اجزای رسوبی در این پژوهش، از میزان گردش‌دگی برخی از اجزای آواری، اندازه دانه‌ها و به دنبال آن شناسایی انواع رسوبات بهره‌گیری شد. بهره‌گیری از معیار فولک (۱۹۷۴) (رده‌بندی ویژه دانه‌های آواری) برای شناسایی انواع رسوبات دریایی آمیخته آواری- کربناته (رسوبات موجود در بستر خلیج فارس) تا حدی چالش برانگیز است. اما با این وجود، به دلایل زیر در این پژوهش از این معیار بافتی بهره‌گیری شد: ۱- امکان جدایش درست دانه‌های کربناته در جازا (درون حوضه‌ای) از اجزای آواری و کربناته آواری میسر نبود. همان‌گونه که در بخش‌های بعدی این پژوهش گفته شده است، بخشی از دانه‌های رسوبی دیده شده، کربنات‌های آواری (دانه‌ها در اندازه ماسه- رس) و خرده‌سنگ‌های کربناته (عمدتا دانه‌ها در اندازه ماسه) هستند که توسط عوامل انتقال مانند رودخانه‌ها (یافت‌شده در این پژوهش) و باد و توفان (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی- بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) به بخش شمالی خلیج فارس آورده شده‌اند. در نتیجه، حذف تمام دانه‌های کربناته با روش‌های شیمیایی مانند اسیدشویی به علت حذف اجزای کربناته آواری کار درستی نبود. همچنین، امکان جدایش دانه‌های کربناته درون حوضه‌ای از دیگر دانه‌های رسوبی توسط پیک‌کردن میکروسکوپی تنها در دانه‌ها در اندازه‌های بزرگ امکان‌پذیر بود و در رده‌های کوچک‌تر از ۵۰۰ میکرون میسر نبود. ۲- نبود معیار مناسب دیگری برای رده‌بندی انواع رسوبات آمیخته آواری- کربناته. همچنین با توجه به یافته‌های این پژوهش امکان شناسایی رسوبات بادی و شناسایی مقادیر نیمه کمی^{۱۱} کانی‌های شناسایی‌شده توسط واکاوی پراش پرتو ایکس امکان‌پذیر نبود.

نتایج

۱- پراکندگی دانه‌ها در بخش شمالی خلیج فارس و رسوبات رودخانه‌ای ورودی به آن

بیش از ۵۰ درصد نمونه‌های دریایی و رودخانه‌ای بررسی شده، از دانه‌ها در اندازه سیلت و رس (در محدوده گل ساخته شده‌اند (شکل ۳). این دانه‌های گلی در تمام مساحت بخش ایرانی (شمالی) حوضه پراکنده هستند. دانه‌ها در اندازه ماسه یک سوم از کل رسوبات بستر را به خود اختصاص داده‌اند و از نظر فراوانی کم‌تر از گل هستند. دانه‌های در اندازه گراول در محدوده مورد بررسی عمدتاً در بخش ساحلی قرار دارند و به مقدار کم‌تر در بخش دریایی ژرف واقع شده‌اند. همچنین، نقشه‌های پراکندگی دانه‌های رسوبی در اندازه‌های ماسه و سیلت (شکل ۴)، نشان‌دهنده فراوانی بیشتر بودن دانه‌ها در اندازه سیلت نسبت به دانه‌ها در اندازه ماسه در بخش شمالی خلیج فارس هستند.

۲- انواع رسوبات و اجزای سازنده آن‌ها

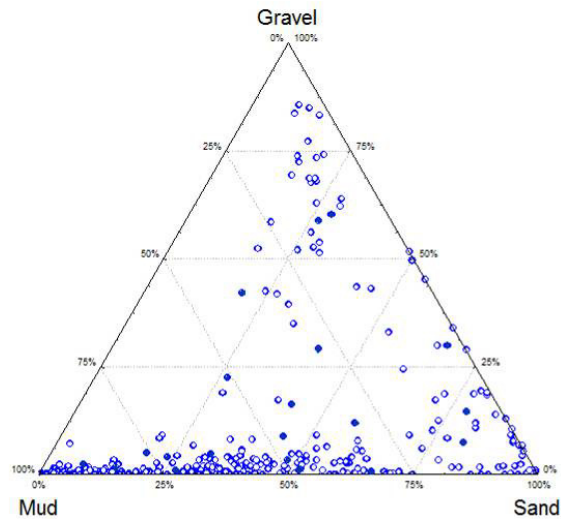
نتایج بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان‌دهنده وجود ۴ نوع رسوب عمده بر پایه رده‌بندی فولک (۱۹۷۴) (به بخش مواد و روش‌ها مراجعه شود) شامل: گل با کمی گراول $[gM]$ ، گل ماسه‌ای (sM) ، گل گراولی (gM) و گل ماسه‌ای با کمی گراول $[g] sM$ می‌باشد که مجموعاً بیش از ۷۵ درصد از کل اجزا بستر را ساخته داده‌اند. همچنین انواع رسوب ماسه‌گراولی (gS) ، ماسه با کمی گراول $[g]S$ ، گل (M) و غیره نیز در این نمونه‌ها به مقدار کم‌تر (کم‌تر از ۲۵ درصد از اجزا بستر) دیده شده است (شکل ۵).

لازم به یادآوری است که به دلایل ۱- همراه بودن اجزای کربناته درون حوضه‌ای (قطعات اسکلتی) در کنار اجزای آواری در اندازه‌های متفاوت، ۲- نقش جریان‌های دریایی و کشندی (با درجه اهمیت بیشتر)، جریان‌های بادی و رودخانه‌ای (موثر در مصب رودخانه‌ها) با درجه اهمیت کم‌تر و ۳- منشاهای گوناگون اجزای آواری در اندازه‌های متفاوت منتقل‌شده به حوضه رسوبی خلیج فارس، طیف گوناگونی از انواع رسوبات بدون ارتباط مشخصی بین اندازه دانه‌ها و ژرفای آب (فراوانی بودن دانه‌ها در اندازه سیلت و رس و رسوبات گل فراوان در مناطق کم‌ژرفا و ژرف ناحیه مورد بررسی نسبت به سایر دانه‌ها و رسوبات)

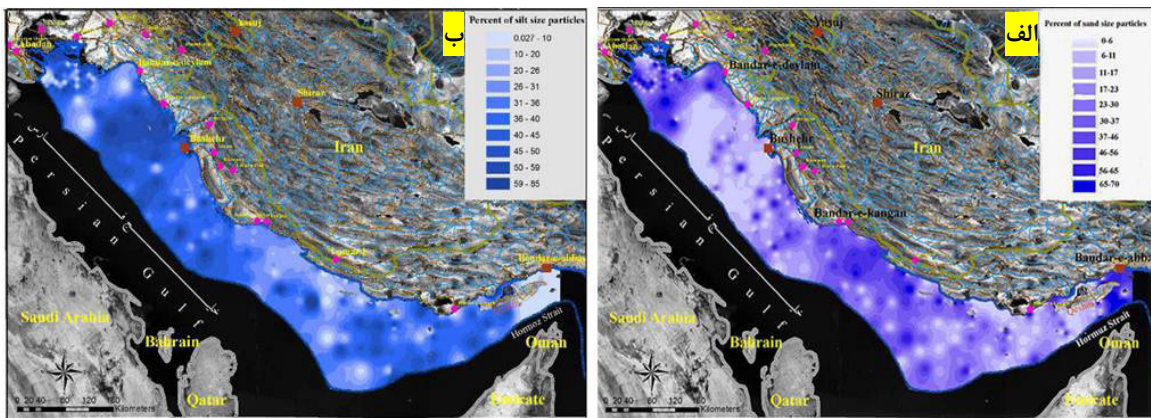
¹¹ Semi-quantitative

ج)، بریوزوا و مرجان (شکل ۷ ه) دیده می‌شود. هم‌چنین اسکلت باقی‌مانده ماهیان (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و) به وفور دیده می‌شود. دانه‌های آواری در مناطق شمالی خلیج فارس عمدتاً شامل بلورهای نیمه‌گردشده تا گردشده کوارتز در ابعاد سیلت تا ماسه‌ریز (شکل‌های ۶ د، ۶ ه، ۱۴ ب، ۹ الف، ۹ ج، ۹ ح و ۱۰ و)، قطعات کربنات آواری (شکل‌های ۶ د، ۶ و، ۷ الف، ۷ ب، ۷ ج، ۹ الف، ۹ د، ۹ ه و ۹ ز)، فلدسپار (شکل‌های ۹ ح و ۱۰ و) خردسنگ‌های نیمه‌گردشده عمدتاً در اندازه ماسه (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و)، بلورهای میکا و احتمالاً کانی‌های رسی (شکل‌های ۷ د و ۸ ب) هستند.

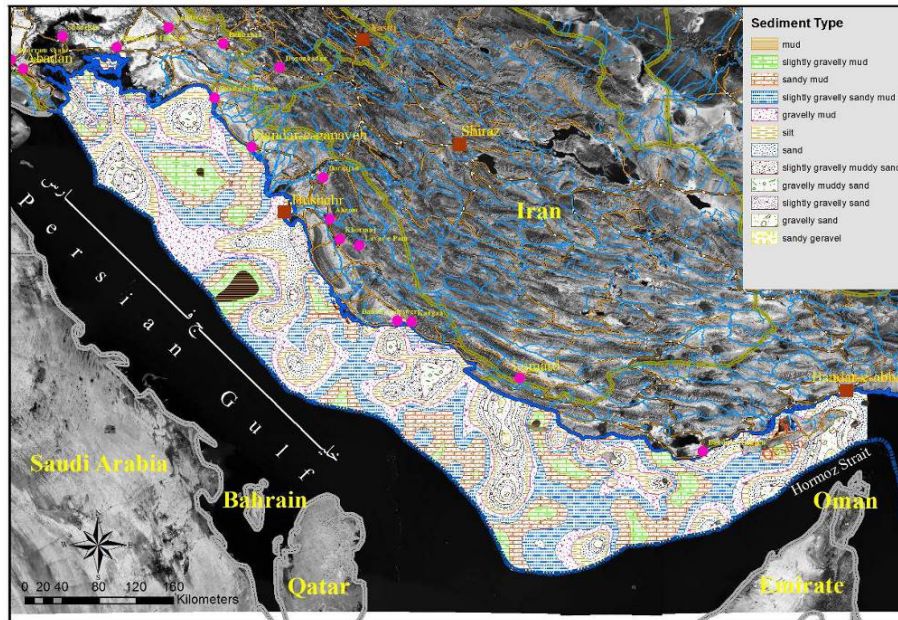
به وجود آمده است. به طور کلی از آنجا که رسوب‌گذاری در محدوده مورد بررسی حاصل برهم‌کنش فرآیندهای ترابری مواد و رسوب‌گذاری دانه‌ها بیرون از حوضه و درون حوضه است، اجزاء در دو دسته آواری و آلی-زیستی تقسیم شده‌اند. بیش‌تر اجزای آلی-زیستی بستر بخش شمالی خلیج فارس سرشار از موجودات کفزی دریائی است که دانه‌های در اندازه ماسه و گراول را ساخته می‌دهند. در محدوده مورد بررسی بیش‌تر پوسته‌های دوکفه‌ای (شکل‌های ۶ ج، ۱۰ ج)، فرامینیفرهای بنتیک (شکل‌های ۶ ب، ۷ ه، ۹ ح و ۱۰ ج) و پلانکتونیک (شکل ۷ ه و ۱۰ ج)، گاستروپودا، اکینودرم (شکل‌های ۱۰ ه و ۱۰ و)، استراکودا (شکل ۶ الف و ۱۰



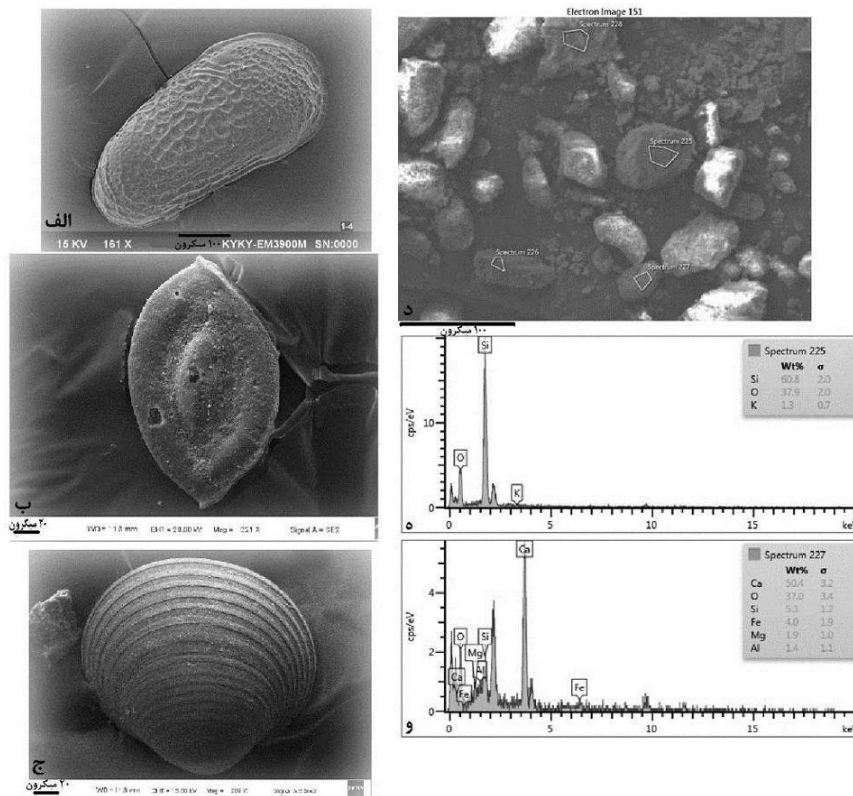
شکل ۳. جایگاه نمونه‌های برداشت‌شده از بخش شمالی بستر خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن بر روی سه‌گوش ($G-S-M$). عمده اجزای سازنده در ضلع ماسه-گل (با فراوانی گل) قرار گرفته‌اند. نمونه‌های رودخانه‌ای با دایره‌های توپر نمایش داده شده است.



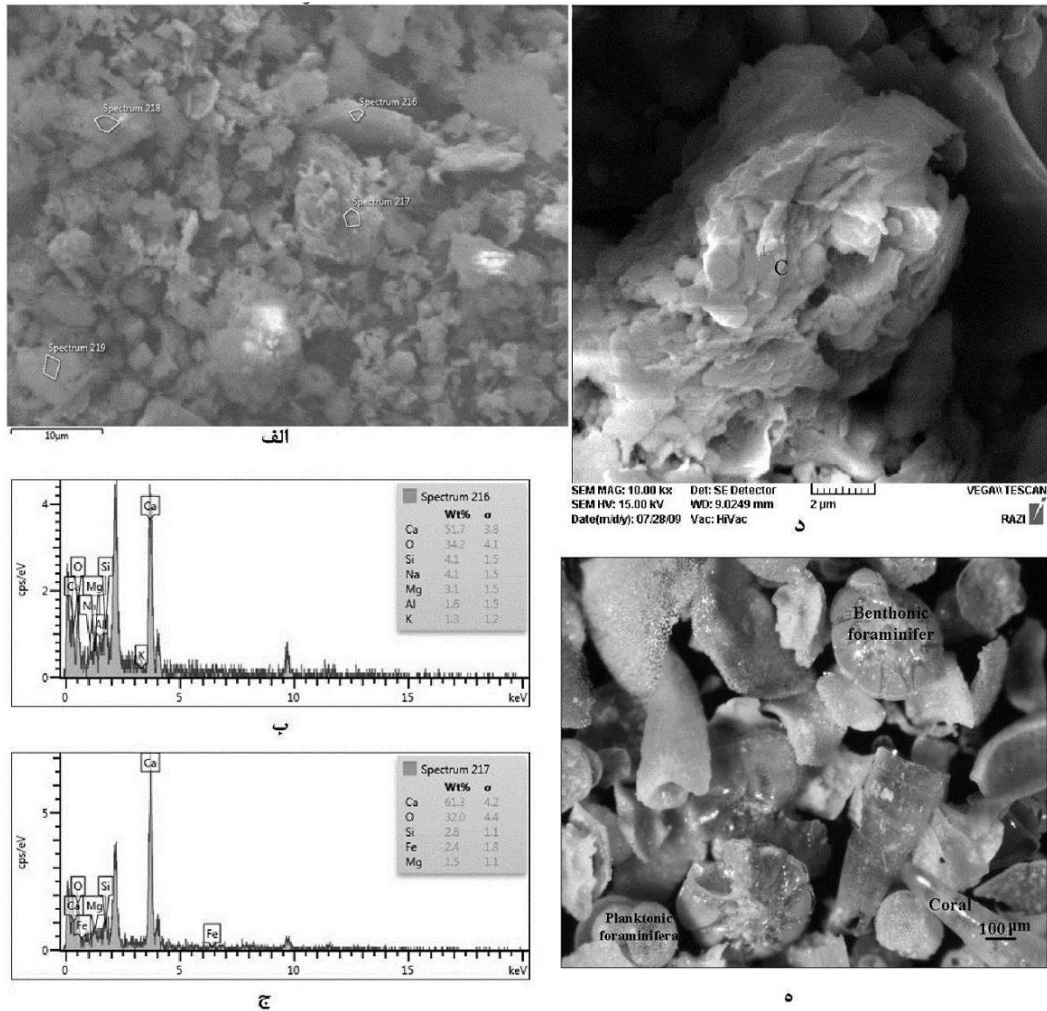
شکل ۴. پراکندگی دانه‌ها در اندازه ماسه در بخش شمالی خلیج فارس. این دانه‌ها در نزدیکی خط ساحلی، بخش‌های کم‌ژرف دریایی و در بخش‌های شمال باختری خلیج فارس دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به مناطق ژرف دریایی هستند. ب- پراکندگی دانه‌ها در اندازه سیلت در بخش شمالی خلیج فارس. این دانه‌ها در تمام پهنه خلیج فارس (نزدیکی خط ساحلی، بخش‌های کم‌ژرف و ژرف دریایی و در بخش‌های شمال باختری خلیج فارس) پراکنده هستند. در تنگه هرمز احتمالاً به دلیل نقش جریان ورودی از دریای عمان به خلیج فارس، دانه‌ها در اندازه ماسه فراوان‌تر هستند.



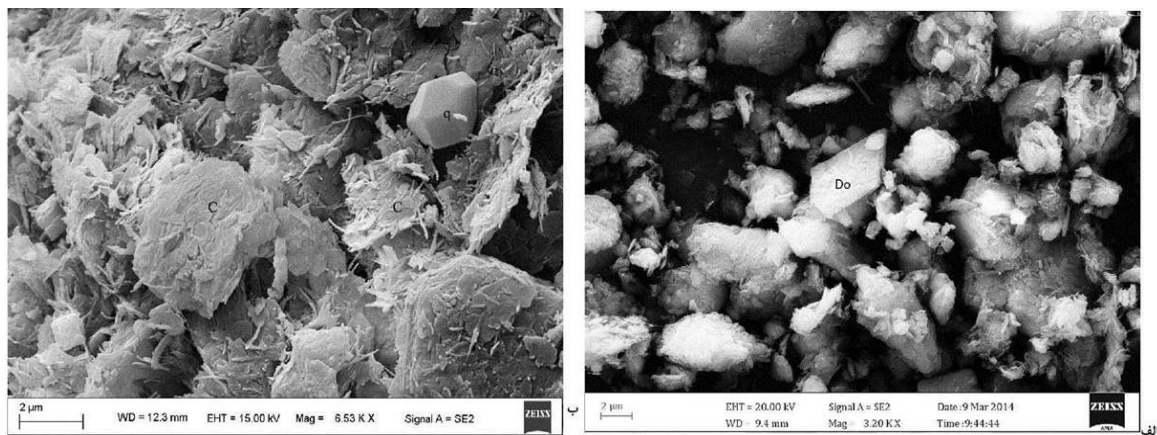
شکل ۵. پخش رسوبات در بخش شمالی خلیج فارس. گل با کمی گراول، گل ماسه‌ای، گل گراولی و گل ماسه‌ای با کمی گراول بیش‌ترین انواع رسوبات را شامل می‌شوند.



شکل ۶. تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و واکاوی نقطه‌ای از اجزای سازنده بستر خلیج فارس در بخش شمالی آن. الف- استراکودا در ژرفای ۵۲ متری آب از بخش میانی خلیج فارس (نمونه T-11-2). ب- فرامنیفر کفزی (میلوبیده) در ژرفای ۱۸ متری از بخش خاوری خلیج فارس (نمونه T-2-1). ج- پوسته دوکفه‌ای در ژرفای ۱۶ متری از بخش خاوری منطقه مورد بررسی (نمونه T-4-1). د- قطعه کربناته آواری (نمونه ۲۲۷) و ذره کوارتز (نمونه ۲۲۵) در بخش میانی خلیج فارس در ژرفای ۳۲ متری (نمونه T-10-2). ه- واکاوی نقطه‌ای نشان دهنده کوارتز با ترکیب شیمیایی چیره سیلیسیم و اکسیژن است. و- ترکیب شیمیایی نمونه ۲۲۷ (مقدار بالای کلسیم) نشان‌دهنده قطعه کربناته است. جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



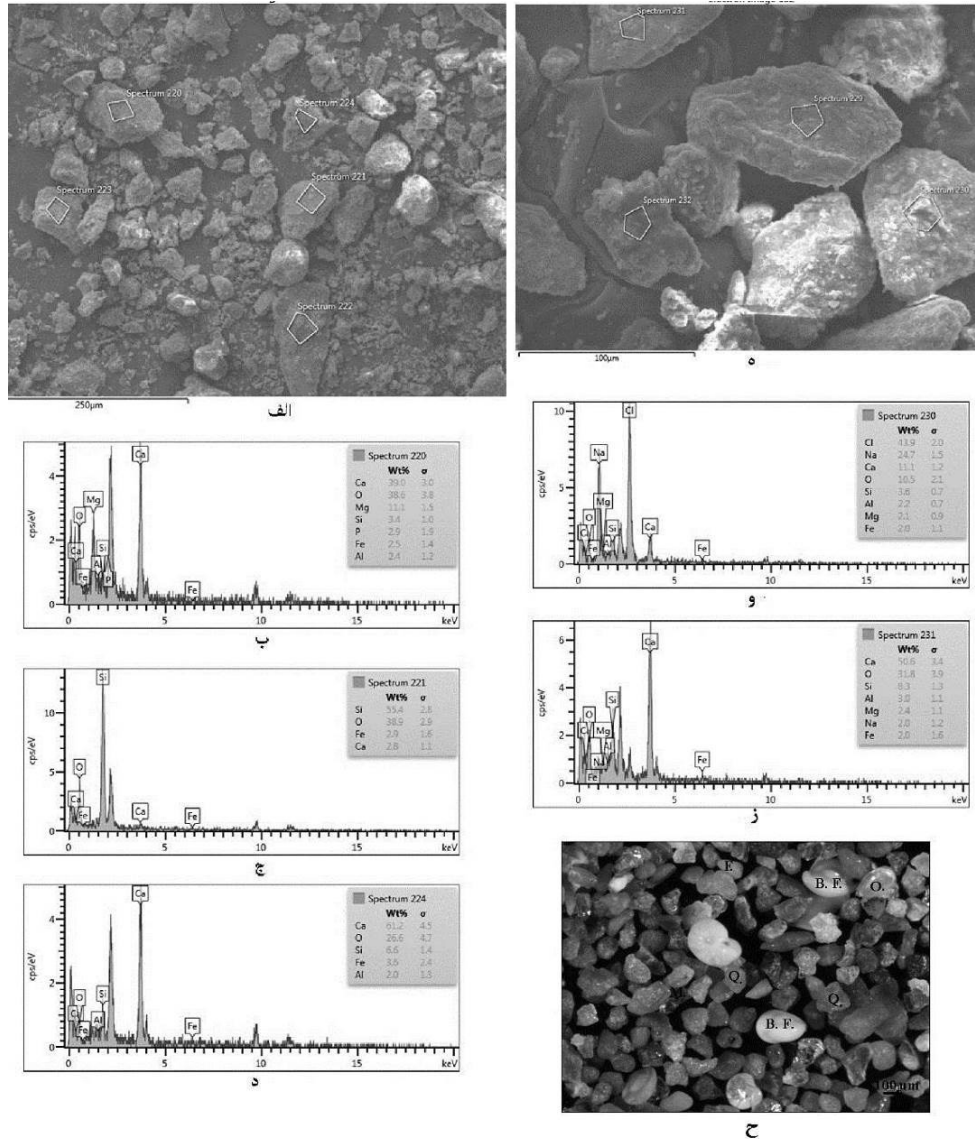
شکل ۷. الف- تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و واکاوی نقطه‌ای از ناحیه میانی بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۳۰ متری (نمونه T-10-2). ب و ج- دانه‌های کربناته آواری (نمونه‌های ۲۱۶ و ۲۱۷). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم و اکسیژن را نشان می‌دهد. د- کانی رسی (C) توده‌ای از ناحیه باختری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۳۰ متری (نمونه T-13-2). ه- فرامینیفر کفزی، پلانکتونیک و پوسته مرجان از ناحیه خاوری منطقه مورد بررسی در ژرفای ۷۳ متری (نمونه T-3-3). جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.



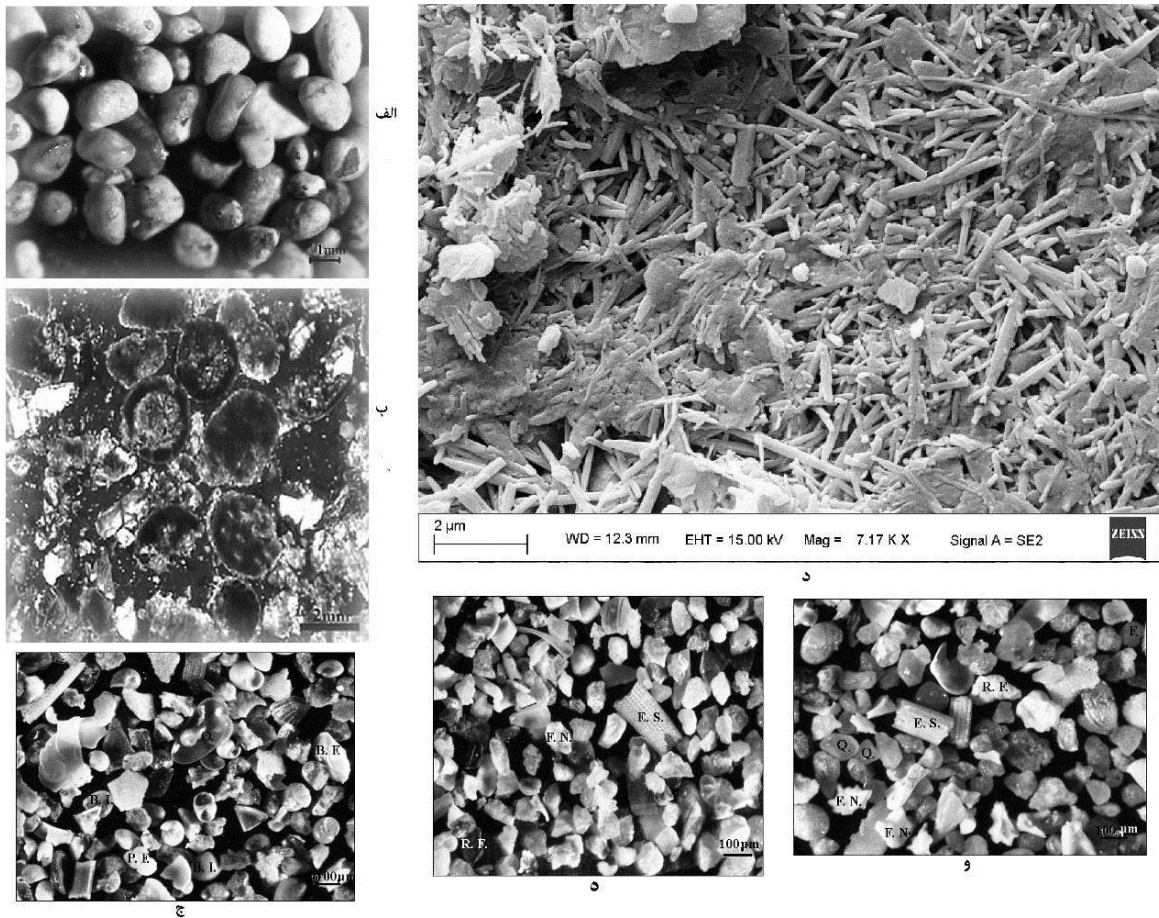
شکل ۸. الف- بلور لوزی شکل دولومیت (Do) در رسوب دهانه رودخانه زهره در شمال باختری خلیج فارس در ژرفای ۱۱ متری آب (نمونه ch-2). ب- تصویر میکروسکوپ الکترونی از صفحات کانی رسی (C) و ذره کوارتز (q) از ناحیه خاوری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۱۱ متری (نمونه T-3-1). جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

میانی خلیج فارس دانه‌ها غیراسکلتی انیید دیده می‌شود (شکل‌های ۱۰ الف، ۱۰ ب و ۱۰ د). همچنین این دانه‌ها در بخش‌هایی از خلیج فارس تا نواحی ژرف‌تر در اثر جابجایی مجدد در رسوبات دیده می‌شوند. لازم به یادآوری است که در خورهای بررسی شده در محدوده خلیج فارس قطعات گیاهان نیز دیده شده است.

به‌استثنای کانی‌های رسی (در اندازه رس) و خرده‌سنگ‌ها (در اندازه گراول- ماسه)، سایر دانه‌های آواری در اندازه ماسه تا رس می‌باشند. قطعات ژپیس، هالیت (شکل‌های ۹ ه و ۹ و) و دولومیت (شکل‌های ۸ الف، ۹ الف و ب) نیز در بخش‌هایی از ناحیه مورد بررسی دیده شده است. همچنین در بخش‌های ساحلی نواحی شمال خاوری و



شکل ۹. الف- تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و واکاوی نقطه‌ای از رسوبات بستر خلیج فارس در ناحیه دریایی مجاور اروندرود در ژرفای ۱۱ متری (نمونه *ch-2*). ب- کانی دولومیت (نمونه ۲۲۰). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم، اکسیژن و منیزیم را نشان می‌دهد ج- دانه کوارتز (نمونه ۲۲۱). واکاوی نقطه‌ای نشان‌دهنده ترکیب شیمیایی چیره سیلیسیم و اکسیژن است. د- دانه کربناته آواری (نمونه ۲۲۴). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم را نشان می‌دهد. ه- تصویرهای میکروسکوپ الکترونی و واکاوی نقطه‌ای از رسوبات بستر خلیج فارس در بخش باختری خور موسی در ژرفای ۷ متری (نمونه *ch-32*). و- دانه هالیت (نمونه ۲۲۰). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای سدیم و کلر را نشان می‌دهد. ز- دانه کربناته آواری (نمونه ۲۳۱). ترکیب شیمیایی، مقدار بالای کلسیم و اکسیژن را نشان می‌دهد. ح- دانه‌های کوارتز (*Q.*)، فلدسپار (*F.*)، پوسته‌های فرامینیفر کفزی (*B.F.*) و استراکودا (*O.*) در بخش میانی منطقه مورد بررسی در ژرفای ۳۹ متری (نمونه *T-9-2*). جایگاه نمونه در شکل ۱ آورده شده است.



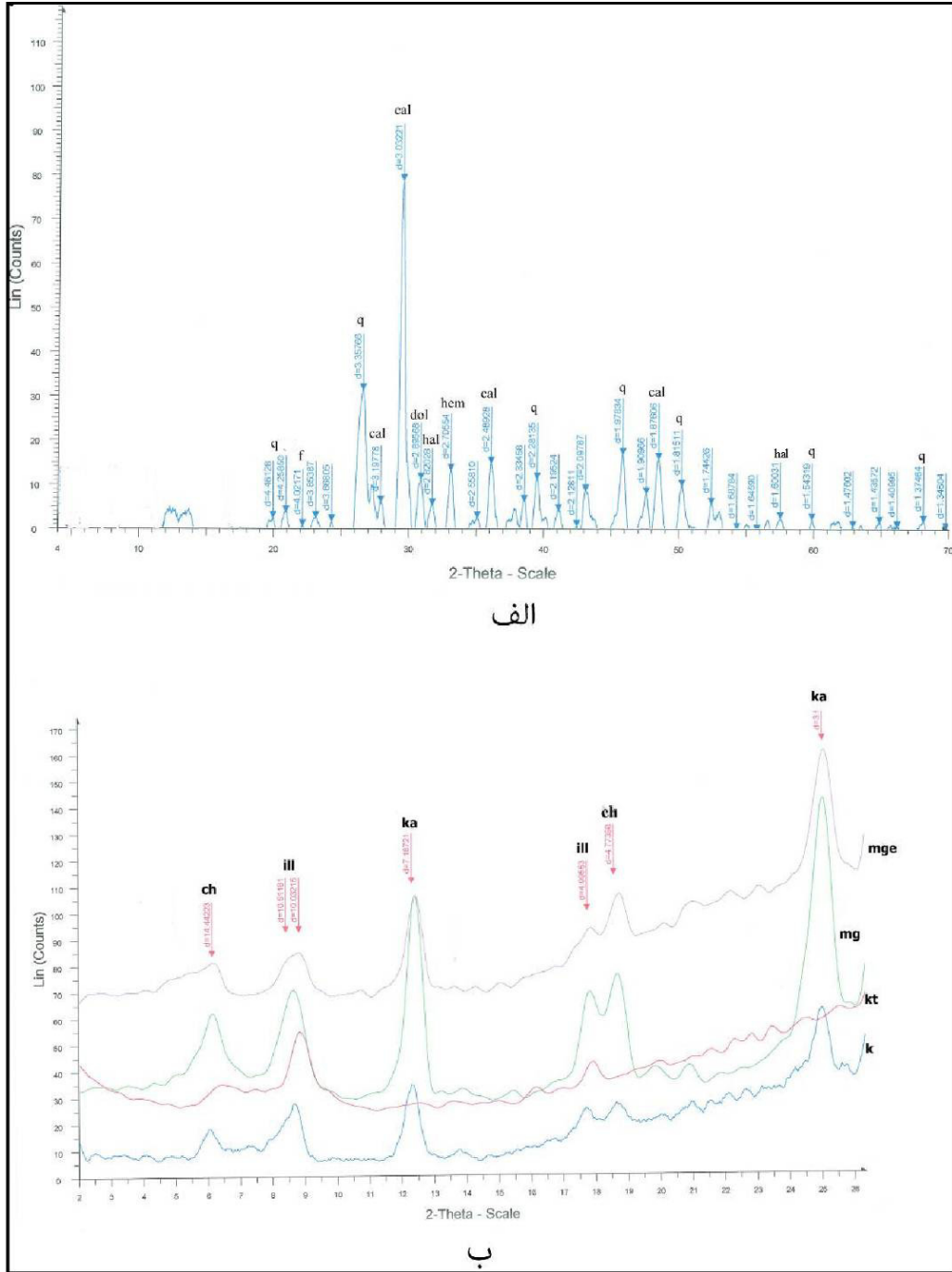
شکل ۱۰. الف- دانه‌های غیراسکلتی کربنات کلسیم (ایبید) در رسوبات گل‌ماسه‌ای ساحلی بخش میانی قسمت شمالی خلیج فارس در ژرفای ۱۰ متری (نمونه T-8-1). ب- برش میکروسکوپی از همان ایبیدا. ج- پوسته استراکودا (O)، دوکفه‌ای (B. I.)، فرامینیفرهای کفزی (B. F.) و پلانکتونیک (P. F.) در رسوبات بخش میانی منطقه مورد بررسی (نمونه T-8-3) در ژرفای ۶۰ متری. د- سوزن‌های کربنات کلسیم (آراگونیتی) سازنده پوسته ایبید در اندازه ۱ تا ۳ میکرون (عمدتاً ساب‌هدرال تا آن‌هدرال) با آرایش نامنظم در رسوبات شکل‌های الف و ب. ه- اسکلت باقی‌مانده ماهیان (F. N.)، خرده‌سنگ (R. F.) و ستون فقرات اکتینودرم (E. S.) در رسوبات بخش باختری ناحیه مورد بررسی در ژرفای ۳۱ متری (نمونه T-15-3). و- خرده‌سنگ (R. F.)، ستون فقرات اکتینودرم (E.S.)، اسکلت باقی‌مانده ماهیان (F. N.)، دانه‌های کوارتز (Q.) و فلدسپار (F.) در رسوبات بخش خاوری بخش شمالی خلیج فارس در ژرفای ۸۴ متری (نمونه T-1-3). جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

رسی در پهنه دریایی مورد بررسی می‌باشد. هم‌چنین، یافته‌های مورفوسکوپی نیز این مطلب را تایید می‌کند (شکل‌های ۷، ۹، ح و ۱۰). با توجه به نتایج کانی‌شناسی می‌توان پهنه شمالی خلیج فارس را یک حوضه رسوبی به نسبت سرشار از کانی کلسیت (اجزای کربناته) و کمبود کانی کوارتز دانست. البته لازم به یادآوری است که نتایج کانی‌شناسی رسوبات رودخانه‌ای نیز نشان‌دهنده فراوان بودن کانی‌های کلسیت و کوارتز نسبت به دیگر اجزای رسوبی می‌باشد (شکل‌های ۱۳ الف و ب).

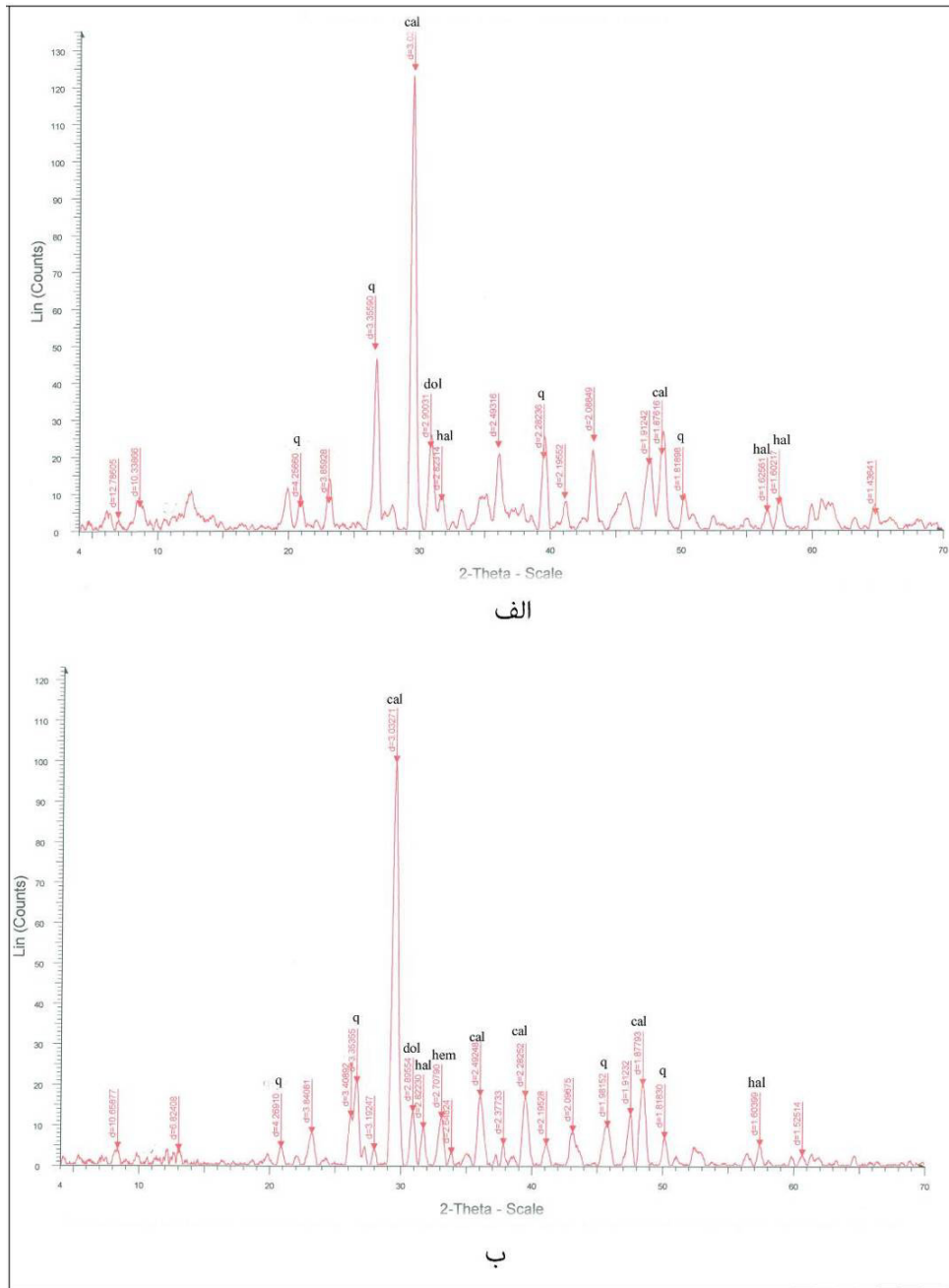
۳- کانی‌شناسی نهشته‌های دریایی و رودخانه‌ای بر

پایه واکاوی پراش پرتو ایکس

به طور کلی نتایج پراش پرتو ایکس نشان‌دهنده وجود کانی‌های رسی (کلریت، کائولینیت، اسمکتیت، پالی‌گورسکیت، ایلیت)، کانی‌های کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت، آراگونیت (فقط در مناطق دریایی)، هماتیت، میکا، هالیت و ژپس در مناطق مورد بررسی می‌باشد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳). این نتایج نشان‌گر فراوان‌تر بودن اجزای کربناته (کلسیت) نسبت به اجزای آواری (کوارتز، فلدسپار و میکا) به استثنای کانی‌های



شکل ۱۱. دیگرام سنجش پراش پرتو ایکس در بخش میانی ناحیه شمالی خلیج فارس (نمونه T-7-3). الف) کانی‌های کوارتز (*q*)، کلسیت (*cal*)، دولومیت (*dol*)، فلدسپار (*f*)، هماتیت (*hem*) و هالیت (*hal*). ب) کانی‌های کلریت (*ch*)، ایلیت (*ill*) و کائولینیت (*ka*) در $d=7/18$ و مشخص شده است. با حذف پیک $7/18$ در نمودار *kt*، امکان وجود کانی کلریت در این پیک حذف شده است. جایگاه نمونه در شکل ۱ آورده شده است. لازم به یادآوری است که در دیگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (*mge*)، (*mg*)، (*kt*) و (*k*) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا 550°C درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد.



شکل ۱۲. دیاگرام سنجش پراش پرتوایکس در ژرفاهای ۱۷ متری بخش میانی خورموسی (ch-35) و ۸ متری بخش خاوری خورموسی (ch-52) (منتهی‌الیه شمال باختری خلیج فارس). الف) کانی‌های، کلسیت (cal)، دولومیت (dol)، هالیت (hal) و کوارتز (q). ب) کانی‌های کلسیت (cal)، کوارتز (q)، دولومیت (dol)، هالیت (hal) و هماتیت (hem). جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ آورده شده است.

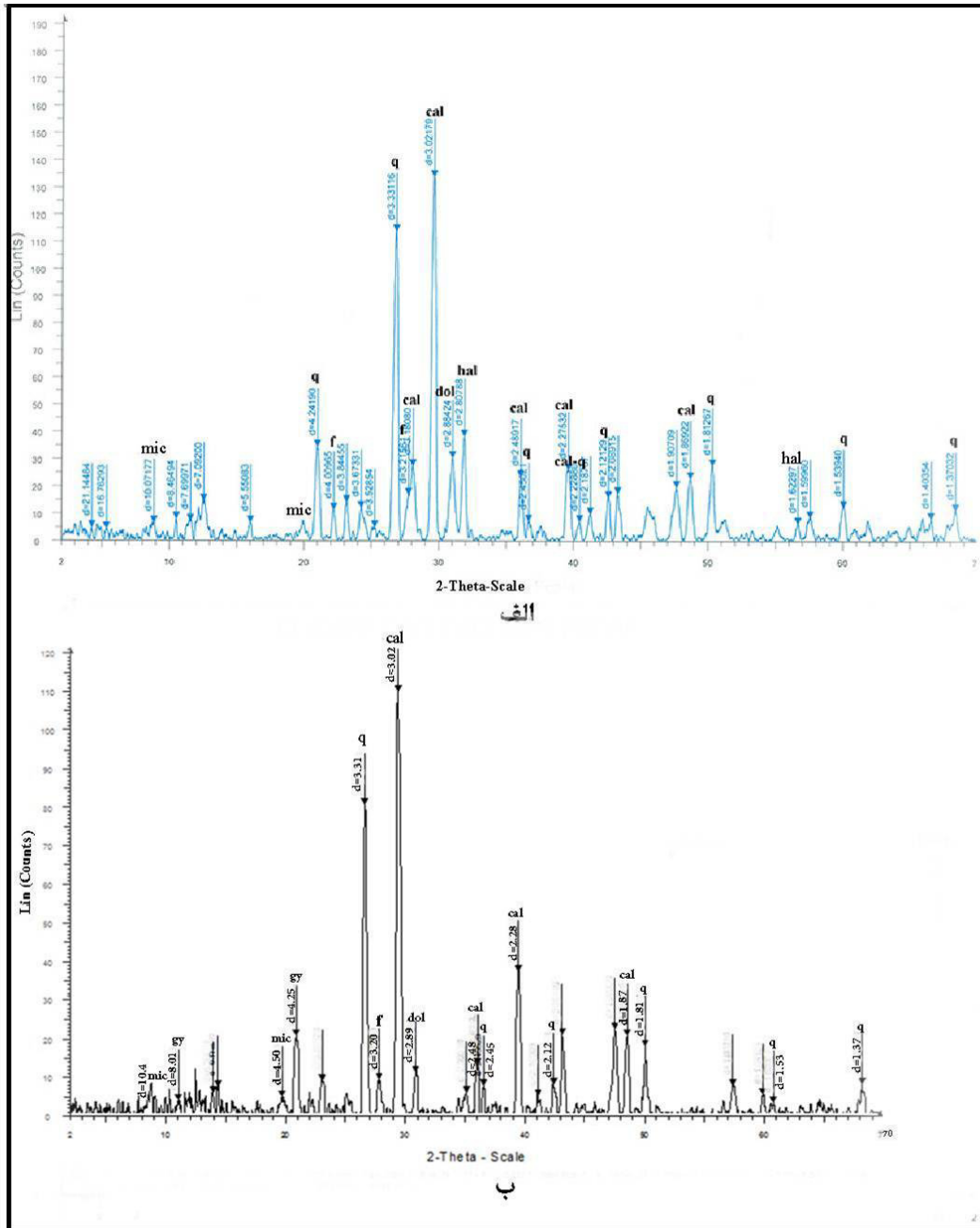
گفتگو

(پروتی و همکاران، ۲۰۱۶). این حوضه دارای مقدار فراوانی رسوب (بیش از ۱۵ کیلومتر ژرفا نزدیک ناحیه پیش‌گودال^۲ زاگرس) نهشته شده از پروتروزوئیک پسین تا هولوسن در حاشیه شمال خاوری صفحه عربی است (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ بربری و همکاران، ۲۰۱۱).

خلیج فارس در امتداد شمال خاوری حاشیه برخوردی صفحه عربی واقع شده است و بیان‌گر سیستم حوضه‌ای پیش‌بوم^۱ کمربند چین‌خوردگی-راندگی زاگرس است

² Foredeep

¹ Foreland



شکل ۱۳. الف) دیاگرام سنجش پراش پرتو ایکس از بخش پایین‌دستی رودخانه میناب (نمونه M-1). کانی‌های کوارتز (q)، دولومیت (dol)، کلسیت (cal)، هالیت (hal)، میکا (mic) و فلدسپار (f). ب) دیاگرام سنجش پراش پرتو ایکس از رسوب رودخانه کارون (نمونه ka-2). کانی‌های کوارتز (q)، دولومیت (dol)، کلسیت (cal)، ژیپس (gy)، میکا (mic) و فلدسپار (f). جایگاه نمونه‌ها در شکل ۱ یادآوری شده است.

پایانی باختر خلیج فارس (اروند، بهم‌نشیر و زهره) بر پایه طول رودخانه و مساحت حوضه آبریزشان (با احتساب سر شاخه‌های منشاشان) نقش مهم‌تری را از سایر رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس در تامین و انتقال رسوبات آواری دارند. رسوبات حوضه پیش‌بوم میانرودان تقریباً از فرسایش کوه‌های زاگرس-آناتولی در طی

حوضه پیش‌بوم میانرودان، وادی الباتین^۱ (در کشور عراق) و رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس (رودخانه‌های اروند، بهم‌نشیر، زهره، میناب، کل مند و حله) از جمله منشاهای مهم غیر ایرانی برای تامین رسوبات آواری آن بشمار می‌آید. رودخانه‌های بخش

¹ Mesopotamian foreland basin and Wadi al-Batin

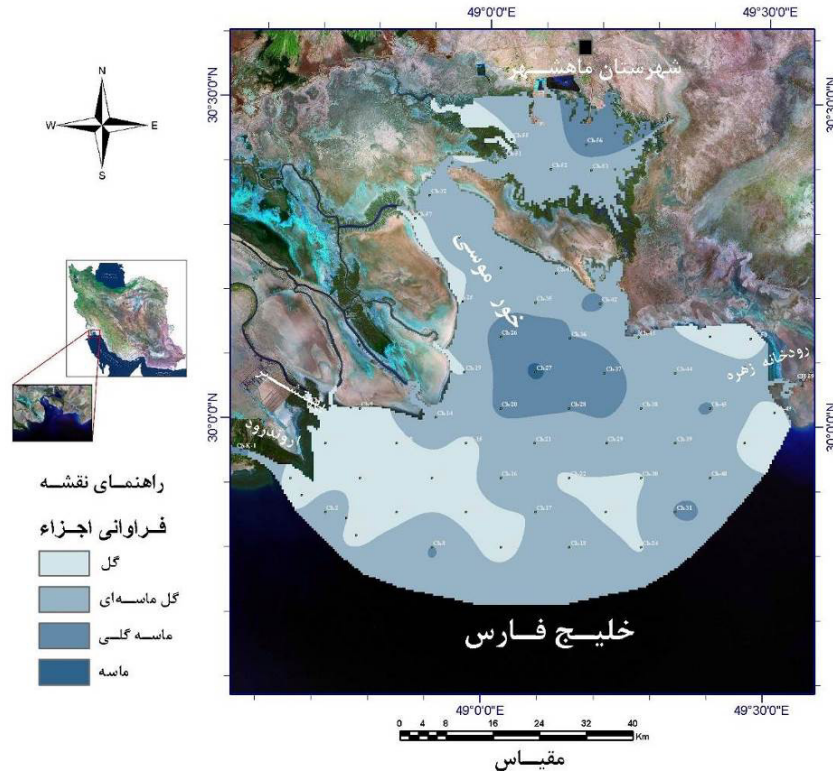
انجام گرفته، این بسترهای ماسه‌ای عمدتاً از پوسته موجودات کفزی ساخته شده‌اند (شکل ۱۵). به نظر می‌رسد که به دلیل ژرفای کم این مناطق (حدود ۵/۰ تا ۲ متر) نسبت به نواحی مجاورشان (در برخی نقاط ژرفا به ۵۰ متر می‌رسد) و تاثیر امواج سطحی ناشی از وزش باد و جریان‌های کشندی سبب شسته شدن دانه‌های ریزدانه و انباشت دانه‌های دانه‌درشت‌تر در این مناطق می‌شود. افزون بر اندازه دانه‌ها، ترکیب دانه‌های منتقل شده توسط رودخانه‌ها نیز به ناحیه باختری مورد بررسی تا حدی با یکدیگر متفاوت هستند. برای نمونه، رودخانه اروند (از اتصال رودخانه‌های دجله و فرات ساخته شده و پس از عبور از کوه‌های آناطولی- زاگرس و کشورهای ترکیه، سوریه و عراق به ایران و منتهی‌الیه باختری خلیج فارس وارد می‌شود) در مسیر خود تا پیش از مناطق مرکزی عراق حدود ۹۰ درصد بار رسوبی خود را ته‌نشین می‌کند و حدود ۱۰ درصد از رسوبات آن وارد خلیج فارس می‌شود (بکری وال- سید، ۱۹۹۱؛ گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶). این رسوبات دانه‌ریز گلی به صورت بار معلق در دهانه رودخانه و مناطق مجاور آن پراکنده می‌شوند (شکل ۱۴). از آنجایی که رسوبات نشانگر لیتولوژی نواحی خاستگاه هستند، انتظار می‌رود رسوبات حمل‌شده توسط اروندرود به خلیج فارس همانند رودخانه‌های دجله و فرات (منشا مهم اروندرود) سرشار از خرده‌سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی، کانی‌های کلسیت، دولومیت، اپیدوت، کلینوپیروکسن، کوارتز و آمفیبول (منشا گرفته از کوه‌های زاگرس- آناطولی) و کانی‌های رسی باشد (گارزانتی و همکاران، ۲۰۱۶). اما نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده وجود کانی‌های کلسیت، دولومیت، کوارتز، فلدسپار و کانی‌های رسی (اسمکتیت، ایلیت، کلریت، کائولینیت و پالی‌گورسکیت) در رسوبات رودخانه اروند می‌باشد (شکل ۱۶).

علت این تفاوت در محتوای کانی‌شناسی احتمالاً ۱- به کاهش بار رسوبی و به تبع آن کاهش کانی‌های حمل‌شده رودخانه‌های دجله و فرات در بخش‌های مرکزی عراق و ۲- اضافه شدن شاخه‌ای از رودخانه کارون به اروندرود می‌باشد. از سوی دیگر، رودخانه زهره که از کوه‌های زاگرس (زهکش‌کننده سازندهایی مانند میشان، آغاچاری و بختیاری) سرچشمه می‌گیرد، پس از طی مسافت کوتاه‌تری نسبت به اروندرود وارد خلیج فارس می‌شود. با

برخورد صفحه‌های اوراسیا و عربی منشأ می‌گیرند (علوی، ۲۰۰۴؛ اکای، ۲۰۰۸) با توجه به نقش جریان‌های دریایی، کشندی (خصوصاً در بخش باختری آن به دلیل کم ژرفای شدن آب)، رودخانه‌ای و باد و توفان (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷؛ احمدی‌بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۸) در انتقال اجزای رسوبی و کانی‌ها، الگو و نظم خاصی در پراکنش کانی‌ها در پهنه شمالی خلیج فارس (ناحیه مورد بررسی در این پژوهش) دیده نشده است (کانی‌های گوناگون تقریباً در بخش‌های مختلف کم‌ژرفا و ژرف ناحیه مورد بررسی پراکنده شده‌اند). همچنین، بنابر بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش، پراکندگی اندازه دانه‌ها نیز بسیار گسترده است (دانه‌های در اندازه گراول- رس؛ شکل‌های ۳ تا ۵). از عواملی که سبب دامنه وسیع اندازه دانه‌ها شده است، می‌توان به اجزای حمل‌شده رودخانه‌ای (مانند رودخانه‌های اروند و زهره)، ساخته دانه‌ها درون حوضه‌ای به روش زیستی، رسوبات معلق موجود در حوضه و رسوبات بادی اشاره کرد. اگر چه پراکنش انواع رسوبات به علت بالا بودن نرخ کشند (۱ تا ۶ متر) (هاپنر، ۱۹۹۹؛ هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷) در مناطق مورد بررسی و تغییرات ژرفای آب (کاهش ژرفای آب از خاور خلیج فارس تا باختر آن) به شدت دست‌خوش تغییرات بعدی می‌شود، ولی یافته‌ها نشان‌دهنده آن است که رسوبات گلی (رسوبات در اندازه سیلت و رس) در ناحیه مورد بررسی دارای فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر دانه‌ها رسوبی هستند (شکل‌های ۳، ۴ ب و ۵). برای توضیح دقیق‌تر این موضوع و بررسی نقش رودخانه‌ها در تامین و انتقال رسوبات به حوضه خلیج فارس، نحوه پراکنش رسوبات در اندازه‌های گوناگون در خورموسی و نواحی دریایی مجاورش (منتهی‌الیه باختری ناحیه مورد بررسی) ارائه شده است (شکل ۱۴). نتایج نشان‌دهنده آن است که رسوبات گلی (رسوبات در اندازه سیلت و رس؛ عمدتاً در دهانه رودخانه‌های اروند و بهمنشیر) و گل ماسه‌ای (در سایر نقاط محدوده مورد بررسی) حضور دارند. دانه‌های در اندازه ماسه در این بخش مانند سایر بخش‌های پهنه شمالی خلیج فارس فراوانی کم‌تر و در نتیجه پراکندگی به نسبت محدودتری نسبت به دانه‌ها در اندازه سیلت و رس دارند. دانه‌های در اندازه ماسه در برخی از مناطق میانی و شمالی که شامل مناطق با ژرفای کم آب هستند، یافت می‌شوند (شکل ۱۴). با توجه به مشاهدات مورفوسکوپی

سیلت ماسه‌ای در پهنه دریایی مجاور این رودخانه گزارش شده است. با توجه به مقایسه مشاهدات مورفوسکوپی صورت گرفته در رسوبات این رودخانه و رسوبات پهنه دریایی مجاور آن (شکل ۱۷)، نقش این رودخانه در انتقال دانه‌ها به این بخش از خلیج فارس انکارناپذیر است.

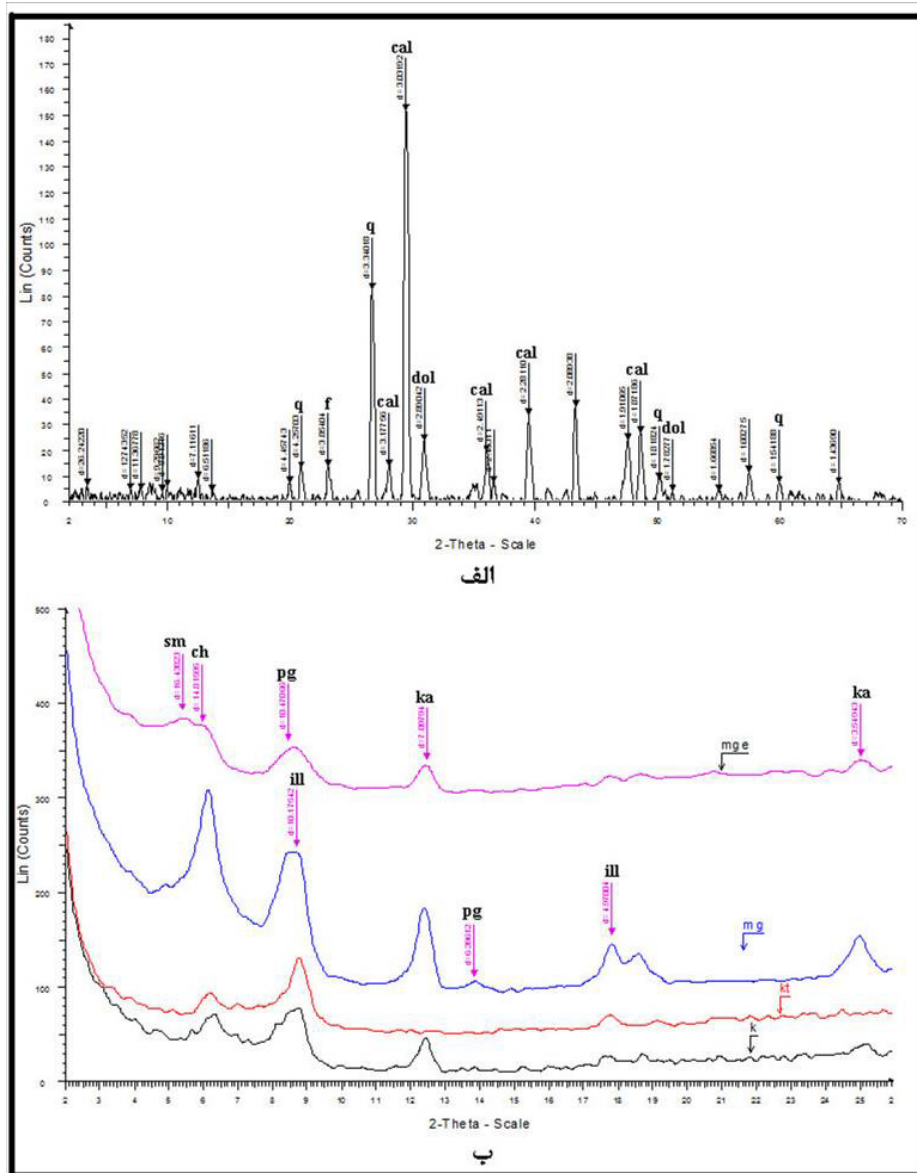
توجه به مسافت کم‌تر طی شده توسط این رودخانه تا خلیج فارس نسبت به اروندرود، دانه‌های دانه‌درشت‌تری (گل ماسه‌ای) در دهانه رودخانه و مناطق دریایی مجاور این رودخانه نسبت به مناطق دریایی مجاور اروندرود (رسوبات گلی) نهشته می‌شوند (شکل ۱۴). در پژوهش غریب‌رضا و همکاران (۲۰۱۴) نیز رسوبات سیلتی، گلی و



شکل ۱۴. الگوی پراکندگی رسوبات سازنده بستر در خورموسی و نواحی دریایی مجاور آن (منتهی‌الیه باختری خلیج فارس). رسوبات گل، گل‌ماسه‌ای، ماسه‌گلی و ماسه دیده شده است. به دلیل نقش اروندرود در انتقال دانه‌های دانه‌ریز (بار معلق) به خلیج فارس، رسوبات گلی در مجاورت این رودخانه در خلیج فارس فراوان می‌باشند.



شکل ۱۵. دانه‌های اسکلتی (زیستی) در رسوبات ماسه‌ای (نمونه *ch-27*) در بخش باختری خلیج فارس (ژرفای آب حدود ۱ متر). پوسته موجودات کفزی (فرامینیفر، دوکفه‌ای (*Bivalve*) و گاستروپودا) در این رسوبات دیده شده است.



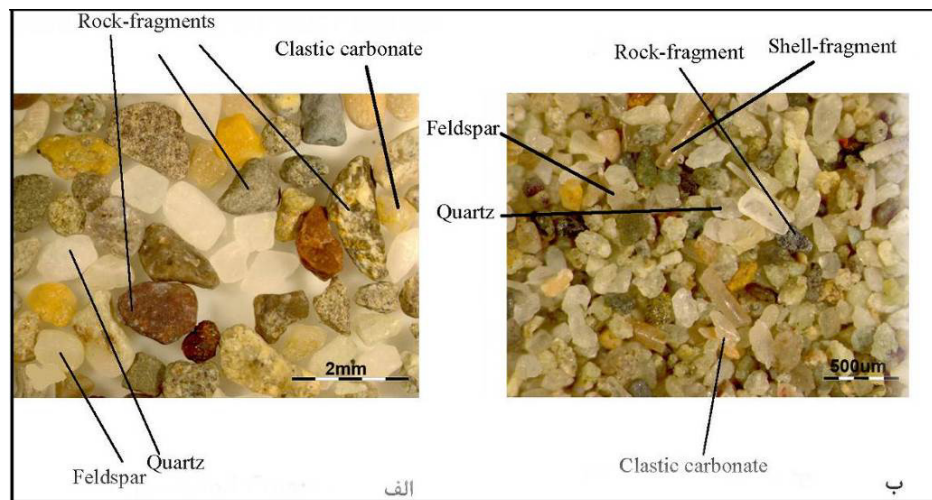
شکل ۱۶. دیاگرام سنجش پراش پرتو ایکس از رسوبات رودخانه اروند (نمونه Arvand). الف) کانی‌های کوارتز (*q*)، دولومیت (*dol*)، کلسیت (*cal*) و فلدسپار (*f*). ب) کانی‌های کلریت (*ch*)، ایلیت (*ill*)، اسمکتیت (*sm*)، کانولینیت (*ka*) و پالی‌گورسکیت (*pg*) (در $d=10/4$ تا $d=10/5$ در نمودار $d=6/3$ تا $d=6/4$ در نمودار *mg* مشخص شده است). لازم به یادآوری است که در دیاگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (*mge*)، (*mg*)، (*kt*) و (*k*) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن‌گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد. جایگاه نمونه در شکل ۱ آورده شده است.

رشته‌کوه زاگرس در مناطق بالادستی خلیج فارس) قطع شده توسط این رودخانه‌ها (مانند رودخانه کل که از واحدهای نمکی میوسن عبور می‌کند) می‌باشد. البته با توجه به قابلیت انحلال نسبتاً زیاد کانی‌ها، وجود این کانی در رسوبات رودخانه‌ای یادآوری شده نیاز به بررسی بیشتری دارد. با توجه به توضیحات یاد شده و وجود کانی‌های تبخیری (ژپس و هالیت) (مانند نمونه‌های *T-*

لازم به یادآوری است که شماری از کانی‌ها فقط در برخی از رسوبات رودخانه‌ای یافت شده است (جدول ۱). کانی ژپس در رسوبات رودخانه کارون و کانی هالیت در رسوبات رودخانه‌های کارون، کل و میناب (آب رودخانه‌ها بر پایه مشاهدات میدانی دارای طعم لب‌شور هستند) دیده شده‌اند. منشا این کانی‌ها احتمالاً از پهنه‌های سبخایی و واحدهای نمکی (گنبد‌های نمکی پراکنده در

در نتیجه آن ظرفیت محدود انتقال رودخانه‌ای، علی‌رغم سیستم‌های عمده رودخانه‌ای طولی و رودخانه‌های عرضی زه‌کش‌کننده کوه‌های زاگرس در جنوب ایران، در حال حاضر خلیج فارس عمدتاً توسط اجزای کربناته پر شده است. فراوان‌تر بودن دانه‌های کربناته نسبت به دانه‌های آواری در بخش شمالی حوضه رسوبی خلیج فارس توسط یافته‌های این پژوهش به اثبات رسیده است (شکل‌های ۶، ۷ و ۱۰). هم‌چنین در این پژوهش، با توجه به داده‌های بدست‌آمده، شناخت سهم کمی رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس در تامین رسوبات آواری این ناحیه میسر نمی‌باشد.

5-1 (جایگاه نمونه در شکل ۱ آورده شده است؛ ژرفای ۱۷ متری آب)، T-6-1، T-7-2 و T-7-4 (ژرفای ۸۰ متری آب) و فلزی (هماتیت) (مانند نمونه‌های T-10-3 (ژرفای ۷۰ متری آب)، T-15-4 (ژرفای ۴۹ متری آب)، T-6-2 و T-5-1) در بخش‌های گوناگون پهنه شمالی خلیج فارس (مناطق کم‌ژرفا و ژرف) بایستی منشاهای دیگری افزون بر رودخانه‌ها را برای این کانی‌ها در نظر گرفت. باد و توفان (کانی ژپیس؛ الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) و گنبد‌های نمکی موجود در پلت‌فرم خلیج فارس (کانی‌های تبخیری و فلزی؛ کاروبا و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷؛ بروتانس و همکاران، ۲۰۰۹؛ بربری و همکاران، ۲۰۱۱؛ پروتی و همکاران، ۲۰۱۶) از منشاهای دیگر این کانی‌ها هستند. لازم به یادآوری است که به سبب اقلیم خشک و



شکل ۱۷. الف) دانه‌های رسوبی دیده شده در رسوبات رودخانه زهره در رده بزرگ‌تر از ۲۰۰ میکرون (نمونه Arvand). ب) دانه‌های دیده شده در نمونه گل ماسه‌ای (در رده بزرگ‌تر از ۱۲۵ میکرون) در نواحی دریایی کناری رودخانه زهره (نمونه Ch-44). به همانندی اجزای رسوبی (خرده‌سنگ‌ها، کربنات آواری، کوارتز، فلدسپار) رسوبات دریایی و رودخانه‌ای (به استثنای وجود قطعات پوسته در رسوبات دریایی) توجه شود. جایگاه این نمونه‌ها در شکل ۱ و ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱. کانی‌های شناسایی شده (به استثنای کانی‌های رسی؛ بر پایه یافته‌های واکاوی پراش پرتو ایکس) رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس. نتایج ارائه شده از رودخانه‌های دجله و فرات از گارزانتی و همکاران (۲۰۱۶) ارائه شده است. * کانی‌ها فقط در رسوبات رودخانه‌های کل، میناب و کارون دیده شده است. وجود کانی‌ها در رودخانه کل، احتمالاً به دلیل عبور این رودخانه از واحدهای نمکی میوسن می‌باشد.

رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس	کرخه	کارون	اروند رود	میناب، کل، مند و حله	زهره و جراحی	دجله	فرات
کانی‌ها	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت، میکا، هالیت، ژپیس	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت، میکا و هالیت*	کوارتز، فلدسپار، کلسیت، دولومیت	کوارتز، آمفیبول، اپیدوت، کلینوپیروکسن، گارنت، فلدسپار، آمفیبول	کوارتز، اپیدوت، کلینوپیروکسن، گارنت، فلدسپار، آمفیبول

رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس و رسوبات بخش‌های کم‌ژرفا و ژرف بخش شمالی خلیج فارس نشان می‌دهد که تفاوت چشم‌گیر در محتوی کانی‌های رسی آن‌ها به چشم نمی‌خورد. به نظر می‌رسد با توجه به وجود این کانی‌ها در رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس و جوان بودن (وابسته به عهد حاضر) رسوبات سطحی بررسی شده در بستر خلیج فارس نمی‌توان درباره منشأ دیاژنتیکی آن‌ها در داخل حوضه رسوبی خلیج فارس صحبتی به میان آورد. اگرچه می‌توان احتمال تاثیر فرایندهای دیاژنتزی بر ساخته آن‌ها را در خشکی‌های کنارشان و سپس انتقال آن‌ها از طریق رودخانه‌ها به حوضه رسوبی خلیج فارس را در نظر گرفت. با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته، منشاهای اصلی کانی‌های رسی در نواحی مورد بررسی ترکیبی از منشاهای آواری (انتقال بادی) (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) و رودخانه‌ای (و نوظهوری می‌باشد. هوازگی و دگرسانی اجزای رسوبی مانند خرده‌سنگ (شکل ۱۷ الف)، فلدسپار (شکل‌های ۱۳، ۱۶ الف و ۱۷ الف) و میکا (شکل ۱۳) در رسوبات رودخانه‌ای می‌تواند در ایجاد برخی از کانی‌های رسی (مانند کائولینیت، اسمکتیت، ایلیت و کلریت) در ناحیه مورد بررسی، نقش ایفا نماید. وجود کانی‌های رسی در بخش‌های ژرف بخش شمالی خلیج فارس (مناطق دور از ساحل) (شکل ۱۸) می‌تواند نشان‌گر توامان تاثیر جریان‌های دریایی در انتقال این کانی‌ها با منشأ رودخانه‌ای (شکل ۱۶ ب) و جریان‌های بادی (الدوساری و همکاران، ۲۰۱۷) در حمل این دانه‌ها ریزدانه باشد. لازم به یادآوری است که pH بالاتر از ۷ محیط آبی خلیج فارس (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۲) و وجود دانه‌های کربناته فراوان در محیط مورد بررسی (شکل‌های ۶، ۵، ۹ ح، ۱۰، ۱۱ الف و ۱۲)، نشان‌دهنده این واقعیت است که برخی از کانی‌های رسی مانند کائولینیت در خلیج فارس قابلیت ساخته به صورت اولیه و درجا را دارا نیست و دارای منشأ آواری هستند. از آنجایی که کانی کائولینیت اصولاً در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب (آب‌شویی شدید) در اثر هوازگی شیمیایی کانی‌های آلومینوسیلیکاته به‌ویژه فلدسپارها و میکاها ساخته می‌شود (مونیر، ۲۰۰۵)، وجود آن در خلیج فارس با اقلیم خشک (گاززانی و همکاران، ۲۰۱۶) تا حدی چالش‌برانگیز است. پس یکی دیگر از منشاهای احتمالی فراوانی کائولینیت در منطقه مورد بررسی افزون

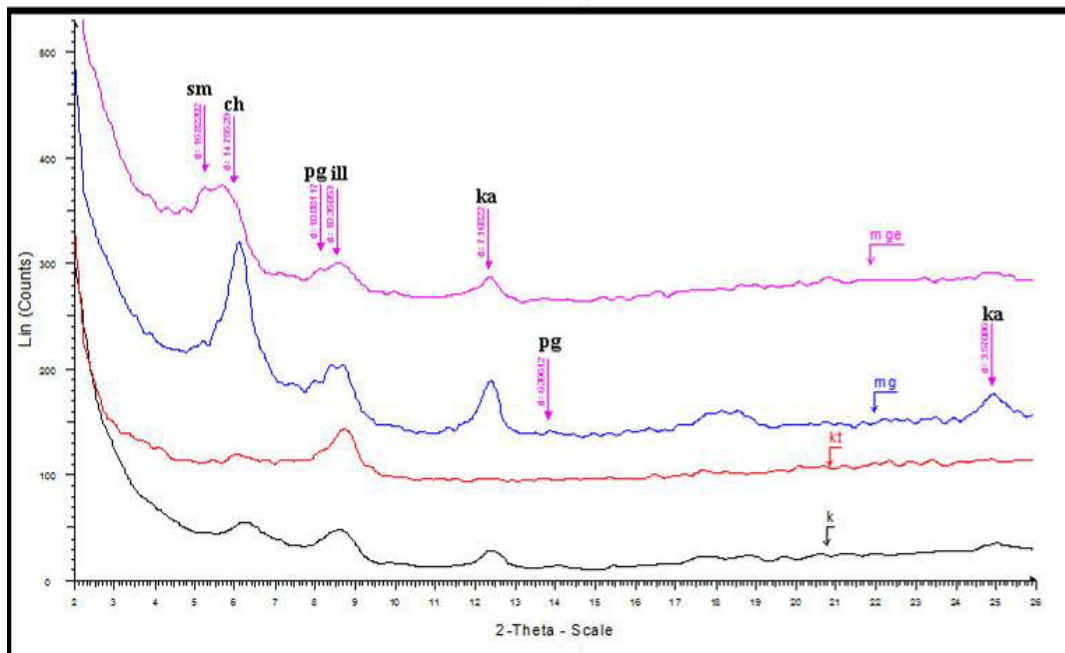
لازم به یادآوری است که افزون بر منشأ عمدتاً رودخانه‌ای اجزای آواری در ناحیه دریایی مورد بررسی، بایستی به نوسانات نسبی تراز آب خلیج فارس در طی کواترنری جهت تامین بخشی از اجزای آواری امروزی موجود در رسوبات بستر بخش شمالی خلیج فارس نیز توجه شود. سطح آب نسبی در خلیج فارس در طی کواترنری بیش‌تر زیر تاثیر شرایط یوستاتیک (سطح جهانی آب) و شرایط تکتونیکي نسبتاً ثابت کنترل می‌شود (وود و همکاران، ۲۰۱۲). بستر خلیج فارس در طی آخرین فاز یخچالی با پایین‌افتادگی سطح آب بین ۱۱۰ تا ۱۲۵ متر رخنمون یافته است (استیونس و همکاران، ۲۰۱۴). در زمان اوج آخرین یخبندان در ۳۰۰۰۰ سال پیش تراز آب دریا به طور شاخصی پائین افتاده است و در ۱۷۰۰۰ سال پیش به پائین‌ترین حد خود رسیده است (لمبک، ۱۹۹۶). در این زمان با پیشروی رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس مانند حله و اروند به بخش‌های میانی‌تر خلیج فارس نسبت به امروز و ساخته دلتاهای این رودخانه‌ها در خلیج فارس، امکان انتقال اجزای آواری به ناحیه مورد بررسی نیز وجود داشته است. افزایش فراگیر دما و در نتیجه بالا رفتن تراز آب دریا در حدود ۱۴۰۰۰ سال پیش آغاز گردیده است (تالر و همکاران، ۲۰۰۰). در آن زمان تنگه هرمز به صورت یک آبراهه باریک بوده است. در ۱۲۰۰۰ سال پیش پیشروی دریا به درون نواحی میانی خلیج فارس آغاز شده است. سطح آب در ۶۰۰۰ سال پیش به نزدیک سطح امروزی خود رسیده است (وود و همکاران، ۲۰۱۲).

با توجه به نتایج بدست‌آمده، نظم و الگوی خاصی در پراکنش کانی‌های رسی (مانند سایر کانی‌ها) در بخش شمالی خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن وجود ندارد. نبود الگو در پراکنش آن‌ها (کائولینیت، کلریت، ایلیت، اسمکتیت و پالی‌گورسکیت) (شکل‌های ۱۱ ب و ۱۶ ب) می‌تواند به علت وجود عوامل گوناگون تامین و انتقال (جریان‌های رودخانه‌ای، انتقال بادی، جریان‌های کشنده و دریایی) این دانه‌ها باشد. سه منشأ اصلی موروثی (آواری)، نوساخت^۱ و تبدیلی^۲ می‌توان برای پیدایش کانی‌های رسی در نظر گرفت (تاگر، ۱۹۹۴؛ مونیر، ۲۰۰۵). بررسی و مقایسه کانی‌شناسی رسوبات

^۱ Neof ormation^۲ Transformation

ایجاد پالی‌گورسکیت‌های نوظهور در نواحی سبخایی و سوپراتایدال بخش شمالی خلیج فارس و انتقال آن‌ها توسط باد یا رودخانه‌های ورودی به حوضه رسوبی خلیج فارس می‌گردد. البته برخی از پژوهش‌گران افزون بر منشا نوظهور و اوتیژنیک (اکراوی، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴)، منشا آواری (الموسوی و باسی، ۱۹۹۲؛ السدباق و البدران، ۱۹۹۵) را نیز برای این کانی در خلیج فارس پیشنهاد کرده‌اند. در نهایت با توجه به موارد یادآوری شده، به نظر می‌رسد که کانی‌های رسی بررسی شده در این پژوهش به استثنای کانی پالی‌گورسکیت (عمدتا دارای منشا اوتیژنیک)، غالبا دارای منشا آواری و از طریق جریان‌های بادی و رودخانه‌ای وارد خلیج فارس می‌شوند و سپس توسط جریان‌های دریایی و کسندی در بخش‌های مختلف ناحیه دریایی مورد بررسی پراکنده می‌شوند. لازم به یادآوری است که جریان ورودی از دریای عمان (امجدی و همکاران، ۱۳۹۰) نیز می‌تواند در تامین بخشی از کانی‌های رسی بخش شمالی خلیج فارس موثر باشد. انجام بررسی‌های دقیق‌تر به منظور تعیین سهم آواری یا اوتیژنیک کانی‌های رسی می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

بر منشا آواری، آب‌شویی فراوان رسوبات در مناطقی که زیر تاثیر بالآمدگی و چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری قرار گرفته‌اند، می‌باشد. با توجه به این‌که در ترکیب رسوبات خلیج فارس و رودخانه‌های ورودی به آن کانی‌های فلدسپار و میکا وجود دارند (شکل‌های ۱۱ الف، ۱۳ و ۱۷)، کائولینیت موجود در رسوبات می‌تواند نیز حاصل آب‌شویی متوالی رسوبات ناشی از چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری در پهنه‌های کسندی و رودخانه‌های ورودی به ناحیه مورد بررسی باشد. لازم به یادآوری است که فرایندهای زمین‌ساختی نیز به صورت غیرمستقیم بر ساخته کائولینیت (کانی‌های رسی) تاثیر دارند و بالآمدگی خلیج فارس و زاگرس (آگارد و همکاران، ۲۰۱۱؛ موترا و همکاران، ۲۰۱۲) باعث فرسایش بیشتر و در نتیجه افزایش سطوح سنگی در معرض فرسایش و ایجاد کائولینیت می‌شود. هم‌چنین، وجود توامان کانی پالی‌گورسکیت در نمونه‌های رودخانه‌ای (شکل ۱۶) و دریایی کم‌ژرفا و ژرف (شکل ۱۸) بررسی شده، سبب ابهام و پیچیدگی در تعیین منشا دقیق این کانی شده است. تبخیر زیاد، شوری بسیار زیاد (محیط‌های پیرسالین) و مقادیر قابل توجه کربنات‌ها از پارامترهای کنترل‌کننده



شکل ۱۸. دیاگرام سنجش پراش پرتو ایکس از رسوبات در بخش خاوری ناحیه شمالی خلیج فارس (نمونه T-3-3 در ژرفای ۸۲ متری آب). کانی‌های کلریت (*ch*)، ایلیت (*ill*)، پالی‌گورسکیت (*pg*)، اسمکتیت (*sm*) و کائولینیت (*ka*) لازم به یادآوری است که در دیاگرام سنجش کانی‌های رسی به ترتیب (*mge*)، (*mg*)، (*kt*) و (*k*) نشان‌دهنده تیمار با مخلوط اتیلن گلیکول و کلرید منیزیم، با کلرید منیزیم، با مخلوط کلرید پتاسیم و تابش حرارت تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و با کلرید پتاسیم می‌باشد. جایگاه نمونه در شکل ۱ آورده شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناختی (اندازه دانه‌ها، نوع رسوب، اجزای سازنده) و شناسایی کانی‌های سازنده رسوبات (با بهره‌گیری از واکاوی پراش پرتوایکس) در بخش شمالی خلیج فارس پرداخته شده است. لازم به یادآوری است که بهره‌گیری هم‌زمان از اطلاعات یاد شده برای دستیابی به اهداف این پژوهش در ناحیه وسیع مورد بررسی امری نوآورانه بشمار می‌رود.

اجزای رسوبی در مناطق مورد بررسی (بر پایه مورفوسکوپی و واکاوی پراش پرتوایکس) به دو دسته آواری (مانند کوارتز، دانه‌های کربناته آواری، فلدسپار، خرده‌سنگ، میکا، همتیت و کانی‌های رسی به استثنای پالی‌گورسکیت) و آلی-زیستی (دانه‌های پوسته دوکفه‌ای، گاستروپود، فرامینیفرهای بنتیک و پلانکتونیک، استراکود، بریوزوا، اکینودرم، اسکلت ماهیان و دانه‌های غیراسکلتی الیید) تقسیم شده است. بر پایه یافته‌های این پژوهش، بخش شمالی خلیج فارس یک حوضه رسوبی سرشار از دانه‌های کربناته و کم کوارتز است. رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس عامل مهمی در انتقال و تامین اجزای آواری (دانه‌ها در اندازه گراول تا رس) به این ناحیه هستند. با توجه به بار رسوبی ترابری شده توسط رودخانه‌ها، انواع رسوبات نهشته‌شده در مصب رودخانه‌ها و نواحی دریایی مجاور آن‌ها با یکدیگر متفاوت هستند (مانند رسوبات گلی در مجاورت رودخانه اروند در مقابل رسوبات گل‌ماسه‌ای در مجاورت رودخانه زهره). دانه‌های آواری و آلی-زیستی توسط جریان‌های دریایی و کشندی در تمام خلیج فارس پراکنده می‌شوند. به علت وجود عوامل گوناگون تامین و انتقال (جریان‌های رودخانه‌ای، جریان‌های کشندی و دریایی) الگوی خاصی در پراکنش کانی‌ها و اجزای رسوبی در ناحیه مورد بررسی دیده نشده است. منشاهای اصلی کانی‌های رسی در نواحی مورد بررسی ترکیبی از منشاهای آواری برای کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت و کائولینیت و نوظهوری برای کانی پالی‌گورسکیت می‌باشد. افزون بر منشای آواری کانی کائولینیت، فراوان بودن این کانی در اقلیم خشک خلیج فارس می‌تواند حاصل آب‌شویی متوالی رسوبات ناشی از چرخه‌های مجدد رسوب‌گذاری در پهنه‌های کشندی و رودخانه‌های ورودی به این ناحیه باشد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های تکمیلی آینده، تمایز دقیق بین سهم منشاهای آواری و نوظهوری برای کانی‌های رسی و سهم کمی رودخانه‌های ورودی در تامین رسوبات آواری در بخش شمالی خلیج فارس انجام پذیرد. همچنین، پیشنهاد می‌شود که شاخص‌های مهم دیگر موثر در ساخته کانی‌های رسی غیر از اقلیم و مواد منشا (مانند توپوگرافی و زمان) نیز مورد بررسی قرار گیرند. لازم به یادآوری است که همیشه تغییرات در مجموعه کانی‌های رسی دریایی به طور سیستماتیک منعکس کننده تغییرات در شرایط هوازدگی در مناطق منشای قاره‌ای نمی‌باشد و ارتباط بین شاخص‌های اقلیمی و ساخته کانی‌های رسی همیشه درست نیست. می‌توان برای شناخت منشای آواری کانی‌های رسی در رسوبات جوان خلیج فارس از تعیین سن کانی‌های رسی و بررسی مقادیر ایزوتوپی رادیوژنیک (مانند پتاسیم/آرگن، ساماریوم/نئودیمیوم و سرب/نئودیمیوم) نیز بهره‌گیری نمود. همچنین، لازم است که درباره دیدن کانی‌های در رسوبات رودخانه‌ای با توجه به انحلال‌پذیری، بررسی‌های تکمیلی انجام پذیرد. همچنین برای بررسی تاثیر نوسانات تراز آب خلیج فارس در طی کواترنری (پیشروی یا پسروی دلتاها) در تامین و انتقال دانه‌های آواری بررسی‌های ژئوفیزیکی دریایی کم‌ژرفا با دقت بالا به همراه مغزه‌گیری رسوبی و انجام سن‌سنجی با روش‌های مناسب انجام شود.

منابع

- امجدی، ص.، موسوی‌حرمی، ر.، محمودی‌قرائی، م. ح.، محبوبی، ا.، کتک لاهیجانی، ح. ع (۱۳۹۰) کانی‌شناسی رس‌های موجود در رسوبات فلات قاره دریای عمان - ناحیه چابهار و ارتباط آن با برخاستگاه رسوبات. اقیانوس‌شناسی، شماره ۸، ص. ۱-۱۰.
- بهبهانی، ر.، لک، ر.، حسین‌یار، غ.، دهقان، ا (۱۳۹۲) تاثیر اکسیژن محلول، محتوی زیستی، زیست‌آشفته‌گی و اندازه ذرات بر قابلیت حفظ مواد آلی در رسوبات سطحی بخش شمالی خلیج فارس. اقیانوس‌شناسی، شماره ۱۴، ص. ۴۵-۵۶.
- بهبهانی، ر.، حسین‌یار، غ.، لک، ر.، قرائی، ا.، انسانی، م. و چاپچی‌زاده، س (۱۳۹۰) مطالعه اشکال و رسوبات بستر تنگه خوران (لافت-پهل)، شرق خلیج فارس. مجله

- Al-Dousari, A., Doronzo, D., Ahmed, M (2017) Types, indications and impact evaluation of sand and dust storms trajectories in the Arabian Gulf. *Sustainability*, 9: 1526, 1-14.
- Al-Mussawy, S. N., Basi, M. A (1992) Clay minerals of suspended-matter and surficial sediments of Khor Al-Zubair estuary, NW Arabian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35: 1-11.
- Aqrawi, A. A. M (1993) Palygorskite in the recent fluvio-lacustrine and deltaic sediment of southern Mesopotamia. *Jour. Clay Minerals*, 28: 153-159.
- Aqrawi, A. A. M (1994) Petrography and mineral content of sea-floor sediments of the Tigris-Euphrates Delta, North-west Arabian Gulf, Iraq. *Estuar. Coast. Shelf Sci*, 38: 569-582.
- Barth, H. J., Yar Khan, N (2008) Biogeophysical setting of the Persian Gulf. In: Abuzinada, A. H., Barth, H. J., Krupp, F., Boer, B., Al-Abdessaalam, T. Z., (eds.), *protecting the Persian Gulf's marine ecosystems from pollution*. Birkhauser, Switzerland, 285 p.
- Behbahani, R., Hosseinyar, G., Lak, R (2015) The controlling parameters on organic matter preservation within the bottom sediments of the northern part of the Persian Gulf. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh*, 276: 267-283.
- Bruthans, J., Fillipi, M., Asadi, N., Zare, M., Slechta, S., Churackova, Z (2009) Surficial deposits on salt diapirs (Zagros Mountains and Persian Gulf platform, Iran): characterization, evolution, erosion and the influence on landscape morphology. *Geomorphology*, 107: 195-209.
- Burberry, C. M., Jackson, C. A. L., Cosgrove, J. W. C (2011) Late Cretaceous to recent deformation related to inherited structures and subsequent compression within the Persian Gulf: a 2D seismic case study. *Journal of geological Society*, 168: 485-498.
- Carruba, S., Bertozzi, G., Perotti, C. R., Rinaldi, M (2007) Alcuni aspetti del diapirismo salino nel Golfo Persico. *Rend. Soc. Geol. Ital*, 4: 188-190.
- Carruba, S., Perotti, C. R., Buonaguro, R., Calabro, R., Carpi, R., Naini, M (2006) Structural pattern of the Zagros fold-and-thrust belt in the Dezful Embayment (SW Iran). *Geological Society of America Special Papers* 414, 11-32.
- Folk, R.L (1974) *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill, Austin, Texas, 159 p.
- Garzanti, E., Al-Juboury, A. I., Zoleikhaei, Y., Vermeesch, P., Jotheri, J., Bal-Akkoca, D., Kadhim-Obaid, A., Allen, M. B., Ando, S., Limonta, M., Padoan, M., Resentini, A., Rittner, M., Vezzoli, G (2016) The Euphrated-Tigris-Karun river system: provenance, recycling and dispersal of quartz-poor foeland-pژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، دانشگاه اصفهان، شماره ۴، ص. ۱۰۱-۱۲۰.
- چنانی، ن.، لک، ر (۱۳۸۸) گزارش بررسی زمین‌شناسی دریایی خلیج فارس، فاز I: رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی نواحی شمال باختری خلیج فارس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۲۴ ص.
- دهقان‌چناری، ا (۱۳۹۳) گزارش مورفومتری و کانی‌شناسی رسوبات خاور خلیج فارس (باختر استان هرمزگان)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۳۰ ص.
- دهقان‌چناری، ا (۱۳۹۱) گزارش مورفومتری و کانی‌شناسی رسوبات خاور خلیج فارس (محدوده خاوری استان بوشهر)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی، ۱۳۴ ص.
- سازمان بنادر و دریانوردی (۱۳۸۹) گزارش معرفی سلول‌های مطالعه رسوب. پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی بخش‌هایی از سواحل استان‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، مهندسیین مشاور سوگرا، ۱۴۱ ص.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۲) جغرافیای جزایر ایرانی خلیج فارس (قسم، لارک، هرمز و هنگام). ۶۲۷ ص.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B., Wortel, R (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geological Magazine*, 148: 692-725.
- Ahmady-Birgani, H., McQueen, K. G., Mirnejad, H (2018) Characteristics of mineral dust impacting the Persian Gulf. *Aeolian Research*, 30: 11-19.
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its foreland evolution. *Am. J. Sci*, 304: 1-20.
- Al-Azhar, M., Temimi, M., Zhao, J., Ghedira, H (2016) Modeling of circulation in the Arabian Gulf and the Sea of Oman: skill assessment and seasonal termohaline structure. *Journal of Geophysical Research*, 121: 1700-1720.
- Albadran, B., Hassan, W. F (2003) Clay mineral distribution of supratidal region, South of Iraq. *Journal of Marine Mesopotamica*, 18: 25-33.
- Al-Bakri, D., El-sayed, M (1991) Mineralogy and provenance of the clastic deposit of the modern intertidal environment of the northern Persian Gulf. *Marine Geology*, 97: 121-135.
- Al-Dabbagh, S. M., Albadran, B (1995) Clay minerals in the sediments of the North West part of the Arabian Gulf, Iraq. *Marina Mesopotamica*, 10: 223-230.

- Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea.* Springer-Verlag, Berlin, New York, 1-9.
- Reynolds, R. M (1993) *Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of the Oman—Results from the Mt Mitchell expedition the 1991 Gulf war: coastal and marine environmental consequences.* *Marine Pollution Bulletin*, 27: 35-59.
- Sadrinasab, M., Hosseini, S. T (2012) *Numerical modeling of surface and near bottom currents in the Bushehr Bay.* *Journal of the Persian Gulf*, 3: 71-81.
- Seibold, E., Diester, L., Futterer, D., Lange, H., Muller, P., Warner, F (1973) *Holocene sediments and sedimentary processes in the Iranian part of the Persian Gulf.* In: Purser, B. H., (eds.), *The Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea.* Springer-Verlag, Berlin, New York, 57-80.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M. D (2001) *Arabian plate sequence stratigraphy, GeoArabia Special Publication 2, Persian Gulf Petrolink, Bahrain, 371 p.*
- Stevens, T., Jestico, M. J., Evans, G., Kirkham, A (2014) *Eustatic control of late Quaternary sea-level change in the Persian Gulf.* *Quaternary Research*, 82: 175-184.
- Teller, J. T., Glennie, K. W., Lancaster, N., Singhvi, A. K (2000) *Calcareous dunes of the United Arab Emirates and Noah flood: the postglacial reflooding of the Persian Gulf.* *Quaternary International*, 68: 297-308.
- Tucker, M. E (1994) *Sedimentary petrology*, 2nd edn. Blackwell, 272 p.
- Wood, W. W., Baily, R. M., Hampton, B. A., Kraemer, T. F., Lu, Z., Clark, D. W., James, R. H. R., Al-Ramadan, K (2012) *Rapid late Pleistocene/ Holocene uplift and coastal evolution of the southern Persian Gulf.* *Quaternary Research*, 77: 215-220.
- Yao, F (2008) *Water mass formation and circulation in the Persian Gulf and water exchange with the Indian Ocean.* Phd thesis, Miami University, Florida, 140 p.
- basin sediments in arid climate. *Earth-Science Reviews*, 162: 107-128.
- Gharibreza, M. R., Habibi, A., Imamjomeh, S. R., Ashraf, M. A (2014) *Coastal processes and sedimentary facies in the Zohreh River Delta (northern Persian Gulf).* *Catena*, 122: 150-158.
- Heyvaert, V. M. A., Baeteman, C (2007) *Holocene sedimentary evolution and palaeocoastlines of the Lower Khuzestan plain (Southwest Iran).* *Marine Geology*, 242: 83-108.
- Hopner, T (1999) *Intertidal treasure Khower-e-Mussa unraised, Wadden Sea Newsletter, Germany, 1: 3-6.*
- Hughes Clarke, M. W., Keij, A (1973) *Organisms as producer of carbonate sediment and indicators of environment in the southern Persian Gulf.* In: Purser, B. H., (eds.), *the Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea.* Springer-Verlag, Berlin, New York, 35-56.
- Kampf, J., Sadrinasab, M (2006) *The circulation of the Persian Gulf: a numerical study.* *Ocean Sci*, 2: 27-41.
- Lambeck, K (1996) *Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial maximum.* *Earth and Planetary Science Letters*, 142: 42-57.
- Meunier, A (2005) *Clays.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 472 p.
- Mouthereau, F., Lacombe, O., Verges, J (2012) *Building the Zagros collisional orogen: timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence.* *Tectonophysics*, 532-535: 27-60.
- Okay, A. I (2008) *Geology of Turkey: a synopsis.* *Anschnitt*, 21: 19-42.
- Perotti, C., Chiariotti, L., Bresciani, I., Cattaneo, L., Toscani, G (2016) *Evolution and timing of salt diapirism in the Iranian sector of the Persian Gulf.* *Tectonophysics*, v. 679, 180-198.
- Pous, S., Carton, X., Lazure, P (2012) *A process study of the tidal circulation in the Persian Gulf.* *Open Journal of Marine Science*, 2: 131-140.
- Purser, B. H., Evans, G (1973) *Regional sedimentation along the Trucial Coast, SE Persian Gulf.* In: Purser, B. H., (eds.), *the Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea.* Springer-Verlag, Berlin, New York, 211-231.
- Purser, B. H., Seibold, E (1973) *The principal environmental factors influencing Holocene sedimentation and diagenesis in the Persian Gulf.* In: Purser, B. H., (eds.), *the Persian*