

پراکندگی مواد آلی در رسوبات سطحی بخش شمالی خلیج فارس

رضا بهبهانی، کارشناس ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور*

راضیه لک، استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

غلامرضا حسین یار، کارشناس ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

به منظور بررسی ژئوشیمی آلی رسوبات بستر در بخش شمالی خلیج فارس، تعداد ۱۳۰ نمونه رسوب سطحی برداشت گردید. رسوبات مذکور از ذرات آواری (کوارتز، فلدسپار، خرده سنگ، قطعات خرده سنگی کربناته و کانی‌های رسی) و شیمیایی - بیوشیمیایی (پوسته دوکفه‌ای، گاستروپود، فرامینیفرا، استراکود و بریوزوا) تشکیل شده‌اند. بر پایه مطالعات ژئوشیمی آلی، مقدار کربن آلی کل از ۰/۰۳ تا ۱/۴۸ درصد وزنی متغیر است که در رسوبات گلی در اغلب نمونه‌های مطالعه شده، افزایش می‌یابد. مقادیر S_2 و کربن آلی کل در بخش‌های عمیق‌تر و دور از ساحل نسبت به مناطق ساحلی و کم عمق افزایش یافته است که این موضوع نشان دهنده پتانسیل بیشتر حفظ مواد آلی در بخش‌های عمیق‌تر خلیج فارس می‌باشد. همچنین در رسوبات بستر خلیج فارس کروژن‌های تیپ II، III، مخلوط II-III و مخلوط III-II وجود دارد که از سمت شمال شرق خلیج فارس (هرمزگان) به سوی شمال غرب (بوشهر و خوزستان) به دلیل تمرکز بیشتر رودخانه‌های ورودی در نواحی غربی نسبت به شرقی، افزایش در کروژن‌های تیپ III (مواد آلی قاره‌ای) و مخلوط III-II مشاهده می‌شود. واژه‌های کلیدی: ژئوشیمی آلی، خلیج فارس، کروژن، مواد آلی قاره‌ای، کربن آلی کل.

مقدمه

al. 1995; Meyers 1997; Meyers and Verges 1999; Wagner and Dupont 1999; Lewis et al. 2000; Al-Sharhan and Kendall 2003; Marchand et al. 2003; Sannei and Goodarzi 2006; (Pratima et al. 2007; Sifeddine et al. 2008; Baudin et al. 2010

موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه در نواحی شمالی خلیج فارس و حاشیه جنوبی استان‌های هرمزگان، بوشهر و خوزستان حد فاصل نواحی دریایی رودخانه شور و تنگه هرمز در شرق و دلتای اروندرود و خورموسی در غرب، واقع شده است. این ناحیه در بین 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 شرقی واقع شده است. دسترسی به این منطقه از طریق راههای زمینی استان‌های هرمزگان، بوشهر و خوزستان و راههای آبی شمال خلیج فارس امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱). نمونه برداری جهت انجام این پروژه طی گشت دریایی سال ۱۳۸۷ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است.

منابع تأمین آب خلیج فارس

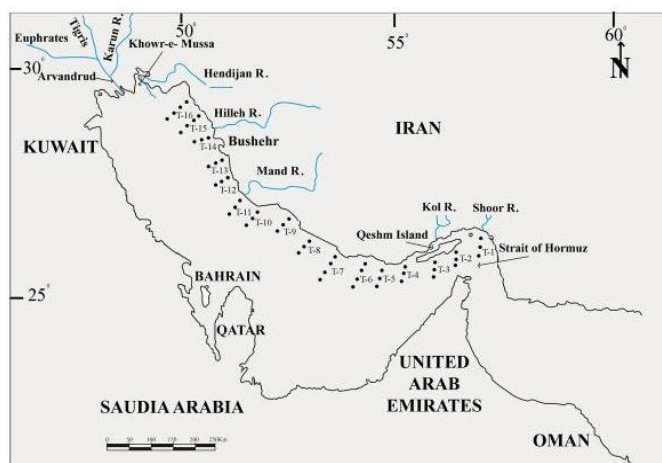
با توجه به قرار داشتن خلیج فارس در کمربند نیمه گرمسیری فشار بالا، آب و هوای حاکم بر این ناحیه از نوع شرایط آب و هوای بیابانی و نیمه بیابانی است که با خشکی بالا و گرمای زیاد تابستان مشخص می‌شود (Barth and Yar Khan 2008). از منابع مهم تأمین آب خلیج فارس می‌توان از انتقال آب دریای عمان به خلیج فارس از طریق تنگه هرمز (با میانگین سالیانه 3365 Km^3 yr^{-1})، بارش باران و رودخانه‌های ورودی نام برد (Reynolds 1993). میزان بارش سالیانه در خلیج فارس بسیار پایین و در حدود 7 cm/yr می‌باشد (Reynolds

مواد آلی بخش کوچکی از رسوبات آب شیرین و دریایی می‌باشد. با این وجود این مواد نقش مهمی در شناسایی و بازسازی محیط‌های دیرینه قاره‌ای و دریایی دارند. مقادیر و انواع مواد آلی موجود در رسوبات شرایط محیطی را در زمان‌های گذشته منعکس می‌کند (Meyers 1997). منشا مواد آلی بوسیله خواص کلی نظیر ترکیبات عنصری، نسبت‌های ایزوتوپی پایدار کربن و نیتروژن، اطلاعات پیرولیز راک-اول و پترو گرافی آلی بدست می‌آید. تغییرات در منشا مواد آلی، نشاندهنده نوسانات سطح آب و تغییرات در جریان‌های سطحی اقیانوسی و اقلیم قاره‌ای می‌باشد (Meyers 1997). همچنین تولید و حفظ مواد آلی بوسیله تغییرات محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

مناطق شمالی خلیج فارس شامل مجموعه پیچیده‌ای از محیط‌های دریایی، حدواسط و گاه‌آ خشکی است که رسوبگذاری در آن متأثر از فرایندهای رودخانه‌ای، بادی، جزر و مدی و بیولوژیکی است (Kampf and Sadrinasab 2006). در مناطق شمالی خلیج فارس، خورها و رودخانه‌هایی وجود دارند که رودخانه‌ها در انتقال رسوبات و مواد آلی خشکی‌های مجاور به دریا نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. در این مطالعه سعی شده است که با بررسی پارامترهای پیرولیز راک-اول در رسوبات بستر خلیج فارس در نواحی شمالی آن به نوع کروژن‌های تشکیل شده و پراکندگی مواد آلی پرداخته شود. از آنجا که خصوصیات رسوب شناختی ذرات رسوبی بستر نقش مهمی در جذب و پراکنش ماده آلی دارند، به طور مختصر به بررسی وضعیت رسوب شناسی آن‌ها نیز پرداخته شده است. لازم به ذکر است که استفاده از روش پیرولیز راک-اول برای بررسی ژئوشیمی آلی رسوبات دریایی (نهشته‌های فاقد بلوغ حرارتی و تدفین لازم) توسط برخی از محققین گزارش شده است (Paropkari et al. 1993; Tyson 1995; Waseda et

خروجی آب رودخانه از اروندرود و سایر رودخانه‌های ایرانی در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس منحرف می‌شوند و تاثیر آن‌ها بر بخش‌های مرکزی و جنوبی خلیج فارس کاهش می‌یابد (Lardner et al. 1993; Reynolds 1993).

۱۹۹۳. رودخانه عمده شامل کل، ماند، هیله، هنديجان (زهرة)، کارون و دجله و فرات با میانگین سالیانه جریان بین $203 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ تا $1387 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ به درون خلیج فارس انتقال می‌یابند (Reynolds 1993). اغلب ورودی‌های رودخانه‌ای در بخش میانی و غربی ساحل ایرانی وارد خلیج فارس می‌شوند. رودخانه‌های اروندرود، دجله و فرات با میانگین سالیانه $708 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ و رودخانه کارون با میانگین سالانه $748 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ وارد خلیج فارس می‌شوند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیائی محدوده مورد مطالعه و محل نقاط پروفیل‌های اصلی نمونه برداری.

فارس، مجموعه جانوری و گیاهی انتقال یافته در نرخ شوری بیشتر خلیج فارس قادر به ادامه حیات نمی‌باشند و بنابراین تنوع زیستی در خلیج فارس محدود می‌باشد (Ghazban 2009). مواد مغذی در خلیج فارس به نظر می‌رسد توسط جریان انتقال یافته آب دریای عمان و رودخانه‌های ایرانی که دارای تولید بیشتری نسبت به خلیج فارس هستند، تأمین می‌شود. بنابراین، بالاترین تمرکز مواد آلی در آب‌های بخش شمالی خلیج فارس دیده می‌شود (Johns et al. 2003). لازم به ذکر است که توان تولید مواد مغذی دریایی محدوده خلیج فارس، به استثناء دهانه رودخانه‌ها، عمدتاً با پهنه‌های گلی

مواد مغذی در منطقه مورد مطالعه

خلیج فارس یکی از حوضه‌های رسوبی با شرایط زیست محیطی بسیار گسترده می‌باشد و در نتیجه برای حیات گونه‌های زیادی از موجودات مناسب نمی‌باشد (Barth and Yar Khan 2008). محیط شیمیایی خلیج فارس در مقایسه با سایر اقیانوس‌ها بوسیله تمرکز نسبتاً پایین مواد مغذی مشخص می‌شود (Barth and Yar Khan 2008). با این وجود، مناطق مجاور خلیج فارس (نظیر دریای عرب) با داشتن تنوع بیشتری در مجموعه گیاهی و جانوری، مناطق با تولید بیشتری نسبت به خلیج فارس می‌باشند. با جریان یافتن آب دریای عمان به سوی خلیج

نمونه‌های کمتر هوازده، نمونه‌ها پس از برداشت به سرعت در کیسه‌های دو جداره به آزمایشگاه منتقل گردیده است. همچنین به منظور انجام مطالعات رسوب‌شناسی، نمونه‌های برداشت شده توسط دستگاه الک و شکر مرطوب (جهت ذرات بالای ۶۳ میکرون) مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. دانه بندی ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون توسط دستگاه دانه سنج لیزری (Laser Particle Sizer مدل 21 Analysette) ساخت شرکت فریش (Fritsch) آلمان و در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی انجام گردید. جهت نامگذاری رسوبات از نمودار فولک (Folk, 1974) استفاده شده است. به منظور تکمیل مطالعات، در محدوده اندازه‌های ۲ میلی‌متر تا ۱۲۵ میکرون توسط میکروسکوپ الیمپوس (Olympus-SZX-16) بررسی‌های مورفوسکوپی و مورفومتری انجام پذیرفته است. سنجش میزان پراش اشعه ایکس (XRD) جهت شناسایی ترکیب کانی‌شناسی ذرات رسوبی مخصوصاً کانی‌های رسی در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی انجام گرفته است. همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نظیر میزان اکسیژن محلول، شوری، دما و PH آب توسط دستگاه CTD مدل IDRONAUT ساخت کشور ایتالیا اندازه‌گیری شده است.

مطالعات ژئوشیمی آلی شامل تعیین درصد کربن آلی کل (TOC) و پارامترهای شاخص هیدروژن (HI)، شاخص تولید $S_2, S_1, (PI)$ و T_{max} می‌باشد که توسط دستگاه راک - اول تیپ II (Rock-Eval II+ TOC) Moduel موجود در پژوهشگاه صنعت نفت انجام شده است. برای تعیین نوع کروژن نمونه‌های مطالعه شده از دیگرام‌های S_2/TOC گوارد و همکاران (Goddard et al. 1997، لانگ فورد و والرین (Langford & Blanc) و T_{max} و $S_2 > 2.00$) (mgHc/gRock Valleron 1990)

جزرومدی در ارتباط است (Hopner 1999). شواهد موجود نشان می‌دهد که سیستم (خلیج فارس) دچار فقر مواد مغذی (خصوصاً فقر ازت) است که نشانه بارز آن افزایش انبوه تولید در اطراف دهانه رودخانه‌ها و خروجی پساب‌هاست (فاطمی و عبایی ۱۳۸۲؛ Sheppard et al. 1992). به طور کلی میزان تمرکز نیترات‌ها و نیتريت‌ها در بخش‌های بزرگی از خلیج فارس زیر حد تشخیص می‌باشد و در نتیجه به نظر می‌رسد که فقر مواد مغذی نیتروژن‌دار، میزان تولید را محدود می‌کنند (Barth and Ghazban 2009; Yar Khan 2008). بنابراین تأمین مواد مغذی برای حفظ تولید در خلیج فارس بستگی به منشا خارجی دارد. لازم به ذکر است که با افزایش فاصله از تنگه هرمز علاوه بر افزایش شوری، میزان مواد مغذی نیز کاهش می‌یابد (Barth and Yar Khan 2008). به طور کلی بخش‌های شمال غرب خلیج فارس (خور موسی و نواحی مجاور آن) الیگوتروپیک (آب‌های فقیر از مواد مغذی با تولید اولیه پایین) است. در حالیکه مناطق شمال شرقی آن، نسبتاً "تولید اولیه بیشتری دارند (Ghazban 2009). همچنین اکثر رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس نظیر اروندرود غنی از اکسیژن محلول، مواد مغذی، اجزاء آلی، فسفات و ذرات معلق می‌باشد (AL-Yamani 2008).

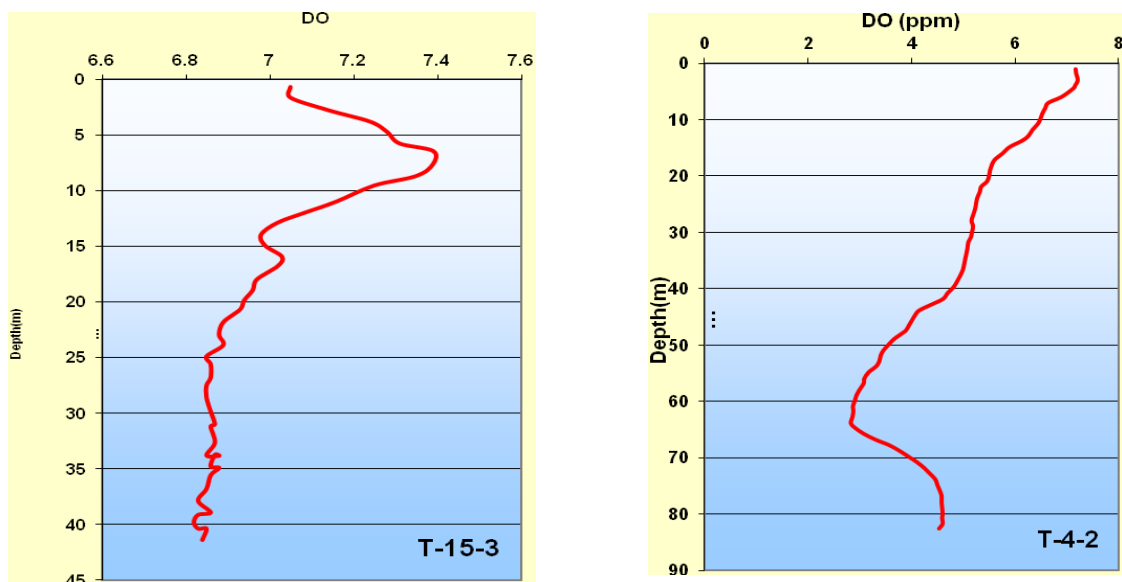
مواد و روش‌ها

در این پژوهش یکصد و سی نمونه (عمق نمونه‌برداری ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) از بستر خلیج فارس جهت مطالعات رسوب‌شناسی (بررسی اندازه ذرات، ترکیب کانی‌شناسی و شناسایی اجزای تشکیل دهنده) و ژئوشیمی آلی در شانزده پروفیل اصلی عمود بر ساحل (T)، نقاط مابین پروفیل‌های اصلی (S)، خورهای مورد مطالعه و نقاط ساحلی (CH) توسط نمونه‌گیر فکی برداشت گردید. لازم به ذکر است که به منظور گردآوری

HI/ استفاده شده است.

شده در خلیج فارس توسط دستگاه CTD، میانگین مقدار اکسیژن محلول ۶/۲ ppm در آب‌های سطحی تا عمق ۱۵ متر و در آب‌های عمیق‌تر ۵ ppm (با افزایش عمق، میزان اکسیژن کاهش می‌یابد)، میانگین مقدار شوری ۳۸/۳ gr/lit، میانگین مقدار دما در آب‌های سطحی ۲۱/۵ °C و میانگین مقدار PH ۸/۱ می‌باشد. در برخی نقاط در آب‌های عمیق (عمق حدود ۶۵ متر) مقدار اکسیژن محلول به ۲/۵ ppm (نمونه T-4-2) می‌رسد. لازم به ذکر است که میزان اکسیژن محلول در بخش شمال غربی خلیج فارس (نمونه T-15-3) نسبت به بخش شمال شرقی خلیج فارس (نمونه T-4-2) بالاتر می‌باشد (شکل ۲).

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب خلیج فارس
تمرکز اکسیژن محلول و توزیع آن در محیط‌های آبی به طور مستقیم بستگی به فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی دارد (EPA 2002) پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نظیر شوری، PH و مخصوصاً "دما می‌تواند مقدار اکسیژن محلول و پخش آن را تحت تاثیر قرار دهد. (EPA 2002). همچنین فرایندهای زیستی نظیر فتوسنتز و تنفس به طور قابل توجهی میزان اکسیژن محلول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بر مبنای اندازه‌گیری‌های انجام



شکل ۲- میزان بالاتر اکسیژن محلول در نمونه‌های بخش شمال غربی خلیج فارس (نمونه T-15-3) نسبت به نمونه بخش شمال شرقی خلیج فارس (نمونه T-4-2). با افزایش عمق میزان اکسیژن محلول کاهش می‌یابد.

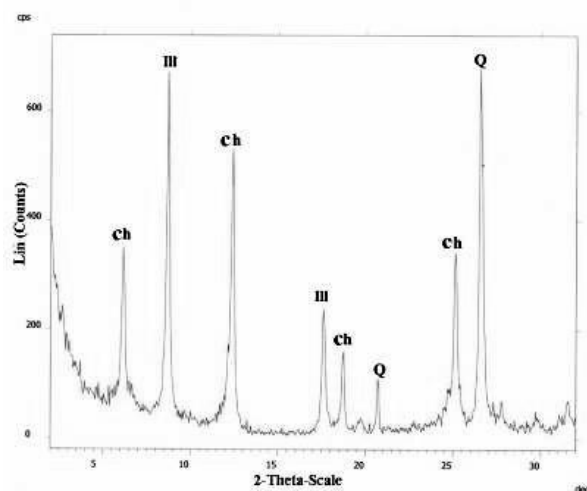
است. نتایج بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان دهنده وجود ۴ نوع رسوب عمده بر اساس تقسیم بندی فولک Folk (1974) شامل: گل با کمی گراول {gM}، گل ماسه‌ای (sM)، گل گراولی (gM) و گل ماسه‌ای با کمی گراول {g sM} می‌باشد که مجموعاً بیش از ۷۵ درصد از کل

بررسی اندازه ذرات، ترکیب کانی‌شناسی و شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات بخش شمالی خلیج فارس
بنابر مطالعات صورت گرفته در مناطق شمال شرقی و میانی خلیج فارس توزیع اندازه ذرات بسیار گسترده

ذرات آواری در مناطق شمالی خلیج فارس عمدتاً شامل کوارتز، قطعات خرده سنگی کربناته، فلدسپار، خرده سنگ، میکا، مقادیر کمی ژیپس، هالیت، دولومیت و کانی‌های سنگین و احتمالاً کانی‌های رسی (کلریت، ایلیت، کائولینیت و پالی‌گورسکیت) هستند (به استثنای کانی‌های رسی، اکثر ذرات آواری در اندازه ماسه تا رس می‌باشند) (شکل ۳). وجود کانی‌های رسی می‌تواند ارتباط نزدیکی با فرایندهای دیازنتیک که در رسوبات رخ می‌دهد، داشته باشد (Hassen Albadran and 2003).

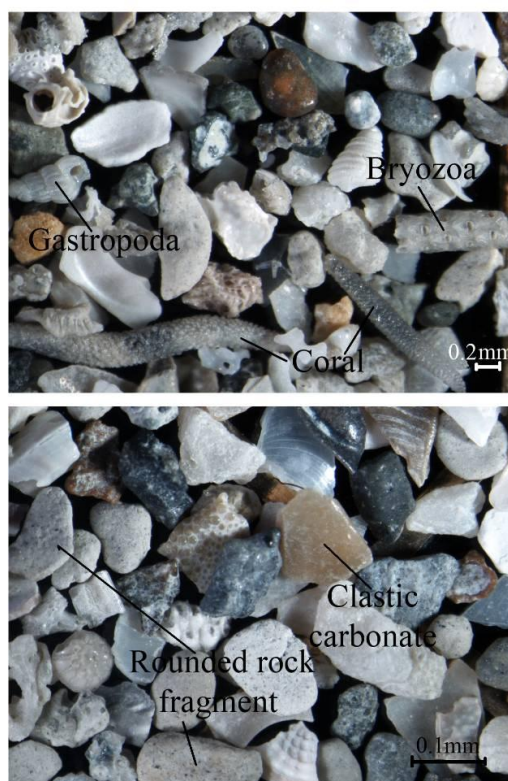
عموماً اجزای شیمیایی - بیوشیمیایی بستر خلیج فارس غنی از موجودات کفزی دریائی است که ذرات در اندازه ماسه و گراول را تشکیل می‌دهند. رسوبات درون حوضه‌ای کربناته در بخش‌های میانی و شرقی خلیج فارس مربوط به پوسته و صدف موجودات دریایی می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه اغلب پوسته‌های دوکفه‌ای، فرامینفرا، گاستروپودا، اکتینودرم، استراکودا، بریوزوا و خرچنگ مشاهده می‌شود (شکل ۴). همچنین در رسوبات شرق خلیج فارس (در محدوده آب‌های بندر عباس) اسکلت باقیمانده ماهیان به وفور دیده می‌شود. خرده سنگ‌های گرد شده تا نیمه گرد شده عمدتاً در اندازه ماسه و بلورهای نیمه گرد شده تا گرد شده کوارتز در ابعاد سیلت تا ماسه ریز نیز در این رسوبات مشاهده می‌شود (شکل ۴). در بخش‌های ساحلی نواحی شمال شرقی و میانی خلیج فارس ذرات غیر اسکلتی ائید مشاهده می‌شود (شکل ۵). همچنین این ذرات در بخش‌هایی از خلیج فارس تا نواحی عمیق تر در اثر جابجایی مجدد در رسوبات دیده می‌شوند. لازم به ذکر است که در خورهای مطالعه شده در محدوده خلیج فارس قطعات گیاهان نیز مشاهده شده است.

اجزا بستر را تشکیل داده‌اند. همچنین انواع رسوب ماسه گراولی (gS)، ماسه گلی (mS)، گل (M) و .. نیز در این نمونه‌ها به مقدار کمتر مشاهده شده است. بر اساس مطالعات مشابه صورت گرفته در منطقه شمال غربی خلیج فارس (خور موسی و نواحی دریایی مجاور آن) ۴ نوع رسوب عمده گل (M)، گل ماسه‌ای (sM)، ماسه گلی (mS) و ماسه گلی با کمی گراول {g)mS} مشاهده شده است که مجموعاً بیش از ۸۵٪ از کل اجزاء بستر را تشکیل داده‌اند. در این بین ۳۸٪ از رسوبات برداشت شده از نوع گلی و ۳۱٪ گل ماسه‌ای می‌باشند. این دو نوع رسوب مجموعاً دو سوم از کل رسوبات بستر را تشکیل داده‌اند. همچنین انواع رسوب گل ماسه‌ای با کمی گراول {g)sM}، ماسه گلی گراولی (gmS)، ماسه (S)، گل گراولی (gM) و گل با کمی گراول {g)M} نیز در این نمونه‌ها به مقدار کمتر مشاهده شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، تقریباً تمام نمونه‌های رسوبی دارای جورشدگی بد (بین ۱ تا ۲ فی) و جورشدگی بسیار بد (۲ تا ۴ فی) هستند. اگر چه در چند نمونه نیز جورشدگی متوسط (۰/۷۱ تا ۱ فی) مشاهده می‌گردد. از عواملی که باعث جورشدگی بد و در نهایت چند منشائی بودن ذرات می‌شوند، می‌توان به رسوبات آورده شده از طریق رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس نظیر اروندرود و زهره، تشکیل ذرات در درون حوضه به طریقه بیوژنیک، رسوبات معلق موجود در حوضه و رسوبات بادی اشاره کرد. به طور کلی از آنجا که رسوب‌گذاری در محدوده مورد مطالعه حاصل برهم‌کنش فرآیندهای حمل و نقل مواد و رسوب‌گذاری ذرات خارج از حوضه و درون حوضه است، اجزاء در دو دسته آواری و شیمیایی - بیوشیمیایی تقسیم شده‌اند.



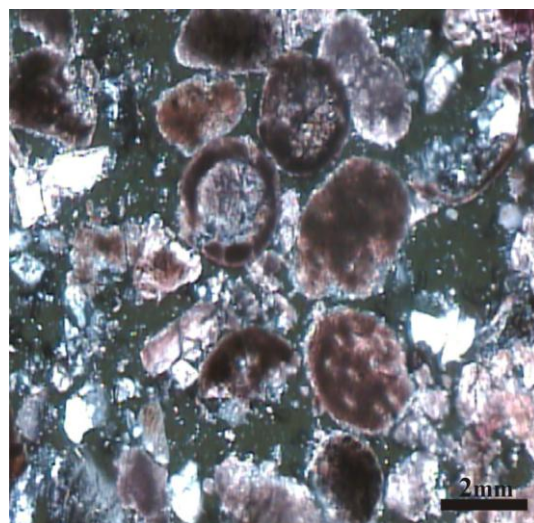
شکل ۳- دیاگرام XRD رسوبات گلی نواحی دریایی مجاور رودخانه اروندرود (نمونه CH-4).

Q = کوارتز Ch = کلریت Ill = ایلیت



شکل ۴- اجزای مشاهده شده در نمونه ماسه گلی گراولی در نواحی دریایی در شمال شرق خلیج فارس (نمونه T-3-2).

به قطعات گاستروپودا، بریوزوا، مرجان و خرده سنگ‌های گرد شده توجه شود.



شکل ۵- ائیدهای مشاهده شده در نمونه گل ماسه‌ای ساحلی بخش میانی خلیج فارس (نمونه S-63) و برش میکروسکوپی آن (تصویر سمت چپ).

مطالعات ژئوشیمیایی

مناطق غنی از مواد آلی بیشتر در حواشی قاره‌ها از قبیل خلیج‌های دهانه‌ای، لاگون‌های سطحی، ریف و فلات قاره قرار دارند (2005) Harris. این نکته بیانگر آن است که مناطق تولید و انباشت مواد آلی به هم نزدیک هستند. وجود مواد غذایی کافی مانند فسفات و نترات از جمله شرایط ضروری برای شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها برای آغاز زنجیره تولید ماده آلی است (Harris Suess et al. 1987; 2005). در مطالعات زمین‌شناسی دریائی تعیین محتوی ماده آلی و مقدار کربن آلی کل (TOC) می‌تواند اطلاعات مفیدی در ارتباط با میزان تولید اولیه در دریاها، تجزیه بعدی آنها در طی رسوب‌گذاری و همچنین الگوی پراکندگی اجزای آلی در منطقه ارائه دهد (Meyers 2003). به همین منظور و به جهت بررسی اجزای آلی رسوبات منطقه مورد مطالعه، تعداد یکصد و سی نمونه از تمام محدوده مورد نظر جهت تعیین میزان ماده آلی

انتخاب شده است. نمونه‌های مطالعه شده بر اساس مقادیر کربن آلی کل (0.03- 1.48 Wt%) در محدوده سنگ منشأ فقیر (کمتر از ۰/۵ درصد وزنی) تا سنگ منشأ خوب (بین ۱ تا ۲ درصد وزنی)، میزان S_2 (0.09- 5.09 mgHc/ g Rock) در محدوده سنگ منشأ فقیر (کمتر از 2.5 mg Hc/ g Rock) تا خوب (بیش از 5 mg Hc/ g Rock)، مقادیر S_1 (0.02- 2.00 mg Hc/ g Rock) در محدوده سنگ منشأ فقیر (کمتر از 0.5 mg Hc /g Rock) تا سنگ منشأ خوب (بیش از 1 mg Hc/ g Rock)، مقادیر شاخص هیدروژن (156 – 620 mgHc org C) در محدوده گاززایی تا نفت‌زایی (بیش از 300 mg Hc/ org C) و میزان T_{max} در محدوده ۳۳۹ تا ۴۳۰ درجه سانتی-گراد قرار گرفته‌اند. با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی انجام گرفته، به نظر می‌رسد که حداکثر میزان کربن آلی کل (T-2-3) (TOC= 1.48%wt) متعلق به نمونه (گل ماسه‌ای) در نواحی عمیق شمال شرقی خلیج فارس،

شمال شرقی (نمونه‌های T-1-2, T-2-3, T-3-2, T-4-3, T-5-2, T-5-4, T-6-1, T-6-3, T-6-6, T-7-2, T-7-3, T-7-4, T-8-1, T-8-2, T-9-1, T-9-3, T-10-1, T-13-2, T-14-1, T-15-1, T-16-4) و به مقدار کمتر در بخش‌های شمال غربی (نمونه‌های T-16-3, T-16-4, T-15-2) مقدار ماده آلی احتمالاً به دلیل بالاتر بودن نرخ حفظ شدگی ماده آلی در اثر تمرکز کمتر اکسیژن محلول در آب‌های عمیق، بیشتر می‌باشد (0.5% ≤ TOC ≤ 1.48%wt). میزان کمتر اکسیژن محلول در آب نمونه‌های فوق‌الذکر نسبت به نمونه‌های مناطق ساحلی مویده این مطلب می‌باشد (نمونه T-2-3 با عمق حدود ۹۰ متر دارای ۴/۲ ppm اکسیژن محلول می‌باشد) (شکل ۲). همچنین نتایج به دست آمده نشان از میزان انطباق بالاتر ماده آلی و بسترهای گلی نسبت به بسترهای ماسه‌ای دارد. اگرچه در برخی از نمونه‌های ماسه‌ای {از جمله نمونه Ch-31 (ماسه گلی گراولی) با TOC= 0.48%wt، نمونه ماسه گلی T-1-2، نمونه ماسه گلی گراولی T-3-2 و نمونه ماسه گلی با کمی گراول T-16-4} نیز مقدار ماده آلی بالا است که می‌تواند به دلیل تولید کربن آلی توسط موجودات زنده و گواهی بر بیوژنیک بودن بستر در این نواحی باشد. همچنین در مناطق ساحلی و خورهای خلیج فارس به استثنای نمونه‌های نادری میزان ماده آلی بسیار کم می‌باشد (TOC < 0.37 % wt) که خود مویده نرخ پایین حفظ‌شدگی ماده آلی در نتیجه نرخ بالای اکسیژن محلول در این مناطق می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۱) پیداست، در بخش شمال غربی خلیج فارس تراکم بالاتر رودخانه‌های ورودی به بخش ایرانی خلیج فارس نظیر رودخانه‌های ماند، زهره (هندیجان) و اروندرود {اروندروود غنی از اکسیژن محلول، مواد مغذی، فسفات و ذرات معلق می‌باشد (Al-Yamani 2008)}، نقش موثری در افزایش

حداکثر میزان S_1 (2.00 mg Hc/ g Rock) متعلق به نمونه T-5-4 (گل ماسه‌ای با کمی گراول) در نواحی عمیق شمال شرقی خلیج فارس، حداکثر میزان S_2 (5.09 mg Hc/ g Rock) متعلق به نمونه T-2-3، حداکثر میزان PI (0.54) متعلق به نمونه T-6-2 و حداکثر میزان T_{max} (430 °C) متعلق به نمونه T-3-1 می‌باشد.

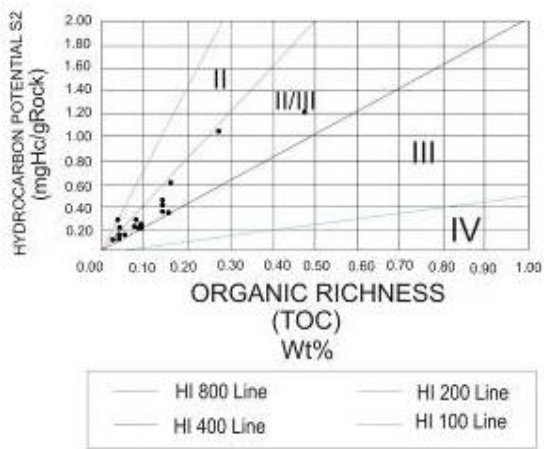
بحث

گرچه پیرولیز راک-اول برای ارزیابی پتانسیل سنگ منشأ هیدروکربن برای سنگ‌های قدیمی که حداقل دیاژنز آلی را تحمل کرده باشند، کاربرد دارد. اما می‌توان با استفاده از آن به بررسی شواهد حفظ و تولید مواد آلی و پتانسیل هیدروکربن‌زایی در رسوبات مدرن پرداخت. لازم به ذکر است که در رسوب‌گذاری رسوبات دارای مواد آلی سه پارامتر میزان کم اکسیژن آزاد، نرخ بالای تولید مواد آلی و نرخ رسوب‌گذاری نقش اساسی دارند (Harris 2005). فقدان یا وجود این پارامترها در هنگام نهشته شدن رسوبات و سپس در صورت وجود این عوامل، داشتن یا فقدان شرایطی نظیر تدفین و بلوغ حرارتی مناسب سبب به وجود آمدن سنگ‌های منشأ یا غیر منشأ هیدروکربن می‌شود. نتایج پیرولیز راک-اول نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که در اکثر رسوبات ساحلی، مناطق کم عمق دریایی، خورها، برخی رسوبات مناطق عمیق دریایی و رسوبات بخش شمال غربی خلیج فارس (خورموسی) به دلیل پایین بودن میزان ماده آلی {TOC < 0.5%wt} (به دلیل نرخ کم تولید و یا پایین بودن نرخ حفظ‌شدگی ماده آلی در اثر تمرکز بالای اکسیژن محلول در آب) و سایر پارامترهای راک-اول حتی با بلوغ حرارتی مناسب پتانسیل لازم برای هیدروکربن‌زایی در آینده را ندارند (به استثنای نمونه‌های 2, 13, 7-Ch). با این وجود، در برخی مناطق عمیق تر دریایی خصوصاً در بخش‌های

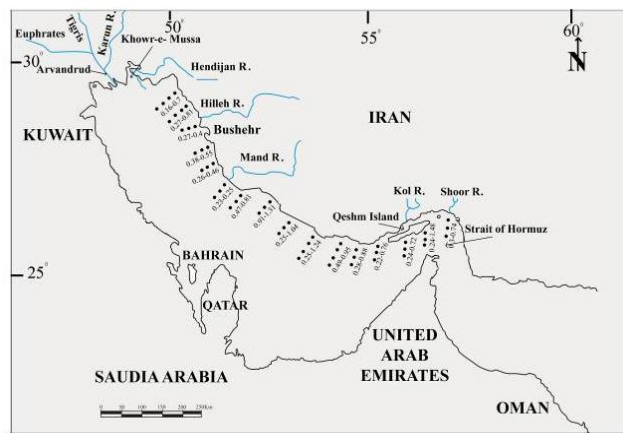
میزان اکسیژن محلول در این ناحیه دارند. مقادیر بالاتر مواد آلی عمدتاً در بخش‌های شمال شرقی و میانی خلیج فارس مشاهده می‌شود که احتمالاً به دلیل نرخ بالاتر حفظ شدگی ماده آلی در اثر تمرکز کمتر اکسیژن محلول در این مناطق می‌باشد (شکل ۶). نقش فقدان رودخانه‌های ورودی مهم به بخش‌های شمال شرقی و میانی خلیج فارس در کاهش تمرکز اکسیژن محلول را نباید نادیده انگاشت. همچنین، وجود منطقه حداقل اکسیژن در شیب دور از ساحل ایران نشان‌دهنده حفظ کربن آلی در رسوبات این ناحیه است (Ghazban 2009) که مقادیر بیشتر TOC در نمونه‌های عمیق‌تر مطالعه شده نسبت به نمونه‌های ساحلی تا حدودی موید این مطلب می‌باشد. به طور کلی، مناطق شمال شرقی نسبتاً دارای تولید بیشتری هستند و بخش‌های شمال غرب خلیج فارس فقیر از مواد مغذی هستند (Ghazban 2009). بنابراین مناطق شمال شرقی و میانی نسبت به مناطق شمال غربی خلیج فارس به دلیل توان تولید بیشتر مواد آلی و تمرکز کمتر اکسیژن محلول، پتانسیل بیشتری برای حفظ مواد آلی دارند.

در این پژوهش برای تعیین و تفکیک کروژن‌ها از دی‌گرام های HI/T_{max} و S_2/TOC استفاده شده است. در نمودار S_2/TOC ، نمونه‌های ساحلی (کم عمق) شمال شرق خلیج فارس (هرمزگان) دارای ۱۲ درصد

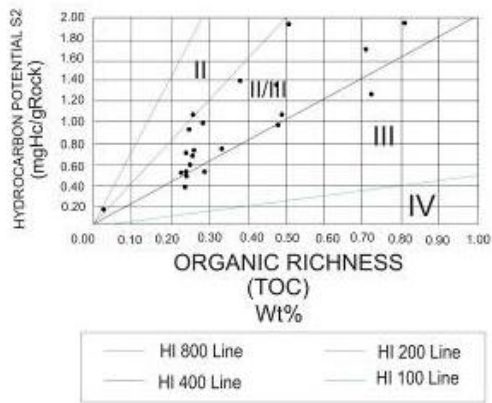
کروژن تیپ II، ۸۸ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III می‌باشد (شکل ۷). در نمودار شاخص هیدروژن در برابر T_{max} (شکل ۸)، نمونه‌های مطالعه شده در برگرنده مخلوطی از کروژن‌های تیپ II و III می‌باشد. البته لازم به ذکر است که ۳۶ درصد از نمونه‌های مطالعه شده در محدوده مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۳۴ درصد نمونه‌ها در محدوده مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۱۲ درصد در محدوده کروژن تیپ III و ۱۸ درصد نمونه‌ها در محدوده کروژن تیپ II قرار گرفته‌اند. همچنین در نمودار S_2/TOC ، نمونه‌های عمیق و دور از ساحل شمال شرق خلیج فارس (هرمزگان) دارای ۳۶ درصد کروژن تیپ II، ۱۵ درصد کروژن تیپ III و ۴۹ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III می‌باشد (اشکال ۹ و ۱۱). در نمودار شاخص هیدروژن در برابر T_{max} (شکل ۱۰)، نمونه‌های مطالعه شده شامل ۲۶ درصد کروژن تیپ II، ۳۴ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۲۲ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III و ۱۸ درصد کروژن تیپ III می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نتایج به دست آمده از نمودارهای فوق‌الذکر در نمونه‌های ساحلی و عمیق شمال شرق خلیج فارس به هم نزدیک هستند و اکثر نمونه‌های مطالعه شده در برگرنده مخلوطی از کروژن‌های تیپ II و III می‌باشد.



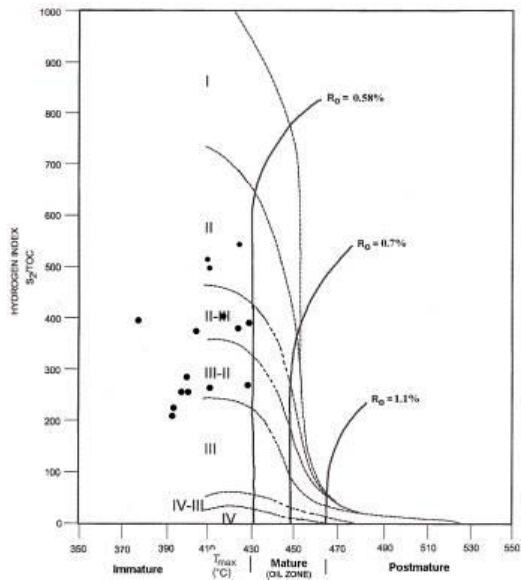
شکل ۷ - نمودار S_2/TOC نمونه‌های ساحلی هرمزگان (شمال شرق خلیج فارس).



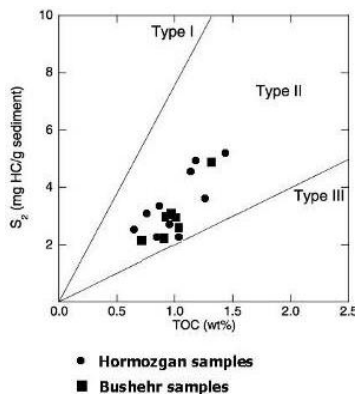
شکل ۶ - پراکنش میزان مواد آلی (TOC) بر حسب درصد وزنی در پروفیل‌های اصلی نمونه برداری خلیج فارس. به نقش موثر آب‌های اکسیژن دار رودخانه‌های ورودی به بخش شمالی خلیج فارس در کاهش میزان مواد آلی در بخش غربی منطقه مورد مطالعه توجه شود.



شکل ۹ - نمودار S_2/TOC نمونه‌های عمیق (دور از ساحل) هرمزگان (شمال شرق خلیج فارس).

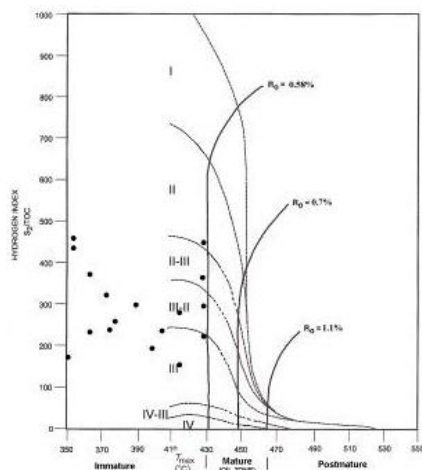


شکل ۸ - نمودار HI در مقابل T_{max} نمونه‌های ساحلی هرمزگان (شمال شرق خلیج فارس).

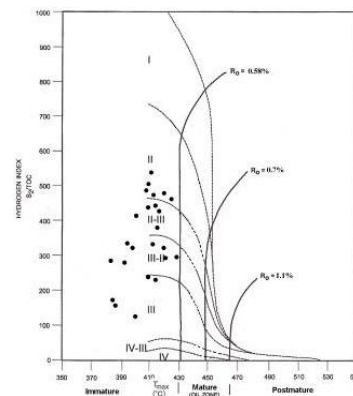


شکل ۱۱ - نمودار S_2/TOC نمونه‌های عمیق هرمزگان و بوشهر ($S_2 > 2$ mgHc/gRock) (بخش شمال شرقی و غربی خلیج فارس). بیشترین مقادیر TOC و S_2 غالباً در بخش شمال شرقی خلیج فارس (هرمزگان) مشاهده می‌شود.

در نمودار شاخص هیدروژن در برابر T_{max} (شکل ۱۳)، نمونه‌های مطالعه شده شامل ۲۸ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۲۴ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III و ۶ درصد کروژن تیپ II و ۴۲ درصد کروژن تیپ III می‌باشد.

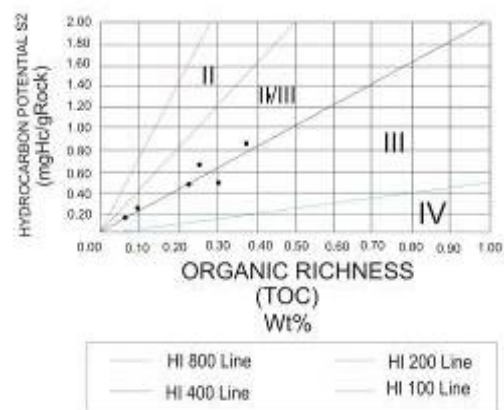


شکل ۱۳ - نمودار HI در مقابل T_{max} نمونه‌های ساحلی و کم عمق استان بوشهر (بخش میانی - شمال غربی خلیج فارس).



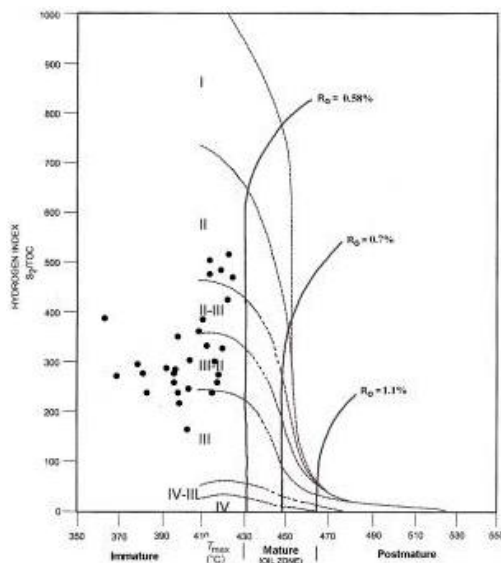
شکل ۱۰ - نمودار HI در مقابل T_{max} نمونه‌های عمیق (دور از ساحل) هرمزگان (شمال شرق خلیج فارس).

بر اساس مطالعات مشابه صورت گرفته در مناطق ساحلی و کم عمق نواحی میانی - شمال غربی خلیج فارس (بوشهر)، در نمودار S_2/TOC نمونه‌های مطالعه شده دارای ۵۰ درصد کروژن تیپ III و ۵۰ درصد مخلوط کروژن تیپ II-III می‌باشد (شکل ۱۲). همچنین



شکل ۱۲ - نمودار S_2/TOC نمونه‌های ساحلی و کم عمق استان بوشهر (بخش میانی - شمال غربی خلیج فارس).

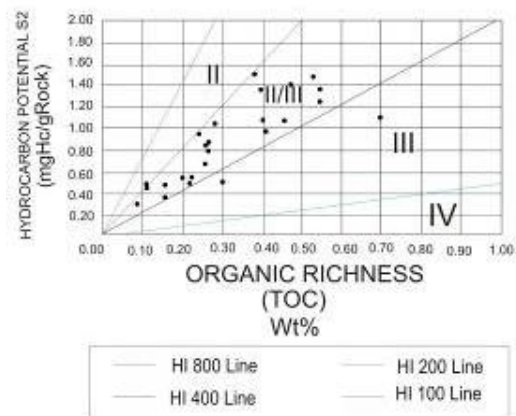
هیدروژن در برابر T_{max} (شکل ۱۵)، نمونه‌های مطالعه شده شامل ۵۴ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۱۵ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III، ۱۶ درصد کروژن تیپ III و ۱۵ درصد کروژن تیپ II می‌باشد.



شکل ۱۵ - نمودار HI در مقابل T_{max} نمونه‌های عمیق و دور از ساحل استان بوشهر (بخش میانی - شمال غربی خلیج فارس).

شمال شرق خلیج فارس (هرمزگان) به سوی شمال غرب (بوشهر و خوزستان) به دلیل تمرکز بیشتر رودخانه‌های ورودی در نواحی شمال غربی نسبت به شمال شرقی، افزایش در کروژن‌های تیپ III (مواد آلی با منشأ خشکی زی) و مخلوط III-II مشاهده می‌شود (شکل ۱۶). نتایج حاصل از دو نمودار فوق در تعیین کروژن رسوبات بستر خلیج فارس نسبتاً مشابه یکدیگر می‌باشد. لازم به ذکر است که با افزایش عمق، روند افزایش کروژن تیپ II در رسوبات خلیج فارس مشاهده می‌شود که احتمالاً به دلیل کاهش تمرکز اکسیژن محلول در اکثر نقاط عمیق

همچنین در نمودار S_2 / TOC ، نمونه‌های عمیق و دور از ساحل نواحی میانی - شمال غربی خلیج فارس (بوشهر) دارای ۱۹ درصد کروژن تیپ II، ۹ درصد کروژن تیپ III و ۷۲ درصد مخلوط کروژن‌های تیپ II-III می‌باشد (اشکال ۱۱ و ۱۴). در نمودار شاخص

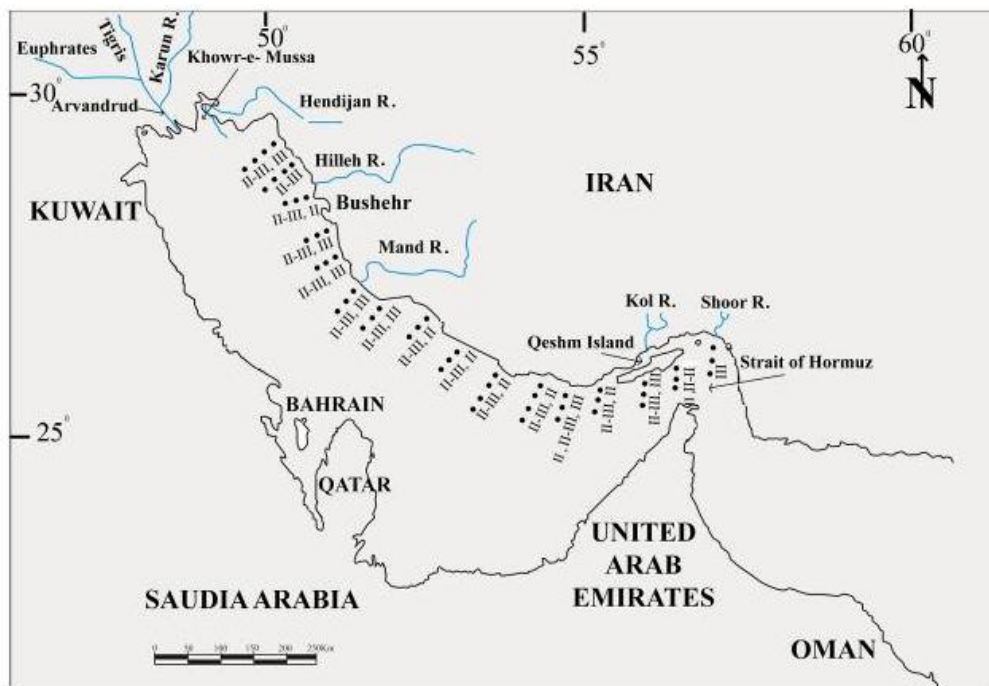


شکل ۱۴ - نمودار S_2 / TOC نمونه‌های عمیق و دور از ساحل استان بوشهر (بخش میانی - شمال غربی خلیج فارس).

براساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان S_2 و TOC عمدتاً در نواحی عمیق‌تر شمال شرقی و میانی خلیج فارس مشاهده شده است. فقدان رودخانه‌های ورودی در این مناطق، کاهش میزان اکسیژن محلول و توان بیشتر تولید مواد آلی احتمالاً سبب پتانسیل بیشتر حفظ مواد آلی و افزایش در میزان آن در بخش‌های عمیق‌تر خلیج فارس می‌شود. همان‌طوری‌که از بررسی دیاگرام‌های HI در مقابل T_{max} و S_2 / TOC پیداست، در رسوبات بستر خلیج فارس کروژن‌های تیپ II، III، مخلوط II-III و مخلوط III-II وجود دارد که از سمت

نسبت به نقاط ساحلی خلیج فارس و دور شدن از منشأ کروژن‌های رودخانه‌ای خشک زی (قاره‌ای)، کروژن تیپ III می‌باشد. کروژن‌های تیپ III و مخلوط III-II نشان‌دهنده افزایش در ورودی مواد آلی خشکی در طی رسوب‌گذاری در آن رسوبات است. لازم به ذکر است رسوباتی که دارای TOC کمی می‌باشند، دارای کروژن‌های اکسید شده هستند (Hunt, Johns 1987; 1995;) همچنین اکسیداسیون پس از رسوب‌گذاری مواد آلی می‌تواند سبب تبدیل مواد آلی غنی از هیدروژن (کروژن تیپ I یا II) به کروژن تیپ III شود (Patience

et al. 1996; Meyers 1997). پس بایستی احتمال اکسیداسیون بخشی از مواد آلی (تبدیل کروژن نوع II به نوع III) در رسوبات خلیج فارس را لحاظ نمود. از طرفی دیگر در قسمت شمال غربی خلیج فارس مواد آلی خشکی زاد (کروژن نوع III) که توسط آب‌های قاره‌ای (رودخانه‌ها) وارد این حوضه رسوبی می‌شوند توسط برخی محققین گزارش گردیده است (Talling 1980; Saad 1982; Abayachi and Al-Saad 1988; Hyland 2000 et al.). در نتیجه مشاهده کروژن نوع III (مواد آلی خشکی زاد) در آنها دور از ذهن نیست.



شکل ۱۶- پراکندگی انواع کروژن در پروفیل‌های اصلی نمونه برداری خلیج فارس. کروژن‌های تیپ II، III و مخلوط II-III در رسوبات مشاهده شده است. از شمال شرق به سمت شمال غرب خلیج فارس برتری با کروژن تیپ III می‌باشد.

محدودیت‌های بررسی ژئوشیمی آلی در منطقه مورد مطالعه در این پژوهش برای تعیین و تفکیک کروژن‌ها از دیگرگرم‌های T_{max} / HI و S_2 /TOC استفاده شده است.

اندیس T_{max} به دلیل مناسب بودن مقدار S_2 ($>0.2 \text{ mg}$) در اکثر نمونه‌های مطالعه شده معتبر می‌باشد. استفاده از نمودار S_2 /TOC در مورد نمونه‌هایی که دارای TOC کمتر از ۱ درصد وزنی هستند، مشکل

با کمی گراول در نواحی شمال غربی خلیج فارس (خورموسی و نواحی دریایی مجاور آن) می‌باشد. نتایج پیرولیز راک-اول نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که در اکثر رسوبات ساحلی، مناطق کم عمق دریایی، خورها، برخی رسوبات مناطق عمیق دریایی و رسوبات بخش شمال غربی خلیج فارس (خورموسی) به دلیل پایین بودن میزان ماده آلی ($TOC < 0.5\%wt$) (به دلیل نرخ کم تولید و یا پایین بودن نرخ حفظ شدگی ماده آلی در اثر تمرکز بالای اکسیژن محلول در آب) و سایر پارامترهای راک-اول حتی با بلوغ حرارتی مناسب پتانسیل لازم برای هیدروکربن زایی در آینده را ندارند. با این وجود، در برخی مناطق عمیق‌تر دریایی خصوصاً در بخش‌های شمال شرقی و میانی و به مقدار کمتر در بخش‌های شمال غربی مورد مطالعه، مقدار ماده آلی احتمالاً به دلیل بالاتر بودن نرخ حفظ شدگی ماده آلی در اثر تمرکز کمتر اکسیژن محلول در آب‌های عمیق، بیشتر می‌باشد ($0.5 \leq TOC \leq 1.48\%wt$). لازم به ذکر است که نقش فقدان رودخانه‌های ورودی مهم به بخش‌های شمال شرقی و میانی خلیج فارس (به استثنای رودخانه‌های کل و شور) در کاهش تمرکز اکسیژن محلول را نباید نادیده انگاشت. بررسی محتوای آلی نمونه‌های مطالعه شده، نشان‌دهنده انطباق میزان بالای ماده آلی و بسترهای گلی می‌باشد. این موضوع مبین آن است که تا حد زیادی شرایط برای حفظ ماده آلی در نمونه‌های گلی نسبت به نمونه‌های ماسه‌ای مناسب‌تر بوده است. مقادیر S_2 و TOC در بخش‌های عمیق‌تر و دور از ساحل نسبت به مناطق ساحلی و کم عمق افزایش یافته است که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر حفظ مواد آلی در بخش‌های عمیق‌تر خلیج فارس می‌باشد. همچنین در رسوبات بستر خلیج فارس کروژن‌های تیپ II، III، مخلوط II-III و مخلوط III-II وجود دارد که از سمت شمال شرق خلیج فارس (هرمزگان) به سوی شمال غرب

می‌باشد. لازم به ذکر است که در این تحقیق با استفاده از دی‌اگرام S_2/TOC که توسط گودارد و همکاران (Goddard et al. 1997) ارائه شده است، مشکل استفاده از این نمودار تا حدی کاهش یافته است. همچنین برای نمونه‌هایی که مقدار ($S_2 > 2.00 \text{ mgHc/gRock}$) می‌باشد از نمودار لانگ‌فورد و والرون (Longford & Blanc- Valleron 1990) استفاده شده است. همچنین بهتر است که در تفسیر پارامترهای پیرولیزی رسوبات کربناته با کربن آلی کمتر از ۱ درصد (اکثر نمونه‌های مورد مطالعه دارای TOC کمتر از ۱ درصد وزنی می‌باشند)، از اندیس‌های شاخص اکسیژن (OI) و S_3 استفاده نشود (Katz 1983; Waples 1985; Peters 1986). به همین دلیل است که از نمودار HI/OI برای تعیین تیپ کروژن استفاده نشده است. در ضمن روش پیرولیز راک-اول برای بررسی ژئوشیمی آلی رسوباتی که دچار تدفین و بلوغ حرارتی شده‌اند، مناسب‌تر می‌باشد و برای نهشته‌های فاقد بلوغ حرارتی لازم (رسوبات جوان خلیج فارس) بهتر است جهت بررسی‌های دقیق‌تر علاوه بر آن از آنالیزهای دیگری نظیر تعیین نسبت اتمی H/C و O/C و محاسبه مقدار C/N استفاده گردد (Hunt 1995).

نتیجه‌گیری

بر مبنای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی-شیمیایی آب خلیج فارس، میانگین مقدار اکسیژن محلول $6/2 \text{ ppm}$ در آب‌های سطحی تا عمق ۱۵ متری و در آب‌های عمیق‌تر 5 ppm ، میانگین مقدار شوری $38/3 \text{ gr/lit}$ ، میانگین مقدار دمای آب‌های سطحی $21/5$ درجه سانتی‌گراد و میانگین مقدار PH $8/1$ می‌باشد. نتایج بررسی‌های دانه‌سنجی نشان‌دهنده وجود ۴ نوع رسوب عمده گل با کمی گراول، گل ماسه‌ای، گل گراولی و گل ماسه‌ای با کمی گراول در مناطق شمال شرقی و میانی و ۴ نوع رسوب عمده گل، ماسه گلی، گل ماسه‌ای و ماسه گلی

- Gulf's marine ecosystems from pollution. Birkhäuser, Switzerland, 285 p.
- Baudin, F. Disnar, J. R. Martine, P. and Dennielou, B. 2010, Distribution of the organic matter in the channel-Levees systems of the Congo mud-rich deep sea fan (West Africa): implication for deep offshore petroleum source rocks and global carbon cycle: *Marine and Petroleum Geology*, v. 27, p. 995-1010.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), 2002, Delivering timely water quality information to your community, Chesapeake Bay and National Aquarium Baltimore: EMPACT Projects. 87 p.
- Folk, R. L. 1974, Petrology of sedimentary rocks. Hemphill publishing company Austin, Texas. 184p.
- Ghazban, F., 2009, Petroleum Geology of the Persian Gulf, Tehran University press, 707p.
- Goddard, D. A. Mancini, E. A. Talukar, S. C. and Horn, M. 1997, Bossier – Hanesville shale, North Louisiana salt basin: Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, center for energy, pdf file, www. api. ning. Com/ files, 46.
- Harris, N.B. 2005, The deposition of organic carbon-rich sediments: models, mechanisms and consequences: *SEPM Special Publication*, v. 82, 282 p.
- Höpner, T. 1999, Intertidal treasure Khowr -e Mussa - unraised. *Wadden Sea Newsletter: Germany*, v. 1, p. 3-6.
- Hunt, J. M. 1995, Petroleum geochemistry and geology: Freeman, New York, 743 p.
- Hyland, J. Karakassis, I. Magni, P. Petrov, A. and Shine, J. 2000, Summary Report: Results of (بوشهر و خوزستان) به دلیل تمرکز بیشتر رودخانه‌های ورودی در نواحی غربی نسبت به شرقی، افزایش در کروژن‌های تیپ III (مواد آلی با منشأ خشکی زی) و مخلوط III-II مشاهده می‌شود.
- منابع**
- فاطمی، م. ر. و عبایی، م. س.، ۱۳۸۲، وضعیت محیط زیست خلیج فارس (محدوده دریایی راپمی)، دفتر محیط زیست دریاچه سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ۲۶۳ ص.
- Abayachi, J. and Al-Saad, H.T. 1988, Trace elements in fish from the Arabian Gulf and the Shatt Al-Arab River, Iraq: *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 40, p. 226-232.
- Albadran, B. Hassan, W.F. 2003, Clay mineral distribution of supratidal region, South of Iraq: *Jour. Marine Mesopotamica*. v. 18, p. 25-33.
- Al-Sharhan, A. S. and Kendall, C. G. St. C. 2003, Holocene coastal carbonates and evaporates of the southern Persian Gulf and their ancient analogues: *Earth- Science Reviews*, v. 61, p. 191-243.
- Al -Yamani, F.Y. 2008, Importance of the freshwater influx from the Shatt-Al-Arab River on the Gulf marine environment. In: Abuzinada, A.H., Barth, H. J., Krupp, F., Böer, B. and Al -Abdessaalam, T. Z. (Eds.), *Protecting the Gulf's marine ecosystems from pollution*. Birkhäuser, Switzerland, 285 p.
- Barth, H. J. Yar Khan, N. 2008, Biogeophysical setting of the Gulf. In: Abuzinada, A. H., Barth, H. J., Krupp, F., Böer, B. and Al -Abdessaalam, T.Z. (Eds.), *Protecting the*

- organic carbon: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 74, p. 799-804.
- Marchand, C., E. Lallier-Verges, and F. Baltzer, 2003, The composition of sedimentary organic matter in relation to the dynamic features of a mangrove Fringed coast in French Guiana: Estuarine, Coastal and shelf Science, v. 56, p. 119-130.
- Meyers, P. A., 2003, Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstruction: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes: Organic Geochemistry, 34:261- 289.
- Meyers, P. A., 1997, Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes: Organic Geochemistry, v. 27, p. 213-250.
- Meyers, P. A. and E. L. Verges, 1999, Lacustrine sedimentary organic matter records of Late Quaternary paleoclimates: Journal of Paleolimnology, v.21, p. 345-372.
- Paropkari, A., C. Prakash, and A. Mascarenhas, 1993, New evidence for enhanced preservation of organic carbon in content with oxygen minimum zone on the Western continental slope of India: Marine Geology, v. 111, p. 7-13.
- Patience, A. J., E. Lallier-Verges, P. Alberic, A. Desprairies, and N. Tribouvillard, 1996, Relationships between organo-mineral and early diagenesis in the Lacustrine environment: A study of surficial sediments from the Lac du Bouchet (France): Quaternary Science Reviews, v. 15, p. 213-221.
- Peters, K. E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed initial planning meeting of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Benthic Indicator Group, 70p.
- Johns, W. E. F., D. B. Yao, S. A. Olson, J. P. Josey, B. Grist, and D. A. Smeed, 2003, Observations of Seasonal Exchange through the Straits of Hormuz and the Inferred Heat and Freshwater Budgets of the Persian Gulf: J. Geophys. Res., v. 108, p. 3391-3409.
- Jones, R. W., 1987, Organic facies. In: Brooks, J., and Welte, D., (Eds.), Advances in petroleum geochemistry. London: Academic Press, v. 2, p. 1-90.
- Kampf, J., and M. Sadrinasab, 2006, The circulation of the Persian Gulf: a numerical study: Ocean Sci., v. 2, p. 27-41.
- Katz, B. J., 1983, Limitations of Rock-Eval pyrolysis for typing organic matter, Organic Geochemistry, v. 4, p. 195-199.
- Lardner, R. W., A. H. Al-Rabeh, N. Gunay, M. Hossain, R. M. Reynolds, and W.J. Lehr, 1993, Computation of the residual flow in the Gulf using the Mt Mitchell data and the KFUPM/RI hydrodynamical models: Marine Pollution Bulletin, v. 27, p.61-70.
- Lewis, C. F., M. L. A. Mayer, P. K. Mukhopadhyay, M. A. Kruge, and J. P. Coakley, 2000, Multi beam sonar backscatter lineaments and anthropogenic organic components in lacustrine silty clay, evidence of shipping in western lake Ontario: International Journal of coal Geology, v. 43, p. 307-324.
- Longford, F. F. and M. M. Blanc-Valleron, 1990, Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolyzable hydrocarbons vs. total

- 79, p. 190- 197.
- Suess, E., L. D. Kulm, and J. S. Killingley, 1987, Coastal upwelling and a history of organic-rich mudstone deposition off Peru. In: Brooks, J., and Fleet, A. J. (Eds.), *Marine Petroleum source rocks: Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, v. 26, p. 181- 197.
- Talling, J. F., 1980, Water characteristics. In: Rzoska, J. (Eds.), *Euphrates and Tigris: Mesopotamian Ecology and Destiny: Monographiae Biologicae*, v. 38, p. 63-86.
- Tyson, R. V., 1995, *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies: Chapman & Hall, London*, 615p.
- Wagner, T., and L. M. Dupont, 1999, Terrestrial organic matter in marin sediments: Analytical approaches and Eolian-marine records in the central Equatorial Atlantic. In: Fischer, G., and Wefer, G., (Eds.), *Use of proxies in paleoceanography. Springer, Berlin*, p.547-574.
- Waples, D. W., 1985, *Geochemistry in petroleum exploration. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Holland/ Boston-U.S.A*, 232p.
- Waseda, A., M. Didyk-Borys, and Y. Kajiwara, 1995, Carbon isotope compositions of organic matter from the Chile continental margin. In: Lewis, S. D., Behrmann, J. H., Musgrave, R. J., and Cande, S. C., (Eds.), *Proceedings of the ocean drilling program: Scientific Results*, v. 141, p. 299-305.
- pyrolysis: *AAPG Bulletin*, v.70, p. 318-329.
- Pratima, M., L. Kessarkar, and R. Purchandra, 2007, Organic carbon in sediments of the southwestern margin of India: influence of productivity and Monsoon variability during the late Quaternary: *Journal Geological Society of India*, v. 69, p. 42-52.
- 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*, v. 27, p. 35-59.
- Saad, M. A. H., 1982, Distribution of nutrient salts in the lower reaches of the Tigris and Euphrates, Iraq: *Water Supply and Management*, v. 6, p. 443-453.
- Sannei, H., and F. Goodarzi, 2006, Relationship between organic matter and mercury in recent lake sediment: The physical-geochemical aspects, *Applied Geochemistry*, v. 21, p.1900-1912.
- Sheppard, C., A. Price, and C. Roberts, 1992, *Marine ecology of the Arabian region, Academic Press. London*, 360p.
- Sifeddine, A., L. Gutierrez, L.Ortlieb, H. Boucher, F. Velazco, D. Field, G. Vargas, and M.Boussafir, 2008, Laminated sediments from the central Peruvian continental slope: A 500 year record of upwelling system productivity, terrestrial run off and redox conditions: *Progress in Oceanography*, v.

