View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

http://ui.ac.ir/en

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
E-ISSN: 2423-8007
Document Type: Research Paper
Vol. 36, Issue 2, No. 79, Summer 2020, pp. 105-124
Received: 20.07.2019 Accepted: 20.02.2020

# Sedimentary and geochemical characteristics of coastal deposits in Hormoz Island in the south of Iran

**Mehdi Gholamdokht Bandari**
*M.Sc. of Sedimentology and Sedimentary Rocks, Department of Natural Resources and Watershed, Hormuzgan Province, Iran.*
*gholamdokht.bandari@yahoo.com*
**Payman Rezaee***
*Associate Professor, Department of Geology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran*
*p.rezaee@hormozgan.ac.ir*
**Mansour Ghorbani**
*Assistant Professor, Department of Geology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran*
*mmghorbanii@yahoo.com*

**Abstract**
Hormuz Island at the entrance of the Persian Gulf and Oman Sea is a symbol of Iranian diapirism and the Hormuz series. In considering the location of the island and the development plans for Hormuz Island, it is important to know the composition and characteristics of the island's coastal sediments. This study was conducted to study the sedimentary, mineralogical, and geochemical properties of the coastal sediments of this island. For this purpose, In this study, 20 thin sections were made from gravelly rock samples as well as 27 surface sediment samples from nine stations has been collected. Routine sedimentologic tests have been done on these samples including quantitative mineralogy by XRD, separation, and identification of heavy minerals using bromoform solution and magnetic property, heavy metals and primary oxides were analyzed by XRF and petrographic study using a polarizing microscope. The results indicate that the sediments are sandy to gravel in terms of grain size. The average amount of calcium carbonate is 32 to 62 percent. The mineralogy of sediments shows that suite of calcite, quartz, feldspar, plagioclase, dolomite, aragonite, clay minerals (Kaolinite and Illite) and heavy minerals (magnetite, hematite, oligiste, epidote, pyroxene, pyrite, goethite, limonite, apatite, barite,) are other components of superficial sediments. The study of thin sections under the polarizing microscope shows that most gravels on the coast have an igneous origin (rhyolitic and trachytic). The findings of this study indicate that the main source of these sediments is the alteration and erosion of the Hormoz Serie (the Late Precambrian–Cambrian) in the center of the island under wet, humid conditions.
**Keywords**: Hormoz Island, Sedimentology, Mineralogy, Geochemistry.

## Introduction

Studying the sediments of coasts and seabed, examining their constituent elements and minerals are among the important goals in marine geology (Prins et al. 2000). It should be mentioned that beaches provide many advantages in service, construction, environment, and welfare activities. Understanding the composition and physical and chemical properties of coastal sediments will help to formulate coastal development plans. Geologically, the Hormuz Island is located at the entrance of the Persian Gulf and Oman Sea between 56˚30′ 80″ and 56˚ 25′ 10″ east longitude, 27 ˚ 02′ 07″and 27˚ 06′ 25′ north latitude. Hormoz Island lies at the southeastern end of the Zagros sedimentary-structural zone (Aghanabati 2006). In this study, we tried to identify the sedimentology, mineralogy, and geochemistry of coastal sediments of Hormoz Island to identify the origin of these sediments.

## Materials & Methods

To investigate the sedimentological, mineralogical, and geochemical characteristics of the coastal deposits of Hormoz Island and to achieve the objectives of this study, surface sampling (point-random sampling) was performed. For sedimentological, geochemical, and mineralogical analysis, 27 surface sediment samples were collected (three samples per station for sedimentology, heavy metals, and heavy mineral studies) from 10 to 40 cm depth using a cylindrical container made of polycarbonate in Autumn 2012. Also, 20 samples were taken at stations that had gravel and some outcrops close to the shore for providing thin sections and studying lithology. The depth of water in the sampling was unaffected. Field sampling was performed at the distance between land and water in the tidal zone. For this purpose, two samples from the outcrop and rubble of the existing rocks have been taken from each station to prepare thin sections for mineralogical and provenance studies. It should

*Corresponding author
Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially.
Doi: 10.22108/jssr.2020.118294.1111

be noted that the station number four was boulders beach and the ochre of mine adjacent to this station has been taken for measuring heavy metals and bulk mineralogy. The most important experiments on sediments include grading, calcimeter, mineralogy, XRD analysis to identify clay minerals (Tucker 1989), and separation of heavy minerals using bromoform solution (Arzani 1997; Khodabakhsh and Sahrarou 2013). Classification of the type of sediments is done based on Folk triangular classification (Folk 1974). Analysis of major and minor elements with XRF method and the preparation of thin sections of gravels have been done in three laboratories including Geological Survey, Hormozgan University and Kansaran Binalod, Tehran. To determine the size of the sedimentary particles, sediments larger than 63 microns were screened by sieve, and sediments smaller than 63 microns were analyzed using a hydrometer. The amount of calcium carbonate (calcite) and dolomite in sediments was analyzed by autocalcimeter. Identification and study of heavy minerals in coastal sediments of Hormoz Island using bromoform solution (CHBR3 separate heavy from light minerals and with the employing magnetic properties by VSM vibration sampling method with magnetometer Magnetism has been done). Physical properties were identified at the University of Hormozgan Laboratory (the study of minerals with Binocular microscope) and the Geological Survey of Iran (separation of heavy minerals by bromoform). To increase the accuracy of the detection of silicate minerals, six thin sections of medium sand size were prepared and studied by light microscopy.

**Discussion of Results & Conclusions**

Based on the results obtained from particle size analysis (granulometric analysis) and using the Folk triangular classification (Folk 1974), Hormoz Island sediments are often sand, sandy gravel, gravel, and gravelly sands. The sediments of this island have mesiokurtic to leptokurtic kurtosis, indicating the influence of waves and tidal performance. Sediments have low sphericity and they are angular. The skewness results in the sediments indicate that the particle size of the coastal sediments of Hormoz Island is in the range of medium-grained sand and deposited in a relatively high energy environment . Besides, the skew of sediments is negative. These sediments are mainly composed of carbonate, quartz, dolomite, halite, feldspar, and mica, respectively. The results of the experiments show that the amount of calcite in the studied samples varies from 32% to 62%. The results of XRD show the presence of calcite, quartz, hematite, plagioclase, clay minerals (illite and kaolinite) and halite in all sediments of the coastal island of Hormuz. The results show that halite is the most prominent evaporite mineral in these sediments. Due to the solubility of this mineral, it seems that a considerable part of samples was formed by secondary sea-level fluctuations. The abundance of evaporites in the Hormoz series can also be considered as a source of the evaporite minerals.

Light minerals of the samples include carbonate, quartz, feldspar, dolomite, aragonite, and halite. Examination of heavy minerals indicates the presence of magnetite, hematite, olivine, pyroxene, apatite, martite, fluorite, limonite, goethite, barite, and zircon. The study of thin sections under the polarizing microscope showed that most of the gravel in the shore are rhyolitic and trachytic in composition, so these igneous rocks could be the source of sediment on the coast of Hormuz. Correlation coefficient analysis and cluster analysis showed that except for chromium and calcium oxide, other heavy metals and their major oxides originate from erosion of the exposed rock units on the island. The placement of calcium oxide in a separate branch over other oxides indicates a different origin for this element and its biological origin. Comparison of the abundance of minerals such as heavy minerals and evaporite minerals in Hormoz Island sediments with the exposed rocks of this island indicates that weathering and erosion of these exposed rock units under warm-humid climatic conditions can be the source of these elements in coastal sediments. The findings of this research can undoubtedly help to formulate and implement coastal and economic development on the island of Hormuz.

پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی
سال سی و ششم، شماره پیاپی ۷۹، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ وصول: ۱۳۹۸/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۱
صص ۱۰۵-۱۲۴

# مشخصه‌های رسوبی و ژئوشیمیایی نهشته‌های ساحلی جزیرهٔ هرمز در جنوب ایران

**مهدی غلام دخت بندری**، *کارشناس ارشد رسوب‌شناسی، ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری هرمزگان، استان هرمزگان، بندرعباس، ایران*
gholamdokht.bandari@yahoo.com
**پیمان رضائی** *، *دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، ایران*
p.rezaee@hormozgan.ac.ir
**منصور قربانی**، *استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، ایران*
mmghorbanii@yahoo.com

**چکیده**

جزیرهٔ هرمز در ورودی خلیج فارس و دریای عمان، نماد دیاپیریسم در ایران و سری هرمز است. باتوجه‌به موقعیت قرارگیری جزیره و نظر به برنامه‌های توسعه‌ای برای ساحل جزیرهٔ هرمز، شناخت ترکیب و ویژگی‌های رسوبات ساحل این جزیره اهمیت فراوانی دارد. پژوهش حاضر با هدف مطالعهٔ ویژگی‌های رسوبی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی رسوبات ساحلی این جزیره انجام شد.در پژوهش حاضر، ۲۰ نمونهٔ سنگی از گراول‌های موجود در محدودهٔ مورد مطالعه مقطع نازک گردید؛ همچنین ۲۷ نمونه رسوب سطحی از ۹ ایستگاه برداشت و آزمایش‌های پایهٔ رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی کمی به روش XRD، شناسایی کانی‌های سنگین با استفاده از محلول برموفرم و خاصیت مغناطیسی، سنجش فلزات سنگین و اکسیدهای اصلی به روش XRF و مطالعهٔ کانی‌شناسی به کمک میکروسکوپ پلاریزان روی آنها انجام شدند. نتایج نشان دادند رسوبات ازنظر دانه‌بندی در محدودهٔ ماسه تا ماسهٔ گراولی قرار می‌گیرند. مقدار متوسط کربنات‌کلسیم ۳۲ تا ۶۲ درصد محاسبه شد. کانی‌شناسی رسوبات نشان داد مجموعه‌ای از کانی‌های هماتیت، کلسیت، کوارتز، فلدسپات، پلاژیوکلاز، دولومیت، آراگونیت، کانی‌های رسی(کائولینیت و ایلیت) و کانی‌های سنگین (مگنتیت، هماتیت، الیژیست، اپیدوت، پیروکسن، پیریت، گوتیت، لیمونیت، آپاتیت، باریت، زیرکن، فلوریت) اجزای متشکله رسوبات سطحی را تشکیل می‌دهند. مطالعهٔ مقاطع نازک نشان داد بیشتر گراول‌های موجود در ساحل منشأ آذرین دارند و ترکیب ریولیتی و تراکیتی را نشان می‌دهند. یافته‌های پژوهش حاضر نشان دادند منشأ اصلی این رسوبات، دگرسانی و فرسایش سنگ‌های سری هرمز(پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین) در مرکز این جزیره در شرایط آب‌وهوای گرم مرطوب است.

**واژه‌های کلیدی**: جزیرهٔ هرمز، رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۳۶۱۶۴۵۹

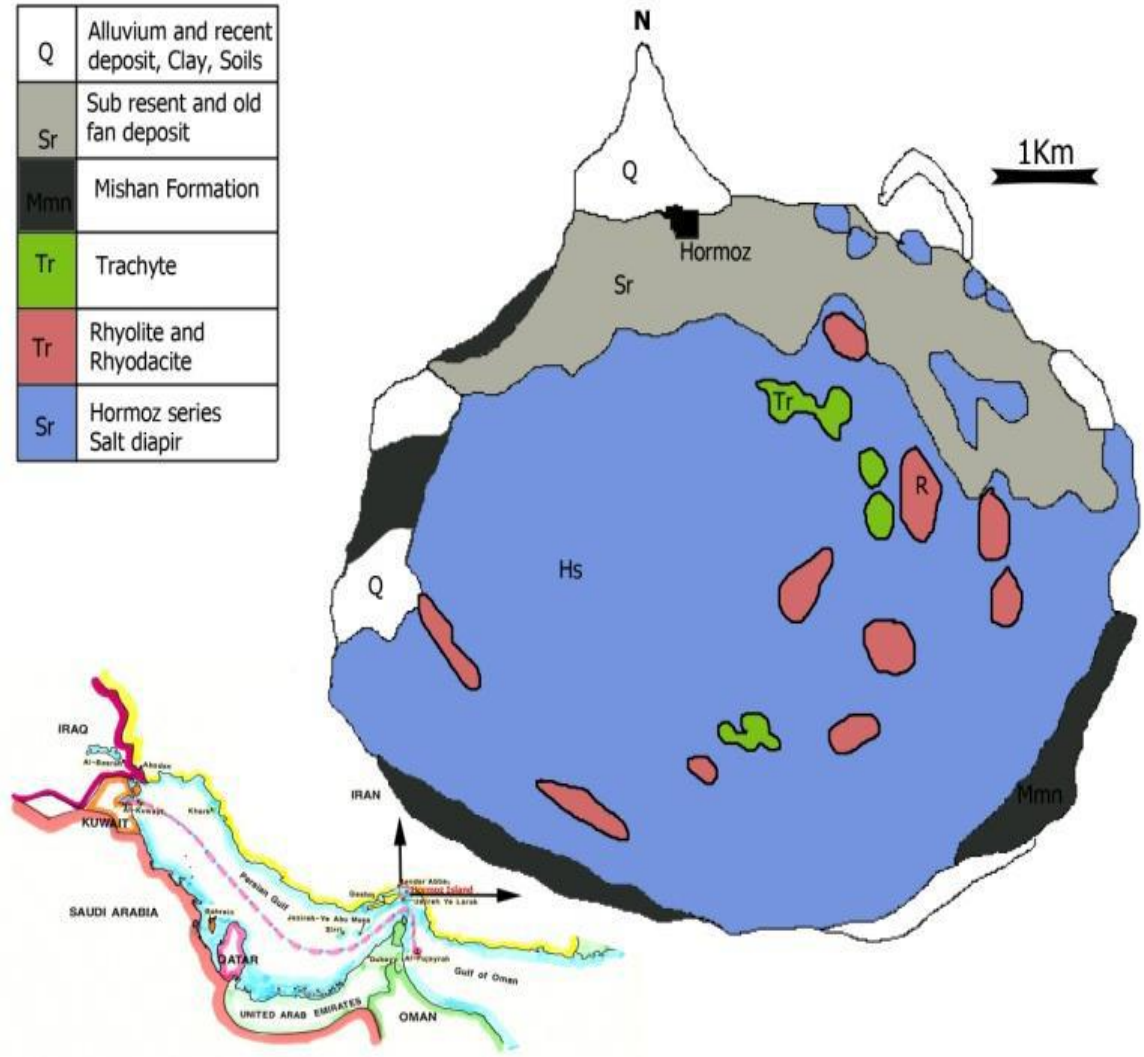
Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can’t change it in any way or use it commercially.
Doi: 10.22108/jssr.2020.118294.1111

**مقدمه**

مطالعهٔ رسوبات سواحل و بستر دریاها و بررسی عناصر و کانی‌های متشکلهٔ آنها ازجمله اهداف مهم زمین‌شناسی دریایی محسوب می‌شود (Prins et al. 2000)؛ همچنین باتوجه‌به اینکه سواحل ارزش زیادی در فعالیت‌های خدماتی، عمرانی، زیست‌محیطی، رفاهی و ... دارند، شناخت ترکیب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات آنها کمک شایانی به تدوین برنامه‌های توسعه‌ای سواحل خواهد کرد؛ ازجمله برنامه‌های یادشده می‌توان به برنامه‌های عمرانی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، استانداری هرمزگان و بنیاد برکت در جزیرهٔ هرمز اشاره کرد که مطالعه‌های رسوب‌شناسی کارکرد بسیاری در این برنامه‌ها دارند. دگرسانی شیمیایی رسوبات یادشده موجب آزادشدن تعدادی از عناصر شیمیایی در محیط رسوبی می‌شود. بررسی‌های رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی رسوبات ابزار بسیار مفیدی برای درک شرایط و تغییرات رسوب‌گذاری است (Beg 1995). مطالعه‌های ژئوشیمیایی رسوبات در محیط‌های ساحلی و آبی گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش فلزات سنگین و ارزیابی زیست‌محیطی وضعیت آلاینده‌های موجود در منطقه است (Shajan 2001; Defew et al. 2005). اگرچه مطالعه‌های رسوب‌شناسی و بررسی غلظت فلزات در بنادر صیادی و رسوبات سطحی نواحی ساحلی بسیاری از نقاط دنیا انجام شده‌اند (Binning and Barid 2003; Man et al. 2004; Caplat et al. 2005; Mccready et al. 2006; Muzuka 2007 Ahdy and Khaled 2009; Herve et al. 2010;Afarin et al. 2015; Spagnoli et al. 2014; Benmoussa et al. 2019; Rao et al. 2019)، این گونه پژوهش‌ها در زمینهٔ سواحل ایرانی دریای عمان و خلیج فارس به‌طور محدود انجام شده‌اند. اگرچه سواحل جزیرهٔ هرمز ازنظر پتانسیل‌های صنعتی ازجمله صنعت گردشگری اهمیت بسیار زیادی دارند، تاکنون مطالعه‌ای دربارهٔ ترکیب کانی‌شناسی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جزیرهٔ هرمز انجام نشده است که این امر ممکن است به دلایلی ازجمله محدودیت‌های دسترسی به منطقه و هزینه‌های زیاد بررسی‌ها باشد؛ گفتنی است نهادهای نظامی و شرکت‌های تابع وزارت نفت مطالعه‌های تخصصی را به‌شکل تحت‌الارضی و سطح‌الارضی انجام داده‌اند که نتایج آنها به‌علت راهبردی‌بودن موقعیت جزیرهٔ هرمز در دسترس عموم قرار ندارند.

**زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی جزیرهٔ هرمز**

از دیدگاه زمین‌شناسی، جزیرهٔ هرمز در ورودی خلیج فارس و دریای عمان، بین مدارهای "۱۰ ′۲۵ °۵۶ و "۸۰ ′۳۰ °۵۶ طول شرقی و "۰۷ ′۰۲ °۲۷ و "۲۵ "۰۶ °۲۷ عرض شمالی واقع شده است. جزیرهٔ هرمز در انتهایی‌ترین جنوب‌خاوری پهنهٔ رسوبی- ساختاری زاگرس قرار دارد (Aghanabati 2006) و حاصل دیاپیریسم سری هرمز است (Eliassi et al. 1975)؛ این سری شامل سنگ‌های رسوبی (سنگ‌آهک و دولومیت)، سنگ‌های پلوتونیکی (نظیر دیاباز) و آتشفشانی (ریولیت، تراکیت، بازالت و توف) است. رخنمون‌های محدودی از سازند آغاجاری (میوسن میانی- پلیوسن میانی) و سازند میشان (میوسن پیشین- میانی) در کنار نهشته‌های بادی و ساحلی در این جزیره دیده می‌شوند (شکل ۱).



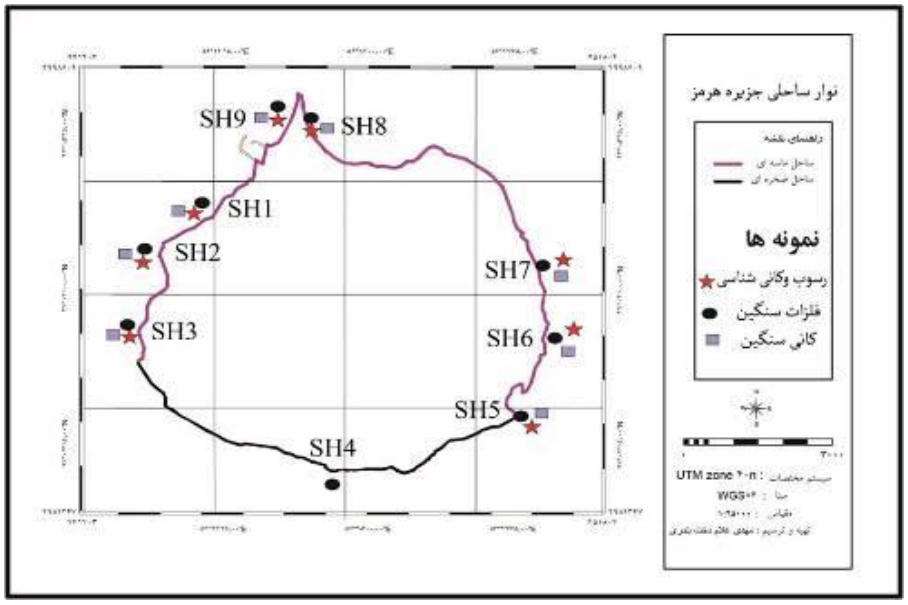

**شکل ۱- نقشهٔ زمین‌شناسی جزیرهٔ هرمز** (برگرفته از Eliassi et al.1975)

از دیدگاه ریخت‌شناسی، جزیرهٔ هرمز ساختمانی و بیضوی‌شکل است، بخش اعظم جزیره گنبد نمکی است و ارتفاعات، دشت و ساحل در کل جزیره دیده می‌شود؛ ارتفاعات جزیرهٔ هرمز عموماً در بخش‌های جنوبی جزیره متمرکز شده‌اند، بخش‌های دشت در سطح و حاشیهٔ شمالی جزیره پراکنده‌اند و سواحل جزیرهٔ هرمز عموماً ماسه‌ای و گاهی صخره‌ای با پرتگاه‌های عمود یا دارای پادگانه‌اند. شکل ۲، نمای کلی ساحل و ریخت‌شناسی جزیره را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر سعی شده است با بررسی و مطالعهٔ رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز به شناسایی منشأ این رسوبات پرداخته شود.

**شکل ۲- الف. نمایی از ارتفاعات و واحدهای سنگی رخنمون‌یافته در جزیرهٔ هرمز (دید به‌سوی شمال)، ب. نمایی از پادگانه‌های ساحلی در نوار جنوبی جزیرهٔ هرمز (دید به‌سوی شرق)، پ. نمایی از ساحل ماسه‌ای جزیرهٔ هرمز (دید به‌سوی شرق)، ت. نمایی از ساحل صخره‌ای با پرتگاه‌های عمود بر دریا در نیمهٔ جنوبی جزیره (دید به‌سوی جنوب)**

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی نهشته‌های ساحلی جزیرهٔ هرمز و رسیدن به اهداف پژوهش حاضر، نمونه‌برداری به‌طور سطحی (نقطه‌ای- تصادفی) انجام شد (Khodabakhsh and Sahrarou 2013; Arzani 1997). به‌منظور انجام آزمایش‌های رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، تعداد ۲۷ نمونه رسوب سطحی (هر ایستگاه ۳ نمونه برای مطالعهٔ رسوب‌شناسی، فلزات سنگین و کانی سنگین) از عمق ۱۰ تا ۴۰ سانتی‌متری با ظرف استوانه‌ای‌شکلی (Tucker 1989) از جنس پولیکا طی پاییز ۱۳۹۱ برداشت شدند؛ همچنین تعداد ۲۰ نمونهٔ سنگی از گراول در ایستگاه‌هایی که گراول داشتند (به‌طور میانگین ۲ نمونه از هر ایستگاه) و رخنمون‌های مشرف به ساحل برای تهیهٔ مقطع نازک و بررسی‌های سنگ‌شناسی برداشت شدند. عمق آب در نمونه‌برداری بی‌تأثیر بود. نمونه‌برداری دقیقاً در فاصلهٔ بین خشکی و آب در پهنهٔ جزرومدی انجام شد؛ گفتنی است ایستگاه ۴، ساحل تخته‌سنگی بود و خاک سرخ معدن مجاور این ایستگاه برای سنجش فلزات سنگین و کانی‌شناسی نمونه‌برداری شد (شکل ۳).




**شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز**

مهم‌ترین آزمایش‌هایی که روی رسوبات انجام شدند، عبارتند از: دانه‌بندی، کلسیمتری، کانی‌شناسی، تجزیه‌وتحلیل XRD به‌منظور شناسایی کانی‌های رسی (Tucker,1989)، شناسایی کانی‌های سنگین با استفاده از محلول برموفرم ($CHBr_3$) (Khodabakhsh and Sahrarou 2013; Arzani 1997)، تجزیه‌وتحلیل عناصر اصلی و فرعی به روش XRF و تهیهٔ مقاطع نازک از گراول‌ها که در آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی، دانشگاه هرمزگان و کانساران بینالود تهران انجام شد. به‌منظور تعیین اندازهٔ ذرات رسوبی، رسوبات بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون به روش الک‌کردن و رسوبات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون به روش هیدرومتری دانه‌بندی شدند. میزان کربنات‌کلسیم (کلسیت) و دولومیت رسوبات با دستگاه Autocalcimeter تجزیه‌وتحلیل شد. چند روش برای مطالعهٔ کانی‌شناسی رسوبات باتوجه‌به اهداف پژوهش استفاده شدند که عبارتند از: الف) تعیین ترکیب کانی‌شناسی رسوبات به روش تجزیه‌وتحلیل ژئوشیمیایی XRD که به‌طور کمّی انجام شد؛ ب) تهیهٔ ۲۰ مقطع نازک از گراول‌ها و رخنمون‌های موجود؛ ج) شناسایی و مطالعهٔ کانی‌های سنگین رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز که کانی‌های سنگین با محلول برموفرم از کانی‌های سبک جدا و بر اساس ویژگی‌هایی مانند خاصیت مغناطیسی به روش نمونهٔ مرتعش VSM با دستگاه مغناطومتر (بدون مغناطیس، مغناطیس متوسط و مغناطیس قوی) و ویژگی‌های فیزیکی در آزمایشگاه دانشگاه هرمزگان (مطالعهٔ کانی‌ها با بینوکولار) و سازمان زمین‌شناسی و اکشافات معدنی کشور (جداسازی کانی‌های سنگین با برموفرم) شناسایی شدند. به‌منظور افزایش دقت شناخت کانی‌های سیلیکاته، تعداد ۶ مقطع نازک از رسوبات در حد ماسهٔ متوسط تهیه و با میکروسکوپ نوری مطالعه شدند.

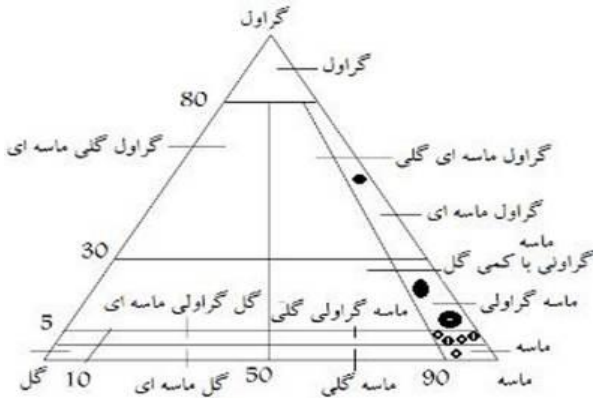
## نتایج و بحث

### رسوب‌شناسی

باتوجه‌به نتایج دانه‌بندی، نوع رسوبات بر مبنای مثلث فولک (Folk 1974) مشخص شد (شکل ۳). مشخصه‌های آماری مانند میانه، میانگین، جورشدگی، کشیدگی و کج‌شدگی رسوبات با نرم‌افزار Sediment Size محاسبه شدند (جدول ۱). رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز ازنظر دانه‌بندی به‌طور عمده در محدودهٔ ماسه تا ماسهٔ گراولی قرار دارند و یک نمونه نیز گراول ماسه‌ای است (شکل ۴).

**جدول۱- مشخصه‌های آماری در رسوبات ایستگاه‌های مطالعه‌شده**

| Station No | میانگین قطر | میانه | کج‌شدگی | کشیدگی | جورشدگی | نوع رسوبات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SH1 | ۱/۷۵ | ۲/۲ | ۰/۸۵ | ۰/۵ | ۰/۶۷ | ماسهٔ گراولی |
| SH2 | ۱/۹۳ | ۲/۳ | ۰/۳۸ | ۱/۶۳ | ۰/۴۳ | ماسه با کمی گراول |
| SH3 | ۱/۴۱ | ۲ | ۰/۱۵ | ۱/۲ | ۰/۳۸ | ماسه |
| SH5 | ۰/۶۱ | ۱/۵ | -۰/۰۴ | ۰/۶۵ | ۰/۸۷ | ماسه با کمی گراول |
| SH6 | ۰/۵ | ۱/۲۵ | ۰/۲۶ | ۰/۹۹ | ۰/۷۶ | گراول ماسه‌ای |
| SH7 | ۰/۸۱ | ۱/۵ | ۰/۰۵ | ۰/۹۷ | ۰/۹۲ | ماسهٔ گراولی |
| SH8 | ۱/۷۱ | ۲ | ۰/۸۴ | ۱/۲۳ | ۱/۰۴ | ماسه با کمی گراول |
| SH9 | ۱/۷۱ | ۲ | ۰/۸۴ | ۱/۲۳ | ۱/۰۴ | ماسه با کمی گراول |




**شکل۴- نام‌گذاری نوع رسوبات بر اساس روش فولک (Folk 1974)**

رسوبات این جزیره جورشدگی متوسط تا خوب دارند که نشان‌دهندهٔ تأثیر عملکرد امواج و جزرومد است و ازنظر کشیدگی متوسط تا کشیده‌اند. نتایج کج‌شدگی در رسوبات نشان می‌دهند اندازهٔ ذرات رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز در محدودهٔ ماسهٔ متوسط قرار دارد و در محیط نسبتاً پرانرژی ته‌نشین شده‌اند که با نتایج دانه‌بندی مطابقت دارد (Zarei-Shamili 2013). درمجموع، رسوبات در حد ماسه بیشتر بخش‌های نوار ساحلی جزیرهٔ هرمز را تشکیل می‌دهند. میانگین حجم هریک از طیف‌های اندازهٔ ذرات را می‌توان بر حسب درصد به‌شکل ۸۵ درصد ماسه، ۱۳ درصد گراول و ۲ درصد گل بیان کرد. بخشی از رسوبات که در محدودهٔ گراول قرار دارند، بیشتر بقایای صدف جانوران و رسوبات سیمانی‌شده‌ای‌اند که در موقع الک‌کردن در محدودهٔ گراول قرار می‌گیرند؛ همچنین ممکن است به‌علت عملکرد امواج به‌ویژه در فصل موسمی، فرسایش مکانیکی زیاد صخره‌های ساحلی موجب تولید رسوبات دانه‌درشت در حد گراول شود؛ از سوی دیگر، امواج و جریان‌های موازی با ساحل توانایی حمل ذرات دانه‌ریز گلی را دارند و به‌علت ناتوانی در حمل ذرات شنی و قلوه‌ای سبب تجمع آنها در ساحل می‌شوند. در منطقهٔ مطالعه‌شده به‌علت فاصلهٔ بسیار کم ساحل و ارتفاعات منطقه، دشت ساحلی گسترش زیادی ندارد و امواج ذرات بزرگ در حد گراول را در خط ساحلی منطقه رسوب می‌دهند که موجب می‌شود ساحل گراولی در بخش‌های جنوب‌غربی جزیره دیده شود (شکل‌های ۴، ب و ۵، الف).

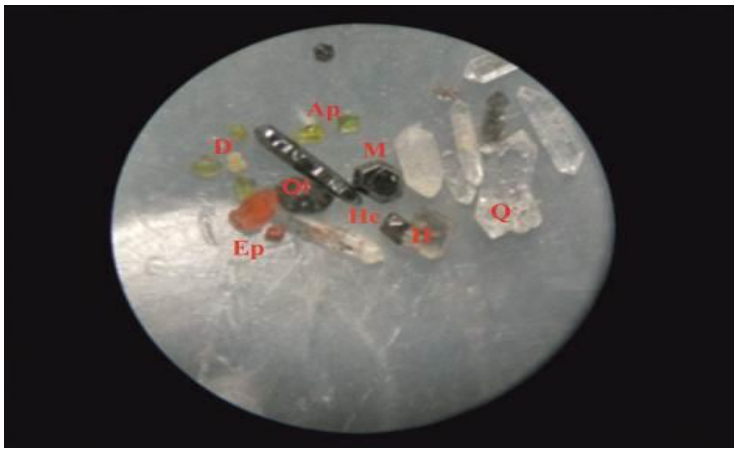
**شکل۵- الف. ساحل گراولی (جنوب‌غربی جزیرهٔ هرمز)، ب. دشت ساحلی (شمال‌شرق و شرق جزیرهٔ هرمز)**

**کانی‌شناسی**

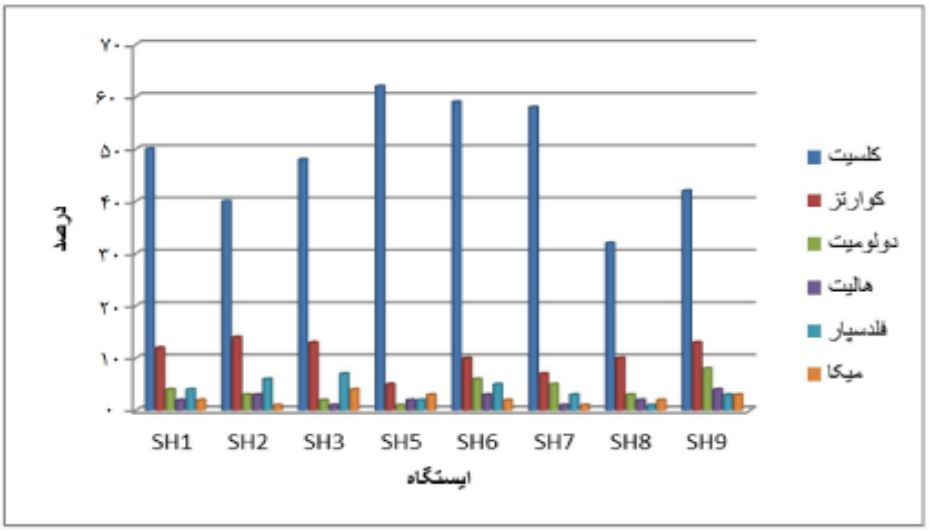
ترکیب کانی‌شناسی رسوبات ساحلی این جزیره شامل کانی‌های روشن (Light Minerals)، کانی‌های رسی (Clay Minerals) و کانی‌های سنگین (Heavy Minerals) است. ذرات غیرآواری موجود نیز ماهیت شیمیایی- بیوشیمیایی دارند و بیشتر اجزا اسکلتی‌اند. فراوانی کانی‌ها در منطقهٔ مطالعه‌شده در جدول ۲ نشان داده شده است. کانی‌های روشن شامل کانی‌های سبکی‌اند که با باد یا از طریق رودخانهٔ فصلی به نوار ساحلی جزیرهٔ هرمز حمل شده‌اند. کانی‌های مهم موجود به‌ترتیب اولویت عبارتند از: کربنات، کوارتز، دولومیت، هالیت، فلدسپار و میکا (شکل ۶). نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهند میزان کلسیت در نمونه‌های مطالعه‌شده از ۳۲ تا ۶۲ درصد متغیر است (شکل ۷).

**جدول ۲- حضور کانی‌ها در ایستگاه‌های مطالعه‌شده (برگرفته از نتایج XRD)**

| کانی | ایستگاه | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SH1 | SH2 | SH3 | SH4 | SH5 | SH6 | SH7 | SH8 | SH9 |
| کوارتز | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| هماتیت | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| کلسیت | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| آلبیت | * | * | * | * | * | | * | * | * |
| پلاژیوکلاز | * | * | * | | | | | | * |
| آراگونیت | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| دولومیت | * | * | * | * | * | | * | * | * |
| موسکویت | * | * | * | | | | | | |
| ایلیت | | | | * | * | * | * | * | * |
| کائولینیت | | * | * | | * | * | * | * | * |
| آنکریت | | | | * | | | | | |
| هالیت | * | * | | | * | | * | * | * |

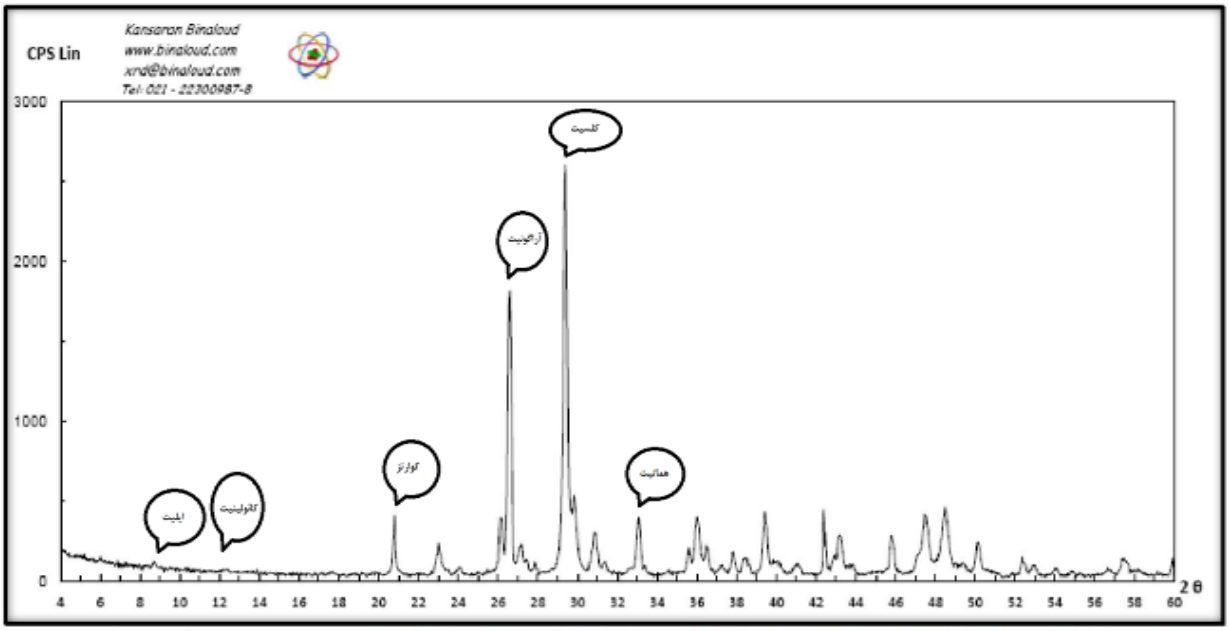



**شکل ۶- کانی‌های موجود در جزیرهٔ هرمز: کوارتز (Q)، هماتیت (He)، مارتیت (از گروه اکسیدهای آهن) (M)، الیژیست (Ol)، هالیت (H)، دولومیت (D)، اپیدوت (Ep) و آپاتیت (Ap)**




**شکل ۷- تغییرات فراوانی کانی‌های متشکلهٔ رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز (برگرفته از نتایج XRD در ایستگاه‌های مطالعه‌شده)**

نتایج پراکنش اشعهٔ X، حضور کانی‌های کلسیت (کانی شیمیایی و بیوشیمیایی)، کوارتز، هماتیت، پلاژیوکلاز، کانی‌های رسی (ایلیت و کائولینیت) و هالیت را در تمام رسوبات ناحیهٔ ساحلی جزیرهٔ هرمز نشان می‌دهند؛ برای نمونه در شکل ۸، نمودار XRD رسوبات در ایستگاه شمارهٔ ۶ نشان داده شده است.




**شکل ۸- نمودار XRD رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز در ایستگاه شمارهٔ ۶**

به‌منظور بررسی منشأ کانی‌های موجود در این رسوبات، رخنمون‌های دو سازند میشان و آغاجاری و سری هرمز تجزیه‌وتحلیل XRD شدند (جدول ۳). وجود کوارتز در رسوبات نشان‌دهندهٔ نقش سری هرمز (سنگ‌های آذرین موجود در این مجموعه)، سازندهای میشان و آغاجاری در منطقه است و حضور فلدسپات و پلاژیوکلاز در این رسوبات گویای رسوب‌گذاری و نزدیک‌بودن منطقهٔ منشأ (سازند آغاجاری و سری هرمز) نسبت به ساحل است (Tucker 2001). بر اساس نتایج کمّی کانی‌شناسی مشخص شد کوارتز حدود ۱۰ درصد از کل ذرات رسوبات ساحلی این جزیره را در محدودهٔ مطالعه‌شده تشکیل می‌دهد.

**جدول ۳- کانی‌های متشکلهٔ سری/سازندهای رخنمون‌یافته در سطح جزیرهٔ هرمز**

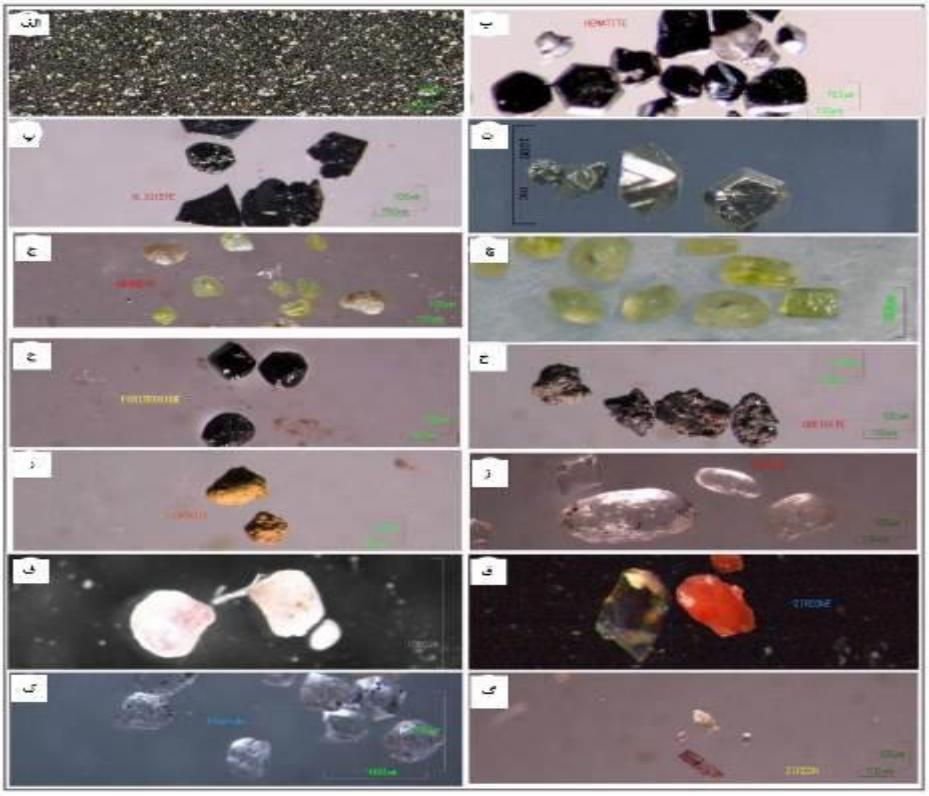
| سازند/سری | کانی‌های متشکله |
|---|---|
| سازند میشان | کلسیت، دولومیت، هالیت،کوارتز،ایلیت |
| سازند آغاجاری | کلسیت،کوارتز، هالیت، دولومیت، پلاژیوکلاز، ایلیت |
| سری هرمز | کوارتز، هماتیت،کلسیت، پلاژیوکلاز، آپاتیت،ژیپس، هالیت، موسکویت، ایلیت |

نتایج تجزیه‌ها نشان می‌دهند کانی هالیت بارزترین کانی تبخیری حاضر در این رسوبات است (جدول ۲). باتوجه‌به انحلال‌پذیری کانی هالیت، به نظر می‌رسد بخش درخور توجهی از آن به‌طور ثانویه و تحت‌تأثیر نوسان‌های سطح آب دریا تشکیل شده است(Sinha and Raymahaashay 2004). فراوانی کانی‌های تبخیری در رسوبات جزیرهٔ هرمز ممکن است به‌علت وجود این کانی‌ها در نهشته‌های سری هرمز باشد و از آنجا منشأ گرفته باشند. ایلیت و کائولینیت، کانی‌های رسی شناسایی‌شده‌ای‌اند که در تمام نمونه رسوبات مطالعه‌شده یکسانند و این یکنواختی کانی‌های رسی در زمان و مکان‌های مختلف دلیلی بر ثابت‌ماندن منشأ و شرایط محیطی رسوبات است (Chamley 1989). کانی‌های رسی در

رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز به‌طور عمده از هوازدگی و دگرسانی سنگ‌های آتشفشانی این جزیره و در شرایط اقلیمی گرم و مرطوب و در حد کمتر از نوشکلی ناشی شده‌اند (Gholamdokht Bandari et al. 2013). ترکیب اصلی رسوبات ساحلی هرمز شامل کلسیت، هماتیت، کوارتز، فلدسپات، پلاژیوکلاز و کانی‌های رسی است. باتوجه‌به سنگ‌های آذرین اسیدی (ریولیت و تراکیت) حاوی فلدسپات در بخش اعظمی از سطح جزیرهٔ هرمز، کائولینیت ممکن است حاصل هوازدگی و فرسایش فلدسپات‌ها باشد که در مراحل بعدی ازجمله آب‌شویی در پهنهٔ جزرومدی به این کانی تبدیل شده‌اند (Tucker 2001).

## کانی‌های سنگین

کانی‌های سنگین (Heavy Minerals)، ذرات ریز با چگالی زیاد (بیشتر از کانی‌های دیگر) هستند و تعیین منشأ رسوبات ازجمله کاربردهای فراوان این کانی‌هاست (Alloway 1995; Morton et al. 2004). حضور کانی‌های سنگین در رسوبات به عوامل مختلفی نظیر تنوع کانی در سنگ مادر، خاستگاه ریخت‌شناسی محیط ته‌نشست و چگونگی حمل‌ونقل و ته‌نشینی آنها در محیط رسوبی بستگی دارد (Pettijohn et al. 1987)؛ همچنین شرایط هیدرولیکی وابسته به جورشدگی ذرات می‌تواند در تمرکز کانی‌های سنگین نقش داشته باشد (Mange and Heinze 2012). مقایسهٔ تنوع کانی‌های سنگین در ایستگاه‌های مختلف جزیرهٔ هرمز نشان داد این کانی‌ها کم‌وبیش یکسان و مشابه یکدیگرند و چنین شرایطی معمولاً نشان‌دهندهٔ منشأ مشترک نمونه‌هاست (Chris and Phllips 1990). کانی‌های سنگین عبارتند از: کانی‌های با خاصیت مغناطیسی قوی (AA)، کانی‌های با خاصیت مغناطیسی متوسط (AV) و کانی‌های بدون خاصیت مغناطیسی (NM) (Ansari 2012). در مطالعهٔ حاضر، کانی‌های AA شامل مگنتیت (شکل ۸)، کانی‌های AV شامل هماتیت، مارتیت، الیژیست، اپیدوت، پیروکسن، پیریت، گوتیت و لیمونیت (شکل ۹) و کانی‌های NM شامل آپاتیت، باریت، زیرکن و فلوریت (شکل ۸) بودند. نتایج نشان دادند کانی‌های سنگین در ۹ ایستگاه مطالعه‌شده تنوع زیادی دارند و منشأ آنها کم‌وبیش یکسان و از انواع سنگ‌های آذرین ریولیتی، تراکیتی، ریوداسیتی و بازالتی است. کانی‌های آپاتیت، زیرکن، هماتیت، مگنتیت و پیریت به‌شکل کانی فرعی در سنگ‌های اسیدی آتشفشانی جزیرهٔ هرمز دیده می‌شوند. وجود آپاتیت‌های با گردشدگی زیاد در نمونه‌ها نشان‌دهندهٔ فعال‌بودن زمین‌ساختی و بالاآمدگی ناشی از گنبد نمکی جزیرهٔ هرمز است که باعث فرسایش بیشتر و گردشدگی کانی آپاتیت شده است (Enghiad-Kamiz 2015). کانی فلوریت درنتیجهٔ دگرسانی گرمایی ریولیتی‌های موجود به وجود آمده است، لیمونیت و اپیدوت کانی‌های ثانویه‌اند و از دگرسانی کانی‌های اصلی به وجود آمده‌اند. غلامدخت بندری و رضایی (Gholamdokht Bandari and Rezaie 2015) طی پژوهشی که در زمینهٔ آلودگی فلزات سنگین رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز و منشأ آنها انجام دادند، فرسایش واحدهای سنگی سری هرمز در کنار فعالیت‌های انسان‌زاد را منشأ فلزات سنگین رسوبات ساحل این جزیره معرفی کردند.



**شکل ۹- کانی‌های سنگین شناسایی‌شده در رسوبات جزیرهٔ هرمز؛ الف. مگنتیت، ب. هماتیت، پ. الیژیست، ت. هماتیت، مارتیت، الیژیست، ج. اپیدوت، چ. پیروکسن، ح. پیریت، خ. گوتیت، ر. لیمونیت، ز. آپاتیت، ف. باریت، ق. زیرکن، ک. فلوریت، گ. زیرکن**

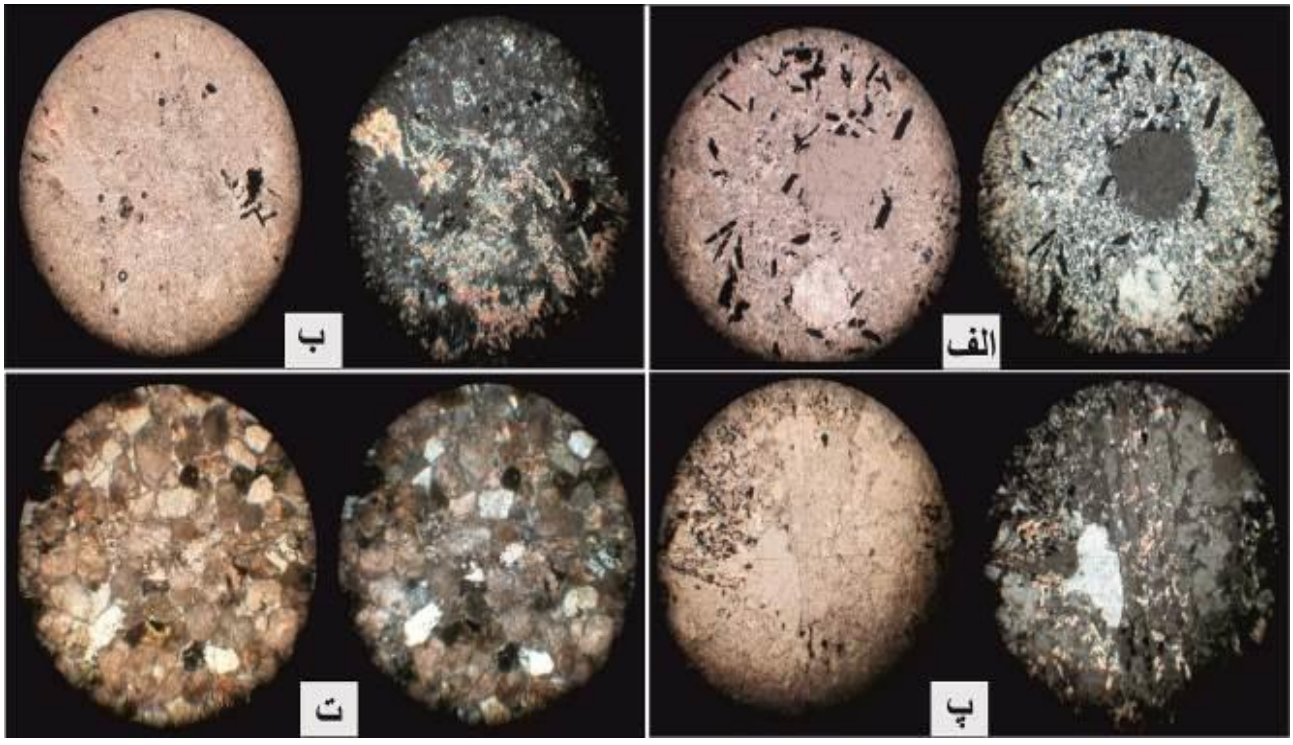
**سنگ‌شناسی**

بخش عمدهٔ سنگ‌های موجود در جزیرهٔ هرمز شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی (آهکی، تبخیری و آواری) است که با سنگ‌های آتشفشانی همچون ریولیت و بازالت و توده‌های نفوذی گرانیتی و دیابازی همراه است (Eliassi et al. 1975). به‌منظور مطالعهٔ منشأ رسوبات، تعداد ۲۰ نمونهٔ سنگی از رخنمون‌ها و گراول‌های موجود در ساحل برداشت و مقاطع نازک تهیه‌شده از آنها با میکروسکوپ سنگ‌شناسی مطالعه شدند و درنهایت، کانی‌های تشکیل‌دهنده، بافت و نام سنگ مشخص شد. تصویر میکروسکوپی ریولیت با بافت پورفیری و فنوکریستال‌های کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکالن در شکل ۱۰، الف مشاهده می‌شود. کانی کوارتز به‌شکل کانی درشت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار به‌شکل فنوکریست و زمینه دیده می‌شود؛ خاموشی موجی و بافت خلیجی از ویژگی‌های کوارتزهای موجود در این مقاطع است. فلدسپات‌های آلکالن به‌شدت دگرسان و به کانی‌های سریست و کائولینیت تبدیل شده‌اند (شکل۱۰، ب). پلاژیوکلازها کمترین حجم را بین فنوکریست‌ها دارند، در نمونه‌هایی ماکل پلی‌سنتتیک دارند و به‌شدت تجزیه‌شدگی نشان می‌دهند و به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند (شکل۱۰، ج). بیوتیت، موسکویت و کانی‌های اپک ازجمله کانی‌های فرعی موجود به شمار می‌آیند. تصویر میکروسکوپی تراکیت با بافت پورفیری میکروگرانولار و فنوکریستال‌های کوارتز و فلدسپات آلکالن در شکل ۱۰، د مشاهده می‌شود. کوارتزها به رنگ شفافند و فلدسپات‌ها اکثراً تجزیه و به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. عمده گراول‌های موجود در ساحل جزیرهٔ هرمز، ریولیت، تراکیت و خرده‌سنگ‌های رسوبی‌اند؛ بیشتر این سنگ‌ها ویژگی‌های اولیهٔ خود را از دست داده‌اند، اما

ریولیت‌ها کم‌وبیش ویژگی‌های اولیهٔ خود را حفظ کرده‌اند و تنها فنوکریستال‌های کوارتز از کانی‌های اولیهٔ سنگ در آنها باقی مانده‌اند و پلاژیوکلازها و فلدسپارها به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. کانی‌های اپک، اسفن، آپاتیت، موسکویت، ایلیت، پیروکسن و الیوین ازجمله کانی‌های فرعی موجود به شمار می‌آیند. باتوجه‌به یافته‌های یادشده می‌توان گفت هوازدگی و دگرسانی واحدهای سنگی سری هرمز رخنمون‌یافته در مجاور ساحل جزیرهٔ هرمز منشأ کانی‌های رسوبات ساحلی این جزیره است.

**ژئوشیمی**

مطالعهٔ ژئوشیمی رسوبات محیط‌های ساحلی، آبی و بستر دریاها گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات و الگوی پراکنش عناصر و ارزیابی زیست‌محیطی در منطقه است (Shajan 2001؛ در این راستا می‌توان از تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای برای یافتن منشأ عناصر در رسوبات استفاده کرد (Davis 1973). در شناخت ژئوشیمی رسوبات نهشته‌های ساحلی جزیرهٔ هرمز، میزان غلظت عناصر اصلی و فرعی رسوبات ساحلی منطقهٔ مطالعه‌شده به‌عنوان داده‌های ورودی برای محاسبهٔ ضرایب همبستگی و رسم نمودار تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای استفاده شد (جدول ۴) و بیشترین اکسید گزارش‌شده در رسوبات، CaO با ۳۵/۷۵ درصد و پس‌ازآن، $SiO_2$ با ۱۵/۸۲ درصد بود (جدول ۴). روش پیرسون برای تعیین همبستگی بین عناصر (باتوجه‌به نرمال‌بودن داده‌ها) به کار رفت.

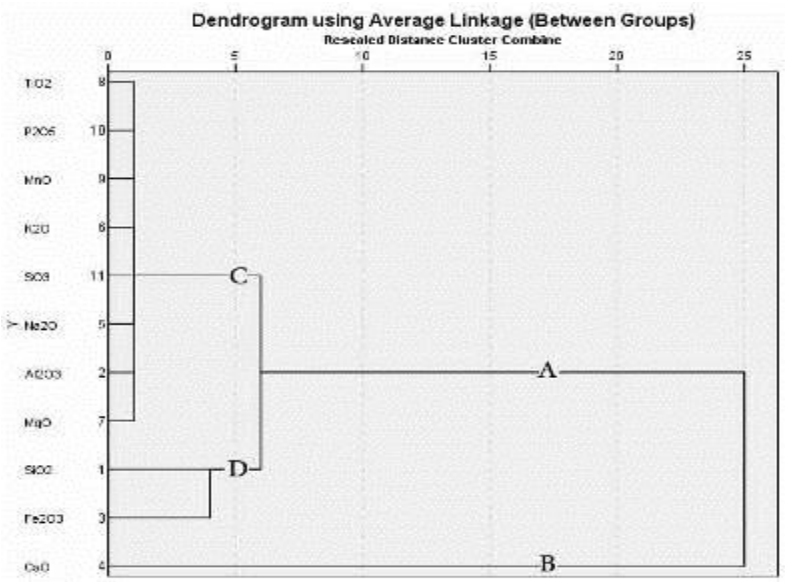



**شکل ۱۰- الف. تصویر میکروسکوپی ریولیت با بافت پورفیری و فنوکریستال‌های کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپات آلکالن (بزرگ‌نمایی 4x)، ب. فلدسپات‌های آلکالن به‌شدت دگرسان و به کانی‌های سریست و کائولینیت تبدیل شده‌اند (بزرگ‌نمایی 4x)، پ. تصویر میکروسکوپی ریولیت با کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ آن به همراه پلاژیوکلاز با ماکل پلی‌سنتتیک (بزرگ‌نمایی 4x)، ت. تصویر میکروسکوپی تراکیت با کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ آن که فلدسپات‌ها اکثراً درحال تجزیه به کائولینیت هستند (بزرگ‌نمایی 4x)**

**جدول ۴- درصد اکسیدهای اصلی بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل XRF در رسوبات مطالعه‌شده**

| Sample | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | MgO | $TiO_2$ | MnO | $P_2O_5$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| SH1 | ۱۷/۶۵ | ۱/۷۵ | ۱۰/۵۶ | ۳۵/۲۵ | ۱/۲۳ | ۰/۶۰ | ۲/۱۰ | ۰/۲۰۱ | ۰/۱۱۹ | ۰/۱۷۱ | ۰/۹۸۰ |
| SH2 | ۲۴/۷۵ | ۲/۶۵ | ۱۵/۱۰ | ۲۸/۶۵ | ۱/۴۲ | ۰/۷۵ | ۱/۹۶ | ۰/۲۴۴ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۶۲ | ۰/۷۵۰ |
| SH3 | ۱۸/۱۳ | ۱/۶۴ | ۶/۹۲ | ۳۷/۴۵ | ۰/۳۲ | ۰/۶۶ | ۲/۰۲ | ۰/۱۰۶ | ۰/۱۷۰ | ۰/۲۰۱ | ۱/۰۲۰ |
| SH4 | ۱۵/۸۷ | ۱/۷۵ | ۱۵/۲۱ | ۳۴/۶۵ | ۰/۵۲ | ۰/۵۵ | ۱/۸۶ | ۰/۲۴۶ | ۰/۱۷۴ | ۰/۱۹۸ | ۱/۰۳۰ |
| SH5 | ۱۱/۲۲ | ۱/۶۹ | ۲/۶۴ | ۴۳/۲۱ | ۰/۶۴ | ۰/۶۸ | ۱/۶۲ | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۱۷ | ۰/۱۶۴ | ۰/۹۶۰ |
| SH6 | ۱۵/۳۲ | ۲/۳۵ | ۶/۳۹ | ۳۸/۷۵ | ۰/۸۵ | ۰/۶۶ | ۱/۹۵ | ۰/۱۲۴ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۵۰ | ۰/۸۱۰ |
| SH7 | ۱۲/۵۱ | ۱/۵۸ | ۳/۳۸ | ۴۲/۰۲ | ۰/۷۵ | ۰/۶۳ | ۱/۷۵ | ۰/۰۹۷ | ۰/۰۶۲ | ۰/۱۴۵ | ۰/۸۳۰ |
| SH8 | ۹/۰۰ | ۰/۷۸ | ۳۸/۰۰ | ۲۷/۰۰ | ۰/۳۵ | ۰/۴۰ | ۲/۰۰ | ۰/۱۶۱ | ۰/۰۴۸ | ۰/۱۵۵ | ۰/۸۵۰ |
| SH9 | ۱۷/۹۵ | ۲/۲۱ | ۱۳/۹۲ | ۳۳/۲۱ | ۰/۳۲ | ۰/۹۳ | ۲/۲۶ | ۰/۱۴۳ | ۰/۰۴۵ | ۰/۱۴۶ | ۰/۷۹۰ |
| **بیشینه** | ۲۴/۷۵ | ۲/۶۵ | ۲/۶۴ | ۲۷/۰۰ | ۰/۳۲ | ۰/۴۰ | ۱/۷۵ | ۰/۰۹۷ | ۰/۰۴۵ | ۰/۱۴۶ | ۰/۷۵ |
| **کمینه** | ۹/۰۰ | ۰/۷۸ | ۳۸/۰۰ | ۴۳/۲۱ | ۱/۴۲ | ۰/۹۳ | ۲/۲۶ | ۰/۲۶۴ | ۰/۱۷۴ | ۰/۲۰۱ | ۱/۰۳ |
| **میانگین** | ۱۵/۸۲ | ۱/۸۲ | ۱۲/۴۵ | ۳۵/۵۷ | ۰/۷۱ | ۰/۶۵ | ۱/۹۴ | ۱/۳۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۶ | ۰/۸۹ |

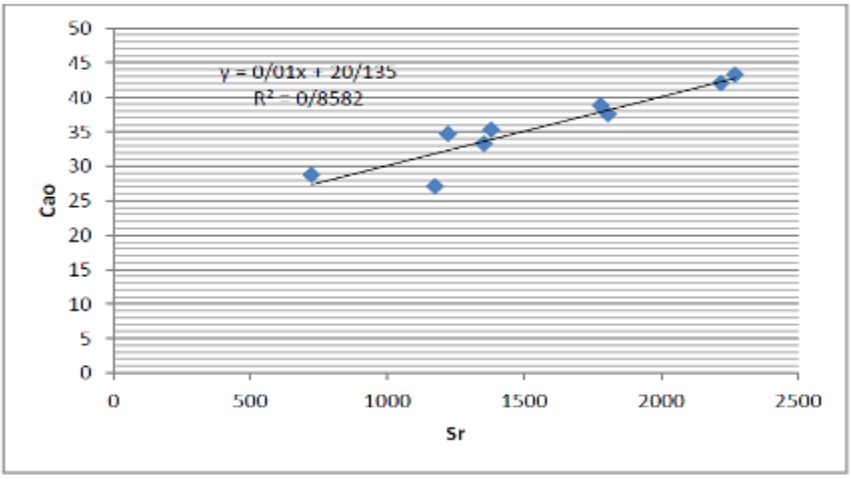
در مطالعهٔ حاضر، تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای برای منشأیابی با نرم‌افزار SPSS Ver 16 استفاده شد (Anazawa 2004). نمودار تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای برای رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز در شکل ۱۱ نشان داده شده است.




**شکل ۱۱- نمودار تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای برای اکسیدهای اصلی در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز**

در زمینهٔ رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز در شکل ۱۱، نمودار در بازهٔ ۱۵ تا ۲۰ از دو شاخهٔ A و B تشکیل شده است: در شاخهٔ A، اکسیدهای منیزیم، سدیم و آلومینیوم با ضرایب تشابه زیاد و معنادار در کنار هم قرار گرفته‌اند و همبستگی زیادی را باهم و همبستگی نسبتاً زیادی را با اکسیدسیلیس نشان می‌دهند و می‌توان نتیجه گرفت عوامل کنترل‌کنندهٔ آنها یکسانند (Shajan 2001)؛ در شاخهٔ B، اکسیدکلسیم قرار دارد که می‌تواند منشأ متفاوتی از اکسیدهای

دیگر داشته باشد. شاخهٔ A باتوجه‌به رخنمون‌ها و واحدهای سنگی جزیره منشأ آواری دارد و قرارگرفتن اکسیدکلسیم در شاخهٔ B نشان‌دهندهٔ منشأ زیستی است. میزان کربنات‌کلسیم در نواحی ساحل شرقی جزیرهٔ هرمز بیشتر از نواحی دیگر است و فراوانی زیاد کربنات‌کلسیم در این بخش به‌علت وجود کانی‌های کربناتهٔ زیستی است که عمدتاً از پوست‌های آهکی جانوران عهد حاضرتشکیل شده‌اند. باتوجه‌به مطلب یادشده و همبستگی زیاد عنصر کلسیم با استرانسیم می‌توان این کربنات‌ها را از نوع درجازا در نظر گرفت (Adabi 2004) (شکل ۱۲).




**شکل ۱۲- ضریب همبستگی مثبت بین کلسیم و استرانسیم در رسوبات منطقهٔ مطالعه‌شده (Adabi 2004)**

## مقایسهٔ فراوانی عناصر در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز با سنگ‌های مختلف

در جدول ۵، غلظت فلزات سنگین سنجش‌شده به کمک فلورسانس اشعهٔ X (XRF) آورده شده است. باتوجه‌به اینکه محیط پیرامونی جزیرهٔ هرمز ۴۲ کیلومتر است و بیشتر این جزیره به ساحل مشرف است، می‌توان سنگ‌های بخش مرکزی، جنوبی و کرانه‌های ساحلی را خاستگاه رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز دانست که از طریق دو عامل حمل (آب و باد) به ساحل وارد می‌شوند؛ درستی این خاستگاه در بررسی فلزات رسوبات با رخنمون‌ها نشان داده شده است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

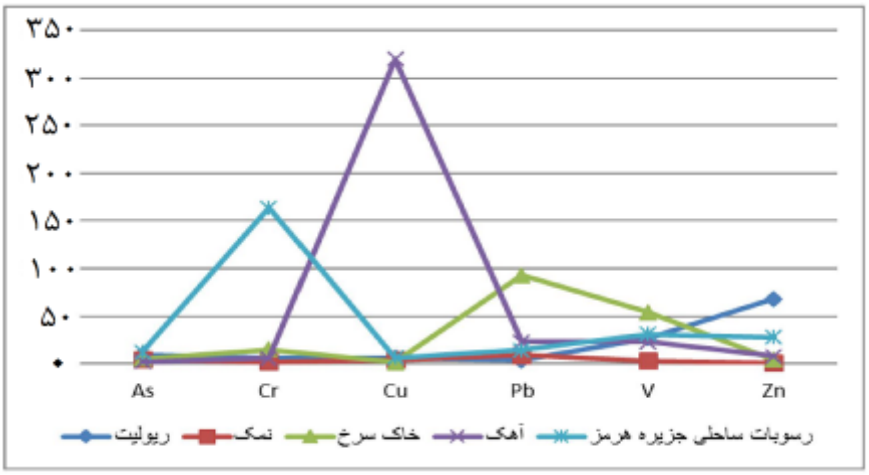
**جدول ۵- غلظت عناصر اندازه گیری‌شده به روش فلورسانس اشعهٔ X (XRF) (غلظت عناصر بر حسب ppm)**

| Sample | CU | Zn | Pb | Ni | Cr | V | Co | As | Fe | Sr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SH1 | ۸ | ۲۵ | ۸ | ۳۵ | ۳۵۴ | ۳۶ | ۲ | ۲ | ۷۳۵۰۰ | ۱۳۸۰ |
| SH2 | ۵ | ۳۰ | ۱۴ | ۴۳ | ۳۱۹ | ۴۶ | ۱ | ۴ | ۱۰۵۶۰۰ | ۷۰۰ |
| SH3 | ۱۱ | ۲۹ | ۱۹ | ۳۷ | ۴۳ | ۱۹ | ۲ | ۲ | ۴۸۴۰۰ | ۱۸۰۰ |
| SH4 | ۶ | ۳۴ | ۲۲ | ۳۸ | ۲۸۱ | ۴۱ | ۲ | ۴۴ | ۱۰۶۳۰۰ | ۱۲۰۰ |
| SH5 | ۴ | ۱۳ | ۱۴ | ۳۸ | ۷۵ | ۱۷ | ۴ | ۴ | ۱۸۴۰۰ | ۲۲۷۰ |
| SH6 | ۹ | ۵۰ | ۱۱ | ۳۴ | ۱۴۳ | ۲۳ | ۲ | ۳ | ۴۶۴۰۰ | ۱۷۸۰ |
| SH7 | ۷ | ۱۸ | ۱۴ | ۴۰ | ۴۲ | ۲۰ | ۱ | ۲ | ۲۳۶۰۰ | ۲۲۱۰ |
| SH8 | ۶ | ۳۰ | ۲۱ | ۳۷ | ۴۰ | ۳۴ | ۱ | ۴۱ | ۹۳۷۰۰ | ۱۳۲۰ |
| SH9 | ۲ | ۲۱ | ۷ | ۳۲ | ۱۷۸ | ۴۶ | ۲ | ۱۰ | ۲۶۱۹۰۰ | ۱۱۶۰ |

باتوجه‌به میزان بالاآمدگی این جزیره در اثر دیاپیریسم گنبد نمکی، رودخانه‌های فصلی میزان رسوب وارده به ساحل را افزایش می‌دهند. هوازدگی فیزیکی سبب تشکیل قطعه‌های ریز حاوی عناصر مختلف می‌شود که پس‌از طی مراحل مختلف حمل، درصد برخی عناصر را افزایش می‌دهند. هوازدگی شیمیایی عمدتاً در اثر انحلال سنگ‌ها در مجاورت آب باران و ایجاد اسید ضعیف حاصل می‌شود. سنگ‌های منشأ رسوبات ساحلی ممکن است یکی از انواع سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های آذرین یا مخلوط چند نوع از آنها باشند. تمرکز رسوبات در ساحل جزیرهٔ هرمز علاوه‌بر آنکه منشأیی خارج از حوضهٔ رسوبی و درارتباط‌با بار رسوبی وارده به درون حوضه دارد، منشأ درون‌حوضه‌ای نیز دارد (Eliassi et al.1975). به‌منظور شناخت بهتر ارتباط فراوانی عناصر در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز با سنگ‌های منشأ، تمام اطلاعات مربوط به فراوانی عناصر جمع‌آوری و در جدول ۶ ارائه شدند. به‌منظور درک بهتر، ارتباط عناصر اصلی و فرعی در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز با سنگ‌های مختلف در شکل ۱۳ ارائه شده است. در جدول ۷، میانگین غلظت فلزات سنگین در پوستهٔ زمین و انواع عمدهٔ سنگ‌ها دیده می‌شود؛ بر اساس این، میزان غلظت عناصر در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز کمتر از مقدار آنها در سنگ‌های موجود در جزیره است. باتوجه‌به مطلب یادشده می‌توان نتیجه گرفت این رسوبات از فرسایش و تخریب واحدهای سنگی موجود در جزیره منشأ گرفته‌اند. بیشتربودن میزان عنصر کروم در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز نسبت به سنگ‌های منطقه گویای اینست که این عنصر منشأ برون‌حوضه‌ای دارد و از بیرون منطقه وارد نواحی ساحلی جزیرهٔ هرمز شده است (Enghiad-Kamiz 2015).

**جدول ۶- غلظت فلزات سنگین در سنگ‌های منطقهٔ مطالعه‌شده (بر حسب ppm) (برگرفته از Gholami 2008)**

| نام سنگ | As | Cr | Cu | Pb | V | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ریولیت | ۶/۹ | ۶ | ۱۳/۶ | ۷/۳ | ۲۷ | ۶۸ |
| نمک | ۴ | ۲ | ۲/۴ | ۰/۹ | ۳ | ۲/۱ |
| خاک سرخ | ۱۱۴/۵ | ۱۵ | ۶۰/۱ | ۹۳ | ۵۴ | ۳۳۱/۴ |
| آهک | ۱۵۱/۲ | ۶ | ۳۲۰ | ۲۳ | ۲۳ | ۱۶/۸ |




**شکل ۱۳- مقایسهٔ فراوانی عناصر در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز با سنگ‌های رخنمون‌یافته در جزیرهٔ هرمز (برحسبppm)**

بزی و همکاران (Bazi et al. 2014) در مطالعه‌ای مشابه روی ویژگی‌های رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبات ساحل و بستر خلیج گواتر، جنوب‌خاوری ایران، دانه‌بندی این رسوبات را در محدودهٔ سیلت و رس تشخیص و غلظت زیاد فلزات منگنز، سرب، روی و کروم این رسوبات را به فرسایش توده‌های افیولیتی این منطقه نسبت دادند؛ تفاوت دانه‌بندی رسوبات این ساحل با ساحل جزیرهٔ هرمز به‌علت توپوگرافی جزیرهٔ هرمز، تأثیر گنبد نمکی در بالاآمدگی جزیره، مسیر کوتاه حمل‌ونقل رسوبات یا تأثیر انرژی امواج بر رسوبات دو ساحل جزیرهٔ هرمز و ساحل خلیج گواتر است. باقری (Bagheri 2017) نیز در مطالعهٔ مشابهی به بررسی رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی بخش جنوبی دریای خزر پرداخت و ضمن معرفی کانی‌های این رسوبات که شامل ایلمنیت، آپاتیت، مگنتیت، پیروکسن و غیره است، دو منشأ شامل کوه‌های کپه‌داغ و حمل‌شدن رسوبات حاصل از فرسایش سنگ‌های آتشفشانی از طریق رودخانهٔ سفیدرود را منشأ این کانی‌ها معرفی کرد.

## نتیجه

بررسی رسوبات بیان‌کنندهٔ چهار نوع اصلی رسوب شامل ماسه، ماسهٔ گراولی، ماسه با کمی گراول و گراول ماسه‌ای است. مطالعه‌ها نشان می‌دهند عمده کانی‌های رسی رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز شامل کانی‌های ایلیت و کائولینیت است. کانی‌های روشن عبارتند از: کربنات، کوارتز، فلدسپار، دولومیت، آراگونیت و هالیت. بررسی کانی‌های سنگین نشان‌دهندهٔ وجود کانی‌های مگنتیت، هماتیت، الیژیست، پیروکسن، آپاتیت، مارتیت، فلوریت، لیمونیت، گوتیت، باریت و زیرکن است. بررسی مقاطع نازک نشان داد بیشتر گراول‌های ساحل جزیرهٔ هرمز منشأ آذرین دارند و از سری‌های ریولیتی و تراکیتی موجود در جزیره منشأ گرفته‌اند. تجزیه‌وتحلیل ضرایب همبستگی و تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای نشان دادند به‌جز عنصر کروم و اکسیدکلسیم، سایر عناصر سنگین و اکسیدهای اصلی از فرسایش واحدهای سنگی رخنمون‌یافته در جزیره منشا گرفته‌اند. قرارگرفتن اکسیدکلسیم در شاخه‌ای جداگانه نسبت به سایر اکسیدها نشان‌دهندهٔ منشأ متفاوت این اکسید و گویای منشأ زیستی آن است. مقایسهٔ فراوانی عناصر در رسوبات با سنگ‌های رخنمون‌یافته در این جزیره نشان می‌دهد هوازدگی و فرسایش واحدهای سنگی در شرایط آب‌وهوایی گرم و مرطوب منشأ این عناصر در رسوبات ساحلی جزیرهٔ هرمز است. بی‌شک یافته‌های پژوهش حاضر کمک شایانی به تدوین و اجرای پروژه‌های عمرانی و اقتصادی با محوریت ساحل در جزیرهٔ هرمز است.

## سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه هرمزگان برای دراختیارگذاشتن امکانات آزمایشگاهی و از سرکار خانم سیده اکرم جویباری، دانشجوی دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان، برای انجام اصلاحات و کمک به بازنگری مقاله سپاسگزاری می‌کنند.

## References

Adabi M. 2004. Sedimentary Geochemistry, Arian Zaman Publications. 448 p.

Afarin M. Boomeri M. Mahboubi A. Gorgij M and Hamzeh M. 2015. Sedimentology and Geochemistry of Siliciclastic Sediments (Tertiary-Quaternary) in the Eastern Coasts of Chabahar, SE Sistan and Baluchistan. Journal of Geoscience. 24(96): 85-97.

Aghanabati S. A.2004. Geology of Iran. Geological Survey and Mining Exploration of Iran, 606p.

Ahdy H .H. and Khaled A. 2009. Heavy Metals Contamination in Sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea. Basic and Applied Sciences. 3(4): 3330-3336.

Alloway B. J. 1995. Heavy Metals in Soils. Chapman and Hall, London, 368.

Anazawa K. Kaida Y. Shinomura Y. Tomiasu T. and Sakamoto H. 2004. Heavy metal distribution in river waters and sediments around a "Fire Fly Village". Shikoku, Japan: Application of Multivariate Analysis. J. Analytical Science. v.20: 79-84.

Ansari J. 2012. Study of Heavy Minerals, Pazineh Publications. 144 p.

Gholamdokht Bandari M. and Rezaie P. 2015. Study of some heavy metal pollutions in the Hormoz Islands coastal sediments and their origin. Journal of Oceanography. 6 (22) :97-106.

Gholamdokh Bandari M. Rezaei P. and Ghorbani M. 2013. Clay mineralogy of the coastal deposits of Hormoz Island by XRD, understanding the origin and analysis Environmental, Iranian Economic Geological Association, Proceedings of the 5th Iranian Economic Geological Conference. 6 p.

Gholami N. 2008. Petrological study of Hormoz volcanic rocks with attitude toward heavy metal pollution in the area, M.Sc. in Geology, University of Hormozgan. 154 p.

Herve R. P. Andriamalala R. Yves M. Marcellin R. Christine R and Andriamandimbisoa N. 2010. Assessment of heavy metals concentrations in coastalsediments in north-western cities of Madagascar, Environmental Science and Technology. 4(2): 51-60.

Khodabakhsh S. and Sahrarou N. 2013. Sedimentology experiment, Bu Ali Sina University Press, 119 p.

Man K.W. Zheng J. Leung A.P.K. Lam P.K.S. Lam M.H.W. and Yen Y.F. 2004. Distribution and behavior of trace metals in the sediment and pore water of a bay-Dar es Salaam Harbour area, Marine Sciences. 6: 73–83.

Mange M. A. Heinz F. and Maurer W. 2012. Heavy minerals in colour", London: Chapman and Hall, 147p.

Mc Cready S. Birch G.F. and Long E.R. 2006. Metallicand organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity – A chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines. Environment International. 32: 455-465.

Morton A.C. Hallsworth C.R. and Chalton B. 2004. Garnet compositions in Scottish and Norwegianbasement terrains: a framework for interpretation of North Sea sandstone provenance", Marine and Petroleum Geology. 21: 393–410.

Muzuka A. 2007. Distribution of heavy metals in the coastal marine surficial sediments in the Msasani Bay-Dar es Salaam harbour area. Western Indian Ocean Journal of Marine Science, 6(1):73-83.

Prins M. A. Postma G. Weltje J. 2000. Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary, the Makran continental slope: Marine Geology. 169:351-371.

Pettijohn F.J. Potter P.E. and Siever R. 1987. Sand and Sandstone, New York: Springer-Verlag, 547p.

Rao P. G. Reddy K.S.N. Sekhar C.R. Naidu K.B. Krishna K.M. and Reddy G.V.R. 2019. Provenance studies of ilmenite from Red Sediments, Bhimunipatnam Coast, East Coast of India. Journal of the Geological Society of India. 93(1): 101-108.

Shajan K.P. 2001. Geochemistry of bottom sediment from a river estuary- shelf mixing zone on the

Arzani N. 1997. Sedimentology Laboratory, Payame Noor University Press. 129 p.

Bagheri H. 2017. Sedimentology and mineralogical characteristics of the coastal sediments in the southern part of the Caspian Sea (Iran), Journal of Marine Science and Technology Rrsearch. 11(4): 43-60.

Bazzi A. O. Boomeri M and Rezaei H. 2014. Sedimentary and Geochemical Characterization of the Sediments of the Coast and Bed of Govatr Gulf, southeastern Iran, Journal of Oceanography. 5 (18) :99-110

Beg M. A. A. 1995. Ecological imbalances in the coastal areas of Pakistan and Karachi harbor. Pakistan Journal of Marine Sciences, 4 (2): 159-174.

Benmoussa T. Amrouni O. Dezileau L. Mahé G. Chiarella D. and Abdeljaouad S. 2019. Recent geochemical and grain size distribution of terrestrial sediment in coastal area from the watershed of Medjerda River, Gulf of Tunis. In Paleobiodiversity and Tectono-Sedimentary Records in the Mediterranean Tethys and Related Eastern Areas, Springer, Cham, 347- 351.

Binning K. and Baird D. 2003. Survey of heavy metals inthe sediments of the Swartkops river estuary, Port Elizabeth South Africa, Water Sa, 27(4) : 461-466.

Caplat C. Texier H. Barillier D. and Lelievre C. 2005. Heavy metals mobility in harbor contaminated sediments: The case of Port-en-Bessin. Marine Pollution Bulletin. 50: 504-511.

Chamley H. 1989. Clay sedimentology, Springer-Verlag-Berlin. 623p.

Chris P. and Phillips R. 1990. Rocks, Minerals, and Fossils of the world", Boston: Little, Brown and Company, 175p.

Davis J. C. 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. Wiley International, New York, 656p.

Defew L. H. Mair J. M. and Guzman H. M. 2005. Anassessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. Marine Pollution Bulletin. 50: 547-552.

Eliassi J. Amin Sobahami A. Behzad A. Moein Vaziri H. and Meysami A. 1975 Geology of Hormoz Island, Teacher Training University, Iranian Petroleum Association, 2:46-35.

Enghiadi- Kamiz M. 2015. Economic Geology of a number of diapirs and glaciers of the Hormoz Series in the 1: 250000 folded geological map of Bandar Abbas Zagros, MA thesis, Department of Geology, Sistan and Baluchestan University. 185 p.

Folk R. L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas. 184p.

Tropicak southwest coast of Iindia. Bulletin of Geological Survey of Japan. 52(8): 371-382p.

Spagnoli F. Dinelli E. Giordano P. Marcaccio M. Zaffagnini F. and Frascari F. 2014. Sedimentological, biogeochemical and mineralogical facies of northern and central western Adriatic Sea. Journal of Marine Systems. 139:183-203p.

Sinha R. and Raymahashay B.C. 2004. Evaporite mineralogy and geochemical evolution of the Sambhar Salt Lake, Rajastan, India. Sedimentary Geology. 166: 59-71p.

Tucker M. 2001. Sedimentology Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks: Blackwell, Scientific Publication, London. 260p.

Tuker M. 1989. Thechnique in sedimentology, Blackwel Scientific Publication, London. 394p.

Zarei Shamili S. 2013. Physical sedimentology of coastal deposits of Hormoz Island, MSc in Geology, University of Hormozgan, 78 p.