

An Investigation on the Pottery Production in the Hormangan Site, Fars Province, Iran

Pourmomeni, Sh.¹; Emami, M. A.²; Niknami, K.³

Type of Article: **Research**

Pp: 61-86

Received: 2020/03/25; Accepted: 2020/10/16

 <https://dx.doi.org/10.66224/PJAS.7.23.61>

Abstract

This study aims to recognize and characterize pottery production at the Hormangan site, a Neolithic settlement in the northeast of Fars province, Iran. An examination and analytical study of the potteries on this site was conducted to determine the manufacturing techniques of the Neolithic potteries, understand the raw materials and inclusions, the level of progress and knowledge of the potters from the final products, and the location of the production site. Excavating this site, ceramics and a heated structure, probably an open kiln, were found, belonging to the Mushki phase (6400-6000 BC). Thirty-six ceramic shreds were selected for thin-section petrography analysis according to their macroscopic features. After that, 18 of them were analysed using X-Ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction methods. According to the mineralogical studies and the XRD and XRF analyses, while three different clay types were used to produce these Neolithic ceramics, they were all local productions. These vessels were fired in an open and unsophisticated kiln at an uncontrolled temperature, probably not over 800 degrees. Although the combination of these archaeometrical techniques indicates that there are various sub-angular inclusions in each type of clay, most of the pots are vegetally tempered (chaff-tempered). The existence of the heated structure separately from residential construction, a variety of designs and decorations on the ceramics, and various clay sources all determine that the Neolithic community of the Hormangan site has gone beyond a primitive rural society and as semiprofessional individuals had a surplus of more than their demands.

Keywords: Neolithic Period, Hormangan Site, Ceramic Production, Petrography, XRD, XRF.

Motaleat-e-Bastanshenasi-e-Parseh (MBP)

Parseh Journal of Archaeological Studies

Journal of Archaeology Department of
Archaeology Research Institute, Cultural
Heritage and Tourism Research
Institute (RICT), Tehran, Iran

Publisher: Cultural Heritage and
Tourism Research Institute (RICT).
Copyright©2022, The Authors. This
open-access article is published under
the terms of the **Creative Commons**.

1. M. A. in Archaeology, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Associate Professor of the Department of Restoration of Historical and Cultural Monuments and Archaeology, Faculty of Conservation and Restoration, Isfahan University of Arts, Isfahan, Iran (Corresponding Author).

Email: m.emami@au.ac.ir; emami@chemie.uni-siegen.de

3. Professor, Department of Archaeology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Citations: Pourmomeni, S.; Emami, M. & Niknami, K., (2023). "An Investigation on the Pottery Production in the Hormangan Site, Fars Province, Iran". *Parseh J Archaeol Stud*, 7 (23): 61-86. (<https://dx.doi.org/10.66224/PJAS.7.23.61>).

Homepage of this Article: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=346&sid=1&slc_lang=en

Introduction

Hormangan site is a Neolithic site located on the border of the Bavanat River basin, in Jeshnian village, in the northeast of Fars province, Iran. This site was excavated in 2016, revealing two phases dated back to 6373 to 6000 BCE. The earlier phase indicates no traces of architectural structures, and the later phase contributed to the settlements. Moreover, a heated structure was discovered simultaneously with the later phase, surrounded by potteries and divided spaces. Pottery vessels which were discovered from these two phases are similar to the ceramics of Tall-e Mushki, Tall-e Jari B, Kushk-e-Hazar, Tall-e Bashi, and Rahmat Abad. As these types of potteries were first discovered from the Tall-e Mushki, they are known as Mushki phase potteries. The heated structure discovered in the Hormangan site is a unique structure related to producing pottery during the Mushki phase, which was probably an open fire kiln. Since there are no similar structures have been found in the Neolithic sites in the Fars region, this study aims to understand pottery manufacturing technology with multi-analytical approaches. Moreover, considering the two phases of the Hormangan site occupied by different settlers for almost 300 years, it is attempted to differentiate potteries of these two phases from a technological point of view.

Geological Setting

A portion of the Bavanat plain lies in the Sanandaj-Sirejan zone, as well as the Shahreza-Abade- Hambast orogenic belt, characterised by high-quality clay deposits and Devonian sandstones (Houshmandzadeh and Soheili, 1990). Several types of rocks can be found in the Bavanat region (Emami and Yaghmai, 2008), spanning three tectonic-stratigraphic units: Late Permian and Middle Triassic rocks, Late Triassic and Cretaceous rocks, and Tertiary rocks (Ghazi and Moazzen, 2015; Ghorbani, 2011). From the mineralogical point of view, this area includes kaolinite, illite, quartz, and chlorite, and secondary minerals are goethite, paragonite, and gypsum. Also, sandstones and shales have been eroded in most cases, creating debris slides. There is a large hydrographic network density in Tutat Mountain (formed by internal and metamorphic formation). However, there is a lower density of hydrographic network in the Kitaban, Khaleisht, and Khatban Mountains. The clays in this region are therefore expected to contain high levels of lime and quartz minerals, but it is also likely to contain metamorphic minerals (Khademi and Hashemi Nasab, 2011).

Materials and Methods

Hormangan ceramics were primarily divided into six groups based on surface treatment, colour, and decoration style. In further classification, the Hormangan potteries were categorised based on their form, size, place of motifs and ceramic fashioning techniques. After initial macroscopic studies of these ceramic vessels, 36 pottery sherds were selected for thin-section petrographic analysis. For choosing these samples, not only

the former classifications were considered, but also it was attempted to select potteries from different phases and various contexts and trenches. The earlier phase includes 14 samples, the later phase 12 samples, and the heated structure 10 samples were selected for this analysis.

For getting inside into the primary and secondary mineralisation phases, determining firing conditions and maximum temperature, and environmental burial conditions, 18 samples (from those 36 samples) have been selected for the X-Ray Diffraction analysis (XRD) in order to determine the crystalline phase constituents. This methods is necessary as a complementary method to petrography. Moreover, X-Ray Fluorescence analysis as a semi-quantitative analysis has been applied to these 18 samples to detect the chemical characterisation of their main and trace elements and to identify whether the earlier and later phases' samples become clustered into two different groups or not.

Discussion

The thin-section microscopic analysis indicated a very porous matrix with angular and semi-angular inclusions, which are mainly quartz, and with traces of vegetal tempers. Moreover, the vessels were fired under the oxidation condition. The inclusions were distributed randomly in the matrix, which suggested that they were not homogeneous and consisted of quartz, limestone, calcite, plagioclase (albite and sanidine), and igneous rock fragments, including muscovite, iron oxide, granite, magnetite, hematite, apatite, and feldspars. In most sherds, secondary calcite was formed, resulting in burial in a humid condition. The XRD analysis enabled us to observe some high-temperature minerals, such as gehlenite and diopside, in some samples. These minerals are usually presented in ceramics when fired at more than 800 degrees. On the other hand, the presence of the main elements $MgO+CaO$, Al_2O_3 , and SiO_2 , detected by the XRF analysis and diagramed by the Noll system, indicated a very similar final product in terms of raw materials and inclusions. In addition, Cl, MnO, and SrO have been identified in these samples as trace elements, indicating the environmental conditions of the vessels after abandonment.

Conclusion

In light of the microscopical observations and the phase and chemical analyses, it was determined that the Hormangan potteries could be divided into three main groups. The potteries of the earlier and later phases could not be distinguished from one another. These three groups are comparable to the region's geological map, meaning all potteries are locally made. Except for four samples that were fired above 800 degrees, the others were fired at temperatures around 750 degrees. Samples from the earlier and later phases were distributed randomly among these clusters, comprising the Calcareous, Iron-rich, and Calcium-rich matrixes. The clay minerals were all extracted in the vicinity of the site, despite the fact that there were three different types of clay materials. Therefore, the

potter(s) at the Hormangan site have chosen diverse clay sources but employed different techniques each time to produce similar results. It has also been noted that samples obtained from the heated structure have very similar characteristics to the ceramics produced in the later phase. According to the absolute dating results, the heated structure and the later phase are contemporaneous. However, in terms of potters' technological behaviours, this could point to some standardization of ceramic production during this time.

Another question we have attempted to answer is whether the potter(s) added any aplastic materials, such as quartz, to their clay in order to increase its workability. Based upon an ethnoarchaeological study of the current pottery production in ShahReza (Pincé et al., 2019), approximately 230 kilometers away from the Hormangan site, it has been found that additional tempering does not need to be applied to the clay for the production of ceramics, owing to the rich clay sources in the ShahReza-Abade-Hambašt orogenic belt (located in the Sanandaj-Sirjan zone). There is a possibility that the richness of clay sources in this region allowed potters to avoid tempering their raw materials during different periods, which will be investigated in more detail in future studies.

Acknowledgements:

Dr Morteza Khanipour has generously allowed access to the Hormangan site's ceramics for this study, and the Authors are very grateful for his generosity.

بررسی فناوری ساخت سفال‌های نوسنگی محوطه هرمنگان استان فارس

شیما پورمؤمنی^I؛ سید محمد امین امامی^{II}؛ کمال الدین نیکنامی^{III}

نوع مقاله: پژوهشی
صص: ۸۶ - ۶۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۵

شناسه دیجیتال (DOI): <https://dx.doi.org/10.66224/PJAS.7.23.61>

چکیده

سفال از فراوان‌ترین یافته‌های باستان‌شناسی است که از دوران نوسنگی به بعد در اکثر محوطه‌ها باستانی یافت می‌شود. شناخت این محصول به درک بهتر جامعه تولیدکننده آن و هم‌چنین سطح فناوری و پیچیدگی‌های اجتماعی مردمان آن زمان کمک می‌کند. محوطه هرمنگان، استقرارگاه نوسنگی در شمال‌شرق استان فارس است که با کاوش در آن، سفال‌هایی هم‌زمان با دوره موشکی و سازه‌ای حرارت‌دیده که احتمالاً مربوط به پخت سفال‌ها بوده است، به دست آمد. مطالعات آزمایشگاهی بر روی سفال‌های این محوطه با هدف پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی هم‌چون: نحوه تولید سفال‌های دوره موشکی، شناخت و دسته‌بندی خاک رس به کاررفته، مواد خام پرکننده خاک رس، سطح پیشرفت و آگاهی سفالگر از تولید محصول نهایی و هم‌چنین تعیین محل تولید، انجام شد. پس از دسته‌بندی سفال‌ها براساس ویژگی‌های ظاهری، تعداد ۳۶ قطعه برای انجام مطالعات پتروگرافی و ۱۸ قطعه از آن‌ها برای آنالیز مرحله XRD و آنالیز عنصری XRF انتخاب شدند. در نتیجه این آزمایش‌ها مشخص شد که سفالگران این محوطه از سه نوع خاک رس برای ساخت سفال‌ها استفاده می‌کردند. احتمالاً فقط از کاه به عنوان آمیزه استفاده شده و دمای پخت سفال‌ها اکثراً زیر ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. با توجه به فناوری ابتدایی کوره که جزو کوره‌های اولیه روباز محسوب می‌شود، دمای آن قابل کنترل نبوده و پخت تحت شرایط اکسیداسیون انجام می‌گرفته است؛ هم‌چنین با توجه به مطالعات زمین‌شناسی و مقایسه سفال‌ها با یک‌دیگر چنین به نظر می‌رسد که سفال‌های مزبور محلی باشند؛ از این رو با این‌که برای ساخت سفال‌ها از سه نوع خاک متفاوت استفاده شده است، محصول نهایی تولیدشده شبیه به هم است و تفاوت بارزی در ظاهر این سفال‌ها دیده نمی‌شود.

کلیدواژگان: دوره نوسنگی، محوطه هرمنگان، سفال دوره موشکی، پتروگرافی، XRF، XRD.

I. کارشناسی ارشد باستان‌شناسی، گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

II. دانشیار گروه مرمت آثار تاریخی و فرهنگی و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول).

Email: m.emami@au.ac.ir; emami@chemie.uni-siegen.de

III. استاد گروه باستان‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

ارجاع به مقاله: پورمؤمنی، شیما؛ امامی، محمدامین؛ و نیکنامی، کمال الدین (۱۴۰۲). «بررسی فناوری ساخت سفال‌های نوسنگی محوطه هرمنگان استان فارس». مطالعات باستان‌شناسی پارسه. ۷ (۲۳): ۶۱-۸۶ (<https://dx.doi.org/10.66224/PJAS.7.23.61>).
صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: http://journal.richt.ir/mbp/browse.php?a_id=346&sid=1&slc_lang=fa

فصلنامه علمی مطالعات باستان‌شناسی پارسه
نشریه پژوهشکده باستان‌شناسی، پژوهشگاه
میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

ناشر: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
حق نشر متعلق به نویسندگان است
و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

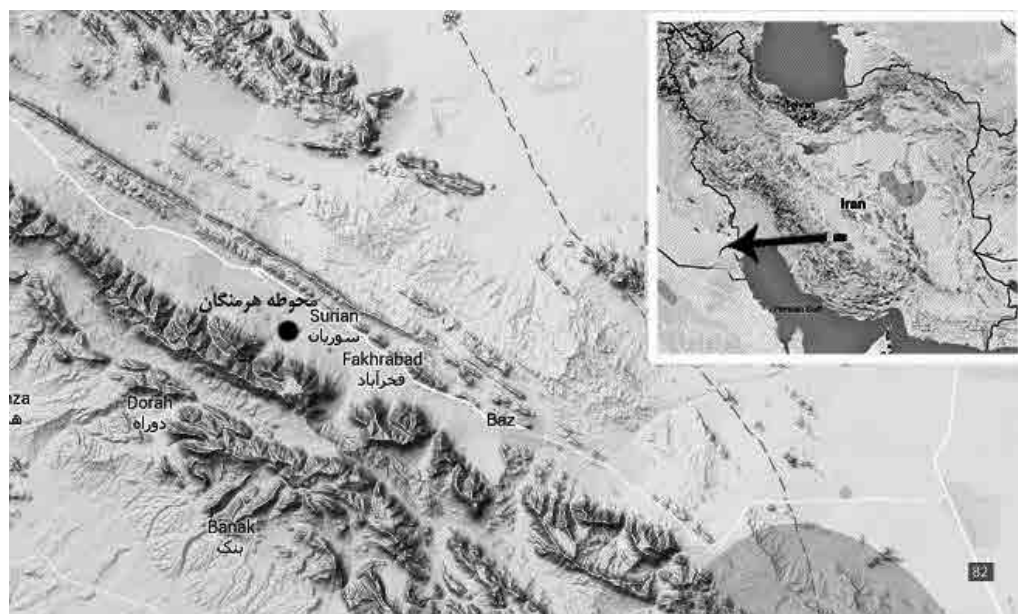


مقدمه

تمرکز مطالعات نوسنگی فارس، از ابتدا بر روی حوضه رودخانه کر بوده و به بقیه نواحی و دره‌های این استان کمتر توجه شده است. مطالعات نوسنگی فارس با کاوش تل باکون ب شروع و نخستین گاه‌نگاری آن توسط «واندنبرگ» ارائه شد (Vanden Berghe, 1952; 1954) و با کاوش هیأت‌های ژاپنی و بررسی‌های «سامنر» (Sumner, 1973; 1977; Miroschedji & Pierre, 1972; Fukai et al., 1973; Egami et al., 1977) گاه‌نگاری ارائه شده تا حدودی تصحیح شد. این کاوش‌ها منجر به شناسایی دوره موشکی و جری شدند. در سال ۲۰۰۳ م. با کاوش در تپه بشی، دوره جدیدی مابین موشکی و جری شناسایی شد که به نام خود محوطه، «دوره بشی» معروف است (Pollock et al., 2010). این سفال‌ها شبیه سفال‌های موشکی مخصوصاً کارگاه TMB هستند (Fukai et al., 1973). کاوشگران این محوطه، سفال‌های دوره بشی را حدفاصل بین سفال‌های موشکی و جری می‌دانند (Bernbeck, 2010: 65-151).

شهرستان بوانات که محوطه هرمنگان در آن واقع شده، در شمال شرقی استان فارس قرار دارد (تصویر ۱). اولین اطلاعات باستان‌شناسی صورت گرفته در این شهرستان توسط «اشتاین» در سال ۱۹۳۶ م. منتشر شد، وی تنها از چند محوطه بازدید کرده که قدیمی‌ترین آن‌ها مربوط به دوره باکون است (Stein, 1936). «هلوینگ» نیز در سال ۲۰۰۷ م. بازدیدی از این منطقه به عمل آوردند و تعداد اندکی محوطه پیش از تاریخی توسط ایشان شناسایی شده است (Helwing, 2007). در سال ۱۳۹۴ ه.ش. نخستین فصل بررسی باستان‌شناسی این شهرستان توسط «خانی‌پور» و همکارانش به صورت پیمایشی انجام شد (خانی‌پور، ۲۰۱۷). براساس نتایج به دست آمده، قدیمی‌ترین نشانه‌های استقرار در این منطقه، مربوط به دوره نوسنگی و محوطه هرمنگان است. این محوطه در اسفند سال ۱۳۹۴ تا فروردین ۱۳۹۵ ه.ش. به مدت ۴۵ روز کاوش شد (خانی‌پور، ۲۰۱۹).

پرسش‌های پژوهش: مطالعات آزمایشگاهی بر روی سفال‌های این محوطه با هدف پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی هم‌چون نحوه تولید سفال‌های دوره موشکی، شناخت و دسته‌بندی



تصویر ۱. موقعیت مکانی محوطه هرمنگان (Google Earth).

Fig. 1. Topography of the region of Hormangan.

خاک رس به‌کاررفته، مواد خام پرکننده خاک رس، سطح پیشرفت و آگاهی سفالگر از تولید محصول نهایی و هم‌چنین تعیین محل تولید، انجام شد.

با کاوش محوطه هرمنگان، سفال‌هایی هم‌زمان با دوره موشکی به‌دست آمد که قابل مقایسه با محوطه‌های موشکی، جری ب، کوشک‌هزار، باشی و رحمت‌آباد است (Fukai et al., 1973; ; Egami & Sono, 1967; Alden et al., 2004; Pollock et al., 2010; Emami et al., 2022 Azizi Kharanaghi et al., 2014؛ و خانی‌پور و نیکنامی، ۲۰۱۹). طی کاوش‌های صورت‌گرفته در دو ترانشه یک و دو، دو مرحله استقرار شناسایی شد، در مرحله قدیمی‌تر (با تاریخ ۶۳۷۳-۶۲۳۶ پ.م)، عدم وجود معماری و هم‌چنین وجود اجاق‌های متعدد و پراکندگی خاکستر نشان از عدم یکجانشینی و احتمالاً کوچ‌رو بودن اقوام دارد. برروی این نهشته‌ها، معماری چینه‌ای شامل اتاق‌ها و فضاهای متعدد شناسایی شد که دیوارهای آن‌ها اندود شده‌اند که مرحله جدیدتر (با تاریخ ۶۲۰۰-۶۰۰۰ پ.م) این محوطه را نشان می‌دهد (خانی‌پور و نیکنامی، ۲۰۱۹). ترانشه سوم در سمت شمال غربی محوطه ایجاد گردید که با کاوش در آن سازه‌ای حرارت‌دیده به دست آمد (تصویر ۲). با توجه به تغییر بافت و رنگ خاک بر اثر حرارت مداوم و هم‌چنین یافت شدن سفال در اطراف آن می‌توان احتمال داد که این سازه، کوره‌ای از نوع کوره‌های اولیه روباز بوده که سفال‌های مردمان هرمنگان در آن تولید می‌شده است (خانی‌پور، ۲۰۱۷). تا پیش از کاوش محوطه هرمنگان سازه‌ای به این شکل از هیچ‌کدام از نواحی تولید سفال دوره موشکی به‌دست نیامده بود. این سازه که هم‌زمان با مرحله جدیدتر محوطه هرمنگان است، برای سازمان تولید سفال موشکی و به‌طور کلی سفال دوره نوسنگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر سعی شد تا با بررسی فناوری تولید، که شامل ویژگی‌های مختلف سفال ازجمله: مواد خام، مراحل پخت و روش‌های ساخت سفال است، با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی پتروگرافی (XRD (X-ray Diffraction)، Petrography) و XRF (X-ray Fluorescence Analyzes) برروی یافته‌های سفالی این محوطه، نمایی کلی از سازمان تولید سفال در استقرار نوسنگی هرمنگان مطرح شود.

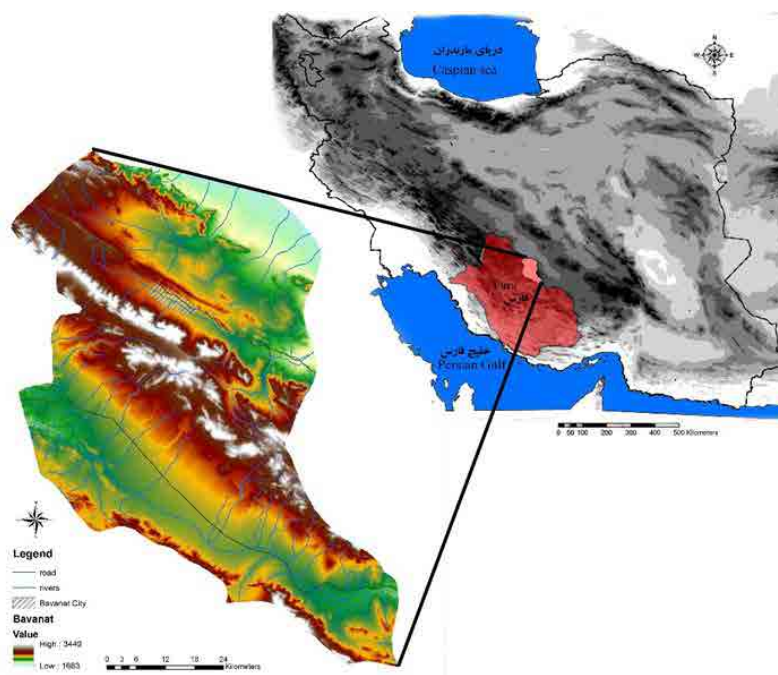


تصویر ۲. نمای کلی ترانشه ۳ و نقشه کلی سازه حرارت‌دیده و ساختارهای اطراف آن (خانی‌پور، ۱۳۹۵).

Fig. 2. Overview of the trench No. 3, and the structure of the fired construction (Khanipour, 1395).

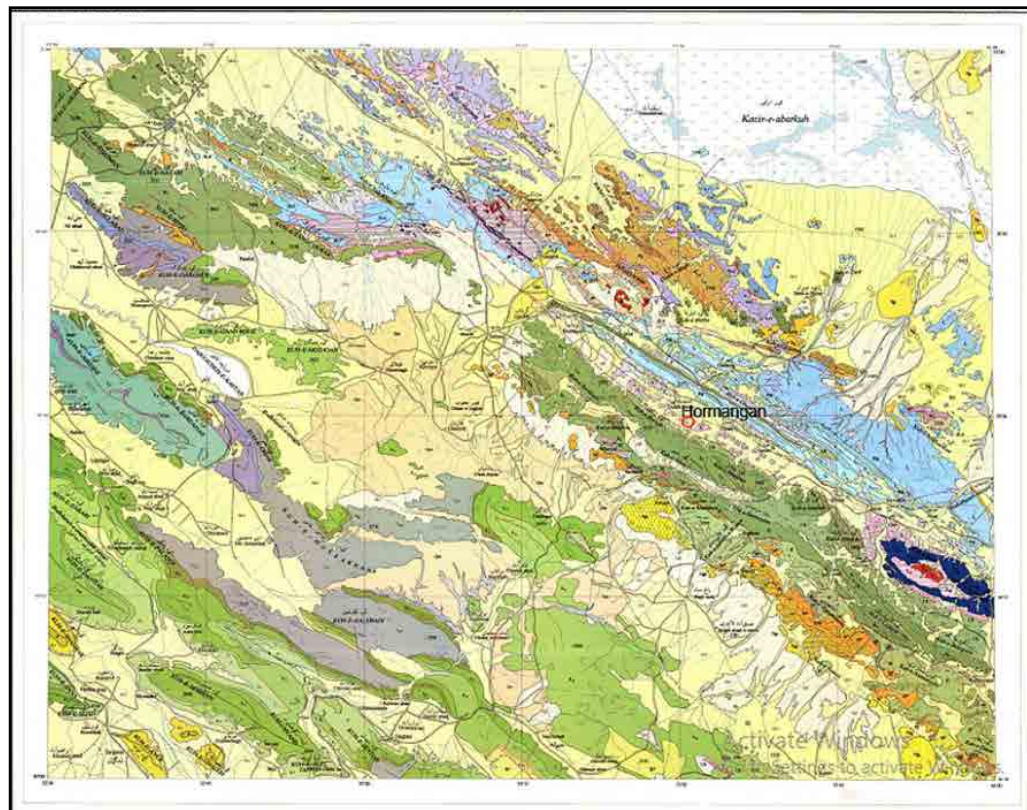
مشخصات جغرافیایی و زمین‌شناسی محوطه

محوطه هرمنگان در غرب روستای جشنیان (UTM: 39 R 741396-3377711) در ۱۵۲۰ متری جنوب رودخانه بوانات واقع شده است. این محوطه در ارتفاع ۲۳۶۴ متری از سطح آب‌های آزاد قرار گرفته که منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر است (تصویر ۳) و زمستان‌های نسبتاً طولانی و سرد و دوره تابستانی کوتاه و خنک دارد. از منظر زمین‌شناسی (تصویر ۴)، این منطقه در زون سندج-سیرجان قرار گرفته که مهم‌ترین منبع خاک رس ایران، در میان کمربندی آباد-شهرضا، در این زون است. شهرستان بوانات دارای انواع سنگ‌ها از دوره‌های مختلف زمین‌شناسی و سنگ‌های آهکی است (Emami & Yaghmai, 2008: 3-5). همه سنگ‌های زون سندج-سیرجان را می‌توان در سه واحد زمین‌ساختی-چینه‌نگاشتی پرکامبرین پسین-تریاس میانی، تریاس بالایی-کرتاسه و مجموعه ترشیری جای داد. کهن‌ترین مجموعه سنگی زون سندج-سیرجان سنگ‌های الترامافیک-گابرویی دگرگونی هستند که به‌طور عمده سن پرکامبرین دارند (Rigot et al., 2022). اهمیت زمین‌شناسی این منطقه به دلیل کیفیت بالای ذخایر رسی این ناحیه است که توسط رسوبات از نوع شیل متعلق به دوران دونین و لایه‌های ماسه‌سنگ پوشیده شده است. لایه‌های رس در میان رشته بزرگی از سنگ‌رس (شل) و ماسه‌سنگ واقع شده‌اند. مینرال‌های این منطقه شامل: کائولینیت، ایلیت، کوارتز، کلریت است. مینرال‌های ثانویه در منطقه شامل: گوتیت، پاراگونیت و ژپس است. حوضه رودخانه بوانات در منطقه مورد مطالعه، در قسمت جنوبی زون سندج-سیرجان است که در ارتفاعات بلند حوضه، از مرمر و سنگ‌آهک تشکیل شده‌اند. ولی شیل و ماسه‌سنگ عمدتاً فرسایش یافته و مناظر تپه‌ماهوری را به وجود آورده‌اند. کوه سفید توتک (از تشکیلات درونی و دگرگونی به وجود آمده‌اند) دارای تراکم شبکه هیدروگرافی زیاد، ولی آهک‌های کوه‌های کتابان، خالیشت و ختابان دارای تراکم هیدروگرافی کم‌ترند. پس انتظار می‌رود خاک رس این منطقه دارای آهک بالا و کانی‌های کوارتز باشد؛ هرچند که وجود کانی‌های دگرگونی نیز قابل انتظارند (Rigot et al., 2022).



تصویر ۳. موقعیت جغرافیایی و ناهمواری‌های شهرستان بوانات (نگارندگان، ۱۳۹۷).

Fig. 3. Geomorphological, and topographical structure of Bawanat provincen.



تصویر ۴. نقشه زمین شناسی صفحه اقلید و بوانات، موقعیت زمین شناسی محوطه هرمنگان (سازمان نقشه برداری کشور).

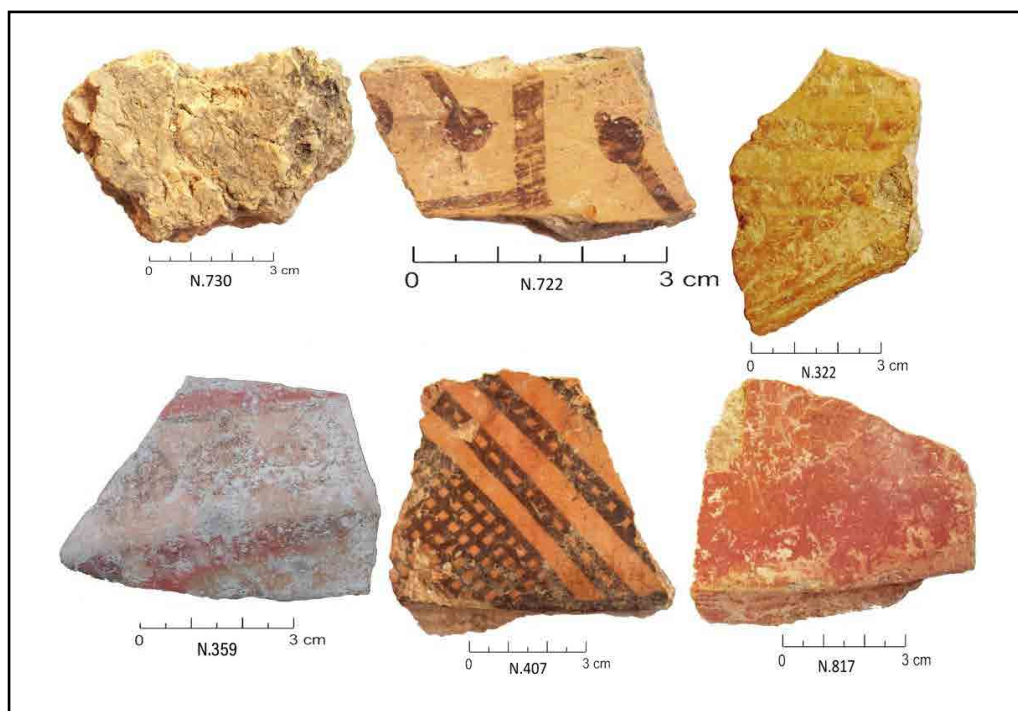
Fig. 4. Geological map of Eghlid & Bawanat corridor, and the geological region of Hormangan.

روش و مواد نمونه های مورد مطالعه

سفال های محوطه هرمنگان را در وهله اول براساس مشخصات ظاهری، رنگ و نقش به شش گروه تقسیم بندی شدند؛ گروه اول، سفال های ساده خشن با آمیزه گیاهی است (تصویر ۵: سفال ۷۳۰). گروه دوم سفال هایی با نقش سیاه بر روی زمینه نخودی هستند که بیشترین درصد سفال های این محوطه را تشکیل می دهند (تصویر ۵: سفال ۷۲۲). گروه سوم سفال های نقش قرمز بر روی زمینه نخودی است که شبیه به گروه دوم بوده، ولی از رنگ دانه متفاوتی برای نقاشی استفاده شده است (تصویر ۵: سفال ۳۲۲). گروه چهارم سفال های دورنگ با نقوش سیاه و قرمز بر روی زمینه نخودی هستند که تعداد سه قطعه سفال از این محوطه به دست آمد (تصویر ۵: سفال ۳۵۹). گروه پنجم سفال های با نقش سیاه بر روی زمینه قرمز است که شبیه سفال های محوطه موشکی است (تصویر ۵: سفال ۴۰۷) و گروه ششم سفال های قرمز صیقلی هستند که داغ دار شدند و تعداد محدودی از سفال های این محوطه را تشکیل می دهند (تصویر ۵: سفال ۸۱۷). در تقسیم بندی بعدی به فرم سفال ها و محل قرارگیری نقش توجه شد. دسته اول سفال های این محوطه، اکثراً زاویه دار هستند که در قسمت بیرونی، در بخش فوقانی منقوش شده اند. دسته دوم ظروف با لبه صاف (۹۰ درجه) و کم عمق است؛ «برنیک» برای توصیف این سفال ها در محوطه بشی از اصطلاح «دیگچه» استفاده می کند (Bernbeck, 2010: 73). گروه آخر سفال های مینیاتوری هستند که قطر کف یا لبه آن بیشتر از ۶ سانتی متر نیست. ساخت این ظروف در دوره نوسنگی رایج بوده، ولی کاربرد آن مشخص نشده

است. در تقسیم‌بندی دیگر به بافت زمینه سفال توجه شد. سفال‌های محوطه هرمنگان اکثراً دارای آمیزه گاه هستند و مغز سفال‌ها تیره است. به علاوه با چشم غیرمسلح می‌توان مواد معدنی را در مقاطع شکسته شده سفال‌ها دید. حضور این مواد به عنوان آمیزه در داخل سفال‌ها از پرسش‌های مهم این پژوهش و انجام مطالعات پتروگرافی بود که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. در تقسیم‌بندی آخر به شیوه ساخت سفال توجه شد، مطالعات مقطع سفال‌ها نشان داد که از سه روش برای ساخت سفال‌ها استفاده شده است. شیوه چینه‌بندی متوالی (Vandiver, 1987)، شیوه فتیله‌ای و روش قالب‌گیری از روش‌های ساخت سفال این محوطه بوده است. اثر سید در قسمت پایینی بعضی از ظروف زایویه‌دار دیده می‌شود. در کوشک‌هزار نیز سفال‌هایی شبیه به این سفال‌ها به دست آمده است. براساس نظر «آلدن» ممکن است از چند روش هم‌زمان برای ساخت این ظروف استفاده شده باشد (Alden et al., 2004: 28).

به منظور انجام این پژوهش سعی شد که این دسته‌بندی‌ها مدنظر قرار بگیرد و از هر دسته نمونه‌هایی برای آزمایش‌ها انتخاب شوند. علاوه بر مشخصات ظاهری سفال، طبقه‌بندی در حین کاوش، یعنی ترانشه و کانتکست آن‌ها نیز مورد توجه قرار گرفت. جدول ۱، مشخصات ظاهری سفال‌ها را نشان می‌دهد.



تصویر ۵. سفال‌های محوطه هرمنگان براساس رنگ و نقش (نگارندگان، ۱۳۹۷).

Fig. 3. Geomorphological, and topographical structure of Bawanat provincen.

پتروگرافی

آنالیز پتروگرافی یک شیوه اصلی و اساسی است که توسط زمین‌شناسان برای توصیف و طبقه‌بندی سنگ‌ها یا تشخیص کانی‌های موجود براساس ویژگی‌های نوری و بصری آن‌ها، با استفاده از میکروسکپ پلاریزان صورت می‌گیرد (Shortland & Degryse, 2020; Whitbread, 1989). به طور کلی به کارگیری پتروگرافی و پترولوژی در مطالعه سفال‌های باستانی اطلاعات گوناگونی را در اختیار باستان‌شناسان قرار می‌دهد؛ برای مثال، این اطلاعات شامل اطلاعات زمین‌شناسی

درباره منشأ و نوع رس احتمالی به‌کاررفته در ساخت سفال، نوع مواد معدنی و آلی افزوده‌شده به خمیره سفال، اطلاعات فنی راجع به میزان حرارت و شرایط پخت، نوع کوره استفاده‌شده، جهت‌یابی حفره‌ها و هندسه فضاهای خالی یا تخلخل ناشی از فرآیند ورز، پخت و سرد شدن، اطلاعات راجع به نحوه شکل‌دهی به سفال، طبقه‌بندی سفال‌ها براساس مشخصات ساخت آن‌ها است. مقایسه سفال‌های مشابه با محوطه‌های هم‌دوره، تعیین خصلت محلی یا وارداتی بودن سفال از موارد دیگر موردبررسی توسط این روش است (Emami et al., 2011). «شپرد» پیشنهاد می‌کند پتروگرافی مقاطع نازک می‌تواند هم در تشخیص‌های کمی هم کیفی به‌کار رود (Shepard, 1956). اما پژوهشگران دیگر عقیده دارند که پتروگرافی حاوی بیشترین اطلاعات به‌عنوان یک روش کیفی برای تشخیص ویژگی‌های اولیه و عمده ساخت سفال‌ها است (Stoltman et al., 1992). البته مطالعات میکروسکوپی دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ چراکه با توجه به کیفیت (رزولوشن) میکروسکوپ نوری ذرات با قطر کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر قابل مشاهده نیستند؛ از این‌رو با این روش نمی‌توان ترکیبات رسی را شناسایی نمود و باید از میکروسکوپ الکترونی استفاده نمود. برای بررسی مطالعات کانی‌شناسی سفال‌های هرمنگان تعداد ۳۶ نمونه سفال انتخاب شد که این نمونه‌ها از سطوح و بافت‌های مختلف بودند؛ همان‌طور که قبلاً اشاره شد در محوطه هرمنگان دو مرحله فرهنگی قدیم و جدید را شاهد هستیم. از مرحله اول این محوطه تعداد ۱۲ نمونه، از مرحله دوم یا مرحله قدیمی‌تر تعداد ۱۴ نمونه و ۱۰ نمونه نیز از سفال‌های ترانشه سوم که هم‌زمان با مرحله اول محوطه است، انتخاب شدند. ۳۶ نمونه انتخاب‌شده حاوی بیشترین اطلاعات از دسته‌بندی ظاهری سفال‌ها است. مشاهدات پتروگرافی با دستگاه میکروسکپ پلوریزان مدل Camera Dp71 Olampusbx60 در دانشگاه هنر اصفهان انجام شد. مقاطع نازک سفال‌ها با ضخامت ۳۰ میکرومتر برروی لام شیشه‌ای تهیه شد که تمامی نمونه‌ها با لایه ۵ میکرونی طرق جهت جلوگیری از ورود آلاینده‌های محیطی و داشتن تصویر شفاف‌تر در زیر میکروسکوپ پوشانده شده بودند.

نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)

در روش پراش پرتو ایکس، از اشعه ایکس با طول موج شناخته‌شده در تعیین فضای شبکه در ساختار بلورها استفاده می‌شود و از این راه ترکیبات شیمیایی به‌طور مستقیم شناسایی می‌گردند. این روش که تکمیل‌کننده روش پتروگرافی است، برای آنالیزهای مرحله‌ای استفاده می‌شود (Pollard et al., 2007). یکی از نتایج بسیار مهمی که از آنالیزهای XRD حاصل می‌شود، تعیین درجه پخت سفال‌ها براساس مقدار و نوع کانی‌هایی است که در درجه حرارت‌های بالا و در حین پخت سفال ایجاد می‌شوند (Emami & Trettin, 2010). هم‌چنین سفال باستانی به‌خصوص سفال‌های کمتر حرارت‌دیده در هنگام دفن نیز دچار تغییراتی می‌شوند که چنین مرحله‌هایی نیز به‌عنوان مرحله‌های ثانویه یا محصولات هوازدگی معرفی می‌شوند که شناسایی این مرحله‌ها و کانی‌ها از اهداف مطالعات XRD بر روی سفال‌های باستانی است.

در این پژوهش از بین ۳۶ نمونه سفال انتخابی محوطه برای انجام آزمایش پتروگرافی، پس از بررسی آن‌ها، تعداد ۱۸ قطعه سفال برای شناسایی مرحله و هم‌چنین مطالعات عنصری انتخاب شدند. این سفال‌ها شامل ۸ قطعه سفال (با شماره سفال‌های ۱۴۵، ۷۱۸، ۶۰، ۳۲۲، ۳۲۳، ۵۰۳، XV و IX) از مرحله اول یا همان مرحله جدید، ۸ قطعه سفال (با شماره سفال‌های ۷۳۰، ۴۰۹، ۴۰۸، ۷۲۷، ۷۲۸، ۷۲۹، ۴۰۷ و ۷۲۲) از مرحله دوم یا مرحله قدیمی‌تر و ۲ قطعه سفال از ترانشه سوم یا کوره (با شماره سفال‌های ۸۲۳ و ۸۲۹) است. این نمونه‌ها به‌صورت پودر، جهت بازتاپ پرتوها به‌صورت یکنواخت‌تر، آماده‌سازی شده و مورد آنالیز قرار گرفتند (Huff et al., 1989). برای تفسیر آنالیز کمی XRD از «روش ریتفلد» و نرم‌افزار X-Pert HighScore مدل 2.2c (2.2.3) استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات کلی سفال‌های مورد مطالعه

Table 1. General characterization of the potteries from the region

توضیحات	رنگ خسیره	رنگ خارج	کیفیت ساخت	آموره	کیفیت پخت	پوشش داخل	پوشش خارج	نقش	محل نقش	تکنیک ساخت	ارتفاع MM	ضخامت MM	قطر MM	نوع قلمه	شماره سفال	کانتکت	ردیف
تکنیک سفالت سبیلی	7.5YR 8/3 pink	10YR 8/3 very pale brown	خشن	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۵۴	۲۲		پنده	۶۰	۱۰۰۲	۱
	5YR 7/4 pink	10YR 8/4 very pale brown	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۷۹	۹		پنده I	۱۰۰۳	۱۰۰۳	۲
	7.5YR 8/3 pink	10YR 8/3 very pale brown	خشن	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۹	۲۹		لیه	۱۴۵	۱۰۰۴	۳
	7.5 YR 7/4 pink	7.5YR 5/1 gray	متوسط	کلیلهایی	کافی	غلیظ	غلیظ	-	-	دست ساز	۵۱	۱۰		پنده II		۱۰۰۴	۴
قسمتی با لایه سفالت سبیلی	10YR 8/3 very pale brown	10YR 8/3 very pale brown	متوسط	کلیلهایی	کافی	نادر	نادر	-	-	دست ساز	۲۵	۷	۸۰	پنده XII	۱۰۰۵		۵
قسمتی با لایه سفالت سبیلی	2.5YR 6/4 light reddish	2.5YR 4/6 RED	ظریف	کلیلهایی	کافی	غلیظ	غلیظ	-	-	دست ساز	۷۵	۴		پنده XVI	۱۰۰۷		۶
قسمتی با لایه سفالت سبیلی	7/5YR 6/4light brown	2/5YR 6/6 light red	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۶	۱۱		پنده XVII	۱۰۰۷		۷
	7/5YR 6/4light brown	7.5YR 7/2 pinkish gray	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۴۵	۸		پنده	۳۲۳	۱۰۱۴	۸
تکنیک سفالت سبیلی	7/5YR 6/4light brown	10R 6/6 light red	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۱	۸		پنده	۳۲۳	۱۰۱۴	۹
	10YR 4/1 dark gray	10YR 6/1 GRAY	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	کند	غیر رقیق	دست ساز	۴۵	۹		پنده	۵۰۳	۲۰۰۱	۱۰
	7.5YR 6/4 light brown	2.5YR 7/4light reddish brown	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۴۲	۱۰		پنده	۷۱۸	۲۰۱۶	۱۱
تکنیک سفالت سبیلی	5YR 5/1 GRAY	2.5YR 6/4 light reddish brown	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۸۵	۱۱		پنده	۷۱۹	۲۰۱۶	۱۲
	2.5YR 7/4light reddish	2.5YR 7/4light reddish brown	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۵۹	۹	۱۰۰	لیه	۴۰۶	۱۰۴۴	۱۳
	2.5YR 6/6 LHGT RED	7.5YR 7/4 PINK	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۵۷	۱۲		پنده	۴۰۷	۱۰۴۴	۱۴
	7.5YR 6/4 light brown	7.4YR 7/4 pink	ظریف	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۴۲	۵		پنده	۴۰۸	۱۰۴۴	۱۵
	7.5 YR 5/3 brown	7.5 YR 7/3 PINK	خشن	کلیلهایی	ناتوانی	غلیظ	غلیظ	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۶۵	۲۳		پنده	۴۰۹	۱۰۴۴	۱۶
	10YR 5/2 grayish brown	10YR 6/3 pale brown	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۱۶	۷	۱۵	کف	۴۱۰	۱۰۴۴	۱۷
	7.5YR 5/1 GRAY	7.5YR 7/3 pink	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۳۳	۸		پنده	۷۲۶	۲۰۲۳	۱۸
صیقلی	5YR 6/4 light reddish brown	2.5YR 7/6 light red	متوسط	کلیلهایی	کافی	غلیظ	رقیق	-	-	دست ساز	۵۱	۱۱		پنده	۷۲۷	۲۰۲۳	۱۹
	7.5YR 6/4 light brown	10YR 7/4 very pale brown	ظریف	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۱۹	۶		پنده	۷۲۳	۲۰۲۸	۲۰
	7.5YR 5/1 GRAY	7.5YR 7/3 pink	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۵۹	۱۲		پنده	۷۲۸	۲۰۳۰	۲۱
	7.5YR 6/4 light brown	2.5YR 6/6 light red	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۳	۹		پنده	۷۲۹	۲۰۳۰	۲۲
	10YR 8/3 very pale brown	10YR 8/3 very pale brown	متوسط	کلیلهایی	کافی	نادر	نادر	-	-	دست ساز	۴۱	۳۱		پنده	۷۳۰	۲۰۳۰	۲۳
	7.5YR 6/4 light brown	2.5YR 6/6 light red	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۵۳	۸		پنده	۷۳۳	۲۰۳۱	۲۴
	7.5YR 6/4 light brown	5YR 7/4 PINK	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۴	۸		پنده	۷۳۴	۲۰۳۴	۲۵
	7/5YR 6/4light brown	2/5YR 6/6 light red	خشن	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۴۹	۱۹		پنده	۷۳۵	۲۰۳۵	۲۶
	7.5YR 5/1 GRAY	7.5YR 7/3 pink	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۲۷	۸		پنده	۸۲۸	۲۰۰۲	۲۷
	7.5YR 6/4 light brown	7.5YR 7/3 pink	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۴۲	۱۰		پنده	۸۲۹	۲۰۰۲	۲۸
	7.5YR 7/4 pink	7.5YR 7/4 pink	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۸۹	۱۰		پنده	۸۴۱	۲۰۰۸	۲۹
	10YR 6/3 pale brown	7.5YR 7/4 PINK	خشن	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۱۰۴	۲۰		پنده	۸۴۳	۲۰۰۸	۳۰
تکنیک سفالت سبیلی	10YR 4/1 dark gray	10YR 6/6 light red	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۶۶	۷		پنده	۸۴۴	۲۰۰۸	۳۱
	7/5 YR 6/4 light brown	2/5YR 7/6 light red	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۱۲۶	۷		لیه	۸۱۴	۲۰۰۹	۳۲
	7/5 YR 6/4 light brown	2/5YR 7/6 light red	متوسط	کلیلهایی	کافی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۵۰	۱۰		پنده	۸۱۵	۲۰۰۹	۳۳
red slip	7.5YR 5/1 GRAY	2.5YR 4/6 RED	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	غلیظ	رقیق	-	-	دست ساز	۵۳	۱۲		پنده	۸۱۷	۲۰۰۹	۳۴
	7.5YR 5/1 GRAY	7.5 YR 7/4 PINK	متوسط	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	نقاشی	غیر رقیق	دست ساز	۶۰	۱۱		پنده	۸۱۹	۲۰۰۹	۳۵
	7.5YR 5/1 GRAY	7.5 YR 7/4 PINK	خشن	کلیلهایی	ناتوانی	رقیق	رقیق	-	-	دست ساز	۱۷	۱۳	۷۰	کف	۸۲۳	۲۰۰۹	۳۶

این روش اولین بار توسط «اچ. ام. ریتولد» در سال ۱۹۶۷م. معرفی شد و امروزه برای تحلیل کمی آنالیزهای XRD استفاده می‌شود (Noghani & Emami, 2017). دستگاه مورد استفاده برای آنالیز نمونه‌ها، PHILIPS و مدل دستگاه PW1730 بود که توسط آزمایشگاه بیم‌گستر تابان انجام شد.

نتایج آنالیز فلئورسانس اشعه ایکس (XRF)

استفاده از روش فلئورسانس اشعه ایکس بعد از دهه ۶۰م. هم‌زمان با استفاده از روش‌های علمی در باستان‌شناسی شروع شد که با آن طیف وسیعی از مواد باستانی را از جمله: ابسیدین، سرباره، رسوبات باستان‌شناسی، خاک به خصوص سفال و سرامیک را می‌توان مطالعه کرد (Speakman et al., 2011). این روش به اهداف گوناگونی مثل منشأیابی انجام می‌شود. اما هدف از انجام آن در این پژوهش تعیین میزان غلظت عناصر اصلی خاک و همچنین تشخیص عناصر ناچیز مقدار در سفال‌ها بود. با تشخیص عناصر خاک سفال به همراه مطالعات میکروسکوپی توانستیم سفال‌ها را دسته‌بندی کرده و نمونه‌ها با هم مقایسه شوند. آنالیز XRF می‌تواند با دستگاه پرتابل انجام شود که روشی غیر تخریبی است، یا این‌که از دستگاه میزی با نمونه‌سازی پودری استفاده می‌شود. در این پژوهش، آزمایش XRF با دستگاه‌های پژوهشکده حفاظت و مرمت پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری انجام گرفت که مجهز به دستگاه مدل ۸۴۲۰- کمپانی ARL است و از نرم‌افزار UniQuant برای آنالیز نمونه‌های مجهول استفاده شد. آماده‌سازی نمونه‌ها نیز به صورت تهیه قرص از پودر نمونه انجام شده است؛ هم‌چنین این دستگاه از روش WDXRF برای شناسایی و تشخیص عناصر خاک استفاده کرده است.

نتایج حاصل از مشاهدات پتروگرافی

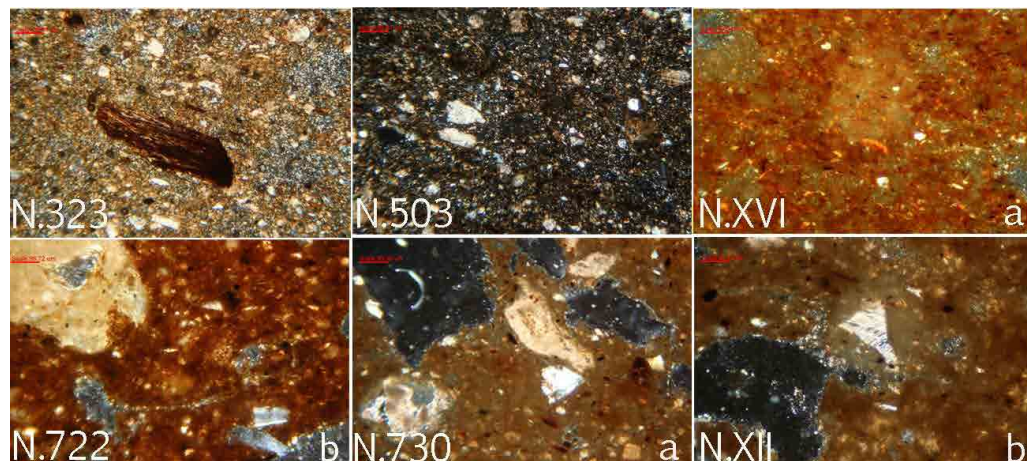
به طور کلی، سفال‌های محوطه هرمنگان دارای تخلخل‌های بالایی هستند. سفال‌ها در هر دو مرحله این محوطه شبیه به هم هستند؛ به طوری که مرحله اول و دوم را نمی‌توان از هم تفکیک کرد. در این سفال‌ها، کانی‌های آهک، کوارتز، پلاژیوکلاز آلبیتی و سانیدین و خرده‌سنگ‌های آذرین متشکل از: مسکویت، کلسیت، اکسید آهن، گرانیت، مگنتیت، هماتیت، اپاتیت و فلدسپار به عنوان مواد پرکننده به کار رفته است. در یک نمونه سفال این مرحله احتمالاً از گروگ یا خرده سفال به عنوان آمیزه استفاده کرده‌اند (تصویر ۶: نمونه ۳۲۳). بافت زمینه در تمامی این گروه آهکی است. در اکثر نمونه‌ها کوارتزها، زاویه دار هستند که نشان‌دهنده حالت ابتدایی در خرد شدن است، یعنی یا این مواد به صورت آگاهانه از محلی برای ساخت سفال‌ها آورده و توسط سفالگر خرد شده‌اند یا این‌که در خاک رس منطقه موجود بوده و منشأ آن، جایی در نزدیکی محل انتخاب خاک بوده است؛ چراکه اگر از دوردست توسط رودخانه‌ها حمل می‌شد، فرسایش یافته بود و زاویه دار دیده نمی‌شد. در اکثر نمونه‌ها کلسیت ثانویه تشکیل شده که نشان از دفن در محیط مرطوب داشته است (Emami et al., 2009). سفال‌های تاریخی هنگام دفن متحمل تغییراتی می‌شوند که نوع و سرعت پیشرفت این تغییرات کاملاً به محیط قرارگیری آن‌ها، ویژگی‌های ساختاری سفال (تخلخل، بافت، شیمی سفال و ترکیبات مینرالی آن) و هم‌چنین مواد آلی که احتمالاً هنگام کاربرد ظرف استفاده می‌شده، بستگی دارد. از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار در تغییرات زمان دفن، آب‌های زیرزمینی هستند که نقش اصلی را در تغییرات مینرالوژی و تبادلات شیمیایی سفال هم‌چون: انحلال برخی مرحله‌ها و یا شکل‌گیری رسوبات در درون خلل و فرج دارد. این واکنش‌ها هم‌چنین بستگی کامل به pH و درجه حرارت محیط دارد (امامی و نوغانی، ۱۳۹۲). تشکیل پرتلندیت در یکی از این نمونه‌ها (تصویر ۶: نمونه ۷۳۰) که نوعی سفال خشن است، نشان می‌دهد که نه تنها در زمان دفن این سفال‌ها در محیط مرطوب بوده‌اند، بلکه بعد از پخت نیز در محیطی مرطوب (احتمالاً برای نگه‌داری مایعات)

استفاده می‌شده است. در یک جمع‌بندی از مطالعات صورت‌گرفته بر روی مقطع نازک سفال‌ها می‌توان این‌طور عنوان نمود که چهار قطعه سفال (به شماره سفال‌های 60-730-145I-)، درجه حرارت‌هایی بالاتر از ۸۰۰ درجه داشته‌اند؛ چراکه مرحله‌های اولیه و درجه حرارت پایین نظیر کلسیت در بافت آن‌ها دیده نشد. بقیه سفال‌های این محوطه زیر ۸۰۰ درجه پخته شده است. با توجه به مقاطع مشاهده شده و تطبیق آن با نقشه زمین‌شناسی منطقه می‌توان متوجه شد که سفال‌ها در هر دو مرحله منشأ محلی داشته‌اند که براساس ماتریکس و میزان مواد پلاستیسیته آن به سه گروه تقسیم‌بندی شد؛ گروه اول، ۲۱ قطعه سفال (به شماره‌های ۳۲۳-۵۰۳-۸۱۵-۸۴۱-۴۰۶-۴۰۸-۴۰۹-۷۲۷-۴۱۰-۸۲۸-۷۲۹-۷۲۶-۷۳۲-۸۳۹-۷۳۴-۷۳۵-۸۱۴-۸۱۷-۸۱۹-۸۲۳-۸۲۹) دارای بافت رس آهکی است (تصویر ۶: نمونه ۳۲۳ و ۵۰۳) و انواع مواد پلاستیسیته در اندازه‌های مختلف، عموماً به صورت زاویه‌دار دیده می‌شود. ۹ قطعه سفال (به شماره‌های XV-XVI-۳۲۲-۸۲۸-۸۴۲-۴۰۷-۷۲۲-۷۱۸-۷۱۹) به دلیل بافت زمینه قرمز، که یا از یک منشأ خاک رس غنی از آهن به دست آمده‌اند و یا در حرارت بالا درست شدند، «خاک رس آهنی» نام گرفت (تصویر ۶: نمونه XVI و ۷۲۲). این گروه به دو زیرمجموعه a و b تقسیم می‌شوند. مجموعه اول (تصویر ۶: نمونه XVI) مواد پرکننده یا مواد پلاستیسیته ندارد و گروه دوم در خاک رس آن مواد پرکننده مشاهده می‌شود (تصویر ۶: نمونه ۷۲۲). گروه سوم، ۶ قطعه سفالی (به شماره سفال ۶۰-۱۴۵-I-۷۳۰-II-XII) است (تصویر ۶: نمونه ۷۳۰-II-XII). در این سفال‌ها خاک رس چسبنده‌ای به کاررفته که با آن دو گروه کاملاً متفاوت است. گروه سوم نیز به دو زیرمجموعه a و b قابل تقسیم‌بندی هستند. زیرمجموعه اول (تصویر ۶: نمونه ۷۳۰) دمای پخت بالاتر از ۸۰۰ درجه را تحمل کرده‌اند و زیرمجموعه دوم با توجه به وجود کلسیت‌های تبدیل نشده، سفال‌های درجه حرارت پایین‌تر هستند (تصویر ۶: نمونه XII). نوع متفاوت مواد پرکننده در سفال‌ها می‌تواند نشانگر این باشد که خاک سفال‌ها از مکان‌های مجزا، اما از یک منطقه آورده شده است. وجود گروگ یا خرده سفال در بافت زمینه سفال، حاکی از استفاده قطعات سفالی به عنوان یک آمیزه مناسب و به تعقیب آن پیشرفت فناوری در ساخت سفال است، اما از آنجایی که فقط در یک قطعه سفال این محوطه دیده شد، نمی‌توان درباره عمده یا غیرعمده بودن این ماده به عنوان یک آمیزه نظر داد. درجه پخت سفال‌های این محوطه در اکثر نمونه‌ها بالاتر از ۸۰۰ درجه نبوده است. در تعداد کمی از آن‌ها، تبدیل کلسیت به آهک نشان از دمای بالای ۸۰۰ درجه دارد (Amin Emami & Trettin, 2010). بافت داخلی تعدادی از سفال‌ها تأثیرات ناشی از پخت ناقص و حالت دودزدگی را نشان می‌دهند. این امر حاکی از نرسیدن اکسیژن به قسمت‌های درونی سفال بوده است. مقایسه مقاطع نازک سفال‌های کوره با محوطه مسکونی شباهت قابل توجهی را با مرحله جدید مطرح می‌کند. از نظر فناوری ساخت، تمامی سفال‌های مرحله قدیم و جدید شبیه به هم بوده و همگی از این سه نوع متفاوت خاک رس اولیه ساخته شده است.

آنالیز XRD

نتایج آنالیز XRD از ۱۸ قطعه سفال این محوطه به صورت نمودارهای مرحله و جداولی که حاوی شناسایی کانی‌های موجود در نمونه‌ها، فرمول شیمیایی آن‌ها و مقدار فراوانی آن در نمونه‌ها بود و همچنین دندوگرام خوشه‌ای ارائه شد. در جدول ۲، می‌توان کانی‌های شناسایی شده در هر نمونه را مشاهده نمود.

نمودار شباهت یا دندوگرام‌های شباهت در نمونه‌های بررسی شده محوطه هرمنگان (تصویر ۷) با هدف شناخت تشابهات در سفال‌های مورد مطالعه و دسته‌بندی آنان براساس مرحله‌های کریستالی صورت گرفته است (Emami et al., 2011).

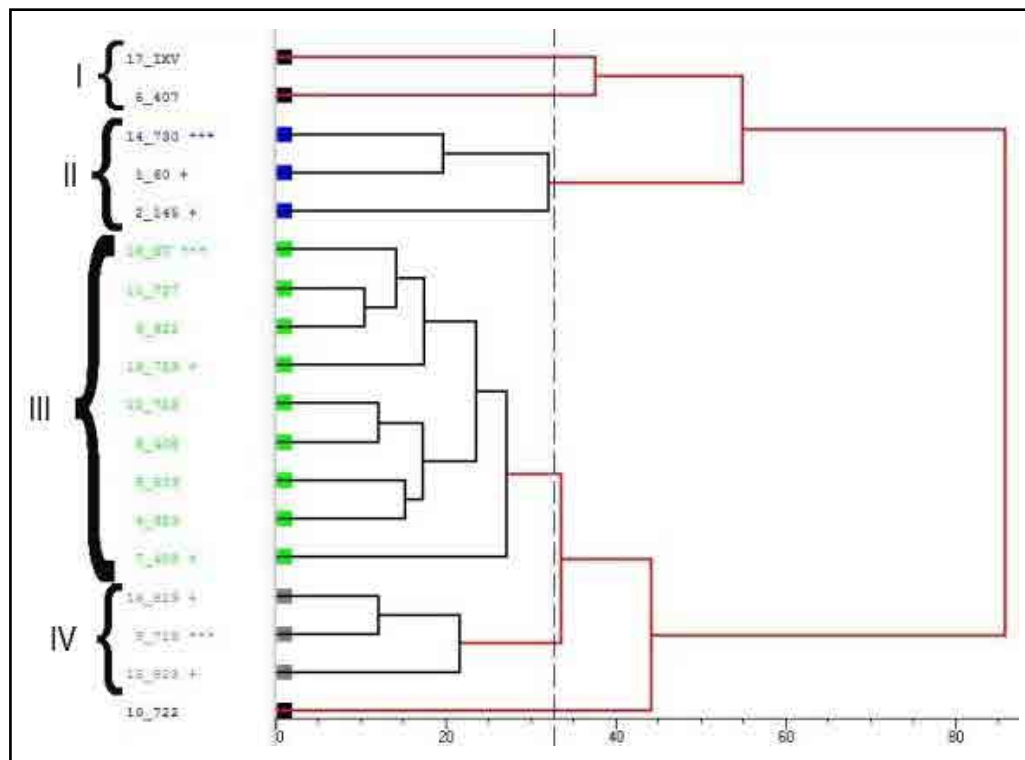


تصویر ۶. مقاطع نازک سفال‌ها، گروه اول، سفال‌های دارای خاک رس آهکی است. سفال شماره ۳۲۳ که گروگ در مرکز تصویر مشخص است و سفال شماره ۵۰۳ که پخت در محیط اکسیداسیونی را تجربه کرده‌است، در این دسته قرار دارد. گروه دوم، دارای خاک رس غنی از آهن هستند. سفال شماره XVI که دارای مواد پلاستیسیته بسیار کمی است (زیرمجموعه a) و قطعه سفال شماره ۷۲۲ که مواد پلاستیسیته بیشتری دارد (زیرمجموعه b)، در این دسته قرار دارند. گروه سوم، سفال شماره ۷۳۰ خاک رس چسبنده که در حرارت بالا پخته است (زیرمجموعه a). سفال شماره XII نیز دارای خاک رس مشابه با سفال قبلی است و در درجه حرارت زیر ۸۰۰ درجه پخته شده‌است (زیرمجموعه b). در این سفال می‌توان کلسیت‌های پخته نشده را کامل مشاهده کنیم که نشان از عدم پخت سفال در درجه حرارت بالا دارد. همان‌طور که در تصویر مشخص است سه نوع خاک رس متفاوت می‌توان دید (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 6. Thin-section of the potteries and their classification. I) calcareous pottery fired in an oxidation atmosphere (N323, N503), II) iron rich pottery (XVI, N722) with high amount of plasticity constituents, III) Clayey pottery matrix fired due to high temperature (N730). Sample XII contains a bit calcite as a low temperature reaction.

براساس این بررسی‌ها سفال‌های محوطه هرنمگان به چهار دسته قابل تقسیم هستند؛ گروه اول، سفال‌های XVI و ۴۰۷ است. این گروه از جهت عدم تشخیص کلسیت در آن‌ها شبیه به هم هستند. گروه دوم، سفال‌های ۷۳۰، ۶۰ و ۱۴۵ هستند که از جهت کانی‌های مشاهده شده و درجه پخت بسیار شبیه به هم است. این دسته در مطالعه مقاطع نازک نیز، یک خاک متفاوتی را با دسته‌های دیگر نشان می‌دهند. گروه سوم، سفال‌های XV، ۳۲۲، ۳۲۳، ۷۲۹، ۷۲۸، ۴۰۸، ۵۰۳ و ۴۰۹ هستند. کانی‌های شناسایی شده در این مرحله شبیه به هم هستند. گروه چهارم سفال‌های ۸۲۹، ۸۲۳ و ۷۱۸ است. این دسته سفال‌ها از جهت کانی‌های شناخته شده شبیه گروه سوم است و دلیل تمایز آن با گروه قبلی وجود کانی میکا است. سفال شماره ۷۲۲ نیز دارای کانی‌های مشترک بین گروه‌های سوم و چهارم است و به دلیل شباهت زیاد بین همه گروه‌ها می‌تواند داخل هر چهار دسته قرار بگیرد. سفال‌های کوره و سفال‌های مرحله اول و دوم در این گروه‌ها پراکنده هستند (Nodari et al., 2004). سه قطعه سفالی که مبنای بیشترین تفاوت در این دسته‌ها هستند، قطعات ۷۳۰، XV و ۷۱۸ است. کانی‌های شاخص این سفال‌ها که شدت پیک بیشتر و بلندتری را روی دیگرام خود نشان داده‌است، کانی‌های گلنیت، ایلیت مونت موریلونیت و مگنتیت هستند (تصویر ۸). وجود کانی‌های گلنیت با نقطه ذوب ۱۵۹۳ و دیوپسید داخل سرامیک‌های باستانی، احتمالاً

Table 2. Crystalline phase composition of the investigated potteries[illegible]

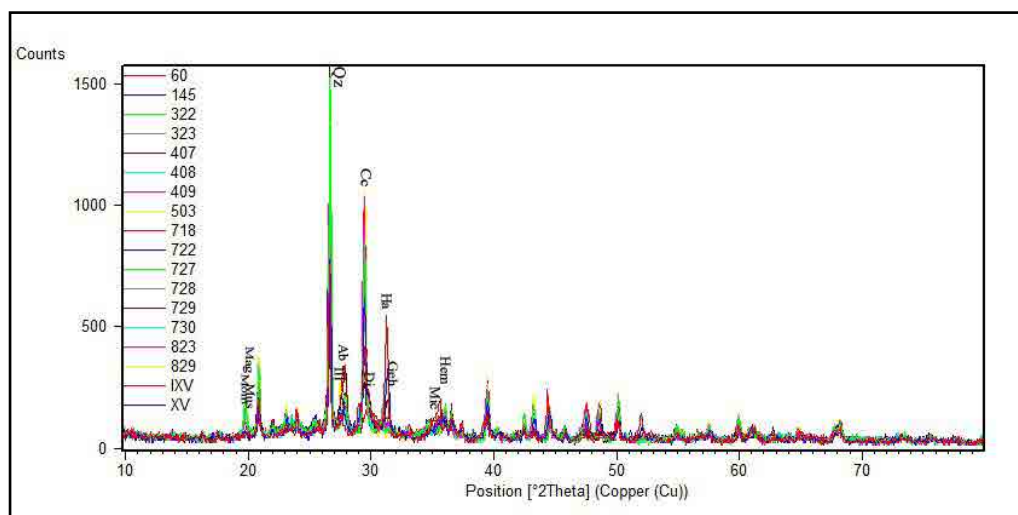


تصویر ۷. نمودار شاخه‌ای و دندوگرام شباهت در سفال‌های محوطه هرمنگان و دسته‌بندی سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 7. Dendrogram and clustering of the investigated potteries based on XRD pattern

به دلیل تشکیل کانی‌های درجه حرارت بالا است، به طوری که بعد از دمای ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد، کلسیت‌ها به دیوپسیت سیلیکات تبدیل می‌شوند (Riederer, 2004: 149). سفال‌های شماره ۶- و ۱۴۵ و ۷۳۰ نیز سفال‌های دما بالا بودند پس تشخیص این کانی به خاطر دمای بالای پخت این سفال‌هاست و منشأ سنگ‌های دگرگونی ندارد. کانی مگنتیت از اکسیدهای آهن و یک کانی رایج است که بیشتر در سنگ‌های آذرین، دگرگونی بلورین و نوارهای رسوبی وجود دارد. در سرامیک‌های باستانی سنگ معدن‌هایی مثل هماتیت و مگنتیت، فراوان هستند (Klein et al., 1977)، اما اصولاً زیر میکروسکپ پلوریزان قابل تشخیص نیستند (Riederer, 2004). مگنتیت در ۵ قطعه سفالی از مرحله‌های مختلف شناسایی شد که عمدتاً زیر میکروسکپ سفال‌های داری خاک رس غنی از آهن هستند. علاوه بر این، وجود مگنتیت دلیل بر پخت در شرایط اکسیدی است (Nodari et al., 2004). از لحاظ شیمیایی خاک رس مخصوص سفالگری را می‌توان به سه دسته کائولین، ایلیت و مونت موریلونیت تقسیم کرد. خاک ایلیتی، خاکی سه لایه‌ای است و لایه بین آلومینیوم و سیلیسیوم آن‌ها با پتاسیم پر می‌شود. خاک‌هایی که در پیش از تاریخ برای ساخت سفال استفاده می‌شده، عموماً از این نوع خاک‌ها هستند. خاک مونت موریلونیت خاک رس نامرغوبی است که بین لایه‌های آن آب جمع می‌شود، باد می‌کند، ترک می‌خورد و لایه‌های آن از هم فاصله می‌گیرند و برای سفالگری اصلاً مناسب نیست (Rice, 1987: 42). در بین سفال‌های محوطه هرمنگان، این کانی رسی به صورت ایلیت مونت موریلونیت مشاهده می‌شود که یک کانی غنی از Mg است. وجود این کانی ثابت می‌کند که مواد خام از یک منبع دولمیتی یا غنی از منیزیم-آهک گرفته شده‌اند (Emami, 2012).

نمودار دندوگرام (تصویر ۷) نشان می‌دهد که احتمالاً از سه نقطه متفاوت خاک مناسب را تهیه می‌کردند. این سه نقطه متفاوت به معنی سه نوع منشأ متفاوت نیست و احتمالاً سفالگر محوطه هرمنگان هر دفعه به صورت آزمون و خطا از محلی متفاوت اما در نزدیکی کارگاه تولید، خاک را



تصویر ۸. دیاگرام کانی‌های شناسایی شده در سفال‌ها (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 8. Mineralogical phase composition in all potteries

انتخاب می‌کرده‌است (Bishop, 2017)، اما وجود محصول نهایی شبیه به هم حاکی از این است که هرچند خاک‌ها مقداری باهم متفاوت باشد برای هر نوع خاک از شیوه‌های متنوعی استفاده می‌کرده‌اند تا محصول نهایی شبیه به هم باشد. این عملکرد چه در مرحله قدیمی‌تر، چه مرحله جدید و کوره همیشه در حال انجام بوده و تمایز مخصوصی بین سفال‌های مرحله قدیم و جدید دیده نمی‌شود.

آنالیز XRF

نتایج آنالیز XRF به صورت عناصر اصلی با مقیاس درصد و با ترکیب اکسیدی در قالب جدولی ارائه شد (جدول ۲). عناصر شناسایی شده شامل: اکسید سدیم (Na_2O)، اکسید منیزیم (MgO)، اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)، اکسید سیلیسیم (SiO_2)، اکسید فسفر (P_2O_5)، گوگرد تیری اکسید (SO_3)، یون کلرید (Cl)، اکسید پتاسیم (K_2O)، اکسید کلسیم یا همان آهک (CaO)، اکسید تیتانیوم (TiO_2)، اکسید منگنز (MnO)، اکسید آهن (Fe_2O_3) و اکسید استرانسیوم (SrO)، هستند. در بین این سیزده عنصر شناسایی شده، کلر، استرانسیوم، گوگرد و منگنز به صورت عناصر کمیاب در بین نمونه‌ها موجود بود.

برای تحلیل عناصر سفال‌های این منطقه از روش آماری نول در سیستم SiO_2 ، Al_2O_3 و $\text{MgO}+\text{CaO}$ استفاده شد (Noll, 1991). نول از ترکیبات اصلی سفال برای طبقه‌بندی استفاده کرد. از ترکیباتی که همیشه در داخل سفال‌ها مشاهده می‌شود می‌توان به: آهک، کلسیت، دولمیت یا همان کربنات کلسیم دارای منیزیم، کوارتز یا شن، مواد آلومینی مثل رس و ترکیبات آهن دار اشاره کرد. در نمودار نول از SiO_2 در رأس نمودار، Al_2O_3 در سمت چپ و مجموع $\text{MgO}+\text{CaO}$ در سمت راست نمودار که بیشترین عناصر تشکیل ترکیبات رسی هستند، استفاده شده است. از سنجش آهن در این نمودار خودداری شده‌است، زیرا آهن به سادگی اکسید می‌شود، در دما و شرایط پخت

جدول شماره ۳. درصد عناصر مختلف در نمونه های آزمایش شده

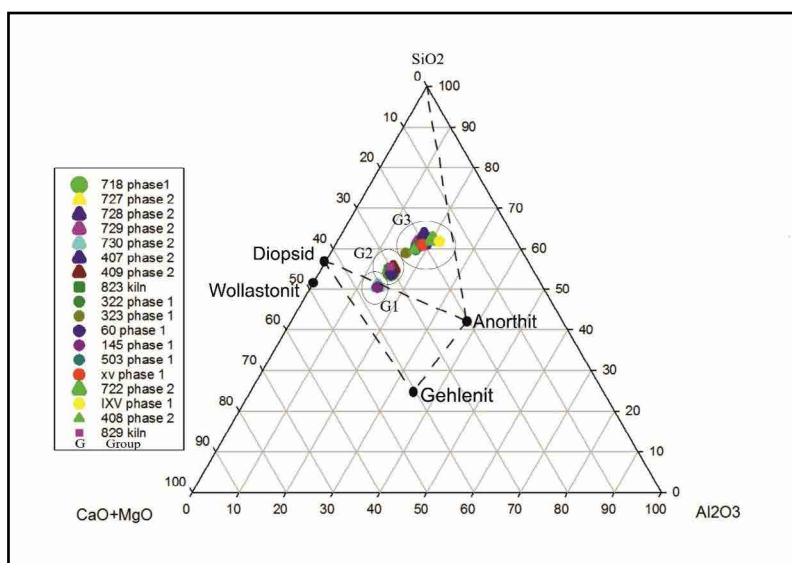
Table 3. Chemical composition of the potteries in w%

Sample	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	SrO	LOI
718	0.37	2.9	11.5	40.8	0.22	0.014	0.01	0.37	20.2	0.54	0.02	5.5	0.04	17.28
727	0.36	3.2	13.7	48.6	0.24			0.45	13.6	0.61	0.028	6.2	0.028	12.64
728	0.3	3.7	15.4	50.2	0.34		0.011	0.47	12.7	0.65	0.024	6.8	0.024	9.2
729	0.4	3.5	14	49.7	0.26		0.012	0.45	13.6	0.62	0.025	6.3	0.026	10.93
730	0.33	3.3	11.3	40.5	0.39			0.32	24.7	0.52	0.016	5.5	0.046	13.06
407	0.62	4.3	15.2	54.3	0.42		0.046	0.48	11.9	0.65	0.024	6.8	0.018	5.2
409	0.35	3.7	11.9	43.2	0.3		0.015	0.42	19.4	0.54	0.026	5.9	0.035	14.11
823	0.29	3.9	11.2	42.1	0.42			0.4	19.6	0.5	0.019	5.4	0.047	16.06
322	0.29	3.5	14.2	48.5	0.28		0.012	0.49	13.6	0.6	0.014	6.3	0.02	12.05
323	0.41	3.7	12.9	47.3	0.27		0.012	0.44	16.4	0.57	0.021	6.1	0.021	11.81
60	0.38	3.3	12.7	43.8	0.37		0.015	0.37	21.7	0.55	0.015	6.1	0.032	10.48
145	0.24	2.8	10.9	38.6	0.43	0.068	0.012	0.38	24.2	0.51	0.018	5.4	0.035	16.25
503	0.26	3.1	13.7	46.4	0.28			0.4	14.3	0.62	0.026	6.4	0.025	14.4
XV	0.33	3.6	15	49.3	0.29		0.013	0.47	13	0.63	0.022	6.7	0.021	10.41
722	0.6	4.3	17.8	55.1	0.78		0.098	0.47	11.3	0.7	0.025	8.2	0.026	?
IXV	0.5	4.7	19.4	55.1	0.36		0.029	0.5	9.9	0.69	0.034	8.6	0.016	?
408	0.67	4.6	15.6	53.5	0.67		0.1	0.5	15.9	0.68	0.027	7.5	0.037	?
829	0.45	4.1	13.2	50.8	0.43		0.015	0.42	23.3	0.61	0.024	6.2	0.055	?
clay	0.16	3.9	5.9	28	2	0.03		0.19	27.9	0.34	0.02	3.5	0.06	27.8

متفاوتی پدیدار می شود و هم چنین در بسیاری موارد به عنوان ترکیب اصلی رس ها حضور دارد. براساس نمودار نول (تصویر ۹) سفال های باستانی به سه نوع غنی از سیلیس (محدوده راست مرز Si-An)، غنی از آهک (محدوده سمت چپ مرز Si-An) و بسیار آهکی (محدوده پایین مرز An-Di) تقسیم بندی می شوند (Maritan et al., 2006).

با توجه به نتایج نمودار نول، از بین ۱۸ نمونه سفال انتخاب شده برای آنالیز XRF سه دسته سفال قابل تشخیص بود (تصویر ۹). گروه اول با شماره سفال های ۷۳ و ۱۴۵ در محدوده مرز مثلث Di, An, Gh، جزو دسته سفال های آهک خیلی بالا هستند. نتایج آنالیز مرحله نشان می دهند که این دو نمونه سفال که اولی از مرحله ۲ و دومی از مرحله ۱ انتخاب شده، در درجه حرارت بالاتری نسبت به دیگر سفال ها پخته شده اند. گروه دوم شامل سفال های ۷۱۸، ۶۰ از مرحله یک، ۴۰۹ و ۴۰۸ از مرحله دوم و ۸۲۳ و ۸۲۹ از کوره هستند. این گروه همگی در یک محل جمع شده اند و نشان می دهند از نظر مقدار عناصر اصلی بسیار شبیه به هم هستند؛ هم چنین این گروه جزو دسته سفال های آهک بالا تقسیم بندی می شوند. گروه سوم نیز در دسته بندی سفال های آهک بالا جای می گیرند که شامل سفال های: ۳۲۲، XV، IXV، ۳۲۳، ۵۳، از مرحله اول، ۷۲۷، ۷۲۸، ۷۲۹، ۷۲۲، ۴۰۷ از مرحله دوم هستند و پراکندگی بیشتری نسبت به دو گروه قبلی نشان می دهند. پراکندگی سفال ها در این گروه نشان از تغییرات مقدار SiO2/Ca+MgO دارد. تغییرات SiO2/Al2O3 در بین محدوده ظاهر شده، دارای محدوده ۵٪ هستند که نشان از ثبات بیشتر آن نسبت به SiO2/CaO+MgO دارد. این مهم چنین به نظر می رسد که تغییرات ترکیب شیمیایی سفال ها وابسته به مواد افزودنی و نوع پخت سفال بوده و مواد خام احتمالاً دارای منشأ یکسان یا ترکیب یکسانی بوده اند (Nodari et al., 2004; Amadori et al., 2018).

نتایج نمودار نول نشان می دهند که پراکندگی نمونه ها متمرکز نبوده و این مشخص کننده تغییرات ترکیب شیمیایی وابسته به محل کشف اولیه و یا تغییرات حرارتی در حین پخت سفال است. نسبت مقدار سیلیس به آلومینیم در بین ۱۵-۲۰٪ آلومینیم تغییرات دارد که کمتر از ۵ واحد وزنی بوده است و نشان از یکسان بودن ترکیب رس دارد (Hein et al., 2004). از آنجایی که سفال های شبیه به هم در یکجا تجمع کردند، احتمال وجود سه نوع روش تولید متفاوت در بافت سفال است که این در مشاهدات میکروسکوپی نیز قابل تشخیص بود.



شکل ۹. پراکندگی نمونه‌ها در ترکیب عنصری سفال‌های محوطه هرمنگان در سیستم نمودار نول (Al_2O_3 - $\text{CaO}+\text{MgO}-\text{SiO}_2$), (نگارندگان، ۱۳۹۶).

Fig. 9. Scattering of chemical composition of the potteries from Hormangan in Noll diagram based on the system Al_2O_3 - $\text{CaO}+\text{MgO}-\text{SiO}_2$.

نتیجه‌گیری

محوطه هرمنگان از لحاظ دارا بودن سازه حرارت دیده که احتمالاً از نوع کوره روباز اولیه است، از اهمیت ویژه‌ای در سازمان تولید سفال برخوردار است. از این جهت که سازه‌ای در این ابعاد از هیچ‌کدام از محوطه‌های هم‌زمان به دست نیامده است؛ مطالعه میکروسکوپی و میکروسکوپی سفال‌های این محوطه توانست ابعاد روشن‌تری از تولید در دوره نوسنگی فارس را در اختیار قرار دهد. در مطالعات پتروگرافی سه گروه سفالی شناسایی شدند. این سه گروه از جهت خاک رس به کاررفته باهم متفاوت بودند. مطالعات فازی و عنصری نیز تا حدودی گروه‌های سفالی را از هم متفاوت تشخیص داد. براساس نتایج به دست آمده، گروهی از سفال‌ها از فناوری ساخت و پخت بهتری نسبت به دیگر سفال‌ها برخوردار هستند. خاک رس چسبنده و دانه‌ریز این سفال‌ها نشان از انتخاب آگاهانه این نوع خاک توسط سفالگر است. یک نمونه سفالی این گروه (شماره ۷۳۰) حتی درجه پخت بالاتر از ۸۵۰ درجه را تجربه کرده است. حداکثر دمای مورد حصول، زمان لازم برای رسیدن به آن و مدت زمان سوختن در دمای بالا، همگی تابع انواع سوخت مورد استفاده و مقدار آن، کیفیت و وضعیت پخت هستند (Shepard, 1956) که به نوعی مهارت سفالگر و حوزه پیشرفت فناوری را نشان می‌دهند. در کوره‌های روباز همانند کوره هرمنگان امکان کنترل حرارت وجود نداشت و پخت سفال‌ها در محیط اکسیداسیونی انجام می‌گرفت (Sinopoli, 1991). اتمسفر اکسیداسیونی به اتمسفری غنی از اکسیژن با یک جریان هوای مناسب اشاره دارد که در آن، تمامی سوخت بدون تهی شدن از اکسیژن موجود می‌سوزد؛ البته در این کوره‌های روباز که امکان کنترل دما نداشتند بیشتر باعث می‌شد که مغز سفال خاکستری شود، یعنی پخت به مقدار کافی نباشد. محصولات در این اتمسفر، در صورت غنی بودن گل از آهن به رنگ قرمز درمی‌آید. در نتیجه گونه سفالینه قرمز ایجاد می‌شود (Miller, 2017). قطعاتی از سفال‌های این محوطه تشکیل کلسیت

ثانویه را نشان می دهند که نشانه ای از شرایط اقلیمی سرد و مرطوب محوطه است. از طرفی قرار گرفتن این محوطه بر سر بادهای دائمی و همیشگی تولید سفال را با مشکلاتی روبه رو می کرده است. سازه حرارت دیده و ساختار اطراف آن، برای مثال قسمت هایی که برای نگه داری خاکستر است یا قسمت هایی که رس آماده شده برای شکل دهی را نگه داری می کردند، مهارت سفالگران را برای پخت سفال در شرایط سخت آب و هوایی نشان می دهد.

بر اساس بررسی عنصری سفال های هرمنگان، نمونه ها در دسته بندی های متفاوتی جای گرفتند. چنین دسته بندی هایی حاکی از این است که خاک سفال دارای منشأ یکسان و فناوری بسیار پویا و متغیر بوده است. این دسته بندی ها مرحله اول و دوم را آن گونه که پیش بینی شده بود از هم جدا نکرده است و در هر سه گروه از هر دو مرحله، سفال ها دسته بندی شده اند. فقط دو نمونه سفال ترانشه سوم از نظر عناصر اصلی بسیار شبیه به هم هستند و در یک گروه جای گرفته اند. از نمودارهای حاصل از مطالعات فازی و عنصری می توان نتیجه گرفت که اگرچه از نظر شیمیایی سفال ها با هم متفاوت هستند، اما منجر به ساخت ظروفی مشابه شده اند. پس برای هر دسته از سفال ها از فناوری های متفاوت استفاده شده است و سفالگر با شناخت منابع مختلف موجود در منطقه و با آگاهی، از انواع خاک رس استفاده و در پایان یک محصول نهایی مشابهی تولید کرده است (Roux, 2016).

در مطالعه اخیری که بر روی سفال های دوره نوسنگی حوضه رود کر انجام شده، ابعاد جدیدی از تولید سفال را در این منطقه مشخص گردید (Pincé et al., 2019). پژوهشگران این تحقیق بر این عقیده هستند که دمای کوره های پخت سفال موشکی به خوبی کنترل می شده است. مواد پلاستیسیته موجود در خاک سفال های موشکی حوضه رود کر یا همان خرده سنگ ها و کوارتزها، فرسایش یافته، گرد شده و ریز بودند. هم چنین «پینس» و همکارانش عقیده دارند که با توجه به رفتار سفالگران سنتی شهرستان شهرضا (۲۳۰ کیلومتری منطقه مورد مطالعه) که به علت غنای خاک منطقه از هیچ گونه آمیزه ای برای پخت سفال ها استفاده نمی کنند، و هم چنین وجود کانی ها و خرده سنگ های گرد شده در بافت زمینه این سفال ها، احتمالاً در دوران باستان نیز تنها آمیزه اضافه شده به سفال ها کاه بوده است که همین کاه برای استحکام سفال های خشن و بزرگ کاربرد داشته است. استفاده از آمیزه کاه به نوعی فناوری ابتدایی به کار رفته در این سفال ها را نشان می دهد. از طرفی دیگر، همین مواد پرکننده رس سفال در محوطه هرمنگان بیشتر زاویه دار و درشت است و در گروه سفال های غنی از آهن، مقدار مواد پلاستیسیته بسیار کم است. با توجه به مطالعات زمین شناسی اطراف این محوطه، منابع رس غنی همراه با آهک فراوان، به صورت فرسایش یافته، در دسترس سفالگران محوطه هرمنگان بوده است. به علت هم زمانی و شباهت سفال های مورد مطالعه، می توان این فرض را مطرح نمود که سفالگران هرمنگان خاک رس مورد نیاز را از مناطق نزدیک محوطه انتخاب می کردند، که بعضی از این خاک ها نیاز به خرد شدن و فرآوری داشته است و به تدریج به خاک مناسب مورد نظر دست یافتند؛ هر چند نمی توان تقدم و تأخر استفاده از این خاک ها را متوجه شد، اما به طور قطع محصول نهایی تولید شده از انواع خاک شبیه به هم هستند.

سپاسگزاری

در ابتدا لازم به ذکر است که این پژوهش بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد «شیما پورمؤمنی» با عنوان «تحلیل سازمان تولید سفال محوطه هرمنگان بر اساس مطالعات آزمایشگاهی» است. در این خصوص بر خود واجب می دانیم از جناب آقای دکتر مرتضی خانی پور که یافته های این محوطه را در اختیار نگارندگان قرار دادند، کمال قدردانی و تشکر را داشته باشیم. هم چنین از جناب

آقای دکتر محمدحسین عزیزی خرائقی از پژوهشکده باستان‌شناسی پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری و آقای دکتر معین اسلامی از گروه باستان‌شناسی دانشگاه فرانکفورت که در تحلیل و تفسیر داده‌ها از نظرات خویش ما را بهره‌مند فرمودند، بسیار سپاسگزاریم.

پی‌نوشت

1. Basin

کتابنامه

- امین‌امامی، سیدمحمد؛ و نوغانی، سعید، (۱۳۹۲). «بررسی روند کربناتیزاسیون مجدد و شکل‌گیری کلسیت ثانویه در سفال‌های باستانی بر اساس مطالعات پتروفابریک». مرمت و معماری ایران، ۳ (۵): ۶۷-۵۵.
- خادمی، آ.؛ و هاشمی‌نسب، م.، (۱۳۹۰). بررسی کانسارسازی لاتریت‌های نیکل دار لبه شمالی زاگرس شهرستان بوانات. شیراز: سازمان زمین‌شناسی کشور.
- خانی‌پور، مرتضی، (۱۳۹۴). «گزارش نخستین فصل بررسی باستان‌شناسی بخش مرکزی مزایجان شهرستان بوانات». تهران: مرکز اسناد پژوهشکده باستان‌شناسی (منتشر نشده).
- خانی‌پور، مرتضی، (۱۳۹۵). «گزارش توصیفی اولین فصل کاوش و گمانه‌زنی به منظور تعیین عرصه و پیشنهاد حریم محوطه هرمنگان». شیراز: مرکز اسناد اداره کل میراث فرهنگی و صنایع دستی و گردشگری استان فارس (منتشر نشده).
- خانی‌پور، مرتضی؛ و نیکنامی، کمال‌الدین، (۱۳۹۶). «ارزیابی توالی فرهنگی دوره نوسنگی فارس بر اساس گاه‌نگاری مطلق محوطه هرمنگان». پژوهش باستان‌سنجی، ۳ (۲): ۲۹-۱۵.
- خانی‌پور، مرتضی؛ و نیکنامی، کمال‌الدین، (۱۳۹۸). «محوطه هرمنگان استقرار از دوره نوسنگی در حوضه رودخانه بوانات». پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ۸ (۱۹): ۴۶-۲۷.
- دینی، ق.؛ و عنایتی، م. ح.، (۱۳۹۵). آنالیز کمی پراش اشعه ایکس به روش ریتولد با استفاده از نرم‌افزار MAUD. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان.
- شریعتی‌بیدار، م.، (۱۳۷۷). «طرح اکتشافات منطقه‌ای مواد معدنی در مناطق بوانات، فسا و نیریز». فارس: وزارت معادن و فلزات اداره کل استان فارس، مشاور مهندسین مشاوران ایران.
- صدیق، م.، (۱۳۹۱). «فرآوری نمونه کانسنگ نیکل ذخایر لاتریتی بوانات استان فارس». پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران (منتشر نشده).
- قربانی، م.، (۱۳۹۶). «زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران». تهران: انتشارات آراین زمین.
- هوشمندزاده، ع.؛ و سهیلی، م.؛ (۱۳۶۹). «شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش اقلید، مقیاس ۱/۲۵۰/۰۰۰». تهران: سازمان زمین‌شناسی کشور.

- Alden, J. R.; Abdi, K.; Azadi, A.; Biglari, F.; Heydari, S.; Azadi, A. & Alden, B. J. R., (2004). "Kushk-e Hezar: a Mushki/Jari period site in the Kur river basin, Fars, Iran". *IRAN*, 42(1): 25-45.

- Amadori, M. L.; Pallante, P.; Fermo, P.; Emami, M.; Chaverdi, A. A.; Callieri, P. & Matin, E., (2018). "Advances in Achaemenid Brick Manufacturing Technology:

Evidence from the Monumental Gate at Tol-e Ajori (Fars, Iran)". *Applied Clay Science*, 152: 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.11.004>

- Azizi Kharanaghi M. H.; Fazeli Nashli, H. & Nishiaki, Y., (2013). "Tepe Rahmatabad: Aprepottery and pottery Neolithic site in Fars Province". *Neolit Iran*: 108.

- Bernbeck, R., (2010). "The Neolithic Pottery". In: R. Bernbeck. S. Pollock & and K. Abdi (Eds.), *The 2003 Excavations at Tol-e Baši, Iran: Social Life in a Neolithic Village* (Archäologi: 65–151). Deutsches Archäologisches Institut.

- Bishop, G., (2017). "Statistical Modeling for Ceramic Analysis". In: A. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (58–72). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199681532.001.0001>

- Egami, N. & Sono, T., (1967). "Excavations at Two Prehistoric Sites Tepe Djari A and B in the Marv-Dasht Basin". In: *Survey of Persian Art*, Shiraz: Asia Institute of Pahlavi University.

- Egami, N.; Masuda, S. I. & Gotoh, T., (1977). "Tal-I Jarri a: a Preliminary Report of the Excavations in Marv Dasht, 1961 and 1971". *Orient*, 13(3): 1-7_8. <https://doi.org/10.5356/orient1960.13.1>.

- Emami, M. & Noghani, S., (2013). "An Investigation of re-Carbonation Process and Formation of Secondary Calcite in the Texture of Ancient Potteries by Petrographical Method". *Scientific Journal of Maremat & Me'mari-e Iran*, 3(5): 55-68.

- Emami, M., (2012). "QXRD, XRF and Optical Microscopy Applied to Characterization and Provenance of Ancient Ceramics from Haft Teppeh (1500–1150 BC), Southwest Iran". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 37(1): 1–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/37/1/012012>.

- Emami, M. & Yaghmai, B., (2008). "Remote Sensing Methods for Investigation and Recognition of the Ancient Mining Activities (Case Study on Cu-Fe-Mn Mineralization in Western Part of Central Iranian Zone)". *Metalla(Bocgum)*, 15(1): 3–20.

- Emami, M.; Kowald, T. & Trettin, R., (2009). "Mineralogical and Chemical Investigation on the Recrystallization Process During Sintering in Phase-Interface Areas in Ancient Ceramic Matrices". *Materials and Manufacturing Processes*, 24(9): 934–941. <https://doi.org/10.1080/10426910902979934>.

- Emami, M. & Trettin, R., (2010). "Phase Generating Processes in Ancient Ceramic Matrices Through Microstructure Investigation with High Resolution Microscopy Methods". *Journal of Advanced Microscopy Research*, 5(3): 181–189.

- Emami, M.; Volkmar, J. & Trettin, R., (2011). "Characterization of Ancient Ceramic Matrices with High Resolution Microscopy Methods". In: *Laser Scanning, Theory and Applications* (291–304). <https://doi.org/10.5772/16196>.

- Emami, M.; Azizi Kharanaghi, M. H. & Jalali, Y., (2022). "Pottery Making Technology from Neolithic to Chalcolithic (middle Bakun) period in Tappeh Rahmatabad based on Ceramographic and Chemical Analysis, 8 (1): 21-44.

- Fukai, S.; Horiuchi, K. & Matsutani, T., (1973). *The Excavations at Tall-I Mushki*,

1965, *MarvDasht III*. In Tokyo: The Institute of Oriental Culture, University of Tokyo. University of Tokyo, Institute of Oriental Culture.

- Hein, A.; Day, P. M.; Quinn, P. S. & Kilikoglou, V., (2004). "The Geochemical Diversity of Neogene Clay Deposits in Crete and its Implications for Provenance Studies of Minoan pottery". *Archaeometry*, 46(3): 357–384.

- Helwing, B., (2007). *Wisit to the Marvast Dam Area*. Unpublished.

- Huff, W. D.; Moore, D. M. & Reynolds Jr, R. C., (1989). "X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals". In G. Jozani (Trans.), *Clays and Clay Minerals* (Vol. 38, Issue 4). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1346/CCMN.1990.0380416>.

- Klein, C.; Dana, J. D.; Hurlbut, C. S. & Klein, C., (1977). *Manual of Mineralogy*. (after James D. Dana) (S. Modabery & F. Mar (trans); 21st, illust ed). Wiley, 1999.

- Khanipour, M. & Niknami K. A., (2017). Sequence Chronology Evaluation of the Neolithic Period at Fars on the Basis of Hormangan Site, 3 (2): 15-29 (In Persian).

- Khanipour, M. & Niknami, K., (2019). "Hormangan Site; A Neolithic Site in Bananat River Basin, Fars". *Research in Iranian Archaeology*, 8(19): 27-46. (In Persian).

- Maritan, L.; Nodari, L.; Mazzoli, C.; Milano, A. & Russo, U., (2006). "Influence of Firing Conditions on Ceramic Products: Experimental Study on Clay Rich in Organic Matter". *Applied Clay Science*, 31(1–2): 1–15.

- Miller, H. M.-L., (2017). *Archaeological Approaches to Technology*. (V. Askarpour (trans.)). EmRoutledge; 1 edition (September 15, 2009).

- Miroschedji, D. & Pierre, R., (1972). *Prospections Archéologiques Dans Les Vallées de Fasa et de Darab*. Ministry of Culture and Arts, National Research Centre for History of Art.

- Nodari, L. Maritan, L. Mazzoli, C. & Russo, U., (2004). "Sandwich Structures in the Etruscan-Padan Type Pottery". *Applied Clay Science*, 27(1): 119–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clay.2004.03.003>.

- Noghani, S. & Emami M., (2017). "Quantitative investigation on firing products in oxidation atmosphere according to XRD analysis data in clay – base ceramics, 25 (3): 595-608 (In Persian).

- Noll, W., (1991). *Alte Keramiken und ihre Pigmente*.

- Pincé, P.; Braekmans, D.; Abdali, N.; De Pauw, E.; Amelirad, S.; Vandenabeele, P.; Pauw, E.; Amelirad, S. & Vandenabeele, P., (2019). "Development of Ceramic Production in the Kur River Basin (Fars, Iran) During the Neolithic. A Compositional and Technological Approach Using X-ray Fluorescence Spectroscopy and Thin Section Petrography". *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(4): 1241–1258.

- Pollard, A. M.; Batt, C. M. Stern, B. & Young, S. M. M., (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology*. (M. Bagherzade (trans.)). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511607431>.

- Pollock, S.; Bernbeck, R. & Abdi, K., (2010). *The 2003 Excavations at Tol-e Bashi*,

Iran. Social Life in a Neolithic Vilage Archaologie in Iran und Turan. Mainz: Philipp von Zabern.

- Rice, P. M., (2015). *Pottery Analysis: a Sourcebook*. University of Chicago Press.
- Riederer, J., (2004). "Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics". *Hyperfine Interactions*, 154(1-4): 143-158.
- Rigot, J.-B.; Gondet, S.; Chambrade, M.-L.; Djamali, M.; Mohammadkhani, K. & Thamó-Bozsó, E., (2022). "Pulvar River changes in the Pasargadae plain (Fars, Iran) during the Holocene and the consequences for water management in the first millennium BCE". *Quaternary International*, 635: 83-104.
- Roux, V., (2016). "Ceramic Manufacture: the Chaîne Opératoire Approach". *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*, 1(January): 101-113. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199681532.013.8>
- Shepard, A. O., (1956). "Ceramics for the Archaeologist. In The South African Archaeological Bulletin". (Vol. 13, Issue 52). Carnegie Institution of Washington. <https://doi.org/10.2307/3887225>.
- Shortland, A. J. & Degryse, P., (2020). "Ceramics". In: K. Britton & M. P. Richards (Eds.), *Archaeological Science: An Introduction* (335-346). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/9781139013826.014>.
- Sinopoli, C. M., (1991). "Defining Ceramics". *Approaches to Archaeological Ceramic*: 9-42. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9274-4-2>.
- Speakman, R. J.; Little, N. C.; Creel, D.; Miller, M. R. & Iñáñez, J. G., (2011). "Sourcing Ceramics with Portable XRF Spectrometers: A Comparison with INAA Using Mimbres Pottery from the American Southwest". *Journal of Archaeological Science*, 38(12): 3483-3496.
- Stein, A., (1936). "An Archaeological Tour in the Ancient Persis". *Iraq*, 3(2): 111-225.
- Stoltman, J. B.; Burton, J. H. & Haas, J., (1992). "Chemical and Petrographic Characterizations of Ceramic Pastes: Two Perspectives on a Single Data Set". In: H. Neff (Ed.), *Chemical Characterization of Ceramic Pastes in Archaeology*, 7: 85-92. Monographs in World Archaeology.
- Sumner, William. M., (1973). "Cultural Development in the Kur River Basin, Iran. an Archaeological Analysis of Settlement Patterns". Ph.D. Dissertation in Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor.
- Sumner, W. M., (1977). "Early Settlements in Fars Province, Iran". *Mountains and Lowlands: Essays in the Archaeology of Greater Mesopotamia*. Undena Publication, Malibu: 291-305.
- Vanden Berghe, L., (1952). "Archaeologische Opzoekingen in de Marv Dasht Vlake (Iran)". *Jaarbericht van Het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap*. *Ex Oriente Lux*, 12: 211-220.
- Vanden Berghe, L., (1954). "Archaeologische Navorsingen in de Omstreken van

Persepolis". In: *Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap, "Ex Oriente Lux"* (Vol. 13).

- Vandiver, P., (1987). "Sequential Slab Construction; a Conservative Southwest Asiatic Ceramic Tradition, ca. 7000-3000 BC". *Paléorient*, 13(2): 9-35. <https://doi.org/10.3406/paleo.1987.4426>.

- Whitbread, I. K., (1989). "A proposal for the Systematic Description of Thin Sections Towards the Study of Ancient Ceramic Technology". In: I. S. on A. Maniatis, Y. (Ed.), *Proceedings of the 25th International Symposium*: 127-138, Elsevier.