The International Journal of Caspian Sea, Caucasus, and Transoxiana Studies
January 2025, VOL. 2, NO. 3: 47-61. OPEN ACCESS
https://doi.org/10.22034/cj.2024.488272.1015

CASPIAN

RESEARCH ARTICLE

Determining Probable Application of Handmade Troglodytic Architecture of Arzanfoud-Hamadan Using ICP-OES Method

Esmail Hemati Azandaryani[1], Masoud Bagherzadeh Kasiri[2], Ali Khaksar[3]

Abstract

Handmade troglodytic architecture of Arzanfoud is located 30 km South-East of Hamadan city (provincial capital) and is situated 2 kilometers south of a village with the same name. Numerous archaeological researches have been carried out in this area that led to valuable results. But one of the most important questions and ambiguities about this complex remains, is the application of underground spaces. Due to the cleaning of these spaces and the lack of in situ layers, various assumptions have been raised and it is impossible to comment on the application of the complex. Since human settlements can accumulate chemical deposits on the environment, by doing archaeometry research on these deposits, one can find out the type of human activities in that environment in the past. Therefore, 27 pottery samples obtained from the excavation of the complex were selected. Based on the results of elemental analysis by ICP-OES laboratory, the possible applications of spaces in this complex are identified. In this research, the archaeological context of the pottery samples was not identified rather the results of different samples made it possible to assign them to different substrates such as kitchen, burial, environment or industrial and workshop locations. Also, the results showed that in archaeometry of the type and number of constituents of pottery sediments can be a useful method for identifying the substrate of these materials.

Keywords: Hamadan; Arzanfoud; Elemental Analysis; Determining Application; ICP-OES Method.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Department of Archaeology, Art and Architecture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran (Corresponding Author).
E.hemati@basu.ac.ir
[2] Faculty of Applied Arts, Tabriz Islamic Arts University, Tabriz, Iran.
[3] Bachelor of Iranian Culture Heritage, Handicraft and Tourism of Hamadan, Iran.

Article info: Received: 15 September 2024 | Accepted: 5 November 2024 | Published: 1 January 2025
Citation: Hemati Azandaryani, Esmail; Bagherzadeh Kasiri, Masoud; Khaksar, Ali. (2025). "Determining Probable Application of Handmade Troglodytic Architecture of Arzanfoud-Hamadan Using ICP-OES Method". *Caspian*, Vol. 2 (3): 47-61.
https://doi.org/10.22034/cj.2024.488272.1015

Introduction

Archaeological researches in the Arzanfoud complex go back to 2010 when this complex was identified by chance amid mining exploration activities there. So far, 4 seasons of archaeological research have been conducted there.

Location and Geographical Features of Site

The Arzanfoud underground hand-carved complex is located 30 kilometers southeast of Hamedan city and 2 kilometers from Arzanfoud village. This historical site is located in the geographical position of Latitude 38°35'17" UTM 28°39'80" S Longitude with an altitude of 2330 meters above sea level. According to preliminary studies, this area is approximately between 5 and 7 hectares (Fig. 1, 2). More than 70 spaces have been identified so far and cleaned in 7 hand-carved underground tunnels.

In the present study, 27 earthenware of the Arzanfoud hand-carved complex were examined. As such, Samples 3 and 14 can be related to burial environments due to the high level of phosphorus along with the high level of calcium and iron. About Sample 10 too, it can be said that the abnormally high level of magnesium indicates the presence of wood ash and charcoal found in cooking areas. Moreover, the abnormally low amounts of aluminum in Samples 16 and 26 indicate an oven and ash platform. The high amounts of titanium and zinc in Sample 18 and aluminum and titanium in Sample.27 are related to industrial and workshop places. Also, the high amount of phosphorus in Sample 20 can be attributed to agricultural activities, animal husbandry, cooking and burial, or animal waste.

Conclusion

Based on the results of elemental analysis by ICP-OES laboratory, the possible applications of spaces in this complex are identified. In this research, the archaeological context of the pottery samples was not identified rather the results of different samples made it possible to assign them to different substrates such as kitchen, burial, environment or industrial and workshop locations. Also, the results showed that in archaeometry of the type and number of constituents of pottery sediments can be a useful method for identifying the substrate of these materials.

The International Journal of Caspian Sea, Caucasus, and Transoxiana Studies
January 2025, VOL. 2, NO. 3: 47-61. OPEN ACCESS
https://doi.org/10.22034/cj.2024.488272.1015

CASPIAN

مقالهٔ پژوهشی

تعیین کاربری احتمالی برخی از فضاهای مجموعه معمای دست‌کند ارزانفود-همدان با استفاده از روش ICP-OES

اسماعیل همتی ازندریانی[۱]، مسعود باقرزاده کثیری[۲]، علی خاکسار[۳]

چکیده

مجموعه آثار دست‌کند زیرزمینی ارزانفود در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر همدان و در ۲ کیلومتری روستای ارزانفود قرار دارد. در این مجموعه پژوهش‌های باستان‌شناسی متعددی انجام گرفته و نتایج ارزشمندی حاصل شده است. اما یکی از مهم‌ترین پرسش‌ها و ابهامات درباره این مجموعه تعیین کاربری فضاهای دست‌کند زیرزمینی است که به‌دلیل پاک‌سازی فضاهای مذکور و نبود لایه‌های برجا باعث شده تا فرضیاتی گوناگونی مطرح شود و نتوان دربارهٔ کاربری مجموعه اظهار نظر قطعی کرد. ازآنجاکه استقرارهای انسانی می‌تواند باعث انباشت نهشته‌های شیمیایی بر محیط زندگی شود، با انجام پژوهش‌های باستان‌سنجی بر نهشته‌های مذکور می‌توان به نوع فعالیت‌های انسانی در آن محیط در زمان گذشته پی ببرد. بر همین اساس ۲۷ نمونه از قطعات سفالی به‌دست آمده از کاوش مجموعه انتخاب شدند تا با استناد بر نتایج آنالیز عنصری با استفاده از روش آزمایشگاهی ICP-OES کاربری احتمالی فضاهای این مجموعه مشخص شوند. در این پژوهش و در مطالعه موردی نمونه سفالینه‌های مجموعه دست‌کند ارزانفود که بستر باستان‌شناختی آنها مشخص نبود نتایج حاصل نمونه‌های مختلف امکان انتساب آنها به بسترهای مختلف نظیر آشپزخانه، محیط تدفین و یا مکان‌های صنعتی و کارگاهی را فراهم ساخت. نتایج این پژوهش نشان دادند که مطالعات آزمایشگاهی نوع و مقدار عناصر تشکیل دهنده رسوبات سفال‌ها می‌تواند روشی سودمند برای شناسایی بستر این مواد باشد.

واژه‌های کلیدی: همدان، ارزانفود، آنالیز عنصری، تعیین کاربری، SEO-PCI.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱]. عضو هیئت علمی گروه باستان‌شناسی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسندهٔ مسئول). E.hemati@basu.ac.ir
[۲]. عضو هیئت علمی گروه باستان سنجی، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
[۳]. کارشناس اداره میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان همدان، ایران.

مشخصات مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۵ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۵ | تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲
استناد: همتی ازندریانی، اسماعیل؛ باقرزاده کثیری، مسعود؛ خاکسار، علی. (۱۴۰۳). "تعیین کاربری احتمالی برخی از فضاهای مجموعه معمای دست‌کند ارزانفود- همدان با استفاده از روش ICP-OES"، کاسپی، سال ۲، شمارهٔ ۳: ۴۷-۶۱.
https://doi.org/10.22034/cj.2024.488272.1015

مقدمه

باستان‌شناسی علمی است که با علوم دیگر ارتباط تنگاتنگی دارد و به‌نوعی پیوند این رشته با سایر علوم توانسته راه‌گشا باشد. کاوش در محوطه‌های باستانی نه‌تنها نیازمند آگاهی و تسلط بر اصول باستان‌شناسی است، بلکه به مقدار زیادی نیز به پژوهش در زمینه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و شیمی مرتبط با آن منطقه نیاز دارد (صادق کوروس، ۲۵۳۶: ۹۹). این واقعیت که مدارک و شواهد مورد بررسی باستان‌شناسان با ماهیت تجربی و مادی بوده و کمتر خصلت روایی و نقلی دارند باعث شده که باستان‌شناسان بیش از پیش به علوم تجربی روی بیاورند و از دستاوردهای علمی و پژوهشی این علوم استفاده کنند (ملاصالحی، ۱۳۸۷).

از دهه ۱۹۶۰ میلادی، باستان‌شناسانِ نوگرا تلاش کردند تا با ابداع شیوه‌های علمی‌تر، ساز کار تغییرات، تطور و روند تحولات فرهنگی و اجتماعی جوامع گذشته را دریابند. در این میان، در کنار استفاده از فناوری‌های نوین، بهره‌گیری از دستاوردهای سایر علوم نظیر شیمی، کامپیوتر، ریاضیات، آمار و غیره نیز به‌سرعت رواج یافت. در چند دهه گذشته، افزایش چشمگیری در استفاده از روش‌های تجزیه شیمیایی خاک و توسعه آنها روی داده که این امر در افزایشِ توان تفسیری باستان‌شناسان مؤثر بوده است. حوزه کاری چنین رویکردی بیشتر به علم میان‌رشته‌ای و به‌نسبت جدیدی به نام باستان‌زمین‌شناسی ارتباط می‌یابد. امروزه استفاده از آنالیزهای شیمیایی خاک به مثابه روشی کمکی برای شفاف‌سازی الگوهای پیش از تاریخی و تاریخی استقرارگاه‌ها و مزارع مورد توجه است (Entwistle *et al.*, 2000: 171). نتیجه یافته‌های حاصل از این گونه بررسی‌ها، بازسازی الگوی فعالیت‌های انسانی در محوطه‌های باستانی و محیط اطراف آنها و درک ارتباط میان اعمال آیینی، تولیدات صنعتی و اقتصاد سیاسی در طول دوران گذشته است (Wells, 2004: 67).

با توجه به اینکه مطالعات باستان‌شناسی متعددی دربارهٔ فضاهای مجموعه آثار معماری دست‌کند ارزانفود انجام گرفته و نتایج بیانگر آن است که فضاهای مذکور در زمان‌های استفاده پاک‌سازی شده و عملاً داده‌های فرهنگی برجا جهت ارائه نظر قطعی دربارهٔ کاربری وجود ندارد و در این راستا فرضیات متعددی مطرح شده است. بنابراین نگارندگان در این مقاله سعی برآن دارند تا با استفاده از مطالعات میان‌رشته‌ای و باستان‌سنجی و با نمونه‌برداری از قطعات سفال‌های موجود در میان نهشته‌های فرهنگی، بتوانند با استفاده از انباشت شیمیایی موجود در بافت سفال‌ها، کاربری احتمالی برخی از فضاهای مجموعه را تعیین کنند.

پیشنه پژوهش

پژوهش‌های باستان‌شناختی در مجموعه ارزانفود به‌سال ۱۳۸۹ بازمی‌گردد که این مجموعه به‌صورت اتفاقی و در اثر فعالیت اکتشافات معدن شناسایی شد و تاکنون ۴ فصل پژوهش‌های باستان‌شناختی (شناسایی، پاک‌سازی، مستندسازی و کاوش باستان‌شناختی) به سرپرستی علی خاکسار در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ انجام گرفته است (خاکسار، ۱۳۸۹الف، ۱۳۹۰الف، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳). در سال‌های اخیر آثار و مقالاتی در ارتباط با این مجموعه منتشر شده است (همتی ازندریانی، ۱۳۹۶؛ همتی ازندریانی و خاکسار، ۱۳۹۲؛ همتی‌ازندریانی و خاکسار، ۱۳۹۹؛ محمدی فر و دیگران، ۱۳۹۶).

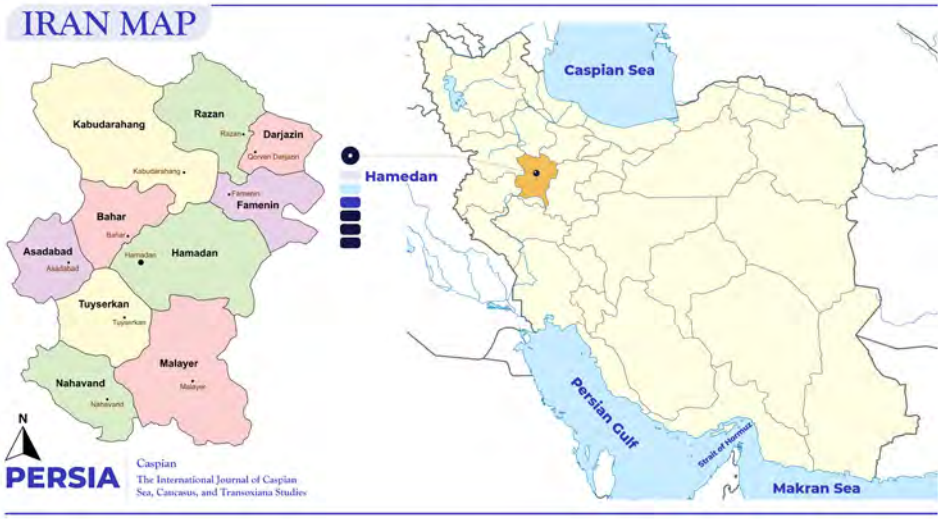
مبانی نظری پژوهش

نهشت باستانی به موادی مانند زغال، بقایای خاکسترِ یك اجاق و یا رسوبات کاملی اطلاق

می‌شود که از استقرارهای پیشین برجای مانده و در نتیجه فعالیت‌های گذشته انسان رسوب یافته‌اند (Rapp and Hill, 1998: 20). نهشت‌ها شامل سه گروه اصلی می‌شوند: ۱. نهشت «کلاسیک» که درنتیجه فرآیندهای فیزیکی رسوب می‌کند. مواد و اشیایی چون ابزارهای سنگی، سفال و فلزات به شکل نهشت کلاسیک رسوب می‌کنند. ۲. نهشت «شیمیایی» به کانی‌های حاصل از رسوب مواد محلول اطلاق می‌شود که از تجمع کربنات‌ها، مواد برجای‌مانده از تبخیر و رسوبات آلی به‌وجود می‌آیند. فسفات‌هایی که درنتیجه انباشت موادی چون فضولات حیوانی در خاک ایجاد می‌شوند، نهشت شیمیایی به حساب می‌آیند (Rapp and Hill, 1998: 21). از رسوبات شیمیایی می‌توان برای ارزیابی زیست محیط دوران گذشته استفاده کرد. رسوبات شیمیایی غیر آهکی و رسوبات حاصل از تبخیر نقشی اساسی در تفسیرهای باستان‌شناختی دارند. رسوبات حاصل از تبخیر به ترکیباتی مانند کلسیت، ژیپس، سنگ گچ و نمک طعام اطلاق می‌شود. این رسوبات شاخص مهمی برای شناخت شرایط محیطی مرتبط با استقرارهای انسانی محسوب می‌شوند. سایر گروه‌های مواد معدنی نظیر اکسید آهن، سیلیکا، فسفات و اکسیدهای منگنز نیز شاخص‌های محیطی مفیدی به‌شمار می‌روند (Rapp and Hill, 1998: 28). ۳. گروه سوم رسوبات آلی هستند که از تجزیه فرآورده‌های گیاهی و حیوانی مورد استفاده انسان‌ها به‌وجود می‌آید (Rapp and Hill, 1998: 21).

استقرارهای انسانی حتی در شکل کوتاه‌مدت و موقت آن نیز تأثیرات زیادی بر خاک دارند. داشته است. عناصر شیمیایی مختلف می‌توانند از طریق خاکسترِ مواد سوختی، فضولات دامی، زباله، پسمانده‌های فرآورده‌های غذایی و زراعی، بقایای مواد خانگی، مواد ساختمانی و ضایعات صنعتی و تولیدی وارد رسوبات باستان‌شناختی شوند (Wilson *et al.*, 2007: 69). بررسی میکروسکوپی قسمت‌های نازک لایه‌نگاری نشان داده است که فرآیندهای مکانیکی حتی باعث ورود مواد آنتروپوژنیک به داخل سطوح شکل گرفته و سخت‌تر نظیر کف‌های اندود شده می‌شوند. برای مثال لگدمال کردن و حرکت مداوم روی سطوح استقراری نرم و شکل نگرفته می‌تواند دست‌ساخته‌های کوچک را تا حدود ۱۰ سانتی‌متر به زیر سطح انتقال دهد (Hutson and terry, 2006: 394). ثابت شده است که سطوح اندود شده کف‌ها نیز به‌دلیل آهکی بودنِ طبیعی اجزاء تشکیل‌دهنده آنها، در به دام انداختن و حفظ بقایای شیمیایی بسیار مؤثرند (Wells, 2004: 73). فعالیت‌های انسانی که باعث تغییر در ترکیب خاک محوطه‌های باستانی شده را می‌توان در چهار گروه شامل؛ فعالیت‌های خانگی، کشاورزی و دامپروری، صنعتی و آیینی قابل تقسیم‌بندی کرد هستند (رضایی، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳).

بیشتر مطالعات عناصر خاک در باستان‌شناسی بر موضوعاتی متمرکز شده که برخی از پژوهشگران به‌خوبی به آنها اشاره کرده‌اند (نیکنامی و رضایی، ۱۳۹۲). ازجمله این موارد می‌توان به شناسایی نواحی یا نقاطی که در آنها فعالیت‌هایی صورت گرفته و تشریح ویژگی‌های آنها (Gurney, 1985) پرداخت. در یک محوطه باستانی این موضوع که قسمت‌های مختلف آن محوطه درگذشته به چه نوع فعالیت‌هایی اختصاص یافته، از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا پراکندگی فضایی هرکدام از فعالیت‌ها در هر بخش از آن محوطه‌ها ساختار نظام‌مند اقتصادی و اجتماعی آن را بازگو می‌کند. به کمک آزمایش‌های شیمیایی، باستان‌شناسان می‌توانند نسبت به توصیف فیچرها (ساختارها)، ردیابی مکان فعالیت‌ها و کارکردهای



تصویر ۱. ایران و موقعیت همدان و روستای ارزانفود در نقشه استان همدان
Fig. 1. Iran and Location of Hamadan Province and Location of Arzanfoud Village in Map of Hamadan Province (Adapted by *Caspian* from a Map from Wikimedia Commons under a Creative Commons Licence CC BY-SA 4.0)

مختلف چنین نقاطی هنگام کاوش و پس از آن اقدام کنند (Terry *et al.*, 2000: 152; Parnell, 2001: 53). ازجمله چنین مکان‌هایی می‌توان به نقاط پخت و تهیه غذا، مکان‌های نگهداری دام، مناطق صنعتی نظیر کارگاه‌های ساخت سفال و ابزارهای سنگی، مزارع و غیره اشاره کرد. از طرفی شناسایی نقاط فعال به کمک تجزیه شیمیایی بیشتر در مکان‌هایی مفید است که دست‌ساخته‌ها و دست‌افزارها کمیاب و یا گمراه کننده باشند یا تغییراتی در توزیع و محتوی آنها ایجاد شده است (Parnell, 2001: 53).

به‌طورکلی یک عنصر شیمیایی تنها در صورتی برای تحقیقاتی از این دست ایده‌آل است که از معیارهای زیر برخوردار باشد: الف) ابتدا فعالیت انسانی باید غلظت طبیعی این عنصر را در خاک مکان باستانی مورد نظر تغییر داده باشد. ب.)دوم اینکه این تغییر باید در قیاس با غلظت طبیعی آن عنصر قابل تشخیص باشد. ج) سوم اینکه لازم است عنصر مورد نظر در یك فرم پایدار در خاک تثبیت شود (Entwistle *et al.*, 1998: 53). عناصری که امروزه به‌طور معمول در بافت‌های باستان‌شناختی تجزیه و تحلیل می‌شوند عبارت‌اند از فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم. به‌کارگیری چنین روشی با عناصر کمیاب نظیر مس، آهن، سرب، روی، منیزیم، نیکل و کروم کمتر متداول است. بااین‌حال گروه اخیر (عناصر کمیاب) تنوع بیشتری را از لحاظ شناسایی انواع فعالیت‌های صورت گرفته نشان می‌دهند (Entwistle *et al.*, 2000: 172).

موقعیت و ویژگی‌های جغرافیایی محوطه

مجموعه دست‌کند زیرزمینی ارزانفود در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر همدان و در ۲ کیلومتری روستای ارزانفود قرار دارد. این محوطه تاریخی در موقعیت جغرافیایی ۳۸۳۵۱۷ utm ۲۸۳۹۸۰ s ۳۹ و ارتفاع ۲۳۳۰ متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده است (تصویر ۱). این مجموعه در انتهای جاده سد اکباتان که از سمت جاده فرعی همدان-ملایر قابل دسترسی است. مجموعه آثار معماری دست‌کند ارزانفود درون

تصویر ۲. موقعیت قرارگیری محوطه ارزانفود نسبت به روستایی ارزانفود و مسیر دسترسی آن از شهر همدان (Google earth با اعمال تغییرات)

Fig. 2. Location of Ancient Site of Arzanfoud Near Village, Valuable Road from Hamadan City (Google Earth by Edited)

یک تپه طبیعی از جنس سنگ شیست ایجاد شده است. شکل عرصه ظاهری این تپه به‌صورت یک بیضی است که ضلع غربی و شمالی آن با رودخانه ارزانفود، باغ‌ها و درختان محصور شده است. در ضلع جنوبی این تپه طبیعی بنای امامزاده عبدالله قرار دارد و در ضلع شرقی به مسیر خاکی امامزاده و باغ‌های میوه محدود می‌شود. طبق مطالعات اولیه وسعت این محوطه بین ۵ تا ۷ هکتار برآورده شده است (تصویر ۱ و ۲).

مجموعه آثار معماری دست‌کند ارزانفود

تاکنون و در طول ۴ فصل کاوش‌های باستان‌شناختی در مجموعه دستکند زیرزمینی ارزانفود، تعداد بیش از ۷۰ فضا در غالب ۷ مجموعه دست‌کند زیرزمینی مورد شناسایی و پاکسازی قرار گرفته است. فضاهای زیرزمینی ارزانفود به صورت دست‌کند در دل بستر طبیعی از جنس سنگ شیست، ایجاد شده‌اند (تصویر ۳). جهت فضاهای مجموعه هم‌سو با جهت شیب پشته طبیعی محوطه است یعنی بیشتر فضاها شمالی-جنوبی است و ساختارهای همگون و ناهمگونی در آنها وجود دارد. ساختارهای همگون (کانال و مجاری آب، حوضچه‌ها، سکوها و غیره) در بدنه فضاها ایجاد شده‌اند و ناهمگون آثاری است که درون فضاها تشکیل شده است (سکوهای سنگ‌چین، دیوارهای جداکننده و غیره). این فضاها با توجه به موضع‌نگاری تپه، در عمق‌های متفاوتی قرار دارند و ارتباط آنها با سطح از طریق راه‌پله‌ها ایجاد شده در توده‌های صخره‌هاست (تصویر ۳). در ایجاد فضاها هرگاه به رگه‌های سخت سنگ سیلیس مواجه شده‌اند، ادامه فعالیت ایجاد فضا متوقف شده یا اینکه جهت ایجاد آن فضا را تغییر داده‌اند. این راه‌پله‌ها بسته به عمق فضاها دارای تعداد پله‌های متفاوتی

تصویر ۳. نمایی از ورودی‌های فضاهای زیرزمینی مجموعه‌های دست‌کند ارزانفود
Fig. 3. View of Entrances of Underground Handmade Architectural Complex at Arzanfood

هستند. پله‌های مذکور با شیب ملایم (حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) و در شکل‌های منحنی، مستقیم و نود درجه در دل بستر طبیعی کنده شده‌اند. علاوه‌براین تعدادی از فضاهای موجود در مجموعه نیز که دارای اختلاف سطح بوده و حالت دو طبقه دارند نیز به‌واسطه پله به یکدیگر ارتباط پیدا می‌کنند. فضاها (یا اتاق) دارای ابعاد (طول و عرض) متفاوتی هستند (طول بزرگ‌ترین فضا ۲۴ متر و فضاهای کوچک با طول یکی یا دو متر) نیز وجود دارد). عرض آنها نیز بسته به طول، از ۱ متر تا ۳ متر متغیر است اما می‌توان به‌طور میانگین عرض فضاها را ۲۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفت. ارتفاع این فضاها نیز تقریبا یکسان بوده و مقیاس کاملاً انسانی دارد (به‌صورت میانگین به ۱۸۰ سانتی‌متر می‌رسد). می‌توان اظهار کرد که حین ایجاد این ساختارها به قابلیت تردد یک انسان توجه شده است. تعدادی فضا با ارتفاع کمتر نیز وجود دارد این فضاها علاوه‌بر ارتفاع کم، از وسعت محدودی نیز برخور دارند. این نوع از فضاها کاملاً متمایز با فضاهای هستند که به قابلیت تردد یک انسان در آنها توجه شده است. علاوه‌براین تعدادی از دریچه‌های ارتباطی بین فضاها وجود دارد که به‌شدت تنگ هستند و عبور انسان از آنها تقریباً دشوار است. سقف بیشتر فضاها تا حدودی حالت قوس‌دار بوده و بسته به سختی بستر در برخی از نقاط دارای پستی و بلندی است. بخشی از سقف تعدادی از آن‌ها نیز تحت فشار، فرو ریخته و شواهد آن در سطح محوطه به صورت چاله‌های فرو رفته قابل مشاهده است. اثر کندوکاو و ضربات کلنگ در سقف و دیواره‌های تمامی فضاها دیده می‌شود (تصویر ۴).

اهمیت مطالعات باستان‌سنجی (ICP-OES) در تعیین کاربری فضاهای ارزانفود

در مجموعه آثار دست‌کند ارزانفود یکی از اهداف پژوهش‌های باستان‌شناختی دستیابی به پرسش بنیادی کاربری فضاهای زیرزمینی است، از همان ابتدا در این مجموعه فرضیه‌های

تصویر ۴. جزییات معماری مجموعه (یکی از ورودی‌های فضاهایی زیرزمینی، راه‌پله منتهی به فضاها، سازه‌های معماری درون فضاهای دست‌کند و راهروهای ارتباطی بین فضاها)

Fig. 4. Architecture Details of Complex (One of the Entrances of Underground Spaces, Stair Of Spaces, Architectural Structure in the Spaces, Corridor Between The Spaces)

متعددی دربارهٔ کاربری مطرح بوده ازجمله بحث کاربری سکونتگاه، پناهگاه و غیره مطرح بوده است که فعالیت‌های باستان‌شناختی (بدون انجام مطالعات آزمایشگاهی) تاکنون نتوانسته به‌طور قطعی به همه کاربری‌های مجموعه را تأیید کند. دلیل این امر، استفاده از مجموعه در دوره‌های زمانی متعددی (به‌احتمال با کاربری‌های مختلف؟) است که داده‌های سفالی موجود در فضاهای زیرزمینی و سطحی آن را تأیید می‌کند. همچنین بعد از کاوش مشخص شد که بعد از استفاده اولیه از فضاها، در دوره‌های بعدی همان فضاها پاک‌سازی شده‌اند و مورد استفاده دوباره قرار گرفته‌اند و همین امر سبب شده تا هیچ‌گونه شواهدی از نهشته فرهنگی برجا در فضاها مشهود نشود. با توجه به گستردگی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد مجموعه مذکور به‌نظر می‌رسد ایجاد آن بازه زمانی بس طولانی را می‌طلبیده است. به‌دلیل اینکه هیچ نوع کتیبه یا نوشته‌ای از فضاها یافت نشده، تعیین زمان اولیه آن مقدور نیست اما به‌دلیل وجود شواهد باستان‌شناختی (ازجمله سفالینه) یافت شده از درون فضاها می‌توان به دوره‌های زمانی استفاده از آن پی‌برد. با توجه به داده‌های فرهنگی به‌دست آمده و با شرط احتمال می‌توان چنین گفت که فضاهای

جدول ۱. مشخصات نمونه‌های آزمایش شده

در این جدول برای مشخص کردن کارگاه یا مجموعه فضاهای زیرزمینی یا کارگاه معماری سطحی از HAW، برای تک‌تک فضاهای زیرزمینی در مجموعه‌ها از حروف اختصار SP و برای مشخص کردن بافت و لایه‌ها از لوکوس یا Loc استفاده شده است.

Table 1. Specifications of Samples

شماره نمونه	مشخصات نمونه	شماره نمونه	مشخصات نمونه
۱	HAW 6/20 Loc 411 N: 360	۱۵	HAW 6/17 SP 1 Loc 213 N 398
۲	HAW 1 SP 8	۱۶	HAW 3 SP 4 Loc 201
۳	HAW 5 SP 5	۱۷	HAW 6/19 (TB) Loc 419 N 431
۴	HAW 4 LOC 104	۱۸	HAW 6/7 Sample 1
۵	HAW 7 SP 2	۱۹	HAW 3 SP 3 Loc 203 N 19
۶	HAW 5 SP 1 N 89	۲۰	HAW 4 SP 1 N 2
۷	HAW 2 SP 3 Loc 104 N 3	۲۱	HAW 6/19 (TC) Loc 425 N 415
۸	HAW 1 SP 8	۲۲	HAW 6/17 Loc 407 N 469
۹	HAW 6/20 loc 411 N 355	۲۳	HAW 3 SP 3 Loc 203 N 3
۱۰	HAW 5 SP 3 Loc 401	۲۴	HAW 5 N 452
۱۱	HAW 4 loc 104	۲۵	HAW 3 SP 4 Loc 201 N 9
۱۲	HAW 6/17 SP (1=A) Loc 213 N 319	۲۶	HAW 4 SP 1 N 5
۱۳	HAW 7 SP 2	۲۷	HAW 6 Sample 4
۱۴	HAW 2 SP 3 Loc 104 N 5	۲۸	محلول شاهد

این مجموعه بعد از استفاده و کاربری اولیه، در دوره‌های بعدی به‌احتمال به‌دلیل تغییر کاربری در دوره بعدی پاک‌سازی شده و یا اینکه در کاربری اولیه آن تغییراتی به‌وجود آمده است. در تأیید مطالب یادشده، می‌توان بیان کرد که برخی از ورودی‌های راه‌پله‌ای‌شکل به فضاهای زیرزمینی با قلوه‌سنگ‌های رودخانه‌ای و ملات شفته گل و آهک مسدود شده‌اند که به‌احتمال این امر می‌تواند مربوط به تغییر کاربری مرتبط با پاک‌سازی فضا از داده‌های فرهنگی در طول یک دوره یا دوره‌های مختلف باشد. ناگفته نماند که برای اعلام نظر قطعی در رابطه با نوع و نحوه مسدودسازی برخی از ورودی‌ها نیازمند به بررسی و کاوش گسترده در سطح تپه است. پس از کاوش، در کف برخی از فضاهای مذکور که دارای ناهمواری است از تخته‌سنگ‌های گرانیتی بدون هیچ ملاتی جهت کف‌سازی استفاده کرده‌اند، همچنین در مواردی هم در این فضاها آثاری از سازه‌های سنگ‌چین به‌عنوان دیواره جدا کننده مشاهده می‌شود که این دیوارک‌ها می‌تواند با کاربری فضاها ارتباط داشته باشد. با توجه به اینکه مطالعات باستان‌شناسی انجام گرفته نتوانسته تاکنون پاسخ‌گوی سؤالات در راستای کاربری باشد به همین دلیل در این مقاله از مطالعات میان‌رشته‌ای و باستان‌سنجی که مبتنی بر استفاده از روش‌های آزمایشگاهی تجزیه و شناسایی مواد مورد مطالعه است (کثیری و همکاران، ۱۳۹۴) برای پاسخگویی به این سؤالات استفاده شده است و نگارندگان به آن می‌پردازند.

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت انجام آزمایش و مشخصات دستگاه ICP-OES

به‌منظور بررسی و تعین نوع و میزان عناصر موجود در بدنه و رسوبات سفال‌ها از روش طیف‌سنجی نشری نوری-پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) بهره گرفته شد. با توجه به پرسش مطرح شده دربارهٔ تعیین کاربری برخی از فضاهای کاوش شده، نمونه‌های خاک از آنها برداشت شده

جدول ۲. مشخصات دستگاه استفاده شده در آزمایش
Table 2. Specifications of Laboratory Equipment

نوع آزمایش	مدل دستگاه	کشور سازنده	محل انجام آزمایش
طیف‌سنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES)	HP 4500	ژاپن	کرج، مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران

و آنالیز شده است (چراکه آنالیز شیمیایی خاک می‌تواند نهشته شیمیایی مرتبط با کاربری آن فضا را مشخص کند). اما همان‌طورکه در بالا تشریح شد انجام آزمایش‌ها بر خاک محوطه‌های باستانی در این پژوهش، ازآنجاکه در داخل فضاهای ارزانفود لایه‌ها و خاک مربوط به لایه‌ها برجا نبوده و آشفته بودند انجام آزمایش ICP-OES بر نمونه خاک امکان‌پذیر نبود. به همین دلیل ۲۷ نمونه از سفالینه‌های به‌دست آمده از فضاهای زیرزمینی مجموعه‌های و قطعات سفالی به‌دست آمده از کاوش معماری سطح محوطه به عنوان نمونه انتخاب شدند که مشخصات نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

برای انجام آزمایش‌های (ICP-OES)، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه از رسوبات با دقت، زیر میکروسکوپ از سطح سفالینه‌ها و ۱ گرم از مغز آنها جهت تهیه نمونه شاهد جدا شد و پس از هضم اسیدی قوی توسط ترکیب اسیدهای قوی ($NCIO_4$+HNO_3+HF+HCI) در یک سیستم باز، نمونه‌ها به‌دست آمد (Jeffery and Hutchinson, 1983). برای تسهیل در مرحله هضم اسیدی، نمونه‌ها در هاون چینی پودر شدند و سپس به‌دقت در کروزه پلاتینی وزن و به آن ۱۰ میلی‌لیتر اسید فلوریدریک و ۲ میلی‌لیتر اسیدپرکلریک اضافه شد. کروزه‌ها روی حمام شن قرار گرفت تا اسیدهای اضافه شده خشک شوند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید پرکلریک اضافه می‌شود و پس از خشک شدن، ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک اضافه شده و نمونه‌ها در محلول ۱۲ نرمال اسید کلریک ۱:۱ هضم و محلول به‌دست آمده در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر به حجم رسانده شد. صحت اندازه‌گیری‌ها با استفاده از محلول‌های استاندارد SPEX کنترل می‌شوند. محلول‌های استاندارد قبل از استفاده به‌صورت تازه تهیه شده و منحنی‌ها کالیبراسیون با استفاده از روش رگرسیون خطی رسم می‌شود. مشخصات دستگاه استفاده شده برای اجرای آزمایش های ICP-OES در جدول ۲ آمده است.

نتایج داده‌های حاصل از انجام آزمایش ICP-OES

رسوبات موجود بر نمونه سفال‌ها و نیز نمونه‌های برگرفته از مغز آنها توسط دستگاه ICP-OES مورد آنالیز عنصری قرار گرفت که مقادیر ۳۰ عنصر اندازه‌گیری شده در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج حاصل از مطالعات ICP-OES سفالینه‌های ارزانفود

با توجه به مقادیر عناصر اندازه‌گیری شده می‌توان به نتیجه‌های زیر اشاره کرد:

– با توجه به بالا بودن میزان فسفر به همراه میزان بالای کلسیم و آهن، نمونه شماره ۳ می‌تواند مربوط به محیط‌های تدفین باشد. بالا بودن میزان منیزیم و پتاسیم نیز نشان از وجود خاکستر چوب و زغال است که در مکان‌های پخت‌وپز یافت می‌شوند. همچنین بالا بودن میزان آهن و تیتانیوم نیز می‌تواند به فعالیت‌های صنعتی و کارگاهی مربوط باشد.

جدول ۳. نتایج آنالیز (٪) رسوبات به روش ICP-OES

Table 3. Result of Sediment Analysis by ICP-OES Method

	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Sc	Se	Sr	Ti	V	Y	Zn
۱	<۰/۰۵	۱۶۷	<۰/۰۵	۰/۶	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۵	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۰	۶۳	۲۵	<۰/۱	۱۳	۰/۹۴	<۰/۰۵	۲۷۹	۰/۱۱	۱/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۱۶	۲/۴۵	۰/۱۳	<۰/۰۵	۰/۷۷
۲	<۰/۰۵	۱۳۹	<۰/۰۵	۰/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۵۷	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۳۰	۲۵	<۰/۱	۱۵	۰/۲۴	<۰/۰۵	۲۴۶	۰/۰۵	۱/۸	<۰/۰۵	<۰/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۳۴	۱/۴۲	۰/۰۸	<۰/۰۵	۰/۳۰
۳	<۰/۰۵	۱۸۵	<۰/۰۵	۲/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۶۶	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۵	۹۷	۴۸	<۰/۱	۴۱	۰/۷۰	<۰/۰۵	۲۴۶	۰/۱۸	۲/۲	<۰/۰۵	۰/۱۴	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۶۲	۴/۱۱	۰/۲۱	<۰/۰۵	۰/۴۴
۴	۰/۱۰	۱۳۲	۰/۴۹	۸/۴	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۱	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۱۵	۹	۳۳	<۰/۱	۱۱	۰/۲۰	۱۷۰	۲۳۲	<۰/۰۵	۰/۱۸	<۰/۰۵	۰/۱۶	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۶	۱/۱۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۳۷
۵	<۰/۰۵	۱۹۲	<۰/۰۵	۵/۳	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۷۵	۳۳	<۰/۱	۲۶	۱/۰۰	<۰/۰۵	۳۲۲	۰/۱۵	۲/۳	<۰/۰۵	۰/۳۵	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۲۴	۲/۹۰	۰/۱۷	<۰/۰۵	۰/۳۷
۶	<۰/۰۵	۱۵۳	<۰/۰۵	۳/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۰	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۹	۱/۱۷	۴۲	۲۹	<۰/۱	۲۲	۰/۵۰	<۰/۰۵	۲۴۸	۰/۰۷	۰/۶	۰/۹۴	۴۰/۹۴	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۲۱	۲/۵۸	۰/۱۲	<۰/۰۵	۱/۱۹
۷	<۰/۰۵	۱۶۱	<۰/۰۵	۴/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۲	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۹	۰/۱۵	۵۳	۳۷	<۰/۱	۱۹	۰/۸۹	<۰/۰۵	۲۶۴	۰/۱۰	۰/۹	<۰/۰۵	۰/۳۰	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۳۲	۳/۴۵	۰/۱۲	<۰/۰۵	۰/۵۷
۸	<۰/۰۵	۱۰۵	<۰/۰۵	۲/۵	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۶	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۲۲	۲/۸۰	۶	۱۳	<۰/۱	۱۷	۰/۲۰	<۰/۰۵	۲۹۹	۰/۰۵	۰/۹	<۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۱۲	<۰/۱	۰/۲۶	۰/۷۸	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۴۴
۹	<۰/۰۵	۱۱۷	<۰/۰۵	۳/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۱۳	۲۵	۱۲	<۰/۱	۵	۰/۲۳	۰/۱۰۰	۲۵۸	۰/۰۵	۲/۴	<۰/۰۵	۰/۱۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۱۸	۱/۱۴	۰/۰۶	<۰/۰۵	۰/۵۱
۱۰	<۰/۰۵	۱۵۱	<۰/۰۵	۲۶/۲	<۰/۰۲	<۰/۱	۹۸	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۳/۴۱	۰/۲۲	۱۷۲	۱۲	<۰/۱	۳۴۹	۱/۵۳	<۰/۰۵	۲۸۹	۰/۰۵	۲/۸۰	<۰/۰۵	۰/۳۶	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۲۴	۲/۲۱	۰/۱۳	<۰/۰۵	۰/۴۲
۱۱	<۰/۰۵	۱۵۱	<۰/۰۵	۸/۵	<۰/۰۲	<۰/۱	۹۰	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۴	۵۶	۳۱	<۰/۱	۲۸	۰/۹۰	<۰/۰۵	۲۶۷	۰/۱۳	۱/۰	<۰/۰۵	۰/۴۲	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۳۰	۲/۶۳	۰/۱۴	<۰/۰۵	۰/۴۴
۱۲	<۰/۰۵	۱۹۱	<۰/۰۵	۶/۰	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۱	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۱۹	۵۷	۳۶	<۰/۱	۱۹	۰/۸۸	<۰/۰۵	۳۱۵	۰/۱۶	۰/۷	<۰/۰۵	۰/۱۰	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۳۶	۲/۵۷	۰/۱۴	<۰/۰۵	۰/۷۰
۱۳	<۰/۰۵	۴۴	<۰/۰۵	۱/۱	<۰/۰۲	<۰/۱	۸	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۰۳۵	۲	۹	<۰/۱	۴	۰/۰۷	<۰/۰۵	۱۱۳	<۰/۰۵	۰/۷	<۰/۰۵	۰/۰۷	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۱۳	۰/۵۳	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۴۱
۱۴	<۰/۰۵	۱۷۸	<۰/۰۵	۲۹/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۴۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۴۹	۳۱	<۰/۱	۲۷	۰/۷۳	<۰/۰۵	۴۳۰	۰/۱۰	۲/۳	<۰/۰۵	۰/۳۷	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۴	۲/۵۱	۰/۱۲	<۰/۰۵	۰/۴۲
۱۵	<۰/۰۵	۱۲۵	<۰/۰۵	۲۳/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۱۲	۱۷	۳۹	<۰/۱	۱۲	۰/۴۹	<۰/۰۵	۳۰۴	۰/۰۶	۰/۵	<۰/۰۵	۰/۱۳	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۸۹	۱/۵۲	۰/۰۶	<۰/۰۵	۰/۵۲
۱۶	<۰/۰۵	۳۰	<۰/۰۵	۱۳	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۱	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۱۱	۹	۷	<۰/۱	۴	۰/۲۲	<۰/۰۵	۴۲	<۰/۰۵	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۱۲۰	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۰۵۰	۰/۵۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۲۶
۱۷	<۰/۰۵	۱۱۵	۰/۱۴	۱۳/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۲۱	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۷	۰/۱۹	۲۲	۳۰	<۰/۱	۸	۰/۴۵	<۰/۰۵	۲۱۱	<۰/۰۵	۰/۶	<۰/۰۵	۰/۱۳۰	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۵۵	۱/۵۴	۰/۰۷	<۰/۰۵	۰/۶۷
۱۸	<۰/۰۵	۱۷۶	<۰/۰۵	۳/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۵	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۱۸	۶۶	۳۳	<۰/۱	۲۵	۱/۲۰	<۰/۰۵	۲۷۸	۰/۱۴	۱/۲	<۰/۰۵	۰/۱۳	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۳۹	۴/۹۲	۰/۱۸	<۰/۰۵	۰/۸۶
۱۹	<۰/۰۵	۱۴۲	<۰/۰۵	۴/۰	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۳	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۲	۴۳	۲۵	<۰/۱	۲۲	۰/۱۳	<۰/۰۵	۲۶۱	۰/۱۰	۰/۷	<۰/۰۵	۰/۲۲	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۲۱	۲/۲۴	۰/۱۱	<۰/۰۵	۰/۳۹
۲۰	<۰/۰۵	۱۵۱	<۰/۰۵	۳/۱	<۰/۰۲	<۰/۱	۵۷	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۶	۲۸	۲۸	<۰/۱	۱۷	۰/۲۲	<۰/۰۵	۲۵۸	۰/۰۹	۲/۹	<۰/۰۵	۰/۷	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۰	۲/۴۰	۰/۱۰	<۰/۰۵	۰/۶۱
۲۱	<۰/۰۵	۱۶۸	<۰/۰۵	۱۲/۹	<۰/۰۲	<۰/۱	۶۹	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۱۸	۲۸	۳۹	<۰/۱	۱۶	۰/۴۸	<۰/۰۵	۳۳۷	۰/۰۸	۰/۷	<۰/۰۵	۰/۲۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۷۸	۲/۳۴	۰/۰۸	<۰/۰۵	۰/۹۵
۲۲	<۰/۰۵	۱۳۷	<۰/۰۵	۲۱/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۸۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۹۴	۱/۴۴	۱۷	۳۴	<۰/۱	۱۹	۰/۴۳	<۰/۰۵	۴۵۶	<۰/۰۵	۱/۲	۱/۰	۰/۴۹	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۶۰	۱/۸۴	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۵۱
۲۳	<۰/۰۵	۸۱	<۰/۰۵	۸/۶	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۴	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۵	۱۹	<۰/۱	۹	۰/۱۵	<۰/۰۵	۱۹۸	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۸۸	<۰/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۳	۰/۹۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۵۳
۲۴	<۰/۰۵	۱۳۷	<۰/۰۵	۲۹/۵	<۰/۰۲	<۰/۱	۴۶	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۱۰	۱۰	۲۹	<۰/۱	۸	۰/۴۰	<۰/۰۵	۳۴۹	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۱۵	<۰/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۱۰۴	۱/۱۷	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۳۹
۲۵	<۰/۰۵	۱۰۵	<۰/۰۵	۴/۶	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۳	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۶۶	۷	۳۴	<۰/۱	۱۵	۰/۱۵	<۰/۰۵	۲۸۸	<۰/۰۵	۰/۶	۰/۱۴	<۰/۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۵۵	۰/۹۷	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۵۲
۲۶	<۰/۰۵	۴۴	<۰/۰۵	۲/۰	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۱	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۰۶۹	۰/۰۶۹	۱	۹	<۰/۱	۴	۰/۱۴	<۰/۰۵	۱۰۸	<۰/۰۵	۰/۶	<۰/۰۵	۰/۱۳	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۱۴	۰/۴۳	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۴۳
۲۷	<۰/۰۵	۲۱۳	<۰/۰۵	۵/۵	<۰/۰۲	<۰/۱	۳۶	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۸۲	۳۶	<۰/۱	۲۸	۱/۱۴	<۰/۰۵	۳۱۹	۰/۱۳	۱/۰	<۰/۰۵	۰/۱۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۵	۵/۳۳	۰/۱۸	<۰/۰۵	۰/۵۱
۲۸	<۰/۰۵	۸۰	<۰/۰۵	۰/۷	<۰/۰۲	<۰/۱	۱۷	<۰/۰۲	<۰/۰۱	<۰/۰۵	۰/۷۰	۰/۷۰	۳	۱۳	<۰/۱	۵	۰/۰۵	<۰/۰۵	۲۸۳	<۰/۰۵	۰/۶	<۰/۰۵	۰/۱۱	<۰/۰۵	<۰/۱	۰/۰۹	۰/۶۵	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۲۱

– دربارهٔ نمونه شماره ۱۰ نیز می‌توان گفت که بالا بودن غیرعادی میزان منیزیم نشان از وجود خاکستر چوب و زغال است که در مکان‌های پخت‌وپز یافت می‌شوند.

– دربارهٔ نمونه شماره ۱۴ نیز به همین ترتیب می‌توان گفت که بالا بودن میزان فسفر به همراه میزان بالای کلسیم و آهن به حصول نمونه از محیط‌های تدفین دلالت دارد. تجزیه اجساد به همراه انجام فعالیت‌های آیینی نظیر قربانی نمودن احشام، و تجزیه استخوان و فضولات انسانی باعث افزایش یون‌های فسفات و نیترات، و عناصر آهن، کلسیم و استرانسیوم می‌شود. مقدار غیر معمول بالای سدیم در این نمونه نیز می‌تواند ناشی از رسوبات سطحی باشد که در طی مدت طولانی بر سطح نمونه جای گرفته‌اند.

– مقدار غیرمعمول و اندک آلومینیوم در نمونه شماره ۱۶ و ۲۶ نیز می‌تواند به بستری از نوع اجاق و خاکستر دلالت کند.

– در نمونه شماره ۱۷ نیز مقدار بسیار زیادی نقره وجود دارد که به فلزی بودن این شی، و یا آلودگی نمونه دلالت دارد.

– مقدار بالای تیتانیوم و روی در نمونه شماره ۱۸ به مکان‌های صنعتی و کارگاهی مرتبط می‌شود.

– همچنین، میزان بالای فسفر در نمونه شماره ۲۰ به‌علت فعالیت‌های کشاورزی، دامپروری، پخت و پز و تدفین، و یا فضولات حیوانی باشد.

– و درنهایت، بالا بودن میزان عناصر آلومینیوم و تیتانیوم در نمونه شماره ۲۷ نیز می‌تواند به فعالیت‌های صنعتی و کارگاهی مربوط باشد.

نتایج نمونه‌های فوق با توجه به تغییرات میزان فسفر ارائه شده که در موارد فوق فعالیت کارگاهی و صنعتی از سایر موارد برجسته‌تر است. لازم به ذکر است که برای ارائه نتایج کامل‌تر می‌توان از روش کروماتوگرافی یونی (IC) برای تجزیه آنیون‌های چند اتمی موجود در سفال‌ها و از میکروسکوپ نوری پلاریزان (PM) برای اجرای تحلیل‌های پتروگرافی و کانی‌شناسی و به‌منظور توصیف و آگاهی نسبی از دوره فرهنگی سفالینه‌های مورد مطالعه در کنار آزمایش فوق بهره برد.

برآیند

نتایج نشان دادند که مطالعات آزمایشگاهی نوع و مقدار عناصر تشکیل دهنده رسوبات سفال‌ها با استفاده از روش‌های آنالیز عنصری ICP-OES می‌تواند روشی سودمند برای شناسایی بستر این مواد باشد. در این پژوهش، و در مطالعه موردی ۲۷ نمونه از سفالینه‌های مجموعه دست‌کند ارزانفود که بستر باستان‌شناختی آنها مشخص نبود نتایج حاصل نمونه‌های مختلف امکان انتساب آنها به بسترهای مختلف نظیر آشپزخانه، محیط تدفین و یا مکان‌های صنعتی و کارگاهی را فراهم ساخت. براین‌اساس، نمونه‌های شماره ۳ و ۱۴ به‌دلیل بالا بودن میزان فسفر به همراه میزان بالای کلسیم و آهن می‌توانند مربوط به محیط‌های تدفین باشند. در مورد نمونه شماره ۱۰ نیز می‌توان گفت که بالا بودن غیرعادی میزان منیزیم نشان از وجود خاکستر چوب و زغال است که در مکان‌های پخت‌وپز یافت می‌شوند. همچنین، مقدار غیرمعمول و اندک آلومینیوم در نمونه شماره ۱۶ و ۲۶ نیز می‌تواند به بستری از نوع اجاق و خاکستر دلالت کند. مقدار بالای تیتانیوم و روی در نمونه شماره ۱۸ و آلومینیوم و تیتانیوم در نمونه شماره ۲۷ به مکان‌های صنعتی و کارگاهی مرتبط می‌شود. همچنین، میزان بالای فسفر در نمونه شماره ۲۰ می‌تواند به‌علت فعالیت‌های کشاورزی، دامپروری، پخت‌وپز و تدفین، و یا فضولات حیوانی باشد. برای ارائه نتایج کامل‌تر می‌توان از روش کروماتوگرافی یونی

(IC) برای تجزیه آنیون‌های چند اتمی موجود در سفال‌ها و از میکروسکوپ نوری پلاریزان (PM) برای اجرای تحلیل‌های پتروگرافی و کانی‌شناسی نیز استفاده کرد.

کتاب‌نامه | Bibliography

خاکسار، علی. (۱۳۸۹). فصل اول پژوهش‌های باستان‌شناختی در مجموعه معماری دست‌کند زیرزمینی ارزانفود همدان، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی استان همدان (منتشر نشده).

Khaksar, A. (2010). *The Report on the First season of Archeological Excavations in Underground Handmade Architectural Complex at Arzanfood-Hamadan*, Archive of Hamadan Administration of Cultural Heritage. Unpublished.

خاکسار، علی. (۱۳۹۰). دومین فصل از پژوهش‌های باستان‌شناختی مجموعه دست‌کند زیرزمینی ارزانفود، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی استان همدان. (منتشر نشده).

Khaksar, A. (2011). *The Report on the second season of Archeological Excavations in Underground Handmade Architectural Complex at Arzanfood-Hamadan*, Archive of Hamadan Administration of Cultural Heritage. Unpublished.

خاکسار، علی. (۱۳۹۱). سومین فصل از پژوهش‌های باستان‌شناختی مجموعه دست‌کند زیرزمینی ارزانفود، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی استان همدان. (منتشر نشده).

Khaksar, A. (2012). *The Report on the third season of Archeological Excavations in Underground Handmade Architectural Complex at Arzanfood-Hamadan*, Archive of Hamadan Administration of Cultural Heritage. Unpublished.

خاکسار، علی. (۱۳۹۳). چهارمین فصل از پژوهش‌های باستان‌شناختی مجموعه دستکند زیرزمینی ارزانفود، آرشیو اداره کل میراث فرهنگی استان همدان. (منتشر نشده).

Khaksar, A. (2014). *The Report on the fourth season of Archeological Excavations in Underground Handmade Architectural Complex at Arzanfood-Hamadan*, Archive of Hamadan Administration of Cultural Heritage. Unpublished.

رضایی، ایرج. (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳). «معرفی یک رویکرد باستان‌زمین‌شناختی در زمینه آنالیز خاک محوطه‌های باستانی»، پژوهش‌های باستان‌شناسی مدرس، شماره ۱۰ و ۱۱: ۱۲۷-۱۴۲.

Rezaei, Iraj. (2012 and 2013). "Introduction of Geo-archaeology approach in the field of soil analysis of ancient sites", *Modares Archaeological Researches*, No. 10 and 11: 127-142.

صادق کوروس، هند. (۲۵۳۶). «رسوب‌ها و خاک‌های سگزآباد»، مارلیک، نشریه مؤسسه و گروه باستان‌شناسی و تاریخ هنر، شماره ۲: ۹۹-۱۰۸.

Sadek-Kooros, Hind. (1978). "Segzabad Sediments and Soils", *Marlik, Journal of the Institute and Department of Archeology and Art History*, No. 2: 99-108.

ملاصالحی، حکمت‌الله. (۱۳۸۷). باستان‌شناسی در بوته معرفت‌شناسی، تهران، مؤسسه تحقیقات و توسعه علوم انسانی.

Mollsalehi, H. (2009). *Archaeology in the context of Epistemological*, Tehran, Institute for Research and Development of Humanities.

نیکنامی، کمالدین؛ رضایی، ایرج. (۱۳۹۲). «تجزیه عنصری خاک باستانی دوره مس‌وسنگ تپه زاغه برای شناسایی مکان‌های فعالیت‌های ویژه»، مطالعات باستان‌شناسی، دوره ۵، شماره ۲: ۱۶۸-۱۸۲.

Niknami, KA; Rezaee I. (2014). Chemical Analysis of Tepe Zaghe Anthropogenic Soils to Identify Particular Activity Areas, *Journal of Archaeological studies*, 5(2): 163-182.

همتی‌ازندریانی، اسماعیل. (۱۳۹۶). بررسی و تحلیل مجموعه معماری دست‌کند ارزانفود ـ همدان، رساله دوره دکتری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا (منتشر نشده).

Hemati Azandaryani, E. (2018). *Survey and Analyze of Handmade Troglodytic Underground Architectural Complex at Arzanfood in Hamadan*, PhD. Thesis, Bu Ali Sina University. Unpublished.

همتی‌ازندریانی، اسماعیل؛ خاکسار، علی. (۱۳۹۲). «نگاهی به پژوهش‌های باستان‌شناختی مجموعه معماری دست‌کند زیرزمینی ارزانفود همدان»، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی باستان‌شناسان جوان، به‌کوشش حسین عزیزی خرانقی، مرتضی خانی‌پور و رضا ناصری، تهران، ۴۸۹-۵۰۰.

Hemati Azandaryani, E; Khaksar A. (2013). *looking to archaeological research in Handmade Trog-*

lodytic Underground Architectural Complex at Arzanfood in Hamadan, In Hossein Azizi Kharanghi, Morteza Khanipour and Reza Naseri (eds.), *Proceedings of the International Conference of Young Archaeologists*, Tehran, 489-500.

همتی‌ازندریانی، اسماعیل، خاکسار، علی. (۱۳۹۹). «گونه‌شناسی و مطالعه تطبیقی سفال‌های دوره تاریخی و اسلامی معماری دست‌کند ارزانفود ـ همدان»، مطالعات باستان‌شناسی (در حال داوری)

Hemti-Azandriani, E; Khaksar, Ali. (2019). "Typology and comparative study of pottery of the historical and Islamic architectural period of Arzanfoud-Hamadan", *Archaeological studies* (under review).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

© 2025 The Author(s). Published by Tissaphernes Archaeological Research Group, Tehran, Iran. Open Access. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited, and is not altered, transformed, or built upon in any way.
The ethical policy of Caspian is based on the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines and complies with International Committee of Caspian Editorial Board codes of conduct. Readers, authors, reviewers and editors should follow these ethical policies once working with Caspian. The ethical policy of Caspian is liable to determine which of the typical research papers or articles submitted to the journal should be published in the concerned issue. For information on this matter in publishing and ethical guidelines please visit www.publicationethics.org.