

مجله مطالعات ایرانی

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

سال سیزدهم، شماره بیست و پنجم، بهار و تابستان ۱۳۹۳

آنالیز عنصری ملات دوره ساسانی به روش XRD و استفاده از آن در تاریخگذاری بناهای منتسب به این دوره*

دکتر بهمن فیروزمندی شیره جین
دانشیار گروه باستان شناسی دانشگاه تهران
شاهین ماهیار
دانش آموخته کارشناسی ارشد باستان شناسی

چکیده

به نظر می‌رسد شالوده استحکام بناهای به جای مانده از عصر ساسانی را می‌توان در ملات به کار رفته در سازه‌ها جستجو کرد. شواهد نشان می‌دهند معماران آن روزگار با تکیه بر تجارب پیشینیان خویش در ساخت ملات به شیوه‌ای واحد دست یافته بودند که در ساخت سایر بناها نیز از آن شیوه بهره می‌جسته‌اند. در اثبات این مدعا تعدادی از محوطه‌های شاخص ساسانی به عنوان مینا برای نمونه برداری انتخاب شد و ترکیب ملات در آنها مورد شناسایی عنصری قرار گرفت. همین شیوه نیز در مورد آتشکده تخت رستم کرج و چهارطاقی گهواره دید شیراز به کار گرفته شد. مقایسه آنالیز کیفی و کمی این نتایج با یکدیگر نشان داد که می‌توان از این شیوه برای تاریخگذاری نسبی چنین بناهایی بهره برد. در این پژوهش، شیوه پراش اشعه X (XRD) برای شناسایی ترکیب ملات به کار گرفته شده است. آنالیز XRD بر روی نمونه‌ها نشان داد که مشابهت ترکیب و مواد سازنده ملات در دو بنا می‌تواند شاخصی برای ساخت همزمان دو سازه باشد.

واژه‌های کلیدی: ملات ساسانی، معماری ساسانی، روش XRD.

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۷/۵
bfiroozmandi@gmail.com
shahin.mahyar@gmail.com

* تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳
نشانی پست الکترونیک نویسندگان:

۱- مقدمه

آثار به جای مانده از پادشاهی ساسانی نشانگر شکوه و اشرافیتی است که معماران و هنرمندان آن روزگار با بهره‌گیری از تجارب پیشینیان خویش به نمایش گذاشته‌اند. آنچه مهم به نظر می‌رسد استفاده از عناصری در معماری است که امروز باستان‌شناسان از آن به عنوان شاخص معماری ساسانی یاد می‌کنند. بهره‌گیری از تکنیک «سه کنج» در افزایش گنبد ها و استفاده از ملات بسیار با دوام به همراه لاشه سنگ در ساخت و ساز، از جمله این عناصر است. نیک می‌دانیم که گنبد های «سه کنج» دار واقعی تا زمان ابداع انواع بیزانسی آن و همچنین استفاده از ملات گچ در بناها منحصر به ایران بوده که از زمان اشکانیان به کار می‌رفته و در زمان ساسانیان به اوج خود می‌رسد (پوپ و دیگران، ۱۳۸۷: ۶۴۷). بر این اساس به نظر می‌رسد امروز می‌توان با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین راهی برای شناسایی بهتر ملات به کار گرفته شده در دوره ساسانی به دست آورد. با شناسایی دقیق شیمیایی ملات، نتایج جالب توجهی حاصل می‌شود که می‌توان حتی از آن در تاریخ‌گذاری بناها نیز سود جست. جز این می‌توان با ساخت ملاتی مشابه در مرمت بناهای این دوره راهی تازه گشود.

۱-۱- بیان مساله

در تحقیق پیش رو تلاش گردید ملات تعدادی از سازه‌های شاخص مورد بررسی قرار گیرد که در دو سوی طیف زمانی دوره ساسانی قرار داشته باشند. بر این اساس از ملات بناهای قلعه دختر، چهارتاقی و تالار اصلی کاخ اردشیر در فیروزآباد فارس و آتشکده تخت سلیمان تکاب به عنوان مکانی چند استقراری به عنوان نخستین سازه‌های دوره ساسانی نمونه برداری گردید.

به نظر می‌رسد قلعه دختر فیروزآباد، نخستین سازه ساسانی است که در روزگار «اردشیر» ساخته شده و با لاشه سنگ و ملات استوار گردیده است. برای این دژ، ساختاری سه طبقه قائل هستند که در بالا به یک تالار بزرگ با گنبدی رفیع منتهی می‌شود. به خاطر موقعیت قرارگیری خاص قلعه، در صورت تحرکات نیروی مهاجم، نگهبانان می‌توانستند به کاخ اردشیر و از آن جا نیز به شهر «اردشیر

خوره» خبر رسانی کنند چون این بناها در یک افق دید واقع هستند (دریایی، ۱۳۸۷: ۱۸). یکی از نخستین بررسی های باستان شناسی در مورد این قلعه در دهه ۷۰ میلادی توسط «هوف» صورت گرفته است و روشن شده است که بنا باید ترکیبی از قلعه و کاخ باشد (شیپمان، ۱۳۸۳: ۱۴۷). در مورد کاخ اردشیر نیز بنای چهارتاقی به جای مانده، دارای دو دهنه سالم است. برخی معتقدند این بنا محل نگهداری بوده و برخی نیز اعتقاد دارند که این بنا محل یک آتشکده است. فرم ظاهری بنا نیز شبیه بناهای مشابهی است که از آن به عنوان آتشکده ساسانی نام برده می شود. بر خلاف تزئینات گچ بری به کار رفته در بناهای منسوب به دوره اشکانی، در قلعه دختر و کاخ اردشیر در فیروزآباد تزئینات زیادی به کار نرفته است. بقایای به جای مانده در برخی درگاه های این بنا بسیار شبیه درگاه های سنگی هخامنشی در تخت جمشید است (هرمان، ۱۳۸۷: ۹۳).

مشاهدات لایه نگاری در مجموعه تخت سلیمان نیز حاکی از این است که بیشترین آثار به جای مانده مربوط به روزگار ساسانی و عصر ایلخانان مغول است؛ هم چنین از یادمان های مهم این مجموعه می توان به بقایای آتشکده ای ساسانی اشاره کرد که به احتمال باید همان آتشکده «آذرگشنسب» باشد (معصومی، ۱۳۸۶: ۱۵۸). این بنا یکی از معدود آتشکده های ساسانی است که ساختار آجری دارد. همچنین نمونه ملات هایی از آتشکده و قلعه دختر بیشاپور برداشت گردید که به دوره شکوه ساخت و ساز و معماری در دوره ساسانی باز می گردد. این مجموعه، نخستین بار در سال ۱۹۴۵ میلادی توسط «گیرشمن» مورد کاوش علمی قرار گرفت. به نظر می رسد «شاپور اول» در سال ۲۶۶ یا ۲۶۷ میلادی از شهر بازدید داشته که در کتیبه ای از آن یاد شده است و می تواند به زمان پایان یافتن ساخت کاخ شاپور در بیشاپور مربوط باشد (گیرشمن، ۱۳۷۹: ۲۵-۲۴). این شهر تا دوران اسلامی، مسکون بوده و توسط امیر فارس در سال ۱۰۶۶ میلادی فتح و ویران شده است (همان: ۳۵). برای نمونه ای از اواخر این دوره نیز بنای کاخ سروستان انتخاب شد که شواهد باستان شناسی حاکی از این امر است که کاخ سروستان در سال های پسین این دوره ساخته و مورد استفاده قرار گرفته

است. در مورد مجموعه سروستان با توجه به آثار دوران اسلامی یافت شده که بخشی از آن نیز به روزگار آل بویه باز می گردند؛ به نظر می رسد در این زمان به عنوان آتشکده از این محل استفاده می شده و سابقه این نوع کاربری به قرون اولیه ظهور اسلام باز می گشته است (بیر، ۱۳۸۵: ۱۱۶).

دو نمونه مقایسه ای نیز از چهارتاقی موسوم به گهواره دید در شیراز و آتشکده تخت رستم در شهریار کرج گرفته شد که تاریخگذاری دقیقی در مورد آنها صورت نگرفته است؛ هر چند هر دو سازه را مربوط به دوره ساسانی می دانند. چهارتاقی گهواره دید در ورودی شهر شیراز از مسیر اصفهان و بر روی کوه مشرف به شهر قرار دارد که چندان هم بزرگ نیست و از لاشه سنگ و ملات ساخته شده است. محیط بیرونی بنا با سنگ های بزرگ یکپارچه فرش شده و شکل و محل قرارگیری آن حاکی از آن است که باید در روزگار ساسانی ساخته شده باشد (مصطفوی کاشانی، ۱۳۸۱: جلد اول: ۲۵۲). هم چنین آتشکده تخت رستم امروز سکویی مسطح است که از لاشه سنگ و ملات ساخته شده و بقایای قوس های هلالی شکل آن هنوز دیده می شود. در ضلع غربی سکو یک اتاق سرپوشیده محصور در دیوارهای سنگی وجود داشته است که دارای دو مدخل و سقفی گنبدی شکل بوده، اما امروز جز چند قسمت ویران شده اثری از آن در دسترس نیست. به نظر «ماکسیم سیرو» سکوی بالایی برای استفاده موبدان و سکوی پایینی که امروز آثاری از آن به جای مانده برای استفاده عموم بوده است (مصدقی، ۱۳۸۰: ۲۸۴-۲۸۳).

علت انتخاب این دو سازه اخیر، فرم چهارتاقی است که در هر دو بنا دیده می شود. بناهای چهارتاقی از دیرباز یکی از شاخص های معماری ساسانی شمرده می شوند. علت این انتساب را در دو امر می توان جستجو کرد. نخست مصالح به کار رفته در این بناها است که در بیشتر موارد عبارت است از لاشه سنگ هایی که از کوه های مجاور جمع آوری شده اند و با ملاتی از جنس آهک یا گچ به هم متصل گردیده اند. دلیل دیگر نیز به کاربری مشهور آنها باز می گردد که در نظر عموم مردم از آن به عنوان آتشگاه یاد می شود. در آئین زرتشتی آتش یک عنصر

مقدس شمرده می شود و می دانیم که این آئین در زمان پادشاهی ساسانی از رونق و نفوذ زیادی برخوردار بوده است. اما برای چهارتاقی، دو تعریف اختصاصی و عمومی در نظر گرفته می شود. انواع اختصاصی، بناهای منفردی هستند که فاقد دیوار محاطی، در و پنجره بوده و بیشتر به شکل مربع ساخته شده اند و در هر ضلع دارای ورودی قوسی شکل هستند. یک سقف گنبدی مدور نیز این چهار ضلع را در بر می گیرد. از نمونه های معروف این نوع می توان به «چهارتاقی نیاسر» و «چهارتاقی جره» در فراشبند اشاره کرد. انواع عمومی، مربوط به یک شیوه در معماری می گردند که در بیشتر کاخ های باستانی نیز دیده می شوند. در این شیوه یک بنای مرکزی شامل چهار پایه و چهار تاق ساخته می شود و گنبدی روی آن قرار می گیرد و در اطراف این چهارتاقی سایر اتاق ها و بناها افزوده می گردند. از نمونه های معروف آن می توان به «کاخ اردشیر» در فیروزآباد و یک مجموعه منتسب به عهد ساسانی در سروستان اشاره کرد (مرادی غیاث آبادی، ۱۳۸۹: ۳). اما خواه این بناها برای افروختن آتش مقدس باشند و یا برای خبررسانی توسط آتش مورد استفاده قرار گرفته باشند و خواه برای پرستش خورشید و رصد آن به کار رفته باشند، به نظر می رسد نام چهارتاقی برای آنها جدای از کاربردشان مناسب باشد. همه نمونه های جمع آوری شده در نهایت بر اساس محل اصلیشان با حروف لاتین کدبندی (۱) و شماره گذاری گردیدند. در مورد آنالیز نمونه های حساس نظیر گچ بری ها و نمونه هایی نظیر ملات ها، معمولا روش هایی به کار گرفته می شود که در اصطلاح غیر تخریبی بوده (۲) و به اصل نمونه آسیب نمی زنند. روش های تابش پرتو X از جمله این روش هاست که به اصل نمونه آسیبی نمی زنند و حساسیت خوبی نیز در تشخیص اجزاء سازنده آنها دارند (Malainery, 2011: 398).

۲-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق

نظر به جوان بودن مطالعات ساسانی در کشورمان و با توجه به این که در بررسی های میدانی باستان شناسی کمتر به آنالیز دقیق شیمیایی یافته ها پرداخته می شود، بنا شد تا در مورد ملات به کار رفته در سازه های مهم دوره ساسانی پژوهشی

مقایسه‌ای صورت بگیرد. در این مقاله با استفاده از روش پراش اشعه X (**X-Ray Diffusion**) به بررسی ملات ساسانی می‌پردازیم تا بر پایه داده‌های به دست آمده از آنالیز و مشابهت نتایج، بتوان در مورد همزمانی ساخت سازه‌هایی که منتسب به این دوره است اظهار نظر کرد. تا کنون آنچه در مورد معماری ساسانی عنوان شده حکایت از آهکی بودن این ملات دارد. ترکیب شناخته شده در این زمینه ساروج است که از مخلوط کردن دوغاب آهک شکفته و گرد خاکستر و یا از کوبیدن مخلوط گرد آهک شکفته، خاکستر ریزدانه و خاک رس و آب ساخته می‌شود؛ اما در بررسی‌های دقیق‌تر انجام یافته در چند سال اخیر مشخص گردیده که این ملات، ترکیبی از گچ است که دارای دانه بندی درشت است. وجود معادن سنگ گچ در نزدیکی این بناها نیز سرنخی در این مورد به دست می‌دهند. در نهایت تا کنون با روش XRD و به طور مقایسه‌ای در مورد شناسایی عنصری ملات ساسانی کاری صورت نگرفته و هدف این پژوهش نیز گام نهادن در این وادی است. پرسش اصلی در این پژوهش در مورد مواد تشکیل دهنده ملات باستانی و ترکیب نسبی این مواد است. مقایسه نتایج مربوط به سازه‌هایی که تاریخ ساخت آنها مشخص است با بناهایی که آن را منتسب به این دوره می‌دانند می‌تواند در تاریخ‌گذاری نسبی برای چنین مواردی راهگشا باشد. بر این اساس در مراحل بعدی این پژوهش می‌توان با آنالیز ملات سایر بناهای شاخص ساسانی از آنها به عنوان نمایه‌ای برای شناسایی بناهایی که در مورد ساسانی بودن آن‌ها شبهه وجود دارد استفاده کرد.

۱-۳- پیشینه تحقیق

در مورد پیشینه مطالعاتی، در مجموعه‌های تخت سلیمان و سروستان تحقیقاتی در مورد ساخت ملات مشابه با ملات اصلی سازه‌ها انجام گرفته که با استفاده از شیوه سعی و خطا و آزمودن مقاومت فیزیکی ملات‌های به دست آمده است. در سال ۱۳۸۴ نیز آقای پیروز دقوقی، سرپرست پروژه کاخ سروستان، تحقیقاتی در مورد ملات این بنا انجام دادند. هم‌چنین در محوطه تخت سلیمان ملاتی از جنس گچ به طور تجربی تهیه می‌شود که مرمت کاران پایگاه در پی یافتن

ترکیبی مشابه ملات باستانی می باشند. در نهایت در مورد ترکیب این ملات با شیوه های آنالیز شیمیایی اطلاعاتی به دست آمده و این باور که ملات ساسانی از ترکیبات ساروجی است دیگر پایه علمی ندارد. در پژوهش حاضر، روش آنالیزی برگزیده شد (XRD) که هم ترکیب کانی های ملات را به دست می دهد و هم با استفاده از محاسبه سطوح زیر منحنی ها می توان به ترکیب درصد کانی ها در نمونه ها دست یافت.

۲- بحث

در این جا بر اساس قدمت نسبی و همزمانی تاریخی شناخته شده در مورد سازه های ساسانی در چهار بخش به مطالعه نمونه ملات ها می پردازیم.

۲-۱- آنالیز نمونه های قلعه دختر فیروزآباد، چهارتاقی کاخ اردشیر، آتشکده

و قلعه دختر بیشاپور

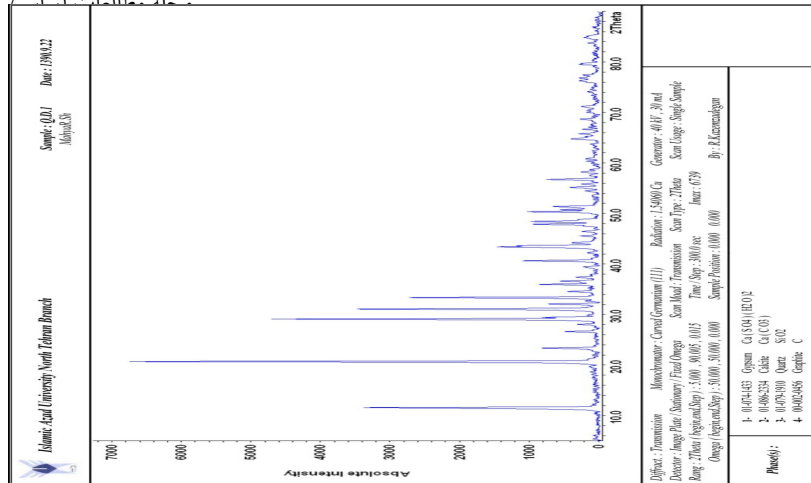
همان طور که در جدول شماره ۱ نیز دیده می شود میان نمونه های قلعه دختر فیروزآباد، چهارتاقی کاخ اردشیر، آتشکده و قلعه دختر بیشاپور مشابهت زیادی دیده می شود. در هر چهار نمونه ترکیب های «ژیپس»، «کلسیت»، «کوارتز» با غلظت نسبی بسیار نزدیک دیده می شوند. در مورد نمونه کاخ اردشیر به ترکیباتی از مس و آلومینیوم بر می خوریم که البته درصد ناچیزی را تشکیل می دهند و باید مربوط به ناخالصی های سنگ گچ اولیه باشند. در نمونه آتشکده بیشاپور نیز ترکیب «آلومینو سیلیکاته» را مشاهده می کنیم که همانند مورد پیشین به علت غلظت کمتر نمی تواند مورد توجه باشد. جالب توجه این که نتایج آنالیز نمونه های قلعه دختر فیروزآباد و قلعه دختر بیشاپور کاملاً مشابه است:

نمونه	ترکیب (ترکیبات بر اساس غلظت در نمونه از زیاد به کم قرار گرفته اند)
QD1	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂
	CaCO ₃
	SiO ₂
	Gypsum
	Calcite
	Quartz

Graphite	C	
Gypsum	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	AP2
Calcite	CaCO ₃	
Quartz	SiO ₂	
Muskovite	KAl ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (OH,F)	
Woodwardite	Cu ₄ Al ₂ (SO ₄) (OH) ₁₂ !xH ₂ O	
Diaspore	AlO(OH)	
Chaoite [NR]	C	
Gypsum	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	BC3
Calcite	CaCO ₃	
Quartz	SiO ₂	
Andalusite	Al ₂ SiO ₅	
Graphite	C	
Gypsum	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	BC1
Calcite	CaCO ₃	
Quartz	SiO ₂	
Graphite-3\ITR\RG,Syn	C	

جدول شماره ۱: ترکیب مربوط به نمونه های قلعه دختر فیروزآباد، چهارتاقی کاخ اردشیر، آتشکده و قلعه دختر بیشاپور.

در کل آنالیز ملات هر چهار نمونه با اندکی اختلاف بسیار شبیه به هم می باشند. در این جا منحنی آنالیز XRD مربوط به قلعه دختر فیروزآباد به عنوان نمونه آورده می شود:



نمودار شماره ۱: آنالیز XRD مربوط به نمونه قلعه دختر فیروزآباد

۲-۲- آنالیز نمونه های آتشکده تخت سلیمان و گنبد کاخ سروستان

در این قسمت به مقایسه نتایج آنالیز به دست آمده از آتشکده تخت سلیمان و سازه ساسانی کاخ سروستان می پردازیم. همان طور که در جدول شماره ۲ نیز دیده می شود بر خلاف سایر نمونه ها میزان «کلسیت» در نمونه آتشکده تخت سلیمان از بقیه بیشتر است. در نمونه آتشکده به طور عمده به ترکیبات «سولفات» و در نمونه سروستان نیز ترکیبات «سیلیکات» و «آلومینو سیلیکات» را مشاهده می کنیم؛ هر چند این نمونه، تنها موردی است که در آن ترکیب «کلسیت» دیده نمی شود. زمان پیشنهادی برای بنای سروستان اواخر ساسانی است و در مورد تخت سلیمان تا دوره هخامنشی نیز آثاری به دست آمده است. در واقع این دو نمونه در دو سوی طیف زمانی بین سایر نمونه ها قرار می گیرند.

ترکیب (ترکیبات بر اساس غلظت در نمونه از زیاد به کم قرار گرفته اند)	نمونه	
Calcite	CaCO ₃	TS1
Syngenite	K ₂ Ca(SO ₄) ₂ · H ₂ O	
Gypsum	CaSO ₄ (H ₂ O) ₂	
Quartz	SiO ₂	
Anhydrite	CaSO ₄	

Pseudobrookite	Fe_2TiO_5	
Gypsum	$CaSO_4 (H_2O)_2$	SP1
Anhydrite	$CaSO_4$	
Allophane	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$	
Quartz	SiO_2	
Graphite-3	C	
Faujasite	$Ca_{0.731}Si_6O_{12.731} (H_2O)_{0.89}$	

جدول شماره ۲: ترکیب مربوط به نمونه های آتشکده تخت سلیمان و گنبد

کاخ سروستان

۲-۳- آنالیز نمونه های آتشکده تخت رستم و قلعه دختر فیروزآباد

در این قسمت به دو نمونه دیگر می پردازیم که سازه های مربوط به آن را به دوره ساسانی نسبت می دهند. همان طور که در جدول شماره ۳ نیز دیده می شود ترکیب هر دو نمونه بسیار به نمونه های جدول شماره ۱ نزدیک است. در مورد نمونه ملات تخت رستم شهریار هر چهار ترکیب اول که دارای بیشترین درصد نسبی نیز می باشند با دو نمونه قلعه دختر بیشاپور و فیروزآباد کاملاً مشابه است. در نمونه اخیر دو ترکیب از آهن و تیتانیوم با غلظت کمتر دیده می شوند که می توانند مربوط به ناخالصی سنگ معدن اولیه باشند. در مورد نمونه گهواره دید نیز نوع ترکیب کاملاً مشابه نمونه های قلعه دختر است؛ با این تفاوت که میزان «کوارتز» در آن نسبت به «کلسیت» کمی بالاتر است.

ترکیب (ترکیبات بر اساس غلظت در نمونه از زیاد به کم قرار گرفته اند)	نمونه	
Gypsum	$CaSO_4 (H_2O)_2$	TR1
Calcite	$CaCO_3$	
Quartz	SiO_2	
Graphite-3\ TR\ RG,Syn	C	
Schwertmannite	$Fe_{16}O_{16}(SO_4)_3(OH)_{10} \cdot 10H_2O$	
Anatase	TiO_2	

Gypsum	$\text{CaSO}_4 (\text{H}_2\text{O})_2$	GD1
Quartz	SiO_2	
Calcite	CaCO_3	
Graphite	C	

جدول شماره ۳: ترکیب مربوط به نمونه‌های آتشفشانی تخت رستم و قلعه دختر فیروزآباد.

۲-۴- آزمون اسیدیته

به عنوان یک شاخص و به منظور درک بهتر ترکیب ملات‌ها، یک آزمون pH در مورد همه نمونه‌ها صورت گرفت. با توجه به انجام این آزمون روی نمونه‌های خاک، بنا شد تا شیوه موسوم به «یک به یک» مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور معادل وزن هر نمونه به آن آب مقطر افزوده و مدت ۲۴ ساعت به حال خود رها می‌کنیم. پس از این زمان، نمونه‌ها به حالت سوسپانسیون در می‌آیند و الکتروود دستگاه «pH متر» در درون این مخلوط قرار می‌گیرد تا میزان اسیدیته آن مشخص شود. pH تمام نمونه‌ها از ۷٫۵ بالاتر است و به طور میانگین به عدد ۸٫۳ می‌رسد. مفهوم این داده وجود خاصیت قلیایی در نمونه‌ها است. در مورد نمونه‌های خاک به طور معمول pH بین ۷ تا حدود ۸٫۳ را به عنوان خاک‌های آهکی می‌شناسند. در مورد علت خاصیت قلیایی در این نمونه‌ها وجود ترکیب «کلسیت» و «ژپس» به عنوان مواد اصلی سنگ آهک خام می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

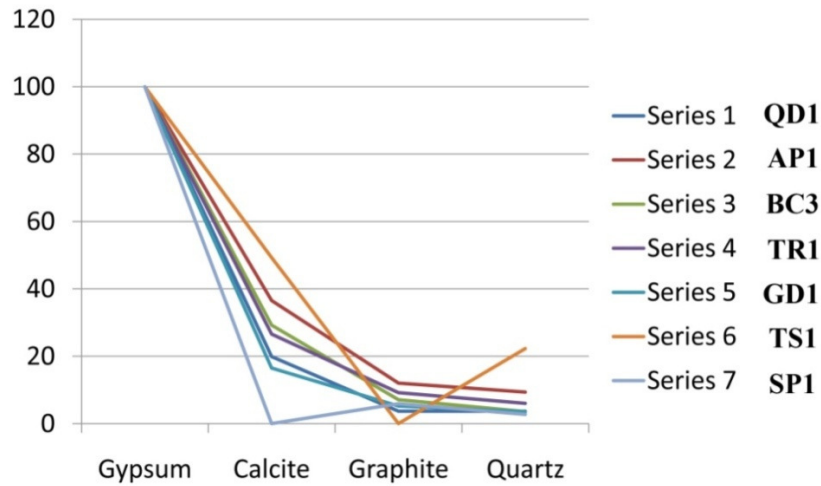
۳- نتیجه گیری

- با بررسی آماری نمونه‌های موجود نتایج زیر به دست می‌آیند:
- ترکیب‌های «ژپس» $(\text{CaSO}_4 (\text{H}_2\text{O})_2)$ و «کوارتز» (SiO_2) در همه نمونه‌ها دیده می‌شوند.
 - ترکیب «کلسیت» (CaCO_3) فقط در نمونه ملات کاخ سروستان دیده نشد.
 - ترکیب «گرافیت» (C) فقط در نمونه تخت سلیمان دیده نمی‌شود.

- ترکیب «انیدریت» (CaSO_4) فقط در نمونه کاخ سروستان و آتشکده تخت سلیمان دیده شدند.

در کل، تعداد ترکیباتی که توسط دستگاه XRD مورد استفاده، شناسایی شده‌اند، به ۱۷ ترکیب می‌رسد. با توجه به داده‌های آماری فوق، اکنون می‌توان در مورد ترکیب نسبی ملات مورد آزمایش در دوره‌های مختلف به بحث پرداخت. همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد با توجه به نتایج به دست آمده، ترکیب‌های «ژیپس» ($\text{CaSO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$) و «کوارتز» (SiO_2) در تمام نمونه‌ها دیده شده است. دو ترکیب «گرافیت» (C) و «کلسیت» (CaCO_3) نیز هر کدام فقط در یکی از نمونه‌ها به دست نیامدند؛ بر این اساس تا کنون مشخص شد که ترکیب اصلی ملات ساسانی بر خلاف آن چه گاهی گفته می‌شود، از ساروج نبوده و از گچ است. ترکیب ملات ساسانی باید مخلوطی از گچ، سنگ آهک، ماسه و گرافیت باشد که به صورت کانی‌های «ژیپس» ($\text{CaSO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$)، «کلسیت» (CaCO_3)، «کوارتز» SiO_2 و «گرافیت» C در نمونه‌ها دیده شدند. به نظر می‌رسد سایر مواد که درصد کمی از نمونه‌ها را تشکیل می‌دهند به صورت ناخالصی‌های اولیه سنگ گچ وارد ملات شده باشند. گچی که امروز به عنوان سفت‌کاری از آن استفاده می‌شود، دارای ترکیبی از «ژیپس» و «کوارتز» است (۳) و در آزمون pH نیز میانگینی حدود ۹ را به دست می‌دهد که نسبت به میانگین داده‌های دیگر بالاتر است. این نمونه‌ها فاقد ترکیب «کلسیت یا منیزیت» و «گرافیت» بوده و به طور عمده حاوی «ژیپس» و مقدار اندکی «کوارتز» هستند. امروز گچ را به عنوان یک ملات استحکام‌بخش به کار نمی‌برند چون هم مقاومت فشاری مناسبی ندارد و هم در برابر رطوبت مقاوم نیست؛ اما نمونه ساسانی آن دارای هر دو خاصیت است. به این ترتیب ساختار ملات ساسانی در اصل دارای ترکیب گچ و سنگ آهک بوده که در سنگ اولیه گچ به صورت «ژیپس» به همراه «کلسیت» یا «منیزیت» دیده می‌شود. با توجه به جدول شماره ۱ که در آن چهار نمونه قلعه دختر فیروزآباد، چهارتاقی کاخ اردشیر، آتشکده و قلعه دختر بیشاپور مورد بررسی قرار گرفتند می‌توان نتیجه گرفت که ملات به کار رفته در اوایل دوره

ساسانی دارای ترکیب نسبی مشابه است. شواهد باستان شناسی و تاریخی نشان می دهند که بناهای قلعه دختر و کاخ اردشیر در زمان اردشیر اول و مجموعه بیشاپور بنا به دستور شاپور اول ساسانی ساخته شده اند و زمان ساخت این دو مجموعه باید در حدود سال های ۲۲۴ تا ۲۷۲ میلادی باشد. همچنین نتایج جدول شماره ۲ نشان می دهد بر اساس زمان نسبی سازه ها ترکیب ملات نیز متفاوت است. آتشکده تخت سلیمان یکی از بناهای آیینی است که از دیرباز مورد توجه بوده و قدمت آثار به دست آمده در مجموعه تخت سلیمان به دوره هخامنشی نیز به عقب باز می گردد. در واقع این نمونه ملات باید از سایر نمونه ها قدیمی تر باشد. هم چنین نمونه مربوط به کاخ سروستان که بنا به تحقیقات اخیر در قدیم ترین دوره سکونت به اواخر دوره ساسانی باز می گردد دارای ترکیب ملات متفاوتی است. لذا به نظر می رسد در زمان های مختلف، ملات مورد استفاده توسط معماران ساسانی با ترکیب متفاوتی ساخته می شده است که این تفاوت ترکیب را می توان برای تاریخگذاری نسبی سایر سازه های متناسب به این دوره به کار برد. در مورد میزان کمی کانی های تشکیل دهنده نمونه های ملات، از روش مقایسه منحنی های استاندارد کانی ها با منحنی به دست آمده از هر نمونه استفاده گردید. با توجه به شدت جذب های استاندارد، سطح زیر منحنی در هر نمونه برای هر کانی خاص محاسبه شده و درصد نصابی هر ماده بر اساس غلظت «ژپس» به عنوان کانی اصلی محاسبه گردید. برای داشتن دیدی بهتر در مورد مشابهت نتایج کمی، نموداری خطی حاوی ۷ نمونه ترسیم شد که در زیر می آید:



نمودار شماره ۲: مقایسه کمی ۷ عدد از نمونه ها به طور همزمان روی منحنی

که در منحنی QD1: قلعه دختر فیروزآباد، AP1: کاخ اردشیر، BC3: آتشکده بیشاپور، TR1: آتشکده تخت رستم، GD1: چهارتاقی گهواره دید، TS1: آتشکده تخت سلیمان، SP1: کاخ سروستان می باشند.

همان گونه که از نمودار مقادیر کمی نیز پیداست سه نمونه مربوط به آتشکده تخت سلیمان، کاخ سروستان و تالار کاخ اردشیر در دو سوی منحنی قرار می گیرند (سری های ۶ و ۷) و همگونی با سایر نمونه ها را نشان نمی دهند. نمونه های مربوط به قلعه دختر فیروزآباد و گهواره دید (سری های ۵) اولین زوج نمونه هایی هستند که مقادیر کمی مشابهی از خود نشان می دهند. کانی های تشکیل دهنده این دو نمونه نیز کاملاً مشابه بوده و فقط غلظت کوارتز و گرافیت در آنها کمی متفاوت است. نمونه های آتشکده بیشاپور و آتشکده تخت رستم (سری های ۳ و ۴) نیز دومین زوج نمونه هایی هستند که در قسمت بعدی نمودار قرار دارند و مقادیر مشابهی از خود را به نمایش می گذارند.

نمونه	QD1	AP1	BC3
درصد مقایسه ای ترکیبات	Gypsum :100 Calcite :19.88 Graphite :6.89 Quartz :3.69	Gypsum :100 Calcite :36.52 Graphite :12.04 Quartz :9.39	Gypsum :100 Calcite :29.21 Graphite :7.08 Quartz :3.56
نمونه	TR1	GD1	TS1
درصد مقایسه ای ترکیبات	Gypsum :100 Calcite :26.56 Graphite :9.21 Quartz :6.03	Gypsum :100 Calcite :16.5 Graphite :5.22 Quartz :3.51	Gypsum :100 Calcite :49.26 Graphite :0 Quartz :22.29
نمونه	SP1		
درصد مقایسه ای ترکیبات	Gypsum :100 Calcite :0 Graphite :5.93 Quartz :2.76		

جدول شماره ۴: مقادیر کمی به دست آمده از سطح زیر نمودار در ۷ نمونه انتخاب شده

به این ترتیب با توجه به آنالیز کمی و کیفی ملات نمونه های آتشکده تخت رستم و چهارتاقی گهواره دید، و همچنین مشابهت این نتایج با نمونه های مربوط به سازه های تاریخگذاری شده، می توان هر دو نمونه را به اوایل دوره ساسانی (۲۲۴ تا ۲۷۲ میلادی) منتسب کرد که هر دو بنا همان گونه که پیشتر نیز گفته شد می توانند کارکردی آیینی یا نجومی نیز داشته باشند. این به ویژه زمانی جالب توجه است که ساخت چهارتاقی گهواره دید را به دوره اسلامی نسبت می دهند و آتشکده تخت رستم را با توجه به جغرافیای قرارگیری متفاوت، با شبهه به دوره ساسانی منتسب می دانند.

یادداشت‌ها

- ۱- نمونه‌ها بر اساس حروف اول لاتین هر مکان نامگذاری گردیدند. برای نمونه های قلعه دختر کد QD، شهر بیشاپور کد BC، تخت سلیمان کد TS، تخت رستم کد TR، گهواره دید کد GD، برای نمونه‌های کاخ اردشیر کد AP و برای نمونه‌های کاخ سروستان کد SP انتخاب شدند.
- ۲- در اصطلاح به این شیوه‌ها Non-Destructive گفته می‌شود که در آن به اصل نمونه هیچ آسیبی وارد نمی‌شود.
- ۳- در مورد گچ‌های امروزی نیز نمونه‌ای با آب مقطر تهیه و مورد آنالیز قرار گرفت.

فهرست منابع

- ۱- بیر، لئونل، (۱۳۸۵). **سروستان - مجموعه معماری ایران از بدو شکل‌گیری تا ظهور اسلام** -، ترجمه‌امیر حسین سلطانی کرباس فروش، تهران: نشر سبحان نور.
- ۲- پوپ، آرتور ابهام و آکرمن، فیلیپ، (۱۳۸۷). **سیری در هنر ایران**، جلد دوم از مجموعه سیزده جلدی، تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی.
- ۳- دریایی، تورج، (۱۳۸۷). **شاهنشاهی ساسانی**، چاپ چهارم، تهران: انتشارات ققنوس.
- ۴- شپیمان، کلاوس، (۱۳۸۳). **تاریخ شاهنشاهی ساسانی**، ترجمه فرامرز نجد سمعی، تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.
- ۵- گیرشمن، رومن، (۱۳۷۹). **بیشاپور**، ترجمه اصغر کریمی، تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.
- ۶- مرادی غیاث آبادی، رضا، (۱۳۸۹). **چارتاقی‌های ایران**، تهران: انتشارات ایران-شناسی، شماره ۱۸۵.
- ۷- مصدقی، فرشید، (۱۳۸۰). **بررسی و شناسایی آثار باستانی و تاریخی - فرهنگی حوزه فرمانداری شهریار**، گزارش پژوهشی چاپ نشده اداره میراث فرهنگی استان تهران.
- ۸- مصطفوی کاشانی، محمد تقی، (۱۳۸۱). **مجموعه مقالات در زمینه باستان شناسی - جلد اول -**، گردآوری مهدی صدیقی، تهران: انتشارات آثار و مفاخر فرهنگی، شماره ۲۶۴.

۹- معصومی، غلامرضا، (۱۳۸۶). *تاریخچه علم باستان شناسی*، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت، شماره ۷۷۶.

۱۰- هرمان، جورجینا، (۱۳۸۷). *تجدید حیات هنر و تمدن در ایران باستان*، ترجمه مهرداد وحدتی، چاپ دوم، تهران: انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

11-Malainery, Mary. E , (2011). *A Consumer's Guide to Archaeological Science*, 1st edition, New York, Springer New York Heidelberg London press.