حفاظت پیش‌گیرانه: مخزن موزهٔ ملک

سیده‌سمیه محسنیان

چکیده

مقاله‌ای که پیش رو دارید، سعی کرده با در نظر گرفتن مفاهیم پایه‌ای در زمینهٔ حفاظت پیش‌گیرانه و اندازه‌گیری اهمّ شاخص‌های تأثیرگذار در پیشنهاد روش بهینهٔ حفاظت و نگهداری آثار تاریخی- فرهنگی، روش‌هائی برای حفاظت مطلوب از آثار تاریخی- فرهنگی موجود در مخزن موزهٔ ملی ملك، ارائه کند.

میزان تأثیر شرایط محیطی، خواه رطوبت نسبی، درجهٔ حرارت، نور، آلاینده‌های گازی و ذرات جامد در محیط مخزن موزهٔ ملی ملک و خواه پیامدهای ناشی از این عوامل مثل تغییرات اسیدیته در آثار کاغذی، تأثیر قارچ‌ها و شرایط جوی مناسب برای رشد و نمو ریزاندامگان‌ها، مورد آزمایش قرار گرفته‌است. هدف از انجام این آزمایش‌ها، سنجش میزان هر یک از عوامل محیطی در محیط اتاق مخزن موزه، با میزان استاندارد شرایط محیطی در موزه و در نهایت، تعیین عوامل آسیب‌رسان در مخزن موزهٔ ملی ملک بوده‌است. برای این منظور، با بهره‌گیری از روش‌های تجزیهٔ دستگاهی کلیهٔ عوامل محیطی مؤثر بر آثار مانند نور، رطوبت نسبی، دما و آلاینده‌های محیطی و ریزاندامگان‌ها در بازه‌های زمانی معین، پایش گردیده‌است. در پایان مقاله، نتایج حاصل از این پژوهش، آورده شده است.

کلیدواژه‌ها

حفاظت پیش‌گیرانه/ موزهٔ ملی ملک/ پایش محیطی.

مطالعات آرشیوی

فـصلنامـهٔ *گنجینهٔ اسناد*: سال بیستم، دفتر سوم، (پائیز ۱۳۸۹)، ۱۴۶ - ۱۱۸

تاریخ دریافت : ۱۳۸۹/۶/۳۱ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۱۱

حفاظت پیش‌گیرانه: مخزن موزهٔ ملک

سیده‌سمیه محسنیان[1]

مقدمه

بیش‌تر آثار تاریخی- فرهنگی در موزهٔ ملی ملک، تحت تأثیر شرایط نمایش یا چگونگی نگهداری و انبارش می‌باشند. کلید نجات و حفظ این گونه آثار، همانا دستیابی به شرایط محیطی استاندارد برای حفاظت و نگهداری بهینه از آن‌هاست. درک این که چطور عوامل محیطی در مراقبت از آثار مؤثر است و نیز، نظارت بر این فرساینده‌ها، بخش مهمی از برنامهٔ حفاظت پیش‌گیرانه است.

مخزن موزهٔ ملک، با توجه به نحوهٔ نگهداری و انبارش اشیای آلی و معدنی در مجاورت یکدیگر نسبت به دیگر بخش‌های خود، با چالش‌های مهم‌تری روبه‌روست. بنابراین برای شناسائی عوامل آسیب‌رسان در محوطهٔ مخزن موزهٔ ملی ملک، با هدف حذف یا به حداقل‌رساندن عوامل فرسایندهٔ آثار کاغذی در مخزن، اقدام به مستندسازی وضعیت موجود مخزن موزه شده‌است. در پایش آلاینده‌های محیطی در مخزن موزه، میزان دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، اکسید نیتروژن (NO)، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، تری‌اکسید نیتروژن (NO_3) و ازن (O_3) اندازه‌گیری شده‌است. جهت تعیین نوع و ترکیبات موجود آلاینده‌های جامد در محوطهٔ مخزن، از گرد و غبار و ذرات جامد در محیط مخزن نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها، مورد مطالعه قرار گرفت. برای تشخیص نوع و ریخت‌شناسی ذرات جامد، از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، برای تجزیهٔ عنصری نیمه‌کمّی این نوع از آلودگی‌ها، از روش طیف‌سنجی پرتو ایکس پراکنده (EDX) و برای تجزیهٔ فازی این نمونه‌ها، روش پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد.

۱. کارشناس ارشد مرمت اشیای تاریخی-فرهنگی دانشگاه هنر تهران.
Somaieh11@gmail.com

معرفی مجموعهٔ کتابخانه و موزهٔ ملی ملک

کتابخانه و موزهٔ ملی ملک، در خیابان امام خمینی در مرکز شهر تهران واقع شده، که یکی از مناطق بسیار شلوغ و پرتردد می باشد.این مجموعه از مراکز مهم فرهنگی– علمی وابسته به آستان قدس رضوی است که به همت مؤسس و واقف آن، مرحوم حاج حسین آقا ملک فرزند حاج محمدکاظم ملک‌التجار در سال ۱۳۱۶ش.، وقف آستان قدس رضوی شد.این مجموعه، در جنوب غربی محوطهٔ باغ ملی واقع شده‌است و شامل دو بخش عمدهٔ موزه و کتابخانه است؛ موزهٔ آن شامل بخش‌های متعدد است که از جمله می توان به بخش‌های زیر اشاره کرد: بخش سکه، تالار فرش، تابلوهای نقاشی رنگ روغن، قدیمی‌ترین تمبرهای جهان، ابزار نجومی، قلمدان ها، مینیاتورها و دست‌نوشته‌های ارزشمند و مبلمان‌های چوبی. کتابخانهٔ این مجموعه، دارای کتاب‌ها و نسخه‌های خطی منحصر به فرد و بی‌نظیر می‌باشد و در حدود شش‌هزار نسخهٔ خطی و چاپ سنگی و سربی دارد.

تصویر شمارهٔ ۱

پلان محوطهٔ باغ ملی و محل قرارگیری کتابخانه و موزهٔ ملی ملک

تصویر شمارهٔ ۲

محوطهٔ باغ ملی، کتابخانه و موزهٔ ملک در غرب محوطهٔ باغ ملی

تصویر شمارهٔ ۳

نمای بیرونی و کتابخانه و موزهٔ ملی ملک

اصول و مبانی نگهداری [Principles of Care]

یکی از مهم‌ترین اصولی که هنگام نگهداری آثار، می‌باید به آن توجه شود، عبارت از متمایز ساختن حفاظت به روش « پیشگیری»، از حفاظت به شیوهٔ «بازسازی و مرمت » است. روش پیشگیری، به علت منافع بسیارش، مهم‌ترین روش شناخته شده‌است. (Robinson, 2000)

بر اساس این اصل که « همیشه، پیشگیری بهتر از درمان است»، ایجاد اطمینان دائمی در خصوص ایمنی و سلامت آثار تاریخی و فرهنگی، از مهم‌ترین اصول در امر مراقبت از مخازن است. تمامی اعمال و فعالیت‌های مربوط به مراقبت از آثار در مخازن موزه‌ها –که در این مقاله ارائه شده است– بر همین اساس شکل گرفته‌است. حفاظت پیش‌گیرانه، در واقع دربردارندهٔ دو اصل مهم است:

الف- فراهم ساختن شرایط مناسب حفاظتی؛ از طریق قراردادن آثار در شرایط محیطی استاندارد برای نگهداری و انبارش آثار.

ب- رسیدگی و مراقبت؛ نظارت بر درست انجام‌شدن کارها در مخزن، یک اصل مهم در مراقبت از مخازن موزه‌هاست. ضروری است که این کار، به قسمتی از وظایف روزمرهٔ تمامی افراد شاغل در موزه تبدیل شود. مهم‌ترین موارد برای بررسی و نظارت منظم و معین، عبارت‌اند از: بررسی و ارزیابی شرایط محیطی، تجهیزات و وسایل کار، قفسه‌ها، کشوها و جعبه‌ها و شرایط کلی مجموعه، شامل مدیریت ساختمان[1]، مدیریت شرایط محیطی[2]، مدیریت یکپارچهٔ مقابله با آفات زیست‌محیطی (IPM)[3]، و مدیریت بحران در مجموعه.

- تدوین فرم‌های صورت وضعیت برای نظارت و بازبینی‌های منظم از مخزن موزه؛
- ثبت دقیق اطلاعات به‌دست‌آمده در برگه‌های بازبینی تدوین شده. (Robinson, 2000)

برای اجرائی‌کردن راهبردهای حفاظت پیش‌گیرانه در موزه‌ها ازجمله موزهٔ ملک، داشتن تعریف صحیح از حفاظت پیش‌گیرانه، امری ضروری و در عین حال مؤثر می باشد؛

1. House keeping Management
2. Environmental Management
3. Integrated Pest Management

چرا که داشتن تعریف صحیح از حفاظت پیش‌گیرانه در کاربردی‌کردن راهبردهای آن، نقش بسزا و در عین حال مهمی دارد.

گروه کانادائی مؤسسهٔ بین‌المللی حفاظت (IIC)[1]، حفاظت پیشگیرانه را در کتابچهٔ "اصول حفظ و مرمت آثار فرهنگی و راهنمای عملی برای مرمتگران"[2]، این‌گونه تعریف کرده‌است:

«تمام فعالیت‌هائی که برای کنترل روند تخریب و ممانعت از آسیب‌رسیدن به آثار فرهنگی انجام می‌گردد؛ البته به صورت فراهم‌کردن بهترین شرایط نگهداری(نور، رطوبت نسبی، دما، نوع گازهای محیطی، نمایش، انبارش، امنیت(ایمنی) واستفاده(جابه‌جائی، بسته‌بندی و حمل‌ونقل) و مدیریت مقابلهٔ یکپارچهٔ با آفات زیست‌محیطی وآمادگی رویاروئی با شرایط اضطراری، در بخش‌های مختلف موزه از طریق تدوین دستورالعمل و اجرای راهبردهای آن.» (IIC, 2000)

حفاظت پیشگیرانه، پیش‌شرط کار مرمتگر است و می‌باید قبل از جنبه‌های دیگر مرمت به آن توجه شود. لذا مرمتگر، موظف است نهایت تلاش خود را برای معرفی و اجرای بالاترین حد استاندارد نگهداری، انبارش، نمایش، استفاده و حمل و نقل آثار فرهنگی به کار بندد. بنابراین «حفاظت پیشگیرانه، انجام هر عمل ممکن برای هر اثر فرهنگی، هنری یا تاریخی است تا آن را از روند پیوستهٔ فرسایش بر اثر مشکلات و مسائل پیش‌آمده از طریق ساختار، مواد، مردم و محیط، دور نگاه دارد و حفظ نماید. به بیان دیگر، حفاظت پیشگیرانه، تثبیت و پایدارسازی اثر فرهنگی، هنری و تاریخی از فرسایش هر چه بیش‌تر است.» (Feilden and Jokilehto,1998)

راهبرد حفاظت پیش‌گیرانه در مجموعه‌ها

۱. شناسائی و تعیین منابع و عوامل آسیب‌رسان به آثار در مخزن؛

الف- شناسائی و تعیین عوامل درونی مخرب اشیا (عیوب فن‌شناسانهٔ اشیا)، از طریق مطالعات آزمایشگاهی و میکروسکوپی:

- ✓ شیوهٔ ساخت و تولید اثر؛
- ✓ ماهیت مواد و ترکیبات سازندهٔ اثر؛
- ✓ ساختار فیزیکی و شیمیائی مواد به کار رفته در اثر.

ب- شناسائی و تعیین عوامل آسیب‌رسان بیرونی (شرایط محیطی محل نگهداری و نحوهٔ نگهداری و انبارش آثار کاغذی در مخزن موزه)، از طریق پایش محیطی، از قبیل:

- ✓ نور؛
- ✓ رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت؛
- ✓ آلاینده‌ها؛
- ✓ آفات و ریزاندامگان‌ها؛

1. IIC (International Institute for the Conservation and Artistic Works).

2. Code of Ethics and Guidance for Practice of the Canadian Association for Conservation of Cultural Property and of the Canadian Association of Professional Conservators.

✓ شناسائی بحران‌های موجود در مجموعه و ارزیابی احتمال وقوع آن‌ها در مجموعه، شامل بررسی مکان قرارگیری ساختمان مجموعه و نیز محل مخزن در مجموعه، سرقت، واندالیسم و جنگ، آب، ناآگاهی در نحوهٔ برخورد با آثار(جابه‌جائی)، نحوهٔ نگهداری و انبارش آثار در مخزن و نیز، شناسائی آثاری که نیازمند حفاظت و مرمت هستند.

۲. حذف یا به حداقل‌رساندن منابع آسیب‌رسان به آثار موجود در مخزن؛

در مخزن مجموعه، شاید نتوان عوامل آسیب‌رسان درونی را از میان برد، اما با مهار عوامل آسیب‌رسان بیرونی، می‌توان سرعت فرسایش را در اشیا کندکرد یا از آسیب‌های بعدی جلوگیری به عمل‌آورد (willard,2005). این عوامل را، با مدیریت راهبردهای حفاظت پیش‌گیرانه، شامل موردهای زیر، می‌توان مهار کرد :

تصویر شمارهٔ ۴
مدیریت راهبردهای حفاظت پیشگیرانه

این نکته نیز برخوردار از اهمیت است که عوامل خارجی فرسایش آثار، علاوه بر این که هر کدام به‌تنهائی عاملی در فرسایش شمرده می‌شوند، زمانی که در کنار هم قرار گیرند، اثرات تخریبی یکدیگر را تشدید می‌کنند.

برای اجرای راهبردهای حفاظت پیشگیرانه در مخزن موزهٔ ملک، نیاز است که ابتدا عوامل آسیب‌رسان به اشیا را شناسائی کرد و در نهایت، با اجرای راهبردهای حفاظت پیشگیرانه، این عوامل را به کم‌ترین میزان کاهش داد. برای این منظور، ضروری است از کلیهٔ عوامل مؤثر بر اشیای تاریخی-فرهنگی، مستندسازی شود.

مستندنگاری از مخزن موزهٔ ملک، شامل اقدام‌های زیر می‌باشد:

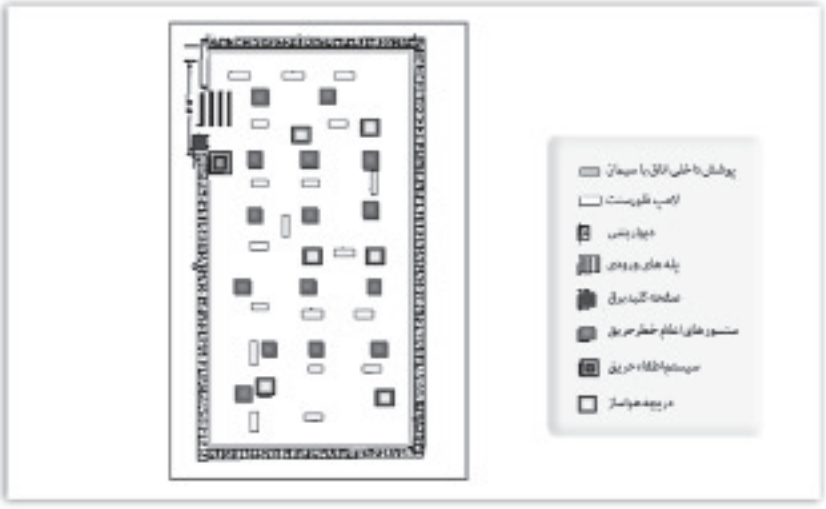
۱. بررسی وضعیت موجود ساختمان مخزن موزه و همچنین تجهیزات داخل آن،

شامل مواد و مصالح به کار رفته در اتاق مخزن، تأسیسات و سامانه‌های نگهداری؛
۲. مستندنگاری از شرایط محیطی فعلی داخل مخزن موزه، از طریق پایش محیطی.

بررسی وضعیت موجود ساختمان مخزن موزه

• تأسیسات موجود در مخزن موزهٔ ملک:

تأسیسات به کار رفته در اتاق مخزن در شکل زیر نشان داده شده است.



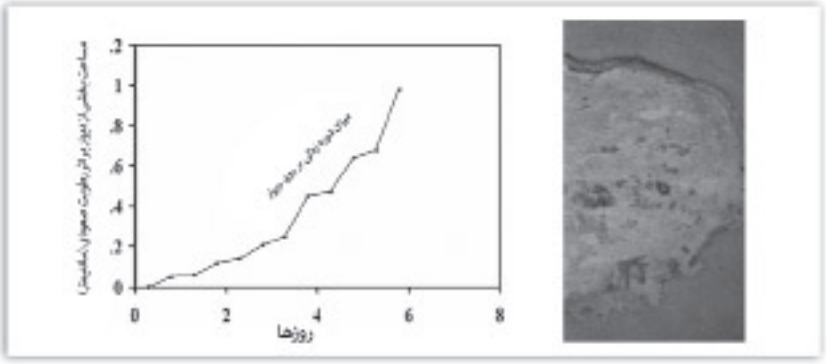
تصویر شمارهٔ ۵

تأسیسات به کار رفته در اتاق مخزن موزهٔ ملک

عوامل آسیب‌رسان موجود در ساختمان مخزن موزهٔ ملک؛

شوره‌زدگی

رطوبت صعودی در این بخش از دیوار مخزن، به تبلور نمک‌های موجود در مواد و مصالح، بر روی دیوار می‌انجامد و با گذشت روزها، میزان شوره‌زدن نمک‌ها بر روی دیوار مخزن افزایش می‌یابد.

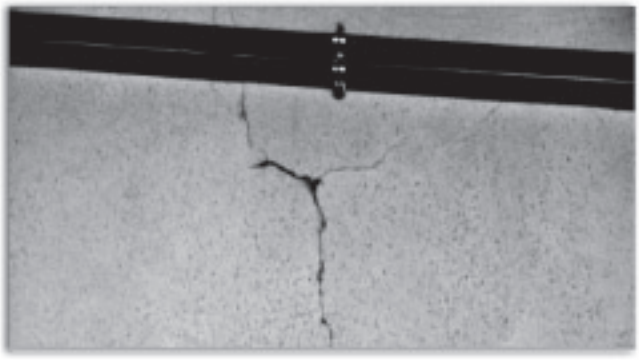


تصویر شمارهٔ ۶

نمودار بررسی شوره‌زدگی نمک‌ها بر روی دیوار با گذشت روزها، در اثر مرطوب شدن دیوارهای مجاور فضای سبز گنجینهٔ موزهٔ اسلامی(رطوبت‌صعودی).
جزئیات از رطوبت صعودی: میزان شوره‌زدگی و تبلور ترکیبات نمک بر روی دیوار مخزن، در تصویر مشاهده می‌گردد.(بر طبق قانون لوله‌های موئین)در دیوار مجاور با فضای بیرون (فضای سبز موزهٔ گنجینهٔ اسلامی)

آسیب‌های ساختاری در مخزن موزه:

آسیب‌های ساختاری در ساختمان مخزن، ناشی از نبود تعادل ساختاری اتاق مخزن می‌باشد که در اثر گسیختگی مواد و مصالح موجود در ساختمان، دیوار آن ترک برداشته‌است.



تصویر شمارهٔ ۷
ریزترک‌های دیوار مخزن ناشی از آسیب‌های ساختاری (حدفاصل سقف و دیوار)

پایش محیطی [Environmental Monitoring] در مخزن موزهٔ ملک، جهت شناسائی عوامل آسیب‌رسان محیطی

«پایش محیطی، برنامه‌ای است جهت آگاهی از عوامل محیطی آسیب‌رسان به آثار و تغییراتی که ممکن است این عوامل در ترکیبات مواد به کاررفته در آثار تاریخی-فرهنگی به وجود آورند. بنابراین پایش محیطی، اولین قدم در تشخیص نیازهای حفاظتی موزه‌ها می‌باشد.» (Muller,2003)

پایش محیطی شامل بررسی بررسی و پایش موارد زیر است:

- پایش نور شامل بررسی میزان شدت پرتو فرا بنفش (UV) و و پرتو فروسرخ (IR) در یک بازه زمانی معین توسط نورسنج و UV متر
- پایش و بررسی میزان رطوبت نسبی و درجه حرارت در یک بازه زمانی معین

۸ ۹

تصویر شمارهٔ ۸
دستگاه دیتالاگر رقمی قابل نصب بر روی رایانه (مدل تایلندی) مورد استفاده در تحقیق حاضر

تصویر شمارهٔ ۹
دستگاه نورسنج سنجش اشعهٔ فرابنفش

• پایش و بررسی میزان آلاینده های جامد و گازی در محیط طی یک بازه زمانی معین

تصویر شمارهٔ ۱۰

دستگاه اندازه گیری محدودهٔ گازهای محیطی مورد استفاده در پژوهش حاضر (دارای حسگرهای جداگانهٔ آشکارساز برای هر نوع آلاینده)

◆ پایش نور در مخزن موزهٔ ملک

اتاق : مخزن موزهٔ ملک

ماهیت و چیستی آثار موجود در مخزن: آثار دارای ماهیت آلی و معدنی

کفپوش مخزن موزه: سنگ گرانیت

مواد و مصالح به کاررفته در دیوار مخزن: بتن مسلح

پوشش دیوار: سیمان

سامانهٔ انبارش آثار: صندوق‌های فلزی رنگ‌شده و کشوها

ماهیت آثار موجود در مخزن :

آثار آلی شامل آثار کاغذی (اسناد و تمبر)، بافته، فرش، استخوان و عاج، آثار چوبی (مبلمان و قلمدان)، نقاشی رنگ روغن.

آثار معدنی : سکه‌ها ، آثار فلزی، و... .

منابع نور در مخزن موزهٔ ملک:

۴۰ عدد لامپ فلورسنت با ارتفاع حدود ۵ مترمربع از آثار داخل مخزن

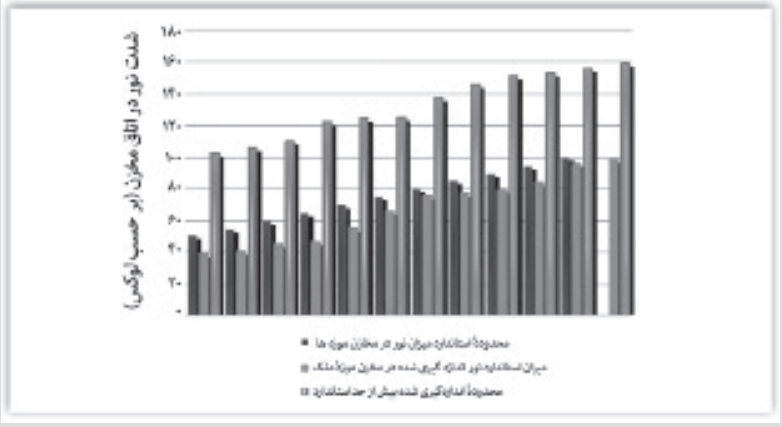
پرتو فرابنفش (جاذبUV):

برای کنترل پرتو UV، بر هیچیک از لامپ‌های فلورسنت جاذب UV نصب نشده‌است . ارتفاع منبع روشنائی از آثار موجود در مخزن موزه: حدود ۷ متر است.

کنترل نور

تاریک بودن اتاق و روشن کردن آن فقط در مواقع ضروری، استفاده از سامانهٔ انبارش بسته برای جلوگیری از برخورد نور با آثار

تأثیر مخرب میزان شدت نور در محوطهٔ مخزن‌برای آثاری که بدون هیچگونه حفاظی در اتاق مخزن قرار گرفته اند .



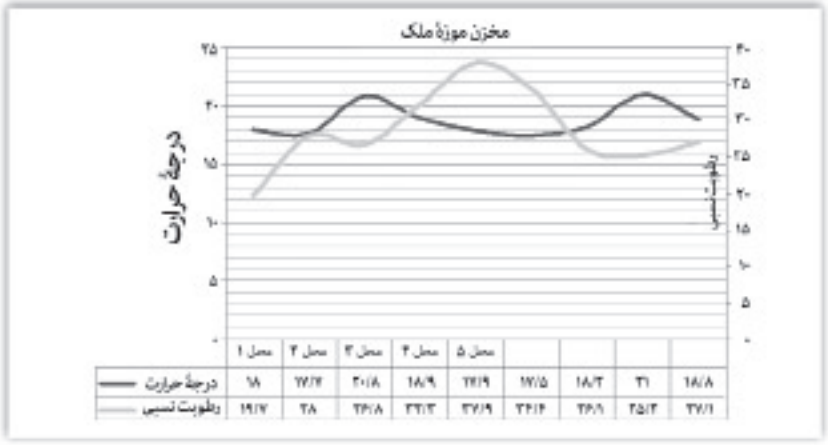
تصویر شمارهٔ ۱۱

شیت پایش نور در مخزن موزهٔ ملک

پایش نور انجام گرفته، مشخص کرد که حداکثر میزان نور در مخزن۱۵۹ لوکس می‌باشدکه از طریق کاهش تعداد منابع نور در مخزن و قرارگیری کلیهٔ آثار در سامانه‌های انبارش استاندارد بسته، قابل پیشگیری است و در ضمن می‌باید کلیهٔ لامپ‌های فلورسنت، به فیلترهای جاذب پرتو فرابنفش تجهیز گردند. پرتو یو وی موجود در منابع روشنائی (لامپ فلورسنت) به رنگ پریدگی، تغییر رنگ و شکنندگی و ضعیف‌شدن آثار کاغذی می‌انجامد. تابش پرتوهای فرو سرخ موجود در لامپ‌های فلورسنت، تأثیر حرارتی دارد و به دلیل خشک‌کردن آثار کاغذی، باعث فرو ریختن آن‌ها می‌شوند.» (ناردی،دم،۱۳۷۹)

◆ پایش رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت با استفاده از دستگاه دیتالاگر در مخزن موزهٔ ملک

برای ارزیابی داده‌های حاصل از پایش درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی در مخزن موزهٔ ملک، نمودار میانگین محدودهٔ رطوبت نسبیو درجهٔ حرارت به مدت ۸۰ شبانه روز در مخزن موزهٔ ملک (تصویر زیر)، ترسیم شد.



تصویر شمارهٔ ۱۲

نمودار میانگین محدودهٔ رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت به مدت ۸۰ شبانه روز در مخزن موزهٔ ملک

برای درک بهتر نتایج حاصل از پایش رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت، نتایج آماری در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده‌است؛ همان‌طور که از نتایج آماری مشاهده می‌گردد، حداقل درجهٔ حرارت در مخزن موزهٔ ملک، مربوط به ساعاتی است که موزه تعطیل می‌باشد و دستگاه هواساز خاموش شده‌است، همچنین حداکثر میزان درجهٔ حرارت در مخزن موزهٔ ملک، مربوط به ساعاتی است که کارکنان موزه در مخزن فعالیت می‌کنند و برای راحتی کار، درجهٔ دستگاه هواساز را افزایش داده‌اند. رطوبت نسبی در محیط نیز، با افزایش درجهٔ حرارت در مخزن، کاهش و با کاهش درجهٔ حرارت در محیط، افزایش یافته‌است.

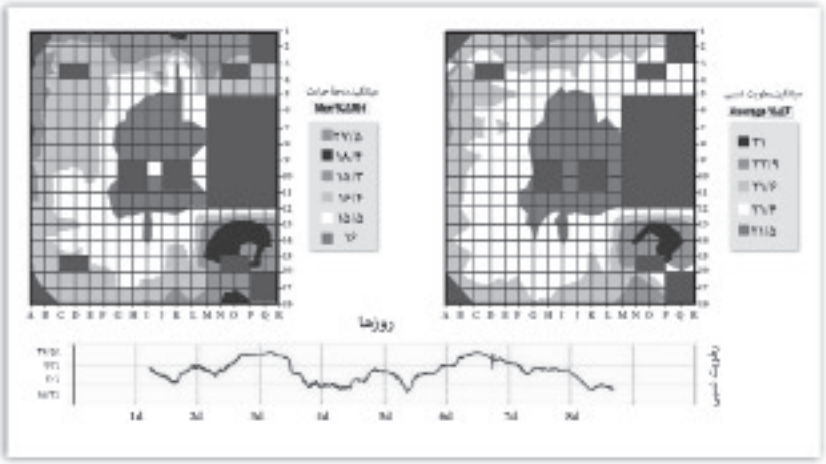
تصویر شمارهٔ ۱۳

مقایسهٔ میزان حداقل رطوبت نسبی و حداکثر رطوبت نسبی اندازه گرفته شده با میزان مجاز (استاندارد) رطوبت نسبی در محیط مخزن موزه (میزان نوسان رطوبت نسبی در مدت ۳۰ شبانه روز در محیط مخزن به حدود ۱۳± نیز رسیده است، این در حالی است که، در صورتی نوسان رطوبت نسبی در محیط مخزن قابل قبول است که با تغییرات فصلی همراه باشد، آن هم بایستی به میزان جزئی باشد و به تدریج صورت گرفته باشد، چرا که نوسان ناگهانی در آثار به ویژه آثار آلی، موجب تنش و فشار در آثار آلی می‌گردد؛ در ضمن محدودهٔ قابل قبول نوسان رطوبت نسبي در محیط مخزن با تغییرات فصلی، ۱۰± می باشد.)

مکان قرار گیری دیتالاگر	۱	۲	۳	۴
تاریخ	۱۰م بهمن تا ۱۷م بهمن	۱۷م بهمن تا ۲۰م بهمن	۲۰-۲۳م بهمن	۲۳م بهمن تا ۲۴م اسفند
محدودهٔ دما (درجهٔ سانتی گراد)	۱۶/۶ تا ۲۲/۱	۱۶/۸ تا ۱۹/۵	۱۷/۳ تا ۲۱/۱	۱۷/۴ تا ۲۰/۷
رطوبت نسبی RH)(	۱۸/۲ تا ۲۸/۱	۲۷/۱ تا ۳۶/۹	۲۳/۹ تا ۲۸/۵	۳۹/۲تا ۳۶/۶
حداکثر درجهٔ حرارت (ساعت)	"۱۰:۰۶:۰۹	"۰۸:۵۷:۵۰	"۱۰:۵۰:۰۶	"۰۸:۳۳:۵۲
حداقل درجهٔ حرارت (ساعت)	"۰۵:۰۶:۰۹ "۰۶:۰۶:۰۹ "۰۷:۰۶:۰۹	"۰۶:۳۳:۵۰	"۰۲:۲۰:۰۶ "۰۳:۲۰:۰۶ "۰۴:۲۰:۰۶	"۱۴:۳۳:۵۲
حداکثر رطوبت نسبی (ساعت)	"۰۷:۰۶:۰۹	"۰۱:۲۷:۵۰ "۰۲:۰۳:۵۰ "۰۲:۳۷:۵۰ "۰۳:۱۲:۵۰ "۰۳:۴۷:۵۰	"۰۵:۲۰:۰۶ "۰۶:۲۰:۰۶	
حداقل رطوبت نسبی (ساعت)	"۱۳:۰۶:۰۹	"۰۹:۳۳:۵۰	"۰۹:۲۰:۰۶	"۰۸:۳۳:۵۲
میزان نوسان درجهٔ حرارت	± ۴	±۳	±۴	±۳
میزان نوسان رطوبت نسبی	±۱۰	±۸	±۵	±۵

جدول ۱

جدول نتایج آماری پایش رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت در مخزن موزهٔ ملک [با مقایسه پلان تأسیسات اتاق مخزن (محل دریچه های هواساز)، با این جدول مشاهده می گردد، که درجهٔ حرارت در نقاط نزدیک به دریچهٔ هواساز، در هنگام روشن کردن آن (ساعت باز شدن موزه)، به طور موضعی بیشتر از نقاط دیگر که از دریچهٔ هواساز دور است، می باشد.]



تصویر شمارهٔ ۱۴

پلان محدودهٔ درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی در مخزن موزه که به مدت ۸ روز در ساعت‌های ۱۰ تا ۱۲ انجام گرفته‌است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌گردد، در این پلان میزان رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت در نقاط مختلف مخزن با هم متفاوت است؛ میزان رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت در هر یک از نقاط مخزن با رنگ‌های متفاوت در پلان، نشان داده شده است.

برآورد داده‌های پایش رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت اندازه‌گیری‌شده در مخزن موزهٔملک:

- نوسان درجهٔ حرارت؛
- نوسان رطوبت نسبی؛
- نوسان هم‌زمان درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی؛
- رطوبت نسبی پائین‌تر از حد استاندارد (کم‌تر از ۳۰٪) در مدت ۳۰ شبانه‌روز.

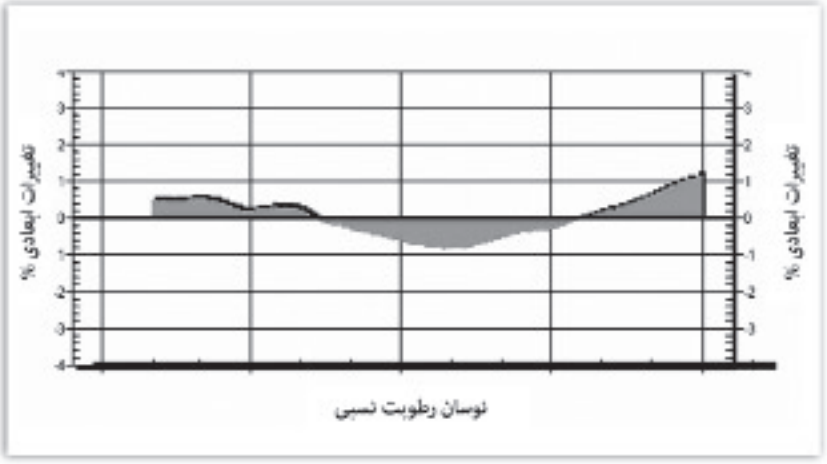
تأثیر محدودهٔ رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت اندازه‌گرفته در محوطهٔ مخزن بر روی آثار کاغذی و دیگر آثار آلی موجود در مخزن موزهٔ ملک:

۱. آسیب‌های فیزیکی:

• نوسان رطوبت نسبی، موجب بادکردگی و چروکیدگی آثار آلی از جمله آثار کاغذی می شود و این امر، ممکن است به شکنندگی، سست و ضعیف شدن آثار آلی بینجامد.

• پائین بودن رطوبت نسبی کم‌تر از حد استاندارد(۳۰٪)، به شکننده‌شدن اثر و جمع شدن احتمالی الکتریسیته در آن می‌انجامد. این الکتریسیته، گرد و غبار و آلودگی را –که موجب خوردگی و یا سائیدگی سطح اثر می‌شود– جذب خود می‌کند. حساس‌ترین آثار از این لحاظ، اشیای دارای ماهیت سلولزی یا پروتئینی (شامل آثارکاغذی، استخوان، عاج، چرم، پوست، پارچه، فرش، چوب و نقاشی رنگ روغن) می‌باشد. آثار کاغذی، نیاز به رطوبت ۵٪ دارند تا حالت انعطاف خود را حفظ کنند. از دست‌دادن رطوبت، کاغذ را شکننده و کم‌استقامت می‌سازد و چسب به کاررفته در کاغذ، خشک و شکننده می‌شود و مقاوت مکانیکی جلد کتاب را نیز کاهش می‌دهد.

• نوسان رطوبت نسبی در محیط، به تغییرات ابعادی در آثار دارای ماهیت آلی از جمله آثار کاغذی موجود در مخزن می‌انجامد. این تغییرات ابعادی، در دراز مدت به شکنندگی و سست‌شدن آثار کاغذی می‌انجامد.



تصویر شمارهٔ ۱۵

تغییرات ابعادی در آثار با ماهیت آلی در اثر نوسان رطوبت نسبی
(Reilly, 2007)

• نوسان درجهٔ حرارت، موجب شکنندگی و چروکیدگی، موجدار شدن و پوسته‌شدن آثار کاغذی و تزئینات آن‌ها می‌شود و فزونی در روند فرسودگی آن‌ها را در پی دارد.

• نوسان هم‌زمان درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی

درواقع هر نوع تغییر در شرایط محیطی در زمینهٔ درجهٔ حرارت و رطوبت، می‌باید جزئی و تدریجی باشد. چرا که نوسانات هم‌زمان دما و رطوبت نسبی، ممکن است سبب تنش‌های فیزیکی و مکانیکی در آثار کاغذی شود که به شکنندگی و سست شدنشان و نیز کاهش کیفیت آن‌ها می‌انجامد.

نتایج میزان رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت در اتاق مخزن موزهٔ ملک، نشان می‌دهد که این شرایط، در بلندمدت، به آسیب‌های شیمیائی و آسیب مکانیکی خواهد انجامید.

۲. آسیب‌های شیمیائی:

دمای بالا و همراه با رطوبت نسبی، واکنش‌های آبکافتی (هیدورلیز اسیدی) مولکول‌های سلولز و کولاژن را سرعت می‌بخشید و در نهایت کاغذ شکننده می‌شود و مقاومت مکانیکی خود را از دست می‌دهد. در مورد چرم‌ها نیز، از همین قرار است.

◆ پایش آلاینده‌ها در محیط مخزن

قبل از انجام پایش آلاینده‌ها، آگاهی‌داشتن از نوع آلاینده‌های گازی که منجر به تخریب آثار کاغذی، نسخه‌های خطی و دیگر آثار تاریخی، بسیار مهم است. چرا که این اطلاعات سبب می شود که این آلاینده‌ها بررسی شوند و در مؤثر واقع شدن نتایج پایش محیطی، مهم است.

آلودگی به هر علت به وجود آید، منجر به تجزیهٔ ساختار مواد بسپاری(پلیمری) از قبیل فیبر،کاغذ و چسب می‌شود.همچنین منجر به پریدگی رنگ کاغذ می گردد. آلودگی‌های ناشی از گرد و غبار، علاوه بر این که به تغییر رنگ آثار کاغذی می‌انجامد، منجر به سائیدگی و خراشیدگی آن‌ها می‌شود و این فرایند، در نهایت باعث جذب رطوبت و اسیدیته‌شدن آن‌ها و دیگرآثار می‌شود(البته تغییر رنگ آثار کاغذی، بر اثر عوامل دیگر مانند نور و عوامل زیستی نیز بروز می‌کند).

درجه حرارت ورطوبت نسبی درون مخزن، باید به طور مستمر کنترل و نظارت شود؛چون بدون تنظیم آن‌ها در محیط، ممکن است تلاش برای کنترل آلاینده‌ها اثر بخش نباشند. زیرا روند تخریبی آلاینده‌ها درکنار رطوبت و درجه‌حرارت غیر استاندارد، تشدید می گردد. گاز ها و بخارات و ذرات جامد معلق در محیط،یکی از نشانه‌های زوال و فرسودگی آثار تاریخی شمرده می‌شوند. در نتیجه، باید در مورد این آلاینده‌ها و مبدأ و اثرات آن‌ها اطلاع کافی کسب‌کرد ودرنهایت،پس از آن که علت و منشأ آلودگی در فضای مخزن مشخص شد، می‌توان بدون اتلاف وقت و با صرف هزینهٔکم، در بهسازی وضعیت و کاهش آلودگی در محیط مخزن اقدام کرد.

این که همهٔ آلودگی‌های درون مخزن از بین برده شود یا از ورود آلودگی‌ها به طور کلی ممانعت شود، تقریباً امکان‌پذیر نیست، ولی لازم است، با توجه به اهمیت کنترل کیفی آلاینده‌ها و نقش اساسی و مهم آن‌ها در مدیریت شرایط محیطی، آلاینده‌های عمده و اصلی در مخزن موزه شناسائی شوند و در مورد نحوهٔ کنترل مؤثر آن ها در محیط اقدام شود. بنابراین، باید آلاینده‌های محیط را به‌صورت لحظه‌ای و پیوسته مورد پایش و تجزیه و تحلیل قرار داد و کنترل کرد. این مهم، ضرورت پایش پیوسته و فراگیر آلاینده‌ها را در فضای موزه‌ها،مخازن وآرشیو ها توجیه می‌کند. عوامل مهمی نظیر گردوغبار،اکسیدهای کربن، اکسیدهای گوگرد،اکسیدهای نیتروژن باید به‌طور لحظه‌ای و دائم تجزیه‌تحلیل شوند تا در صورت نداشتن انطباق با میزان استاندارد در محیط، کنترل شوند.

هدف از پایش آلاینده ها در محیط مخزن موزهٔ ملک :

- شناسائی و تعیین نوع و ترکیبات موجود در آلاینده‌های محیطی؛
- کنترل آلاینده‌ها در محیط؛

پایش آلاینده‌های محیطی در مخزن موزهٔ ملک، شامل دو مرحلهٔ زیر می‌گردد:

۱. آلودگی‌های جامد (ذرات معلق جامد در محیط)[۱]؛

۲. آلودگی‌های گازی.

۱. پایش آلاینده‌های جامد در مخزن

برای بررسی آلودگی‌های جامد از ذرات معلق جامد (گرد و غبار) در محیط مخزن، در ارتفاعات متفاوت نمونه برداری شد. نحوهٔ نمونه برداشتن از آلاینده‌های جامد، به دو شیوه انجام گرفت:

۱. استفاده از چسب‌های دوطرفه به مدت ۳۰ روز[۲]:

تصویر شمارهٔ ۱۶

نحوهٔ نمونه برداری از آلاینده جامد توسط چسب دو طرفه

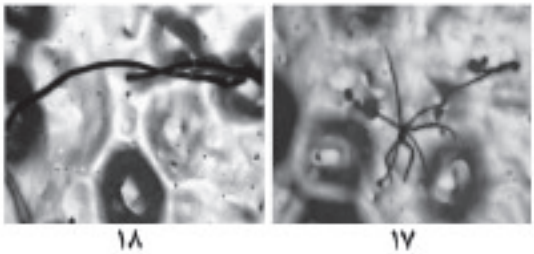
۲. استفاده از کاغذ خشک‌کن و تعبیهٔ آن‌ها بر روی فیلتر دستگاه هواساز مخزن موزه (به مدت ۳۰ روز)

پس از نمونه‌برداری از ذرات جامد معلق در محیط مخزن، اقدام به شناسائی نوع آلاینده‌های جامد شد.برای این منظور، از دو روش زیر استفاده گردید:

۱.مطالعات میکروسکوپی با میکروسکوپ با نور پلاریزه و انعکاسی و میکروسکوپ الکترونی روبشی[۳]

۲. آنالیزهای دستگاهی(تجزیهٔ فازی[۴])

بررسی‌های میکروسکوپی (میکروسکوپ با نور پلاریزان و انعکاسی[۵]) با بزرگنمائی ٤X (٤٠ برابر) قطر ۲/۵ میلیمتر برای شناسائی آلاینده‌های جامد:



۱۸ ۱۷

تصویر شمارهٔ ۱۷ و ۱۸

غلظت ذرات جامد در کف زمین ۳۲ عدد ذرهٔ جامد در قطر ۲/۵ میلیمتر و دو عدد لیف (۴x)
جهت ارزیابی میزان آلودگی‌های جامد در محیط مخزن

۱. برای این منظور، از گرد و غبار و آلودگی های جامد موجود در مخزن در ارتفاعات متفاوت نمونه برداری شد و مورد بررسی میکروسکوپی قرار گرفت.

۲. علت انتخاب چسب دو طرفه این است که چسب گرد و غبار و ذرات جامد را به خود جذب می کند به عبارتی دیگر، ذرات جامد معلق در هوا را گیر می اندازد.

3. SEM-EDX

4. XRD

۵. مدل میکروسکوپ نوری- پلاریزان : James Swift Enga (بخش پتروگرافی پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار).

نتایج آماری مربوط به نمونه‌های ذرات جامد برداشته از ارتفاعات متفاوت در محیط مخزن موزهٔ ملک، در جدول زیر آورده شده است.

ردیف	ارتفاع(cm) از کف زمین	غلظت ذرات جامد در قطر ۲/۵ میلی(میکرو گرم بر متر مکعب)	تعداد الیاف
نمونهٔ شمارهٔ ۲	۰ (بر روی کف زمین)	۳۲	۲
نمونهٔ شمارهٔ ۵	۳۸	۴۲	۱
نمونهٔ شمارهٔ ۹	۴۰	۳۷	۲
نمونهٔ شمارهٔ ۴	۵۰	۱۳	۲
نمونهٔ شمارهٔ ۷	۵۰	۲۸	۱
نمونهٔ شمارهٔ ۱	۸۰	۳۵	۰
نمونهٔ شمارهٔ ۳	۱۰۰	۳۳	۲
نمونهٔ شمارهٔ ۶	۱۲۰	۴۳	۱
نمونهٔ شمارهٔ ۸	۱۶۰	۳۲	۱

جدول ۲

نتایج آماری نمونه‌های ذرات جامد برداشته از محیط مخزن

با توجه به تصاویر میکروسکوپی فوق و نتایج آماری جدول شمارهٔ۲، علاوه بر ذرات جامد معلق، الیافی در محیط مخزن مشاهده می گردد که ناشی از آمد و شد افراد به مخزن و نیز وجود فرش‌هائی[1] است که بدون هیچگونه حفاظی در مخزن نگهداری می‌شوند؛ از مسائل مهم مربوط به این الیاف، این است که رطوبت را جذب می‌کنند. رطوبت، عامل مهم فرسایش آثار به‌ویژه آثار آلی همچون کاغذ می‌باشد. درضمن با توجه به تصاویر مقطع میکروسکوپی الیاف و مقایسهٔ آن‌ها با اطلس مقطع میکروسکوپی الیاف، مشخص شد که برخی از لیف‌ها از نوع پشم می‌باشند؛ گفتنی است که «گوگرد موجود در الیاف پشم (کراتین) در مجاورت رطوبت، آزاد می‌شود و در محیط تشکیل سولفید هیدروژن می دهد و نیز، ساختار پروتئین موجود در الیاف پشم، موجب جذب رطوبت(افزایش رطوبت) در محیط می شود»(Pascoe,1988). این مشکل، با قرار دادن آثار در داخل قفسه‌های استاندارد و یا روکش کردن فرش‌های[2] بدون محافظ با پارچه‌های کتانی، رفع خواهد شد.

میزان غلظت[Density] ذرات جامد در مخزن

با توجـه به نتایج بررسی میکروسکوپی، وجود گرد و غبـار موجود در محیط، از عوامل آسیب‌رسان به آثار کاغـذی می‌باشـد. بنابراین، میزان غلظـت میانگین ۲٤ ساعتهٔ ذرات جامـد در محیط، با

۱. بافته‌ها و فرش‌ها، به‌راحتی رطوبت را جذب می‌کنند و به همین دلیل، نباید به مدت طولانی در تماس با مواد مرطوب یا سطوحی که روی آن تعریق صورت می‌گیرد، قرار بگیرند. در چنین مواردی، می‌باید از یک لایه مادهٔ جاذب رطوبت مانند پارچهٔ کتان شسته شده با آب جوش، به عنوان روکش حفاظتی استفاده‌کرد.

۲. پوشش فرش‌ها با روکش‌های حفاظتی[protective wrapper]، با دو هدف انجام می‌گیرد: الف. جلوگیری از پراکنش الیاف فرش‌ها در محیط؛ ب.حفاظت از فرش‌ها در برابر عوامل فرسایندهٔ محیطی، از طریق ایجاد ریزاقلیم محیطی.

مساعدت از بخش آزمایشگاه سازمان حفاظت محیط زیست استان تهران، اندازه‌گیری شد.

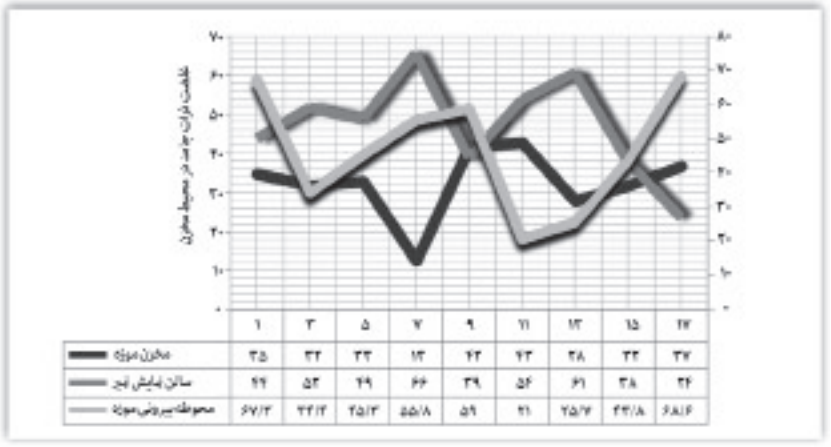
میانگین غلظت ذرات جامد در محیط مخزن و محوطهٔ بیرون موزه بر حسب میکروگرم بر متر مکعب، در جدول زیر ارائه شده‌است.

جدول ۳

مقایسهٔ میانگین غلظت ۲۴ ساعتهٔ ذرات جامد بر حسب میکروگرم بر متر مکعب در مخزن موزه با تالار نمایش

محل نمونه برداری	میانگین غلظت ذرات جامد (میانگین ۱۵ شبانه روز) (میکرو گرم بر متر مکب)
مخزن موزه	۳۲
محوطهٔ بیرونی موزه	۴۶/۴

نمودار زیر، مربوط به مقایسهٔ غلظت ذرات جامد معلق در محیط مخزن موزهٔ ملک با محوطهٔ بیرونی موزهٔ یادشده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در مخزن موزه، به دلیل آمدوشد محدود، میزان ذرات جامد معلق در هوا، کم‌تر از تالار نمایش تمبر و محوطهٔ بیرونی موزه است.

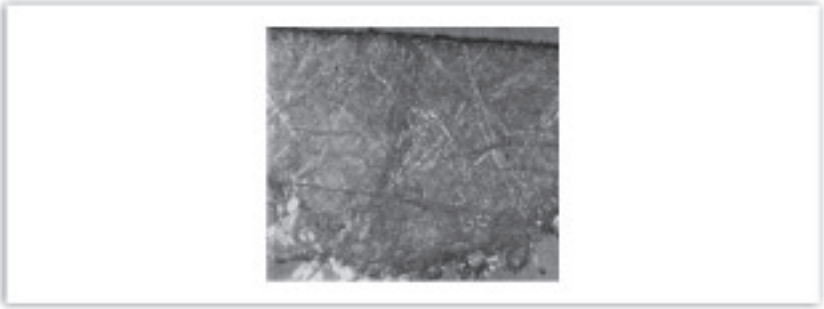


تصویر شمارهٔ ۱۹

نمودار مقایسهٔ میانگین غلظت ذرات جامد آلاینده در محیط مخزن موزه با محوطهٔ بیرونی آن (۲۴ ساعته)

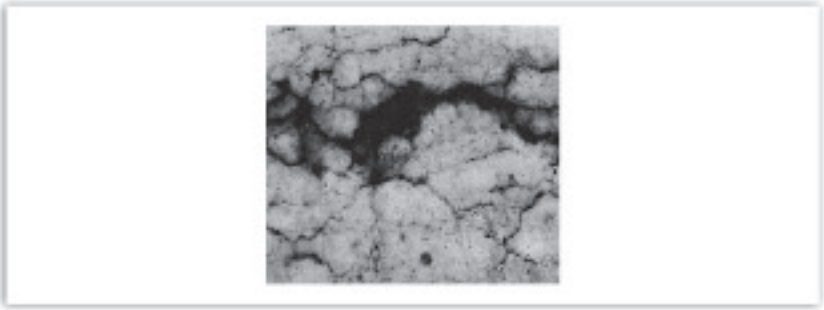
آلاینده‌های جامد محیطی در آثار کاغذی موجود در مخزن موزهٔ ملک، به موردهای زیر می‌انجامد:

- ✓ نفوذ ذرات جامد به آثار کاغذی؛
- ✓ تیرگی کاغذ در اثر نفوذ آلاینده‌های جامد به آثار کاغذی.



تصویر شمارهٔ ۲۰

تیرگی رنگ در سندی که بدون هیچگونه حفاظی در مخزن نگهداری می شود. در این تصویر، می‌توان آشکارا تشکیل لایهٔ‌تیره‌رنگ را بر روی سطح کاغذ در معرض هوا و تفاوت آن را با قسمت‌های کاغذ دید.(بزرگنمائی۲۵x)

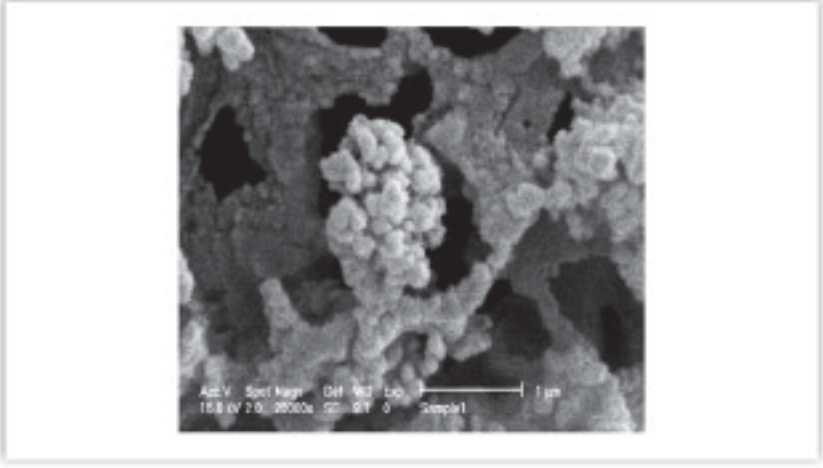


تصویر شمارهٔ ۲۱

نفوذ ذرات جامد به داخل ترک های میکروسکوپی پدید آمده در روی کاغذ که به شکنندگی و اسیدیته‌شدن و در نهایت، کاهش مقاومت کششی و کاهش مقاومت اثر در هنگام تاشدن می‌انجامد. (بزرگنمائی۲۵۰x)

بنابراین، لازم است برای بررسی روند فرسایش ناشی از آلاینده‌های جامد در سطح آثار کاغذی، نوع ترکیبات موجود در آن‌ها به طور دقیق تعیین گردد تا علاوه بر ارزیابی روند فرسایش در آثار کاغذی، گام‌هائی برای مهار آن‌ها برداشته شود.

بررسی ترکیبات آلاینده‌های جامد داخل مخزن موزه با میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] مجهز به سامانهٔ آنالیز پاشندهٔ انرژی پرتوهای ایکس[2]:

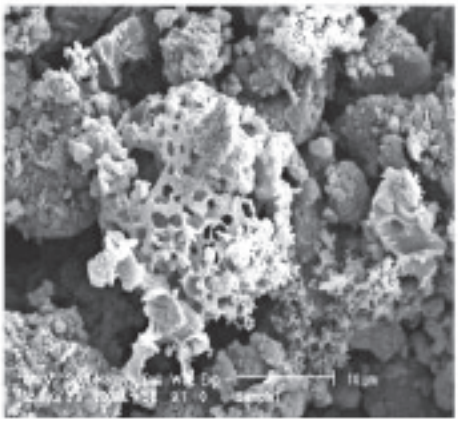


تصویر شمارهٔ ۲۲

تصویر SEMEDX ؛ با بزرگنمائی ۲۰۰۰X (ترکیبات معدنی و آلی) ؛ ۲۰۰۰x

۱. میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده در تحقیق حاضر، از نوع روبشی و مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس از کشور هلند می‌باشد. همچنین، دستگاه لایهٔ نشانی طلای مورد استفاده در این تحقیق، ساخت شرکت Bal-Tec از کشور سوئیس است.(دانشکدهٔ مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس)

2. Scanning Electron Microscope(SEM-EDX).

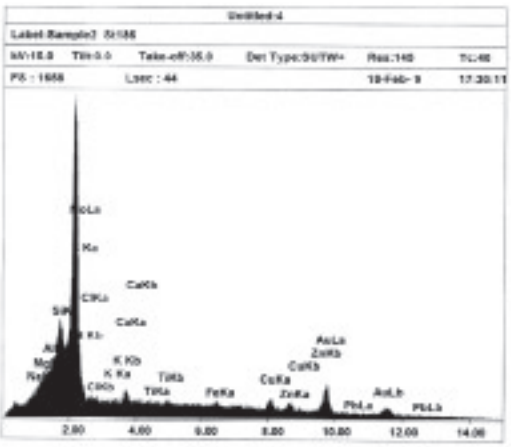


تصویر شمارهٔ ۲۳

ترکیبات آلی با بزرگنمائی (x ۲۰۰۰۰)

در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی، می توان ساختار درهم فرورفته و سوزنی‌شکل بلورهای ژیپس و همچنین، نمک را مشاهده کرد که به طور نامنظمی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

نکتهٔ مورد توجه در این تصاویر، تخلخل زیاد در نمونه‌ها می‌باشد، این تخلخل زیاد، به جذب رطوبت نسبتاً بالائی می‌انجامد.



تصویر شمارهٔ ۲۴

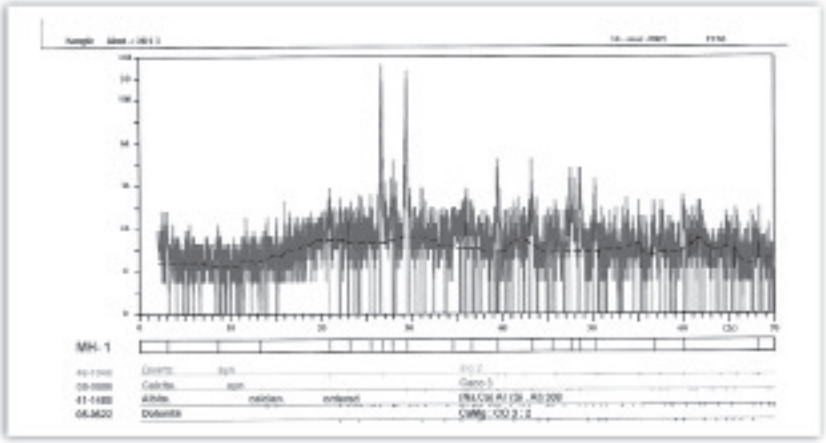
نتایج آنالیز تفکیک شدهٔ انرژی از آلاینده‌های جامد موجود در فیلتر دستگاه هواساز مخزن موزهٔ ملک

نکتهٔ قابل بحث در داده‌های آنالیز تفکیک شدهٔ انرژی(EDX)، وجود عناصر کلر، گوگرد، در محیط مخزن است. چرا که این ترکیبات با رطوبت محیط ترکیب می‌شود و به اسیدی‌شدن آثار موجود در مخزن می‌انجامد. در خور یادآوری است که این ترکیبات در محیط مخزن موزهٔ ملک، به میزان ناچیزی موجود است.

شناسائی ترکیبات معدنی ذرات جامد معلق موجود در محیط مخزن آنالیز فازی (XRD)

ذرات جامد:

در نمونه‌ها وجود کلسیت، ترکیبات فلزی شامل آهن و مس بارز می‌باشد. به‌هرحال، برای حصول نتایج قابل اطمینان‌تر، می‌باید میزان فازهای بلورین موجود در نمونه‌ها، مورد بررسی قرارگیرد. به همین سبب، آنالیز فازی دربارهٔ همین نمونه‌ها نیز انجام شد.



تصویر شمارهٔ ۲۵

آنالیز فازی نمونهٔ برداشته از ذرات جامد معلق در محیط مخزن موزهٔ ملک

آلاینده‌های داخل فضای مخزن موزهٔ ملک:

با توجه به مطالعات میکروسکوپی و داده‌های آنالیزهای دستگاهی، می‌توان گفت که گرد و غبار موجود در هوا، مادهٔ خنثائی نیست و بسیاری از ترکیبات دیگر نظیر اکسیدهای آهن، سولفات آلومینیوم، سیلیس، کربنات‌ها، کربن، مواد قیری، دوده و دیگر ترکیبات در آن وجود دارد که هم جاذب رطوبت هستند و هم ممکن است خاصیت اسیدی داشته باشند[1] و یا به عنوان کاتالیزگر، در سرعت بخشیدن به واکنش‌های شیمیائی شرکت‌کنند.

دیگر ترکیبات موجود در ذرات جامد محیط مخزن موزهٔ ملک، ترکیبات آلی از جمله الیاف و ذرات چوب و بسیاری ترکیبات دیگر را شامل می‌شود که جاذب رطوبت هستند. اگر آلاینده‌ها حاوی هاگ‌های قارچ باشند، در آن صورت قارچ‌ها و کپک‌ها امکان رشد پیدا می‌کنند و باعث لک و بی‌رنگ شدن آثار می‌شوند. دوده‌های روغنی نیز، می‌توانند در بی‌شکل کردن آثار مؤثر باشند. از جملهٔ ترکیبات خطرناک در این آلاینده‌های جامد، وجود کلر و گوگرد است. زیرا این عناصر با رطوبت محیط ترکیب می‌شوند و تولید اسید کلریدریک و اسید سولفوریک می کنند که بسیار خطرناک است و به اسیدی شدن و درنتیجه، شکنندگی و ضعیف‌شدن آثار کاغذی می‌انجامد که خوشبختانه میزان این ترکیبات در ذرات جامد معلق در محیط، اندک است. دیگر ترکیبات موجود در گرد و غبار، ذرات سیلیسی سخت و ذرات

۱. ذرات جامد موجود در هوا، ممکن است به سطح آثار بچسبد و اگر دارای اسید باشند، با تغییر دادن PH کاغذ، سبب فرسایش می‌شوند، به ویژه اگر رطوبت نیز بیش‌تر از حد استاندارد باشد.

مواد آلی ناشی از دوده می‌باشد. از سوی دیگـر، سیلیـس (کوارتز) موجود در ذرات جامد در مخزن، خاصیت ساینـدگی دارند و به داخل الیاف کاغذ فرو می‌روند و آن‌ها را می‌برند و نیز در مقابل رطوبت واکنش نشان می‌دهند و واکنش‌های فرسایش شیمیائی آثار را سرعت می‌بخشند. بنابراین، لازم است محوطهٔ انبار آثار تا حد ممکن تمیز نگاه داشته‌شود. کربنات کلسیم و کربنات مضاعف کلسیم- منزیم نیز، ویژگی قلیائی دارند و به افزایش سرعت فرسایش در آثار کاغذی می‌انجامد.

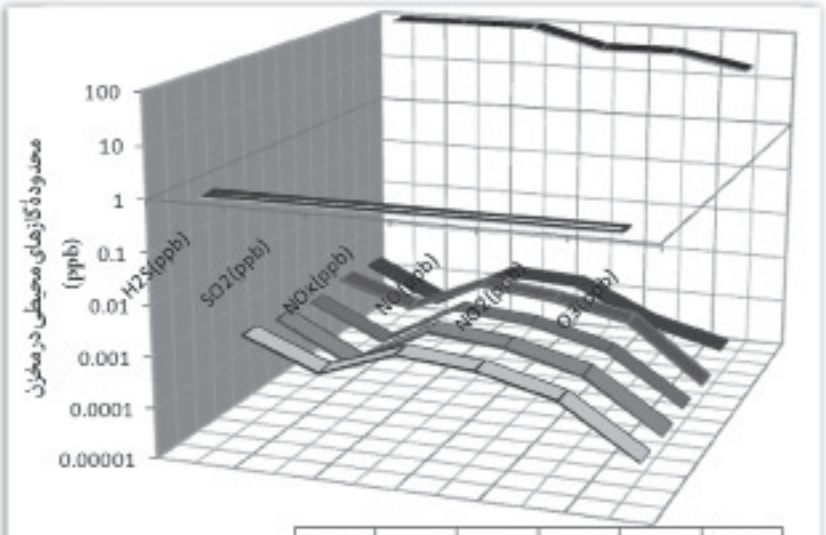
پایش آلاینده‌های گازی[Air Monitoring]

برای پایش آلاینده‌های گازی در مخزن موزهٔ ملک، با همکاری و کمک گرفتن از بخش آزمایشگاه سازمان حفاظت محیط زیست استان تهران، از طریق دستگاهی که قابلیت اتصال به حسگرهای آشکار ساز هر نوع آلودگی را دارند، نوع آلاینده‌های گازی شناسائی گردید. میزان آلاینده‌های گازی در بخش‌های زیر، اندازه‌گیری شد.

- آلاینده‌های خارج از مجموعهٔ ملک (داخل محوطهٔ باغ ملی)؛
- آلاینده‌های داخل مجموعهٔ ملک؛
- آلاینده‌های موجود در داخل مخزن موزهٔ ملک؛

آلایش‌های گازی بررسی شده، شامل دی اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن، تری‌اکسید نیتروژن، ازن و سولفید نیتروژن می‌باشد.

در تصویر زیر، نمودار مقایسه میان میزان گازهای محیطی در محیط مخزن موزه و دیگر بخش‌ها با محدودهٔ استاندارد این گازها در محیط موزه می‌باشد. همچنین محدودهٔ خطرناک این گازها در محوطهٔ موزه، در این نمودار نشان داده شده‌است. همان‌طور که از نمودار قابل تشخیص است، میزان آلاینده‌های گازی در مخزن موزهٔ ملک، کم‌تر از محدودهٔ استاندارد آن‌ها در محوطهٔ موزه می‌باشد. بنابراین، محدودهٔ گازهای محیطی در مخزن موزهٔ ملک موجب نگرانی نیست.



	H2S(ppb)	SO2(ppb)	NOx(ppb)	NO(ppb)	NO2(ppb)	O3(ppb)
استاندارد‌ها	1	1	1	1	1	1
نقطه ۱، مخزن	0.0008	0.0002	0.0007	0.0005	0.0002	0.00002
نقطه ۲، مخزن	0.0006	0.0001	0.0007	0.0005	0.0002	0.00002
نقطه ۳، مخزن	0.0005	0.0001	0.0007	0.0005	0.0002	0.00002
برون مخزن (کار عایش‌گیر)	0.0006	0.0002	0.0009	0.0006	0.0003	0.00002
خارج از ساختمان موزه	0.0005	0.0001	0.0006	0.0005	0.0001	0.00004
محدوده خطرناک میزان آلاینده‌ها در محیط	100	100	100	40	40	20

تصویر شمارهٔ ۲۶

مقایسهٔ میزان گازهای محیطی اندازه‌گرفته در محوطهٔ مخزن موزهٔ ملک با استاندارد میزان مجاز آلاینده‌ها در محیط

بنابراین، در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که آلاینده‌های محیطی در مخزن موزهٔ ملک، به موردهای زیر می‌انجامد:

۱. اسیدی شدن آثار کاغذی و دیگر آثار موجود در مخزن؛

۲. اکسایش آثار کاغذی.

آسیب‌های ناشی از آلاینده‌های محیطی در آثار کاغذی، به دو شکل نمایان می شود:

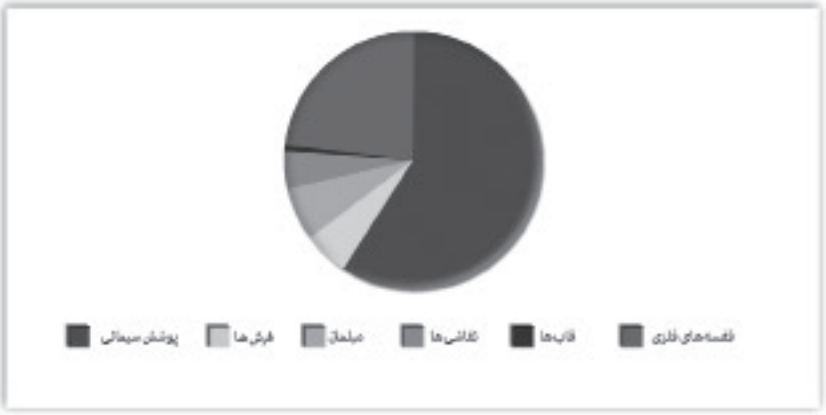
- سایش و محوشدن نوشته‌ها در آن‌ها؛
- خارج‌کردن آثار کاغذی از شکل و حالت اصلی خود.

با توجه به اهمیت مهار آلاینده‌ها در محیط، ضروری است آن‌ها را، پیوسته در محیط مورد پایش و بررسی قرار دهیم. برای پایش پیوستهٔ آلاینده‌ها در اتاق مخزن موزهٔ ملک، از نرم‌افزار کاربردی ایم‌پکت استفاده شد. این نرم‌افزار، قابلیت اعلام خطر در هنگام بحرانی‌شدن آلاینده‌ها (ازن، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن) را در محیط دارد.

(Blades, Nigel, Kruppa, Declan and Cassar, May,2002)

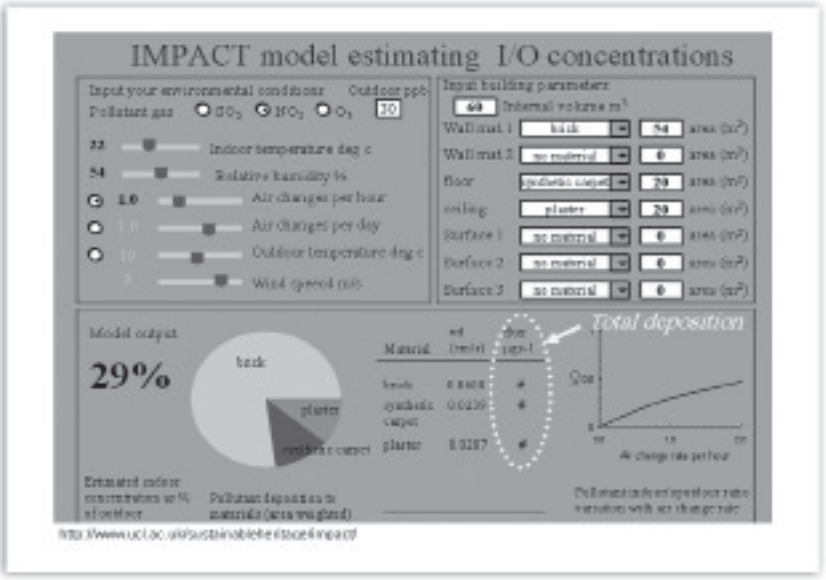
ثبت اطلاعات مورد نیاز برای فعال کردن نرم افزار مذکور، شامل :

سطوح	مساحت (m^2)	دیگر اطلاعات مورد نیاز
دیوارهای بتونی مخزن $1750\ m^2$	۳۷۰	حجم اتاق مخزن (m^3)
سقف بتونی مخزن $5\ 1\text{-}ms^{-1}$	۳۳۶	سرعت تبادل هوا
کفپوش سنگ مخزن $20^{\circ}C$	۳۳۶	دمای محیط مخزن
مبلمان چوبی مخزن $7^{\circ}C$	۵	دمای خارج محیط
نقاشی‌ها ٪۲۹	۶/ ۴۰	رطوبت نسبی محیط مخزن
فرش‌ها ppb ۰/۰۰۰۲	۳/۲	میزان NO_x داخل مخزن
جعبه‌های چوبی ppb ۰/۰۰۰۱	۲	میزان NO_x خارج مخزن
قفسه‌های فلزی	۱۷/۸	
در اتاق مخزن	۱	
قاب‌ها	۲/۸	



تصویر شمارهٔ ۲۷

اطلاعات مورد نیاز برای ثبت در نرم افزار ایم پکت، جهت پایش پیوستهٔ آلاینده‌ها در اتاق مخزن موزهٔ ملک



تصویر شمارهٔ ۲۸

نرم افزار ایم پکت، برای پایش پیوستهٔ آلاینده‌ها در اتاق مخزن و با قابلیت اعلام هشدار، در هنگام بحرانی شدن میزان آلاینده‌ها در محیط

◆ پایش ریزاندامگان‌ها در محیط مخزن

قارچ‌ها برای رشد خود نیاز به کربن، هیدروژن، اکسیژن، ازت، گوگرد، پتاسیم، منزیم، فسفر، املاح و مواد ارگانیکی دارند که این ترکیبات، در ذرات جامد معلق در مخزن موزهٔ ملک، شناسائی گردید. بنابراین، تا حدودی شرایط لازم برای رشد ریزاندامگان‌ها مساعد است. از سوی دیگر، با توجه به نتایج پایش محیطی، میانگین رطوبت نسبی در مخزن ۳۲٪ می‌باشد؛در صورتی که شرایط مساعد برای رشد ریزاندامگان‌ها، رطوبت نسبی بالای ۶۵٪ است. در ضمن، محدودهٔ درجهٔ حرارت محیط نیز، مساعد برای رشد و تکثیر ریزاندامگان‌ها (آسیب‌های زیست‌شناسانه)[1] نیست و در این شرایط، رشد و تکثیر، ریزاندامگان‌ها ضعیف است. ولی با این همه، لازم است نوع هاگ قارچ‌ها در محیط شناسائی گردد تا با توجه به نوع ریزاندامگان‌ها، اقدام‌هائی برای زدودن آن‌ها از طریق ضد عفونی انجام گیرد. برای پایش ریزاندامگان‌ها از ذارت جامد معلق در محیط مخزن، نمونه برداشت شد و این نمونه‌ها، در محیط کشت آگار سابرودکستروز[2]، مورد بررسی قرار گرفت و وجود چندگونه از قارچ‌های آسیب‌رسان به آثار کاغذی در نمونه‌ها، شناسائی گردید.

به‌منظور بررسی وجود دیگر جوندگان و حشرات در مخزن موزهٔ ملک نیز، اقدام به بررسی‌های ماکروسکپی شد. برای این منظور، به مدت سه ماه به طور پیوسته اتاق مخزن مورد بررسی و بازبینی قرارگرفت. این بازبینی‌ها، نشان داد که هیچگونه حشره‌ای در اتاق مخزن وجود ندارد.[3]

1. Mold Risk Factor (MRF) – Biological decay.

۲. ساخت کارخانهٔ Difvo آمریکا می باشد.

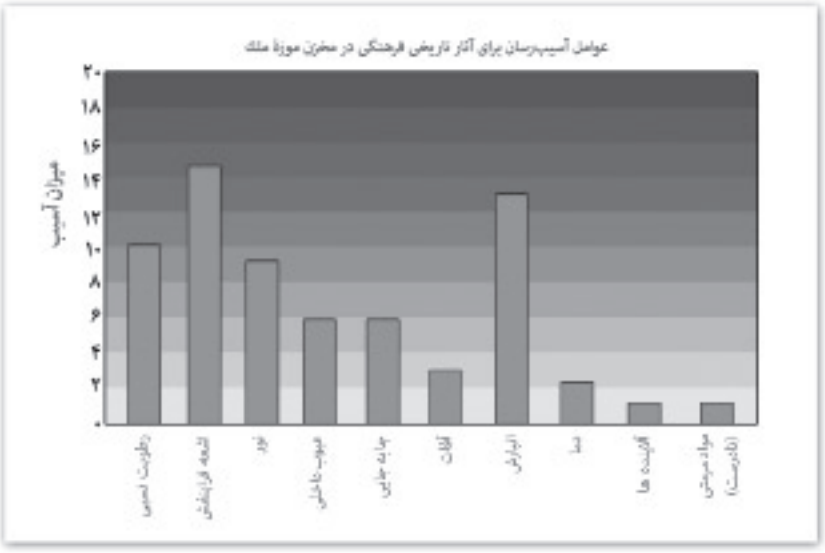
۳. اتاق مخزن، سالی یک بار به طور اساسی سمپاشی می‌گردد.

نوع هاگ ریزاندامگان‌های موجود در مخزن موزهٔ ملک	نتیجهٔ رشد (رطوبت نسبی ۲۹٪ ، دمای ۲۱°C و PH اسیدی)
Bacillus SPP.	ضعیف
Bacteria	ضعیف
Yeast SP	ضعیف
Cladosporium SP	ضعیف
Bacillus	ضعیف
Penicillium SP	ضعیف
Aspergillus SP	ضعیف
Bacillus SP	ضعیف

جدول ۴
فراوانی هاگ ریزاندامگان‌ها در محیط مخزن موزهٔ ملک

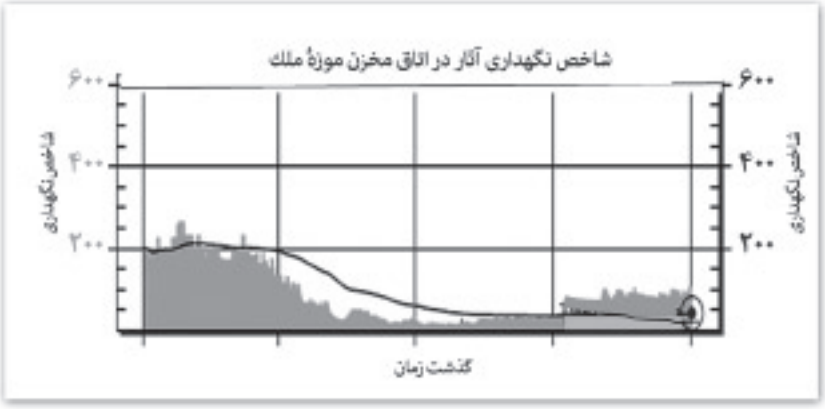
عوامل آسیب‌رسان به آثار تاریخی-فرهنگی در مخزن موزهٔ ملک، با توجه به بررسی‌های انجام شده:

بر اساس داده‌ها و نتایج مستندنگاری شده از نحوهٔ نگهداری آثار و شرایط محیطی آثار در مخزن، در اتاق مخزن موزهٔ ملک، نمودار زیر، عوامل آسیب‌رسان به آثار موجود در مخزن موزه را ترسیم کرده‌است.



تصویر شمارهٔ ۲۹
بحران‌های موجود در اتاق مخزن موزهٔ ملک، بر اساس نتایج حاصل از مستندنگاری از شرایط فعلی اتاق مخزن موزه

شاخص نگهداری آثار تاریخی- فرهنگی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از وضعیت فعلی مخزن موزهٔ ملک و همچنین بحران‌های موجود در اتاق مخزن موزه، رو به کاهش است. به عبارت دیگر، طول حیات آثار در اتاق مخزن موزهٔ ملک، با گذشت زمان (با ادامهٔ همین روند نگهداری و بدون تغییر در شرایط فعلی محیط اتاق)، کاهش می‌یابد.



تصویر شمارهٔ ۳۰

شاخص نگهداری آثار تاریخی- فرهنگی، با توجه به وضعیت فعلی اتاق مخزن موزهٔ ملک، در حال کاهش است.

نتیجه

با نگرشی دقیق به شرایط کمی و کیفی اشیای تاریخی و فرهنگی در موزهٔ ملی ملک و دیگر موزه‌ها و گنجینه‌ها، بی‌گمان تنها راهکار پیشنهادی برای بهینه‌سازی وضعیت موجود، رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه و نگهداری آثار، بیش و پیش‌از درمان است. شناسائی عوامل آسیب‌رسان محیطی در موزه‌ها و گنجینه‌ها در پایش محیطی (پایش رطوبت نسبی و درجهٔ حرارت، پایش نور، پایش آلاینده‌ها اعم از گازی و ذرات معلق جامد در محیط هر ۳ ماه یک‌بار، پایش ریزاندامگان‌ها) به طور پیوسته و مستمر، به شیوه‌ای مؤثر در مهار عوامل محیطی آسیب‌رسان، اثرگذار است. هر یک از عوامل محیطی به‌تنهائی در مجموعه، تأثیرات زیانبار به دنبال دارند و اثرات سوء آن‌ها در کنار یکدیگر تشدید می‌شود. بنابراین، لازم است برای ارزیابی صحیح عوامل محیطی آسیب‌رسان در مجموعه‌ها، پایش محیطی، حداقل در یک دورهٔ یکساله، انجام گیرد. ارزیابی صحیح نتایج پایش محیطی در تعیین روند فرسودگی آثار (ناشی از عوامل آسیب‌رسان محیطی) بسیار مؤثر است. بجز آب و اکسیژن که در همه‌جا یافت می‌شود و باعث فرسودگی آثار به‌ویژه مواد آلی می‌گردد، وجود دیگر آلاینده‌ها در مجموعه‌ها، قابل تشخیص و تا حد زیادی مهار شدنی است. آلاینده‌های اسیدی و اکسنده و یا ذرات جامد، از مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان در محیط، محل نگهداری آثار است که می‌توان از طریق راهکارهای مدیریت شرایط محیطی، این عوامل آسیب‌رسان را در محیط کاهش داد. همچنین

با تعبیهٔ دستگاه هواساز مناسب –که تا حد ممکن مجهز به بهترین فیلترهای موجود (فیلترهای HEPA) باشند –از ورود آلودگی‌ها به مخزن و یا تالار نمایش جلوگیری کرد. همچنین از کاربرد دستگاه هواسازی که ازن در محیط ایجاد می‌کند، باید خودداری کرد. چرا که کارا نبودن دستگاه هواساز، فرسایش آثار را در پی دارد. بنابراین، نظارت بر کارآمدی دستگاه هواساز، تأثیر مستقیم در مدیریت شرایط محیطی مخزن دارد. برخی از تجهیزات و وسایل در درون مجموعه نیز، اسیدهای آلی تولید می‌کنند و یا جذب‌کنندهٔ ذرات معلق هستند. پس باید در خرید و تهیهٔ این‌گونه وسایل توجه کافی شود. همچنین بهره‌گیری از انواع پلاستیک (برای پوشش، روکش، محفظه، ورق‌ها وکابینت‌ها، قاب‌ها، ...)، باید مورد بررسی، بازبینی و پژوهش قرار گیرد و مراقب انتشار گازها یا بخارهای آلایندهٔ ناشی از آن‌ها بود و پیوسته آن‌ها را کنترل‌کرد. با گذشت زمان طولانی، ممکن است برخی مواد شیمیائی از آثار (دارای ماهیت آلی یا آثار دارای ماهیت معدنی) موجود در مجموعه، متصاعد گردد. بنابراین لازم است هر بخش از آثار در ریزاقلیم‌های محیطی[Micro Environment] خود احاطه‌شوند تا از تأثیر فرسایندهٔ یکدیگر درامان باشند. سامانه‌های نگهداری و انبارش آثار، می‌باید کاملاً بسته و بدون درز و شکاف باشند تا از ورود آلاینده‌ها و نفوذ آن‌ها به آثار، جلوگیری شود. توصیه می‌شود، آلایش‌های ناشی از مراحل نظافت، ضدعفونی و فرایندهای حفاظت و مرمت در داخل مجموعه‌ها، از طریق تدوین دستورکار برای نحوهٔ نظافت و ضدعفونی، به حداقل کاهش داده‌شود، ولی این‌گونه اقدام‌ها در مقابل کانال‌های هواساز انجام نگیرد.

کتابنامه

ناردی،آن لیه؛دم،فیلیپ وان(۱۳۷۹). ***راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ***(ابوالحسن سروقد مقدم، مترجم).مشهد:بنیادپژوهش‌های اسلامی.

---------- (1999).AIC. "AIC Definitions of Conservation Terminology", in Directory.

Alberta Museums Association (1993)."Basic Principles of Artifact: Storage".Basic Care of Collections Series No. 2. Alberta: Alberta Museums Association.

Blades, Nigel; Kruppa, Declan & Cassar, May (2002)."Development of a Web-based software tool for predicting the occurrence and effect of air pollutants inside museum buildings". 13th triennial meeting Rio de Janeiro, 22-27 September 2002: preprints. James & James, London, pp. 9-14.

Caple, Chris(2000).Conservation skills: ***judgment, method and decision making.*** London: Routledge.

----, (2000). Code of Ethics and Guidance for Practice of the Canadian Association for Con-

servation of Cultural Property and of the Canadian Association of Professional Conservators (CAPC). Ottawa. Third edition.

Dahlin, Elin (2003). Preventive conservation strategies for organic objection museums, historic buildings and archives from www.ICCROM.Org/ pdf publications/ preventive conservation.

Feilden, B.M; Jokilehto, Jukka (1998).Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites. Second edition; ICCROM.

Muller, Chris(2003).Practical Applications of Reactivity Monitoring in Museums and Archive. "Conservation Science 2002", Papers from the Conference held in Edinburgh, Scotland 22-24 May 2002, First Published, Archetype Publications, Londen.

Padfield & Borchersen(2000).Museum Microclimates. National Museum of Denmark 2007.

Pascoe, M. W(1988). ***Impact of environmental pollution on the preservation of archives and records***: A RAMP study. Paris: UNESCO.

Reilly, James M; Johnsen, Jesper Stub & Aasbjerg Jensen(2007).Documenting and Optimizing Storage Conditions at the National Museum of Denmark, 'Museum Microclimates'.

Robinson and Pardoe,(2002)."***An Illustrated Guide to the Care of Costume and Textile Collections***. London: MGC Publications.

Robinson, Jane & Pardoe, Tuula(2000).An Illustrated Guide to theCare of Costume and Textile Collections, Scottish Museuem Council, Museums & Galleries Commission. London: MGC Publications, from www.UNESCO.Com/ pdf publications.

Ward, Phillip R(1986).The Nature of Conservation: A Race Against Time. Santa Monica, CA: The J. Paul Getty Institute.

Willard. J(2005). Materials Research Series, Preservation 101c: An Internet Course on Paper Conservation 1999 . Marriott Library. National Center for Preservation Technology and Training. NCPTT. from www.ncptt.nps.gov/products (National Center for preservation Technology and Training Technology Serving the Future of Americans Heritage) –