

Megelőző konzerválás múzeumi kiállításokon és raktárakban

Járó Márta

Bevezetés

A múzeumok, tájházak kiállításain, a raktárakban a műtárgyak számtalan veszélynek vannak kitéve. A restaurált bútor a kiállításon vetemedik, megrepedezik, a papír hullámossá válik, a szőnyeg kifakul, az ezüsttárgyak a tárlóban megfeketednek. A raktárban a kerámia máza lepotyog, a bronzon zöld, a vason vöröses foltok, korrózió jelenik meg, a textília a fiókban foltossá vagy törékennyé válik, esetleg megpenészedik.

A nem megfelelő körülmények között a már konzervált-restaurált tárgyak újra tönkremennek, a még nem kezelték pedig fokozatosan tovább romlanak. A károsodások mértékének csökkentésére, illetve kiküszöbölésére hozott intézkedések a *megelőző (preventív) konzerválás* feladatai közé tartoznak. A megelőző konzerválás a konzerválási-restaurálási tevékenységgel együtt a tágabb értelemben vett műtárgyvédelem.

A kiállítás, raktározás során felmerülő műtárgyvédelmi problémák megoldásához:

- *ismernünk kell a környezetet, amelyben a műtárgyak "élnek",*

- *ismernünk kell az anyagokat, amelyekből a tárgyak készültek,*

- *tudnunk kell, hogy a tárgyat alkotó anyagok hogyan reagálnak a környezeti hatásokra (egy adott környezet hogy károsítja őket),*

- *ismernünk kell a módszereket, amelyek segítségével a környezeti károsodások kivédhetők*

A fentiek ismeretében hozhatók meg azok az intézkedések, amelyekkel a károsodások mértéke minimálisra csökkenthető.

A *műtárgy környezetén* az azt körülvevő élettelen és élő környezeti tényezőket együttesen értjük, tehát a tárgyat körülvevő légkört, a fényt (elektromágneses sugárzásokat) és élőlényeket (növények, állatok, ember). A környezet előidézhethet gyors változásokat (pl. egy földrengés, villámcsapás, árvíz stb.) vagy hathat lassan (pl. folyamatos, erős fénnel történő megvilágítás, amely fokozatos fakulást idéz elő egy színes kárpiton).

A *műtárgy anyaga* lehet a természetben "készen" található kő, fa stb., a természetben előforduló anyagok ember által feldolgozott változata, mint pl. a selyem vagy az ércből kinyert fém, de lehet mesterségesen előállított anyag (műanyag) is. A tárgyat alkotó anyag ritkán egyféle (pl. fa vagy fém), a legtöbb esetben többféle anyag együttes jelenlétével kell számolnunk (pl. festett fa, zománczott fém stb.).

A műtárgyak összetételüktől függően reagálnak a környezeti hatásokra. Ennek a folyamatnak az eredménye a műtárgy fizikai, kémiai vagy biológiai károsodása. PL száraz levegőn a fémnek nem lesz semmi baja, a fa viszont megrepedezik (fizikai károsodás). Ugyanabban a tárlóban, azonos megvilágítás mellett a kerámia változatlan marad, míg a színes textil kifakul (kémiai károsodás). A legtöbb esetben a különféle károsodások együttesen lépnek fel. A bőr nedves környezetben megpenészedik, szétmállik, ami biológiai károsodás, élőlények (penészgomba) által okozott fizikai és kémiai változás.

Az alábbiakban röviden foglalkozunk a műtárgyak környezetének lassú károsító hatásaival és a károsodások elleni védekezés módjaival. Szó lesz a levegő páratartalmának, hőmérsékletének és szennyezőseinek, valamint a helytelen megvilágításnak a műtárgyakra gyakorolt hatásáról, és megadjuk az egyes műtárgyalkotó anyagok kiállításához, raktározásához javasolt műtárgykörnyezeti paramétereket.

Nem tárgyaljuk a gyorsan ható károsodások elleni védekezést, hiszen ez épülettervezési stb. probléma. Szintén nem foglalkozunk a biológiai károsodással, ami külön stúdium anyagát képezheti.

A levegő páratartalmának, hőmérsékletének és szennyezőanyagainak károsító hatása

A múzeumi műtárgyak közvetlen környezetét a levegő alkotja, ezért lassú károsodásuk okait elsősorban a levegő állapotváltozásaiban (pl. hőmérsékletének változása), alkotórészei, szennyezői és a műtárgyak anyagai között végbemenő folyamatokban kell keresnünk.

A légnedvesség

A levegő nedvességtartalma (páratartalma) a benne, légnemű állapotban jelenlévő víztől származik.

A múzeum levegőjébe nedvesség kerülhet:

- kívülről (nyílászárókon bejutó pára),
- a falnedvesség elpárolgásából (rossz szigetelés miatt a talajból felhúzódó víz, esőáztatta falak)
- az esetlegesen hibás vízvezeték- vagy szennyvízelvezető csövek által nedvesített falak),
- a látogatók által kilélegzett párából,
- a takarítás során használt víz elpárolgásából.

A levegőben jelenlévő vízpára mennyisége nagymértékben függ a hőmérséklettől is.

A levegő páratartalmát a relatív páratartalommal (RH, %) jellemezzük. A relatív páratartalom értéke megadja, hogy az adott hőmérsékleten a levegő hány százalékát tartalmazza annak a vízpára-mennyiségnek, amennyit tartalmazna akkor, ha telített lenne. A relatív páratartalom értéke zárt térben fordítottan változik a hőmérséklettel, tehát ha a hőmérséklet emelkedik, a relatív páratartalom értéke csökken és fordítva.

Például ha egy zárt helyiségben légköbméterenként 12 g vízpára van a levegőben (abszolút páratartalom) és a hőmérséklet 25 °C, a relatív légnedvesség 50%. 25 °C -on ugyanis maximálisan 24 g vízpára lehetne a levegőben köbméterenként (telítettségi páratartalom), a többi folyékony víz formájában kicsapódna, kondenzálna. Ennek a vízmennyiségnek éppen a fele, azaz 50%-a a 12 g vízpára.

Ha ugyanennek a helyiségnek a levegője felmelegszik 30 °C-ra, a relatív légnedvesség lecsökken 40 %-ra, mert 30 °C -on a telítettségi páratartalom 30 g köbméterenként. Ha viszont lemegy a hőmérséklet 20 °C-ra, a relatív légnedvesség felmegy 70 %-ra, ugyanis 20 °C-on a telítettségi páratartalom csak 17 g köbméterenként.

Tovább csökkentve a hőmérsékletet elérhetjük a 100%-os relatív páratartalom értéket, amely fölött elvileg a folyékony víz megjelenésével kellene számolnunk. Páralecsepődést azonban az esetek többségében nem észlelünk, mivel a helyiség falai, padlóburkolata, az ott elhelyezett bútorok stb. magukba szívják a nedvességet.

1. táblázat. A relatív légnedvesség tartósan magas vagy alacsony voltának következtében bekövetkező leggyakoribb károsodások

Anyag	RH 65-70% fölött	RH 35% alatt
Kő	föloldódnak a pórusokban a sók	kikristályosodnak a felületen a sók - "só kivirágzás"
Festett kő	föloldódnak a pórusokban a sók	kikristályosodnak a pigmentréteg alatt a sók, leperreg a festés
Fém	korrozó (kivéve arany)	
Kerámia - mázatlan	föloldódnak a pórusokban a sók	kikristályosodnak a felületen a sók "só kivirágzás", mállás
Kerámia - mázas	föloldódnak a pórusokban a sók	kikristályosodnak a máz alatt a sók, leperreg a máz, mállás
Kerámia - nem vagy rosszul kiégetett	elmállik	szétporlik
Üveg		
Üveg - régészeti	átlátszatlanná válik	
Fa	duzzadás, görbülés, deformálódás, penészedés	kiszáradás, görbülés, deformálódás,
Textil	megnyúlás, deformálódás, penészedés	kiszáradás, törékennyé válás
Bőr, pergamen	duzzadás, penészedés	kiszáradás, törékennyé válás
Papír	megnyúlás, hullámosodás, penészedés	deformálódás, kiszáradás

A levegő páratartalmának, illetve a páratartalom ingadozásának káros hatása a műtárgyakra

A relatív légnedvesség, illetve annak ingadozása - anyaguktól függően - fizikai károsodást (méret- és alakváltozás), kémiai károsodást (anyag minőség megváltozása), illetve biológiai károsodást (biológiai kártevők által okozott fizikai és/vagy kémiai károsodás) idézhet elő a múzeumi műtárgyakban.

A károsodások együttesen is jelentkezhetnek és nagyon sokfélék. Az 1. táblázatban a legfontosabb, legszembetűnőbb károsodási módokat foglaljuk össze a leggyakrabban előforduló műtárgyalkotó anyagok esetében.

A károsodások súlyosabbak és visszafordíthatatlan változások mehetnek végbe, ha a relatív légnedvesség hirtelen változik meg, illetve ingadozik.

A relatív páratartalom mérése

A megfelelő páratartalom beállításának elengedhetetlen előfeltétele a relatív páratartalom értékének ismerete. A relatív páratartalom mérésére szolgáló eszközöket két nagy csoportra lehet osztani:

- hitelesítést (kalibrálást) nem igénylő műszerek,
- hitelesítést igénylő műszerek (kalibrálásuk az első csoportba tartozó készülékekkel végezhető el).

Hitelesítést nem igénylő műszerek

A kalibrálást nem igénylő páramérő eszközök közül a legelterjedtebb az *Assman-féle pszichrométer*, amelynek legfontosabb része két higanyos hőmérő. Az egyik hőmérő higanyszájkján pamutborítás van, amelyet mérés előtt desztillált vízzel be kell nedvesíteni.

Működésének alapelve az, hogy a víz párolgása során hőt von el a környezetéből, esetünkben a higanytól. Minél szárazabb a levegő, annál intenzívebb a párolgás, annál nagyobb a hőelvonás, az ún. nedves hőmérő, annál alacsonyabb hőmérsékleti értéket mutat. A nedves hőmérőn, illetve a száraz hőmérőn leolvasott hőmérséklet-értékek segítségével kiszámítható a relatív légnedvesség. (A mérés kivitelezésének pontos menetét a műszerekhez mellékelt használati utasítás írja le.)

Kalibráló műszerből egy múzeumban elégséges, ha egy van, ennek segítségével állítható be a többi páramérő. A pszichrométer nem alkalmas múzeumi helyiségek vagy tárlók páratartalmának folyamatos figyelésére, nem lehet kiakasztani pl. a falra, és nem olvasható le róla közvetlenül az RH. Ezért esetenkénti mérésre, illetve a többi műszer beállítására használjuk.

Hitelesítést igénylő műszerek

A hitelesítést igénylő műszerek működése azon alapul, hogy egyes anyagok bizonyos tulajdonságai megváltoznak nedvesség hatására. A múzeumi gyakorlatban használatos páramérő műszereknél, a *higrométereknél* általában papírcsíkot vagy hajszálat (műszálat) használnak nedvességérzékelő anyagként. Ezek a páratartalom növekedésekor megnyúlnak, csökkenésekor zsugorodnak. Az anyag mozgását megfelelő skála előtt mozgó mutatóra viszik át. Vannak olyan mérők is, amelyek a relatív légnedvesség mellett a hőmérséklet mérésére is alkalmasak, ezek hivatalos neve: *termohigrométer*. A higrométereket és a termohigrométereket tárlók, illetve különböző múzeumi helyiségek légnedvességének, illetve hőmérsékletének mérésére használjuk. A tapasztalatok szerint a higrométerek pontosabb mérést tesznek lehetővé, mint a termohigrométerek.

Azokat a mérőeszközöket, amelyek egy adott időtartam alatt (1 nap, egy-két hét stb.) grafikonon rögzítik az adott légtér relatív páratartalmát, *higrográfoknak* nevezzük. Ha a higrográf egybe van építve egy a hőmérséklet mérésére és regisztrálására alkalmas berendezéssel, *termohigrográfról* beszélünk. A higrográfok illetve termohigrográfok helyiségek relatív légnedvességének (illetve hőmérsékletének) folyamatos mérésére alkalmasak.

A higrométereket, illetve higrográfokat a gyári utasítás alapján, általában havonként kalibrálni kell, de a tapasztalatok szerint elegendő negyed, illetve félévénként. A kalibrálás úgy történik, hogy pszichrométerrel megmérjük a helyiség páratartalmát, és a műszer mutatóját (a hátoldalon vagy peremen elhelyezett csavar segítségével, higrográfok esetében a műszerkulccsal) erre az értékre állítjuk. Ha nem áll rendelkezésre pszichrométer, letakarhatjuk fél órára a műszert nedves ronggyal, vagy víz fölé helyezhetjük zárt térbe 1-2 órára, és ezután kb. 95%-ra állítjuk a mutatót.

A megfelelő relatív páratartalom beállítása a műtárgy környezetében

A relatív páratartalom, illetve annak változása anyaguktól függően különböző mértékben károsítja a múzeumi tárgyakat. Az optimális RH beállítása történhet különböző berendezésekkel, megfelelő szilárd anyagok elhelyezésével, illetve ritkábban említett sóoldatokkal.

A közép-európai klímaviszonyok között párasításra elsősorban télen, a fűtött múzeumi helyiségekben, míg légszárításra a fűtetlen, főként alagsori vagy földszinti helyiségekben van általában szükség.

A továbbiakban először a helyiségek párasítására, illetve levegőjük szárítására alkalmas berendezésekkel, majd azokkal a lehetőségekkel ismerkedünk meg, amelyek által egy-egy különösen érzékeny tárgy vagy tárgye gyűttes tárlójában szabályozható a relatív páratartalom értéke.

Helyiségek párasítása

A párasítás legegyszerűbb, de csak lokális, nem szabályozható módja, ha a helyiségben vízzel telt edényeket helyezünk el, olyan helyeken, ahol a közvetlen környezetben nincs műtárgy. Télen a fűtőtestekre is állíthatunk vízzel teli edényeket. Még hatásosabb, ha pl. vízzel telt fotótábla nagy szivacslapot helyezünk, így ugyanis a párolgási felület megnő. Nagyobb helyiség légtérének nedvesítése csak sok, vízzel telt edény elhelyezésével oldható meg, ez pedig sem műtárgyvédelmi szempontból (a véletlenül fellökött edényből kifolyó víz műtárgyat nedvesíthet), sem pedig esztétikai szempontból (kiállítótermek) nem megfelelő.

Megoldást jelenthet egyes esetekben a hőmérséklet csökkentése is. Például ha egy zárt helyiségben, ahol 25 °C hőmérséklet mellett 30% a relatív légnedvesség levisszük a hőmérsékletet 18 °C-ra, a relatív légnedvesség közel 45%-ra nőhet.

Párasító berendezések

A forgalomban lévő párasító készülékek működési elvük alapján három nagy csoportba sorolhatók:

- vízpermetező berendezések (pl. ultrahanggal porlasztott vizet permetező berendezések),
- vizet forralással párologtató berendezések,
- melegítés nélkül nedvesítő berendezések.

Az első és második csoportba tartozó berendezések múzeumi használatát lehetőség szerint kerüljük el. Ezen berendezéseket ugyanis csak desztillált vízzel működtethetjük műtárgyak közelében, ami nagyon nagy anyagi ráfordítást igényel. A forró vagy meleg párákat kibocsátó készülékek emellett rendkívül sok károsodást is okozhatnak a közelükben elhelyezett tárgyakban.

A harmadik csoportba tartozó készülékek alkalmasak múzeumi helyiségek levegőjének párasítására. *A melegítés nélkül nedvesítő berendezések* működésének alapelve, hogy a légtér száraz levegőjét beszívja, azt egy folyamatosan nedvesített anyagon (pl. szivacson) vagy

víz felszíne fölött (ahol a páratartalom magas) nyomják keresztül, majd visszajuttatják a helyiségbe. Ilyen módon csapvízzel működtethetők, a vízben oldott sók és egyéb szennyezések nem jutnak a légtérbe (visszamaradnak a szivacsban vagy a vízben).

Légszárítás

A levegő relatív páratartalma csökkentésének legegyszerűbb módja a hőmérséklet emelése, vagyis a fűtés. Ha például egy zárt helyiségben, ahol 10 °C a hőmérséklet és 80 % a relatív légnedvesség megemeljük a hőmérsékletet 17 °C-ra, az RH lecsökkenhet 50 %-ra. A hőmérséklet emelése azonban az esetek többségében vagy technikai (pl. régi épület pincéje stb.) vagy anyagi, vagy műtárgyvédelmi (árt a magasabb hőmérséklet a tárgyaknak) okokból nem valósítható meg. Ezért célszerűbb elektromos hálózatról működő légszárító készülékeket alkalmazni. A téli, gyakori szelöltetés szintén csökkentheti a relatív légnedvességet.

Légszárító berendezések

A légszárításhoz alkalmazható készülékek működési elvük alapján két nagy csoportra oszthatók:

- nedvszívó anyaggal ellátott berendezések,
- fagyasztva szárító berendezések.

Múzeumi használatra a fagyasztva szárító berendezések alkalmasak. A fagyasztva szárító berendezések a háztartási jégszekrényhez hasonló hűtőrendszerrel vannak ellátva. A helyiségből beszívott, nedves levegő egy csőrendszerben erősen lehűl, ezáltal a benne lévő víz egy része kondenzálódik. A hideg, telített levegő ezután a csőrendszer fűtő részében felmelegszik, és az ily módon szárított, immár ismét szobahőmérsékletű levegő kerül vissza a helyiség légterébe.

Központi légkondicionálás

A légnedvesítés és légszárítás (egy időben a hőmérséklet szabályozással és a légszennyezések kiszűrésével) megoldható egy központilag kiépített klímaberendezés segítségével. A központi klímaberendezés kezelése külön személyzetet igényel, a működtetés költsége igen magas. A klímaberendezésnek éjjel-nappal működni kell (a műtárgyak, amelyek megóvása a cél, éjjel is a múzeumban vannak!). Beépítéskor messzemenően figyelembe kell venni a biztonsági követelményeket (meghibásodás esetén tartalék alkatrészek, pótberendezések stb.). A központi légkondicionálással a termék klímáját egy bizonyos értékre lehet beállítani, ami általában az ott dolgozók és a látogatók számára is kedvező 45 % RH körüli érték. Ez a légnedvesség azonban gyakran magas bizonyos tárgyaknak, pl. a fémeknek. Ezért azokat külön, számukra megfelelően klimatizált raktárban, tárlóban kell elhelyezni.

Napjainkban - kevés kivételtől eltekintve - a rendszerint régi, esetleg műemléki védelem alatt álló múzeumépületekben, tájházakban nincs lehetőség a központi klimatizáció kiépítésére. Új múzeumépületek építése, valamint nagyobb rekonstrukciók esetén viszont kívánatos központi berendezés tervezése, beépítése.

A kiállítási tárlók, műtárgyszállító konténerek, műtárgyszállításra, raktározásra használt dobozok klimatizációja

Az eddigiek során múzeumi helyiségek, illetve épületek relatív páratartalmának szabályozásáról szóltunk. Sok esetben azonban, különösen vegyes anyagú kiállítások, illetve műtárgyszállítás esetén szükséges egy-egy tárgy körül speciális, a kiállító terem vagy környezet relatív páratartalmától eltérő RH-érték beállítása. Ez hermetikusan lezárt, a környezettel kölcsönhatásban nem lévő tárló esetében egyszeri szárítással vagy nedvesítéssel megoldható lenne. Ilyen tárló kivitelezése azonban nagyon költséges, ezért tárlónként folyamatosan kell gondoskodni a megfelelő RH érték stabilizálásáról. Például egy főként fémtárgyakat bemutató kiállításon, ahol max. 40 % relatív légnedvesség az ajánlott, egy textília vagy kódex bemutatása problematikus, mivel annak környezetében 50 % körüli relatív légnedvesség szükséges. Ebben az esetben a szerves anyagból készült műtárgy tárlójában folyamatosan biztosítani kell a magasabb RH-t. Kisebb, zárt terek helyi páratartalom-szabályozását általában pufferekkel, ritkábban megfelelő, kis klímaberendezésekkel oldják meg.

Pufferek alkalmazása a relatív páratartalom beállítására

Kiegyenlítő, más néven puffer hatást mutat minden nedvszívó anyag (fa, papír, textil stb.), mivel magas RH mellett magába szívja, alacsony RH mellett pedig környezetének átadja a nedvességet. Tehát maga a tárló, a benne elhelyezett posztamensek (ha fából, rétegelt vagy farost lemezből készülnek), a háttérrel borított papír, textília és maguk a műtárgyak is viselkedhetnek pufferként. Ez azonban természetesen nem megoldás elsősorban magukra a műtárgyakra nézve, hiszen éppen az ő esetükben kívánjuk elkerülni a páratartalom-ingadozás következtében végbemenő fizikai elváltozásokat.

A szilikagél (Art-Sorb)

A múzeumi gyakorlatban legtöbbször alkalmazott pufferanyag a szilikagél. A szilikagél a kovasav kiszárlásával keletkező szilárd anyag. Különböző szemcseméretű változatai ismeretesek. A japánok által Art-Sorb néven forgalomba hozott granulátum szintén szilikagél, amelyet elsődlegesen múzeumi célra fejlesztettek ki. Az Art-Sorb granulátumot nem csak kilós kiszerelésben, hanem papír kazettákban, illetve lemezzé préselve is árusítják.

A szilikagél egyensúlyra törekszik a környezetével. Ha a külső hőmérséklet nő, a vitrin levegője is felmelegszik, következképp az RH csökkenne. A szilikagél azonban ebben az esetben nedvességet ad át a levegőnek, így az RH nem változik. Ellenkező esetben nedvességet von el.

Minőségtől függően a szilikagél tömege maximum kb. 40%-ának megfelelő mennyiségű vizet képes a környezetéből felvenni, tehát 1 kg szilikagél mintegy 0,4 kg-ot (0,4 l).

A szilikagél felhasználása egy adott RH-érték stabilizálására

Ha megfelelő mennyiségű (tárló-köbméterenként kb. 20 kg a hagyományos, 5-7 kg az Art-Sorb változatból) szilikagélt hosszabb ideig (mennyiségtől, szemcsemérettől, nedvességtartalomtól, rétegvastagságtól stb. függően) a beállítani kívánt RH értéken tartunk (előkondicionálás), majd elhelyezzük a tárlóban, ott egy idő után beáll az egyensúly, vagyis a korábban a szilikagél által "megszokott" relatív légnedvesség.

A tapasztalatok alapján a legjobb hatásfokot a 30-60 % közötti RH tartományban lehet vele elérni, vagyis ezen határértékek közötti bármely RH egyszerűen beállítható és stabilizálható szilikagél segítségével.

Egy tárló, konténer RH-stabilizálásának természetesen alapfeltétele, hogy az megfelelő anyagokból (fém, üveg, stabil műanyag) készüljön, jól szigetelt legyen és légtere érintkezzen a szétterített szilikagéllal. A rétegvastagság kb. 5-6 cm kell legyen, ennél vastagabb réteg esetén a szilikagélnak az alsóbb rétegei inaktívak maradnak, vagyis nem tudják kifejteni pufférhatásukat. Tapasztalataink szerint kb. 1-1,5 köbméteres tárlóban még eredményesen stabilizálható a kívánt relatív légnedvesség szilikagéllal.

A gyárilag kiszertelt szilikagél előkondicionálásának legegyszerűbb módja, ha a szükséges mennyiséget klímasekrényben helyezük el. Ez azonban rendszerint egy-egy múzeumban nem áll rendelkezésre.

Az előkondicionálás másik módja, hogy a múzeum egy kisebb, viszonylag légmentesen zárható helyiségében (pl. mosdó) egy klímaberendezés vagy légpárásító segítségével beállítjuk a páratartalmat (a kívánt érték-nél 4-5%-kal magasabbat), és tálcákon, vékony rétegben (max. 6 cm), kiterítve elhelyezzük a szilikagélt. Naponta, kétnaponta megkeverjük. Kb. 10 nap, két hét után megfelelő mennyiséget kiveszünk, kalibrált hajszálas higrométerrel együtt jól zárható üvegedénybe helyezük, és ellenőrizzük, hogy beállt-e a kívánt RH érték. (Pl. ha 10 literes az üvegedény, 0,2 kg szükséges a hagyományos, 0,06 kg a japán szilikagélből.) Ha az üvegedényben kb. 1 óra elteltével beáll a kívánt relatív légnedvesség, az előkondicionált szilikagél végleges helyére kerülhet. A kazettákban kiszertelt Art-Sorbot hasonló módon lehet beállítani. Szállítás előtt (ingyenesen) 50%-os relatív légnedvességre hajlandó a japán cég előkondicionálni az anyagot. Ha eziránti kérelmét nem jelzi a vevő, száraz állapotban szállítják. A szállítás során - a gondos csomagolás ellenére - változhat a szilikagél nedvességtartalma, ezért célszerű a tárlóba helyezés előtt ellenőrizni.

A szilikagél felhasználása légszárításra

A száraz szilikagélt konténerbe, tárlóba helyezve a páratartalmat akár 0 %-ra is lecsökkenthetjük. Főleg régészeti fém tárgyak tárolásánál, bemutatásánál használhatjuk ki a szilikagél ezen tulajdonságát. A nedves szilikagélt szárítószekrényben vagy akár konyhai sütőben is kiszáríthatjuk (kb. 105 °C-on) és újra felhasználhatjuk.

A kereskedelmi forgalomban kapható olyan szilikagél, amelyet kobaltsóval színeztek. A kobaltsó a környezet 0-20% relatív páratartalma esetén kékre, 20-30% RH esetén mályvaszínre, 30% fölött pedig rózsaszínre színezi a szilikagélt. A színes szilikagél tehát csak kb. 30% relatív páratartalomig vált színt. Efölötti értékek jelzésére nem alkalmas, így csak száraz környezet kialakításakor célszerű használni. Ebben az esetben színváltozással jelzi (kékről rózsaszínre), ha az RH az adott térségben 30% fölé emelkedett.

A szilikagél megfelelő anyagokból készült, jól szigetelt tárlókban, konténerekben akár évekig tudja stabilizálni a relatív páratartalmat. Ha "kimerül" újra be lehet állítani (vagy ki lehet szárítani), tehát egyszeri beruházást igényel.

A relatív páratartalom szabályozása klímaberendezéssel

A tárlón belüli páratartalom-szabályozás legdrágább módja a klímaberendezések alkalmazása. A klímaberendezések a hőmérsékletet és a relatív légnedvességet is szabályozzák, de vannak olyan készülékek is, amelyek csak a relatív légnedvesség stabilizálását biztosítják.

A tárgy által "megszokott" relatív légnedvesség biztosítása

Sok esetben a tárgy nem károsodik az elvileg neki nem megfelelő légnedvesség esetén. Ellenben, ha a megszokott RH-n változtatunk (pl. azért, hogy az illető anyagfajtának javasolt értékre álljunk be), komoly károsodásokat észlelhetünk. Ilyesmi fordulhat elő, például akkor, ha a nedves pinceraktárban megindítják a fűtést, vagy a fűtött raktárhelyiségben légpárásítót helyeznek üzembe. Ezért egy tárgyat vagy gyűjteményt más klímaviszonyok közé csak fokozatos "szoktatással" lehet helyezni. Ez, pl. úgy történhet, hogy egy elkülönített helyiségbe párásítót helyezünk és a nedves raktárénál néhány %-kal alacsonyabb RH értéket állítunk be. Egy-két hétig (a tárgy méretétől, anyagától függően) ebben a klímában tároljuk a tárgyat, majd ismét csökkentjük néhány %-kal a relatív páratartalmat és ismét várunk egy-két hétig. Ezt mindaddig ismételjük, amíg az új értéket (pl. a kiállító teremét) el nem értük.

Vonatkozik mindez azokra az esetekre is, amikor a tárgyat a restaurátorműhelybe visszük, vagy egy időszaks kiállításra, raktárba kerül.

Komoly károsodást szenvedhet a műtárgy a szállításkor bekövetkező esetleges RH változás miatt is.

A különböző anyagokból készült műtárgyak tárolásához, kiállításához javasolt RH-tartományokat a 2. táblázatban adjuk meg az utolsó részben.

A levegő hőmérséklete

A hő az energia egy fajtája, tulajdonképpen az anyagokat alkotó részecskék állandó mozgása. Magasabb hőmérsékleten ez a mozgás gyorsabb, a hőmérséklet csökkentésével lelassul.

A levegő hőmérséklete növekedhet egy műtárgy környezetében a rásütő napsugaraktól, a spotlámpák által kibocsátott hőtől, a látogatók által leadott

hőmennyiségtől. Csökkenhet, pl. egy-egy szellőztetés alkalmával. Hőmérsékletingadozást okozhat egy épületen belül a külső hőmérséklet változása (ahol nincs megfelelő hőszigetelés, fűtés), vagy pl. a fűtés ki-bekapcsolása.

Egy múzeumépületen belül - a Kárpát medence éghajlati körülményei között - a hőmérsékletváltozás kedvezőtlen esetben általában 1-2°C (fűtetlen raktár télen) és 40°C (napsütötte helyiségek nyári kánikulában) között mozog. Ez a hőmérséklet-ingadozás közvetlenül kevesebb műtárgyat veszélyeztet (ha nem jár együtt a relatív légnedvesség változásával), mint a relatív légnedvesség nem megfelelő volta, de közvetve igen károsan hat a legtöbb anyagra.

A hő műtárgykárosító hatása

A hőmérséklet emelkedése elsősorban fizikai változásokat eredményez, anyagtól függően kisebb vagy nagyobb mértékben nő a térfogat (hőtágulás). Ez az egymástól nagyon eltérő mértékben táguló anyagokból összetett tárgyaknál okozhat károsodást, pl. festett fémtárgyaknál, ahol a fém térfogata jóval nagyobb mértékben változik a hőmérséklet emelkedésekor, mint a festékrétegé, ezért ez utóbbi megrepedezik.

Egyes anyagok esetében (pl. viasz, fotónegatívok emulziója, festmények esetében a bitumenes kötőanyag stb.) halmazállapot-változás is bekövetkezhet hő hatására.

A hőmérséklet növekedése elindíthat vagy meggyorsíthat különböző kémiai folyamatokat ezen belül minden korróziós folyamatot, így pl. a kötőanyagok, lakkok öregedését, a celluloid filmek bomlását, a tárgyak restaurálása során a kiegészítéshez, ragasztáshoz, bevonáshoz, átításhoz használt műanyagok öregedését stb. Sokkal veszélyesebb a hőmérsékletváltozás a tárgyakra nézve, ha a levegő páratartalmának változásával jár együtt (ld. az előző részt).

A hőmérséklet mérése

A hőmérséklet mérése egyszerű hőmérővel történhet, amelyet a tárgy helyére, vagy annak felületére helyezünk. Festmények, színes tárgyak esetén figyelembe kell venni, hogy a különböző színek nem egyformán "szívják magukba" a hőt, pl. a fekete rétegek ugyanazon a hőmérsékleten jobban károsodnak, mint a világos színűek.

Védekezés a hő károsító hatása ellen

Általános követelmény, hogy a műtárgy közelében ne legyen magasabb hőmérséklet (pl. a megvilágítás miatt), mint a helyiség más részein.

Hőre érzékeny tárgyak raktározásánál, szállításánál, kiállításánál biztosítani kell a számukra optimális, alacsonyabb hőmérsékletet. Műtárgyat, különösen olyat, amely szerves anyagból készült, vagy tartalmaz szerves anyagot is (pl. műanyaggal vonták be) soha ne tároljunk vagy állítsunk ki kályha, fűtőtest közelében, ne érje közvetlen napsugárzás, ne legyen közelében spotlámpa vagy fénycső armatúrája.

A nyári időszakban a napsütéstől erősen felmelegedő kiállító-, illetve raktárhelyiségek ablakaira tetethetünk hővisszaverő fóliát. A fóliák - típustól függően - a sugárzó hő 55-80%-át kirekesztik.

A fényvisszaverő fóliák egyes típusai nagymértékben megváltoztatják a helyiség belső fényviszonyait, ezért alkalmazásukkor gondoskodni kell a mesterséges megvilágításról, illetve ellenőrizni kell, hogy polikróm tárgyak esetén a színek nem torzulnak-e? Ezek a fóliák - típustól függően - a káros ultraibolya sugárzás kiszűrésére is alkalmasak - ld. ott.

Az egyes anyagfajták tárolásához, kiállításához javasolt, optimális hőmérsékletértékeket a későbbiekben adjuk meg.

A levegőszennyezések

Légszennyezőknek nevezzük a levegőben lévő szilárd részecskéket és mindazon gázokat, amelyek nem tartoznak a levegő állandó alkotórészei közé (nitrogén, oxigén, szén-dioxid, egyes nemesgázok).

A szilárd halmazállapotú légszennyezők több forrásból származhatnak. Lehetnek szervesetlen ásványi anyagok apró szemcséi (pl. homok, konyhasó kristálykák), apró növényi részecskék (pl. rostok, szálak, virágpor), egyéb biológiai anyagok (pl. baktériumok, spórák), építőanyagok finom pora (pl. téglá-, cement-, betonpor stb.), fémekeken keletkező korróziós termékek pora (pl. vasrozsa), műanyag részecskék, korom (szén- és vas- részecskék), ásványi hamu szemcséi, kátrányos anyagok stb.

A gáz halmazállapotú légszennyezők - a szilárdakhoz hasonlóan - származhatnak a természetből (pl. ózon, ammónia), emberi létesítményekből (pl. fa építőanyagból, szigetelőanyagokból savképző gázok), és keletkezhetnek fűtőanyagok elégetése (pl. kénhidrogén) valamint gépjárművek működtetése során is (pl. nitrogén-monoxid).

A múzeum belső terében a kívülről bejutott légszennyezők mellett megtalálhatók a belső tér építőanyagaiból (fal, falszigetelés, vakolat, festés, padozat, tárlók építőanyagai stb.) származó légszennyezések is.

A légszennyezők műtárgykárosító hatása

A szilárd halmazállapotú részecskék lerakódva a műtárgyak felületére azok esztétikai megjelenését rontják. A raktárban lévő vagy kiállított tárgyakat fedő porréteg azonban nem csak esztétikai szempontból kifogásolható, hanem különösen az érdes felületű daraboknál (pl. textil, bor, papír stb.) szükségessé teszi a sokszor igen nehezen végrehajtható tisztítást. Képzőművészeti alkotások esetében a porszemcsék rátapadnak a lakkrétegre, beülnek a repedésekbe, rontják, vagy esetenként lehetetlenné teszik az alkotás esztétikai élvezetét.

A porréteg megköti a nedvességet, ami sok tárgy esetében igen káros, ahogy azt az előző részben láttuk. A porban lévő, vízdoldható sók, elsősorban a konyhasó feloldódik, és beszívárog a tárgy belsejébe. Különösen rézalapú és vastárgyak esetében okozhat ez igen komoly korróziót.

Megállapították, hogy az új betonépületekben az ultrafinom cementpor igen káros lehet az ott elhelyezett műtárgyakra nézve. Ez az elsősorban fémoxidokból álló por nedvesség hatására lúgos kémhatású oldatot képez és károsítja az olajfestményeket (sötétedés), a selymet (a mechanikai tulajdonságok romlása), bizonyos színezékeket és pigmenteket (fakulás, színváltozás). A hatás hosszabb távon érvényesül. Ezen kívül tönkreteszi a térségben elhelyezett higrométereket is, így azok hamis (a valódinál magasabb) értékeket mutatnak. A porban lévő vas, mangán és egyéb fémek gyorsítják a szerves anyagból készült műtárgyak fény vagy kémiai hatásra történő károsodását.

A levegőben sok baktérium, gomba-, moha- és algaspóra, pollen, zuzmódarabka és egyéb növényi és állati eredetű, szilárd halmazállapotú részecske található. A baktériumok szaporodása, a spórák növekedése nedvesség hatására indul meg, legtöbbjük akkor válik életképesé, ha a környezet relatív páratartalma 65-70% fölé emelkedik. Ezek az élő szervezetek részben úgy károsítják a műtárgyakat, hogy azok anyagát (szerves anyag esetén) használják fel táplálékkul, részben pedig a műtárgyak felületén lerakódott szilárd, vagy a környezet gáz halmazállapotú anyagait alakítják savvá, illetve savképző anyaggá, és ezáltal károsítanak.

A három leggyakrabban előforduló, a külső légtérből a műtárgy környezetébe jutó, *gáz halmazállapotú légszennyező* a kén-dioxid, a nitrogén-dioxid és az ózon. A kén-dioxid és a nitrogén-dioxid nedvességgel savat képez, és a keletkezett kénsav, illetve salétromsav bontja mind a szerves anyagokat, mind pedig a szerves műtárgyalkotó anyagokat. A mézskő pl. "gipszesedik" (ez mállást, réteges leválást eredményez), a papír, bőr savasodik (színváltozás, szerkezeti gyengülés), a textilszálak anyaga bomlik (szakadás) stb. Az ózon oxidáló hatást fejt ki, hatására pl. fizikailag gyengülnek a szerves anyagok, fakulnak bizonyos színezékek stb.

További, már kis mennyiségben is sok kárt okozó, gáz halmazállapotú légszennyező a kénhidrogén, amely a savképző légszennyezők közé tartozik. A külső környezetből bekerülő kénhidrogén mellett ez a gáz keletkezik gumik, egyes festékek bomlásakor. Kénhidrogént bocsáthatnak ki kéntartalmú anyaggal kikészített vagy festett textíliák (pl. nagyon gyakran a fekete pamut, bársony). A gyapjú (pl. a tárlók béleléséhez használt filc) és a szőr szintén adhat le kénhidrogént. A kénhidrogén elsősorban a fémeket, közülük is az ezüstöt és a rezet támadja meg. Hatására e fémek felületén fekete korróziós termékréteg alakul ki. Az ólom tartalmú festékeket (pl. az igen gyakori ólomfehér pigmentet) szintén megtámadja a kénhidrogén, és azok sötétedését idézi elő.

Kiállításokban, raktárakban gyakori, gáz halmazállapotú, savképző légszennyező az ecetsav és a hangyasav. A friss fából nedvesség hatására ecetsav szabadul fel. A keményfák több savat adnak le, mint a puhafák, az új fa többet, mint a régi. A sav látens módon van jelen a fában és a kedvező körülmények hatására felszabadul. A tölgy adja le a legtöbb savat a bükk, a nyír és a kőris mellett - tehát ezek a fák nem alkalmasak

tárlók, raktári szekrények készítésére. A relatív páratartalom és a hőmérséklet növekedése egyaránt elősegíti a sav felszabadulását még az öreg faanyagban is. A fa tartalmú papír (pl. a közönséges csomagolópapír, karton) ilyen módon szintén veszélyforrás.

Hangyasav keletkezik a formaldehidből, amely karbamid-formaldehid alapú hőszigetelők, illetve bevonatok, rétegelt-, illetve farostlemez ragasztóanyagául szolgáló műgyanták formaldehid feleslegének kipárolgása során kerül a légtérbe. Származhat egyes gyanták bomlásából is.

Az ecetsav és a hangyasav elsősorban az ólomtárgyakra nézve veszélyes (fehér "kivirágzások": ólomcsók alakulnak ki a fém felületén), de hosszabb távon károsítják az egyéb fémtárgyakat és a szerves anyagokat, így pl. a textilt és a papírt is.

A légszennyezők jelenlétének észlelése, kimutatása

Mind a szilárd, mind pedig a gáz halmazállapotú légszennyezők esetében azok minőségének, illetve mennyiségének megállapítása szakemberek feladata, akik a méréseket speciális műszerekkel végzik. Az egy-egy méréshez, illetve a folyamatos regisztráláshoz nem állnak rendelkezésre olyan egyszerű készülékek, mint a páratartalom vagy a hőmérséklet ellenőrzése esetében.

A szilárd halmazállapotú légszennyezők jelenlétét raktárakban, kiállítótermekben a bútorok, tárgyak felületén megjelenő porréteg jelzi. Nagyobb mennyiségű, gáz halmazállapotú légszennyező jelenlétét esetenként azok szaga is elárulhatja.

Védekezés a káros légszennyezők ellen

A légszennyezők elleni védekezés egyik leghatékonyabb módja, ha a kiállító-helyiség, illetve raktár ablakait megfelelő módon szigeteljük, és a szellőztetést - különösen forgalmas utak mentén - nem kifele, hanem pl. egy folyosó, belső udvar vagy kert felé oldjuk meg. Mérési adatok alapján zárt helyiségben a külső légszennyezők mennyiségének kb. a fele található. Ha a különösen érzékeny műtárgyakat jól záró tárlóba helyezzük, környezetükben tovább csökkenthető a káros szilárd és gáz halmazállapotú légszennyezők koncentrációja.

A látogatók által behordott, szilárd halmazállapotú légszennyezők mennyisége csökkenthető porfogó lábtörlők, szőnyegek stb. alkalmazásával is. A beton aljzatokat le kell burkolni mielőtt, pl. raktárt rendeznénk be a helyiségben.

A gáz halmazállapotú károsító anyagok elsősorban a nem megfelelően megválasztott belsőépítészeti anyagokból kerülnek a műtárgyak közelébe. Tehát a tárló- vagy raktári polc építéséhez lehetőség szerint ne használjunk fát. Rétegelt vagy farostlemez csak akkor alkalmazható, ha a készítésükhöz felhasznált ragasztóanyag formaldehid mentes. Gumit, PVC-t (poli(vinilklorid) műanyagot), PVAc-t (poli(vinil-acetát) műanyagot), normál (kötéskor ecetsavat kibocsátó) szilikont stb. ne használjunk tárlóépítéshez. Tárlók

belső burkolásához a filc nem alkalmas.

Fiókok bélelésére, műtárgyak közé (pl. textíliák tárolásánál), műtárgycsomagolásra célszerű ún. savmentes papírt alkalmazni. Ezek esetében nem áll fenn a savfelszabadulás veszélye. A savmentes papírok helyettesíthetők műanyag fóliákkal is. (Ilyen pl. - a cikk írása idején - a vetőmagot, növényvédő szereket stb. árusító boltokban kapható "Agro" fátýolfólia.) Fiókok bélelésére vagy elválasztó réteggként kimosott pamutvászon is használható.

A helytelen megvilágítás károsító hatásai

A fényforrások (nap, utcai lámpa, fénycső stb.) ún. elektromágneses sugarakat bocsátanak ki magukból. Ezen sugárzások egy része a fény maga (látható elektromágneses sugárzás), más része az ultraibolya (UV), illetve az infravörös (IR) sugárzás (láthatatlan elektromágneses sugárzástíj). Az elektromágneses sugárzásban energia terjed, az UV-sugarak nagyobb energiát képviselnek, mint a fénysugarak. Legkisebb energiájúak az IR sugarak.

Múzeumi helyiségek megvilágítására természetes és mesterséges fényforrások szolgálnak. Természetes fényforrás a Nap, amelynek sugarai közvetlenül vagy az égboltról, felhőkről visszaverődve a különböző nyílászárókon jutnak be a múzeum belső terébe. A földre érkező napsugárzás kb. fele látható, a többi infravörös és ultraibolya sugárzás. A Naptól jövő sugárzás összetétele nagymértékben függ az évszaktól, napszaktól, magasságtól, a levegő páratartalmától, szennyezettségétől.

Mesterséges fényforrások a különböző izzólámpák, fénycsövek stb. A hagyományos izzólámpák a fény mellett kevés UV és sok IR sugárzást (meleg a villanykörte), halogén izzók, az előbbieknél több UV sugárzást bocsátanak ki. A neoncsövek a fénysugarak mellett sok UV és kevés IR sugárzást bocsátanak ki, de az armatúráknál ezek is nagy mennyiségű hőt termelnek.

A mesterséges fényforrások közé tartoznak a műtárgyak fotózásakor, filmezésékor használatos villanok, reflektorok stb. is. Ezekből rendkívül sok fény és UV-sugárzás jut a megvilágított tárgy felületére.

A fény, az ultraibolya és az infravörös sugarak káros hatása a műtárgyakra

A műtárgyalkotó anyagokat fényérzékenység (pontosabban a fényforrásból érkező összes elektromágneses sugárzásra való érzékenység) szempontjából három kategóriába szoktuk sorolni: nagyon érzékeny, közepesen érzékeny és fényre nem érzékeny anyag. A leggyakoribb műtárgyalkotó anyagok közül a papír, a textil, a festett bőr, a szőr tartozik az első, a fa, festett fa, a vászonkép, a műanyagok, a csont, elefántcsont a második, míg a fém, a kő, a kerámia és az üveg a harmadik csoportba.

A különböző fényforrásokból - ahogy az előzőekben láttuk - különböző mennyiségű fény, UV és IR sugárzás jut a műtárgyak felületére. A sugarak egy része visszaverődik, más részük elnyelődik. Az elnyelt sugarak által képviselt energia okozza a fényérzékeny tárgyak károsodását. Az elektromágneses sugarakban ter-

jedő energiát a tárgy anyagrészeckéi (az atomok vagy a molekulák) átveszik, gerjesztődnek, azaz energiadús állapotba kerülnek, felmelegsznek, esetleg fényt bocsátanak ki, de leggyakrabban kémiai változások mennek bennük végbe (fotokémiai folyamatok).

Az első esetben a tárgy felmelegszik. A hőmérséklet emelkedése, ahogy ezt korábban láttuk, a tárgy és környezete között lejátszódó kémiai folyamatokat felgyorsítja, illetve bizonyos esetekben halmazállapotváltozást, vagy egyéb fizikai károsodást (pl. a hőtágulás miatt) okoz.

A második esetben, ha a felvett energiát az anyag egy másodpercnél rövidebb időn belül bocsátja ki fény formájában fluoreszcenciáról, ha a fénykibocsátás hosszabb ideig tart, foszforeszkálásról beszélünk. A tárgy anyagát a folyamat nem károsítja.

A harmadik eset a legveszélyesebb a fényérzékeny anyagból készült tárgyakra nézve. Ha az elnyelt sugárzás energiája elég nagy (UV, illetve egyes fénysugarak), az energiafelvétel a molekulákban lévő kötések felszakadásához vezethet, pl. a textíliák töredezetté válnak. Kisebb energiájú elektromágneses sugarak hatására a színezékek fakulnak, a papírok sárgulnak, a műanyagok fokozott mértékben öregednek (a ragasztók elengednek, a bevonatok sárgulnak, töredeznek stb.)

A fényforrások által kibocsátott elektromágneses sugárzások mérése

A fény mérésére ún. luxmérőt használunk. A lux régi mértékegység, a megvilágított felület egy négyzetméterére jutó energiát adja meg (lumen/négyzetméter, lm/m^2). A nagyon érzékeny műtárgyalkotó anyagok megvilágítása 50-70 luxszal, az érzékenyeké 150-200 luxszal történhet. Ez az érték a napi 8 órás megvilágításra vonatkozik. Az elnyelt energia halmozódik, tehát ha villanóval vagy reflektorral világítunk meg egy műtárgyat, rövid idő alatt kaphat annyi energiát, mint egyébként, pl. egy hónap alatt.

Az UV-sugárzás mérése UV-mérővel történik, ami az egy négyzetméterre jutó energiát méri mikrowattban. A múzeumi területen a mért UV-mennyiséget a fényre szoktuk vonatkoztatni (vannak speciális mérőeszközök, amelyek ezt automatikusan elvégzik). Ebben az esetben mikrowatt/lumen ($\mu w/lm$) lesz a mért érték mértékegysége. A fényérzékeny tárgyak esetében az UV-sugárzás fényre vonatkoztatott mennyisége nem haladhatja meg a nemzetközileg elfogadott 75 mikrowatt/lument.

Az IR-sugárzás mérése közönséges hőmérővel történhet. Általános alapelv, hogy megvilágításkor a hőmérséklet a műtárgy felületén nem emelkedhet.

A fény, az ultraibolya és az infravörös sugarak műtárgykárosító hatásának kiküszöbölése, illetve csökkentése

A műtárgyak helyes megvilágításánál tehát az esztétikai és egyéb világítástechnikai szempontok (színviszsaadás, fényirány, káprázás megakadályozása, fénysűrűség stb.) mellett fontos szerepet kell játszaniuk a műtárgyvédelmi megfontolásoknak.

Az UV Sugarak károsító hatása elleni védekezés

Mivel az UV-sugárzás károsítja leginkább a fényérzékeny műtárgyakat, mennyiségét a lehető legkisebb értékre kell csökkenteni. Ez leggyakrabban szűrők, izzólámpák vagy speciális fényforrások alkalmazásával történik. Az UV-szűrők olyan részben vagy egészen átlátszó anyagok, amelyek a fényt részben vagy teljesen átengedik, de az UV-sugarakat nem, vagy csak kis mértékben. A szűrők készülhetnek üvegből vagy műanyagból. Lemezként (üveg- vagy műanyag lapok, speciális, szendvics-szerkezetű üveglapok), fóliaként (műanyag fóliák) hozzák őket napjainkban forgalomba. A közönséges ablaküveg önmagában rossz minőségű UV-szűrőként működik, jó UV-szűrő viszont a plexi, főként annak átlátszatlan változata. Leggyakrabban műanyag UV-szűrő fóliát használunk.

Színes fóliák (pl. a tükröző bronz vagy ezüst) használhatók kiállítótermek ablakára, tetőablakokra (megfelelő belső, mesterséges világítás mellett). Ezek alkalmazása esetén nem szükséges függöny az ablakra, de számítani kell arra, hogy az UV sugarak szinte teljes (99%-os) kiszűrése mellett a fénysugarakat is visszaverik (a fényátbocsátó képességük mindössze 14-25%). Emellett jelentős a hővisszaverő képességük (ld. a hőről szóló fejezetet) is.

A halvány szürke fólia az UV-sugarak 99%-os kiszűrése mellett a fény több mint 70%-át átengedi, viszont a hővisszaverő képessége csak 15%.

Szintelen (vagy enyhén sárgás) fóliákat célszerűbb alkalmazni azokban az esetekben, ahol az ablakra, mint fényforrásra szükség van, illetve egy-egy tárlóra kívánjuk a fóliát elhelyezni. Ezek UV-szűrő képessége 95% fölött van, és a fény kb. 85%-át átengedik.

E fóliák alkalmazásának előnye az UV-szűrésen túl a törés- és betörésvédelem. A fóliázott üveg ugyanis biztonsági üveggé működik, az esetleges ütés következtében a fólia rugalmas marad, elnyeli az ütés erejének nagy részét, és megakadályozza, hogy az üveg darabokra törjön, illetve egyben tartja a szilánkokat.

Az UV-sugarak kiküszöbölésének másik módja a fényforrás helyes megválasztása. Nem jutnak UV-sugarak, pontosabban a megengedettnél nagyobb mennyiségű UV-sugárzás a tárgyra, ha azt izzólámpával világítjuk meg. Ügyelni kell viszont arra, hogy a halogén izzólámpák nagy megvilágítási szinteknél, pl. fényvetős világításnál már nem elhanyagolható UV-sugárzást bocsátanak ki. Az izzólámpa mellett speciális, gyárilag UV-szűrővel ellátott égők vagy fénycsővek is alkalmasak fényérzékeny tárgyak megvilágítására.

Az UV-források közül legveszélyesebb a közvetlen vagy az égboltról visszaverődő napsugárzás. Ezért különösen a kiállító-terembe, restaurátorműhelybe jutó napfény (természetes fény) UV-szűrésére kell gondosan ügyelni.

Múzeumokban, restaurátorműhelyekben sok helyen alkalmaznak fénycső-világítást. Mivel a fénycsővek által kibocsátott sugárzás sok UV-sugarat tartalmaz, a fényérzékeny tárgyak kiállításánál (pl. tárlóban), vagy restaurálásnál nem javasolt a használatuk, illetve ha ez elkerülhetetlen, az UV-sugarak kiszűréséről feltétlenül gondoskodni kell.

Védekezés a fény károsító hatása ellen

A látható elektromágneses sugarakkal, azaz a fénnel szemben nehezebb a védekezés, mivel nem szűrhetjük ki őket az UV-sugarakhoz hasonlóan, hiszen akkor nem lehetne látni a műtárgyat. Alapvetően két módon védekezhetünk a fény károsító hatása ellen: a megvilágítás mértékének, szintjének vagy az idejének a csökkentésével.

A műtárgyak megvilágításának megtervezésénél mindig szem előtt kell tartanunk az ún. reciprocitási törvényt, amelynek értelmében a rövid ideig tartó, erős megvilágítás ugyanolyan káros, mint a hosszú ideig tartó, kisebb mértékű megvilágítás.

A legtöbb múzeumban az ablakok, üvegtetők tekinthetők fényforrásnak a nyitva tartás idejének legnagyobb részében. Az ilyen természetes fényforrások esetében az első és legfontosabb feladat a műtárgyak "napozásának" elkerülése, vagyis a közvetlenül a tárgyra jutó napsugarak elleni védekezés. Hiába szűrjük ugyanis ki az UV-sugarakat, a Napból emellett nagy mennyiségű fény és IR-sugárzás is érkezik. A fényérzékeny tárgyakat tehát sohase helyezzük a kiállító terem, restaurátorműhely, raktár napsütötte részére. Általában a közvetlen napsugarakat rekesszük ki a múzeumból. Az ablakokat lássuk el sötétítő függönnyel, relaxa redőnnyel, és kérjük meg a teremőröket, hogy a napos órákban ezeket húzzák el, illetve le. Természetesen ilyenkor gondoskodni kell a mesterséges megvilágításról. Ahogy az előző részben láttuk, a színes vagy szürke UV-szűrő fóliák szolgálhatják egyúttal a fényvédelmet is.

A nagyon érzékeny tárgyak esetében figyelembe kell venni, hogy a megvilágítás mértékének felső határa 50-70 lux, ami általában csak mesterséges fényforrással biztosítható. A fokozottan fényérzékeny tárgyakat ezért célszerű ablak nélküli helyiségben elhelyezni. A tárgyak 50 lux megvilágítás mellett élvezhetőek, tanulmányozhatóak, de a látogatók szemét hozzá kell szoktatni az alacsonyabb megvilágítási szinthez. A raktárakat tanácsos "alulvilágítani". A restaurátorműhelyben nem csökkenthető a megvilágítás mértéke, mivel ez a munka rovására menne. Itt a megvilágítás idejét kell a lehetőségek szerint csökkenteni.

A fény károsító hatásának kiküszöbölésére alkalmazhatunk rövidített idejű megvilágítást is. Ennek egyszerűbb módja a termék ablakainak elfüggönyözése, illetve a mesterséges világítás kikapcsolása, ha nincs látogató a kiállításon.

A fényérzékeny tárgyakat tartalmazó tárlókat letakarhatjuk, elfüggönyözhetjük a látogató megfelelő tájékoztatása mellett.

A könyvszerűen lapozható tárló vagy a fiókos tároló-bemutató szekrény szintén fényvédelmet jelent.

A megvilágítás idejének csökkentése megoldható automaták alkalmazásával is.

A látogató érkezésekor kigyulladó lámpa, vagy a látogató által bekapcsolt világítás meghatározott idő elteltével kialszik, tehát csak a szükséges ideig működik, egyébként sötét van a tárgy környezetében.

Védekezés az infravörös sugarak károsító hatása ellen

A Napról, mint sugárforrásról, a közvetlen és közvetett napsugárzás elleni védelemről az előző részben már volt szó.

IR-sugárforrás lehet az izzólámpa is. Célszerű az izzólámpát ezért a vitrinen kívül, a tárgytól minél messzebb elhelyezni.

A káros IR-sugárzás kiküszöbölésére ún. "hidegtükrös" izzólámpák alkalmazása javasolható.

A fénycsövek izzószálat tartalmazó két vége is működhet hőforrásként, ezért tanácsos a fénycső-világítást is a tárlón kívül elhelyezni.

Összefoglalás

A leggyakoribb műtárgyalkotó anyagok bemutatásához-raktározásához kialakítandó műtárgykörnyezet fontosabb paraméterei

Egy műtárgy környezetében, ahogy láttuk, a relatív páratartalom és a hőmérséklet megfelelő értéken tartása, valamint a "műtárgybarát" megvilágítás biztosítása a tárgy hosszabb távú megőrzését, állapotának stabilizálását.

A 2. táblázat azokat a legfontosabb értékhatárokat mutatja, amelyekben belül a leggyakrabban előforduló műtárgyalkotó anyagok környezetében a relatív páratartalom, a hőmérséklet és a megvilágítás mértéke mozoghat.

2. táblázat. A leggyakoribb tárgyalkotó anyagok bemutatásához-raktározásához javasolt műtárgykörnyezeti paraméterek (beltéren)

Anyag	Hőmérséklet °C	Relatív páratartalom %	Megvilágítás lux
Kő	15-25	30-50	megvilágítható
Festett kő	15-25	40-50	150-300
Falfestmény	15-25	40-50	150-300
Jól kiégetett kerámia	15-30	30-55	megvilágítható
Nem vagy rosszul kiégetett kerámia	15-25	35-50	megvilágítható
Festett, kiégetetlen kerámia	15-20	35-50	150-250
Üveg	15-25	30-50	megvilágítható
Rossz állapotú (pl. régészeti) üveg	15-25	40-50	megvilágítható
Fémek: arany, platina	15-25	tetszőleges	megvilágítható
Fémek: ezüst, réz (bronz, sárgaréz), vas, ón, ólom	15-25	40 alatt	megvilágítható
Festett fémtárgyak	15-20	35-45	150-250
Fa, festett fa	15-25	45-55	150-250
Papír	15-20	45-55	50-70
Bőr, pergamen	15-25	45-55	50-150
Festett bőr, pergamen	15-20	45-55	50-70
Textil	15-25	45-55	50-100
Csont, elefántcsont	15-25	45-55	50-150
Festett csont, elefántcsont	15-20	45-55	50-70
Fotónegatív, pozitív kép (fekete-fehér)	20 alatt	35-50	50-70 (raktárban sötét)
Fotónegatív, pozitív kép (színes)	15 alatt	20-30	50 (raktárban sötét)
Fotóanyag cellulóz-nitrát hordozón	5 alatt	35-40	50 (raktárban sötét)
Haj, szőr, szőrme	15-25	45-55	50-150
Szaru	15-25	45-55	50-150
Háncs	15-25	45-55	50-150

Természetesen, ahogy ezt már említettük, a legfontosabb a környezet kialakításánál (elsősorban a relatív légnedvesség és a hőmérséklet beállításánál) annak figyelembevétele, hogy honnan került a tárgy a múzeumba. A megszokott környezetéből kiemelve - főként a szerves anyagok - igyekeznek az új helyzethez alkalmazkodni. Ha a változás nagy, ez a folyamat igen gyors és károsítja a műtárgyat. Pl. ha egy kagylóberakásos fémtárgy hirtelen magasabb hőmérsékletű helyre kerül, a fém hőtágulása miatt kipereghetnek a berakások. Ha egy nedves környezetben tárolt mázas kerámia szárazabb helyiségbe kerül, sókiválás indulhat meg, amely a máz lepergését eredményezheti. Éppen ezért a változásnak lassúnak kell lenni, de az sem kizárt, hogy nem szabad a környezeti paramétereket megváltoztatni.

Kombinált tárgyak esetében, tehát ahol több anyag együttesen szerepel, az érzékenyebb "igényeihez" kell igazítanunk a paramétereket. Például egy aranyozott ezüst esetében az ezüstnek, míg pl. egy fémkapcsos imakönyvnel a papírnak javasolt páratartalom, illetve megvilágítási értékeket célszerű figyelembe venni.

A legtöbb gyűjteményben a műtárgyak nagy részének az állapota nem kielégítő. A restaurátorhiány, illetve egy-egy restaurálás magas költségigénye általában nem teszi lehetővé, hogy belátható időn belül minden tárgyat legalább konzerválni/konzerváltatni lehessen. Ezért nagyon fontos, hogy a raktárakban (és a kiállításokon is) olyan körülményeket teremtsünk, amelyek között legalább a tárgy jelen állapotában megőrizhető.

Dr. Járó Márta
vegyész docens
Magyar Képzőművészeti Egyetem
Magyar Nemzeti Múzeum
1450 Budapest, Pf. 124

