

Műtárgyak korszerű fertőtlenítése

Morgós András

A műtárgyvédelem célja, hogy a műtárgyakat felépítő anyagoknak (pl. faanyag) a környezet hatására bekövetkező kedvezőtlen változásait (károsodását) megakadályozza, vagy a már beindult károsodást megszüntesse, ezáltal a műtárgy élettartamát megnyújtsa. A károsodás bekövetkezésének idejéhez viszonyítva a védelmi beavatkozás lehet megelőző, megszüntető és kombinált jellegű.

Megelőző (preventív, profilaktikus) az a védelem, amelyet a károsodás bekövetkezése előtt végzünk el. Célja a károsítók megtelepedésének a meggátlása. A megelőző védelemre használt szerrel kapcsolatban követelmény a hosszú időn keresztül, tartós hatás, és új fertőzés esetén a fertőzők elpusztítása.

Megszüntető (szanáló) az a védelem, amely a már bekövetkezett és észlelt károsodási folyamat okát szünteti meg. A megszüntető védelem célja a fertőzés megszüntetése, a károsítók mindenfajta fejlődési stádiumának teljes elpusztítása. Az ilyen szernek gyors diffúzióval és az anyagba minél mélyebbre történő behatolással kell rendelkeznie (pl. vastag keresztmetszetű fa esetén elérje a fa belső részein lévő károsítókat is). A megszüntető védőszerek esetében általában csak átmeneti hatásukra van szükség.

Kombinált az a védelem, ha a megelőző védelemmel együtt egy más károsodási folyamatot is megszüntetünk, vagy ha a megszüntető védekezés a későbbiek során várható más veszélyeztetettség ellen is védelemként szolgál. Mint ahogy neve is mutatja, a kombinált védelem a megelőző és a megszüntető védelem kombinációja.

Megelőző védelem

Preventív konzerválási megoldások, pl. a légnedvesség és hőmérséklet-szabályozás.

Építészeti megoldások.

Fertőtlenítő kezelések, pl. megelőző védőszerekkel.

Megszüntető védelem

Vegyszerekkel

- *Folyadékokkal*

Vizes fertőtlenítőszerrel

Oldószeres fertőtlenítőszerrel

- *Gázosítással*

Inert gázokkal - többnyire az oxigén hiánya miatt pusztulnak el a rovarok.

Reaktív gázokkal - A rovarok pusztulása azért következik be, mert a mérgező gázok irreverzibilisen blokkolják a rovarok egyes enzimeit, vagy a gázok reagálnak a rovarok citoplazmájával.

Fizikai módszerekkel

Sugárzással (radioaktív-, gamma-, röntgen-sugárzás)

Melegítéssel

Fagyasztással

Nagyfrekvenciájú hullámokkal, pl. mikrohullámok

Ultrahanggal

Vákuummal

Túlnyomással

A fagyasztás, túlnyomás és a sugárzással történő fertőtlenítés csak szállítható műtárgyak esetében jöhet szóba,

A melegítéses fertőtlenítésnek két változata létezik. Az egyik eljárás során a légnedvesség állandó értéken történő tartása mellett fertőtlenítenek. Ez a műtárgyak számára előnyösebb, tekintettel arra, hogy a légnedvesség változás miatti zsugorodásokkal, felválásokkal, károsodásokkal nem kell számolni. Festett tárgyak, pl. táblaképek, szobrok, festett bútorok stb. esetében csak ez a változat jöhet szóba. Az állandó légnedvességen melegítéssel történő fertőtlenítés feltétlenül szabályozható, fűthető, fertőtlenítő kamra. Ezért csak szállítható műtárgyak fertőtleníthetők ezzel az eljárással. Ilyen az ún. Thermo Lignum® vagy a klav-Ex® eljárás.

A másik eljárás során a légnedvesség változik a fertőtlenítés alatt. Ez a módszer alkalmas épületekben végzett hevítéses fertőtlenítéseknel, pl. a fedélszékekben hevítéssel végzett házicincér fertőzés, vagy könnyező házigomba helyi megszüntetésére. Ilyen a Selerex® eljárás, amikor fűtőrudak és fűtőpárnák segítségével gerendák könnyező házigomba fertőzése szüntethető meg.

Biológiai módszerekkel

Károsítókkal táplálkozó, vagy azokon élősködő, pusztulásukat okozó rovarokkal, gombákkal, baktériumokkal. Hormonokkal, csalogató- és riasztóanyagokkal.

Higénia - a restaurátorok egyik legfontosabb tennivalója, hogy a fertőzött tárgy sose kerüljön már fertőtlenített tárgyakat tartalmazó raktárba, kiállításba. A fertőzött tárgyakat mindig karanténban, jól elkülönített helyen kell tárolni állandó felügyelet mellett, és minél előbb a fertőtlenítésükről gondoskodni kell.

Higéniai javaslatok

(preventív konzerválási intézkedések)

Az adott anyaghoz, tárgytípushoz előírt relatív légnedvesség és hőmérséklet értéket tartani kell.

A helyiséget tisztán kell tartani.

Élelmiszert nem szabad a munkahelyiségekbe, raktárakba, kiállítóhelyekre bevinni.

Fontos a műtárgyak rendszeres meghatározott időszakonkénti ellenőrzése, különös figyelemmel az újonnan bekerült tárgyakra, melyeket átmenetileg karanténba kell helyezni és megfigyelés alatt tartani.

1. Magyarországon alkalmazott fertőtlenítő megoldások a 20. század elejétől az 1980-as évekig

A fertőtlenítési eljárások fejlődését jól szemléltetik a debreceni Déri Múzeum példáján a következőkben leírtak.

"A Déri Múzeum helyiségében az alagsorban be rendezett szénkénevező kamra egy új, 150x150x70 cm nagyságú horganylemezzel bélelt szénkénevező ládát kapott, melybe a tavaszi és a nyári szénkénevezések most már gyorsabb ütemben eszközölhetők".¹

"A textilraktár helyiségében felhalmozódott anyagot a lassúmenetű szénkénevezés helyett két ízben ciánoztattam, úgyszintén vitrinbe helyezés előtt a Déri György ezredes néprajzi múzeum textiltárgyait is. Emellett nyár derekán a szükséghez képest szénkénevezés is folyt." ²

Még 1942-ben kialakításra került a múzeumban egy ciánozó fertőtlenítő kamra. A Déri Múzeum és a Thaly szoba között, egy 31 légköbméteres első emeleti szobában, ahova egymás fölé két sor vassínt építettek be a ruhák és a prémes tárgyak felakasztására.

Korábban a múzeum textil és prémanyagát szénkéneeggel fertőtlenítették. A fertőtlenítés lassú menete, a szénkénevező tűzveszélyessége, valamint megnehezült beszerzése szükségessé tette a gyorsabb és egyszerűbb ciánozás használatát. Hidrogén-cianid (ciángázzal) tökéletes fertőtlenítést értek el 3-3,5 ezrelékes koncentrációban. Kétszeri ciánozással a Déri Múzeum egész anyagát egy évre fertőtleníteni tudták. Ezzel a megoldással a tárgyakat "nagy tömegben egyszerre, olcsó áron" tudták fertőtleníteni. "A szénkénevezéssel szemben az olcsóságon felül előnye, hogy szűtette

nagyobb bútorok, nagy terjedelmű szőnyegek is beállíthatók a kamrába és ami fontos, a cián a fémszálak textíliáknak sem árt." ³ (Ma már ismert, hogy a fémszálakat, fémeket megtámadhatja!!!) A ciánozó gázmester végezte az előírásoknak megfelelően. A két múzeumi épület között a kamra szellőztetését gond nélkül lehetett végezni, mivel lakók nem voltak a közelben.

1947-ben a prém-, textil- és bőryananyagokat Szabados Gyula mester többször kezelte (fertőtlenítette, feltehetőleg a korábban már alkalmazott ciánozással). A megegyezés szerint köteles volt az anyagot háromszor havonta átvizsgálni.⁴

Az 1950-es évek elején a Déri Múzeumban az egyik legnagyobb probléma a néprajzi fatárgyakat károsító "szűfélék és kopogóbogarak" elleni védekezés volt. Ezeknek pusztítására eddig széntetrakloridot vagy szénkéneget, vagy a Rathgen féle eljárás szerint egy keveréket fecskendeztek be a feregjártokba: 30 cm³ széntetraklorid, 15 cm³ terpentinolaj keverékében oldott 10g globolt és 5 g kemény paraffint oldottak. Befecskendezés után a lyukat kemény paraffinnal tömték be.

Ez idő tájt a különféle szakirodalmak szerint a széntetrakloridot kevésbé hatásos szerként emlegetik. A szénkéneget, pedig ártalmas a festésekre, féंबरakásokra és a különféle díszítésekre, ezért használatát Debrecenben elvetették. A Rathgen keverék, pedig túl sűrű volt ahhoz, hogy a kis átmérőjű járatokba injekciós tűvel befecskendezzék. Ezért az utóbbi kezelést rövid használat után elvetették.

Viszont kielégítő eredményeket értek el xilolnak a rovarjártokba való fecskendezésével. Egyszeri kezelés már a rovar minden formáját elpusztította.

Ugyanekkor a néprajzi bundák és a textilraktár molytalanítása is nagy gondot jelentett. A molyok szinte kiiríthatatlannak bizonyultak, mivel a különféle rovarirtó szerek nem bizonyultak megfelelőnek. Moly ellen a helyiséget petróleummal mosták fel, és a textileket negyedévenként áthajtogatták. A molyveszély ettől megszűnt, a továbbiakban a raktárt ciánoztatták, az újonnan bekerült textileket pedig benzinnel fertőtlenítették. A naftalinozást elvetették, mert kis mennyiség belőle teljesen hatástalan. A szükséges mennyiség 10 kg egy 40 m³-es helyiségre, teljesen zárt helyiségben, szekrényben vagy ládában. "A globol hatásmechanizmusa is a naftalínéhoz hasonló. A DDT és ehhez hasonló rovarirtó porok pedig anesztetikussá tették textiljeinket, s ebből is rengeteget kellett használni. Hatóanyagának - a pyrethrumnak - önálló használata pedig nagyon költséges.

Végeztünk kísérleteket HCH-val (Hexaklor-

¹Sőregi János: Jelentés Debrecen sz. kir. Város Déri Múzeuma 1935. Évi működéséről és állapotáról, A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve 1935 Debrecen 1936?7.

²Sőregi János: Jelentés a Déri Múzeum 1940. évi működéséről és állapotáról, A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve 1939-1940, Debrecen, 1941. 72.

³Sőregi János: Jelentés a Déri Múzeum 1942. évi működéséről és állapotáról, A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve 1942, Debrecen, 1943. 6.

⁴Sőregi János: Jelentés az 1947. évről, A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve 1943-47, Debrecen, 1948. 56.

ciklohexán), melyből igen kis mennyiséget tűzálló tálba helyezve, a bezárt helyiségben melegítettük vulany-rezson. Szintén öli a moly minden formáját, de a fémgombok esetleg megsötétedhetnek. Fémszálás textiljeinket erre az időre kivittük a helyiségből. A felhasznált anyag kis mennyisége, alkalmassága, könnyen kezelhetősége, s az eljárás siker számunkra előnyösnek mutatkozott, azonban sajnos, a kísérleti mennyiségnél többet szerezni nem tudtunk.⁵

Az 1950-1980-as évek között divatos fertőtlenítőszer volt a kiváló hatású DDT (4,4'-diklór-difenil-triklóretán, rovarölőszert), a Lindán (g-HCH, gamma-hexaklór-ciklohexán, rovarölőszert (Msz), és a pentaklórfenol ill. nátrium sója (gombaölőszert). Ezeket kiváló fertőtlenítő tulajdonságuk és hosszú élettartamuk ellenére ma már a környezeti ártalmuk miatt nem használják. Régebben kezelt műtárgyakon azonban sokszor találkozhatunk e szerek maradványával. Ilyen esetben megfelelő óvatossággal kell eljárni. Mindegyik említett szer gőznyomása akkora, hogy a légtérbe is jut belőle, párolog. A párologás erőssége szerinti sorrend: pentaklórfenol > Lindán > DDT. A DDT-re jellemző, hogy a fertőtlenített tárgy felületén fehér, kristályos formában kivirágzik. A Lindan kristályosodás nélkül párolog.

A ma, a restaurátori munkában még gyakori, folyadék halmazállapotú fertőtlenítőszerrel (fertőtlenítő hatású vegyszerek oldatával) végzett fertőtlenítések, feltehetőleg a jövőben háttérbe fognak szorulni az e tanulmányban vázolt, a műtárgyakra, az emberre és a környezetre kevésbé veszélyes, egyszerre nagy műtárgymennyiség esetén is könnyen kivitelezhető megoldásokkal szemben. A folyadékokkal végzett fertőtlenítésekkel azonban a jövőben sem tekinthetünk teljesen el! Valószínűleg előtérbe kerülnek a kombinált (egyszerre gombák és rovarok ellen is hatásos) szerek.

2. Fertőtlenítő gázok - gázosítás

Már az ókor óta ismeretes a fa füstöléssel történő kezelése, gombák, rovarok elleni védelem céljából, ami valójában gázosításnak is felfogható. A népi gyakorlatban ezt a technikát még ma is alkalmazzák: "A régi lángfogók olyan nagyok vótak, hogy sok füst belefért. Vót neki olyan póca, s feltettek oda olyan egy méteres, két méteres tölgyfadeszkát, vagy inkább bükkfadeszkát mikor az megfüstölődött jól, már látták a mesteremberek, hogy mennyire kell megfüstölődjön" (Gazda József: Mindennek mestere - a falusi tudás könyve; Püski kiadó, Budapest, 1993, 75-76.)

A gáz halmazállapotú fertőtlenítőszerrel lényegesen gyorsabban hatolnak be a fertőtlenítendő anyagba, mint a folyadékos szerek. A hőmérséklet emelése növeli a gázok hatását.

A gázosítás előnye, hogy a gáz könnyen, gyorsan és

mélyre tud a fába behatolni, esetenként teljes keresztmetszeti behatolás is elérhető. Nagy hátránya, hogy a fertőtlenítés csak addig tart, amíg a gáz a fában van, ezért könnyen újrafertőződhet a gázosítás után a tárgy, tehát gázokkal csak megszüntető védelem érhető el, megelőző nem. Tekintettel arra, hogy a gázok a tárgyból gyorsan eltávoznak, ha a védelmet hosszabb távon kívánjuk megoldani, a gázosítás után a műtárgyat megelőző hatású fertőtlenítőszerrel is kezelni kell.

Gázosításos fertőtlenítéshez zárt tér szükséges. A gázt a gyakorlatban vagy gázként, tartályból vezetik be a gázosító kamrába, vagy folyadék-ampulla összetörését követően a folyadék elpárolgásakor keletkezik, vagy egy inert hordozóra adszorbeáltatott formából (tabletták) fejlődik. A gáznak a fertőtlenítéshez előírt koncentrációját a szükséges ideig kell a fertőtlenítő térben fenntartani. Meg kell akadályozni a gáz felhígulását és kiszökését a térből. Gázosítással akár faépületeket, pl. templomokat is lehet fertőtleníteni az épület köré emelt óriási, gáz át nem eresztő fólia-sátorban.

A fertőtlenítő gáz a rovar testébe diffúzióval ill. a rovar légzésével kerül be. A mérgező hatású gázokkal végzett fertőtlenítés rovarok esetében általában 24 óra alatt lejátszódik, ami vákuum alkalmazása esetén (magnövekszik a gázkoncentráció) akár 2-3 órára is lecsökkenthető.

Fontosabb reaktív fertőtlenítő gázok

Hidrogén cianid (cián-hidrogén, kéksav), metil-bromid (brómmetán), foszfin (foszfor-hidrogén), etilén-oxid (Oxiran), propilén-oxid (1,2-epoxipropán), szulfuril-fluorid (szulfuril-difluorid, Vikane), aril-nitril (vinil-cianid, propén-nitril), széntetraklorid (tetraklórmetán), triklór-etilén, széndiszulfid (szénkénes), kén-dioxid, formaldehid, timol.

Inert fertőtlenítő gázok

Nitrogén, argon, széndioxid.

Kísérletek folynak még a héliummal és a dinitrogén-oxid (kéjgázzal).

2.1. Reaktív gáz fertőtlenítőszerrel

A 20. század elején, amikor egyre több kritika érte a műtárgyakon olajosodást, zsírosodást, elszíneződést okozó kezeléseket, fellendült a mérgező gázok használata rovar károsítók ellen, a fertőtlenítést többnyire ún. gázládában vagy kamrában végezték, ma már hajmeresztőnek tűnő biztonsági körülmények mellett.

Hidrogén cianid (cián-hidrogén, kéksav)

Kémiai képlete: HCN.

Fertőtlenítési koncentráció: 20-30 g/m³

Fertőtlenítés időtartama: 3 nap.

Szintelen éghető folyadék, forráspontja 25,6 °C. Szaga keserűmandulára emlékeztet. Más források szerint szagtalan, a keserűmandula szagot a hozzákevert benzaldehid okozza (Buttenberg et al. 1925).

Általában porózus inert anyagra (pl. diatomaföld, fü-

⁵Ditróiné Sallay Katalin: Gyakorlati tapasztalatok a restauráló laboratóriumban, Debreceni Déry Múzeum Évkönyve 1948-1956, Debrecen, 1957. 85-86.

részpor, papírcsíkok) adszorbeáltatják és speciális zárral ellátott, fémdobozban hozzák forgalomba. A doboz felnyitása után a gáz még alacsony hőmérsékleten is elég gyorsan elpárolog a hordozóanyagról a gázosítandó térbe. Elnevezése Zyklon B.

A hidrogén cianid a levegőnél könnyebb gáz, ezért gyorsan eloszlik a gázosítandó térben és behatol a fertőtlenítendő tárgyba. Deszorpciója a tárgyból lassúbb, mint a behatolása. Fémekkel, még a nemesfémekkel is reakcióba lép!

Előnye jó fertőtlenítő hatása, a rövid fertőtlenítési idő (kb. 72 óra) és az alacsony alkalmazhatósági hőmérséklet (hideg időben is használható).

Hátránya az aránylag jó vízdoldhatósága, ami nagy nedvesség (pl. esős időjárás) esetén a tárgyból történő eltávozási idejét lényegesen meghosszabbíthatja. Nagy nedvességtartalmú helyiségekben a műtárgyakra káros reakciók játszódhatnak le!

Történetileg faanyagok fertőtlenítésére a legkorábban használt gáz (1857). Fakárosító rovarok ellen műemléken Európában először 1921-ben, Svédországban, a Kalmar-i királyi kastély fertőtlenítésére (Grosser és RoBmann 1974) használták. A berlini múzeumok híres vegyésze Rathgen, 1924-ben alkalmazását még megfontolandónak tartotta a nagy mérgezési veszély miatt (Rathgen 1924). 1929-ben, Ausztriában a Kefermarkt-i oltárt fertőtlenítették hidrogén-cianid gázzal (Oberwalder 1930; Kaiser és Fried 1930, 1931; Kerschner 1930). A templomablakokat zsírpapírral zárták le. Eredetileg az oltárt szénkénnel akarták fertőtleníteni, de a nagy robbanásveszély miatt lettek róla (Schiessl 1984). Az 1970-es években többen értékelték a hidrogén-cianidos fertőtlenítéssel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatokat (Grosser és RoBmann 1974; Bäumert és Wentzel 1978; Hickin 1978; Serk-Dewaide 1978). Használata ma már visszavonulóban van.

Metil-bromid (brómmetán)

Kémiai képlete: CH_3Br

Fertőtlenítési koncentráció: 20-60 g/m³

Fertőtlenítés időtartama: 1-3 nap (rovarokra), 4 nap (gombákra)

Színtelen, éghetetlen, a levegőnél sokkal nehezebb gáz, forráspontja 4,5 °C.

Könnyű illékonyasága miatt a fába kiválóan hatol be, és ezért rövid fertőtlenítési idő szükséges. Tekintettel arra, hogy a levegőnél nehezebb, kevertetni kell a fertőtlenítés alatt, hogy ne ülepedjen le. Kiszellőztetése is gyorsan, probléma nélkül megoldható, ezért a visszamaradó gáz miatti mérgezés veszélye csekély. Tulajdonságai miatt jól alkalmazható templomok, műemlékek fertőtlenítésére. Hatásos rovarok és gombák ellen.

Hátránya, hogy egyes szerves anyagokkal (pl. bőr, gumi) könnyen reakcióba lép, aminek következtében rendkívül bűdös termék keletkezik.

Foszfin (foszfor-hidrogén)

Kémia képlete: PH_3

Fertőtlenítési koncentráció: 2-4 g/m³

Fertőtlenítés időtartama: 5-10 nap

Színtelen, éghető, karbidszagú gáz. Öngyulladásra hajlamos. A levegőnél alig nehezebb.

Forráspontja - 87,7 °C.

Általában tablettá formában (alumínium-foszfid + ammónium-karbonát + paraffin keveréke, Phostoxin márkaneven) kerül forgalomba. A légnedvességgel történő reakciója során, lassan és elnyújtva (mintegy 72 óra alatt) keletkezik a fertőtlenítő gáz. 15 °C felett alkalmazható. A fertőtlenítéshez mintegy 10 napig terjedő idő szükséges.

A foszfinnak aránylag kicsi a vízdoldhatósága, ezért nagy légnedvesség esetén se lépnek fel olyan hátrányos reakciók, mint a hidrogén-cianidnál.

A foszfin gázosításra történő alkalmazhatóságát az ún. Delicia-eljárás tette lehetővé 1936-ban (Hickin 1978). 1983-ban foszfinnal fertőtlenítették az akkori NDK-ban a Weisdin-i (Neustrelitz mellett) templomot (Unger et al. 1984), 1984-ben, Norvégiában boronafalú templomok fertőtlenítésére használták (Anon 1985)

Etilén-oxid (Oxiran)

Kémiai képlete:



Fertőtlenítési koncentráció: 500-1000 g/m³ (rovarokra), < 2500 g/m³ (gombákra) (Unger, Unger 1995a); 30-45 g/m³/5-24 óra, vákuumkamrában 1,5-2 g/m³ /4-6 óra (Unger, Unger 1986)

Fertőtlenítés időtartama: 4 óra

Színtelen, a levegőnél nehezebb gáz. Különösen robbanásveszélyes. Forráspontja 10,7 °C.

Nagyon hatásos, kiváló behatoló képességű fertőtlenítőszer. Az etilén-oxid gyúlékony, robbanóképes, az emberre nézve erősen mérgező, rákkeltő hatású gáz. Robbanásveszély miatt általában 50% metil-formiáttal, 10% széndioxiddal vagy freonokkal keverve hozzák forgalomba. Az etilén-oxid és a levegő keveréke 2,6 t% felett robbanóképes, ezért a gázosítás hígítatlan etilén-oxiddal csak vákuumkamrában lehetséges.

Hatásos rovarok, egyes fakárosító gombák, pl. penészgombák és nagy dózis esetén baktériumok ellen is. Rovarok petéit is elpusztítja. Nem okoz színváltozást és felület-elváltozást műtárgyakon. Aránylag rövid fertőtlenítési időre van szükség. A gáz hatóképessége növekvő fanedvességgel növekszik.

Szulfuril-fluorid (szulfuril-difluorid, Vikane)

Kémiai képlete: SO_2F_2

Fertőtlenítési koncentráció: 15 - 36 (lárva, báb, imágó) és 76 (pete) g/m³

Fertőtlenítés időtartama: 20 - 72 (lárva, báb, imágó) és 162 (pete) óra

Színtelen, szagtalan, a levegőnél lényegesen nehezebb gáz. Forráspontja - 55,4 °C

Akril-nitril (vinil-cianid, propén-nitril)

Képlete: $\text{CH}_2=\text{CH}_2-\text{CN}$

Fertőtlenítési koncentráció: kb. 50 ml/m³

Fertőtlenítés időtartama: kb. 5 nap
Szintelen, éghető folyadék. A levegőnél nehezebb.
Forráspontja: 77,6 °C.

1955-től az akril-nitril Ventox néven került forgalomba fakárosító rovarok leküzdésére (Grosser 1975). Folyékony formában a fémeket megtámadja. Az akril-nitril alkalmazását a nyolcvanas évek elején Németországban betiltották.

Régebbi gázosító szerek

Széntetraklorid (tetraklór-metán)

Képlete: CCl_4
Fertőtlenítési koncentráció: kb. 750-1000g/m³

Fertőtlenítés időtartama: 10-15 hét
Szintelen, éghetetlen folyadék. A levegőnél lényegesen nehezebb. Forráspontja 76,7 °C.

Bolle szerint a széntetrakloridos fertőtlenítés esetén a széndiszulfidhoz szükséges mennyiség és idő ötszöröse szükséges (Bolle 1919).

A széntetraklorid nem eléggé hatásos rovarok ellen. Folyadék állapotban a festékrétegeket megoldja. Gőze a lakk- és festékrétegeket felpuhítja. Nedvesség jelenlétében elbomolhat és sósavat képezhet, ami megtámadja a fémeket. A széntetrakloridból hosszú állás alatt fény hatására különösen mérgező foszgén (karbonil-diklorid) keletkezhet.

A huszadik század elejének egyik kedvelt fertőtlenítőszerre múzeumi tárgyakra. A fertőtlenítést vízzárral ellátott fertőtlenítő ládákban végezték (Rathgen 1924, Schiessl 1984).

Szendisulfid (szénkéneg)

Képlete: CS_2
Fertőtlenítési koncentráció: 150-200 g/m³ (Rathgen 1924), 28g/m³ (Plenderleith 1956)

Fertőtlenítés időtartama: 2-3 hét
Szintelen, éghető, gyúlékony, undorító szagú folyadék. Levegővel robbanó elegyet képezhet (Schiessl 1984). A levegőnél nehezebb. Forráspontja 46,3 °C.

Hatása rovarkártevőkre elég csekély. A széndisulfid jó oldószer az olajoknak, lakkoknak, ezért gőzei a lakk- és festékrétegeket megtámadják. A molekulában lévő kén miatt ólom-tartalmú festékek feketedését okozhatja (Schiessl 1984). A fémfelületeket mattítja.

A huszadik század elejének másik kedvelt fertőtlenítőszerre múzeumi tárgyakra.

A szénkéneg használatának kezdetétől gyűjtötték a műtárgyakra gyakorolt káros hatásait. Ilyenek voltak, pl. az ún. "Polierweiss"-szel kapcsolatos tapasztalatok. Az ezzel a technikával festett szobrokon az ólomfehérrel kevert testszínek, így pl. az arcok, kezek elfekedtek a fekete ólom-szulfid keletkezése miatt, az öltözet azonban fehér maradt. Az elfekedett részeket úgy próbálták kezelni, hogy puha rongyokkal betekerték, és hidrogén-peroxidot csepegtettek rá. Ennek során fekete ólom-szulfidból fehér ólom-szulfát keletkezett (Schiessl 1984).

Kéndioxid

Képlete: SO_2
Fertőtlenítési koncentráció: kb. 60g/m³
Fertőtlenítés időtartama: 6 óra

Szintelen, maró, szúrós szagú, fojtó, gáz. A levegőnél nehezebb. Forráspontja -10 °C.

A gázt kén elégetésével állítják elő. A gáz a levegő nedvességtartalmával először kénessavat képez, ami erős oxidálószer és a színes tárgyakat elhalványítja. A második lépésben kénsav keletkezik, ami megtámadja a műtárgy alapanyagát is. Műtárgyaknál ma már nem javasolt!

A kéndioxidot már Homérosz az Odüsszeuszban is említi, mint fertőtlenítő hatását füstölőszert. A századforduló előtt égő kénből keletkezett kéndioxidot használtak könyvtárakban és más gyűjteményekben a rovarok leküzdésére (Schiessl 1984). 2 tf% kéndioxid zárt teremben 6 óra alatt a rovarokat megöli (Schiessl 1984).

A formaldehid, a triklóretilén és a timol az előző fertőtlenítőszerhez képest lényegesen gyengébb hatással rendelkezik, ezért ezeket részletesen nem ismer-tjük.

Az 1990-es években az inert fertőtlenítő gázok használata előtérbe került. A reaktív (mérgező) fertőtlenítő gázok közül a hidrogén-cianid és a foszfin használata erősen visszaszorult és előtérbe került a metil-bromid. Feltehetőleg a közel jövőben az ózonrétegre gyakorolt károsító hatása miatt, ez utóbbi alkalmazásának mértéke is erősen csökken.

2.2. Inert gáz fertőtlenítő szerek

Ebbe a kategóriába soroljuk a nitrogén-, argon- és a széndioxid-gázzal végzett fertőtlenítéseket. Ezek a gázok a levegőben jelen vannak.

A levegő összetétele: 78% nitrogén, 21% oxigén, 0,9% argon, 0,03% széndioxid és a maradék egyéb gázok.

Élelmiszerkészletek rovarok ellen történő védelmére manapság az egyik leggyakrabban javasolt módszer az ún. inert atmoszférában történő tárolás. Ennek eredményeit felhasználva az utóbbi tíz évben egyre többet foglalkoznak műtárgyak hasonló jellegű fertőtlenítésével.

Rovarok esetében a fertőtlenítésnél mindig a 100%-os halandóságot kell megcélozni.

Az inert fertőtlenítő gázok hatásossága a következő sorrendben változik ($Ar_2 > N_2 > CO_2$).

Mindig figyelemmel kell lenni a gázok tisztaságára és a bennük található szennyeződésekre, amelyek a gáz előállítás és tisztítási körülményeitől függenek. Gyengébb minőségű gázoknál, a nitrogén és az argon esetében a gáz oxigéntartalmára (mivel a fertőtlenítésnél 0,1 tf% alá kell csökkenteni!), amíg a széndioxidnál a felhasznált gáz szénmonoxid-tartalmára (erős redukálószer) kell különösen figyelni.

A nitrogén, argon és a széndioxid szintelen,

szagtalan, nem éghető gázok. A nitrogén a levegőnél valamivel könnyebb, az argon és a széndioxid pedig nehezebb gáz. Ezért az argon és a széndioxid a fertőtlenítő térben (sátorban, kamra) alulra törekszik, leülepszik, így feltétlenül keverésről kell gondoskodni, hogy egyenletes koncentrációt tudjunk elérni a fertőtlenítés alatt a sátorban.

Fertőtlenítő hatását tekintve az említett három gáz bármelyikével a rovarok elpusztíthatók lárva, báb és kifejlett rovar, fejlődési szakaszban. Amennyiben peték is feltételezhetők, akkor a következő lehetőségek állnak rendelkezésünkre:

Gázosítás a rovarok kirepülési és párosodási idején kívül (késő tavasszal, vagy még hatásosabb kora ősssel).

Annyira meghosszabbítani az egyébként szokásos gázosítás idejét, hogy a nőstények petelerakását megzavarjuk, és a már lerakott peték kiszáradjanak és a bennük lévő lárvák ne tudjanak kifejlődni.

Kétszeri gázosítás egy éven belül, a második gázosítást akkor elvégezve, amikor már a petéből a lárvák biztosan kikeltek.

A nitrogén és az argon hatására a rovarok megfuladnak. A széndioxid izgatja a rovarok légzőizmait és felfokozott légzést okoz. Emellett a rovar vérének a savtartalma is fokozódik, a nikotinsavamid-adenindinukleotid (NAD) blokkolódása következtében kialakuló protonfelesleg miatt.

A nitrogén, argon és széndioxid nem alkalmas gombák elpusztítására!

Egyes gomba tenyészeteket, pl. nitrogénben szoktak eltartani. A gombák micéliumainak növekedése és a spórák kicsírázása az említett gázokban csökken. Ez a hatás annál nagyobb, minél kisebb a légnedvesség.

Az argon hatása a rovarokra gyorsabb, mint a nitrogéné, ára viszont lényegesen drágább.

Műtárgyak esetében fontos annak a vizsgálata, hogy a nitrogén, argon és a széndioxid hogyan hat a műtárgyakat alkotó anyagokra, festett rétegekre, pigmentekre, fémrészekre, lakkokra, politúrokra stb.

A nitrogén és argon nem reagál a műtárgyak anyagával és disztéziseivel, ezért esetükben idáig semmiféle káros hatást nem figyeltek meg. A széndioxid esetében bizonyos körülmények (magas nedvességtartalom, hőmérséklet és széndioxid-koncentráció) mellett reakciók létrejöhetnek. Magas nedvességtartalom mellett keletkező szén-sav színváltozást okozhat ólomfestékeken (massicot - PbO ; minium - Pb_3O_4), cinkfehéren (ZnO) és ultramarinon ($3Na_2-Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2Na_2S$). Lenolajfirnisz, gumiarábikum és sellakkrétegek átlátszóságában okozhat változást a nedvességtől függően.

Ezüstfelületeket elhomályosíthat.

A gázosítást jól szigetelt konténerben, kamrában vagy gázt át nem eresztő fóliásátorban (teljes oltárokat, templomokat is kezelnek így) végzik.

Az inert gázokkal végzett fertőtlenítés általában 4 szakaszra bontható:

1. Kiindulási szakasz

A műtárgyat, műemléket megfelelő, gáz át nem eresztő tartályba, kamrába sátorba helyezik, a szükséges szigetelést elvégzik.

2. Átöblítési szakasz

A gázosító térben még meglévő levegőt átöblítéssel, addig hígítják, amíg a szükséges oxigén- ill. fertőtlenítő gáz-koncentrációt el nem érik.

3. Fertőtlenítési szakasz

Ki kell várni azt az időt, amíg a rovarok elpusztulnak (általában hetekig tart). Közben a fertőtlenítési paramétereket (az oxigén és a fertőtlenítő gáz koncentrációját, hőmérsékletet, gáznedvességet) állandóan ellenőrizni kell és a gáz folyamatos utántöltéséről gondoskodni kell. Általában az inert gázzal kis túlnyomást (kb. 5 Pa) hoznak létre a fertőtlenítő térben, hogy az oxigénnek a fólián keresztül, kívülről történő bediffundálását csökkentsék, valamint a fólián és a tömítetlenségeken keresztül kijutó fertőtlenítő gázt pótolják.

A fertőtlenítő teret határoló falakon keresztül (fólia) Fick diffúziós törvényének megfelelően a gázok koncentráció kiegyenlítődése zajlik. A belül lévő fertőtlenítő gáz kifelé, a kívül lévő levegő és vele együtt az oxigén befelé igyekszik. A folyamat sebességét egyrészt a fólia anyaga (ami meghatározza a tulajdonságait, amelyek közül a legfontosabb a gázáteresztő képesség - általában különböző a gázáteresztő képesség a fertőtlenítő gázra és az oxigénre), másrészt a gáznyomás, a gázkoncentráció és a hőmérséklet szabja meg. Ezért csak nagyon kis gázáteresztő képességű fóliák használhatók! Tekintettel arra, hogy az említett diffúziós folyamat a gázosítás teljes ideje alatt zajlik (koncentráció kiegyenlítődés nem jöhet létre, mert akkor a fertőtlenítő gáz koncentrációja nem volna elégséges a fertőtlenítéshez), ezért a bejutó oxigén eltávolításáról és a kijutó inert gáz pótlásáról folyamatosan gondoskodni kell!

4. Kiszellőztetési szakasz

A fertőtlenítő gázt kiszivattyúzzák, és levegővel pótolják vagy kisebb kamrák esetén, egyszerűen kinyitják, és a tárgyat kiveszik. Itt feltétlenül vigyázni kell az esetleges belégzés következtében létrejövő fulladásveszélyre (MAK értéke 0,5 tf% = 5000 ppm, 10 tf% fölött eszméletvesztést és fulladást okoz), tekintettel arra, hogy a kikerülő nagymennyiségű inert gáz erősen megváltoztatja a levegő összetételét, ami kellő odafigyelés nélkül balesethez vezethet. Különösen figyelni kell a széndioxid esetében. Hasonló veszélyhelyzet alakulhat ki, mint a bor forrásakor egy pincében!

Széndioxidos gázosításhoz mintegy 60 tf% széndioxid-koncentráció és kb. 3-4 hét szükséges a fertőtlenítéshez. Ekkor a fertőtlenítő-térben aránylag sok, mintegy 8 tf% oxigén ($40 \times 0,21 = 8,4\%$) van még jelen.

Nitrogén- és argon-gázos fertőtlenítés esetén a fertőtlenítő térben 0,1 tf% oxigén-koncentráció lehet.

Minél kisebb az oxigén-koncentráció (minél nagyobb a nitrogén vagy argon-koncentráció) annál rövidebb a fertőtlenítéshez szükséges idő. A nagyon kis oxigénkoncentráció miatt a fertőtlenítő térnek teljesen gázzárónak, és az ezt határoló fóliának nemcsak

kis gáz-áteresztőképességűnek, hanem rendkívül kis oxigén-áteresztő képességűnek is kell lennie, hogy az oxigén a külső levegőből, a fólián keresztül se diffundálhasson be a zárt fertőtlenítő térbe. Erre a célra a hagyományos fóliák, pl. a polietilén fólia nem alkalmas, mivel sok oxigént képes átteresztetni!

Amennyiben a műtárgyon károsító rovarok petéi is jelen vannak, úgy legalább 4-5 heti nitrogénes vagy argonos fertőtlenítéssel kell számolni!

A fertőtlenítő gázt gázpalackból, tartályból stb. nyerjük. Tekintettel arra, hogy többnyire a gáz cseppfolyósított állapotban van a tartályban, nitrogén esetében - 198,5 °C-on, széndioxid esetében - 56,6 °C-on, valamint hogy a gáz kiterjedésekor (elpárolgásakor) hőt von el a környezetétől, a gáztartály és a fertőtlenítő egység közé megfelelő kapacitású hőcserélőt is be kell iktatnunk, ami a hideg gázt szobahőmérsékletre felmelegíti. Ez azért is szükséges, nehogy a műtárgyakon fagykár keletkezzen.

A vásárolt fertőtlenítő gáz vizet gyakorlatilag nem tartalmaz, teljesen száraz, a fertőtlenítőterbe beengedve annak légnedvességét rendkívüli módon lecsökkentené, ami a fertőtlenítendő tárgyak hirtelen kiszáradás miatti károsodását vonná maga után (repedezés, deformálódás, vetemedés, festékrétegek, aranyozás leválása stb.).

Az oxigén-koncentrációt, a légnedvességet a fertőtlenítendő térben és a hőmérsékletet az egész fertőtlenítés alatt mérni kell.

2.2.1. Nitrogén gázzal végzett fertőtlenítés

A fertőtlenítéshez szükséges idő

A nitrogén gázzal végzett fertőtlenítés lényege, hogy a rovarok az oxigén hiánya miatt megfulladnak az eljárás során.

A Getty Conservation Institute által megrendelt tanulmányban entomológusok vizsgálták 10 gyakori múzeumi károsító halandóságát oxigénben szegény környezetben (körülmények: 0,1 tf% = 1000 ppm oxigén koncentráció, 25,5 °C-on, 55,5% relatív légnedvesség) (Rust and Kennedy 1993, 1995).

A dohánybogár kivételével az összes többi rovar minden fejlődési formája 5 napon belül elpusztult. (Ez a dohánybogárnál 8 nap alatt következett be!) Egy újabb sorozatban magasabb oxigénkoncentrációk mellett megismételték a kísérletet (0,3 tf% = 3000 ppm és 0,6 tf% = 6000 ppm). Az eredmények szerint 0,3 tf% = 3000 ppm oxigénkoncentráció mellett 5 nap alatt 100%-os elhalás állt be (minden fejlődési formában: pete, lárva, báb, kifejlett bogár).

A hőmérséklet emelése jelentősen növelte az elhalálózást. A hőmérséklet 20 °C-ról 25 °C-ra történő emelése a kezelési időt a harmadára csökkentette! A relatív légnedvesség hatása nem annyira jelentős, mint a hőmérsékleté, csökkenésénél, jóval kisebb mértékben rövidül a 100%-os elhaláshoz szükséges idő.

Biztonsági rátartással 0,3 tf% oxigénkoncentráció mellett, 20-25 °C-on 14 napos kezelési időt javasoltak. A kezelés alatt az oxigénkoncentrációt és a hőmérsékletet ellenőrizni szükséges és a megadott értéken kell

tartani. Amennyiben az oxigénkoncentráció megemelkedne jóval hosszabb kezelési idő szükségeseltetik.

A nitrogénes fertőtlenítéshez szükséges felszerelés

A fertőtlenítő berendezés a következő részekből áll:

- nitrogénforrás (általában folyékony nitrogént tartalmazó gázpalack
- nitrogén gáz nedvesítő (a gáz a tartályban 0,001% = 10ppm körüli nedvességet tartalmaz, ennek következtében, ha nedvesítés nem volna a fertőtlenítő sátorban a relatív légnedvesség drasztikusan lecsökkenne és a rendkívül száraz térben a műtárgyak károsodhatnak a fertőtlenítés aránylag hosszú időtartama alatt)
- érzékelők (a gázosítás teljes ideje alatt mérni kell az oxigén koncentrációt, a hőmérsékletet és a relatív légnedvességet)
- gáz át nem eresztő fertőtlenítő sátor
- vákuumszivattyú (a sátor kimenetelére csatlakozva, úgy beállítva, hogy a sátorban a gáznyomás megemelkedése nitrogén betáplálással legyen elkerülhető)

Fertőtlenítési technikák

a. A sátor folyamatos átöblítéses üzemeltetése

Elméletileg még a házilag készített gázosító sátorban is könnyen előállítható hosszú időn keresztül a fertőtlenítéshez szükséges 0,3 tf% oxigénkoncentráció folyamatos nitrogén átöblítés mellett. Hátránya, hogy a gázpalackokat cserélni kell, a gáz nedvesítése komplikáltabbá válik és a nagy gázszükséglet miatt a fertőtlenítés költsége megemelkednek.

b. A sátorban lévő nitrogén időnkénti cseréje

Amikor az oxigénkoncentráció megemelkedik a sátorban lévő nitrogént kiszivattyúzzák és a helyére friss nitrogént eresztenek. Ezzel a technikával jelentősen csökkenthető a szükséges nitrogén mennyisége az átöblítéses eljáráshoz képest. Hátránya, hogy az evakuálás során a műtárgyak és a műanyag sátor könnyen sérülhet.

A levegő eredeti oxigéntartalmának (20,9 tf%) 0,1% alá való csökkentéséhez nyolcszor kell a fertőtlenítő sátorban lévő gáztömeget nitrogénre lecserélni. A levegő egyszeri nitrogénre történő cseréje az oxigénkoncentrációt 20,9 tf%-ról a felére, vagyis 10,45 tf%-ra csökkenti, ugyanakkor a sátorban lévő légnedvesség is a felére csökken, pl. 50%-ról 25%-ra. A sátor tömítettsége szabja meg, hogy a kezeléshez mennyi nitrogén szükséges. A gázosítás kezdetén, az első pár napon a műtárgyaktól és a sátor építőanyagaiból is diffundálhat oxigén a rendszerbe. Ezt figyelembe véve először az oxigén koncentrációt 1-3%-ra, majd 2 nap eltelte után, amikor már feltehetőleg az anyagokban lévő oxigén kidiiffundálhatott, 0,1 tf%-ra csökkentik. Ezt követően az oxigénkoncentráció növekedését már csak a sátor tömítettsége határozza meg.

A kezdesi paraméterek ellenőrzése

Hőmérséklet és relatív légnedvesség

A hőmérséklet és a relatív légnedvesség változása jól

követhető termohigrográffal. Nagy sátorok esetén elektromos mérőműszert célszerű használni, amelyek a változást gyorsan jelzik, számítógéppel összeköthetők, és így a rendszer automatikus felügyelete és vezérlése is lehetővé válik.

Oxigénkoncentráció

Az oxigénkoncentráció mérésére hordozható mérőműszer a legmegfelelőbb. Az ilyen műszer általában 1 tf% alatti oxigén koncentrációkat képes mérni, kalibrálható, és hőmérséklet kiegyenlítővel is ellátott. Hátránya, hogy pár százezer forintba kerül. Célszerű elemes mérőműszert használni, mivel ez könnyen elhelyezhető a sátorban és nem kell áramellátásáról gondoskodni, nem jön ki vezeték a sátorból, ami tömítettségi problémát okozhat.

Az oxigénkoncentráció ellenőrzése egyszerűen is megoldható Ageless-Eye® (Mitsubishi Gas Chemical Europe GmbH, Immermannstraße 45, 40210 Düsseldorf) oxigénindikátor segítségével. Az Ageless-Eye® egy tableta, ami színváltozással jelzi az oxigénkoncentrációt. A tableta ibolyaszínűről rózsaszínre változik, ha az oxigénkoncentráció 0,1 tf% alá csökken. A színváltozás reverzibilis. Párszori alkalmazás után célszerű az olcsó tablettákat eldobni, és újra cserélni, mert előfordul, hogy megbízhatatlanná válnak! Az új, még fel nem használt Ageless-Eye® tablettákat célszerű Ageless® oxigénmegkötővel összecsomagolva sötétben és hűtőszekrényben tárolni.

A gáz át nem eresztő fertőtlenítő sátorhoz szükséges műanyagfólia

A sátort a legegyszerűbben magunk építhetjük.

A műanyag fóliával kapcsolatos követelmények:

- rendkívül kis oxigénáteresztő képességgel (kb. 50 cm³/m²/nap, 100%-os oxigénatmoszférában mért érték) kell rendelkeznie

- elég erősnek és hasadással szemben ellenállónak kell lennie ahhoz, hogy többször is használható legyen a sátor (általában 0,1 mm vagy ennél vastagabb fóliát használnak)

- átlátszó legyen, szemmel jól követhető legyen a fertőtlenítés folyamata a teljes idő alatt

- a fólia hővel hegeszthető legyen

- a szükséges méretben kapható legyen.

A hagyományos fóliák (pl. polietilén fóliák) nem alkalmasak erre a célra. Az említett követelményeknek csak speciális, több rétegből készült ún. laminát fóliák felelnek meg. Általában jól használhatók az etilénvinil-alkohol, a klór-trifluoroetilén, klór-vinilidén vagy akrilo-nitril (propilén-nitril) polimer vagy kopolimer záróréteget tartalmazó fóliák. A rendkívül kis oxigénáteresztőképességű, alumínium záróréteget tartalmazó fóliák nagyon megfelelnek, de hátrányuk hogy nem átlátszóak, és sérülékenyek. A laminát fóliákra még egy újabb réteggént poliészter vagy nylon réteget is szoktak felvinni, ami fokozza a laminát mechanikai ellenállóképességét. A laminát-fóliák hegeszthetőségét egy polietilén, polipropilén vagy poli(vinil-acetát) réteg

teszi lehetővé. A sátor készítésekor a hegesztést vasalóval, melegítő spatulával, vagy fóliahegesztővel végzik.

A gyakorlatban bevált fóliák

Marvelseal 360 aluminized polymer film (Manufacturer: Ludlow Laminating and Coating Division 4058 Highway, 79 Homer, LA 71040) (oxigén áteresztés 0,13 mm vastag fólia esetén: 0,01 l/m²/nap) Keep Safe Systems, Inc. Toronto, Canada

Filmpack 1193 (Manufacturer: Ludlow Corporation, Laminating and Coating Division, 1 Minden Road, Homer, LA 71040, USA) - átlátszó fólia, oxigén-áteresztése 0,1 ml/m²-nap, 0,12 mm vastag fólia esetén
Aclar kompozitok (poli(klórfuoro-etilén), (Allied-Signal, Inc. P.O. Box 233R, Morristown, NJ 07960) oxigén áteresztés: 51,15 ml/m² nap, 0,11 mm vastag fólia esetén

Saranex 14 Dow Plastics, 2020 Willard Dow Center, Midland, MI 48674, USA

Mitsubishi-ESCAL (5-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8324, Japan) átlátszó, a fólia felületére vékony kerámia réteget gőzöltek

Mitsubishi-PTS (5-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8324, Japan)

Mitsubishi alumíniumfólia (5-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8324, Japan)

Film-O-RapFR7750 (Bell Fiber Products, P.O.Box 1158, Columbus, GA 31993, USA)

Cryovac BDF 200 (Cryovac Division, W.R. Grace, 2365 Dixie Road, Mississauga, Ontario, Canada. Forgalmazó: Conservation by Design Ltd. Timecare Works 60 Park Road West, Bedford MK41 7SL, United Kingdom). Oxigén áteresztés 4 ml/m² nap, 0,025 mm vastag fólia esetén.

Cryovac BDF 20001, az előző típusnak megfelelő.

A laminát fóliák közül a legolcsóbbak az alumínium laminátok (kb. 2 US\$/m²), a többi laminát fólia 5-11 US\$/m².

A kereskedelemben készen kapható, gázosításhoz készített sátor. A Rentokill Ltd. cég (Felcourt, East Grinstead, UK-West Sussex, RH19 2JY) 1988-ban fejlesztett ki ilyen mobil, újrahasználatú sátrat. Eredetileg metil-bromidos és foszfines fertőtlenítésekhez alakították ki, majd széndioxid gázos fertőtlenítésre módosították. 3-60 m³ közötti méreteken kapható. Egy 10 m³-es sátor ára kb. 500. 000.- Ft.

A sátor két részből áll, egy alap és egy sátorrészből, amit gáz át nem eresztő tépőzár fog össze. Nitrogén fertőtlenítésre kipróbálva megállapították, hogy ha a felállítás után a tépőzár-részre egy vazelin réteget felvisznek a 0,1 tf%-os kiindulási oxigénkoncentráció emelkedése 0,045 tf%/nap, ami 1,9 l/perces (2,7m³/nap) folyamatos nitrogén öblítést követelt meg, hogy a 0,1 tf% fenntartható legyen.

A Getty Conservation Institute tapasztalatai szerint egy 10 m³-es saját építésű sátor napi nitrogén szükséglete 0,79 m³ volt 0,1% oxigénkoncentrációt fenntartva, a veszteségek figyelembe vételével.

Nitrogénforrás

Nitrogénforrásként gázpalack, folyékony nitrogént tartalmazó gáztartály vagy nitrogén generátor használható. A fertőtlenítéshez aránylag nagymennyiségű nitrogén gáz szükséges. A kereskedelmi nitrogénes gázpalackok aránylag kevés nitrogént tartalmaznak (egy 50 literes palack 10m³ nitrogént). Ahhoz, hogy egy 10 m³-es fertőtlenítő sátor oxigénkoncentrációját 0,1 tf%-ra lecsökkentsük (nyolcszori cserével), ehhez csaknem 10db 50 literes gázpalack szükséges. A sok palack cseréje, váltogatása körülményes. Ezért jobban beváltak a **folyékony nitrogént tartalmazó 100-500 literes tartályok**. 1 liter folyékony nitrogén 696,9 liter nitrogén gáznak felel meg. A Getty Conservation Institute gyakorlata szerint egy 160 literes folyékony nitrogént tartalmazó tartály elegendő egy 10 m³-es sátor üzemeltetéséhez. Gázpalackkal kis méretű, 1-3 m³-es sátrak még jól kezelhetők.

Nagyobb sátrakhoz (100 m³), gázosító kamrákhoz jól használhatók a nagy nitrogénmennyiséget szolgáltatató **nitrogéngenerátorok**. Ezek ára viszont - forintban - már milliós nagyságrendű, és ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni a működéshez szükséges jelentős áramfelvételt sem.

A nitrogén gáz nedvesítése

Mint már szó volt róla a sátorba bekerülő nitrogén gáz nagyon száraz, ezért a fertőtlenítendő műtárgyak károsodásának elkerülése végett nedvesíteni kell. A nedvesítés egyszerűen megoldható, úgy hogy a palackból kijövő gázt két, egyenlő gázmennyiséget szállító ágra bontjuk és az egyiket vízen keresztül buborékkoltatjuk, ahol a nitrogén nedvességgel telítődik, majd a két gázát újra egymásba vezetve gyakorlatilag 50% relatív légnedvesség-tartalmú gázt kapunk, amit már a sátorba bevezethetünk.

1. táblázat. A gázosításnál használható műanyag fóliák és jellemzőik

Hagyományos egyrétegű polimer, kopolimer műanyagfóliák		Oxigén-áteresztés (ml/m ² ·nap·atm)
Polietilén (kis sűrűségű)	PE	4800
Polipropilén	PP	3700
Polisztirol	PS	5200
Poli(vinil -klorid)	PVC	200
Poli(vinilidén-diklorid)	PVDC	0,16-2,46 (szárazon)
Etilén-vinil-alkohol kopolimer	EVOH	0,11-0,80 (szárazon) 8-16 (100% légnedvességen)
Poliészter (etilén-tereftalát)	PET	56
Poliamid (kaprolaktám) (Nylon 6)	NYL	40
Többrétegű laminát műanyagfóliák		
	Oxigén áthatolást gátló réteg	Oxigén-áteresztés (ml·mm/ m ² ·nap·atm)
Polipropilén alumíniummal laminálva	PP/AL	Alumínium (AL) 3
Marveseal 360	NYL/AL/PE	AL 0,01
Filmpack 1193	PET/ragasztó/PVDC/ragasztó/PE	PVDC 0,28
Aclar Film-O-RapFR7750	PET/PE/Aclar/PE	PET és Aclar (poli(klórfuoro-etilén)) 50
Filmpack 1177		
Saranex 14		PVDC 7,7
BDF 20001	EVA/PE/EVOH/PE/EVA	etilén-vinil-alkohol kopolimer 4
Mitsubishi-ESCAL	PP/kerámiabevonatos EVOH?/PE	0,05
Mitsubishi-PTS	Kerámiabevonatos PET/PE	0,5
Mitsubishi alumínium fólia	PET/Alumínium/PE	<0,01

A nitrogénes fertőtlenítés során figyelemmel kell arra lenni, hogy habár a nitrogén nem mérgező gáz, de zárt helyiségben feldúsulhat, amikor is a levegő 20,9 tf%-os oxigéntartalma lecsökkenhet és ennek következtében eszméletvesztés, fulladás állhat be.

Ezért célszerű a helyiségben riasztóval ellátott oxigén-érzékelőt elhelyezni, amely jelez, ha az oxigénkoncentráció veszélyes érték alá csökken (pl. 19,5 tf%). Annak a helyiségnek a jó szellőztetéséről mindig gondoskodni kell, ahol a fertőtlenítést végezzük! Folyékony nitrogént tartalmazó tartályok érintésekor vigyázni kell a fagyásveszélyre, mivel a gázzá váló, hirtelen kitáguló nitrogén a környezetét lehűti és a kezünk egy pillanat alatt odafagyhat (ugyanúgy, mint pl. a szó-dássfőn patronjára). Célszerű védőkesztyűt használni, és az esetleg kikerülő folyékony nitrogént sose szabad megérinteni.

Reichmut és mtsai. középkori szobrok nitrogénes fertőtlenítésére végeztek kísérletet (Reichmut et al. 1991). A fertőtlenítést közismerten jó oxigén-áteresztésű polietilén fóliában végezték, teljes sikerrel. A tárgyakat polietilén sátorba helyezték, és mielőtt végleg lezárták nitrogénnel öblítették át 5-10 Pa (100 Pa = 1 mbar) túlnyomás mellett, amit a fertőtlenítés teljes időtartama alatt fenntartottak. A kísérlet teljes időtartama alatt az oxigén-koncentráció 1,5 tf% alatt maradt, amíg a helyiségben ez 20 % körüli volt! A szükséges 55-60 %-os légnedvességet a sátorba helyezett tálcákban tartott telített glükózoldattal érték el. A helyiségben 35 °C hőmérsékletet tartottak fenn a fertőtlenítés ideje alatt egy olajradiátor segítségével. A kísérlet kezdetekor kopogóbogár (*Anobium punctatum* de Geer) és házicincér (*Hylotrupes bajulus* L.) lárvákat tartalmazó fa próbatesteket helyeztek el. Ezeket 3, ill. 4 hét elteltével megvizsgálták. Azt tapasztalták, hogy 3 hét elteltével a lárvák mind elpusztultak.

A kísérletet megismételték, úgy, hogy a kopogóbogár és a házicincér mindenfajta fejlődési stádiumát (pete, lárva, báb és kifejlett bogár - imágó) tartalmazó fa próbatesteket helyeztek el a fertőtlenítő térbe újabb fertőzött szobrok és táblakép mellé (Unger, Unger 1995a). A fertőtlenítést polietilén fólia-sátorban végezték. Mielőtt a sátrat végleg lezárták, nitrogénnel öblítették át 5 Pa túlnyomás mellett, ezt a túlnyomást nitrogén időnkénti beeresztésével fenntartották a fertőtlenítés teljes időtartama alatt. A fertőtlenítés során az oxigén-koncentrációja 1,5 tf% alatt maradt. A sátorban a szükséges 55-62 %-os légnedvességet a sátorba helyezett tálcákban tartott telített glükózoldattal érték el, amelyhez fungicidet tettek, hogy elkerüljék a penészgombák fejlődését a gázosítás hosszú ideje alatt. A légnedvesség beállításához kalcium- vagy magnézium-nitrát telített oldata is használható, ezzel 55-58% relatív légnedvesség állítható be. Az eredmények azt mutatták, hogy szobahőmérsékleten négy hét alatt a kopogóbogár és a házicincér minden fejlődési formája elpusztult.

Kiseb tárgyak esetén a fertőtlenítő térből az oxigén eltávolításának kiegészítő, vagy egyedüli módsze-

reként jól használhatók az ún. oxigén-adszorberek (pl. Ageless®). Ezek aktivált vasvegyületek, amelyek kémiai reakcióval megkötik az oxigént. Nem reverzibilisek, tehát nem regenerálhatók, így újra használatuk nem lehetséges.

A nitrogén gázos fertőtlenítés múzeumi es műemléki tárgyak rovar-fertőzésének megszüntetésére a jelenleg leoptimalisabb eljárás. Nitrogénnel sikeresen fertőtleníthetők a fatárgyak (szobrok, táblaképek, bútorok stb.), néprajzi anyagok, könyvek, textilek, állat és növénygyűjtemények. Egyedüli hátrányként említhető, hogy a fertőtlenítést zárt térben kell végezni, pl. fólia-sátor, konténer, kamra, ahol kb. 99 tf% feletti nitrogénkoncentrációt kell létrehozni, amit megszákítás nélkül hosszú időn keresztül fenn kell tartani. Épületek fertőtlenítésére a fenntartandó magas 99% -os koncentráció miatt kevésbé alkalmas, mivel fóliázásuknál nehéz teljes tömítettséget létrehozni.

2.2.2. Széndioxid gázzal végzett fertőtlenítés

A széndioxidos gázosítás ellentétben a nitrogénessel és az argonossal különösen alkalmas fólia-sátorba burkolt nagyméretű tárgyak, épületek, pl. templomok, oltárok fertőtlenítésére. Ennek oka, hogy "csak" mintegy 60 tf% körüli széndioxid-koncentráció szükséges a fertőtlenítéshez, amíg a másik kettő esetében 99% körüli. Épületeket nehéz úgy fóliába csomagolni és szigetelni, hogy jelentős gázvesztés és az oxigén kívülről, a fólián keresztül történő bediffundálása ne játszódjék le. Ezért 99,9 tf% körüli gázkoncentrációt hosszabb időn keresztül fenntartani csaknem reménytelen, viszont a 60% körüli lényegesen könnyebb.

A széndioxid hátránya a nitrogénnel szemben, hogy a műtárgyban található nedvességgel szénsavat képezhet. A szénsav enyhe sav lévén a védtelen pigment szemcsék (pl. a festékréteg repedezett helyein (krakelee), vagy a nem elég kötőanyagot tartalmazó festékrétegek) színváltozását okozhatja. Az ólomfestékek, a cinkfehér és az ultramarin könnyen károsodhat. A nagy fa- és légnedvesség fokozza a színváltozás esélyét.

A tapasztalatok szerint széndioxidos gázosítás esetén az élelmiszerkárosítók mindenféle életformájának elpusztításához 60 tf% széndioxid koncentrációra, és 4 napra van szükség (Sanders 1987). Sanders vizsgálta széndioxid hatására különféle anyagok savasodását, de pH változást nem tudott kimutatni.

Az eltérő fejlődési stádiumban lévő (pete, lárva, báb, imágó) különféle műtárgykárosító rovarok elpusztításához szükséges széndioxid koncentrációt és időt még nem vizsgálták behatóbban.

Az épületek, pl. templomok széndioxidos fertőtlenítéséhez szükséges sok technikai segédberendezés (logisztikai terv, gázszállító tankautó, tárolótartály, elpárologtató, hőcserélő stb.), valamint nagy anyagmennyiség miatt az eljárás költségigényes. Ma még az épületek mérgező gázokkal (pl. szulfuril-fluorid) végzett fertőtlenítése olcsóbb megoldás.

Minden épületgázosításnál figyelemmel kell lenni az épületben lakó, védelem alatt álló állatokra (madarak, denevérek stb). A gázosítást a megfelelő évszakban speciális elszívók, terelők mellett lehet elvégezni.

A széndioxidos gázosítás hosszú időtartama nyomás alkalmazása mellett lerövidíthető. Természetesen csak kisebb tárgyak fertőtlenítése jöhet szóba e módon, amelyek beférnek a nyomásálló fertőtlenítő kamrába. A nyomás alatti széndioxidos fertőtlenítés 20-40 bar túlnyomás mellett pár óráig tart a normál nyomáson szükséges 2-6 hét helyett! (Binker 1995).

2.2.3. Nitrogén és széndioxid együttes használata

A gázosító térből és a benne lévő műtárgyakból nitrogén és széndioxid együttes használatával hozzák létre az oxigénben szegény atmoszférát.

(Az ajánlott gázos fertőtlenítőszerket a 3. táblázat, a nem javasoltakat a 2. táblázat foglalja össze.)

3. AGELESS®

Az Ageless® terméket a japán Mitsubishi Gas Chemical Company fejlesztette ki és forgalmazza. Az oxigén felelős az élelmiszerek romlásáért, elszíneződésért. Az Ageless® az élelmiszerek csomagolásában lévő oxigént képes megkötni, ezáltal az élelmiszer szavatossági ideje többszöröse nővelhető. Az Ageless®-t 1977-óta élelmiszerek tartósságának megnövelésére széleskörűen használják Japánban és a világ más részein.

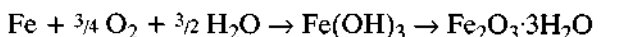
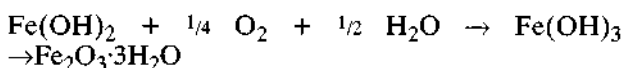
A műtárgyakat az oxigén károsíthatja. Az Ageless®, oxigénelnyelő képessége alapján, kiválóan alkalmazható műtárgyak védelmében is. Segítségével csökkenthető a fémtárgyak oxidációja, a szerves alapú műtárgyak öregedése, az aerob mikroorganizmusok növekedése és a rovarok kártétele. Az Ageless® aránylag olcsó megoldást kínál múzeumi tárgyak oxigénmentes közegben hosszú távon (pár évig) történő őrzésére, kiállítására. Kiállítási tárlókat is terveztek már ilyen megoldással (Lambert, Daniel és Preusser 1992).

Az Ageless® segítségével előállított oxigénmentes térben a rovarok elpusztulnak, így fertőtleníthetők a múzeumi tárgyak. Ehhez a tárgyat jól záró különleges fóliába kell hegesztetni. Tekintettel, arra, hogy a fóliák csak meghatározott méretekben kaphatók (általában 1 m legnagyobb szélessége a fólia tekercseknek), ezért nagy tárgyak fertőtlenítésére az eljárás nem alkalmas. A Sydney-i Australian Museum-ban évek óta használják az eljárást fertőtlenítésre. A fertőtlenítéshez 3 hétig 30 °C-on tartják a fóliába hegesztett műtárgyakat (Gilber és Roach 1995).

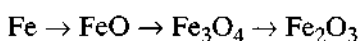
Az Ageless® az oxigénnel kémiai reakcióba lép, így azt kivonja az adott térből. Hatóanyaga finoman elporított kevés kéntartalmú vas (II)-oxid, amit tenger-sóval vonnak be, mellette még kálium-kloridot is tartalmaz. A port természetes agyagásványokkal, zeolittal keverik össze, és nátrium-klorid oldattal itatják át, majd zacskókban, zsákocskákban szerelik ki. A

zacskók anyaga poliészter fóliával laminált papír, kis túszerű lyukakkal, hogy az oxigén a zacskókba bejuthasson. A hatóanyag (vas (II)-oxid) az oxigénnel reakcióba lépve magasabb oxidációs fokú vasoxidá ill. hidroxidá alakul. A reakció exoterm, hőfelszabadulással jár, ezért az Ageless®-t tartalmazó csomagocskák felforrósodhat a reakció gyorsaságától függően.

A lejátszódó reakció lépései:



A lényegi reakció



A vas (II) ion oxidációjának sebesség-meghatározó lépéséhez nedvességre van szükség. Amennyiben nincs jelen elég nedvesség a reakció túl lassan játszódik le.

Az Ageless® jellemzői még:

- az oxigéntartalmat - gázokat át nem eresztő lehegesztett fólia csomagolásban - 0,01%-ig (100 ppm) vagy az alá is képes csökkenteni.
- az Ageless® nem regenerálható, nem használható fel újra
- nem mérgező
- semlegesítés nélkül kidobható.

Az Ageless® használatakor figyelemmel kell lenni a következőkre:

Csak hatásos oxigént át nem eresztő csomagolás ill. műanyag fólia használható.

A műanyag fólia lehegesztésekor ügyelni kell, hogy a hegesztés végig hibamentes legyen, hogy a levegő ne tudjon bejutni a zacskóba.

Megfelelő mennyiségű és típusú Ageless®-t kell a csomagolásba elhelyezni.

Amennyiben nem az említettek szerint járunk el, akkor az Ageless® nem tudja kifejteni optimális hatását!

Csomagolási lehetőségek

Az Ageless® optimális hatásának eléréséhez a műtárgyak légzáró csomagolása történhet:

- fémdobozba
- üvegbe
- rugalmas műanyag fóliába (zacskóba, zsákba hegesztve). Csak olyan fólia a megfelelő, amelyiknek az oxigén áteresztő képessége nagyon alacsony, 20 ml/m²·atm·nap értéknél kevesebb!

- műanyagzacskók oxigént át nem eresztő fóliából. Általában a zacskó műanyag fóliája laminát fólia, és legalább 3 rétegből áll. Mindegyik réteg speciális tulajdonságokkal rendelkezik.

A legfontosabb tulajdonságok:

- rendkívül kis oxigén-áteresztés

- mechanikai szívósság
- hővel történő hegeszthetőség
- alacsony vízgőzáteresztés
- átlátszóság
- ráírhatóság (műanyag zacskóba való csomagolás esetén)
- antisztatikus tulajdonság
- tűzállóság
- alacsony ár, és könnyű beszerezhetőség.

Az Ageless® megfelelő típusának a kiválasztása

Az élelmiszerek csomagolásához különböző Ageless® típusokat fejlesztettek ki, attól függően, hogy a csomagolás után milyen légnedvességű mikroklíma alakul ki a zacskóban.

Erre műtárgyak becsomagolásakor is figyelemmel

4. táblázat. Különböző Ageless® típusok

Típus	Alkalmazhatóság	Szükséges relatív légnedvesség
Ageless® Z	Oxigént köt meg	85% alatti
Ageless® S	Oxigént köt meg	65% fölötti
Ageless® FX	Oxigént köt meg	85% fölötti
Ageless® E	Oxigént és széndioxidot köt meg	
Ageless® G	Oxigént köt meg és széndioxid szabadul fel	

kell lenni!

Műtárgyak esetében csak az Ageless® Z alkalmazható, tekintettel arra, hogy ez a típus 0-85% relatív légnedvesség mellett használható. A relatív légnedvesség csökkenésével lassul az oxigénelnyelés sebessége.

Az Ageless® szükséglet

A szükséges Ageless® mennyiség megválasztása attól függ, hogy mennyi oxigént kell megkötni. Ez aránylag könnyen kiszámítható. A csomagolás belső térfogatából le kell vonni a műtárgy térfogatát, majd a kapott értéket 5-el kell osztani (az oxigén a levegőben 21 %-ban van jelen!).

$$V_{csbx} = (V_{csb} - V_m) / 5$$

V_{csbx} = a csomagolásban lévő oxigén térfogata
 V_{csb} = a csomagolás belső térfogata
 V_m = a műtárgy térfogata

A fólián keresztül kívülről beáramló oxigén térfogata függ a tárolás idejétől és a fólia oxigén-áteresztő képességétől.

$$V_{do} = 1/5 \text{ (oxigén áteresztés x csomagolás felülete x tárolási időtartam)}$$

V_{do} = kívülről a csomagolás felületén diffúzióval a csomagolás belsejébe jutott oxigén térfogata.

Az Ageless®-ek különböző kiserelésben, különböző oxigén-elnyelő kapacitással készülnek. Az oxigén-elnyelő kapacitást a típus mellé írt szám jelzi, pl. az

Ageless® Z-100, 100 ml, az Ageless® 2000 pedig 2000 ml oxigént képes elnyelni.

Nagymennyiségű oxigén elnyeléséhez sok Ageless® szükséges. Nagyobb csomagolás esetén gazdaságosabb, ha a csomagolást az Ageless® használata előtt, pl. nitrogénnel átöblítjük, így a szükséges Ageless® mennyisége csökkenthető. A nitrogénes öblítéskor figyelemmel kell lenni, hogy a nitrogén nedvességtartalmát a kívánt értékre állítsuk. Ennek gyakorlati kivitelezése megtalálható Daniel és Lambert cikkében (Daniel és Lambert 1993).

A csomagoláson belüli oxigén-koncentráció követése

A csomagoláson belül az oxigén koncentráció folyamatos ellenőrzése a legegyszerűbben a Mitsubishi cég által kifejlesztett Ageless-Eye® segítségével történhet.

Az Ageless-Eye® egy tablettá, ami az oxigén-koncentrációtól függően változtatja a színét. Az indikátor tablettá rózsaszín, ha az oxigén koncentráció 0,1% alatti, és a színe kékre változik, ha az oxigén-koncentráció 0,5% fölé emelkedik.

A tablettá csomagolását egy túvel át kell szűrni behelyezés előtt. A tablettá újból nem használható fel!

Használati tanácsok

Az Ageless® nem mérgező, az élelmiszeriparban használják, egyszerűen a használat után a szemébe kidobható.

Alkalmazásakor a csomagolásban kb. 20 %-os térfogatcsökkenés áll be (a levegő 21% oxigéntartalmát az Ageless® megköti!), ami sérülékeny és törékeny műtárgyak esetében a tárgy károsodásához vezethet. Ez kiküszöbölhető, ha 20%-kal nagyobb csomagot készítünk, vagy a nitrogénes átöblítést választjuk az oxigén eltávolítása előtt.

Az oxigén megkötése 55% relatív légnedvesség fölött gyorsan játszódik le, 55% alatt a folyamat lelassul. A gyors reakció miatt az Ageless®-t tartalmazó zacskó hirtelen felmelegedhet és ekkor a környezetének nedvességet ad le, ettől a csomagolásban a műtárgy körül a légnedvesség hirtelen megemelkedhet, ami a műtárgy számára hátrányossá válhat. A reakció lejátszódása után idővel az eredeti helyzet visszaáll.

Nem szabad az Ageless®-t tartalmazó kereskedelmi zacskócskákát közvetlenül a műtárgyra helyezni, mivel az exoterm reakcióval lejátszódó oxigénmegkötés

következtében a zsák felforrósodik. A felmelegedés miatt az Ageless®-t tartó zacskóban lévő nedvesség egy része is elpárolog, az így keletkezett vízgőz esetleg károsíthatja a műtárgy felületét.

Az Ageless® előnyösen kombinálható Art Sorb-al, amelynek segítségével a csomagolásban lévő légtér relatív légnedvesség-tartalma beállítható a kívánt értékre.

4. RP System™ - oxigént és károsító anyagokat megkötő rendszer

Az RP SYSTEM™ elnevezés a Revolutionary Preservation System szavak rövidítéséből származik, ami a Forradalmi Megelőzési Rendszer elnevezést fedi. A rendszert a Mitsubishi Gas Chemical Company fejlesztette ki. Az RP System egy csomagolási rendszer, ami lehetővé teszi, hogy a műtárgyakat oxidációtól és korróziótól megvédjük. Az RP rendszer használható oxigénmegkötéses fertőtlenítésre, de emellett számos más műtárgyvédelmi célra is, ezért egyeseket ezekből is ismertetünk.

Az RP rendszer típusától függően speciális, az oxigént, a műtárgyra káros gázokat, valamint a nedvességet megkötő anyagból és egy speciális, gázokat át nem eresztő műanyag fólia-csomagolásból áll. A fólia-csomagolás meggátolja, hogy a károsító gázok kívülről a csomagolásba bejuthassanak.

Az eljáráshoz háromféle, gázokat át nem eresztő fóliát javasolnak:

- alumínium fólia
- PTS fólia
- ESCAL fólia.

Az alumínium átlátszatlan fólia, a másik kettő átlátszó.

Az RP rendszernek két típusa létezik az RP-A és a RP-K.

Az **RP-A típus**-t fém műtárgyak hosszantartó tárolására fejlesztették ki, hatásos száraz vagy nedves levegőben, az oxigén mellett megköti a csomagolásban lévő légnedvességet és az egyéb károsító gáz halmazállapotú anyagokat (pl. kéndioxid, kénhidrogén, sósavgáz, ammónia). Különösen alkalmas ásatási féműtárgyak oxidáció elleni védelmére. Csomagolás nélkül a fémlelet gyorsan oxidálna. Az előírás szerinti adagban és megoldások szerint használva az oxigénkoncentrációt 1 napon belül 0,1% alá, az említett károsító gázok koncentrációját 1 ppm (0.01%) alá, a relatív légnedvességet pedig egy órán belül 10% alá csökkenti.

Összetétele:

- 10-50% mordenit (zeolit)
 $\text{Na}_8[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{40}] 24\text{H}_2\text{O}$
- 10-45% kalcium-oxid
- 5-10% telítetlen szerves komponensek
- 10-30% polietilén
- 5-15% aktív szén

Az **RP-K típus**-t szerves műtárgyak tartós tárolására fejlesztették ki, amelyeknek egy bizonyos légnedvesség tartalomra is szükségük van. Az oxigén mellett megköti a káros gázhalmazállapotú anyagokat, de a

légnedvességet nem. A csomagolásban uralkodó légnedvességen nem változtat.

A káros anyagok közül megköti a kéndioxidot, a kénhidrogént, a sósavgázt és az ammóniát. Az előírás szerinti adagban és megoldások szerint használva 2 napon belül lecsökkenti az oxigénkoncentrációt 0,1% alá. Egyidejűleg az említett károsító gázok koncentrációját órákon belül 1 ppm (0,01%) alá csökkenti. Egyes penészgombák ellen is hatásos.

Összetétele:

- 10-40% diatomaföld (kieselgur)
- 1-20% kalcium-hidroxid
- 10-25% telítetlen szerves komponensek
- 10-35% polietilén
- 10-35% szívóképes grafitféleség.

ESCAL™ és PTS fóliák

Az RP rendszerhez a Mitsubishi speciális fóliákat is kifejlesztett. Ezek a gázokat és a vízgőzt egyaránt nem eresztik át. Mindkét fóliára kerámia réteget gőzöltek, átlátszó és hegeszthetők.

A fóliák lezárására a hegesztésen kívül, még egy speciális műanyag zárócsipeszt is kifejlesztettek, ami a fólia-zacskók rövid időre történő, bontható lezárására alkalmas. A fólia a szélén egy nyomott csíkot is tartalmaz, amelyre írni lehet. Kifejlesztésekor arra is gondolt fordítottak, hogy a fólia, lágyítót és szennyezőanyagokat jóformán alig tartalmazzon.

Az ESCAL fólia összehajtott csőformában, tekercsben kapható. A fólia-csőből a legkisebb 12cm, míg a legnagyobb 1m szélességű. A PTS fóliazacskók formájában kapható.

Az ESCAL és a PTS fólia vastagsága 0,112 mm, az alumínium laminát fóliáé 0,094 mm.

A Mitsubishi által javasolt fóliák is nagyon kis mértékben gázáteresztők. A jól lehegesztett ESCAL fóliában a műtárgy a gyártó ajánlása szerint mintegy 5 évig biztosan eltartható.

A PTS fólia esetében ez az idő 3 év.

Hőkezeléssel végzett fertőtlenítések

A környezeti tényezők közül a farontó rovarok fejlődését, elszaporodását és károsításukat döntően befolyásolja a táplálék, a nedvesség, a hőmérséklet és a környezetben lévő baktériumok, gombák, valamint a rovarevő és élősködő rovarok. Ezek a tényezők gátolják, vagy segítik a rovarok elszaporodását. Ezáltal meghatározzák a földrajzi elterjedésüket és populáció sűrűségüket.

5.1. Fertőtlenítés melegítéssel

A hőmérséklet hatása a rovarokra

A rovarok a változó hőmérsékletű állatok közé tartoznak. Testük hőmérséklete nyugalmi állapotban megegyezik a környezetével. Anyagcseréjüket a hőmérséklet irányítja. Életműködésük átlagos hőmérsékleti tartománya 10-40 °C között van. Alacsony hőmérsékleten az életképességek szünetelnek /hidegmerevség/. A hidegmerevség után a hőmérséklet növekedtével először

rendezetlen, majd rendezett, de lassú mozgás tapasztalható. Ezután következik a normális élettévékenységi mozgási tartomány - ekkor a hőmérséklet a rovar számára az optimális körül van. E fölötti hőmérsékleten a rovar előbb nyugtalan, majd rendezetlen mozgást végez. Végül bekövetkezik a hőhalála. A normális élettévékenységi tartomány hőmérsékleti határai rovarfajonként különbözőek, sőt fajon belül az egyes fejlődési szakaszban lévőkre (pete, láva, báb, kifejlett rovar) is különböző. A hazai rovarok normális aktivitási zónája 20-30 °C között van, a hőhalál 50 °C felett következik be.

Általában a meleg és a nagy páratartalom kedvezően, ennek ellenkezője gátlólag hat a rovarok elszaporodására.

A gyakorlatban épületek faanyagát, pl. az ácsszerkezeteket gyakran fertőtlenítik forró levegős befújókával. A technikát már az 1930-as években is használták házcincér fertőzés leküzdésére (Hespeler 1936). A fertőtlenítendő térben több órán keresztül (3-8 óra) 80-100 °C-ot kell fenntartani, hogy a vastagabb gerendák belseje is elérje az 50-60 °C-ot és a megfelelő hatásfokú fertőtlenítés létrejöttön.

Fakárosító rovarok aránylag könnyen elpusztíthatók hőkezeléssel szárítószekrényben, vagy fűthető kamrában. A hőhatás következtében a rovarok fehérjéi kb. 52 °C körül denaturálódnak. Ennek következtében a fehérjék polipeptid láncai jellegzetes szerkezetüket, és ezzel együtt a biológiai aktivitásukat elvesztik. Kisebb vastagságú fatárgyak (2-7 cm), pl. bútorok sikeresen fertőtleníthetők megfelelő méretű fűthető kamrában 55°C-on 3-7 óra alatt. A vizsgálatok szerint sellakk-politúrok, terpentin-firnisz alapú festékrétegek 55°C-on még nem sérülnek. Célszerű azonban a kezelés előtt a műtárgyak hőérzékenységét tesztelni.

A fizika törvényei szerint emelkedő hőmérséklettel a levegő relatív légnedvesség tartalma csökken, vagyis a levegő szárad, a hőmérséklet csökkenése esetén, pedig nedvesedik. Ezért hő hatására a műtárgyak anyaga elkezd vizet leadni, ill. felvenni, maga a tárgy zsugorodik vagy dagad, és ennek következtében repedezés, deformálódás, a rétegek felválása következhet be.

Műtárgyak esetében csak akkor lehet a hővel történő fertőtlenítést alkalmazni, ha meg tudjuk oldani, hogy a tárgy alapanyagának a nedvességtartalma ne változzon a folyamat alatt. Elvileg a melegítéskor száradna a tárgy, lehűtésekor, pedig nedvesedne. Az, hogy a hőmérséklet változása ellenére a faanyag nedvességtartalma változatlan maradjon, úgy érhető el, hogy egy automata rendszer a kamra légnedvességtartalmát a hőmérséklet emelkedésekor és a lehűtési fázisban a hőmérséklet csökkenésekor úgy változtatja, hogy a fanedvesség állandó maradjon. Ehhez az elméleti alapok a W.K. Loughborough által összeállított Keylwerth diagrammból olvashatók le. A diagramm a hőmérséklet, a relatív légnedvesség, a fanedvesség és a parciális vízgőznyomás közötti összefüggéseket adja meg. A diagramm alapján, 20 °C szobahőmérsékletű 55% relatív légnedvességtartalmú levegőhöz 10% fanedvesség tartozik. A fertőtlenítés során a hőmérsék-

letet megemelve 55 °C-ra, ahhoz hogy megtartsuk a 10%-os fanedvességet 65% relatív légnedvesség szükséges. Ilyen elven működik a Thermo Lignum® vagy a klav Ex® eljárás.

Mindkettőnél a tárgy hőszigetelt kamrába kerül, ami lehet mozgó is, pl. egy utánfutó. A tárgy behelyezése után elkezdik a levegő melegítését, amit a tárgy körül keringtetnek, közben egy automatika úgy szabályozza a légnedvességet, hogy a fanedvesség állandó maradjon. Ennek következtében lényeges nedvességcsera a tárgy és környezete között nem játszódik le. A felmelegítést és a lehűtést aránylag lassan végzik, hogy elkerüljék a feszültségek kialakulását.

A teljes fertőtlenítési folyamat (felmelegítés, az adott hőmérsékleten tartás és a lehűtés) időszükséglete, pl. bútorok esetében kb. 11 óra.

A hőmérséklet hatása a gombák növekedésére

A farontó gombák csak bizonyos hőmérséklet határok között élhetnek. A farontó gombák életfeltételeiket általában 3-42 °C között találják meg. Élettévékenységük alsó, felső és optimális hőmérsékleti értéke gombafajonként változik. A gombák az élettévékenységükhöz szükséges minimumnál alacsonyabb hőmérsékleten, nyugalmi vagy lappangó állapotba kerülnek. A maximumnál magasabb hőmérsékleten ezzel szemben bekövetkezik hőhaláluk. A hőhalál elsősorban a hőfoktól függ, de befolyásolja a hőhatás időtartama és a nedvességszint. Egyes gombák /pl. a taplógombák/ igen nagy hőmérsékleti szélsőségeket képesek elviselni (-25-től +40 °C).

A gyakorlati védekezés szempontjából fontos annak a hőmérsékletnek az ismerete, amelyen a gombák tenyésztési elpusztulnak. Általában nedves hőségben a gombák alacsonyabb hőmérsékleten, de hosszabb idő alatt pusztulnak el, mint száraz hőségben. A magasabb hőigényű fajok általában ellenállóbbak az alacsonyabb növekedési optimumú fajoknál. Az alacsonyabb hőigényű könnyező házigomba (Merulius lacrymans) igen érzékeny hővel szemben, és már 40 °C-nál 5 óra alatt elpusztul (Gyarmati). Ezzel szemben a nagy hőigényű barna lemeztaplók (Gloeophyllum-fajok) nagyon ellenállóak, 60 °C -on 4 óra, vagy még több idő alatt pusztulnak csak el.

A faanyag rossz hővezető, mélyebb rétegeiben lassan veszi fel a környezet hőmérsékletét. Ezért a táblázatban szereplő értékeknél a gombák elpusztulásához magasabb hőfokra és hosszabb időre van szükség a gyakorlatban.

A gombák micéliumainak elpusztításához általában 50°C-on, már mintegy ½-1 óra elegendő. A gombaspórák elpusztításához 100°C-on kb. 4 óra, amíg 80°C-on kb. 8 óra szükséges (Unger és Unger 1992). A fertőtlenítési eljárások ugyanazok, mint a varoknál.

A fontosabb farontó gombák élettévékenységéhez szükséges optimális faanyag-víz-tartalom, hőmérséklet, valamint az elpusztításukhoz szükséges hőmérséklet-időtartam értékeket az 5. táblázat mutatja.

5.2. Fertőtlenítés fagyasztással

A fagyasztás a gombákra nem hatásos, azonban rovarok esetében alkalmazható. A rovarok - 14-től-20°C közötti hőmérséklet-tartományban elpusztíthatók. A fertőtlenítést általában - 20 °C-on mintegy 24 órán keresztül végzik. A hűtést aránylag gyorsan kell végezni, mert ellenkező esetben a rovarok "fagyálló" anyagokat választanak ki a testükben, ami túlélésüket lehetővé teszi.

A fa rossz hővezető, ezért áthűléséhez idő kell. Fában Anóbiium lárvák - 14°C-on, a fafelülettől 1,5 cm mélyen 2 óra alatt, 3,5 cm mélyen lévőek 5-6 óra alatt pusztulnak el (Unger W.1984).

A lehűlő levegőből vízpára csapódik ki, ezért a fertőtlenítés alatt a tárgyakat ettől védeni kell. Általában ezért a műtárgyat fóliába csomagolják.

Magyarországon, Budapesten a Néprajzi Múzeumban működik fagyasztásos fertőtlenítő berendezés.

Ajánlott szakirodalom

Reaktív gáz fertőtlenítőszer

Anon (1985): Hausbockbekämpfung in einer Stabkirche. Denkmalpflege durch Begasung sichert schonende Behandlung, Holz-Zentralblatt, Stuttgart 111,67/68 1020.

Bäumert, K.; Wentzel, G. (1978): Holzschädlinge und deren Bekämpfung, DEGESCH-Technikertagung, Baden Helental bei Wien, 15-21.10.1978, Holzschutz, Degesch GmbH, Frankfurt/M 9-16.

Bolle, J. (1919): Die Ermittlung der Wirksamkeit von insektentötenden Mitteln gegen Nagekäfer des verarbeiteten Werkholzes, Zeitschrift für angewandte Entomologie, Berlin 5. 105-117.

Buttenberg, P.; Deckert, W.; Gahrtz, G. (1925): Weitere Erfahrungen bei der Blausäuredurchgasung, Zeitschrift für Untersuchung der Nahr- und Genußmittel 50, 92-103,

Florian, M.-L.E. 1988: Ethylene oxide fumigation: a literature review of the problems and interactions with materials and substances in artifacts, in: A Guide to Museum Pest Control, ed. L.A. Zycherman and J.R. Schrock, Association of Systematic Collections, Washington DC, 151-158.

Grosser, D. (1974): Über die Bekämpfung holzzerstörender Insekten mit Begasungsmitteln für Kunstobjekte, Praktischer Schädlingsbekämpfer, Braunschweig 27. 58-63.

Grosser, D.; Roßmann, E. (1974): Blausäuregas als bekämpfendes Holzschutzmittel für Kunstobjekte, Holz Roh- und Werkstoff, Berlin 32. 3. 108-114.

Hickin, N.E. (1978): Insect damage to wood in the decorative arts - a world problem, in: Conservation of Wood in Painting and Decorative Arts, Preprints of the contributions to the Oxford IIC Congress, 17-23. 9.1978

Kaiser, M.; Fried, E. (1930): Die Vergasung der Pfarrkirche in Kefermarkt und ihres gotischen Schnitzaltars, Zeitschrift für Denkmalpflege und Heimatschutz 4, 266-267.; Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995,111-130.

Kaiser, M.; Fried, E. (1931): Die Durchgasung des Kefermarkter Flügelaltars mit Blausäure (Zyklon B), Desinfektion und Gesundheitswesen 23, Ausgabe A, Nr.1

Kerschner, T. (1930): Die Vergasung der Pfarrkirche in Kefermarkt und ihres gotischen Schnitzaltars. Die chemischen Untersuchungen während der Ausgasung. Zeitschrift für Denkmalpflege und Heimatschutz 4, 267-270.; Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995,111-130.

Oberwalder, O. (1930): Die Vergasung der Pfarrkirche in Kefermarkt und ihres gotischen Schnitzaltars. Zeitschrift für Denkmalpflege und Heimatschutz 4, 251-266.; Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995,111-130.

Plenderleith, H.J. (1956): The conservation of antiquities and works of art, Oxford University, London 116-143.

Rathgen, F. (1924) : Die Konservierung von Altertumsfunden, Teile II und III., 2. Auflage, Berlin, Leipzig, 133-149. (Holz)

Schiessl, U.(1984): Historischer Überblick über die Werkstoffe der schädlingsbekämpfenden und festigkeitserhöhenden Holzkonservierung, Maltechnik Restaura 1990. 2. 9-40.

Serk-Dewaide, M. (1978): Desinfection and consolidation of polychromed wood at the Institute Royal du Patrimoine Artistique, Brussels, in: Conservation of Wood in Painting and Decorative Arts, Preprints of the contributions to the Oxford IIC Congress, 17-23. 9. 1978.

Unger, A.; Bischoff, J.; Fielitz, L. (1984): Zum Einsatz von Phosphorwasserstoff gegen holzzerstörende Insekten in denkmalgeschützten Gebäuden, Holztechnologie, Leipzig 25. 5. 229-232.

Unger, A., Unger, W. (1986): Begasungsmittel zur Insektenbekämpfung in hölzernem Kulturgut, Holztechnologie, Leipzig, 5, 232-236.

Nitrogén gázzal végzett fertőtlenítés

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (1995) (Hrsg.): Holzschädlingsbekämpfung durch Begasung, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen

- Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 131 p.
- Biebl, W. (1995): Erfahrungsbericht über die Langzeiteinwirkung von Begasungen in Bayern, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 70-71.
- Binker, G. (1995): Umweltschutzkonzepte und Neuentwicklungen bei Kulturgutbegasungen, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 76-89 (in German) 90-100 (in English).
- Daniel, V.; Maekawa, Sh.; Preusser, F. D. (1993): Nitrogen fumigation: A viable alternative. ICOM-CC 10th Triennial Meeting, Washington, DC, USA, 22-27 August 1993, Preprints 863-867.
- Despot, R.; Hrasovec, B.; Trajkovic, J. (1999): Experimental sterilization of wooden artifacts by nitrogen. in: Reconstruction and Conservation of Historical Wood '99, 2nd International Symposium, 15-17 June 1999, Zvolen, Slovakia, ed. L. Reinprecht, 145-147.
- Elert, Kerstin; Maekawa, Shin (1997): Projekt zur Schädlingsbekämpfung am GCI, Stickstoff und wiederverwendbare Begasungszelte, *Restauro* 4/97. 260-266.
- Emmerling, E. (1995): Holzschädlingsbekämpfung durch Begasung, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 43-56.
- Gilberg, M. (1989): Inert atmosphere fumigation of museum objects, *Studies in Conservation* 34, 80-84.
- Gilberg, M (1990): Inert atmosphere disinfection using Ageless® oxygen scavenger, in: ICOM Committee for Conservation, 9th Triennial Meeting, Dresden 1990, Vol. II. 812-816.
- Hanlon, G.; Daniel, V.; Ravenel, N.; Maekawa, S. (1992): Dynamic system for Nitrogen anoxia of large museum objects: A pest eradication case study, 2nd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Yokohama, Japan, Ed.: Kenzo Toshiki etc.,
- Koestler, R.J. (1992): Practical application of nitrogen and argon fumigation procedures for insect control in museum objects, 2nd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Yokohama, Japan, Ed.: Kenzo Toshiki etc, 96-98.
- Reichmuth, Ch.; Unger, A.; Unger, W. (1991): Stickstoff zur Bekämpfung Holzzerstörender Insekten in Kunstwerken, *Restauro* 4/1991. 247-251.
- Rust, M. K.; Kennedy, J. M. (1993): The feasibility of using modified atmospheres to control insect pests in museums, The Getty Conservation Institute Scientific Program Report, Marina del Rey, California, 125p.
- Rust, M. K.; Kennedy, J. M. (1995): Enhancing the effectiveness of modified atmospheres to control insect pests in museums, The Getty Conservation Institute Scientific Program Report, Marina del Rey, California.
- Selwitz, Ch.; Maekawa, Sh. (1998): Inert gases in the control of museum insect pests, The Getty Conservation Institute, *Research in Conservation*, 107p.
- Unger, A. (1995): Begasung von Kulturgütern: Grundlagen - Materialien - Entwicklungen, in: Holzschädlingsbekämpfung durch Begasung. Fumigation of cultural property: Fundamentals-Materials- Developments, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 19-27 (in German) 28-36 (in English).
- Unger, A. (1998): Alternative Bekämpfungsmaßnahmen gegen Holzzerstörer, Möglichkeiten und Grenzen, *Holz- und Bautenschutz* 6/98. 20-24.
- Unger, A. (1998): Umweltschädliche Holzschutzmittel, Möglichkeiten der Dekontamination und Maskierung, *Restauro* 6/98.186-191.
- Unger, A.; Unger, W. (1995a): Die Bekämpfung tierischer und pilzlicher Holzschädlinge, in: Holzschutz Holzfestigung Holzergänzung, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 4. Mai 1992 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 73, München 1995, 7-14.
- Unger, A.; Unger, W.; Reichmuth, Ch. (1992): The fumigation of insect-infested wood sculptures and paintings with nitrogen, 2nd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, Yokohama, Japan, Ed.: Kenzo Toshiki etc, 441-446.
- Valentin, N.; Preusser, F. (1990): Insect control by inert gases in museums, archives and museum collections, in: *Restaurator* 11, 22-33.
- Valentin, N. (1990): Insect eradication in museums and archives by oxygen replacement. A pilot project, ICOM Committee for Conservation, 9th Triennial Meeting, Dresden 1990, 821-823.

Szendioxid gázzal végzett fertőtlenítés

Binker, G. (1993): Mit Kohlendioxid gegen Insektenbefall. Wie kann die Einwirkungszeit verkürzt werden? *Restauro* 4/93. 222.

Binker, G. (1995): Umweltschutzkonzepte und Neuentwicklungen bei Kulturgutbegasungen, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 22. Oktober 1993 in München, Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege Bd. 75, München 1995, 76-89 (in

German) 90-100 (in English).

Brandt, J. S.; Wudke, A. (1997): Bekämpfung von Textilschäden mit Kohlendioxid, *Restauro* 4/97. 272-276.

Piening, Heinrich (1993): Die Bekämpfung holzerstörender Insekten mit Kohlenstoffdioxid sowie die Verträglichkeit des Gases an gefaßten Objekten, Diplomarbeit FH Köln

Reichmuth, Ch.; Unger, W.; Unger, A.; (1994): Bekämpfungsmaßnahmen mit Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid, *Praktischer Schädlingbekämpfer*, Berlin.

Sanders, Sh. (1987): Effects of CO₂ fumigation on pH, ICOM Committee for Conservation Triennial Meeting, Sydney, 945-946.

Wudke, A. (1994): Alternative Methoden zur Bekämpfung von Museumsschädlingen mit inerten Gasen am Beispiel der Kleidermotte (*Tincola bisselliella*), *Anzeiger für Schädlingkunde*, Berlin

AGELESS®

Ageless™ Oxygen absorber: A new age in food preservation (brochure)

Daniel, V.; Lambert, F.L. (1993): Ageless® oxygen scavenger: practical applications, *Western Association for Art Conservation Newsletter* 15, 12-14.

Gilberg, M. (1989): Ageless™ oxygen scavenger, *AICCM Newsletter* 32, 6.

Gilberg, M. (1990): Inert atmosphere disinfection of museum objects using Ageless® oxygen scavenger, *Bulletin of the Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials* 16, 27-34.

Gilberg, M. (1990): Inert oxygen atmosphere disinfection using Ageless® oxygen scavenger, ICOM Committee for Conservation, 9th Triennial Meeting, Dresden, 27-34.

Gilberg, M. (1991): The effect of low oxygen atmospheres on museum pests, *Studies in Conservation* 36. 93-98.

Gilberg, M.; Grattan, D. (1994): Ageless oxygen absorber: chemical and physical properties, *Studies in Conservation* 39.

Gilberg, M.; Grattan, D. (1994): Oxygen-free storage using Ageless® oxygen absorber, Preprints of the IIC Ottawa Congress, 12-16 September 1994, ed. Ahok Roy and Perry Smith, Published by The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 177-180.

Gilberg, M.; Roach, A. (1992): Inert atmosphere disinfection of museum objects using Ageless® oxygen absorber, in: *Biodeterioration of Cultural Property*, Proceeding of the 2nd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, October 5-8, 1992, Yokohama, Japan, editors: Kenzo Toishi et al., 397-406.

Gilberg, M.; Roach, A. (1995): Inert atmosphere disinfection of museum objects using Ageless® oxygen absorber, *Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Restaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege* am 22.

Oktober 1993 in München, *Arbeitsheft des Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege* Bd. 75, München 1995, 105-108.

Grattan, D. (1986): Ageless® and Ageless-Eye®, *CCI Newsletter* June, 7.

Lambert, F. L.; Daniel, V.; Preusser, F. D. (1992): The rate of absorption of oxygen by Ageless™: The utility of an oxygen scavenger in sealed cases, *Studies in Conservation* 37. 267-274.

Mitsubishi Gas Chemical Company: Oxygen absorber Ageless®, A new age in food preservation (brochure), Tokyo, Japan, without year, 26 p.

RP System™, Revolutionary Preservation System, Preservation system to prevent the oxidation of cultural assets and art works (brochure) 1999.10 p.

Rust, M. K.; Kennedy, J. M. (1991): The feasibility of using modified atmospheres to control insect pests in Museums, Getty Conservation Institute, Los Angeles. Shashoua, Y.; Thomsen, S. (1991): A field trial for the use of Ageless™ in the preservation of rubber in museum collections, in: *Symposium 91: Saving the Twentieth Century (Abstract)*, Ottawa 14.

US Patent No. 4 127 503, 28 November 1978.

Fertőtlenítés melegítésel

Child, R. E. (1994): The Thermo Lignum process for insect pest control, *Paper Conservation News* 72, 9.

Desch, H. E. (1981): *Timber-its structure, properties and utilization*, 6th edition, Mac Millen Press Ltd., London

Diers, Ch. (1994): Thermische Schädlingbekämpfung an historischem Kulturgut mit Hilfe einer mobilen Kammer, in: *Bekämpfung holzerstörender Insekten in Museen und Sammlungen*, Tagung im Schwedenspeichermuseum Stade 18. Februar 1994, 26-29.

Ertelt, P.: Untersuchungen über kontrollierte Wärmebehandlung bei schädlingbefallenem Holz, Diplomarbeit, Fachhochschule Rosenheim, Fachbereich Holztechnik, 122 p. (without year)

Hespeler, O. (1936): *Die technische Hausbockbekämpfung in Gebäuden*, Verlagsanstalt der deutschen Hausbesitzer, Berlin

klav Ex Thermische Schädlingbekämpfung: Im Holzschutz müssen wir alle umdenken. Mit der Klimatechnik gegen Holzschädlinge, klav Ex Thermische Schädlingbekämpfung, Ulm/Donau, Hörvelsinger Weg 48. (brochure), év nélkül.

Nicholson, M. (1996): The Thermo Lignum® controlled heating/constant Humidity treatment, in: *Pest Attack & Pest Control in Organic Materials*, Postprint of the conference held by UKIC Furniture Section at the Museum of London, 18 November 1996, Eds.: A. Neher and D. Rogers, The United Kingdom Institute for Conservation, 1997, 13-19.

Pinninger, D. B. (1995): Insect control with the Thermo Lignum Treatment, *Conservation News*, March 1996.

Strang, T.J.K. (1992): A review of published temperatures for the control of pest insects in museums,

Collection Forum 8.(2) 41-47.

Strang, T.J.K. (1995): The effect of thermal methods of pest control on museum collections, Proceedings of the 3rd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, 4-7 July 1995, Bangkok, Thailand 199-218.

Thermo Lignum: Schädlingbekämpfung mit der Durchwärmungsmethode, Gesellschaft für thermischen Vernichtung holzerstörender Insekten GmbH, Heidelberg, Landhausstraße 17, (brochure) év nélkül.

Unger, W. (1984): Möglichkeiten zur Bekämpfung holzerstörender Insekten durch physikalische Methoden, Holztechnologie 5, 264-269.

Fertőtlenítés fagyasztással

Berkouwer, M. (1994): Freezing to eradicate insect pests in textiles at Brodsworth Hall, The Conservator, 18. 15-22.

Florian, M-L. E. (1986): The freezing process- effects on insects and artifact materials, in: Leather Conservation News 3, 1-17.

Florian, M-L. E. (1987): The effect on artifact materials of the fumigant ethylene oxide and freezing used in insect control, ICOM Committee for Conservation, Triennial Meeting 1987 Sydney, Preprints 199-208.

Florian, M-L. E. (1997): Heritage eaters (Insect eradication methods - Temperatures extremes), James & James, London, 81-96.

Gilberg, M.; Brokerhof, A. (1991): The control of insect pest in museum collections: The effect of low temperature on Stegobium Paniceum (Linneaus), the drugstore beetle, Journal of the American Institute of Conservation 197-201.

Nesheim, K. (1984): The Yale non-toxic method of eradicating book eating insects by deep-freezing, Restaurator 6, 147-164.

Preuß, H. (1994): Versuche zur Schädlingbekämpfung Kälte und Vakuum, in: Bekämpfung holzerstörender Insekten in Museen und Sammlungen, Tagung im Schwedenspeichermuseum Stade 18. Februar 1994, 21-23.

Seddon, Tracey (1996): The big chili, in: Pest Attack & Pest Control in Organic Materials, Eds.: A. Neher and D. Rogers, The United Kingdom Institute for Conservation, 1997, 44-45.

Strang, T.J.K. (1995): The effect of thermal methods of pest control on museum collections, Proceedings of the 3rd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, 4-7 July 1995, Bangkok, Thailand 199-218.

Dr. Morgós András

vegyész, fa-bútorrestaurátor művész

főosztályvezető

Magyar Nemzeti Múzeum

1370 Budapest, Pf. 364

2. táblázat Nem javasolt, reaktív gáz fertőtlenítőszer

	HIDROGÉN-CIANID	FOSZFIN	ETILÉN-OXID
Fertőtlenítés helye	Kamra, konténer Épület	Fólia-sátor Kamra, Konténer Épület	Kamra
Legkisebb alkalmazási hőmérséklet	5 °C	15 °C	10 °C
Gázosítási koncentráció	20-30 g/m ³	2-4 g/m ³	500-1000 g/m ³ (rovarokra) < 2500 g/m ³ (gombákra)
Fertőtlenítési idő	3 nap	5-10 nap	4 óra
Hatása rovarokra	Kiváló	Kiváló	Kiváló
Hatása gombákra	(gombaölő)	(gombaölő)	Jó gombaölő, jó baktériumölő
Károsító hatása műtárgyakra, reakció műtárgyak anyagával	Arany- és metál-lapok megváltozhatnak nagy légnedvességen Enyhe színváltozás jöhet létre ólomfestékeknél Egyes állati nyelvek kismértékben rideggé válhatnak Friss mészrétegek és lakkok elszíneződhetnek Nagy vastartalmú vakolatok elszíneződhetnek Papír megsárgulhat	Réz és ötvözetek (bronz, sárgaréz) megfeketedhetnek Kis nemesfém-tartalmú arany és ezüst tárgyak elszíneződhetnek Réztartalmú festékek színe megváltozhat pl. Schweinfurtti zöld	Cellulóz tartalmú anyagok (fa, papír, textil) cellulózláncok között keresztkötéseket hoz létre, ezáltal szilárdságukat nagymértékben megnöveli, ridegségüket fokozza A pergamen biológia ellenállóképességét csökkenti A bőrt megkeményíti A kazein és tojásfehérje kötőképességét csökkenti Ólom-ónsárga kismértékű színváltozását okozhatja Rovarölőszerekkel kezelt textilekkel mellékreakciókat adhat Falban, vakolatban lévő sókkal reagálva különösen mérgező vegyületeket képezhet pl. etilén klórhidrint!
Hatása a környezetre			
Hatása az emberre	Erős mérég! Gázálarc használata szükséges!	Erős mérég! Gázálarc használata szükséges!	Erős mérég! Gázálarc használata szükséges!
A gáz behatolása a fába			
A gáz deszorpciója (eltávozása) a fából	Lassú	Gyors	Kicsit visszatartott
A légnedvesség	Alacsony érték kedvező	Közepes érték előnyös	Magas érték kedvező

3. táblázat. Az ajánlott gázos fertőtlenítések összefoglalása (Unger 1995a, 1995b, 1998 alapján)

	INERT GÁZOS FERTŐTLENÍTÉSEK			MÉRGEZŐ (REAKTÍV) GÁZOS FERTŐTLENÍTÉSEK	
	NITROGÉN (N ₂)	ARGON (Ar)	SZÉNDIOXID (CO ₂)	METIL-BROMID (CH ₃ Br)	SZULFURIL-FLUORID (SO ₂ F ₂)
Fertőtlenítés helye	Fólia-sátor Kamra, konténer	Fólia-sátor Kamra, konténer	Fólia-sátor Kamra, konténer Épület	Fólia-sátor Kamra, konténer Épület	Fólia-sátor Kamra, konténer Épület
Legkisebb alkalmazási hőmérséklet	-	-	-	4°C	12 °C
Gázosítási koncentráció	99,9 tf%	>99-99,9tf%	>60tf%	20-60 g/m ³ (lárva, báb, imágó esetén) 30-50 g/m ³ (gombákra)	15-36 g/m ³ (lárva, báb, imágó esetén) 76 g/m ³ (petékre), nem annyira hatásos, mint a CH ₃ Br. ? gombákra (nem vizsgálták eléggé)
Fertőtlenítési idő	3-6 hét	3-4 hét, kb. 30%-al gyorsabban hat, mint a nitrogén	2-6 hét	24-72 óra (rovarokra) 96 óra (gombákra)	20-72 óra (lárva, báb, imágó esetén) 162 óra (petékre) ? gombákra (nem vizsgálták eléggé)
Hatása rovarokra	Gyenge peteölő (főként kiszáradás miatt hat) Hatásos lárvák, bábok, imágók ellen	Gyenge peteölő (főként kiszáradás miatt hat) Hatásos lárvák, bábok, imágók ellen! Hatása nitrogénnél gyorsabb!	Gyenge peteölő (főként kiszáradás miatt hat) Hatásos lárvák, bábok, imágók ellen!	Jó peteölő! Hatásos lárvák, bábok, imágók ellen! Termeszerekre is alkalmazzák.	Gyenge peteölő (a metil-bromidhoz képest)! Metil-bromidnál hatásosabb lárvák, bábok, imágók ellen! Termeszerekre is alkalmazzák.
Hatása gombákra	Nem öli meg a gombákat, csak a micéliumok növekedését és a spórák csírázását hátráltatja, amíg jelen van a gáz.	Nem öli meg a gombákat, csak a micéliumok növekedését és a spórák csírázását hátráltatja, amíg jelen van a gáz.	Nem öli meg a gombákat, csak a micéliumok növekedését és a spórák csírázását hátráltatja, amíg jelen van a gáz.	Elpusztítja a barna korhadást okozó gombák micéliumait (pl. könnyező házigomba)! Nyálkagombákat és spóráikat elpusztítja! Egyéb gombák spóráit csak nagyon nagy dózis esetén pusztítja el!	Hatását gombákra még nem vizsgálták eléggé! Kevésbé hatásos, mint az etilén-oxid! Spórák túlélnek a fertőtlenítést!

Károsító hatása műtárgyakra, reakció műtárgyak anyagával	Műtárgyakkal nem lép reakcióba, idáig semmi káros hatást nem észleltek!	Műtárgyakkal nem lép reakcióba, idáig semmi káros hatást nem észleltek!	Nagy nedvesség esetén a következő festékek színváltozását okozza: Massicot (PbO) Minium (Pb ₃ O ₄) Cinkfehér (ZnO) Ultramarin (3Na ₂ O Al ₂ O ₃ SiO ₂ ·Na ₂ S) Ezüstfelületeket elhomályosíthatja! Mekaphatja a lenolajfirnisz- és sellakrétegeket, valamint gumi arábikummal is reagálhat.	Fémek: polírozott felületeket korródeál! Pigmentek színváltozását okozhatja: Ólomfehér (Kremsi fehér) (2PbCO ₃ - Pb(OH) ₂) Ólomsárga , (PbO) Minium (Pb ₃ O ₄) Nápolyi sárga (antimonsárga) Pb(SbO ₃) ₂ /Pb(SbO ₄) ₂ Krómsárga 2PbSO ₄ - PbCrO ₃ , Természetes gyantákat és politúrokat felpuhíthatja! Állati enyveket duzzaszthatja, rideggé teheti! Egyes márványfélésegeket károsíthat Kéntartalmú anyagokkal (bőr, pergamen, szőrme, gyapjú, gumi) reagálhat büdös merkaptánok képződése mellett!	Technikai változata - a szennyezések miatt megtámadja - a pigmenteket, színezékeket, fémeket. Ennek csökkentésére a technikai tisztaságú gázt a fertőtlenítés előtt tisztítani kell Megkapja a fémfelületeket, elszíneződést okoz (fluorid, szulfát, hidrát sók keletkeznek). Főként lenolajkötésű rétegek színváltozását okozza. Egyes pigmenteket elváltoztathat pl. Kobaltkék (CoO Al ₂ O ₃) Poroszkék (Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃) Szerves színezékek színértékét megváltoztathatja! Állati enyvek öregedését, sötétedését okozhatja. Proteinek kivilágosodhatnak! Növényi olajok pl. lenolaj megváltozhat.
Hatása környezetre	Természetes levegőalkotó	Természetes levegőalkotó	Természetes levegőalkotó	Ózonréteg lebontódását okozza!	Nem reagál az ózonréteggel, esővel hidrolizál, savas eső része lesz!
Hatása emberre			10 ttf% feletti koncentrációban mérgező	MAK érték = 20 mg/m ³ Különösen mérgező! Gázálarc használata szükséges! Potenciálisan rákkeltő!	MAK érték = 20 mg/m ³ Különösen mérgező! Gázálarc használata szükséges! Potenciálisan nem rákkeltő!
Gáz behatolása a fába	Gyors	Gyors	Minél nagyobb a fanedvesség, annál lassabban!	Gyors	Gyors
Gáz deszorpciója (eltávoztása) a fából	Gyors	Gyors	Magas fanedvesség esetén elhúzódik!	Gyors, de elhúzódhat!	Gyors
Megjegyzés	Alkalmazása alig veszélyes, restaurátorok is használhatják (használatához nem kell gázmesteri képesítés), műtárgyakkal széleskörűen használható!			Feltehetőleg rövidesen kiváltják! Szerepét a SO ₂ F ₂ ill. az inert gázok veszik át!	A biztonsági intézkedések, a technikai gáz fertőtlenítés előtti tisztításának költségei miatt drágább a fertőtlenítés, mint a CH ₃ Br-os!

5. táblázat. Fontosabb farontó gombák élettevékenységéhez szükséges optimális faanyag hőmérséklet, valamint az elpusztításukhoz szükséges hőmérséklet - időtartam értékek

	A fa optimális nettó víztartalma	Hőmérséklet / °C /			Tenyészet pusztulásához szükséges idő / óra /				
		mm.	opt.	max.	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C
Könnyező házigomba (Merulius lacrymans)	kb. 20%	8	19	27	5	2			
Pincegomba (Coniophora cerebella)	50-60%	8	23	29		12	5	3	2
Házi kéreggomba (Poria vaporaria)	35%	5	27	37		12	8	8	2
Labirintustapló (Daedalea guercina)	40%	10	29	35				20	2
Fenyő lemezestapló (Gleophyllum abietinum)	50-60%		30	35			20	8	4
Lepketapló (Trametes versicolor)		9	26	34		48	20	8	4