

Nuove tecnologie di disinfestazione nelle biblioteche e negli archivi

ENRICO CARBONI

Specialista in conservazione di beni culturali
Art Defender
enricocarb@gmail.com

Nel corso dei secoli, le infestazioni di insetti nei beni culturali hanno provocato la perdita di moltissimi oggetti facenti parte del patrimonio culturale. Estremamente sensibili a tali infestanti sono, infatti, i manufatti costituiti da carta e pergamena, da cuoio, le collezioni di storia naturale, gli erbari, i tessuti e gli oggetti in legno che, oltre a subire gli attacchi, possono diventare veicolo per la diffusione degli insetti negli ambienti di conservazione. Fino alla metà del XX secolo, la risposta a questa aggressione biologica è stata l'utilizzo di prodotti chimici altamente tossici, con lo scopo di uccidere gli insetti e rendere meno ospitali i materiali.¹

Negli anni successivi si sono avvicinate varie tecniche per l'eliminazione degli infestanti che, anche a causa delle difficoltà di attuazione delle procedure e degli effetti collaterali che ne derivano come ad esempio per l'utilizzo di microonde o della disinfestazione con gas in autoclave, non hanno trovato ampia diffusione nell'ambito della conservazione archivistica e libraria. Con approccio metodologico più recente, i conservatori delle biblioteche e degli archivi hanno compreso che il monitoraggio, la prevenzione e la manutenzione del patrimonio culturale sono determinanti per ridurre il rischio di attacchi biologici facilitando, quando questi sono in atto, la loro individuazione e il tempestivo intervento di rimozione.² Questo ha consentito di sostituire, almeno in ambito

culturale, le metodologie di tipo chimico che prevedono l'utilizzo di sostanze biocide, con interventi di tipo fisico e biochimico meno impattanti sul manufatto e sull'operatore che deve eseguirli.

Le tecniche oggi a disposizione per la disinfestazione dei beni culturali sono varie e ognuna di esse presenta una serie di aspetti positivi e di problematiche; queste possono variare dai lunghi tempi di applicazione fino a possibili rischi di inquinamento e rischi per la salute dell'operatore. Inoltre non tutte le metodologie sono compatibili con i materiali costitutivi. Nell'ambito della disinfestazione è pertanto opportuno far riferimento a tecnologie innovative che coniughino i costi contenuti all'assenza di rischi per l'ambiente, per gli operatori e per i manufatti.

Gli insetti rappresentano la classe più grande tra i raggruppamenti di animali che popolano la terra, annoverando oltre un milione di specie, pari ai cinque sesti dell'intero regno animale. La loro diffusione fa sì che l'attacco da parte degli insetti sia piuttosto comune. Questo può derivare da vari fattori, alcuni dei quali legati all'ambiente di conservazione che può influire sul metabolismo dell'insetto. Anche il decreto del Ministero per i Beni e le attività culturali del 10 maggio 2001, infatti, riconosce nei vari fattori abiotici una grande importanza per l'insediamento degli insetti. Primo tra questi in ordine di rilevanza è l'umidità,³ ma determinanti risultano anche temperatura,

l'areazione dei locali e lo sporco e polvere superficiali depositati sui manufatti.⁴

Fondamentale quindi, per mettere in atto tutte le azioni di difesa oggi disponibili, è conoscere i meccanismi di deterioramento biologico e le condizioni che ne favoriscono lo sviluppo⁵ (Figura 1).



Figura 1 - Esempio di danni provocati da infestazioni di insetti in un volume cartaceo

Varie sono le specie di insetti che attaccano i materiali organici. Per compiere il suo naturale ciclo vitale, ogni specie necessita di particolari condizioni ambientali e di trovare il giusto luogo e materiale dove insediarsi. Questo perché ognuna ha delle preferenze alimentari che ne favoriscono l'azione su un determinato oggetto anziché su altri. Anche se gli insetti che prediligono i materiali celluloseici appartengono a un numero limitato di specie, gli individui coinvolti possono essere in numero molto elevato, come ad esempio nel caso delle colonie termitiche.⁶

Gli insetti dannosi per il patrimonio culturale appartengono prevalentemente a due ordini: i coleotteri e gli isoteri.

Gli isoteri, comunemente conosciuti con il nome di tèrmiti, sono insetti di tipo sociale che vivono in numerose colonie e nidificano esternamente ai manufatti.⁷ Particolarmente difficili da debellare, le loro infestazioni sono, generalmente, meno frequenti nel settore dei beni culturali.

I coleotteri sono una famiglia di insetti molto vasta con oltre 350.000 specie oggi riconosciute, tra le quali particolarmente dannoso per i materiali che compongono i beni conservati nelle biblioteche c'è l'*Anobium punctatum* meglio noto come tarlo del legno, le cui larve si nutrono di cellulosa e amido.

Contrariamente a quanto si possa pensare, l'insetto adulto, caratterizzato da un rivestimento esterno rigido chiamato esoscheletro, è il minore responsabile dei danni al materiale. Le larve, in attesa del momento giusto per diventare adulte, possono rimanere a lungo nel legno scavando gallerie non visibili esternamente. La durata del ciclo di vita dell'insetto e il suo passaggio nei vari stadi di sviluppo (uovo, larva, pupa e insetto adulto) varia, oltre che dalla specie, dalle condizioni ambientali in cui tale ciclo si svolge. Gli ambienti interni con clima generalmente mite favoriscono lo sviluppo e ne velocizzano le varie fasi. Tale accelerazione aggrava il rischio per i manufatti poiché gli insetti, riproducendosi con maggiore velocità rispetto che negli ambienti esterni, velocizzano i tempi di aggressione.⁸

Le metodologie di disinfestazione

La disinfestazione è un'operazione volta a combattere l'attacco biologico in atto sull'oggetto. Vari sono i principi alla base delle possibili modalità di intervento che possono distinguersi in:

- interventi di tipo naturale;
- interventi di tipo fisico;
- interventi di tipo chimico.⁹

I metodi naturali, oggi non più in uso perché privi di riscontro scientifico, prevedevano l'utilizzo di olii ed essenze naturali.¹⁰ Negli ultimi anni l'impiego di sostanze di origine naturale è stato oggetto di nuovi studi e di un convegno a cura dell'Istituto Centrale per il restauro e la conservazione del patrimonio archivistico e librario (ICRCPAL),¹¹ con lo scopo di rivalutarne l'efficacia.

Sfruttando i principi della fisica, molteplici sono le possibilità di intervento anche se, alcune di queste, non si adattano ai beni culturali. I più frequenti sono i trattamenti termici che prevedono l'innalzamento della temperatura oltre i 70-80° C, oppure il congelamento dei manufatti.¹² Se l'utilizzo di alte temperature non è consigliabile nella disinfestazione dei materiali più delicati, la tecnica di congelamento ha trovato, prima che si diffondessero metodologie meno impattanti per i materiali, un ampio impiego nella disinfestazione di collezioni etnografiche e nelle biblioteche che conservano erbari. Punto di forza del congelamento con-

trollato, oltre alla comprovata efficacia, è quello di non utilizzare prodotti chimici dannosi per gli oggetti e per l'operatore. Si tratta di una metodologia in ogni caso sconsigliata per gli oggetti molto fragili o composti da una combinazione di materiali.¹³

I trattamenti chimici invece, prevedono l'utilizzo di sostanze di sintesi con proprietà biocide. La modalità di impiego di tali prodotti, alcuni particolarmente tossici, può variare da una semplice applicazione per impregnazione fino alla necessità di diffusione a pressione per mezzo di un'autoclave.¹⁴ Tali procedure, in relazione alla tossicità dei componenti chimici utilizzati, non trovano più il largo uso di un tempo. L'utilizzo di prodotti chimici è comunque particolarmente utile per il controllo della presenza degli insetti negli ambienti di conservazione. Per tale scopo si utilizzano trappole entomologiche in grado di attirare o catturare gli infestanti¹⁵ e utilizzate principalmente per catturare gli insetti volanti o striscianti, al fine di valutarne la presenza e la distribuzione nell'ambiente di conservazione. Le trappole diffuse negli archivi e nelle biblioteche sono predisposte con attrattivi di tipo alimentare o chimico. Quest'ultime sono maggiormente diffuse e la loro efficacia, mirata su determinate specie di insetti grazie all'utilizzo di feromoni, non permette un controllo ad ampio spettro ma solo numerico e specifico per la specie indicata (Figura 2). In ambienti confinati e di piccole dimensioni, risultano particolarmente utili le trappole per gli insetti volanti che, appese in prossimità delle fonti luminose, consentono di catturare per mezzo di colanti gli esemplari delle varie specie di insetti presenti nell'ambiente. L'utilizzo delle trappole entomologiche non deve essere inteso come sostituto dei sistemi di disinfestazione, ma come valido ausilio nel monitoraggio conservativo.

La disinfestazione con atmosfera modificata

La metodologia di disinfestazione che prevede l'utilizzo di atmosfera modificata, rappresenta la principale alternativa ai trattamenti di tipo chimico per il trattamento delle infestazioni entomologiche.¹⁶

L'atmosfera che viene creata è anossica ovvero privata della componente di ossigeno che, nella normalità e nell'aria secca, è di circa 21%. Tale modifica è effettuata assorbendo chimicamente l'ossigeno oppure immettendo gas inerti che, senza arrecare danni ai



Figura 2 - Trappole entomologiche

manufatti e senza creare problemi di inquinamento, permettono la completa eliminazione degli insetti. Conservare i manufatti in un ambiente povero di ossigeno inoltre, consente di evitare la proliferazione biotica e di rallentare i processi di degrado, prevenendo i fenomeni ossidativi.¹⁷

Gli insetti che si nutrono di cellulosa hanno la capacità di tollerare lunghi periodi in atmosfere con ridotto contenuto di ossigeno. Gli effetti sul loro metabolismo, tuttavia, variano in funzione dei livelli residui di ossigeno aumentando la mortalità con la diminuzione della sua concentrazione.¹⁸

Nelle varie ricerche scientifiche è stato dimostrato che con livelli di ossigeno residuo superiori al 5%, gli insetti aumentano la loro frequenza respiratoria in modo da assorbire la stessa quantità di ossigeno, nel tentativo di mantenere il metabolismo a livelli normali. A tale proposito alcuni studiosi sostengono che, aumentando la respirazione, aumenta anche il rischio di disidratazione per l'insetto,¹⁹ riconosciuta come principale causa di mortalità nei trattamenti in anossia.²⁰

Con percentuali di ossigeno inferiore al 3% gli insetti, per sopravvivere, hanno la capacità di ridurre le loro attività vitali.²¹ In virtù di tali capacità, la percentuale di ossigeno che molti ricercatori riconoscono come letale deve raggiungere livelli tra l'1% e il 3%.²² Per contro è accertato che aliquote di ossigeno inferiori allo 0,2% mantenute costanti per almeno 20 giorni, garantiscono l'eliminazione di ogni specie di insetti a qualsiasi stadio vitale.

Le modalità per la realizzazione del trattamento anossico

Esistono due modalità per realizzare un ambiente anossico (più correttamente, ipossico, giacché l'ossi-



Figura 3 - Un trattamento in corso di svolgimento



Figura 4 - La saldatura con pinza termica

geno è sempre presente ancorché in aliquote minime) adatto per il trattamento degli oggetti infestati. È possibile modificare l'atmosfera in modo "statico", oppure modificarla e controllarla in modo continuo.²³ Entrambe le tipologie prevedono la creazione di un contenitore ermetico entro il quale gli oggetti devono restare a contatto con l'atmosfera modificata per un determinato periodo di tempo (solitamente non inferiore alle tre settimane).

La tipologia "statica" è la metodologia più diffusa, economica e facile da realizzare. La concentrazione di ossigeno può essere portata a livelli letali per gli infestanti con vari metodi. Il gas inerte (in genere azoto) può essere immesso nel contenitore ermetico determinando la riduzione dell'aliquota di ossigeno sino a raggiungere il valore ritenuto ottimale per garantire

l'efficacia del trattamento. In alternativa l'ossigeno può essere "assorbito" grazie a una reazione chimica indotta da sostanze definite *oxigen scavengers* (assorbitori dell'ossigeno) di cui si dirà più avanti.

Con il metodo dinamico invece, l'azoto, o altro gas inerte, viene immesso con continuità nel contenitore ermetico per tutta la durata del trattamento mantenendo molto basso e costantemente controllato il livello dell'ossigeno.²⁴

Il gas immesso, conservato in bombole oppure generato attraverso uno specifico strumento, è privo di umidità. Per non variare il microclima ed esporre il manufatto a rischiose sollecitazioni, può essere opportuno umidificare il gas prima di immerlo nel contenitore ermetico²⁵ facendolo passare all'interno di un gorgogliatore contenente acqua distillata.²⁶ Per non eccedere nell'uno o nell'altro senso è necessario effettuare un controllo costante dell'umidità relativa interna. Il controllo può essere automatico e in continuo dialogo con il generatore di azoto, oppure manuale con indicatori visivi o con *datalogger*. In quest'ultimo caso, non potendo intervenire sull'atmosfera interna è consigliabile mantenere stabili i parametri ambientali esterni.

Sulla tipologia di gas da utilizzare la scelta era soggetta, negli anni scorsi, al loro costo e alla reperibilità nei vari luoghi. La facilità con cui oggi viene generato l'azoto lo rende l'elemento più economico e di facile utilizzo per la creazione dell'ambiente anossico.²⁷ Grazie alla messa a punto di apparecchiature in grado di produrre azoto a partire dell'aria il restauratore che deve sovrintendere all'intervento può evitare di approvvigionarsi in anticipo dei gas, rendendo il trattamento sostanzialmente automatizzato.²⁸ Fondamentale per l'ottimale riuscita di un intervento di disinfestazione con atmosfera modificata è la realizzazione di un contenitore sigillato in cui inserire gli oggetti da trattare ed entro il quale verrà eliminato l'ossigeno (Figura 3).

Tale contenitore è realizzabile con dei materiali plastici termosaldabili (Figura 4). Questi, modellabili sulla base delle dimensioni dell'oggetto da trattare, risultano estremamente pratici qualora si operi con oggetti di ridotte dimensioni. L'immissione del gas è possibile mediante due rubinetti, uno per l'ingresso dell'azoto e il secondo per la fuoriuscita del gas ancora contenente ossigeno. Il principio infatti è quello di "lavare" l'atmosfera interna affinché il gas inerte si mescoli

all'atmosfera riducendo gradualmente la percentuale di ossigeno. Qualora si opti per l'uso di assorbitori chimici di ossigeno da inserire all'interno del volume, i rubinetti non sono ovviamente necessari. Per oggetti di grandi dimensioni è possibile utilizzare delle "camere climatiche" realizzate con dei pannelli rigidi oppure con teloni plastici saldati professionalmente²⁹ che, con lo stesso principio dei sacchi termosaldabili consentono di trattare molti più oggetti contemporaneamente (Figura 5). La "porta", che rappresenta il punto più debole della struttura, può essere chiusa ermeticamente grazie all'istallazione di una cerniera a tenuta stagna di derivazione nautica.

Uno dei lati negativi dei trattamenti in anossia è la durata. Generalmente, dovendo disinfestare negli ambienti museali o comunque con microclima idoneo alla conservazione, e al fine di avere un'ampia garanzia di efficacia, la permanenza in anossia viene mantenuta per non meno di 21 giorni a una percentuale di ossigeno inferiore allo 0,2%.

Visto che il trattamento elimina gli insetti infestanti ma non lascia residui attivi, il manufatto potrebbe essere soggetto a un nuovo attacco. È consigliabile, per scongiurare questo rischio, attuare tutte le buone norme di prevenzione e conservazione dei beni indicate all'art. 29 del Codice dei beni culturali del 2004.³⁰ Va inoltre ricordato che il trattamento anossico risulta inefficace per l'eliminazione di infestazioni fungine.

Anche se prima degli anni Novanta il metodo di disinfestazione anossica era scarsamente utilizzato per i trattamenti sul patrimonio culturale, gli studi effettuati negli anni successivi concordano che essa risulta oggi la metodologia più sicura sia per l'efficacia che per l'integrità dei manufatti.³¹

Generatore di azoto

Il progresso tecnologico, legato prevalentemente al settore alimentare, ha permesso di semplificare le modalità di esecuzione della disinfestazione in anossia. L'introduzione di apparecchiature in grado di "generare" azoto senza doversene approvvigionare in serbatoi, infatti, ha reso molto più semplice l'applicazione di questa metodologia rendendola accessibile anche alle biblioteche, agli archivi, ai musei di ridotte dimensioni e ai professionisti del settore. L'automatizzazione che questi sistemi consentono, hanno inoltre



Figura 5 - Trattamento anossico in camera climatica



Figura 6 - Trattamento effettuato con assorbitori di ossigeno su un volume con coperta in cuoio

permesso la semplificazione di tutto il processo rendendolo *user friendly*.³²

Attraverso una filtrazione selettiva dei gas,³³ questi macchinari consentono di separare l'azoto dalle altre componenti atmosferiche garantendo un elevato grado di purezza che può variare dal 95% fino al 99,9%³⁴ permettendo contemporaneamente di monitorare i parametri ambientali e del volume trattato grazie a sonde termogrometriche e a ossimetri (analizzatori di ossigeno).

La programmazione, che prima necessitava di calcoli sui volumi e sulla quantità di gas immesso, si limita adesso alla semplice impostazione dei parametri

di umidità relativa e di ossigeno desiderati. Durante il trattamento il sistema analizza i parametri atmosferici memorizzandoli e, in caso di necessità, li utilizza per azionare l'immissione di azoto o l'umidificazione dello stesso, correggendo eventuali deviazioni dai valori voluti. Il costante monitoraggio dei parametri consente, inoltre, di "certificare" l'andamento degli stessi nel tempo, garantendo l'efficacia della disinfestazione.

Questa combinazione di monitoraggio, analisi e dialogo con il macchinario, permette di effettuare il trattamento riducendo al minimo l'intervento dell'operatore, che dovrà periodicamente verificare il corretto funzionamento ed eventualmente aggiungere acqua al sistema di umidificazione.

Inoltre i moderni generatori di azoto di ridotte dimensioni, grazie alla facilità con cui si possono trasportare, hanno il vantaggio di poter essere utilizzati direttamente nel luogo di conservazione dell'oggetto da trattare.

Assorbitori di ossigeno

Nella realizzazione dell'atmosfera anossica necessaria per la disinfestazione, una valida alternativa alla sostituzione dell'ossigeno con altri gas è data da prodotti chimici in grado di "assorbire" l'ossigeno presente.³⁵ Tali prodotti, confezionati in sacchetti porosi in polipropilene tessuto-non-tessuto, sono particolarmente indicati per eseguire lavorazioni occasionali e trattare piccoli oggetti. L'utilizzo degli assorbitori, infatti, evita la necessità di approvvigionarsi di gas o dei generatori di azoto, rendendo sufficiente la creazione di contenitori ermetici³⁶ (Figura 6).

Gli *oxigen scavengers* sono solitamente costituiti da una miscela di polvere di ferro finemente suddivisa (il ferro si lega con l'ossigeno per formare ossido di ferro) mescolata con cloruro di sodio (che attira umidità la quale favorisce l'attivazione del ferro come "assorbitore" di ossigeno) e carbone attivo in grado di adsorbire (cioè di trattenere chimico-fisicamente sulla sua superficie) i gas eventualmente presenti.

Durante il processo di fissazione dell'ossigeno, si genera una reazione esotermica.³⁷ È consigliabile quindi posizionare i sacchetti distanziati all'interno del volume in modo tale che il calore generato sia minimo e non provochi un aumento della temperatura nel microambiente.³⁸

Ringraziamenti

L'autore ringrazia la dottoressa Melania Zanetti per il contributo e la costante disponibilità.

NOTE

¹ CHARLES SELEITZ, SHIN MAEKAWA, *Inert Gases in the Control of Museum Insect Pests. Research in Conservation*, Los Angeles, Getty Conservation Institute, 1998, p. xi.

² ZANETTI MELANIA, *Tra prevenzione e restauro: la manutenzione in biblioteca*, "Biblioteche oggi", 35 (2017), 6, p. 4.

³ D. lgs. n. 112 del 1998 art. 150 comma 6, Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei, Ambito VI, sottoambito 2, paragrafo 2.6 "Per quanto riguarda invece (la prevenzione ndr.) gli attacchi entomatici, risultano del tutto insufficienti interventi sui parametri microclimatici, a meno che non si raggiungano valori di temperatura ed umidità relativa incompatibili con il benessere sia della maggior parte dei materiali sia dell'uomo"; ISO 10586:1997 *Condizioni climatiche per ambienti di conservazione di documenti grafici e caratteristiche degli alloggiamenti*; ELENA CHIAPPINI et al., *Mortality of Tribolium confusum J. du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)*, in *Controlled atmospheres at different oxygen percentages*, "Journal of Stored Products Research", 45 (2009), 1, p. 10-11; LIOTTA GIOVANNI, *Gli insetti e danni del legno, problemi di restauro*, Nardini editore, 1991, p. 44.

⁴ M. ZANETTI, *Tra prevenzione e restauro*, cit., p. 4.

⁵ G. LIOTTA, *Gli insetti* cit., p. 14.

⁶ *Ivi*, p. 14.

⁷ *Ivi*, p. 38.

⁸ *Ivi*, p. 17.

⁹ CRISTINA ORDONEZ et al., *Il mobile conservazione e restauro*, Firenze, Nardini Editore, 2003, p. 103.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ Giornata informativa "Gli oli essenziali. Una nuova frontiera nella disinfezione e nella conservazione di opere su carta", Roma, 4 maggio 2018.

¹² C. ORDONEZ, et al., *Il mobile*, cit., p. 103.

¹³ MARIANNA ADAMO, DONATELLA PATÈ et al., *Sulle fotografie danneggiate. Gestione degli organismi infestanti*, Roma, ENEA, 2015, p. 83-85.

¹⁴ C. ORDONEZ et al., *Il mobile*, cit., p. 104.

¹⁵ G. LIOTTA, *Gli insetti*, cit., p. 46.

¹⁶ E. CHIAPPINI et al., *Mortality of Tribolium confusum*, cit., p. 10.

- ¹⁷ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control*, cit., p. 8.
- ¹⁸ E. CHIAPPINI et al., *Mortality of Tribolium confusum* cit., p. 12.
- ¹⁹ *Ibidem*.
- ²⁰ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control*, cit., p. 2.
- ²¹ E. CHIAPPINI et al., *Mortality of Tribolium confusum*, cit., p. 11.
- ²² *Ibidem*.
- ²³ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control* cit., p. 17.
- ²⁴ *Ivi*, p. 17, 49.
- ²⁵ MICHEAL K. RUST, JANICE M. KENNEDY, *The Feasibility of Using Modified Atmospheres to Control Insect Pests in Museums*, Los Angeles, Getty Conservation Institute, 1993, p. 5.
- ²⁶ SHIN MAEKAWA, KERSTIN ELERT, *The Use of Oxygen-Free Environments in the Control of Museum Insect Pests. Tools for Conservation*, Los Angeles, Getty Conservation Institute, 2003, p. 67.
- ²⁷ M. K. RUST, J. M. KENNEDY, *The Feasibility of Using Modified Atmospheres*, cit., p. 4.
- ²⁸ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control*, cit., p. 49-50.
- ²⁹ S. MAEKAWA, K. ELERT, *The Use of Oxygen-Free Environments*, cit., p. 70.
- ³⁰ D.lgs. n. 44 del 22 gennaio 2004.
- ³¹ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control*, cit., p. XII.
- ³² S. MAEKAWA, K. ELERT, *The Use of Oxygen-Free Environments*, cit., p. 65.
- ³³ Il filtro è costituito da una membrana composta da minuscole fibre cave. L'ossigeno, così come l'anidride carbonica e gli altri elementi che compongono l'aria, permeano più velocemente attraverso le fibre separandosi dall'azoto che invece le attraversa e fuoriesce dal filtro. Regolando la portata dell'aria immessa, preventivamente purificata, si agisce anche sulla purezza dell'azoto in uscita.
- ³⁴ S. MAEKAWA, K. ELERT, *The Use of Oxygen-Free Environments*, cit., p. 65.
- ³⁵ JOHN BURKE, *Anoxic Microenvironments: A Treatment for Pest Control*, "Conserve O Gram" 3/9 (1999), p. 1-2.
- ³⁶ C. SELEITZ, S. MAEKAWA, *Inert Gases in the Control*, cit., p. 17-28.
- ³⁷ In termodinamica viene definito processo *esotermico* una trasformazione che comporta un trasferimento di calore dal sistema all'ambiente; in altre parole si ha sviluppo di calore che ovviamente determina un incremento della temperatura.
- ³⁸ MAEKAWA SHIN, ELERT KERSTIN, *The Use of Oxygen-Free Environments* cit., p. 44

ABSTRACT

Infesting insects caused, during the centuries, the loss of countless historic and artistic testimonies. In order to defend these materials from entomological infestations, in the last years have been created various systems to prevent attacks or to interrupt them. The paper describes the different insect species and the conditions which facilitate their settlement. It deals also with the most common disinfection methodologies which have to face who works for the cultural heritage's safeguard.

DOI: 10.3302/0392-8586-201902-029-1