

**SUZBIJANJE ŠTETNIKA NA STAROJ I RIJETKOJ  
KNJIŽNIČNOJ GRAĐI U NARODNOJ KNJIŽNICI SRBIJE**

THE ELIMINATION OF PESTS ON THE RARE LIBRARY MATE-  
RIAL IN THE NATIONAL LIBRARY OF SERBIA

*Slavica Janačković*  
slavica.janackovic@nb.rs

*Katarina Kocić*  
katarina.kocic@nb.rs

*Željko Mladićević*  
zeljko.mladicevic@nb.rs  
Narodna biblioteka Srbije Beograd,  
Odjeljenje za konzervaciju, restauraciju i zaštitu

UDK / UDC 025.8:09  
UDK / UDC 027.54(487.11Beograd)  
Stručni rad / Professional paper  
Priljeno / Received: 11. 3. 2015.

*Sažetak*

U radu je prikazan postupak suzbijanja mikroorganizama i insekata na knjižničnoj građi iz Odjela posebnih fondova Narodne knjižnice Srbije, odnosno odabranih knjiga iz legata Tihomira Đorđevića i Vojislava Čajkanovića, koje su vidno biološki oštećene (različito obojene mrlje na listovima). Vidljiva biološka oštećenja ustanovljena su i upotrebom uređaja LIGHTNING MVP®. Za potrebe zaštite od mikroorganizama na odabranoj građi upotrijebljen je Veloxi sustav (anoksija i anoksija u kombinaciji s timolom). Pokazano je da ovakav način, iako smanjuje stupanj kontaminacije

građe, ipak nije potpuno djelotvoran, te da je neophodno, prije pristupanja uništavanju mikroorganizama, utvrditi kontaminante, kao i stupanj infekcije i prema tome upotrijebiti najdjelotvorniju poznatu metodu nadzora i suzbijanja štetnika ili izvršiti njenu modifikaciju u cilju uklanjanja i zaštite građe od djelovanja mikroorganizama i drugih bioloških kontaminanata. Ipak, prevencija (odgovarajući uvjeti i mjesto čuvanja) jedan je od najvažnijih činitelja u zaštiti i očuvanju građe knjižničnoga fonda.

*Ključne riječi:* knjiga, biološka oštećenja, Lightning.mvp<sup>®</sup>, Veloxi, suzbijanje štetnika, zaštita od mikroorganizama i insekata

### *Summary*

The elimination of microorganisms and insects from some books with biological damages from Department for Special Collections of the National Library of Serbia using Veloxi system (anoxia and anoxia in combination with thymol) have been presented. The visible biological damages were observed on this books, also determined using LIGHTNING MVP<sup>®</sup> device. It is shown that this method, although reducing the degree of contamination of the material was not completely effective. Because of that, before treatment is necessary identify contaminants and the degree of contamination and therefore use the most effective known method of pest control, or make a modification to remove, and protect the books from microorganisms and other biological contaminants. However, prevention (appropriate conditions and storage place) is one of the most important factors in the protection and preservation of library materials.

*Keywords:* book, biological damage, Lightning MVP<sup>®</sup>, Veloxi, pest control, protection from microorganisms and insects

### **Uvod**

Tradicija konzervacije knjiga i dokumenata je vrlo stara. Pokušaji da se pisani dokumenti zaštite od propadanja datiraju još od starih vremena, kada se pisalo na papirusu. Papirus je radi zaštite od insekata premazivan biljnim ekstraktima, i to predstavlja jednu od najstarijih metoda zaštite. Krajem 18. stoljeća u Europi, kemičari su dali prva uputstva za čišćenje starih knjiga i rukopisa kao i uputstva za borbu protiv insekata.<sup>1</sup> Knjižničari i arhivisti u Americi bili su prvi koji su ustrajali na organiziranoj zaštiti građe koja se nalazi po arhivima i knjižnicama. U Jugoslaviji je prvi put otvoren Laboratorij za konzervaciju starih knjiga i rukopisa 1949. godine u Zavodu za zaštitu

---

<sup>1</sup> Radosavljević, Vera; Radmila Petrović. Konzervacija i restauracija arhivske i bibliotečke građe i muzejskih predmeta od tekstila i kože. Beograd : Arhiv Srbije, 2000.

spomenika kulture NRS. Od 1973. godine on je u sastavu Narodne knjižnice Srbije i posluje kao središnji laboratorij za konzervaciju knjižnične građe. Ovaj laboratorij od 2008. godine, kada je u potpunosti renoviran i proširen, prostire se na površini od više od 350 kvadratnih metara. Tada su formirane sekcija za mokre postupke u konzervaciji, kemijski laboratorij, sekcija za ručnu restauraciju, sekcija za mehaniziranu restauraciju, prostorija za anoksiju/dezinfekciju, sekcija za konzervaciju neknjižne građe i građe velikih formata i knjigovežnica. Konzervatorski laboratorij Narodne knjižnice Srbije je najveći i najopremljeniji laboratorij za konzervaciju papira i pergamene u Srbiji. U trezoru Narodne knjižnice Srbije nalazi se mnogo pisanih spomenika kulture: oko 300 ćirilskih rukopisnih knjiga srednjeg vijeka, 100 inkunabula i oko 15.000 knjiga fonda stare i rijetke knjige (tiskane prije 1867. godine). Ako tome dodamo desetine tisuća godišta novina, mlađih rukopisa, tisuće plakata, mapa, grafika i druge knjižnične građe, može se zaključiti da NBS poseduje ogromno bogatstvo pisanog nasljeđa koje treba sačuvati od propadanja.

### ***Oštećenja papira***

Tijekom vremena, u papiru se odvija nepovratni postupak prirodnog starenja, koji je posljedica vrlo složenih postupaka, na koje utječe više čimbenika – relativna vlaga i temperatura okoline, svjetlost, plinovi iz zraka itd. Na ovaj način nastaju oštećenja koja izazivaju fizički činitelji: sunčeva svjetlost, toplina, prašina i dr.; kemijski činitelji kao što su kiseli plinovi iz zraka, razne kemikalije upotrijebljene pri proizvodnji papira, tinte loše kvalitete i dr. Biološka oštećenja izazivaju mikroorganizmi (gljivice i bakterije), insekti i glodavci.

### ***Biološka oštećenja***

Mikroorganizmi predstavljaju jednu od najvećih opasnosti po pisanu baštinu na papiru i pergameni, jer mogu dovesti do strukturnih, kemijskih i estetskih oštećenja. Mikroorganizmi izazivaju promjene i oštećenja sintezom enzima koji razlažu spojeve od kojih su papir i pergamena izrađeni, kao i druge organske spojeve korištene pri stvaranju dokumenata (npr., škrob u ljepilu). Tako, proteine razlažu proteaze (kolagen u pergameni), celulozu i njene derivate razlažu celulaze (papir), a škrob amilaze. Prevladavajući mikroorganizmi koji oštećuju pisane dokumente su gljivice. Međutim, rezultati nedavnog istraživanja pokazuju da su raznovrsnost i brojnost bakterija izoliranih s pisanih

dokumenata na papiru i pergameni veći od raznovrsnosti i brojnosti gljivica.<sup>2</sup>

Ovdje posebno treba znati da su troškovi prevencije mali u usporedbi s troškovima konzervacije i restauracije, ali i da je utjecaj nekih mikroorganizama na zdravlje ljudi ogroman.

### ***Oštećenja izazvana gljivicama***

Gljivice su heterogena skupina organizama, žive kao paraziti ili saprofiti u vodi, zemlji i zraku, a najbolje se razvijaju u vlažnim, mračnim, slabo prozračenim prostorijama. Kako slaba zračna struja može lako prenijeti spore gljivica, i materijali udaljeni od izvora infekcije mogu se lako zaraziti. Gljivice se pri povoljnim uvjetima razvijaju vrlo brzo i u velikoj količini (na 1cm<sup>2</sup> može biti više tisuća spora, koje se mogu razviti tijekom 4 do 7 dana). Glavni vegetativni organ gljivice je hifa (splet hifa čini micelij). Oštećenja papira izazvana gljivicama (najčešće su to filamentozne mikromicete – plijesni) stoje u tijesnoj vezi s vlažnošću i temperaturom prostora u kome se građa čuva. Za rast gljivica neophodna je velika relativna vlažnost zraka, a najbolje se razvijaju iznad 75 posto vlažnosti. Gljivice mogu živjeti na širokom rasponu temperature, od nekoliko stupnjeva iznad nule do 50°C. Također, idealan raspon pH je od 4 i kiseliji, čak do 1. Neke vrste razvijaju se u lužnatoj sredini sve do pH 9,5. Međutim, ako ne postoji povećana vlažnost i stalno se održava odgovarajuća temperatura prostora, do razvoja gljivica i bakterija neće ni doći. Pod normalnim uvjetima čuvanja građe, mogu se razvijati samo insekti i glodavci.

Gljivice (kao i bakterije) razlažu celulozu pomoću enzima celulaze koji nastaju tijekom metabolizma. Celuloza je složena makromolekula, empirijske formule (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, koja predstavlja prevladavajuću komponentu staničnog zida biljaka, kao i gljivica iz klase Oomycetes (podrazdjel Mastigomycotina).<sup>3</sup> Celulozna vlakna predstavljaju glavnu gradivnu sastavnicu mnogih umjetničkih predmeta, prije svega onih napravljenih od drva. Papir predstavlja najznačajniji materijal na kome se bilježe i čuvaju kulturna dostignuća u cijelom svijetu. S obzirom na to da nastaje kao proizvod drvne industrije i izrađen je od vlakana celuloze, u ekološkom smislu papir smatramo celuloznim supstratom. Knjige, dokumenti, spisi, stare mape, fotografije i dr. su predmeti napravljeni od papira koji se najčešće čuvaju u knjižnicama, arhivima i muzejima. Pamuk

---

<sup>2</sup> Radosavljević, Vera; Radmila Petrović. Nav. dj.

<sup>3</sup> Muntañola-Cvetković, Maria. Opšta mikologija. Beograd : Književne novine, 1987.

i lan su tkanine izrađene od celuloznih vlakana. Mnogi umjetnički predmeti, prije svega stara nošnja, i predmeti koje su koristili naši preci, izrađeni su od ovih tkanina i pohranjeni su u muzejskim prostorima.

Umjetnički predmeti izrađeni od celuloznih vlakana mogu biti kolonizirani celulolitičkim gljivicama sposobnim za asimilacijsku biodeterioraciju papirnih vlakana. Celuloliza ili hidroliza celuloze je katalizirana enzimskim kompleksom koji se označava kao celulaza i koji se sastoji od ekstracelularnih  $\beta(1\rightarrow4)$  glukanaza. Svi celulolitički enzimi dijele se na endo- i egzonukleaze. Endohidrolaze sijeku  $\beta(1\rightarrow4)$  glikozidnu vezu na ma kom mjestu proizvodeći glukozu, celobiozu i frakcije glukanskih lanaca veće molekularne mase. Egzohidralaze ( $\beta(1\rightarrow4)$  celobiohidrolaze) sijeku samo krajeve  $\beta(1\rightarrow4)$  glukanskih lanaca dajući kao proizvod reakcije isključivo disaharid celobiozu. Postoje i glukohidrolaze koje sijeku samo jednu glikozidnu jedinicu iz polisaharidnog lanca, ali one su jako rijetke kod mikroorganizama.<sup>4</sup>

Primjeri celulolitičkih vrsta gljivica često izoliranih s dokumenata i knjiga koje su čuvaju u knjižnicama i arhivima, vrste su rodova *Chaetomium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Eurotiumi*, *Trichoderma*. Većina kolonizatora papirnog supstrata su kserofilne vrste sposobne za razvoj na supstratima s niskim vodnim potencijalom. Celulolitičke vrste gljivica mogu vrlo brzo potpuno razložiti papir. Specifična i ireverzibilna pojava u vidu smeđih do riđih mrlja na papirnom materijalu opisana je u literaturi. S obzirom na to da boja ovih mrlja podsjeća na boju lisičjeg krzna, pojava je nazvana “foxing”.<sup>5</sup> Porijeklo ove pojave na papirnim dokumentima objašnjavaju dvije teorije – abiotička i biotička. Prema abiotičkoj teoriji, “foxing” je posljedica prirodnih kemijskih procesa, najčešće oksidacije, koji se odigravaju na papirnom materijalu, kao i posljedica depozicije određenih spojeva na površini papira. Prema biotičkoj teoriji, “foxing” izazivaju mikroorganizmi, posebno gljivice koje produkcijom organskih kiselina vrše disimilacijsku biodeterioraciju papira trajno ga oštećujući. Izolacija velikog broja vrsta gljivica upravo s dijelova papira na kojima se primjećuju simptomi “foxinga”, govori u prilog biotičkoj teoriji.

---

<sup>4</sup> Stupar, Miloš. Diverzitet mikromiceta na objektima kulturne baštine i testiranje fungicida primjenljivih u konzervaciji. Beograd : Biološki fakultet, Doktorska disertacija, 2013.

<sup>5</sup> Rebrikova, Natalie; Nina Manturovskaya. Foxing : A New Approach to an Old Problem. // Restaurator 21 (2000), 85-100.

### ***Oštećenja izazvana bakterijama***

Bakterije se nalaze na tlu, u vodi i zraku. One su jednostanični organizmi u obliku ravnih i savijenih štapića, spiralnog ili sfernog oblika veličine 0,5 do 5µm. Množe se jednostavnim dijeljenjem jedne stanice na dvije. Mnoge bakterije mogu koristiti ugljik samo iz organskih spojeva. Prirodni spojevi su mnogo više podložni biološkom razaranju nego sintetski. Proizvodi metabolizma bakterija su vrlo brojni: ugljični dioksid, organske kiseline, ketoni, aldehidi, alkoholi i dr. Za razvoj bakterija neophodna je voda. Mogu biti aerobne i anaerobne (mogu se razvijati samo u odsustvu kisika, a neke su fakultativno anaerobne – žive i u prisustvu i u odsustvu kisika). Najvažniju ulogu u mikrobiološkom, enzimskom razlaganju papira bakterijama igraju aerobne bakterije. Bakterije se razvijaju i u lužnatoj i u neutralnoj sredini (pH 6,5-8,2). Postoji više vrsta celulolitičkih bakterija. Intenzitet njihove celulolitičke moći ovisi o vrsti; izvjesne koriste isključivo celulozu kao izvor ugljika i to su obvezno celulolitičke bakterije; za druge, nasuprot tome, neophodni su i drugi izvori ugljika, one su fakultativno celulolitičke. Smatra se da su nekoliko vrsta *Cytophaga* najaktivnije u razlaganju celuloze, one proizvode razne pigmente na celulozi. Jako djelovanje imaju i *Sporocytophaga mixococcides*, *Cytophaga globulosa*, *Cytophaga hutchinsonii*, *Cytophaga mycococcides*, *Spirochaeta cytofaga* i dr. Nijedna od celulolitičkih bakterija, od mnogih vrsta koje su ispitivane, nisu patogene za čovjeka.

### ***Oštećenja izazvana insektima***

Insekti predstavljaju vrlo veliku opasnost za papir. Oštećenja insektima na dokumentima, knjigama, i rukopisima veća su od štete koje im zajedno nanose vatra i voda. Insekti, tijekom životnog ciklusa prolaze kroz različite faze. Postoje dvije vrste preobražaja. Nepotpunim, postupnim preobražajem iz jajašca prelaze u fazu larve, koja se nekoliko puta presvlači, prije nego što postane odrasla jedinka. Potpuni preobražaj imaju insekti koji imaju stadij larve ili gusjenice; stadij lutke, koji je nepokretan i stadij odraslog insekta. Svi ovi stadiji mogu se naći u knjižnicama i arhivima, u koricama knjige, među listovima, u drvu polica na kojima su smještene knjige. Neki insekti kopaju kanale i na taj način štetno djeluju na arhivsku i knjižničnu građu. Vrste koje su najviše zastupljene kao štetočine jesu: knjiška uš (*Troctes divinatoria*), srebrni moljac (*Lepisma saccharina*), knjiški crvi (iz različitih rodova), žohari

(*Blatta germanica*), slaninar (*Dermestres lardarius*), termiti koji predstavljaju izrazit primjer simbioze s mikroorganizmima. U tijelima termita nađene su neke vrste bakterija i gljivica.

### ***Oštećenja izazvana glodavcima***

Glodavcima (miševi i štakori), kao hrana služe uglavnom svi proizvodi koje čovjek upotrebljava za svoju prehranu, ali u njihovom nedostatku oni se mogu hraniti papirom, kožom, drvom i dr. Knjižničnu građu i arhivalije najčešće oštećuju glodanjem, bilo da je koriste za prehranu, u nedostatku druge hrane, bilo za pravljenje gnijezda. Osim toga, i svojim urinom nanose štetu, jer ova izlučevina sadrži mokraćnu kiselinu koja razgrađuje celuloze, i oboji papir.

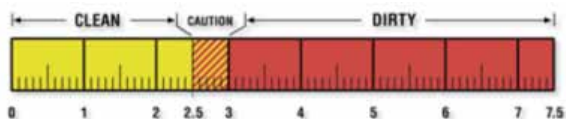
### ***Detekcija prisutnosti mikrobiološke aktivnosti – MVP i Air Sampler***

*LIGHTNING MVP*<sup>6</sup> (multi variable platform) (Slika 1) je multifunkcionalni prenosivi uređaj, jednostavan za korištenje i veoma precizan. Otkriva infekciju, mjerenjem razine ATP-a (adenozin trifosfat). ATP je molekula za skladištenje energije, nalazi se u svim živim stanicama, uključujući bakterije, kvasce, plijesni i sve organske materije. Test koristi enzim luciferazu koja je veoma osjetljiva na ATP. Luciferin je tvar izolirana iz tijela krijesnice (insekt iz porodice Lampyridae). U kontaktu s ATP-om isijava svjetlost. Količina svjetlosti je izravno proporcionalna razini infekcije.

Bris se uzima s površine 10 x 10 cm. Stavlja se u kivetu i dobro zatvori. Uzet neaktiviran bris može ostati u kiveti i do 60 minuta nakon uzimanja, a potom mora biti aktiviran luciferazom i očitana najduže 2 minute nakon aktivacije. Kiveta se ubacuje u čitač uređaja. Očitavanje traje 10 sekundi. Na zaslonu se pojavljuje rezultat – vrijednosti: 0 - 2,5 čisto; 2,5 - 3 sumnjivo; više od 3,0 prljavo (Slika 2).

---

<sup>6</sup> Biocontrol : ATP Surface Sampling Device. Dostupno na: <http://www.biocontrolsys.com/products/view/MVPS>



Slika 1. MVP Lightning uređaj

Slika 2. skala čistoće

*Air sampler MAS<sup>7</sup> (Microbial Air Monitoring System)-100 Eco®* (Slika 3) je uređaj visokih performansi zasnovan na načelu Andersonovog uzorkivača zraka. Zrak se uvlači kroz perforirani poklopac i izravno pada na površinu podloge za rast mikroorganizama koji se nalazi u standardnoj 90 mm petrijevoj zdjelici ili na 60 mm kontaktnu ploču. Uređaj ima stalan protok zapremine od 100 litara / min. Ukoliko su prisutni mikroorganizmi, oni napadaju hranjivu podlogu i nakon vremena inkubacije se otkrivaju, određuju i broje njihove kolonije.



Slika 3. Air Sampler

<sup>7</sup> MBV: MAS 100 Eco. Dostupno na: [http://www.mbv.ch/mas-100-eco\\_29-en.html](http://www.mbv.ch/mas-100-eco_29-en.html)



### ***Sterilizacija, dezinfekcija i dezinsekcija***

Sterilizacija podrazumijeva uništavanje svih živih organizama (uključujući spore) koji izazivaju biološka oštećenja građe. Dezinfekcija je postupak smanjivanja broja mikroorganizama, ali ne obvezno i njihovih spora, do neškodljive razine. Uništavanje insekata je dezinsekcija, a glodavaca deratizacija. Uništavanje mikroorganizama i insekata koji imaju razarajuće djelovanje na papir od ogromnog je značenja za zaštitu i čuvanje knjižnične i arhivske građe. Uništavanje se može izvesti na više načina: kemijski, zračenjem (sunčeva svjetlost, ultraljubičaste i rendgenske zrake), izlaganjem elektromagnetskom polju visokofrekventnih struja, dubokim zamrzavanjem ili izlaganjem visokim temperaturama. Dezinfekcija se još uvijek najviše izvodi kemijski, pomoću supstanci s baktericidnim i fungicidnim djelovanjem. Za odstranjivanje insekata koriste se insekticidi, tj. otrovi koji su ih sposobni uništiti. Idealno sredstvo moralo bi zadovoljiti sljedeće uvjete:

- da ne deljuje štetno na materijale od kojih su knjige, rukopisi i dokumenti izrađeni (papir, koža, drvo, tekstil, ponekad metal, boje, tinta)
- da je stabilne kemijske konstitucije i da ne sadrži nikakve štetne primjese, ili da ih pri svom razlaganju ne oslobađa)
- da uništava mikroorganizme i insekte u svakom stadiju njihova života
- da djeluje trajno
- da nije štetno za ljude i ne miriše nelagodno
- da je ekonomično.

Nažalost, do sada takvo sredstvo nije pronađeno, tako da sve supstance koje se primjenjuju za dezinfekciju samo djelomično zadovoljavaju ove uvjete. Uspjeh suzbijanja štetnika zavisi od više činitelja: osjetljivosti mikroorganizama i insekata na odabrano sredstvo, njegova sposobnost prodiranja u zaraženi materijal, dužina tretiranja i uvjeti pod kojima se vrši (temperature, tlaka i relativne vlage). Učinkovitost sredstava zavisi i od letalne doze koja se izračunava u miligramima otrova potrebnim da izazovu smrt 50 posto kontrolnih insekata po kilogramu tijela insekata koji se uništavaju. Kada je riječ o dezinsekciji, uspješnost ovisi o fazi razvoja i starosti. Jaja se teže uništavaju od odraslih insekata. Ipak, ni jednim postupkom/sredstvom ne osigurava se trajna zaštita građe od ponovne infekcije, jer se sva primijenjena sredstva, nakon postupka uništavanja, moraju potpuno ukloniti iz tretiranog materijala.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Radosavljević, Vera; Radmila Petrović. Nav. dj.

Načini suzbijanja mikroorganizama i insekata u Odjeljenju za zaštitu, konzervaciju i restauraciju Narodne knjižnice Srbije (NBS) – upotreba timola i Veloxy sustava

U Odjelu za zaštitu, konzervaciju i restauraciju NBS upotrebljavaju se timol i Veloxy sustav.

### *Timol*

Timol (1-metil-3-hidroksi-4-izopropilbenzol) je čvrsta, bezbojna supstanca koja se topi na 49-50° C. Oštrog je mirisa i lako sublimira pod normalnim uvjetima u prostoru. Ima ograničenu topivost u vodi. Otapa se u alkoholu. Djeluje kao baktericid, fungicid i insekticid. Djelovanje timola na dokumente i slikane radove na papiru, eksperimentalno je ispitivano u Britanskom muzeju. Utvrđeno je da se sigurno može upotrijebiti za sve crteže, tisak, rukopise, akvarele, knjige i drugu građu. Slike koje su rađene uljima, ili lakirane ne smiju se tretirati timolom, jer se lakovi i ulja omekšavaju djelovanjem timola i time oštećuje građu. Osim toga, utvrđeno je da je timol blago štetan i za zdravlje ljudi.<sup>9</sup> Timol se koristi na tri načina:

1. Prvi način. U hermetičkoj komori, ugradi se jedna žarulja, a iznad nje postavi na stalak staklena posuda s timolom. Na nekoliko centimetara iznad timola postavi se mreža na koju se postavljaju dokumenti, koji moraju biti dovoljno rastresiti, a knjige uspravno položene i lepezasto otvorene da bi se omogućio što bolji pristup timola do svih dijelova materijala koji se dezinficira. Žarulja se drži upaljena oko dva sata, pa se ugasi, a materijal ostavi u pari timola do 24 sata. Ovo se ponavlja više puta, svakih 24 sata. Najmanje petnaest dana. Smatra se da je 70 g timola na 1 m<sup>3</sup> dovoljno za dezinfekciju.
2. Drugi način. Napravi se zasićena otopina timola u alkoholu (10 g timola na 100 g 96% etil alkohola) i njome poprskaju komadi upijajućeg papira toliko da ne budu mokri nego samo vlažni, zatim se stave između listova gdje se ostave 15 dana.
3. Treći način. Između listova upijajućeg papira pospe se timol, zatim se preko njih provlači toplo glačalo, pri čemu se timol otopi i upije u papir. Na ovaj način pripremljeni listovi upijajućeg papira ne sadrže svuda podjednaku količinu timola, ali mogu dobro poslužiti zbog njegove lake isparljivosti.

---

<sup>9</sup> Curk, Franc; Živan Nedović. Štetni agensi u konzervaciji. Niš : Narodni muzej Niš, 1997.

### *Veloxi (very low oxygen) uređaj*

Veloxi sustav temelji se na ideji što manje upotrebe kemijskih sredstava u postupku konzervacije. Sva do sada korištena kemijska sredstva u radu, bez obzira koliko bila učinkovita pri suzbijanju mikroorganizama i insekata, ipak mogu oštetiti strukturu papira i nepovoljno utjecati na osoblje koje sudjeluje u radu ako se nalazi u prostoriji u kojoj se obavlja postupak. Europska unija je 1998. godine financirala projekt "Save Art" (Spasiti umjetnost). Dio ovog projekta sačinjava "Pre Mail" projekt, koji vodi švedski Prirodoslovni muzej. U sklopu tog projekta testirane su različite metode suzbijanja štetnika.<sup>10</sup> Jedna od metoda sastoji se u učinku dugotrajnog skladištenja predmeta zaštite u prostoru s atmosferom s niskim postotkom kisika. Konstruiran je uređaj koji predstavlja elektromehanički generator dušika (the Veloxi – very low oxygen, što znači veoma niska razina kisika) (Slika 4).



Slika 4. Veloxi uređaj

Pomoću ovog generatora se razina kisika snižava na manje od 1 posto u zraku. Načelo rada sastoji se u izdvajanju kisika iz zraka unutar prostora u kome se nalaze predmeti zaštite, u kome ostaje ostatak, uglavnom dušik. Talijanski znanstvenici su razvili elektromehaničku opremu, koja omogućuje postizanje niskih vrijednosti kisika u plastičnom, posebno sagrađenom

<sup>10</sup> System For Anoxic Desinfestation & Storage-Veloxi. Dostupno na: [http://www.insitu-conservation.com/en/products/nitrogen\\_disinfestation\\_systems/veloxy\\_system](http://www.insitu-conservation.com/en/products/nitrogen_disinfestation_systems/veloxy_system)

kontejneru.<sup>11</sup> Ovaj sustav može se ugraditi svuda, u knjižnicama, arhivima, muzejima i na drugim mjestima gde je neophodna zaštita kulturnih dobara. Građa se odlaže u posebno napravljene vreće iz kojih se izvlači kisik, tako da je atmosfera unutar njih smrtonosna za većinu mikroorganizama (aerobne bakterije, gljivice), insekata u svim fazama razvoja itd., dok umetnuti predmeti ostaju neoštećeni.

### ***Primjeri zaštite građe od bioloških kontaminata u NBS***

Radi ispitivanja djelotvornosti metoda uklanjanja mikroorganizama timolom i Veloxy sustavom u NBS upotrijebljena je sljedeća građa iz Posebnih fondova NBS (Slika 5 – 10):

1. Naziv: Vertheidigungsrede des Sokrates und Kriton, Di Christian Cron, Leipyig, 1861.  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Veselin Čajkanović  
Signatura: VČ 4735



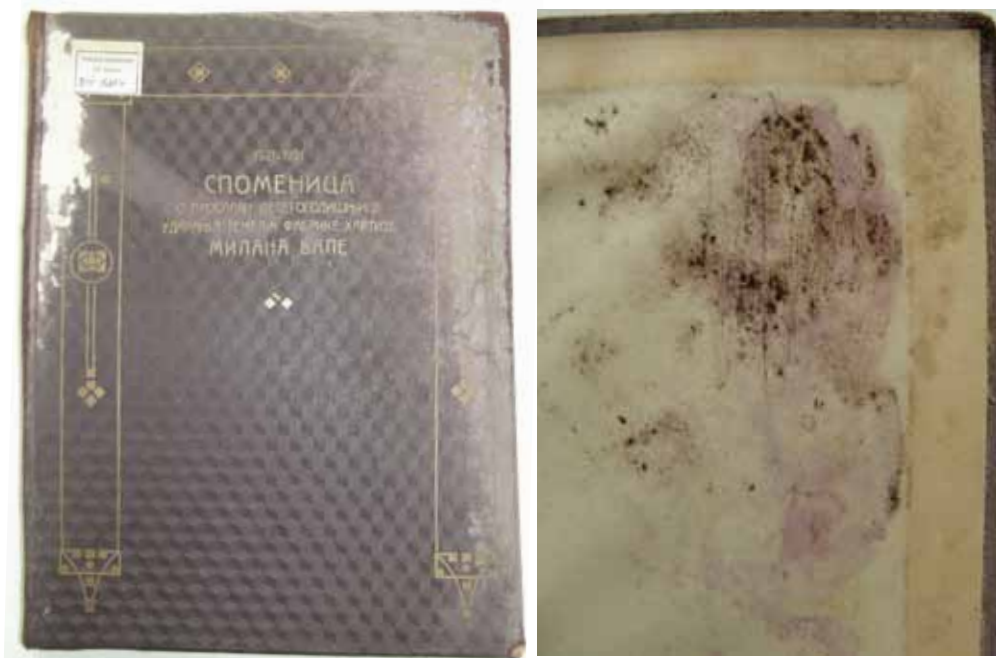
---

<sup>11</sup> Jovetić, Nada. Eksperimentalni prikaz upotrebe Veloxy sistema u sterilizaciji oštećene arhivske građe. Beograd : Arhiv Jugoslavije, Stručni rad za zvanje u konzervatorskoj struci, 2009.



Slika 5. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja

2. Naziv: Spomenica – o proslavi desetogodišnjice udaranja temelja fabrike hartije Milana Vape, 1921-1931 god.  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Veselin Čajkanović  
Signatura: VČ 7884



Slika 6. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja

3. Naziv: Jugoslavija (opisi i slike sa zemljopisnom kartom u prilogu)  
Naklada A. M. Bačić, Antofagasta 1921. god.  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Tihomir Đorđević  
Signatura: TĐ 2297



Slika 7. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja

4. Naziv: Srpska umetnost u Vojvodini, Matica srpska, Novi Sad MC-MXXVII  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Tihomir Đorđević  
Signatura: TĐ 2298



Slika 8. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja

5. Naziv: Der Waldganger, Udalbert Stifter  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Veselin Čajkanović  
Signatura: VČ 4874



Slika 9. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja



6. Naziv: Der Spiritismus, Dr Carl du Prel., Leipzig  
Svojina: Narodna knjižnica Srbije, Legat Veselin Čajkanović  
Signatura: VČ 5154



Slika 10. Naslovna stranica i područje biološkog oštećenja

Za uzimanje briseva s biološki ugroženih površina (listovi papira iz prethodno navedenih knjiga) upotrebljavane su plastične kivete za pojedinačno uzorkovanje (64003-100 LIGHTNING MVP ATP Surface Sampling Device) proizvođača Biocontrol USA (Slika 11). Za očitavanje rezultata bioluminescencije korišten je uređaj LIGHTNING MVP® istog proizvođača.



Slika 11. Kivete za pojedinačno uzorkovanje

Uzorcima su uzimani s listova knjiga tako što je štapićima iz kiveta uziman “bris” prevlačenjem po površini (Slika 12). Zatim su štapići vraćani u kivetu. Pritiskom na rezervoar s enzimom luciferin-luciferazom oslobađana je puferska otopina koja zatim ispunjava dio kivete i dolazi u kontakt s brisom (ukoliko postoji ATP u brisu – dokaz da je u uzorku živi organizam) pri čemu dolazi do reakcije i nastaje bioluminescencija. U trenutku aktivacije, kiveta se ubacuje u uređaj LIGHTNING MVP® gdje se očitavaju vrijednosti (tijekom 10 sekundi) bioluminescencije koji se prevode u količinu prisutnog ATP s osjetljivošću od 1 pikograma (2 femtomola). Količina svjetlosti je izravno proporcionalna razini infekcije. Razine infekcije se očitavaju sa skale na kojoj su označene zone čistoće.



Slika 12. Uzimanje brisa s biološki ugroženih objekata

Tri knjige (VČ7884, TĐ2298 i VČ5154) su tretirane timolom u Veloxly sustavu tako što su stavljene u plastične vakuum vreće (dimenzija 0,5 x 0,5 m, s dva ventila) (Slika 13). Zapremina vreće izračunata je prema formuli:  $V=W^3(h/pxW - 0.142 (1-10^{-(h/W)}))$ , a količina timola (1.7 g) koja se također dodaje u vreću izračunata je prema uobičajenom empirijskom protokolu (1000 l : 70 g). Tri knjige (VČ4735, TĐ2297, VČ4874) su stavljene u drugu vreću na isti način kao i prethodne, samo bez upotrebe timola (pomoću Veloxly sustava ubačen je zrak kome je uklonjen kisik do 0,04 posto, normalna koncentracija kisika u zraku je 21 posto).







Slika 13. Izrada vakuum vreća, montiranje ventila, provjera postotka kisika oksimetrom

Tretiranje je trajalo 21 dan, što daje mogućnost uništavanja, pored aerobnih mikroorganizama, i eventulnih insekata u svim fazama razvoja (Slika 14). Poslije ovog razdoblja, rađeno je ponovno uzorkovanje i očitavanje LI-GHTNING MVP® uređajem.



Slika 14. Izgled građe u vrećama sa zrakom bez kisika i s timolom

Prema skali čistoće razina infekcije prije anoksije: za BČ 4735 je 3.8, za VČ 7884 je 3.2, za TĐ 2297 je 3.0, za TĐ 2298 je 3.2, za VČ 4874 je 3.2 i za VČ 5154 je 2.8. Poslije tretiranja anoksijom, razina infekcije su se smanjile i iznosile: za VČ4735 je 2,9, za TĐ2297 je 2.5 i za VČ4874 je 2,5. Tretiranje anoksijom u kombinaciji s timolom, također je dovelo do smanjenja infekcije: kod VČ7884 vrijednost iznosi 2,5, kod TĐ2298 vrijednost iznosi 2,6 i kod VČ5154 vrijednost iznosi 1,9 (Tabela 1).

Tabela 1. Kategorije mikrobiološke kontaminacije infekcije tretirane građe prije i poslije tretmana

signatura građe	razina infekcije prije tretiranja	razina infekcije poslije tretiranja anoksijom	razina infekcije poslije tretiranja anoksijom i timolom
TĐ 2297	3.0	2.5	
BČ 4735	3.8	2.9	
VČ 4874	3.2	2.5	
VČ 7884	3,2		2.5
TĐ 2298	3,2		2.6
VČ5154	2.8		1.9

## Zaključak

Rezultati su pokazali da ovakav način suzbijanja mikroorganizama i drugih kontaminanata iako smanjuje stupanj infekcije građe ipak nije potpuno djelotvoran. U svakom slučaju, neophodno je prije ikakvog tretmana provesti istraživanja radi utvrđivanja identifikacije, diverziteta, brojnosti mikroorganizama i drugih kontaminanata, kao i stupanj infekcije u procesu deterioracije, radi pronalaženja i upotrebe najdjelotvornijih metoda za njihovo uklanjanje i zaštitu građe. Također, posebno treba istaknuti da je poduzimanje preventivnih mjera (uvjeti i mjesto čuvanja) jedan od najvažnijih činitelja u zaštiti i očuvanju građe. Upotreba LIGHTNING MVP® uređaja za utvrđivanje stupnja infekcije građe pokazala se veoma opravdanom i korisnom. Pokazalo se da upotreba Veloxi uređaja, anoksija bez i s timolom, u potpunosti ne rješava problem infekcije građe. Zbog toga je i dalje potrebno raditi na usavršavanju ovog sustava koji se može kombinirati i s nekim drugim metodama nadzora i suzbijanja biološke infekcije.

## LITERATURA

Biocontrol : ATP Surface Sampling Device. Dostupno na:

<http://www.biocontrolsys.com/products/view/MVPS>

Curk, Dr Franc; Živan Nedović. Štetni agensi u konzervaciji. Niš : Narodni muzej Niš, 1997.

Jovetić, Nada. Eksperimentalni prikaz upotrebe Veloxy sistema u sterilizaciji oštećene arhivske građe. Beograd : Arhiv Jugoslavije, Stručni rad za zvanje u konzervatorskoj struci, 2009.

Muntaňola-Cvetković, Maria. Opšta mikologija. Beograd : Književne novine, 1987.

MBV: MAS 100 Eco. Dostupno na: [http://www.mbv.ch/mas-100-eco\\_29-en.html](http://www.mbv.ch/mas-100-eco_29-en.html)

Radosavljević, Vera; Radmila Petrović. Konzervacija i restauracija arhivske i bibliotečke građe i muzejskih predmeta od tekstila i kože. Beograd : Arhiv Srbije, 2000.

Rebrikova, Natalie; Nina Manturovskaya. Foxing : A New Approach to an Old Problem. // Restaurator 21(2000), 85-100.

Stupar, Miloš. Diverzitet mikromiceta na objektima kulturne baštine i testiranje fungicida primenljivih u konzervaciji. Beograd : Biološki fakultet, Doktorska disertacija, 2013.

System For Anoxic Desinfestation & Storage-Veloxi. Dostupno na: [http://www.instituconservation.com/en/products/nitrogen\\_disinfestation\\_systems/veloxy\\_system](http://www.instituconservation.com/en/products/nitrogen_disinfestation_systems/veloxy_system)