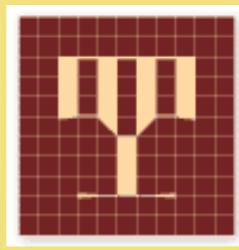




KAKVOĆA ZRAKA U ARHIVIMA, KNJIŽNICAMA I MUZEJIMA



mr. sc. Dragica Krstić

dragica.krstic@nsk.hr

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

- Onečišćeni zrak doprinosi ubrzanoj degradaciji tekstilnih predmeta u arhivima, knjižnicama i muzejima.
- Ozon, sumporov dioksid, dušikov dioksid itd. sudjeluju u kemijskim reakcijama na površini.
- Za razliku od ljudi, materijali akumuliraju svako djelovanje štetnih čimbenika, propadajući sve više i više.
- I kratka izloženost onečišćenju imat će negativne posljedice u daljoj budućnosti.
- Različiti vidovi onečišćenja, osim štetnog djelovanja na predmete imaju negativan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi.



.....bit će riječi o:

- onečišćujućim tvarima
- njihovim izvorima
- štetnom utjecaju na tekstil i zdravlje
- praćenju onečišćenja zraka
- mjerama zaštite
- poboljšanju kakvoće zraka



Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.



KAKVOĆA ZRAKA U UNUTRAŠNJEM OKOLIŠU

ovisi o:

- količini prisutnih čestica, plinova i para u zraku,
- različitim vidovima onečišćenja i kontaminacije, njihovim izvorima i štetnom utjecaju,
- čimbenicima koji utječu na količinu apsorbiranih i re-emitiranih onečišćujućih tvari u zrak,
- kontroli izvora onečišćenja,
- pročišćavanju zraka s filterima,
- smanjenju koncentracije onečišćujućih tvari u unutrašnjem zraku pomoću ventilacije (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)



IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

mogu biti:

- izvori koji dolaze iz vanjskog zraka (ispušni plinovi u prometu, dim iz kućnih ložišta, industrijski plinovi...)
- izvori onečišćenja unutrašnjeg zraka (građevni materijal, instalacije, uređenje zgrade, sustav grijanja i ventilacije...)
- onečišćenja mogu potjecati od materijala korištenih za konzervaciju i restauraciju, pohranu i izlaganje
- ljudsko djelovanje (čišćenje, suzbijanje štetnika, masovni turizam...)



GLAVNE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI (Jean Tetreault)

- octena kiselina
- vodikov sulfid
- dušikov dioksid
- ozon
- čestice promjera $< 2,5\mu\text{m}$ (PM2,5)
- sumporov dioksid
- vodena para

i ostale:

- amonijak
- ugljikov dioksid
- formaldehid
- kisik
- hlapivi organski spojevi (aldehidi i karboksilne kiseline)



UČINCI ONEČIŠĆENJA UNUTRAŠNJEG PROSTORA NA ZDRAVLJE

- onečišćenje zraka (sumporovi i dušikovi oksidi, formaldehid, otapala, bioaerosoli, mikotoksini) neposredno djeluje na ljudski organizam preko kože, probavnog i dišnog sustava, a poznato je i njihovo psihološko djelovanje.
- simptomi se uglavnom pojavljuju pri višim koncentracijama onečišćenja i kod dulje izloženosti.
- dugoročno izazivaju alergijske bolesti i smanjuju otpornost prema infekcijama.

Degradacija muzejskih predmeta uzrokovana onečišćenim zrakom

(NPS Museum Handbook, Part I, 1999)

MATERIJALI	DEGRADACIJA	ONEČIŠĆUJUĆE TVARI (primarne)	UBRZAVAJU RAZGRADNJU
metali	korozija/gubljenje sjaja	S-oksidi (kiseli plinovi)	voda, kisik, soli
sloj boje	površinska erozija, obezbojenje	S-oksidi (kiseli plinovi), čestice	voda, sunčeva svj., mikroorganizmi
tekstilne boje i pigmenti	blijedjenje, promjena boje	dušikovi oksidi, ozon	Sunčeva svjetlost
tekstil	slabljenje vlakana, inkorporirana nečistoća	S-oksidi, N-oksidi, čestice	voda, sunčeva svj., mehaničko trošenje
papir	povećana krtost	S-oksidi	vlaga, mehaničko trošenje
koža	slabljenje meh. svojstava, pulverizacija površine	S-oksidi	mehaničko trošenje

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.



GLAVNE SKUPINE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI

PLINOVI

1. **Kisele tvari (sumporov dioksid, dušikov dioksid)** imaju sljedeće učinke na predmete:
 - pamuk, lan i viskoza ubrzano propadaju, postaju vrlo krhki i krti
 - vuna i svila postaju krhki, slabe čvrstoće
 - koža izgubi čvrstoću i elastičnost i eventualno pretvori u prah
 - papir postane jako kiseo, žut i krt
 - neki pigmenti i bojila osjetljivi na niski pH
2. **Jaki oksidansi (dušična kiselina i ozon)**
 - blijedjenje bojila i pigmenata
 - pucanje gume
 - tekstil postaje krt
 - srebro, bakar i željezo gube sjaj i boju
 - destrukcija veziva slikanog sloja

KRUTE ČESTICE (aluminosilikati, Fe- i Ca-spojevi, organske čestice, čađa i dr.)

- apsorbiraju vlagu, oboje površinu, djeluju abrazivno
- privlače štetnike
- prašina apsorbira i adsorbira druge polutante
- higroskopna priroda tekstila omogućuje proces cementacije



UTJECAJ ONEČIŠĆENOG ZRAKA NA TEKSTILNE PREDMETE

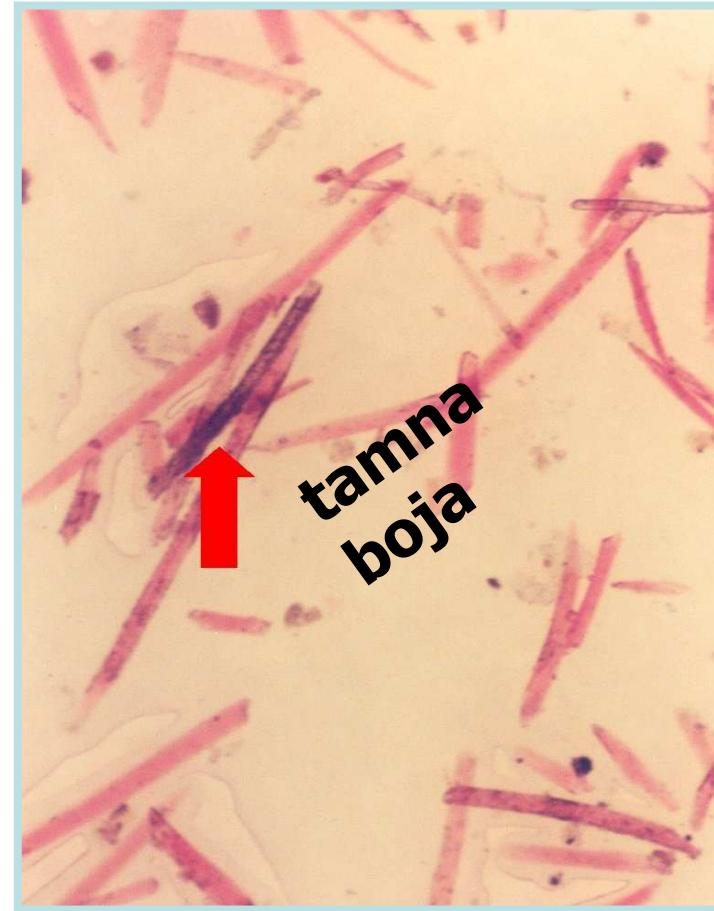
Stupanj oštećenja ovisi o:

- prirodi objekta (uglavnom kompoziti): sastav i struktura, stanje
- koncentraciji specifičnih onečišćujućih tvari
- količini ostalih onečišćujućih tvari u zraku (oksidansi, sorbirana voda i taložne čestice)
- temperaturi
- relativnoj vlazi zraka
- elektromagnetskom zračenju
- strujanju i odsutnosti strujanja zraka

Štetni učinci prašine

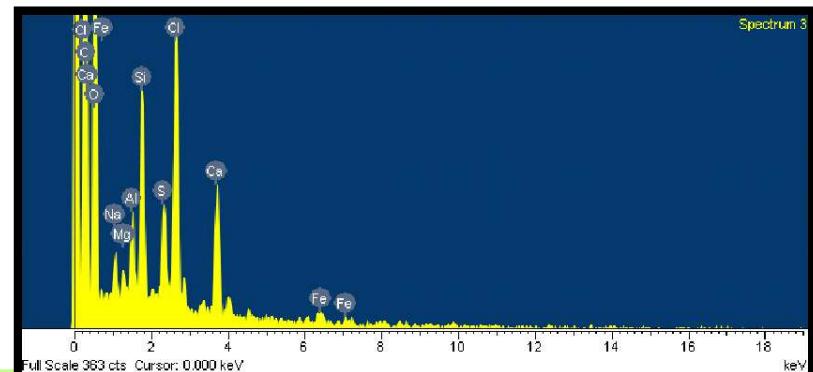
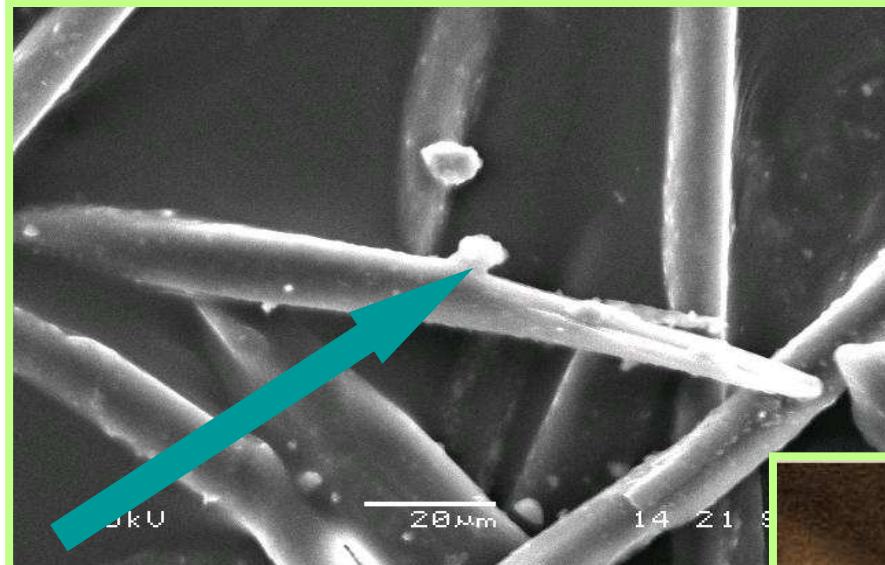


pojedinačne čestice
prijanjaju uz vlakna



mnoga vlakna su
potamnjela

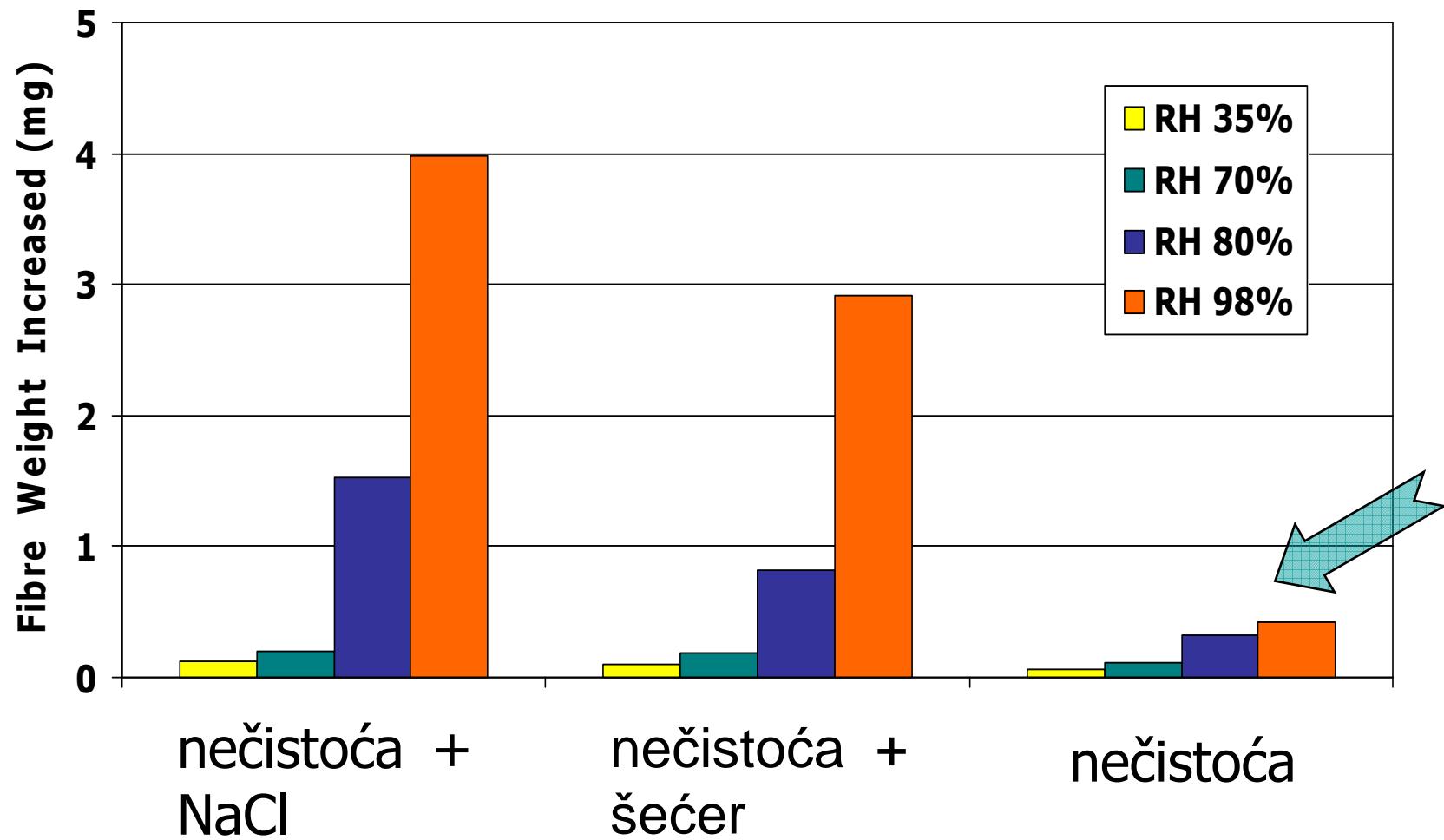
Cementacija prašine



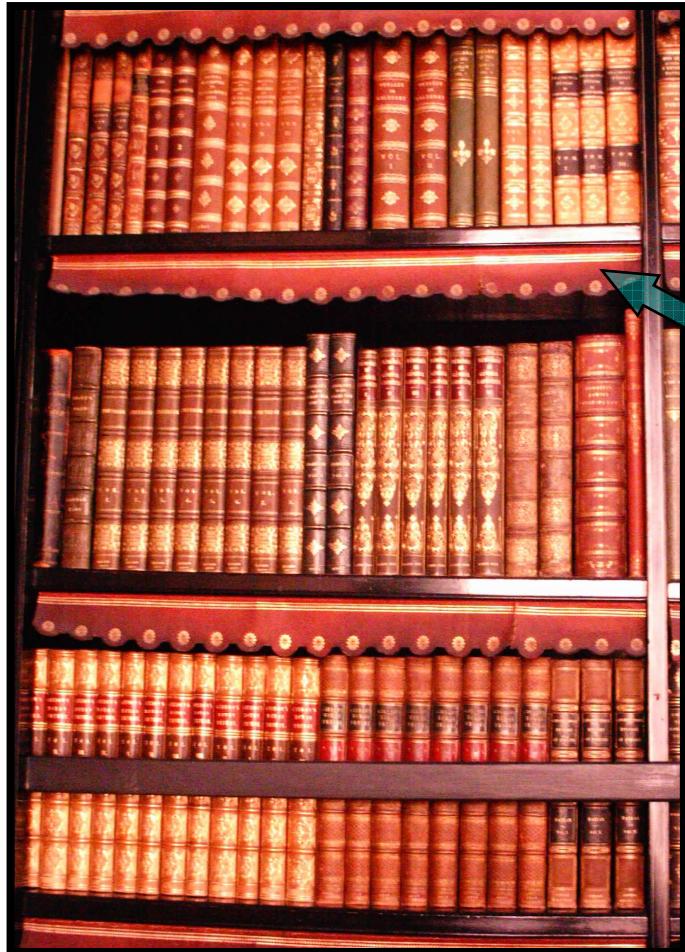
Vлага i onečišćujuće tvari mogu vezati prašinu za površinu vlakna, stvaranje mikrokristalinskog kalcita



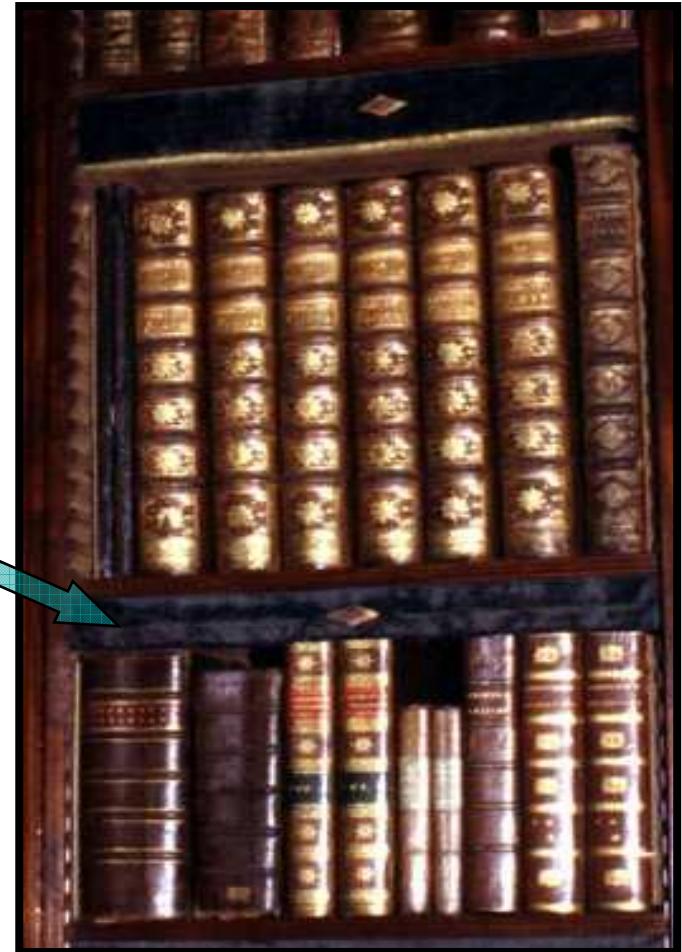
PORAST MASE VLAKANA PAMUKA



ZAŠTITA OD PRAŠINE



Library in Ickworth House(UK)

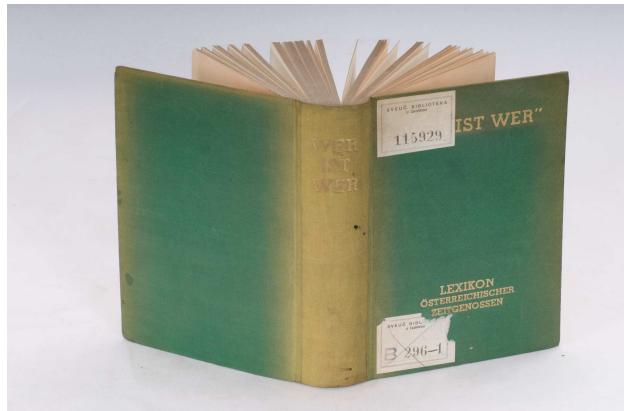


Nostell Priory Library (UK)

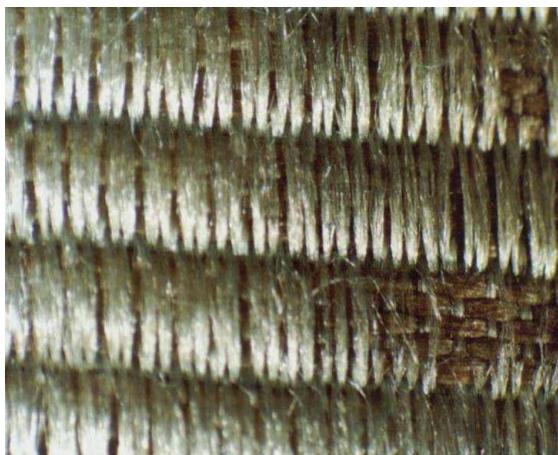
Derek J. Bowden and Peter Brimblecombe

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

PRIMJERI OŠTEĆENJA TEKSTILA NASTALIH DJELOVANJEM ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI



Izraženo blijedjenje zelene boje uslijed djelovanja oksidirajućih tvari



Vlakna oštećena
djelovanjem kiseline



Prašina, kiselina i vлага uzrokovali krtost i krhkost tekstila, tamnenje boje i pojavu smeđih mrlja

PRAĆENJE KAKVOĆE ZRAKA

Dva pristupa praćenju i kontroli kakvoće zraka:

- 1. mjerjenje kakvoće zraka** u arhivima, knjižnicama i muzejima
- 2. vrednovanje materijala** u blizini tekstilnih predmeta (konstrukcijski materijali) prije upotrebe i stavljanja u blizinu tekstilnih predmeta

ISPITIVANJE MATERIJALA

- Jednostavni testovi (jodid-jodat test za detekciju hlapivih kiselina, kromotropna i sumporna kiselina za detekciju aldehida, Oddy korozijijski test s metalnim kuponima)
- Ispitivanja u klimatskim komorama, moguća kvantitativna kromatografska analiza

TEHNIKE PRAĆENJA KAKVOĆE ZRAKA

- metode još nisu standardizirane,
- samo jedna metoda nije dovoljna,
- prate se najkritičnije onečišćujuće tvari,
- različito vrijeme uzorkovanja, u rasponu od nekoliko sekundi do nekoliko tjedana,
- rezultati analize mogu pomoći u identifikaciji glavnog rizičnog polutanta.

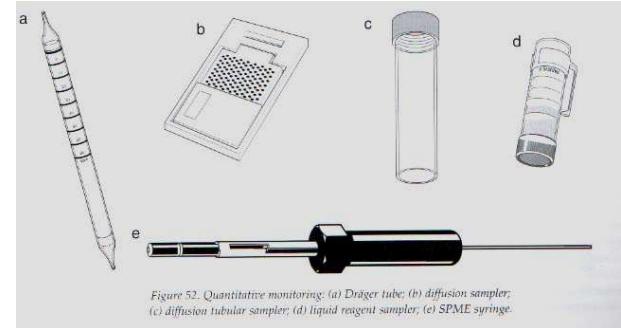


Figure 52. Quantitative monitoring: (a) Dräger tube; (b) diffusion sampler; (c) diffusion tubular sampler; (d) liquid reagent sampler; (e) SPME syringe.

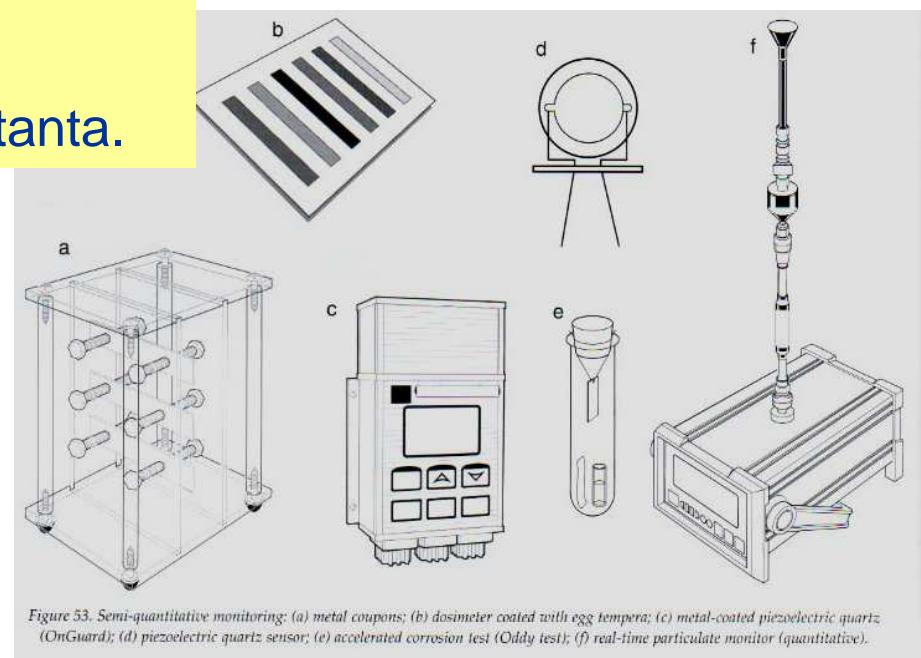


Figure 53. Semi-quantitative monitoring: (a) metal coupons; (b) dosimeter coated with egg tempera; (c) metal-coated piezoelectric quartz (OnGuard); (d) piezoelectric quartz sensor; (e) accelerated corrosion test (Oddy test); (f) real-time particulate monitor (quantitative).

Jean Tetreault , Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

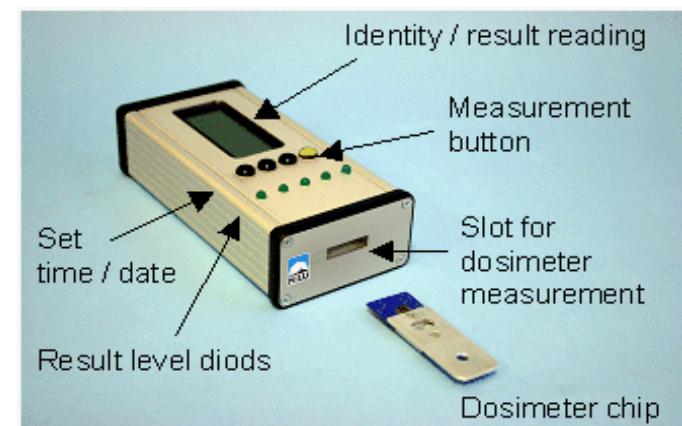
PRIMJEĆENE PROMJENE	UOBIČAJENI UZROCI I MOGUĆI MONITORING
Promjena boje srebra	Uzroci: materijali koji sadrže S, visoki RH, veliki broj posjetilaca u slabo ventiliranoj prostoriji Monitoring: identifikacija materijala sa S, monitoring vodikovog i karbonilnog sulfida, RH
Obezbojenje bojila i materijala	Uzroci: foto-oksidacija, termička degradacija, dodir s drugim materijalima, vanjske onečišćujuće tvari Monitoring: VIS- i UV-zračenje, RH i temp, identificirati prirodu produkata u dodiru s objektom, identificirati izvor topline
Taloženje prašine na predmete i police	Uzroci: uglavnom od sustava grijanja, tepiha, posjetilaca Monitoring: identificirati mogući izvor prašine i izolirati objekte od izvora
Pukotine, deformacija i krtost organskih materijala	Uzroci: foto-oksidacija, vanjske onečišćujuće tvari, VIS- i UV-zračenje, visoki RH i velike oscilacije vrijednosti RH, termička degradacija Monitoring: prvenstveno VIS- i UV-zračenje (ozon i N-oksidi). Najvrednije predmete čuvati u atmosferi bez kisika (anoksija).

Jean Tetreault , Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives

MJERE ZAŠTITE



Early Warning Organic (EWO) dozimetar od Poly-(2,6-dimethyl-1,4- phenylenoxide) → MASTER project



Europski projekti IMPACT 2000-2003 (Innovative Modelling of Museum Pollution and Tresholds), MIMIC 2001-2003 (Microclimate Indoor Monitoring in Cultural Heritage Preservation) i MASTER 2003-2006 (Preventive Conservation Strategies for Conservation of Organic Objects in Museums, Historic Buildings and Archives) istraživali utjecaj onečišćenog zraka i razvijala strategija preventivnog konzerviranja na osnovi procjene stanja i rizičnih čimbenika primjenom modela, dozimetara i dojavnog sustava.

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

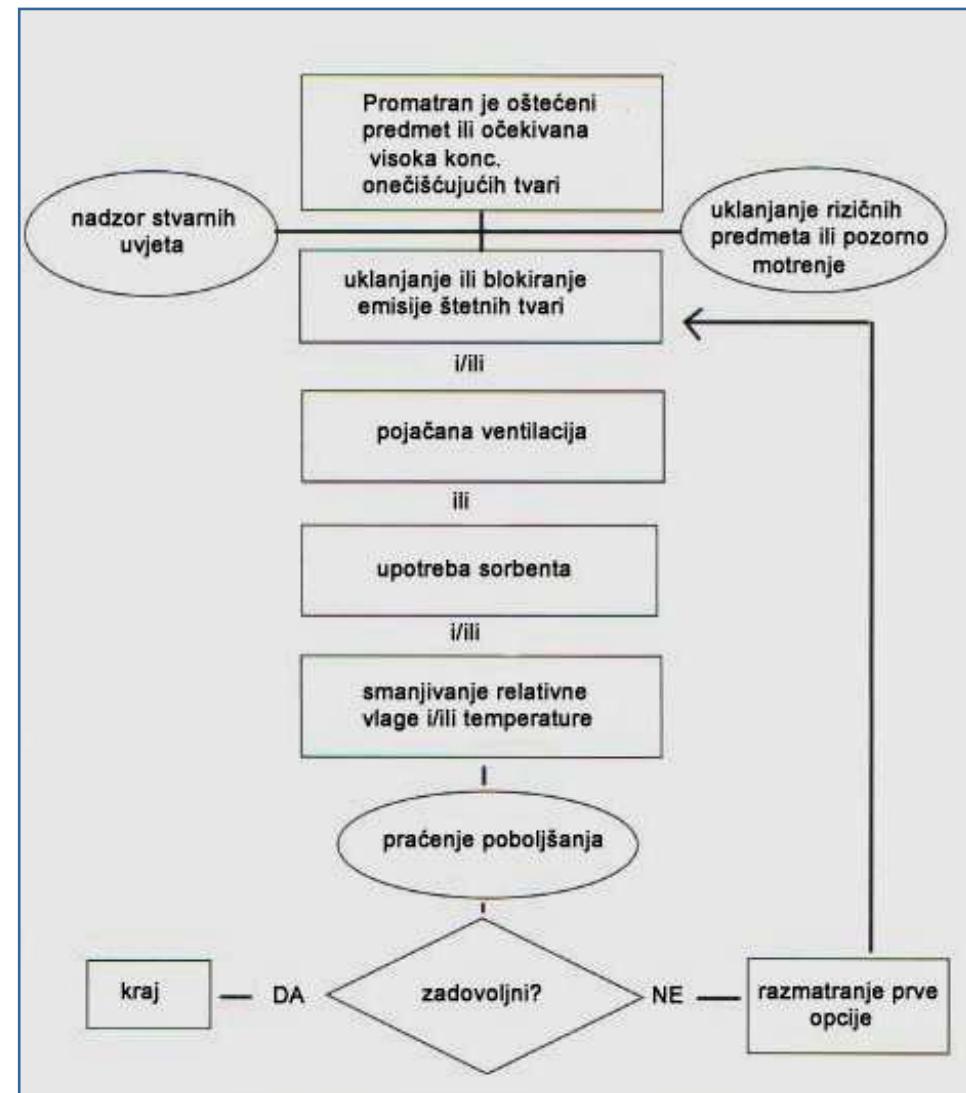
STRATEGIJA ZAŠTITE OD ONEČIŠĆENOG ZRAKA

1. Prvi korak je promatranje vanjskog okoliša kako bi se utvrdili mogući problemi vezani uz prodiranje vanjskog onečišćenja
2. Pregled unutrašnjeg područja/izvora koja proizvode prašinu i onečišćenje, pronalaženje načina njihovog uklanjanja.
3. Identifikacija materijala koji u dodiru s tekstilnim predmetom oslobođaju hlapive spojeve, i onih koji proizvode prašinu.
4. Ako se ne razumiju svi problemi svakako treba pozvati stručnjaka.
5. Napraviti plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka.

SMANJIVANJE EMISIJE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI IZ MATERIJALA U ZATVORENOM PROSTORU

Prisutnost većih količina organskih hlapivih tvari česta je u izložbenim vitrinama (drvenim, ali i u novijim od "inertnih" materijala).

Alkoholi, karboksilni esteri, glikol eteri i glikol esteri koriste se danas u formulaciji lakova i sredstava za brtvljenje. U nekim adhezivima i premazima može se naći kancerogeni **2-butanonoksim (MEKO)**. Drvo oslobađa octenu **kiselinu i terpene**. Terpeni djeluju kao nadražljivci.



SORPCIJSKA SREDSTVA

Onečišćujuće tvari se mogu ukloniti sorpcijom (adsorpcija-nagomilavanje tvari na površini krute tvari i apsorpcija-otapanje plina u tekućini, nastaje novi spoj)

ADSORBENSI

Al_2O_3

SiO_2

Silika gel

Zeoliti

MCM SiO_2

APSORBENSI

Oksidi lantanida za
uklanjanje octene
(nastaje acetat) i
mravlje kiseline
(nastaje CO_2 , La-
karbonat i La-hidroksid)



POBOLJŠANJE KAKVOĆE UNUTRAŠNJEG ZRAKA

pasivna i aktivna kontrola

- 1. KONTROLA IZVORA ONEČIŠĆENJA** (održavanje prostora i predmeta čistim i suhim, izbjegavanje hlapivih otapala i materijala koji sadrže (emitiraju) štetne tvari i dr.)
- 2. UPOTREBA SORPCIJSKIH SREDSTAVA** za manje zatvorene prostore (vitrine, kutije, sanduci i dr.)
- 3. FILTRACIJA ZRAKA** (uklanjanje čestica i plinova iz zraka s odgovarajućim filterima - *ASHRAE 52.2-1999 Method for Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for the Removal Efficiency by Particle Size*)
- 4. VENTILACIJA: prirodna i mehanička** (standardna metoda za kontrolu onečišćujućih tvari u zraku (*ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*)



PREPORUČENE STANDARDNE VRIJEDNOSTI ZA ZRAK U MUZEJIMA

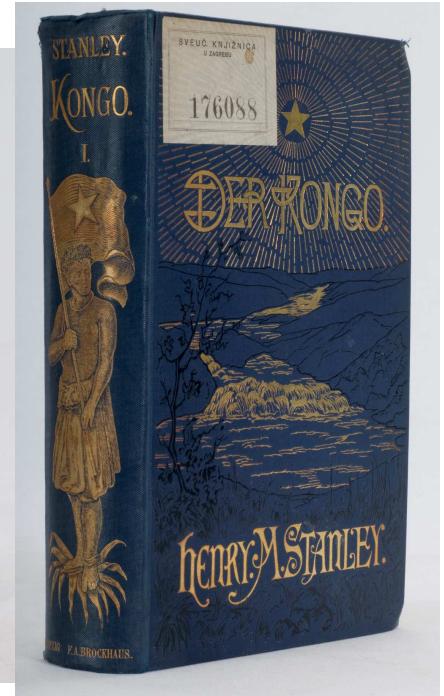
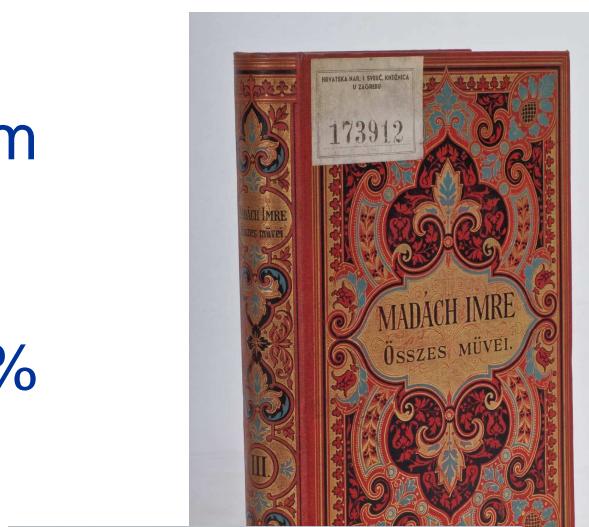
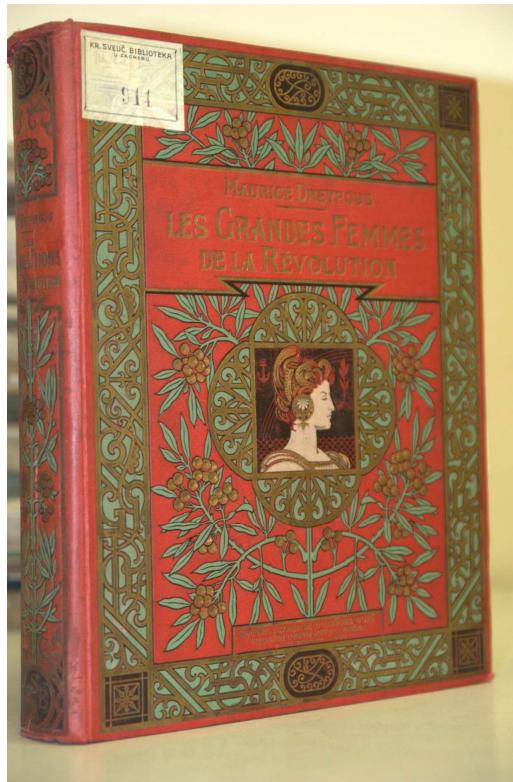
Onečišćujuća tvar	Preporučena vrijednost
OZON	1 ppb
DUŠIKOV DIOKSID	< 2,5 ppb
SUMPOROV DIOKSID	<0,4 ppb
ČESTICE >2PM	Učinkovitost uklanjanja 95%

Centralni sustav klimatizacije u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici



Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

Primjeri knjiga s ukrašenim koricama od tekstila iz 19.
stoljeća koji se nalaze u
zatvorenom spremištu (55%
RH, 19°C)



Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnosti od tekštila, Zagreb, Muzej Mimara, 24.-26.11.2008.

ZAKLJUČAK

- Onečišćujuće tvari (osim čestica) obično ne uzrokuju ubrzanu degradaciju tekstila u prostoriji s minimalno kontroliranim okolišnim uvjetima osim u slučaju kada velike površine djeluju kao izvori onečišćenja (svježe premazani pod ili zid).
- U prisutnosti vlage, svjetla, temperature, mikroorganizama vrsta i stupanj oštećenja ovise o vrsti i broju čimbenika, vremenu njihova djelovanja, intenzitetu i izloženosti te međusobnim interakcijama, kao i vrsti materijala na koju takvi čimbenici djeluju.
- Praćenje onečišćenja zraka ne daje uvijek pouzdane podatke o uzroku oštećenja jer postojeći okolišni uvjeti ne moraju biti oni koji su uzrokovali oštećenje ako se ono prije dogodilo.



HVALA NA POZORNOSTI