

Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

Branka Katušin-Ražem, Dušan Ražem
Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju
Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska

Znanstvenostručni skup “Etički pristup umjetninama od tekstila“,
Hrvatski restauratorski zavod, Muzej Mimara, Zagreb, 23.-25.10.2013.

Definicije

➤ **Postupci konzerviranja - restauriranja**

- bave se očuvanjem kulturnih dobara za budućnost.

Konzerviranje uključuje ispitivanje, dokumentiranje i preventivnu skrb, te obradu i očuvanje kulturnih dobara, a sve upotpunjeno istraživanjem i obrazovanjem.

➤ **Naglasak je na **prevenciji****

Šira definicija: **etičko gospodarenje kulturnim dobrima**

Etička načela: minimalna intervencija

reverzibilnost postupaka (što više moguće!)

dokumentiranost postupaka



Interventni postupak konzerviranja

Kako u našim uvjetima često nedostaje sredstava za prevenciju najčešće se provode nužni postupci **interventnog konzerviranja i restauriranja**

Podrazumijeva se izravan dodir konzervatora s objektom.

Traži se da interventne metode budu:

- ❖ Opravdane
- ❖ Optimizirane
- ❖ Učinkovite
- ❖ Ograničene na potrebne intervencije

Uz primjenu metode, objekt se mora zadržati u stanju što je moguće bliže izvornom i to što je moguće dulje.

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

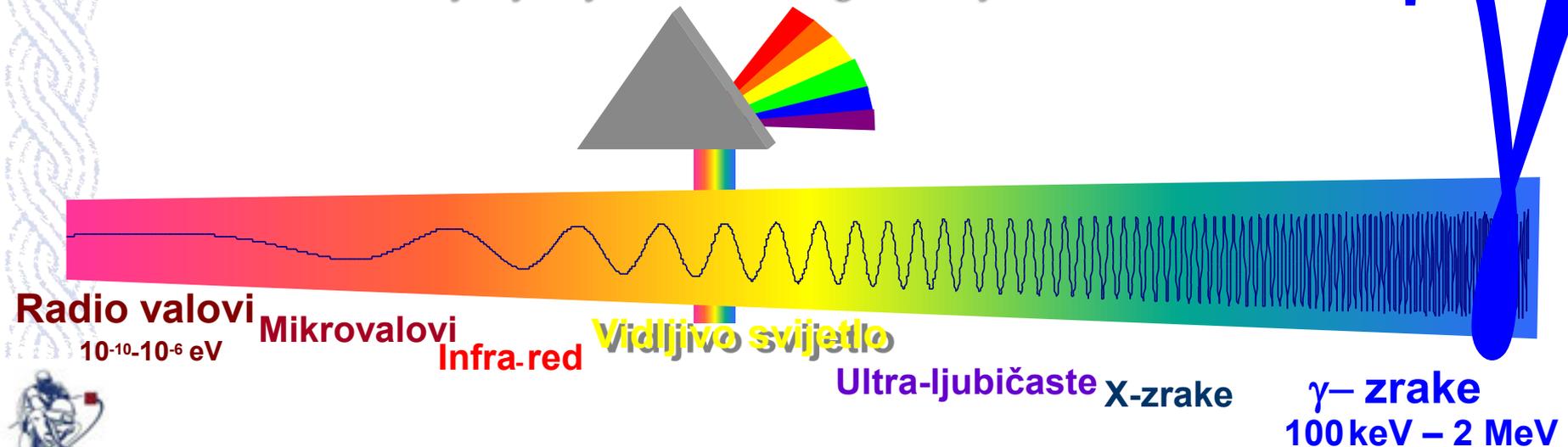
Opravdanost: Zračenje - univerzalno biocidno sredstvo

Radijacijska metoda dezinfestacije - fizikalna, nekontaktna metoda, zasniva se na svojstvu

visokoenergetskih fotona, elektromagnetskog zračenja iz radioaktivnog ^{60}Co

da izaziva kemijsko oštećenje molekula DNK svih bioloških zagađivača – insekata, gljivica, plijesni, bakterija uzrokujući njihovo uništenje.

Metoda predstavlja kontrolirano izlaganje predmeta zračenju u svrhu zaustavljanja njihove biodegradacije.



Opravdanost: Zračenje - univerzalno biocidno sredstvo

Jednadžba inaktivacije bioloških zagađivača

$$N = N_0 10^{-D/D_{10}}$$

N - konačni broj nametnika postignut zračenjem

N_0 - početni broj nametnika

D - doza zračenja

D_{10} - doza decimalne redukcije, radioosjetljivost nametnika:
insekata, gljivica, plijesni, bakterija

Doza zračenja: najvažniji parametar radijacijskog postupka

$$D = D_{10}(\log N_0 - \log N)$$

Utvrđene su radioosjetljivosti svih mjerodavnih vrsta nametnika.

Uz poželjni stupanj redukcije nametnika, preporučene doze dezinfestacije u praksi su:

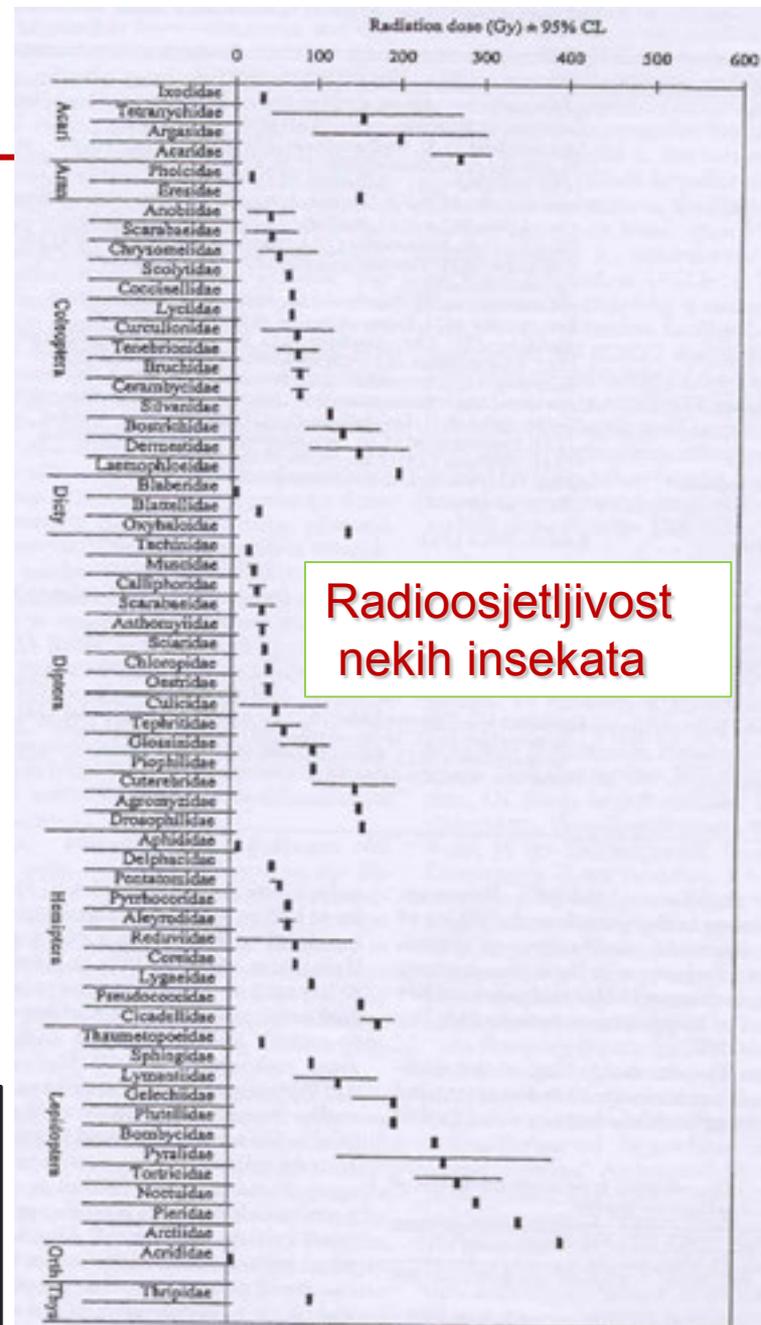


Doze inaktivacije insekata:



dezinfekcijska doza svih rodova i vrsta insekata ne prelazi 0,4 kGy

**Iz prakse:
preporučena doza za uništavanje
insekata 0.5 - 2 kGy**



Doze za suzbijanje gljivica i plijesni:

Osjetljivost nekih gljivica na zračenje

Gljivice	D ₁₀ /kGy	Podloga	Reference
<i>Acremonium strictum</i>	1.6	Czapek – Dox agar	Geweely, 2006
<i>Alternaria alternata</i>	2.4 11.5 – 13.9	Czapek – Dox agar potato dextrose agar	Geweely, 2006 Saleh et al., 1988
<i>Alternaria tenuis</i>	> 5		Mircnik et al., 1972
<i>Aspergillus flavus</i>	2.5 – 3.0 0.6 0.5	potato dextrose agar dichloran agar dry herb	Saleh et al., 1988 Ribeiro et al., 2009 Aziz et al., 1997
<i>Aspergillus fumigatus</i>	1.7 – 2.5 0.6	potato dextrose agar dry herb	Saleh et al., 1988 Aziz et al., 1997
<i>Aspergillus niger</i>	2.1 1.7 – 2.5 0.4	Czapek – Dox agar potato dextrose agar dichloran agar	Geweely, 2006 Saleh et al., 1988 Ribeiro et al., 2009
<i>Aspergillus parasiticus</i>	1.7 – 2.5 0.5	potato dextrose agar dry herb	Saleh et al., 1988 Aziz et al., 1997
<i>Aspergillus ricini</i>	4.7	castor bean seed	Kobori et al., 2010

Iz prakse:

preporučena doza za kontrolu gljivica 2 - 10 kGy

Doze za dezinfekciju, suzbijanje bakterija:

Radioosjetljivost nekih bakterija povezanih s celuloznim vlaknima

Bakterija	D ₁₀ /kGy	Podloga	Reference
<i>Cytophaga</i>	3.45 5.05	otop. pufera svinjsko meso	Collins & al., 2000
<i>Cellulomonas</i>	3 – 5		procjena
<i>Cellvibrio</i>	3 – 5		procjena
<i>Cellfalcicula</i>	3 – 5		procjena
<i>Sporocytophaga myxococcoides</i>	3 – 5		procjena; Dumova & Kruglov, 2009
<i>Acynetobacter radioresistens</i>	1.25 – 2.20	pamuk	Nishimura & al., 1988
<i>Micrococcus sodonensis</i>	3.0; <i>n</i> = 400		Watts & al., 1975
<i>Bacillus pumilus</i>	1.5; <i>n</i> = 10		Parisi & Antoine, 1974
<i>Bacillus anthracis</i> spores	5.5		Horne & al., 1959
<i>Sulphite reducing Clostridia</i>	3.45	suhi poriluk	Katušin-Ražem & al., 1992

Iz prakse:

preporučena doza za dezinfekciju 5 - 15 kGy

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

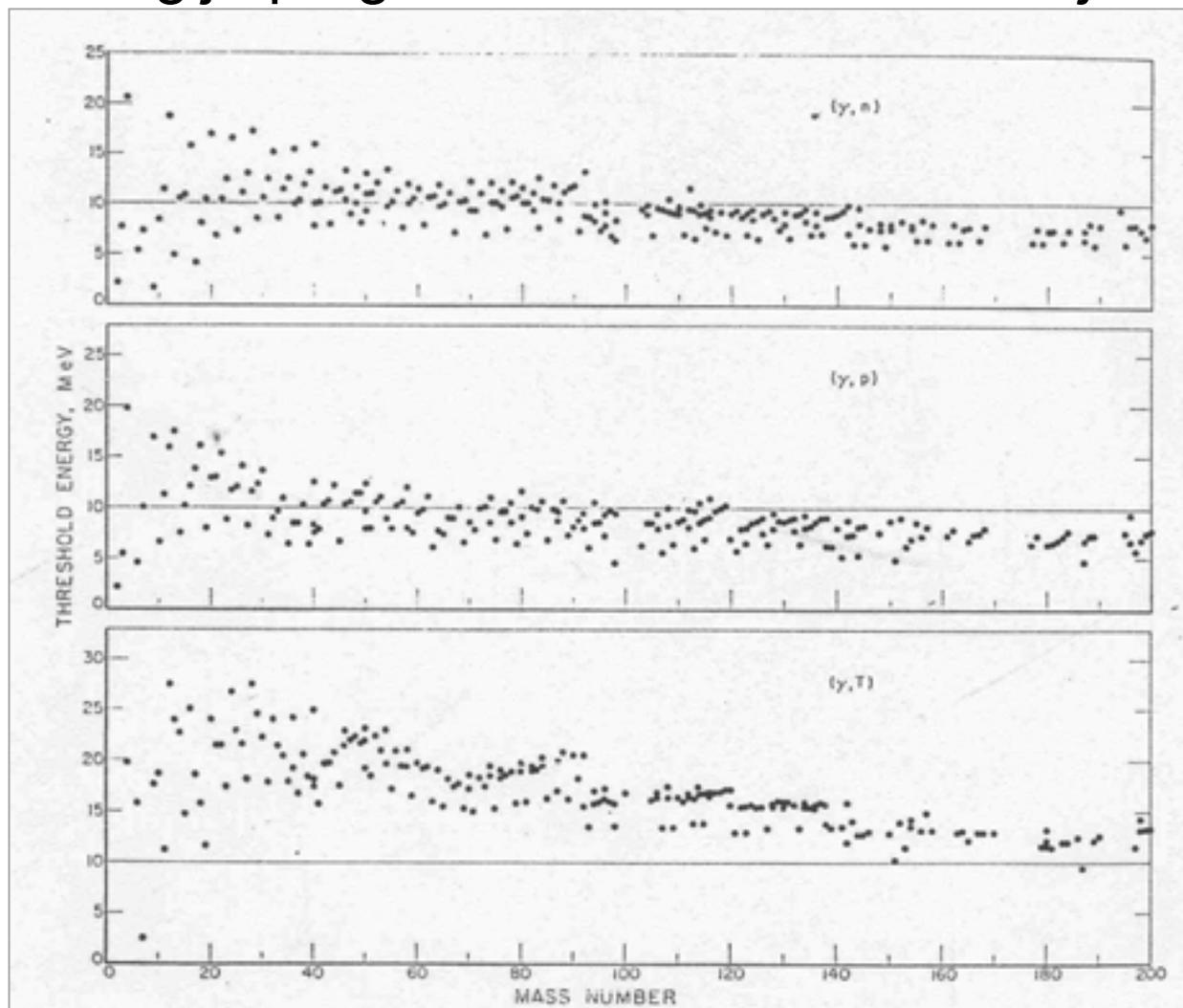
Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Opravdanost: γ -zračenje ne inducira radioaktivnost

Energija praga za fotonuklearne reakcije



Energija γ zraka (1,25 MeV) nedovoljna za induciranje nuklearne reakcije

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Opravdanost: **Jednostavnost i sigurnost primjene**

Primjer: Uređaj za ozračivanje u Laboratoriju za radijacijsku kemiju i dozimetriju (LRKD) na Institutu Ruđer Bošković:

Panoramski izvor gama zračenja ^{60}Co ,

- izgrađen 1967. u skladu s propisima za zaštitu od zračenja,

potpuna sigurnost za okoliš

Rukovanje izvorom propisano je pravilnikom koji omogućuje

potpunu sigurnost zaposlenika

Poluindustrijska razina,
50 kCi u 1983.

- danas oko 32 kCi

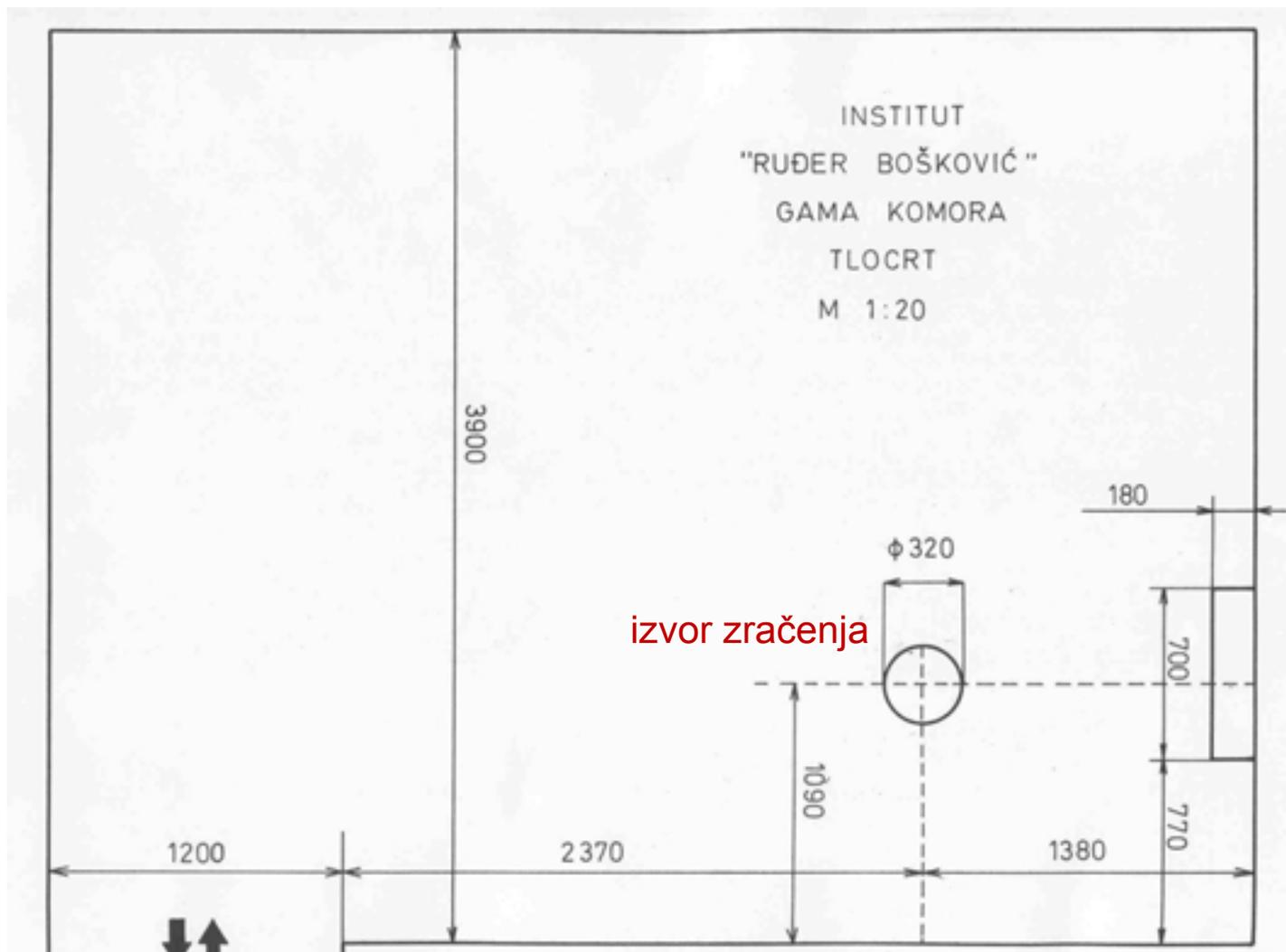
Komora za ozračivanje:

4.9 m × 3.9 m × 3.5 m

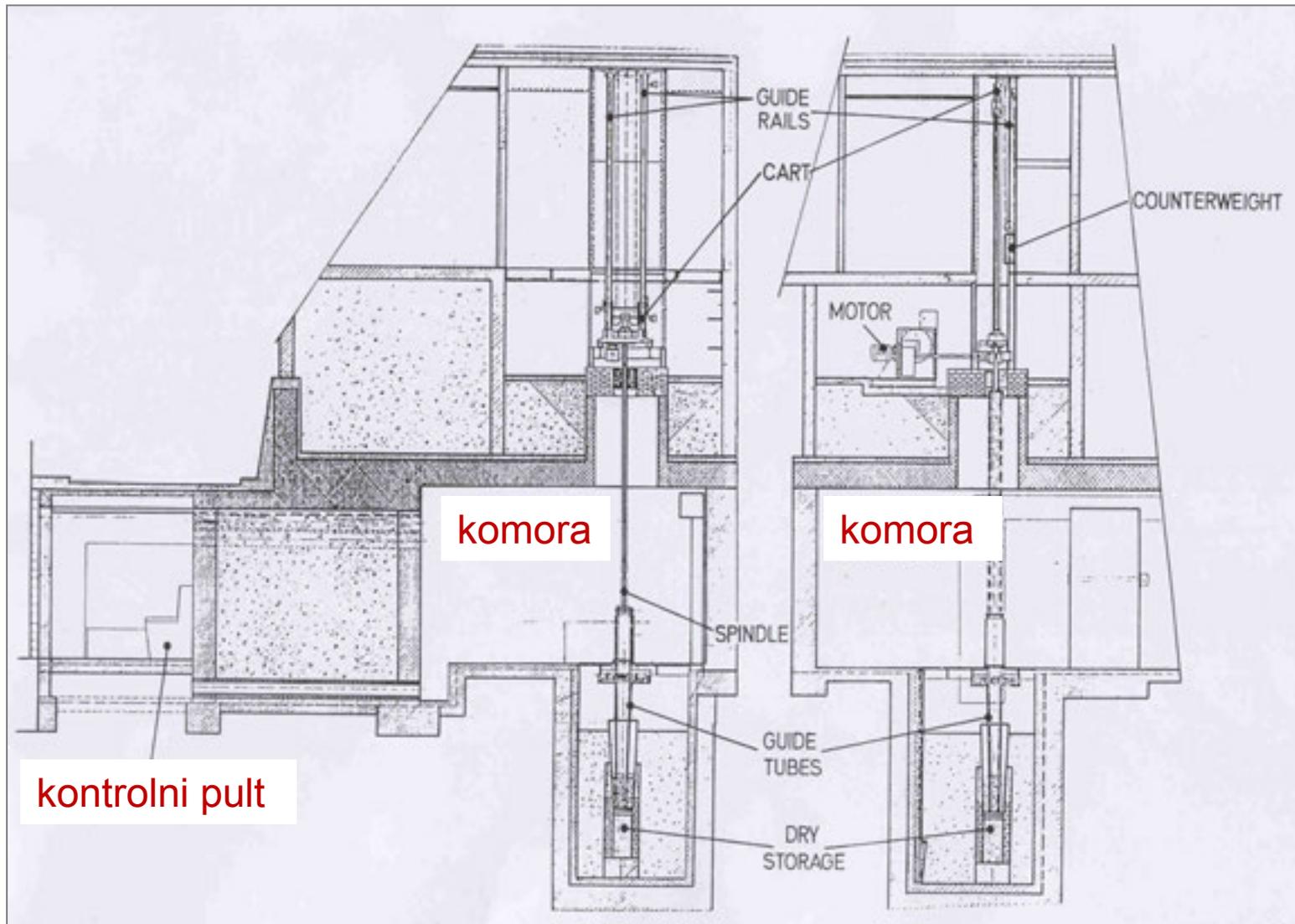
kapacitet 4 - 6 m³ materijala



Tlocrt komore za ozračivanje

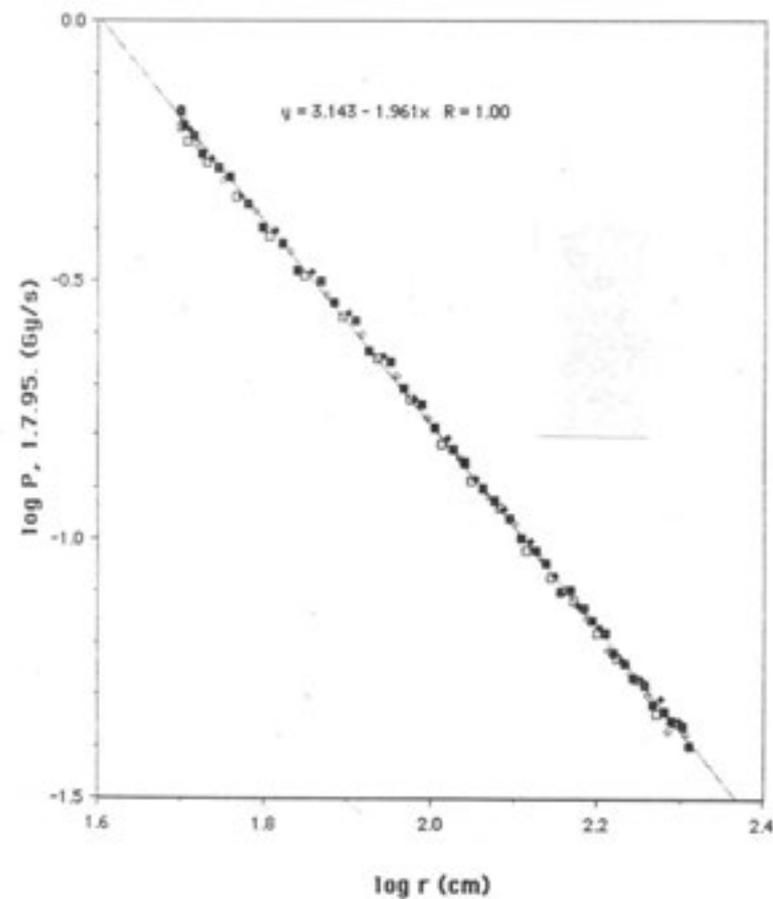
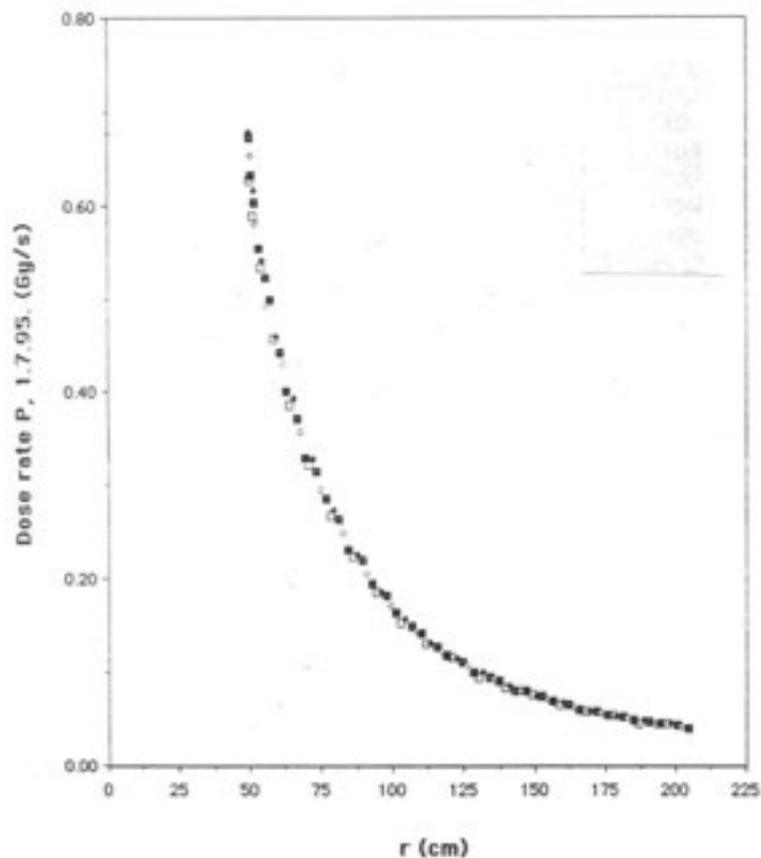


Nacrti komore za ozračivanje



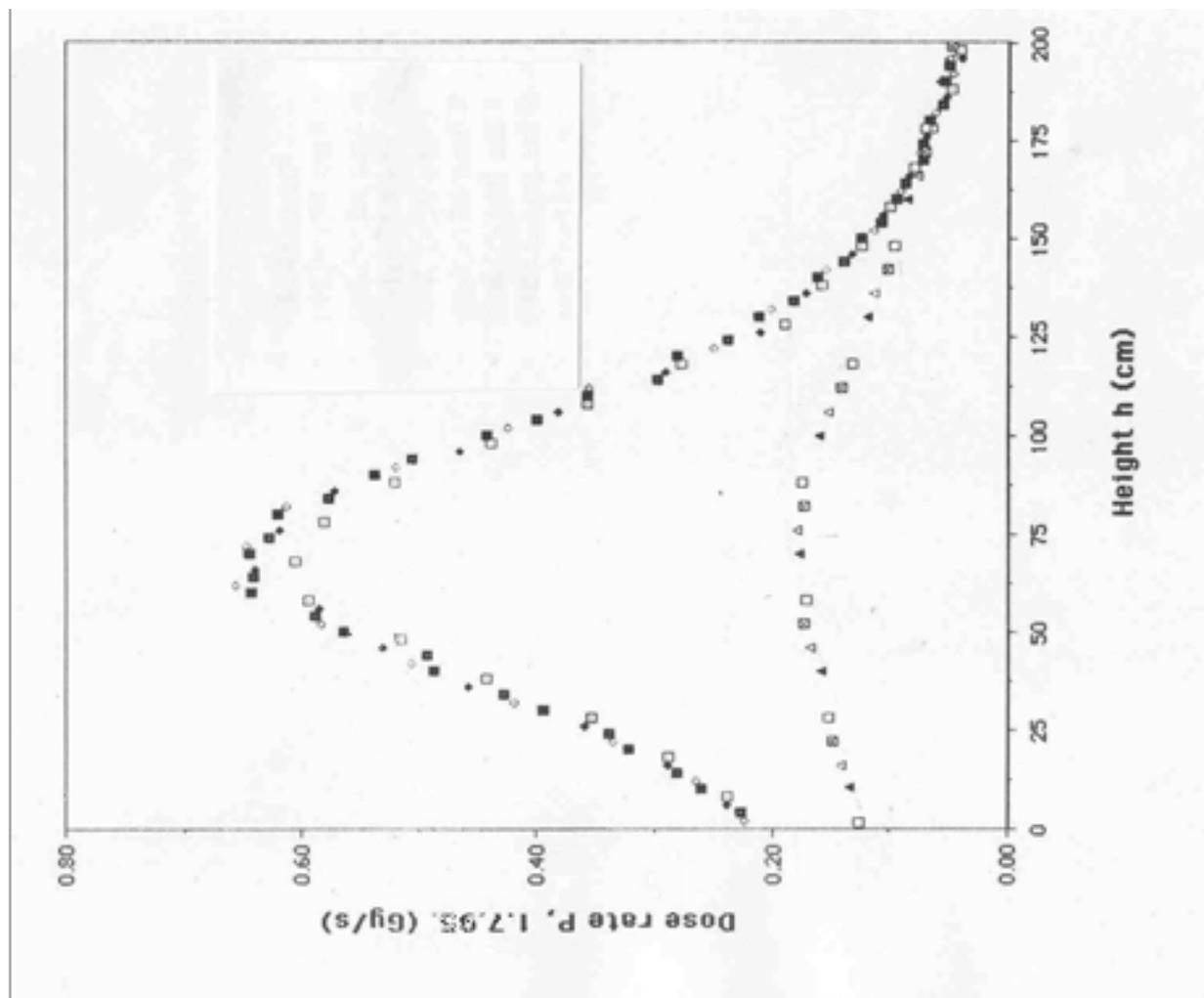
Doza: najvažniji parametar radijacijskog postupka

Kalibriranje komore za ozračivanje:
promjena brzine doze s udaljenošću



Doza: najvažniji parametar radijacijskog postupka

Kalibriranje komore za ozračivanje:
promjena brzine doze s visinom



Opravdanost: Jednostavnost i sigurnost primjene

Jednostavnost: doza najvažniji parametar postupka

Kalibrirana komora za ozračivanje omogućuje da se u izvoru zračenja u potpuno kontroliranom radijacijskom postupku predaju točne doze zračenja.

Tijekom 30-tak godina: pružanje višenamjenske usluge radijacijske pasterizacije, dezinfestacije, dezinfekcije i sterilizacije medicinskih, kozmetičkih, farmaceutih i prehrambenih materijala



30-tak godina:
primjene radijacijske dezinfestacije predmeta kulturne baštine:

D. Ražem: Twenty years of radiation sterilization in Croatia, *Radiat. Phys. Chem.* 71 (2004) 595-600.

B. Katušin-Ražem, D. Ražem, M. Braun, Irradiation treatment for the protection and conservation of cultural heritage artefacts in Croatia. *Radiat. Phys. Chem.* 78 (2009) 729-731.

Predmeti kulturne baštine obrađeni zračenjem u LRKD



U 30-tak godina u uređaju za ozračivanje u suradnji s Hrvatskim restauratorskim zavodom i drugim ustanovama obrađeno je :

više od 8000 drvenih skulptura, dijelova oltara, pokućstva, drugih drvenih, papirnih, kožnih i tekstilnih predmeta



Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Optimiziranost: jedini parametar - doza zračenja

Kontrolirani parametar	Kemijski postupak (plin)	Fizički postupak (zračenje)
vrijeme	+	+
temperatura	+	-
pakiranje	+	-
gustoća	+	-
tlak/vakuum	+	-
vlažnost	+	-
koncentracija	+	-



Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Učinkovitost: Prodornost γ -zraka

Materijal	Gustoća	Maseni koef. aps. @ 1 MeV	Gubitak intenziteta (%) nakon prolaska kroz sloj		
	g/cm^3		cm^2/g	1 mm	1 cm
drvo	0,80	oko 0,0310	0,2	2,4	22,0
polietilen	0,93	0,0319	0,3	2,9	25,7
voda	1,00	0,0309	0,3	3,0	26,6
Al	2,70	0,0269	0,7	7,0	51,6
staklo	2,80	0,0277	0,8	7,5	54,0
Fe	7,86	0,0262	2,0	18,6	87,2
Pb	11,35	0,0377	4,2	34,8	98,6

Zračenje djeluje po cijelom volumenu
- prodornost γ -zraka omogućuje tretman masivnih predmeta i u zaštitnoj ambalaži

Radijacijska metoda u svjetlu etičkih kriterija

Opravdanost	Zračenje kao univerzalno biocidno sredstvo
	Zračenje kao nematerijalno bezkontaktno sredstvo
	Ne ostavlja rezidue
	Ne inducira radioaktivnost
	Jednostavnost i sigurnost primjene
	Prihvatljiva cijena postupka
Optimiziranost	Jedini parametar doza zračenja
Učinkovitost	Neselektivnost bioloških učinaka
	Prodornost
	Brzina djelovanja
Ograničenost	Nužna intervencija-minimalna doza zračenja

Ograničenost: **Uvjet ograničene potrebne intervencije**

ograničenost - za postizanje željenog učinka dovoljno je izlaganje minimalno potrebnoj dozi

No i uz zadovoljen uvjet *ograničene potrebne intervencije*, tj. minimalne doze radijacijskog postupka, zračenje nije uvijek neškodljivo za predmet.

Ionizirajuće zračenje kao i drugi oblici energije, npr. toplinske, mogu mijenjati materijal koji im je izložen.

Sve ovisi o dozi zračenja, tj. količini energije predane materijalu

Kao uz visoke temp (< 200°C) tako i uz visoke doze zračenja (< 1000 kGy) može doći do značajne razgradnje materijala.

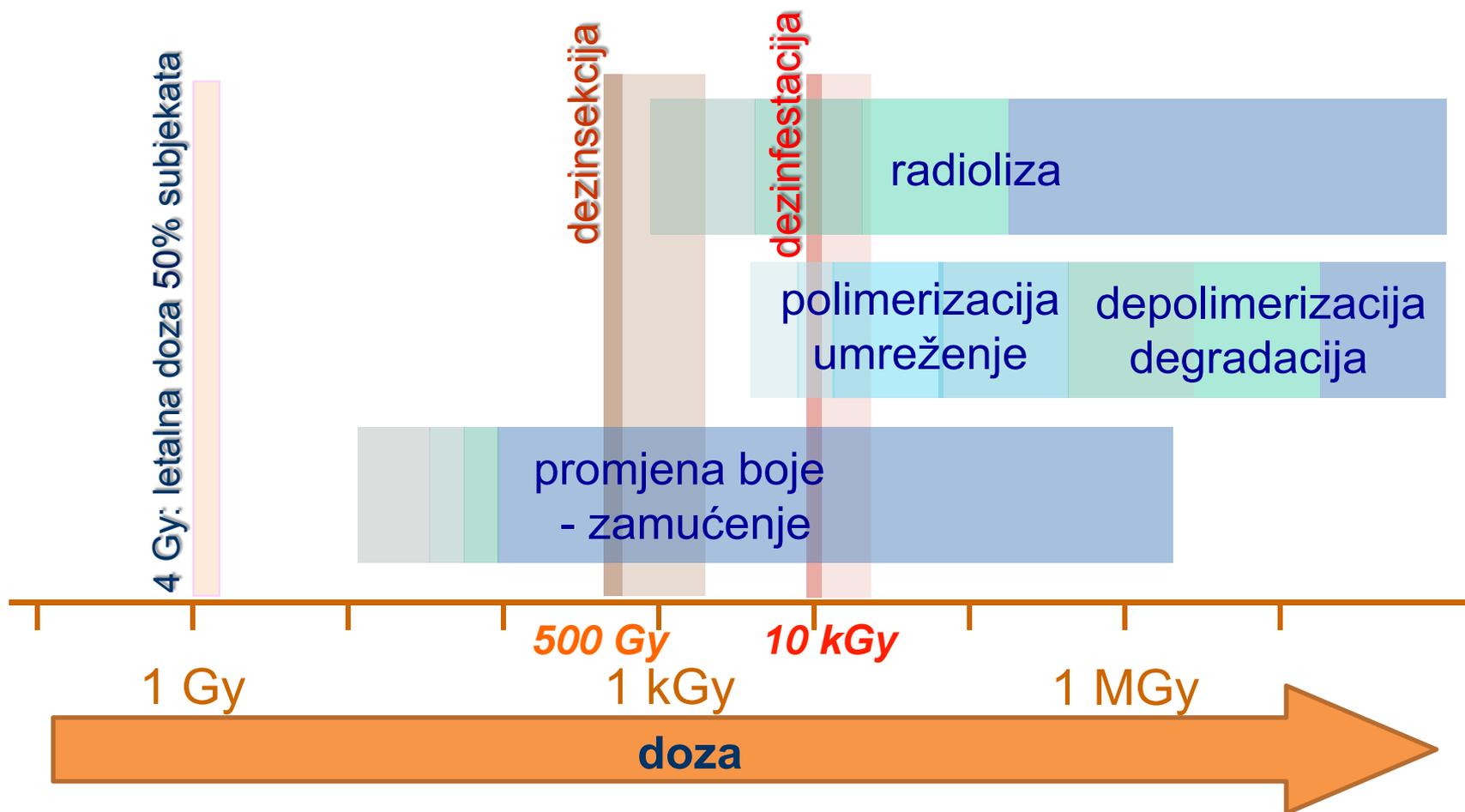
Nužno je poznavati, kontrolirati i korisno upotrebiti djelovanje energije.

Uz primjenu u zaštiti baštinskih predmeta stalno se moraju imati na umu potrebne doze zračenja:

uništavanje insekata	0.5 - 2 kGy
suzbijanje gljivica	2 - 10 kGy
dezinfestacija	5 - 20 kGy

Promjene u materijalima izazvane zračenjem

- zračenje može izazvati cijepanje kemijskih veza, strukturne promjene na molekularnoj razini, koje imaju fizikalne, kemijske i biološke posljedice



Inducirane kemijske promjene

$$G(X) = \frac{C(X)}{D}$$

G – radijacijskokemijski prinos promjene X

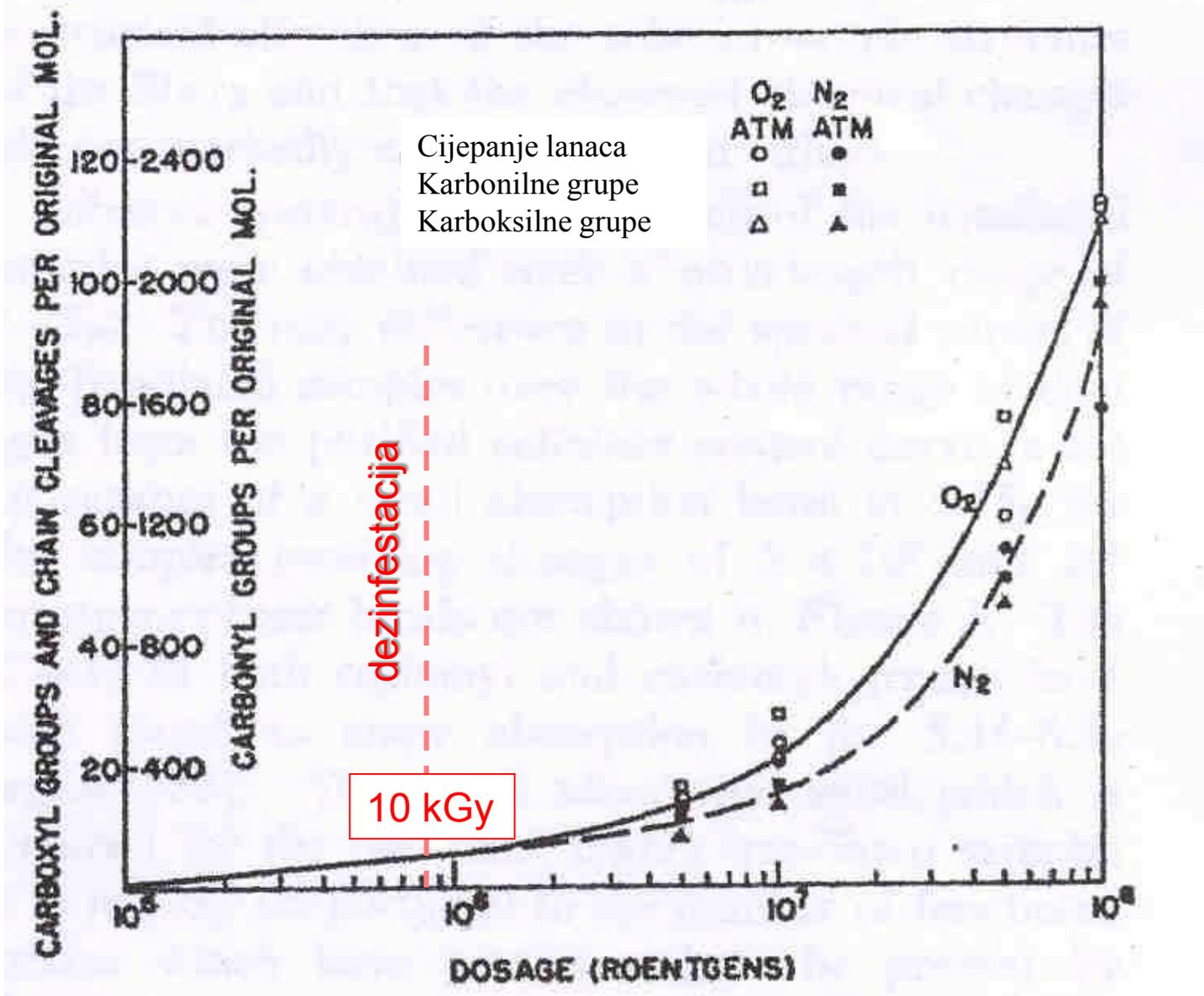
C(X) – koncentracija promjene X

D - doza

$$\frac{\text{Promij.molek.}}{\text{Prisutne mol.}} = \frac{C(X)}{C} = \frac{G(X) D}{1000/M} = 10^{-3} G(X) DM$$

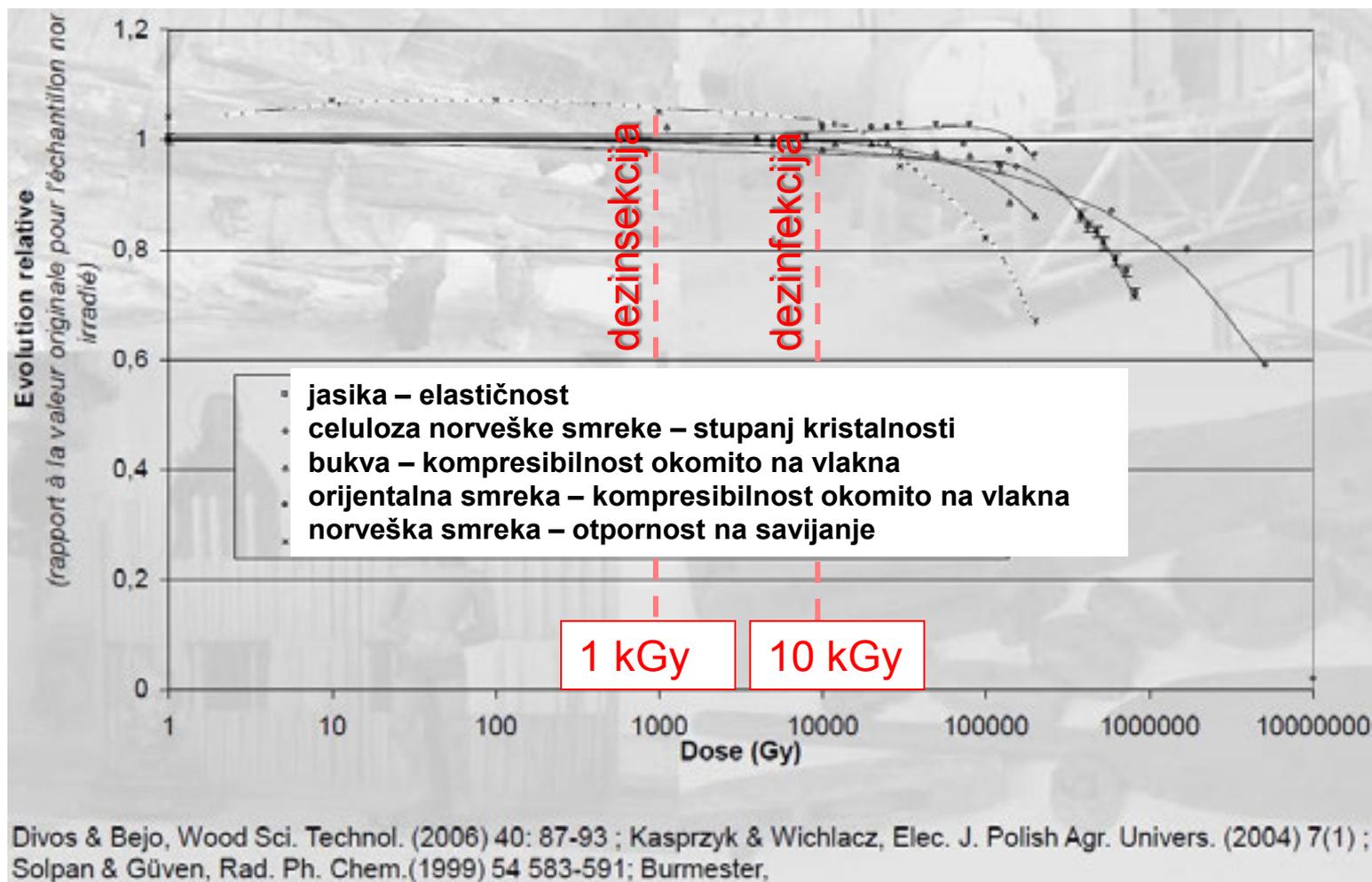
X	M dalton	D kGy	G(-X) μmol/J	C(X)/C	promjena 1 u ...
H ₂ O	18	1	0,1	$1,8 \times 10^{-7}$	5.500.000
celuloza	342	1	0,6	$2,0 \times 10^{-4}$	4800
protein	40.000	1	0,8	0,032	31
DNA	1×10^9	1	1	1000	

Utjecaj zračenja na razgradnju celuloze



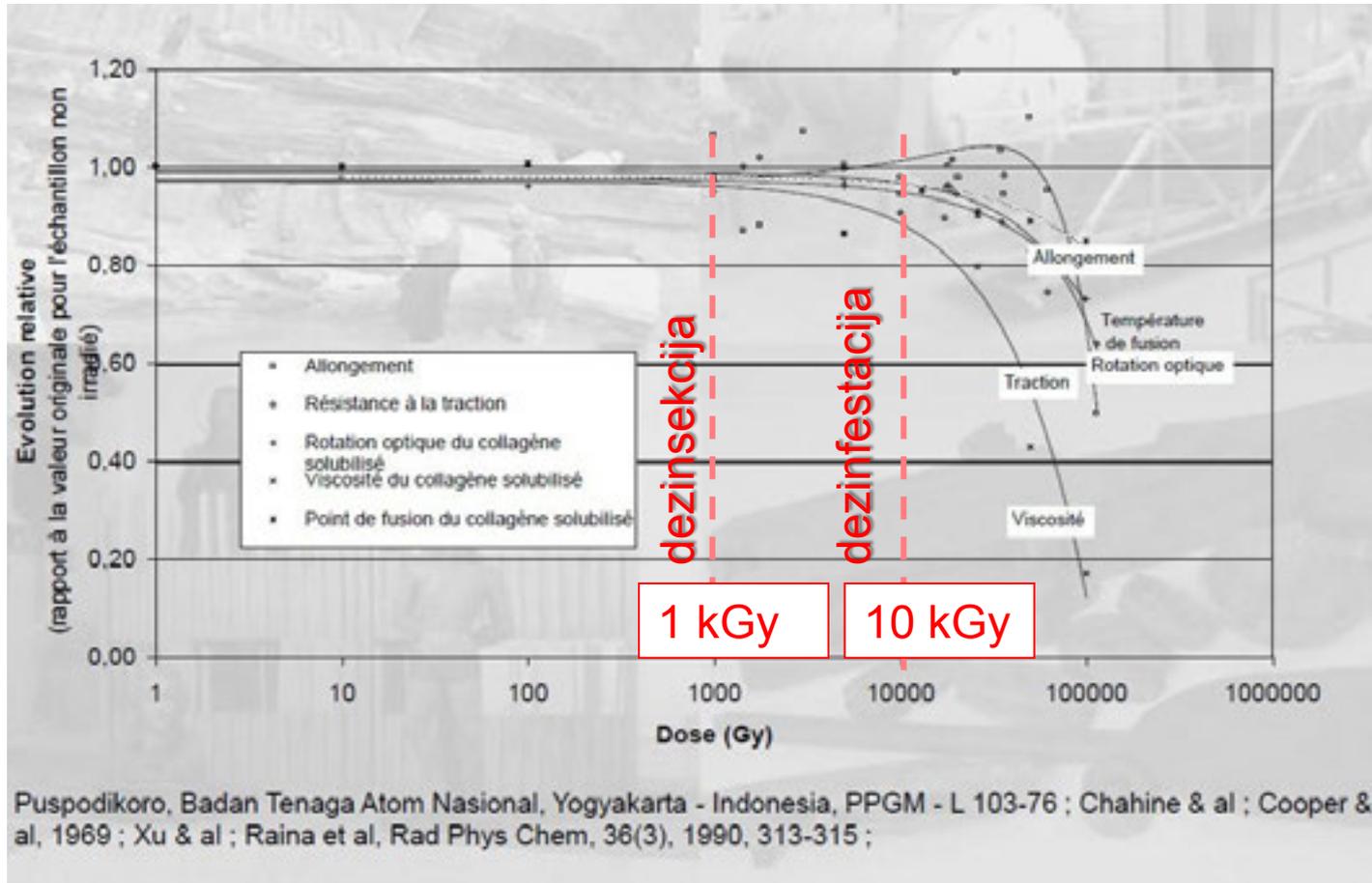
Utjecaj zračenja na materijale: drvo

termička i mehanička svojstva skoro nepromijenjena do 100 kGy



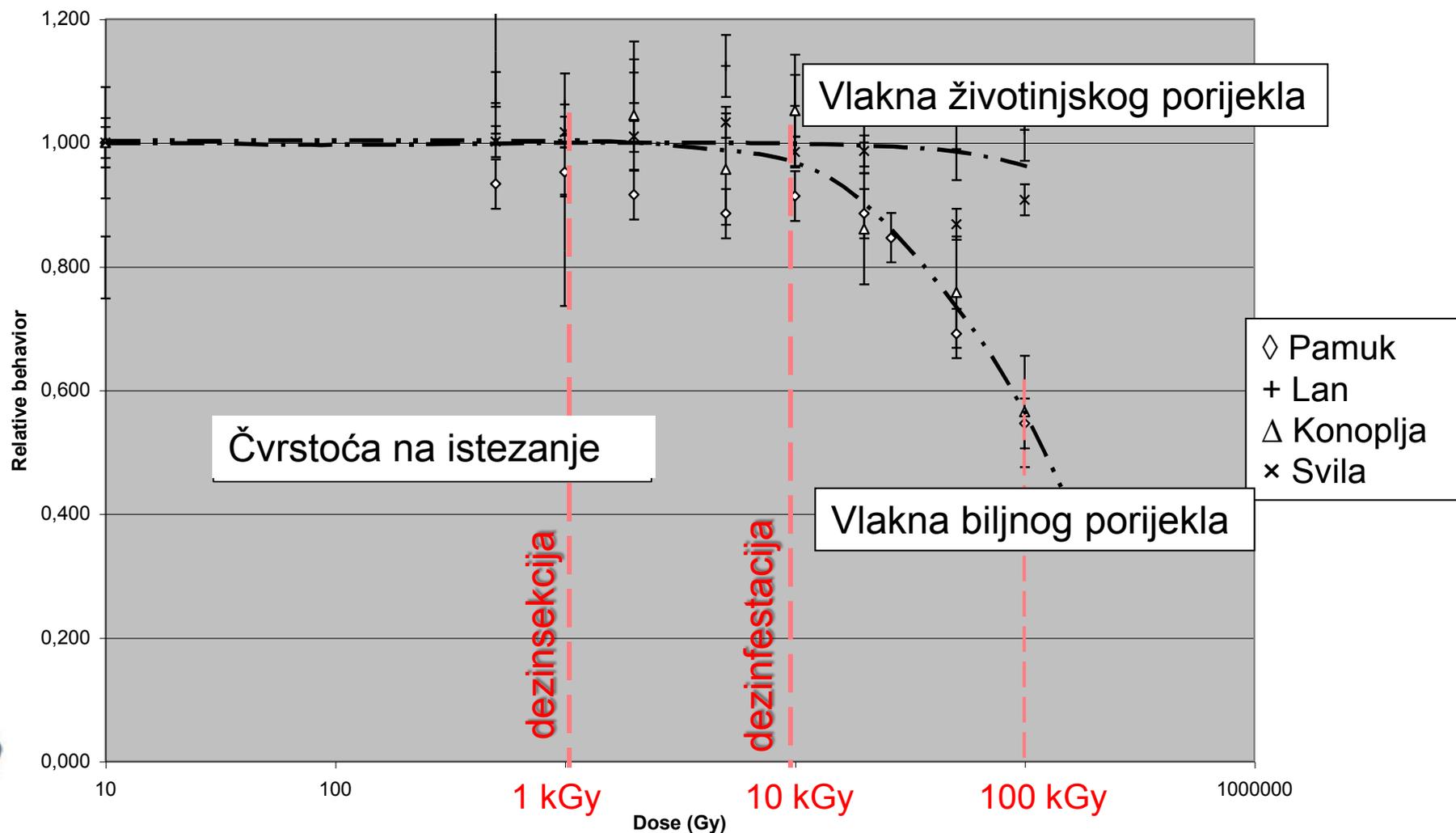
Utjecaj zračenja na materijale: koža, pergamena

Struktura kolagena nepromijenjena do 50 kGy



Utjecaj zračenja na materijale: tekstilna vlakna

- depolimerizaciju uzrokuje starenje, fizikalni, kemijski i biološki agensi;
zračenje u primjeni radijacijske metode je fizikalni agens



Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

RADIJACIJSKA DEZINSEKCIJA (1kGy)

- ne izaziva mjerljive promjene strukture prirodnih polimera od kojih se sastoje predmeti kulturne baštine organskog podrijetla,

Radijacijska dezinfekcija u potpunosti opravdava etičke kriterije

koji se odnose na zahtjeve: *opravdanosti, optimiziranosti, učinkovitosti ograničenosti*, minimalne nužne intervencije

U PRAKSI:

dezinfekcija zračenjem najviše je primjenjivan radijacijski postupak zaštite predmeta kulturne baštine i kod nas i u svijetu

Oko 90% tretmana je dezinfekcija drvenih predmeta kulturne baštine

Primjeri radijacijske dezinfekcije povijesnih tekstilnih materijala u IRB-u

- suradnja IRB-HRZ (poster na ovom skupu):

Alkarsko ruho (Odjel za tekstil, papir i kožu, HRZ, Zagreb)

Misno ruho, Franjevački samostan, Slavonski Brod, te

Povijesni crkveni tekstil, sjeverozapadna Hrvatska (HRZ, RC Ludbreg)

Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

RADIJACIJSKA DEZINFEKCIJA (5 -25 kGy)

doza potrebna za suzbijanje gljivica, plijesni i bakterija, moguća za drvene predmete, može izazvati neke promjene u osjetljivom materijalu kao što su to papir i tekstil.

Uspješni primjeri iz svijeta:

Francuska: dezinfekcije mumije Ramsesa II (18 kGy)(1975)



Rumunjska: Filmski arhiv (25 kGy) (2001)



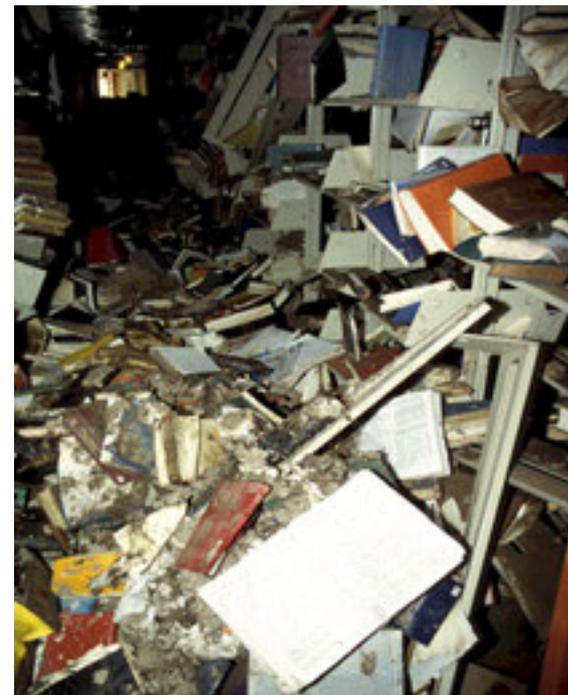
Poljska: 60.000 kom logoraške obuće, (19 kGy) za Državni Muzej u Majdaneku (2000)

Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

Uspješni primjeri iz svijeta:

SAD:

- knjige iz Zbirke Morgan Državnog univerziteta u Koloradu (poplava širokih razmjera 1997);
425 000 poplavljenih knjiga intenzivno prerašćenih gljivicama i plijesnima nakon sušenja tretirano s 15 do 25 kGy;



NIZOZEMSKA:

- kompletna bogata zbirka knjižnice Palače pravde, Hag (2007) tretirana prije preseljenja u novu zgradu;
uznapredovala infestacija plijesnima suzbijena dezinfekcijskom dozom od 10 kGy.

Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

Uspješni primjeri iz Hrvatske

Doprinos spašavanju umjetnina ugroženih u agresiji na Hrvatsku (1991-1995)

Polikromirane skulpture iz crkve Sv. Marije, Gora, Petrinja (12. ili 13. st.)

9 polikromiranih skulptura sakrivenih u kripti, otkopane nakon 10 godina iz crkve razrušene u ratu. U suradnji s HRZ, ozbiljno razgrađene skulpture ozračene su dezinfekcijskom dozom, 20 kGy u IRB-u



Konzervirane skulpture deponirane u skladištu HRZ u Ludbregu gdje čekaju daljnji postupak

Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

Uspješni primjeri radijacijske dezinfekcije iz Hrvatske

Doprinos spašavanju umjetnina ugroženih u agresiji na Hrvatsku (1991-1995)

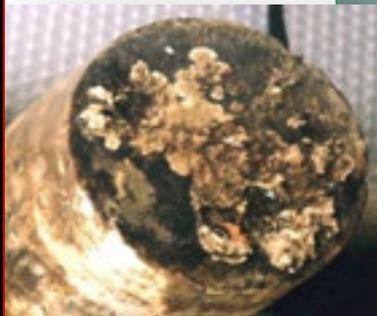
Oltar sv. Križa iz crkve Blažene Djevice Marije Snježne u Kamenskom (1685. god.)

Iz razorenog Pavlinskog samostana u Kamenskom tek je 4 god. nakon okupacije, 1995. god., bilo moguće spasiti ostatke oltara u teškom stanju i intenzivno preraštenog florom.

U suradnji s HRZ, kao prvi korak u višegodišnjem konzerviranju, jako infestirani ostaci iz kripe radi dezinfekcije

ozračeni su s 20 kGy u IRB-u.

Oltar je nakon sušenja i konzerviranja dijelova rekonstruiran i vraćen u crkvu 2009. god.



Kako radijacijska metoda konzerviranja predmeta kulturne baštine ispunjava etičke kriterije?

RADIJACIJSKA DEZINFEKCIJA (doze od 8 do 25 kGy):

- Pokazala se vrlo efikasna kod spašavanja drvenih predmeta kulturne baštine intenzivno zahvaćenih gljivicama i plijesnima. U slučajevima jake ugroženosti mnogobrojnih predmeta i cijelih zbirki (npr. arhivskih, knjiških, etnoloških) gljivicama i plijesnima koju uzrokuje povećana vlaga što prati veće nepogode, radijacijska dezinfestacija se pokazala kao metoda najboljeg izbora.

Primjenjena doza se određuje tako da bude najmanja učinkovita doza protiv čimbenika biorazgradnje, a da istovremeno uzrokuje što manju degradaciju osjetljivih prirodnih polimera.

Primjena radijacijske dezinfekcije predmeta sastavljenih od osjetljivih materijala kao što su to papir i tekstil je etički opravdana u mjeri u kojoj je opravdan i nužan interventni postupak spašavanja predmeta od potpune degradacije.

Reference:

D. Ražem, Radijacijska tehnologija. Tehnička enciklopedija, sv. 11, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb (1988) 386-398.

D. Ražem, *Twenty years of radiation processing in Croatia*. Radiat. Phys. Chem., 71 (2004) 597-602.

B. Katušin-Ražem, D. Ražem, M. Braun, Irradiation treatment for the protection and conservation of cultural heritage artefacts in Croatia. *Radiat. Phys. Chem.* 78 (2009) 729–731.

Internacionalno priznanje za aktivnosti Hrvatske :

(<http://www.iiconservation.org/publications/nic/nic.php>) [News in Conservation, August 2007](#)

<http://www.poslovni.hr/after5/priznanje-znastvenicima-instituta-ruer-boskovic-47744>

Radijacijske metode u zaštiti kulturne baštine, IRB/HRZ Seminar, 4. - 7. 10. 2012, Zagreb
(<http://www.h-r-z.hr/index.php/djelatnosti/struni-skupovi/318-radijacijske-metode-u-zatiti-kulturne-batine>) (pristupljeno 8.10.2013.)

Najvažniji postupci za očuvanje ili poboljšanje stanja umjetnina od tekstila, HRZ Stručni skup. 24. - 26. 11. 2008, Zagreb; (<http://www.h-r-z.hr/index.php/djelatnosti/struni-skupovi/168-najvaniji-postupci-za-ouvanje-ili-poboljanje-stanja-umjetnina-od-tekstila>) (pristupljeno 8.10.2013.)

Predavanje: Branka Katušin Ražem, Mogućnosti konzervacije umjetnina od tekstila zračenjem

Obaveza vođenja dokumentacije o povijesnom tekstilu, HRZ Skup, 14. -15. 6. 2011, Zagreb;
(<http://www.h-r-z.hr/index.php/djelatnosti/struni-skupovi/170-obveza-voenja-dokumentacije-o-povijesnom-tekstilu>) (pristupljeno 8.10.2013.)

Predavanje: Venija Bobnjarić-Vučković: Tekstiloteka u Restauratorskom centru Hrvatskog restauratorskog zavoda u Ludbregu

Radijacijska metoda u spašavanju predmeta kulturne baštine u slučajevima ugroženosti širih razmjera

Zbornik radova Devetog simpozija Hrvatskoga društva za zaštitu od zračenja / Knežević, Željka; Majer, Marija; Krajcar Bronić, Ines (ur.); HDZZ, Zagreb, 2013, 77-83.



*Hvala na
pozornosti!*

