

## KAKOVOST LEPENKE IN ZAŠČITA ARHIVSKEGA GRADIVA

*Meta Černič Letnar* \*, *Jedert Vodopivec* \*\*

**UDK: 676.22**

*Meta Černič Letnar, Jedert Vodopivec: Kakovost lepenke in zaščita arhivskega gradiva. Tehnični in vsebinski problemi klasičnega in elektronskega arhiviranja. Zbornik referatov z dopolnilnega izobraževanja, Maribor 1/2002, št. 1, str. 147 - 160.*

*Izvirnik v slovenščini, izvleček v slovenščini in angleščini, povzetek v angleščini.*

V okviru ciljnega raziskovalnega projekta smo v obdobju 1998-2001 izvedli aplikativno raziskavo ugotavljanja kakovosti papirja, kartona, lepenke in kombiniranih materialov, ki se uporabljajo za zaščito arhivskega gradiva.

Primerjalno smo ugotavljali lastnosti in kakovost embalažne lepenke, ki se uporablja za izdelavo zaščitne škatle v arhivske namene. Določili smo kakovost posameznih vzorcev lepenke na osnovi standarda BS 1133/7.5 za embalažno škatlo in določili trajnost obstojnosti na osnovi standarda za trajno obstojne papirje SIST/EN/ISO 9706 (∞).

**UDC: 676.22**

*Meta Černič Letnar, Jedert Vodopivec: The Quality of Paperboard for the Preservation of Archival Material. Technical and Field Related Problems of Traditional and Electronic Archiving. Conference Proceedings, Maribor 1/2002, No. 1, pp. 148 - 160.*

*Original in Slovenian, abstract in Slovenian and English, summary in English.*

In the framework of the application research work during the period 1998 to 2001 we determined the specific properties and the quality of paper, board and paperboard for preservation and conservation of archival material.

We compared the quality of packaging paperboard samples produced in Slovenia with the paperboard of older archive boxes on the basis of the requirements of the packaging standard BS 1133/7.5 (Fibreboard cases and fitment) and of the SIST/EN/ISO 9706 standard (∞) regulating permanent paper.

### 1. UVOD

Vse vrste zgodovinsko in umetniško dragocenega gradiva potrebujejo ustrezno zaščitno embalažo iz papirja, kartona, lepenke (škatle, ovoji, mape, paspartuji). Embalaža se običajno uporablja za zaščito blaga le za krajši čas, zato se kot osnovna surovina lahko uporabljajo cenejši materiali, tudi iz recikliranih vlaknin. Embalaža, ki se uporablja za arhivske, knjižnične in muzejske zbirke, ščiti gradivo ves čas hrambe in uporabe. Zato mora biti kakovost surovinske sestave teh vrst embalažnih materialov prilagojena zahtevam trajne hrambe in čim daljše uporabe.

---

\* *Meta Černič Letnar, univ. dipl. ing., Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, Slovenija.*

\*\* \* *Dr. Jedert Vodopivec, univ. dipl. ing., Arhiv Republike Slovenije, Zvezdarska 1, Slovenija.*

## 1.1 EMBALAŽA IZ PAPIRJA, KARTONA IN LEPENKE

Osnovni namen embalaže je identifikacija in varovanje izdelka med distribucijskim procesom, od proizvajalca do kupca oziroma uporabnika. Embalaža, ki jo lahko recikliramo in izpolnjuje še druge zahteve, upravičuje svojo ceno in ekonomičnost. Embalažna industrija ima v današnjem družbenem in socialnem razvoju vsake družbe zelo pomemben delež. Ker je embalaža sestavni del vsakega gospodarskega področja, je razumljivo, da je porast njenega tržnega deleža tudi merilo za vrednotenje gospodarskega razvoja posamezne države, saj narašča vzporedno z bruto družbenim dohodkom gospodarskega in družbenega sistema.

Na embalažnem trgu poznamo v zadnjem desetletju tele vrste embalažnega materiala, katerih delež pri uporabi je naslednji: papir, karton, lepenka (38 %), umetne snovi (28 %), kovina (22 %), steklo (8 %), les (3 %), drugo (1 %). Glede na namen uporabe delimo embalažo iz papirja, kartona lepenke in valovitega kartona na industrijsko oziroma zaščitno-transportno (primarna embalaža), prodajno oziroma komercialno (sekundarna embalaža) in transportno ali prevozno (tercialna embalaža).

Po zahtevah uporabnosti izdelka prilagajamo in izbiramo material - papir, karton, lepenko, valoviti karton, glede na uporabo vlaknin (primarne in sekundarne) in razne dodatke, ki opredeljujejo njihove končne lastnosti. Tako s primerno izbiro vlaknin, dodatkov in dodatno površinsko zaščito lahko dosežemo ustreznost zahtevanih končnih lastnosti (mehanska odpornost, odpornost v mokrem ali vlažnem stanju) in specifičnih zahtev uporabnikov, kot so predvsem zaščita pred zunanjimi vplivi (učinki vlage, temperature, svetlobe in mikroorganizmov).

Papirna in kartonska embalaža lahko samostojno ali v kombinaciji z drugimi vrstami materiala omogoča široko prilagodljivost in uporabnost v raznih vejah predelovalne industrije.

## 1.2 KAKOVOST LEPENKE ZA IZDELAVO EMBALAŽNE (ZAŠČITNE) ŠKATLE - standard BS 1133/7.5

Kakovost embalažne lepenke za izdelavo embalažne škatle, kot jo predpisuje britanski standard BS 1133, v podskupini 7.5, je opredeljena glede na debelino in skupno gramaturo lepenke, doseženo razpočno odpornost in želeno maso polnjenja v kg, kot je prikazano v tabeli 1.

**Tabela 1: Kakovost embalažne škatle iz lepenke - BS 1133/7.5**

Vrsta embalažne lepenke			
Debelina, mm	Skupna gramatura, g/m <sup>2</sup>	Minimalna razpočna odpornost-BST, kPa	Masa polnjenja, nominalna, kg
0.90	570	740	10
1.15	735	950	15
1.40	880	1150	20
1.65	1080	1360	30
2.05	1330	1610	40

### 1.3 TRAJNOST LEPENKE ZA ZAŠČITO ARHIVSKEGA GRADIVA

Trajno obstojni papir, karton, lepenka ne vsebujejo substanc, ki same od sebe povzročajo kemijski razkroj - na osnovi podatkov, dobljenih s pospešenim umetnim staranjem, ima življenjsko dobo nekaj stoletij.

Značilnosti trajno obstojnega papirja so opredeljene s *standardom SIST/EN/ISO 9706* ( $\infty$ ) "*Informacija in dokumentacija - Papir za dokumente - Zahteve za trajnost*" ki določa, da je trajen papir izdelan iz kakovostnih beljenih celuloznih vlaknin *brez prisotnosti lignina*, ki se nahaja v vlakninah mehansko pridobljene lesovine in nebeljene celuloze (Kappa število, ki določa odpornost na oksidacijo, mora biti nižje od 5), je *nevtralnno klejen* z alkalnimi klejnimi sredstvi (pH je od 7.0 do 10.0), kot polnilo vsebuje najmanj 2 % kalcijevega karbonata, ki učinkuje kot *alkalna puferna rezerva*, prisotnost optičnih belilnih sredstev ni dovoljena.

Specifične zahteve za kakovost posameznih zvrsti arhivskih škatel opredeljuje tudi predpis ameriške vladne administracije NARA (National Archives and Records Administration), ki je v letu 1991 izdala specifikacijo za a) kakovost nevtralne« arhivske škatle in b) kakovost arhivske škatle z nizko vsebnostjo lignina. Poleg osnovnih zahtev, ki so po standardu *SIST/EN/ISO 9706* ( $\infty$ ) vključene v specifikacijo kakovosti trajnega papirja, so v specifikaciji NARA predpisane tudi zahteve strukturnih in površinskih lastnosti lepenke (debelina, abrazivnost, gladkost, togost, površinska obdelava, retencija barve), vrsta in lastnosti uporabljenih lepil in kovinskih dodatkov, oblika, dimenzije in postopki izdelave škatle ter metode preskušanja lepenke in zaščitne arhivske škatle.

## 2. RAZISKAVA TRAJNOSTI IN OBSTOJNOSTI EMBALAŽNE LEPENKE za zaščito arhivskega gradiva

V okviru ciljnega raziskovalnega projekta smo v obdobju 1998 do 2001 ob sofinanciranju MZT in MzK izvedli aplikativno raziskavo ugotavljanja kakovosti papirja, kartona, lepenke in kombiniranih materialov, ki se uporabljajo za zaščito arhivskega gradiva.

Področje raziskave je zajemalo tudi ugotavljanje vpliva notranjih dejavnikov (surovinske sestave, tehnološki postopek izdelave in površinskega oplemenitenja papirja) na kemijsko degradacijo, mehansko in optično stabilnost ter trajnost zaščitnih materialov.

Primerjalno smo ugotavljali lastnosti današnjih vrst embalažne lepenke slovenskih proizvajalcev in lastnosti lepenke, izdelane pred desetletji, ki se uporablja še danes kot zaščitna škatla v arhivske namene. Določili smo kakovost posameznih vzorcev lepenke na osnovi standarda BS 1133/7.5 za embalažno škatlo in določili trajnost na osnovi standarda za trajno obstojne papirje, na osnovi *SIST/EN/ISO 9706* ( $\infty$ ).

Cilj raziskave je bil, ugotoviti trajnost današnjih vrst lepenke in obstojnost v postopku umetnega staranja predvsem glede na kemijsko degradacijo, mehansko obstojnost in spremembo optičnih in barvnih karakteristik.

## 2.1 IZBOR VZORCEV LEPENKE IN METODE PRESKUŠANJA

Za pregled in analizo smo izbrali štiri vzorce lepenke, od katerih predstavlja vzorec L1- lepenko odvzeto iz dobro ohranjene zaščitene škatle, ki je bila verjetno izdelana pred desetletji (domnevamo pred l.1940), ostali trije vzorci L2, L3 in L4 pa izhajajo iz redne proizvodnje, dveh proizvajalcev lepenke v Sloveniji. Pregled kvalitativne vlakninske sestave posameznih vzorcev je prikazan v tabeli 2.

**Tabela 2: Vzorci zaščitne embalažne lepenke za arhivske namene**

Oznaka vzorca lepenke	Kvalitativna vlakninska sestava, %
L1	Zaščitna škatla »stara« - rjava lepenka, 700 g/m <sup>2</sup> 100 % lesovinska vlakna (nebeljena mehanska bruševina)
L2	Bela lepenka, 1100 g/m <sup>2</sup> 100 % odpadni papir (beljena lesovinska in celulozna vlakna)
L3	Siva lepenka, 1800 g/m <sup>2</sup> 100 % odpadni papir (mešani odpadki, tudi potiskani)
L4	Rjava lepenka, 1000 g/m <sup>2</sup> 100 % embalažni odpadni valoviti karton (nebeljena vlakna)

Na vseh vzorcih lepenke L1, L2, L3 in L4 smo primerjalno določili posamezne lastnosti in ugotovili kakovost na osnovi standarda za embalažo in trajnost.

Vse vzorce lepenke z oznako od L1 do L4 smo izpostavili pogojem pospešenega umetnega staranja na osnovi SIST/ISO 5630 pri 80 °C in 65 % relativni vlažnosti ozračja v klimatski komori, brez učinkovanja svetlobe, v časovnem obdobju 24 dni.

Na klimatiziranih vzorcih pred in po umetnem staranju smo določili trajnost in obstojnost glede na standardizirane metode dela SIST/EN/ISO za posamezne osnovne fizikalne lastnosti (gramatura, debelina, voluminoznost), kemijsko obstojnost (pH ekstrakta, Kappa število, viskoznost CED, bakrovo število), mehansko obstojnost (razpočna odpornost) in optično ter barvno obstojnost (belina, rumenost, barvne razlike dE-CIE-Lab).

Tabela 3: Lastnosti vzorcev lepenke

Lastnosti	Dosežene vrednosti				Želene vrednosti	
	Vzorec lepenke				Embalaža BS 1133	Trajnost ISO 9706
	L1	L2	L3	L4		
Vlakninska sestava	Lesovina, nebeljena	Lesovina, beljena	Odpadni papir, beljena vl.	Odpadni emb.karton nebelj.vl.		Brez lesovine in nebeljenih vlaknin
Gramatura, g/m <sup>2</sup>	695	1093	1739	1145	600 do 1350	
Debelina, mm	0.81	1.68	2.94	1.35	0.9 do 2.0	
Spec. volumen, cm <sup>3</sup> /g	1.17	1.54	1.69	1.18		
pH ekstrakta, -	5.0	7.5	7.3	7.4		7 do 9
Vsebnost pepela, % -500 C -900 C	1.0	8.3 6.1	7.4 5.8	7.7 6.4		Min. 3.0 CaCO <sub>3</sub>
Vsebnost lignina, %	35.2	-	-	-		Max. 5.0
Kappa število, -	184	71	81	73		Max. 8.0
Viskoznost, CED, ml/g	186	305	302	480		Min. 300
Bakrovo število, -	5.5	1.7	1.9	1.7		Max. 1.5
Raztrg, mN	3610	Večje od 4000	Večje od 4000	Večje od 4000		Min. 3000
BST- razpok, kPa	1112	1542	2352	2756	740 do 1610	
IBT razslojevanje, J/m <sup>2</sup>	338	85	152	345	Min. 300	
PT- preboj, J	-	4.8	10.5	6.8	Min. 4 - 6	
Kontaktni kot, A/B, 60, st.	Popolno omočenje	Popolno omočenje	Popolno omočenje	120 / 112		90 - 110
Propustnost zraka, sek	nepropusten	nepropusten	nepropusten	nepropusten		
Belina, ISO, %	10.2	54.9	36.7	29.5		Brez optičnih belil
Rumenost, DIN, %	70.0	18.2	30.5	38.5		
Barva, CIE-Lab, %	48.1 6.8 16.2	79.7 -0.5 8.1	68.7 1.1 11.1	60.5 4.2 14.4		Max. dE = 6.0

## 2.2. REZULTATI IN KOMENTAR

Dosežene vrednosti strukturnih fizikalnih lastnosti, kemijskih karakteristik, mehanske odpornosti in optičnih lastnosti vzorcev lepenke L1, L2, L3 in L4 in primerjava z zelenimi vrednostmi za uporabo v embalažne namene in kot trajna zaščita, so prikazane v tabeli 3.

Rezultati zasledovanja vpliva pospešenega umetnega staranja na spremembo osnovnih strukturnih fizikalnih lastnosti, mehanske obstojnosti, kemijske degradacije

in optične ter barvne obstojnosti vzorcev embalažne lepenke, so prikazani v diagramih od 1 do 10.

### 2.2.1 KAKOVOST VZORCEV LEPENKE ZA EMBALAŽNE NAMENE

Analiza strukturnih fizikalnih lastnosti vzorcev lepenke je pokazala, da dosegajo vzorci gramaturo od 700 do 1700 g/m<sup>2</sup> in debelino od 0.8 do 2.9 mm, kar ustreza voluminoznosti od 1.2 do 1.7 cm<sup>3</sup>/g in vpliva na ustrezno mehansko odpornost lepenke - razpočna odpornost se nahaja v področju od 1100 do 2700 kPa. Dosežene so želene vrednosti raztržne odpornosti in odpornosti na preboj, medtem ko odpornost na razslojevanje-IBT ni ustrezna pri vzorcih L2 in L3 (lahko se pričakujejo težave pri predelavi in izdelavi embalažne škatle).

Površina lepenke je pri vseh vzorcih, razen pri vzorcu lepenke L4, popolnoma vodovpojna, kar pomeni, da lepenka ni klejena in ni primerna za tisk v ofsetni tehniki. Zaradi visoke gramature in debeline lepenke so vsi vzorci nepropustni na zrak, kar je ustrezno za uporabo, ker je učinkovanje zunanjih dejavnikov na spremembo uporabnih lastnosti, predvsem kot zaščitni material omejeno.

Opredelitev kakovosti lepenke na osnovi standarda BS 1133/7.5 pokaže, da vzorci lepenke dosegajo ustrezno kakovost za izdelavo embalažne škatle - najboljšo kakovost dosega vzorec L4.

### 2.2.2 TRAJNOST VZORCEV LEPENKE

Opredelitev trajnosti vzorcev lepenke L1 do L4 na osnovi standarda za trajno obstojne papirje SIST/EN/ISO 9706 ( $\infty$ ) je pokazala, da noben vzorec ne ustreza kakovosti za trajnost.

Vsi vzorci lepenke so izdelani pretežno iz lesovinskih vlaken (mehanski postopek pridobivanja vlaknin) oziroma iz vlaken nebeljene celuloze, ki izhaja iz odpadnega papirja vseh vrst in vsebujejo zelo visok delež lignina, hemiceluloz in ekstraktivnih snovi.

Od zelenih vrednosti najbolj odstopa vzorec L1, ki vsebuje 100 % lesovinska vlakna, pri čemer je delež lignina praktično enak vsebnosti lignina v lesu iglavcev. To je razumljivo, saj vzorec lepenke izhaja iz embalažne škatle, izdelane v prvih desetletjih prejšnjega stoletja, ko je bila ta surovina osnova za izdelavo vseh vrst lepenke in je postopek izdelave pole lepenke potekal ročno. Vzorec L1 dosega pH vrednost v kislem področju in ne vsebuje anorganskih polnil, v primerjavi z vzorci L2, L3 in L4, ki so izdelani v nevtralnem mediju in vsebujejo tudi karbonatno polnilo (ki izhaja iz odpadnih vrst papirja, kartona, lepenke, valovitega kartona).

### 2.2.3 OBSTOJNOST VZORCEV LEPENKE

OSNOVNE STRUKTURNE IN FIZIKALNE LASTNOSTI - pospešeno umetno staranje vpliva na povečanje gramature, debeline in s tem tudi na povečanje voluminoznosti lepenke, kot je prikazano v diagramih 1 in 2. Zelo velike spremembe so dosežene pri vzorcu L1 in L4. Vzrok je učinkovanje vlage pri višji temperaturi in relativni vlagi, pri čemer pride do razrahljanja strukture med posameznimi plastmi lepenke in med samimi vlakni, kar je posledica navzemanja in oddajanja vlage na površini in po plasteh lepenke ter znotraj celuloznih oziroma lesovinskih vlaken. Poslabšajo se

fizikalne povezave med vlakni v posameznih plasteh lepenke, kar je opaziti tudi v manjšem poslabšanju mehanske odpornosti lepenke, kot so odpornost na razslojevanje in razpočna odpornost (diagram 3).

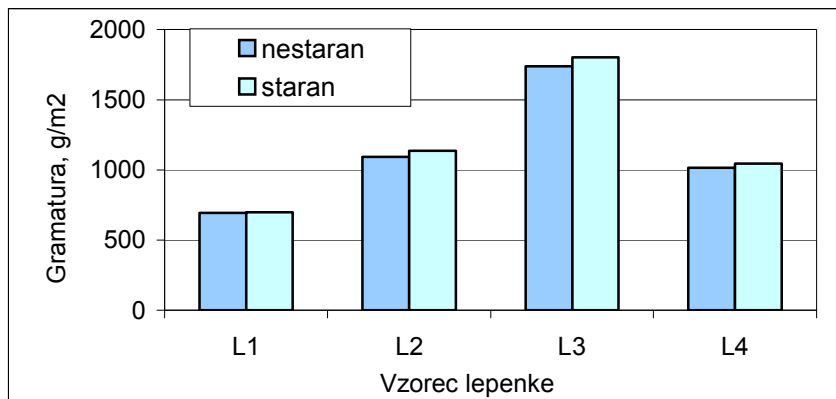


Diagram 1: Vpliv umetnega staranja na spremembo gramature

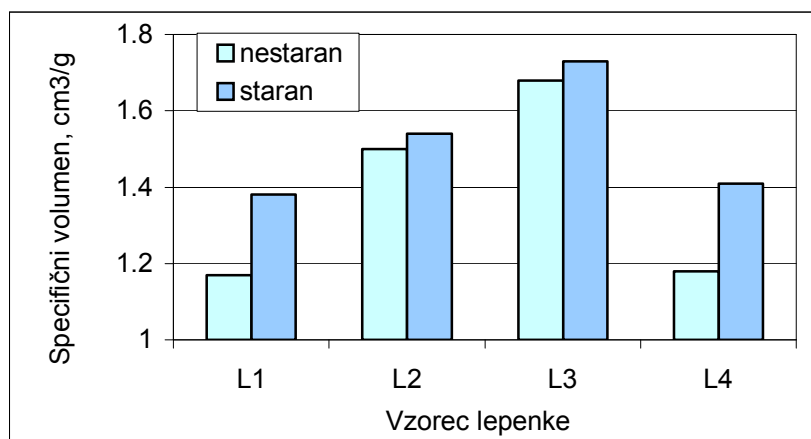


Diagram 2: Vpliv umetnega staranja na spremembo voluminoznosti

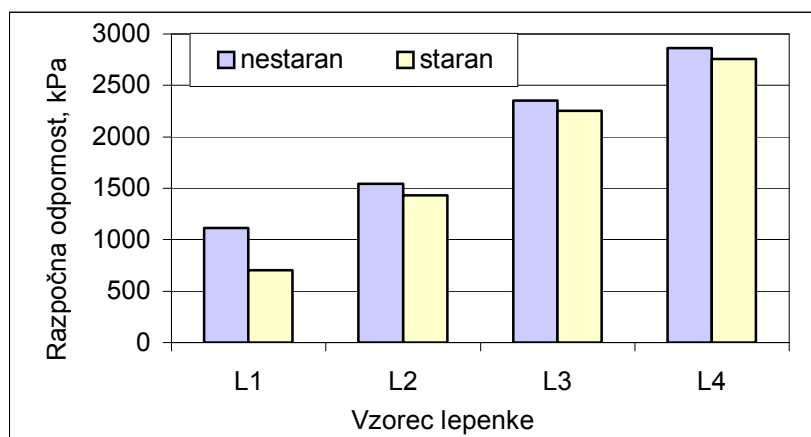


Diagram 3: Vpliv umetnega staranja na znižanje mehanske odpornosti

Največje znižanje razpočne odpornosti je doseženo pri vzorcu L1, ki dosega neustrezne vrednosti, za uporabo kot embalažni material za zaščitno škatlo, v kateri je masa polnjenja večja od 15 kg. Vzrok je kisl oksidacijska razgradnja celuloznega dela vlaknin v vzorcu lepenke iz lesovinskih vlaken. Ostali nevtralni vzorci lepenke dosegajo ustrezno obstojnost razpočne odpornosti in so primerni kot embalažni material - najboljše kakovost dosega vzorec L4.

**KEMIJSKA OBSTOJNOST** - s pomočjo klasičnih kemijskih metod smo želeli ugotoviti posamezne reakcije razgradnje celuloze, hemiceluloze in ostalih sestavin v vzorcih embalažne lepenke. Izvedli smo preskuse kemijske obstojnosti z meritvami pH ekstrakta, vsebnosti lignina z meritvami Kappa števila, stopnjo polimerizacije z meritvijo mejne viskoznosti - CED in oksidacijsko razgradnjo z meritvami bakrovega števila.

Dosežene vrednosti pH ekstrakta (diagram 4) kažejo, da so vzorci lepenke L2, L3 in L4 izdelani v nevtralnem področju. Pri staranja se vrednosti nekoliko znižajo, vendar je obstojnost ustrezna. Le vzorec »stare« lepenke L1 je kisel in se s staranjem vrednosti pomaknejo v še bolj kislno področje, kar za uporabo ni želeno. Kisla hidroliza celulozne vlaknine v vlaknih lesovine lahko povzroči občutno znižanje mehanskih odpornosti. Glede na dejstvo, da je vzorec lepenke L1 že desetletja v uporabi, lahko nizek pH izvira tudi iz onesnaženja okolja, v katerem se je zaščitna škatla do sedaj nahajala.

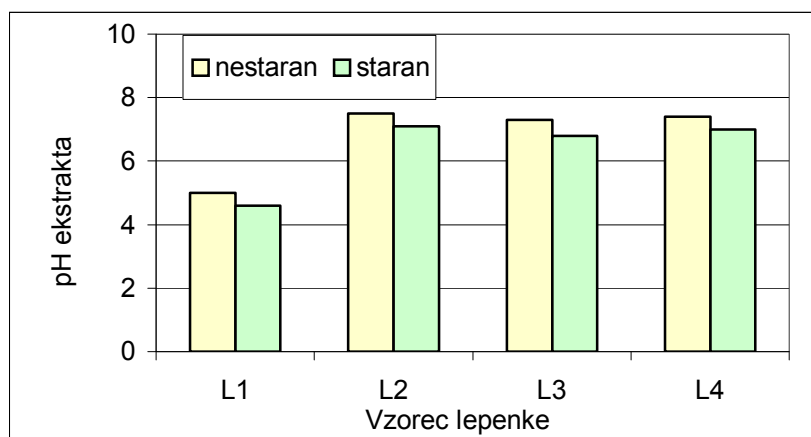


Diagram 4: Kemijska obstojnost - vpliv umetnega staranja na spremembo pH ekstrakta

Rezultati meritev **Kappa števila** kažejo (diagram 5), da vsi vzorci lepenke dosegajo zelo visoke vrednosti, kar kaže na zelo visoko vsebnost lignina. Najbolj po pričakovanju odstopa vzorec »stare« lepenke L1, ki vsebuje 100 % lesovinska vlakna, pridobljena po klasičnem postopku mehanskega brušenja lesa (delež lignina je enak deležu v lesu iglavcev).



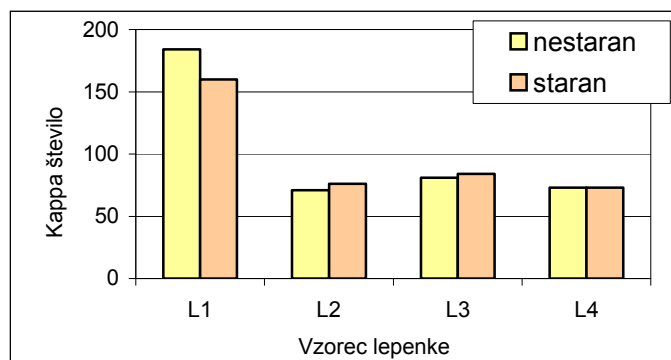


Diagram 5: Kemijska obstojnost - vpliv umetnega staranja na spremembo vsebnosti lignina

V postopku staranja se vrednosti Kappa števila pri vzorcu L1 znižajo - slabša obstojnost je posledica razgradnje predvsem hemiceluloze in ostalih ekstraktivnih snovi v lesovinskih vlaknih, pridobljenih z mehansko obdelavo lesa. Pri ostalih vzorcih lepenke je obstojnost lignina zelo visoka - ostale neželene komponente so izločene že v postopku kemijske obdelave vlaknin. Z določanjem spremembe viskoznosti in bakrovega števila v procesu umetnega staranja papirja, opredeljujemo hidrolitsko in oksidativno razgradnjo celulozne molekule, mikrobiološko onesnaženost, kemijsko-mehansko razgradnjo pri krajšanju molekule, ki se vrednoti z znižanjem povprečne molske mase ali stopnje polimerizacije in z zvišanjem vrednosti bakrovega števila.

**Viskoznost** (diagram 6) - rezultati stopnje polimerizacije celulozne molekule kažejo zelo nizke vrednosti mejne viskoznosti pri vzorcih lepenke L1, L2 in L3, kar kaže, da vsi vsebujejo predvsem lesovinska vlakna pridobljena z mehansko obdelavo lesa in je celulozna veriga zelo kratka. Le vzorec L4 vsebuje kakovostna nebeljena celulozna vlakna iz odpadnega embalažnega papirja.

Pri umetnem staranju so opazne spremembe povečanja pri vzorcu L1, predvsem zaradi sprememb hidrolitske razgradnje hemiceluloznih komponent. Pri ostalih vzorcih je opaziti manjšo hidrolitsko razgradnjo celuloze - najbolj ugodne vrednosti so dosežene pri vzorcu embalažne lepenke L4, ki vsebuje nebeljena vlaknine sulfatnih iglavcev.

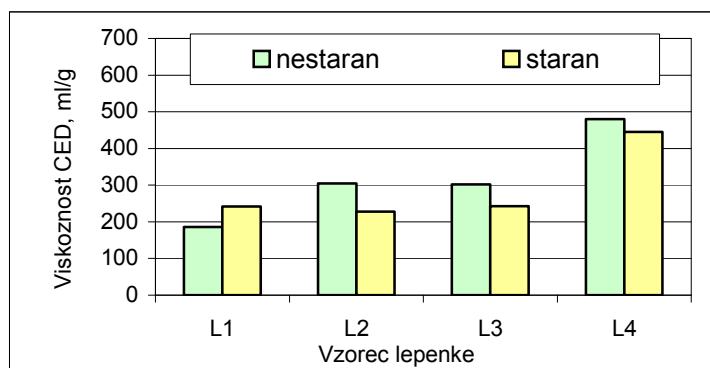
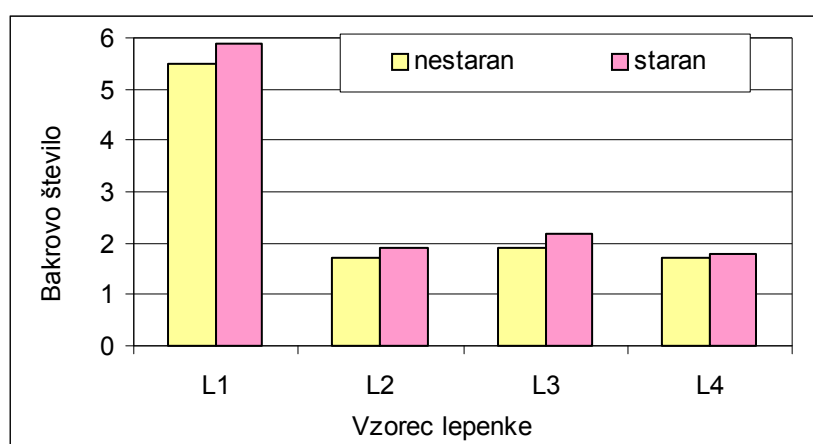


Diagram 6: Kemijska obstojnost - vpliv umetnega staranja na hidrolitsko razgradnjo celulozne molekule v vzorcih lepenke

**Bakrovo število** (diagram 7) - pogoji staranja povečujejo število reducirnih skupin iz celuloze in hemiceluloz, ki se v procesu oksidacije pretvorijo iz hidroksilnih v aldehydne. Čim večja je oksidativna stopnja, bolj poraste bakrovo število in s tem število karbonilnih in karboksilnih skupin.

Rezultati oksidacijske razgradnje vzorcev lepenke, merjene z bakrovim številom, dosegajo zelo visoke vrednosti. Najvišje vrednosti, ki se s staranjem še povečujejo, dosega vzorec L1, kar kaže, da je lepenka slabo obstojna na oksidacijsko razgradnjo - zaradi vseh prisotnih kemijskih komponent, ki izhajajo iz lesovinskih vlaken. Ostali vzorci lepenke dosegajo podobne mejne vrednosti, vendar so bolj obstojni na oksidacijsko razgradnjo, kar kaže, da so bile v postopkih kemijske obdelave beljenja vlaknin odstranjene komponente, ki niso kemijsko obstojne.

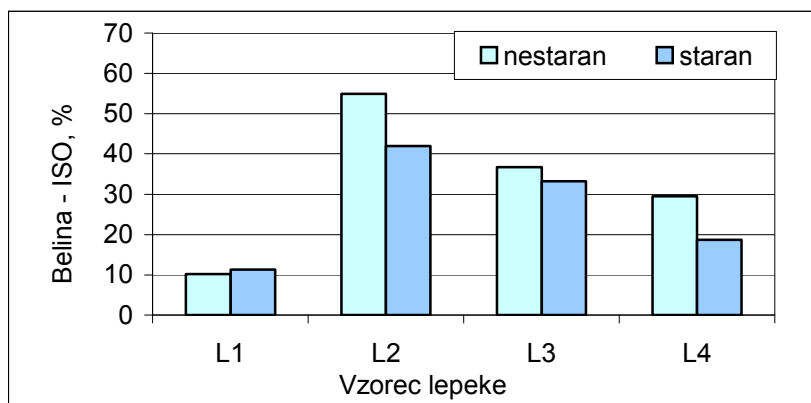


**Diagram 7:** Kemijska obstojnost - vpliv umetnega staranja na oksidacijsko razgradnjo lepenke

**OPTIČNA in BARVNA OBSTOJNOST** - zasledovali smo vpliv pospešenega umetnega staranja izbranih vzorcev papirja na spremembo optičnih in barvnih lastnosti, kot so belina, rumenost in barva po CIE.

Glede na naravno barvo vzorcev lepenke se dosežene vrednosti za **belino** (diagram 8) nahajajo v področju od 10 do 55 %; odvisne so predvsem od izvora vlaknin in načina pridobivanja lesovinskih in nebeljenih celuloznih vlaknin. Noben od vzorcev ne vsebuje neželenih optičnih belil.

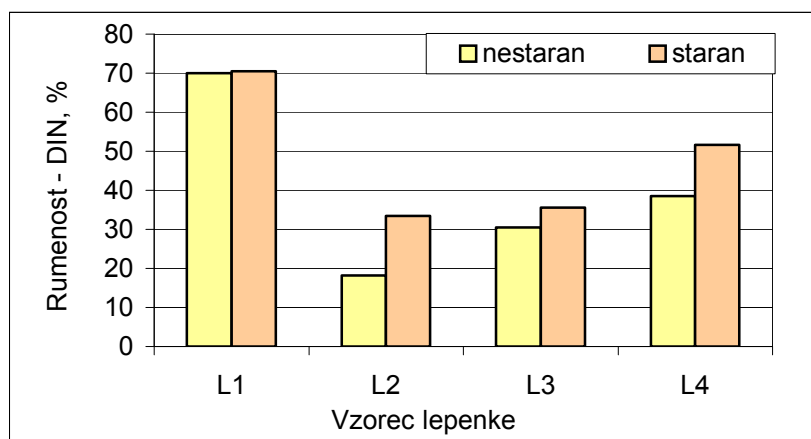
Najnižje vrednosti dosega vzorec L1, ki je tudi najbolj obstojen. Najvišje vrednosti beline so dosežene pri vzorcu L2, nižje pri L2 in še nižje pri L4. Ustrezno obstojnost dosega poleg vzorca L1 še vzorec L3, medtem, ko sta vzorca L2 in L4 optično manj obstojna.



**Diagram 8:** Optična obstojnost - vpliv umetnega staranja na spremembo optičnih lastnosti

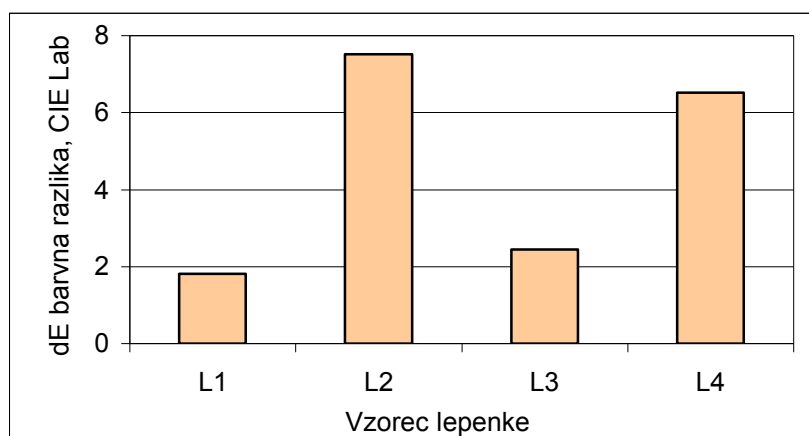
Dosežene so pričakovano visoke vrednosti za rumenost (diagram 9) pri vzorcu lepenke L1, ki pa je zelo obstojna na staranje - rezultati kažejo, da naravna obarvanost izhaja pretežno iz deleža zelo obstojne ligninske komponente v vlakninah.

Ostali vzorci dosegajo nižje vrednosti, ki pa pri staranju niso obstojni - najvišjo obstojnost dosega vzorec L3, podobno kot smo že ugotovili pri meritvah beline. Vzorca L2 in L4 sta manj obstojna, verjetno zaradi višjega deleža hemiceluloz v vlakninah in razgradnih komponent, ki nastanejo pri kemijski razgradnji, v postopku umetnega staranja.



**Diagram 9:** Optična obstojnost - vpliv umetnega staranja na spremembo rumenosti lepenke

Določili smo **barvno razliko dE** (diagram 10) med nestaranimi in staranimi vzorci lepenke, na osnovi meritev barve papirja po sistemu CIE-Lab, ki se običajno uporablja za oceno kakovosti tiskanih barvnih odtisov na papirju. Z meritvami dE smo želeli ugotoviti barvno obstojnost posameznih vzorcev lepenke.



**Diagram 10:** Barvna obstojnost - vpliv umetnega staranja na spremembo barve lepenke

V praksi je v veljavi tale lestvica dopustnih barvnih razlik:

dE < 0,2	BARVNE RAZLIKE NE VIDIMO.
dE = 0,2 - 1,0	Barvno razliko komaj opazimo, ker je zelo majhna.
dE = 1,0 - 3,0	Barvno razliko vidimo - je majhna, vendar še dopustna.
dE = 3,0 - 6,0	Barvno razliko dobro vidimo.
dE > 6,0	BARVNA RAZLIKA JE IZJEMNO VELIKA in nedopustna.

Rezultati doseženih vrednosti barvne razlike dE za posamezne vzorce lepenke kažejo, da le vzorca L1 (100 % lesovinska vlakna) in L3 (100 % odpadni papir, beljena celulozna in lesovinska vlakna) dosegata dopustne vrednosti barvne razlike dE do 3.0. Glede na izkušnje je barvna razlika 3 do 6 še sprejemljiva, večja od 6 pa ne več. Na osnovi tega lahko rečemo, da je dosežena barvna razlika pri vzorcih L2 in L4 manj primerna.

### 3. ZAKLJUČEK

Rezultati raziskave pri ugotavljanju lastnosti posameznih vrst embalažne lepenke in vrednotenje kakovosti na osnovi standarda za kakovost embalažne škatle in primernosti za izdelavo zaščitne škatle v arhivske namene so pokazali:

1. Opredelitev kakovosti vzorcev lepenke L1, L2, L3 in L4 na osnovi standarda BS 1133/7.5 za embalažne namene je pokazala, da vsi vzorci lepenke dosegajo ustrezno kakovost za izdelavo zaščitne embalažne škatle. Najboljšo kakovost dosega vzorec lepenke z oznako L4, izdelan iz odpadnega embalažnega kartona, ki vsebuje kakovostna celulozna vlakna nebeljenih sulfatnih iglavcev.
2. Opredelitev trajnosti vzorcev lepenke L1, L2, L3 in L4 na osnovi standardnih zahtev za trajno obstojni papir, karton, lepenko, ki jih določa SIST/EN/ISO 9706 ( $\infty$ ), je pokazala, da noben vzorec ne ustreza kakovosti za trajnost. Vsi vzorci lepenke so izdelani pretežno iz lesovinskih vlaken oziroma vlaken nebeljene celuloze in vsebujejo visok delež lignina in hemiceluloz, ki jih standard ne dovoljuje.

3. Opredelitev obstojnosti vzorcev lepenke L1, L2, L3 in L4 v postopku pospešenega umetnega staranja SIST/ISO 5630/2, ki ga za trajno gradivo priporoča standard za trajne papirje IST/EN/ISO 9706 ( $\infty$ ), je pokazala ugodne rezultate mehanske in kemijske obstojnosti kot tudi sprejemljivo optično in barvno stabilnost, pri vseh novejših vzorcih lepenke L2, L3 in L4.
4. Rezultati obstojnosti lepenke za zaščito arhivskega gradiva so potrdili raziskave in priporočila posameznih avtorjev po svetu, da vsebnost lignina ni vedno problematičen dejavnik pri opredelitvi trajnosti papirja. Tudi rezultati naše raziskave so potrdili te domneve.
5. Vsekakor je ključni dejavnik, ki pospešuje razgradnjo in neobstojnost materialov iz celuloznih in lesovinskih vlaken, kombinacija visoke vsebnosti ligninskih in hemiceluloznih komponent v papirju, kartonu, lepenki in tehnološka izdelava v kislem sistemu. V kislem mediju neželene komponente pospešujejo hidrolitsko in oksidativno razgradnjo celuloze, ki je prisotna v mehansko pridobljenih lesovinskih vlaknih in vlaknih nebeljene celuloze, z visoko vsebnostjo lignina in hemiceluloz kot nam zelo nazorno kažejo rezultati, ugotovljeni tudi pri vzorcu lepenke, izdelane pred desetletji, L1.
6. Ob zaključku moramo poudariti, da je pred izbiro embalažnega materiala iz lepenke, ki se uporablja kot zaščitni material za arhivske namene, nujno ugotoviti posamezne lastnosti in določiti kakovost za nadaljnjo trajno rabo.

Rezultati raziskovalnega dela so potrdili, da je potrebno za zaščito arhivskega, muzejskega in knjižničnega gradiva uporabljati embalažne materiale, ki ustrezajo zahtevam trajne hrambe in čim daljše rabe.

#### 4. LITERATURNI VIRI:

- EN ISO 9706/1998: *Information and Documentation - Paper for Documents - Requirements for Permanence ( $\infty$ )*.
- ISO/DIS 11108: *Information and Documentation - Archive Paper for Documents - Requirements for Permanence ( $\infty$ )*.
- BS 1133. *Subsection 7.5, Fibreboard cases and fitments*, 1990, str.4-16.
- NARA (National Archives and Records Administration): *Specification for an Acid-Free Archive Box*, January, 1991.
- NARA (National Archives and Records Administration): *Specification for an Low Lignin Archive Box*, January, 1991.
- M. Černič Letnar: *Papir, karton, lepenka, valoviti karton*, Ljubljana; Inštitut za celulozo in papir, Seminarsko gradivo, 1999, str. 1-7.
- M. Černič Letnar: *Papir za fleksibilno embalažo*, Papir, 1996, št. 1-2, str. 9-12.
- J. Vodopivec: *Vzroki poškodbe na gradivu, nastalem na papirju*, XIV. Posvetovanje o strokovno tehničnih vprašanjih v arhivih, Radenci 1992, Zbornik predavanj, str.29-31.
- M. Černič Letnar: *Trajen papir z daljšo življenjsko dobo za arhive, knjižnice, muzeje*, XIV. Posvetovanje o strokovno tehničnih vprašanjih v arhivih, Radenci 1992, Zbornik predavanj, str.32-38.
- J. Vodopivec, J. Urbanija: *IFLA načela za hrambo knjižničnega gradiva in ravnanje z njim*, Filozofska fakulteta-Oddelek za bibliotekarstvo in Arhiv RS, Ljubljana 2000, str. 15-19, 67-73.
- M. Černič Letnar, J. Vodopivec: *Influence of paper raw materials and technological conditions of manufacture on paper ageing*, Restaurator 18, 1997, 73-91.
- M. Černič Letnar: *Trajnost in obstojnost papirja pri varovanju, konservaciji in restavriranju gradiva na papirju*, Papir 27/1999, št. 1.-2., str. 3-8.

## SUMMARY

### **THE QUALITY OF PAPERBOARD FOR THE PRESERVATION OF ARCHIVAL MATERIAL**

In the framework of the application research work during the period 1998 to 2001 we determined the specific properties and the quality of paper, board and paperboard for preservation and conservation of archival material.

We compared the quality of packaging paperboard samples produced in Slovenia with the paperboard of older archive boxes on the basis of the requirements of the packaging standard BS 1133/7.5 (Fibreboard cases and fitment) and of the SIST/EN/ISO 9706 standard ( $\infty$ ) regulating permanent paper.

The aim of the research work was to determine the durability of today's paperboard and the changes of basic structural and physical properties, mechanical resistance, optical and colour stability by using the artificial accelerated ageing test according to ISO 5630/2.

The results of this research work have affirmed us in using packaging material made of paperboard the quality of which corresponds to packaging standards and recommendations for a permanent storage and that will guarantee the preservation and conservation of archival.