

DALMATINOVA BIBLIJA – KARAKTERIZACIJA FIZIKALNIH LASTNOSTI PAPIRJA IN TISKA

DALMATIN'S BIBLE – CHARACTERIZATION OF PAPER AND PRINTS ON THE BOOK BLOCK

Marjeta Čerňič¹, Jedert Vodopivec-Tomažič²

IZVLEČEK

Dalmatinova Biblija iz leta 1584 je prvi slovenski prevod celotnega Svetega pisma. Je največji dosežek slovenske reformacijske dobe in kulturni spomenik. V okviru raziskav, ki so bile izvedene pred in ob konservatorsko-restavratorskem posegu, je bila opravljena tudi karakterizacija papirja, ki sestavlja knjižni blok Dalmatinove Biblije iz kranjske knjižnice. Želeli smo ugotoviti vpliv konservatorskega postopka mokrega čiščenja na spremembo posameznih lastnosti papirja in zapisa. V postopku se izboljšajo lastnosti površine, optične in barvno-metrične lastnosti papirja, medtem ko se kakovost odtisa na tiskanih zapisih poslabša. Za ohranjanje kakovosti papirja in odtisa smo predlagali zaščito in varovanje s specialnimi vrstami papirja, kartona in lepenke, ki ustrezajo kakovosti za trajno in arhivsko uporabo.

Ključne besede: Dalmatinova Biblija; lastnosti papirja, tiska in poslikave; ohranjanje kulturne dediščine na papirju.

ABSTRACT

Dalmatin's Bible of 1584 is the first translation of the entire text of Bible into the Slovenian language. It is the greatest achievement of Slovenian reformation era and cultural monument. Part of the research that was carried out prior to and during the actual conservation-restoration treatment was also characterization of paper that makes up the book block of the Dalmatin's Bible from the library in Kranj. The aim of this research was to determine the conservation and restoration treatment to be used for this valuable printed book and thus enable its proper storage for a longest possible time in the future. While the conservation process improved the properties of the surface as well as optical and colour-metric properties of paper, it did, however, slightly reduce the quality of the prints. To preserve the quality of the paper and print we suggested protection and preservation with special types of paper and board that match the quality needed for permanent and archival use.

Key words: Dalmatin's Bible; properties of paper, prints and illustrations; preservation of cultural heritage.

1. UVOD

Papir tudi v prihodnosti ostaja eden pomembnejših prenašalcev in nosilcev pisne in tiskane kulturne dediščine. Ohranjanje arhivskega gradiva na papirju je odvisno od kakovosti surovin, ki sestavljajo papir in zapis, od tehnologije izdelave nosilca in zapisa, ter od načina uporabe in pogojev hranjenja dokumentnega gradiva. Z naravoslovnimi metodami danes odkrivamo vzroke

razgradnje dokumentov in razvijamo metode za zaščito, konserviranje in restavriranje. Na dokumentih, ki imajo značaj kulturne dediščine, med katero sodi tudi dokumentno gradivo na papirju, lahko uporabimo le tiste konservatorske in restavratorske posege, ki so znanstveno potrjeni in praktično preskušeni. Naloga konservatorske stroke je izbrati postopek, s pomočjo katerega izboljšamo kemijsko in fizikalno stabilnost in povečamo trajnost dokumenta.

Dalmatinova Biblija iz leta 1584 je prvi slovenski prevod celotnega Svetega pisma. Je največji dosežek slovenske reformacijske dobe in kulturni spomenik prve kategorije. Je veličastna knjiga v vsakem pogledu. Obsežen knjižni blok je bogato ilustriran in zaščiten z lesenimi platnicami, ki so prekrile z usnjeno prevleko z renesančnimi motivi. Biblija je bila zelo dolgo v aktivni rabi, kar dokazujejo številne mehanske in druge poškodbe, ki so posledica pogoste uporabe.



Slika 1: Naslovnica in razprt knjižni blok Dalmatinove Biblije pred konservatorskim posegom.

Do danes se je ohranilo 78 evidentiranih primerkov izvirne Dalmatinove Biblije, od tega 36 v Sloveniji. Primerek, ki ga hrani knjižnica v Kranju, je bil eden izmed huje poškodovanih, zato smo se odločili za konservatorsko-restavratorski poseg. V okviru raziskav, ki so bile izvedene pred in ob konservatorsko-restavratorskem posegu je bila opravljena tudi karakterizacija papirja, ki sestavlja knjižni blok Dalmatinove Biblije iz kranjske knjižnice. Cilj raziskave je bila primerjalna analiza in opredelitev lastnosti papirja kot nosilca tiskane knjige, z namenom opredelitve postopkov pri konserviranju in restavriranju tiskane in poslikane knjige kot dragocenega dokumenta, za hrambo za čim daljše obdobje v prihodnosti.

2. EKSPERIMENTALNI DEL

Želeli smo ugotoviti vpliv konservatorskega postopka mokrega čiščenja na spremembo posameznih lastnosti papirja in zapisa. Na osnovi nedestruktivnih standardnih metod preskušanja smo določili osnovne fizikalne lastnosti strukture in površine papirja, in optične ter barvno-metrične lastnosti papirja in tiska.

2.1 IZBOR VZORCEV IN METODE PRESKUŠANJA

Izvedli smo primerjalno analizo 5 leg, ki sestojijo iz dveh ali več pol iz razvezanega knjižnega bloka. Listi so oštevilčeni na zunanji strani posameznega lista oziroma pole:

Lega 1: pola 399–404, pola 400–403, pola 401–402.

Lega 2: pola 405–410, pola 406–409, pola 407–408.

Lega 3: pola 411–414, pola 412–413.

Lega 4: pola 415–420, pola 416–419, pola 417–418.

Lega 5: pola 421–426, pola 422–425, pola 423–424.

Dodatni listi: naslovnica NT (Novi testament), list 378 in list 563.

Vzorci posameznih pol papirja iz knjižnega bloka smo klimatizirali v standardnih klimatskih pogojih na osnovi SIST ISO 187, pri 23 °C in 50-odstotni relativni vlagi. Na vzorcih papirja in tiska smo pred in po postopku mokrega čiščenja izvedli meritve fizikalnih, optičnih, barvno-metričnih in tiskovnih lastnosti na osnovi standardnih metod preskušanja, s katerimi nismo poškodovali strukture in površine papirja:

■ **osnovne strukturne in površinske lastnosti papirja:** gramatura (ISO 536), debelina in specifični volumen (ISO 534), prepustnost površine in strukture (ISO 5636/2), gladkost površine (ISO 5627),

■ **optične lastnosti papirja:** belina (ISO 2470), opaciteta in transparenca (ISO 2471), sipanje in absorpcija svetlobe (ISO 9416),

■ **barvno-metrične lastnosti papirja in tiska:** svetlost in barvne lastnosti (CIE L*a*b*),

■ **tiskovne lastnosti odtisa:** optična gostota D (ISO 13655).

Rezultati meritev posameznih lastnosti so prikazani na slikah od 2 do 12.

2.2 REZULTATI IN KOMENTAR

Dosežene rezultate meritev na izbranih polah papirja iz originala smo primerjali med seboj, pred in po postopku čiščenja, na osnovi referenčnih karakteristik papirjev iz zgodnjega obdobja tiskane knjige.

2.2.1 Strukturne in površinske lastnosti papirja

Gramatura, debelina, specifični volumen

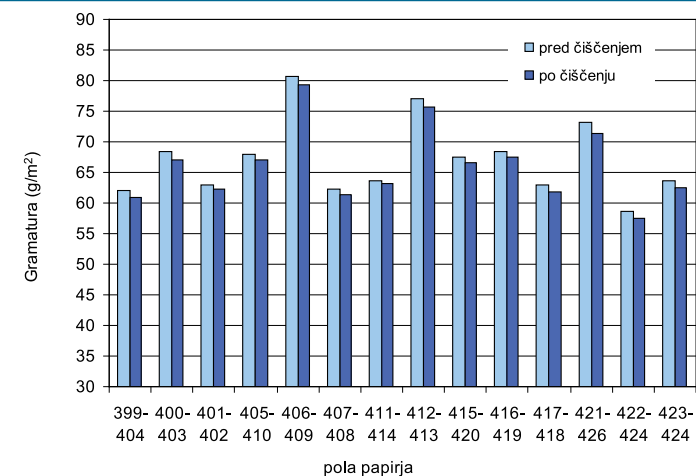
Strukturne lastnosti papirja so opredeljene z gramaturo, debelino in voluminoznostjo. Vse lastnosti smo izmerili po standardnem postopku na izbranih listih potiskanega papirja.

Vrednosti za gramaturo posamezne pole papirja pred čiščenjem (slika 2) se nahajajo v področju med 58 do 81 g/m². Vrednosti so od 20 do 30 g/m² nižje od današnjih tiskovnih papirjev za izdelavo knjige, ki so od 90 do 100 g/m². Nihanje med polami je precejšnje, do 20 g/m², kar lahko pripišemo neenakomernostim pri oblikovanju papirnega lista v postopku ročne izdelave. Dosežene vrednosti za gramaturo posameznih listov po postopku čiščenja se pri vseh vzorcih znižajo od 1 do 2 g/m².

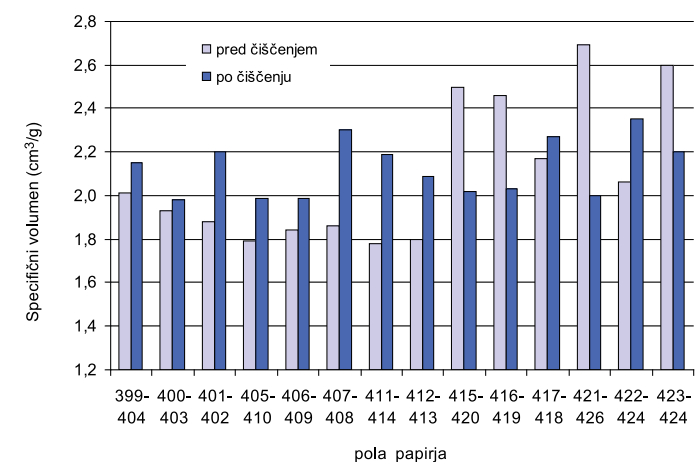
Vrednosti za debelino papirja pred čiščenjem so v območju med 120 in 190 μm. Po čiščenju se debelina pri posameznih listih zniža, ostane nespremenjena ali se nekoliko poveča, kar potrjujejo tudi dosežene vrednosti za voluminoznost papirja, prikazano na sliki 3. Specifični volumen dosega vrednosti od 1.8 do 2.7 cm³/g, razlike med polami so precejšnje. Vsi papirji dosegajo zelene vrednosti v področju od 1.5 do 2.5 cm³/g, ki označujejo voluminozne vrste papirja, ki so primerne za izdelavo knjige.

Prepustnost zraka in gladkost

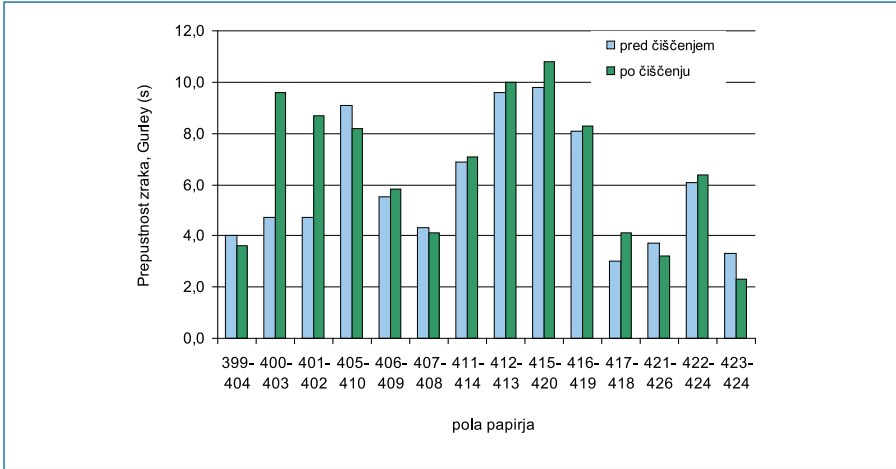
Vrednosti prepustnosti zraka po metodi Gurley, prikazane na sliki 4, kažejo, da vsi papirji pred čiščenjem dosegajo vrednosti od 3 do 10 sekund, kar pomeni, da je



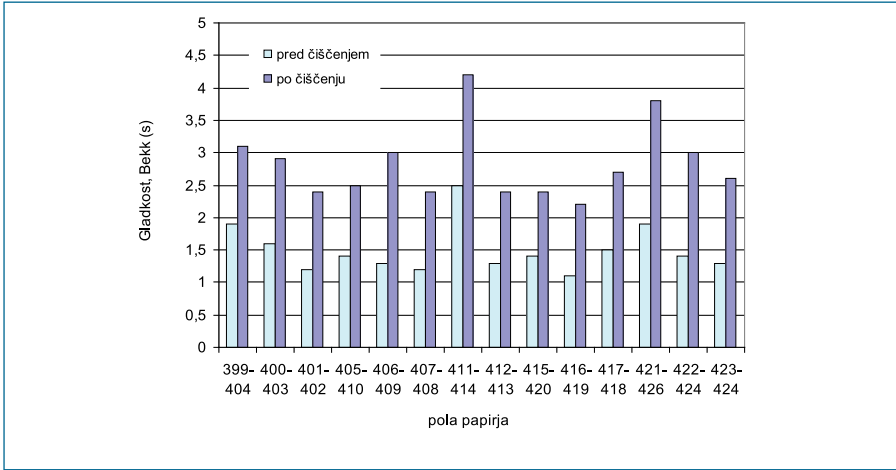
Slika 2: Dosežene vrednosti za gramaturo papirja, pred in po čiščenju.



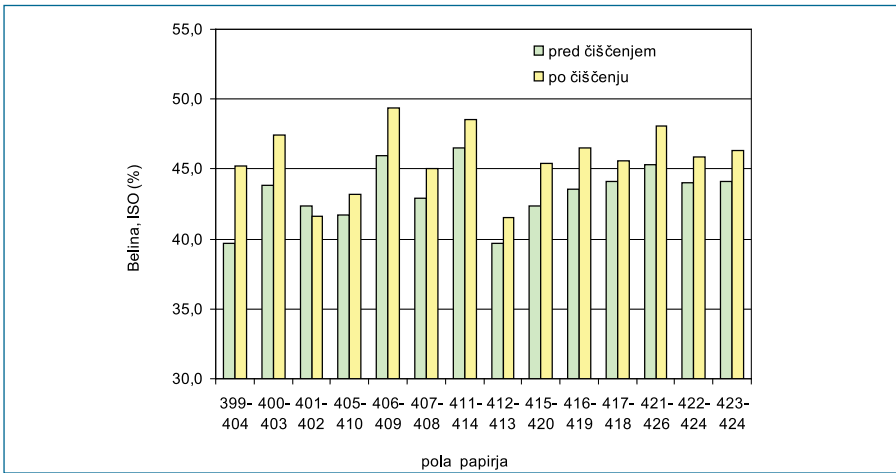
Slika 3: Dosežene vrednosti za voluminoznost papirja, pred in po čiščenju.



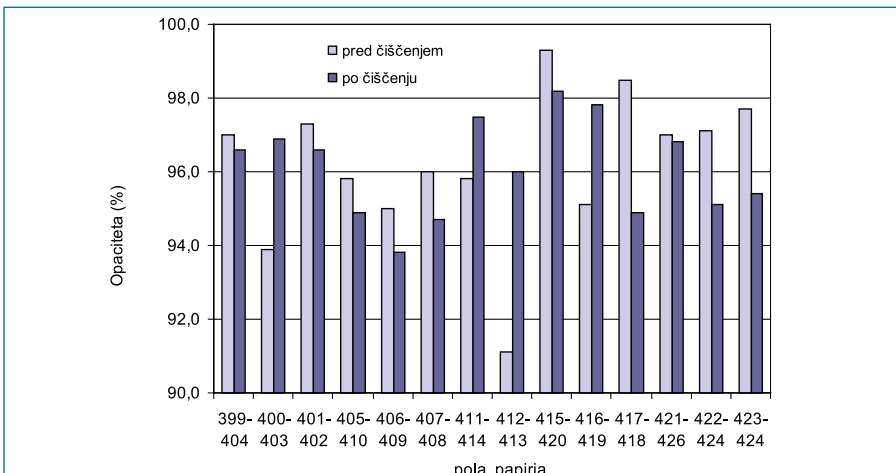
Slika 4: Dosežene vrednosti za prepustnost zraka v papirju (metoda Gurley), pred in po čiščenju.



Slika 5: Dosežene vrednosti za gladkost papirja (metoda Bekk), pred in po čiščenju.



Slika 6: Dosežene vrednosti za belino papirja, pred in po čiščenju.



Slika 7: Dosežene vrednosti za opaciteto papirja, pred in po čiščenju.

struktura in površina papirja prepustna na zrak in dovzetna za učinkovanje zunanjih dejavnikov. Po čiščenju ostanejo vrednosti pri večini papirnih listov nespremenjene, razen pri dveh (pola 400–403 in 401–402), pri katerih se prepustnost zniža (od 8 do 10 s).

Dosežene vrednosti za gladkost papirja na sliki 5 kažejo, da vsi originalni listi pred čiščenjem dosegajo zelo nizke vrednosti, od 1 do 2.5 sekunde, kar pomeni, da je površina zelo hrapava, kar je značilno za starejše ročno izdelane papirje. Po čiščenju se gladkost nekoliko poveša, vendar vrednosti še vedno ostajajo v območju nizke gladkosti – današnje vrste tiskovnih papirjev dosegajo gladkosti od 50 do 100 sekund po Bekk-u.

2.2.2 Optične lastnosti papirja

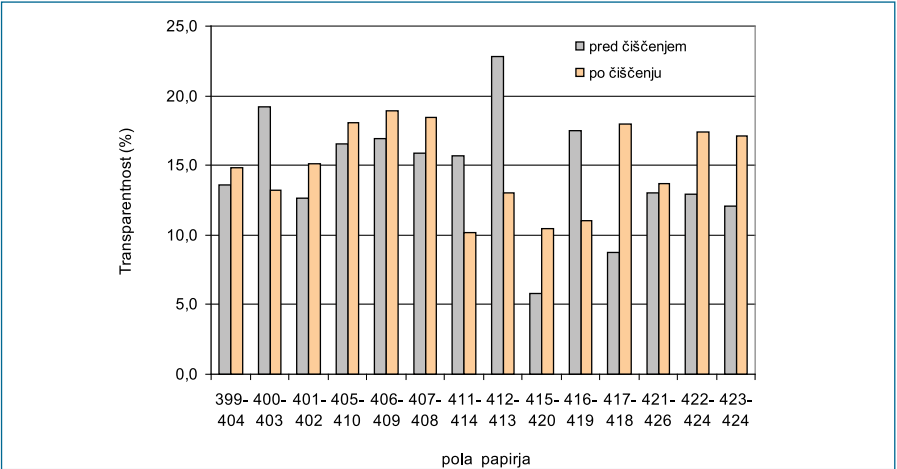
Izmerili smo *belino* papirja na izbranih listih papirja, pred in po postopku čiščenja, na spektrofotometru DataColor. Belina je merilo za odsevnost modre svetlobe pri 457 nm in se uporablja pri določanju optičnih lastnosti papirja. Izbrani listi ne dosegajo vrednosti optičnih lastnosti današnjih vrst papirja. Vrednosti za belino so zaradi lastnosti vlaken in dodatkov ter razgradnje papirja v več stoletjih nizke. Rezultati meritev so prikazani na sliki 6.

Vrednosti za belino so pri vseh listih papirja pred čiščenjem od 40 do 46 %. Primerjalno so najnižje dosežene na listih, ki vsebujejo več vidnih madežev, kar kaže na pogostejšo uporabo. Po čiščenju se belina poveša od 0 do 5 %.

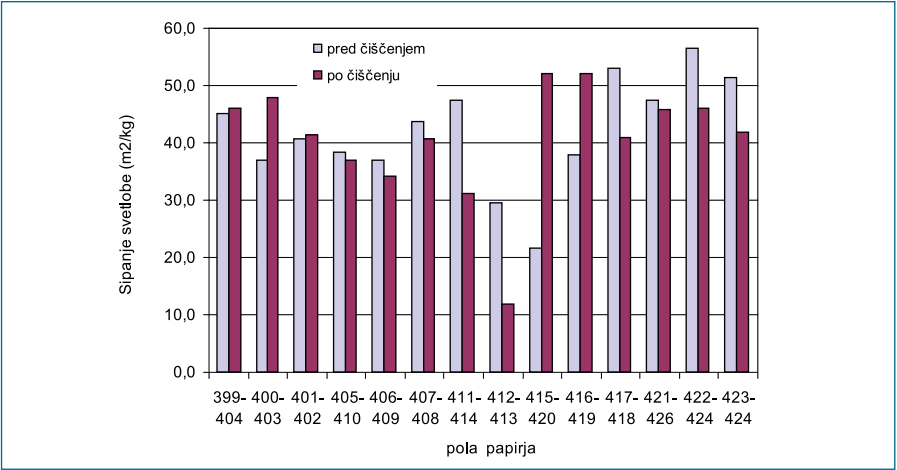
Opaciteta, transparentnost, sipanje in absorpcija svetlobe

Opaciteta je merilo neprosojnosti papirja, ki mora biti pri današnjih tiskanih izdelkih višja od 90 %. Višja opaciteta je posledica višjih vrednosti sipanja svetlobe, merjeno po metodi Kubelka-Munk, kar je ugodno za boljšo kakovost odtisa. Odvisna je od kakovosti uporabljenih vlaken in polnil v papirju. Dosežene vrednosti za opaciteto papirja (slika 7) pred čiščenjem zelo nihajo, so v področju med 91 do 99 %, medtem ko so vrednosti za transparentno od 5 do 23 % (slika 8). Odvisne so od gramature, voluminoznosti in poškodovanosti posameznega lista papirja. Po čiščenju ostanejo vrednosti opacitete na večini listov nespremenjene ali se le malo znižajo. Pri posameznih polah se opaciteta poveša tudi do 5 %, medtem ko se transparentnost zniža do 10 % (pola 412–413), kar je posledica odstranjevanja nečistoč na površini in v strukturi papirnega lista.

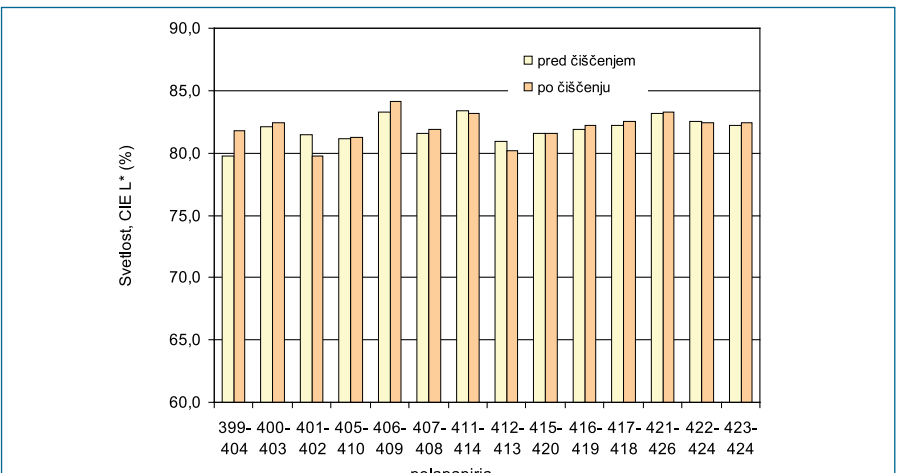
Vrednosti koeficienta sipanja svetlobe kažejo na precejšnje razlike med papirji – tisti s slabšo opaciteto dosegajo nižje



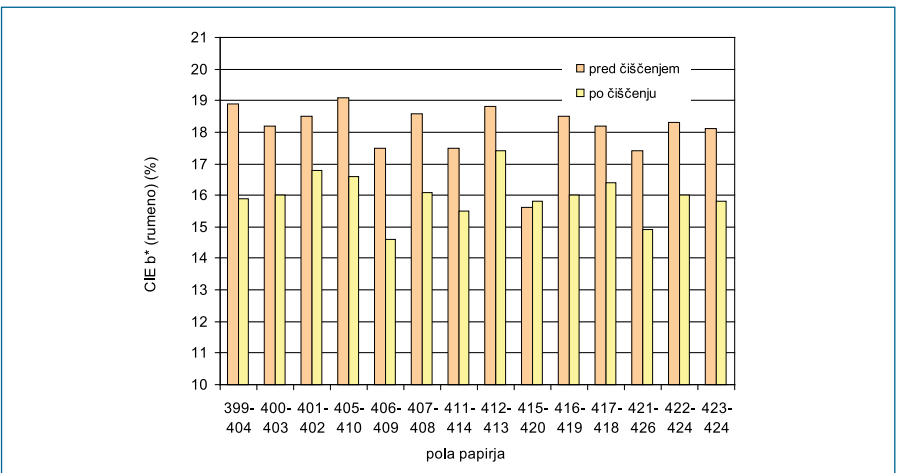
Slika 8: Dosežene vrednosti za transparentno papirja, pred in po čiščenju.



Slika 9: Dosežene vrednosti za opaciteto papirja pred in po čiščenju – vpliv sipanja svetlobe po Kubelka-Munk metodi.



Slika 10: Dosežene vrednosti za barvno-metrične lastnosti papirja CIE L* (svetlost), pred in po čiščenju.



Slika 11: Dosežene vrednosti za barvno-metrične lastnosti papirja, CIE b* (rumeno obarvanje), pred in po čiščenju.

vrednosti sipanja svetlobe, kar vpliva na slabši izgled potiskanega papirja. Vrednosti koeficienta sipanja svetlobe pred čiščenjem so od 30 do 55 m²/g – današnje vrste celuloznih vlaken dosegajo vrednosti od 50 do 60 m²/g. Listi papirja, ki dosegajo vrednosti, nižje od 40 m²/g, kažejo na precejšnjo poškodovanost vlaken in papirja. Meritve sipanja in absorpcije svetlobe v papirnem listu so zelo dobro merilo za vrednotenje stopnje poškodovanosti papirja.

2.2.3 Barvno-metrične lastnosti papirja

Ker so vizualne razlike med boljše in slabše ohranjenimi listi papirji precejšnje, smo lastnosti želeli preveriti z meritvami barvno-metričnih lastnosti, ki se v današnjem obdobju pogosto uporabljajo za karakterizacijo izdelkov na papirju. Izmerili smo barvo v CIE L*a*b* prostor v skladu s standardoma ISO 13655 in ISO 12647-2.

Vrednosti za svetlost (CIE L*) potrjujejo vrednosti za belino. Svetlost se nahaja v področju okrog 80 % pri slabše ohranjenih papirjih in do 84 % pri papirju boljše kakovosti. Po postopku čiščenja se na posameznih listih papirja svetlost poveša ali ostane nespremenjena.

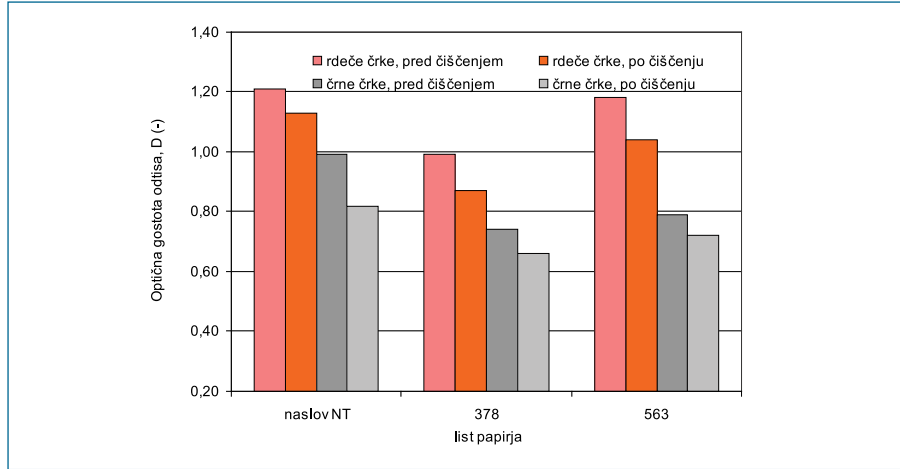
Vrednosti barve na osi rumeno/modro +b/-b kažejo (slika 11), da so listi papirja pred čiščenjem precej rumeno obarvani, višje vrednosti so dosežene na bolj poškodovanih listih. Po postopku čiščenja se rumenost zniža le za 2 do 3 enote.

2.2.4 Lastnosti tiska

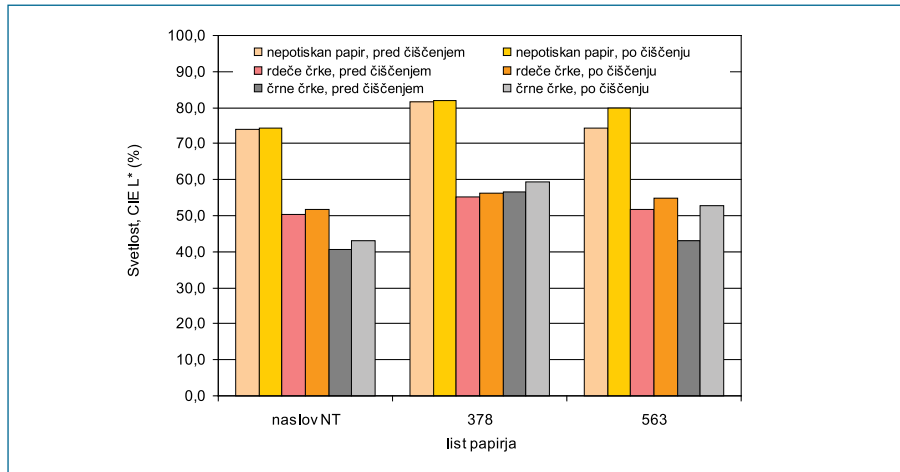
»Dalmatinova Biblija« je tiskana v črno-beli tehniki, črke v naslovih pa so rdeče barve. Na potiskanih listih (naslovnica NT, list 378 in 563) smo izvedli meritve optično gostote tiska in barvno-metrične lastnosti CIE L*a*b* posameznih črk v naslovu, v rdeči in črni barvi, pred in po postopku čiščenja.

Optična gostota tiska rdečih črk v knjigi dosega vrednosti od 1.0 do 1.20, pri črnih črkah so vrednosti nižje, od 0.7 do 1.0, kar kaže, da kakovost tiska na črnih črkah ni ustrezna želenim, to je D=1.0 (slika 12). Po postopku čiščenja se vrednosti znižajo pri vseh črkah rdeče in črne barve, kar ni želeno. Kakovost odtisa se po čiščenju zmanjša za 10 do 15 % pri črni barvi, pri rdeči barvi so vrednosti nižje za 5 do 20 %, na kar vplivajo poroznost in gladkost papirja in medsebojne interakcije pri povezavi tiskarske barve na površini papirja.

Svetlost (CIE L*) potiskanega papirja se nahaja v področju do 75 % pri slabše ohranjenem listu na naslovnici, do 80 % pa na ostalih listih, ki sta zaradi manjše uporabe boljše ohranjena.



Slika 12: Dosežene vrednosti za optično gostoto tiska v črni in rdeči barvi, pred in po čiščenju.



Slika 13: Dosežene vrednosti za barvno-metrične lastnosti tiska, CIE L* (svetlost), pred in po čiščenju.

Svetlost črk v rdeči barvi je od 50 do 55 % in se s čiščenjem poveča do 2 %. Razlike v svetlosti črk v črni barvi so v območju od 40 do 60 % in se v postopku čiščenja povečajo. Po postopku čiščenja se pri vseh vzorcih črk povečajo vrednosti za svetlost in znižajo barvne vrednosti. Barvne vrednosti v rdečem in rumenem področju na črkah rdeče barve se precej spremenijo, medtem ko na črkah črne barve ni večjih razlik, kar kaže na večjo obstojnost. Rezultati potrjujejo, da je pri obnavljanju dragocenega tiskanega gradiva potrebno uporabljati konservatorsko restavratorske postopke, pri katerih se tiskovne lastnosti zapisov ne poslabšajo.

3 ZAKLJUČEK

Primerjalna analiza osnovnih fizikalnih lastnosti strukture in površine, ter optičnih in barvno-metričnih lastnosti izbranih pol papirja iz originala tiskane knjige »Dalmatinova Biblija« je pokazala, da so med listi papirja razlike v strukturi, ki se kažejo v gramaturi in voluminoznosti, kar vpliva na poroznost in gladkosti površine papirja. Papirji so ročne izdelave in potiskani v črni barvi, le na naslovnici je tisk tudi v rdeči barvi. Postopek ročne izdelave papirja je odvisen predvsem od kakovosti vlaken, naprave za oblikovanje, znanja in praktičnih veščin posameznika, ki izvaja oblikovanje papirnega lista.

Slabša kakovost papirja je ugotovljena na listih, ki so bili bolj izpostavljeni večkratni uporabi, to je listanju in branju. Kakovost odtisa v črni barvi dosega primerjalno s črkami rdeče barve višje vrednosti optične gostote odtisa. V postopku konservatorskega postopka mokrega čiščenja se izboljšajo lastnosti površine, optične in barvno-metrične lastnosti papirja, medtem ko se kakovost odtisa poslabša. Za ohranjanje kakovosti papirja in odtisa po zaključenem konservatorsko-restavratorskem postopku knjige predlagamo zaščitno embalažo arhivske kakovosti in hrambo v enakomernih klimatskih pogojih. Uporaba dragocenega izvoda naj bo dovoljena izjemoma le za nujne študijske namene in časovno omejeno razstavljanje.

4 LITERATURNI VIRI

1. BARRETT, T. D. Early European papers/ contemporary conservation papers. A report on research undertaken from fall 1984 through fall 1987. The paper conservator. Volume 13, 1989. Institute of Paper Conservation.
2. FELLER, R. L. Aspects of chemical research in conservation: the deterioration process. JAIC 1994, Volume 33, Number 2, Article 2, 91–99.
3. ČERNIČ LETNAR, M. in VODOPIVEC, J. Influence of Paper Raw Materials and Technological Conditions of Paper Manufacture on Paper Ageing, Restaurator 18, 1997, 73–91.

4. MARCUS, R. T. The Measurement of Color, K. Nassau (Ed.), Color for Science, Art and Technology, Elsevier, Amsterdam, 1998, 31–96.
5. ČERNIČ, M. Dalmatinova biblija – karakterizacija lastnosti papirja: poročilo o rezultatih raziskave. Ljubljana: Inštitut za celulozo in papir, 2010. 22 f., ilustr.
6. ČERNIČ, M. in VODOPIVEC, J. Tiskana in poslikana knjiga 16. stoletja: lastnosti papirja in tiska. Teh. vseb. probl. klas. elektron. arh., 2011, zv. 10, 249–262.
7. VODOPIVEC, J., PLANINC, L., ČERNIČ, M. Analyses and conservation of a gouaches collection. V: SIMONČIČ, B. (ur.) et al., 5th International Symposium on Novelities in Graphics, Ljubljana, Slovenia, 2010. Symposium proceedings. Ljubljana: Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, 2010, 666–671.

dr. Marjeta ČERNIČ¹, dr. Jedert VODOPIVEC-TOMAŽIČ²,
¹Inštitut za celulozo in papir Ljubljana,
²Arhiv Republike Slovenije



DOLOČITEV OPTIMALNIH LASTNOSTI TISKOVNIH MATERIALOV ZA TISK ELEKTRONIKE

DEFINING OPTIMAL PROPERTIES OF PRINTING SUBSTRATES FOR PRINTED ELECTRONICS

Tjaša Vidmar¹, Tadeja Muck¹, Marta Klanjšek Gunde²

IZVLEČEK

Članek obravnava lastnosti tiskovnega materiala – papirja –, ki vplivajo na funkcionalnost odtisov pasivnih elektronskih elementov s tehniko sitotiska. Pripravljen je bil nabor različnih segmentov tiskovnih materialov (Pe:smart tipa 2, Pretex, Biogloss, Biomatt in Superprint), ki so se razlikovali po surovinski sestavi, površinski obdelavi in namembnosti. Ugotovljeno je bilo, da so najpomembnejše lastnosti termična obstojnost in površinske lastnosti tiskovnih materialov, in sicer hrupavost, vpojnost in poroznost (makro komponenta). Te pomembno vplivajo na zadovoljivo sintranje kovinskih delcev na površini tiskovnega materiala in posledično funkcionalnost tiskanih elektronskih struktur. Izpostaviti velja tudi mehanske lastnosti in pH tiskovnih materialov, ki opredeljujejo obstojnost odtisov.

Ključne besede: papir, lastnosti tiskovnih materialov, sitotisk, tiskana elektronika.

ABSTRACT

In presented work the properties of printing material – paper –, which influence on the functionality of passive screen-printed electronic components were investigated. A set of diverse printing materials was chosen, namely Pe:smart type 2, Pretex, Biogloss, Biomatt and Superprint. They varied in composition, surface treatment and appropriate applications. The obtained results indicated that thermal stability and surface properties of printing material, namely roughness, absorbency and porosity (macro component) are most relevant. The mentioned properties had substantial impact on sintering of metal particles on the surface of printing material. This was also affecting the functionality of printed electronic structures. Stability of prints was evaluated by mechanical properties and pH value.

Keywords: paper, paper properties, screen printing, printed electronics.

1 UVOD

Leta 1976 so Alan MacDiarmid, Hideki Sigava in Alan J. Heeger dopirali poliacetilen z jodom in tako dobili prvi prevodni polimer [1]. To je bil začetek tiskanih elektronskih sistemov. Od tedaj so sintetizirali veliko prevodnih in polprevodnih polimerov, primernih za tisk elektronskih sistemov. V zadnjem času se razvijajo tudi kompozitni polimeri, ki jim dodajajo kovinske delce (na primer Ag, Au, Ni, Cu, Pt in prevodni ogljik) in imajo značilnosti kovin [2]. Tiskana elektronika pomeni tiskanje pasivnih in aktivnih elektronskih elementov – vezij na običajne tiskovne materiale, kot so papir, plastika in tekstil, z uporabo klasičnih tehnologij tiska (sitotisk, flekotisk, globoki tisk in ofsetni tisk) in digitalnih tehnik tiska, kot je kapljični tisk. Najpogostejši tiskovni materiali za tiskano elektroniko so polimerne folije, to je poliestrske (polietilen tereftalatna folija – PET, polietilen naftalat – PEN) in poliamidne (PA) folije. Okolju bolj prijazne so tiskane strukture na papirju, ki so poceni, lahke, upogljive in tanke (< 50 μm) [3]. Zaradi majhne teže in debeline je papir primeren za prenosne

naprave in senzorje. Tiskana elektronski sistem je sestavljen iz tiskovnega materiala in večplastne strukture tiskarskih barv z različnimi električnimi lastnostmi. Posamezni sistem je lahko sestavljen iz aktivnih (diode in tranzistorji) ali pasivnih komponent (upori, kondenzatorji in tuljave) [4]. Aplikacije tiskane elektronike so: RFID, OLED zasloni, fleksibilne baterije, tranzistorji, fotonapetostne celice, spominske enote, pametna embalaža itd. [5]. Tiskana elektronika omogoča uporabo gibkih tiskovnih materialov, kar znižuje stroške proizvodnje in omogoča masovno izdelavo tankih, lahkih in mehansko prilagodljivih vezij. V primerjavi s klasično proizvodnjo čipov omogoča štirikrat večjo hitrost in nižjo ceno proizvodnje [5]. Tiskana (organska) elektronika ima nekaj slabosti, in sicer nizko stopnjo integracije in počasno preklapljanje. Tiskanih elektronskih produktov ne moremo primerjati s klasičnimi, saj ne moremo izdelati produktov z enakimi električnimi lastnostmi. Kljub temu ima tiskana elektronika velik pomen na področju sodobne embalaže, saj omogoča povečano interaktivnost – komunikativnost, dinamičnost

in funkcionalnost izdelkov. Tiskana elektronika je grafični izdelek prihodnosti, ker prinaša številne nove možnosti in področja uporabe elektronskih sistemov [4].

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Za tisk preprostih elektronskih struktur je bil uporabljen nabor različnih tiskovnih materialov – papirjev, in sicer: Pe:smart tipa 2, Pretex, Biogloss, Biomatt in Superprint. Proizvajalci papirja so Next-level paper Felix Schoeller (Pe:smart type 2), Neenah Lahnstein (Pretex) in papirnica Vevče (Biogloss, Biomatt in Superprint). Na tiskovne materiale je bila s sitotiskarsko tehniko natisnjena triplastna struktura, sestavljena iz dveh prevodnih in vmesne dielektrične plasti. Pri našem raziskovanju smo se osredotočili le na prvo natisnjeno plast – prevodno plast. Raziskana je bila interakcija med tiskovnim materialom in prvo tiskano tiskarsko barvo oziroma prevodnim slojem. Prevodna plast je bila natisnjena v sitotiskarski tehniki s polavtomatskim sitotiskarskim strojem RokuPrint in prevodno tiskarsko barvo Electrodog PM-470. Omenjena tiskarska barva je namenjena tisku RFID anten