

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

TEA ŠUŠIĆ

ISTRAŽIVANJE UTJECAJA  
RAZLIČITIH VRSTA I GRAMATURA  
PAPIRA NA KVALITETU FORME  
BEŠAVNOG UVEZA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

TEA ŠUŠIĆ

ISTRAŽIVANJE UTJECAJA  
RAZLIČITIH VRSTA I GRAMATURA  
PAPIRA NA KVALITETU FORME  
BEŠAVNOG UVEZA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:  
Doc.dr.sc. Branka Lajić

Studentica:  
Tea Šušić

Zagreb, 2014.

## **RJEŠENJE o odobrenju teme diplomskog rada**

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem Katedri za knjigoveštvo i ambalažu Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, mentorici doc. dr. sc. Branki Lajić, te neposrednoj voditeljici dr.sc. Suzani Pasanec Preprotić, na stručnom vođenju, korisnim preporukama, strpljivosti, trudu i vremenu uloženom u ostvarenje ovog rada.

## SAŽETAK

U ovom radu istražiti će se utjecaj različitih vrsta i gramatura papira na kvalitetu forme bešavnog uveza. Kvaliteta uveza procjenjivat će se kvantitativnom metodom, odnosno mjerenjem sile kidanja pojedinačnog lista papira iz knjižnog bloka pomoću kidalice. Karakteristike knjižnog bloka bit će jednake za sve vrste i gramature papira. Meko uvezane knjige bit će lijepljene HM ljepilom, a za izradu knjižnog bloka koristit će se bezdrveni i reciklirani papiri različitih gramatura, te voluminozni papiri s udjelom drvenjače. Prosječna vrijednost sile kidanja (N/cm) usporedit će se s ocjenom kvalitete uveza prema standardu FOGRA. Forma bešavnog uveza knjižnog bloka pretežito se upotrebljava kod knjiga za višekratnu upotrebu, odnosno knjiga većeg opsega gdje uveznu formu šivanja žicom nije moguće ostvariti.

U ovom radu promatrat će se dječje knjige edukativnog sadržaja za višekratnu upotrebu. Knjige će biti podijeljene prema namjeni u dvije kategorije. Knjige namijenjene za crtanje i pisanje (crtančice, vježbenice, mozgalice,...) i knjige za čitanje (slikovnice, albumi). Cilj je utvrditi, za obje kategorije knjiga, koji papir s obzirom na vrstu i gramaturu daje najbolju kvalitetu bešavnog uveza.

**Ključne riječi:** bešavni uvez knjige, hot – melt ljepilo, čvrstoća knjižnog bloka, knjige za djecu

## ABSTRACT

This paper will explore the impact of different types and weights of paper on quality of form of perfect binding. The quality of the binding will be evaluated by quantitative analysis i.e. by measurement of tear force of cut of a single paper sheet from the book block by using the test machine. Features of the book block will be the same for all types and weights of paper. Soft bounded books will be glued with HM adhesive, and for making the book block will be used woodfree recycled paper of different weights, and voluminous papers with a share of mechanical pulp. The average value of breaking force (N/cm) will be compared with the quality grade of binding according to FOGRA standard. Perfect binding form of the book block is predominantly

used in the books for multiple usage, i.e. larger books in which binding form of stitching with a wire cannot be achieved.

This paper will observe children's books of educational content for multiple usage. The books will be divided according to purpose into two categories; books for drawing and writing (drawing books, workbooks, puzzles ...) and reading books (picture books, albums). The objective is to determine, for each category of books which paper with respect to type and weight ensures the best quality of perfect binding.

**Key words:** perfect binding, hot-melt adhesive, strength of the book block, children books

## SADRŽAJ

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.       | UVOD  | 1  |
| 2.       | TEORIJSKI DIO   | 3  |
| 2.1.     | Meko uvezana knjiga   | 6  |
| 2.1.1.   | Knjige za djecu   | 9  |
| 2.2.     | Tehnološki proces u bešavnoj formi uveza knjige   | 13 |
| 2.2.1.   | Tehnološka operacija rezanja  | 14 |
| 2.2.2.   | Tehnološka operacija savijanja  | 15 |
| 2.2.3.   | Tehnološka operacija sabiranja  | 18 |
| 2.2.4.   | Tehnološka operacija prešanja   | 19 |
| 2.2.5.   | Tehnološka operacija obrade hrpta knjižnog bloka  | 20 |
| 2.2.6.   | Tehnološka operacija lijepljenja knjižnog bloka   | 20 |
| 2.2.7.   | Tehnološka operacija žlijebljenja   | 22 |
| 2.2.8.   | Tehnološka operacija naljepljivanja hrpta knjižnog bloka u<br>jednodijelne kartonske korice | 24 |
| 2.3.     | Tehnološka shema forme bešavnog uveza knjige  | 26 |
| 2.4.     | Papir kao tiskovna podloga  | 27 |
| 2.4.1.   | Sastav papira   | 27 |
| 2.4.2.   | Svojstva papira   | 29 |
| 2.4.2.1. | Opća svojstva papira  | 30 |
| 2.4.2.2. | Svojstva površine papira  | 32 |
| 2.4.2.3. | Svojstva lista papira   | 33 |
| 2.4.2.4. | Mehanička svojstva papira   | 35 |
| 2.4.2.5. | Optička svojstva papira   | 37 |
| 2.4.3.   | Vrste papira  | 37 |
| 2.5.     | Vruće taljiva ljepila ili hotmelt ljepila   | 42 |
| 2.6.     | Ispitivanje čvrstoće lijepljene meko uvezane knjige   | 44 |
| 3.       | EKSPERIMENTALNI DIO   | 48 |
| 3.1.     | Pristup problemu  | 48 |
| 3.2.     | Rezultati istraživanja  | 52 |
| 3.3.     | Statistička obrada rezultata  | 61 |
| 3.4.     | Rasprava  | 68 |

|    |            |    |
|----|------------|----|
| 4. | ZAKLJUČAK  | 76 |
| 5. | LITERATURA | 78 |



## 1. UVOD

Knjigoveški obrt seže u daleku prošlost i predstavlja jedno od najstarijih zanimanja grafičke struke. Egipćani, Židovi, Grci, Rimljani i Kinezi upotrebljavali su knjižni svitak prije 4000 godina. Taj oblik knjige sastojao se od papirne ili pergamentne trake koja se prilikom čitanja premotavala. Osobito vrijedni primjerci svitaka čuvali su se u kožnim omotima.

U Indiji su se izrađivale knjige od palminih listova. Probušene trake palminih listova vezale su se vrpcom. Obične knjige imale su drvene korice, dok su dragocjene knjige imale korice od slonove kosti ukrašene duborezom.

Kina je domovina i knjige leporelo koja se sastoji od savijenih listova papira. Korice su od čvrstog debljeg papira ili od drveta. Neke moderne dječje slikovnice i danas imaju oblik leporelo knjige.

Knjiga od povoštenih drvenih pločica spojenih prstenima služila je Rimljanima za svakodnevne potrebe.

Kodeks je prijelazni oblik između knjižnog svitka i suvremenog oblika knjige. Sastojao se od više slojeva papirusa ili pergamenta uvezanih u drvene korice. Njegovi listovi ispisivani su s obje strane. Kodeks je tipičan oblik knjige u srednjem vijeku.

Knjige današnjeg oblika pojavljuju se u 5. stoljeću. Tehnička izvedba uveza sve do srednjeg vijeka, pod utjecajem je starorimskih diptiha. U 14. stoljeću korice se presvlače kožom i ukrašavaju zlatotiskom ili rezbarenjem. Renesansne izvedbe knjižnih korica poznate su po pozlaćenim naslovima. U to doba knjigoveštvo je bilo razvijeno u Francuskoj, Italiji, Njemačkoj i na Istoku. U doba rokoka pojavljuju se metalni ukrasi na koricama, dok 19. stoljeće donosi romantični stil s motivima iz klasične umjetnosti. Krajem 19. i početkom 20. stoljeća dolazi do napretka u umjetničkom uvezivanju.

Pojavom tiskarskog stroja i prve tiskane knjige, Gutenbergove Biblije (1455. godine), počinje veća potražnja za knjigama. Prvi strojevi za uvezivanje knjiga pojavljuju se u drugoj polovici 19. stoljeća. Strojni uvez knjiga podrazumijeva knjižni uvez koji se radi na knjigoveškim strojevima. Pojavom knjigoveških strojeva omogućen je tzv. nakladnički uvez, odnosno jedinstveni uvez za cijelu nakladu. [1], [2]

Zbog sve većeg broja knjiga koje je potrebno uvezati, traži se uvez koji će biti jeftin, brz i kvalitetan. Jedno od rješenja svakako je lijepljena meko uvezana knjiga. [3]

Grafička industrija kao tiskovnu podlogu pretežito koristi papir. Njegova kemijska i mehanička svojstva neposredno utječu na metodu projektiranja knjigoveškog proizvoda s obzirom na formu i vrstu uveza. Razina kakvoće uvezne forme značajno utječe na kvalitetu uveza knjige. Forma bešavnog uveza knjižnog bloka pretežito se upotrebljava kod knjiga većeg opsega gdje uveznu formu šivanja žicom nije moguće ostvariti. Bešavni lijepljeni uvez se najčešće koristi kod knjiga za višekratnu upotrebu, a vrsta mekog uveza je značajnije zastupljena od tvrdog i mehaničkog.

Razina kakvoće uveza uvjetovana je čvrstoćom slijepljenog spoja, na položaju hrpta knjižnog bloka. Svrha je diplomskog rada istražiti koje vrste i gramature papira doprinose kvaliteti bešavnog uveza. U ovom radu promatrat će se dječje knjige edukativnog sadržaja za višekratnu upotrebu. Knjige će biti podijeljene prema namjeni u dvije kategorije. Knjige namijenjene za čitanje (slikovnice, albumi), te knjige za crtanje i pisanje (crtančice, vježbenice, mozgalice,...). Meko uvezane knjige bit će lijepljene HM ljepilom, a za izradu knjižnog bloka koristit će se bezdrveni i reciklirani papiri različitih gramatura, te voluminozni papiri s udjelom drvenjače. Kvaliteta bešavnog uveza će se utvrditi iz rezultata čvrstoća slijepljenog spoja, za određene položaje listova papira u knjižnom bloku. Vrijednosna ocjena kvalitete bešavnog uveza, prema preporukama FOGRA-e dobit će se iz rezultata prosječne vrijednosti čvrstoća.

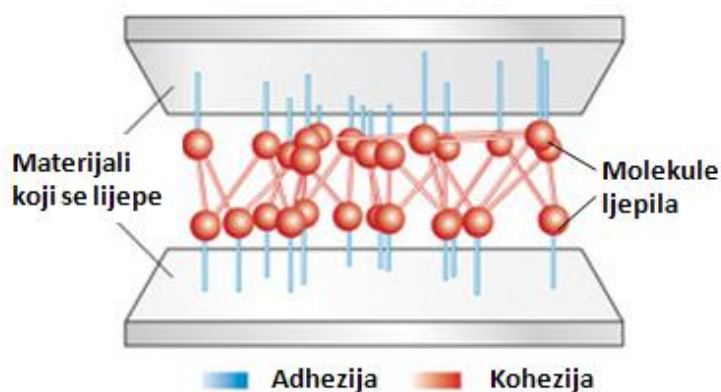
Cilj ovog diplomskog rada je istražiti koje vrste i gramature papira mogu značajnije utjecati na promjenu kvalitete bešavnog uveza. Dosadašnja iskustva pokazuju da je čvrstoća slijepljenog spoja izravno ovisna o međudjelovanju papira s HM ljepilom. Pretpostavka je da će primarno površinska svojstva papira utjecati na kvalitetu uveza, a tek sekundarno njegova gramatura. Razlog tomu je što veća površinska hrapavost papira doprinosi boljem prijanjanju ljepila na njegovu površinu. Ovim istraživanjem će se također utvrditi koje vrste papira s obzirom na gramaturu daju najbolje rezultate čvrstoće kod konstantnih tehnoloških parametara bešavnog uveza.

## 2. TEORIJSKI DIO

Knjiga je, u širem smislu, svaki pismom fiksirani jezični dokument većeg opsega, zabilježen na lako prenosivom materijalu. [1]

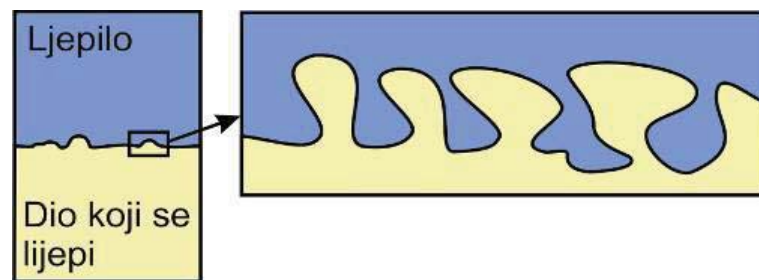
Knjiga je jedan od tehnološki najzahtjevnijih knjigoveških proizvoda. Sastoji se od knjižnog bloka i korica. Ovisno o načinu povezivanja knjižnog bloka s koricama, razlikujemo nekoliko vrsta uveza. Uvez može biti jednostavni i složeni. Kod jednostavnog uveza uvezna jedinica je list papira, dok je kod složenog uveza uvezna jedinica knjižni slog. Prema načinu izvođenja, uvez može biti ručni i strojni što se određuje na temelju broja primjeraka koje je potrebno uvezati. Prema vrsti uvezne jedinice (list papira ili knjižni slog), uvez može biti mehanički, meki i tvrdi, ali uz prethodno projektiranje knjigoveškog proizvoda. Za projektiranje vrste uveza knjigoveškog proizvoda potrebno je poznavati kemijska i fizikalna svojstva materijala (papir, ljepilo, knjigoveški materijali) kao i cjelokupnu teoriju lijepljenja različitih vrsta materijala.

Prianjanje ljepila na površinu materijala koji se lijepi (npr. papir) rezultat je djelovanja mehaničkih, fizikalnih i kemijskih sila između molekula ljepila i molekula na površini za lijepljenje. Za stvaranje prianjajućih sila važno je djelovanje adhezije, a pritom se u sloju ljepila mora postići što veća kohezijska čvrstoća. Adhezija je sila koja površine različitih materijala drži zajedno međusobnim djelovanjem privlačnih sila zbog interakcije molekula, atoma ili iona. Kohezija ili unutarnja čvrstoća je sila koja djeluje između dviju površina istovrsnih materijala, tj. nastaje djelovanjem privlačnih sila istovrsnih atoma ili molekula. Djelovanje sila adhezije i kohezije prikazano je na slici 1.



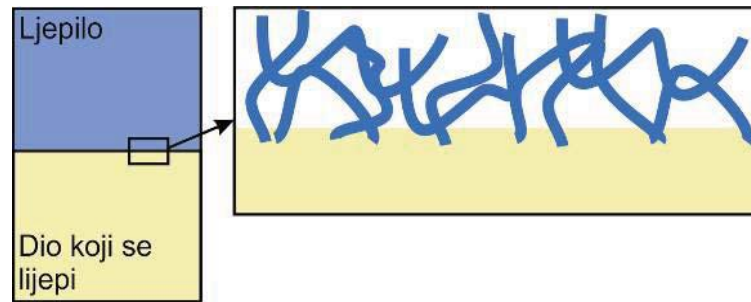
Slika 1. Djelovanje sila adhezije i kohezije

Postoje različite teorije koje pokušavaju objasniti principe adhezije. Teorija adhezijskog spajanja po principu „ključ i brava“ zasniva se na mehanizmu lijepljenja koji se zove mehaničko sidrenje. Ljepilo ulazi u pore, udubine i ostale neravnine površine koja se lijepi (papira) i ostvaruje mehaničko povezivanje ljepila i površine mehaničkim sidrenjem (slika 2.). Pritom ljepilo mora dobro namočiti površinu koja se lijepi i mora biti dovoljno niske viskoznosti da može popuniti šupljine i iz njih istisnuti zrak. Dakle, ljepilo povezuje veći broj listova papira u jednu cjelinu, odnosno u knjižni blok i sprječava njihovo međusobno razdvajanje zahvaljujući adhezijskim privlačnim silama između ljepila i papira. Mehanizmom mehaničkog sidrenja može se objasniti lijepljenje knjižnog bloka u bešavnom nakladničkom uvezu knjiga korištenjem EVA hot-melt ljepila. Za izradu knjižnog bloka preporuča se koristiti papire veće površinske hrapavosti kako bi površina fizičkog kontakta papira i ljepila bila što veća. Povećanje površine fizičkog kontakta pridonosi porastu interakcija (sila međudjelovanja) u adhezijskom spoju, a time i povećanju čvrstoće slijepljenog spoja. [3,4,5]



Slika 2. Mehaničko sidrenje [5]

Mehanizam lijepljenja difuzijom podrazumijeva ostvarivanje veze difuzijom molekula polimera (ljepila) u površinu dijelova koji se zaljepljuju (slika 3.). Pritom je važna kompatibilnost između ljepila i materijala koji se lijepi. Difuzijom se može objasniti lijepljenje knjižnog bloka u bešavnom nakladničkom uvezu korištenjem PURmelt ljepila. PURmelt ljepilo je „sporo sušeće ljepilo“. Vrijeme sušenja ljepila je 24 sata, a vrijeme potpunog umrežavanja polimera je 48 sati. PURmelt ljepilo preporuča se koristiti ukoliko je knjižni blok izrađen od papira manje površinske hrapavosti. [3,4,5]



Slika 3. Difuzija [5]

Način projektiranja knjigoveškog proizvoda s obzirom na vrstu i način uveza ovisan je o osnovnim, kemijskim, strukturalnim (ovisno o sastavu celuloznih vlakana i načinu razvlaknjivanja), površinskim i mehaničkim svojstvima papira. Parametri koji značajno utječu na kvalitetu uveza knjigoveškog proizvoda su: gramatura, debljina, volumen, udjel pepela, površinska hrapavost, površinska i kapilarna upojnost, otpornost papira na kidanje i cijepanje. [6]

Namjena knjige je ono za što će se knjiga upotrebljavati. Upotreba knjige odnosi se na njezinu korisnost u svakodnevnom životu. Ovisno o sadržaju i upotrebnoj vrijednosti knjige odlučuje se o vrsti uveza knjige. Prema upotrebnoj vrijednosti knjige se dijele na:

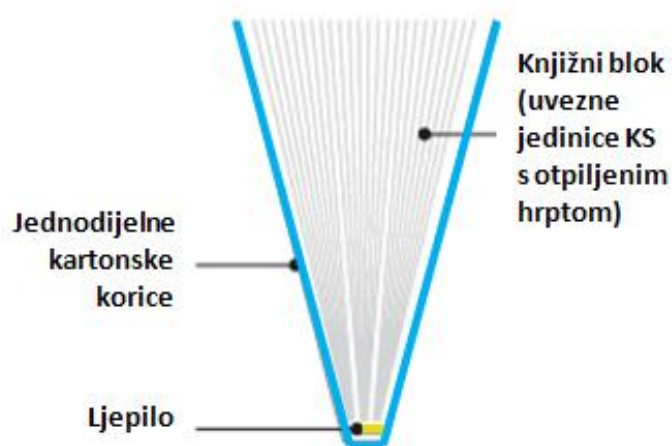
- knjige za jednokratnu upotrebu kao što su roto romani, stripovi, tjedni magazini, časopisi... Knjige za jednokratnu upotrebu imaju jednostavan uvez žicom ili ljepilom. Najčešće se uvezuju u papirne korice eventualno s višebojnim tiskom, a knjižni blok izrađuje se od papira slabije kvalitete kao što je reciklirani papir jer se nakon čitanja obično bacaju i ne čuvaju se trajno.
- knjige za višekratnu upotrebu kao što su udžbenici za osnovnu i srednju školu, beletristika, telefonski imenici, slikovnice za djecu... To su knjige koje koristimo više puta, ali ih ne čuvamo neko duže vrijeme nakon što nam više ne trebaju, te ćemo koristiti meki uvez u jednodijelne kartonske korice. Za izradu knjižnog bloka najčešće se koristi ofsetni papir, jednobojni ili višebojni tisak. Trajnost im je najčešće do godinu dana.
- knjige za trajnu upotrebu kao što su sveučilišni udžbenici, enciklopedije, kuharice, rječnici, leksikoni ... Zbog dugotrajne upotrebe ovakvih knjiga, važno je da imaju dobru mehaničku čvrstoću knjižnog bloka i krute korice što se postiže tvrdim uvezom u višedijelne tvrde korice. Tvrdi uvez zaštićuje knjižni blok, te povećava čvrstoću i vrijednost knjige. Knjižni blok najčešće je otisnut

na papiru za umjetnički tisak ili na kvalitetnijem ofsetnom papiru, jednobojnim ili višebojnim tiskom.

- knjige s najvećim zahtjevom kao što su monografije, likovne mape, knjige iz područja medicine, biologije, umjetnosti i slično. Ovakve knjige uvezuju se tvrdim uvezom koji sadrži još i ovitak, te slijepi i foliotisak, kožnu presvlaku i slično. Knjižni blok otisnut je najčešće na papiru za umjetnički tisak višebojnim tiskom. [7] Foliotisak ili zlatotisak daje koricama ljepši izgled, a knjizi veću vrijednost. Knjiga izgleda otmjeno. Kombinacija kože i zlatotiska odaje dojam ekskluzivnog proizvoda.

## 2.1. Meko uvezana knjiga

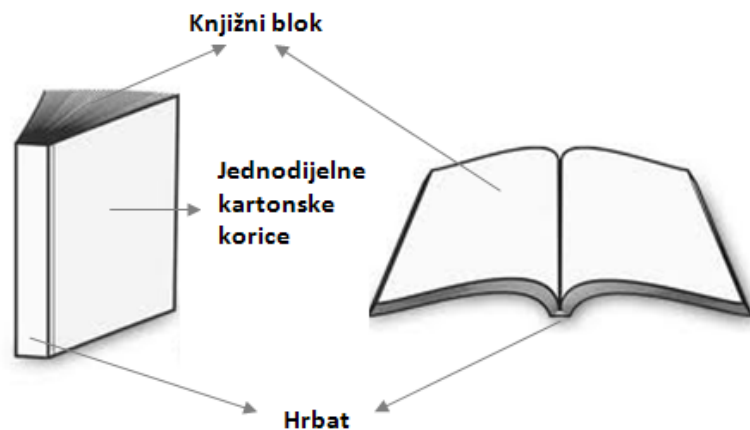
Meki uvez knjige je složeni tip uveza. Klasični meki uvez je uvez u kojem je knjižni blok zalijepljen te po hrptu ulijepljen u jednodijelne kartonske korice. Kod ovakvog uveza, knjižni blok je direktno povezan s koricama, dakle ostvaruje se neposredna veza između knjižnog bloka i korica, odnosno izravna veza između pojedinačnih listova papira i korica (slika 4.).



Slika 4. Prikaz neposredne veze između knjižnog bloka i jednodijelnih kartonskih korica

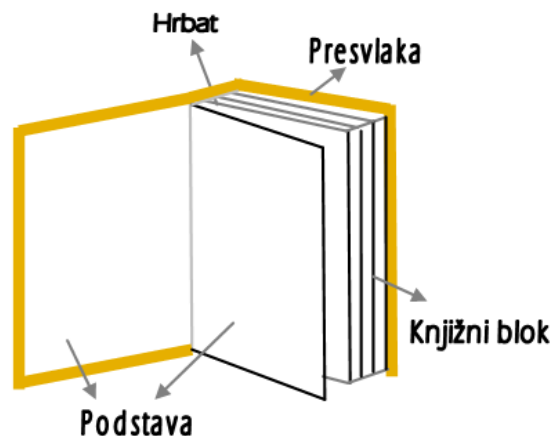
Korice se u mekom uvezu mogu savijati bez oštećenja. U mekom uvezu korice su jednake veličine kao i knjižni blok (slika 5.). Meki uvez upotrebljava se pri izradi

knjiga za jednokratnu i višekratnu upotrebu, ponekad i za knjige stalne upotrebne vrijednosti, te pri izradi blokova, časopisa, kalendara, albuma. Jednostavniji je i jeftiniji od tvrdog uveza jer zahtijeva manji broj tehnoloških operacija, te manji broj strojeva i manji utrošak materijala (papir, ljepilo). Zbog navedenih prednosti često se koristi u masovnoj industrijskoj proizvodnji knjiga. Bešavni uvezi vrlo su zastupljeni u nakladničkoj proizvodnji knjiga zbog jednostavne izrade i povoljne cijene.



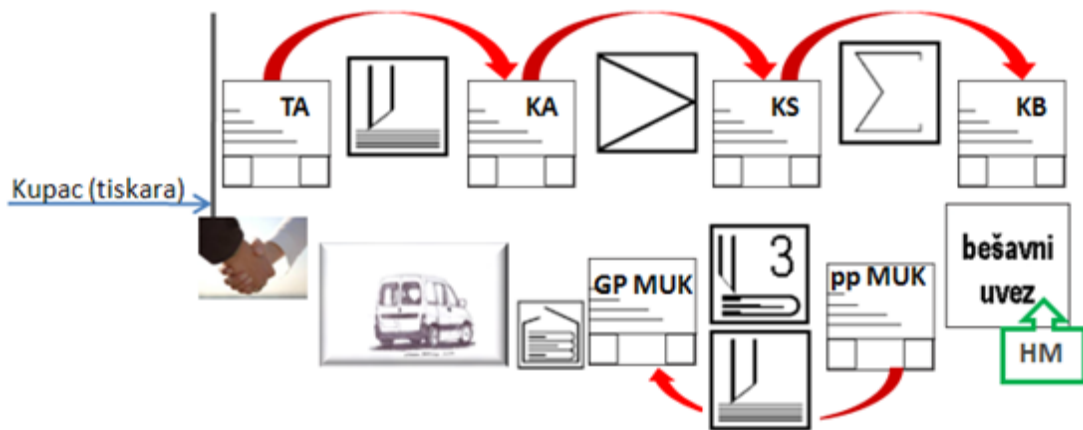
Slika 5. Meko uvezana knjiga

Za razliku od mekog uveza, kod tvrdog uveza, višedijelne tvrde korice (prirezi stranica, hrpteni uložak, presvlaka korica) su 3 milimetra veće od knjižnog bloka (slika 6.).



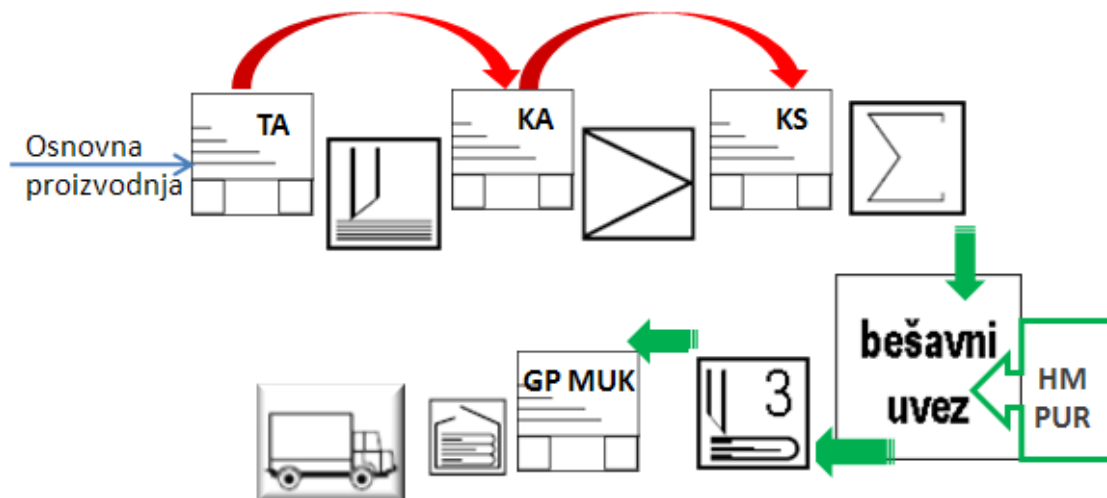
Slika 6. Tvrdo uvezana knjiga

Nakladnički uvez knjiga jedinstven je za većinu primjeraka određenog izdanja, a izrađen je prema izboru i nalogu izdavača. Nakladnički bešavni uvez može biti strojni i linijski. U strojnom bešavnom uvezu postoje različita konstrukcijska rješenja. Radni pogon je nedefiniran. Značajke strojnog bešavnog uveza su: povećanje udjela ljudskog rada u proizvodnji, serijska proizvodnja, koristi se u malom poduzetništvu za male i srednje naklade knjiga. Shematski prikaz strojnog bešavnog uveza možemo vidjeti na slici 7. [4]



Slika 7. Shematski prikaz strojnog bešavnog uveza [4]

Linijski bešavni uvez prisutan je u industrijskoj proizvodnji knjiga velikih naklada. Karakterizira ga smanjenje udjela ljudskog rada u proizvodnji, a radni pogon je definiran (slika 8.).



Slika 8. Shematski prikaz linijskog bešavnog uveza [4]



### 2.1.1. Knjige za djecu

Prva slikovnica pojavljuje se u 18. stoljeću. Reklamirana je kao „obavezan inventar dječje sobe“. Usavršavanje tiska i novih tehnika (pronazak litografije) omogućavaju slikovnici raskošnu ilustraciju.

Slikovnica je bogato ilustrirana knjiga za djecu u kojoj se ostvaruje jedinstvo slike i teksta. Karakter slikovnice određuju ilustracije, te ilustrator treba biti vrstan umjetnik i pedagog kako ne bi nametnuo publici svoj doživljaj djela. Slikovnica je prvi dječji udžbenik iz kojeg dijete usvaja nove pojmove, razvija maštu i stvara predodžbe.

Izvedba ilustracije različitim sredstvima crtanja ili slikanja prilagođava se vrstama tiska: crno-bijelom, koloru, knjigotisku, bakrotisku, litografiji, ofsetu, sitotisku, digitalnom tisku i slično. Ilustraciju treba uskladiti s tekстом pri čemu važnu ulogu imaju oprema, prijelom i grafički efekti koji knjigu čine privlačnom.

Funkcije slikovnice za djecu su:

- a) informacijsko-odgojna funkcija – slikovnica nudi djetetu odgovor na mnoga pitanja i probleme, potiče razvoj dječjeg mišljenja: analizu, sintezu, usporedbu, uopćavanje i apstrakciju.
- b) spoznajna funkcija – slikovnica pomaže djetetu da provjeri svoje spoznaje, znanja i stavove.
- c) iskustvena funkcija – slikovnica pomaže socijalizaciji djeteta, oblikovanju djeteta u društveno biće, razmjenu znanja i iskustava.
- d) estetska funkcija – slikovnica razvija u djetetu osjećaj za lijepo, oblikuje ukus djeteta, djeluje na njegove osjećaje.
- e) zabavna funkcija – slikovnica pruža djetetu mogućnost učenja kroz igru.

Posljednjih godina u Zapadnoj Europi pojavljuju se tzv. problemske slikovnice koje se bave problemom međuljudskih odnosa u obitelji i društvu. Dijete u njima zauzima središnje mjesto, a obrađuju se teme poput rastave roditelja, roditelja koji nikada nemaju vremena za svoju djecu, nasilje nad djecom i slično. Autori problemskih slikovnica trebaju imati kvalitete umjetnika, pedagoga i terapeuta.

Početak 20. stoljeća pojavljuje se veći broj knjiga za djecu zahvaljujući, između ostalog, novim mogućnostima ofsetnog tiska. [8]

Ilustrator mora imati široko znanje o grafičkom uređenju knjige za djecu, te o psihologiji djeteta. Odnosno, mora poznavati razvoj likovnog izraza kod djece ovisno o dobi. Svaki vizualni dio knjige utječe na njen ugođaj i poruku koja se želi prenijeti djetetu - od formata i strukture knjige koji stvaraju prvi dojam, preko vrste i kvalitete ilustracija do grafičkog uređenja. [9]

Pod formatom knjige podrazumijevaju se dimenzije korica, vertikalna i horizontalna duljina stranica. Meko uvezana knjiga ima jednake dimenzije korica i knjižnog bloka jer se jednodijelne kartonske korice obrežu zajedno s ulijepljenim knjižnim blokom. [10]

Razlikujemo uspravni format, ležeći format i kvadratni format. Pri izradi slikovnica naročitu pažnju treba posvetiti odabiru formata. Manji formati stvaraju intimniju atmosferu, dok veći formati daju širi pogled. Odabir formata treba biti usklađen s ilustracijama. Kvaliteta slikovnice procjenjuje se prema ilustracijama i prema tekstu, ali i prema njihovoj međusobnoj usklađenosti.

Slikovnice za djecu mlađe dobi trebale bi imati više slika, a manje teksta, dok starijoj djeci uz ilustracije treba više teksta. Nije svaka slikovnica za svaku dob. Slikovnice za najmanju djecu (u prvoj i drugoj godini života) nalik su igračkama - rasklapaju se u lepeze, sastavljaju u maštovite oblike, izrezane su i oblikovane prema nekom liku na slici, debele, izrađene od kartona ili mekane i savitljive, izrađene od tkanine, spužve ili plastike. Prve djetetove slikovnice najčešće su tzv. pojmovne slikovnice (slike predmeta, ljudi, okruženja iz prirode) koje pridonose obogaćivanju rječnika i govornih sposobnosti. [11]

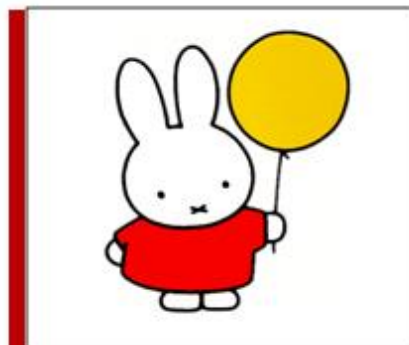
Što se tiče materijala od kojih su slikovnice napravljene, prve slikovnice najčešće su platnene slikovnice „vrpce“ koje se sastoje samo od slika i zavežu se za stranice krevetića ili kolica. One potiču bebu na fokusiranje vida. Potom se djeci daju šušlave platnene slikovnice (sa trakicama, šušalicama i zvečkicama). Izgledaju više kao igračke nego knjige, ali ipak su slikovnice s platnenim stranicama. Kada djeca počnu stavljati igračke u usta, daju im se gumene slikovnice koje su dobre i za kupanje. U dobi oko 6-7 mjeseci djeci se daju "prave" kartonske slikovnice sa stranicama izrađenim od vrlo tvrdog kartona debljine oko 5 mm. Rubovi slikovnice trebaju biti zaobljeni da se dijete ne bi ozlijedilo. Boje trebaju biti čiste, a crteži bez suvišnih detalja. Važno je da boje budu postojane, da se ne otiru kada ih dijete dira rukama ili stavlja u usta. Poželjno je da prve slikovnice budu multisenzoričke – da imaju vrlo jednostavne krupne slike s

različitim senzoričkim umetcima kao što su komadići krzna, tkanine, brusnog papira, plastike i slično. Dijete opipava i razgledava slike (npr. može pogladiti macu). Primjer multisenzoričke slikovnice je slikovnica pod nazivom „Dodirni i osjeti što je to – mladunčad“ koja je prikazana na slici 9.



Slika 9. Multisenzorička slikovnica [12]

Slikovnice za djecu od 1,5 do 3 godine trebale bi imati maksimalno 12 stranica. Maksimalni format trebao bi biti 20 x 20 cm što je u skladu s vidnim poljem djeteta. Taj format omogućava djetetu spretno rukovanje sa slikovnicom. [13]



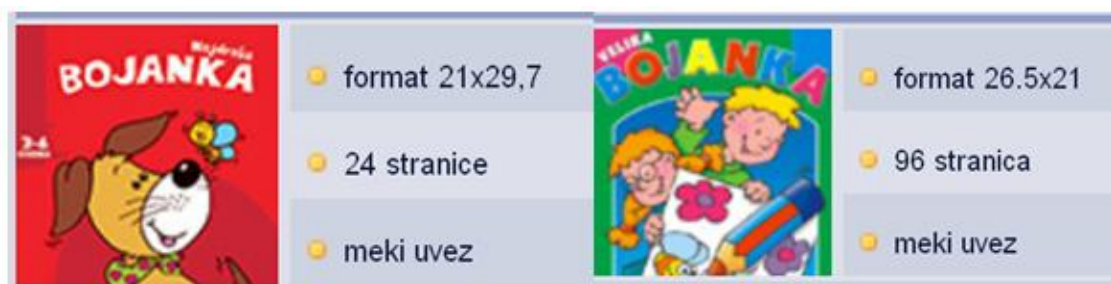
Slika 10. Ilustracija u slikovnici za djecu od 1,5 do 3 godine

U slikovnicama za djecu od 4 do 6 godina još uvijek prevladavaju ilustracije, ali imaju i sve više teksta. Sadržajno su to slikovnice koje imaju jednostavnu radnju - priče o ljudima i događajima bliskim dječjem iskustvu. Sa 6 godina djecu već zanimaju basne i bajke čija složena radnja pridonosi usvajanju moralnih vrijednosti. [11]

U dobi od 6 do 8 godina djeca uče čitati, te se u slikovnicama povećava količina teksta. Na jednoj stranici može se nalaziti 2 – 5 rečenica, a takve slikovnice mogu imati 32 – 64 stranice. [13]

Budući da u slikovnicama prevladavaju ilustracije, tisak mora biti kvalitetan, što podrazumijeva kvalitetan papir i kvalitetne boje (boje koje se ne otiru i koje su neškodljive za zdravlje).

Posebna vrsta knjiga za djecu su knjige s radnim listovima – bojanke, crtančice, vježbenice za razvoj grafomotorike, mozgalice i slično. Ove knjige redovito imaju meki uvez. Najčešće su to lijepljene meko uvezane knjige (*perfect binding*) s jednodijelnim kartonskim koricama koje imaju 4 žlijeba. Različitog su formata i opsega. Najčešći formati su 21 x 29,7 cm; 26,5 x 21 cm i 29,5 x 22 cm. Po opsegu su to knjige od 16, 18, 24, 32, 48, 64 i 96 stranica.



Slika 11. Primjer bojanke za djecu od 3 do 6 godina [12]

## 2.2. Tehnološki proces u bešavnoj formi uveza knjige

Izrazi tehnika i tehnologija nisu sinonimi iako se ponekad upotrebljavaju kao da znače isto. Među njima postoje značajne razlike. Tehnika se odnosi na sredstva za rad, alate, strojeve, te znanja, vještine i umijeća koja su potrebna za njihovo korištenje. Tehnologija se odnosi na primjenu znanja i vještina, proces, način i organizaciju proizvodnje nekog proizvoda. Tehnološki proces je slijed normiranih postupaka kojima proizvodimo određeni proizvod. [14, 15]

Knjiga je tehnološki jedan od najzahtjevnijih grafičkih proizvoda. U ovom radu predstaviti ćemo tehnološki proces u bešavnoj formi uveza knjige koji zahtijeva nekoliko tehnoloških postupaka: razrezivanje tiskovnog arka, savijanje knjižnih araka u knjižne slogove, prešanje knjižnih slogova, sabiranje knjižnih slogova u knjižni blok, obradu hrpta knjižnog bloka, nanos ljepila na hrbat knjižnog bloka, izradu korica (žlijebljenje jednodijelnih kartonskih korica), te uljepljivanje hrpta knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice. Na taj način dobivamo meko uvezanu lijepljenu knjigu kao grafički poluproizvod kojeg je još potrebno obrezati na trorezaču ili brzorezaču. Nakon obrezivanja knjige na obrezani format dobivamo gotov proizvod – meko uvezanu lijepljenu knjigu.

Bešavna forma uveza knjige korištenjem taljivog ljepila jedna je od najjeftinijih metoda uvezivanja lijepljene knjige (*eng. perfect binding*) te se najčešće koristi u masovnoj produkciji knjiga. Hot-melt taljivo ljepilo je brzo sušeće ljepilo. Slijepljeni spoj nastaje za samo nekoliko sekundi što pridonosi proizvodnji knjiga velike naklade u jedinici vremena. [3]

Bešavna forma uveza knjige koristi se za džepne knjige, adresare, telefonske imenike, vozne redove, školske udžbenike, slikovnice, bojanke i slična masovna izdanja višekratne namjene od kojih se ne traži uvez trajne čvrstoće knjižnog bloka.

Nakladnički uvez podrazumijeva knjižni uvez izrađen na knjigoveškim strojevima (brzorezač, savijačica, sabiračica, stroj za bešavnu formu uveza, trorezač). [7] U nakladničkom uvezu knjiga danas dominira metoda *perfect binding*. Razlog tomu je velika učinkovitost proizvodnog procesa – brza izrada knjiga, dobra kvaliteta uveza, te povoljna cijena. U nakladničkom uvezu (srednja, velika naklada), hrbat knjižnog bloka se hrapavi (*perfect binding*) nakon čega slijedi njegovo lijepljenje elastičnim hladnim

ljepilom PVAc, termoplastičnim (hot-melt) ili PUR ljepilom. Forma bešavnog uveza je najjednostavnija i najjeftinija. Koristi se za knjige većeg opsega kada nije moguća forma šivanog uveza žicom kroz hrbat knjižnog bloka ili postrance hrpta. Vrsta mekog uveza ostvaruje se direktnom vezom između hrpta knjižnog bloka i jednodijelnih kartonskih korica. [7]

Sastavne tehnološke jedinice stroja za bešavni uvez knjiga jesu:

- tehnološka jedinica za obradu hrpta knjižnog bloka (piljenje hrptenih pregiba knjižnih slogova, poprečno urezivanje hrpta knjižnog bloka/ohrapavljenje listova papira, odvođenje papirne prašine usisavačima),
- tehnološka jedinica za nanos ljepila na hrbat knjižnog bloka, bočni nanos ljepila na prvi i zadnji list knjižnog bloka,
- tehnološka jedinica za žlijebljenje plašta jednodijelnih kartonskih korica (2, 4 ili 6 žljebova),
- tehnološka jedinica za sljepljivanje hrpta knjižnog bloka s koricom. [16]

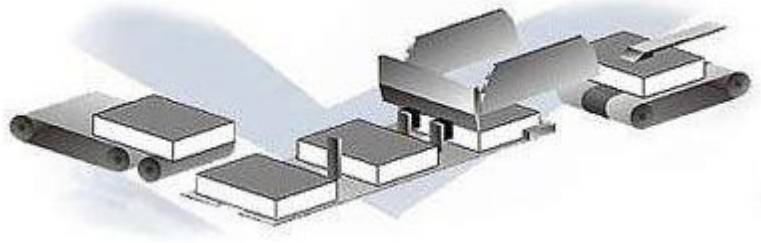
Osim *perfect binding* metode, forma bešavnog uveza može se izvoditi i metodom *double-fan binding*. *Double-fan* metoda zastupljena je u nakladničkom strojnom uvezu manjih naklada. Knjižni blok obrezuje se sa sve četiri strane (uvezna jedinica je list papira). Potom se hrbat knjižnog bloka lepezasto razastire previjanjem knjižnog bloka na jednu stranu. Na hrbat se nanese sloj ljepila. Zatim se hrbat knjižnog bloka lepezasto razastire na drugu stranu i opet se nanese sloj ljepila. Osušeno ljepilo povezuje pojedinačne listove papira. Hrbat knjižnog bloka je gladak i ravan, a pojedinačni listovi se potpuno otvaraju tijekom listanja knjižnog bloka. [7]

### **2.2.1. Tehnološka operacija rezanja**

Rezanje je postupak kojim se materijal za izradu grafičkog proizvoda reže na definiranu veličinu po označenim linijama reza. [17] To je mehaničko razdvajanje materijala pomoću brzorezača ili trorezača. Rezanjem se arak papira dovodi u format pogodan za daljnju obradu. Važno je da rezanje bude precizno kako bi se sljedeća tehnološka operacija, a to je savijanje, mogla dobro obaviti. Postupci rezanja su:

razrezivanje i obrezivanje sirovina (papira) ili poluproizvoda (meko uvezana knjiga prije obrezivanja na obrezani format).

Obrezivanje (slika 12.) se izvodi na trorezaču. U bešavnoj formi uveza knjige obrezivanje se izvodi nakon uljepljivanja knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice. Knjige se obrezuju s tri strane: u „glavi“, u „nogama“ i s vanjske strane (nasuprot linije uveza).



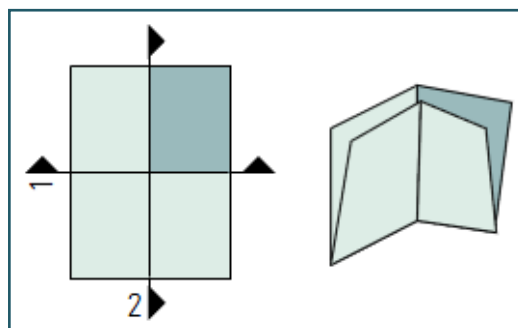
Slika 12. Obrezivanje na trorezaču [18]

### 2.2.2. Tehnološka operacija savijanja

Savijanje je postupak pregibanja tiskovnog arka ili knjižnog arka tako da se dobije željena dimenzija knjižnog sloga. [17] To je početna faza uvezivanja knjiga. U nakladničkom uvezu savijanje se obavlja strojno na savijačici. Savijanje može biti:

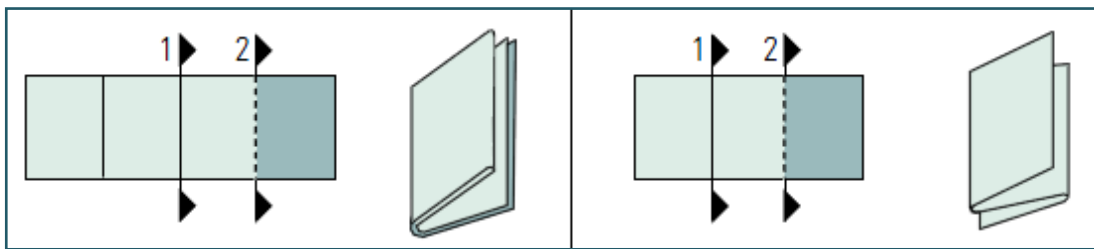
- križno (unakrsno) savijanje
- paralelno savijanje (obično, izmjenično)
- kombinirano savijanje.

Križno savijanje uvijek je okomito na prethodni pregib što se može vidjeti na slici 13. Križnim savijanjem dobivano stojeći format knjige.



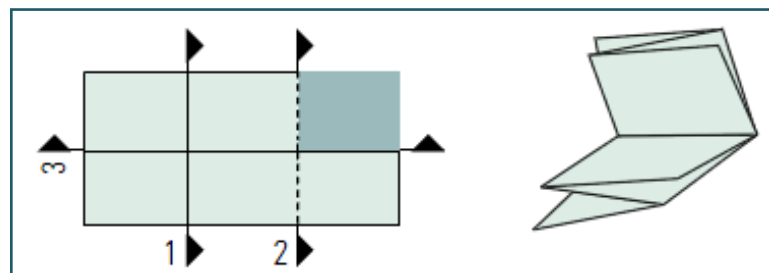
Slika 13. Križno savijanje [19]

Kod običnog paralelnog savijanja pregibi teku paralelno jedan za drugim, arak se savija uvijek u sredini (na polovinu). Kod izmjeničnog paralelnog savijanja pregibi teku u suprotnom smjeru (u cik-caku ili „kao harmonika“). Kod ove vrste savijanja ne postoji fiksna linija uvezivanja knjižnog sloga, te ona može biti na različitim mjestima. Paralelnim savijanjem dobivamo uski visoki format knjige. Najčešće se koristi kod savijanja reklamnih prospekata, letaka, te priloga koji se uljepljuju u knjigoveški proizvod. Načini paralelnog savijanja prikazani su na slici 14.



Slika 14. Obično i izmjenično paralelno savijanje [19]

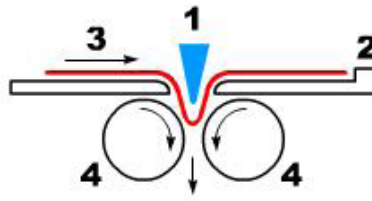
Kombinirano savijanje je način savijanja kod kojeg se kombinira križno i usporedno izmjenično savijanje što se može vidjeti na slici 15. Kombiniranim savijanjem dobivamo kvadratni format knjige koji se često koristi pri izradi slikovnica, naročito za mlađu djecu od 1,5 do 3 godine.



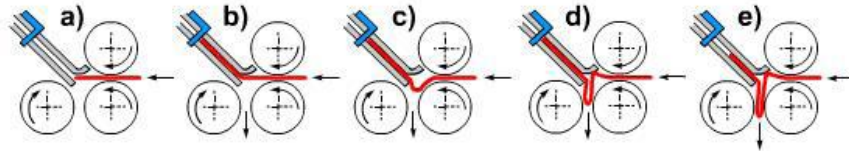
Slika 15. Kombinirano savijanje [19]

Strojevi za savijanje (savijačice) rade na principu savijanja nožem (slika 16.) ili na principu savijanja džepovima (slika 17.).



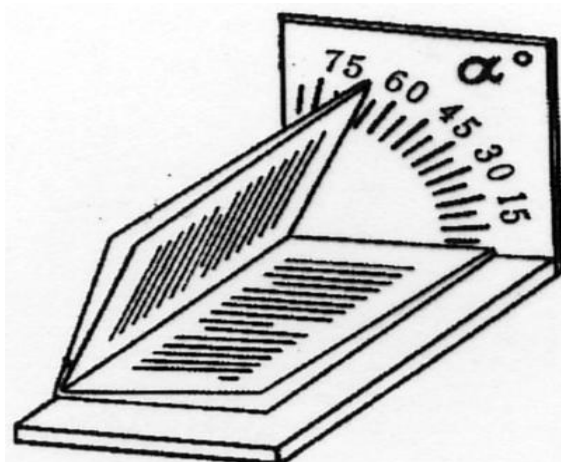


Slika 16. Princip savijanja nožem [18]



Slika 17. Princip savijanja džepovima [18]

Savijanjem araka nastaju knjižni slogovi koji se u nakladničkom uvezu najčešće koriste kao uvezna jedinica za izradu knjigoveških proizvoda. Veći broj pregiba arka znači i veći opseg uvezne jedinice. Kod križnog savijanja jedan križni pregib znači 8 stranica, dva pregiba daju 16 stranica, tri pregiba 32 stranice i tako dalje. Mogući broj pregiba arka ovisi o gramaturi papira (manja gramatura omogućava veći broj križnih savijanja) i vrsti papira (nepremazani, premazani, voluminozni, reciklirani). Ovisno o strukturi papira mogu se pojaviti „žabice“ na mjestu pregiba, u glavi knjižnog sloga. Da bi se izbjegle „žabice“ i izbacio zrak između susjednih stranica, u savijačici se provodi strojno perforiranje knjižnog sloga. [20] Savijanjem nisu u potpunosti savladane povratno opružne sile koje knjižni slog nastoje vratiti u prvobitno stanje te nakon savijanja knjižni slog pokazuje tendenciju otvaranja do određenog kuta (slika 18.).



Slika 18. Otvaranje knjižnog sloga nakon savijanja [21]

Savijeni knjižni slogovi prešaju se u posebnim prešama kako bi se mjesta savijanja izravnala i kako se ne bi vraćala u prvobitni položaj. Prešanjem se povratno opružne sile u potpunosti ponište. Postupak prešanja omogućuje nesmetanu daljnju tehnološku obradu knjižnih slogova. [17] U formi bešavnog uveza izvodi se i perforacija hrpta knjižnog sloga s ciljem smanjenja trošenja noža za piljenje hrpta knjižnog bloka, u stroju za bešavni uvez.

### **2.2.3. Tehnološka operacija sabiranja**

Sabiranje je tehnološka operacija sakupljanja uveznih jedinica (list papira, knjižni slog) određenim redoslijedom u knjižni blok. U nakladničkom uvezu obavlja se strojno sabiranje na strojevima koji se zovu sabiračice. Najzastupljenije vrste sabiranja su sabiranje po principu:

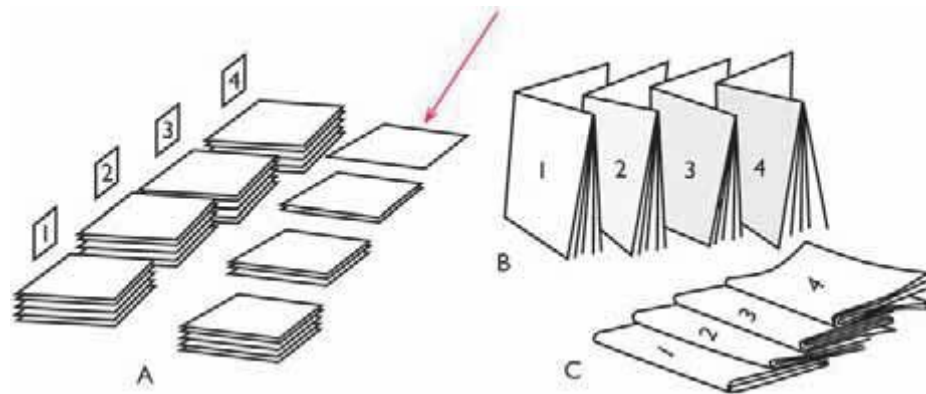
- “slog na slog”
- “slog u slog”
- kombinirano sabiranje.

Koji će se princip sabiranja koristiti ovisi o vrsti uvezne jedinice koja se sakuplja u knjižni blok. U nakladničkom uvezu preporuča se kao uveznu jedinicu koristiti knjižni slog umjesto uvezne jedinice list papira kako bi proces sabiranja bio brži.

Princip sabiranja „slog na slog“ koristi se za uvez lijepljene meko uvezane knjige većeg opsega kada nije moguće izvoditi uvez šivan žicom kroz hrbat. Ukoliko se radi o manjem opsegu knjižnog bloka koji se uvezuje šivanjem žicom kroz hrbat, onda se koristi sabiranje „slog u slog“.

Kombinirano sabiranje koristi se u slučajevima kada je opseg uvezne jedinice minimalan kako bi spriječili povećanje debljine hrpta knjižnog bloka u odnosu na prednju stranu. Kombiniranim sabiranjem povećava se krutost hrpta knjižnog bloka koja treba biti obavezno zadovoljena u formi bešavnog uveza.

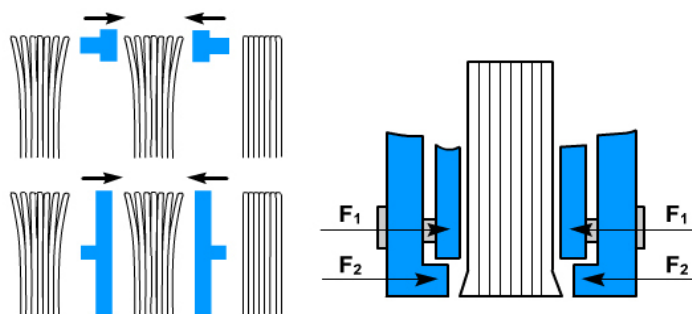
Na slici 19. prikazane su različite vrste sabiranja. [22, 23]



Slika 19. Vrste sabiranja: A – list na list, B – slog u slog, C- slog na slog [22]

#### 2.2.4. Tehnološka operacija prešanja

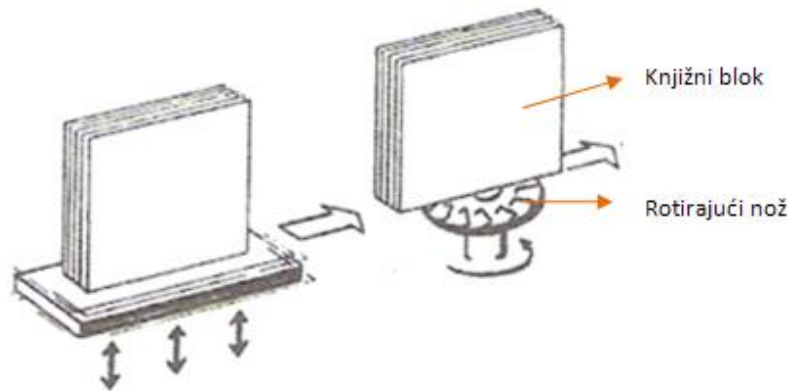
Prešanje je tehnološka operacija kojom se istiskuje zrak koji se nakupio tijekom savijanja araka. Sabiranjem knjižnih slogova dobiva se knjižni blok koji je deblji u hrptu. Da bi dobili knjižni blok kojemu će hrpteni dio i prednja strana biti jednake debljine, potrebno ga je prešati. U nakladničkom uvezu prešanje se izvodi strojevima za prešanje koji mogu biti hidraulički ili automatski. Prešanje uključuje tri koraka: podešavanje pritiska, ulaganje materijala u prešu, te prešanje. Princip prešanja prikazan je na slici 20. U bešavnoj formi uveza knjige osim prešanja knjižnog bloka prije lijepljenja knjižnog bloka, izvodi se i prešanje nakon uljepljivanja knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice. [19] Pravilo je manje opsege uveznih jedinica kombinirano sabirati kako bi debljina hrpta bila vizualno jednaka prednjoj strani knjižnog bloka.



Slika 20. Prešanje knjižnog bloka nakon sabiranja knjižnih slogova [18]

### 2.2.5. Tehnološka operacija obrade hrpta knjižnog bloka

Nakon sabiranja uveznih jedinica u knjižni blok, te prešanja knjižnog bloka, slijedi obrada hrpta knjižnog bloka. Stroj za bešavni uvez knjiga u svome sastavu ima tehnološku jedinicu za obradu hrpta knjižnog bloka. Hrbat se brusi različitim rotirajućim noževima kako bi ohrapavljeni hrbat što bolje primio ljepilo. Prilikom brušenja nastaje papirna prašina koju odstranjuju usisavači. Na slici 21. prikazano je ohrapavljenje hrpta knjižnog bloka rotirajućim nožem. [2] Krutost hrpta knjižnog bloka povećava se većim opsegom uvezne jedinice odnosno kombiniranim sabiranjem.



Slika 21. Ohrapavljenje hrpta knjižnog bloka [2]

### 2.2.6. Tehnološka operacija lijepljenja knjižnog bloka

Brušeni ili ohrapavljeni hrbat knjižnog bloka premaže se ljepilom koje različite materijale može povezati površinskim prijanjanjem (adhezija) i unutrašnjom čvrstoćom (kohezija). Ljepilo treba dobro prijanjati za materijale koji se lijepe, treba imati odgovarajuća kohezijska svojstva i čvrstoću da bi veza između spojenih materijala bila trajna i čvrsta. U strojnom uvezu knjiga koriste se ljepila koja su ispitana i atestirana, a njihova svojstva zajamčena. Proizvođači strojeva daju naputke o vrsti i uporabi ljepila. Stroj za izradu knjiga lijepljenjem zove se stroj za bešavni uvez knjiga (eng. *perfect binding machine*).

Važna svojstva ljepila koja treba poznavati su: „otvoreno vrijeme“ ljepila, viskoznost, konzistencija i sposobnost prodiranja.

„Otvoreno vrijeme“ ljepila je vrijeme koje je potrebno ljepilu prije spajanja materijala da bi sljepljivanje uspjelo. Ako su dijelovi prerano spojeni, sljepljivanje neće uspjeti jer se ljepilo neće moći stisnuti, iz njega neće ispariti voda ili otapalo. Sljepljivanje neće uspjeti niti ako su dijelovi prekasno spojeni jer će se na ljepilu stvoriti film sa slabom adhezijskom silom. [2]

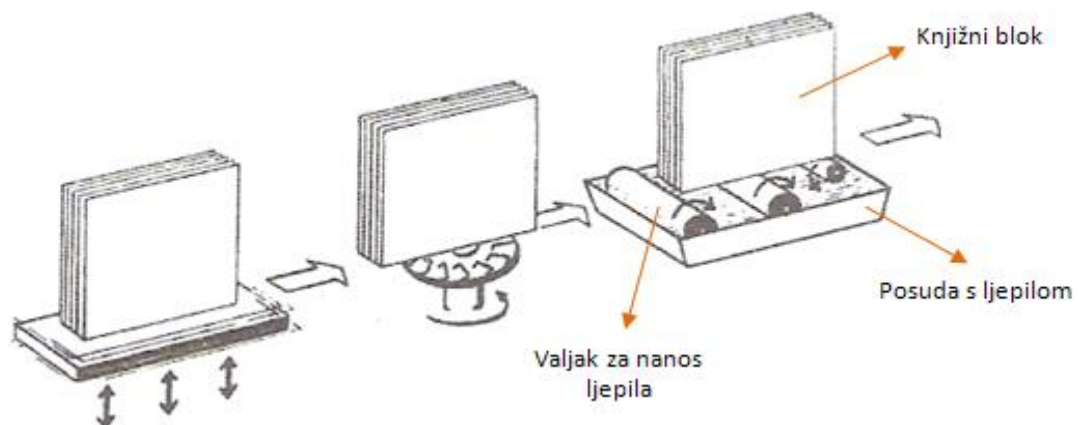
U formi bešavnog uveza knjige (*perfect binding*) najčešće se koriste taljiva ljepila (hot-melt). Kvaliteta lijepljene knjige ovisi o debljini sloja taline koja se nanosi na hrbat knjižnog bloka. Viskozitet taline ovisi o temperaturi ljepila. Ljepilo se hlađenjem skrućuje i postaje neljepljivo na sobnoj temperaturi. Optimalni viskozitet taline (kapljasto stanje termoplasta) moguće je postići jedino dovođenjem određene količine toplinske energije u termoplast. [3] Viskozitet osigurava jednoličan nanos ljepila.

Primjena taljivog hot-melt ljepila moguća je jedino u tehnološkom postupku brzog lijepljenja jer slijepljeni spoj nastaje nakon nekoliko sekundi. Zadaće taline su:

- ispuniti neravnine na površini papira
- nakon skrućivanja postići slijepljeni spoj određene jakosti.

Pri sljepljivanju potrebno je podesiti stroj i obradu hrpta knjižnog bloka tako da se nanos ljepila ostvaruje jednako s uvijek istim nanosom ljepila. Samo ravnomjerni nanos po cijeloj površini hrpta knjižnog bloka garantira jednaku čvrstoću knjige.[24]

Na slici 22. prikazano je lijepljenje hrpta knjižnog bloka u stroju za bešavni uvez.

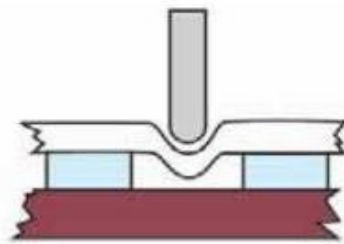


Slika 22. Lijepljenje hrpta knjižnog bloka u stroju za bešavni uvez knjiga [2]

### 2.2.7. Tehnološka operacija žlijebljenja

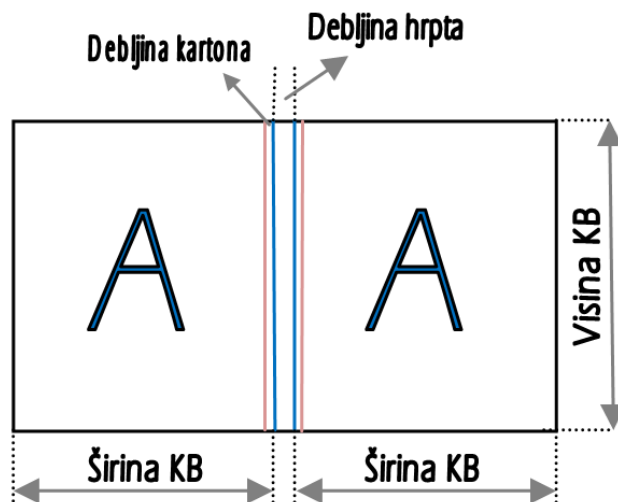
Klemm je podijelio papire prema gramaturi na papire (od 6 do 150 g/m<sup>2</sup>), kartone (od 200 do 500 g/m<sup>2</sup>) i ljepenke (od 600 g/m<sup>2</sup> do 5000 g/m<sup>2</sup>). Treba li papir savijati ili žlijebiti, ovisi o gramaturi papira. Papiri od 80 g/m<sup>2</sup> do maksimalno 100 g/m<sup>2</sup> mogu se saviti četverostruko. Papiri do 120 g/m<sup>2</sup> ili do maksimalno 130 g/m<sup>2</sup> mogu se saviti trostruko, izuzev papira za umjetnički tisak od 120 g/m<sup>2</sup> koji se mogu dvostruko saviti. Papire do maksimalno 150 g/m<sup>2</sup> moguće je dvostruko saviti. Međutim, kartone (od 200 do 500 g/m<sup>2</sup>) je potrebno žlijebiti jer bi savijanjem karton nepravilno popucao na mjestu pregibanja.

Žlijebljenje je tehnološka operacija kojom se utiskuje utor u karton i na taj način određuje mjesto pregibanja. Koristi se pri izradi jednodijelnih kartonskih korica. Žlijebljenje omogućava lakše i ravnomjernije pregibanje materijala. Izvodi se tako da se tupi rotirajući nož pritisne na materijal, dakle izvodi se prešanjem, a ne rezanjem. Radi se o prešanju dijela materijala koji bi smetao pri pregibanju. Tako nastane utor ili žlijeb koji omogućava da linija pregibanja bude ravna i pravilna. Dubina utora ovisi o čvrstoći i debljini materijala, a kreće se od 50 do najviše 75% debljine materijala. [2] Proces žlijebljenja prikazan je na slici 23.



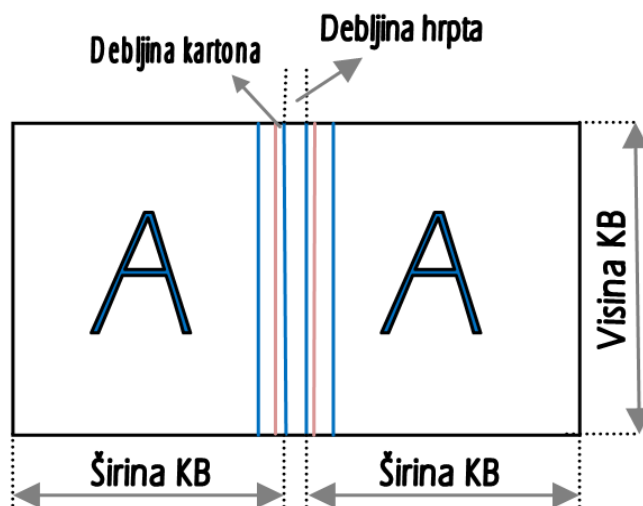
Slika 23. Proces žlijebljenja [22]

Jednodijelne kartonske korice mogu imati 2, 4 ili 6 žljebova. Za bešavnu formu uveza knjige najčešće se koriste jednodijelne kartonske korice s dva utora ili sa četiri utora na koricama. Dva utora potrebno je napraviti ako se knjižni blok sljepljuje s koricama samo na hrptu. Udaljenost između dva utora jednaka je debljini hrpta knjižnog bloka (slika 24.).



Slika 24. Jednodijelne kartonske korice s 2 utora

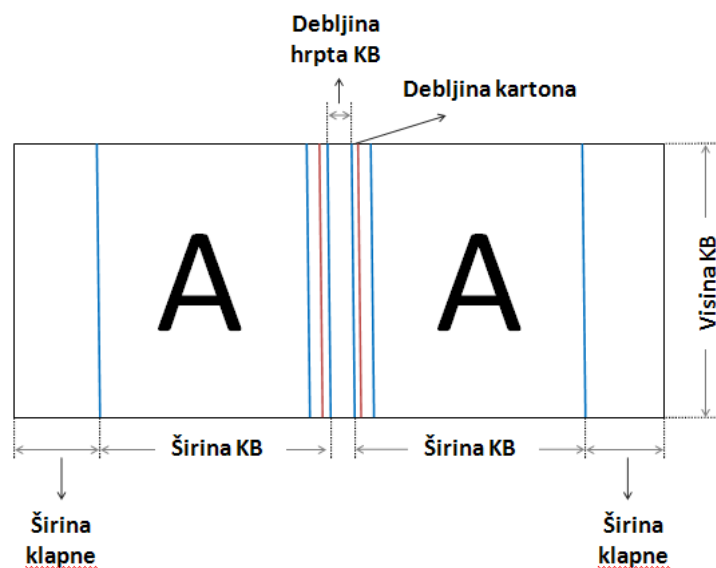
Ukoliko je knjižni blok potrebno povezati s koricama i sa strane, onda se rade 4 utora. Četiri utora na jednodijelnim kartonskim koricama prave se ako je knjižni blok šivan žicom postrance hrpta pa je potrebno prekriti žicu da se ne vidi. Udaljenost između drugog i trećeg utora jednaka je debljini hrpta knjižnog bloka, dok udaljenost između prvog i drugog, te trećeg i četvrtog utora iznosi 5 mm (slika 25.).



Slika 25. Jednodijelne kartonske korice sa 4 utora

Pri izradi korica s dvije klapne potrebno je 6 utora (slika 26.). [3] Klapne su presavijeni dio jednodijelnih kartonskih korica koje se nalaze s unutrašnje strane korica.

Jednodijelne kartonske korice potrebno je proširiti za širinu dvije klapne koje se presaviju prema unutra. Klapne najčešće nisu prazne, nego se na njima nalaze tekstovi o knjizi, o piscu ili o nakladniku i njegovim ostalim izdanjima i slično. Širina klapne je između 50 i 80 mm. U tvrdom uvezu, višedijelne tvrde korice često imaju papirnati ovitak koji je višebojno otisnut zajedno s klapnama, a potom plastificiran ili lakiran. Funkcija klapni je da povežu ovitak s knjigom, a uloga ovitka je da zaštiti knjigu i učini ju otpornijom. U mekom uvezu, klapna je sastavni dio jednodijelnih kartonskih korica, a funkcija joj je da stvori dojam vrjednije knjige ili knjige koja je dobro dizajnirana.

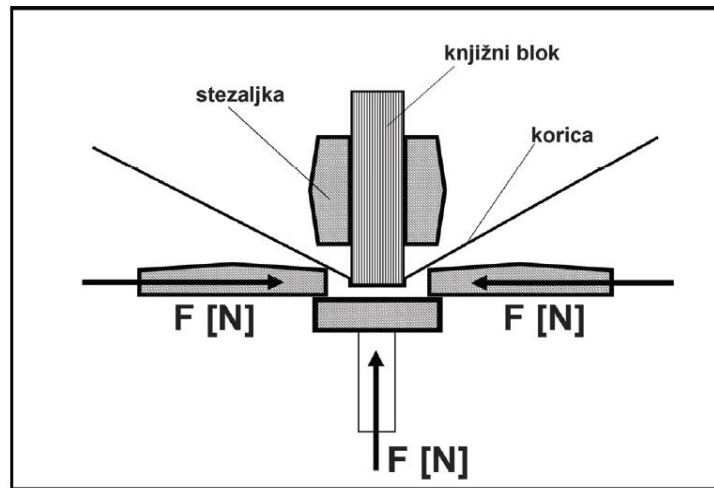


Slika 26. Jednodijelne kartonske korice sa 6 utora

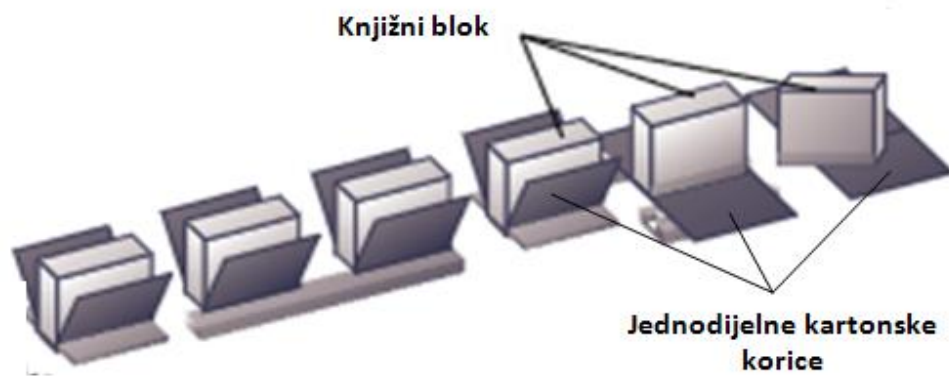
### 2.2.8. Tehnološka operacija naljepljivanja hrpta knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice

Strojevi za bešavni uvez knjiga u svome sastavu imaju i tehnološku jedinicu za sljepljivanje knjižnog bloka s koricama. Korice knjige su automatski postavljene i podešene pomoću registra gdje dolazi do spajanja s knjižnim blokom. Na slikama 27. i 28. prikazan je princip rada tehnološke jedinice za spajanje knjižnog bloka s koricama.



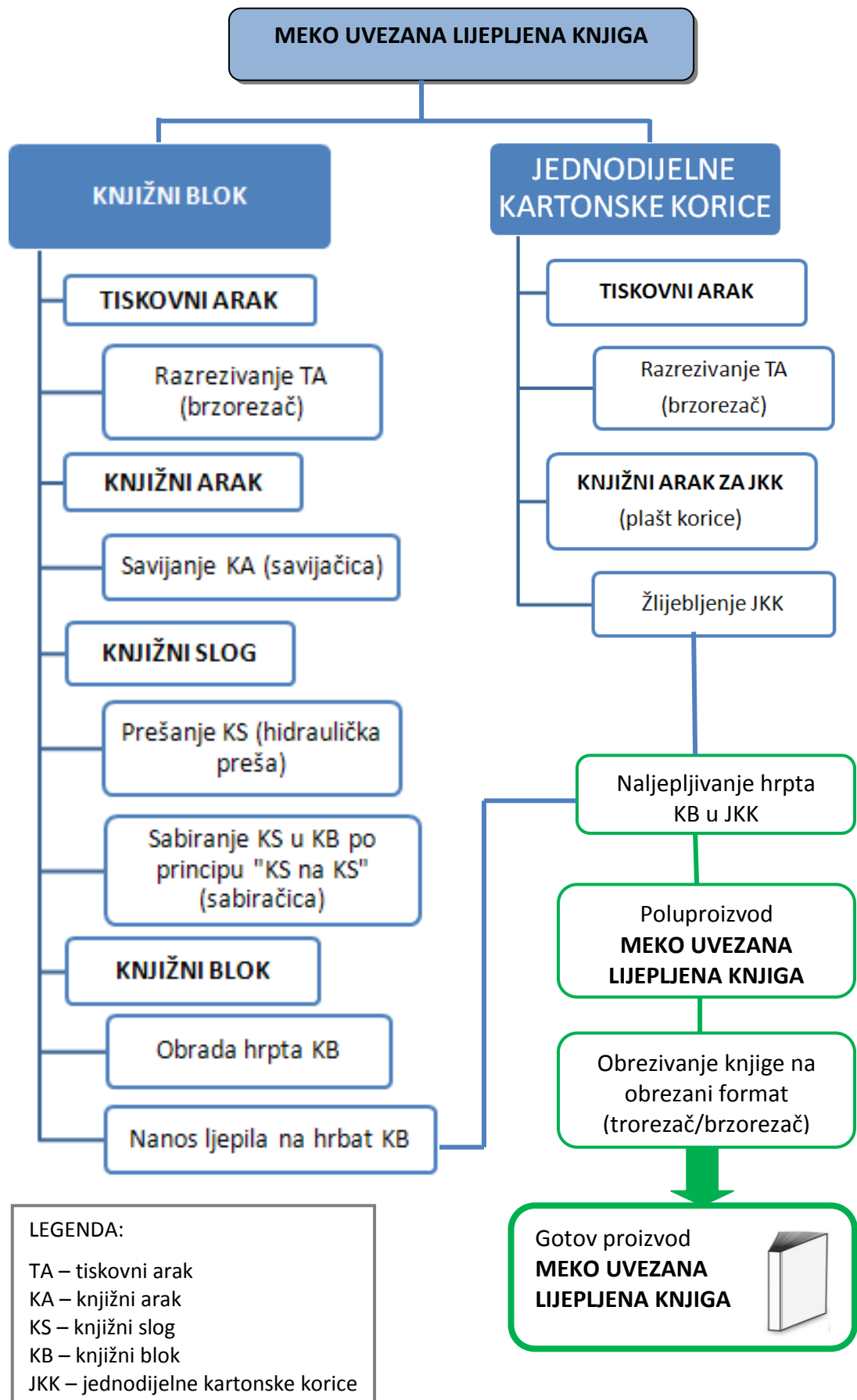


Slika 27. Tehnološki proces naljepljivanja kartonske korice [3]



Slika 28. Uljepljivanje hrpta knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice [19]

### 2.3. Tehnološka shema forme bešavnog uveza knjige

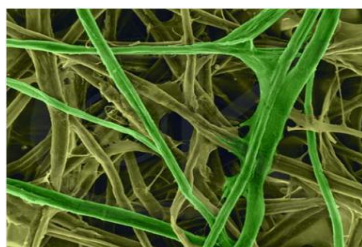


## 2.4. Papir kao tiskovna podloga

Papir je jedan od najvažnijih materijala u grafičkoj industriji. Kvaliteta grafičkog proizvoda, kvaliteta tiska, ali i kvaliteta uveza, velikim dijelom ovise o vrsti i kvaliteti papira od kojeg je napravljen grafički proizvod. Smatra se da je prvi pravi papir nastao u Kini 105. godine. Stoljećima su Kinezi strogo čuvali tajnu izrade papira. Nakon pet stoljeća, papir se počinje proizvoditi i u drugim dijelovima svijeta, u Koreji, a potom i u Japanu. Proizvodnja papira u Europi počela je tek oko 1100. godine. Potreba za papirom naročito je porasla izumom tiskarskog stroja, te se počinje razvijati manufakturna proizvodnja papira. Osnovne sirovine za proizvodnju papira bile se pamuk, lan, konoplja i stare krpe. Budući da su potrebe za papirom bile sve veće, a osnovnih sirovina sve manje, pojavljuju se nove sirovine za izradu papira: bijeljena celuloza iz slame i natronska celuloza iz drva četinjača. Tek početkom 20. stoljeća počinje masovna industrijska proizvodnja papira i upotreba drveta kao baze za osnovnu sirovinu. [25]

### 2.4.1. Sastav papira

Osnovni sastojci papira su vlakanca, koja se dobivaju preradom višegodišnjih biljaka (drveća crnogorice i bjelogorice), jednogodišnjih biljaka (slama žitarica), tekstilnih vlakana, starog papira (reciklirana vlakanca) i dodaci. Osim biljnog, vlakna mogu biti i životinjskog porijekla, te mineralna i sintetska. Vlakna životinjskog porijekla su vunena vlakna. Mineralna vlakna su staklena vlakna, dok su sintetska vlakna različiti sintetski polimeri u obliku vlakana. Najvažniji sastojak biljnih vlakana za izradu papira je celuloza, prirodni polimer. Izradom papira na stroju dobiva se isprepletana tvorevina vlakanaca između kojih se nalazi mnoštvo šupljina (slika 29.). [26]



Slika 29. Mikroskopski prikaz celuloznih vlakana i pora na površini papira [26]

Tijekom proizvodnje papira, vlaknima se dodaju različiti dodaci kako bi budući papir imao željena svojstva, ovisno o namjeni papira. Najvažniji dodaci su: punila, keljiva i bojila. [27]

**Punila** su anorganski, najčešće mineralni dodaci. Mogu se dodavati tijekom proizvodnje papira ili naknadno u obliku površinskog premaza, te tako nastaje premazani papir. Kao punila najčešće se koriste: karbonati (npr. kalcijev karbonat), oksidi (npr. titan dioksid), te silikati (npr. magnezijev silikat). Čestice punila smještaju se između vlakanaca i djelomično popunjavaju šupljine u vlaknastoj strukturi papira (slika 30.).



Slika 30. Čestica punila smještena između vlakana [3]

Dodatak punila može povećati gramaturu papira bez povećanja debljine do koje bi došlo dodavanjem vlakanaca. Dodatkom punila papiri postaju kompaktniji, povećava im se površinska glatkoća, te su podatniji za tisak što znači da punila poboljšavaju tiskovna svojstva papira. Udio punila u papiru može biti 5 – 30% u odnosu na suhu vlaknastu masu. Previše punila utječe na mehanička svojstva papira, smanjuje čvrstoću papira jer se prekidaju veze između vlakanaca. Dakle, ako je udio punila veći od 30%, smanjuje se otpornost papira prema kidanju, cijepanju i prskanju, dolazi do pojave površinskog prašenja papira, a time i do smanjenja čvrstoće slijepljenog spoja u bešavnom uvezu jer čestice papirne prašine smanjuju hrapavost površine papira. Odnosno, čestice papirne prašine zatvaraju otvore na površini papira te se smanjuje kontaktna površina između ljepljiva i papira, a time se smanjuje i čvrstoća slijepljenog spoja. [27, 28,29]

**Keljiva** su organski dodaci papiru. Mogu se dodavati tijekom proizvodnje papira ili u obliku tankog površinskog premaza na gotovom papiru. Moguće je i kombinirati ova dva postupka. Ukoliko se keljivo dodaje u papirnu masu tijekom procesa proizvodnje papira, postiže se keljenje po cijeloj dubini papirnog lista. Ukoliko se keljiva nanose na papir u obliku tankog površinskog premaza, takve papire ipak ne smatramo premazanim papirima, već keljenima. Keljiva mogu biti biljnog, životinjskog ili sintetskog porijekla. Najčešće su to biljne smole, škrob, parafin i slično. Udio keljiva u papiru je 3-4% u odnosu na suhu vlaknastu masu. Ovisno o količini dodanog keljiva, papiri se dijele na nekeljene, četvrt-keljene, polu-keljene, tričetvrt-keljene i puno-keljene papire. Uloga keljiva je smanjivanje ili sprječavanje kontakta vlakana s vodom. Naime, celulozna vlakna su higroskopna, te u kontaktu s vodom bubre navlačeći vlagu na sebe. Bubrenjem vlakana u papiru povećavaju se dimenzije papira, izraženije u poprečnom smjeru tijekom vlakana nego u uzdužnom. Dodavanjem keljiva smanjuje se upojnost papira, te se punokeljeni papiri koriste za višebojni tisak ili za izradu udžbenika, bilježnica i pisaćih papira po kojima se može višekratno brisati gumicom ili pisati tintom bez razlijevanja. Keljenjem se vlakanca u papiru međusobno bolje povezuju, smanjuje se prašenje papira, te poboljšavaju mehanička svojstva papira. Danas se za izradu papira najčešće koristi keljivo na bazi škroba čime se povećava čvrstoća papira, otpornost na savijanje, otpornost na kidanje, otpornost na pucanje papira, otpornost prema brisanju teksta, a smanjuje se efekt čupanja i prašenja. [27, 28,29]

**Bojila** su dodaci papiru koji se najčešće dodaju tijekom izrade papira. Kod izrade bijelih papira, bojila povećavaju stupanj bjeline. Prilikom izrade obojenih papira, dodavanjem bojila u papirnu masu, može se dobiti željena boja i ton. [27, 28,29] Bojila su krute organske tvari koje se otapaju u otapalu (vezivu), a dodavanje bojila, veziva i pigmenta smanjuje čvrstoću knjižnog bloka jer se smanjuje površinska hrapavost papira.

#### **2.4.2. Svojstva papira**

Ovisno o namjeni, papir treba imati određena svojstva koja se mogu razvrstati u nekoliko skupina: opća svojstva papira, svojstva površine, svojstva lista, mehanička svojstva papira, optička svojstva i slično. [30]

### 2.4.2.1. Opća svojstva papira

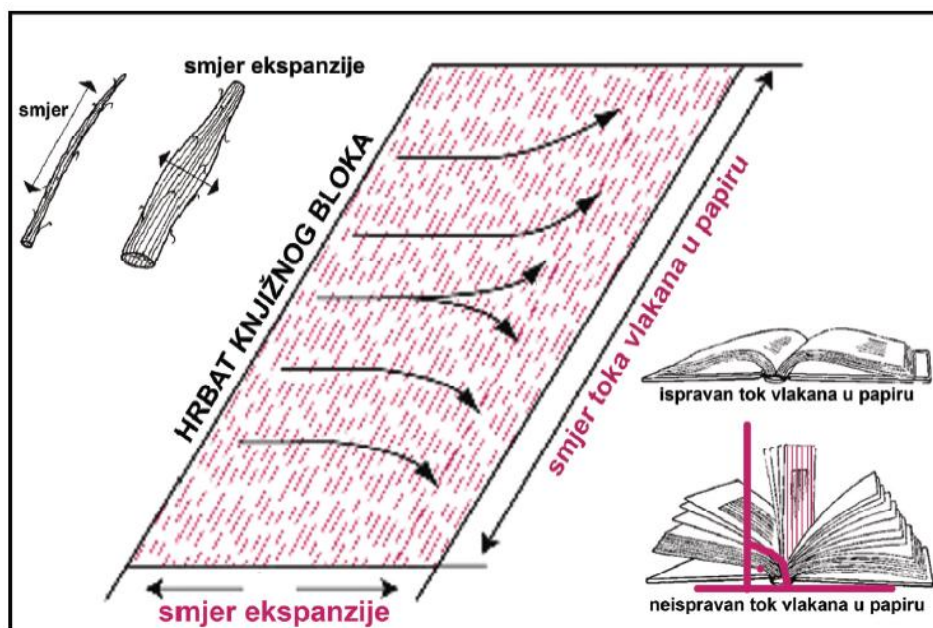
**Debljina papira** je udaljenost između dviju paralelnih površina jednog lista papira. Kreće se od 0,006 mm u kondenzatorskim i cigaretnim papirima do nekoliko milimetara u debljim kartonima i ljepenkama. Debljina papira ima značajan utjecaj na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja jer se povećanjem debljine papira povećava fizikalni kontakt površine vlakana s ljepilom. [3, 30]

**Gramatura papira ili površinska masa** je masa  $1 \text{ m}^2$  izražena u gramima. Jedinica za gramaturu je  $\text{g/m}^2$ . [31] Istraživanja pokazuju da gramatura papira utječe na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja. Papir veće gramature ima izravan utjecaj na povećanje čvrstoće adhezijske veze. Papir manje gramature pokazuje veća savijanja hrpta knjižnog bloka i stvaranje ureza nepravilnog oblika bez učestalosti njihova pojavljivanja po jedinici duljine. [3]

**Prostorna masa ili gustoća papira.** Prostorna masa je masa  $1 \text{ cm}^3$  izražena u gramima. U praksi se češće upotrebljava pojam specifični volumen nego prostorna masa. **Specifični volumen** definiran je kao odnos između debljine i gramature, odnosno kao volumen 1 g papira izražen u  $\text{cm}^3$ . Papiri mogu imati jednostruki, jedno i po struki ili dvostruki volumen. Istraživanja pokazuju da papir većeg volumena povećava rezultate čvrstoće slijepljenog spoja. [3, 30]

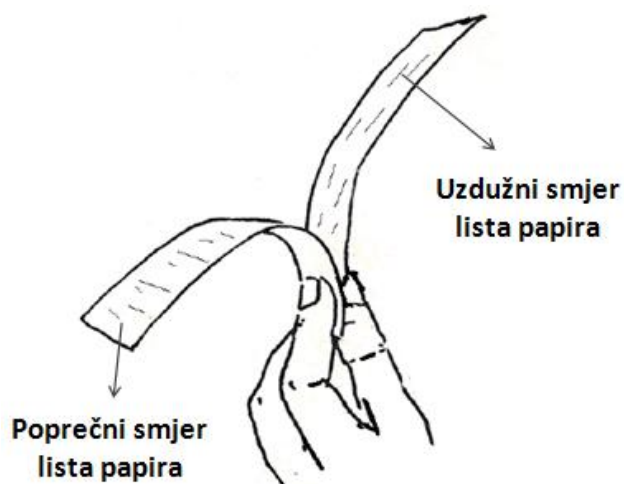
**Uzdužni i poprečni smjer lista papira.** Uzdužni smjer je smjer u kojem papirna traka teče na papir stroju, dok je poprečni smjer okomit na njega. Svojstva papira u pojedinim smjerovima mogu se bitno razlikovati, naročito mehanička svojstva: otpornost prema kidanju, istežljivost papira, otpornost prema savijanju, te različita promjena dimenzija lista uslijed promjene vlažnosti. U uzdužnom smjeru veće su promjene otpornost prema kidanju i otpornost prema savijanju, dok su u poprečnom smjeru veće promjene dimenzija uslijed promjene vlažnosti, te istežljivost. Prilikom izrade knjiga, da bi uvez bio čvršći i stabilniji, važno je da smjer izrade papirne trake teče paralelno s hrptom knjige (s linijom uvezivanja knjige). Ako je tok vlakana okomit

na hrbat knjige, listovi neće padati jedan preko drugog, nego će „stršati“ kad se knjiga otvori, a korice će se savinuti i odizati od vanjskog ruba knjige (slika 31.). [3]



Slika 31. Kvaliteta uveza s obzirom na smjer vlakana u papiru [3]

Jedna od jednostavnih metoda za određivanje uzdužnog i poprečnog smjera papira sastoji se u tome da od istog arka izrežemo dvije trake papira u različitim smjerovima, dimenzija 1-2 cm x 20 cm. Trake se sastave u donjem dijelu, a gornji dio se pusti da se presavije uslijed težine. Jače se presavije papirna traka izrezana u poprečnom smjeru što je vidljivo na slici 32.



Slika 32. Ispitivanje smjera vlakana u papiru [30]

**Pustena i sitova strana lista papira** – dvostranost posebno dolazi do izražaja u glatkosti, bjelini i upojnosti papira. Gornja ili pustena strana ima glatkiju i jednoličniju površinu pa se na njoj mogu dobiti bolji otisci. Sitova strana ima veću upojnost, ali manje naginje prašenju. Dvostranost naročito dolazi do izražaja u punjenim papirima, naročito ako sadržaj punila prelazi 15%, te u tiskovnim papirima s velikim sadržajem drvenjače. Ovo svojstvo papira ne utječe na kvalitetu uveza jer se ljepilo ne nanosi na površinu lista papira, nego na površinu presjeka lista papira.

**Vlaga u papiru** – za proces tiska važno je znati jesu li papiri dopremljeni iz skladišta u ravnoteži s relativnom vlažnošću zraka u tiskari. Budući da je papir izrađen od celuloznih vlaknaca, on je higroskopan. Vlaga u papiru ovisi o: načinu dobivanja vlakana (drvenjača, tehnička celuloza), načinu pripreme papirne mase (posno ili masno mljevenje, razni dodaci), naknadnoj obradi odnosno oplemenjivanju papira (površinsko keljenje, različiti premazi) i o načinu skladištenja. Budući da je papir higroskopan, on reagira na promjene vlažnosti i temperature u skladištu, te može postati valovit, može se savijati, može doći do promjene mehaničkih svojstava i promjene dimenzija. Padom temperature papir prima vodu i rasteže se, a porastom temperature otpušta vodu i skuplja se. [30] Promjena kvalitete uveza, odnosno promjena vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja posljedica je istežanja vlakna paralelno s djelovanjem vlačne sile naprezanja, dakle u smjeru širenja vlakna (uzdužni smjer vlakana uvijek slijedi liniju uvezivanja knjige).

#### **2.4.2.2. Svojstva površine papira**

**Glatkost ili hrapavost** – papir je pogodniji za tisak što je veća glatkost površine papira. Glatkost površine podrazumijeva približavanje te površine idealnoj ravnini, dok je hrapavost devijacija od idealne ravnine. Glatkost ovisi o načinu glačanja papira, svojstvima vlaknaca papira, stupnju mljevenja, te vrsti i količini punila odnosno premaza. Glatkost za tisak očituje se pod određenim pritiskom do kojeg dolazi prilikom tiska. Stoga je za kvalitetnu reprodukciju važna ne samo glatkoća papira, nego i mekoća. Istraživanja pokazuju da je za tisak pogodniji papir koji je manje gladak, ali mekan, nego papir koji je više gladak, ali tvrd. [32] Međutim, gledano s aspekta



kvalitete bešavnog uveza knjige, hrapavost površine papira ima izravan utjecaj na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja. Povećanjem hrapavosti površine papira povećava se dodirna površina s ljepilom, te je slijepljeni spoj čvršći.

**Prašenje papira** je pojava oslobađanja sitnih čestica s površine papira tijekom njegove prerade. Razlozi zbog kojih dolazi do prašenja najčešće su: prekratka i nedovoljno isprepletana vlakanca, čestice punila nisu dovoljno vezane za sam list, nestručan rad na papir stroju (npr. prevrući cilindri za sušenje) ili nestručno obrezan papir (rezanje obavljeno na strojevima s tupim noževima). Prašina se najviše nakuplja na rubovima lista i jako smeta u tisku jer smanjuje kvalitetu otisaka, ali i kvalitetu slijepljenog spoja. Stoga se u bešavnom uvezu knjiga, prilikom obrade hrpta knjižnog bloka, posebnim četkama i usisavačima odvodi papirna prašina iz pukotina papira. Time se povećava hrapavost površine papira, povećava se dodirna površina s ljepilom što rezultira povećanjem čvrstoće slijepljenog spoja.

**Čupanje papira** je oštećenje površine papira tijekom procesa tiska samim procesom tiska, ali ovo svojstvo papira nema izravan utjecaj na kvalitetu bešavnog uveza knjige.

#### 2.4.2.3. Svojstva lista papira

**Upojnost** – u listu papira nalaze se šupljine koje utječu na prodiranje tekućine u papir, odnosno na njegovu upojnost. Ovisno o sastavu i načinu izrade, papir ima više ili manje šupljina. Što je u papiru više šupljina, to papir ima veću upojnost. Na upojnost možemo utjecati tijekom izrade papira dodatkom drvenjače, punila i posnim mljevenjem, a izrađeni papiri ne smiju se satinirati. Želimo li smanjiti upojnost, za izradu papira treba uzeti celulozna vlakna, što manje punila, masno mljevenje, a izrađeni papir treba satinirati. Razlikujemo površinsku upojnost ili upojnost okomitu na ravninu lista i kapilarnu upojnost ili upojnost paralelnu s ravninom lista. Upojnost značajno utječe na kvalitetu otiska. Premala upojnost dovodi do mazanja svježeg otiska na izlagačem dijelu tiskarskog stroja jer boje u visokom i plošnom tisku ne mogu dovoljno brzo prodrijeti u podlogu. Prevelika upojnost dovodi do otiranja jer vezivo

tiskarskih boja prebrzo prodire u list papira, a pigment ostaje na površini i lako se otire. Na kvalitetu bešavnog uveza knjige korištenjem taljivog ljepila znatno utječe površinska upojnost papira. Veća površinska upojnost papira omogućava bolje prodiranje ljepila u strukturu papira čime se povećava čvrstoća slijepljenog spoja. Taljivo hot-melt ljepilo ima kratko otvoreno i zatvoreno vrijeme sušenja taline što pridonosi brzom postizanju slijepljenog spoja određene jakosti, a što se ne može postići primjenom PVAc i PUR ljepila.

**Propusnost na zrak** – ovisno o namjeni papira potrebna je različita propusnost za zrak. Ovo svojstvo papira nema izravan utjecaj na kvalitetu bešavnog uveza knjige.

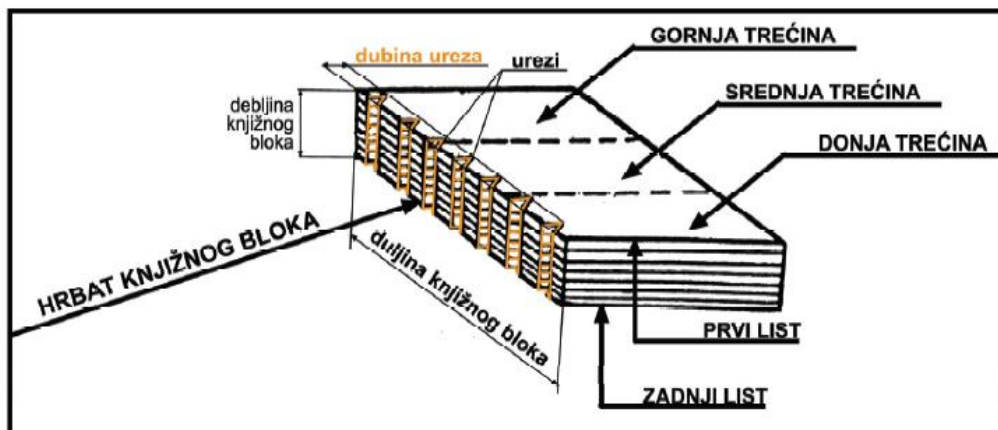
**Dimenzionalna stabilnost** papira ovisna je o površinskoj upojnosti papira. Poželjna je što manja promjena dimenzija papira uslijed promjene vlažnosti. Važno je poznavati veličinu promjene dimenzije papira u uzdužnom i poprečnom smjeru ovisno o vlazi. Povećanjem vlage u papiru, vlakna nabubre i dolazi do ekspanzije vlakana u poprečnom smjeru lista papira. Zbog toga je nužno da uzdužni smjer vlakana slijedi liniju uvezivanja. U suprotnom, došlo bi do pucanja ljepila i slabljenja slijepljenog spoja zbog promjene dimenzije papira u poprečnom smjeru uslijed promjene vlažnosti.

**Keljenost i stupanj keljenja** – keljenjem papira zatvaraju se cjevčice vlaknaca u papiru i sama površina lista papira, te papir poprima hidrofoban karakter čime se poboljšava kvaliteta otiskivanja. Tekućine nanese na površinu takvog papira ostaju u oštrouobnom obliku nakon sušenja, ne razlijevaju se (npr. tinta za pisanje). Keljenost se stupnjuje. Što je stupanj keljenosti veći, upojnost papira je manja. Tiskovni papiri su najčešće tričetvrt keljeni, dok su papiri za višebojni ofset, umjetnički tisak i pisači papiri puno keljeni. [30] Budući da se keljenjem smanjuje površinska upojnost i poroznost papira, taljivo ljepilo (koje se koristi u bešavnom uvezu knjige) teže prodire u strukturu papira što ima za posljedicu smanjenje čvrstoće slijepljenog spoja.

#### 2.4.2.4. Mehanička svojstva papira

Mehanička svojstva papira ovise o vrsti i dužini vlakana, stupnju i karakteru ispreplitanja vlakana u listu, stupnju stlačivanja lista pri izradi ili doradi lista, prisutnosti nevlaknastih materijala, stupnju fibrilizacije lista, gipkosti i elastičnosti, odnosu dužine prema promjeru vlakana i slično.

**Otpornost prema kidanju** ovisi više o silama vezivanja među vlaknima nego o njihovoj dužini. Otpornost na kidanje veća je u smjeru proizvodnje papira jer se pojedinačno vlakno intenzivnije povezuje s ostalima u mreži. Nakon tehnološkog procesa obrade hrpta knjižnog bloka (piljenje hrptenih pregiba knjižnih slogova, poprečno urezivanje hrpta knjižnog bloka), na pojedinim segmentima površine hrpta knjižnog bloka broj ureza po jedinici dužine je veći ili manji, a urezi dublji ili plići. Pojavljivanje većeg broja ureza nepravilnog oblika ima za posljedicu rastrganu površinu hrpta knjižnog bloka. Na slici 33. prikazani su intervali pojavljivanja ureza na gornjoj, srednjoj i donjoj trećini hrptenog dijela duljine knjižnog bloka. [3]

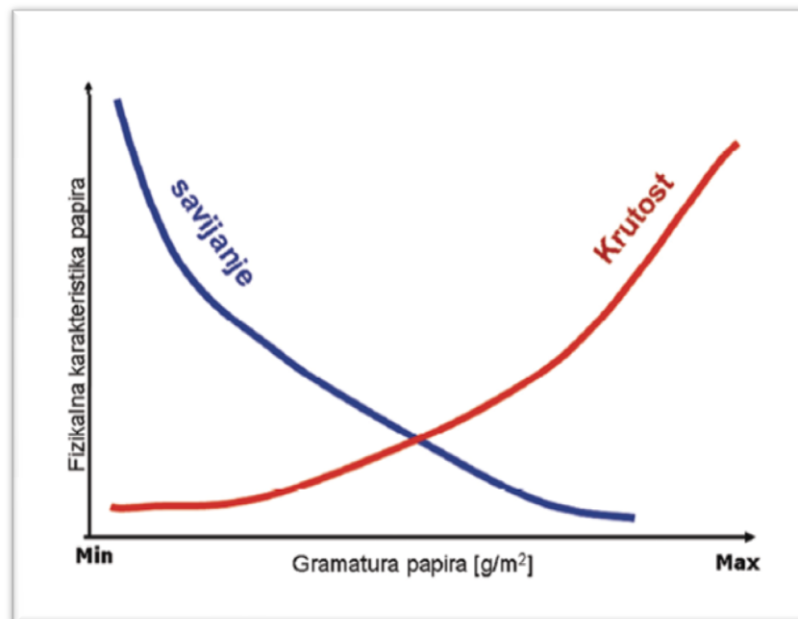


Slika 33. Knjižni blok nakon ohrapavljenja [3]

Otpornost papira prema kidanju u izravnoj je vezi s oblikom i brojem ureza po jedinici duljine. Papir koji ima veću otpornost prema kidanju pridonosi stvaranju ureza relativno pravilnog oblika s većom učestalosti njihova pojavljivanja po jedinici duljine.

**Otpornost prema savijanju** ovisi više o dužini vlakanaca, njihovoj gipkosti i čvrstoći, nego o međusobnim silama vezivanja vlakanaca. Otpornost prema savijanju je veća u uzdužnom smjeru nego u poprečnom. Mjerenje otpornosti prema savijanju naročito je važno kod papira koji se svakodnevno pregibaju i gužvaju kao što su novine i novčanice. Porastom gramature papira, raste i otpornost na savijanje do određenog maksimuma nakon kojeg otpornost opada. Ispitivanje otpornosti prema savijanju provodi se na uređaju na kojem se mjeri broj dvostrukih savijanja uzorka dok ne dođe do pucanja. [33]

U formi bešavnog uveza knjige, otpornost prema savijanju je važna jer papiri manje gramature imaju manju otpornost na savijanje što utječe na proces obrade hrpta knjižnog bloka. Naime, papir manje gramature pokazuje veća savijanja hrpta knjižnog bloka i stvaranje ureza nepravilnog oblika bez učestalosti njihova pojavljivanja po jedinici duljine (slika 34.). [3]



Slika 34. Utjecaj svojstava papira na oblik ureza [3]

**Otpornost prema cijepanju** ovisi više o dužini i čvrstoći vlakana, a manje o silama vezivanja među vlaknima. Prema Elmendorfu, otpornost papira prema cijepanju mjeri se određivanjem sile koja je potrebna da se pocijepa ispitivani uzorak papira koji je prethodno zarezan. Izmjerena sila potrebna za cijepanje uzoraka poistovjećuje se s otpornošću papira prema cijepanju. Za uspoređivanje papira različitih gramatura

izračunava se indeks cijepanja kao omjer otpornosti papira prema cijepanju i gramature papira. [34]

Mjerenje otpornosti papira prema cijepanju važno je zbog vrednovanja mehaničkih svojstava lista papira na mjestu linije uvezivanja. Sila potrebna da se pocijepa uzorak koji je prethodno zarezan zapravo se odnosi na svojstvo površine lista papira nakon ohrapavljenja, na mjestu linije uvezivanja. [3]

**Otpornost prema tlaku** važna je za papirnu i kartonsku ambalažu, ali nema izravan utjecaj na kvalitetu bešavnog uveza knjige jer se čvrstoća knjižnog bloka ispituje mjerenjem vlačne sile kidanja lista papira na kidalici. [30] Vlačna sila naprezanja djeluje uzduž cijele linije uvezivanja i povećava se sve dok ne dođe do kidanja lista papira.

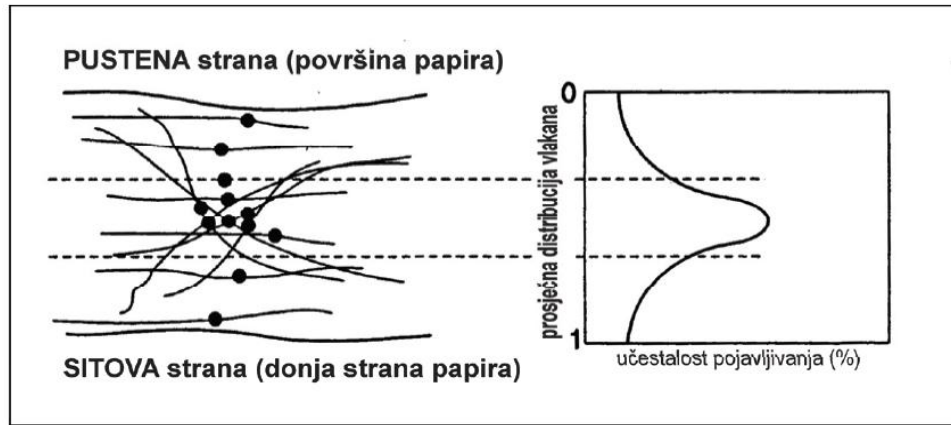
#### **2.4.2.5. Optička svojstva papira**

Optička svojstva papira su: bjelina, ton boje, opacitet ili neprozirnost, transparentnost ili prozirnost, sjaj, fluorescentnost (u slučaju upotrebe optičkih bojila) i postojanost prema svjetlu. Od navedenih svojstava značajniji utjecaj na kvalitetu bešavnog uveza knjige ima sjajnost. Većina papira nema sjajnu površinu. Ukoliko nam je potreban sjajni papir, sjajnost se postiže kalandriranjem, premazivanjem i glačanjem premaza. Površinskim premazom zatvaraju se makropore na pustenoj i sitovoj strani lista papira. Sjajni papir, zbog glatkog površinskog premaza, ima manju površinsku hrapavost. Smanjena površinska hrapavost papira smanjuje mogućnost mehaničkog vezanja taline ljepila u pukotine i otvore na površini papira, Odnosno, smanjuje čvrstoću slijepljenog spoja i kvalitetu bešavnog uveza knjige. [3]

#### **2.4.3. Vrste papira**

Papir je tanka plosnata tvorevina nastala ispreplitanjem celuloznih vlaknaca kojima su dodana punila, keljiva i bojila. Sirovina za proizvodnju papira naziva se pulpa, odnosno suspenzija celuloznih vlaknaca u vodi. Ovisno o vrsti i načinu obrade vlakana, te o korištenim dodacima, variraju i svojstva proizvedenog papira. Primarnu

strukturu papira čini stohastička mreža isprepletenih celuloznih vlakana. Učestalost pojavljivanja vlakana nije jednaka na cijeloj površini presjeka lista papira nego je najveća u srednjem dijelu, a najmanja na pustenoj i sitovoj strani lista papira (slika 35).



Slika 35. Prosječna distribucija vlakana kroz presjek površine lista papira [3]

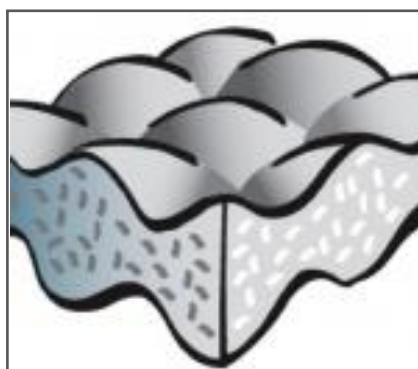
Postoje različite podjele papira. Najčešće se papiri dijele:

- prema rabljenim sirovinama (papiri iz krpa, celulozni papiri, bezdrvni, reciklirani, sintetički...)
- prema načinu dorade (nepremazani, premazani papiri)
- prema namjeni (pisaći, crtaći, tiskovni, omotni papiri ...). [35]

U formi bešavnog uveza knjige, za izradu knjižnog bloka, najčešće se koriste nepremazani, premazani i voluminozni papiri s udjelom drvenjače većim od 10%. Koriste se različite gramature papira. Na čvrstoću knjižnog bloka izravan utjecaj imaju mehanička i površinska svojstva papira. Jakost djelovanja kohezijske sile u sloju mase ljepljivosti i adhezijske sile na mjestu slijepljenog spoja uvjet je za optimalnu čvrstoću slijepljenog spoja. [3]

Nepremazani i premazani papiri razlikuju se prema načinu dorade papira.

**Nepremazani papiri** (prirodni ili naravni) imaju prirodan izgled (slika 36.). To su bezdrvni papiri, te papiri proizvedeni na bazi drvenjače i starog papira. Mogu biti: jednostrano glatki, obostrano glatki, jednostrano satinirani i obostrano satinirani. Skupinu nepremazanih papira čine: ofsetni papiri, listovni papiri, knjižni papiri, reciklirani papiri, papiri s vodenim znakom, novčani papiri, transparentni papiri, papiri za elektrofotografiju i papiri za InkJet. [36]



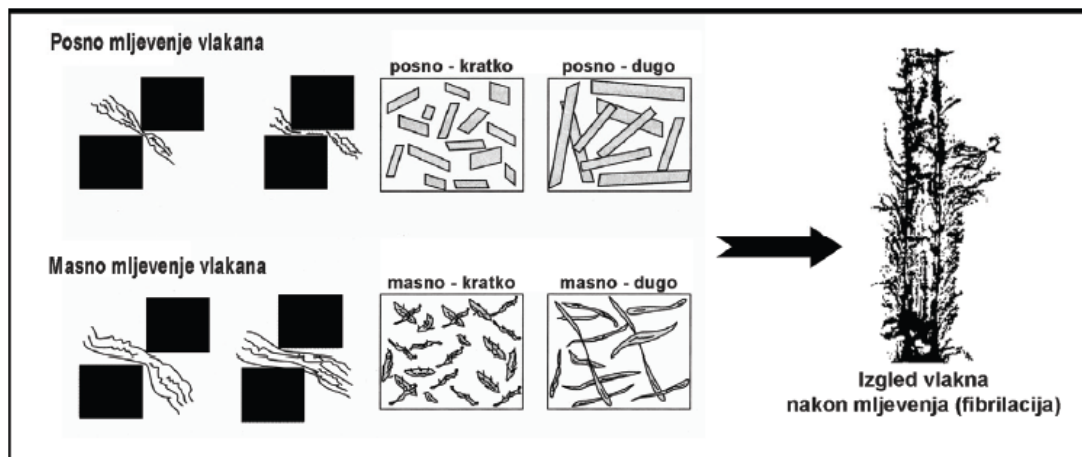
Slika 36. Nepremazani papir

**Bezdrvni papir** sadrži primarna vlakna, proizveden je iz čiste tehničke celuloze, bez dodavanja drvenjače. U sastavu bezdrvnog papira udio drvenjače ne bi smio biti veći od 5%. Dobiva se masnim mljevenjem pri čemu nastaju mehaničke promjene na stjenci vlakna, tzv. fibrilacija. Fibrilacijom nastaju resice na površini stjenke vlakna koje uzrokuju povećanje specifične površine vlakna. Osnovni pokazatelji fibrilacije vlakna su dimenzionalna stabilnost i smanjenje poroznosti bezdrvnog papira. Bezdrvni papir može biti nepremazani, satinirani i premazani (papiri za umjetnički tisak, 90-170 g/m<sup>2</sup>). Površina bezdrvnog papira može biti glatka ili mat. Proizvodi se u različitim gramaturama. Koristi se za jednobojni ili višebojni tisak knjiga za višekratnu upotrebu (II. kategorija), kao što su rječnici, udžbenici, romani, dječja literatura... [3, 4]

**Voluminozni papir** sadrži primarna vlakna. Dobiva se kombinacijom drvenjače (udio drvenjače je veći od 10%) i bezdrvnog papira, posnim mljevenjem. Posnim mljevenjem vlaknima se mehaničkim postupkom skraćuje duljina, te se dobivaju kratka vlakna koja će formirati voluminozan papir. Posljedica skraćivanja celuloznog vlakna je smanjenje dimenzionalne stabilnosti i povećanje poroznosti voluminoznog papira. Higroskopne karakteristike stjenke vlakna ostaju nepromijenjene. Voluminoznost papira ovisi o broju pukotina između slojevite mreže isprepletenih vlakanaca. Volumen i oblik pukotina međusobno se razlikuju. Papir s većim brojem pukotina ima veću voluminoznost. Veća voluminoznost označava deblji papir, ali ne i teži u odnosu na gramaturu. Voluminozni papir je žućkasto obojen, ima veliki specifični volumen i slaba mehanička svojstva. Vlakna obrađena posnim mljevenjem slabije se međusobno isprepliću, stvara se manji broj vodikovih mostova što ima za posljedicu slabljenje mehaničkih svojstava papira.

Koristi se za tiskovine bez trajne vrijednosti (popularno-znanstvena literatura, beletristika, znanstvena fantastika, autobiografski romani...), jednobojni tisak.

Svojstva bezdrvnog i voluminoznog papira razlikuju se ovisno o načinu obrade vlaknaste sirovine. Stupanj mljevenja i način rezanja vlakana može biti posno i masno (slika 37.). [3, 4]



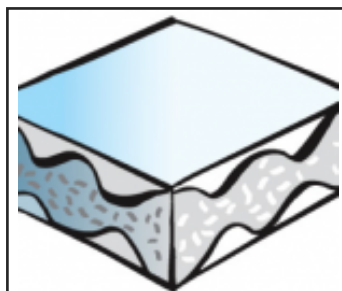
Slika 37. Utjecaj načina mljevenja vlakana u stvaranju fibrila i mikrofibrila [3]

Masno mljevenje je mljevenje u kojem ne dolazi do skraćivanja vlakana nego dolazi do fizičkih promjena na stjenkama vlakana. Vlakna se fibriliraju, odnosno dolazi do oštećivanja stjenki vlakana čime se povećava ukupna površina vlakna. Tako obrađena vlakna postaju fleksibilnija, bolje se međusobno povezuju u listu, a papir poprima bolja mehanička svojstva. [36]

Za proizvodnju **recikliranog papira** koriste se sekundarne sirovine (stari papir). Stari se papir može uspješno reciklirati 3 do 5 puta zahvaljujući deinking postupku (djelomičnom odstranjivanju boje s već otisnutih vlakana). Proizvodnja recikliranog papira sve više raste. Svojstva recikliranog papira ovise o gotovo svakom dijelu postupka prerade. Zato se tijekom čitavog postupka kontroliraju uzorci kako bi se dobila zadovoljavajuća kvaliteta papira. Višekratna upotreba starog papira štedi druge sirovine (drvo, vodu, energiju) što pojeftinjuje proizvodnju novog papira. Reciklirani papir koristi se za tiskovine bez trajne vrijednosti (knjige za jednokratnu upotrebu, jednobojni tisak). [4]



**Premazani papir** nastaje u doradnoj fazi proizvodnje papira nanošenjem premaza u jednom sloju ili u više slojeva, jednostrano ili obostrano (slika 38.).



Slika 38. Premazani papir

Premazi se najčešće sastoje od mješavine pigmenata, veziva i optičkih dodataka (bjelila), a mogu se nanositi špricanjem, rakelom, četkama ili valjcima. Svrha premaza je da površinu lista učini homogenijom, da anulira razlike u izgledu između gornje i donje strane papira, da smanji upojnost i poroznost papira, odnosno da poboljša površinska svojstva papira. Rezultat je veća bjelina, opacitet, sjaj i glatkoća premazanih papira. Za tisak dječjih slikovnica koje su bogate ilustracijama u boji često se koriste obostrano premazani papiri. Postoje različiti tipovi obostrano premazanih papira za tisak ilustracija kao što su:

- specijalno premazani papir za tisak ilustracija – koristi se za zahtjevne visokokvalitetne poslove, površina mu može biti sjajna, polusjajna ili mat, izvrsnih je tiskovnih svojstava;
- papir za tisak standardnih ilustracija –solidne kvalitete;
- uobičajeni papir za tisak ilustracija – koristi se za manje zahtjevne poslove, limitirane je kvalitete. [37]

Kontaktom premaza i površine papira dolazi do prodiranja premaza u dubinu papira (u z-smjeru) što dovodi do zadržavanja premaza na površini papira. [28] Osnovni preduvjet za postizanje kvalitete uveza lijepljene knjige je optimalna mehanička obrada hrpta knjižnog bloka. Korištenjem premazanog papira za izradu knjižnog bloka u formi bešavnog uveza knjige, prilikom ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka, na površini papira zaostaju anorganske čestice koje sprječavaju prodiranje ljepljive u otvore i pukotine papira, te je slijepljeni spoj slabije kvalitete.

## 2.5. Vruće taljiva ljepila ili hot-melt ljepila

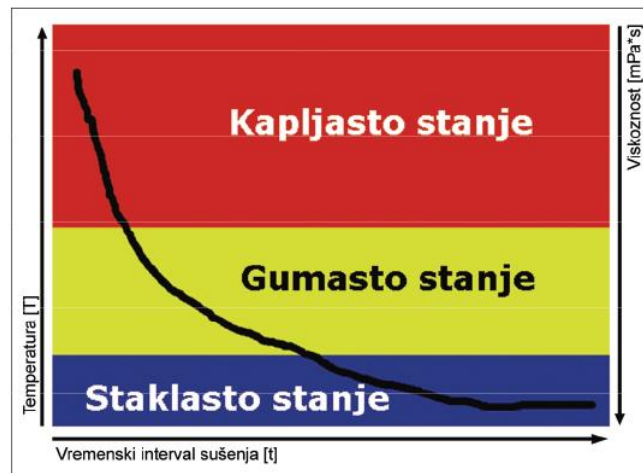
Vruće taljiva ljepila su smjesa različitih termoplastičnih smola i dodataka. Često se koriste u grafičkoj industriji za uvezivanje knjiga. Obično se koriste hot-melt ljepila koja sadrže tri tvari: oko 50% osnovnog EVA polimera koji daje snagu i izdržljivost, oko 30% ljepljive smole koja poboljšava prijanjanje i oko 20% voska (obično parafina) koji smanjuje viskoznost. Hot-melt ljepila sadrže i oko 1% antioksidansa za toplinsku stabilizaciju. Ne sadrže nikakva otapala te su u obliku granula, štapića, jastučića ili blokova (slika 39.) koji se grijanjem rastale i u rastaljenom obliku nanose na površine materijala koje se lijepe. [19]



Slika 39. Različite izvedbe hot-melt ljepila [38]

Čvrstoća knjižnog bloka ovisna je o reološkim karakteristikama ljepila (viskoznosti). Količinski udio smole i voska, te volumni udio vinil-acetata u kopolimeru etilen-vinil-acetata (vezivo) određuju reološka svojstva ljepila. Kopolimer EVA pokazuje dobra fizikalna svojstva s obzirom na otvoreno i zatvoreno vrijeme sušenja ljepila. Količinski udio voska utječe na viskoznost ljepila (povećani udio voska smanjuje viskoznost ljepila). Kruta ljepljiva smola ostvaruje neraskidivu vezu između ljepila i papira. Kvaliteta slijepljenog spoja rezultat je optimalnog udjela vinil-acetata u kopolimeru, te optimalnog udjela smole i voska. Za postizanje optimalne viskoznosti taline (kapljasto stanje termoplasta), nužno je, tijekom tehnološkog procesa lijepljenja, dovesti određenu količinu topline u termoplast. Kopolimer etilen-vinil-acetat je termoplast koji ima svojstvo reverzibilnih promjena termičkih stanja. Osnovna mehanička deformacijska stanja polimera su staklasto, viskoelastično (gumasto) i viskofluidno (kapljasto) stanje. Između različitih deformacijskih stanja postoje

prijelazna temperaturna područja. Temperatura je važan čimbenik o kojem ovisi viskoznost ljepila i vremenski interval sušenja taline (slika 40). [3]



Slika 40. Promjena mehaničkog deformacijskog stanja polimera u tehnološkom procesu sljepljivanja [3]

Dovođenjem toplinske energije u termoplast (zagrijavanjem), dolazi do popuštanja sekundarnih veza kojima je kopolimer povezan. Popuštanjem sekundarnih veza na mjestu polimera između makromolekula, makromolekule postaju pokretljive, a polimer prelazi u talinu. Odnosno, dovođenjem toplinske energije, taljivo ljepilo iz staklastog ili kristalastog stanja prelazi u gumasto ili viskoelastično, a potom u kapljasto ili viskofluidno stanje u kojem je viskoznost taline optimalna za lijepljenje. Hlađenjem, sekundarne veze ponovo se uspostavljaju, a polimer prelazi u čvrsto (staklasto ili kristalasto) stanje. Ovaj ciklus omekšavanja i stvrdnjavanja može se ponavljati više puta. [3, 4]

Način lijepljenja hot-melt ljepila je fizikalni, odnosno taljiva ljepila lijepe hlađenjem. Hot-melt ljepila imaju veliku početnu ljepljivost, u kratkom vremenu tvore čvrstu vezu između površina koje se lijepe, čista su i jednostavna za rukovanje, otporna na djelovanje vlage, relativno su jeftina. Zahvaljujući ovim svojstvima koriste se u nakladničkom strojnom i linijskom uvezu knjiga. Ne mogu se koristiti u ručnom uvezu knjiga. [19]

## 2.6. Ispitivanje čvrstoće lijepljene meko uvezane knjige

Pokazatelj kvalitete uveza lijepljene knjige (HM/PUR/PVAc) je mehanička čvrstoća knjižnog bloka. Kvaliteta uveza lijepljene knjige uključuje nekoliko čimbenika:

- čvrstoću slijepljenog spoja s obzirom na položaj pojedinačnog lista papira u knjižnom bloku,
- lakoću listanja,
- kompaktnost i stabilnost hrpta knjižnog bloka.

Kvaliteta uveza može se procijeniti kvantitativnom i vizualnom metodom.

Kvantitativna metoda podrazumijeva mjerenje vlačne sile kidanja  $F$  (N/cm) pojedinačnog lista papira pomoću kidalice. Kidanje pojedinačnog lista iz knjižnog bloka provodi se uvijek istim redoslijedom kod svih uzoraka. Kvaliteta čvrstoće knjižnog bloka u ovisnosti o položaju lista papira određuje se na temelju kvantitativne aritmetičke vrijednosti sile kidanja pojedinačnog lista u knjižnom bloku. Rezultat srednje vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja pojedinačnog lista papira uspoređuje se s vrijednostima čvrstoće koju propisuje FOGRA vrijednosna ocjena za čvrstoću knjižnog bloka (tablica 1.). [19]

Tablica 1.: FOGRA vrijednosne ocjene za čvrstoću knjižnog bloka [19]

| Očekivane vrijednosti sile kidanja | Atributivne vrijednosti ocjena |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Ispod 5,5 N/cm                     | Loše uvezivanje                |
| 5,6 N/cm do 6,5 N/cm               | Granično uvezivanje            |
| 6,6 N/cm do 7,5 N/cm               | Dobro uvezivanje               |
| Iznad 7,5 N/cm                     | Vrlo dobro uvezivanje          |

Pokazatelj kvalitete uveza je čvrstoća slijepljenog spoja na mjestu linije uvezivanja. Da bi čvrstoća knjige bila jednaka, važan je ravnomjerni nanos ljepila po cijeloj dužini lista i po cijeloj debljini knjižnog bloka. Pritom je jako važna obrada hrpta knjižnog bloka kako bi svaki list po cijeloj dužini hrpta došao u kontakt s ljepilom i kako bi se, uljepljivanjem knjižnog bloka u jednodijelne kartonske korice, ostvarila direktna veza između svakog lista knjižnog bloka i korica.

Na kvalitetu uveza lijepljenje knjige značajan utjecaj imaju: obrada hrpta knjižnog bloka, debljina nanosa i temperatura termalnog ljepila u interakciji s papirom i kartonom. [39]

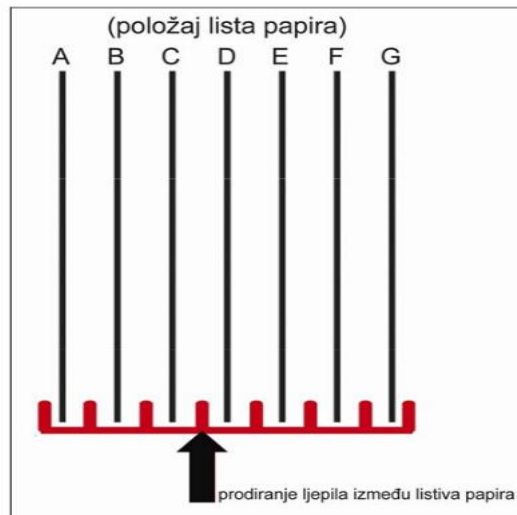
Obrada hrpta knjižnog bloka uključuje sljedeće tehnološke operacije:

- definiranje visine rezanja hrpta knjižnog bloka
- definiranje dubine poprečnih ureza u hrptu knjižnog bloka
- definiranje temperature ljepila
- definiranje debljine nanosa ljepila na hrbat knjižnog bloka
- definiranje debljine bočnog nanosa ljepila na prvi i zadnji list knjižnog bloka (slika 41).



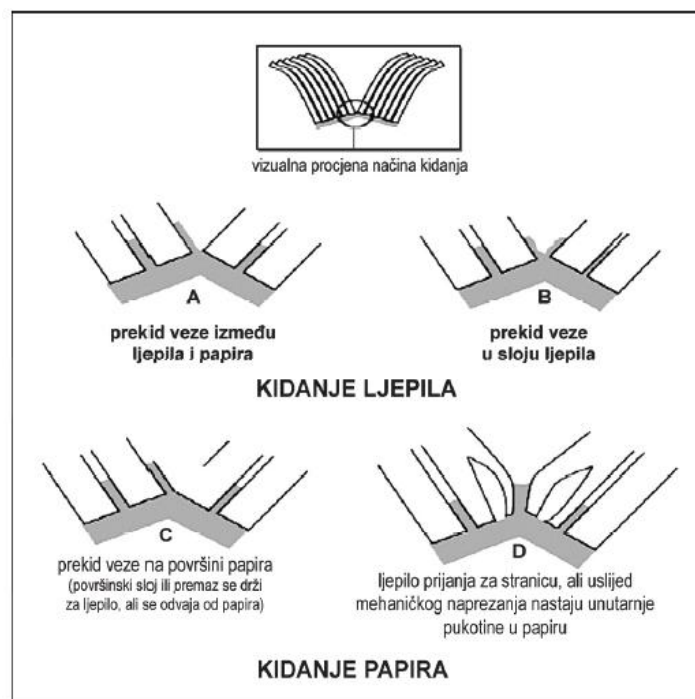
Slika 41. Prikaz redoslijeda tehnoloških operacija obrade hrpta knjižnog bloka [39]

Rezanjem hrpta knjižnog bloka (piljenje hrptenih pregiba knjižnih slogova), uvezne jedinice knjižni slogovi pretvaraju se u uvezne jedinice list papira. Taljivo ljepilo, koje se najčešće koristi u *perfect binding* metodi uvezivanja knjige, povezuje pojedinačne listove papira u jednu cjelinu na mjestu hrpta knjižnog bloka. Prodiranje ljepila između listova papira prikazano je na slici 42. Pokazatelj kvalitete uveza je čvrstoća slijepljenog spoja na mjestu linije uvezivanja.



Slika 42. Prodiranje ljepila između listova papira [40]

Vizualnom metodom procjenjuje se način popuštanja slijepljenog spoja na mjestu linije uvezivanja lista papira. Odnosno, procjenjuje se je li došlo do popuštanja u sloju ljepila (što znači da su slabe sile kohezije), je li došlo do popuštanja na granici papir ljepilo (što znači da su slabe sile adhezije) ili je došlo do pucanja papira (što znači dobro slijepljen spoj). Na slici 43. prikazani su načini popuštanja slijepljenog spoja na mjestu linije uvezivanja lista papira.



Slika 43. Načini popuštanja slijepljenog spoja [3]

Eksperimentalna ispitivanja čvrstoće knjižnog bloka pokazuju da premazani papiri imaju tendenciju odvajanja od osnovne strukture papira nakon djelovanja vlačne sile (zbog specifičnih svojstava površinskog premaza). Događa se da je čvrstoća slijepljenog spoja između površinskog premaza i ljepila veća nego čvrstoća adhezijske veze između površinskog premaza i osnovne strukture papira. [3] Rezultati ispitivanja čvrstoće knjižnog bloka za premazani papir korištenjem hot-melt ljepila pokazuju loše uvezivanje prema tablici 1. Knjige izrađene od premazanog papira bolje bi bilo uvezivati korištenjem PUR ljepila jer se time postižu vrijednosti sile kidanja koje odgovaraju vrlo dobrom uvezivanju (prema tablici 1). [41]

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Pristup problemu

Čvrstoća knjižnog bloka je parametar po kojem se procjenjuje kvaliteta uveza knjige. Cilj ovog rada je utvrditi koji papir s obzirom na vrstu i gramaturu daje veću čvrstoću knjižnog bloka, odnosno bolju kvalitetu forme bešavnog uveza knjige.

Forma bešavnog uveza knjižnog bloka pretežito se upotrebljava kod knjiga većeg opsega kod kojih nije moguće ostvariti uveznu formu šivanja žicom. To su najčešće knjige za dugotrajnu upotrebu. U toj kategoriji su i dječje knjige edukativnog sadržaja koje su bile predmet promatranja u ovom radu.

Promatrane su dvije kategorije dječjih knjiga:

- knjige za crtanje i pisanje (crtančice, bojanke, vježbenice, mozgalice,...) i
- knjige namijenjene za čitanje (slikovnice, albumi).

Za izradu ovih knjiga koriste se različite vrste papira. Slikovnice koje obiluju ilustracijama u boji pretežito se izrađuju od premazanog papira koji ima dobra tiskovna svojstva. Crtančice i vježbenice u kojima djeca crtaju, pišu i brišu, pretežito se izrađuju od nepremazanog papira različitih vrsta i gramatura. Ovim istraživanjem nastojimo utvrditi koje vrste i gramature papira daju najbolje rezultate čvrstoće kod konstantnih tehnoloških parametara bešavnog uveza.

Kao konstantni parametri definirani su:

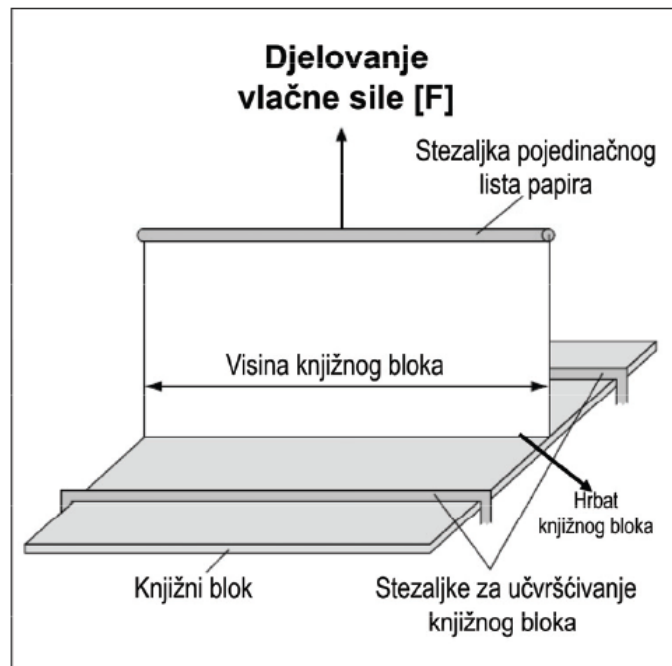
- forma uveza knjižnog bloka: bešavni uvez (*perfect binding* metoda)
- vrsta uveza: meko uvezane knjige (jednodijelne kartonske korice sa 4 utora)
- vrsta ljepila: taljivo hot-melt ljepilo
- opseg knjižnog bloka: 128 stranica ili 64 lista papira (nakon tehnološkog procesa obrade hrpta knjižnog bloka)
- format: 150 mm (širina) x 210 mm (visina)
- tehnološki proces obrade hrpta knjižnog bloka.

Promjenjivi parametri su:

- vrsta papira za izradu knjižnog bloka (bezdrvni, reciklirani, voluminozni)
- gramatura papira (80 gr/m<sup>2</sup>, 100gr/m<sup>2</sup>, 115gr/m<sup>2</sup>, 150gr/m<sup>2</sup>).



Kvaliteta bešavnog uveza utvrđena je iz rezultata čvrstoća slijepljenog spoja, za određene položaje listova papira u knjižnom bloku. Na kidalici Martini Tester Type VA izmjerene su vrijednosti vlačne sile kidanja pojedinačnih listova papira iz knjižnog bloka koje su poslužile za izračun prosječne vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja. Uvjeti kidanja lista papira bili su isti za sve knjižne blokove, a iz svake knjige istrgnuto je 10 listova papira po unaprijed definiranom redosljedu: 1., 9., 17., 24., 31., 35., 42., 50., 57., i 64. koje smo označili slovima A, B, C, D, E, F, G, H, I i J. Vrijednosna ocjena kvalitete bešavnog uveza dobivena je usporedbom rezultata srednje vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja s vrijednostima čvrstoće koju propisuje FOGRA vrijednosna ocjena za čvrstoću knjižnog bloka. Princip rada kidalice prikazan je na slici 44. Uzduž cijele linije uvezivanja djeluje vlačna sila naprezanja jednake jakosti koja se kontinuirano povećava i zaustavlja se u trenutku kidanja lista papira. [3]



Slika 44. Princip rada kidalice [3]

Za izradu jednobojnih/jednotonskih dječjih knjiga za crtanje i pisanje (crtančice, bojanke, vježbenice, mozgalice,...) koriste se nepremazani papiri, te je u ovom radu napravljena usporedba nepremazanih fotokopirnih papira iste gramature ( $80 \text{ g/m}^2$ ) s različitim udjelom recikliranog vlakna (0%, 33%, 100% recikliranih vlakana), bezdrvnih nepremazanih papira različite gramature ( $80 \text{ g/m}^2$  i  $100 \text{ g/m}^2$ ), te voluminoznog papira ( $80 \text{ g/m}^2$ ).

Za izradu višebojnih dječjih knjiga za čitanje (slikovnice, albumi) koriste se najčešće premazani papiri, ali se za višebojni jednotonski tisak dječjih knjiga mogu koristiti i fotokopirni papiri 80g/m<sup>2</sup>, te nepremazani bezdrvni papiri 100g/m<sup>2</sup>. Stoga je napravljena usporedba između bezdrvnog premazanog papira različite gramature (115g/m<sup>2</sup> i 150g/m<sup>2</sup>), te između bezdrvnog nepremazanog (100g/m<sup>2</sup>) i bezdrvnog premazanog papira (115g/m<sup>2</sup>).

Aritmetičke sredine čvrstoće slijepjenog spoja međusobno su uspoređene statističkim testom ANOVA.

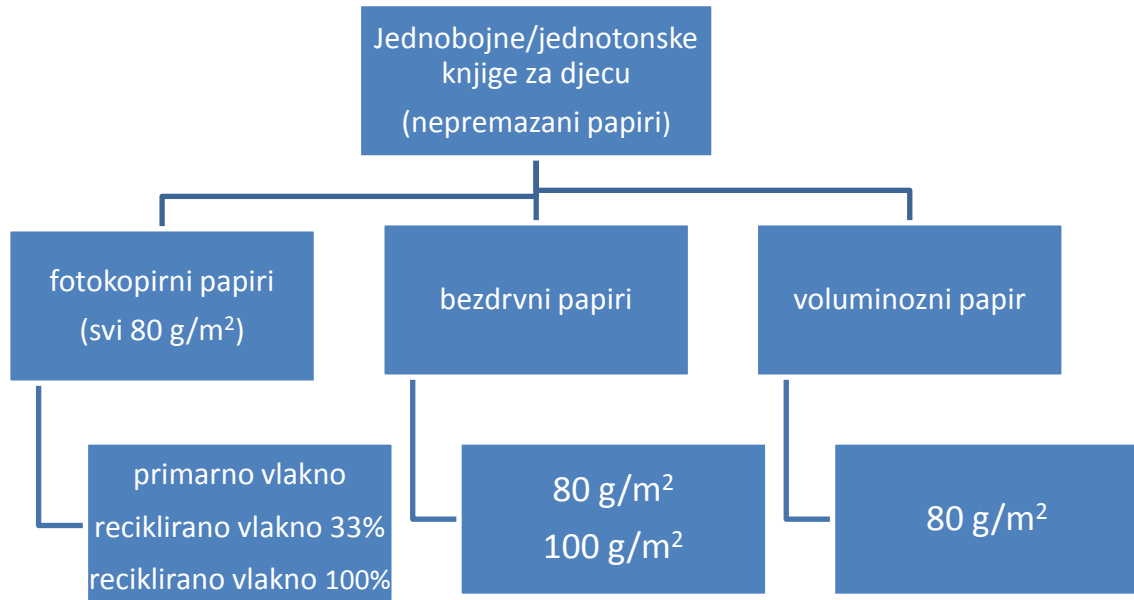
Sistematizacija uzoraka papira za obje kategorije dječjih knjiga prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Sistematizacija uzoraka papira

|                        |  | Vrsta papira   | Gramatura (g/m <sup>2</sup> )                   | Oznaka papira |
|------------------------|--|--|---|---------------|
| <b>KNJIGE ZA DJECU</b> | <b>Jednotonske/Jednoboje</b><br>(crtančice, bojanke, vježbenice) | Fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno)                      | 80  | F100PN_80     |
|                        |  | Fotokopirni reciklirani nepremazani papir (33% recikliranog vlakna)  | 80  | F033R_80      |
|                        |  | Fotokopirni reciklirani nepremazani papir (100% recikliranog vlakna) | 80  | F100R_80      |
|                        |  | Nepremazani bezdrvni papir   | 80  | 100PN_80      |
|                        |  | Nepremazani bezdrvni papir   | 100   | 100PN_100     |
|                        |  | Voluminozni papir (s udjelom drvenjače)                              | 80  | V_80          |
|                        |  | <b>Višebojne</b><br>(slikovnice, albumi)                             | Fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno) | 80            |
|                        | Nepremazani bezdrvni papir                                       |  | 100   | 100PN_100     |
|                        | Obostrano premazani bezdrvni papir sjajni                        |  | 115   | 100PN_115     |
|                        | Obostrano premazani bezdrvni papir mat                           |  | 150   | 100PN_150     |

Pregledniji uvid u ovo istraživanje daje shematski prikaz vrsta i gramatura papira analiziranih u ovom istraživanju.

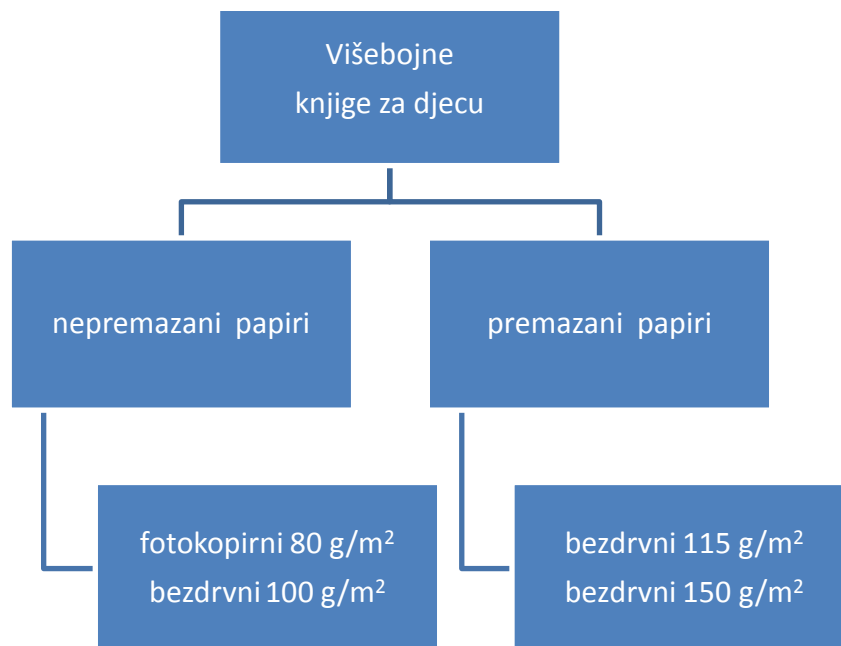
I. Kategorija knjiga za djecu



**Usporedbe papira:**

| 1. Usporedba<br><b>Fotokopirni papiri</b><br><b>80g/m<sup>2</sup></b> | 2. Usporedba<br><b>Bezdrvni papiri</b>      | 3. Usporedba<br><b>80 g/m<sup>2</sup> papiri</b> |
|---|---|--|
| primarno vlakno<br>reciklirano vlakno 33%<br>reciklirano vlakno 100%  | 80 g/m <sup>2</sup><br>100 g/m <sup>2</sup> | fotokopirni<br>bezdrvni<br>voluminozni           |

## II. Kategorija knjiga za djecu



### Usporedba papira:

| 1. Usporedba<br><b>Premazani papiri</b>                        | 2. Usporedba<br><b>Bezdrvni papiri</b>                           |
|--|--|
| bezdrvni 115 g/m <sup>2</sup><br>bezdrvni 150 g/m <sup>2</sup> | nepremazani 100g/m <sup>2</sup><br>premazani 115g/m <sup>2</sup> |

Statističkim postupkom analiza varijance ispitat ćemo jesu li opažene razlike u čvrstoći knjižnog bloka statistički značajne.

### 3.2. Rezultati istraživanja

Sistematizacija rezultata čvrstoće knjižnog bloka jednaka je za različite vrste i gramature papira od kojih je napravljen knjižni blok. Usporedbom dobivenih rezultata

utvrdit ćemo koje su optimalne opcije vrste i gramature papira za izradu knjižnog bloka jednobojnih i višebojnih knjiga za djecu.

Rezultati istraživanja navedeni su u tablicama od 3 do 10.

Tablica 3. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno) 80 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno) 80 g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **F100PN\_80**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>F100PN_80 [1-10]</b> |                                    |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>Nakon uvezivanja</b> |                                    | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|                         | Redni broj lista u KB              | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                         |                                    | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>   | <b>4.</b>   | <b>5.</b>   | <b>6.</b>   | <b>7.</b>   | <b>8.</b>   | <b>9.</b>   | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                | <b>1.</b>                          | ne puca                    | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     |                    |             |
| <b>B</b>                | <b>9.</b>                          | 8,03                       | 4,72        | 6,31        | 8,41        | 5,84        | 7,01        | 4,67        | 7,01        | 6,63        | 7,52        | <b>6,61</b>        | <b>1,27</b> |
| <b>C</b>                | <b>17.</b>                         | 7,85                       | 7,19        | 7,05        | 8,27        | 7,38        | 7,05        | 5,61        | 7,66        | 7,29        | 8,41        | <b>7,38</b>        | <b>0,79</b> |
| <b>D</b>                | <b>24.</b>                         | 8,64                       | 7,10        | 6,40        | 8,36        | 7,66        | 7,89        | 5,61        | 8,18        | 7,47        | 7,85        | <b>7,52</b>        | <b>0,93</b> |
| <b>E</b>                | <b>31.</b>                         | 7,75                       | 7,66        | 6,49        | 8,64        | 7,29        | 7,94        | 6,91        | 7,75        | 7,94        | 8,83        | <b>7,72</b>        | <b>0,71</b> |
| <b>F</b>                | <b>35.</b>                         | 8,13                       | 6,91        | 7,19        | 7,24        | 8,41        | 7,61        | 6,26        | 8,88        | 8,60        | 7,85        | <b>7,71</b>        | <b>0,82</b> |
| <b>G</b>                | <b>42.</b>                         | 7,66                       | 6,35        | 6,54        | 6,77        | 6,26        | 7,43        | 5,98        | 7,80        | 7,33        | 8,64        | <b>7,08</b>        | <b>0,84</b> |
| <b>H</b>                | <b>50.</b>                         | 4,72                       | 4,67        | 4,72        | 5,70        | 4,91        | 5,65        | 5,05        | 6,77        | 5,37        | 5,51        | <b>5,31</b>        | <b>0,65</b> |
| <b>I</b>                | <b>57.</b>                         | 4,67                       | 3,74        | 3,74        | 2,80        | 4,72        | 4,58        | 4,20        | 4,16        | 5,89        | 3,78        | <b>4,23</b>        | <b>0,82</b> |
| <b>J</b>                | <b>64.</b>                         | ne puca                    | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     | ne puca     |                    |             |
|                         | <b>Arit. sred.</b>                 | <b>7,18</b>                | <b>6,04</b> | <b>6,06</b> | <b>7,02</b> | <b>6,56</b> | <b>6,90</b> | <b>5,54</b> | <b>7,28</b> | <b>7,07</b> | <b>7,30</b> |                    |             |
|                         | <b>σ</b>                           | <b>1,56</b>                | <b>1,46</b> | <b>1,20</b> | <b>1,98</b> | <b>1,34</b> | <b>1,19</b> | <b>0,88</b> | <b>1,42</b> | <b>1,06</b> | <b>1,76</b> |                    |             |
|                         | <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> | <b>6,69</b>                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |

Tablica 4. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za fotokopirni nepremazani reciklirani (33%) papir 80 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Fotokopirni nepremazani reciklirani papir (33% recikliranog vlakna) 80g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **F033R\_80**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| F033R_80 [1-10]             |     |                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |             |      |
|-----------------------------|-----|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|------|
| Nakon uvezivanja            |     | Redni broj uzorka   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |             |      |
| Redni broj lista u KB       |     | Sila kidanja (N/cm) |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Arit. sred. | σ    |
|                             |     | 1.                  | 2.      | 3.      | 4.      | 5.      | 6.      | 7.      | 8.      | 9.      | 10.     |             |      |
| A                           | 1.  | ne puca             | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca |             |      |
| B                           | 9.  | 7,47                | 6,82    | 6,03    | 6,96    | 7,38    | 6,73    | 7,29    | 4,72    | 6,26    | 6,73    | 6,64        | 0,82 |
| C                           | 17. | 7,94                | 7,71    | 6,82    | 7,89    | 8,36    | 7,94    | 8,36    | 7,15    | 8,13    | 7,43    | 7,77        | 0,51 |
| D                           | 24. | 8,18                | 7,57    | 7,05    | 7,43    | 8,46    | 8,22    | 8,18    | 7,99    | 7,99    | 8,41    | 7,95        | 0,46 |
| E                           | 31. | 8,32                | 7,01    | 7,01    | 8,46    | 7,57    | 7,29    | 8,18    | 8,13    | 8,32    | 7,71    | 7,80        | 0,56 |
| F                           | 35. | 7,66                | 7,43    | 7,24    | 7,75    | 7,24    | 7,10    | 8,32    | 7,29    | 8,46    | 7,33    | 7,58        | 0,47 |
| G                           | 42. | 7,05                | 7,24    | 6,82    | 7,19    | 7,05    | 6,77    | 8,78    | 7,19    | 7,85    | 7,15    | 7,31        | 0,59 |
| H                           | 50. | 5,23                | 4,91    | 5,09    | 6,77    | 5,65    | 5,65    | 5,70    | 5,33    | 5,79    | 6,03    | 5,62        | 0,53 |
| I                           | 57. | 4,67                | 5,14    | 4,95    | 3,88    | 4,30    | 4,95    | 4,76    | 6,07    | 4,81    | 5,37    | 4,89        | 0,59 |
| J                           | 64. | ne puca             | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca |             |      |
| Arit. sred.                 |     | 7,07                | 6,73    | 6,38    | 7,04    | 7,00    | 6,83    | 7,45    | 6,73    | 7,20    | 7,02    |             |      |
| σ                           |     | 1,37                | 1,09    | 0,91    | 1,39    | 1,39    | 1,09    | 1,45    | 1,24    | 1,38    | 0,96    |             |      |
| Ukupna aritmetička sredina: |     |                     |         |         |         | 6,94    |         |         |         |         |         |             |      |

Tablica 5. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za fotokopirni nepremazani reciklirani (100%) papir 80 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Fotokopirni nepremazani reciklirani (100% recikliranog vlakna) papir 80g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **F100R\_80**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| F100R_80[1-10]              |                       |                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |             |      |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|------|
| Nakon uvezivanja            |                       | Redni broj uzorka   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |             |      |
|                             | Redni broj lista u KB | Sila kidanja (N/cm) |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Arit. sred. | σ    |
|                             |                       | 1.                  | 2.      | 3.      | 4.      | 5.      | 6.      | 7.      | 8.      | 9.      | 10.     |             |      |
| A                           | 1.                    | ne puca             | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca |             |      |
| B                           | 9.                    | 6,31                | 6,07    | 5,05    | 7,38    | 5,79    | 5,19    | 4,91    | 4,91    | 6,45    | 6,03    | 5,81        | 0,81 |
| C                           | 17.                   | 6,73                | 6,35    | 6,12    | 7,24    | 6,59    | 6,26    | 5,65    | 6,73    | 6,49    | 7,47    | 6,56        | 0,53 |
| D                           | 24.                   | 7,47                | 7,05    | 6,31    | 7,47    | 7,19    | 6,07    | 6,17    | 6,87    | 7,05    | 7,29    | 6,90        | 0,53 |
| E                           | 31.                   | 7,47                | 7,43    | 6,26    | 7,94    | 7,01    | 6,96    | 6,45    | 7,24    | 7,71    | 7,01    | 7,15        | 0,53 |
| F                           | 35.                   | 7,99                | 7,66    | 6,31    | 7,47    | 7,61    | 7,47    | 6,07    | 7,85    | 7,52    | 8,36    | 7,43        | 0,71 |
| G                           | 42.                   | 8,36                | 7,01    | 6,03    | 6,77    | 8,18    | 6,77    | 6,07    | 7,24    | 7,01    | 7,47    | 7,09        | 0,77 |
| H                           | 50.                   | 5,42                | 5,23    | 5,65    | 6,07    | 5,89    | 5,23    | 4,91    | 5,93    | 4,72    | 6,40    | 5,54        | 0,54 |
| I                           | 57.                   | 7,19                | 5,14    | 4,91    | 4,30    | 6,31    | 4,58    | 4,11    | 4,30    | 3,97    | 5,37    | 5,02        | 1,04 |
| J                           | 64.                   | ne puca             | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca | ne puca |             |      |
| Arit. sred.                 |                       | 7,12                | 6,49    | 5,83    | 6,83    | 6,82    | 6,07    | 5,54    | 6,38    | 6,36    | 6,93    |             |      |
| σ                           |                       | 0,95                | 0,96    | 0,57    | 1,17    | 0,84    | 1,00    | 0,81    | 1,24    | 1,34    | 0,95    |             |      |
| Ukupna aritmetička sredina: |                       |                     |         |         |         | 6,44    |         |         |         |         |         |             |      |

Tablica 6. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za nepremazani bezdrvni papir 80 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Nepremazani bezdrvni papir 80g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **100PN\_80**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>100PN_80</b>                    |                       |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>[1-10]</b>                      |                       |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
| <b>Nakon uvezivanja</b>            |                       | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|                                    | Redni broj lista u KB | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                                    |                       | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>   | <b>4.</b>   | <b>5.</b>   | <b>6.</b>   | <b>7.</b>   | <b>8.</b>   | <b>9.</b>   | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                           | <b>1.</b>             | 11,45                      | 11,87       | 8,97        | 11,02       | 10,65       | 9,58        | 11,45       | 9,48        | 9,11        | 10,28       | <b>10,38</b>       | <b>1,06</b> |
| <b>B</b>                           | <b>9.</b>             | 7,66                       | 11,45       | 10,04       | 6,73        | 11,68       | 6,54        | 6,17        | 2,57        | 4,86        | 11,21       | <b>7,89</b>        | <b>3,10</b> |
| <b>C</b>                           | <b>17.</b>            | 5,47                       | 11,02       | 7,94        | 9,58        | 7,71        | 4,91        | 6,03        | 6,54        | 7,57        | 8,41        | <b>7,52</b>        | <b>1,88</b> |
| <b>D</b>                           | <b>24.</b>            | 6,73                       | 6,77        | 6,68        | 8,88        | 9,16        | 9,11        | 6,63        | 5,14        | 7,24        | 7,57        | <b>7,39</b>        | <b>1,30</b> |
| <b>E</b>                           | <b>31.</b>            | 9,16                       | 7,38        | 7,57        | 8,27        | 7,71        | 8,18        | 8,41        | 6,91        | 6,54        | 6,26        | <b>7,64</b>        | <b>0,90</b> |
| <b>F</b>                           | <b>35.</b>            | 7,94                       | 6,21        | 8,60        | 9,16        | 9,34        | 6,07        | 7,24        | 7,38        | 7,47        | 9,48        | <b>7,89</b>        | <b>1,23</b> |
| <b>G</b>                           | <b>42.</b>            | 6,77                       | 8,69        | 9,62        | 9,58        | 10,00       | 6,35        | 7,24        | 6,21        | 6,49        | 9,58        | <b>8,05</b>        | <b>1,57</b> |
| <b>H</b>                           | <b>50.</b>            | 8,88                       | 6,49        | 9,58        | 6,59        | 8,60        | 7,66        | 6,54        | 7,47        | 8,60        | 7,05        | <b>7,75</b>        | <b>1,11</b> |
| <b>I</b>                           | <b>57.</b>            | 6,63                       | 5,79        | 5,84        | 5,84        | 6,26        | 9,16        | 7,94        | 8,03        | 8,88        | 6,17        | <b>7,05</b>        | <b>1,32</b> |
| <b>J</b>                           | <b>64.</b>            | 18,69                      | 12,71       | 15,18       | 14,29       | 16,58       | 11,91       | 17,99       | 11,12       | 14,72       | 14,43       | <b>14,76</b>       | <b>2,48</b> |
|                                    | <b>Arit. sred.</b>    | <b>8,94</b>                | <b>8,84</b> | <b>9,00</b> | <b>8,99</b> | <b>9,77</b> | <b>7,95</b> | <b>8,56</b> | <b>7,09</b> | <b>8,15</b> | <b>9,04</b> |                    |             |
|                                    | <b>σ</b>              | <b>3,81</b>                | <b>2,66</b> | <b>2,55</b> | <b>2,46</b> | <b>2,86</b> | <b>2,07</b> | <b>3,67</b> | <b>2,32</b> | <b>2,64</b> | <b>2,55</b> |                    |             |
| <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> |                       | <b>8,63</b>                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |



Tablica 7. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za nepremazani bezdrvni papir 100 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Nepremazani bezdrvni papir 100g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **100PN\_100**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>100PN_100</b>                   |                       |                            |             |              |              |             |              |              |              |              |             |                    |             |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>[1-10]</b>                      |                       |                            |             |              |              |             |              |              |              |              |             |                    |             |
| <b>Nakon uvezivanja</b>            |                       | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |              |              |             |              |              |              |              |             |                    |             |
|                                    | Redni broj lista u KB | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |              |              |             |              |              |              |              |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                                    |                       | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>    | <b>4.</b>    | <b>5.</b>   | <b>6.</b>    | <b>7.</b>    | <b>8.</b>    | <b>9.</b>    | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                           | <b>1.</b>             | 9,16                       | 11,87       | 14,72        | 11,12        | 13,59       | 13,69        | 9,25         | 10,00        | 11,96        | 9,48        | <b>11,48</b>       | <b>2,02</b> |
| <b>B</b>                           | <b>9.</b>             | 8,13                       | 4,95        | 5,98         | 9,48         | 7,89        | 11,49        | 13,92        | 11,21        | 12,33        | 14,48       | <b>9,99</b>        | <b>3,24</b> |
| <b>C</b>                           | <b>17.</b>            | 14,48                      | 9,06        | 9,58         | 10,79        | 11,21       | 11,21        | 14,20        | 13,27        | 16,30        | 9,62        | <b>11,97</b>       | <b>2,45</b> |
| <b>D</b>                           | <b>24.</b>            | 10,28                      | 7,61        | 6,91         | 10,51        | 9,06        | 8,88         | 9,76         | 9,02         | 10,46        | 6,49        | <b>8,90</b>        | <b>1,46</b> |
| <b>E</b>                           | <b>31.</b>            | 11,68                      | 6,96        | 10,65        | 11,59        | 7,85        | 8,69         | 8,32         | 10,28        | 9,06         | 8,78        | <b>9,38</b>        | <b>1,59</b> |
| <b>F</b>                           | <b>35.</b>            | 13,92                      | 11,30       | 6,21         | 6,40         | 7,75        | 9,39         | 10,00        | 9,67         | 10,84        | 9,25        | <b>9,47</b>        | <b>2,32</b> |
| <b>G</b>                           | <b>42.</b>            | 12,61                      | 9,06        | 9,53         | 8,13         | 7,57        | 12,57        | 10,32        | 11,49        | 10,23        | 8,88        | <b>10,04</b>       | <b>1,75</b> |
| <b>H</b>                           | <b>50.</b>            | 8,78                       | 7,29        | 10,98        | 11,07        | 9,67        | 11,68        | 7,66         | 10,42        | 10,42        | 5,51        | <b>9,35</b>        | <b>1,99</b> |
| <b>I</b>                           | <b>57.</b>            | 8,41                       | 10,18       | 10,28        | 8,18         | 9,02        | 9,62         | 8,13         | 11,49        | 10,74        | 11,63       | <b>9,77</b>        | <b>1,31</b> |
| <b>J</b>                           | <b>64.</b>            | 15,32                      | 16,26       | 16,54        | 14,39        | 15,65       | 11,63        | 11,12        | 11,87        | 14,11        | 10,23       | <b>13,71</b>       | <b>2,31</b> |
|                                    | <b>Arit. sred.</b>    | <b>11,28</b>               | <b>9,45</b> | <b>10,14</b> | <b>10,17</b> | <b>9,93</b> | <b>10,88</b> | <b>10,27</b> | <b>10,87</b> | <b>11,65</b> | <b>9,44</b> |                    |             |
|                                    | <b>σ</b>              | <b>2,70</b>                | <b>3,18</b> | <b>3,44</b>  | <b>2,23</b>  | <b>2,75</b> | <b>1,67</b>  | <b>2,26</b>  | <b>1,24</b>  | <b>2,14</b>  | <b>2,49</b> |                    |             |
| <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> |                       | <b>10,41</b>               |             |              |              |             |              |              |              |              |             |                    |             |

Tablica 8. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za voluminozni papir 80 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Voluminozni papir (s udjelom drvenjače) 80g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **V\_80**

Vrsta ispitivanja na vlak: **Statično**

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>V_80[1-10]</b>                  |                   |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>Nakon uvezivanja</b>            |                   | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
| <b>Redni broj lista u KB</b>       | <b>Redni broj</b> | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                                    |                   | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>   | <b>4.</b>   | <b>5.</b>   | <b>6.</b>   | <b>7.</b>   | <b>8.</b>   | <b>9.</b>   | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                           | <b>1.</b>         | 12,15                      | 13,31       | 10,65       | 7,94        | 13,92       | 5,61        | 11,45       | 13,69       | 8,64        | 8,18        | <b>10,55</b>       | <b>2,84</b> |
| <b>B</b>                           | <b>9.</b>         | 6,77                       | 8,18        | 7,71        | 7,24        | 10,51       | 8,18        | 12,75       | 13,31       | 9,11        | 8,41        | <b>9,22</b>        | <b>2,26</b> |
| <b>C</b>                           | <b>17.</b>        | 7,24                       | 8,64        | 8,64        | 11,12       | 10,28       | 7,24        | 10,28       | 9,81        | 8,69        | 7,24        | <b>8,92</b>        | <b>1,41</b> |
| <b>D</b>                           | <b>24.</b>        | 7,01                       | 9,02        | 10,18       | 7,47        | 8,60        | 6,54        | 8,18        | 8,41        | 9,34        | 6,91        | <b>8,17</b>        | <b>1,18</b> |
| <b>E</b>                           | <b>31.</b>        | 8,18                       | 9,81        | 9,58        | 5,84        | 6,31        | 6,91        | 9,81        | 8,22        | 10,04       | 7,57        | <b>8,23</b>        | <b>1,55</b> |
| <b>F</b>                           | <b>35.</b>        | 7,71                       | 8,69        | 9,25        | 7,24        | 9,34        | 8,64        | 8,64        | 9,34        | 8,32        | 7,38        | <b>8,46</b>        | <b>0,78</b> |
| <b>G</b>                           | <b>42.</b>        | 6,31                       | 8,69        | 9,11        | 7,94        | 9,48        | 7,61        | 8,88        | 7,94        | 9,06        | 8,36        | <b>8,34</b>        | <b>0,93</b> |
| <b>H</b>                           | <b>50.</b>        | 8,18                       | 9,34        | 9,11        | 7,01        | 7,01        | 7,47        | 8,32        | 7,10        | 10,00       | 5,14        | <b>7,87</b>        | <b>1,42</b> |
| <b>I</b>                           | <b>57.</b>        | 4,91                       | 10,51       | 8,88        | 6,31        | 11,21       | 5,37        | 5,37        | 5,61        | 10,88       | 7,47        | <b>7,65</b>        | <b>2,51</b> |
| <b>J</b>                           | <b>64.</b>        | 11,45                      | 13,31       | 13,78       | 14,72       | 11,96       | 11,21       | 9,58        | 13,92       | 7,89        | 10,74       | <b>11,86</b>       | <b>2,13</b> |
| <b>Arit. sred.</b>                 |                   | <b>7,99</b>                | <b>9,95</b> | <b>9,69</b> | <b>8,28</b> | <b>9,86</b> | <b>7,48</b> | <b>9,32</b> | <b>9,74</b> | <b>9,20</b> | <b>7,74</b> |                    |             |
| <b>σ</b>                           |                   | <b>2,23</b>                | <b>1,89</b> | <b>1,65</b> | <b>2,67</b> | <b>2,26</b> | <b>1,67</b> | <b>2,00</b> | <b>2,93</b> | <b>0,90</b> | <b>1,41</b> |                    |             |
| <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> |                   |                            |             |             |             | <b>8,92</b> |             |             |             |             |             |                    |             |

Tablica 9. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za obostrano premazani bezdrvni papir sjajni 115g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Obostrano premazani bezdrvni papir sjajni 115g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **100PN\_115**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>100PN_115[1-10]</b>             |                             |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>Nakon uvezivanja</b>            |                             | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|                                    | <b>Red. broj lista u KB</b> | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                                    |                             | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>   | <b>4.</b>   | <b>5.</b>   | <b>6.</b>   | <b>7.</b>   | <b>8.</b>   | <b>9.</b>   | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                           | <b>1.</b>                   | 10,09                      | 11,87       | 10,42       | 6,96        | 11,35       | 12,01       | 13,69       | 14,01       | 10,46       | 16,02       | <b>11,69</b>       | <b>2,50</b> |
| <b>B</b>                           | <b>9.</b>                   | 1,45                       | 2,06        | 3,50        | 2,99        | 0,93        | 2,80        | 3,27        | 3,22        | 2,90        | 3,18        | <b>2,63</b>        | <b>0,86</b> |
| <b>C</b>                           | <b>17.</b>                  | 1,12                       | 2,66        | 3,46        | 2,34        | 2,01        | 2,10        | 2,52        | 0,00        | 2,52        | 2,99        | <b>2,17</b>        | <b>0,98</b> |
| <b>D</b>                           | <b>24.</b>                  | 2,57                       | 2,01        | 2,85        | 2,15        | 2,15        | 2,71        | 3,50        | 2,52        | 2,38        | 2,66        | <b>2,55</b>        | <b>0,43</b> |
| <b>E</b>                           | <b>31.</b>                  | 3,41                       | 2,52        | 3,41        | 3,04        | 0,93        | 0,70        | 3,13        | 2,71        | 2,94        | 2,10        | <b>2,49</b>        | <b>0,97</b> |
| <b>F</b>                           | <b>35.</b>                  | 2,24                       | 3,08        | 3,88        | 2,71        | 3,55        | 2,66        | 2,29        | 2,24        | 2,24        | 1,07        | <b>2,60</b>        | <b>0,79</b> |
| <b>G</b>                           | <b>42.</b>                  | 2,76                       | 2,80        | 4,11        | 3,08        | 2,48        | 2,24        | 3,27        | 2,29        | 2,71        | 2,34        | <b>2,81</b>        | <b>0,57</b> |
| <b>H</b>                           | <b>50.</b>                  | 3,64                       | 2,29        | 3,92        | 3,27        | 3,46        | 2,94        | 4,20        | 2,52        | 1,96        | 3,83        | <b>3,20</b>        | <b>0,75</b> |
| <b>I</b>                           | <b>57.</b>                  | 3,41                       | 3,92        | 4,44        | 3,18        | 3,55        | 4,44        | 5,00        | 5,14        | 3,88        | 5,28        | <b>4,22</b>        | <b>0,75</b> |
| <b>J</b>                           | <b>64.</b>                  | 17,28                      | 8,60        | 15,32       | 16,35       | 17,66       | 12,61       | 13,97       | 13,50       | 17,61       | 16,40       | <b>14,93</b>       | <b>2,85</b> |
|                                    | <b>Arit. sred.</b>          | <b>4,80</b>                | <b>4,18</b> | <b>5,53</b> | <b>4,61</b> | <b>4,81</b> | <b>4,52</b> | <b>5,48</b> | <b>4,82</b> | <b>4,96</b> | <b>5,59</b> |                    |             |
|                                    | <b>σ</b>                    | <b>5,05</b>                | <b>3,33</b> | <b>4,06</b> | <b>4,34</b> | <b>5,41</b> | <b>4,21</b> | <b>4,46</b> | <b>4,87</b> | <b>5,10</b> | <b>5,71</b> |                    |             |
| <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> |                             | <b>4,93</b>                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |

Tablica 10. Sistematizacija vrijednosti rezultata kvantitativne metode mjerenja za obostrano premazani bezdrvni papir mat 150 g/m<sup>2</sup>

Vrsta papira: **Obostrano premazani bezdrvni papir mat150g/m<sup>2</sup>**

Oznaka: **100PN\_150**

Vrsta ispitivanja na vlak: Statično

Format KB: 150 x 210 mm (linija uvezivanja: 210 mm)

| <b>100PN_150 [1-10]</b>            |                      |                            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>Nakon uvezivanja</b>            |                      | <b>Redni broj uzorka</b>   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |
|                                    | Red. broj lista u KB | <b>Sila kidanja (N/cm)</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             | <b>Arit. sred.</b> | <b>σ</b>    |
|                                    |                      | <b>1.</b>                  | <b>2.</b>   | <b>3.</b>   | <b>4.</b>   | <b>5.</b>   | <b>6.</b>   | <b>7.</b>   | <b>8.</b>   | <b>9.</b>   | <b>10.</b>  |                    |             |
| <b>A</b>                           | <b>1.</b>            | 11,68                      | 11,68       | 13,31       | 5,37        | 12,15       | 10,56       | 7,24        | 10,98       | 6,77        | 11,30       | <b>10,10</b>       | <b>2,66</b> |
| <b>B</b>                           | <b>9.</b>            | 7,01                       | 5,37        | 6,17        | 6,07        | 5,33        | 7,47        | 5,61        | 5,37        | 5,42        | 5,19        | <b>5,90</b>        | <b>0,78</b> |
| <b>C</b>                           | <b>17.</b>           | 7,47                       | 4,76        | 7,24        | 8,18        | 5,37        | 6,77        | 5,37        | 6,77        | 8,64        | 6,17        | <b>6,68</b>        | <b>1,26</b> |
| <b>D</b>                           | <b>24.</b>           | 5,84                       | 6,54        | 5,14        | 4,44        | 5,37        | 5,61        | 5,42        | 4,91        | 5,89        | 6,07        | <b>5,52</b>        | <b>0,61</b> |
| <b>E</b>                           | <b>31.</b>           | 4,20                       | 6,07        | 4,20        | 4,91        | 5,89        | 4,44        | 5,84        | 5,51        | 4,86        | 3,69        | <b>4,96</b>        | <b>0,83</b> |
| <b>F</b>                           | <b>35.</b>           | 5,84                       | 5,37        | 5,14        | 4,44        | 4,34        | 5,61        | 4,86        | 5,37        | 3,92        | 6,03        | <b>5,09</b>        | <b>0,69</b> |
| <b>G</b>                           | <b>42.</b>           | 5,61                       | 5,61        | 6,31        | 6,77        | 6,26        | 3,04        | 5,61        | 5,79        | 5,51        | 6,73        | <b>5,72</b>        | <b>1,06</b> |
| <b>H</b>                           | <b>50.</b>           | 5,61                       | 6,54        | 6,07        | 6,07        | 5,89        | 4,48        | 7,47        | 7,01        | 7,47        | 6,07        | <b>6,27</b>        | <b>0,91</b> |
| <b>I</b>                           | <b>57.</b>           | 4,44                       | 7,71        | 1,87        | 3,50        | 6,31        | 3,27        | 7,47        | 4,91        | 5,89        | 5,14        | <b>5,05</b>        | <b>1,86</b> |
| <b>J</b>                           | <b>64.</b>           | 12,61                      | 11,21       | 13,08       | 9,81        | 8,18        | 11,21       | 10,56       | 7,47        | 12,71       | 10,04       | <b>10,69</b>       | <b>1,88</b> |
|                                    | <b>Arit. sred.</b>   | <b>7,03</b>                | <b>7,09</b> | <b>6,85</b> | <b>5,96</b> | <b>6,51</b> | <b>6,25</b> | <b>6,54</b> | <b>6,41</b> | <b>6,71</b> | <b>6,64</b> |                    |             |
|                                    | <b>σ</b>             | <b>2,88</b>                | <b>2,44</b> | <b>3,65</b> | <b>1,90</b> | <b>2,21</b> | <b>2,82</b> | <b>1,70</b> | <b>1,84</b> | <b>2,49</b> | <b>2,30</b> |                    |             |
| <b>Ukupna aritmetička sredina:</b> |                      | <b>6,60</b>                |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |             |

### 3.3. Statistička obrada rezultata

Nakon sistematizacije rezultata čvrstoće knjižnog bloka za različite vrste i gramature papira od kojih je napravljen knjižni blok, te izračuna ukupne aritmetičke sredine za svaku vrstu papira, statističkim postupkom jednosmjerne analize varijance (ANOVA) provjereno je jesu li utvrđene razlike u čvrstoći knjižnog bloka statistički značajne. U postupak analize varijance uvršteni su rezultati svih pojedinačnih mjerenja, a ne aritmetičke sredine.

Za prvu kategoriju dječjih knjiga u koje smo svrstali jednoboje/jednotonske knjige za djecu napravljene su slijedeće usporedbe:

| 1. Usporedba<br><b>Fotokopirni papiri</b><br><b>80g/m<sup>2</sup></b> | 2. Usporedba<br><b>Bezdrvni papiri</b>      | 3. Usporedba<br><b>80 g/m<sup>2</sup> papiri</b> |
|---|---|--|
| primarno vlakno<br>reciklirano vlakno 33%<br>reciklirano vlakno 100%  | 80 g/m <sup>2</sup><br>100 g/m <sup>2</sup> | fotokopirni<br>bezdrvni<br>voluminozni           |

Rezultati analize varijance prikazani su u tablicama od 11. do 15.

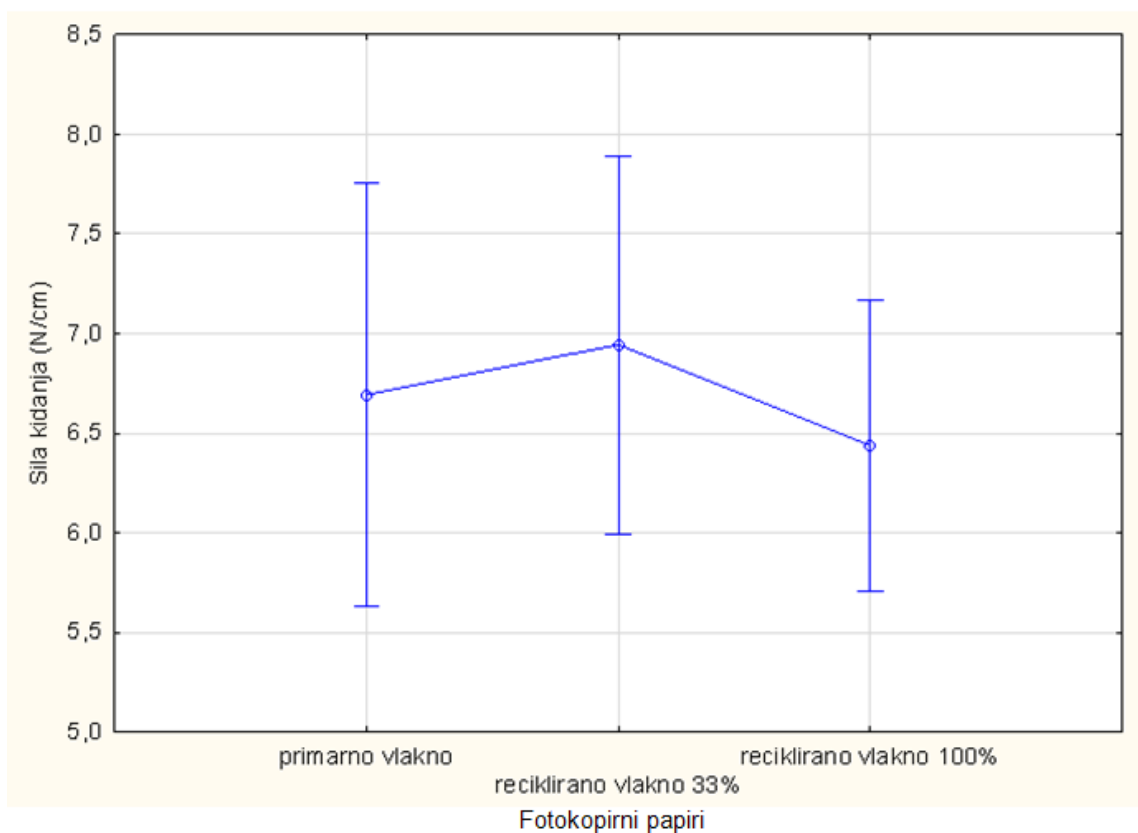
Tablica 11. Rezultati ANOVA-e za fotokopirni papir s različitim udjelom recikliranog vlakna

| <b>Fotokopirni papiri – 80 gr/m<sup>2</sup></b> | <b>df/Error</b> | <b>F</b> | <b>p</b> |
|---|-----------------|----------|----------|
| Prosjek uzoraka                                 | 2/21            | 0,419079 | 0,663032 |

| <b>Vrste fotokopirnog papira</b> | <b>1.</b><br><b>M=6,6933</b> | <b>2.</b><br><b>M=6,9445</b> | <b>3.</b><br><b>M=6,4374</b> |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. primarno vlakno               |                              | 0,654788                     | 0,648886                     |
| 2. reciklirano vlakno 33%        |                              |                              | 0,370324                     |
| 3. reciklirano vlakno 100%       |                              |                              |                              |

Rezultati pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u čvrstoći knjižnog bloka koji je izrađen od nepremazanog fotokopirnog papira (80 g/m<sup>2</sup>) s različitim udjelom recikliranog vlakna (F= 0.419079, p>0.05). Na grafikonu 1. možemo vidjeti usporedbu čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranog vlakna.

Grafikon 1. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranog vlakna



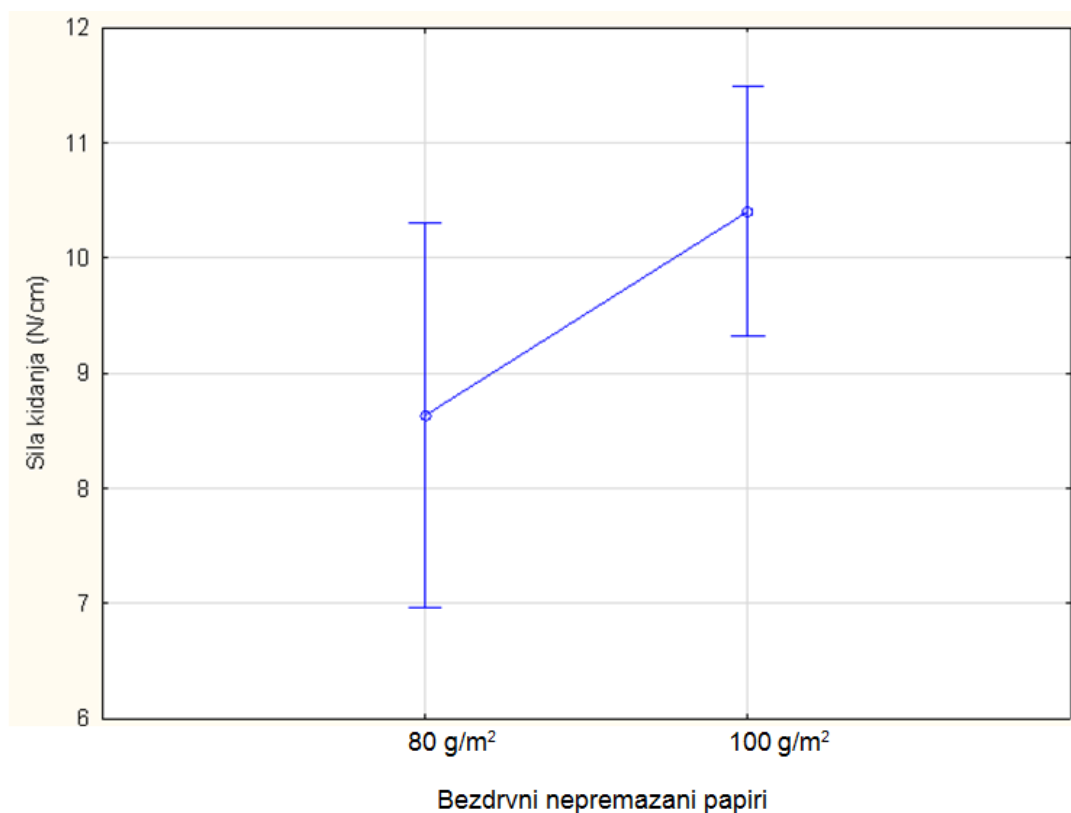
Tablica 12. Rezultati ANOVA-e za nepremazane bezdrvne papire različite gramature

| Bezdrvni papiri | df/ Error | F        | p        |
|-----------------|-----------|----------|----------|
| Prosjek uzoraka | 1/18      | 4,062369 | 0,059029 |

| Bezdrvni papiri      | M      | Značajnost razlike |
|----------------------|--------|--------------------|
| 80g/m <sup>2</sup>   | 8,6329 | 0,059029           |
| 100 g/m <sup>2</sup> | 10,407 |                    |

Rezultati pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u čvrstoći knjižnog bloka s obzirom na razlike u gramaturi bezdrvnog nepremazanog papira (80 g/m<sup>2</sup> i 100 g/m<sup>2</sup>) koji su korišteni za izradu knjižnog bloka (F= 4,062369, p>0.05). Značajnost razlike je na granici od 5%. Usporedbu možemo vidjeti na grafikonu 2.

Grafikon 2. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih nepremazanih papira različite gramature



Tablica 13. Rezultati ANOVA-e za 80 g/m<sup>2</sup> papire

| <b>80 g/m<sup>2</sup> papiri</b> | <b>df/ Error</b> | <b>F</b> | <b>p</b>  |
|----------------------------------|------------------|----------|-----------|
| Prosjeak uzoraka                 | 4/39             | 5,271303 | 0,001715* |

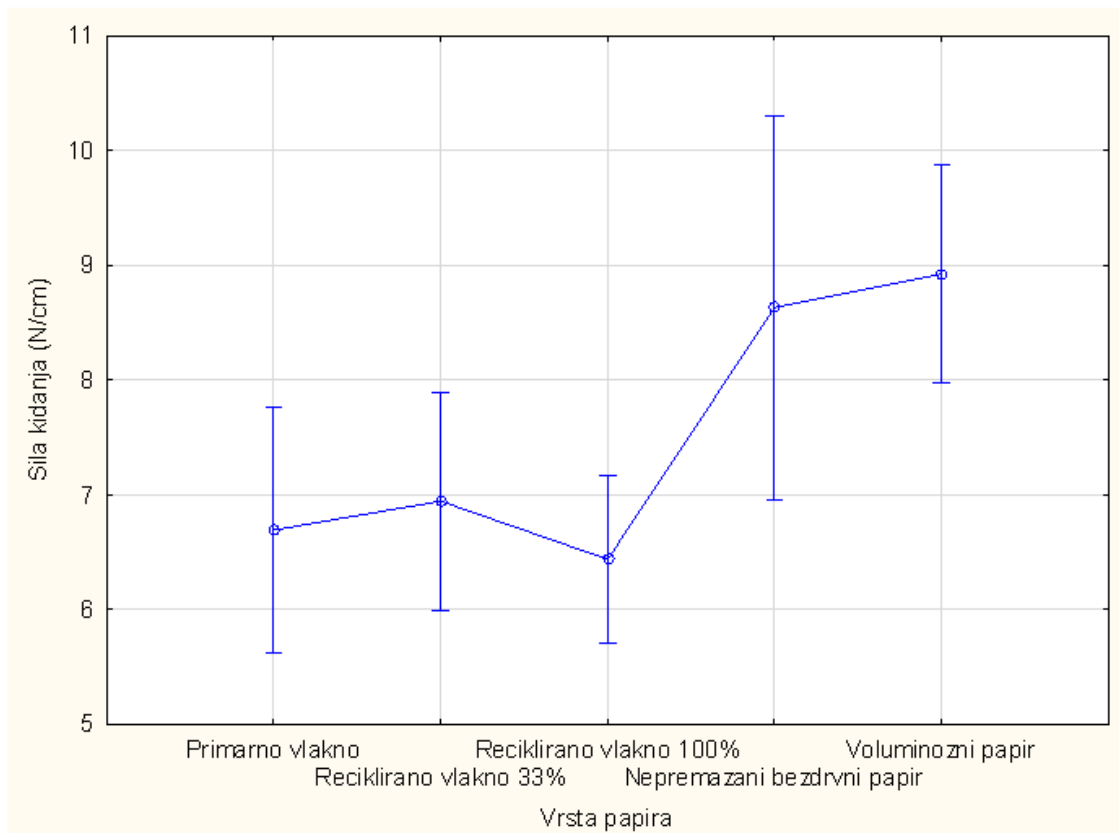
| <b>Vrste 80 g/m<sup>2</sup> papira</b> | <b>1.<br/>M=6,693</b> | <b>2.<br/>M=6,944</b> | <b>3.<br/>M=6,437</b> | <b>4.<br/>M=8,632</b> | <b>5.<br/>M=8,925</b> |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.Primarno vlakno                      |                       | 0,743404              | 0,738857              | 0,010653              | 0,003713              |
| 2.Reciklirano vlakno 33%               |                       |                       | 0,509689              | 0,024765              | 0,009231              |
| 3.Reciklirano vlakno 100%              |                       |                       |                       | 0,004249              | 0,001396              |
| 4.Nepremazani bezdrveni papir          |                       |                       |                       |                       | 0,670520              |
| 5.Voluminozni papir                    |                       |                       |                       |                       |                       |

\*crvenom bojom označene su razlike koje su statistički značajne

Rezultati pokazuju da se čvrstoća knjižnog bloka za sve tri vrste fotokopirnog papira (primarno vlakno, reciklirano vlakno 33% i reciklirano vlakno 100%), statistički značajno razlikuje od čvrstoće knjižnog bloka napravljenog od nepremazanog bezdrvnog i voluminoznog papira (F=5,271303, p<0,01). Na grafikonu 3. možemo vidjeti usporedbu čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od 80 g/m<sup>2</sup> papira.



Grafikon 3. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od 80 g/m<sup>2</sup> papira



Za drugu kategoriju dječjih knjiga u koje smo svrstali višebojne knjige za djecu, napravljene su slijedeće usporedbe:

| 1. Usporedba<br><b>Premazani papiri</b>                        | 2. Usporedba<br><b>Bezdrvni papiri</b>                           |
|--|--|
| bezdrvni 115 g/m <sup>2</sup><br>bezdrvni 150 g/m <sup>2</sup> | nepremazani 100g/m <sup>2</sup><br>premazani 115g/m <sup>2</sup> |

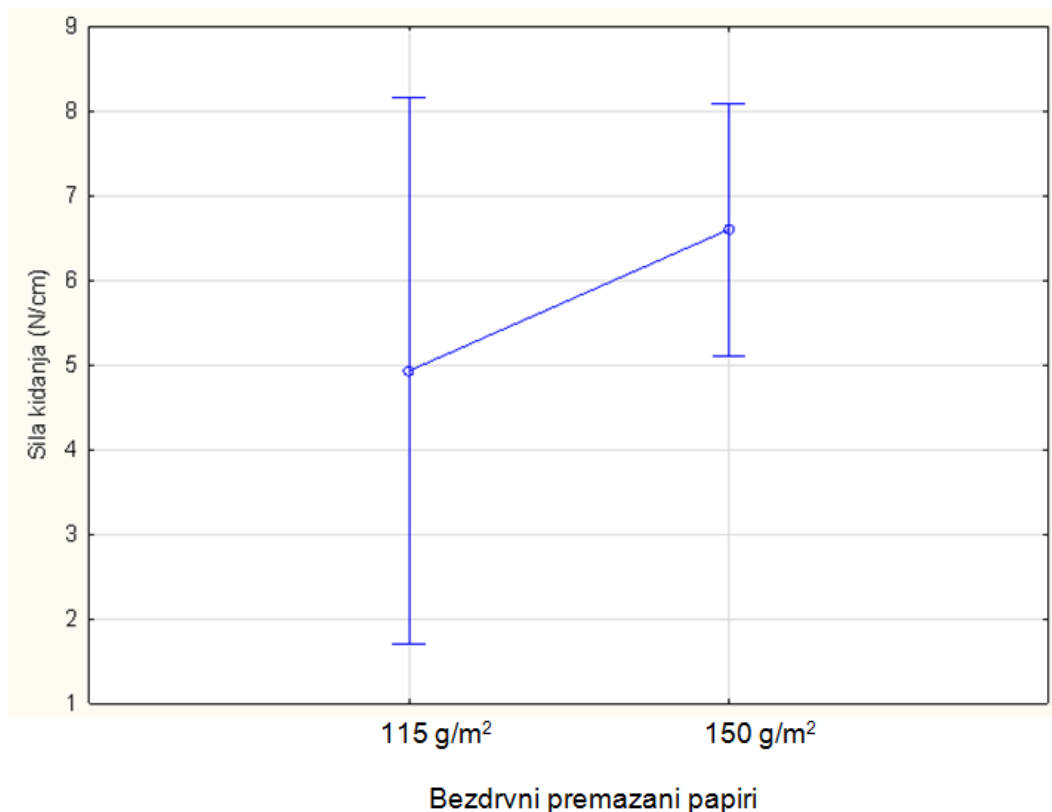
Tablica 14. Rezultati ANOVA-e za premazane papire

| Premazani papiri | df/ Error | F        | p        |
|------------------|-----------|----------|----------|
| Prosjek uzoraka  | 1/18      | 1,127541 | 0,302340 |

| Premazani papiri              | M      | Značajnost razlike |
|-------------------------------|--------|--------------------|
| Bezdrvni 115 g/m <sup>2</sup> | 4,9290 | 0,302340           |
| Bezdrvni 150 g/m <sup>2</sup> | 6,5986 |                    |

Rezultati pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u čvrstoći knjižnog bloka s obzirom na gramaturu premazanog papira (115 g/m<sup>2</sup> i 150 g/m<sup>2</sup>) koji je korišten za izradu knjižnog bloka (F= 1,127541, p>0.05). Usporedbu čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od premazanih papira možemo vidjeti na grafikonu 4.

Grafikon 4. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od premazanih papira različite gramature



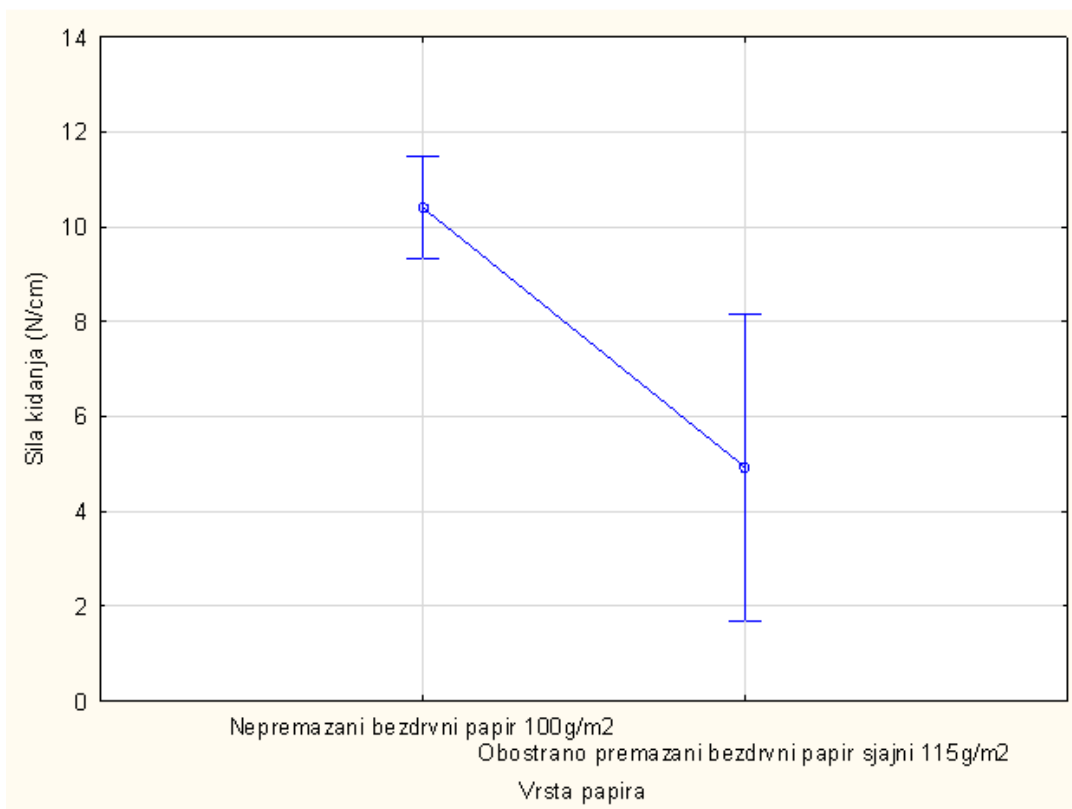
Tablica 15. Rezultati ANOVA-e za bezdrvni premazani i nepremazani papir

| Bezdrvni papiri<br>(premazani i nepremazani) | df/Error | F        | p        |
|--|----------|----------|----------|
| Prosjek uzoraka                              | 1/18     | 13,22492 | 0,001887 |

| Bezdrvni papiri  | M      | Značajnost razlike |
|--|--------|--------------------|
| Nepremazani bezdrvni papir<br>100g/m <sup>2</sup>                | 10,407 | 0,001887           |
| Obostrano premazani bezdrvni<br>papir sjajni 115g/m <sup>2</sup> | 4,9290 |                    |

Rezultati pokazuju da postoji statistički značajna razlika u čvrstoći knjižnog bloka ovisno o tome koristi li se za izradu knjižnog bloka premazani ili nepremazani papir, ukoliko je gramatura papira podjednaka ( $F=13,22492$ ;  $p<0,01$ ). Na grafikonu 5. možemo vidjeti usporedbu čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih premazanih i nepremazanih papira.

Grafikon 5. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih premazanih i nepremazanih papira



### 3.4. Rasprava

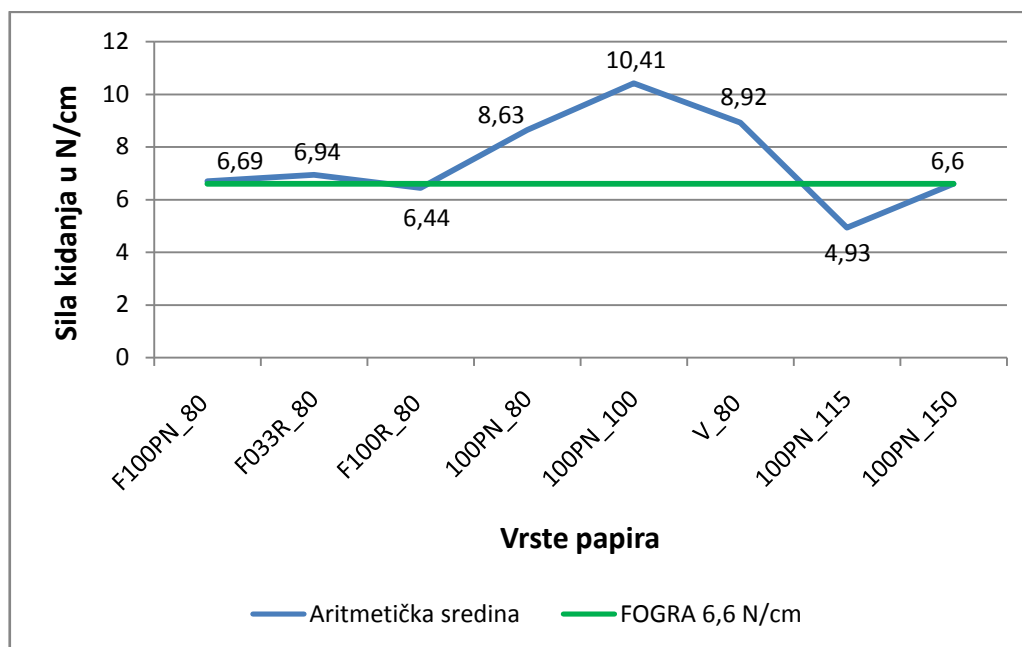
U tablici 16. rangirane su srednje vrijednosti čvrstoće knjižnog bloka za različite vrste i gramature papira, te vrijednosna ocjena kvalitete uveza prema tablici 1.

Tablica 16. Rang kvalitete uveza ovisno o vrsti papira od kojeg je napravljen knjižni blok

| <b>Red. broj</b> | <b>Vrsta papira</b>   | <b>Oznaka papira</b> | <b>Srednja vrijednost čvrstoće KB (N/cm)</b> | <b>Rang kvalitete</b> | <b>Ocjena kvalitete uveza prema FOGRA</b> |
|------------------|---|----------------------|--|-----------------------|---|
| 1.               | Nepremazani bezdrveni papir, 100 g/m <sup>2</sup>                     | 100PN_100            | 10,41  | <b>I.</b>             | Vrlo dobro uvezivanje                     |
| 2.               | Voluminozni papir (s udjelom drvenjače), 80 g/m <sup>2</sup>          | V_80                 | 8,92   | <b>II.</b>            | Vrlo dobro uvezivanje                     |
| 3.               | Nepremazani bezdrveni papir, 80 g/m <sup>2</sup>                      | 100PN_80             | 8,63   | <b>III.</b>           | Vrlo dobro uvezivanje                     |
| 4.               | Fotokopirni reciklirani nepremazani papir (33% ), 80 g/m <sup>2</sup> | F033R_80             | 6,94   | <b>IV.</b>            | Dobro uvezivanje                          |
| 5.               | Fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno), 80 g/m <sup>2</sup>  | F100PN_80            | 6,69   | <b>V.</b>             | Dobro uvezivanje                          |
| 6.               | Obostrano premazani bezdrveni papir mat, 150 g/m <sup>2</sup>         | 100PN_150            | 6,60   | <b>VI.</b>            | Dobro uvezivanje                          |
| 7.               | Fotokopirni reciklirani nepremazani papir (100%), 80 g/m <sup>2</sup> | F100R_80             | 6,44   | <b>VII.</b>           | Granično uvezivanje                       |
| 8.               | Obostrano premazani bezdrveni papir sjajni, 115 g/m <sup>2</sup>      | 100PN_115            | 4,93   | <b>VIII.</b>          | Loše uvezivanje                           |

Srednje vrijednosti čvrstoća knjižnog bloka za različite vrste papira prikazane su na grafikonu 6. i uspoređene s vrijednošću FOGRA 6,6 N/cm.

Grafikon 6. Prikaz srednjih vrijednosti čvrstoća knjižnog bloka za različite vrste papira



Prema rezultatima iz tablice 16. i grafikona 6. vidljivo je da se najbolja kvaliteta forme bešavnog uveza knjige s taljivim ljepilom postiže ukoliko je za izradu knjižnog bloka korišten nepremazani bezdrvni papir gramature  $100 \text{ g/m}^2$ . Srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka za nepremazani bezdrvni papir ( $100 \text{ g/m}^2$ ) iznosi  $10,41 \text{ N/cm}$  što prema FOGRA vrijednosnoj ocjeni kvalitete uveza znači vrlo dobro uvezivanje. Ovaj papir moguće je koristiti i za jednobojne dječje knjige (crtančice, vježbenice...), ali i za višebojne jednotonske dječje knjige. Ne preporuča se koristiti ga za višetonsku reprodukciju zbog istezanja papira.

Vrlo dobro uvezivanje postiže se i korištenjem voluminoznog papira ( $80 \text{ g/m}^2$ ) čija srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi  $8,92 \text{ N/cm}$ , te nepremazanog bezdrvnog papira ( $80 \text{ g/m}^2$ ) čija srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi  $8,63 \text{ N/cm}$ , a koji se koriste pretežito za izradu jednobojnih dječjih knjiga. Voluminozni papir je kombinacija drvenjače i bezdrvnog papira. Udjel drvenjače je veći od 10%, a sadržaj drvenjače utječe na povećanje površinske hrapavosti papira, prostorne mase i debljine papira. Čvrstoća knjižnog bloka za voluminozni papir veća je za 3,25% od

nepremazanog bezdrvnog papira iste gramature. Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima ranijih istraživanja, a razlika u čvrstoći pripisuje se većoj površinskoj hrapavosti voluminoznog papira u odnosu na nepremazani bezdrveni papir, te većem volumenu i većoj debljini voluminoznog papira koji utječu na povećanje čvrstoće slijepljenog spoja.

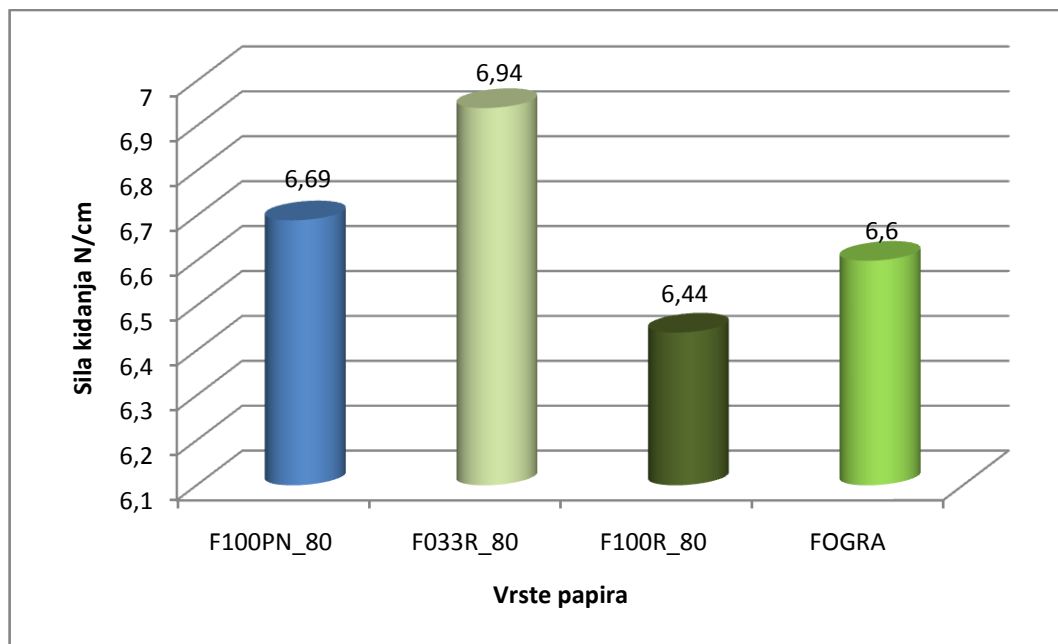
U kategoriji dobrog uvezivanja nalaze se knjige čiji su knjižni blokovi napravljeni od fotokopirnog recikliranog (33% recikliranih vlakana) nepremazanog papira (srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi 6,94 N/cm), a koji se koristi za izradu jednobojnih knjiga za djecu. Dobro uvezivanje daje i fotokopirni nepremazani papir (primarno vlakno, 80 g/m<sup>2</sup>), čija srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi 6,69 N/cm, a koji se također koristi za izradu jednobojnih knjiga za djecu. Obostrano premazani bezdrveni papir mat (150 g/m<sup>2</sup>) ima srednju vrijednost čvrstoće knjižnog bloka 6,6 N/cm što je prema ocjeni kvalitete FOGRA također dobro uvezivanje. Ovaj papir koristi se izradu višebrojnih knjiga za djecu.

Čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od fotokopirnog recikliranog nepremazanog papira (100% recikliranog vlakna, 80 g/m<sup>2</sup>), rezultira graničnom kvalitetom forme bešavnog uveza knjige, a srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi 6,44 N/cm.

Loša kvaliteta bešavnog uveza knjige posljedica je izrade knjižnog bloka od obostrano premazanog bezdrvnog sjajnog papira (115 g/m<sup>2</sup>) čija srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi 4,93 N/cm. Razlog tomu je sastav premaza (mješavina pigmenata, veziva i optičkih dodataka) koji se nanosi na površinu kako bi papir bio sjajan. Međutim, premazom se zatvaraju makropore na pustenoj i sitovoj strani lista papira, te sjajni papir ima manju površinsku hrapavost. Smanjena površinska hrapavost papira smanjuje čvrstoću slijepljenog spoja jer se smanjuje mogućnost mehaničkog vezanja taline ljepila u pukotine i otvore na površini papira. Ranija istraživanja (Petrović, M., 2011.) pokazuju da kod premazanih papira dolazi do popuštanja adhezijskog spoja između premazanog sloja i osnovne strukture papira.

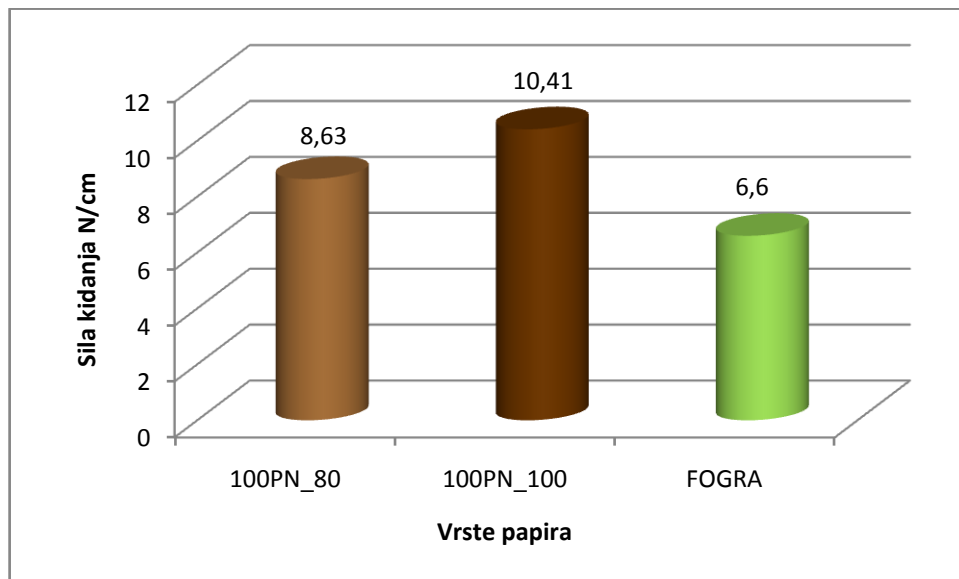
Analiza rezultata za prvu kategoriju knjiga za djecu (jednobojne/jednotonske knjige za djecu) obuhvatila je međusobnu usporedbu fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranog vlakna, bezdrvnih nepremazanih papira različite gramature, te usporedbu različitih vrsta papira jednake gramature. Navedene usporedbe prikazane su na histogramima 1., 2. i 3.

Histogram 1. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranog vlakna



Usporedbom fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranih vlakana vidljivo je da se najveća kvaliteta bešavnog uveza postiže korištenjem fotokopirnog papira s 33% recikliranih vlakana čija je prosječna vrijednost čvrstoće knjižnog bloka 6,94 N/cm i u kategoriji je dobrog uvezivanja. Dobro uvezivanje postiže se i korištenjem fotokopirnog papira s primarnim vlaknima, dok korištenje fotokopirnog papira sa 100% recikliranih vlakana rezultira graničnom kvalitetom uvezivanja. Papiri proizvedeni od recikliranih vlakana razlikuju se od papira iz primarnih vlakana po optičkim i fizikalnim karakteristikama. Razlike su uvjetovane prvenstveno promjenama na samim vlaknima do kojih dolazi tijekom recikliranja, te zaostajanjem nečistoća u suspenziji sekundarnih vlakana. Vlakna u blizini čestice onečišćenja ne mogu se međusobno dobro povezati (ispreplesti), te nastaje pukotina u strukturi lista što smanjuje jakost papira (papir lako puca). Svakim novim recikliranjem, jakost papira se sve više smanjuje. Da bi poboljšali svojstva recikliranog papira, potrebno je u suspenziju sekundarnih vlakana dodati određenu količinu primarnih vlakana. Dakle, ukoliko za izradu knjižnog bloka koristimo fotokopirni papir, onda je najbolja opcija koristiti fotokopirni papir s 33% recikliranih vlakana. Ipak, razlike između fotokopirnih papira s različitim udjelom recikliranog vlakna nisu statistički značajne ( $F = 0,419079$ ;  $p = 0,663032$ ;  $p > 0,05$ ).

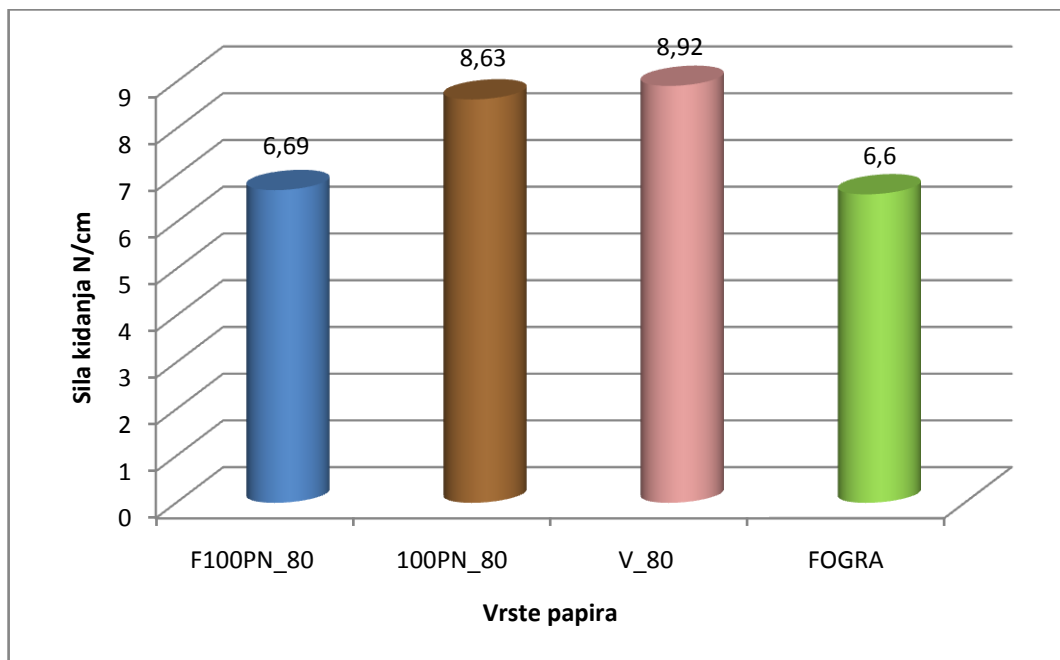
Histogram 2. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih nepremazanih papira različite gramature



Usporedimo li bezdrvne nepremazane papire od 80 g/m<sup>2</sup> i 100 g/m<sup>2</sup>, vidimo da papir veće gramature rezultira većom čvrstoćom knjižnog bloka za 17,1%. Prema FOGRA ocjeni kvalitete uveza obje vrste bezdrvnog nepremazanog papira daju vrlo dobro uvezivanje. Opažene razlike nisu statistički značajne, ali su na samoj granici značajnosti od 5% (F= 4,062369; p = 0,059029; p>0.05). Dakle, bolja opcija je koristiti nepremazani bezdrvni papir od 100 g/m<sup>2</sup>, ali se vrlo dobra kvaliteta uveza postiže i korištenjem nepremazanog bezdrvnog papira od 80 g/m<sup>2</sup>.



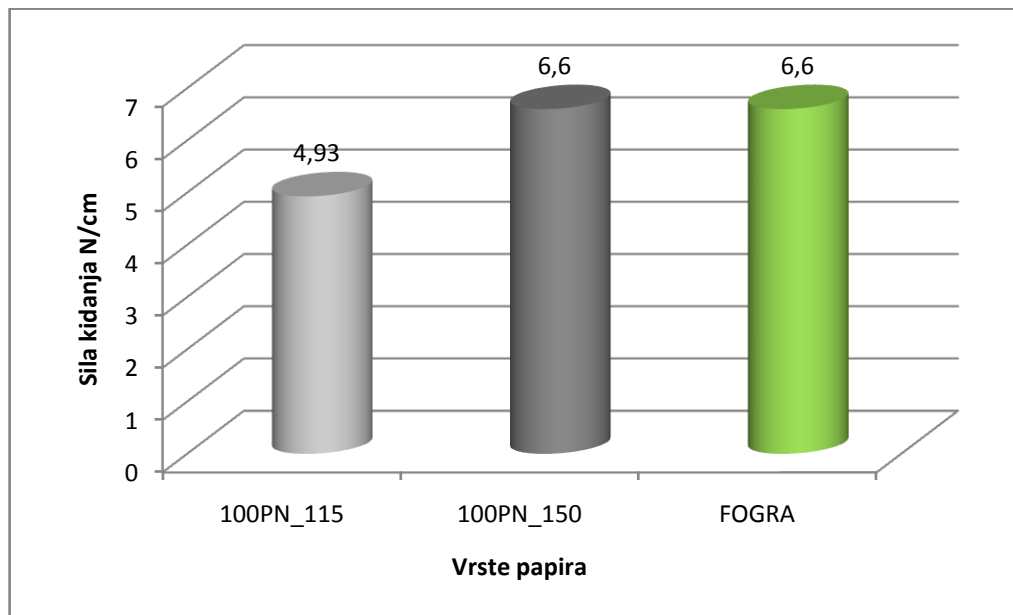
Histogram 3. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od 80 g/m<sup>2</sup> papira



Usporedbom nepremazanih 80 g/m<sup>2</sup> papira (fotokopirnog, bezdrvnog i voluminoznog) vidljivo je da se najveća čvrstoća knjižnog bloka postiže korištenjem voluminoznog papira čija srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka iznosi 8.92 N/cm što predstavlja vrlo dobru kvalitetu uveza. U kategoriji vrlo dobrog uveza je i bezdrvni papir, dok je fotokopirni papir u kategoriji dobrog uveza. Opažene razlike su statistički značajne ( $F=5,271303$ ;  $p = 0,001715$ ;  $p < 0,01$ ), što znači da sve tri vrste fotokopirnog papira rezultiraju značajno slabijom kvalitetom uveza u odnosu na bezdrvni i voluminozni papir. Razlika između bezdrvnog i voluminoznog papira nije statistički značajna. Pri odabiru 80 g/m<sup>2</sup> papira, značajnu prednost imaju voluminozni i bezdrvni papir u odnosu na fotokopirne papire. Ovi rezultati u skladu su s ranijim istraživanjima koja pokazuju da papir većeg volumena povećava rezultate čvrstoće slijepjenog spoja. [3, 30]

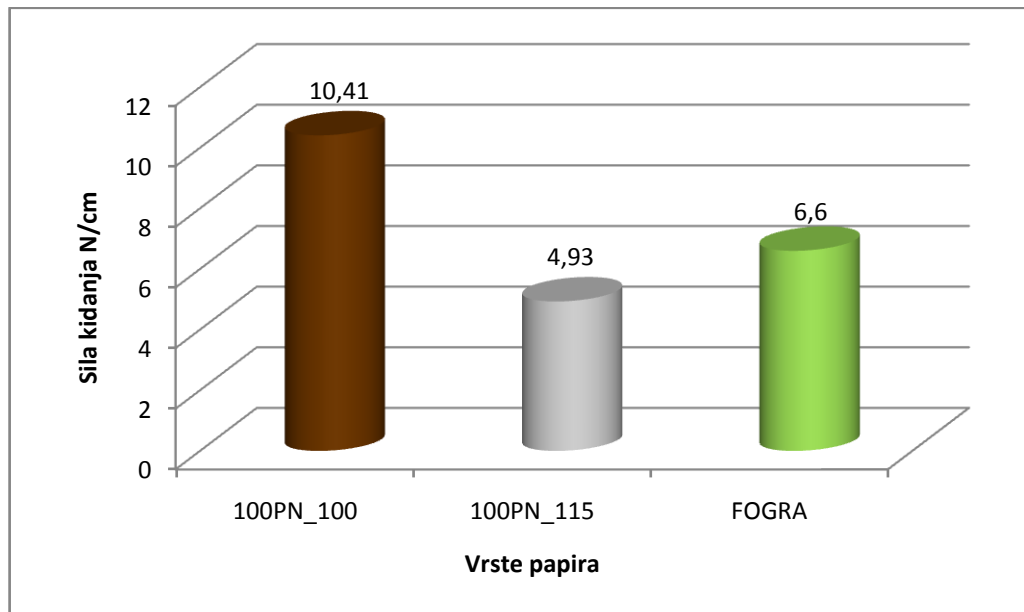
Analiza rezultata za drugu kategoriju knjiga za djecu (višebojne knjige za djecu) obuhvatila je međusobnu usporedbu premazanih bezdrvnih papira različite gramature, te usporedbu bezdrvnih premazanih i nepremazanih papira podjednake gramature. Navedene usporedbe prikazane su na histogramima 4. i 5.

Histogram 4. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih premazanih papira različite gramature



Usporedbom bezdrvnih premazanih papira od  $115\text{g/m}^2$  i  $150\text{ g/m}^2$ , vidljivo je da se bolja kvaliteta uveza postiže korištenjem papira veće gramature. Premazani papir od  $150\text{ g/m}^2$  rezultira dobrim uvezivanjem, dok premazani papir od  $115\text{ g/m}^2$  rezultira lošim uvezivanjem. Ova razlika najvjerojatnije je rezultat izravnog utjecaja gramature papira na čvrstoću adhezijske veze – što je veća gramatura papira, veća je i čvrstoća adhezijske veze. Opažene razlike nisu statistički značajne ( $F= 1,127541$ ;  $p = 0,302340$ ;  $p>0.05$ ). Dakle, ako za izradu dječjih knjiga koristimo premazane papire, bolju kvalitetu forme bešavnog uveza dobit ćemo korištenjem papira veće gramature.

Histogram 5. Usporedba čvrstoća knjižnog bloka izrađenog od bezdrvnih nepremazanih papira i bezdrvnih premazanih papira



Usporedbom bezdrvnih nepremazanih papira i bezdrvnih premazanih papira vidljiva je značajna razlika u čvrstoći knjižnog bloka. Bezdrvni nepremazani papir s prosječnom čvrstoćom knjižnog bloka od 10,41 N/cm daje vrlo dobru kvalitetu uveza, dok bezdrvni premazani papir s prosječnom čvrstoćom knjižnog bloka od 4,93 N/cm rezultira lošom kvalitetom uveza. Opažena razlika je statistički vrlo značajna ( $F=13,22492$ ;  $p=0,001887$ ;  $p<0,01$ ). Razlog loše kvalitete forme bešavnog uveza korištenjem premazanog papira su anorganske čestice koje nastaju prilikom ohrapavljenja hrpta knjižnog bloka, a koje zaostaju na površini papira te sprječavaju prodiranje taljivog ljepljiva u otvore i pukotine papira. Stoga je slijepljeni spoj slabije kvalitete. Za izradu višebojnih jednotonskih knjiga za djecu najbolja opcija je bezdrvni nepremazani papir od 100 g/m<sup>2</sup>, dok je za izradu višebojnih višetonkih knjiga za djecu bolja opcija bezdrvni premazani papir od 150 g/m<sup>2</sup> nego od 115 g/m<sup>2</sup>.

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je istražiti koje vrste i gramature papira doprinose kvaliteti bešavnog uveza. Kvaliteta uveza procijenjena je kvantitativnom metodom, odnosno mjerenjem vlačne sile kidanja  $F$  (N/cm) pojedinačnog lista papira iz knjižnog bloka pomoću kidalice. Srednje vrijednosti čvrstoće slijepljenog spoja pojedinačnog lista papira uspoređene su s vrijednostima čvrstoće koju propisuje FOGRA vrijednosna ocjena za čvrstoću knjižnog bloka. Analizirano je osam vrsta papira koje su međusobno uspoređivane, a značajnost opaženih razlika u čvrstoći knjižnog bloka statistički je provjerena jednosmjernom analizom varijance.

Promatrane su dječje knjige edukativnog sadržaja za višekratnu upotrebu koje su podijeljene prema namjeni u dvije kategorije: knjige namijenjene za crtanje i pisanje (crtančice, vježbenice, mozgalice,...), te knjige za čitanje (slikovnice, albumi). Za svaku kategoriju dječjih knjiga utvrđena je optimalna opcija papira s obzirom na vrstu i gramaturu, a koja daje najbolju kvalitetu bešavnog uveza.

Dobiveni rezultati pokazuju da se najbolja kvaliteta forme bešavnog uveza knjige postiže korištenjem nepremazanog bezdrvnog papira gramature  $100 \text{ g/m}^2$ . Srednja vrijednost čvrstoće knjižnog bloka za nepremazani bezdrveni papir ( $100 \text{ g/m}^2$ ) iznosi  $10,41 \text{ N/cm}$  što prema FOGRA vrijednosnoj ocjeni kvalitete uveza znači vrlo dobro uvezivanje. Ovaj papir moguće je koristiti i za jednobojne dječje knjige (crtančice, vježbenice...), ali i za višebojne jednotonske dječje knjige. Ne preporuča se koristiti ga za višetonsku reprodukciju zbog istezanja papira. Vrlo dobra kvaliteta uveza postiže se i korištenjem voluminoznog papira  $80 \text{ g/m}^2$ , te korištenjem nepremazanog bezdrvnog papira  $80 \text{ g/m}^2$ . Među njima nema statistički značajne razlike.

Optimalne opcije vrste i gramature papira za izradu jednobojnih knjiga za djecu koje su namijenjene za crtanje i pisanje su: nepremazani bezdrveni papir gramature  $100 \text{ g/m}^2$ ., voluminozni papir  $80 \text{ g/m}^2$ , te nepremazani bezdrveni papir  $80 \text{ g/m}^2$ . Sve tri vrste papira rezultiraju vrlo dobrom kvalitetom bešavnog uveza.

Fotokopirni papiri s različitim udjelom recikliranog vlakna (0%, 33%, 100%) statistički se značajno razlikuju po kvaliteti uveza od voluminoznog papira i nepremazanih bezdrvnih papira, a rezultiraju dobrim (0% i 33% recikliranog vlakna) ili graničnim uvezivanjem (100% recikliranog vlakna).

Optimalna opcija vrste i gramature papira za izradu višebojnih knjiga za djecu (slikovnice, albumi) je nepremazani bezdrveni papir gramature 100 g/m<sup>2</sup> ako se radi o jednotonskoj reprodukciji (jer ga zbog istežanja papira nije preporučljivo koristiti u višetonskoj reprodukciji). Za višebojne višetonске dječje knjige najbolja opcija je obostrano premazani bezdrveni papir mat 150 g/m<sup>2</sup> koji rezultira dobrom kvalitetom uveza. Međutim, obostrano premazani bezdrveni papir sjajni 115g/m<sup>2</sup> nije preporučljivo koristiti u bešavnoj formi uveza s taljivim ljepljivom jer rezultira lošom kvalitetom uveza. Za ovaj papir potrebno je koristiti drugu vrstu ljepljiva (PUR) da bismo dobili zadovoljavajuću kvalitetu uveza.

Preporuke za projektiranje forme bešavnog uveza knjige:

- forma bešavnog uveza knjige prikladna je za različite vrste i gramature papira pod uvjetom da se koristi prikladno ljepljivo (HM/PUR);
- za male i srednje naklade knjiga („strojna proizvodnja knjiga“) preporuka je koristiti hot-melt ljepljivo s nepremazanim papirima (papiri veće površinske hrapavosti rezultiraju boljom kvalitetom uveza);
- ne preporuča se koristiti bešavnu formu uveza knjige korištenjem taljivog ljepljiva s premazanim papirima zbog manje površinske hrapavosti premazanih papira (bolja kvaliteta uveza postiže se korištenjem PUR ljepljiva ili kombinacijom šivane forme uveza i hot-melt ljepljiva);
- za velike naklade knjiga („linijska proizvodnja knjiga“) preporuka je koristiti PURmelt ljepljivo za sve vrste papira, a naročito za premazane papire.

## 5. LITERATURA

1. Solić J. (1973). Knjigoveštvo 1, Uvod i uvezi, Grafički srednjoškolski centar, Zagreb
2. Potisk V. (1997). Grafička dorada, Školska knjiga, Zagreb
3. Pasanec Preprotić S. (2012). Čvrstoća knjižnog bloka u ovisnosti o starenju, Doktorski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
4. Pasanec Preprotić S. (2014). Utvrđivanje kriterija za odabir bešavne forme u nakladničkom uvezu knjiga, Nastupno predavanje, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, dostupno na:  
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/prezentacija%20nastupno%20predavanje.pptx>., 2.07.2014.
5. Bujanić B., Magdalenić Bujanić J., Šestan-Busch; Mehanizmi stvaranja lijepljenog spoja, dostupno na:  
[http://www.velv.hr/data/velv/knjiznica/tehnickiglasnik\\_2\\_2011.pdf](http://www.velv.hr/data/velv/knjiznica/tehnickiglasnik_2_2011.pdf), 16.05.2014.
6. Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-2, dostupno na:  
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/Evokacija2.pdf>, 16.05.2014.
7. Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-1, dostupno na:  
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/ERR-1.pdf>, 16.05.2014.
8. Javor R. (2000). Kakva je knjiga slikovnica, Zbornik, 1-97 str., ISBN 953-6499-11-8, Zagreb, 26. travnja 1999., Knjižnice grada Zagreba, Zagreb
9. Mužić N. (2010). Slikovnica – od ideje do realizacije, Diplomski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
10. \*\*\* <http://www.studijdzajna.com/tkotic/proizvodi2.pdf>, 1.06.2014.
11. \*\*\* <http://www.kgz.hr/default.aspx?id=326>, 22.3.2014.
12. \*\*\* [http://www.forum-zadar.hr/za\\_najmladje.php](http://www.forum-zadar.hr/za_najmladje.php), 1.06.2014.
13. Teklić M. (2008). Grafičko oblikovanje dječje slikovnice, Završni rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

14. \*\*\*[http://hr.wikipedia.org/wiki/Suradnik:Ivan\\_%C5%A0tambuk/Informati%C4%8Dko\\_nazivlje#Tehnika\\_ili\\_tehnologija](http://hr.wikipedia.org/wiki/Suradnik:Ivan_%C5%A0tambuk/Informati%C4%8Dko_nazivlje#Tehnika_ili_tehnologija), 28.04. 2014.
15. \*\*\*<http://blog.dnevnik.hr/tehnickakultura/2010/10/1628321204/tehnika-tehnologija-tehnoloski-i-radni-proces-7r-tema-11.html>, 28.04. 2014.
16. Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-6, dostupno na: <http://dorada.grf.unizg.hr/media/Knjigovestvo%20vjezbe%20ERR-okvir/Uvezi%20ERR%20vjezba.pdf>, 29.04.2014.
17. Babić D. (1998). Uvod u grafičku tehnologiju, Grafički centar za ispitivanje i projektiranje, Zagreb
18. Vlaović M., Šmit K. (2011). Procesi završne grafičke obrade monografije, Seminarski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, dostupno na:  
[http://tf.unibl.org/materijal\\_nastavni\\_predmeti/800198/ostalo/Seminarski\\_rad\\_-\\_primjer.pdf](http://tf.unibl.org/materijal_nastavni_predmeti/800198/ostalo/Seminarski_rad_-_primjer.pdf), 11.05.2014.
19. Kipphan H. (2001). Handbook of print media: technologies and production methods, New York, ISBN 3-540-67326-1, str. 775-901
20. Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-4, dostupno na:  
<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/Novo%20%20ERR-5%20sabiranje.pdf>, 11.05.2014.
21. \*\*\*<http://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CB4QFjAB&url=http%3A%2F%2Fdorada.grf.unizg.hr%2Fmedia%2Fknjigovestvo%25201%2Fsavijanje.ppt&ei=YKe5U7vEKMv8ywPulILADQ&usg=AFQjCNFTCNF4XO3XhzYFMyceY4fFKrbnmQ&bvm=bv.70138588,d.bGQ>, 6.07.2014.
22. Kumar M. (2008). Tehnologija grafičkih procesov, Ljubljana, ISBN 978-961-6246-61-1
23. Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Knjigoveštvo 1, Vježba ERR-5, dostupno na: <http://dorada.grf.unizg.hr/media/Knjigovestvo%20vjezbe%20ERR-okvir/ERR-5.pdf>, 11.05.2014.
24. Pasanec Preprotić S., Babić D., Lajić B. Utjecaj različitih kvaliteta papira na čvrstoću knjižnog bloka meko uvezane knjige; dostupno na:

- <http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo09/Clanci09web/PasanecPreprotic/PasanecPreprotic.html>;15.05.2014.
25. \*\*\*<http://hr.wikipedia.org/wiki/Papir>, 20.05.2014.
  26. \*\*\*[http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%201\\_papir.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%201_papir.pdf), 20.05.2014.
  27. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/Osnovni%20sastojci%20za%20izradu%20papira.pdf>, 15.05.2014.
  28. \*\*\*[https://bib.irb.hr/datoteka/506874.DIPLOMSKI\\_RAD\\_Nikolina\\_Juric.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/506874.DIPLOMSKI_RAD_Nikolina_Juric.pdf), 20.05.2014.
  29. \*\*\*<http://www.scribd.com/doc/70126217/Tehnologija-Prozvodnje-Celuloze-i-Papira>
  30. Golubović A. (1993). Svojstva i ispitivanje papira, Viša grafička škola Zagreb, Zagreb
  31. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%20br%202.pdf>, 20.05.2014.
  32. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%203.pdf>, 20.05.2014.
  33. Sirutka Š. (2013). Karakterizacija kraft papira za izradu papirnatih ambalažnih vrećica, Diplomski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, dostupno na:  
[http://eprints.grf.unizg.hr/1554/1/DB260\\_Sirutka\\_Stefica.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/1554/1/DB260_Sirutka_Stefica.pdf), 11.07.2014.
  34. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%205.pdf>, 11.07.2014.
  35. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/uvodna%20vjezba%20-20SVOJSTVA%20I%20ISPITIVANJA%20PAPIRA.pdf>, 20.05.2014.
  36. \*\*\*<http://www.studij dizajna.com/tkosic/papiri.pdf>, 11.07.2014.
  37. Majnarić I. (2004). Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, dostupno na:  
[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/MR%20rad%20Igor%20Majnarić.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MR%20rad%20Igor%20Majnarić.pdf), 11.07.2014.
  38. \*\*\*<http://www.oms-hr.com/alati/hotmelt-tehnologija-ljepljenja/hotmelt-vru%C4%87e-ljepilo/>, 20.05.2014.
  39. PasanecPreprotić S., Babić D., Lajić B. Utjecaj različitih kvaliteta papira na čvrstoću knjižnog bloka meko uvezane knjige; dostupno na:  
<http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo09/Clanci09web/PasanecPreprotic/PasanecPreprotic.html>; 15.07.2014.



40. \*\*\*<http://dorada.grf.unizg.hr/media/Suzana%20Knjigovestvo%201/Ljepila.pdf>,  
9.06.2014.
41. Petrović M. (2011). Čvrstoća knjige u ovisnosti odnosa ljepila i papira,  
Diplomski rad, dostupno na:  
[http://bib.irb.hr/datoteka/567783.Diplomski\\_rad\\_Marijana\\_Petrovic.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/567783.Diplomski_rad_Marijana_Petrovic.pdf) ,  
10.07.2014.