

# Oporaba kartonske ambalaže

---

Čanadija, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:058415>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

Bruno Čanadija



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet



Smjer: tehničko tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## OPORABA KARTONSKE AMBALAŽE

Mentor:  
doc.dr.sc.Ivana Bolanča

Student:  
Bruno Čanađija

Zagreb, rujan 2017.

## **Sažetak**

*Tema završnog rada je reciklacija kartonske ambalaže.*

*Opisan je postupak reciklacije ambalaže farmaceutskih proizvoda. Radila se reciklacija uz pomoć kemikalija te bez njih kako bi se utvrdila njihova učinkovitost.*

*Ambalažni papir, odnosno karton koji se koristio je bio srebrno laminiran i jednostrano premazani.*

*Cilj istraživanja je definirati optimalan omjer kemikalija potrebnih za reciklažu i dati prilog optimiziranju procesa reciklaže.*

*U završnom radu će biti prikazani i uspoređeni rezultati mjerenja karakteristika uzoraka listova papira dobivenih eksperimentalnim radom u laboratoriju.*

*Ključne riječi:*

*Kartonska ambalaža, laminacija, reciklaža.*

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. AMBALAŽNI PROIZVODI .....	3
2.1. Materijali i utjecaj na okoliš .....	4
2.2. Ambalažni papir .....	6
2.3. Ljepila .....	7
2.3.1.1 Ljepila za sastavljanje ambalažnih proizvoda .....	8
2.3.1.2 Keljiva (ljepila) u papiru .....	10
2.4. Tiskarska boja .....	11
2.5. LAMINATI .....	13
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	14
3.1. TOK PROCESA .....	14
3.2. MATERIJALI .....	16
3.2.1. Tiskovna podloga .....	16
3.2.2. Kemikalije .....	17
3.2.3. Uzorci .....	18
3.3. LABORATORIJSKI UREĐAJI .....	19
3.3.1. Dezintegrator .....	19
3.3.2. Homogenizator .....	20
3.3.3. Flotacijska ćelija .....	21
3.3.4. Uređaj za uklanjanje ljepljivih čestica .....	22
3.3.5. Uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista .....	23
3.3.6. Spektrofotometar .....	24
3.3.7. Ostali uređaji .....	25
4. REZULTATI .....	26
4.1. $L^*a^*b$ .....	26
4.1.1. Rezultati mjerenja koeficijenta $L^*$ .....	26
4.1.1. Rezultati mjerenja koeficijenta $a^*$ .....	34
4.1.1. Rezultati mjerenja koeficijenta $b^*$ .....	26
5. ZAKLJUČAK .....	38
6. LITERATURA .....	39

# 1.UVOD

Ambalaža je materijal kojim se roba omotava ili unutar kojeg se roba smješta da bi se ona ili okoliš zaštitili, da bi se sigurno transportirala, skladištila te da bi se lako i bez opasnosti njome rukovalo. Osim toga ambalaža ima i svrhu promocije proizvoda. Razvoj ambalaže vezan je uz znanja i tehnologiju čovjekovog razvoja.

Prvi počeci korištenja ambalaže su skupljanje listova i kora drveta.

Kasnije su ljudi počeli izrađivati sami posude od drva, kamena, zemlje. Pronalaskom metala proizvode se posude od metala, bakra, željeza, bronce, srebra, zlata a kasnije i od stakla.

Počinju se raditi košare od pruća, trava, mješine od životinjskih koža, drvene bačve te napokon i od papira tj. kartona.

Moderna tiskana ambalaža datira od sredine 16. st. To su etikete otisnute na arku ručno rađenog papira. Oko stotinu godina kasnije počeo se koristiti omotni papir s tiskom za pakiranje farmaceutskih proizvoda. Pronalazak stroja za izradu papira i litografija omogućili su krajem osamnaestog stoljeća početak razvoja samostalne industrije ambalaže. U počecima pakiranja, proizvođači su robu i ambalažu sami dizajnirali, sve do devetnaestog stoljeća kada se počinje razvijati specijalizirana industrija ambalaže. U devetnaestom stoljeću industrija proizvodi dekoriranu ambalažu za prodaju drugim proizvođačima. Raste proizvodnja ambalaže zbog novovanstale mogućnosti njezina prijevoza željeznicom i brodovima. U četrdesetim godinama dvadesetog stoljeća valovita ljepenka i celofan postaju važni materijali za proizvodnju ambalaže. Rabe se kao zaštitni omoti te nadomještaju drvene kutije, bačve i papirne vrećice. U pedesetim godinama dvadesetog stoljeća prvi put u SAD-u počinju se popisivati učinci ambalažne industrije. Od sintetskih materijala, za ambalažu se prvo počeo koristiti celofan. Na njega se uglavnom tiskalo u fleksotisku. Taj materijal prvi je otvorio vrata velikom broju novih sintetskih materijala koji se u obliku filmova rabe za izradu tiskane ambalaže. [1]

U tiskarskoj se industriji u međuvremenu događa nova revolucija. Kao i u ostalima i u grafičkoj djelatnosti se posljednjih godina rapidno podiže ekološka svijest. Boje na bazi hlapljivih organskih spojeva polako zamjenjuju boje na bazi vode. Razvijačice (belichtere) za filmove zamijenili su CTP uređaji, čime se eliminirao proces razvijanja ali i nepotrebni filmovi. Uvode se čak i tehnologije besprocesnih ploča (ne trebaju razvijanje). Tekućine za vlaženje, čišćenje strojeva i razvijanje su sve redom dobile predznak eko, iako su po svom sastavu gotovo identične prijašnjim verzijama, ali to je tema za neki drugi rad. Kemikalije,

poput tekućine za vlaženje i razvijanje se nalaze u zatvorenim precesima i rekuperiraju se, što uvelike pridonosi zaštiti okoliša.

Osim toga neke mjere zaštite su definirane zakonima, tako da svaki mjesec bez obzira na veličinu tiskare morate zbrinuti nečiste krpe, ostatke papira, barem jenput godišnje zbrinuti spremnike od boje i sl.

Puno veća važnost pridaje se procjenama mogućnosti recikliranja ambalaže i otisaka.

Reciklažnim dvorištima (otkupnim stanicama) za papir u Hrvatskoj je promet sve veći, no nažalost sav taj otpadni papir odlazi izvan granica na reciklažu.

Tema završnog rada je utvrditi isplativost uporabe ambalaže farmaceutskih proizvoda te utvrditi efikasnost pojedinog procesa i kemikalija, u svrhu optimalizacije.

## 2. AMBALAŽNI PROIZVODI

Zbog višestruke uloge nije jednostavno definirati pojam ambalaže. No, općenito se može reći da se pod pojmom ambalaže podrazumijeva ambalaža različitog oblika i veličine, načinjene od ambalažnih materijala u užem smislu riječi, u koje se pakira, transportira, skladišti i prodaje roba. Isto tako, ambalažom se nazivaju i određeni oblici od tanjih fleksibilnih materijala koji su samo izrezani na odgovarajuće dimenzije i eventualno grafički obrađeni, a od kojih se neposredno prije pakiranja oblikuje primarna ambalaža. U ambalažu se ubrajaju i dijelovi za zatvaranje ambalaže (zatvarači, poklopci, čepovi) i dijelovi za unutarnju zaštitu robe u okviru skupnog pakiranja (jastuci, predlošci, pregrade itd.)

Kad je riječ o ambalaži, treba naglasiti da postoji primarna, sekundarna i tercijarna ambalaža. Prodajna ili primarna ambalaža je najmanja ambalažna jedinica u kojoj se proizvod prodaje konačnom kupcu. Skupna ili sekundarna ambalaža je ambalažna jedinica koja sadrži više proizvoda u primarnoj ambalaži tako da je proizvod pristupačan kupcu u skupini, a može se izdvojiti i uzeti pojedinačno.

Transportna ili tercijarna ambalaža je zaštitna ambalaža koja omogućava prijevoz, pretovar i rukovanje određenom količinom proizvoda. U ovu vrstu ambalaže ne spadaju spremnici (kontejneri) za cestovni, željeznički, prekomorski i zračni prijevoz robe. Ambalaža mora zadovoljiti četiri osnovna zahtjeva: zaštita proizvoda od okoline i okoline od proizvoda, prikladnost za upotrebu, transport i distribuciju, da informira kupca o sadržaju unutar ambalaže, prihvatljivost za okoliš, tj. pogodnost za recikliranje.[2]



## 2.1. Materijali i utjecaj na okoliš

Cjelokupna problematika ambalaže i pakiranja, posebice hrane u čijem širem smislu riječi se misli i na farmaceutsku industriju, vrlo je heterogena i kompleksna. Industrijska revolucija potaknula je značajan razvoj u području ambalažnih materijala, ambalaže te metoda pakiranja. Najizrazitiji iskorak u 20. stoljeću u tom području učinjen je u proizvodnji i primjeni ambalažnih materijala, posebice ambalaže od polimernih materijala. Od 1950. godine počinje razvoj velikog broja fleksibilnih materijala (različite kombinacije aluminijske folije, plastičnih masa, celofana ili papira), koji čine čitavo područje suvremene ambalaže čija se ekspanzija i dalje očekuje. Pojava aluminijske i plastične mase, kao i njihova kombinacija u formi fleksibilnog ambalažnog materijala, omogućila je razvoj suvremenih tehnologija pakiranja, odnosno pojavu različitih tzv. sustava pakiranja (Tetra-pack, Brik-pack, Hypa-pack, Doy-pack, Pure-pack...).

Potreba za zaštitom okoliša je svakim danom sve veća, a uvjetovana je povećanjem proizvodnje i modernizacijom tehnoloških postupaka. Iskorištena ambalaža čini velik dio čvrstog otpada u gradovima, a nerijetko se može naći razbacana uokolo. Kod procjene ekološkog statusa ambalaže primjenom bilo kojih kriterija mora se imati u vidu sastav ambalažnih materijala od kojih je ambalaža izrađena, a koji se nakon konzumiranja sadržaja ambalaže odlaze na deponije. [1]

U praktičnim se uvjetima ambalaža procjenjuje na temelju kriterija "samorazgradivosti". Na taj način su prihvaćena shvaćanja da je ekološki najprihvatljivija papirna, kartonska i drvena ambalaža, jer je podložna razgradnji u prirodnim uvjetima, a produkti ne zagađuju okoliš. Staklena i metalna ambalaža su također pokazale zadovoljavajuće rezultate: staklena jer je većim dijelom podrijetlom od prirodnih mineralnih sirovina (kvarcnog pijeska), a metalna jer pod utjecajem vlage i kisika stvara okside željeza i aluminijske, ti spojevi nalaze se u tlu. Polimerna ambalaža nije samorazgradiva i vrlo je malo podložna djelovanju vanjskih utjecaja i zbog toga u klasičnom smislu ne zagađuje okoliš, ali ga u značajnoj mjeri vizualno narušava. Ipak tanka plastika se pod utjecajem sunca polako raspada i pretvara u sitne dijelove. Problem nastaje kada životinje nehotice pojedu takvu ambalažu, pogotovo ribe ili se zapetljaju u nju. Naši uzorci u ovom završnom radu su laminirani (B4-B6), te samim time ulaze djelomično i u segment polimerne ambalaže.

Mogući problem stvarnog zagađenja okoliša, posebno zraka, nastaju pri samozapaljenju i namjernom spaljivanju deponiranog smeća, jer se u uvjetima gorenja kod nedovoljne količine kisika javljaju plinoviti produkti (zagađujuće tvari) kao zagađivači zraka, otapaju se u vodi pa zagađuju i vodene tokove, a samim time i zemljište u neposrednoj blizini [1]. Svedoci takvih događaja su stanovnici zapadnog dijela Zagreba

Problem kod reciklaže papira je taj da se papir pri otkupu dijeli na samo sedam skupina. To su: karton, bijela arhiva, grafički papir, letci, novine, magazini ,miješani papir, stare knjige i grafokarton [3]

U toj podjeli naša ambalaža farmaceutskih proizvoda bi zbog laminacije zavšila u spremniku za miješani otpadni papir zajedno sa obojenim papirima, plastificiranim, kopirnim papirima (NCR) i sl.

## 2.2. Ambalažni papir

Papir je vlaknasta masa nastala preplitanjem vlakana, koja su dobivena mehaničkom ili kemijskom obradom sirovinom biljnog podrijetla. Papirna suspenzija se ugušćuje, prilikom odvodnjavanja formira na sitima i na bubnjevima se suši stvarajući papir ili karton. Postoji mogućnost oplemenjivanja vlakana dodavanjem različitih sredstava za punjenje, bojila ili ljepila u suspenziju. Karton je, kao i papir, celulozna tvorevina s raznim dodacima, ali se od papira razlikuje gramaturom (specifičnom težinom po  $m^2$ ).

Karton je izumljen u Kini u 17. st. Sredinom 19.st. postao je materijalom za izradu ambalaže kada je izumljen valoviti karton. Prednosti su mu bile snaga, mala masa, te niska cijena i one ga čine vrlo korisnim za transport i spremanje.

Prema nekim autorima papir je do  $150 \text{ g/m}^2$ , a u nekih drugih autora može se naći podjela gdje papir seže čak do  $300 \text{ g/m}^2$ . Procjenjuje se da je od papira i kartona danas izrađeno oko 40% svih vrsta ambalaže. Karton i papir razlikuju se i po postupku proizvodnje. Papir se gotovo isključivo proizvodi na strojevima s dugim ravnim ili okruglim sitima, a karton na strojevima s više dugačkih i okruglih sita. Za izradu valovitog kartona rabe se ambalažni papiri: bezdrvni papir, superior papir, sulfitni papir, pergamin papir, višeslojni papir i ostali papiri. Bezdrvni papir proizvodi se isključivo od sulfitne celuloze bez primjesa drvenjače. Radi se gramatura od 50 do  $150 \text{ g/m}^2$ . Izrađuje se strojno gladak, satiniran, bijeli ili obojeni. Najčešće se upotrebljava za tisak i pisanje, a manje kao vanjski sloj na valovitom kartonu i to uglavnom za ambalažu od koje se zahtijeva odlična grafička obrada. [4]

## 2.3. Ljepila

Uz papir najupotrebljavaniji materijal u grafičkoj doradi. Ljepilom se ostvaruje trajna neraskidiva veza dvaju dijelova koji mogu biti od istoga ili različitog materijala.

*Adhezija* je privlačna sila između molekula različitih materijala.

*Kohezija* je privlačna sila među istovjetnim molekulama.

Svojstva koja Ljepila su: viskoznost, konzistentnost, sposobnost penetracije i otvoreno vrijeme sušenja.

*Viskoznost* je reološko obilježje tekućih tvari da se njihovi slojevi međusobno gibaju.

Viskoznost ovisi o temperaturi Ljepila.

Konzistentnost Ljepila je sposobnost njegova rasprostranjivanja po površini na koju se nanosi.

Proporcionalna je s viskoznošću.

Penetracija Ljepila je sposobnost prodiranja molekula Ljepila u podlogu koja se sljepljuje.

*Otvoreno vrijeme sušenja* Ljepila jest vrijeme koje proteže od trenutka nanošenja Ljepila na podlogu do trenutka kada se dva dijela koji se žele slijepiti spoje.

*Zatvoreno vrijeme sušenja* Ljepila jest vrijeme tijekom kojega je slijepljeni spoj potrebno pritiskati. [5]

Slijepljeni je spoj moguće sušiti:

- prirodnim putem (Potrebno je dugo vrijeme, za velike serije veliki prostor, nije potrebna energija a često se pri sušenju oslobađaju neugodni mirisi)
- visokofrekventnom strujom (Brzina gibanja elektrona iznosi oko 10 kHz. Sušenje je brzo, potreban je mali prostor, vrijeme sušenja je kratko. Pogodna je za materijale otporne na toplinu)
- elektronsko sušenje (elektronskim topovima struje 150 do 300 kW. Troši se malo energije, ali su uređaji skupi. Temperatura materijala je oko 5 °C).

### 2.3.1.1. Ljepila za sastavljanje ambalažnih proizvoda

#### Polivinil-acetat (PVAc)

Spada u disperzijska ljepila koja definiramo kao heterogene sustave koji sadrže čvrstu i tekuću komponentu sa udjelom čvrste komponente od 40 do 80%. Polivinil-acetat emulzije su disperzije hladnog ljepila s oko 50% suhe tvari. PVAc je polimer vinil-acetata dobiven polimerizacijom monomera u vodi. Disperzijska ljepila su hladna ljepila, tj. primjenjuju se na temperaturama od 18°C do 25°C.

Povoljne osobine takvih ljepila su elastičnost filma, otpornost na starenje, mogućnost upotrebe na sobnim temperaturama, povoljan viskozitet, dobra adhezija, mogućnost strojnog i ručnog nanošenja, ekonomičnost naspram drugih ljepila.

Nedostatak disperzijskih ljepila je dugo vrijeme sušenja, što produžuje proces proizvodnje jer su potrebna 3-4 sata do mogućnosti obrezivanja. Vrijeme aplikacije disperzijskih ljepila određeno je apsorpcijom ili isparavanjem vode koju sadrži.

PVAc emulzije sadrže razne dodatke koji im se dodaju kako bi se dobila ljepila za posebne namjene:

*Plastifikatori (omekšivači):* Najvažniji dodatak PVAc ljepilima čijim utjecajem sloj ljepila postaje elastičniji i mekši, povećavaju se sile adhezije dok sile kohezije tek neznatno slabe. Kao omekšivači se koriste jednostavni esteri – tvari koje tvore film oko čestica disperzije čime se povećava udaljenost među njima i smanjuje njihova povezanost, što pak dovodi do povećanja fleksibilnosti filma ljepila i smanjuje minimalnu potrebnu temperaturu za stvaranje filma.

*Otapala:* Na svojstva PVAc emulzije djeluju slično kao i omekšivači (snižavaju temperaturu stvaranja filma), no njihov je učinak privremen. Budući da otapalo u konačnici potpuno ishlapi, ne utječe na svojstva ljepila. Kao otapala se koriste alkoholi, esteri, ketoni i aromatski ugljikovodici, a dodaju se ljepilu u količinama od 1% do 5% na suhu tvar PVAc ljepila.

*Punila:* Punila se dodaju ljepilu kako bi se povećao udio suhe tvari, povećala viskoznost i gustoća, povećala izdržljivost, smanjila penetracija i smanjila cijena ljepila. Udio punila ima jak utjecaj na kvalitetu i svojstva ljepila jer prevelik udio smanjuje snagu lijepljenja. Za razliku od anorganskih, organska se punila dodaju u malim količinama jer imaju veći utjecaj na smanjenje čvrstoće i povećanje viskoznosti ljepila (organska se dodaju u udjelu od 5% do 10%, a anorganska i do 50% na suhu tvar PVAc ljepila)

### **Hot-melt (taljiva) ljepljiva (HM)**

Termoljepljiva su homogena smjese termoplastičnih materijala koji na povišenim temperaturama prelaze u tekuće stanje, a na sobnoj se temperaturi nalaze u čvrstom stanju. Ne sadrže vodu ili otapala, pa ih se može smatrati 100%-tnim krutinama. Isporučuju se u granulama ili pločicama.

Trokomponentni su sustavi i sastoje se od osnovnog termoplastičnog polimera (odgovornog za elastičnost, adheziju i koheziju), smole (poboljšava adheziju i viskozitet, te sprečava starenje ljepljiva) i omekšivača (uglavnom parafin za povećanje viskoziteta) 19 Etilen-vinil acetat (EVA) kopolimer se koristi kao osnovni polimer za hot-melt ljepljiva u grafičkoj industriji. Za razliku od PVAc ljepljiva koja pružaju fleksibilniji hrbat, hot-melt ljepljiva su kruta i neelastična. Hot-melt ljepljivima lijepi se stolni kalendari i blokovi i ono omogućuje lako otkidanje listova. EVA ljepljiva imaju tendenciju pucanja ako se pohranjuju na vrlo hladnim mjestima, dok PVAc ljepljiva imaju bolju stabilnost na ekstremnim temperaturama. Zagrijavaju se neposredno prije primjene na temperature od 160°C do 180°C što ih čini rastezljivima, daju jako ljepljiva svojstva u većini uvjeta, brzo prijanjaju uz podlogu, relativno su jeftina i univerzalna su dovoljno da ih se koristi na premazanim i nepremazanim papirima. U proizvodnji grafičkih proizvoda su jako popularna zbog velike čvrstoće sljepljivanja, dimenzionalne stabilnosti, te zbog brzog sušenja koje omogućuje velike brzine proizvodnje na proizvodnim linijama.

### **Poliuretanska (PUR) ljepljiva**

Glavni su predstavnik termoreaktivnih ljepljiva u grafičkoj industriji. Slična su tradicionalnom hot-melt ljepljivu, a proizvode se od poliuretanskog reaktivnog (PUR) materijala, te osim osnovnih tvari sadrže još i punila i tvari za razrjeđivanje. Smatra ih se najfleksibilnijim i najizdržljivijim ljepljivima za uvezivanje na tržištu, a te ih karakteristike čine idealnim za uvez udžbenika za srednje škole, knjige koje se često koriste i one tiskane na velikoj gramaturi papira. Knjige uvezane PUR ljepljivom izdržavaju bez raspadanja i u najzahtjevnijim uvjetima. Proizvodi ljepljeni PUR ljepljivom zahtjevaju manju pripremu hrpta knjige od drugih vrsta ljepljiva, a pull-test knjiga ljepljenih PUR ljepljivima daje do 2.5 puta bolje rezultate od standardnog EVA ljepljiva za meki uvez. Po osobinama se nalaze između PVAc i EVA ljepljiva, nanošenje se vrši na temperaturama od 120°C do 130°C, inicijalna veza se javlja neposredno nakon nanošenja ljepljiva na podlogu što omogućava daljnju obradu proizvoda bez odlaganja, no konačna čvrstoća ljepljenog spoja postiže se tek nakon minimalno 6 sati sušenja.

Prednosti PUR ljepljiva su otpornost na starenje, visoka elastičnost, izvanredna izdržljivost knjiga uvezanih PUR ljepljivom čak i na ekstremno niskim temperaturama, mogućnost primjene kod premazanih papira. Nedostaci su osjetljivost na vlagu u zraku, zbog čega se koriste u specijalnim zatvorenim jedinicama za ljepljenje, te vrijeme potrebno za potpuno sušenje ljepljenog spoja.

### **2.3.1.2. Keljiva (ljepila) u papiru**

Ljepila u papiru su organski dodaci papiru koji se mogu dodavati u masu prilikom proizvodnje papira ili u obliku tankog površinskog premaza. Keljiva mogu biti biljnog, životinjskog ili sintetskog porijekla, a koriste se biljne smole, škrob, parafin i sl.

Keljiva se u papir dodaje 3 – 4 % u odnosu na suhu masu vlakana, a ovisno o količini korištenog keljiva papiri se dijele na nekeljena, četvrt-keljene, polu-keljene, tričetvrt-keljene i puno-keljene papire. Ako se keljiva apliciraju po površini papira, takve papire ipak ne smatramo premazanim papirima, već keljenima. Uloga keljiva je homogenizirati strukturu papira i doprinjeti smanjenju upojnosti, čime se posredno doprinosi dimenzionalnoj stabilnosti papira. Celulozna vlakna su higroskopna, što znači da u uvjetima povećane vlažnosti zraka ili u kontaktu s vodom bubre navlačeći vlagu na sebe. Bubrežje vlakana u listu papira uzrokuje povećanje dimenzije lista koje je izraženije u poprečnom smjeru tijekom vlakanace nego u uzdužnom. Dodavanje keljiva ne može promijeniti higroskopan karakter vlakana, no može utjecati na smanjenje ili sprečavanje kontakta vlakana s vodom, napr. s tekućinom za vlaženje. Punokeljeni papiri koriste se za višebojni tisak, zatim za izradu udžbenika, bilježnica i općenito pisaćih papira po kojima se može višekratno brisati gumicom ili pisati tintom bez razlijevanja. Keljeni papiri manje površinski praše od nekeljinih papira. [6]

## 2.4. Tiskarska boja

U tisku ambalaže koriste se sve tehnike tiska.

### Boje za fleksografski tisak

Fleksografski tisak je tehnika visokog tiska koja se prvenstveno koristi za tisak na ambalaži. Fleksibilna fotopolimerna tiskovna forma je u direktnom dodiru s materijalom za otiskivanje (direktni rotacioni tisak). Tiskarska boja koja je vrlo rijetka preko duktora se prenosi na aniloks cilindar, a s njega na tiskovnu formu (temeljni cilindar). Osnovna formulacija flekso boje obuhvaća: pigmente ili bojila (kolorante), veziva (smole), dodatke i otapalo. Za tisak ambalaže koriste se tri tipa fleksografskih boja:

1) boje temeljene na otapalima.

Zbog otapala na bazi HOS-a (hlapljivih organskih spojeva) izrazito su nepovoljne za zdravlje i okoliš. Sastoje se od 50 i više % otapala. Njihova prednost je što se njima može tiskati na gotovo sve vrste tiskovnih podloga uključujući neupojne podloge.

2) boje temeljene na vodi

ekološki povoljnije od boja temeljenih na hlapivim organskim otapalima (redukcija HOS spojeva). Rabe se za tisak kutija od valovitog kartona, naljepnica i ostalih papirnatih proizvoda. Boje temeljene na vodi se gotovo odmah suše na vrlo upojnoj podlozi.

3) UV fleksografske boje.

Izlaganjem otiska UV zračenju dolazi do momentalnog sušenja tj. osvijetljeni fotoinicijatori započinju polimerizaciju što rezultira skrućivanjem boje - sušenjem.

Takvim se bojama postižu visoko kvalitetni otisci s dobrim mehaničkim i kemijskim svojstvima, a svoju primjenu pronašli su na podlogama tipa: papir, PVC, aluminijske folije, laminati.

### Boje za ofsetni tisak

Veziva ovih boja su temeljena na lanenom ulju i mineralnom ulju te sintetičkim (umjetnim) smolama. Offsetne boje su sastavljene od sljedećih komponenti:

- veziva u osnovi se sastoji od teških smola, kao što su laneno ulje, sojino ulje, drveno ulje te mineralnih i raznih sušila
- pigmenta između 10 i 30% ukupnog udjela.
- dodataka koji čine približno 10% ukupnog udjela.



Boje za plošni tisak najčešće se suše oksipolimerizacijom površinskog sloja, hlapljenjem i penetracijom tekućih komponenti boja u tiskovnu podlogu ali mogu i prisilnim sušenjem (UV-boje i IR) [7]

Zbog svog sastava, boja za ofsetni tisak je hidrofobna, te je lako odvojiva u postupku flotacije prilikom reciklaže. [8]

## 2.5. LAMINATI

Laminati su vrste ambalažnih materijala slojevite strukture. Ambalažni materijali slojevite strukture na presjeku imaju točno definirane slojeve od različitih materijala. Oni mogu biti izrađeni od više polimernih materijala i tada se nazivaju višeslojnim polimernim materijalima, ili pak mogu biti izrađeni od poliernih materijala i nekog drugog ambalažnog materijala (papira, kartona ili aluminija) i tada se nazivaju kombiniranim ambalažnim materijalima. Ambalažni materijali slojevite strukture dijele se na: folije, trake i ploče. Podjela je izvršena na temelju debljine, kao i kod polimernih monomaterijala, samo se pod folijama podrazumijevaju materijali debljine do 400  $\mu\text{m}$ . Proizvodnja materijala slojevite strukture uvjetovana je potrebom poboljšanja svojstava homogenih materijala namijenjenih za pakiranje. Kombinacijom različitih monomaterijala (papir, aluminijska folija, celulozni film, poliesterski film itd.) dobiju se laminati željenih svojstava za čuvanje određenih proizvoda. Pri odabiru materijala za izradu ambalaže potrebno je ispuniti sljedeće uvjete:

- osigurati oblikovanje i zatvaranje ambalaže zataljivanjem
- poboljšati barijerna svojstva na plinove i vodenu paru
- poboljšati barijerna svojstva na elektromagnetsko zračenje (svjetlost i UV)
- poboljšati barijerna svojstva na aromatične tvari
- smanjiti masu po jedinici površine i debljinu, a time i masu ambalaže po jedinici upakiranog proizvoda.

Primjenom takvih ambalažnih materijala osigurava se bolja zaštita, postižu se i značajniji ekonomski učinci, a mogu se utvrditi i prednosti s aspekta zaštite okoliša. Višeslojni polimerni ambalažni materijali se proizvode postupcima koekstrudiranja, ekstruzijskog oslojavanja i kaširanja, a višeslojni kombinirani materijali se dobivaju postupcima ekstruzijskog oslojavanja, kaširanja, silikonizacije i imetalizacije. Lakiranjem i tiskanjem se poboljšavaju barijerna svojstva i postižu bolji vizualni učinci. Polimerna i kombinirana ambalaža se najviše koriste za pakiranje prehrambenih proizvoda, ali i za mnoge druge proizvode (kozmetičke, farmaceutske, opće namjene...). Razlozi tome leže u dobroj kvaliteti i relativno niskoj cijeni po jedinici upakiranog sadržaja. Uz to, ta se ambalaža koristi i zbog svoje ekološke prihvatljivosti koja se može vidjeti u sveobuhvatnom sagledavanju utjecaja ambalaže na okoliš, u čitavom životnom ciklusu, počevši od faze korištenja sirovina, a ne samo u fazi odbačene ambalaže.

### 3 . EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom završnom radu promatraju se karakteristike celuloznih vlaknaca papira recikliranog metodom alkalne deinking flotacije.

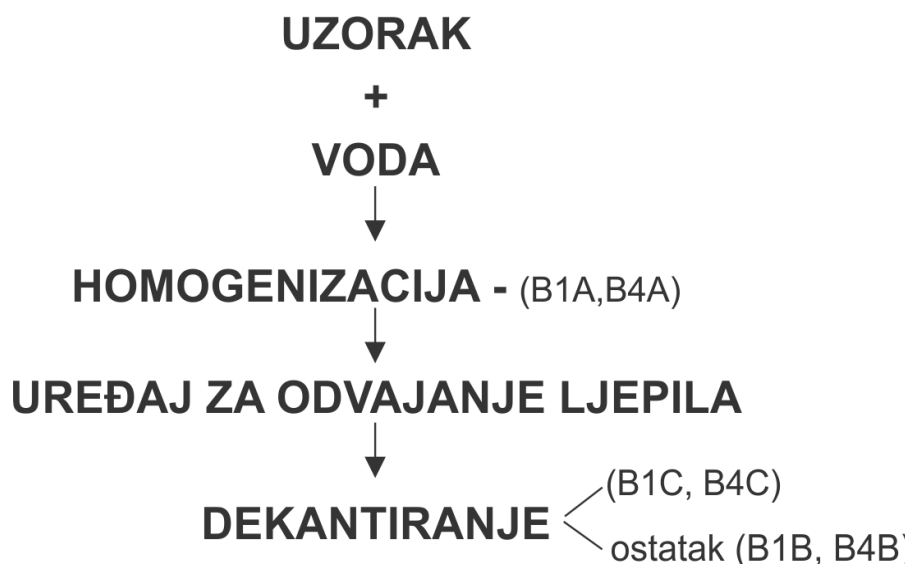
Deinking flotacija je proces selektivnog odvajanja čestica bojila od celuloznih vlaknaca.

Mehanizam odvajanja temelji se na kemijskim karakteristikama površine mjehurića zraka i bojila koje su hidrofobne pa se privlače, dok su celulozna vlakanca hidrofilna pa se odbijaju. Mjehurići zraka se sa česticama bojila, silama potiska, transportiraju na površinu tekuće faze, gdje se odvajaju u obliku pjene.

Efikasnost procesa deinking flotacije ovisna je o tehnici tiska, karakteristikama bojila, svojstvima tiskovne podloge, komponentama premaza, vrsti i količini kemikalija korištenih u različitim fazama procesa, kao i o kemijskim i fizikalnim uvjetima sustava. [9]

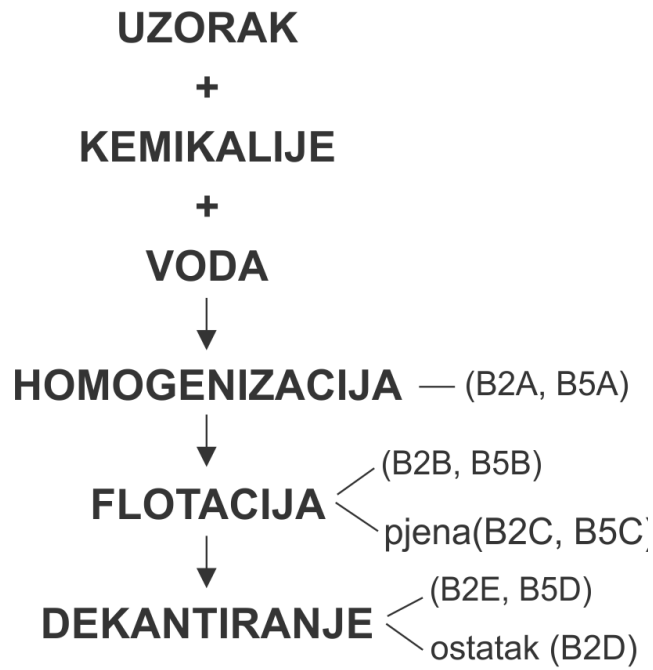
#### 3.1. TOK PROCESA

Postupci kojima su napravljeni uzorci laboratorijskih listova prikazani su u nastavku na slikama od 1 do 3. [10]



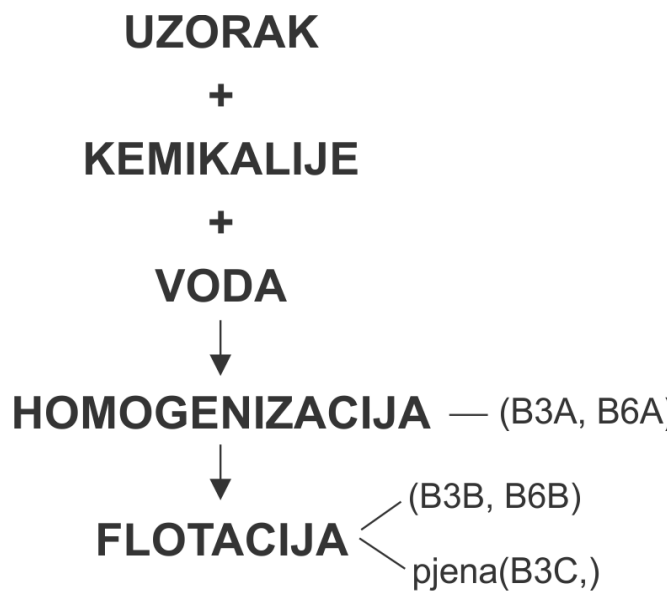
Postupak 1.

Slika 1. Grafički prikaz toka postupka 1.



Postupak 2.

Slika 2. Grafički prikaz toka postupka 2.



Postupak 3.

Slika 3. Grafički prikaz toka postupka 3.

## 3.2. MATERIJALI

### 3.2.1. Tiskovna podloga

U završnom radu korištene su tiskovne podloge gramature 300 g/m<sup>2</sup>, jednostrano premazane – tzv. kromolux. (Slika 4.)

Ispitivanje se radilo na dvije vrste podloga: laminiranim i nelaminiranim. Takve tiskovne podloge se najčešće koriste za proizvodnju ambalaže visokih zahtjeva, kao npr. za kozmetiku, farmaceutske proizvode, i sl.

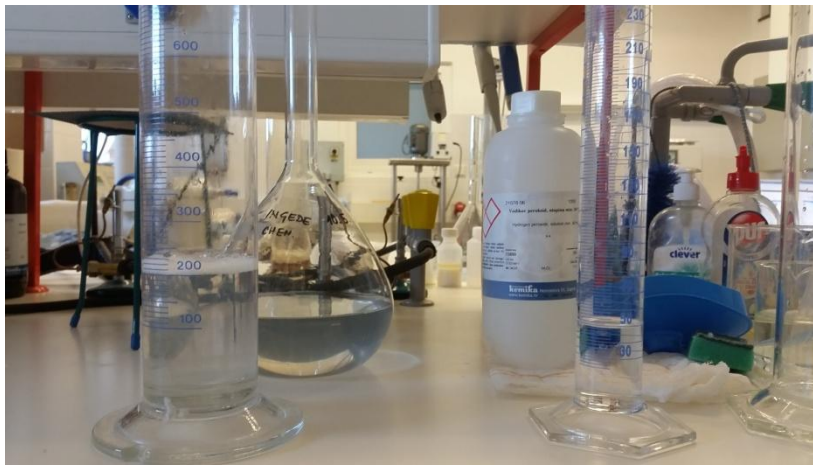
Tehnika tiska kojom je tiskano je ofset iz arka, tako da je boja hidrofozna i odvojiva flotacijom



Slika 4. Fotografija uzorka

### 3.2.2. Kemikalije

Odabir vrste i količine kemikalija deinkinga izravno utječe na efikasnost samog procesa. U eksperimentu su korištene sljedeće kemikalije (Slika 5.): 0,6%-tni natrijev hidroksid NaOH, natrijev silikat  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 10%-tni vodikov peroksid  $\text{H}_2\text{O}_2$  i površinski aktivne tvari (Aquasech i Flokutan). Natrijev hidroksid, natrijev silikat i vodikov peroksid služe za bijeljenje celuloznih vlaknaca suspenzije, a površinski aktivne tvari pomažu hidrofobnom sastavnom dijelu bojila da se energijski odvoji od čvrste vlaknaste površine i rasprši u hidrofilnoj vodenoj okolini. [8] , [10]



Slika 5. Fotografija korištenih kemikalija

### **3.2.3. Uzorci**

U završnom radu napravljeni su slijedeći laboratorijski listovi papira sa pripadajućim oznakama čiji je proces nastajanja opisan u poglavlju 3.1:

B1- uzorak otisnute kutije u arku, postupak 1

B2 - uzorak otisnute kutije u arku, postupak 2

B3 - uzorak otisnute kutije u arku, postupak 3

B4 - uzorak laminirane otisnute kutije, postupak 1

B5 - uzorak laminirane otisnute kutije, postupak 2

B6 - uzorak laminirane otisnute kutije, postupak 3

### 3.3. LABORATORIJSKI UREĐAJI

#### 3.3.1. Dezintegrator

Dezintegrator je uređaj koji stvara papirnu pulpu, tj. suspenziju celuloznih vlaknaca u vodi (Slika 5.). Sastoji se od posude u koju se stavlja uzorak, kapaciteta 3L, sistema za fiksiranje posude i elektromotora koji pokreće mješalicu.

U dezintegrator se stavlja 100g uzorka kartonske ambalaže, prethodno usitnjene na komadiće veličine cca 2x2cm i voda. Dezintegracija se provodi sa i bez kemikalija. Kada se radila bez kemikalija dodali smo 2L vode u dezintegrator, a kada se radila sa kemikalijama 1750mL vode

Dezintegraciju smo svaki put provodili u trajanju od 10 minuta. Nakon čega se smjesa stavlja u homogenizator.



Slika 5. Fotografija dezintegratora



### 3.3.2. Homogenizator

Homogena smjesa je ona smjesa čiji je sastav jednak u svim djelovima smjese.

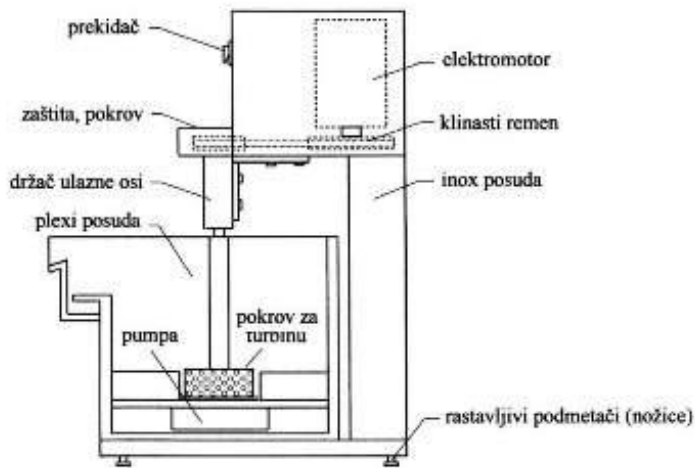
Homogenizator je uređaj za homogenizaciju smjese papirne pulpe (Slika 6.). Osnovni dijelovi homogenizatora su: stalak, posuda napravljena od akrilnog stakla kapaciteta 12L, mješalica koja je napravljena od nehrđajućeg čelika i elektromotor koji pokreće mješalicu ravnomjernom brzinom od 150 okretaja u minuti. Posuda je optimalno (standardizirano) nagnuta i stalnim miješanjem sprječava se taloženje vlaknaca celuloze. Uzorak se uzima s donje strane posude otvaranjem kuglastog ventila.



Slika 6. Fotografija homogenizatora

### 3.3.3. Flotacijska ćelija

Nakon homogenizacije, suspenzija se premješta u flotacijsku ćeliju, gdje se odvija proces flotacije. Flotacijska ćelija (Slika 7.) je uređaj koji u celuloznu suspenziju uvodi mjehuriće zraka na koje se prihvaćaju hidrofobne čestice bojila, te se izlučuju u obliku pjene koja se uklanja. Kemikalije koje su dodane u prije dezintegracije povećavaju hidrofobnost čestica bojila, te samim time povećavaju efikasnost deinking flotacije.



Slika 7. Shematski prikaz i fotografija flotacijske ćelije

### 3.3.4. Uređaj za uklanjanje ljepljivih čestica

Uređaj za uklanjanje ljepljivih čestica (Slika 8.) služi za izdvajanje ljepljivih čestica, bojila, ljepila, pijeska, metala i ostalih nečistoća koje se mogu naći u ambalaži nakon životnog vijeka odnosno namijenjenoj reciklaži. Uz dotok vode i vibracijom sita odvajaju se fine čestice kroz sito, dok ljepljive čestice zaostaju. Celulozna vlakanca se odvajaju iz velikog volumena papirne suspenzije male koncentracije postupkom dekantiranja.

Osnovni dijelovi uređaja su gornji dio napravljen od alumija u koji stavljamo pulpu i u koji dolijevamo vodu,

Dijafragma komora koju pokreće elektromotor sa ekscentričnim mehanizmom te uzrokuje pokretanje membrane gore-dolje pri čemu ona djeluje kao pumpa. Membrana ima oscilaciju od 3.2 mm

Sito od nehrđajućeg čelika koje se sastoji od 756 utora, veličine svakog pojedinog 0.15 x 45 mm.

Kroz sito prolaze samo najfinije čestice manjeg promjera od veličine samog otvora sita.

Odabir vrste i količine kemikalije deinkinga izravno utječe na efikasnost samog procesa.



Slika 8. Uređaj za odvajanje ljepljivih čestica

### 3.3.5. Uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista

Papir se u proizvodnom procesu u tvornicama izrađuje u velikim dugim trakama, dok uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista( Slika 9.) kao što mu i samo ime govori, služi za izradu laboratorijskih listova koji se koriste u svrhu istraživanja.

Dijelovi uređaja:

Osnova uređaja je plastificirani okvir od nehrđajućeg čelika s čije gornje strane je radna površina na kojoj se nalaze: kontrolna ploča, uređaj za sušenje papira, sito od nehrđajućeg čelika, akrilni spremnik.

Unutar stola se nalazi vakum pumpa. Uz uređaj se zasebno nalazi i kompresor [11]



Slika 9. Uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista papira

Način uporabe:

Otvori se ventil za vodu te uključiti kompresor i sam uređaj. Pričekati da se sušač ugrije na  $92^{\circ}\text{C}$  i upali se pumpa. Nivo vode na pokazivaču mora biti minimalno 2L, a način rada na prekidaču mora biti okrenut na 0 što je automatski načini rada. Stavi se sito, spusti spremnik i učvrsti. Pritisne se tipka START, kada voda dosegne volumen od 4 L doda se potrebnu količinu suspenzije pulpe. Kod volumena od 7 L komprimirani zrak izlazi i homogenizira suspenziju. Nakon što mjehurići zraka izađu iz suspenzije ispušta se voda. Na sito na kojem se nalazi mokri laboratorijski list stavlja se okrugli upojni papir okrenut sa glatkom stranom prema dolje. Preko tako složenih listova prelazi se sa valjkom na način sredina-lijevo-desno-sredina (ISO 5269-2). Tada se okrene sito i lupi po gumenoj podlozi. Na mokri list sa druge strane se stavlja manji zaštitni papir. Iz sušač se izvaditi zaštitni papir i stavi se laboratorijski list tako da veći upojni papir bude prema dolje. Namjesti se vrijeme sušenja između 7-12

minuta i stisne se START. Obavezno kontrolirati: temperaturu  $93 \pm 2^\circ\text{C}$  i tlak između -0,9 i – 1,0 bara. Sušenje je gotovo s zvučnim signalom tada se povlači crna ručica kako bi se izjednačili tlakovi- pustio zrak. Otvori se poklopac i izvadi laboratorijski list, poklopac se zatim odmah zatvori.

Nakon sušenja se odvoji upojni i zaštitni papir od laboratorijskog lista. Pričeka se nekoliko minuta prije izrade sljedećeg lista zbog pumpe. Sito se treba obavezno oprati nakon svake izrade lista pod mlazom vode držeći ga ukoso kako ga mlaz vode ne bi oštetio. [8]

### 3.3.6. Spektrofotometar

Spektrofotometar je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji (Slika 10), transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih duljina vidljivog dijela spektra. Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. Prilikom određivanja boja najčešće se primjenjuju spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 400 nm do 700 nm.

Ovaj uređaj radi na principu monokromatora, a monokromator je prizma ili optička rešetka. U ovom radu spektrofotometrom se mjerile svjetlina, ERIC, opacitet i optičke vrijednosti  $L^*a^*b^*$ . [9]

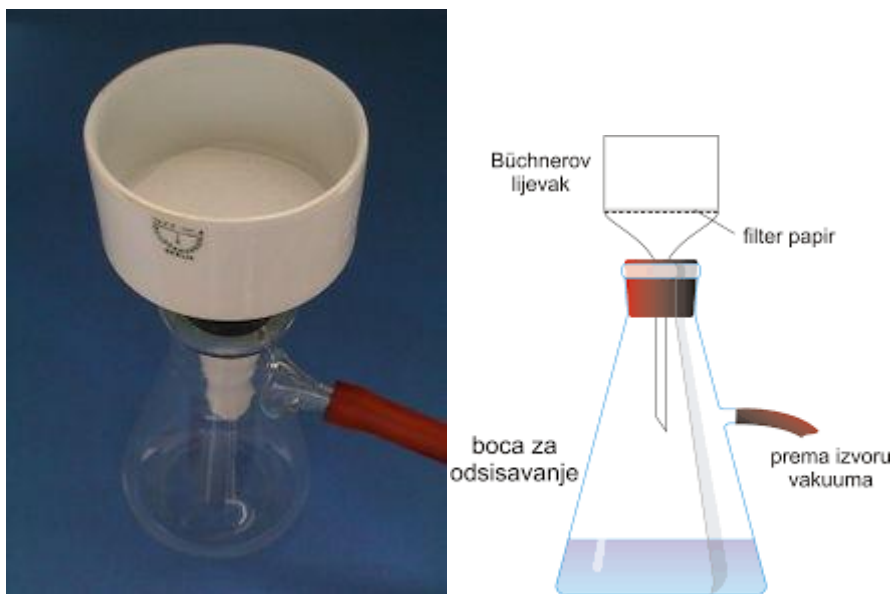


Slika 10. Spektrofotometar

### 3.3.7. Ostali uređaji

Od uređaja su se još koristili: Analitička vaga, Buchnerov ljevak

*Büchnerov ljevak* je dio laboratorijske opreme koja se koristi za filtraciju uz filter-papir (Slika 10.). Standardno je izrađen od porculana, a na tržištu su dostupni i stakleni i plastični. Posjeduje ravno, rupičasto, porculansko dno ili ravnu ploču od sinteriranog stakla. Na njega se stavlja mokri filter-papir tako da mu pokriva sve rupice, ali tako da ne dira stjenke lijevka. Büchnerov lijevak se stavlja se na Büchnerovu tikvicu i učvršćuje pomoću gumenog nastavka. U tikvici se pomoću vakuum pumpe ili vakuum sisaljke osigurava vakum koji pospešuje filtraciju.



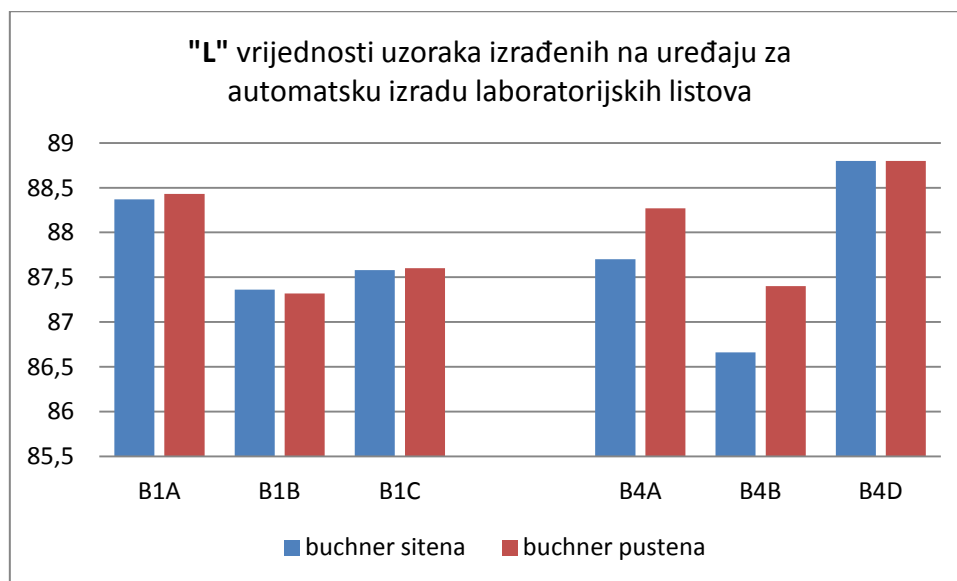
Slika 10. Shematski prikaz i fotografija Büchnerovog lijevka

## 4. REZULTATI

### 4.1. L\*a\*b

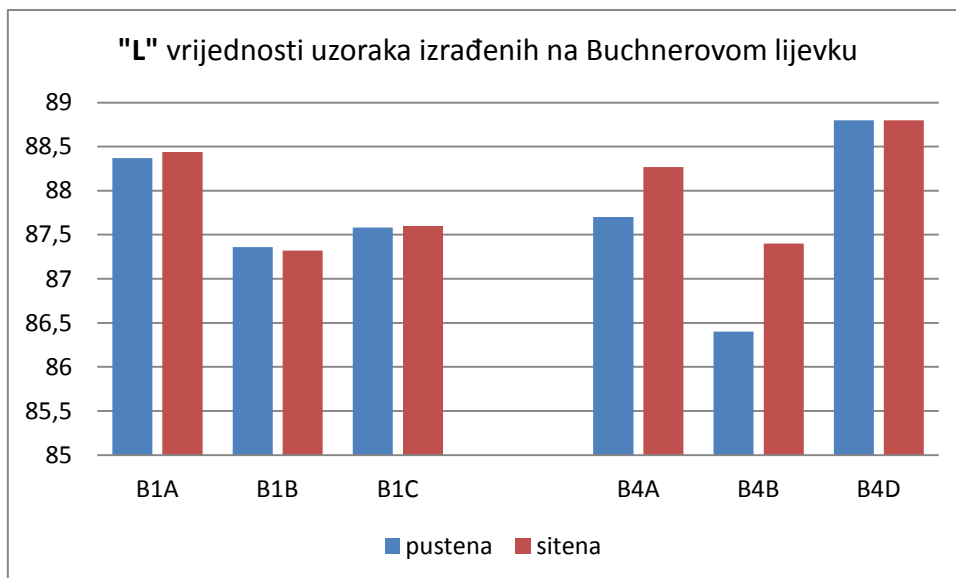
CIE L\*a\*b\* sustav je uniformni, trodimenzionalni model prikazivanja boja, čije se koordinate dovode u vezu s psihičkim karakteristikama boje i odgovaraju teoriji suprotnih boja: svjetlo - tamno, crveno -zeleno i žuto – plavo. Oznaka L\* ima vrijednosti od nula do sto (nula predstavlja crno, a sto bijelo). Oznaka a\* predstavlja crveno - zelenu koordinatu, a oznaka b\* žuto - plavu koordinatu, obje mogu poprimati pozitivne i negativne vrijednosti [12]. Sve tri karakteristika L\*a\*b mjerili smo na svih šest uzoraka papira prije i poslije flotacije, s gornje i donje strane po tri puta. Rezultate i usporedbu mjerenja svih deset uzoraka prikazani su na grafovima koji slijede.

#### 4.1.1. Rezultati mjerenja koeficijenta L



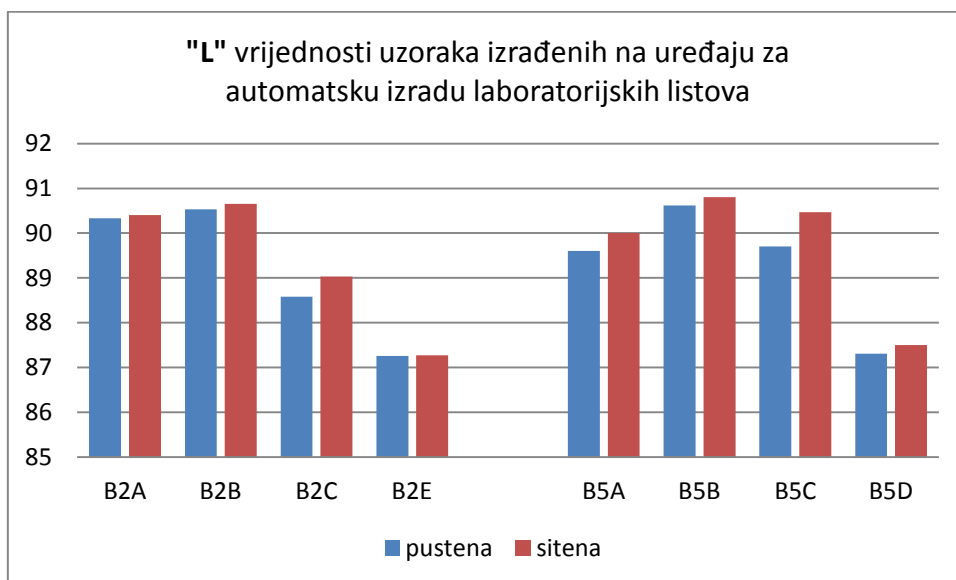
Slika 11. Grafički prikaz koeficijenta L\* za uzorke B1 i B4 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

Vrijednost koeficijenta L\* smanjuje se na laboratorijskim listovima izrađenim od suspenzije ostale na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica kod nelaminiranih i laminiranih uzoraka (Slika 11.). Isti trend se pojavljuje kod sitene i pustene strane. Kod laminiranih uzoraka koeficijent L\* raste dok kod nelaminiranih uzoraka pada nakon odvajanja ljepljivih čestica.



Slika 12. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  za uzorke B1 i B4 izrađene na Büchnerovom lijevku

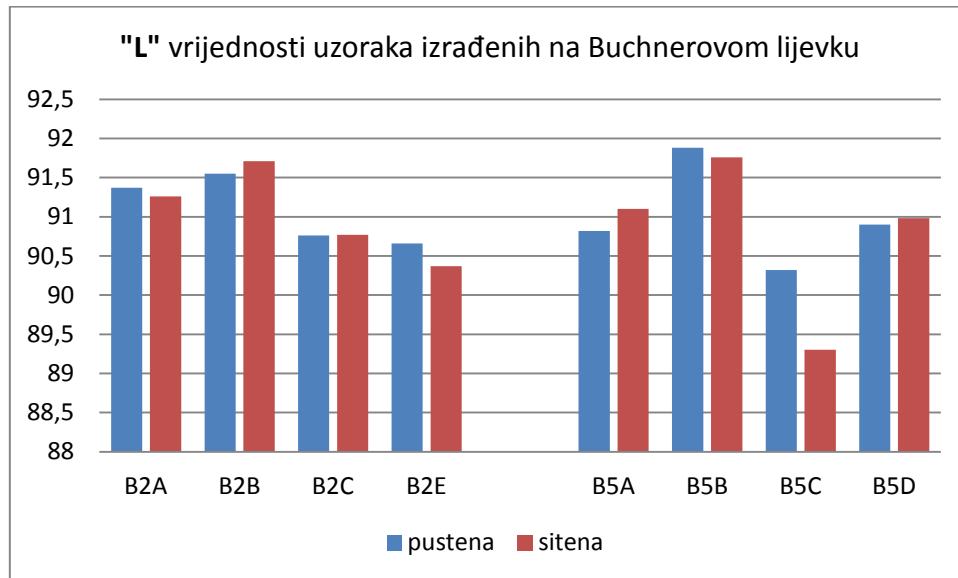
Vrijednost koeficijenta  $L^*$  kod uzoraka B1 i B4 izrađenih postupkom 1 na Büchnerovom lijevku prati trend vrijednosti objašnjen kod listova izrađenih na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira (Slika 12.).



Slika 13. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

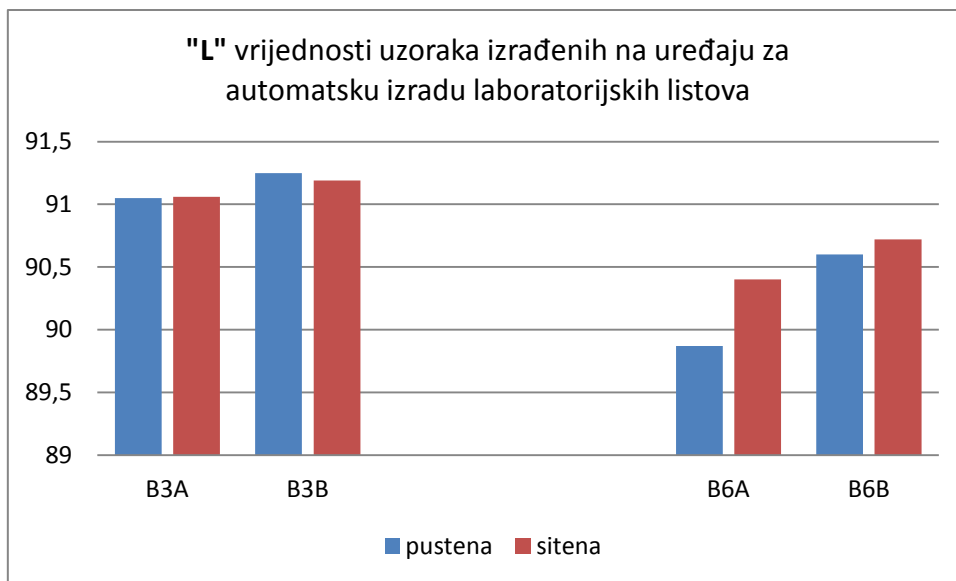


Uzorcima B2 i B5 izrađenim na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira koeficijent  $L^*$  raste kod uzoraka dobivenih od pjene koja se skupljala u procesu flotacije, dok kod uzoraka koji su izrađeni od suspenzije u kojoj je došlo do odvajanja čestica vrijednost koeficijenta pada (Slika 12.). Kada se proučava pustena i sitova stana trend je isti kako je to ranije pojašnjeno.



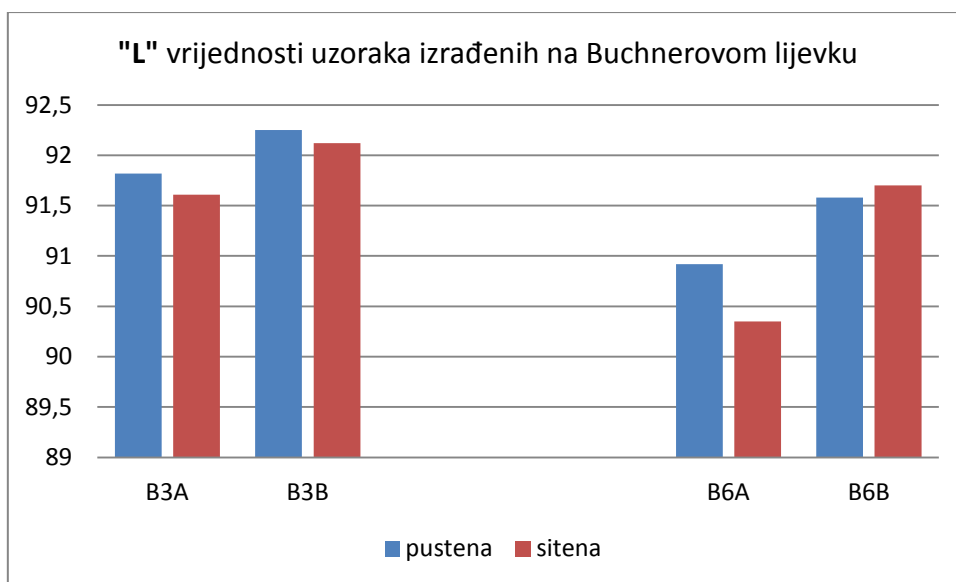
Slika 14. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na Büchnerovom lijevku

Utjecaj procesa flotacije i odvajanja čestica na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica na vrijednost koeficijenta  $L^*$  kod uzoraka napravljenih na Büchnerovom lijevku ista je kao kod uzoraka izrađenih na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira (Slika 14.).



Slika 15. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

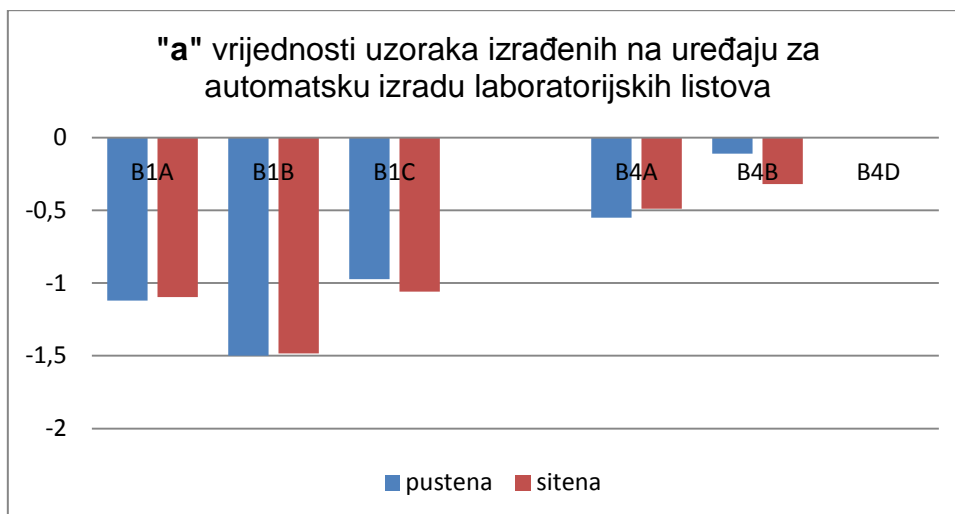
Vrijednost koeficijenta  $L^*$  na laboratorijskim listovima nakon deinking flotacije nelaminiranih i laminiranih uzoraka raste (Slika 15.). Isti trend se pojavljuje kod sitene i pustene strane.



Slika 16. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na Büchnerovom lijevku

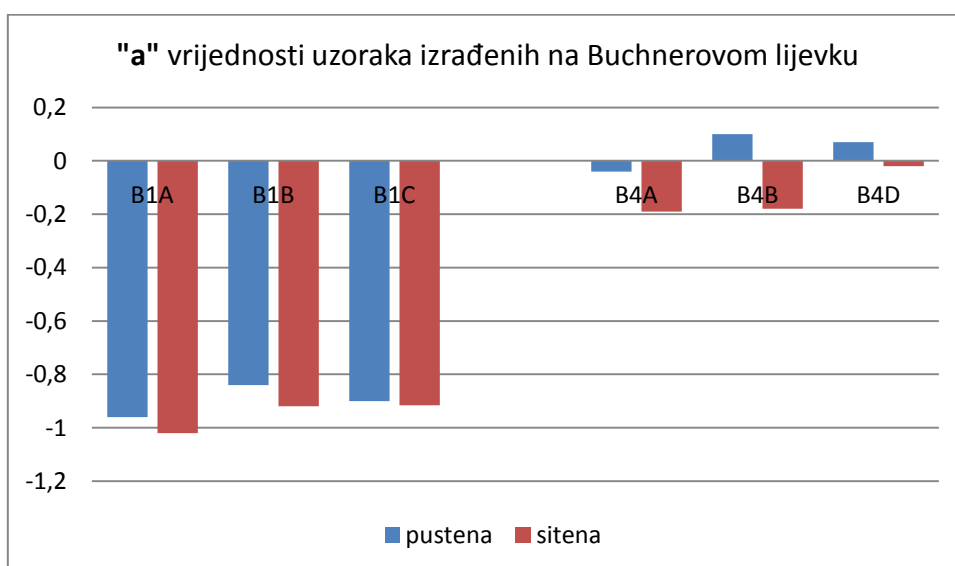
Kod uzoraka B3 i B6 izrađenih na Büchnerovom lijevku može se primijetiti porast vrijednosti  $L^*$  poslije procesa deinking flotacije i sa pustne i sa sitene strane (Slika 16.).

#### 4.1.2. Rezultati mjerenja koeficijenta $a^*$



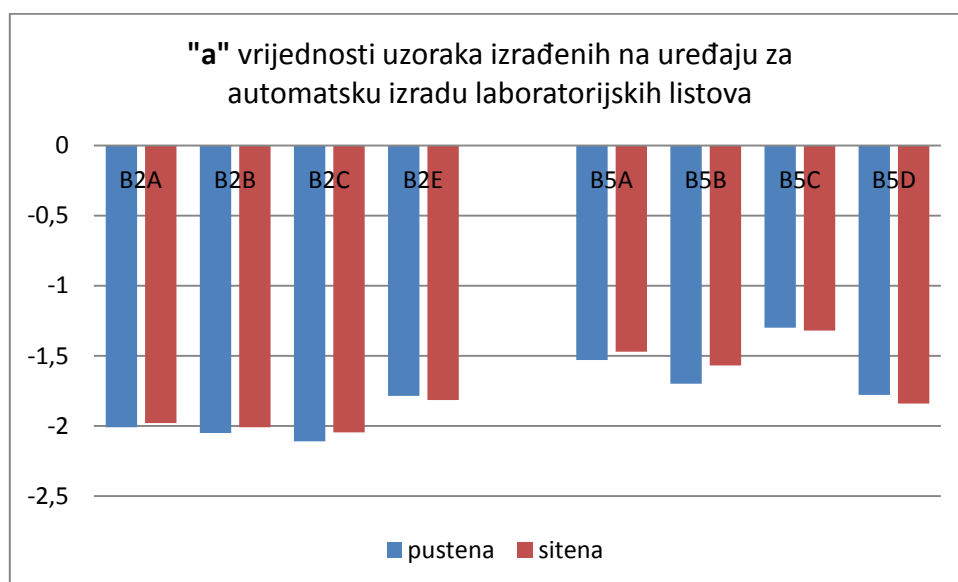
Slika 17. Grafički prikaz koeficijenta  $a$  za uzorke B1 i B4 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

Vrijednost koeficijenta  $a^*$  povećava se na laboratorijskim listovima izrađenim nakon odvajanje ljepljivih čestica kod nelaminiranih i laminiranih uzoraka (Slika 17.). Isti trend se dešava kod sitene i pustene strane laboratorijskog lista. Kod ne laminiranih uzoraka koeficijent  $a^*$  pada kod listova napravljenih od ostatka nastalog na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica.



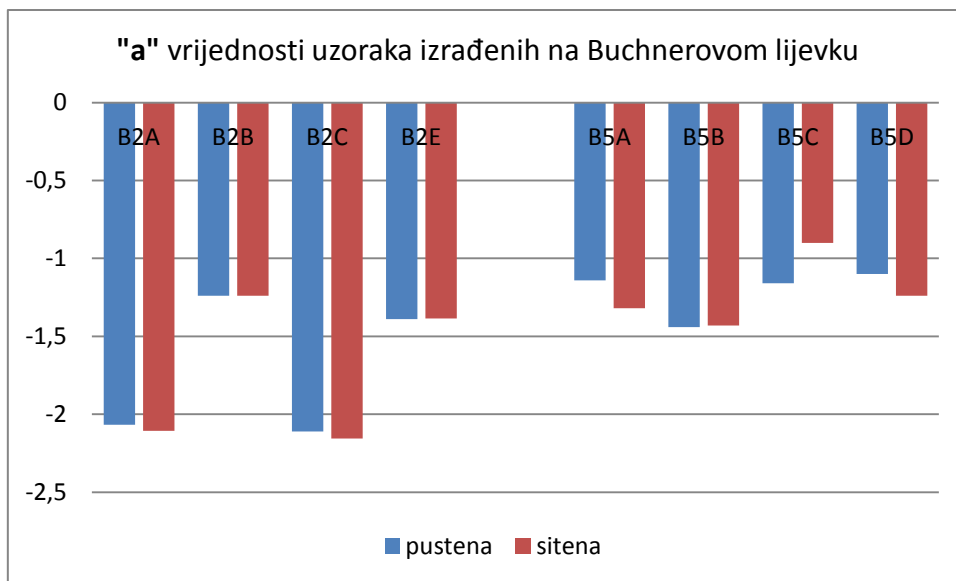
Slika 18. Grafički prikaz koeficijenta  $a$  za uzorke B1 i B4 izrađene na Büchnerovom lijevku

Vrijednost koeficijenta  $a^*$  povećava se na laboratorijskim listovima uzoraka B1 i B4 izrađenim na Büchnerovom lijevku (Slika 18.). Trend porasta isti je za sitovu i pustenu stranu laboratorijskog lista.



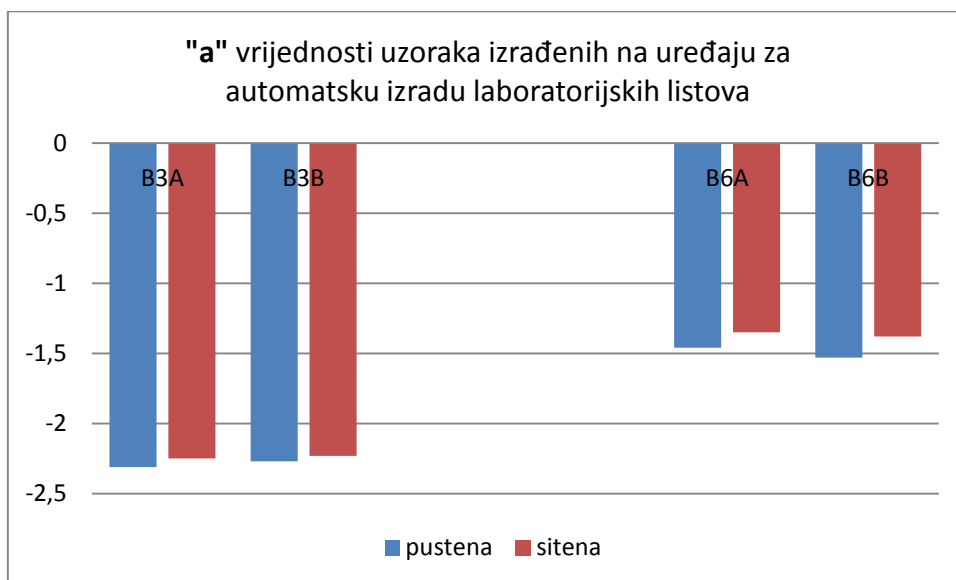
Slika 19. Grafički prikaz koeficijenta  $a^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

Vrijednost koeficijenta  $a^*$  se smanjuje na laboratorijskim listovima izrađenim od ostataka na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica sa sitove i pustene strane laboratorijskog lista (Slika 19.). Kod laboratorijskog lista izrađenog od uzorka bez laminacije vrijednost koeficijenta  $a^*$  se smanjuje nakon prvog dekantiranja, a nakon drugog dekantiranja raste obrnuti trend slijede listovi napravljeni od uzorka sa laminacijom.



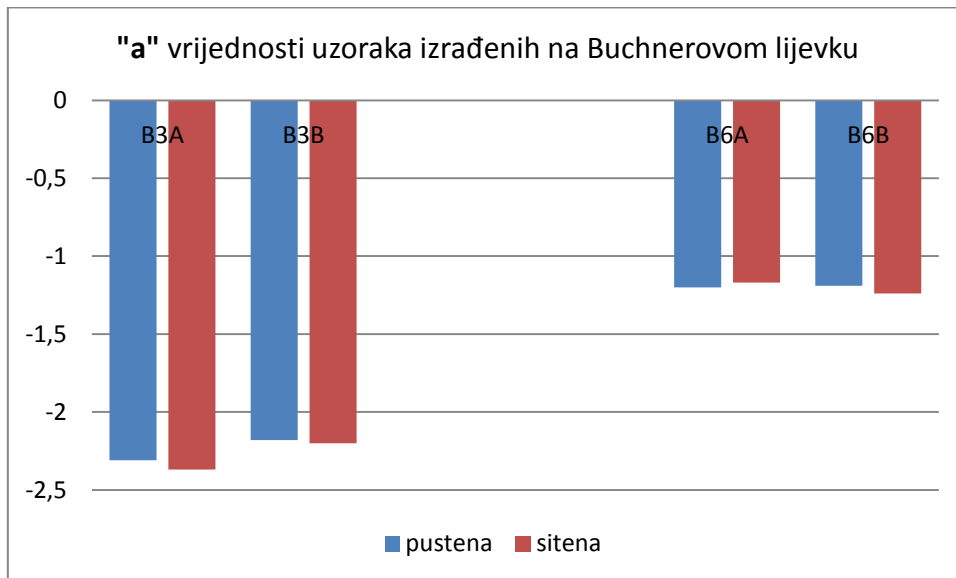
Slika 20. Grafički prikaz koeficijenta  $a^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na Büchnerovom lijevku

Uzorci B2 i B5 izrađeni na Büchnerovom lijevku prate isti u porastu i padu vrijednosti koeficijenta  $a^*$  kako je to opisano ranije na uzorcima izrađenim na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira (Slika 20.).



Slika 21. Grafički prikaz koeficijenta  $a^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

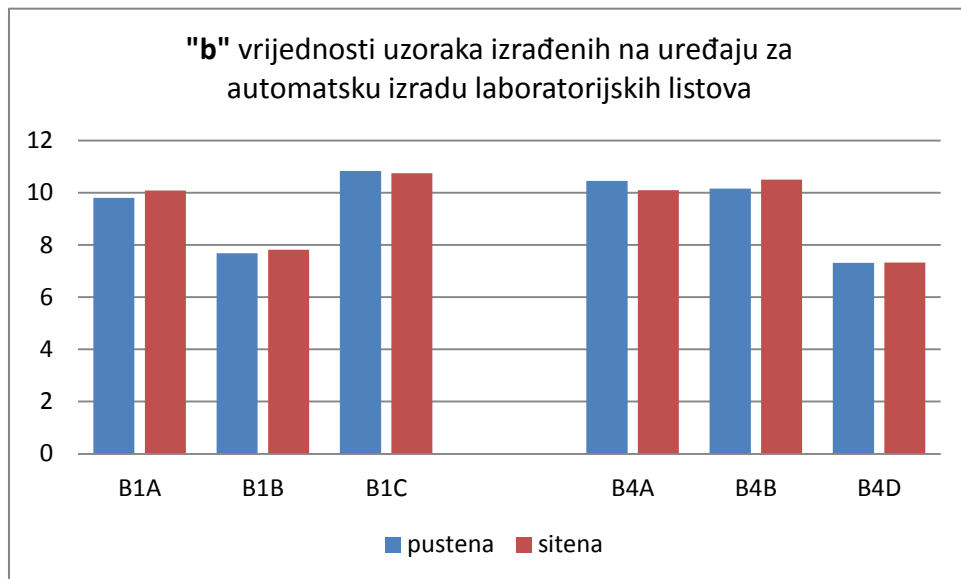
Vrijednost koeficijenta  $a^*$  raste na laboratorijskim listovima izrađenim od uzoraka bez laminacije nakon procesa flotacije dok vrijednost pada na listovima izrađenim od uzoraka sa laminacijom. sa sitove i pustene strane laboratorijskog lista (Slika 21.).



Slika 22. Grafički prikaz koeficijenta  $a^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na Büchnerovom lijevku

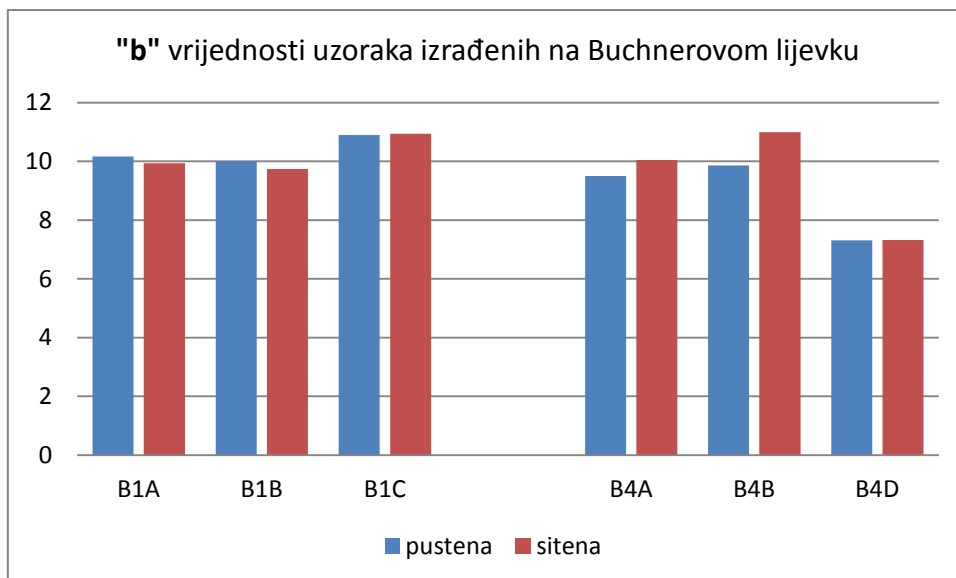
Vrijednost koeficijenta  $a^*$  raste na laboratorijskim listovima izrađenim od uzoraka bez laminacije nakon procesa flotacije sa sitene i pustene strane. Vrijednost spomenutog koeficijenta pada na listovima izrađenim od uzoraka sa laminacijom. sa obje strane laboratorijskog lista (Slika 22.).

### 4.1.3. Rezultati mjerenja koeficijenta $b^*$



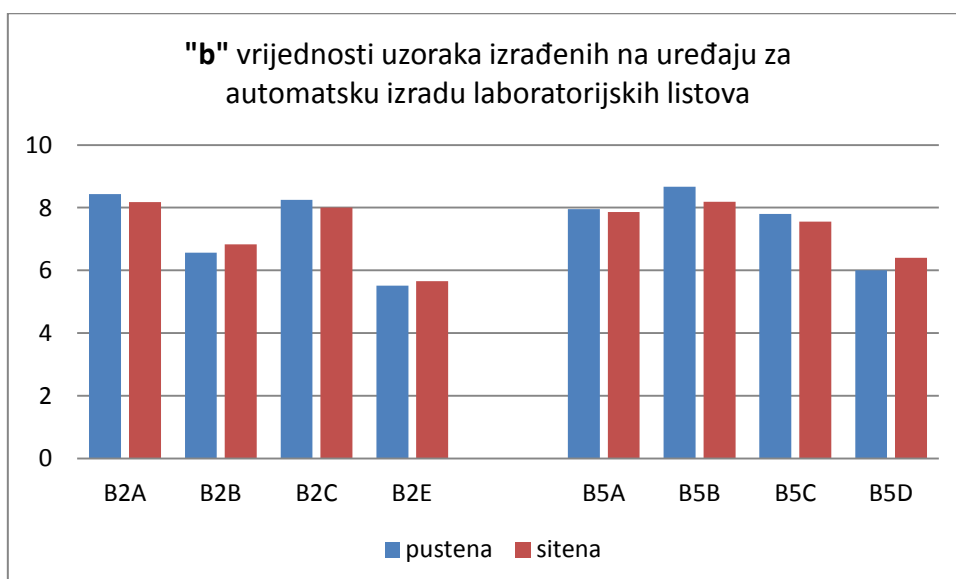
Slika 23. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B1 i B4 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

Vrijednost koeficijenta  $b^*$  povećava se na laboratorijskim listovima izrađenim nakon odvajanje ljepljivih čestica kod nelaminiranih dok se kod listova izrađenih od laminiranih uzoraka smanjuje (Slika 23.). Isti trend se dešava kod sitene i pustene strane laboratorijskog lista. Vrijednost  $b^*$  kod listova izrađenih od ostataka nastalog na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica uzoraka koji nisu laminirani padaju dok se kod laminiranih uzoraka ne vidi veća promjena vrijednosti.



Slika 24. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B1 i B4 izrađene na Büchnerovom lijevku

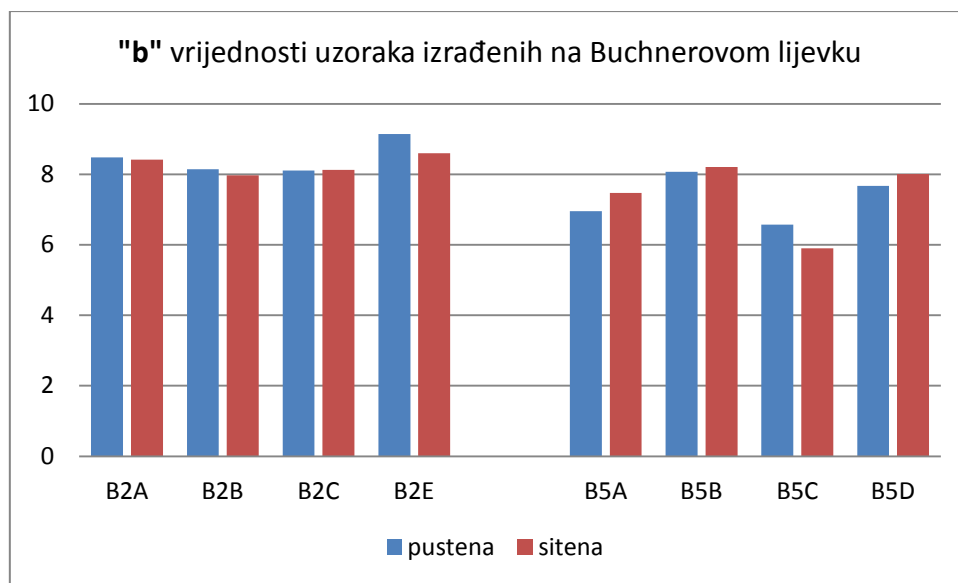
Vrijednost koeficijenta  $b^*$  kod listova izrađenih od ostataka nastalog na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica uzoraka koji nisu i jesu laminirani ne vidi veća promjena vrijednosti. Vrijednost koeficijenta  $b^*$  na laboratorijskim listovima izrađenim nakon odvajanje ljepljivih čestica slijede isti trend kao kod uzoraka izrađenih na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira (Slika 24.).



Slika 25. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

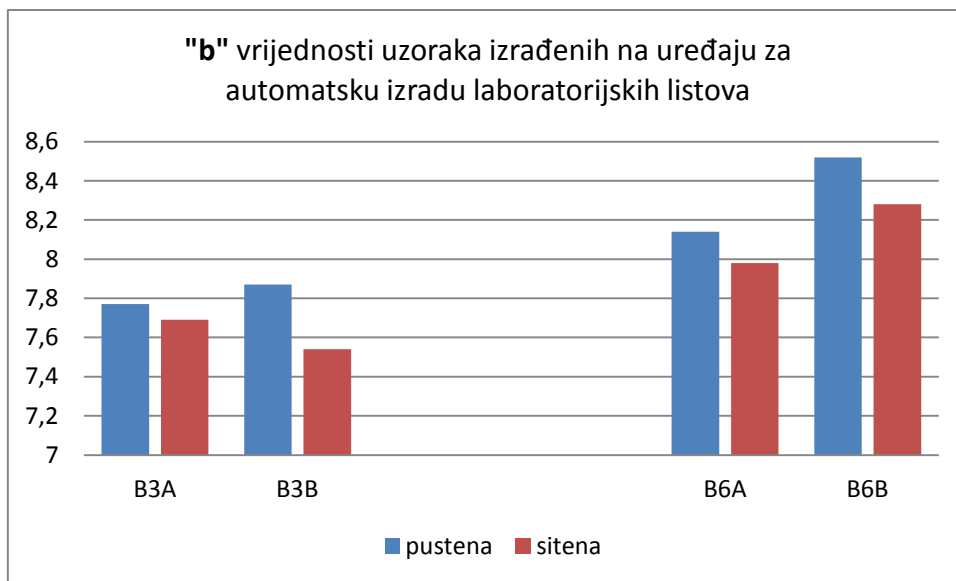


Vrijednost koeficijenta  $b^*$  se smanjuje na laboratorijskim listovima izrađenim od ostataka na uređaju za odvajanje ljepljivih čestica uzoraka bez laminacije sa sitove i pustene strane laboratorijskog lista, dok je za uzorke sa laminacijom situacija obrnuta (Slika 25.). Kod laboratorijskog lista izrađenog od uzorka bez i sa laminacijom vrijednost koeficijenta  $b^*$  se smanjuje nakon prvog dekantiranja i nakon drugog dekantiranja. raste obrnuti trend slijede listovi napravljeni od uzorka sa laminacijom.



Slika 26. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B2 i B5 izrađene na Büchnerovom lijevku

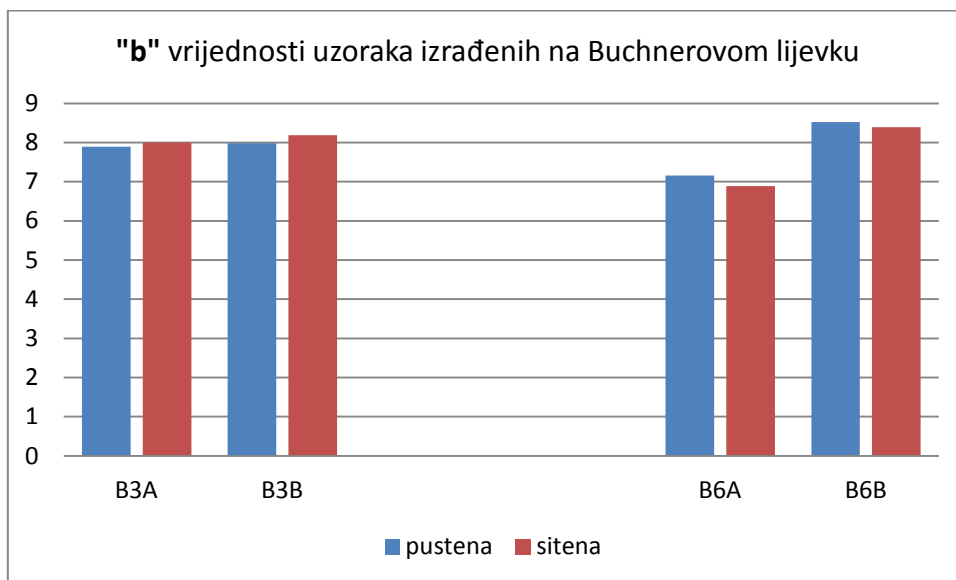
Kod uzoraka B2 i A2 izrađenih na Buchnerovom lijevku nema gotovo nikakvih promjena u vrijednostima koeficijenta  $b^*$ , za razliku od onih dobivenih na stroju za automatsku izradu laboratorijskog lista



Slika 27. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na uređaju za automatsku izradu laboratorijskih papira

Vrijednost koeficijenta  $b^*$  na laboratorijskim listovima izrađenima na uređaju za automatsku izradu nakon deinking flotacije nelaminiranih i laminiranih uzoraka nakon flotacije raste.

Vrijednosti koeficijenta  $b^*$  su općenito niže za sitene strane uzorka (Slika 27.).



Slika 28. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  za uzorke B3 i B6 izrađene na Buchnerovom lijevku. Vrijednost koeficijenta  $b^*$  na uzorku B3 izrađenom na Buchnerovom lijevku nakon deinking flotacije nema nikakve promjene, dok uzorak B5 (laminirani), prati trend uzorka napravljenog na uređaju za automatsku izradu laboratorijskog lista (Slika 28.).

## 5. ZAKLJUČAK

Vrijednost kromatskog koeficijenta  $L^*$  za nelaminirane uzorke pada osim kada se radi o postupku 3 odnosno postupku deinking flotacije. Što govori da uspješnost procesa odvajanja čestica bojila kod nelaminiranog uzorka je uspješnije kod postupka deinking flotacije uz pomoć kemikalija. Vrijednost koeficijenta  $L^*$  za uzorke koji su laminirani raste nakon procesa odvajanja čestica toner osim kod postupka 1 koji se provodi bez kemikalija. Iz rezultata je vidljivo da se čestice bojila uspješno odvajaju postupkom flotacijskog denking ali i postupkom odvajanja uz pomoć uređaja za odvajanje ljepljivih čestica.

Iz rezultata je vidljivo da se vrijednosti koeficijenta  $b^*$  nalaze u blago zelenom području za sve izrađene listove laboratorijskog papira i da njihove vrijednosti nakon procesa odvajanja čestica rastu što daje za potvrdu izdvajanje čestica tonera iz papirne suspenzije. Vrijednost koeficijenta  $b^*$  blago pada za uzorak koji je laminirani izrađeni postupkom 3.

Rezultati vezeni za kromatski koeficijent  $b^*$  pokazuju da se uzorci nalaze u blago žutom području što je opravdano jer se radi o uzorcima ambalaže koji prilikom izrade laboratorijskih listova nisu dodatno bijeljeni. Kod nelaminiranih uzoraka listovi dobiveni nakon procesa uklanjanja bojila doprinose dodatno povećanju vrijednosti odnosno pridonose još većoj žuti dobivenih laboratorijskih listova, dok se kod laminiranih uzoraka taj trend ne prikazuje.

Reciklaža ambalažnih proizvoda od papira smatra se za kompliciranije vrste reciklaža. Na osnovi rezultata može se tvrditi da su dobiveni uzorci nakon procesa odvajanja čestica bojila iz papirne suspenzije zadovoljavajuće kvalitete što se tiče njihovih optičkih svojstava. Ukoliko bi se dobivena vlakanca iz spomenutih procesa koristila za izradu ambalažnih proizvoda nije prethodno potreban proces bijeljenja.

## 6.LITERATURA

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ambala%C5%BEa>
- [2] [http://dorada.grf.unizg.hr/modules/download\\_gallery/dlc.php?file=112](http://dorada.grf.unizg.hr/modules/download_gallery/dlc.php?file=112)
- [3] [http://greenpoint-recycling.com/GREEN\\_POINT](http://greenpoint-recycling.com/GREEN_POINT)
- [4] Ivan Vujković, Kata Galić, Martin Vereš, Ambalaža za pakiranje namirnica
- [4] Branka Lozo „Papir“ Preddiplomski studij Grafičke tehnologije- Nastavni tekstov
- [5] Materijali u knjigoveštvu- Skripta vježbe, voditelj: red.prof.dr.sc. Darko Babić, dipl.ing.stroj.
- [6] Golubović,A.: Tehnologija izrade i svojstva papira, Ed. VGŠ. Zagreb, 1973
- [7] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB\\_visoki\\_offset.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf)
- [8] Ivana Bolanča Mirković, Skripta laboratorijske vježbe (2014.), Grafički fakultet, Zagreb
- [9] Ivana Bolanča Mirković, Skripta predavanja (2014.), Grafički fakultet, Zagreb
- [10] INGEDE Method 11, (2012) Assessment of Print Product Recyclability – Deinkability test
- [11] ISO 5269-2 (2002) Pulp-Preparation of laboratory sheets for optical testing, Part 2. Rapid Köthen method
- [12] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba\\_optika.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba_optika.pdf)