

# Površinska upojnost ambalažnih materijala

---

**Mateković, Iva**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*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:216:448953>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Iva Mateković



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

POVRŠINSKA UPOJNOST AMBALAŽNIH MATERIJALA

**Mentor:**  
Izv. prof. dr. sc. Branka Lozo

**Student:**  
Iva Mateković

Zagreb, 2014.

## ZAHVALE

Zahvaljujem se Poštovanoj profesorici Branki Lozo što je prihvatila moju temu i pružila mi svu pomoć oko pisanja završnog rada.

Također se zahvaljujem Poštovanoj asistentici Maji Jakovljević na pruženoj pomoći oko rada u laboratoriju na istraživanju.

Iva Mateković

## **SAŽETAK:**

U radu je provedeno ispitivanje površinske upojnosti ambalažnih materijala. Ispitivali su se uzorci jednostrano premazanih kartona; takozvanih kromo-kartona. Uzorci su se prikupili s proizvoda koji koriste takvu ambalažu, poput kutija za čokolino, kekse, pahuljice i slično. U radu je također provedeno ispitivanje i upojnost istovrsnih neotisnutih kromo-kartona. Prilikom ispitivanja posebno se određivala upojnost unutarnje neotisnute strane koja je u kontaktu s hranom koju ambalažira, a posebno otisnuta, vanjska strana proizvoda. Smatra se da je upojnost, uz propusnost za zrak, vodenu paru i masnoće, među najvažnijim površinskim svojstvima ove vrste ambalažnih materijala.

Sva ispitivanja su obavljena u laboratoriju Grafičkog fakulteta u Zagrebu te se koristila metoda za površinsko ispitivanje upojnosti papira, takozvana metoda po Cobb-u.

**KLJUČNE RIJEČI:** površinska upojnost, ambalažni materijali, kromo-karton

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 CILJ RADA.....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>2</b>
2.1 PAPIR.....	2
2.1.1. POVIJESNI PREGLED.....	2
2.1.2. POPYRUS.....	2
2.1.3. PERGAMENT.....	3
2.1.4. PAPIR.....	5
2.1.5. OSNOVNE SIROVINE ZA DOBIVANJE VLAKANACA.....	7
2.1.6. CELULOZA.....	9
2.1.7. POLUCELULOZA.....	14
2.1.8. POLUTVOREVINA.....	14
2.2. DODATCI U PAPIRU.....	15
2.3. POVRŠINSKA OBRADA PAPIRA.....	20
2.4. PAPIRNA AMBALAŽA.....	21
2.4.1. AMBALAŽA OPĆENITO.....	21
2.4.2. PAPIRI, KARTONI I LJEPENKE KAO AMBALAŽA.....	22
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>27</b>
3.1. PLAN RADA I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA.....	27
3.2. KORIŠTENI MATERIJALI.....	27
3.2.1. PREHRAMBENO-AMBALAŽNI KROMO-KARTON.....	27
3.2.2. KROMOKARTONSKA AMBALAŽA/OTISNUTI KROMOKARTON.....	28
3.3. KORIŠTENI UREĐAJI.....	29
3.3.1. „GILJOTINA“ REZAČ PAPIRA.....	29
3.3.2. ANALITIČKA VAGA ZA ODREĐIVANJE MASE PAPIRA...30	
3.4. METODA ODREĐIVANJA POVRŠINSKE UPOJNOSTI PO COBB-U..31	
3.5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	33
3.6. DISKUSIJA REZULTATA.....	34
<b>4. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>35</b>
<b>5. LITERATURA.....</b>	<b>36</b>

<b>6. POPIS SLIKA, TABLICA I JEDNADŽBI.....</b>	<b>37</b>
6.1. SLIKE.....	37
6.2. TABLICE.....	37
6.3. JEDNADŽBE.....	37

## **1. UVOD**

Ambalaža je važna za zaštitu proizvoda na putu od proizvođača do potrošača, za prodaju proizvoda, te na kraju za upotrebu proizvoda. Roba kako bi se stavila u promet mora biti zaštićena od nepovoljnog utjecaja okoline tj. Ambalaža jamči siguran transport i održivost proizvoda, omogućuje pravilno prodavanje i uporabu te čuva i zaštićuje kvalitetu istog. Dakle ambalaža prati robu kroz sve faze prometa. U ambalaži se roba transportira, skladišti, u njoj se prodaje i na koncu iz nje se ponekad roba troši. Zbog tako velike uloge ambalaže vrlo je bitno da ambalaža za određen proizvod bude adekvatno izabrana (od prikladnog materijala, prikladne veličine i oblika).

Ambalaža za prehrambene namjernice ima veliku ulogu u održavanju svježine i postojanosti namjernice uz sve prethodne navedene kvalitete koje ambalaža mora imati. Papirna ambalaža za prehrambene namjernice je izložena raznim vanjskim uvjetima kao što su visoka/niska temperatura, vlaga, zrak, razni plinovi...

Ujedno tu je i unutarnja strana ambalaže koja isto mora imati određene vrijednosti koje prehrambene namjernice čuvaju tijekom ambalažiranja.

Ukoliko dođe do bilo kakvog prodora vlage, dali s unutarnje ili vanjske strane ambalaže to će sigurno odbiti kupca od kupnje takvog „oštećenog“ proizvoda, a isto tako može doći do oštećenja same prehrambene namjernice (kvarenje, prosipanje izvan ambalaže...) tako da se moraju poduzete sve mjere predostrožnosti da do takvih oštećenja ne bi došlo.

### **1.1. CILJ RADA**

S obzirom na opisanu problematiku oštećenja papirne ambalaže u ovom je radu istražena površinska upojnost papirnih ambalažnih materijala, točnije prehrambene ambalaže konstruirane od kromo-kartona.

Na tri različite vrste proizvoda je takozvanom metodom po Cobbu ispitana površinska upojnost sa vanjske premazane i otisnute strane ambalaže te sa unutarnje nepremazane i neotisnute strane ambalažnog proizvoda. Isto tako ista ispitivanja su provedena na kromo-kartonu koji je u početnom (izvornom) obliku, dakle nije pretvoren



u ambalažu te su dobivena mjerenja uspoređena jedna s drugima i donesen je konačni zaključak.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. PAPIR**

#### **2.1.1. POVIJESNI PREGLED**

Oduvijek je čovjek imao potrebu da prenese poruku, zabilježi neki događaj ili sačuva stečeno znanje. Poznato je da su se prvi "zapisi", crteži pojavili na stijenama u pećinama ili na alatima i oružjima tog doba. Jedan od najstarijih dokaza je komad kosti sjevernog jelena, pronađen u pećini Medlen u južnoj Francuskoj. Arheolozi pretpostavljaju da je to dio naprave za natezanje luka, a na kojoj su nacrtane tri životinje i urezano nekoliko crta. Bila je tu i kamena ploča koja je bila prenosiva a na kojoj je klesano različito znakovlje u obliku poruke. Razvoj podloga (materijala) na koje se "ispisivala" poruka ili čuvalo stečeno znanje razvijalo se različito zavisno o materijalima koji su bili dostupni u određeno doba na određenom mjestu. Kao kamena ploča i klinasto pismo, glinene pločice, papirus, pergament, koža, svila, vosak, metalne ploče i drugi materijali pogodni za zapisivanje.

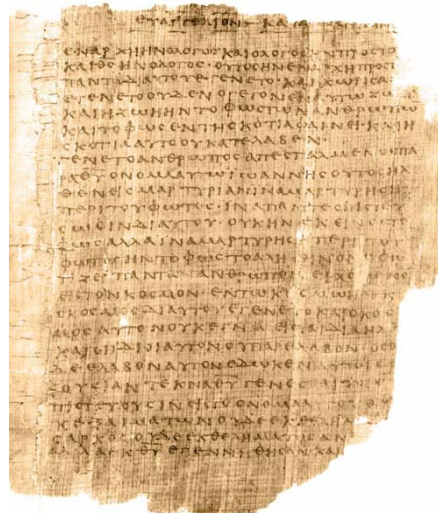
#### **2.1.2. POPYRUS**

Prvi materijal pogodan za pisanje, prenošenje poruke i čuvanje znanja a koji je donekle sličan današnjem papiru, koristio se prije otprilike sedam tisuća godina u Egiptu i zvao se POPYRUS (slika 1). Ovaj materijal za pisanje koristio se kotinuirano čak pet tisuća godina.

Popyrus je antički materijal na kome se u to vrijeme pisalo i prenosilo poruku. Izrađivao se iz močvarne biljke iz doline Nila, CIPERUS POPYRUS.

Proces izrade popyrusa bio je relativno je jednostavan. Stabljika otprilike debljine ruke sječena je na dužinu od 15 do 40 centimetara duge komade, a zatim se s njih gulilo tvrdo liko. Vlajnasta srčika biljke rezana je na trake širine 2 do 3 centimetra.

Ovako izrezane trake slagale su se u dva sloja na tvrdu podlogu (kamena ploča), i to tako da se djelomično preklape. Sloj na sloj srčike slagao se pod pravim kutom. Oba sloja su se zatim prešala, a sok i škrob koji se cijedio iz srčike, međusobno je sljepljivao slojeve. Ovako dobiveni list sušio se na suncu a zatim „glačao“ školjkom, kamenom ili kosti, te premazivao cedrovim uljem. Više tako izrađenih listova sastavljalo se u dugačku traku i namotavalo oko štapa u svitke. Dobiveni svitci služili su za pisanje pomoću kalamusa i tinte. Na papirus je bilo moguće pisati samo sa jedne strane lista. Ovaj materijal je bio dosta krut, odnosno lomljiv, a bio je i lako zapaljiv. Papyrus se koristio u Egiptu približno 3000 godina prije nove ere. U Grčku je prenesen u VII. stoljeću prije nove ere, a od tuda u Rim i ostale dijelove Europe, gdje se kao materijal za pisanje koristio sve do XI stoljeća.



*Slika 1: Papyrus*

Izvor: <http://earlybible.com/manuscripts/p66.html>

### **2.1.3. PERGAMENT**

U razdoblju oko 200 godina prije nove ere faraon Ptolomej zabranio je izvoz papyrusa iz Egipta, kako bi spriječio razvoj "biblioteka" u drugim zemljama. Ovakva situacija primorala je korisnike papyrusa da nađu alternativni materijal, pogodan za pisanje odnosno prenošenje poruke i konzerviranje znanja.

U gradu Pergamonu, Perzija (današnja Turska), proizveo se materijal pogodan za pisanje i dobio naziv PERGAMENT (slika 2.).

Ovaj materijal, na koji se tada počelo pisati bio je trajniji i postojaniji na vlagu od papyrusa. Sve do danas, ovaj materijal se smatra jednim od najboljih za pisanje perom i tintom. Pergament se izrađivao preradom tankih koža najčešće mladih životinja: koza, ovaca, teladi, magaraca pa i zmija.

Proces izrade bio je vrlo jednostavan. S oguljenih životinjskih koža odstranila se dlaka a zatim se koža tretirala pomoću različitih otopina vapna i kiselina. Depilirana koža se napinjala na drvene okvire i postepeno sušila. Sljedeća faza je bila brušenje i glačanje pomoću vulkanskog pijeska te glačanje sa kosti ili glatkim kamenom. Što je pergament bio tanji to je isti bio cjenjeniji. Zadnja faza je bila natapanje izglačane kože u ulju, i sušenje ulja s ciljem da se postigne odgovarajuća elastičnost. Pergament je prirodno imao žućkasto bijelu boju, no za posebne prigode bojao se zemljanim bojama u crvenkastu ili slične boje. Papyrus se izrađivao u dva oblika: trake i svitci. Bio je osobito cijenjen zbog svoje finoće površine i vrlo male debljine. Između ostalog na pergamentu su se pisale i prve knjige i uvezivale se u korice izrađene od tankih daščica presvučenih kožom.

Pergament je i danas u upotrebi za različite svečane prigode, kad je potrebno izraditi primjerice povelje, priznanja svečane pozivnice i slično (Versajski ugovor, povelja UN, povelja grada Zagreba, Nobelova nagrada...).



*Slika 2: Pergament*

Izvor: <http://www.pergament>

[trommelfell.de/english/prod\\_pergament/pergament\\_kalb\\_antik.html](http://trommelfell.de/english/prod_pergament/pergament_kalb_antik.html)

#### 2.1.4. PAPIR

Papir (slika 3.) kao podloga za pisanje, u današnjem obliku, pojavio se u KINI oko 105.godine nove ere. Do tada, u Kini se pisalo na svili no taj materijal je bio skup i složen za izradu.

Kinezi su papir izrađivali ručno od bambusove trske, rižine slame, konoplje, starih ribarskih mreža, uopće, od sirovina koje u osnovi imaju vlaknastu strukturu. Spomenuti materijali usitnjavali su se tucanjem u kamenim posudama ili mljeli u kamenim mlinovima s ciljem da se dobiju udrobljena sitna vlakna. Zdrobljena vlakna su se zatim stavljala u posudu, prelila vapnenom vodom i kuhala. Kuhanjem dobivena kašasta masa nalijevala se na drveno sito, čiju su mrežicu činila vlakna od svilenih niti ili tankih štapića, izrezanih od stabljika bambusa. Protresanjem sita dolazilo je do isprepletanja vlakanaca a suvišna voda i nešto vlakanaca cijedila se kroz sito u podmetnutu posudu sa kašastom masom. Ovim postupkom se dobio vlažan list "papira" vrlo sličan današnjoj mokroj bugaćici. Vlažan list, formiran na situ, pažljivo se odvojio od sita i stavljao na glatki kamen na sušenje. Odvajanje vode iz lista se obavljalo polaganjem mokrog lista na ravnu površinu (daska, kamen, glinena ploča) i isparavanjem vode na suncu. Osušeni list papira uranjao se zatim u ljepljivu masu, dobivenu kuhanjem riže (škrob) i ponovno se sušio. Osušeni listovi, poslije faze lijepljenja i sušenja slagali su se u kupove, prešali u drvenim prešama, a zatim su se pojedinačni listovi glačali na mramornoj ploči pomoću slonove kosti ili glatkog kamena. Na ovako izrađen papir moglo se sasvim dobro pisati tušem ili tintom biljnog, odnosno mineralnog porijekla.

Kinezi su papir rezali u određeni format. Gotovo identično i danas se ručno proizvodi papir koji se upotrebljava za specijalne tiskanice i reprodukciju umjetničkih dijela. Dugo godina je proizvodnja papira u Kini bila strogo čuvana tajna. Tek 500 godina kasnije papir se počeo proizvoditi u Koreji oko 610. godine i nešto kasnije, u Japanu. Oko 750. godine

Arapci su doznali tajnu izrade papira od ratnih zarobljenika i počeli proizvodnju papira iz lanenih krpa i lana, koje su mljeli u kamenim mlinovima i tako dobivali potrebna vlakanca. Daljnji postupak bio je isti kao u Kini. No, Arapci su upotrebljavali sita sa mrežicom ispletenom iz metalnih niti, a kao ljepilo koristili su škrob dobiven iz

prosijanog pšeničnog brašna. Arapi su prvi počeli bojiti i izrezivati papir u više određenih formata i pakirati ih u pakete od po 500 araka.

U Europi, papir se počeo proizvoditi znatno kasnije, tek oko 1100 - tih godina. Naime, u to vrijeme javile su se prve radionice za ručnu izradu papira i to na Siciliji i u Valenciji. U Italiji se javljaju prve radionice za izradu papira 1276. godine, a u Francuskoj u 14-om stoljeću Talijani osnivaju prve radionice. U Njemačkoj je poznata radionica iz 1390. godine.

Izumom pomičnih slova i drvene preše za tisak (Johan Gutenberg, oko 1440. godine, Mainz) započinje era "modernog" tiskarstva koja ubrzo uzrokuje znatno povećanje potrošnje papira i konstantan nedostatak već tada važnog strateškog materijala. Usporedno tome se počinje polako razvijati manufakturna proizvodnja papira, a kao sirovine koriste se pamuk, lan, konoplja i stare krpe. No, osjeća se stalni nedostatak papira zbog sve veće potrošnje i manjka osnovnih sirovina, krpa... Stalno se traži vlaknasti materijal koji bi omogućio nesmetanu proizvodnju papira bez ograničenja količina.

Francuz Luis Robert 1799. godine uvodi u proizvodnju prvi parni stroj pomoću kojeg se mogla proizvoditi "beskonačna" papirna traka uz primjenu beskonačnog sita iz krpa kao osnovne sirovine, a nje je bilo nedovoljno da se zadovolje sve veće potrebe za papirom.

Njemac Keller 1843. godine brušenjem drveta između brusnih kamena dobio je drvena vlakna odnosno gusto vlaknasto tijesto koja su, pomiješana s vlaknima od krpa i lana, davala sasvim dobru osnovnu sirovinu za izradu papira. Na ovaj način se zapravo dobila drvenjača kao osnovna sirovina za izradu papira (koja se i danas koristi za izradu raznih omotnih i novinskih papira uz dodatak recikliranog starog papira).

Godine 1870. pojavljuju se nove sirovine za izradu papira: bijeljena celuloza iz slame i natronska celuloza iz drva četinjara.

Godine 1884. počinje proizvodnja sulfitne celuloze iz četinjara. No, pravi tehnološki napredak za masovnu industrijsku proizvodnju papira, i upotreba drveta kao baze za osnovnu sirovinu, počeo je tek u prvoj polovici dvadesetog stoljeća.



*Slika 3: Papir*

Izvor: [http://uit.no/ansatte/grafiskprofil/artikkel?p\\_document\\_id=346132](http://uit.no/ansatte/grafiskprofil/artikkel?p_document_id=346132)

## **2.1.5. OSNOVNE SIROVINE ZA DOBIVANJE VLAKANACA**

### **DRVO**

Drvo je najvažnija sirovina za proizvodnju drvenjače i celuloze. Ukupno 90% svjetske proizvodnje celuloze dobiva se iz drveta. Za proizvodnju papira potrebno je iz drvene mase dobiti vlakanca. Za dobivanje povoljne strukture vlakanca odlučujući su sljedeći faktori:

- a) morfološka građa vlaknaste sirovine
- b) mogućnost industrijskog raščinjavanja sirovine
- c) pogodnost poluproizvoda dobivenog iz određene sirovine za proces daljnje prerade.

U papirnoj industriji se gotovo isključivo upotrebljavaju vlakna, dobivena preradom drva. Uglavnom su to višegodišnje biljke četinjara i lišćara. Građa tih biljaka izrazito je vlaknasta, što je zapravo rezultat vlaknaste strukture molekule celuloze. Za izradu papira i kartona odnosno celuloze i drvenjače koristi se drvo, i to najčešće:

ČETINJARI: smreka, bor i jela

LIŠĆARI: bukva, breza, topola i eukaliptus

### **ČETINJARI**

1. Smreka je jedan od najraširenijih četinjara. Najveća staništa šuma su u Rusiji, Finskoj, Švedskoj, Norveškoj, Kanadi, SAD... Smreka sazrijeva za sječu za 60 do 80

godina. Drvo smreke ima pogodan odnos širine naprama duljini vlaknaca, te ima mali sadržaj smole, što joj daje gotovo idealne karakteristike sirovine za izradu papira. Drvo smreke može se podvrgnuti svim kemijskim i mehaničkim postupcima. Dužina vlaknaca smreke je oko 2,6 do 3,8 a širina 0,025 do 0,070 milimetara.

2. Bor kao i smreka rasprostranjen je gotovo po čitavoj Europi, Rusiji, Americi, Kanadi... Bor raste brže od smreke ali ne dostiže njenu visinu i starost. On ima relativno slične karakteristike kao i smreka, no visok sadržaj smole u drvu bora otežava njegovu preradu za potrebe industrije papira. Prerađuje se mehaničkim postupkom u drvenjaču a kemijskim postupkom u celulozu. Dužina vlaknaca drveta bora je oko 2,6 do 4,4 a širina 0,030 do 0,075 milimetara.

3. Jela ima gotovo iste karakteristike za preradu u industriji proizvodnje papira kao i bor.

## **LIŠĆARI**

1. Bukva je važna sirovina za proizvodnju vlaknaste materije iz koje se proizvodi celuloza. Drvo bukve ima relativno kratka vlakna u odnosu na drvo četinjara, što ima za posljedicu slabija svojstva celuloze obzirom na čvrstoću. Dužina vlakna je oko 0,7 do 1,7 a širina 0,015 do 0,030 milimetara.

2. Breza ima slične karakteristike kao i bukva.

3. Topola je dosta rasprostranjeno drvo, a postoji i više vrsta. Najbolja za preradu u industriji papira je topola dobivena križanjem crne i kanadske topole. Karakteristična je po tome što ima malo tankih grana i veliko deblo. Brzo raste, pa za sječu i preradu dostiže već za otprilike 10 do 15 godina. Zbog tih povoljnih karakteristika uzgaja se i plantažno. Drvo topole pogodno je za preradu mehaničkim i kemijskim postupkom. Dužina vlaknaca je oko 0,7 do 1,8 a širina od 0,029 do 0,050 milimetara.

## KEMIJSKI SASTAV DRVA

Glavni kemijski sastojci drva su: celuloza, kemiceluloza, lignin, ekstrakti i anorganske tvari. Količina pojedinih sastojaka se razlikuje u vrstama drveta. Gledajući općenito četinjare i lišćare, taj je sastav otprilike ovakav:

- Celuloza : u drvu četinjara je ima 45 %, a kod lišćara 42%
- Kemiceluloza : kod četinjara 24%, a kod lišćara 32%
- Lignin: kod četinjara 27%, a kod lišćara 20%
- Ekstrakti: kod četinjara 6%, a kod lišćara 4%

### 2.1.6. CELULOZA

Celuloza (slika 4.) je najčešći organski spoj koji nalazimo u prirodi. To je zapravo vlaknasta tvar od koje se sastoje stanične stjenke svake biljke. U drvetu je celuloza povezana a ligninom i drugim jednostavnim dijelovima staničnih stjenki.

Celulozno vlakno je vlakno dobiveno kemijskom razgradnjom različitih vrsta drveta ili jednogodišnjih biljaka ( trstika, slama i druge ). Vlakna sadrže celulozu, te druge primjese kao hemicelulozu, u nebijeljenom stanju i lignin, ekstraktne tvari te anorganske komponente.

Kemijski čista celuloza sadrži: 44.5% ugljika , 6.2% vodika, 49.3% kisika. Njezina kemijska formula je (  $C_6H_{10}O_5$  ) n. n = stupanj polimerizacije, koji je od 1500 do 3000. Dakle, osnova celuloze je glukoza  $C_6H_{12}O_6$  . Obruči glukoze su međusobno kisikovim mostovima povezani u lance. Molekularna težina prirodne celuloze je 300000 do 500000 g/mol.

Celuloza je kristalična tvorevina, a njene se molekule udružuju u poluduguljaste štapičaste tvorevine, koje zovemo micide. Micide su u obliku snopića – fibrila – linearno povezane međusobno, što daje celuloznom vlaknu mehaničku tvrdoću.

Celuloza je potpuno netopiva u vodi i drugim običnim topilima. U svojoj molekuli sadrži tri slobodne hidroksilne skupine, te je zbog toga sposobna za razne kemijske reakcije, što je osnova za njenu svestranu upotrebu. Najviše celuloze se proizvodi iz drveta. Za proizvodnju se koriste dva postupka: kiseli postupak i lužnati postupak.



Raščinjavanje se vrši potpunom kemijskom obradom. Osnova tih postupaka je delignifikacija drvene mase. Cilj delignifikacije je razdijeliti vlakna međusobno tako, da se celuloza i kemi-celuloze što manje oštete.

### **Kiseli postupak – sulfitna celuloza**

Sulfitna celuloza nastaje kuhanjem smrekovog i bjelogoričnog drveta izrezanog u sječku u otopini kalcijevog i magnezijevog bi-sulfitu uz dodatak sumporaste kiseline. Klasični sulfitni postupci su kalcij hidrosulfitni postupak, magnezij, natrij ili amonij hidrosulfitni postupak. Osnova ovih postupaka je sulfoniranje lignina i njegovo uklanjanje iz drva u obliku ligninsulfonske kiseline. Usporedno sa uklanjanjem lignina dolazi i do hidrolize kemi-celuloze, što je ovisno o kiselosti, pri kojoj se odvija proces raspada drveta. Od svih sulfitnih postupaka je najzanimljiviji magnezitni s kojim u kraćem vremenu kuhanja dobijemo jaču celulozu. Posebna prednost ovog postupka je u mogućnosti, da se kemikalije iz procesa, MgO i SO<sub>2</sub>, mogu regenerirati, te se na taj način znatno smanjuje negativan utjecaj sulfitnog postupka na okolinu.

Poslije faze skladištenja drvo ide na odkoravanje, a zatim na usitnjavanje u sjekirostroju. Potrebna debljina sječke kreće se oko 10 mm, a visina između 30 i 40 mm. U slijedećoj fazi iz sječke se uklanja prašina i sortira se po veličini (mala, normalna, velika). Kvalitetna sječka se ostavlja u velikim hrpama da odstoji 2-3 mjeseca ( smreka ), kako bi smole i ekstrakti oksidirali, te na taj način što manje smetali u procesu proizvodnje celuloze. Za bjelogorična drva je to vrijeme znatno kraće ( 5-10 dana ).

Kemijski postupak se temelji na delignifikaciji drvene mase. Glavni cilj delignifikacije je razdvojiti vlakna međusobno tako, da se celuloza i hemiceluloze što manje oštete. Time se ne ukloni sav lignin, zapravo se postupak zaustavlja na približno 5% preostalog lignina. On se kasnije odstrani postupkom bljeljenja. Proces delignifikacije drveta se odvija u velikim reaktorima (kuhačima) zapremnine 100 do 130 m<sup>3</sup>. Sortiranom i odstajalom sječikom se pune kuhači. Slijedi faza uparavanja sječke sa niskotlačnom parom, a zatim se kuhač puni kiselinom. Postupak se odvija u vrlo kiseloj sredini pH 2 – 4. Kiselina ulazi u reaktor sa temperaturom 70°C, a u

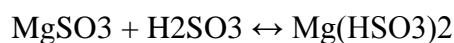
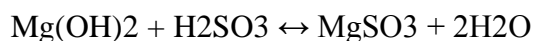
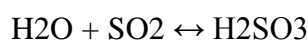
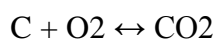
reaktoru se još zagrijava do 117°C. Taj dio procesa se naziva impregnacija sječke sa kiselinom. Da bi došlo do delignifikacije drveta, kiselina se zagrije na temperaturu 154°-159°C. Kuhanje traje 150-180 minuta. Slijedi faza otplinjavanja kuhača, te pražnjenje u ekspanzijski rezervoar, odakle se celuloza vodi na pranje i sortiranje.

Pranje celuloze se izvodi u nekoliko stupnjeva. Pred pranjem celuloza prolazi kroz čistače, da se iz nje uklone ne raskuhane kvrgе drveta . Oprana i sortirana celuloza odlazi potom u proces bjeljenja.

Bjeljenje je proces dodatne delignifikacije, koji uključuje odstranjivanje, odnosno modifikaciju nekih komponenata u ne bjeljenoj celulozi zajedno sa ligninom i njegovim raspadnutim produktima i smolama. Proces bjeljenja mora teći tako, da se celulozna vlakna ne oštete. Odvija se u nekoliko stupnjeva (O<sub>2</sub> ili Cl<sub>2</sub>, NaOH, NaOCl, ClO<sub>2</sub>).

U prvoj fazi bjeljenja sa Cl<sub>2</sub> ili O<sub>2</sub> se otkloni iz celuloze preostali lignin. Slijedi pranje celuloze vodom i drugi stupanj bjeljenja – alkalna ekstrakcija u kojoj se rastapa klorlignin, nastao u prvoj fazi bjeljenja. Po pranju vodom slijedi treća faza, a to je hipokloritno bjeljenje na pH 9. U zadnjoj fazi se koristi ClO<sub>2</sub>, koji jako povećava bjelinu celuloze bez degradacije celuloze. Konačna bjelina celuloze je 88-92% po ISO standardu. Kemikalije koje se koriste za izbjeljivanje često sadrže klor u nekim slučajevima i elementarni klor. U procesu izbjeljivanja nastaju organski spojevi klora. Ako je udio spojeva klora čiju ukupnu količinu označavamo kao AOX, manji od 0,2 kg/t (kg. Po toni celuloze) onda to znači da je dobivena celuloza bez klorno izbjeljena celuloza odnosno nosi oznaku TCF. Ako je udio klora nešto veći a ne prelazi granicu od 0,8 kg/t, onda govorimo o celulozi koja je izbjeljena sa malo klora i nosi oznaku ECG. Iz strogih ekološki propisa danas se celuloza, a naročito sulfitna uglavnom izbjeljuje kao bez klorna a samo iz nekih tehničkih razloga izbjeljuje se s malo klora. Po završenom bjeljenju slijedi naknadno čišćenje, da bi se uklonile i najmanje nečistoće. Nakon toga se celulozna masa vodi u zbirne bazene, odakle se vodi na daljnje odvodnjavanje. Zadnja faza proizvodnje je odvodnjavanje i stiskanje celuloze na suhoću 80-90%, i pakiranje u 200 kg teške bale. Sulfitna celuloza ima u odnosu na sulfatnu celulozu kraća vlakna što znači da će papir imati manju čvrstoću ali se ona u procesu bjeljenja lakše izbjeljuje. U ovom postupku kao sekundarni produkt javlja se lug u velikim količinama. On predstavlja isto tako veliki ekološki problem. Da bi se

iskoristio, a ujedno smanjilo zagađenje okoline, moderniji postupci proizvodnje imaju uključenu regeneraciju kemikalija kojom se lug, koji ostane pri procesu pranja celuloze, uparuje i zatim spaljuje. U magnefitnom postupku tako spaljivanjem luga nastaje MgO i SO<sub>2</sub>, koji se vode u pripremu kiseline za kuhanje celuloze, te toplina, koja se koristi za proizvodnju tehnološke pare. Sagorijevanjem lužnice nastaje cijeli niz kemijskih reakcija. Najprije izgore organske tvari i nastane CO<sub>2</sub>. MgO se pretvara u Mg(OH)<sub>2</sub>, a SO<sub>2</sub> se vodi u postupak nastajanja kiseline za kuhanje.



Lug se koristi i kao osnova za proizvodnju nekih ljepila, zatim u proizvodnji insekticida, kao pomoćno sredstvo u građevinarstvu i kožnoj industriji.

### **Lužnati ili sulfatni postupak**

Najprije je bio otkriven natronski postupak, a potom sulfatni. Natronskim se postupkom dobije slabija celuloza sa niskim iskorištenjem, dok se sulfatnim dobije mehanički jaka celuloza. S obzirom da su obje vrste celuloze jake smeđe boje i teško bjeljive, upotreba tih celuloza je dugo vremena bila ograničena samo za ovojne papire i papire za vreće. Tek uvedbom više stupanjskog bijeljenja je i ta celuloza ušla u proces proizvodnje papira.

Danas se najviše celuloze proizvodi upravo sulfatnim postupkom, jer se njime mogu preraditi sve vrste drveta pa i one koje sadrže veće postotke smole, zatim jednogodišnje biljke, trstike, mehaničke karakteristike su bolje nego kod sulfitne celuloze, spaljivanjem otpadne lužnice je moguća regeneracija alkalija, te su smanjeni problemi sa otpadnim vodama, drvo nije potrebno tako dobro očistiti, kao kod sulfitnog postupka. Postupak ima, glede sulfitne celuloze i nedostatke: iskorištenje iz drvne mase

je niže, sposobnost bijeljenja je više ograničena i troškovi bijeljenja su viši.

Kuhači za kuhanje sječke su kapaciteta oko 200 m<sup>3</sup>. Sječka se kuha sa jakom lužinom pH 14. Temperatura kuhanja kreće se do 170 do 190°C uz tlak od 7 do 11 atm. Zagrijavanje kuhača traje 1 do 2,5 sata, a sam proces kuhanja 1 do 2 sata. Zagrijavanje kuhača vrši se indirektno. Po kuhanju se celuloza zajedno sa crnom lužnicom ispušta u spremnik u kojem se odvajaju pare, a celuloza dovodi na normalni atmosferski pritisak. U slijedećoj fazi, odvaja se crni lug i odvodi na regeneraciju, a celuloza se odvodi na sortiranje, ispiranje mlazom vode, te bijeljenje. Cilj bijeljenja je povećanje bjeline vlaknastog materijala odnosno uklanjanje žućkastog tona iz vlaknastog materijala, koji potječe iz prethodnih faza obrade. Bijeljenje se odvija u pet ili šest faza u tornjevima za bijeljenje. Bijeljenje počinje kloriranjem mase C, alkalnom ekstrakcijom E, hipokloritnim bijeljenjem H i klordioksidnim bijeljenjem D po shemi C E C E H D. Negdje se prvi stupanj kloriranja zamjenjuje sa kisikom, pri čemu se znatno smanjuje negativni ekološki učinak otpadnih voda iz procesa bijeljenja. Obijeljena celuloza odlazi zatim na odvodnjavanje. Ako je papirnica u blizini, celuloza se odvodni do 5-6% koncentracije i kao takva se crpi za preradu u papir. Priprema li se celuloza za transport drugim papirnicama, odvodnjavanje i sušenje celuloze je do 85-90% suhe tvari. Konačna faza je rezanje celuloze i pakiranje u 200 kg bale, označavanje i skladištenje.



*Slika 4: Celuloza*

Izvor: [http://www.renchem.eu/main.php?lang=5&category=130\\_131](http://www.renchem.eu/main.php?lang=5&category=130_131)

### **2.1.7. POLUCELULOZA**

Poluceluloza je vlaknasta sirovina, koja se upotrebljava za izradu papira, a koja se proizvodi iz drveta i slame jednogodišnjih biljaka. Proces prerade drveta se odvija blagom kemijskom obradom i mehaničkim razvlaknjivanjem, koje se neposredno nadovezuje na kemijsku obradu. Vlakanca polu celuloze karakterizira sličnost sa tehničkom celulozom, a po sastavu je to zapravo drvenjača. Kemijska obrada se provodi kontinuiranim kuhanjem neutralnim sulfatnim postupkom ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Temperatura kuhanja je  $170^\circ\text{C}$  do  $180^\circ\text{C}$  u vremenu kuhanja od 0,5 do 6 sati, zavisno o porijeklu ulazne sirovine i pod tlakom od 8 bara. Polu celuloza od slame se dobije rezanjem slame i otprašivanjem. Slamom se zatim pune posude za kuhanje i kuha se otopinom  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 3 do 5 sati, uz tlak od 3 bara. Dobivena kaša se u neopranoj stanju melje i razrjeđuje na potrebnu gustoću. Ovaj vlaknasti materijal upotrebljava se uglavnom za izradu papira za valovitu ljepenu, kojoj daje potrebna svojstva čvrstoće, tvrdoću i žilavost, što je povoljno za izradu transportne složive ambalaže.

### **2.1.8. POLUTVOREVINA**

Polutvorevina je vlaknasti materijal za izradu papira, koja se dobije preradom pamuka, lana, starih krpa jute i lika. Kao vlaknasta sirovina upotrebljava se još i linters. Linters su kratka vlakna koja se nalaze na pamučnim „lopticama“ poslije odvajanja dugačkih vlakna pamuka. Kratka vlakna lintersa dužine su od 3 do 6 milimetara. Linters predstavlja jednakovrijednu zamjenu za pamučne krpe. Proces dobivanja polutvorevine iz starih krpa odvija se u više faza:

1. Sortiranje krpa prema porijeklu, boji, onečišćenju...
2. Dezinfekcija krpa
3. Uklanjanje krutih predmeta (gumba, patenata - zatvarača i ostalog).
4. Rezanje krpa na komadiće  $5 \times 5$  centimetara i uklanjanje prašine.
5. Alkalno kuhanje s vapnenim mlijekom  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , jeftino je i ne oštećuje vlakna, u vremenu od 5 do 11 sati pri temperaturi od  $145^\circ\text{C}$  i tlaku od 4 atmosfere.

6. Pranje, mljevenje, filtriranje i bijeljenje sirovine.

7. Po potrebi se pokutvorevina izbjeljuje u koliko se masa nije dovoljno izbjelila u procesu kuhanja.

Dodatak polutvorevine masi za izradu papira povećava trajnost i čvrstoću papira, osobito kod različitih dinamičkih opterećenja za vrijeme upotrebe kao što su česta savijanja, trljanje, višestruki pregibi. Papiri izrađeni iz osnovnog vlaknastog materijala polutvorevine upotrebljavaju se za izradu različitih vrijednosnih papira, papirnatog novca, zamljopisnih karata, povelja, cigaret-papira, uopće svih grafičkih proizvoda, koji zahtijevaju veliku čvrstoću i otpornost na habanje.

## **2.2. DODATCI U PAPIRU**

### **PUNILA**

Punila se dodaju u masu s ciljem, da se poboljšaju tiskovna svojstva papira. Ona ispunjavaju međuprostore vlaknaste tvari koja stvara mrežastu strukturu. Punila su aditivi zapravo mineralni prašci ( kalcij karbonat, kaolin, talk i druga ).

Poboljšanja koja donose punila u papiru:

1. Izravnavanje površine papira između vlakanaca.
2. Ugradnjom čestica punila u vlakanca, papir postaje mekaniji i podatniji.
3. Izravnavanjem i zatvaranjem površine papira povećava se glatkoća i sjaj kod satiniranja papira
4. Povećava se opacitet, smanjuje se transparentija papira.
5. Povećava se bjelina papira. Odabirom pogodnog punila može se znatno povećati bjelina papira.
6. Djelomično se sprečava frkanje i savijanje papira, a dodavanjem punila povećava se i nalijeganje papira na ravnu površinu
7. Povećava se gramatura papira. Punila su jeftinija od bilo kojeg vlaknastog materijala i s tim se može smanjiti i cijena.
8. Poboljšavaju se tiskovna svojstva papira
9. Upotrebom specijalnih punila  $MgCO_3$  regulira se gorenje cigaret papira

Osim poboljšanja, koja donose papiru punila imaju i neka negativna svojstva, koja mogu utjecati na kvalitetu papira a s tim i na kvalitetu tiska u tiskarskim strojevima.

Ta kvaliteta tiska bitno utječe na krajnji grafički proizvod.

Negativne posljedice koja donose punila:

1. Dodavanjem punila opadaju mehanička svojstva papira. Prekidaju se veze između vlakana.
2. Opada stupanj keljenja odnosno povećava se upojnost. Punila su upojna.
3. Mogu biti uzrokom neugodnog čupanja i prašenja u procesu tiska.

Punila trebaju imati što veću bjelinu, što manja i što finija zrnca, moraju biti čista i u vodi netopiva. Količinu punila u papiru mjerimo sa količinom pepela. Količina punila, zapravo mineralnih sastojaka, u papiru kreće se od 5 do 20%, a kod nekih specijalnih papira i do 35 % ukupne mase. Na izradu papira, punila utječu na način, da smanjuju trenje između vlakana, te se poboljšava sposobnost odvajanja i brzina sušenja.

Procesi punjenja vlakana punilima:

1. Filtracija većih čestica punila na vlaknastoj materiji.
2. Adsorpcija sitnih čestica na stranice vlakana.
3. Difuzija sitnih čestica u šuplje kanale vlakana.
4. "Ljepljenje" čestica punila pomoćnim sredstvima.

Vrste punila

Podjela punila vrši se prema kemijskom sastavu. Od anorganskih spojeva: to su silikati, sulfati, karbonati, oksidi...

- Silikati: kaolin - aluminijski silikat, talk - magnezijev silikat
- Sulfati: gips – kalcijev sulfat, blanefix – barijev sulfat
- Karbonati: kreda, vapnenac – kalcijev karbonat, magnezit – magnezijev karbonat
- Oksidi: kvarc – silicijev dioksid, cinkov oksid

Najvažnija punila su: kaolin (najviše upotrebljavano punilo), talk, kreda, gips, titan oksid (najkvalitetnije punilo za tanke biblijske papire).

## KELJIVA

List papira vlaknasto je tkivo, koje je sastavljeno od velikog broja pojedinačnih vlakana. Svako vlakno je prazna cjevčica koja je sposobna primiti tekućinu, i s tim bubri. To je razlog što je papir u ne keljenom stanju više ili manje upojan kao na primjer filter papir i bugačica. Neke vrste papira moraju imati svojstvo da boja, tinta i slično ne penetrira u strukturu papira nego da boja suši na površini lista. Regulirana upojnost papira postiže se keljenjem, odnosno zatvaraju se vlakna, cjevčice. Pri izradi papira keljiva se dodaju u masu ili se mogu nanositi na površinu papira. Moguće je izvesti i kombinaciju obju vrsti keljenja. Ovisno od količine dodanog keljiva razlikujemo polukeljen, tričetvrt i punokeljen papir. Keljenjem se ne smanjuje samo upojnost papira, već se postižu i drugi efekti, koje ostvarujemo raznim dodacima, kao što su parafinske disperzije ( hidrofobni papiri ), škrob, CMC, manogalaktani ( bolje međusobno povezivanje vlakana, manje prašenje papira, bolja mehanička svojstva papira ), mokromočna sredstva ( papir zadržava mehaničku otpornost kada je mokar ). Prema vrsti papira odnosno tehnici tiska i potrebama grafičkog proizvoda papir se može fino stupnjevano keljiti.

Stupnjevi keljenja:

1. četvrtkeljeno 1/4
2. polukeljeno 1/2
3. tričetvrtkeljeno 3/4
4. punokeljeno 4/4

Rastućim stupnjem keljenja opada stupanj upojnosti papira. Keljiva koja se koriste u proizvodnji papira:

1. Kolofonij, biljnog je porijekla i spada u grupu smolnih keljiva. Ne otapa se u vodi i hidrofoban je. Povoljan je za keljenje, no zbog svoje žućkaste boje smanjuje bjelinu. Za pripremu keljiva kolofonij treba osapuniti sa NaOH ili  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
2. Sintetička keljiva ( AKD keljiva ). Vežu se direktno na celulozna vlakna.



Koriste se za keljenje papira u neutralnom mediju. Nedostatak im je da papir postigne svoju punu keljenost tek nakon nekoliko dana.

3. Škrob - bilnog je porijekla i danas je najviše u upotrebi za izradu papira. Ovo keljivo povećava čvrstoću, otpornost na savijanje, kidanje i pucanje papira, smanjuje čupanje i prašenje, otporno je na brisanje.

4. Kao keljiva još se upotrebljavaju: parafin, vodeno staklo, umjetne smole (polietilenamin), vodeno staklo, tutkalo i neka druga keljiva za posebne namjene.

## **BOJILA I OPTIČKA BJELILA**

Bojila i optička bjelila su obojene supstance anorganskog ili organskog porijekla, koje boje neku drugu supstancu. Na boju papira utječu razni procesi i sirovine u fazi izrade mase, kao što su mljevenje, keljiva, punila... Zbog toga boja papira varira od sive do žućkaste. Cilj bojenja je da se potisnu žuti ili sivkasti tonovi, te da papir postane optički bjelijiji.

Metode bojenja:

U upotrebi su tri različite metode bojenja:

- Bojenje u masi, je najčešće upotrebljavana metoda. Izvodi se dodavanjem bojila dok se pulpa još nalazi u holenderu, gdje se miješaju i sve ostale komponente za izradu papira. Bojanje je sastavni dio procesa pripreme pulpe za natok na papirni stroj.

- Bojenje uranjanjem, je proces gdje gotova papirna traka prolazi kroz vodenu otopinu bojila. Prije izlaza za sušenje obojena traka papira prolazi kroz dva valjka koji istisnu suvišno bojilo. Ovaj proces bojanja omogućuje jako toniranje trake papira.

- Nanošenje bojila na površinu lista, papira je proces gdje se boja različitim metodama nanosi na površinu gotovog lista. Otopine bojila mogu se nanijeti sljedećim metodama:

Bojila za papir su isključivo sintetska organska bojila. Dijelimo ih u četiri glavne skupine:

- lužnata bojila imaju visoki afinitet do vlakana, koja sadrže lignin. Na vlakna se

primaju bez ikakvoga fiksira. Daju papiru jake, žive tonove, ali su nepostojana na svjetlu.

- kisela bojila nemaju nikakvoga afiniteta do papirnih vlakana. Na vlakna ih treba fiksirati dodatkom aluminij sulfata do kiselog medija ( pH 4.5 ). Na svjetlo su otpornija od bazičnih.

- direktna ili supstantivna bojila, su povoljna za bojenje svih vrsta papirnih vlakana i ne zahtijevaju upotrebu fiksira. Dobro su otporna na svjetlo. Ne koriste se kod papira koji sadrže ne bjeljenu celulozu ili drvenjaču, jer su takvi papiri zbog velike količine lignina već sami po sebi neotporni na svjetlo.

- pigmentna bojila su organski pigmenti, koji nemaju nikakvoga afiniteta do papirnih vlakana. Na vlakna ih treba fiksirati aluminij sulfatom, ili dobrim keljenjem ili dodatkom određenih polielektrolita. Postojana su na svjetlo te se upotrebljavaju pri izradi visokokvalitetnih papira, no imaju visoku cijenu.

#### Optička bjelila:

Optička bjelila služe za poboljšanje bjeline lista papira, odnosno kao i kod određenih bojila za potiskivanje žućkastog i sivkastog tona. Osobina tih bjelila je, da dio nevidljivog ultraljubičastog svjetla promjene u vidljivo, pri čemu vizualno povećaju i bjelinu papira zbog toga, što plavo-ljubičasto svjetlosno zračenje kompenzira prirodni žućkasti ton vlakana, uz istovremeno povećanje svjetlosti papira. Poznata su tri postupka bjeljena optičkim bjelilima: bijelo pigmentiranje, obrada plavilom i dodavanje optičkih bjelila.

## 2.1.10 POVRŠINSKA OBRADA PAPIRA

Površinska obrada papira provodi se s ciljem da se poboljšaju površinska svojstva lista papira. Postupci za obradu površine zovu se: satiniranje i premazivanje papira.

Satiniranje papira:

Pod pojmom satiniranje podrazumijeva se postupak kod kojeg se papirna traka provlači kroz sistem valjaka pod pritiskom, a koji se vrte različitim brzinama. Svrha je da se izravna površina i dobije odgovarajuća glatkoća i sjaj. Razlikujemo više vrsta satiniranja:

- mat satiniranje, pisaći papiri
- lagano satiniranje, novinski papiri
- normalno satiniranje, bolji novinski papiri
- oštro satiniranje, papiri za duboki tisak
- satiniranje na visoki sjaj, pergamin papiri

Rezultat satiniranja ovisan je o sastavu osnovne sirovine, količini i vrsti punila, te prisutnoj vlazi u papiru. Rezultat satiniranja ovisi i o snazi pritiska između valjaka i njihovoj razlici u brzini okretanja. Stroj na kome se izvodi satiniranje zove se kalander. Kalander može biti uklopljen u stroj za izradu papira ili funkcionirati kao poseban stroj. Sastoji se od niza valjaka koji su postavljeni jedan iznad drugog. Broj valjaka je različit i zavisi o konstrukciji stroja i potrebama u izradi papira. Valjci su različitih promjera i napravljeni su od visoko poliranog čelika i od tvrdo sljepljenog tvrdog papira (prešpan papir). Zbog trenja koje se javlja pri prolazu papirne trake između valjaka javlja se povišena temperatura pa je to razlog zbog kojeg se čelični valjci moraju hladiti vodom.

Premazivanje papira:

Premazani papiri su grupa papira, čija je površina oplemenjena premazom s jedne ili obje strane. Premaz se sastoji od pigmentata, sredstava za vezanje i drugih kemikalija, koje su potrebne za dobra svojstva premaza. Na površinu papira premaz se može nanositi izvan stroja za izradu papira, ili u toku procesa proizvodnje papira. Uređaji za premaz obično su ugrađeni u sušnu partiju stroja. Premazani papiri mogu imati niski

nanos premazane mase ( 3-14 g/m<sup>2</sup> ) i koriste se za manje zahtjevne tiskanice ( reklamne brošure ) ili visoki nanos premazane mase ( 20 ->40 g/m<sup>2</sup> na jednoj strani papira ) kod visokokvalitetnih papira za tiskanje ilustriranih knjiga, kalendara, brošura, ambalaže.

Premazani papiri su: papiri za umjetnički tisak, kromo-papiri i kartoni, strojno premazani papiri, samokopirajući papiri, šareni papiri, sjajni i mat papiri. [2, 4, 5, 7, 8, ]

## **2.2. PAPIRNA AMBALAŽA**

### **2.2.1. AMBALAŽA OPĆENITO**

Ambalažu čine posude različitog oblika (načinjene od različitih materijala, u kojima se roba drži tijekom transporta) i tanji fleksibilni materijali koji su izrezani na odgovarajuće dimenzije i eventualno grafički obrađeni a služe za zamatanje roba.

Ambalažni materijali moraju pružiti sredstvo za sačuvanje, zaštitu robe, tržišta i distribuciju namirnice. Oni igraju značajnu ulogu u tome kako da proizvod dođe od proizvođača do potrošača u sigurnom i zdravom obliku bez ugrožavanja kvalitete. Odnos između hrane i ambalaže odnosno kontakt s materijalom za pakiranje kontinuirano se mijenja te svojevrsna ambalaža mora biti adekvatna tokom određenog vremena. Stoga je važno da se nekoliko faktora uzme u obzir pri odabiru ambalaže za određeni proizvod.

Općenito, materijali za pakiranje ili mogu biti kruti ili fleksibilni. Kruti dijelovi ambalaže su staklene i plastične boce, limenke, keramika, drvene kutije, bubnjevi, lonci i cijevi. Navedeni materijali daju fizičku zaštitu hrani unutar ambalaže ali ne i fleksibilnost samih pakovanja. Fleksibilna pakiranja su velika skupina materijala koji uključuju plastične folije, papire, folije, neke vrste biljnih vlakana i krpe koje se mogu koristiti kao omoti, vrećice (zatvorene i otvorene).

### **2.2.2. PAPIRI, KARTONI I LJEPENKE KAO AMBALAŽA**

Značajnije korištenje papira i kartona za pakiranje hrane datira još iz 17 st., a od druge polovice 19. st. primijećen je bitan porast korištenja papira i kartona u proizvodnji prehrambene ambalaže. Papirne i kartonske materijale u današnje vrijeme prehrambena industrija koristi za izradu sigurne i funkcionalne ambalaže za pakiranje hrane koja u obliku brojnih aplikacija ima široko područje primjene. Općenito, papir i karton kao materijali zadovoljavaju kriterije koji se od prehrambene ambalaže očekuju zbog njihove funkcionalnosti i dobrog izgleda pa ih je moguće preraditi u raznovrsne tipove ambalažnih proizvoda na vrlo ekonomičan i efikasan način. Papire i kartone vrlo je jednostavno grafički obraditi (otisnuti), oni se daju lakirati, a može ih se laminirati s drugim materijalima. Posjeduju fizikalna svojstva koja im omogućuju da se od njih načine fleksibilni, polukruti i kruti materijali. Isto tako, mogu se rabiti u širokom temperaturnom rasponu, te tako mogu podnijeti vrlo niske temperature (duboko zamrzavanje) kao i vrlo visoke (temperature vrenja vode kao i temperature zagrijavanja u mikrovalnim ili klasičnim pećnicama).

Isti papiri i kartoni posjeduju slaba barijerna svojstva što znači da su propusni na vodu, vodenu paru, vodene otopine i emulzije, organska otapala, masne supstance, plinove kao što su kisik, ugljik dioksid i dušik, agresivna kemijska sredstva te hlapljive plinove i arome. Iako se papiri i kartoni mogu laminirati s različitim vrstama folija, oni se ne daju toplinski zataliti.

Papir i karton je moguće učiniti nepropusnim barijerama na način da ih se premazuje, laminira ili impregnira različitim polimernim materijalima. Na taj način im se poboljšavaju funkcionalna svojstva kao što su otpornost na toplinu, masnoće itd. Papiri se presvlače (ekstruzijsko premazivanje) polietilenom (PE), polipropilenom (PP) ili polietilen tetraftalatom (PET), laminiraju s polimernim filmovima ili aluminijskom folijom, ili tretiraju voskom, silikonima i fluorougljicima. Papir koji nije dodatno obrađivan ili oplemenjen premazima uglavnom se ne koristi za čuvanje hrane kroz duže vremensko razdoblje zbog slabih barijernih svojstava. Kada se koristi kao primarna ambalaža (ona koja je u izravnom doticaju s namirnicom) papir je gotovo uvijek oplemenjen različitim premazima, impregniran voskovima, smolama ili lakovima ili se

nalazi laminiran s drugim materijalima kako bi mu se poboljšala zaštitna i funkcionalna svojstva.

Godine 2000. unutar zemalja članica EU, ambalaža od papira i kartona koja nije dodatno oplemenjena premazima ili impregnirana nekim zaštitnim, barijernim slojem, a koja dolazi u neposredan dodir s hranom obuhvaćala je količinu manju od 3.5% sveukupne direktne (primarne) prehrambene ambalaže (CEPI/CITPA, 2010). Ako se to usporedi s postotkom koji se odnosi na direktnu prehrambenu ambalažu izrađenu od polimera (plastike) koja obuhvaća 70% ukupne direktne prehrambene ambalaže, ova procjena na približno 3.5% koja se tiče papirne ambalaže (što zapravo iznosi manje od 0.9% papira po osobi na godinu), zbog male zastupljenosti ne predstavlja veliki rizik za potrošače.

Također, statistike pokazuju da papirna i kartonska ambalaža najčešće dolazi u izravni kontakt sa suhom hranom (otprilike 50%) kao i sa hranom koja se prije uporabe guli, ljušti ili pere (otprilike 30%) tako da se tek preostalih 20% prehrambene papirne ambalaže koristi za kontakt s vlažnom i/ili masnom hranom.

Nepremazani i neoplemenjeni papir i karton nisu prikladni za pakiranje hrane s visokim sadržajem vlage, što je razumljivo jer pod utjecajem vlažnog sadržaja hrane dolazi do raspadanja ambalažnog materijala. Za takvu vrstu hrane rabe se različiti papirni i kartonski laminati, a u većini slučajeva direktan kontakt ostvaren je preko polimernog sloja koji čini barijeru. U 2003. godini, postotak ambalaže izrađene od papirnih i kartonskih laminata, unutar zemalja članica EU procijenjen je na 17% sveukupne direktne ambalaže. Oko 70-80% sveukupne laminirane ambalaže od papira i kartona koja dolazi u neposredan kontakt s hranom čine kartoni za pakiranje pića (npr. kartonska ambalaža za pakiranje mlijeka i sokova). Oko 75% takve ambalaže posjeduje aluminijsku foliju kao barijerni sloj u laminiranoj strukturi koja sprečava migraciju tvari iz papira i kartona. Izuzme li se papirna ambalaža koja posjeduje aluminijski sloj, ostatak ambalaže s polimernim premazom koja se rabi direktno za pakiranje tekućina i pića obuhvaća 7.6% .

## **Karton i ljepenka**

Papir i karton međusobno se razlikuju prema debljini, odnosno gramaturi, a u određenoj mjeri i u postupku izrade. Ne postoji oštra granica koja dijeli papir, karton i ljepenku. Jedna od predloženih podjela prema gramaturi i debljini je:

Papir: do 150 gm<sup>2</sup>, debljina: do 0,3 mm;

Karton: od 150 do 450 gm<sup>2</sup>, debljina: od 0,3 do 2,0 mm;

Ljepenka: iznad 450 gm<sup>2</sup>, debljina: iznad 2,0 mm.

Ljepenka je višeslojni karton koji se ne može savijati a svi su slojevi iste kvalitete. Proizvodi se od mokrih listova papira koji se slažu jedan preko drugog, prešaju i suše. Ima vrlo dobra mehanička svojstva. Gotovo polovica cjelokupne proizvodnje ambalaže na svijetu otpada na proizvode od papira, kartona i ljepenke.

## **Karton**

Proizvodnja se može provoditi na stroju s okruglim sitom i to s više korita za pulpu (2- 8 korita) poredani u seriji jedan iza drugog. Listovi mokrog papira prenose se beskonačnom trakom na prešanje i sušenje, te eventualno kalandriranje. Vanjske slojeve čine reciklirana vlakna proizvedena od novinskog papira ili kartonske ambalaže. Unutrašnji sloj ili filer može biti izrađen od sličnog recikliranog materijala, ali slabije kvalitete. U proizvodnji kartona se jedan vanjski sloj može razlikovati od drugoga (gornji od donji). Kada se za kao gornji sloj koriste bijela reciklirana vlakna bez sita (bijeli top liner), nastali karton se naziva kromo-nadomjestak. Karton se nakon izrade može površinski obraditi, zagladiti kalandriranjem ili premazati jednim ili više slojeva premaza. Premaz se može aplicirati s obje strane kartona ili samo s jedne strane. Jednostano premazani karton se naziva kromo-karton.

## **Ljepenka**

Osnovne vrste ljepenke su puna i valovita ljepenka. Puna ljepenka je ravna, a slojevi papirnih komponenata su međusobno lijepljeni. Vlaga u ljepenci je 8 do 12%, a ovisno o korištenim sirovinama za njenu izradu razlikuju se siva, bijela i smeđa ljepenka.

## **Valovita ljepenka**

Valovita ljepenka je sastavljena od više slojeva različitih vrsta papira koji se razlikuju po sastavu odnosno vlaknima. Ta raznolikost sastava pretežno ovisi o svojstvima koje gotov ambalažni proizvod treba posjedovati.

Ravni gornji i donji sloj čini papir veće gramature (110-225g/m<sup>2</sup>) izrađen od nebijeljene sulfatne celuloze ili recikliranog papira istog podrijetla, naziva se kraftliner ili testliner.

Valoviti sloj izrađuje se od nebijeljene poluceluloze, nebijeljene drvenjače, recikliranog papira ili nebijeljene celuloze od slame. Od poluceluloze se proizvodi vrlo čvrst i stabilan papir pod nazivom fluting.

Ravni sloj unutar višeslojne ljepenke također čini papir od nebijeljene poluceluloze, recikliranog starog papira ili nebijeljene celuloze od slame.

Postupak dobivanja valovite ljepenke:

Strojevi na kojima se izrađuje valovita ljepenka imaju naziv sloteri (slot, engl. žlijeb, prorez).

Papirna traka od flutinga ili starog papira se grije i vlaži da dobije potreban elasticitet. Tada pod pritiskom i parom grijani papir prolazi između dva užljebljena valjka čiji žljebovi ulaze jedan u drugog, a papir između njih dobiva oblik sinusoide -vala. Tako nastaju različite vrste vala.

Razlikuju se slijedeći tipovi vala:

A val: 120 valova/metru (tzv. veliki val);

B val: 167 valova/metru (tzv. mali val);

C val: 140 valova/metru (tzv. srednji val);

E val: 295 valova/metru (tzv. sitni val).

U opisu vala koristi se i parametar visina vala koji je u razmjeru s parametrom korak vala:

A val: 4,0 do 4,4 mm;

B val: 2,2 do 3,0 mm;

C val: 3,2 do 3,9 mm;

E val: 1,0 do 1,8 mm.



Slojevi ravnog i valovitog papira se međusobno lijepe čime se dodatno pospješuju mehanička svojstva valovite ljepenke. Najčešće se proizvodi dvoslojna, troslojna i peteroslojna valovita ljepenka, a moguće je proizvesti i sedmeroslojnu ljepenku. U opisu ljepenke broje se svi korišteni slojevi, ravni i valoviti.

Svi navedeni materijali se koriste kao ambalažni materijali, dali kao kutije za skladištenje hrane, kozmetike, prijenosne kutije, ukrasni papiri i slično. [3, 6, 8]

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. PLAN RADA I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

U radu je istražena površinska upojnost prehrambenih ambalažnih materijala načinjenih od kromo-kartona. Istraživanje upojnosti se izvršilo na 3 kromo-kartonske prehrambene ambalaže, te su se za potrebe ispitivanja od svake ambalaže izrezala po tri primjerka 12x12cm. Također se kao materijal za istraživanje koristio kromokarton u prvotnom obliku, tj. neotisnuti kromo-karton (početno stanje, nije još pretvoren u ambalažu) istih dimenzija kao i kod ambalažnih uzoraka te iste gramature. Navedeno ispitivanje se napravilo sa premazane/otisnute strane kromo-kartona i nepremazane/neotisnute strane kromo-kartona. Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama pomoću kojih je provedena njihova usporedba te je na koncu donesen zaključak istraživanja.

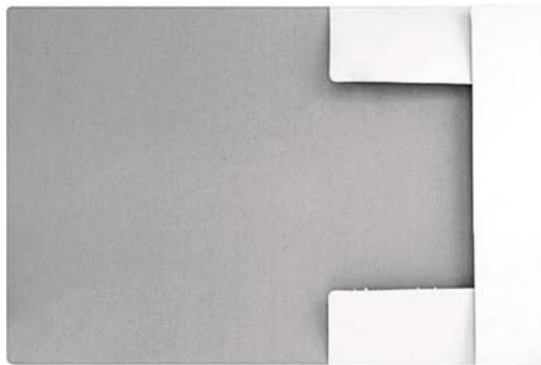
#### **3.2. KORIŠTENI MATERIJALI**

##### **3.2.1. PREHRAMBENO AMBALAŽNI KROMOKARTON / NEOTISNUTI KROMOKARTON**

(engl. white lined chipboard) (slika 6.) se koristi za proizvodnju raznovrsnih tipova kutija za pakiranje hrane. Uglavnom se proizvodi u gramaturama od 200-400 g/m<sup>2</sup>. Sastavljen je iz više vrsta različitih slojeva. Gornji sloj se najčešće izrađuje od bijeljene celuloze, a uz nju može sadržavati i pulpu. Između gornjeg i srednjeg sloja kartona nalazi se još jedan dodatni sloj – podsloj (engl. undertop ply) za čiju se izradu iskorištavaju flotirana vlakanca. Taj sloj se dodaje kako bi se uštedjelo na skupom gornjem sloju od bijeljene celuloze i kako bi se prekrio srednji sloj kartona kojeg karakterizira slaba svjetlina. Gornji sloj sadrži još i sjajni pigmentni premaz kojeg se može dobro grafički obraditi. Za srednji sloj koriste se uglavnom reciklirana vlakanca, a može sadržavati i drvenjaču. Tipični donji sloj sastavljen je ili od flotirane pulpe ili od bijeljene celuloze. Zbog toga što se srednji slojevi kromo-kartona izrađuju s različitim udjelima reciklirane sirovine, često se uporaba ovakvih kartona mora izbjegavati u

direktnom kontaktu s namirnicama kao što su žitarice/pahuljice ili čokolada. Kromokarton se također upotrebljava za luksuznu ambalažu u prehrambenoj industriji s obzirom da ga karakterizira sjaj, bjelina kao i mogućnost tiska visoke kvalitete na istom.

Upotrebljavani ambalažni kromo-karton za razliku od početnog kromo-kartona (početni neotisnuti oblik) na sebi sa premazane strane ima još i otisak što ga dodatno oplemenjuje tj. povećava mu upojnost sa navedene strane. [5, 9]



*Slika 5. Kromokarton*

Izvor: <http://www.biro-media.hr/fascikl-kromokarton-klapa.aspx>

### **3.2.2. KROMOKARTONSKA AMBALAŽA/OTISNUTI KROMOKARTON**

Prehrambena ambalaža načinjena od kromo-kartona. Korištena ambalaža je bila:

1. kutija Jaffa keksa
2. kutija Lino pillows-a
3. kutija Dolcela muffins-a

Razlika koja utječe na smanjenje površinske upojnosti je upravo taj dodatan premaz bojila, što će biti objašnjeno u nastavku rada.

### **3.3. KORIŠTENI UREĐAJI**

#### **3.3.1. „GILJOTINA“ REZAČ PAPIRA**

Za precizno rezanje ambalaže od kromokartona i samog neotisnutog kromokartona koji je prvobitno bio u puno većem formatu (A3) korišten je profesionalan rezač papira (slika 6.) kojim sam izrezivala uzorke na određenu dimenziju (12x12 cm). Vrlo je bitno da svi uzorci koji su korišteni u ispitivanju budu jednakih dimenzija da bi rezultati bili što vjerodostojniji.



*Slika 6: Rezač papira*

Izvor: [http://www.limes.hr/katalog/rc\\_442\\_rezac\\_papira\\_313521/](http://www.limes.hr/katalog/rc_442_rezac_papira_313521/)

### 3.3.2. ANALITIČKA VAGA ZA ODREĐIVANJE MASE PAPIRA

Vaganjem se odredi količina vode koju je papir upio ( $\text{g/m}^2$ ) pod pritiskom vodenog stupca od 10 mmu vremenu od 60 sekundi.

Svi uzorci su prije i poslije podvrgavanja testu upojnosti izvagani u analitičkoj vagi. Ispitivanje je provedeno na 3 uzorka od 3 izabrana ambalažna materijala te na 3 uzorka početnog/neotisnutog kromo-kartona.



*Slika 7: Analitička vaga*

Izvor: <http://vage.com.hr/kategorija-proizvoda/laboratorijske-vage/analiticke-vage/>

### 3.4. METODA ODREĐIVANJA POVRŠINSKE UPOJNOSTI PO COBB-U

Metoda po Cobb-u (slika 8.) se primjenjuje pri ispitivanju upojnosti keljenih papira, kartona i ljepenki, a nije pogodna za papire s gramaturom manjom od 50 g/m<sup>2</sup>, za porozne novinske papire, nekeljene papire i ostale papire s visokom upojnošću.

Ovim ispitivanjem određuje se okomita površinska upojnost na ravninu lista, točnije, količina tekućine koju je uzorak u određenim uvjetima i vremenu upio, korištenjem metode Cobb, a izražena je u g/m<sup>2</sup>.

Uređaj se sastoji od ravne glatke površine i čvrstog metalnog cilindra koji je pričvršćen na podlogu pomoću vijaka. Vijci omogućavaju smještaj uzoraka u uređaj i prijanjanje cilindra na podlogu, bez da voda istječe iz uređaja.

Za mjerenje je korišteno 3 uzoraka od svake vrste papira, pripremljenih pri istim atmosferskim uvjetima u kojima se vršilo mjerenje, na kojima se izvodilo 3 mjerenja s jedne i 3 mjerenja s druge strane. Uzorci su bili dimenzija 12x12cm. Prije ispitivanja uzorci su izvagani na analitičkoj vagi, nakon čega su se stavljali u aparat, uz dolijevanje destilirane vode do visine od 10 mm. Štopalica se uključila odmah kod prvog kontakta vode s papirom. Prema standardu mogu se upotrijebiti sljedeća vremena: 30, 60, 120 i 300 sekundi, ovisno prema upojnosti papira. U ovom eksperimentu korišteno je ukupno vrijeme od 60 sekundi.

Prema standardu, nakon 45 sekundi voda se odlijala. Zaostala voda na površini uzorka uklonjena je smještanjem bugačice (poseban upojan materijal) na mokru stranu papira i dva puta prolaskom metalnim valjkom po bugačici. Na taj način se uklonila voda s površine lista i postigla se veća točnost mjerenja mase uzorka. Odmah nakon uklanjanja vode uzorak je presavinut mokrom stranom prema unutra i izvagan. [4, 5, 9]

Cobb vrijednost dobivena je prema sljedećoj formuli:

$$C(t) = \frac{m^2 - m^1}{P} \times 1000 \text{ (g/m}^2\text{)} \quad (1)$$

gdje je:

C – Cobb vrijednost u g/m<sup>2</sup>

m<sup>1</sup> – masa uzorka prije djelovanja vode u g

m<sup>2</sup> – masa uzorka nakon djelovanja vode u g

t – vrijeme djelovanja vode na površini uzorka

P – površina uzorka izložena djelovanju vode (100 cm<sup>2</sup>)



*Slika 8. Uređaji za metodu po Cobb-u*

Izvor: <http://www.gurley.com/test/cobb.htm>

### 3.5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Tablica 1: Dobivena mjerenja sa premazane/otisnute strane uzoraka prikazana srednjim vrijednostima većeg broja mjerenja

<b>PROIZVOD</b>	<b>m<sub>1</sub> MASA UZORKA PRIJE DJELOVANJA VODE (g)</b>	<b>m<sub>2</sub> MASA UZORKA NAKON DJELOVANJA VODE (g)</b>	<b>Cobb<sub>(60)</sub> VRIJEDNOST (g/m<sup>2</sup>)</b>
<b>LINO PILLOWS</b>	5,68	5,76	0,8
<b>MUFFINS</b>	5,65	5,78	1,28
<b>JAFFA KEKS</b>	5,12	5,27	1,41
<b>KROMOKARTON</b>	5,48	5,92	4,40

Tablica 2: Dobivena mjerenja sa nepremazane/neotisnute strane uzoraka prikazana srednjim vrijednostima većeg broja mjerenja

<b>PROIZVOD</b>	<b>m<sub>1</sub> MASA UZORKA PRIJE DJELOVANJA VODE (g)</b>	<b>m<sub>2</sub> MASA UZORKA NAKON DJELOVANJA VODE (g)</b>	<b>Cobb<sub>(60)</sub> VRIJEDNOST (g/m<sup>2</sup>)</b>
<b>LINO PILLOWS</b>	5,69	9,66	39,68
<b>MUFFINS</b>	5,65	9,84	41,96
<b>JAFFA KEKS</b>	5,15	9,17	40,24
<b>KROMOKARTON</b>	5,47	9,35	38,8



### 3.6. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati istraživanja površinske upojnosti koji su prikazani u *Tablici 1* i *Tablici 2* nam pokazuju da je površinska upojnost ambalažnih materijala napravljenih od jednostrano premazanih kartona odnosno kromo-kartona puno veća sa nepremazane/neotisnute strane kartona.

Ambalažni materijali su pokazali manju upojnost prema vodi na premazanoj/otisnutoj strani, odnosno rezultati mjerenja pokazuju da je površinska upojnost premazane/otisnute strane kartona puno manja nego kod neotisnutog kromo-kartona. Takav rezultat je očekivan zbog same činjenice da na ambalažnim materijalima koji su otisnuti osim premaza koji ima svaki kromokarton ima i dodatan sloj bojila koji mu smanjuje sposobnost površinske upojnosti.

Sva četiri uzorka pokazala su podjednaku upojnost od približno  $40 \text{ g/m}^2$  na ne premazanoj strani. Rezultati sa premazane strane ispitivanog uzorka pokazuju upojnost koja je izrazito mala, te se na primjerima koji su otisnuti (u CMYK rasponu) upojnost dodatno smanjuje i to do 4 puta u odnosu na kromo-karton koji je neotisnut.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Na temelju istraživanja koje je provedeno donesen je sljedeći zaključak:

Svi se ispitivani kromo-kartoni izrazito razlikuju po upojnosti s nepremazane/neotisnute strane u usporedbi s premazanom i/ili otisnutom stranom. Iz toga se zaključuje da premaz kromo-kartona znatno utječe na smanjenje upojnosti, uz ostala svojstva koja nisu bila predmet ispitivanja u ovom završnom radu. Rezultati istraživanja površinske upojnosti također pokazuju da se zbog otiska na premazanoj strani kromo-kartona dodatno smanjila površinska upojnost istog. Krajnji zaključak ovog istraživanja i samog završnog rada je taj da takva svojstva kromokartona doprinose u velikoj mjeri prehrambenoj ambalaži ovoga tipa.

## 5. LITERATURA

1. Bolanča S. (1997). *Glavne tehnike tiska*, Acta Graphica, Zagreb
2. Golubović. A. (1993). *Svojstva i ispitivanje papira*, treće izdanje, Grafički fakultet, Zagreb
3. Vujković I., Galić K., Vereš M. (2007). *Ambalaža za pakiranje namirnica*, Zagreb
4. \*\*\* <http://materijali.grf.unizg.hr/pages/kolegiji/papir/nastavni-materijali/predavanja.php>  
(15.07.2014.)
5. \*\*\* <http://materijali.grf.unizg.hr/pages/kolegiji/papir/nastavni-materijali/vjezbe.php>  
(15.07.2014.)
6. [www.suvremena.hr](http://www.suvremena.hr), "*Nešto više o ambalaži i pakovinama*", dr.sc. Danko Matasović  
(1.08.2014.)
7. \*\*\* <http://materijali.grf.unizg.hr/media/Vrste%20i%20prerada%20celuloze.pdf>  
(05.08.2014.)
8. \*\*\* <http://www.studij dizajna.com/tkosc/papiri.pdf> (08.08.2014.)
9. \*\*\* <http://eprints.grf.unizg.hr/1435/1/Doktorski%20rad%20Jamnicki%20Sonja.pdf>  
(10.08.2014.)

## **6. POPIS SLIKA, TABLICA I JEDNADŽBI**

### **6.1. SLIKE**

Slika 1: Papyrus (strana 3.)

Slika 2: Pergament (strana 4.)

Slika 3: Papir (strana 7.)

Slika 4: Celuloza (strana 13.)

Slika 5: Kromokarton (strana 28.)

Slika 6: Rezač papira (strana 29.)

Slika 7: Analitička vaga (strana 30.)

Slika 8: Uređaji za metodu po Cobb-u (strana 32.)

### **6.2. TABLICE**

Tablica 1 – Dobivena mjerenja sa premazane/neotisnute strane uzoraka prikazana srednjim vrijednostima većeg broja mjerenja (strana 33.)

Tablica 2 – Dobivena mjerenja sa premazane/otisnute strane uzoraka prikazana srednjim vrijednostima većeg broja mjerenja (strana 33.)

### **6.3. JEDNADŽBE**

Jednadžba 1: Jednadžba za izračunavanje površinske upojnosti po Cobb-u (strana 32.)