

# Utjecaj prerade na debljinu valovitog kartona

---

**Vukmanić, Martina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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:216:281521>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Martina Vukmanić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ PRERADE NA DEBLJINU VALOVITOG  
KARTONA

Mentor:

Doc.dr.sc. Branka Lajić

Student:

Martina Vukmanić

Zagreb, 2016.

## **RIJEŠENJE POVJERENSTVA**

## **SAŽETAK**

U završnom radu su provedena mjerenja debljine valovitog kartona prije i nakon prerade. Pod preradom se podrazumijeva tisak, štancanje, biganje, perforiranje, savijanje, lijepljenje i rezanje. U radu je ispitana razina deformacije valovitog kartona nakon njegove prerade.

U teorijskom dijelu rada su opisane definicije, podjele i razne funkcije ambalaže. Detaljno je razrađen pojam valovitog kartona od sirovina do gotovih proizvoda.

U praktičnom dijelu rada su uzimani uzorci valovitog kartona standardnih dimenzija 100 x 100 mm. Uzimani su uzorci prije samog procesa prerade i odmah nakon procesa. Mjereni su uzorci raznih valova: E, B, C i BC. Mjerenja su odrađena digitalnim pomičnim mjerilom Wolf. Svaki uzorak je mjeran 5 puta te su rezultati uneseni u excel tablice gdje su izračunate srednje vrijednosti debljine kartona.

Nakon praktičnog dijela rada su analizirani svi izmjereni podaci i srednje vrijednosti. Izrađene su tablice i grafovi koji pokazuju analize i zaključke o utjecaju strojnih operacija na deformaciju tijekom prerade.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Ambalaža, valoviti karton, val, deformacije

# SADRŽAJ

1.UVOD.....	1
1.1 Cilj rada.....	1
2.TEORIJSKI DIO.....	2
2.1 Definicija i podjela ambalaže.....	2
2.1.1 Podjela ambalaže prema osnovnoj namjeni .....	2
2.1.2 Podjela ambalaže prema vrsti ambalažnog materijala.....	3
2.1.3 Podjela ambalaže prema fizičkim svojstvima .....	5
2.1.4 Podjela ambalaže prema vrijednosti .....	5
2.1.5 Podjela ambalaže prema trajnosti .....	6
2.1.6 Podjela ambalaže prema odvojivosti .....	6
2.2 Funkcija ambalaže.....	7
2.2.1 Zaštitna funkcija ambalaže .....	7
2.2.2 Skladišno-transportna funkcija ambalaže.....	8
2.2.3 Prodajna funkcija ambalaže.....	8
2.2.4 Uporabna funkcija ambalaže .....	8
2.3 Valoviti karton .....	9
2.3.1 Vrste i dimenzije valova.....	9
2.3.2 Vrste valovitog kartona .....	11
2.3.3 Sirovine za izradu valovitog kartona.....	14
2.3.3.1 Vrste papira za izradu valovitog kartona .....	15
2.3.3.2 Vrste ljepila za izradu valovitog kartona .....	16
2.3.4 Postupak izrade valovitog kartona.....	17
2.3.4.1. Jedinica za izradu valova (dvoslojnog valovitog kartona).....	18
2.3.4.2. Jedinica za lijepljenje (troslojni, peteroslojni, sedmeroslojni valoviti karton).....	18
2.3.4.3. Jedinica za rezanje valovitog kartona na ploče.....	19
2.3.5 Prerada valovitog kartona u ambalažu .....	19
2.3.5.1. Izrada amerikan kutija .....	19
2.3.5.2. Proizvodnja štancane ambalaže .....	20
2.3.6 Zbrinjavanje i reciklaža valovitog kartona .....	22

3.EKSPERIMENTALNI DIO .....	23
3.1 Plan rada i metodologija istraživanja .....	23
3.2 Korišteni materijali, uređaji i radne operacije.....	23
3.3 Rezultati mjerenja i analiza.....	25
3.3.1. Rezultati mjerenja po strojevima.....	26
3.3.2. Rezultati mjerenja po valovima.....	28
3.3.3. Analiza podataka .....	31
4. ZAKLJUČAK.....	34
5. LITERATURA .....	37
6. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFOVA.....	38

# **1.UVOD**

## **1.1 Cilj rada**

Ispitivanja provedena u svrhu ovog završnog rada imala su za cilj odrediti veličinu deformacije debljine valovitog kartona poslije njegove prerade. Prerada uključuje tisak, štancanje, biganje, perforiranje, savijanje, lijepljenje i rezanje kroz pet različitih strojnih operacija.

Mjerenja su imala za cilj odrediti i koje strojne operacije najviše deformiraju valove valovitog kartona. Sortiranjem i analizom rezultata zaključit ćemo koji se valovi najviše i najmanje deformiraju tijekom prerade i koji su uzroci tih deformacija.

Također ćemo proučiti svojstva i tipove valova kako bi zaključili koje treba odabrati ovisno o namjeni unatoč deformacijama. Kroz grafove ćemo uočiti trendove padanja ili povišenja deformacija vala.



## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1 Definicija i podjela ambalaže**

Ambalažu možemo definirati i podijeliti na više načina zbog njene višestruke uloge. Ona je zaštitni omot sačinjen od raznih materijala kojima se obavlja proizvod kako bi se izolirao od neželjenih vanjskih utjecaja, a i medij koji prenosi poruku proizvoda. Ambalaža se može podijeliti u različite skupine s obzirom na odabrano zajedničko svojstvo, a to može biti osnovna namjena, ambalažni materijal, trajnost, fizička svojstva, odvojivost i neodvojivost itd.

#### **2.1.1 Podjela ambalaže prema osnovnoj namjeni**

Prema osnovnoj namjeni, ambalažu možemo podijeliti u tri skupine: primarnu ambalažu, sekundarnu ambalažu i tercijarnu ambalažu.

Pod pojmom primarne ambalaže podrazumijevamo prodajnu ambalažu. Ona predstavlja ambalažu u koju se pakira proizvod namijenjen prodaji za široku potrošnju. Značajna funkcija prodajne ambalaže je da kupcu skrene pozornost na sebe i izazove ga da kupi taj proizvod. Ona također štiti upakirani proizvod te omogućava laku uporabu tokom korištenja proizvoda.

Pod pojmom sekundarne ambalaže podrazumijevamo skupnu ili zbirnu ambalažu. U njoj se nalazi više komada pojedinačno upakiranih proizvoda. Njome se racionalizira pakiranje proizvoda u transportnu ambalažu te tako daje funkciju skladištenja, a često i transporta.

Pod pojmom tercijarne ambalaže podrazumijevamo transportnu ambalažu. Ona predstavlja više skupnih ili prodajnih jedinica upakiranih u jednu cjelinu. Transportna ambalaža ima ulogu zaštite proizvoda od svih mogućih oštećenja tijekom transporta, skladištenja i manipulacije. Primarno se odnosi na zaštitu od mehaničkih oštećenja i atmosferskih utjecaja. Svojim oblikom, dimenzijama i količinom treba omogućiti racionalnu upotrebu prostora kod skladištenja, transporta i manipulacije. Prema mjestu transporta, ambalažu dijelimo na kontinentalnu i prekomorsku koja je uvjetovana

trajanjem transporta. Time zaključujemo da ambalaža za dulji prekomorski transport ima i bolja fizička i zaštitna svojstva.

### **2.1.2 Podjela ambalaže prema vrsti ambalažnog materijala**

Odabir vrste ambalažnog materijala za sobom u najvećoj mjeri povlači pitanje hoće li ambalaža kvalitativno i kvantitativno zaštititi proizvod u cijelom lancu od proizvodnje do potrošnje. Vrsta ambalažnog materijala diktira i izbor tehnologije za proizvodnju ambalaže, veličinu, izgled, oblik, namjenu i način uporabe ambalaže. Isto tako, cijena ambalaže ovisi o odabiru vrste ambalažnog materijala. Prema vrsti ambalažnog materijala, ambalažu možemo podijeliti prema osnovnim sirovinama od kojih je proizvedena: papirna, kartonska, drvena, metalna, staklena, tekstilna, polimerna, kombinirana višeslojna, keramička i dr.

Pod pojmom papira podrazumijeva se proizvod dobiven određenim tehnološkim postupkom od drveta i drugih sirovina. Osnova za proizvodnju papira su drvo i jednogodišnje biljke. Zahvaljujući svojim svojstvima, papir je podložan savijanju i koristi se za izradu fleksibilne papirne ambalaže u obliku vrećica i vreća. Papir se često koristi i kao prostorno neoblikovana ambalaža za izravno zamatanje proizvoda ili kao podložak između dva sloja proizvoda upakirana u skupnu ili transportnu ambalažu.

Kartoni i polukartoni su u osnovi isti proizvod kao papir, samo veće gramature. Zbog razlike u gramaturi, razlikuju se i fizička svojstva kartona i polukartona. S porastom gramature raste čvrstoća kartona, tako da se od njih proizvodi čvrsta i polučvrsta kartonska ambalaža u obliku kutija. Valoviti karton se najčešće koristi za izradu kutija za transportnu ambalažu ili služi kao podložak za skupnu ambalažu.

Drvena ambalaža proizvodi se mehaničkom obradom drveta. Drvo kao ambalažni materijal postepeno se zamjenjivao drugim ambalažnim materijalima. U današnje vrijeme je njegova uporaba dosta rijetka. U usporedbi s ostalim ambalažnim materijalima, tendencija je smanjivanja uporabe drveta u izradi ambalaže. Oblici drvene ambalaže su sanduci, letvarice, bačve, palete i kontejneri.

Za izradu metalne ambalaže se koristi aluminij u obliku folija, traka, debljeg i tanjeg lima i čelični lim u crnom, bijelom i kromiranom obliku. Od aluminijskog i čeličnog lima se proizvode boce, bačve, cisterne, kontejneri i palete. Tanke aluminijske trake i folije se koriste za izradu kombiniranih višeslojnih ambalažnih materijala. Također se koriste i kao omotni materijal u neobrađenom ili grafički dizajniranom i obrađenom obliku.

Staklo je jedan od najstarijih ambalažnih materijala. Zbog svojih dobrih i kvalitetnih svojstava, zadržalo je važnu ulogu u proizvodnji ambalaže. Ona se proizvodi postupkom dobivanja i oblikovanja staklene mase od polaznih sirovina. Od stakla se izrađuju boce, staklenke, baloni, čaše i ampule. Staklena ambalaža se zatvara raznovrsnim čepovima i poklopcima izrađenih od polimera, stakla, pluta i metala.

Tekstilna ambalaža se kroz povijest proizvodila od prirodnih biljnih i životinjskih vlakna. U današnje vrijeme se umjesto prirodnih materijala koriste sintetička vlakna, filamenata i traka. Tekstilni materijal se koristi kao materijal za omatanje i za izradu vrećica i mreža.

Polimerna ambalaža je najmlađa vrsta ambalaže. Odlikuje se izvanrednim svojstvima i prihvatljivim cijenama pa prema tome sve češće zamjenjuje ostale vrste ambalažnih materijala, a najčešće staklo i metale. Zbog velikog broja različitih polimernih materijala i velikog broja postupka proizvodnje, od tih se materijala mogu dobiti razne vrste i oblici ambalaže. Polimerni materijali u obliku filmova i folija se često koriste pri dobivanju kombiniranih višeslojnih ambalažnih materijala. Od polimera se najčešće izrađuju čaše, posude, vrećice, boce, kante, tube, cisterne, sanduci itd.

Kombinirani višeslojni materijali se izrađuju u dva ili više slojeva istovrsnog ili različitih materijala. Klasični ambalažni materijali kao staklo, papir, drvo, metal ili tekstil ne posjeduju uvijek sva svojstva potrebna za neke proizvode. Taj problem se najčešće rješava kombiniranjem i međusobnim spajanjem različitih klasičnih materijala s polimernim materijalima u obliku folija. Takvi materijali su poznati pod imenom laminati. Oni se sastoje od polimernih slojeva spojenih s papirom ili kartonom,

aluminijском folijom i trakom, metalizirani i silikonizirani polimerni filmovi i folije. Ovisno o ukupnoj debljini, od tih se materijala proizvodi fleksibilna ili polučvrsta ambalaža različitih oblika.

### **2.1.3 Podjela ambalaže prema fizičkim svojstvima**

Prema fizičkim svojstvima, ambalaža se može podijeliti na: čvrstu, polučvrstu i fleksibilnu ambalažu.

Čvrsta ambalaža ima stalan oblik koji nije podložan promjenama pri djelovanju fizičkih sila tijekom uporabe proizvoda.

Polučvrsta ambalaža ima stalan oblik i podložna je elastičnim deformacijama pri djelovanju vanjske sile. Pri prestanku djelovanja sile, ambalaža se vraća u prvobitan oblik. Izuzetak je ambalaža od kombiniranih materijala koji sadržavaju aluminij koji se nakon prestanka djelovanja vanjske sile ne vraća u prvobitan oblik.

Fleksibilna ambalaža je definiranih dimenzija, ali oblik poprima ovisno o upakiranom proizvodu i djelovanju vanjskih sila. Oblik može biti stalan ili promjenjiv ovisno o upakiranom sadržaju. Pri pakiranju tvari čvrstog agregatnog stanja, oblik ostaje nepromjenjiv, a pri pakiranju tvari tekućeg agregatnog stanja, oblik je promjenjiv.

### **2.1.4 Podjela ambalaže prema vrijednosti**

Ambalaža se prema vrijednosti može podijeliti na investicijsku ili krupnu ambalažu i potrošnu ili sitnu ambalažu.

Investicijska ambalaža po knjigovodstvenoj podjeli ima status osnovnog sredstva i ima veću vrijednost, a rok upotrebe je najmanje godinu dana. Primjeri investicijske ambalaže su: cisterne, palete, bačve i kontejneri.

Potrošna ambalaža je u pravilu neodvojiva ambalaža čija cijena ulazi u cijenu gotovog proizvoda. Ona ima status potrošnog sredstva te je njena vrijednost manja od investicijske.

### **2.1.5 Podjela ambalaže prema trajnosti**

Za pakiranje proizvoda neke se ambalaže mogu koristiti jednom, a neke više puta. Pa to prema trajnosti, ambalažu možemo podijeliti na povratnu i nepovratnu ambalažu.

Povratna ambalaža se upotrebljava više puta i kupac ju vraća proizvođaču. Ona je zbog toga obično i skuplja, ali zato je i trajnija. Ona se nakon vraćanja čisti, pere i ponovno puni. Obično u tu skupinu spada transportna ambalaža kao što su bačve, cisterne, sanduci, tekstilne vreće, itd. Uz transportnu, i neke se vrste prodajne ambalaže mogu tretirati kao povratna ambalaža, a to su boce za različite mliječne proizvode, alkoholna i nealkoholna pića.

Nepovratna ambalaža se upotrebljava samo jednom za pakiranje. Poslije uporabe proizvoda, kupac može ambalažu odbaciti kao otpad ili koristiti za neke svoje potrebe. Velik dio prodajne ambalaže je nepovratan zbog praktičnih i ekonomskih razloga s aspekta proizvođača.

### **2.1.6 Podjela ambalaže prema odvojivosti**

Prema odvojivosti tj. odnosu ambalaže prema upakiranom proizvodu, ambalažu možemo podijeliti na odvojivu i neodvojivu ambalažu.

Odvojiva ambalaža nije sastavni dio proizvoda. U nju se pakira više komada proizvoda upakiranih u primarnu ambalažu. U nju se proizvod obično pakira za transport i skladištenje, a ponekad se iz nje prodaje proizvod upakiran u neodvojivu ambalažu. Odvajanje odvojive ambalaže od proizvoda ne može izazvati kvalitativne ili kvantitativne posljedice na upakirani proizvod.

Neodvojiva ambalaža je u izravnom dodiru s upakiranim proizvodom od trenutka pakiranja do konačne uporabe i s proizvodom čini cjelinu tj. pakovanje. Ona je sastavni dio proizvoda i nije predviđeno da se odvaja od upakiranog proizvoda prije kupnje. Proizvod odvojen od neodvojive ambalaže često gubi svoja svojstva, a poslije nekog vremena može postati i neuporabljiv. [1]

## **2.2 Funkcija ambalaže**

Zahtjevi za uspješnom ambalaži su stalni, a standardi i potrebe tržišta sve viši. Od ambalaže zahtijevamo da štiti upakirani sadržaj od vanjskih utjecaja, da ne reagira s proizvodom, ispunjava zakonsku regulativu, da na najbolji način prezentira proizvod. Također očekujemo i da je jednostavna, praktična i učinkovita. Kod kvalitetne ambalaže sve funkcije trebaju biti međusobno usklađene, a možemo ih sažeti i podijeliti na četiri skupine: zaštitna funkcija, skladišno-transportna funkcija, prodajna i uporabna funkcija.

### **2.2.1 Zaštitna funkcija ambalaže**

Ambalaža mora osigurati proizvod od vanjskih utjecaja, onemogućiti rasipanje i zaštititi od raznih mogućih deformacija. Proizvod mora biti zaštićen tijekom cijelog svog ciklusa, od trenutka pakiranja, tijekom transporta, skladištenja i prodaje pa sve do konačne upotrebe kod potrošača. Ambalaža je uglavnom rezultat kompromisa u odnosu na cijenu, kvalitetu i funkcionalnost. Ona može samo do određene mjere opteretiti cijenu proizvoda. Roba je sama po sebi otporna na razna djelovanja i utjecaje, ali do neke granice. Sva veća opterećenja i utjecaji na robu bi štetno djelovali. Zato je vrlo važna zaštitna funkcija ambalaže, koja preuzima taj štetni dio djelovanja i tako štiti proizvod. Neke od zaštita su: mehaničko-fizikalna, zaštita od djelovanja kisika, zaštita od vlage, zaštita od elektromagnetskog zračenja, zaštita od mikroorganizama, zaštita od nepovoljnih temperatura.

### **2.2.2 Skladišno-transportna funkcija ambalaže**

Racionalno korištenje skladišno-transportnog prostora omogućuje ambalaža s dobrim skladišno-transportnim svojstvima. Promatrajući ambalažu s aspekta odnosa oblika i dimenzija upakirane namirnice i ambalaže, može se dobro posložiti i time racionalno iskoristiti skladišno-transportni prostor. Ambalažu moramo potpuno prilagoditi robi koju u nju pakiramo, jer što je veća iskorištenost ambalaže, veća je i iskorištenost skladišnoga i transportnog prostora. Isto vrijedi za odnos prodajne i transportne ambalaže te transportne ambalaže prema površini skladišta i vozila. Složiva ambalaža zauzima vrlo malo prostora, a nesloživa zauzima jednaku količinu prostora kao kada je puna. Primjer idealne ambalaže bi bio kvadratičastog oblika koji omogućuje funkcionalno i stabilno slaganje i povezivanje te bi time transportnoj cjelini dao stabilnost i čvrstoću.

### **2.2.3 Prodajna funkcija ambalaže**

Ambalaža sama po sebi treba djelovati tako da se potencijalni kupac odluči za kupovinu. Potencijalni kupac treba biti uvjeren da je proizvod koji namjerava kupiti onaj pravi, koji će zadovoljiti njegove potrebe. Prema tome se primjenjuju različita istraživanja tržišta, određuju se ciljane skupine i razvija dizajn oblika, etiketa i informacija na ambalaži.

### **2.2.4 Uporabna funkcija ambalaže**

Tijekom i nakon uporabe proizvoda dolazi do izražaja uporabne funkcije ambalaže te ona sama može olakšati uporabu proizvoda. Olakšani mehanizmi za otvaranje i privremeno zatvaranje znatno olakšavaju i pospješuju uporabnu funkciju ambalaže. Sigurnost rukovanja, dodatne upute na samoj ambalaži, mogućnost prenamjene i reciklaže su primjeri dobre uporabne funkcije. [1]

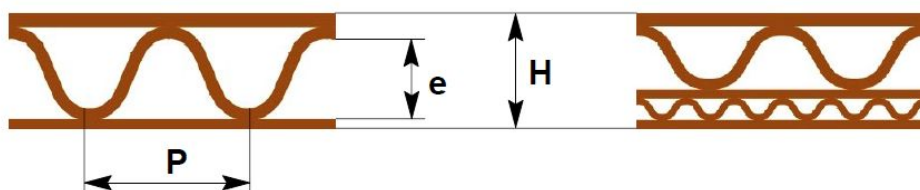
## **2.3 Valoviti karton**

Valoviti karton je ambalažni materijal sastavljen od dvije ili više komponenti međusobno kombiniranih na različite načine. Te komponente su raznovrsna ljepila i papiri od kojih su neki valoviti. Valoviti karton se dijeli po vrstama valova, slojevitosti i sirovinskom sastavu. Prednosti valovitog kartona su mehanička čvrstoća, mogućnost recikliranja, jednostavna grafička obrada i niska cijena. Usvajanje proizvodnje valovitog kartona i njegovo prihvaćanje kao ambalažnog materijala odvijalo se vrlo sporo. Prvi put je valoviti papir patentiran u Engleskoj još 1856. godine, ali se malo upotrebljavao za pakiranje. Početak proizvodnje valovitog kartona može se smatrati 1871. godina, kada je u SAD-u patentiran sličan valoviti materijal koji se upotrebljavao za pakiranje boca. Long je patentirao je prvi valoviti karton sastavljen lijepljenjem jednog ravnog papira i jednog valovitog papira. 1883. godine u Londonu je puštena u rad prva europska tvornica valovitog kartona, a 1886. prvo postrojenje na europskom kontinentu. U Švicarskoj je firma Lagenbach prvo poduzeće koje je 1905. godine proizvodilo valoviti karton. Proizvodnja valovitog kartona na našem području počela je 1928. godine u Zagrebu, u odjelu „Kromolitografske tvornice Rožankovsky dd“. Tako se postepeno razvijala industrija valovitog kartona te danas postoje brojne tvornice valovitog kartona i ambalaže od valovitog kartona. [10]

### **2.3.1 Vrste i dimenzije valova**

Ako promatramo valoviti karton u presjeku, on opisuje sinusoidnu krivulju. Ona je definirana podjelom valova i visinom valova. U pravilu je omjer ovih veličina 2:1. Prema tome oblik vala definiramo visinom vala tj. razmakom između vrha i dna šupljine vala, korakom vala tj. razmakom vrhova dvaju susjednih valova, brojem valova tj. brojem valova sadržanih u jednom metru valovitog kartona. Visina valova kod dvoslojnog valovitog kartona ili zbroj više visina valova kod višeslojnog valovitog kartona određuju približnu debljinu gotovog valovitog kartona.





Slika 1 : Podjela i visina valova, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

Svaki tip vala ima posebna svojstva s obzirom na podnošenje opterećenja u svakom mogućem smjeru i ovisno o njihovoj primjeni. Vrhovi valova se lijepljenjem pričvrste na ravan papir, ali valoviti i ravni sloj moraju biti dobro slijepljeni. Kad je riječ o obliku vala, trokutasta forma koja podsjeća na slovo „V“ bila bi idealan izbor. Međutim, tehnologija strojeva za izradu valovitog kartona ne omogućuje izradu kuteva pa su proizvođači zaobljavaju kuteve. Valove dijelimo na grube, velike, male, mikro i ostale valove.

**Tablica 1:** Vrste valova i njihove dimenzije prema DIN-u 55468

Vrsta valova		Dužina valova	Visina valova
Kratica	Naziv	(mm)	(mm)
A	Grubi	8,0 - 9,5	4,0 - 4,8
B	Mali	5,5 - 6,5	2,2 - 3,0
C	Veliki	6,8 - 7,9	3,2 - 3,9
E	Mikro	3,0 - 3,5	1,0 - 1,8
F,G	Ostali	1,8 - 2,6	0,55 - 0,9

Svaki od ovih valova ima neka karakteristična mehanička svojstva po kojima se razlikuje od ostalih valova i prenosi svoja svojstva na valovitu ljepenku. Troslojni se valoviti kartoni mogu izraditi sa svim vrstama valova, dok se peteroslojni i sedmeroslojni valoviti karton može izraditi s A, B, C i E valom. Osim tih standardnih veličina vala postoji još i val veći od A vala kao i sitniji od F vala.

Val A ima malu čvrstoću na tlak, ali najbolje ublažava dinamička opterećenja okomita na površinu ljepenke. Ljepenka s ovim valom, ima u smjeru pružanja vala, najveću čvrstoću na savijanje i izvijanje, a u smjeru okomitom na smjer pružanja vala najmanju. Osim toga ova ljepenka ima najveću čvrstoću na probijanje.

Val B slabo amortizira dinamička opterećenja iako ima veliku čvrstoću na tlak. Ljepenka s ovim valom ima manju čvrstoću na savijanje i izvijanje u smjeru pružanja valova, ali joj je zato čvrstoća na savijanje i izvijanju okomitom smjeru na smjer pružanja valova prilično velika u odnosu prema istoj čvrstoći ljepenka s većim valom.

Val C je po svojim mehaničkim svojstvima, kao uostalom i po svojim dimenzijama, na sredini između malog i velikog vala. On se ne ističe ni po velikoj čvrstoći na tlak ni po velikoj čvrstoći na savijanje i izvijanje.

Val E ima najmanju čvrstoću na savijanje i izvijanje, a najveću čvrstoću na tlak. Upotrebljava se isključivo za proizvodnju valovite ljepenke namijenjene izradi prodajne ambalaže.

Valovi F i G su još sitniji valovi od E vala te ih još za sada vrlo malo proizvođača izrađuje. Razvijeni su u Europi s namjerom da se napravi ambalaža s manjim sadržajem vlakanaca.

### **2.3.2 Vrste valovitog kartona**

Prema broju slojeva papira razlikujemo nekoliko vrsta valovitog kartona, a to su: dvoslojni (jednovalni), troslojni (jednovalni), peteroslojni (dvovalni), sedmeroslojni (trovalni) valoviti karton.

Treba spomenuti i jednoslojni valoviti papir bez kojeg nebi bila moguća izrada valovitog kartona. On se najčešće proizvodi od različitih vrsta, gramatura i kvaliteta papira, a uglavnom se isporučuje u kolutima.



Slika 2 : Jednoslojni valoviti papir, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

Dvoslojni jednovalni valoviti karton isporučuje se u arcima i rolama. Proizvodi se od raznih vrsta papira i s raznim vrstama valova. Vrsta i specifikacije sastava ovise o namjeni valovitog kartona. Izrađuje se sljepljivanjem jednog sloja valovitog papira i sloja ravnog papira. Lako se savija u smjeru pružanja vala. Koristi se za unutarnje pakiranje proizvoda ili za izradu jastuka za unutarnje pakiranje proizvoda. Najčešće se izrađuje s A, B i C valom. Isporučuje se u obliku svitaka i lako se savija paralelno sa smjerom pružanja valova.



Slika 3 : Dvoslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

Troslojni jednovalni valoviti karton je najčešća varijanta valovitog kartona. Izrađuje se tako da se na dvoslojni valoviti karton lijepi još jedan sloj ravnog papira. Nije savitljiv već ima svoju čvrstoću i krutost pa se koristi za izradu transportnih ili prodajnih kutija. Koristi se za izradu pregrada i uložaka za zaštitu proizvoda u unutarnjem pakiranju od raznih udaraca ili međusobnog dodira. Prodajna se ambalaža izrađuje E valom. Proizvodi se u pločama i ne savija se lako.



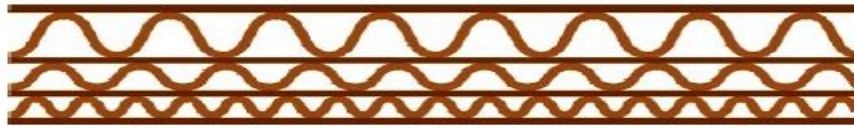
Slika 4 : Troslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

Peteroslojni dvovalni valoviti karton se sastoji od dva valovita i tri ravna sloja. Valoviti su papiri uglavnom različitih profila odnosno visina. Koristi se za izradu transportne ambalaže za pakiranje teške robe te za izradu svih vrsta kutija za pakiranje i unutrašnju zaštitu proizvoda osjetljivih na lom. S obzirom na to da je načinjen od dvaju valovitih slojeva, ti su valoviti slojevi redovito različitih vrsta valova npr.: A val (veliki) i B val (mali), a raspoređeni su u ploči tako da je mali val okrenut prema licu valovitog kartona, a veliki prema naličju valovitog kartona. Krući je i teži po kvadratnom metru od troslojnog valovitog kartona.



Slika 5 : Peteroslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

Sedmeroslojni trovalni valoviti karton je kombinacija od 2 ili 3 profila valova. Sastoji se od 7 čvrsto slijepljenih slojeva papira, četiri ravna i tri valovita sloja. Valovi mogu biti iste ili različite visine. Gotovo uopće nije savitljiv te se teško probija i krući je od peteroslojnog valovitog kartona. Koristi se za izradu posebnih kutija za pakiranje te za pakiranje teških uređaja i strojeva. Izrađuju se u svim veličinama valova osim s E valom. Isporučuje se u pločama.



Slika 6 : Sedmeroslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

### 2.3.3 Sirovine za izradu valovitog kartona

Valoviti karton se izrađuje od raznih vrsta, kvaliteta i gramatura papira i ljepljiva. Pošto je valoviti karton cijenjen upravo po svojim dobrim mehaničkim svojstvima, treba napomenuti da se u njegovu izradu ulaže veliki trud, pomna istraživanja i pažljiv izbor sirovina upravo zbog direktne povezanosti samih sirovina s kvalitetom krajnjeg proizvoda.

Papir možemo podijeliti na papire za izradu valova i onih koji se upotrebljavaju za lijepljenje s valovima tj. papir za izradu ravnih slojeva.

Papir za ravne slojeve je obično veće gramature od 100 do 440 g/m<sup>2</sup>. Izrađuju se od nebijeljene sulfatne celuloze ili recikliranog papira te ih zajedničkim imenom zovemo Kraftlineri. Oni imaju veću čvrstoću te su pogodni za transport velike težine, a odlično zadržava svojstva pod utjecajem velike koncentracije vlage. Testliner je sličan Kraftlineru, ali je pogodan za terete manje težine i u uvjetima manje vlage.

Papir za valovite slojeve je najčešće Fluting. Izrađuje se od nebijeljene poluceluloze, drvenjače, recikliranog papira ili nebijeljene celuloze od slame. Gramatura varira od 90 do 220 g/m<sup>2</sup>. Karakteristike su mu čvrstoća i elastičnost kako bi držao na okupu cijelu strukturu kartona i oblikovao valove.

Papiri se razlikuju i po podrijetlu papirnih vlakanca koji se, bez iznimke sastoje od organskog materijala. Papiri izrađeni na bazi primarnih vlakna sastavljeni su od celuloznih ili poluceluloznih vlakna. Iz ekonomskih i ekoloških razloga, dodaje se

primjesa do 35 % vlakna starog papira. Papiri na bazi starog papira sastoje se od vlakna koja su dobivena od starog papira različite kvalitete koje još nazvamo sekundarna vlakna. Ove razlike su bitne za razumijevanje formiranja cijena, fizikalnih svojstava različitih vrsta valovitog kartona i mogućnosti uporabe gotove ambalaže od valovitog kartona.

Ljepila imaju veliku ulogu u kvaliteti valovitog kartona. Ona moraju zadovoljiti razne norme kao što su brzina sušenja, razina upijanja u karton i papir, viskoznost i čvrstoća. Sljepljeni dijelovi se ne smiju odvajati bez kidanja papira te moraju biti veće čvrstoće od čvrstoće papira. Ne smiju se razlijevati po papiru niti prodirati preduboko u unutrašnjost papira i kartona. Brzina sušenja i vezivanja mora biti usklađena s brzinom proizvodnje.

### **2.3.3.1 Vrste papira za izradu valovitog kartona**



Slika 7 : Role papira za izradu valovitog kartona

Kraftliner je sulfatno-celulozni papir prirodno smeđe boje ili sa izbijeljenim pokrivnim slojem. Izrađen je od crnogoričnog drveta s najmanje 80% udjela primarnih vlakanca. Koristi se za ravni sloj.

Testliner se koristi za ravni sloj. Većinom je u obliku dvoslojnog papira izrađen od različitih primarnih vlakana na bazi starog recikliranog papira pri čemu pokrivni sloj sadrži kvalitetniju vlaknastu stvar od naličja.

Šrenc papir se izrađuje od nerazvrstanih papirnih otpadaka, punila i manje količine celuloze kao dodatka. Pretežno je sivosmeđe boje, a težina mu je između 90 i 230 g/m<sup>2</sup>. Zbog svoje voluminozne strukture, vrlo dobro upija ljepilo i može poslužiti i za izradu vala i za ravne površine. Šrenc se kod nas često rabi za izradu kutija koje ne moraju biti vrlo kvalitetne. Najviše se upotrebljava kao ravni unutarnji sloj u valovitom kartonu.

Natron papir (kraftliner) se dobiva od bijeljene ili nebijeljene sulfatne celuloze dugih celuloznih vlakana. To su gusti savitljivi papiri. Obično su s jedne strane glatki. Ta strana služi kao vanjska strana kartona, a hrapava se okreće unutra i ljepilom spaja za val. Natron se uglavnom rabi za ravne površine valovite ljepenke. Izrađuje se gramature od 100 do čak 450 g/m<sup>2</sup>.

Fluting papir služi za izradu valovite ljepenke. Danas se najčešće rabi upravo taj papir. Izrađuje se od poluceluloze, kemijske drvenjače, celuloze, starog papira ili od tih mješavina. Rabi se za izradu vala.

### **2.3.3.2 Vrste ljepila za izradu valovitog kartona**

Glavni izvor škroba je kukuruz, zrno sjemenki žitarica ili gomolj krumpira. Škrob je bijela praškasta masa koja se upotrebljava kao sredstvo za oplemenjivanje papira ili kao ljepilo. Kao ljepilo je od posebne važnosti za lijepljenje slojeva papira na valovitom kartonu. Škrob je netopiv u hladnoj vodi, dok na povišenoj temperaturi škrobna zrnca upijaju vodu, bubre i tako stvaraju škrobno ljepilo koje nije homogeno. Viskoznost škrobnog ljepila nije stalna pri konstantnoj temperaturi i koncentraciji. Homogenost se postiže konstantnim miješanjem i propuštanjem kroz homogenizatore, ali i održavanjem temperature. Dodavanjem lužine i boraksa znatno se učvršćuju međusobne veze. Ono se prodaje kao prirodni biljni škrob ili kao smjesa prirodnog i umjetnog škroba. Prirodni

biljni škrob se priprema neposredno prije upotrebe u količinama potrebnim za proizvodnju. On se priprema u škrobnim kuhinjama koje su u sklopu proizvodnje valovitog kartona. Prednosti škrobnog ljepljiva su: ne oštećuje ležajeve i mehaničke dijelove strojeva, brzo se čisti, kratka priprema stroja, prilagodljivost gustoće ljepljiva prema svojstvu papira, neprianjanje na metalne površine, upotreba pri većim brzinama stroja, elastičnost ljepljiva, dobra adhezivna moć, ne reagira s bojom. Nedostatak škrobnog ljepljiva je što zahtjeva veliko postrojenje i posebno održavanje te nestabilnost pri duljem stajanju.

#### **2.3.4 Postupak izrade valovitog kartona**

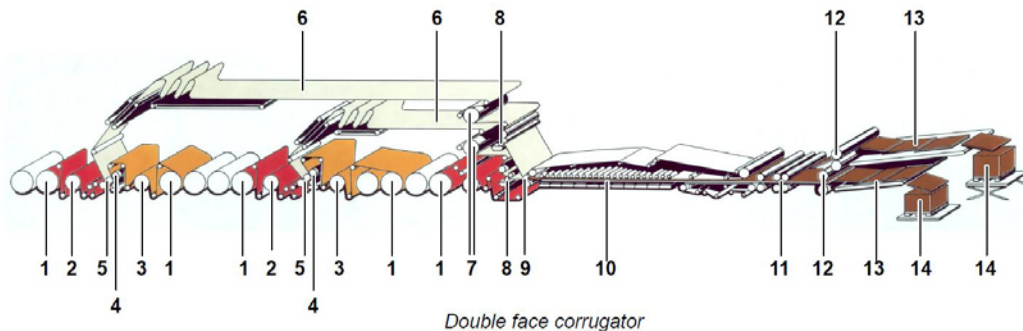
Valoviti karton se proizvodi na stroju za proizvodnju valovitog kartona. Strojevi za izradu valovitog kartona razlikuju se po svojoj radnoj širini i dužini stroja. Oni se sastoje od niza strojnih jedinica povezanih u seriju u kojima se odvija cjeloukupni proces do gotovog proizvoda tj. valovitog kartona. Stroj za izradu valovitog kartona se može podijeliti na tri jedinice: jedinica za izradu valova (dvoslojnog valovitog kartona), jedinica za lijepljenje (troslojni, peteroslojni ili sedmeroslojni valoviti karton), jedinica za rezanje valovitog kartona na ploče. Stroj za izradu valovitog kartona se zove korugator.



#### The main stages of corrugated board production

The corrugator manufactures blanks of corrugated board from reels of paper.

- 1 Unwinding of the reels of paper
- 2 Preheating of the liner
- 3 Preconditioning of the corrugating medium
- 4 Formation of the flutes
- 5 Gluing of the liner
- 6 Storage and transfer of the single-faced web
- 7 Preheating of the single-faced webs and of the outer liner
- 8 Glue application to the single-faced webs
- 9 Formation of the double wall board
- 10 Drying of the double wall board
- 11 Slitting and creasing
- 12 Crosscutting
- 13 Conveying of the shingled blanks
- 14 Stacking and delivery of the blanks



Slika 8 : Postupak izrade valovitog kartona, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)

#### 2.3.4.1. Jedinica za izradu valova (dvoslojnog valovitog kartona)

Prva komponenta je strojna jedinica za izradu valova. Pripremljene role papira se namještaju u stroj te se papir za val zagrijava valjkom predgrijačem. Valjci za predgrijavanje papira stvaraju optimalnu temperaturu za početak procesa prije nanošenja ljepila. Nakon valjka predgrijača papir prolazi između dva nazubljena valjka i poprima oblik valova. Istovremeno, papir za ravni sloj dolazi do tlačnog valjka gdje dolazi u kontakt s valovitim papirom koji je prošao kroz uređaj za lijepljenje te dolazi do spajanja ta dva papira u dvoslojni valoviti karton.

#### 2.3.4.2. Jedinica za lijepljenje (troslojni, peteroslojni, sedmeroslojni valoviti karton)

Nakon jedinice za izradu valova slijedi proces lijepljenja dvoslojnog valovitog kartona s papirom za ravni sloj te nastaje troslojni valoviti karton. U slučaju peteroslojnog ili sedmeroslojnog valovitog kartona, lijepe se dva ili tri dvoslojna valovita kartona s ravnim slojem. Proces grijanja koji slijedi u sekciji grijanja omogućava sljepljivanje i čvrsto spajanje svih slojeva.

### **2.3.4.3. Jedinica za rezanje valovitog kartona na ploče**

Valoviti karton se reže na jedinicama za uzdužno i poprečno rezanje. Uzdužni rezač reže valoviti karton u smjeru kretanja stroja, ali okomito na smjer valova. Na uređaju za uzdužno rezanje su postavljeni su noževi u obliku diska i diskovi za biganje. Kod amerikan kutija ti bigovi određuju visinu kutije.

Poprečni rezač reže valoviti karton u smjeru valova. Ploče zatim dolaze do automatskog izlagača gdje se izlažu u kupove.

### **2.3.5 Prerada valovitog kartona u ambalažu**

Da bi bilo moguće od jednog arka valovitog kartona napraviti šuplje tijelo, arak se reže, biga i prorezuje. Prema sadržaju se zahtijeva označavanje i reklamiranje te se na valoviti karton tiskaju potrebne informacije. U načelu se prerada valovitog kartona raščlanjuje na dva postupka koja se razlikuju po tehnologiji i troškovima. Proizvodnja amerikan kutije i proizvodnja štancane ambalaže.

#### **2.3.5.1. Izrada amerikan kutija**



Slika 9 : Amerikan kutija, (Izvor: <http://www.packshop.com.hr/>,10.7.2016.)

Za jednostavne amerikan kutije koje se kod korisnika strojno ili ručno popunjavaju i zatvaraju, dovoljna je izrada na sloterima. Preduvjet je da arci valovitog kartona budu

izrezani točno na mjeru i okomito na smjer valova te da imaju dva biga. Ta dva radna procesa se obavljaju na uzdužnom rezaču linije za proizvodnju valovitog kartona. Sloter primarno omogućuje sljedeće radne procese: stvaranje vertikalnih bigova, izrezivanje proreza i izrezivanje međuklapica za lijepljenje. Tisak se nanosi odmah prilikom prolaska valovitog kartona kroz stroj. Svi radni procesi na ovom stroju se obavljaju rotirajućim putem. Lijepljenje klapica, spajanje spojnicama ili lijepljenje trakom se obavlja na strojevima za spajanje kutija.

U cilju brže i jednostavnije izrade kutija, razvijeni su inline strojevi na kojima se u jednoj radnoj fazi proizvede gotov proizvod. Te proizvodne trase su u pravilu opremljene rotirajućim štancama tako da se mogu izrađivati i komplicirane izvedbe. Pojedine faze rada jednog inline stroja su sljedeće: ulaganje, tiskanje, prorezivanje, biganje, brojanje, slaganje, štancanje, lijepljenje, spajanje spojnicama, vezanje u bunteve..

#### **2.3.5.2. Proizvodnja štancane ambalaže**



Slika 10 : Štancana kutija za kolače, (Izvor: <http://www.packshop.com.hr/>,10.7.2016.)

Ploče od valovitog kartona za ovu metodu obrade su bez iznimke nebigane i iskrojene na potrebne dimenzije na korugatoru. Nakon svakog procesa štancanja oko gotovog proizvoda ostaje uska otpadna traka.



Slika 11 : Ravna štanca

Za metodu ravnog štancanja koristimo alat za štancanje koji radi na linearan način u određenom taktu. Alat za štancanje se sastoji od nosača čeličnih traka, čeličnih traka, gumenih izbacivača i protuploče. Nosači čeličnih traka mogu biti od šperploče, slijepog tiskarskog materijala, poliuretana ili čeličnih brušenih blokova. Izrada nosača od šperploče je brža i jeftinija, a suvremene metode izrade (lasersko izrezivanje) daju veliku točnost.

Kod roto štanci se koriste ovalne štanice koje se fiksiraju na cilindar. Protutlačni cilindar je presvučen elastičnim slojem od plastike. Prednost rotacijske proizvodnje kod štancanja je veća brzina i mogućnost štancanja većih dimenzija.



Slika 12 : Roto štance

### **2.3.6 Zbrinjavanje i reciklaža valovitog kartona**

Pod reciklažom se podrazumijeva kružni „životni“ tok materijala i njegovo ponovno korištenje. Kod valovitog kartona nije potrebno rastavljanje kartona na pojedinačne komponente kao kod većine materijala koji se recikliraju. Pojedinačna vlakna se lako i jeftino rastavljaju pomoću hladne vode i miješalice. Duga vlakna koja se koriste za izradu valovitog kartona mogu se u prosjeku reciklirati sedam puta prije nego se moraju izrezati na kratka vlakna ili vlakneno brašno koji se upotrebljava u industriji građevinskih materijala i poljoprivredi. Reciklaža papirnih vlakna je najstarija u ljudskoj povijesti, oko 2000 godina. [2]

## **3.EKSPERIMENTALNI DIO**

### **3.1 Plan rada i metodologija istraživanja**

U radu je ispitana razina deformacije valovitog kartona nakon njegove prerade.

U praktičnom dijelu rada su uzimani uzorci valovitog kartona standardnih dimenzija 100 x 100 mm po metalnoj šablona za pripremu uzoraka. Uzorkovanje se provodilo prije procesa prerade i odmah nakon procesa. Mjereni su uzorci raznih valova: E, B, C i BC. Troslojni valoviti karton je izrađen od E, B i C valova standardnih dimenzija prema DIN-u 55468, a peteroslojni valoviti karton je izrađen od BC valova čije su vrijednosti debljina između 6,30 i 6,60 mm( zbroj B i C vala). Mjerenja su odrađena digitalnim pomičnim mjerilom Wolf. Svaki uzorak je mjeren 5 puta te su rezultati uneseni u excel tablice gdje su izračunate srednje vrijednosti debljine kartona.

Nakon praktičnog dijela rada analizirani su svi izmjereni podaci i srednje vrijednosti. Izrađene su tablice i grafovi koji pokazuju analize i zaključke kod kojih strojnih operacija i kod kojih valova dolazi do najmanjih i najvećih deformacija tijekom prerade.

### **3.2 Korišteni materijali, uređaji i radne operacije**

Materijal koji upotrebljen za mjerenje je troslojni E, B, C i peteroslojni valoviti karton BC val. Uzorci su rezani prema metalnoj šablona za pripremu uzoraka dimenzija 100 x 100 mm.



Slika 13 : Metalna šablona za rezanje uzoraka

Uređaj koji je korišten za mjerenje debljine valovitog kartona je digitalno pomično mjerilo Wolf.



Slika 14 : Digitalno pomično mjerilo Wolf

Radne operacije 5 različitih strojeva kroz koje su uzorci valovitog kartona prolazili su: tisak, štancanje, biganje, perforiranje, savijanje, lijepljenje i rezanje.

Stroj Martin Midline 924 (CSM) je inline sloter. Sastoji se od 5 glavnih radnih operacija: fleksotisak, krojenje, štancanje rukohvata ili rupa, savijanje, lijepljenje. To je

stroj za izradu amerikan kutija s tiskom kod kojeg se ulažu ploče valovitog kartona s već postojećim bigovima.

Stroj Bobst Flexo 160 Vision (S-4) je fleksografski stroj s jedinicom za štancanje. Sastoji se od 2 glavne radne operacije: tisak i štancanje ravnom štancom. To je stroj za izradu štancanih kutija ili podložaka s četverbojnim tiskom.

Stroj Bobst Flexo 160 Vision (S-2) je fleksografski stroj s jedinicom za štancanje. Sastoji se od 2 glavne radne operacije: tisak i štancanje ravnom štancom. To je stroj za izradu štancanih kutija ili podložaka s dvobojnim tiskom.

Stroj Bobst Miniline FFG 618 (FFG) je inline sloter. Sastoji se od 5 glavnih radnih operacija: fleksotisak, krojenje, štancanje rukohvata ili rupa, savijanje, lijepljenje. To je stroj za izradu amerikan kutija s dvobojnim tiskom kod kojeg se ulažu ploče valovitog kartona s već postojećim bigovima.

Stroj Klett Sloter 3600 (Sloter) je sloter. Sastoji se od 4 glavne operacije: fleksotisak, krojenje, prorezivanje, roto štancanje. To je stroj za izradu kutija velikih formata s tiskom.

### **3.3 Rezultati mjerenja i analiza**

Rezultati mjerenja su upisivani u tablice i podijeljeni u 2 skupine; rezultati mjerenja po strojevima i po valovima. Iz takve podjele su uočene veličine deformacija koje uzrokuju određeni strojevi te veličine deformacija kod valova koji su najpodložniji deformacijama. Isto tako su analizirani i razvrstani valovi koji su najotporniji na deformacije i strojevi koji su uzrokovali najmanje deformacije.

Pošto su se sa svake ploče ili gotovog proizvoda uzimala dva uzorka i mjerila 5 puta, zbog jednostavnije analize ovog dijela rada, u tablicu je direktno upisana srednja vrijednost svih mjerenja. Svi rezultati su upisani pod mjernom jedinicom milimetra.



### 3.3.1. Rezultati mjerenja po strojevima

**Tablica 2:** Rezultati mjerenja na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)

VRSTA VALA	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
E	1,448	1,442	0,006	0,001
	1,466	1,474	-0,008	
	1,433	1,433	0	
	1,432	1,436	-0,004	
	1,430	1,420	0,010	
B	2,779	2,769	0,01	0,014
	2,822	2,815	0,007	
	2,825	2,803	0,022	
	2,911	2,882	0,029	
	2,811	2,811	0	
C	4,043	3,941	0,102	0,102

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 3:** Rezultati mjerenja na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-4)

VRSTA VALA	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
E	1,599	1,589	0,010	0,009
	1,445	1,438	0,007	
B	2,830	2,779	0,051	0,069
	2,940	2,852	0,088	
	2,918	2,868	0,050	
	2,850	2,801	0,049	
	2,984	2,843	0,141	
	2,885	2,877	0,008	
	2,830	2,735	0,095	
C	3,946	3,885	0,061	0,061

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 4:** Rezultati mjerenja na stroju Martin Midline 924 (CSM)

VRSTA VALA	SREDNJA VRIJEDNOST			SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP	DEFORMACIJA	
C	3,858	3,541	0,317	0,273
	3,929	3,602	0,327	
	4,274	4,158	0,116	
	4,060	3,729	0,331	
BC	6,449	6,241	0,208	0,284
	6,250	5,944	0,306	
	6,457	6,125	0,332	
	6,482	6,023	0,459	
	6,556	6,307	0,249	
	6,565	6,350	0,215	
	6,441	6,225	0,216	

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 5:** Rezultati mjerenja na stroju Bobst Miniline FFG 618 (FFG)

VRSTA VALA	SREDNJA VRIJEDNOST			SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP	DEFORMACIJA	
B	2,986	2,988	-0,002	0,010
	2,865	2,855	0,010	
	2,817	2,79	0,027	
	2,849	2,851	-0,002	
	2,890	2,954	-0,064	
	2,977	2,918	0,059	
	2,939	2,942	-0,003	
	2,770	2,719	0,051	
C	4,045	4,028	0,017	0,017
BC	6,379	6,167	0,212	0,212

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 6:** Rezultati mjerenja na stroju Klett Sloter 3600 (Sloter)

VRSTA VALA	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
B	2,788	2,783	0,005	0,020
	2,800	2,775	0,025	
	2,801	2,770	0,031	
BC	6,477	6,063	0,414	0,304
	6,493	6,313	0,180	
	6,469	6,354	0,115	
	6,557	6,032	0,525	
	6,758	6,472	0,286	

\*GP= Gotov proizvod

### 3.3.2. Rezultati mjerenja po valovima

**Tablica 7:** Rezultati mjerenja po E valu

STROJ	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
S-2	1,448	1,442	0,006	0,001
	1,466	1,474	-0,008	
	1,433	1,433	0	
	1,432	1,436	-0,004	
	1,430	1,420	0,010	
S-4	1,599	1,589	0,010	0,009
	1,445	1,438	0,007	

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 8:** Rezultati mjerenja po B valu

STROJ	SREDNJA VRIJEDNOST			SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP	DEFORMACIJA	
S-2	2,779	2,769	0,01	0,014
	2,822	2,815	0,007	
	2,825	2,803	0,022	
	2,911	2,882	0,029	
	2,811	2,811	0	
S-4	2,830	2,779	0,051	0,069
	2,940	2,852	0,088	
	2,918	2,868	0,050	
	2,850	2,801	0,049	
	2,984	2,843	0,141	
	2,885	2,877	0,008	
	2,830	2,735	0,095	
FFG	2,986	2,988	-0,002	0,010
	2,865	2,855	0,010	
	2,817	2,79	0,027	
	2,849	2,851	-0,002	
	2,890	2,954	-0,064	
	2,977	2,918	0,059	
	2,939	2,942	-0,003	
	2,770	2,719	0,051	
SLOTER	2,788	2,783	0,005	0,020
	2,800	2,775	0,025	
	2,801	2,770	0,031	

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica 9:** Rezultati mjerenja po C valu

STROJ	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
S-2	4,043	3,941	0,102	0,102
S-4	3,946	3,885	0,061	0,061
CSM	3,858	3,541	0,317	0,273
	3,929	3,602	0,327	
	4,274	4,158	0,116	
	4,060	3,729	0,331	
FFG	4,045	4,028	0,017	0,017

\*GP= Gotov proizvod

**Tablica10:** Rezultati mjerenja po BC valu

STROJ	SREDNJA VRIJEDNOST		DEFORMACIJA	SREDNJA VRIJEDNOST DEFORMACIJE
	DEBLJINA PLOČE	DEBLJINA GP		
CSM	6,449	6,241	0,208	0,284
	6,250	5,944	0,306	
	6,457	6,125	0,332	
	6,482	6,023	0,459	
	6,556	6,307	0,249	
	6,565	6,350	0,215	
	6,441	6,225	0,216	
FFG	6,379	6,167	0,212	0,212
SLOTER	6,477	6,063	0,414	0,304
	6,493	6,313	0,180	
	6,469	6,354	0,115	
	6,557	6,032	0,525	
	6,758	6,472	0,286	

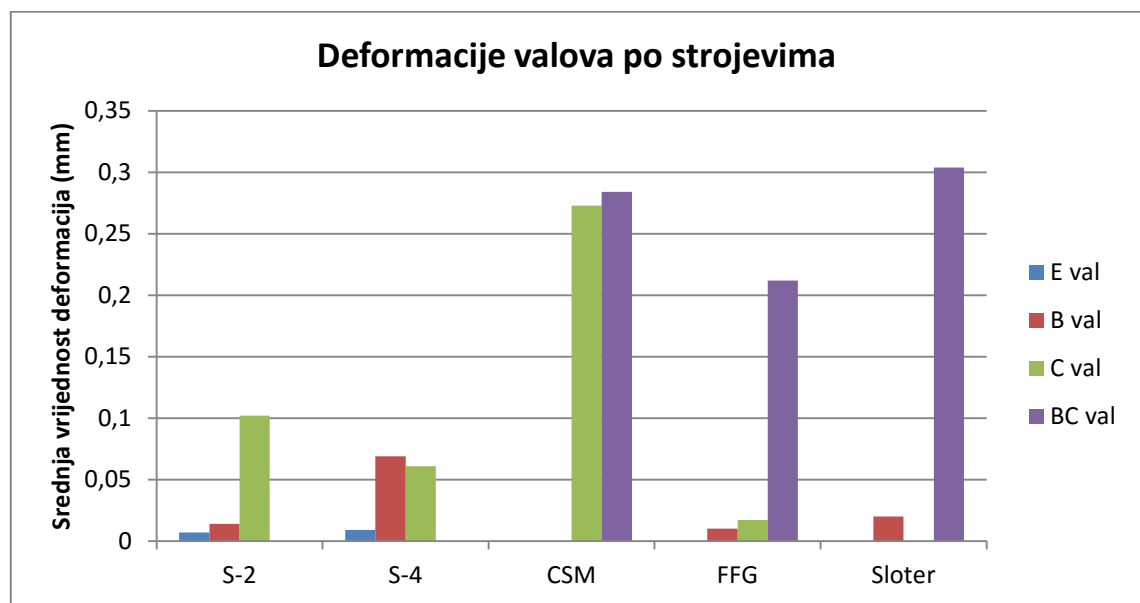
\*GP= Gotov proizvod

### 3.3.3. Analiza podataka

Kontinuiranim praćenjem radnih naloga ambalažne tvrtke te mjerenjem uzoraka dobili smo stvarni omjer učestalosti prerade pojedinih vrsta valova po pojedinim strojevima. Taj omjer je posljedica veličine naklada, isplativosti, brzine, zauzetosti i tehničkih specifikacija pojedinih strojeva.

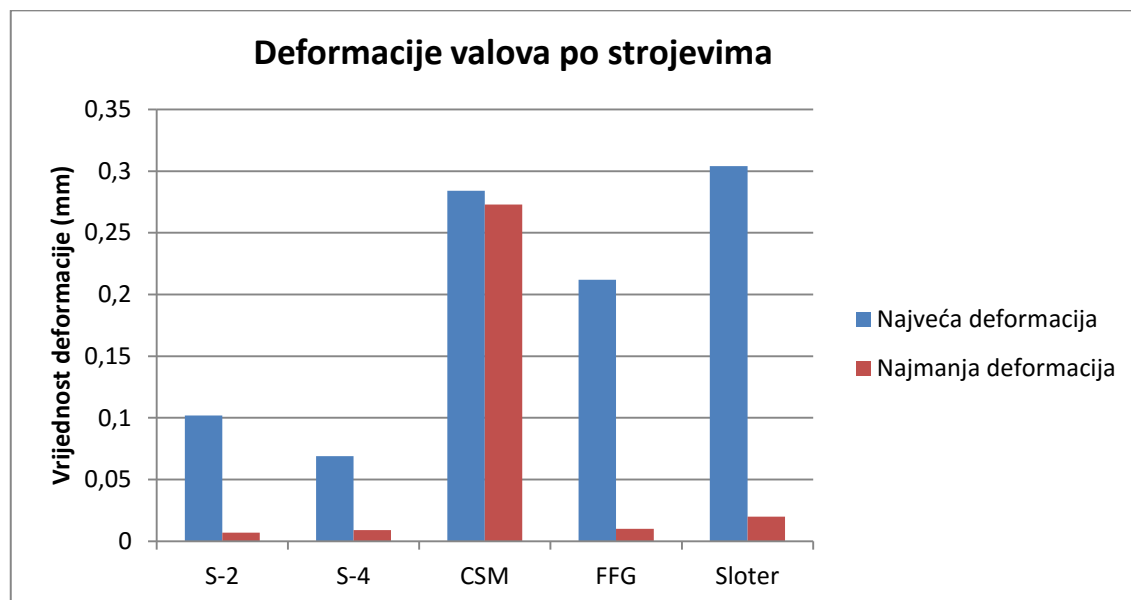
Iščitavanjem podataka iz tablica mjerenja izrađeni su analitički grafovi vezani za deformacije valova.

**Graf 1:** Srednja vrijednost deformacija svakog vala po strojevima



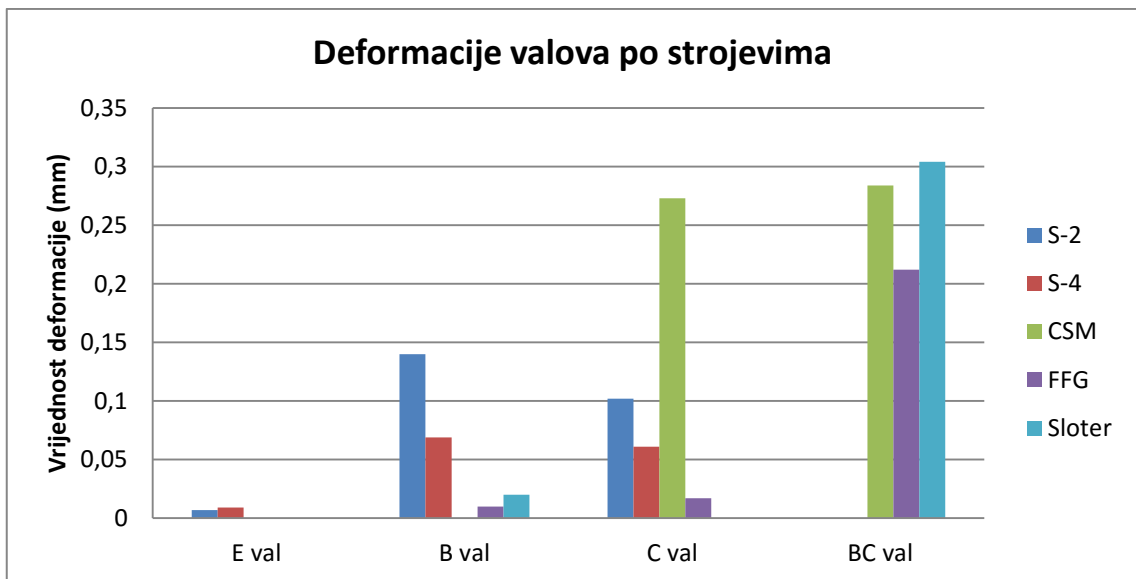
Prema grafu 1 iščitavamo da do najvećih deformacija dolazi na CSM, Sloter i FFG strojevima. Najviše se deformiraju BC i C valovi.

**Graf 2:** Najveća i najmanja deformacija valova po strojevima



Uspoređujući najmanju i najveću deformaciju na svakom pojedinom stroju prema grafu 2 iščitavamo da do najmanjih deformacija dolazi na strojevima S-2 i S-4. Najveće deformacije valova nastaju na strojevima CSM, FFG i Sloteru. Uočavamo velike razlike između najveće i najmanje deformacije kod strojeva FFG i Slotera što nam objašnjava činjenica da se to odnosi na BC i B valove.

**Graf 3:** Usporedba srednjih vrijednosti deformacija valova



Iz grafa 3 iščitavamo na kojim se valovima događaju najveće i najmanje deformacije. Najmanje deformacije se događaju na valovima E i B, a najveće na valovima C i BC.



## 4. ZAKLJUČAK

Prema analizi podataka zaključujemo da se najmanje deformira val E, zatim ga prati val B pa C i na kraju BC val s najvećim deformacijama. Rezultati su očekivani s obzirom na mehaničke karakteristike pojedinih valova.

E val ima najveću tlačnu čvrstoću te je najprikladniji za tisak. Val B ima veliku tlačnu čvrstoću i dobru prikladnost za tisak. Val C je srednje tlačne čvrstoće i prilično dobre prikladnosti za tisak. Val BC je kombinacija B i C vala i ima dobru tlačnu čvrstoću i dobru prikladnost za tisak.

Manji valovi (E i B) se manje deformiraju jer imaju veliku gustoću valova po jediničnoj površini. Veći valovi (C i BC) se više deformiraju jer imaju manju gustoću valova po jediničnoj površini.

Gustoće valova po jediničnoj površini određuju otpornost valovitog kartona na tlačne sile. U strojevima dolazi do najvećih tlačnih opterećenja kod tiskovnih agregata. Manja tlačna opterećenja stvaraju vodilice araka i bigovi na štancama.



Slika 15 : Tiskovni agregat na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)



Slika 16 : Vodilice araka valovitog kartona na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)



Slika 17 : Roto štanca na stroju Klett Sloter 3600 (Sloter)

Prema istraživanju završnog rada zaključujemo da uvijek dolazi do deformacija valova u valovitom kartonu tijekom prerade. Kada bi otpustili pritisak tiskovnih agregata, vodilica i štanci, ne bi dobili dobre rezultate te konačni proizvodi ne bi bili upotrebljivi. Bitno je periodično mjeriti deformacije i držati ih u dozvoljenim odstupanjima kako bi gotovi proizvodi bili upotrebljivi. Također, tipove valovitog kartona treba birati prema namjeni, uporabi i traženim svojstvima gotovog proizvoda tj. ambalaže. Manji valovi,

iako imaju slabu čvrstoću pri slaganju u visinu, slabu probojnu otpornost i slabu savitljivost, imaju veliku tlačnu čvrstoću što im daje odličnu prikladnost za tisak. Koriste se za pakiranje lakših proizvoda kojima nisu potrebne amortizacije dinamičkih sila. Veći valovi, iako imaju slabu tlačnu čvrstoću, imaju odličnu probojnu otpornost i dobru prikladnost za tisak. Najčešće se koriste za pakiranje velikih i teških tereta kojima je potrebna amortizacija dinamičkih sila.

## 5. LITERATURA

1. Vujković I., Galić K., Vereš M., (2007.), Ambalaža za pakiranje namirnica, Tectus, Zagreb
2. Priručnik o proizvodnji i preradi valovitog kartona,(1998.), Model Lovinčić.d.d.
3. Rodin A., (1980.), Nomenklatura kartonskih proizvoda, SAS, Zagreb
4. Stričević N., (1983.), Suvremena ambalaža I, Školska knjiga, Zagreb
5. Stričević N., (1983.), Suvremena ambalaža II, Školska knjiga, Zagreb
- 6.\*\*\* <http://www.madehow.com/Volume-1/Corrugated-Cardboard.html>, 15.7.2016
7. Emblem A., Emblem H., (2012.), Packaging Technology, Woodhead publishing, Philadelphia
8. Mesaroš F., (1974.), Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb
9. Jurečić D., (2015.), Istraživanje čvrstoće ambalaže od valovitog kartona u kondicioniranim uvjetima, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb
10. Držec I., (2012.) , Mehanička kvaliteta valovitog kartona ovisno o sastavnicama, Diplomski rad, Grafički fakultet, Zagreb
11. Rodin A., (1964.), Ambalaža od valovitog kartona, Progres, Zagreb
12. Flexo production methods, (2011.), Bobst Group

## 6. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFOVA

1. Slika 1 : Podjela i visina valova, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
2. Slika 2 : Jednoslojni valoviti papir, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
3. Slika 3 : Dvoslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
4. Slika 4 : Troslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
5. Slika 5 : Peteroslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
6. Slika 6 : Sedmeroslojni valoviti karton, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
7. Slika 7 : Role papira za izradu valovitog kartona
8. Slika 8 : Postupak izrade valovitog kartona, (Izvor: Flexo production methods, (2011.), Bobst Group)
9. Slika 9 : Amerikan kutija, (Izvor: <http://www.packshop.com.hr/>,10.7.2016.)
10. Slika 10 : Štancana kutija za kolače, (Izvor: <http://www.packshop.com.hr/>,10.7.2016.)
11. Slika 11 : Ravna štanca
12. Slika 12 : Roto štance
13. Slika 13 : Metalna šablona za rezanje uzoraka
14. Slika 14 : Digitalno pomično mjerilo Wolf
15. Slika 15 : Tiskovni agregat na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)
16. Slika 16 : Vodilice araka valovitog kartona na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)
17. Slika 17 : Roto štanca na stroju Klett Slotter 3600 (Sloter)
18. Tablica 1: Vrste valova i njihove dimenzije prema DIN-u 55468
19. Tablica 2: Rezultati mjerenja na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-2)
20. Tablica 3: Rezultati mjerenja na stroju Bobst Flexo 160 Vision (S-4)
21. Tablica 4: Rezultati mjerenja na stroju Martin Midline 924 (CSM)
22. Tablica 5: Rezultati mjerenja na stroju Bobst Miniline FFG 618 (FFG)

23. Tablica 6: Rezultati mjerenja na stroju Klett Sloter 3600 (Sloter)
24. Tablica 7: Rezultati mjerenja po E valu
25. Tablica 8: Rezultati mjerenja po B valu
26. Tablica 9: Rezultati mjerenja po C valu
27. Tablica10: Rezultati mjerenja po BC valu
28. Graf 1: Srednja vrijednost deformacija svakog vala po strojevima
29. Graf 2: Najveća i najmanja deformacija valova po strojevima
30. Graf 3: Usporedba srednjih vrijednosti deformacija valova