

# Optimiziranje primjenjivosti fleksibilne kompozitne ambalaže

---

**Barbarić, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:896404>

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

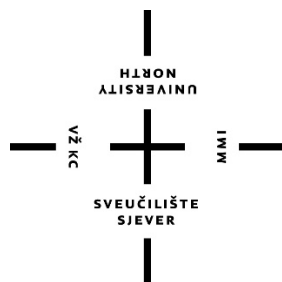
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-25**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





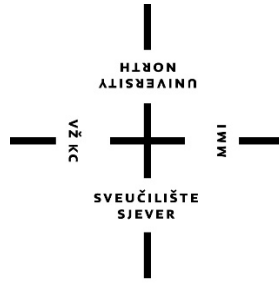
**Sveučilište  
Sjever**

Završni rad br. 48/ARZO/2022

**OPTIMIZIRANJE PRIMJENJIVOSTI FLEKSIBILNE  
KOMPOZITNE AMBALAŽE**

Ante Barbarić, 0246053903

Koprivnica, rujan 2022. godine



# Sveučilište Sjever

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

Završni rad br. 48/ARZO/2022

## **OPTIMIZIRANJE PRIMJENJIVOSTI FLEKSIBILNE KOMPOZITNE AMBALAŽE**

Student

Ante Barbarić, 0246053903

Mentor

Prof. dr. sc. Božo Smoljan

Koprivnica, rujan 2022. godine

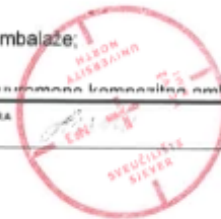
# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

|                             |  |              |                                  |
|-----------------------------|--|--------------|----------------------------------|
| ODJEL                       | Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša  |              |                                  |
| STUDIJI                     | diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša  |              |                                  |
| PRISTUPNIK                  | Ante Barbarić  | MATIČNI BROJ | 0246053903                       |
| DATUM                       | 10.09.2022.  | KOLESJE      | Ambalaža i tehnologija pakiranja |
| NASLOV RADA                 | Optimiziranje primjenjivosti fleksibilne kompozitne ambalaže   |              |                                  |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Optimization of the applicability of flexible composite packaging  |              |                                  |
| MENTOR                      | dr.sc. Božo Smoljan  | ZVANJE       | redoviti profesor u tr. zv.      |
| ČLANOVI POVJERENSTVA        | 1. Izv. prof. dr. sc. Dean Valdec - predsjednik<br>2. Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek - član<br>3. Prof. dr. sc. Božo Smoljan - mentor<br>4. Izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj - zamjenski član<br>5. |              |                                  |

## Zadatak diplomskog rada

|                |   |                |  |
|----------------|---|----------------|--|
| BROJ           | 48/ARZO/2022  |                |  |
| OPIS           | <p>Sve veći ekološki zahtjevi te zahtjevi za što boljim uporabnim svojstvima ambalažnih materijala, nalaže projektantima da pronađu kompromisna rješenja u projektiranju kompozitne ambalaže. Posebno to dolazi do izražaja pri projektiranju fleksibilne kompozitne ambalaže. Fleksibilna kompozitna ambalaža zbog svojih uporabnih svojstava pronašla je primjenu u pakiranju raznih vrsta proizvoda, a posebno je izražena primjena u pakiranju prehrambenih proizvoda. Nažalost, nužne restriktivne mjere kojima bi se očuvao okoliš ograničavaju primjenu ekološki neprihvatljivih kompozitnih materijala i traže se nova rješenja u projektiranju kompozitne ambalaže.</p> <p>Osnovni cilj rada je postavljanje preduvjeta za razvoj fleksibilne kompozitne ambalaže u svijetlu očuvanja okoliša i osnovnih postavki Europakog zelenog plana. Osim toga, prikazat će se vrsta i uloga fleksibilne ambalaže. Opisati će se posebnosti kompozitnih materijala s posebnim naglaskom na primjenjivost kompozitnih materijala u izradi fleksibilne ambalaže.</p> <p>U radu je potrebno</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Definirati vrste ambalaže;</li><li>- Opisati kompozitne materijale pogodne za izradu fleksibilne ambalaže;</li><li>- Prikazati postupak proizvodnje fleksibilne ambalaže;</li></ul> <p>Definirati materijale koji treba uzeti u obzir pri projektiranju kompozitne kompozitne ambalaže.</p> |                |  |
| ZADATAK URUČEN | 13.09.2022.   | POTPIS MENTORA |  |





## SAŽETAK

Neizostavan materijal današnjice koji čine fleksibilnu ambalažu su kompoziti. Zbog svoje male mase, odličnih mehaničkih svojstava, postojanosti na visokim temperaturama i poprilične dugotrajnosti postali su obavezan materijal u suvremenom inženjerstvu. Njihova mogućnost pri izradi da se dobiju željena svojstva u različitom i širokom spektru zahtjeva, kao i niska cijena osigurala je kako u gospodarskom svijetu dakle proizvodnjama tako i u potrošačkom kod ljudi ne zamislivu današnjicu bez prisutnosti plastike.

Ambalaža to jest prikupljanje ambalaže i plastike te pravilno sortiranje trenutno su najveći problem današnjice, dakle proizvodnja plastike, njezina upotreba zatim odlaganje nakon uporabe i na kraju recikliranje predstavljaju veliki rizik za prirodu i okoliš.

Ovaj završni rad bavit će se temom fleksibilne ambalaže i kompozitnim materijalima. U radu je navedena podjela kompozita kao i podjela fleksibilne ambalaže, opisani su postupci proizvodne linije i strojevi za proizvodnju, spomenute su i tehnike tiska. Nadalje rad se bavi i tematikom utjecaja i zaštite na okoliš, te prednostima i nedostacima ovoga tipa ambalaže.

Ključne riječi: Ambalaža, recikliranje, pakiranje, kompoziti,

## SUMMARY

Today's indispensable material that makes up flexible packaging is composites. Due to their low mass, excellent mechanical properties, stability at high temperatures and considerable durability, they have become a mandatory material in modern engineering. Their possibility during production to obtain the desired properties in a different and wide spectrum of requirements, as well as the low price, has ensured both in the economic world, i.e. productions and in the consumer world, that today's world is unimaginable without the presence of plastic. Packaging, i.e. the collection of packaging and plastic and proper sorting are currently the biggest problem today, so the production of plastic, its use, disposal after use and finally recycling represent a great risk for nature and the environment.

This final thesis will deal with the topic of flexible packaging and composite materials. The paper describes the division of composites as well as the division of flexible packaging, describes production line procedures and production machines, and also mentions printing techniques. Furthermore, the paper deals with the topic of environmental impact and protection, as well as the advantages and disadvantages of this type of packaging.

Key words: Packaging, recycling, packaging, composites

# SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2. POJAM I ULOGA AMBALAŽE</b> .....  | <b>2</b>  |
| 2.1.    DEFINIRANJE POJMA AMBALAŽE .....  | 2         |
| 2.2.    FUNKCIJE AMBALAŽE .....   | 5         |
| 2.3.    VRSTE AMBALAŽE .....  | 6         |
| 2.4.    EKOLOŠKI ASPEKT AMBALAŽE.....   | 8         |
| <b>3. POJAM KOMPOZITNIH MATERIJALA</b> .....  | <b>13</b> |
| 3.1.    POVIJEST KOMPOZITNOG MATERIJALA .....   | 13        |
| 3.2.    DEFINIRANJE KOMPOZITNOG MATERIJALA .....  | 14        |
| 3.3.    PROIZVODNJA KOMPOZITNIH MATERIJALA.....   | 19        |
| 3.4.    POSTUPAK IZRADA KOMPOZITNOG MATERIJALA .....  | 21        |
| <b>4. KOMPOZITNA FLEKSIBILNA AMBALAŽA</b> .....   | <b>24</b> |
| 4.1.    POJAM FLEKSIBILNE AMBALAŽE .....  | 24        |
| 4.2.    REGULATORNI OKVIR EUROPSKE UNIJE ZA AMBALAŽU .....  | 26        |
| 4.3.    ODLIKE I OBILJEŽJA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA FLEKSIBILNU AMBALAŽU.....                          | 27        |
| 4.4.    ŽIVOTNI CIKLUS FLEKSIBILNE AMBALAŽE IZRADENE OD KOMPOZITNIH MATERIJALA .....                    | 29        |
| 4.5.    STRUKTURA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA FLEKSIBILNU AMBALAŽU.....                                   | 32        |
| 4.6.    TROŠKOVI I SPOSOBNOST KORIŠTENJA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA IZRADU FLEKSIBILNE<br>AMBALAŽE ..... | 34        |
| <b>5. PROCES PROIZVODNJE FLEKSIBILNE AMBALAŽE U MURAPLAST-u, d.o.o.</b> .....                           | <b>38</b> |
| <b>6. DIZAJNIRANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE AMBALAŽE</b> .....   | <b>44</b> |
| 6.1.    ZAHTJEVANE KARAKTERISTIKE KOMPOZITNE AMBALAŽE .....   | 44        |
| 6.2.    SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE KOMPOZITNE FLEKSIBILNE AMBALAŽE.....                                 | 46        |
| 6.3.    PRIMJER OPTIMIZIRANJA AMBALAŽE .....  | 50        |
| <b>7. ZAKLJUČAK</b> .....   | <b>52</b> |
| <b>LITERATURA</b> .....   | <b>55</b> |
| <b>POPIS SLIKA</b> .....  | <b>56</b> |
| <b>POPIS TABLICA</b> .....  | <b>57</b> |

# 1. UVOD

U ovom radu će se obraditi tema vezana uz fleksibilnu ambalažu, odnosno kompozitne materijale koji se koriste za izradu fleksibilne ambalaže. Kada je riječ o fleksibilnoj ambalaži onda se može definirati kao pakiranje ili ambalažu izrađenu od fleksibilnih ili lako popustljivih materijala koji se, kada se napune ili zatvore, mogu lako promijeniti u obliku. Koriste se za potrošačke i institucionalne proizvode te u industrijskim aplikacijama, za zaštitu, tržište i distribuciju velikog broja proizvoda. Fleksibilna ambalaža osobito je korisna u industrijama koje zahtijevaju svestrano pakiranje, kao što su industrija hrane i pića, osobna njega i farmaceutska industrija.

Fleksibilno pakiranje je način pakiranja proizvoda korištenjem nečvrstih materijala, koji omogućuju ekonomičnije i prilagodljivije opcije. To je relativno nova metoda na tržištu pakiranja i postala je popularna zbog svoje visoke učinkovitosti i isplativosti.

Nadalje, kompozitni materijali su neizostavan čimbenik u današnjem načinu pakiranja robe iz razloga što dvoslojnost ili višeslojnost daje dodatnu vrijednost i značaj za pakiranje proizvoda. Nadalje, kompozitna ambalaža izrađena je od kombinacije pune površine najmanje dva različita materijala.

Uloga i značaj korištenja različitih kompozitnih materijala u izradi fleksibilne ambalaže je povećati trajnost, povećati elastičnost i kombinirati jedinstvena svojstva materijala kako bi se postigla fleksibilna ambalaža. Kompozitna ambalaža je ambalaža koja se sastoji od vanjske ambalaže i unutarnje ambalaže, koja je tako konstruirana da unutarnja i vanjska ambalaža tvore integralno pakiranje.

## 2. POJAM I ULOGA AMBALAŽE

### 2.1. DEFINIRANJE POJMA AMBALAŽE

Riječ ambalaža potječe od francuske riječi "pakiranje", što znači zamatanje, pakiranje, itd. Da bi proizvod došao do krajnjeg potrošača, potrebno ga je zaštititi i zapakirati u određenu ambalažu.[1]

Taj postupak zaštite proizvoda u ambalažu zove se pakiranje robe. Svakako treba razlikovati pojmove pakiranja i zamatanja koji nisu u potpunosti sinonimi i upotrebljavaju se, kako u našoj tako i u stranoj literaturi s prilično širokim spektrom značenja, iako se često upotrebljavaju s istim značenjem. Riječ pakiranje podrazumijeva širi smisao te je opći pojam za kompletan proces u pripremanju proizvoda za pakiranje i distribuciju. Dok je pakiranje zadnji korak u proizvodnom procesu nekog proizvoda i često se provodi pri samoj proizvodnji, ponekad postoje proizvodi koji zahtijevaju pakiranje u specijaliziranim ustanovama koje se bave ambalažom. Kvalitetniji proizvodi pakiraju se u kvalitetnije i raskošnije ambalaže, dok se u drugoj krajnosti neke sirovine pakiraju u rinfuzi to jest bez pakiranja dakle primarna, sekundarna i tercijarna ambalaža je u jednom. Postoje različiti načini i tehnologije pakiranja, koje se obavljaju ručno, mehanički ili u kombinaciji. U novije vrijeme linije za pakiranje su jako modernizirane i sve je manje ručnog rada, a sve više automatskog i strojnog. Posebno su visokomehaniziranu i visokoautomatiziranu proizvodnju pakiranja uveli proizvođači lijekova i prehrambenih proizvoda zbog strogog poštivanja higijenskih uvjeta i kontrole sanitarne inspekcije

U suvremenoj proizvodnji preko 90% svih proizvoda mora biti pakirano, kako bi se očuvala kvaliteta i olakšao transport i skladištenje. Kako način pakiranja utječe na samog potrošača, posebna se pažnja posvećuje estetskim rješenjima. U slučaju luksuzne ambalaže, udio ambalaže u prodajnoj cijeni može biti i do 70%. Prodajnoj cijeni treba dodati troškove prijevoza, skladištenja i rukovanja.

Posljednjih godina važnost pakiranja kao jednog od važnih čimbenika, ne samo u prijevozu robe, već i u prodaji proizvoda na zahtjevnim inozemnim tržištima. Prema istraživanju, u jednoj minuti prosječni kupac u velikoj trgovini prolazi pored čak 300 proizvoda.

Prosječna ponuda u velikim trgovinama je obično od 13.000 do 16.000 artikala, a više od 65% kupnji vrši se impulzivno, a ne planira. Pakiranje je obično zadnja ili jedina šansa da se utječe na kupca.

Pakiranje je vrlo važan aspekt u privlačenju pozornosti potrošača, pružanju informacija o proizvodu i ima snažan utjecaj pri odabiru o kupnji. Pakiranje je u današnje vrijeme sastavni dio marketinškog plana prodaje proizvoda te podliježe prilagodbama u svrhu potreba i zahtjeva potrošača. Stoga se promjene na pakiranju moraju programirati i uskladiti s promjenama na proizvodima.

Dizajn i razvijanje uspješne ambalaže za novo plasirani proizvod zahtijeva donošenje niza sistematiziranih odluka. Prvi korak je postavljanje koncepta pakiranja koji definira što bi ambalaža trebala učiniti za proizvod. Pravilno pakiranje proizvoda mora se bazirati na elementima veličine, oblika, materijala, teksta ili logotipa.[1]

Svi gore navedeni elementi pakiranja trebaju biti usklađeni kako bi pakiranje postiglo svoj krajnji cilj te ispunilo zadatak. Pri stvaranju pakiranja važno je i prilagoditi se potrošačima na određenom tržištu. Važno je analizirati ciljnu skupinu potrošača određenog proizvoda te joj prilagoditi sve gore navedene elemente pakiranja. Analiza tržišta, određenih potrošača može se provesti putem anketa odnosno upitnika. Upitnik treba sadržavati pitanja o spolu, dobi, mjesečnoj potrošnji, navikama, itd. Rezultati analize služe za stvaranje marketinške strategije za određenu ciljanu skupinu potencijalnih korisnika zbog maksimalnog učinka u prodaji. U procesu dizajniranja i osmišljavanja ambalaže proizvoda važno je uvažavati potrebe potrošača. Često je pakiranje razlog diferenciranja proizvoda to jest razlikovanje jednog brenda od drugog. Male razlike i detalji u dizajnu ambalaže (oblik, boja, veličina) mogu povećati prodaju pojedinih proizvoda. Određene boje te zanimljivi i atraktivni oblici privlače pažnju potrošača, ulaganje u dizajn ambalaže proizvoda je profitabilna odluka.[2]

Suprotno tome loše i neugledno dizajnirani proizvodi negativno utječu na kupnju potrošača te smanjuju prodaju iako se možda radi o kvalitetnom proizvodu. Planiranje ambalaže treba započeti već u procesu same proizvodnje, veličina ambalaže treba bit sukladna veličini proizvoda. Odabir boje je vrlo važan te ima snažan psihološki učinak, dakle dobrim odabirom ne samo boje nego i nijanse, proizvod se nameće i ostaje u sjećanju to jest ako je uspješno rezultira uspješnom prodajom. Razvoj i uporaba ambalaže koja rezultira boljom održivošću noviji je trend koji se pojavljuje u ekološkoj ambalaži i pakiranju. Proces uključuje povećano

korištenje i kalkulaciju trajnosti to jest životnog ciklusa kako bi se smanjio ugljični otisak i negativan utjecaj na okoliš. Proces uključuje razmatranja i poboljšanja od cjelovitog i kompletnog opskrbnog lanca (krenuvši od projektiranja, marketinga, osnovne funkcije , na kraju životnog vijeka i nakon toga ponovna upotreba). [3]

Uz to, proporcije i omjeri ekoloških troškova i vrijednosti takve ambalaže može biti pozitivan. Glavni zadatak je poboljšati dugoročnu održivost i kvalitetu života ljudi te dugovječnost prirodnih ekosustava. Ekološka to jest održiva ambalaža mora zadovoljavati i ispuniti funkcionalne i ekonomske potrebe sadašnjosti bez da ugrožava stanje i situaciju budućih generacija da zadovolje vlastite potrebe. Održivost nije nužno krajnje stanje, već je kontinuirani proces poboljšanja.

Ekološko pakiranje poprilično je novi dodatak ekološkim pitanjima za pakiranje. Potrebno je više stručnih ispitivanja, dokumentacije kao i elemenata to jest informacija od potrošača kako bi se proučilo dizajniranje paketa, proširilo ili poboljšalo biranje materijala i došlo do napretka u tehnikama obrade i dužem životnom ciklusu.

Ovo nije samo neodređeni "zeleni pokret" koji su mnoga poduzeća i tvrtke pokušavale uključiti tijekom posljednjih godina. Tvrtke koje provode ekološke akcije smanjuju svoj ugljični otisak, koristeći više recikliranih materijala i ponovno upotrebljavajući više komponenata pakiranja. Tržišnim zahtjevima za zaštitu okoliša na pakiranju treba pristupiti (i čitati ih) s velikim oprezom. Dvosmislenost u naslovima za zeleno pakiranje, poput zelene ambalaže i ekološki prihvatljivija ambalaža, mogu zbuniti ili trenutno navesti na krivo mišljenje zbog manjka zakonskih regulacija i marketinških trikova bez posebne definicije. Međutim neki svjetski regulatori, poput američke Savezne komisije za trgovinu, pružaju smjernice za pakiranje proizvoda.[2]

Mnoge proizvodnje to jest tvrtke već duže razdoblje ponovno upotrebljavaju, oporabljaju i recikliraju ambalažu kada je to ekonomski isplativo. Korištenjem novih tehnika reduciranja i minimalnog pakiranja također je uobičajeni i zapravo glavni cilj smanjenje troškova. U ovom vremenu hiperkonzumerizma to jest hiperpotrošnje , manjak sirovina ili njihovo drastično poskupljenje ubrzale su te napore na temelju društvenih kretanja, pritiska potrošača i propisa. Uključene su sve faze pakiranja, distribucije i logistike.

Ekološki osviještena ambalaža u pogledu proizvodnje i potrošnje više nije usmjerena samo na recikliranje. Baš kao što ambalaža nije jedino ekološko pitanje na svjetskoj razini, iako je mnogima i dalje najvažnije. Pravilno ili nepravilno, pakiranje se skoro uvijek proučava i upotrebljava kao ocjena ukupne održivosti tvrtke, nažalost može pridonijeti samo malom

postotku ukupnom ekološkom utjecaju u usporedbi s drugim potrošačima i zagađivačima, poput transporta, prekomjerne upotrebe vode i energije.

## 2.2 FUNKCIJE AMBALAŽE

Put koji sadržaj ambalaže i sama ambalaža to jest roba moraju proći do potrošača zahtjeva zaštitu, siguran transport i nužno je da se s njome lako i bez opasnosti rukuje, što dovodi do zahtijevanja stavljanja robe u određene pakete, spremnike, zaštitne okvire i omote ili neki drugi materijal.

Pakiranje štiti robu od mehaničkih oštećenja, od promjena svojstava, od gubitaka u količini i neovlaštenih manipulacija, od kemijskih i fizičkih djelovanja, mikroorganizama itd. Ekološka ambalaža štiti okoliš od štetnih utjecaja robe, npr. u zapaljivim, otrovnim i eksplozivnim tvarima.

Pakiranje omogućuje prikladnije skladištenje i lakšu upotrebu robe, a služi i za oglašavanje. U današnjem svijetu reklama i mnogo diferenciranih proizvoda za mnoge potrošačke proizvode ambalaža i njen dizajn presudan su čimbenik u izboru i kupnji, pa otuda i razumljiva važnost ambalaže za suvremeno gospodarstvo.[2]

Osnovna funkcija je zaštitna, zadaća pakiranja je zaštititi proizvod od oštećenja iz okoline, a ponekad postoji potreba za zaštitom okoliša od proizvoda. Kvaliteta ambalažnog materijala trebala bi biti takva da pruža potpunu zaštitu proizvoda tijekom raznih manipulacija, trebala bi imati određenu otpornost na kidanje i pritisak, trebala bi biti nepropusna za vodenu paru i plinove, trebala bi biti nepropusna za tekućine, treba biti otporan na korozijski učinak, ne upijati nikakve mirise itd. Funkcija distribucije je također važna.

Ambalažno pakiranje treba ispuniti zahtjev za osnovne operacije prilikom manipulacije ambalažom neki od uvjeta su prilagođeno uvjetima distribucije, utovara, istovara i skladištenja. Roba se često pretovaruje tijekom transporta, pa je sastavljanje jedinstvenih jedinica za rukovanje teretom, pakiranih jedinica ili dizajniranje oblika koji upotpunjuju prazan volumen veliki doprinos racionalizaciji prijevoza, jer omogućuje ekonomično rukovanje mehaniziranim prijevoznim sredstvima.[3]

Komercijalno - informativna (prodajna) funkcija služi kao sredstvo oglašavanja, što uvelike pridonosi boljem plasmanu i prodaji robe. Ova je funkcija posebno izražena u maloprodajnom pakiranju potrošačkih proizvoda, posebno u farmaceutskim i kozmetičkim proizvodima.



### 2.3. VRSTE AMBALAŽE

Danas je zamisao svjetskih organizacija da svaki čovjek u svom životu može pomoći okolišu u kojem živi putem naputaka o ekologiji. Ljudi u svom svakodnevnom funkcioniranju mogu odabrati ekološki prihvatljive ambalažne materijale koji će omogućiti zaštitu okoliša.

Ambalažu možemo podijeliti na:

- jednokratna ambalaža (izrađena samo za jednu uporabu);
- višekratna (povratna) ambalaža je ambalaža koja se, nakon što se isprazni, ponovno koristi u istu svrhu i čiju višekratnu uporabu osigurava proizvođač sustavom pologa ili na neki drugi način;
- višeslojna ambalaža je ambalaža izrađena iz različitih materijala koji se ne mogu odvojiti ručno;
- prodajna ili primarna ambalaža je ambalaža u kojoj se proizvod prodaje konačnom kupcu;
- skupna ili sekundarna ambalaža je ambalaža koja sadrži više proizvoda u primarnoj ambalaži tako da je proizvod pristupačan kupcu u skupini, a može se izdvojiti i uzeti pojedinačno;
- transportna ili tercijarna ambalaža je zaštitna ambalaža koja omogućava prijevoz, pretovar i rukovanje određenom količinom proizvoda pakiranog samo u prodajnoj ili u prodajnoj i skupnoj ambalaži. U ovu vrstu ambalaže ne spadaju spremnici (kontejneri) za cestovni, željeznički, brodski i zračni prijevoz robe.

Materijali u ambalažnom otpadu maseno su različito zastupljeni, a dijeli se na sljedeće materijale:

- papir/karton,
- plastika,
- drvo
- metal,
- višeslojna ambalaža,
- staklo,
- tekstil.

Oslanjanje na ekološki prihvatljive materijale za pakiranje koji se mogu reciklirati i kasnije koristiti može biti od pomoći. Zapravo bi se trebalo razmisliti o ekološkoj prirodi ambalaže koju čovjek kupuje svakodnevno.

Oblici ekološki prihvatljive ambalaže:

- Reciklirani karton i papir,
- Reciklirana plastika,
- Zračni jastuci na napuhavanje,
- Materijal proizveden od gljiva,
- Poli vrećice.

U pogledu izbora ambalažnih materijala, sve što je proizvedeno od materijala koji se mogu reciklirati ili oporabiti kasnije može biti uvelike korisno za okoliš, ali može i smanjiti prekomjerno smeće te na kraju dovesti i do smanjenja troškova. Zbog toga su reciklirani karton i papir među najboljim ekološki prihvatljivim materijalima za pakiranje.[3]

Reciklirani karton idealan je materijal za pakiranje koji je jednostavan za upotrebu. Također je važno osloniti se na reciklirani papir koji će pomoći u svim potrebama za pakiranjem.

Dodavanje zračnih jastuka na napuhavanje u zalihe za pakiranje može biti korisno. Ovi ekološki prihvatljivi materijali za pakiranje idealni su za pomoć u osiguravanju da sav sadržaj ima pravu razinu zaštite i jastuka. Srećom, za ovaj predmet mogu se odabrati male vrećice napunjene zrakom. Vjerojatnost rizika od štete uvelike se smanjuje na bilo kojoj robi koju treba prevoziti kad se to učini. Sve ove vrećice mogu se ponovno iskoristiti kasnije. Ovo je obično jeftina metoda za održavanje ambalaže u dobroj okolini. Slika 1. prikazuje kako obični karton koji se može reciklirati i ponovno upotrijebiti može zaštititi proizvode koji se konzumiraju na dnevnoj bazi u cijelom svijetu.



Slika 1. Prikaz ambalaže izrađene od kartona

Izvor: [https://www.freepik.com/free-psd/egg-carton-mockup\\_14479674.htm#query=egg%20box&position=6&from\\_view=keyword](https://www.freepik.com/free-psd/egg-carton-mockup_14479674.htm#query=egg%20box&position=6&from_view=keyword)

## 2.4. EKOLOŠKI ASPEKT AMBALAŽE

Proces pakiranja od iznimne je važnosti kod proizvoda, pakiranje prolongira korištenje sadržaja i vijek njegovog trajanja, osigurava ispunjavanje standarda sigurnosti hrane i smanjuje raspadanje i upropaštavanje sadržaja. Međutim u današnjem svijetu, nije rijetkost postojanja mogućnosti za poboljšanje pakiranja, posebno kada je riječ o utjecaju na okoliš.

Proučavajući trenutno stanje tržišta, održivost je u današnje vrijeme od velike važnosti za vladajuće organizacije i strukture, tvornice, proizvođače, kao i sve potrošače te cjelokupno gospodarstvo 21. stoljeća. Europska unija određuje održivost sljedećim definicijama : Održivi razvoj usmjerava gospodarske aktivnosti ne samo kroz ekonomsku dobit nego i kroz dobrobit i brigu za okoliš za buduće generacije.[3]

Dobrobiti i ciljevi održivosti su mnogi, a najvažniji je taj da ljudi žive s okolišem u sinergiji, dok su do sada primjenjivani konvencionalno modeli u gospodarstvu uništavali prirodu i okoliš. Održivi model stvara društvene i ekonomske uspjehe za trenutne generacije i one koje su pred nama.

Održiva industrija je ona koja je u ravnoteži sa svojim okolišem, zabrinutost je zbog utjecaja na svoje dobavljače, kupce, osoblje, širu zajednicu i svijet prirode. Održiva poduzeća ne brinu samo danas, već i utjecaj njihovih aktivnosti u godinama i desetljećima koja dolaze.[3]

Današnji svijet je vrlo dinamičan, živimo u dobu hiperkonzumerizma i hiperprodukcije, odnosno doba hiper potrošnje i proizvodnje. Moderni čovjek današnjice svakodnevno obavlja kupnju u kojoj su proizvodi nedugo nakon korištenja postali problem i izazov za industriju recikliranja te samim time daje nesvjesno negativan doprinos trendu

Ambalaža je na današnjem tržištu postala jedan od najvažnijih čimbenika koji presuđuju kupnju potrošača. Dizajnom ambalaže i pravilnim odabirom boje to jest nijanse, svjesno i podsvjesno utječu na izbor prilikom kupnje. Rezultat toga je da je održivost važno i ključno pitanje za cijeli opskrbni i proizvodni lanac.

Ekološko pakiranje i ambalažu možemo definirati kao proizvod koji je sačinjen od ekološko orijentiranih materijala, dobivenih iz obnovljivih izvora energije. Osnovna zadaća ambalaže ili pakiranja je ta da za vrijeme čitavog životnog ciklusa nekog proizvoda, koji uključuje i njegovo korištenje ostane sigurna. Sljedeća prednost i funkcija ekološke ambalaže je da se nakon korištenja proizvoda ambalaža može lako zbrinuti i pripremiti za recikliranje. Na taj način se formira kružno gospodarstvo. Veliki izazov predstavlja uspostava ravnoteže između zahtjeva proizvođača kako bi mogli biti konkurentni i poslovno održivi te i dalje stvarati profite, radna mjesta i ostale poslovne aktivnosti.

Kako raste potreba za održivim mogućnostima pakiranja, sve se više počinju primjenjivati inovativna rješenja za pakiranje koja uspostavljaju ravnotežu između dobrog i za potrošače i za okoliš. No, ono što je jednako važno je osigurati da svi u lancu opskrbe od skladišnog tima do krajnjih potrošača, imaju znanje potrebno za donošenje obrazovanih odluka o pravilnoj upotrebi i odlaganju održive ambalaže.

Kako bi se koncept ambalaže smatrao održivim, trebao bi ispunjavati ova četiri kriterija:

- Dobivanje materijala iz održivih resursa
- Mora postojati opcija odlaganja koja ima rješenje za recikliranje ili kompostiranje
- Ekološki prihvatljiv dizajn koji i dalje jamči kvalitetu proizvoda
- Dugotrajna primjena ne povećava trošak proizvodnje

Materijal održivog izvora dobiva se na način koji je ekološki i društveno odgovoran, obnovljiv ili izrađen od recikliranog sadržaja. Postoji mnogo različitih ambalažnih materijala koji se

mogu održivo nabaviti. Jedan od primjera su valovite kutije izrađene od materijala isporučenog putem certificiranog programa za dobavu vlakana.

Proizvodnja ambalaže velika je industrija koja zapošljava oko pet milijuna ljudi širom svijeta i ostvaruje godišnji promet veći od 400 milijardi dolara. S obzirom na veličinu industrije i sveprisutno mjesto pakiranja u svim našim životima, potencijal da ambalaža ima negativan utjecaj na svjetski okoliš je ogroman. Stoga je velika odgovornost na proizvođačima i korisnicima ambalaže kako bi se osiguralo da oni „osmisle“ svaki potencijalni negativni utjecaj svojih proizvoda.[3]

To je pitanje koje zabrinjava tijekom životnog ciklusa ambalaže, drugim riječima, to je nit koja prolazi kroz nabavu sirovina koje se koriste u ambalaži, proizvodni proces, distribuciju proizvoda i njegovo konačno uklanjanje.

Ovi ciljevi za razvoj održivog pakiranja na kojima su radila brojna poduzeća sada su apsorbirani u širi program društveno odgovornog poslovanja, što je postalo ustaljeno očekivanje za tvrtke u razvijenom svijetu, a sve više postaje težnja i za tvrtkama koje posluju drugdje u svijetu. Međutim, izazov je za sva poduzeća razviti ambalažu koja udovoljava cilju održivosti, ali također obavlja zadatke za koje je ambalaža potrebna i to u proračunskim okvirima proizvođača, distributera i potrošača.

Novi dizajni i novi materijali u određenoj su mjeri pomogli industriji ambalaže da korača prema održivijem proizvodu posljednjih godina. No, da bi industrija nastavila opstajati i napredovati, sva daljnja poboljšanja morat će se postići u granicama troškova i bez žrtvovanja prihvatljivih kriterija izvedbe.[4]

Tome dodajemo i plimu zakonodavnih promjena koja u većini zemalja odgovornost za odlaganje ambalaže prebacuje na poslovne, a ne na lokalne vlasti. Kao i ostatak EU-a, Britanija i sada ima stroge propise o ambalaži za otpad, što u mnogim slučajevima dodatno opterećuje troškove poslovanja.

Trošak održivosti ne može se zanemariti, poduzeća moraju biti slobodna ekonomično poslovati i ostvarivati profit. Isplativost omogućuje tvrtkama rast i razvoj pružajući ljudima posao, stvarajući porezne prihode i podržavajući zajednice.

Šira agenda održivosti, međutim, u mnogim je slučajevima pomogla tvrtkama da poboljšaju kvalitetu i povećaju profitabilnost. Prihvatanje održivog pakiranja može pomoći tvrtkama da smanje troškove, izbjegavajući namete za emisiju i odlaganje, te povećati promet

zadovoljavanjem rastuće potražnje potrošača za proizvodima koji su održivi i imaju smanjeni utjecaj na okoliš.

Prekomjerna upotreba fosilnih goriva široko je prepoznata kao primarni uzrok mnogih svjetskih ekoloških poteškoća, uključujući klimatske promjene i zagađenje atmosfere.

Obnovljivi izvori energije, poput vjetra, plime i sunca, nude alternativni izvor energije koji je istovremeno održiv i ima mali utjecaj na okoliš. Mnoge tvrtke, uključujući nekoliko u industriji ambalaže, odlučile su se za korištenje barem neke obnovljive energije u svojim proizvodnim procesima.[4]

Prijevoz je još jedno područje aktivnosti koje tvrtke moraju gledati. Tvrtke koje teže održivosti trebaju procijeniti svoje distribucijske kanale kako bi pronašle načine da ih učinkovitije koriste i razmotriti alternativna prijevozna sredstva. Željeznički prijevoz robe, tamo gdje je to moguće, ima manji utjecaj na okoliš od kretanja istog volumena cestom.

Mnogi materijali koji se trenutno koriste u industriji ambalaže potječu od petrokemijskih proizvoda. Drugi se dobivaju iz materijala na biološkoj osnovi.

Svaka strategija usmjerena na razvoj održivog pakiranja trebala bi osigurati da djevičanski materijali potječu iz održivih izvora, kao i maksimalno korištenje recikliranih materijala. Međutim, ova posljednja opcija ograničena je u slučajevima kada se materijal pogorša nakon svoje prve uporabe.[5]

Sve u svemu, međutim, veliki je izazov za proizvođače razviti alternativne oblike pakiranja koji će zamijeniti one sadašnje izrađene od materijala koji nisu održivi i koji se ne mogu vrlo lako modificirati kako bi postali održivi.

Kad razmišljamo o dizajnu proizvoda, uključujući bilo koji oblik pakiranja, još jedan ključni cilj koji možemo dodati na ovaj popis je „preispitivanje“. Preispitivanje znači da bi dizajner proizvoda za pakiranje trebao neprestano tražiti alternativne, održivije materijale i dizajne. Ključna područja kojima se treba pozabaviti tijekom postupka dizajniranja su:

- Maksimiziranje vodene i energetske učinkovitosti,
- Minimiziranje materijala,
- Korištenje recikliranih materijala,
- Korištenje obnovljivih materijala,
- Minimiziranje rizika povezanih s potencijalno otrovnim i opasnim materijalima,

- Dizajniranje za transport. [5]

Ekološki održivo pakiranje važno je jer smanjuje ekološki otisak svih faza životnog ciklusa proizvoda. Pomaže i proizvođaču i potrošaču da smanje svoj utjecaj na okoliš.

Utjecaj čovječanstva na svijet prirode jedan je od najvećih izazova s kojima se suočavamo danas i u desetljećima koja su pred nama. Naše širenje stanovništva i globalno širenje gospodarskog razvoja vrše sve veći pritisak na svjetske resurse.

Sve do posljednjeg desetljeća ili nešto više, fokus utjecaja poslovanja na okoliš bio je prilično ograničen; bio je ograničen na kraj životnog vijeka proizvoda, uključujući onečišćenje i recikliranje. Održivost je sada glavno pitanje dnevnog reda vlada i javnog mnijenja. Kao rezultat, industrija je pod sve većim pritiskom da poboljša svoj trag održivosti.

Industrija ambalaže gurnuta je u prvi plan održivosti, ne nužno zato što je najveći izvor ekoloških problema, već zato što je, sa stajališta potrošača, jedna od najvidljivijih. No, razmatrajući trag održivosti industrije pakiranja, trebali bismo se usredotočiti na kvalitativna pitanja koliko i kvantitativna.[4]

Pitanja zaštite okoliša predstavljaju čovječanstvu jedan od najvećih izazova s kojima smo se ikad suočili. Klimatske promjene, iscrpljenost naših prirodnih resursa i iscrpljivanje našeg prirodnog okoliša vrlo su stvarne brige.

Način na koji smo do sada proizvodili ambalažu, iako to nije jedini uzrok naših zabrinutosti za okoliš, i dalje pokreće pitanja s kojima se moraju pozabaviti poduzeća, vlade i javnost. Samo proizvodnjom ambalaže koja je potpuno održiva možemo postići dvostruke ciljeve pružanja proizvoda koji izvršava zadaću za koju je dizajniran, ali istodobno izbjegava bilo kakav oblik negativnog utjecaja na okoliš.

Dobra vijest je da se industrija napokon kreće u dobrom smjeru. U posljednjih pet godina udio ambalaže koja se može smatrati održivom povećao se za više od deset posto. Neke tvrtke preuzimaju vodeću ulogu na ovom polju.

### 3. POJAM KOMPOZITNIH MATERIJALA

#### 3.1. POVIJEST KOMPOZITNOG MATERIJALA

Ljudi koriste kompozitne materijale tisućama godina. Najraniji kompozitni materijali izrađivali su se od slame i blata u kombinaciji kako bi se formirale cigle za građenje zgrada. Drevna izrada opeke dokumentirana je slikama egipatskih grobnica.

Drvenaste biljke, kako pravo drvo s drveća, tako i biljke kao što su palme i bambus, daju prirodne kompozite koje je čovječanstvo koristilo prapovijesno i još uvijek se široko koriste u građevinarstvu i skelama.

Šperploča i kartonaža kao materijali, koriste se još od najstarijih civilizacija, lijepljenje drva pod različitim kutovima daje bolja svojstva od prirodnog drva.[7]

Nakon industrijske revolucije, kompozitne smole počele su dobivati čvrsti oblik polimerizacijom. U 1900-ima ovo novootkriveno znanje o plastičnim masama dovelo je do stvaranja raznih plastičnih materijala kao što su poliester, fenol i vinil. Kompozitni materijali se tada počinju razvijati. Budući da takvi plastični materijali ne provode struju i otporni su na toplinu svoju primjenu pronalaze u mnogim industrijama.

Tridesete godine prošlog stoljeća bile su od velike važnosti za razvoj kompozita. Izum staklenih vlakana pokrenuo je prvu industriju polimera ojačanih vlaknima (FRP)<sup>1</sup>. Polimeri proizvedeni tijekom tog razdoblja koriste se i danas.

Prva ugljična vlakna patentirana su 1961. godine, a zatim su postala komercijalno dostupna. Zatim, sredinom 1990-ih, kompoziti su počeli postajati sve češći za proizvodne procese i konstrukciju zbog njihove relativno jeftine cijene u usporedbi s materijalima koji su se ranije koristili.

Beton je također kompozitni materijal, a koristi se više od bilo kojeg drugog sintetičkog materijala na svijetu. Od 2006. svake se godine proizvede oko 7,5 milijardi kubičnih metara betona; više od jednog kubičnog metra za svaku osobu na Zemlji.[6]

---

<sup>1</sup> FRP : Fiber Reinforced Polymer



### 3.2. DEFINIRANJE KOMPOZITNOG MATERIJALA

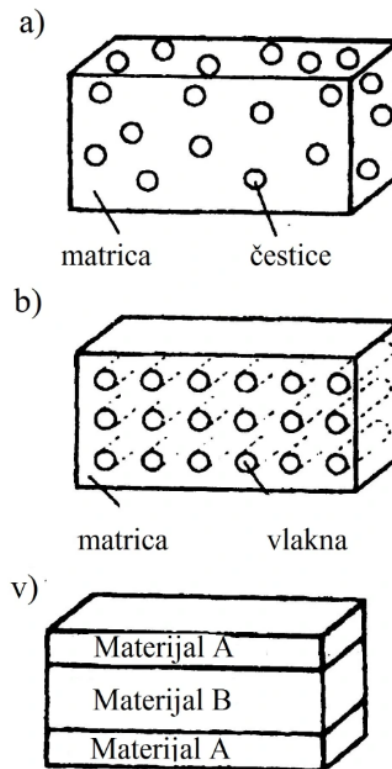
Kompozitni materijal (koji se također naziva kompozitni materijal ili skraćeno na kompozit, što je uobičajeni naziv) je materijal koji se proizvodi od dva ili više sastavnih materijala. Ovi sastavni materijali imaju izrazito različita kemijska ili fizička svojstva i spojeni su kako bi se stvorio materijal sa svojstvima za razliku od pojedinačnih elemenata.[6]

Unutar gotove strukture, pojedinačni elementi ostaju odvojeni i različiti, što razlikuje kompozite od mješavina i čvrstih otopina.

Tipični konstruirani kompozitni materijali uključuju:

- Armirani beton i zidani
- Kompozitno drvo kao što je šperploča
- Ojačana plastika, poput polimera ojačanog vlaknima ili stakloplastike
- Keramički matični kompoziti (kompozitne keramičke i metalne matrice)
- Kompoziti s metalnom matricom
- i drugi napredni kompozitni materijali [7]

Postoje različiti razlozi zbog kojih se novom materijalu može dati prednost. Tipični primjeri uključuju materijale koji su jeftiniji, lakši, jači ili izdržljiviji u usporedbi s uobičajenim materijalima. Dolje u tekstu navedena slika pod rednim brojem 2. prikazuje vrste kompozitnih materijala s obzirom na njihovu tehnologiju izrade. U situaciji gdje su kompozitne čestice raspoređene ravnomjerno postaju izotropni, nadalje kompoziti sa ojačanim vlaknima ili laminirani kompoziti uvijek su u pravilu anizotropni.



*Kompozitni materijali:  
a) ojačani česticama, b) ojačani vlaknima,  
v) laminatni*

Slika 2. Prikaz kompozitnog materijala

Izvor: <https://ironlady003.wordpress.com/2014/05/12/kompozitni-materijali/>

U novije vrijeme istraživači su također počeli aktivno uključivati senzore, aktiviranje, računanje i komunikaciju u kompozite, koji su poznati kao robotski materijali.

Kompozitni materijali se općenito koriste za zgrade, mostove i strukture kao što su trupovi brodova, ploče za bazene, karoserije trkaćih automobila, tuš kabine, kade, spremnici za pohranu, imitacija granita i kultiviranih mramora umivaonici i radne ploče. Također se sve više koriste u općim automobilskim aplikacijama. Najnapredniji primjeri rade rutinski na letjelicama i zrakoplovima u zahtjevnim okruženjima.

Beton je najčešći umjetni kompozitni materijal od svih i obično se sastoji od labavog kamenja (agregata) koji se drži cementnom matricom. Beton je jeftin materijal i neće se stisnuti ili razbiti čak ni pod prilično velikom tlačnom silom. Međutim, beton ne može preživjeti vlačno opterećenje (tj. ako se rastegne brzo će se raspasti). Stoga, kako bi se betonu dala otpornost na

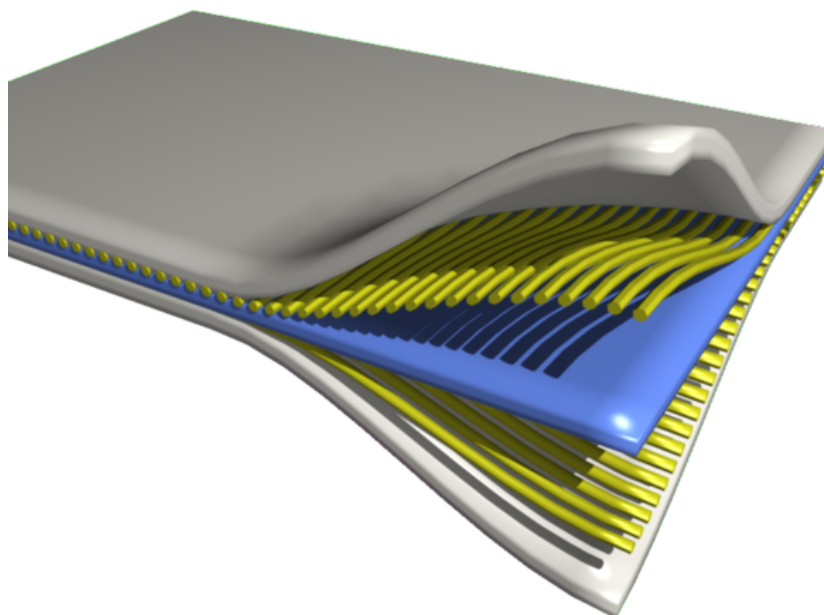
rastezanje, betonu se često dodaju čelične šipke koje mogu odoljeti visokim silama rastezanja (zatezanja) kako bi se dobio armirani beton.

Polimeri ojačani vlaknima uključuju polimer ojačan ugljičnim vlaknima i plastikom ojačanu staklom. Ako se klasificiraju prema matrici, onda postoje termoplastični kompoziti, termoplasti s kratkim vlaknima, termoplasti s dugim vlaknima ili termoplasti ojačani dugim vlaknima. Postoje brojni termoreaktivni kompoziti, uključujući papirnate kompozitne ploče. Mnogi napredni termoreaktivni polimerni matrični sustavi obično uključuju aramidna vlakna i ugljična vlakna u matricu od epoksidne smole.[6]

Polimerni kompoziti s memorijom oblika su kompoziti visokih performansi, formulirani pomoću ojačanja vlaknima ili tkaninom i polimerne smole s memorijom oblika kao matrice. Budući da se polimerna smola s pamćenjem oblika koristi kao matrica, ovi kompoziti imaju sposobnost lakog manipuliranja u različite konfiguracije kada se zagriju iznad njihovih aktivacijskih temperatura i pokazat će visoku čvrstoću i krutost na nižim temperaturama. Također se mogu ponovno zagrijavati i preoblikovati bez gubitka svojstava materijala. Ovi kompoziti su idealni za primjene kao što su lagane, krute strukture koje se mogu razmjestiti; brza proizvodnja; i dinamičko pojačanje.

Kompoziti visokog napreznja još su jedan tip kompozita visokih performansi koji su dizajnirani za rad u uvjetima visoke deformacije i često se koriste u sustavima koji se mogu razmjestiti gdje je strukturno savijanje prednost.

Iako kompoziti s visokim napreznjem pokazuju mnogo sličnosti s polimerima s memorijom oblika, kompoziti s visokim napreznjem njihova izvedba općenito ovisi o rasporedu vlakana za razliku od sadržaja smole u matrici. Višeslojni kompozitni materijal prikazan je na slici 3.



Slika 3. Prikaz izgleda višeslojnog kompozitnog materijala

Izvor: <https://ironlady003.wordpress.com/2014/05/12/kompozitni-materijali/>

Kompoziti također mogu koristiti metalna vlakna koja ojačavaju druge metale, kao u kompozitima s metalnom matricom (MMC) ili keramičkim matričnim kompozitima (CMC), koji uključuju kost (hidroksiapatit ojačan kolagenskim vlaknima), kernet (keramika i metal) i betonski. Keramički matrični kompoziti izrađeni su prvenstveno za otpornost na lom, a ne za čvrstoću. Druga klasa kompozitnih materijala uključuje kompozit tkane tkanine koji se sastoji od uzdužnih i poprečnih vezanih niti. Tkani kompoziti su fleksibilni jer su u obliku tkanine.

Kompoziti organske matrice/keramičkog agregata uključuju asfaltni beton, polimerbeton, mastiks asfalt, hibrid mastiks valjaka, dentalni kompozit, sintaktičku pjenu i sedef. Chobham oklop je posebna vrsta kompozitnog oklopa koji se koristi u vojnim primjenama.[7]

Dodatno, termoplastični kompozitni materijali mogu se formulirati sa specifičnim metalnim prahovima što rezultira materijalima s rasponom gustoće od 2 g/cm<sup>3</sup> do 11 g/cm<sup>3</sup> (iste gustoće kao olovo). Najčešći naziv za ovu vrstu materijala je "high gravity joint" (HGC), iako se koristi i "lead replacement". Ovi se materijali mogu koristiti umjesto tradicionalnih materijala kao što su aluminij, nehrđajući čelik, mjed, bronca, bakar, olovo, pa čak i volfram za zatezanje, balansiranje (na primjer, modificiranje težišta teniskog reketa), prigušivanje vibracija, i primjene zaštite od zračenja.

Kompoziti visoke gustoće su ekonomski isplativa opcija kada se određeni materijali smatraju opasnim ili zabranjenim (kao što je olovo) ili kada su troškovi sekundarnih operacija (kao što su strojna obrada, dorada ili premazivanje) faktor.

Bilo je nekoliko studija koje su pokazale da preplitanje krutih i krhkih polimernih laminata na bazi epoksida ojačanih ugljičnim vlaknima s fleksibilnim termoplastičnim laminatima može pomoći u izradi visoko kaljenih kompozita koji pokazuju poboljšanu otpornost na udar.

Još jedan zanimljiv aspekt takvih kompozita s isprepletenim slojevima je da mogu imati ponašanje memorije oblika bez potrebe za bilo kakvim polimerima s pamćenjem oblika ili legurama za pamćenje oblika, npr. slojevi balze isprepleteni vrućim ljepilom, aluminijski slojevi isprepleteni akrilnim polimerima ili PVC-om i Polimerni laminati ojačani ugljičnim vlaknima isprepleteni polistirenom.[6]

Kompozit sa strukturom sendviča posebna je klasa kompozitnog materijala koji se proizvodi pričvršćivanjem dvije tanke, ali čvrste kože na laganu, ali debelu jezgru. Materijal jezgre je obično materijal male čvrstoće, ali njegova veća debljina osigurava sendvič kompozitu visoku krutost na savijanje s ukupnom malom gustoćom.

Drvo je prirodni kompozit koji se sastoji od celuloznih vlakana u matrici lignina i hemiceluloze. Konstruirano drvo uključuje široku paletu različitih proizvoda kao što su ploče od drvenih vlakana, šperploča, orijentirane iverice, drvno-plastični kompozit (reciklirana drvena vlakna u polietilenskoj matrici), Pykrete (piljevina u ledenoj matrici), plastikom impregnirani ili laminirani papir ili tekstil, Arborit, Formica (plastika) i Micarta. Drugi konstruirani laminatni kompoziti, kao što je Mallite, koriste središnju jezgru od balsa drva s krajnjim zrnom, spojenu na površinske slojeve lake legure ili GRP-a. Oni stvaraju materijale male težine i visoke krutosti.[7]

Kompoziti čestica imaju čestice kao materijal za punjenje dispergirane u matrici, koja može biti nemetalna, kao što je staklo, epoksid. Automobilaska guma je primjer kompozita čestica.

Prijavljeni su napredni polimerni kompoziti obloženi dijamentom poput ugljika (DLC) gdje premaz povećava hidrofobnost površine, tvrdoću i otpornost na habanje.

Feromagnetski kompoziti, uključujući one s polimernom matricom koja se sastoji, na primjer, od nanokristalnog punila prahova na bazi Fe i polimerne matrice. Mogu se koristiti amorfni i nanokristalni prahovi dobiveni, na primjer, iz metalnih stakala. Njihova uporaba omogućuje dobivanje feromagnetskih nanokompozita s kontroliranim magnetskim svojstvima.

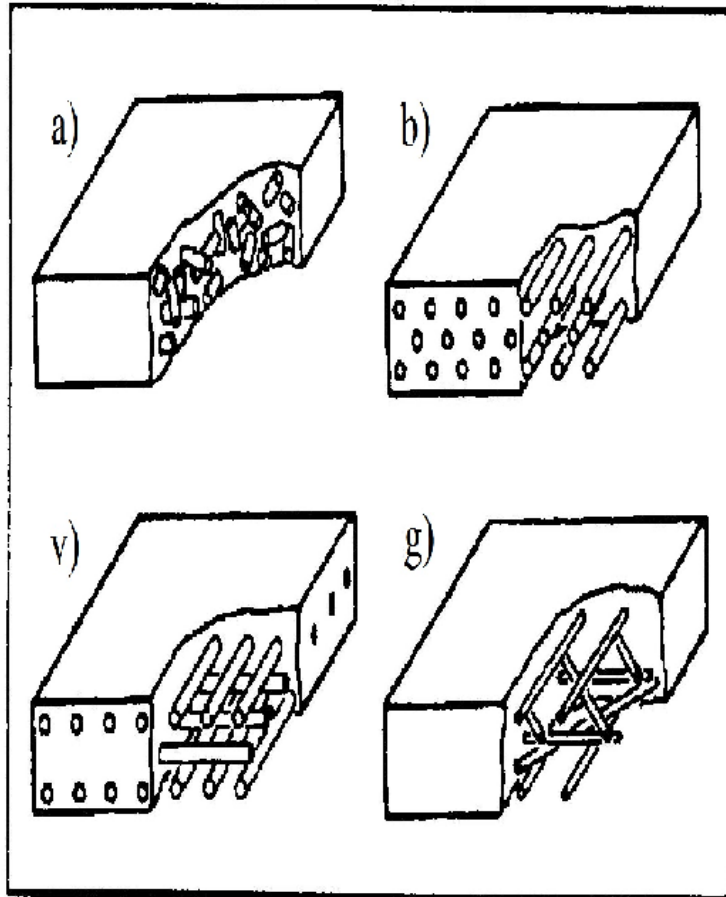
### 3.3. PROIZVODNJA KOMPOZITNIH MATERIJALA

Kompozitni materijali se proizvode od pojedinačnih materijala. Ovi pojedinačni materijali poznati su kao sastavni materijali i postoje dvije njihove glavne kategorije. Jedno je matrica (vezivo), a drugo armatura.[6]

Potreban je barem dio svake vrste. Ojačanje prima potporu od matrice dok matrica okružuje armaturu i održava njezine relativne položaje. Svojstva matrice se poboljšavaju jer armature daju svoja iznimna fizikalna i mehanička svojstva. Mehanička svojstva postaju nedostupna iz pojedinačnih sastavnih materijala sinergizmom. Istodobno, dizajner proizvoda ili strukture dobiva mogućnosti odabira optimalne kombinacije iz raznih matrica i materijala za ojačanje.

Kako bi se oblikovali projektirani kompoziti, moraju se formirati. Pojačanje se postavlja na površinu kalupa ili u šupljinu kalupa. Prije ili poslije toga, matrica se može uvesti u armaturu. Matrica prolazi kroz događaj spajanja koji nužno postavlja oblik dijela. Ovaj događaj stapanja može se dogoditi na nekoliko načina, ovisno o prirodi matrice, kao što je skrućivanje iz otopljenog stanja za kompozit termoplastične polimerne matrice ili kemijska polimerizacija za termoreaktivnu polimernu matricu.[8]

Na slici 4. prikazane su orijentacije vlakana u kompozitnim materijalima, smjerom vlakana možemo dobit željena svojstva na primjer čvrstoću.



- a) Kratka – proizvoljno orijentirana, b) duga u jednom pravcu, v) duga u dva međusobno uspravna pravca, g) duga isprepletana

Slika 4. Prikaz vlakana kompozitnog materijala

Izvor: <https://ironlady003.wordpress.com/2014/05/12/kompozitni-materijali/>

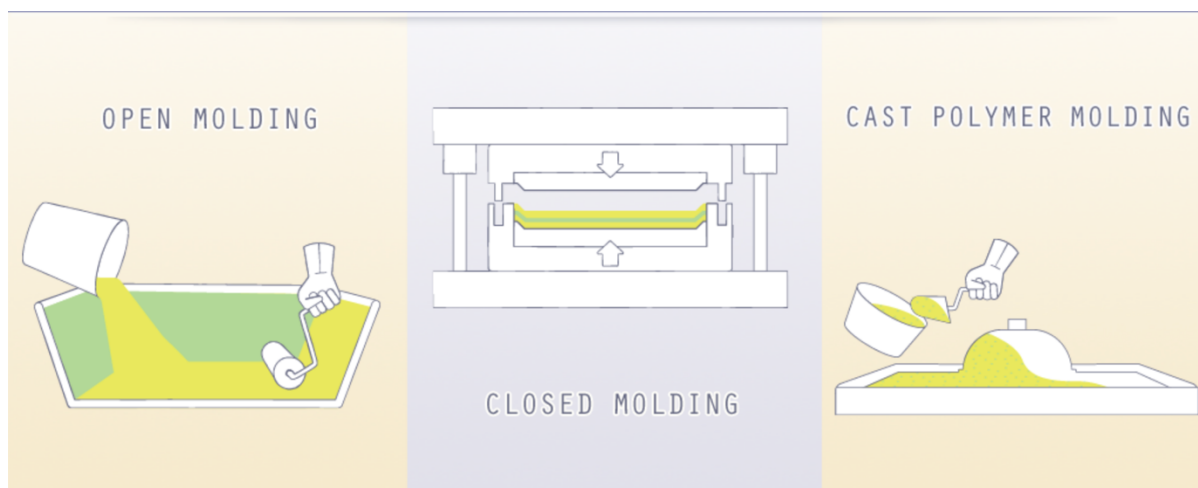
U skladu sa zahtjevima dizajna krajnjeg predmeta, mogu se koristiti različite metode oblikovanja. Priroda odabrane matrice i pojačanja ključni su čimbenici koji utječu na metodologiju. Bruto količina materijala za izradu je još jedan od glavnih faktora. Za podršku velikih kapitalnih ulaganja za brzu i automatiziranu tehnologiju proizvodnje, mogu se koristiti ogromne količine. Jeftinije kapitalne investicije, ali veći troškovi rada i alata uz odgovarajuću sporiju stopu pomažu malim količinama proizvodnje.

Mnogi komercijalno proizvedeni kompoziti koriste polimerni matrični materijal koji se često naziva otopina smole. Postoji mnogo različitih polimera dostupnih ovisno o početnim sirovinama. Postoji nekoliko širokih kategorija, od kojih svaka ima brojne varijacije.

Najčešći su poznati kao poliester, vinil ester, epoksi, fenolni, poliimid, poliamid, polipropilen, PEEK i drugi. Materijali za ojačanje često su vlakna, ali i obično mljeveni minerali. Različite metode opisane u nastavku razvijene su kako bi se smanjio sadržaj smole u konačnom proizvodu ili povećao sadržaj vlakana. U pravilu, lay up rezultira proizvodom koji sadrži 60% smole i 40% vlakana, dok vakuumska infuzija daje konačni proizvod s 40% smole i 60% sadržaja vlakana. Snaga proizvoda uvelike ovisi o ovom omjeru.[8]

### 3.4. POSTUPAK IZRADE KOMPOZITNOG MATERIJALA

Uobičajeno, izrada kompozita uključuje vlaženje, miješanje ili zasićenje armature matricom. Zatim se matrica inducira da se veže zajedno (toplinom ili kemijskom reakcijom) u krutu strukturu. Obično se rad izvodi u otvorenom ili zatvorenom kalupu za oblikovanje. Međutim, redoslijed i načini unošenja sastojaka znatno se mijenjaju. Neki od osnovnih procesa proizvodnje kompozita prikazani su na slici 5.



Slika 5. Prikaz otvorenog kalupa, zatvorenog kalupa i kalupa od lijevanog polimera

Izvor: <http://compositeslab.com/wp-content/uploads/2015/05/Manufacturing-Processes-CompositesLab.png>

Proizvodnja kompozita postiže se širokim spektrom metoda, uključujući napredno postavljanje vlakana (automatizirano postavljanje vlakana), postupak polaganja raspršivanjem od stakloplastike, namotavanje filameta, postupak lanksida, prilagođeno postavljanje vlakana, tafting i z-pinning.[6]



Materijali za ojačanje i matrica se spajaju, zbijaju i stvrđavaju (obrađuju) unutar kalupa kako bi se podvrgli događaju taljenja. Oblik dijela je temeljno postavljen nakon događaja spajanja.

Međutim, pod određenim uvjetima procesa, može se deformirati. Događaj taljenja Za termoreaktivni polimerni matrični materijal reakcija je stvrđavanja koja je uzrokovana mogućnošću dodatne topline ili kemijske reaktivnosti kao što je organski peroksid. Događaj taljenja za termoplastični polimerni matrični materijal je skrućivanje iz otopljenog stanja. Događaj taljenja za materijal metalne matrice kao što je titan folija je stapanje pri visokom tlaku i temperaturi blizu točke taljenja.

Prikladno je za mnoge metode oblikovanja da se jedan komad kalupa naziva "donjim" kalupom, a drugi komad kalupa "gornjim" kalupom. Donje i gornje se ne odnose na konfiguraciju kalupa u prostoru, već na različite strane profilirane ploče. U ovoj konvenciji uvijek postoji donji kalup, a ponekad i gornji kalup. Izrada dijela počinje nanošenjem materijala na donji kalup. Donji kalup i gornji kalup su generaliziraniji deskriptori od uobičajenih i specifičnih pojmova kao što su muška strana, ženska strana, a-strana, b-strana, strana alata, zdjela, šesir, trn, itd. Kontinuirana proizvodnja koristi drugačiju nomenklaturu.

Obično se oblikovani proizvod naziva ploča. Može se nazvati lijevanjem za određene geometrije i kombinacije materijala. Može se nazvati profilom za određene kontinuirane procese. Neki od procesa su lijevanje u autoklavu, vakuumsko oblikovanje vrećica, tlačno kalupljenje vreća, prešanje smole za prijenos i oblikovanje prijenosom lagane smole.[8]

Druge vrste izrade uključuju lijevanje, centrifugalno lijevanje, pletenje (na kalupu), kontinuirano lijevanje, namotavanje niti, prešanje, prijenosno oblikovanje, pultruzijsko oblikovanje i formiranje klizanja.[6]

Postoje i mogućnosti oblikovanja uključujući CNC namotavanje filameta, vakuumsku infuziju, mokro polaganje, kompresijsko oblikovanje i termoplastično oblikovanje, da spomenemo samo neke. Za neke projekte potrebna je i praksa stvrđavanja pećnica i kabina za bojanje.[8]

Nekoliko oblika izrade kompozita također uključuje sustvrđavanje ili naknadno stvrđavanje preprega s mnogim drugim medijima, poput pjene ili saća. Općenito, ovo je poznato kao sendvič struktura. Ovo je općenitiji raspored za proizvodnju poklopaca, vrata, radara ili nestrukturnih dijelova.

Pjene sa otvorenim i zatvorenim ćelijama kao što su polivinilklorid, poliuretan, polietilenska ili polistirenska pjena, balza drvo, sintaktičke pjene i saće općenito su korišteni osnovni

materijali. Metalna pjena s otvorenim i zatvorenim ćelijama također se može koristiti kao materijali jezgre.

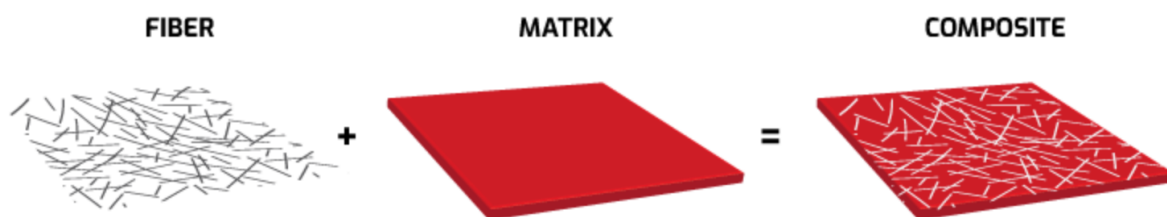
Nedavno su se 3D grafenske strukture (također nazvane grafenska pjena) također počele koristiti kao jezgrene strukture. Nedavni pregled Khurrama i Xua et al. dao je sažetak najnovijih tehnika za izradu 3D strukture grafena i primjere upotrebe ovih struktura sličnih pjena kao jezgre za njihovu odgovarajući polimerni kompoziti.[6]

Iako su dvije faze kemijski ekvivalentne, polukristalni polimeri mogu se kvantitativno i kvalitativno opisati kao kompozitni materijali.

Kristalni dio ima veći modul elastičnosti i pruža pojačanje za manje krutu, amorfnu fazu. Polimerni materijali mogu se kretati od 0% do 100% kristalnosti ili volumnog udjela ovisno o molekularnoj strukturi i toplinskoj povijesti. Različite tehnike obrade mogu se koristiti za variranje postotka kristalnosti u tim materijalima, a time i mehaničkih svojstava tih materijala kako je opisano u odjeljku o fizičkim svojstvima. Ovaj učinak se može vidjeti na raznim mjestima od industrijske plastike poput polietilenskih vrećica za kupnju do pauka koji mogu proizvesti svilu s različitim mehaničkim svojstvima.[8]

U mnogim slučajevima ovi materijali djeluju poput kompozita čestica s nasumično raspršenim kristalima poznatim kao sferuliti. Međutim, oni se također mogu izraditi tako da budu anizotropni i djeluju više kao kompoziti ojačani vlaknima.

U slučaju paukove svile, svojstva materijala mogu čak ovisiti o veličini kristala, neovisno o volumnom udjelu. Ironično, jednokomponentni polimerni materijali su neki od poznatih kompozitnih materijala koji se najlakše mogu podesiti. Slika 6. prikazuje nam pojednostavljeni prikaz nastanka kompozita.



Slika 6. Pojednostavljeni prikaz nastanka kompozita

Izvor : <https://romeorim.com/wp-content/uploads/2018/07/FiberMatrixComposite3.png>

## 4. KOMPOZITNA FLEKSIBILNA AMBALAŽA

### 4.1. POJAM FLEKSIBILNE AMBALAŽE

Fleksibilna ambalaža je način pakiranja proizvoda korištenjem nečvrstih materijala, koji omogućuju ekonomičnije i prilagodljivije opcije. To je relativno nova metoda na tržištu pakiranja i postala je popularna zbog svoje visoke učinkovitosti i isplativosti.

Fleksibilna ambalaža je svako pakiranje ili dio pakiranja čiji se oblik može lako promijeniti prilikom punjenja ili tijekom upotrebe. Fleksibilna ambalaža proizvodi se od papira, plastike, filma, aluminijske folije ili bilo koje kombinacije tih materijala, a uključuje vrećice, podloge, omote, rollstock i druge fleksibilne proizvode.[9]

Fleksibilna ambalaža osobito je korisna u industrijama koje zahtijevaju svestrano pakiranje, kao što su industrija hrane i pića, osobna njega i farmaceutska industrija.

Prednosti fleksibilnog pakiranja:

- Poboľšana učinkovitost proizvodnje, fleksibilno pakiranje koristi manje osnovnog materijala od tradicionalnog krutog pakiranja, a lako oblikovanje fleksibilnih materijala poboljšava vrijeme proizvodnje i smanjuje potrošnju energije.
- Ekološki prihvatljivo, fleksibilno pakiranje zahtijeva manje energije od krutog pakiranja. Osim toga, fleksibilni materijali za pakiranje često su dizajnirani tako da se mogu ponovno koristiti i reciklirati.
- Inovativni dizajn i prilagodba paketa, fleksibilni materijali za pakiranje omogućuju kreativnije i vidljivije oblike pakiranja. Zajedno s našim vrhunskim uslugama ispisa i dizajna, to osigurava uočljivo i upečatljivo pakiranje za vrhunsku marketinšku vrijednost.
- Produženi vijek trajanja proizvoda, fleksibilna ambalaža štiti proizvode od vlage, UV zraka, plijesni, prašine i drugih zagađivača iz okoliša koji mogu negativno utjecati na proizvod, čime se održava njegova kvaliteta i produžuje rok trajanja.
- Pakiranje prilagođeno korisniku, fleksibilno pakiranje je manje glomazno i lakše od tradicionalnih opcija, pa je kupcima lakše kupiti, transportirati i pohraniti proizvode.
- Pojednostavljena dostava i rukovanje, troškovi dostave i rukovanja značajno su smanjeni jer je ova metoda lakša i zauzima manje prostora od krutog pakiranja. [10]

Fleksibilna ambalaža dolazi u različitim materijalima, oblicima i veličinama, a obično se proizvodi u obliku ili u neformiranoj konfiguraciji. Formirani proizvodi se unaprijed oblikuju

s mogućnošću samog punjenja i brtvljenja u kući, dok neformirani proizvodi obično dolaze u roli koja se šalje kopakerima na oblikovanje i punjenje.

Materijali koji se koriste u fleksibilnom pakiranju lako se manipuliraju i kombiniraju u inovativne i prilagodljive stilove, kao što su:

- Vrećice za uzorke: Vrećice za uzorke su mali paketi sastavljeni od filma i/ili folije koji se toplinski zatvaraju. Obično su unaprijed oblikovani za jednostavno unutarnje punjenje i brtvljenje
- Tiskane vrećice: tiskane vrećice su vrećice s uzorcima na kojima su otisnuti podaci o proizvodu i robnoj marki u marketinške svrhe
- Vrećice: Vrećice su ravni paketi izrađeni od slojevitog ambalažnog materijala. Često se koriste za jednokratne farmaceutske proizvode i proizvode za osobnu njegu. Izvršni za sajmove za distribuciju uzoraka
- Tiskana rola: Tiskana rola sastoji se od neformiranog materijala vrećice s unaprijed otisnutim informacijama o proizvodu. Ove rollice se šalju u kopaker kako bi se oblikovale, punile i zapečatile [9]

Svestranost fleksibilnog pakiranja čini ga izvrsnom opcijom za mnoge proizvode i industrije, uključujući: Hrana i piće: vrećice i vrećice za hranu; dionice i tiskane torbe po narudžbi; Kozmetika: vrećice za uzorke za korektor, puder, sredstva za čišćenje i losione; Paketi za pamučne jastučice i maramice za skidanje šminke koji se mogu ponovno zatvoriti: Osobna njega: lijekovi za jednokratnu upotrebu; vrećice za uzorke za osobne proizvode; Proizvodi za čišćenje kućanstva: paketi deterdženta za jednokratnu upotrebu; spremište za prašak za čišćenje i deterdžente [11]. Slika 7. prikazuje nam svestranost i nekoliko čestih upotreba fleksibilne ambalaže.



Slika 7. Proizvodi od fleksibilne kompozitne ambalaže

Izvor : <https://perfectpackaging.org/wp-content/uploads/2019/05/flexible-packaging.png>

Plastični materijali dolaze u različitim klasifikacijama:

- PET ili PETE: Polietilen tereftalat je najlakši za recikliranje, a često se koristi u bocama sode i pakiranju hrane
- HDPE: Polietilen visoke gustoće obično se reciklira u plastične boce i vrećice, a koristi se za teže boce za motorna ulja, izbjeljivače i proizvode za kosu
- LDPE: Polietilen niske gustoće je tanji i koristi se za vrećice za namirnice, plastične vrećice za zamrzavanje i slične proizvode. Može se reciklirati natrag u plastične vrećice
- PVC: Polivinil klorid se između ostalog koristi u cijevima i namještaju. Teško ga je reciklirati i može biti štetnan za okoliš
- PP: Polipropilen je vlaknasta plastika koja se koristi u odjeći i užetu, a koja se može reciklirati u vlaknaste materijale
- PS: Polistiren se koristi za ambalažu, pjenaste čaše i druge lagane proizvode. Teško ga je reciklirati zbog nedostatka gustoće, ali se može ponovno upotrijebiti
- Ostalo: Ostala plastika uključujući polikarbonat, akril, polilaktička vlakna, najlon i stakloplastike [12]
- 

#### 4.2. REGULATORNI OKVIR EUROPSKE UNIJE ZA AMBALAŽU

Jedan od ključnih ciljeva novog akcijskog plana Komisije za kružno gospodarstvo (CEAP), koji je predstavljen u ožujku 2020., je osigurati da se "sva ambalaža na tržištu EU-a može ponovno koristiti ili reciklirati na ekonomski održiv način do 2030." To znači da će se čak i ambalaža složena za recikliranje, kao što su hrskavi paketi i omoti za grickalice ili bombone, morati reciklirati ili zamijeniti zelenijim opcijama, ali stvaranje ove vrste "fleksibilne ambalaže" koja se može reciklirati je veliki izazov za industriju zbog kumuliranih troškova koji su uključeni u prikupljanje, razvrstavanje i recikliranje tih proizvoda.

Razlog zašto se fleksibilna ambalaža trenutno ne reciklira je cijena. Ekonomski ima vrlo malu vrijednost. To je također zbog nedovoljne količine - fleksibilna ambalaža se ne skuplja odvojeno u većini europskih zemalja.

Francuska i Belgija nedavno su počele prikupljati fleksibilnu ambalažu, na tragu Njemačke, Španjolske i Italije, što je počelo prije 20-30 godina. Međutim, poboljšanje prikupljanja ne znači da će se ambalaža na kraju dana reciklirati.

Jedan od problema s fleksibilnim pakiranjem je višestruki slojevi različitih materijala poput plastike i aluminija, koji su komprimirani zajedno. Čips ambalaža je pakirana tako kako bi spriječili da masnoća koju sadrži užegla kada se izloži kisiku.

Poteškoća recikliranja fleksibilne ambalaže također je povezana s kemikalijama koje se koriste u pakiranju.

Posebna razmatranja potrebna su za kompozitnu ambalažu kada se izvještavaju o svim vrstama podataka o ambalažnom otpadu. Članak 6c(2) Odluke 2005/270 kaže sljedeće: kompozitna ambalaža i druga ambalaža koja se sastoji od više od jednog materijala izračunat će se i prijaviti po materijalu sadržanom u Smjernicama za prikupljanje i izvješćivanje podataka o ambalaži i ambalažnom otpadu. Države članice mogu odstupiti od ovog zahtjeva ako određeni materijal čini beznačajan dio jedinice pakiranja, a ni u kojem slučaju više od 5 % ukupne mase jedinice pakiranja.”

Stoga, za potrebe izvješćivanja o podacima o otpadu, količine proizvedene svakog materijala trebale bi biti prijavljene u odgovarajućoj kategoriji ambalažnog materijala. Kada se primjenjuje odstupanje, masa svakog danog materijala koja čini manje od 5 % ne mora se izračunavati i prijavljivati zasebno, već se može navesti pod prevladavajućim materijalom u toj jedinici pakiranja po težini.

Napominje se da se ovo načelo primjenjuje na podatke o stvaranju otpada prikupljene putem izvješćivanja o tržišnim podacima i analizom sastava otpada te na izvješćivanje podataka o recikliranju. Kako bi se ilustriralo primjena ovog pravila, razmotrimo kompozitnu ambalažnu jedinicu sljedećeg sastava: 75% kartona, 21% plastike i 4% aluminija. Ako bi se u ovom slučaju primijenilo odstupanje, tada bi se 4% aluminija dodijelilo prevladavajući materijal (tj. karton) pa jediničnu težinu treba navesti kao  $x$  21% za plastiku i  $x$  79% za karton. Ako proizvod ima dva potpuno jednaka 'prevladavajuća materijala' (npr. 48% plastike, 48% kartona, s 4% aluminija).

#### 4.3. ODLIKE I OBILJEŽJA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA FLEKSIBILNU AMBALAŽU

Kompozitna ambalaža ima mnogo različitih oblika, a njezina je upotreba sve veća. To je uglavnom zbog mnogih prednosti u pogledu troškova i učinkovitosti koje se mogu postići u

lancu opskrbe. Značajne koristi za okoliš također se mogu postići prelaskom s drugih materijala za pakiranje na kompozitne materijale.[11]

Kompozitni formati pakiranja obično se koriste tamo gdje nije moguće ispuniti sve funkcionalne zahtjeve korištenjem jednog materijala. Tanki slojevi različitih materijala mogu se kombinirati kako bi se ispunili zahtjevi dizajna koje bi inače bilo teško ili nemoguće postići korištenjem jednog materijala.

Čak i kada bi se funkcionalni zahtjevi mogli postići korištenjem jednog materijala, moglo bi biti potrebno mnogo više materijala za pakiranje kako bi se postigla potrebna izvedba pakiranja. Glavne funkcionalne karakteristike koje kompoziti mogu pružiti su: izvrstan omjer čvrstoće i težine; dobra svojstva barijere (i plin i vlaga); i samobrtvljenje (tj. kompozitni materijal se može zatvoriti natrag na sebe). Kompozitni format pakiranja često se koristi za postizanje kombinacije sve tri karakteristike.[13]

Kompozitna ambalaža obično ima plastičnu komponentu. Plastična ambalaža u Europi gotovo je u potpunosti izrađena od ugljikovodika dobivenih iz neobnovljivih izvora (npr. prirodni plin i sirova nafta). Većina sirovina za polimere su koproizvodi rafinerija nafte.

Na primjer, prirodni plin izravno iz zemlje uključuje mješavinu plinova uključujući etan, propan i butan. Oni se uklanjaju prije nego što se plin (uglavnom metan) koristi u kućama i industriji za grijanje i kuhanje. Etan i propan se koriste za proizvodnju polietilena, odnosno polipropilena. Ugljikovodici za plastiku također se mogu dobiti iz obnovljivih izvora, kao što su biljni šećeri.[11]

Međutim, čak i ako se složena ambalaža ne uporabi, može proizvesti manje otpada. Lagani plastični kompozitni laminati, osobito oni čija je debljina manja od 100 g/m<sup>2</sup>, funkcionalni su i resursno učinkoviti (male težine) materijali. Lagana težina ambalaže, osobito uz značajne dobitke koje se mogu postići prelaskom na kompozitne formate pakiranja, učinkovit je pristup smanjenju utjecaja ambalaže na okoliš.

Iako složeni formati pakiranja općenito nisu isplativi za recikliranje u Europi u ovom trenutku, to nije uvijek kritičan nedostatak iz perspektive životnog ciklusa. Tekuća kartonska ambalaža se općenito prikuplja putem usluga prikupljanja rubova i šalje u tvornicu celuloze kako bi se vratila komponenta vlakana.

Međutim, prinos vlakana je često niži nego kod drugih oblika pakiranja na bazi vlakana, zbog upotrebe vlažne ploče za kartone za mlijeko i dodatnih slojeva polietilena i aluminijske u aseptičnoj ambalaži. Plastični i aluminijski slojevi, kao i bilo koja vlakna koja se ne mogu

povratiti, često se odlažu na odlagalište od strane operatera tvornice celuloze ili se mogu spaliti radi povrata energije. Nove tehnologije za obnavljanje metaliziranih filmova i drugih višeslojnih materijala u razvoju su u inozemstvu i mogu dugoročno pružiti rješenja za oporavak.

Razumijevanje onoga što svaku vrstu ambalaže čini "reciklabilnom" pomaže u informiranju procesa dizajna ambalaže. Da bi se format pakiranja mogao reciklirati, moraju postojati sustavi za prikupljanje, razvrstavanje i ponovnu preradu, kao i tržišta za reciklirani reciklirani materijal.[13]

Ovi sustavi su na snazi za većinu krute plastične ambalaže nakon potrošnje, ali ne (uz neke iznimke) za kompozitnu ambalažu.

#### 4.4. ŽIVOTNI CIKLUS FLEKSIBILNE AMBALAŽE IZRAĐENE OD KOMPOZITNIH MATERIJALA

Razmatranja vezana za životni ciklus u korist fleksibilne ambalaže. Kompozitni materijali općenito imaju visok omjer čvrstoće i težine, te se stoga mogu koristiti za proizvodnju jake i učinkovite ambalaže. Kompozitni materijali visoke barijere (za vlagu, kisik, mikrobe i svjetlost) mogu ponuditi vrlo dobru stabilnost na policama, smanjujući rasipanje hrane i povezane utjecaje na okoliš.[14]

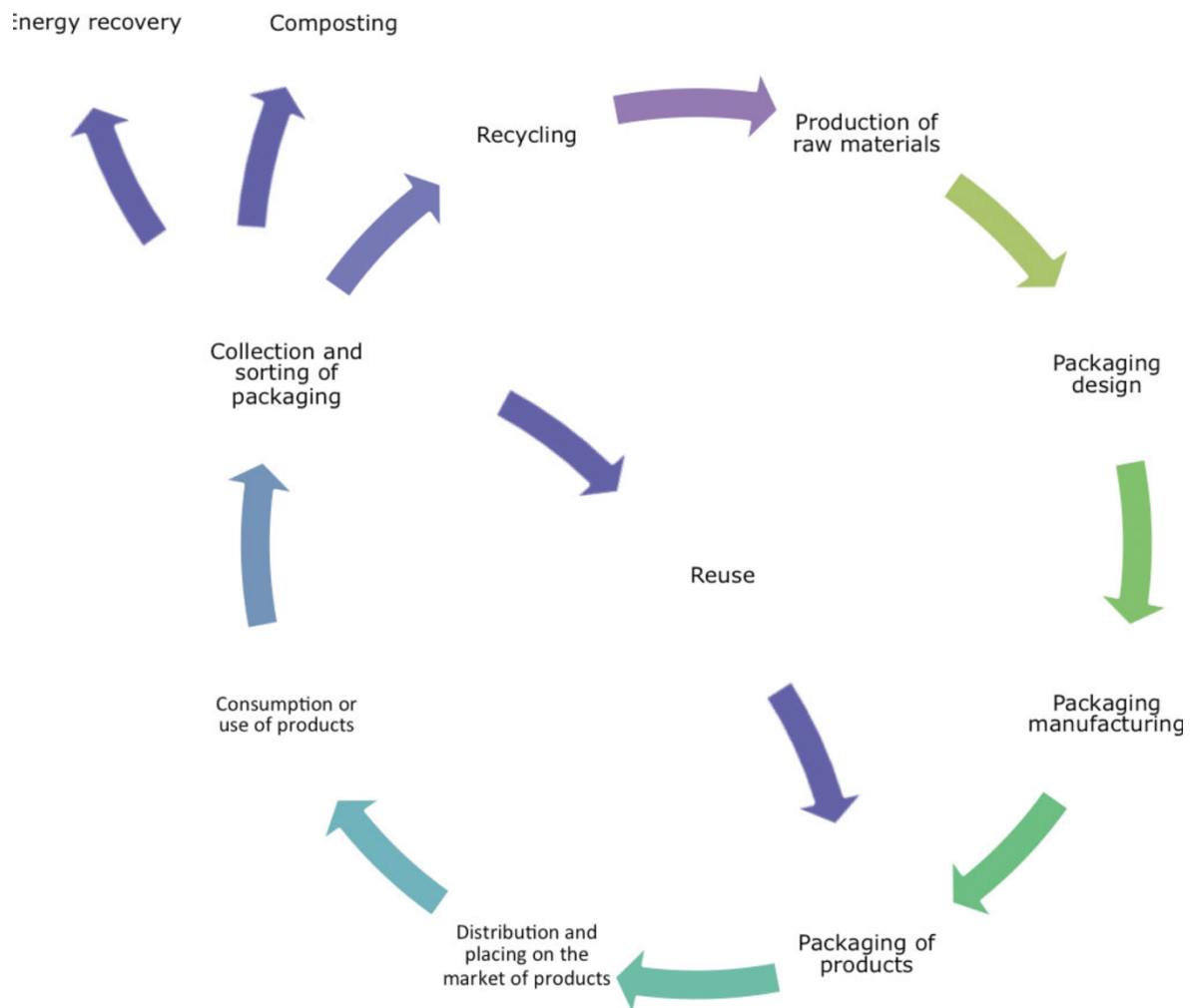
Općenito, studije životnog ciklusa koje uspoređuju upotrebu kompozitnih spremnika, u usporedbi s alternativama od krute plastike, vlakana, stakla ili metala, otkrile su da kompozitni materijali djeluju jednako ili bolje u većini područja utjecaja na okoliš.

Kompozitna ambalaža može koristiti puno manje materijala od alternativnih materijala, što rezultira značajnim uštedama energije i vode u proizvodnji. Kompozitno pakiranje je lagano i štedi energiju u transportu. Prazna kompozitna ambalaža često se može transportirati do punila uz izvrsnu prostornu učinkovitost.

Neki kompozitni formati pakiranja su stabilni na polici (npr. aseptični tekući karton), smanjujući gubitak i zahtjeve za hlađenjem. Kompozitno pakiranje je svestrano i pruža razumnu zaštitu proizvoda. Postoji nizak rizik od kontaminacije hrane iz pakiranja, plastična komponenta kompozitne ambalaže, ako se odloži na odlagalište, neće se razgraditi. To rezultira kontinuiranom dugotrajnom sekvencijom (skladištenjem) fosilnog ugljika u plastici, umjesto



da se on ispušta u atmosferu kao staklenički plin. Na slici 8. prikazan je životni ciklus fleksibilne ambalaže



Slika 8. Prikaz životnog ciklusa fleksibilne ambalaže

Izvor : <https://www.elipso.org/en/the-life-cycle-of-plastic-packaging-and-flexible-packaging/>

Vrlo tanki slojevi aluminijske folije mogu biti dovoljni za postizanje potrebne funkcionalnosti pakiranja. Međutim, bilo koji sloj aluminijske debljine manje od 0,2 mm (200 mikrometara) vjerojatno se ne može povratiti na kraju životnog vijeka (u nastavku dolje pod 'Razmatranja protiv').

Aluminijske stijenke i poklopci limenki za piće obično su debljine oko 0,25 mm. Aluminijski slojevi proizvedeni taloženjem parom na plastičnu podlogu su ultra tanki (40–100 nanometara).[14]

Ova vrsta aluminijskog sloja pruža potrebna svojstva barijere, a iako se aluminij ne može povratiti, toliko je tanak da sadrži trivijalnu količinu aluminijske.

Utjecaj na okoliš povezan s pakiranim proizvodima obično je mnogo veći od samog pakiranja. Funkcionalna učinkovitost mora bit prisutna i nije dozvoljeno njeno reduciranje (npr. smanjenjem mjerenja) kako bi dovelo do smanjenja utjecaja ambalaže na okoliš, ako bi to moglo dovesti do većih ukupnih utjecaja na okoliš zbog gubitka i rasipanja proizvoda.

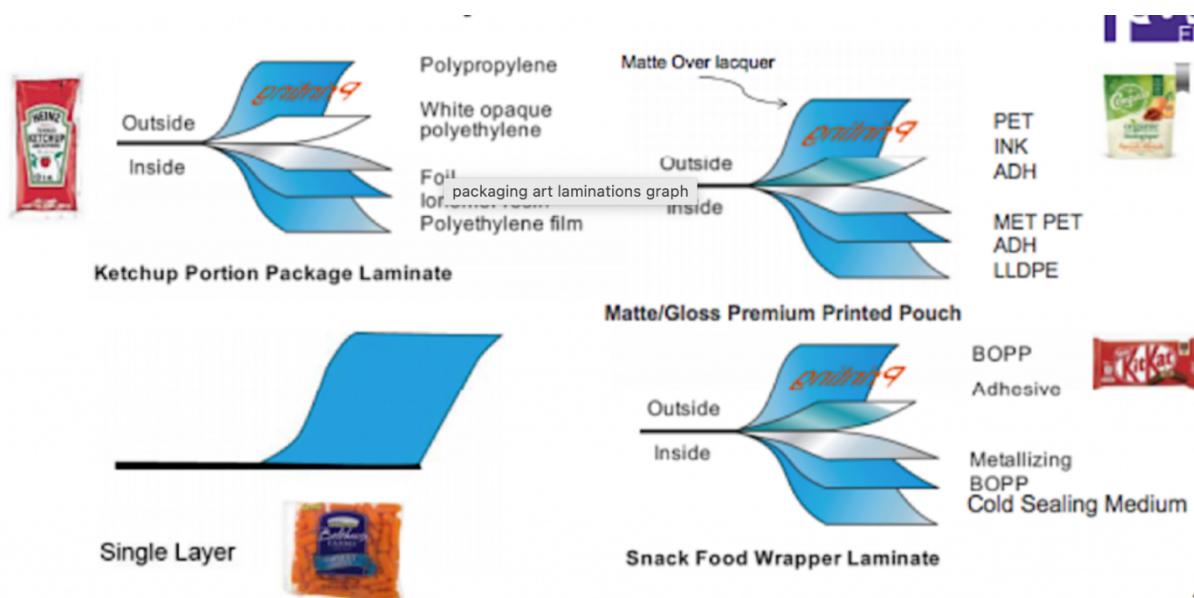
Točnije, ključni aspekti dizajna koje treba imati na umu kako bi se smanjili utjecaji kompozitne ambalaže na okoliš su:

- Lagana što je više moguće kako bi se smanjila potrošnja materijala.
- Minimiziranje proizvodnih inputa (npr. energija i voda).
- Korištenje tinte koja stvara minimalne emisije hlapljivih organskih spojeva (VOC).
- Korištenje recikliranog sadržaja ako je moguće.
- Izvor održivih inputa (npr. vlakna) od odgovornih dobavljača.
- Dizajn za učinkovitu ponovnu obradu vaše ambalaže, čak i ako su mogućnosti oporavka trenutno ograničene. [14]

Za kompozitne materijale to bi moglo uključivati smanjenje broja slojeva materijala ili čak prelazak na jednomaterijalno pakiranje. Smanjenje upotrebe aditiva smole i pažljivo razmišljanje o upotrebi čepova, brtvila, tinti, boja i naljepnica. Dizajn za jednostavno odvajanje polimera tijekom ponovne obrade. Kao i svi drugi materijali za pakiranje, kompozitni sustavi pakiranja imaju specifična ograničenja dizajna, koja mogu ograničiti primjenu hijerarhije dizajna učinkovitosti resursa.

#### 4.5. STRUKTURA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA FLEKSIBILNU AMBALAŽU

Savitljivi kompozitni materijal za fleksibilnu ambalažu uključuje jedan ili više slojeva koji sadrže minerale s vezivom. Struktura kompozitnog materijala koristi se kao primarni ili sekundarni spremnik ili izolator za pakiranje. Uz sloj koji sadrži minerale, kompozitni materijal može uključivati jedan ili više slojeva koji ne sadrže minerale, uključujući različite kombinacije ekstrudiranih smola, lijevanih ili puhanih filmova i vlakana. Sloj koji sadrži minerale spaja se s drugim slojevima uglavnom kontinuirano.[15] Slika 9. prikazuje primjere laminacije i upotrebe više materijala u proizvodima.



Slika 9. Prikaz slojeva fleksibilne ambalaže

Izvor : <https://www.recyclingproductnews.com/article/32258/understanding-flexible-packaging-for-recycling>

Materijal je vrlo gladak, ima relativno visok stupanj plastičnosti, ne zahtijeva obradu koronom, a daje sloj koji sadrži minerale s visokokvalitetnom tiskanom površinom, dok tradicionalno mekani ili polukruti artikli za skladištenje namijenjen je biti oblikovan po cijeni jednakoj ili nižoj od tehničkog rješenja.

Kompozitna struktura ima visoku bjelinu i površinu za ispis s visokom fleksibilnošću i lomom te izuzetno visokom prozirnošću, što omogućuje jednostavno premazivanje tintom, tako da je vrlo atraktivan proizvođačima i potrošačima.[16]

Ovaj izum se općenito odnosi na fleksibilne i polukrute filmske kompozite koji se koriste za primarno i sekundarno pakiranje u maloprodaji, tekućim, pekarskim proizvodima, mješavinama, pićima, konditorskim proizvodima, smrznutim, suhim policama, rokovicima, mesom, morskim plodovima, antistatičkim, disipativnim, prehrambena industrija, dostave, pakiranja robe u vrećama i vrećama.

Kompoziti koji imaju slojeve koji sadrže uglavnom minerale ili mljeveni kalcijev karbonat tako da su vrlo atraktivni, imaju izvrsnu mogućnost ispisivanja, djeluju kao materijal za barijeru, visoko su učinkoviti i znatno jeftiniji za proizvodnju, savitljivi su, otporni na habanje i ekološki prihvatljivi.

Tiskani i netiskani primarni i sekundarni fleksibilni i polukruti materijali za pakiranje obično se koriste za pakiranje maloprodajnih, industrijskih, prehrambenih i komercijalnih proizvoda u vrećice, vreće, omote i slično. Ključni atributi performansi ovih materijala uključuju značajnu zaštitu od barijere, zaštitu i zadržavanje proizvoda, očuvanje, otpremu, skladištenje i primjenu.[15]

Postojeća ostvarenja uključuju prethodno oblikovane fleksibilne spremnike, općenito zatvorene sa svih strana osim s jedne, koji tvore otvore koji mogu, ali ne moraju biti zapečaćeni nakon punjenja, normalno izrađeni od bilo kojeg jednoslojnog fleksibilnog materijala, više neovisnih slojeva, fleksibilnih slojeva i laminiranih konstrukcija.

Ostala srodna aktivnost uključuje unutarnje obloge ili vrećice koje se koriste za pakiranje potrošačkih, prehrambenih ili industrijskih proizvoda.

Staklo, masni papir, voštani papir ili plastične folije često se koriste u tu svrhu kako bi se stvorila potrebna kontaktna površina ili kako bi se osigurala prikladna barijera. Kod masnih proizvoda, obloge sprječavaju bojenje materijala vrećice.

Ostale primjene uključuju antistatičke i disipativne filmske strukture dizajnirane da zaštite sadržaj pakiranja od nagomilavanja potencijala za isporuku štetnih električnih pražnjenja.

#### 4.6. TROŠKOVI I SPOSOBNOST KORIŠTENJA KOMPOZITNIH MATERIJALA ZA IZRADU FLEKSIBILNE AMBALAŽE

Razmatranja koja se uzimaju u obzir pri razvoju takvih pakiranja i materijala uključuju cijenu smola i cijenu ekstrudiranja, puhanja ili izlivanja smola u film ili listove. Daljnji troškovi uključuju laminaciju u višeslojne konstrukcije. Konačno, cijena pretvorbe, ispisa i oblikovanja filmova te njihova mogućnost ispisivanja ključna su razmatranja. Na tržištu su dostupne mnoge smole i pretvorene fleksibilne folije.[16]

Konstruktivski projekti često su vođeni zahtjevima barijera između zatvorenog proizvoda i okolnog okoliša. U pakiranju se izraz „karakteristike barijere” najčešće koristi za opisivanje sposobnosti materijala da zaustavi ili uspori prolaz atmosferskih plinova, ispunjenih plinova, vodene pare i hlapljivih sastojaka okusa i arome. Materijali za prepreke mogu poslužiti za isključivanje ili zadržavanje takvih elemenata bez ili unutar pakiranja. Često se u dizajnu mogu postići dovoljne kvalitete barijere, međutim, neotisnuta osnovna folija ili temeljna podloga, koja je neobrađena folija na kojoj će se primijeniti tisak, premazi, laminacije i drugi procesi, ne sadrži odgovarajuću mogućnost ispisa ili je pretjerano skupo.

Mogućnost ispisa ključni je atribut za pakete koji ciljaju na maloprodaju ili industriju na prodajnom mjestu. Mogućnost tiskanja je sposobnost materijala da daje tiskani materijal dobre kvalitete. Mogućnost ispisa ocjenjuje se kvalitetom ispisa i ujednačenošću prijenosa tinte, brzinom vlaženja i sušenja tinte, prijemčivosti tinte, kompresibilnošću, glatkoćom, neprozirnošću, bojom, otpornošću na branje i sličnim čimbenicima. Mogućnost ispisa razlikuje se od mogućnosti izvođenja, što se odnosi na učinkovitost s kojom se supstrat može ispisivati i rukovati u tisku.[15]

Nadalje, strukturni čimbenici i čimbenici mogućnosti ispisivanja utječu na sposobnost materijala da se tiska pomoću specifične opreme za tisak. Općenito je poželjno ako se materijal može tiskati na različitoj opremi, čime se povećava kvaliteta ispisa i minimiziraju troškovi proizvodnje. Tehnike tiska uključuju fleksografiju, roto-gravure, toplinsko postavljanje, prijenos topline, offset, ofsetnu litografiju, beskontaktni laser, ink-jet, vrući pečat, sito.

Drugi ključni čimbenik je sposobnost procesa, što je lakoća s kojom se materijal može pretvoriti u visokokvalitetne korisne proizvode uz standardne tehnike i opremu. Na primjer, polietilen, koji se lako obrađuje na niskim temperaturama bez prethodne obrade, smatrao bi se sposobnijim za obradu od poliamida, koji zahtijevaju mnogo višu temperaturu taljenja i možda će se morati osušiti prije obrade.

Nadalje, fleksibilni materijali ili laminati koji ne zahtijevaju dodatne premaze za ispis ili dodatke za ispis tijekom ili nakon ekstruzije vrlo su poželjni i za kvalitetu i smanjenje troškova. Ove značajke su prilično privlačne budući da je polietilen relativno jeftina plastika koja trenutno košta oko 1500 dolara po toni nepretvorene smole.[10]

Ostale ključne brojke za ispis uključuju neprozirnost, što je sposobnost materijala da zaustavi propusnost svjetlosti, kvantificirana kao količina prijenosa svjetlosti. Neprozirnost materijala temelji se na omjeru refleksije difuzne svjetlosti materijala s crnim tijelom u odnosu na difuznu refleksiju istog materijala s bijelim tijelom. Što je veći postotak neprozirnosti, to je materijal neprozirniji.

Ostale važne karakteristike fleksibilnog i polufleksibilnog filma i limova uključuju sposobnost materijala za pakiranje ili pakiranja da se odupru ili priguše elektrostatičko polje tako da učinci polja ne dosegnu ili utječu na sadržaj pakiranja.

Oblik zaštitnog pakiranja koji se koristi za elektroničke uređaje u čvrstom stanju kako bi se spriječila oštećenja uzrokovana elektrostatičkim pražnjenjima, elektrostatičkim poljima i stvaranjem triboelektričnog naboja, obično se naziva antistatičkim pakiranjem, ali točnije naziva se disipativnim pakiranjem. Često se disipativno pakiranje smatra vrlo skupim i ne smatra se da ima napredne karakteristike za ispis.

Nadalje, stacionarni električni naboj koji nastaje na materijalu kao rezultat nakupljanja ili nedostatka elektrona u nekom području. Svi izolacijski materijali sposobni su razviti i zadržati statički naboj. Ovisno o materijalu, tendencija može biti veća ili manja i može favorizirati pozitivne ili negativne. Raspored materijala u tablici prema njihovoj tendenciji razvoja naboja i prirodi naboja poznat je kao turboelektrični niz. Što su dva materijala u nizu udaljenija, to je veća sklonost stvaranju i zadržavanju naboja kada se trljaju jedan o drugi.[16]

Za medicinske i druge specijalizirane primjene sterilizacija je često potreban korak u proizvodnom procesu. Stoga se moraju koristiti materijali koji su kompatibilni s postupkom sterilizacije.

Ovaj atribut izvedbe često se naziva "sposobnost sterilizacije". Ova značajka je definirana kao sposobnost da se izdrži kontakt s parom (vlažna toplina) pri tlaku od 30 ?? tijekom 30 minuta, ili kontakt sa suhom toplinom (kružni vrući zrak) na 200 °C tijekom 15 minuta, ili kontakt s plinom etilen oksida na specificiranoj temperaturi i pritisku. Ti bi procesi omogućili da se proizvod oslobodi od živih mikroorganizama. Sredstva za sterilizaciju mogu biti para, gama-zrake suhe topline, plin ili kemijska sredstva za sterilizaciju.[10]

Sposobnost da izdrži izlaganje suncu ili drugoj svjetlosti može biti važan materijalni faktor. Stabilnost svjetla je sposobnost pigmenta, bojila ili druge boje da zadrže svoju izvornu boju ili fizička svojstva kada se ugrade u plastiku, tinte i druge obojene filmove ili površine, kada su izloženi svjetlu. Osim toga, kritičnom se može smatrati sposobnost plastike ili drugog materijala da izdrži sve lošiji učinak izlaganja suncu ili drugoj svjetlosti koja rezultira fizičkim promjenama materijala kao što je krhkost.

Težina, debljina i gustoća materijala ključni su faktori koji materijalno utječu na cijenu, karakteristike barijere i prinos materijalnih supstrata. Ova razmatranja uvelike utječu na strukturnu izvedbu filma i sposobnost stroja. Obično se gustoća smatra masom određenog volumena materijala.

U jedinicama inča to se obično izražava u kubičnoj stopi. U ISO metričkim jedinicama, gustoća se može dati u kilogramima po kubičnom metru ( $\text{kg/m}^3$ ) ili gramima po kubičnom metru ( $\text{g/m}^3$ ), iako su u pakiranju češći grami po kubičnom centimetru ( $\text{g/cm}^3$ ). Relativna gustoća je omjer gustoće promatranog objekta i vode (gustoća vode je 1 gram po kubičnom centimetru). Relativna gustoća, budući da je omjer, bez jedinica. Težina materijala je još jedan ključni čimbenik koji utječe na cijenu, prinos i debljinu specifikacije.[10]

U pakiranju, težina materijala se naziva "osnovna težina" i općenito se odnosi na masu određene površine materijala. U papiru i filmovima, osnovna težina je težina u kilogramima hrpe papira izrezana na njegova osnovna veličina.

Osnovna težina za većinu papira za pakiranje iskazana je kao težina na kvadrat papira. Za karton i karton koji se koriste za valovite kontejnere, osnovna težina je u metričkom smislu, prijavljena kao gramaža ili grama po metru kvadratnom određenog materijala. Često, što je teža osnovna težina, to je veća snaga u performansama i karakteristikama barijere, međutim, budući da se većina materijala za pakiranje prodaje po težini (najčešće tona) što je veća osnovna težina, to je veća cijena po tisuću četvornih inča (MSI) i manji je prinos površine po potrošenom dolaru.[10]

Stoga su materijali koji imaju veliku osnovnu težinu, ali su relativno jeftini kada se prodaju po težini, vrlo isplativi materijali za pakiranje.

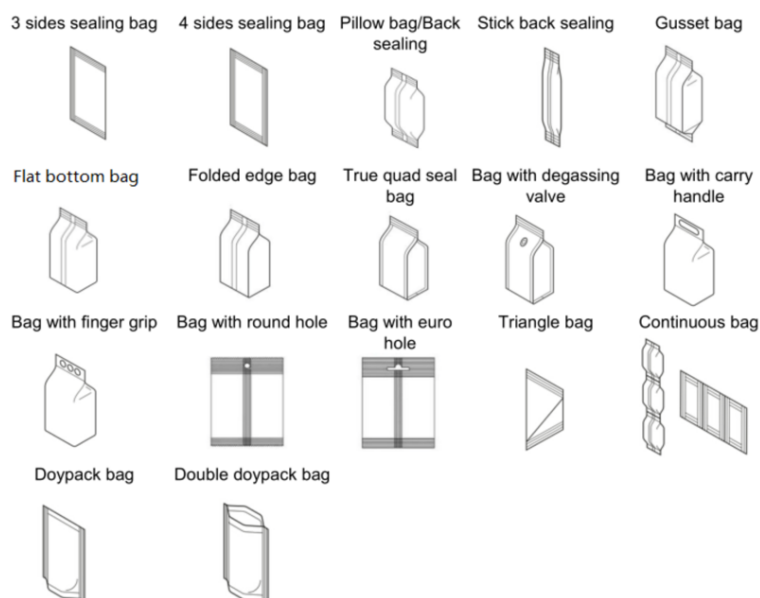
Također, ekološka razmatranja smatraju se ključnim. Minimiziranje potrošnje energije, emisija stakleničkih plinova, korištenje vode, ispuštanje i maksimiziranje mogućnosti recikliranja i biorazgradljivosti smatraju se vrlo važnima. Materijali za pakiranje koji sadrže materijale na

bazi minerala smatraju se ekološki superiornijim u odnosu na plastiku, posebice ugljične materijale na bazi ulja, sintetičke smole i polimere.

Osim toga, eliminacija ili smanjenje težine pakiranja je primarna stvar koja utječe na ekološki prihvatljive ciljeve. Smanjenje je prvi prioritet u programu za poboljšanje ekološke učinkovitosti sustava pakiranja. Neke definicije smanjenja izvora također uključuju uklanjanje toksičnih materijala koji se koriste u pakiranju. Smanjenje izvora jedno je od četiri R ekološki odgovornog pakiranja; drugi je ponovna upotreba, recikliranje i oporavak.

Metode zatvaranja i brtvljenja fleksibilnih filmskih struktura važna su proizvodna razmatranja. Učinkovitost, brzina proizvodnje i izvedba zatvarača izravno utječu na kvalitetu i performanse pakiranja. Brtvena površina je površina na kojoj će biti izrađena brtva ili površina završne obrade spremnika na kojoj zatvarač čini brtvu. Često se prilikom spajanja materijala na jednu ili više zapečaćenih površina nanosi "brtvilo".[16]

Ovaj premaz je dizajniran da spriječi ili uspori prolaz jedne tvari kroz drugu. Na primjer, visoko porozne podloge mogu imati premaze za brtvljenje kako bi se smanjila apsorpcija ljepila, tiskarskih boja ili naknadnih premaza. Slika 10. prikazuje neke od najčešće korištenih oblika fleksibilne ambalaže



Slika 10. Prikaz oblika fleksibilnog pakiranja za hranu i piće

Izvor: <https://www.newideapack.com/wp-content/uploads/2021/06/bag-type-of-Flexible-Packaging-Machine.png>



## 5. PROCES PROIZVODNJE FLEKSIBILNE AMBALAŽE U MURAPLAST-u, d.o.o.

Praktični dio povezan sa proizvodnjom i tehnološkim procesima odrađen je tvrtki Muraplast d.o.o.

Muraplast d.o.o. počinje sa prerađivanjem plastičnih prerađevina još u 1989. godini sa višestruko manjim proizvodnim pogonima i kapacitetima nego što je to danas. Konstantnim ulaganjem i proučavanjem tržišta te modernizacijom proizvodnih pogona, tvrtka se razvila u vodećeg proizvođača ambalaže u regiji, proizvodnja se odvija u četiri hale i prostire se na više od 20 000 m<sup>2</sup>. Proizvodnja je smještena u Kotoribi u Međimurskoj Županiji i u trenutku pisanja ovoga rada zapošljavaju preko tri stotine zaposlenika. Kapacitet proizvodnje fleksibilne ambalaže je oko 60 tona svaki dan to jest preko 20 000 tona godišnje. Linije za proizvodnju fleksibilne ambalaže postoje već dugo, ali od 2015. godine unaprjeđuju liniju sa in line procesom u kojemu se obavlja cijeli proces od granulata do tiskane fleksibilne ambalaže na kraju stroja to jest linije. Uz plastične prerađevine, Muraplast je koncentriran i na papirantu ambalažu točnije papirante vrećice te i u tom sektoru raspolažu sa oko 12 000 tona godišnje.

Primarni proizvod trgovačkog društva Muraplast d.o.o. je polietilenski film koji se proizvodi ekstrudiranjem. Takav ekstrudirani crijevni film, prema potrebama naručitelja proizvodi se monoslojno, dvoslojno ili višeslojno, također u različitim debljinama i širinama rezanih na mjeru. Varijante tih polietilenskih filmova mogu biti tiskane ili nebojane, s različitim i specifičnim mehaničkim, toplinskim i ostalim tehničkim svojstvima. Proizvedena kompozitna fleksibilna ambalaža koristi se u različitim industrijama, a pretežito u prehrambenoj. Trgovačko društvo Muraplast d.o.o. ima i ponudu industrijskih vrećica, ostalih trgovačkih vrećica izrađenih od plastike, ali i papira. Osim navedenog posjeduju i dodatan pogon prerade u kojemu prerađuju sav vlastiti polietilenski ostatak kao i druge prikupljene plastične mase koje ponovno pretvaraju u sirovinu za ponovno korištenje u procesu proizvodnje.

Tehnološki procesi koji se odvijaju u Muraplast d.o.o. su:

- Ekstruzija (prerada iz granulata toplinskom obradom),
- Fleksotisak (proces nanošenja boja na foliju),
- Konfekcija – proizvodnja plastičnih vreća i vrećica (rezanje, faldanje, varenje),
- Laminacija,

- Termička oksidacija (za spaljivanje hlapivih organskih tvari).
- Dodatna prerada plastičnog otpada u granulat (oporaba).

#### EKSTRUZIJA:

Tehnološki proces ekstruzije, sa kompletnom pripadajućom opremom i uređajima lokaciju su pronašli na staroj lokaciji (Sajmišna 16) unutar Hala br. 1, 3 i 4. Gledajući usporedno razdoblje u odnosu na 2014. godinu, dodatno su ugrađene tri nove proizvodne linije, koje posjeduju in-line tehnologiju koja omogućava proces ekstruzije i tiska u jednom koraku za provođenje procesa ekstruzije, taj proces na kraju daje gotov proizvod spreman za transport. Muraplst u svojem proizvodnom spektru plastičnih prerađevina ekstrudira jednoslojni, troslojni i peteroslojni crijevni polietilenski film. Možemo ih podijeliti na:

- Termoskupljajući filmovi za grupno pakiranje pića
- Industrijski filmovi za daljnju obradu i pakiranje
- Filmovi za automatsko pakiranje na principu (FFS - form fill seal) formiraj, puni, zavari
- Filmovi za pakiranje paleta tzv. shrink i stretch hauba
- Folije za građevinsku industriju

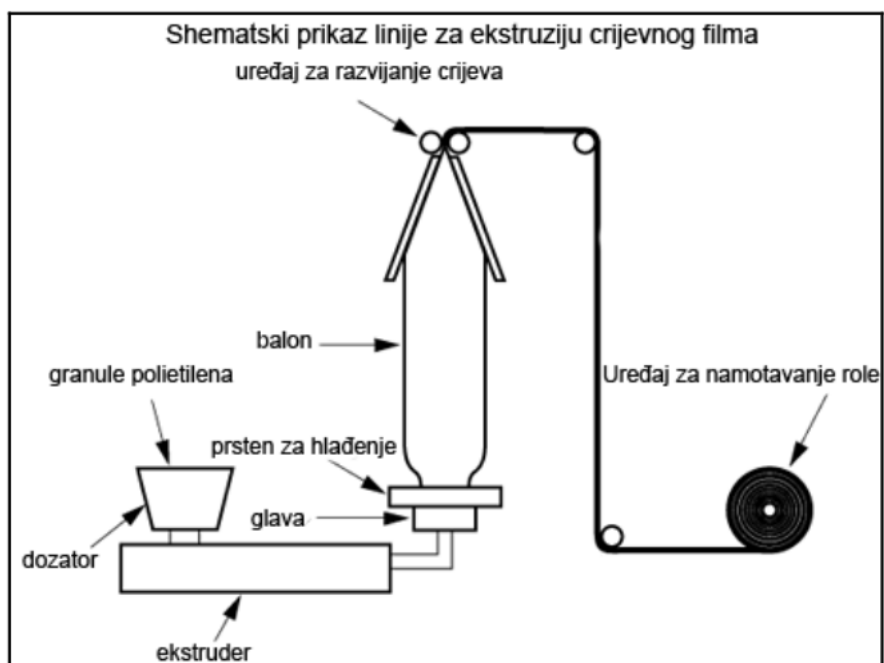
Svi polietilenski filmovi i folije imaju odličnu otpornost na mehanička opterećenja, paro i vodonepropusni su te imaju otpornost na djelovanje određenih agresivnih tvari i tekućina. Početak linije za proizvodnju to jest prvi dio ekstrudera koji rastapa granule polietilena prikazan je na slici 11.

Ekstrudiranje je proces u kojem se pužnom osovinom kontinuirano potiskuje zagrijani i rastopljeni polietilen kroz mlaznicu. Čvrsti polietilen u obliku granula ulazi u ekstruder kroz sustav doziranja. Čvrsti polietilen ubacuje se u cilindar gdje ga zahvaća rotirajuća pužna osovina i potiskuje prema glavi ekstrudera. Tijekom prolaza kroz cilindar polimerni se materijal zagrijava. Glava za ekstrudiranje oblikuje talinu polietilena u kružni oblik. Nakon izlaska iz glave polietilen se hladi, formira u oblik balona te se izvlači prema gore, istovremeno se hladeći. Rashlađeni polietilenski filmovi i folije (debljine od 0,020 do 0,300 mm) namataju se kao gotovi proizvodi ili poluproizvodi u obliku role. U proizvodnom asortimanu ekstrudiraju se jednoslojni, troslojni peteroslojni crijevni polietilenski filmovi.



Slika 11. Dio ekstrudera u kojem se tali polietilen

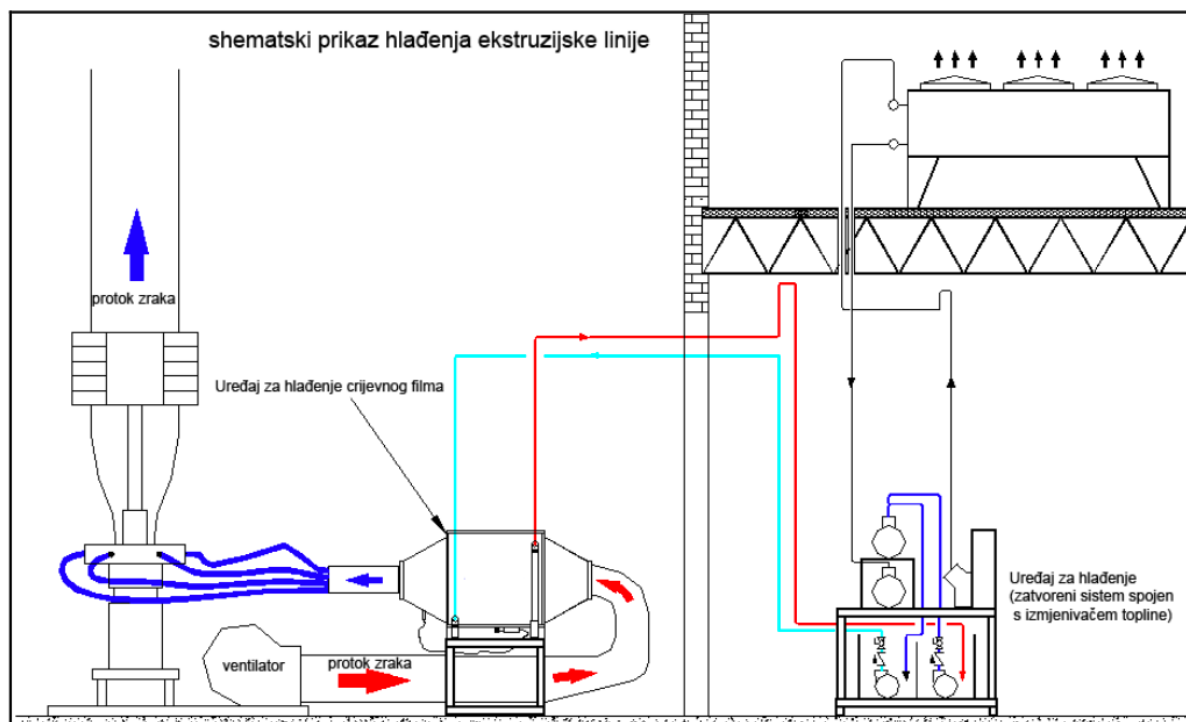
Prikaz sheme kako radi linija za ekstruziju crijevnog filma prikazana je na slici 12.



Slika 12. Shematski prikaz linije za ekstruziju

Izvor: Muraplast d.o.o.

Zagrijani zrak ekstrudera se i ljeti odvodi izvan prostora proizvodne hale, dok se zimi koristi za grijanje proizvodne hale. Ekstruder se hladi pomoću zatvorenog sustava hlađenja vodom, koristeći vodu i komprimirani zrak kao medij za hlađenje, shema hlađenja prikazana je na slici broj 13.



Slika 13. Shematski prikaz hlađenja ekstruzijske linije

Izvor: Muraplast d.o.o.

## FLEKSOTISAK

Fleksotisak je direktna tehnika rotacionog tiska koja koristi elastičnu tiskovnu formu s izbočenim tiskovnim elementima od fotopolimernih materijala. Boje koje se koriste u fleksotisku su u kapljevitom stanju i sadrže do 70 % organskih otapala (najviše etanola, etoksipropanola i etilacetata), pigment i vezivo. Boje koje se koriste u fleksotisku su u kapljevitom stanju i sadrže do 70 % organskih otapala (najviše etanola, etoksipropanola i etilacetata), pigment i vezivo., stoga misije lakohlapivih organskih spojeva uglavnom potječu iz procesa fleksotiska uz fugitivne emisije koje se događaju tijekom manipulacije i doziranja otpala. Fleksotiskarski stroj prikazan je na slici 14.



Slika 14. Fleksotiskarski stroj

Izvor: Autor

Tehnološki proces započinje u zatvorenoj komori gdje se nalazi boja koja se pod pritiskom precizno nanosi na aniloks cilindar (cilindar s mikroskopski sitnim ćelijama – rupicama). Zatim, spomenuti aniloks cilindar nanosi boju na cilindar s tiskovnom formom – klišej. Na klišeju je oblik inverzne to jest okrenute željene slike, koji prenosi boju na polietilenski film u roli. Nakon što je boja prenešena na tiskovnu podlogu, film se u centralnom cilindru suši (temperatura u tunelu je otprilike 60°C). Boja sadrži organska otapala koje ishlapljuju i na filmu preostaje samo pigment s vezivom. U tunelu, organski spojevi koji su ishlapili cirkuliraju radi održavanja optimalne temperature te se odvođe u termički oksidator gdje se hlapljivi organski spojevi spaljuju. Kao gotov produkt, ostaje nam otisnuti film koji se namata na role, a ovisno o tehnici može biti gotov proizvod ili poluproizvod. Proces sušenja za sustav u obliku tornja koristi se električni grijač, dok se u ovom slučaju koristi grijač na prirodni plin. Ovakva

fleksografska tehnika pruža mogućnost tiska na različite folije od polimera, papir i mnoge druge materijale.

Slika broj 15. pokazuje nam gotov proizvod , proizveden in line konfiguracijom stroja u kojem na početku ulaze granule koje se zatim rastapaju, velikom toplinom i uz pomoć „ventilatora“ dobivamo toranj ili cijev od plastike visoku 15 metara koja se daljnjim vodilicama preusmjerava u potreban smjer te savija ili preklapa , ako je potrebno u isto vrijeme rola se skraćuje na mjeru pa zatim bez prekida ili dodatnih procesa i manipulacija ulazi u tiskovni dio stroja to jest na fleksotisak.



Slika 15. Gotov proizvod linijske proizvodnje

Izvor: Autor



## 6. DIZAJNIRANJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE AMBALAŽE

### 6.1. ZAHTJEVANE KARAKTERISTIKE KOMPOZITNE AMBALAŽE

Životni ciklus kompozitne ambalaže započinje sirovim djevičanskim materijalima koji se u tvornicama i proizvodnim pogonima proizvode i formiraju u određene spojeve, nakon toga slijedi korištenje i nakon iskorištavanja i odvoza započinje proces sortiranja i / ili trajnog odlaganja

Na temelju prikaza karakteristika kompozitne fleksibilne ambalaže u prethodnim poglavljima ovog rada, mogu se izdvojiti sljedeće karakteristike koje kompozitnoj ambalaži daju prednosti i projektanti bi o njima trebali voditi računa pri projektiranju ambalaže:

Prednosti:

- Kompozitni materijali općenito imaju visok omjer čvrstoće i težine i stoga se mogu koristiti za proizvodnju čvrste i učinkovite ambalaže.
- Kompozitni materijali imaju visoke barijere (za vlagu, kisik, mikrobe i svjetlost) mogu ponuditi vrlo dobru stabilnost na policama, smanjujući bacanje hrane i povezane utjecaje na okoliš.
- Općenito, studije životnog ciklusa koje uspoređuju upotrebu kompozitnih spremnika, u usporedbi s alternativama od krute plastike, vlakana, stakla ili metala, otkrile su da pakiranja od kompozitnih materijala rade jednako dobro ili bolje u većini područja utjecaja na okoliš.
- Kompozitna ambalaža može koristiti puno manje materijala od alternativnih materijala, što rezultira značajnom uštedom energije i vode u proizvodnji.
- Složeno pakiranje je lagano i štedi energiju u transportu. Prazna kompozitna ambalaža često se može transportirati do punionice s izvrsnom prostornom učinkovitošću.
- Neki kompozitni formati pakiranja stabilni su na policama (npr. aseptični tekući karton), smanjujući rasipanje i zahtjeve za hlađenjem.
- Kompozitno pakiranje je svestrano i pruža razumnu zaštitu proizvoda.
- Postoji nizak rizik od kontaminacije hrane iz pakiranja.
- Plastična komponenta kompozitne ambalaže, ako se odloži na odlagalište, neće se razgraditi. To rezultira stalnim dugotrajnim izdvajanjem (skladištenjem) fosilnog ugljika u plastici, umjesto da se ovaj ispušta u atmosferu kao staklenički plin.
- Vrlo tanki slojevi aluminijske folije mogu biti dovoljni za postizanje potrebne funkcionalnosti pakiranja. Međutim, bilo koji sloj aluminijske folije debljine manje od 0,2 mm (200 mikrometara)

vjerojatno se neće moći oporaviti na kraju životnog vijeka (pogledajte dolje pod "razmatranja protiv"). Stjenke i poklopci aluminijskih limenki za piće obično su debljine oko 0,25 mm.

- Aluminijski slojevi proizvedeni taloženjem iz pare na plastičnu podlogu ultra su tanki (40–100 nanometara). Ova vrsta aluminijskog sloja pruža potrebna svojstva barijere, a iako se aluminij ne može obnoviti, toliko je tanak da sadrži neznatnu količinu aluminija. Četvorni kilometar aluminija debljine 70 nm ima masu 190 kg.

Nedostaci:

- Plastične i aluminijske komponente kompozitne ambalaže općenito se izrađuju od neobnovljivih izvora plina, nafte i boksita.
- Ekstrakcija neobnovljivih ugljikovodika rezultira izravnom emisijom stakleničkih plinova, te je značajan izvor rizika za onečišćenje lokalnog okoliša (npr. od izlivanja nafte).
- Proizvodnja čistih drvenih vlakana i aluminija intenzivna je energija i kemikalije.
- Ambalažu od kompozitne folije općenito je teže razvrstati iz pomiješanih tokova recikliranja uz rubnike u postrojenjima za oporabu materijala (MRF).
- Kompozitno pakiranje je zahtjevnije za obnavljanje jer često uključuje više polimernih slojeva, slojeva vlakana i/ili sloj aluminija, koje je teško odvojiti.
- Kompozitni materijali za pakiranje koji sadrže aluminij (npr. aseptični tekući karton) često se ne mogu se u potpunosti reciklirati.
- Korištenje recikliranog sadržaja u kompozitnim materijalima za pakiranje općenito nije moguće zbog visokih zahtjeva za učinkom i njegove tipične uporabe u aplikacijama koje dolaze u dodir s hranom. U nekim se primjenama reciklirani sadržaj može koristiti u slojevima koji nisu u kontaktu s proizvodom. Tablica 1. prikazuje vrstu i primjenu različitih kompozitnih materijala



Tablica 1. Vrsta i primjena kompozitnih materijala

| Type of Composite Packaging Material <sup>1</sup>        | Examples of Packaging Applications                 | Typical Structure <sup>2</sup> (outside to inside)  | Typical Weight (grams/m <sup>2</sup> ) |
|--|--|---|--|
| <b>Poly-Laminated Board (Liquid Paperboard)</b>          | Fresh milk cartons and coffee cups                 | PE / ink / cartonboard / PE<br><br>The cartonboard makes up around 85% of the weight of the composite material. The wood fibre in LPB is usually 100% from virgin sources.  | 250-500                                |
| <b>Multi-Laminated Board (Aseptic Liquid Paperboard)</b> | Long-life (shelf-stable) milk cartons              | PE / ink / cartonboard / PE / aluminium foil / PE<br><br>The cartonboard makes up about 75% of the weight of the packaging, and the aluminium around 5%. The wood fibre in LPB is usually 100% from virgin sources. | 250-500                                |
| <b>OPET/PE Films</b>                                     | Cheese wrap  | OPET/ ink / LDPE  | 70                                     |
| <b>OPET/AI/PE Films</b>                                  | Pet food, baby food, coffee and other food powders | OPET / ink / aluminium foil / PE  | 100                                    |
| <b>OPET Films - Metallised</b>                           | Lids for yoghurt tubs                              | Ink / paper / aluminium metallisation / OPET / lacquer  | 70                                     |
| <b>OPP Films - Heat Sealable</b>                         | Baked goods wrap (on a tray)                       | PE-PP copolymer / PP / PE-PP copolymer  | 25                                     |
| <b>OPP Films - Metallised</b>                            | Potato chip bags, wrapping films, labels           | Copolymer OPP / OPP / copolymer OPP / ink / aluminium metallisation / PE-PP copolymer / OPP / PE-PP copolymer   | 35                                     |
| <b>OPP/PVDC Films</b>                                    | Biscuit roll wrap                                  | PVDC / ink / OPP / PVDC   | 35                                     |
| <b>PP Cups - Retortable</b>                              | Fruit cups   | Cup – PP / EVOH / PP<br>Seal – OPET / silicon oxide / OPA / PE  | 80 (seal)                              |
| <b>Aluminium and Paper Wraps</b>                         | Butter   | Aluminium foil / wax / paper  | 80                                     |
| <b>Multi-Layer Bottles</b>                               | Squeezable bottles for sauces and honey            | Bottle – PET / EVOH / PET<br>Seal – OPET / aluminium foil / PE  | 90 (seal)                              |

Izvor: <http://www.helenlewisresearch.com.au/wp-content/uploads/2014/03/Composite-DSMG-082013.pdf>

## 6.2. SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE KOMPOZITNE FLEKSIBILNE AMBALAŽE

### SMJERNICE ZA MINIMIZIRANJE KOLIČINE PRIMARNOG PAKIRANJA

- Kompjuterizirane tehnike dizajna, kao što je analiza konačnih elemenata, mogu pomoći U smanjenju upotrebe materijala za pakiranje. Osim toga, tehnologije su uvijek poboljšavajuće.
- Davanje uputa dobavljačima o drugačijem dizajnu i proizvodnim tehnikama koje mogu smanjiti potrošnju materijala.

- Kompozitne plastične folije često se koriste za poboljšanje kontrole (i obično smanjenje) brzine prijenosa vlage i plina kroz materijal za pakiranje. Važan aspekt ovoga je osiguranje da su brtve (obično na oba kraja i dugačka brtva duž duljine pakiranja) dobro oblikovane. Ovo je važno kako bi se osiguralo da ambalaža odgovara namjeni i da zapakirana hrana traje
- Izbjegavanje upotrebe slojeva koji nisu apsolutno potrebni i izbjegavanje pretjerano specificiranja izvedbe pakiranja. Istraživanje tržišta postoje li dostupni jednostavniji kompozitni materijali koji će ispuniti funkcionalne zahtjeve.
- Smanjenje veličine pakiranja dizajnom minimizirajući prostor i praznine te dizajniranje pomoću dimenzijski učinkovitih oblika.
- Prethodno taloženje ili vakuumsko pakiranje rastresitog proizvoda nije izvedivo za mnoge manje guste proizvode. Smanjenje volumena proizvoda smanjuje zahtjeve za primarnim, sekundarnim i tercijarnim pakiranjem, a također smanjuje zahtjeve za transportom.
- Koncentrirani proizvodi zahtijevaju manje primarne, sekundarne i tercijarne ambalaže, a također su učinkovitiji za transport.
- Je li preformulacija proizvoda kako bi se smanjio njegov sadržaj vode (ili volumen općenito) održiva mogućnost?
- Učinkovitije korištenje ambalaže spremne za police u trgovini za komunikaciju proizvoda umjesto oslanjanja na dodatne primarne komponente pakiranja. Sekundarna ambalaža može sadržavati elemente kao što su vanjski i unutarnji tisak kako bi se pomoglo prepoznavanju robne marke, dok kontrolira i predstavlja proizvode, npr. u fleksibilnim kompozitnim formatima pakiranja, dosljedno. Potencijalno ove vrste promjena također mogu dovesti do manje rada u trgovini.
- Više pakiranja često se koristi za označavanje vrhunskog proizvoda. Alternativni pristupi signaliziranju kvalitete proizvoda potrošačima kroz smanjeni ispis i primarno pakiranje. Na primjer, korištenje sekundarnog pakiranja spremnog za skladištenje koje omogućuje smanjenje ili uklanjanje primarnog pakiranja.
- Kompozitne 'multi-laminatne' vrste ploča (aseptični tekući karton), koje sadrže sloj aluminijske folije, ne mogu se u potpunosti reciklirati (tj. mogu se skupljati za recikliranje, ali se samo dio drvnih vlakana na kraju oporavi u pulpi mlin), a aluminijski sloj sigurno neće biti obnovljen. Ambalaža izrađena od ovog materijala koristi se za držanje proizvoda kao što su dugotrajno mlijeko, temeljci i voćni sokovi. Pružaju

izvršna svojstva barijere, stabilnost na polici, čvrstoću i malu težinu. Tipičan sastav ovog laminiranog materijala je 70-75% drvenih vlakana, 20% LDPE folije i 4% aluminijske folije. Razmotriti je li dostupna vrsta primarnog materijala za pakiranje od jednog materijala koji se može reciklirati, kako bi se ispunili funkcionalni zahtjevi za primjenu.

- Druga mogućnost je prijelaz s aluminijske folije na metaliziranu foliju. Imaju aluminijski sloj proizveden taloženjem aluminija iz pare na drugu podlogu (obično plastičnu foliju), pri čemu je aluminijski sloj ultratanak (40–100 nm), ali može biti funkcionalno ekvivalentan puno debljoj aluminijskoj foliji. Iz sveukupne perspektive životnog ciklusa, uporaba metalizirane plastike ima mnogo manji učinak od aluminijske folije.

#### SMJERNICE ZA MINIMIZIRANJE KOLIČINE SEKUNDARNOG PAKIRANJA

- Optimiziranje upotrebe valovitog kartona u sekundarnom pakiranju minimiziranjem preklapanja preklopa (čak do te mjere da je sadržaj kutije vidljiv). Pomicanje preklopa na najmanji kraj kutije (tako da ima manje materijala za preklapanje reznja).
- Pri korištenju valovitih spremnika s dvostrukim stijenkama (s dva srednja sloja valovitog sloja) kako zahtjev strukturne čvrstoće bio ispunjen, razmotrit može li se postići odgovarajuća čvrstoća s valovitom ambalažom s jednom stijenkom upotrebom debljih obloga, a da se pritom postigne smanjenje ukupne težine.
- Pakiranje spremno za policu postaje važna dodana vrijednost u opskrbnom lancu za mnoge prehrambene i mješovite artikle, a ova promjena može povećati omjer pakiranja i proizvoda.
- Smanjit sekundarno pakiranje što je više moguće, a istovremeno osigurati da integritet primarnog pakiranja nije ugrožen. Iznimka je ako u prelasku na višu razinu recikliranog sadržaja u sekundarnom pakiranju na bazi vlakana, u kojem slučaju stupanj povećanja može biti opravdan.

#### SMJERNICE ZA USKLAĐIVANJE PRIMARNE, SEKUNDARNE I TERCIJARNE AMBALAŽE

- Razmotriti mogućnosti za minimiziranje tercijarnih komponenti pakiranja koje su potrebne za učvršćivanje natovarenih paleta, što uključuje upotrebu: traka za vezivanje, spuštenih i perforiranih rastezljivih folija, rukava, 'lock-'n-'pop' ljepljiva s malim

ostacima, povratnih plastičnih sanduka koji se zaključavaju na mjestu na paletama s minimalnim vezivanjem ili kutijama za palete.

#### SMJERNICE ZA SMANJENJE OTPADA OD PROIZVODA, OD STRANE POTROŠAČA

- Osigurati da se sadržaj može potpuno ispustiti, npr. izbjegavanje dizajna koji potrošačima otežavaju uklanjanje posljednjeg djelića proizvoda. Otpad proizvoda ostavljen u pakiranju može povećati troškove ponovne obrade. Otpad od proizvoda također je gubitak vrijednog resursa s potencijalno značajnim utjecajem na okoliš.
- Drugi pristup koji treba razmotriti je modificiranje karakteristika fluidnosti proizvoda kako bi se lakše dozirao. Očito, ovdje postoji kompromis, budući da gušći proizvod (i potencijalno povećanje njegove viskoznosti) dovodi do smanjenja zahtjeva za pakiranjem.

#### SMJERNICE ZA PROJEKTIRANJE ZATVARANJA AMBALAŽE

- Kod korištenja čepova, zatvarača ili brtvi s kompozitnim pakiranjem, provjeriti potrebnu silu uklanjanja. Sila potrebna za povlačenje ili probijanje plombe ne smije premašiti kritičnu veličinu koju korisnik može aplicirati. Izbjegavati brtve za koje je potreban alat za bušenje.
- Ako je kompozitno pakiranje namijenjeno otvaranju, osigurati perforiranu traku, urez, početni prorez ili nazubljene rubove. Sila potrebna za otvaranje pakiranja prilagođena mogućnosti ručnog otvaranja.
- Kada se koristi jezičak za povlačenje folije, povećati koeficijent trenja tako da nije potrebno opsežno stiskanje i povećanje veličine jezička da se prilagodi stezanju.
- Stavljanje uputa za otvaranje pakiranja izravno na pakiranje u jasnom, lako razumljivom formatu.
- Za zip trake upotrebljavati pravi patentni zatvarač.

### 6.3. PRIMJER OPTIMIZIRANJA AMBALAŽE

Ovaj primjer ilustrira dizajniranje održivije šalice za kavu za ponijeti koju je moguće reciklirati.

Polazna koncepcija:

Konvencionalni dizajn je papirna posuda od djevičanskih vlakana s premazom od vodootpornog polietilena (PE), mase oko 5% te poklopcem od polistirena (PS).

Pretpostavke dizajna posude pogodne za recikliranje:

- Ovakav dizajn je primjeren, ako postoji dostupan sustav prikupljanja i recikliranja, osobito tamo gdje su papir i karton već prikupljeni. Ovakve posude je teško reciklirati zbog plastičnog premaza
- Suradnja s proizvođačima posuda, tvrtkama za recikliranje i drugim trgovcima na malo kako bi se razvio učinkovit program recikliranja
- Dogovaranje s dobavljačima o dostupnosti plastične prevlake koja se može odvojiti od vlakana tijekom procesa proizvodnje papirne mase
- Smanjenje debljine premaza – što je manje premaza, lakše je reciklirati
- Izbjegavati ili minimizirati ispisivanje na posudi – tinte su zagađivači u procesu recikliranja
- Odabir poklopca dimenzija većih od 50 mm i dovoljno čvrstog da zadrži oblik tijekom cijelog procesa oporavka.

Pretpostavke dizajna posude pogodne za kompostiranje

Dizajn za kompostiranje prikladan je ako postoji dostupan sustav prikupljanja i uporabe, osobito tamo gdje je otpad od hrane već prikupljen. Ovo je osobito važno za institucije, tvrtke koje se bave usluživanjem hrane i javna događanja.

- Zamijeniti konvencionalni polietilenski premaz onim koji je certificiran kao "kompostabilan"
- Odabrati polimer koji se može kompostirati za čep
- Izbjegavati ili smanjiti ispis i koristiti samo tinte na biljnoj bazi
- Pružit kratku poruku potrošačima, npr. „molimo odložite ovo u kantu za posebni organski otpad“

Pretpostavke za dizajn posude pogodne i sigurne za potrošača

- Posude s vrućim sadržajem treba dovoljno izolirati kako potrošači ne bi opekli prste. Koristiti rebrastu ploču prije nego deblju ploču kako biste osigurali veću izolaciju
- Poklopac mora biti dovoljno siguran da spriječi prolijevanje koje bi moglo izazvati opekline, npr. u autu, pokretu, itd.

Pri projektiranju kompozitne fleksibilne ambalaže potrebno je uz ekonomsku analizu provesti temeljitu analizu svih stavki navedenih u ovom primjeru.

## 7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je prikazati postupak proizvodnje i definirati parametre koje treba uzeti u obzir prilikom projektiranja suvremene kompozitne ambalaže s posebnim naglaskom na fleksibilnu kompozitnu ambalažu.

Kompozitni materijali u upotrebi su tisućama godina. Stare civilizacije koristile su različite vezivne materijale (slama, cigla, blato, šperploča, drvenaste biljke) kako bi olakšali svakodnevni život. Industrijskom revolucijom, naukom o materijalima i kemiji dolazi do razvijanja polimera. Početkom 20. stoljeća novootkrivena metoda polimerizacije plastičnih masa dovodi do stvaranja naizgled revolucionarnog materijala bez mana. Uzevši u obzir karakteristike kompozitnih materijala, kao što su na primjer izvrsna mehanička i toplinska svojstva, niska cijena proizvodnje i duktilnost, sve to dovodi do danas neizostavnog korištenja u svakodnevnom životu čovjeka ali i neizostavan materijal u mnogim proizvodnjama i tvornicama diljem svijeta.

Kompozitni materijal sastoji se od dva ili više sastavnih materijala (matrica i vezivo), komponente koje određuju vrstu kompozita ovise o njegovoj konačnoj primjeni to jest funkciji, zadaći ili cilju. Danas, kao kompoziti, najveću primjenu imaju beton, stakloplastika, ugljična vlakna, i ostale polimerizirane mase. Primjeri iz svakodnevnog života su razne vrste pakiranja hrane i ostalih proizvoda pakiranih u tetrapak i druge fleksibilne vrećice koje u pogledu higijene, zaštite, transporta imaju pozitivne karakteristike.

Izrada kompozitnih materijala sastoji se od taljenja, miješanja i zasićenja armature matricom, nakon toga matrica se inducira (toplinski ili kemijski) kako bi se postigla čvrsta struktura.

U ovome radu proučavala se fleksibilna ambalaža s naglaskom na njeno poboljšanje u smislu ravnoteže funkcije i utjecaja na okoliš. Zagađenje plastikom jedan je od najvećih problema 21. stoljeća, a ambalaža sačinjava veliki udio u zagađenju. Fleksibilna kompozitna ambalaža način je pakiranja proizvoda upotrebom nečvrstih materijala koji omogućuju projektiranje svojstava, prilagođavanje raznim uvjetima te ekonomičniju raspodjelu resursa.

Proučavajući životni ciklus to jest vijek ambalaže, možemo zaključiti da u usporedbi s klasičnim opcijama pakiranja, kompoziti djeluju jednako ili bolje u većini slučajeva.

Proizvodnja fleksibilne kompozitne ambalaže, ponajprije za hranu, predstavlja kompleksne proizvodne procese kojima se dobiva proizvod koji je nezamjenjiv u ljudskoj svakodnevnici. Za potrebe ovog rada proučen je proizvodni proces u tvrtki Muraplast d.o.o.

Proces proizvodnje započinje punjenjem plastičnog granulata polietilena u spremnike, iz spremnika se granulati dovode do mjesta gdje se topi to jest u ekstruder koji rastaljenu plastiku

ispuhuje u obliku cilindra. Takva rastopljena plastična masa na kraju cilindra provlači se strojem kroz razne dijelove koji uključuju savijanje, rezanje na mjeru i ostale elemente ovisno o industriji upotrebe te na kraju iz linije odlazi izravno na fleksografsku tehniku tiska. Na kraju stroja to jest proizvodne linije izlazi gotov proizvod, fleksibilna kompozitna ambalaža namotana u roli, spremna za isporuku.

Provedena je analiza prihvatljivog projektiranja ambalaže i postavljene su smjernice za projektiranje ekološki prihvatljive fleksibilne kompozitne ambalaže, koje obuhvaćaju: smjernice za projektiranje zatvaranja ambalaže, smjernice za smanjenje otpada od proizvoda, od strane potrošača, smjernice za usklađivanje primarne, sekundarne i tercijarne ambalaže, smjernice za minimiziranje količine primarnog pakiranja. Pri projektiranju fleksibilne kompozitne ambalaže potrebno je uz ekonomsku analizu provesti temeljitu analizu relevantnih parametara za ekološki dizajn proizvoda. Na primjeru fleksibilne šalice razrađene su smjernice za ekološki dizajn. Može se zaključiti da pri projektiranju ambalaže u svijetlu ekološke proizvodnje potrebno je voditi računa o mogućnostima implementacije ekološki prihvatljivih postupaka u društvu.



WISOM  
ALTIERRAINO

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANTE BARBARIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OPTIMIZIRANJE PROMENJIVOSTI FLEKSIBILNE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova. KONKRETNE AMBALAŽE

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

A. Barbarić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANTE BARBARIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OPTIMIZIRANJE PROMENJIVOSTI FLEKSIBILNE (upisati naslov) čiji sam autor/ica. KONKRETNE AMBALAŽE

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

A. Barbarić  
(vlastoručni potpis)

## LITERATURA

- [1] N. Stričević, *Suvremena ambalaža*, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
- [2] V. Slijepčević, V. Ekološka proizvodnja, Saturn Zagreb. 2002.
- [3] Ž. Tihomirović, *Upravljanje internim procesima pakiranja u uvjetima učestalih izmjena ambalaže*, Zagreb, 2012.
- [4] K. Verghese, H. Lewis, L. Fitzpatrick, *Packaging for Sustainability*, 2012
- [5] W. Jedlicka, *Packaging Sustainability: Tools, Systems and Strategies for Innovative Package Design*. Jedlicka Design Ltd., 2008.
- [6] B. Chehroudi, *Composite Materials and Their Uses in Cars. Part I: What is a Composite Material?*, 2017.
- [7] B. Qi, J. Raju, T. Kruckenberg, R. Stanning, *A resin film infusion process for manufacture of advanced composite structures*, 1999.
- [8] M.R. Sanjay, G.R. Arpitha, L. Naik, K. Gopalakrishna, B. Yogesha, *Applications of natural fibers and its composites: An overview of Natural Resources*, 2016.
- [9] I. Vujković, K. Galić, M. Vereš, *Ambalaža za pakiranje namirnica*, Tectus, Zagreb, 2007.
- [10] B. Tajeddin, *Packaging Composite Materials from Renewable Resources*, Agricultural Research Institute, Karaj, Iran, 2017
- [11] S.H. Othman, *Bio-nanocomposite materials for food packaging applications*, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2014.
- [12] R. Smith, *Biodegradable polymers for industrial applications*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2005
- [13] P. Dubois, R. Narayan, *Biodegradable compositions by reactive processing of aliphatic polyester/polysaccharide blends*, 2003.
- [14] H. Wisre, *Design Smart Material Guide – Composite Smarter Packaging*, Sidney, 2015
- [15] C. J. Weber, *Biobased Packaging Materials for the Food Industry*, Food Biopack project EU Directorate, 2000
- [16] P. Ackerman, M. Jagerstad, T. Ohlsson, *Food and Packaging Materials*, Chemical Interactions, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1995

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1 Prikaz ambalaže izrađene od kartona.....  | 8  |
| Slika 2 Prikaz kompozitnog materijala.....  | 15 |
| Slika 3 Prikaz izgleda višeslojnog kompozitnog materijala.....                          | 17 |
| Slika 4 Prikaz vlakana kompozitnog materijala.....                                      | 20 |
| Slika 5 Prikaz otvorenog kalupa , zatvorenog kalupa i kalupa od lijevanog polimera..... | 21 |
| Slika 6 Pojednostavljeni prikaz nastanka kompozita.....                                 | 23 |
| Slika 7 Proizvodi od fleksibilne kompozitne ambalaže.....                               | 25 |
| Slika 8 Prikaz životnog ciklusa fleksibilne ambalaž.....                                | 30 |
| Slika 9 Prikaz slojeva fleksibilne ambalaže.....  | 32 |
| Slika 10 Prikaz oblika fleksibilnog pakiranja za hranu i piće.....                      | 37 |
| Slika 11 Dio ekstrudera u kojem se tali polietilen.....                                 | 40 |
| Slika 12 Shematski prikaz linije za ekstruziju.....                                     | 41 |
| Slika 13 Shematski prikaz hlađenja ekstruzijske linije.....                             | 42 |
| Slika 14 Fleksotiskarski stroj.....   | 43 |
| Slika 15 Gotov proizvod linijske proizvodnje.....                                       | 44 |

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1 Vrsta i primjena kompozitnih materijala ..... | 47 |
|---|----|

9.8% PlagScan by Turnitin Results of plagiarism analysis from 14/09/2022, 19:42 diplomski\_rad\_optimiziranje\_primjenjivosti\_fleksibilne\_kompozitne\_ambalaze\_ante\_barbaric.docx Date: 14/09/2022, 19:31

View: \* All sources 44 123 matches

diplomski\_rad\_optimiziranje\_primjenjivosti\_fleksibilne\_kompozitne\_ambalaze\_ante\_barbaric.docx

Details Configuration

65 pages, 14985 words

PlagLevel: 9.8% selected / 9.8% overall

123 matches from 45 sources, of which 37 are online sources.

303 documents have been checked due to similarities, but seem to be sufficiently different.  
 Show list of addresses with related documents (sorted by relevance)

Settings

Data policy: Compare with web sources, Check against organization repository, Check against the Plagiarism Prevention Pool

Sensitivity: Medium

Bibliography: Consider text

Citation detection: Reduce PlagLevel

Whitelist: --

Završni rad br 48/ARZO/2022