

CELULOZA I TEHNOLOGIJA PAPIRA

Ljerka Kratofil Krehula
krehula@fkit.hr

SINTETSKA CELULOZNA VLAKNA

KEMIJSKA CELULOZNA VLAKNA

To su celulozna vlakna koja su:

- *po kemijskom sastavu celuloza* (viskozna i bakrena vlakna)
- *celulozni acetati*

BAKRENA VLAKNA

Bakaramonijačni postupak

Kemijska celulozna vlakna proizvedena ovim postupkom nazivaju se bakrena vlakna.

Sirovina je većinom drvena celuloza od smreke.

Otopina celuloze priprema se dodatkom otopina bakrenog sulfata (CuSO_4), natrijevog hidroksida i amonijaka usitnjennoj celulozi. Aktivna komponenta koja reagira s celulozom je nastali kompleksni spoj bakrovog hidroksida s amonijakom (kuoksam) $\text{CuH}_{16}\text{N}_4\text{O}_2$.

Korištenjem ovog reagensa celuloza se može ekstrahirati iz drvene pulpe, pamučnih vlakana i drugih prirodnih izvora celuloze. Celuloza se istaloži kada se otopina zakiseli.

Reakcija traje od 4 do 10 sati pri temperaturi od 10 °C, a otopina je intenzivno plave boje. Ispredanje vlakana ide mokrim postupkom preko lijevaka, a taložna kupelj je voda koja struji kroz lijevak zajedno s nitima. Vlakna koja izlaze iz lijevka nisu još uvijek čista celuloza pa treba regenerirati celulozu, tj. razoriti spoj celuloza/kuoksam. Vlakna prolaze kroz kupelj koja sadrži 2 %-tnu H_2SO_4 na 25 °C.

Ovaj je postupak prikladan za proizvodnju finih filamentnih vlakana: “svilena” ženska odjeća i čarape. Imaju fini svilenkasti sjaj i mogu se koristiti kao zamjena za svilu.

Šuplja bakrena vlakna mogu se koristiti kao dijelovi medicinskih uređaja.

CELULOZNI ACETATI

Acetatni postupak

Acetatnim se postupkom proizvode vlakna od celuloznih derivata i to estera celuloze i octene kiseline, tj. celuloznih acetata.

Proizvode se vlakna od primarnog celuloznog acetata ili triacetata (CT) i od sekundarnog celuloznog acetata ili 2,5-acetata (CA).

Triacetat sadrži 61,5 % vezane octene kiseline što znači da je veći stupanj esterifikacije (esterifikacija –OH grupa celuloze), a kod sekundarnog celuloznog acetata stupanj esterifikacije je manji, vezano je 55 % octene kiseline.

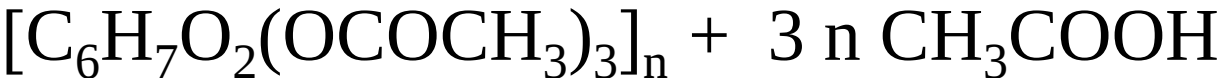
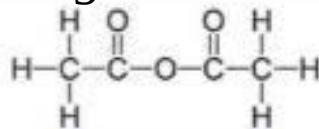
Sirovina je ***oplemenjena drvena celuloza*** koja se dobiva pojačanim procesom čišćenja i bijeljenja celuloze i sadrži 94-96 % α -celuloze.

Oplemenjena drvena celuloza podvrgava se procesu acetiliranja, tj. stvaranja estera između celuloze i octene kiseline. Ako se želi provesti potpuna esterifikacija i dobiti triacetat, celuloza se mora dovesti u reakciju s anhidridom octene kiseline.



celuloza

anh.oct.kisel.



celulozni acetat

Tehnologija proizvodnje triacetata obuhvaća sljedeće faze:

- aktiviranje celuloze
- pranje i čišćenje acetata
- cijedenje
- sušenje

Ova su vlakna otporna na skupljanje, otporna na gužvanje, lako periva, nisu osjetljiva na visoke temperature, odjeća dobro zadržava prvobitan oblik.

RECIKLIRANJE PAPIRA

Recikliranje papira



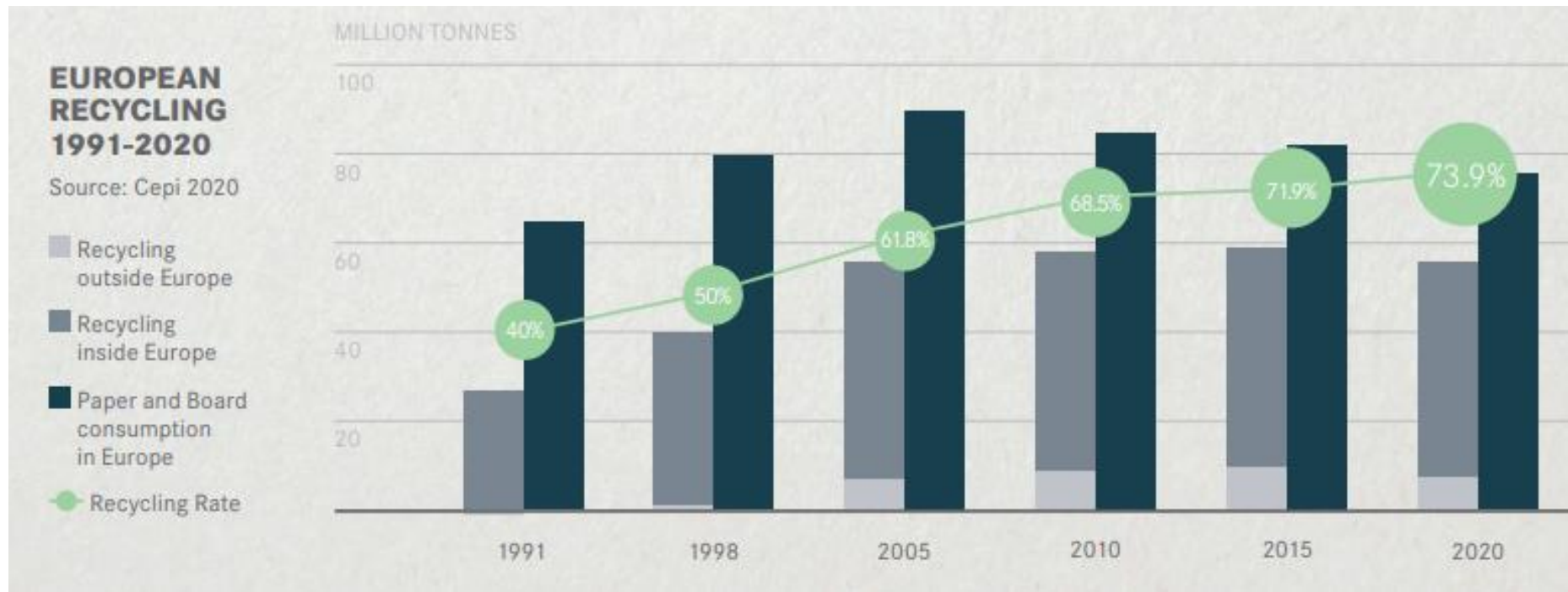
Od svih materijala, najčešće se reciklira papir.

Od ukupne količine papira proizvedene u SAD-u, procjenjuje se da je 2020. godine reciklirano oko 70 %.

Prema ***Europskoj deklaraciji o recikliranju papira 2021-2030*** (European declaration on paper recycling 2021-2030, European Paper Recycling Council (EPRC)), stope recikliranja povećane su na visoke razine.

Međutim, različiti načini potrošnje, nove tehnologije i raznolika primjena proizvoda od papira, čine izazovnim održavanje visoke stope recikliranja, koje su u Europi iznosile 73,9 % u 2020. Ova deklaracija predlaže stopu recikliranja od 76 % kao novi cilj recikliranja do 2030.

milijuni tona



<https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2022/06/EPRC-22-010.pdf>

Terminologija u području proizvodnje i recikliranja papira

Papir - ovaj pojam uključuje sve vrste papira i kartona.

Prikupljanje i oporavak papira i kartona

Odvojeno prikupljanje i oporavak (čišćenje, sortiranje, baliranje) prema europskoj standardnoj listi vrsta papira i kartona za recikliranje (*European Standard List of Grades of Paper and Board for Recycling (EN 643)*).

<https://www.wpt-nl.com/en/en643-list-of-waste-paper-grades/>

To su papiri iz industrije i trgovine, iz kućanstava i ustanova.

Preuzimanje uključuje prijevoz do pogona za sortiranje/obradu ili recikliranje

Sakupljač

Onaj koji odvojeno skuplja papir i karton; može biti industrijski, komercijalni ili privatni krajnji korisnik.

On može imati i funkciju dijela obrade otpadnog papira (sortiranje, otprema).

Mogućnost uklanjanja boje (deinking)

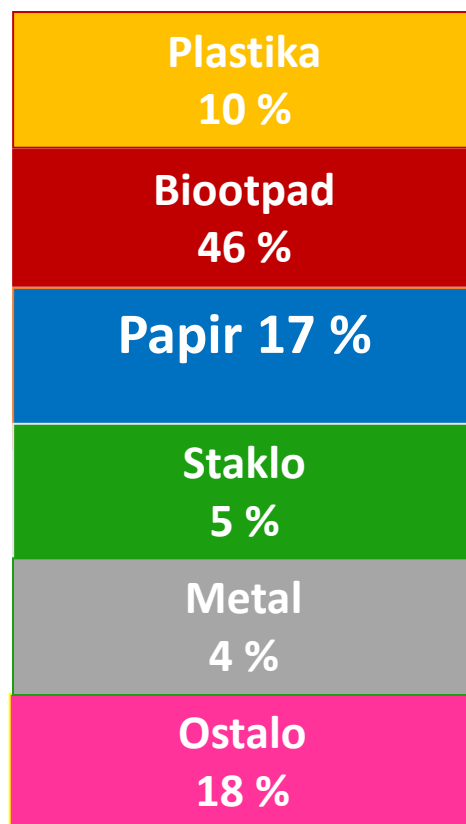
Mogućnost uklanjanja tinte i/ili tonera s tiskanog proizvoda do visokog stupnja pomoću posebnih postupaka.

Papir za recikliranje - odvojeno prikupljeni papir i karton koji je očišćen, sortiran te baliran prema europskoj standardnoj listi vrsta papira i kartona, EN 643.

Stopa recikliranja

Omjer između količine recikliranog papira i količine upotrijebljenog papira i kartona.

Sastav otpada* (mas. %)



*Taurino, R., Bondioli, F., Messori, M., Use of different kinds of waste in the construction of new polymer composites: review, Materials Today Sustainability 21 (2023) 100298.

Recikliranje papira sastoji se od sljedećih koraka:

1. prikupljanje otpadnog i starog papira
2. razvrstavanje papira prema tipu i kvaliteti te baliranje
3. odvoz papira u postrojenja za recikliranje
4. procjena kvalitete otpadnog papira
5. odvajanje ostalih materijala (plastike, gume, metala, tekstila) i dodataka (tinta, ljepila)
6. usitnjavanje papira
7. dodavanje vode papiru, nastajanje papirne kaše
8. čišćenje i prosijavanje (odvajanje ostataka drugih materijala)
9. flotacija
10. prema potrebi, pranje dobivenih vlakana papira
11. izbjeljivanje papira



<https://www.dreamstime.com/illustrative-diagram-paper-waste-recycling-process-illustrative-diagram-paper-waste-recycling-process-step-step-image200556145>

U preradi otpadnog i starog papira u novi proizvod od papira, potrebno je provesti niz različitih operacija koje su neophodne da bi iz njega nastala vlakna bila prikladna za izradu papira.

Brojni potrebni koraci u procesu recikliranja proizlaze uglavnom iz velikog onečišćenja papira koji ulazi proces u recikliranja, a ta se onečišćenja moraju ukloniti da bi reciklirani papir imao zadovoljavajuću kvalitetu za izradu različitih papirnih proizvoda.

Cilj je tvornice za recikliranje papira uzeti za preradu materijal koji može značajno varirati u svojstvima i pretvoriti ga u vlakna koja se mogu uspješno pretvoriti u planirani finalni proizvod. Kvaliteta i čistoća recikliranih vlakana mogu jako svakodnevno varirati.

Pojedini se postupci recikliranja, tj. obrada otpadnog papira, mogu dosta razlikovati:

- ovisno o prisutnim onečišćenjima
- ovisno o željenom konačnom proizvodu

Osnovne operacije uklanjanja nečistoća prilikom procesa recikliranja:

1. **pranje**: uklanjanje tinti, boja i ljepila topljivih u vodi
2. **čišćenje i prosijavanje**: različita zaprljanja (prašina, pijesak, zemlja, metal, plastika)
3. **flotacija** (uklanjane laserskih i fotokopirnih tinti)

Pranje je zapravo zadržavanje vlakana na finom situ kroz koje prolazi tekućina i zatim se odvodi: uklanjanju se vrlo fine čestice nečistoća te vodotopljivih tinti, boja i ljepila.

Čišćenje odvaja papirna vlakna od onečišćenja prvenstveno po razlikama u gustoći. Odvajaju se materijali koji su gušći od vlakana (npr. pijesak, metal itd.) ili oni manje gustoće od vlakana (plastika i većina ljepila). Postupci ovakvih odvajanja ovise o funkcijama centrifugalnih čistača.

Prosijavanje koristi barijeru (sito) za sprečavanje prolaza onečišćenja dok dopušta prolaz vlakana.

Flotacija koristi površinski aktivne tvari za privlačenje onečišćenja (povećava se hidrofobnost onečišćenja) koja se prihvaćaju na mjehuriće zraka i zatim se uklanjaju s površine flotacijske ćelije kao pjena. Ovo je primarni način za uklanjanje laserskih tinti i tonera za fotokopiranje (prvenstveno prisutnih u uredskom otpadnom papiru).

Daljnje operacije u procesu recikliranja

(između pojedinih operacija se dodaje i uklanja voda)

Razvlaknjivanje: papir se razvlaknjuje na pojedinačna vlakna snažnim miješanjem s vodom (i kemikalijama u pojedinim slučajevima). Kontrolira se konzistencija kaše, temperatura, pH vrijednost i vrijeme razvlaknjivanja. Razvlaknjivanje na višoj temperaturi znači skraćanje vremena razvlaknjivanja (tada onečišćenja omekšavaju te se povećava učinak korištenih kemikalija).

Frakcioniranje odvaja smjesu vlakana u dvije odvojene struje obično prema duljini vlakana. Dugačka se vlakna obično koriste za izradu papira.

Rafiniranje: cilj je poboljšati karakteristike površine samih vlakana u cilju postizanja boljeg spajanja vlakna na vlakno. Dakle, to je djelovanje na vlakna kako bi se promijenile karakteristike površine i omogućilo međusobno spajanje vlakana.

Dispergiranje: mehaničko djelovanje koje odvaja čestice tinte od vlakana i smanjuje veličinu čestica onečišćenja.

Dodatak enzima upotrebljava se u nekim procesima recikliranja jer oni omogućuju odvajanje tinte od papira.

Odvodnjavanje uklanja višak vode iz mase pulpe kako bi se mogla dalje obrađivati.

Izbjeljivanje povećava svjetlinu dobivenih vlakana pomoću kemijskih sredstava kao što je vodikov peroksid.

Sušenje papira

Svojstva recikliranog papira

Reciklirani papir ima manju gustoću i upija više tekućine.

Reciklirani papir ima i slabija mehanička svojstva: zbog manje povezanosti vlakana. Poboljšanje čvrstoće papira može se postići dodavanjem kemikalija. tj. pripremom papirne kaše lužnatog karaktera u kojoj vlakna više bubre. Dolazi do povećanja vezivanja jer vlakna bubrenjem postaju fleksibilnija.

Dolazi do promjena u strukturi i morfologiji vlakana zbog sušenja papira (degradacija zbog utjecaja povišene temperature), jednog od posljednjih koraka u proizvodnji papira.

Reciklirani papir ima smanjenu sposobnost lijepljenja zbog degradacije papira tijekom upotrebe i procesa recikliranja.

Utjecaj na okoliš

Mora se osigurati pročišćavanje i recirkulacija otpadnih voda.

Mora se osigurati adekvatno zbrinjavanje odvojenih nečistoća u procesu recikliranja: ***ostali materijali odvojeni od papira i onečišćenja (tinta, boje) te nastali mulj u otpadnim vodama (pijesak, zemlja itd.).***

Ostali proizvodi od recikliranog papira

(ono što ne uključuje papir za pisanje, tisak i toaletne papirne proizvode)

- izolacijski materijali
- gnojivo
- kutije za jaja
- različita pakiranja, omotni i ukrasni papiri
- podloge za uzgoj različitih životinja
- posude za sadnice
- dijelovi namještaja
- sjenila za svjetiljke
- etanol
- maske protiv prašine
- energija (visoka kalorična vrijednost papira, može se spaliti papir ili mulj iz operacija recikliranja). Ovo se posebno odnosi na vrste papira koje se ne mogu reciklirati: papirni proizvodi za higijenske potrebe i papiri onečišćeni mastima i uljima te kemikalijama – za njih je prikladan postupak spaljivanje s iskorištenjem dobivene energije – ***energijsko recikliranje***.



How is Paper Recycled? Learn About the Recycling Process at Pratt Industries

Proces odvajanja drugih materijala od otpadnog papira

<https://www.youtube.com/watch?v=HmhPuIKw0HY>



How Cardboard is Recycled

Proces recikliranja otpadnog papira

<https://www.youtube.com/watch?v=Bx0ozMweqoU>

Drugi kolokvij iz kolegija
Celuloza i tehnologija papira
održat će se

**u utorak, 20. svibnja 2025.
od 10:00 do 11:00
u predavaonici
Vijećnica 1, Zagrepčanka**