**SEMINARSKI RAD  
RECIKLIRANJE PAPIRA**

[www.maturski.org](http://www.maturski.org/)

**Sadržaj**

1. UVOD……………………...…………..............................................................……….1
   1. POJMOVI…………........................................................................................................1
2. OTPAD…...……....…….................................................................................................2
   1. PODJELA OTPADA I NAČINI RECIKLIRANJA…………………....................3
      1. Papir i karton......................................................................................3
      2. Plastični proizvodi...................................................................................3
      3. Staklo......................................................................................................4
      4. Metali..................................................................................................4
      5. Organski otpad...................................................................................5
3. RECIKLIRANJE PAPIRA..........................................................................................6
4. METODE MJERENJA................................................................................. ................14

4.1 GRAMATURA....................................................................................................14

4.2 DEBLJINA...........................................................................................................14

4.3 PROSTORNA MASA..........................................................................................14

4.4 SPECIFIČNI VOLUMEN....................................................................................15

4.5 PREKIDNA SVOJSTVA PAPIRA......................................................................15

4.6 OTPORNOST PREMA KIDANJU, PREKIDNA SILA.....................................16

4.7 PREKIDNA JAKOST..........................................................................................16

4.8 INDEKS KIDANJA.............................................................................................17

4.9 OTPORNOST PREMA PRSKANJU..................................................................17

4.10 INDEKS PRSKANJA........................................................................................17

4.11 OTPORNOST PREMA CIJEPANJA................................................................18

4.12 INDEKS CIJEPANJA.......................................................................................19

4.13 VLAGA U PAPIRU, KARTONU ILI LJEPENKI..............................................19

4.14SADRŽAJ PEPELA............................................................................................20

4.15MASENO ISKORIŠTENJE..................................................................................21

5. LITERATURA......................................................................................................................22

1. UVOD

Zaštita okoliša u sve većoj mjeri zaokuplja našu i svjetsku javnost. Svijest o iscrpljivosti prirodnih bogatstava nameće pitanja o mogućnosti opstanka sve brojnije ljudske vrste. Granice rasta sve se očitije pokazuju u nepovratnoj degradaciji voda, mora, tla i zraka, u sve češćim pojavama dosad nepoznatih bolesti u ljudi i strelovito brzom nestajanju mnogih biljnih i životinjskih vrsta s lica Zemlje. Danas je nemoguće naći proizvod čijim stvaranjem ne nastaje nekakav otpad. Čak i ekološki proizvodi indirektno stvaraju otpad, koji je ujedno i najveći problem ljudske civilizacije modernog svijeta. Stoga , u svrhu smanjenja i lakšeg gospodarenja otpadom razvili su se razni postupci recikliranja.

* 1. POJMOVI

Na žalost, mnogi ljudi ne poznaju mogućnost iskorištavanja otpada te njihovu mogućnost za oporabu. Ne razlikuju se osnovni termini pa dolazi do raznih zabuna.Neki od termina vezanih uz gospodarenje otpadom su :

Recikliranje - u zaštiti okoliša podrazumijeva ponovnu upotrebu otpadnih tvari kao sirovine u proizvodnji (stari papir, staklo, plastika, metali, organska komponenta kućnog otpada za kompostiranje itd.) [1]

Otpad - je nepotreban, nepoželjan ili suvišan materijal preostao nakon završetka nekog procesa. To je tvar ili materijal bez neke prisutne vrijednosti ili koristi, ili tvar ili materijal odbačen unatoč prisutne vrijednosti ili koristi. [2]

Oporaba - otpada je svaki postupak ponovne obrade otpada radi njegova korištenja u materijalne i energetske svrhe.[2]

Demontaža - Rastavljanje, rasklapanje nečega na sastavne dijelove [2]

**2. OTPAD**

Otpad možemo podijeliti prema:

Prema mjestu nastajanja [3]:

* kućni otpad (životnjskog porijekla, biljnog porijekla, pepeo, papir, krpe, karton, predmete od gume, drveta, stakla, kože, porculana, namještaj, bijela tehnika itd.)
* građevinski otpad ( prilikom izvođenja građevinskih radova, Komadi neupotrebljivog i starog pokućstva, istrošeni kućni aparat, hladnjaci, napuštena vozila, veća ambalaža, otpad od povremenih većih čišćenja podruma i tavana, veći napušteni predmeti i sl., predstavljaju danas značajnu količinu otpada.)
* otpad s javnih površina (organski stabilne materije (otpaci bilja, papir, opušci cigareta, kutije od cigareta, razna ambalaža i sl.) iorganski nestabilne materije (otpadci od hrane i od životinja), te prašina pješčani mulj i blato.

Prema opasnsti :

Prema Zakonu o otpadu (NN 34/95) ukoliko posjeduje slijedeća svojstva: štetnost, toksičnost, kancerogenost i infektivnost, pri čemu [4] :

* štetnost – podrazumijeva tvari ili otpad, koji ako se inhaliraju ili progutaju ili ako penetriraju u kožu, mogu uzrokovati opasnost za ljudsko zdravlje,
* toksičnost – podrazumijeva tvari ili proizvode koji mogu sadržavati vrlo toksične sastojke, koji u slučaju da su inhalirani, progutani ili penetrirani u kožu mogu prouzročiti ozbiljne, akutne ili kronične rizike po zdravlje, čak i smrt,
* kancerogenost – podrazumijeva tvari ili proizvode koji ako su inhalirani, progutani ili penetrirani u kožu mogu inducirati pojavu raka ili povećati njegovo rasprostranjivanje,
* infektivnost – podrazumijeva tvari ili otpad koji sadrži žive mikroorganizme i njihove spore ili njihove toksine za koje se zna ili sumnja da uzrokuju bolesti ljudi i ostalih živih organizama.

2.1 PODJELA OTPADA I NAČIN RECIKLIRANJA

2.1.1 Papir i karton

Za izradu 1 tone papira potrebno je 2 tone drveta i 1500 litara vode.

Recikliranjem starog papira se taj broj može znatno smanjiti. Stari papir je sirovina, koja se može reciklirati do sedam puta.

* U kontejnere za papir se mogu odložiti novine, časopisi, papirnate vrećice, uredski papir, bilježnice, knjige bez plastificiranog omota, telefonski imenici, karton, pisma, tetrapaci.
* Preporučuje se odvajati novinski papir od ostalog papira, časopisa i papirnate ambalaže.

U kontejnere za papir se ne odlaže vlažni papir, plastificirani papir, papirnate maramice, fotografije i prljavi papir.



*Slika 2.1 Papirni otpad* [5]

2.1.2 Plastični proizvodi

Postoji mnogo vrsta plastičnih materijala, što otežava njihovo razvrstavanje. Prihvaćene su oznake PET ambalaža s oznakom „1“ (boce za sokove, vodu...) i HDPE plastika s oznakom „2“ (boce za mlijeko, deterdženti za pranje suđa...). Na dnu svake boce postoji simbol za recikliranje zajedno s brojem (od 1-7) pa se preporuča sortiranje plastike po vrsti broja.

* U kontejnere za PET plastiku može se odložiti sva plastična ambalažu koja na dnu ima otisnutu oznaku 1 ili PET.
* Ostali plastični proizvodi se sortiraju i odnose na reciklažno dvorište.

Preporučuje se kupovina plastike (označena oznakama 1 i 2) koju je moguće reciklirati, te smanjivanje upotrebe plastičnih vrećica iz trgovine (zamjena sa alternativnim papirantim, kartonskim ili tekstilnim vrećicama).



*Slika 2.2 PET otpad* [5]

2.1.3 Staklo

Neke europske zemlje odskaču sa postotkom recikliranog stakla, pa tako Nizozemska ima 70% recikliranog stakla dok Velika Britanija ima samo 30% udjela. U Hrvatskoj taj postotak je još manji.

Preporuča se odvajanje stakla po boji prije odlaganja u reciklažno dvorište: prozirno, smeđe i zeleno staklo, a da se pritom skinu poklopci ( metalni poklopci koji se mogu reciklirat s metalnim proizvodima, dok papirante naljepnice mogu ostati na staklenkama)

U spremnike za recikliranje stakla se ne odlažu porculan, keramika ni ostale vrste stakla (kristal, prozorsko staklo, ogledala, žarulje...).



*2.3 Stakleni otpad* [5]

2.1.4 Metali

Limenke pića su vrlo vrijedna sirovina za recikliranje. Godišnje se u Velikoj Britaniji iskoristi preko 18 milijardi limenki od kojih se 80 % može reciklirati. Korištenjem recikliranog metala se mogu postići velike uštede u korištenju energije te smanjiti zagađenje zraka.

* Reciklirati se može alufolija, aluminijski tanjuri i slično.
* Konzerve hrane prije odlaganja na reciklažno dvorište treba isprati i uklonite naljepnice i poklopce.

Konzerve s bojom i sprejevi se također mogu reciklirati, ali su opasan otpad (zbog svog sadržaja) i moraju se skupljati odvojeno od ostalog metala.



*2.4 Metalni otpad* [5]

2.1.5 Organski otpad

Miješanjem s drugim otpadom postaje ga gotovo nemoguće za razdvojiti, stoga zadnjih godina raste interes za rješavanje problema organskog otpada. Kuhinjski i drugi organski otpad može se lako reciklirati kompostiranjem. Time se dobiva humus koji služi za poboljšavanje kvalitete tla te bolji prirast sadnica.

Organski otpada čine: kuhinjski otpad (voće i povrće, čaj i talog kave, ostaci kruha, ljuske jaja, kora krumpira, oraha,...), vrtni i zeleni otpad (pokošena trava, korov, granje, suho cvijeće, zemlja iz lonca za cvijeće...) i ostali biootpad u manjim količinama (slama, piljevina, borove iglice, papirnate maramice...).

U kontejnere za biootpad se ne odlaže nikakva ambalaža (limenke, tetrapak i slično), jestiva ulja (ne bacati u kanalizaciju, nego odvojeno skupljene odnijet u reciklažno dvorište), ostatke mesa, ribe i kosti.



*2.5 Organski otpad* [5]

**3. RECIKLIRANJE PAPIRA**

Međunarodni univerzalni kod recikliranja za papir dan je tablicom ispod. Ovaj kod pomaže prilikom sortiranja i recikliranja papira.

*Tablica 3.1 Tablica međunarodnog univerzalnog koda recikliranja za papir [6]*

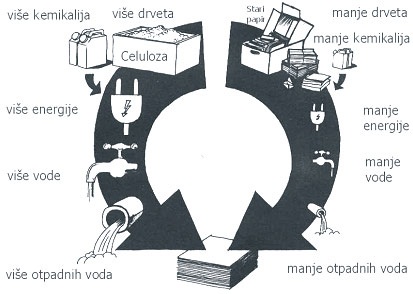
|  |  |
| --- | --- |
| **KOD** | **OPIS** |
| #20 C PAP (PCB) | Karton |
| #21 PAP | Ostali papir, mješani papir (novine,magazini) |
| #23 PBD (PPB) | Razglednice, kutije od hrane, omoti kljiga |

Recikliranje papira je najstariji postupak reciklaže. Uspoređujući s ostalim postupcima recikliranja u Hrvatskoj, sustav odvojenog skupljanja papira i kartona je najrazvijeniji i najbolje organiziran.Kao što je već prije spomenuto, recikliranjem papira ne samo što se smanjuje potreba za sječom drveća nego se i smanjuje količina utrošene energije potrebne za dobivanjem papira. Pa tako recikliranjem papira ostvarujemo sljedeće prednosti:

* *65% manje energije*
* *50% manje vode*
* *74% manje zagađuje zrak*
* *Zamjenjuje 17 stabala*

Svaki puta kada se papir reciklira vlakna postaju slabija i kraća, tako da se nova celuloza mora miješati sa korištenim papirom da bi se dobila čvrstoća. Zbog oslabljivanja papir se može reciklirati četiri do šest puta.

Postupak recikliranja papira je vrlo jednostavan proces koji se može raditi u svakom domaćinstvu. Dalje u tekstu je opisan proces koji se odvija u tvornicama, no treba znati da proces recikliranja papira počinje već samim postupkom sakupljanja.

****

*Slika 3.1 Prednosti recikliranja papira*[3]

Industrijsko recikliranje otpadnog papira obuhvaća više postupaka od kojih su najvažniji prikupljanje i sortiranje starog papira, razvlaknjivanje, grubo prosijavanje, izbljeljivanje (deinking flotacija), čišćenje, fino prosijavanje, ispiranje, te eventualno ugušćivanje i konzerviranje.

***1.korak -*** Razvrstavanje, sortiranje

Već kod prikupljanja otpadnog papira vrši se sortiranje, premda je u ovom početnom stupnju recikliranja sortiranje relativno grubo, pa se ulaskom u tvornicu papira sirovina mora ponovno pregledati i razvrstati. U otkupljenom papiru često se nalaze razni neželjeni, neupotrebljivi ili čak štetni predmeti. Budući da bi oni mogli izazvati vrlo skupa oštećenja strojeva u procesu prerade starog papira, pregledavanje i razvrstavanje se vrši ručno, na pokretnoj traci.

***2.korak -*** Razvlaknjivanje

Svrha razvlaknjivanja je odvajanje vlakana iz isprepletene strukture papira u pojedinačna vlakna. Pri tome se očekuje također da se i tiskarska boja odvoji od vlakana u obliku sitnih čestica.

Razvlaknjivanje otpadnog papira vrši se u pulperima. Vodi koja uz rotaciju propelera razvlaknjuje papir u vlakanca dodaju se kemikalije, a sam postupak se kontrolira s obzirom na konzistenciju pulpe, pH vrijednost, temperaturu, te vrijeme razvlaknjivanja.

Stari papir kao sirovina unosi u postupak prerade osim tiskarske boje i neka druga nevlaknata onečišćenja koja tvore ljepljive čestice. Najneugodnija i najnepoželjnija su svakako ljepila s etiketa, kuverti, maraka ili broširanog uveza. Ljepljive čestice potječu od taljivih ljepila, adheziva, veziva premaza, termoplastičnih smola, UV lakova i voskova. Važno je napomenuti da se za razvlaknjivanje najčešće koristi obrađena procesna voda iz kružnog toka tvorničkog sustava .

***3.korak -*** Pročišćavanje

Pročišćavanje je postupak kojim se iz pulpe uklanjaju onečišćenja kao što su smole, čestice gume, pijesak, metali, glina, polietilen, polistiren, ljepila, pa i boje. Osim što je za efikasno pročišćavanje važna veličina ovih čestica, vrlo je važna i njihova specifična težina, budući da se postupak vrši centrifugalnim pročistačima. Veličine čestica koje se ovim postupkom mogu ukloniti iz pulpe su u granicama vidljivosti prostim okom. Najmanje vidljive čestice su veličine oko 40 µm, a najkrupnije mogu iznositi i 4000 µm, npr. polimeri.

***4.korak -*** Prosijavanje

Prosijavanje služi za uklanjanje svih onih čestica, tj. kvržica koje su veće od vlakanaca u suspenziji. To mogu biti nerazvlaknjeni komadići papira, prisutni zbog nedostatnog razvlaknjivanja i sl. Te čestice, nadalje, mogu biti plosnati komadići plastike od omota ili vrećica, razni adhezivi, ljepljive površine i sl. koji se ovim postupkom efikasno uklanjanju. Ako se, međutim, razgrade do formata veličine vlakna, mogu zaostati u pulpi i kasnije u recikliranom papiru.

Prosijavanje se vrši prolaskom pulpe kroz sita definiranih promjera otvora. Sita mogu imati otvore ili proreze, a sustavi za prosijavanje često rade pod pritiskom kojim se vlakna "protiskuju" kroz sito.

Kozeny – Karmen jednadžba je izraz kojim se najčešće opisuje proces filtracije suspenzije na situ :

 (3.1)

gdje je:

*dQ / dt* - stupanj drenaže po jedinici poprečnog presjeka mokre trake papira

Δ*p* - stupanj pritiska kroz traku

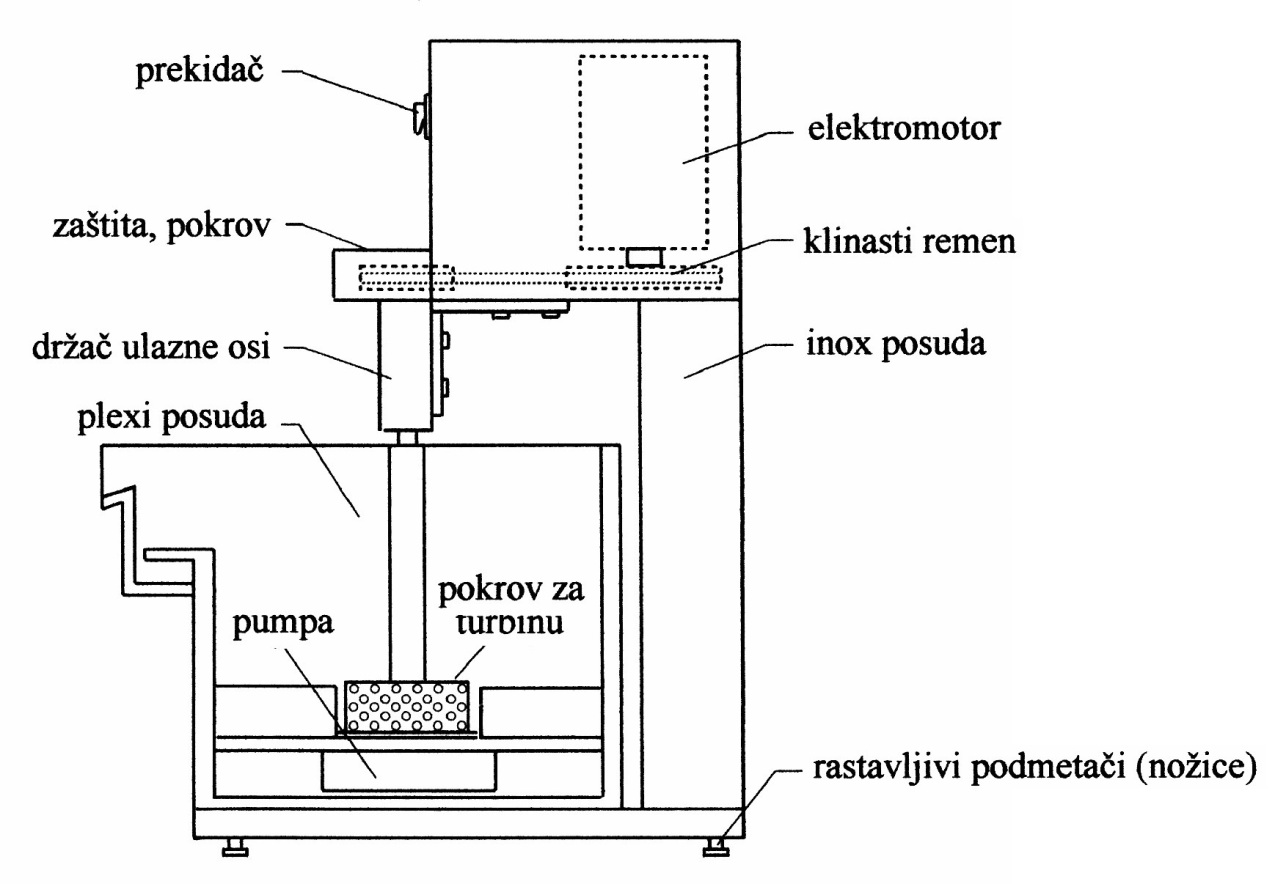
*C* - volumen vlakana u jedinici suspenzije

*S* - specifična površina vlakana u jedinici volumena

*η* - viskoznost suspenzije

***5.korak -*** Deinking flotacija

Deinking flotacija je proces selektivne separacije koji koristi mjehuriće zraka da odstrani čestice boje iz razvlaknjene suspenzije. U flotacijskoj čeliji čestice boje se hvataju na mjehuriće zraka koji ih nose prema površini. Flotacijske kemikalije se dodaju u pulpu kako bi povećale hidrofobnost čestica boje i da pospješe efikasnost flotacije. Na površini se stvara pjena koja se mora uklanjati.



*Slika 3.2 – Shematski prikaz floatacijske čelije*[7]

Efikasnost flotacije ovisi o vjerojatnosti da se tri uvjeta ispune za svaku česticu boje, a to su: sudar čestice i mjehurića, prihvaćanje čestice na mjehurić, i na koncu uklanjanje mjehurića sa česticom boje iz pulpe. Mnogi paramatri utječu na efikasnost flotacije, a mogu se razvrstati na četiri skupine:

1. svojstva čestica- kao što su veličina, broj, oblik, kemizam površine itd.
2. svojstva mjehurića - također njihova veličina, broj, kemizam površine i dispergiranost,
3. stupanj miješanja, tj. vrijeme i intenzitet flotacije,
4. procesni uvjeti, npr. vrsta otpadnog papira u postupku, količina pepela, svojstva vlakana, pH suspenzije, temperatura itd.

Svjetlina pulpe je vrlo često mjera efikasnosti deinking flotacije budući da uklanjanje tiskarske boje iz sustava samim time povećava svjetlinu. Efikasnost flotacije se određuje slikovnom analizom. Tom metodom mogu se odrediti broj i veličina prisutnih čestica boje, te veličina površine koju one pokrivaju u laboratorijskom listu poslije flotacije. Vrednovanje učinkovitosti flotacije odnosi se i na maksimalno smanjenje gubitaka vlakana tokom postupka reciklacije.

Općenito, vjerojatnost, P, da se čestica boje ukloni iz pulpe je funkcija vjerojatnosti svakog od ovih triju podmehanizama:

*P*c – vjerojatnost sudara čestice i mjehurića, (engl. probability of collision);

*P*a – vjerojatnost povezivanja, (engl. probability of attachment);

*P*s – vjerojatnost stabiliziranja, (engl. probability of stabilisation);

dakle:

 (3.2)

Pri postupku kemijske deinking flotacije koriste se slijedeće kemikalije:

* Natrijev hidroksid utječe na alkalnost pulpe, olakšava odvajanje čestica boje sa vlakana na način da pospješuje bubrenje vlakana, a također utječe na saponifikaciju masnih kiselina
* Vodikov peroksid se koristi za bijeljenje kao i za prevenciju tamnjenja pulpe
* Vodikov sulfid se obično koristi kao sredstvo za redukcijsko bijeljenje
* Natrijev silikat se koristi kao sredstvo za vlaženje koje smanjuje površinsku napetost. To je površinski aktivna tvar, služi kao stabilizator na taj način se sprječava ponovno vezivanje već odvojenih čestica boja na vlakna u pulpi.
* Sredstva za keliranje vežu ione teških metala i sprječavaju razgradnju vodikovog peroksida i vodikovog sulfida, te smanjuje potrebne količine natrijevog silikata u procesu.
* Kolektori: deinking flotacija se razvila uz korištenje sapuna, a to su alkalne soli masnih kiselina. Da bi propisno funkcionirala, flotaciji je potrebna pjena. Sklonost sapuna pjenjenju povezana je s brojem ugljikovih atoma u lancu na način da manji broj atoma, 10 do 12, proizvodi više pjene, dok veći broj atoma smanjuje njen nastanak. Osim sapuna mogu se koristiti masne kiseline, sintetski i polusintetski kolektori. Doziranje kolektora je vrlo delikatno zbog toga što prekomjerna količina može promijeniti hidrofoban karakter čestica u hidrofilan.
* Disperzanti služe u deinkingu ispiranjem da smanje površinsku napetost pulpe i da oforme “micelle” – odvojene čestice nečistoća obavijene hidrofilnim slojem tako da se izbjegne adhezija na površine drugih čestica u suspenziji.

Displektori: Deinking se može provesti kombinacijom flotacije i ispiranja. Tada su potrebne nove vrste kemikalija koje se zovu displektori, a to su kombinacije disperzanata i kolektora.

***6.korak*** -  ***Ispiranje***

Ispiranje je mehanički proces kojim se iz razvodnjene pulpe odvaja boja, punila i ostale čestice nečistoće. Efikasnost ispiranja ovisi o veličini čestica i to na način da je ispiranje kvalitetnije što su čestice sitnije. Može se provoditi na različite načine, uređajima sa bočnim sitima za suspenzije niže konzistencije, do 8% suhe tvari, ekstraktorima sa konusnim sitima za suspenzije srednje konzistencije, od 8 do 15 % suhe tvari i konačno pužnim prešama za guste suspenzije, tj. pulpe visoke konzistencije, preko 15% suhe tvari.

***7.korak - Ugušćivanje***

Uređaji za ispiranje suspenzija niskih konzistencija mogu se također koristiti za ugušćivanje na kraju deinking procesa. Ugušćivanje je nužno u slučaju skladišenja pulpe do trenutka njenog korištenja, tj. izrade papira na papir stroju.

***8.korak - Mljevenje***

Bez obzira što se reciklirani papir proizvodi od starog papira koji je u toku svoje primarne izrade već bio podvrgnut svim potrebnim postupcima pripreme, pa i mljevenju, ipak je u svakom novom ciklusu potrebno izvršiti ponovno mljevenje vlakana u refineru. Na taj način se utječe na bolje vezivanje vlakana u recikliranom papiru. Budući da su vlakna u sekundarnom ciklusu kraća od primarnih, potrebno je provoditi mljevenje manjeg intenziteta tzv. masno mljevenje koje ne skraćuje vlakna, već ih samo gnječi i raslojava. Dobra fibrilacija je neophodna za postizanje zadovoljavajućih svojstava površine i mehaničkih svojstava recikliranog papira. Fibriliranjem slojeva stjenki vlakana povećava se ukupna površina vlakana što ima direktnog utjecaja na kvalitetu bubrenja. Kvalitetno bubrenje je nužan preduvjet za postizanje veće fleksibilnosti vlakana kako bi se omogućilo što bolje međusobno vezivanje vlakana u budućem listu. To znači da površine vlakana u međusobnim kontaktima trebaju biti što veće. Što su vlakna u višem ciklusu ponovne upotrebe, to je ovaj problem naglašeniji zbog smanjene mogućnosti bubrenja takvih vlakana uzrokovanih ireverzibilnom kornifikacijom, tj. nepovratnim orožnjavanjem dijelova stjenki vlakana.

1. **METODE MJERENJA**

4.1 GRAMATURA

Gramatura, površinska masa ili masa jedinične površine je masa jednog kvadratnog metra papira, kartona ili ljepenke izražena u gramima. U SI sustavu jedinica za gramaturu g/m².

Gramatura se najpreciznije određuje gravimetrijski, kao aritmetička sredina mjerenja mase na preciznoj vagi više uzoraka izrezanih na dimezije 10 x 10 cm (HRN ISO 536; T 410):

** (4.1)

gdje je:

*g* – gramatura papira, g/m²

*m* – masa uzoka, g

*A* – površina uzorka, cm²

4.2DEBLJINA

Debljina papira, kartona ili ljepenke je udaljenost između dviju paralelnih strana ispitivanog lista. Određuje se mjerenjm na mikrometru, ulaganjem uzorka između dviju paralelnih metalnih mjernih ploha, a izražava se u milimetrima sa preciznošću od 0,001 mm.

4.3PROSTORNA MASA

Prostorna masa ili gustoća papira, kartona ili ljepenke je masa jednog kubičnog centimetra ispitivanog uzorka. Određuje se iz omjera gramature i debljine papira, a izražava se u g/cm³.

 (4.2)

gdje je:

*γ* – prostorna masa, 

*g* – gramatura, 

*d* – debljina, 

4.4SPECIFIČNI VOLUMEN

Specifični volumen je volumen što ga u prostoru zauzima jedan gram ispitivanog papira, kartona ili ljepenke. Određuje se kao omjer debljine i gramature papira, a izražava se u cm³/g.

 (4.3)

gdje je:

 – specifični volumen , 

*d* – debljina, 

*g* – gramatura, 

4.5PREKIDNA SVOJSTVA PAPIRA

Prekidna svojstva papira, kartona ili ljepenke obuhvaćaju nekoliko veličina, a to su otpornost papira prema kidanju ili prekidna sila, zatim prekidno istezanje, pa prekidna jakost papira, prekidna dužina i indeks kidanja (HRN ISO 1924-1; ISO 1924-2; T 404; T 494). Otpornost prema kidanju, tj. prekidna sila i prekidno istezanje se mjere na uređaju, dok se ostale veličine iz izmjerenih određuju računski.

Test se provodi na uređaju koji se zove kidalica. Uzorci za ispitivanje se izrezuju u trake širine 15 mm i duljine 180 mm. Pričvršćuju se na dvije hvataljke koje se uključivanjem uređaja počinju udaljavati jedna od druge sve do momenta kidanja ispitivanog uzorka.

4.6OTPORNOST PREMA KIDANJU, PREKIDNA SILA

Kidalica registrira silu na vlak potrebnu da dođe do kidanja ispitivane trake papira. Ta sila se naziva prekidna sila i izražava se u N. Od početka ispitivanja do trenutka kidanja trake papira, otpornost papira prema kidanju je veća od vlačne sile koja djeluje na uzorak. Nakon kidanja trake papira vlačna sila je veća od otpornosti papira prema kidanju. Samo u trenutku kidanja ispitivane trake papira vlačna sila i otpornost prema kidanju su jednake, pa se mjerenjem jedne, sile, može odrediti i druga, otpornost prema kidanju. Zato se i otpornost prema kidanju izražava se N. Prekidna sila djeluje na uzorak jednodimenzinalno.

4.7 PREKIDNA JAKOST

Prekidna jakost papira je maksimalna prekidna sila po jedinici širine ispitivanog uzorka koju papir izdrži do trenutka kidanja. Određuje se kao omjer prekidna sile i širine uzorka, a izražava se u kN/m.

 (4.4)

gdje je:

*S* – prekidna jakost, 

*F* – prekidna sila, 

*w* – širina trake, 

4.8. INDEKS KIDANJA

Indeks kidanja se određuje kao omjer prekidne jakosti i gramature i izražava se u Nm/g. Na taj način indeks kidanja omogućava međusobno uspoređivanje rezultata izmjerenih na uzorcima papira različith gramatura.

 (4.5)

gdje je:

*I* – indeks kidanja, 

*S* – prekidna jakost, 

*g* – gramatura, 

4.9OTPORNOST PREMA PRSKANJU

Otpornost prema prskanju ispitivanog papira, kartona ili ljepenke jednaka je tlaku potrebnom da uzorak prsne. List uzorka papira hermetički se pričvrsti metalnim zvonom na gumenu podlogu na koju sa doljnje strane djeluje komprimirani zrak. Pod utjecajem komprimiranog zraka i gumena podloga i ispitivani uzorak papira se deformiraju ispupčenjem sve dok uzorak ne prsne. Registrira se tlak u kPa u trenutku prskanja uzorka (HRN ISO 2758; T 807). Tlak na površinu papira djeluje dvodimenzionalno u svim smjerovima. Moguće je mjeriti i visinu deformacije papira ispupčenjem do momenta prskanja u milimetrima.

4.10 INDEKS PRSKANJA

Indeks prskanja se izračunava kao omjer otpornosti prema prskanju i gramature ispitivanog papira, a izražava se u kPam²/g. Koristeći se ovom veličinom moguće je uspoređivati otpornosti prema prskanju papira različitih gramatura.

 (4.6)

gdje je:

*x* – indeks prskanja, 

*p* – otpornost prema prskanju, 

*g* – gramatura, 

4.11OTPORNOST PREMA CIJEPANJU

Otpornost prema cijepanju jednaka je sili potrebnoj da se pocijepa ispitivani uzorak papira, kartona ili ljepenke koji je prethodno zarezan. Otpornost prema cijepanju se izražava u mN (HRN ISO 1974; T 494).



*Slika 4.1 uređaj za mjerenje otpornosti prema cijepanju*[8]

4.12 INDEKS CIJEPANJA

Indeks cijepanja određuje se kao omjer otpornosti papira prema cijepanju i gramature papira. Izražava se u mNm²/g. Izražavajući izmjerene vrijednosti otpornosti prema cijepanju u formi indeksa cijepanja omogućuje se uspoređivanje rezultata uzoraka papira različitih gramatura.

 (4.7)

gdje je:

*X* – indeks cijepanja, 

*F* – otpornost prema cijepanju, 

*g* – gramatura, 

4.13VLAGA U PAPIRU, KARTONU ILI LJEPENKI

Pojam vlage u papiru, kartonu ili ljepenki nije jednoznačan, već može označavati apsolutni sadržaj vlage u papiru kao i relativnu ili ravnotežnu vlažnost papira. Relativna ili ravnotežna vlaga se odnosi na relativnu vlažnost zraka u neposrednoj blizini papira, na njegovoj površini.

Apsolutni sadržaj vlage u papiru određuje se gravimetrijski nakon potpunog sušenja uzoraka papira u sušioniku na temperaturi višoj od 100°C. Izražava se kao postotni udio u masi uzorka prije sušenja (T 412). Apsolutni sadržaj vlage u papiru determinira se tokom proizvodnje papirne trake, u procesu primarnog sušenja. Promjenama vlažnosti zraka ili temperature u okolini papira mijenja se i sadržaj vlage u papiru budići da su celulozna vlakna higroskopna. Variranje vlage u papiru značajno se manifestira na mnoga svojstva papira, pogotovo na mehanička.

postotak vlage [%] (4.8)

gdje je:

 – masa klimatiziranog uzorka, [g]

 - masa suhog uzorka, [g]



*Slika 4.2 Sabljasti vlagomjer* [9]

4.14SADRŽAJ PEPELA

Sadržaj pepela u papiru, kartonu ili ljepenki je postotno izražen zaostatak nakon žarenja suhog uzorka na 900°C. Žarenje se provodi u mufolnoj peći tokom dva sata. Žarenjem sva organska materija u papiru sagorijeva, pa se pepeo zaostao nakon žarenja sastoji od isključivo anorganskih tvari (HRN ISO 2144; T 413).

Sadržaj pepela SE poistovjećuje sa sadržajem punila u papiru.

 [%] (4.9)

gdje je:

*A* – sadržaj pepela, [%]

*A*w - masa pepela, [g]

*B*w – masa suhog uzorka, [g]

4.15MASENO ISKORIŠTENJE

Maseno iskorištenje , čitavog postupka reciklacije određuje se kao postotni omjer mase matrijala izdvojenog pjenom i mase ulaznih otisaka.

[%] (4.10)



gdje je:

*y* – maseno iskorištenje, [%]

*w*p– masa pjene, [g]

*w*A– ulazna masa otisaka, [g]

**5. LITERATURA**

[1] Grupa autora , Ekološki leksikon , Barbat , Zagreb 2004.

[2] Grupa autora, Hrvatski enciklopedijski rječnik, Novi Liber, Zagreb 2004.

[3] Nepoznati autor ; http://ekologija.ba, posjećeno 15.6.2012

[4] Pravilnik o vrstama otpada NN br. (27/96)

[5]Nepoznati autor ; http://www.calderdale-online.org/environment/recycle.html,posjećeno 15.6.2012

[6] Nepoznati autor ; http://www.erecicle.com/index.php?option=com\_content&task=view&id=40&Itemid=37,posjećeno 16.6.2012

[7]http://materijali.grf.unizg.hr/media/Shematski%20prikaz%20dezintegratora%20i%20flotacijske%20celije.pdf,posjećeno 16.6.2012

[8] Nepoznati autor;http://materijali.grf.unizg.hr/media/uvodna%20vjezba%20%20SVOJSTVA%20I%20ISPITIVANJA%20PAPIRA.pdf,posjećeno 17.6.2012

[9] Nepoznati autor;http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%206.pdf,posjećeno 18.6.2012

[www.maturski.org](http://www.maturski.org/)