

Mestna občina Celje
Komisija Mladi za Celje

VPLIV VIRA CELULOZE NA NJENE FIZIKALNE LASTNOSTI IN PORABO BELILA PRI PROIZVODNJI PAPIRJA

Raziskovalna naloga

Področje: kemija in kemijska tehnologija

Avtorica:

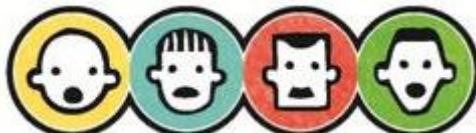
Liza Novak, 9. a

Mentorici:

Tatjana Kočev, pap. tehnol.

Nevenka Tratar, prof. bio.in kem.

Radeče, marec 2019



Javni zavod

Osnovna šola
Marjana Nemča
Radeče

VPLIV VIRA CELULOZE NA NJENE FIZIKALNE LASTNOSTI IN PORABO BELILA PRI PROIZVODNJI PAPIRJA

Raziskovalna naloga

Področje: kemija

AVTORICA

Liza Novak, 9. a

Mentorici:

Tatjana Kočevan, pap. tehnol.

Nevenka Tratar, prof. bio in kem.

Jezikovni pregled:

Ljiljana Lopatić Legan, prof. slj.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2019

ZAHVALA

*Za pomoč pri raziskovalni nalogi se zahvaljujem
mentoricama Tatjani Kočevar in Nevenki Tratar,
ki sta mi skozi ves potek raziskovalne naloge
pomagali in mi svetovali.*

*Zahvaljujem se tovarni Radeče papir nova, še posebej
Tatjani Guček in Karmen Martinšek, ki sta mi pomagali pri
eksperimentalnem delu. Posebna zahvala velja Tomažu
Režunu, ki mi je omogočil delo v njegovem podjetju.
Zahvaljujem se tudi učiteljicama Ljiljani Lopatić Legan
in Neži Božič za pregled besedila.*

Vsem še enkrat hvala!

Kazalo

POVZETEK.....	6
ABSTRACT	7
1 UVOD.....	8
1.1 Namen naloge	9
1.1 Hipoteze	9
1.2 Metode dela	9
1.2.1 Delo z viri	9
1.2.2 Eksperimentalno delo	9
1.2.3 Analiza rezultatov.....	10
2 TEORETIČNI DEL.....	10
2.1 Kaj je celuloza?	10
2.1 Uporaba celuloze.....	11
2.2 Nastanek celuloze	11
2.3 Vrste dreves – viri za celulozo	12
2.4 Priprava celuloze za papir	15
2.5 Pridobivanje papirja	15
3 OSREDNJI DEL	16
3.1 RAZISKOVALNO EKSPERIMENTALNO DELO.....	16
3.1.1 Priprava vzorcev celuloze	16
3.1.2 Določanje lastnosti celuloze	21
3.1.3 Poraba belila.....	25
3.2 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	26
3.2.1 Primerjava fizikalnih lastnosti obeh celuloz	26
3.2.2 Poraba belila.....	27
3.3 Potrditev hipotez.....	28
4 ZAKLJUČEK	29
5 LITERATURA.....	30

Kazalo slik

Slika 1: Pogled na papirnico Radeče [osebni arhiv].....	8
Slika 2: Pogled na papirnico - stroj 4, kjer izdelujejo papir [osebni arhiv]	8
Slika 3: Delo v laboratoriju [osebni arhiv]	10
Slika 4: Zgradba celuloze [17].....	10
Slika 5: Dve vzporedni celulozni verigi, povezani z vodikovimi vezmi [12]	11
Slika 6: Bor [9]	12
Slika 7: Smreka [10]	13
Slika 8: Smola na lubju iglavcev [13]	13
Slika 9: Smolni kanali v lesu iglavcev (vzdolžni prerez) [16]	13
Slika 10: Smolni kanal pri smreki - prečni prerez lesa [16].....	13
Slika 11: Evkaliptus [3].....	14
Slika 12: Celulozna vlakna iglavca (levo) in evkaliptusa (desno) po mletju [12]	14
Slika 13: Celuloza v polah [osebni arhiv]	15
Slika 14: Proizvodnja papirja v podjetju Radeče papir nova [osebni arhiv]	16
Slika 15: Vzorci celuloze, ki sem ju analizirala [osebni arhiv]	17
Slika 16: Naprava za mletje in pripravo celulozne kaše po Valleyu [osebni arhiv]	17
Slika 17: Merilnik stopnje mletja Schopper-Riegler [osebni arhiv]	18
Slika 18: Vakuumska filtracija vzorca [osebni arhiv]	19
Slika 19: Priprava vzorca v oblikovalniku [osebni arhiv]	19
Slika 20: Sušenje vzorcev v sušilnem valju [osebni arhiv]	20
Slika 21: Vzorci, pripravljeni za nadaljnjo analizo [osebni arhiv]	20
Slika 22: Določanje smetnosti z osvetljevanjem [osebni arhiv]	21
Slika 23: Določanje debeline vzorca [osebni arhiv].....	21
Slika 24: Merjenje razpočne odpornosti vzorca [osebni arhiv].....	22
Slika 25: Dinamometer za merjenje utržne vrednosti [osebni arhiv]	22
Slika 26: Merilnik raztržne odpornosti [osebni arhiv]	23
Slika 27: Merjenje prepustnosti svetlobe s spektrometrom [osebni arhiv].....	24
Slika 28: Določanje beline vzorcev [osebni arhiv]	24

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Primerjava posameznih lastnosti za obe vrsti celuloze	26
Preglednica 2: Primerjava porabe belila glede na vrsto celuloze	27

POVZETEK

Danes si težko predstavljamo življenje brez papirja. V naši neposredni okolici imamo podjetje Radeče papir nova, ki s svojo proizvodnjo raznolikih papirjev vpliva na življenje občanov in seveda širše okolice. Ker je za moj kraj torej značilna papirna industrija, sem se odločila za takšno vsebino raziskovalne naloge.

Moj namen je bil ugotoviti, katera celuloza je najboljša za izdelavo papirja – katera ima najboljše lastnosti in je zanjo potrebno porabiti najmanj belila, ki škoduje naravi.

Pri proizvodnji papirja so v podjetju zelo odvisni od dobaviteljev celuloze, ki prihaja z različnih koncev sveta. Lesni viri celuloze so zelo različni in posledično so različne tudi fizikalne lastnosti celuloze. To zelo vpliva na dodatke, ki so potrebni, da je kvaliteta papirja v okviru vedno višjih zahtev porabnikov. V raziskovalni nalogi sem se osredotočila na vpliv lesnih virov na lastnosti celuloze in posledično porabo belila pri proizvodnji papirja.

Osredotočila sem se na dve vrsti celuloze. Za prvo, ki nosi trgovsko ime Navia, je glavni vir evkaliptus. Za drugo, s trgovskim imenom Kaparo, pa so glavni vir iglavci. Že na pogled je bilo opazno, da je Kaparo rahlo temnejša, opazila pa sem tudi več drobcev drugih snovi. Zato sem sklepala, da bodo fizikalne lastnosti celuloze Navia bolj ugodne. Prav tako sem predvidevala, da bo poraba belila pri uporabi celuloze iglavcev večja.

Obe hipotezi sem z eksperimentalnim delom tudi potrdila.

Ključne besede: celuloza, viri celuloze, mehanske lastnosti, optične lastnosti, belilo, proizvodnja papirja

ABSTRACT

It is hard to imagine a life without paper today. In our immediate surroundings there is Radeče papir nova, which, with its production of various papers, affects the lives of citizens and, of course, the wider surroundings. Since my town is famous for the paper industry, I have decided to do this research work.

My purpose was to determine which cellulose is the best for making paper - the one that has the best qualities and therefore does not need a lot of bleaching, which damages the nature.

In the production of paper, the company is highly dependent on cellulose suppliers, which come from different parts of the world. Wooden sources of cellulose are very different and, consequently, the physical properties of cellulose are also different. This has a great impact on the additions which are needed to ensure that the paper quality is within the frame of increasing consumer's demands. In the research work, I focused on the influence of wooden resources on the properties of cellulose and consequently the consumption of bleaching in paper production.

I have focused on two types of cellulose. Eucalyptus is the main source of the first one, which has the trade name Navia. The other one has the trade name Kapara, and its main source are conifers. It can be noticed at the first sight that Kaparo is slightly darker, and I also noticed several fragments of other substances. So I concluded that the physical properties of Navia cellulose will be more favourable. I also assumed that the consumption of bleach would be higher when using the coniferous pulp. I confirmed these hypotheses with the experimental work.

Key words: cellulose, cellulose sources, mechanical properties, optical properties, bleach, paper production.

1 UVOD

Tradicija papirništva v Radečah sega v leto 1736. Od takrat naprej vse generacije vestno sledijo stopinjam papirniških mojstrov. Strokovnost, ki temelji na dolgoletni tradiciji in pridobljenem znanju, se kaže v kakovosti izdelave vseh vrst papirjev [11]. Pri svojem delu sem se poglobila v celulozo kot eno izmed ključnih surovin za pridobivanje papirja. Raziskala sem, kako in iz česa jo pridobivamo, kakšne so njene lastnosti, za kaj jo uporabljamo. Pri eksperimentalnem delu pa sem se odpravila v tovarno papirja Radeče papir nova, kjer sem preverila, katere lastnosti ima točno določena celuloza. Primerjala sem lastnosti dveh različnih celuloz, katerih viri so bili iglavci in evkaliptus. Presenetilo me je, da so se celuloze v nekaterih lastnostih zelo razlikovale.



Slika 1: Pogled na papirnico Radeče [osebni arhiv]



Slika 2: Pogled na papirnico - stroj 4, kjer izdelujejo papir [osebni arhiv]

1.1 Namen naloge

Namen moje naloge je ugotoviti, ali imajo različne vrste celuloze različne mehanske in optične lastnosti ter razliko v porabi belila glede na vrsto celuloze.

1.1 Hipoteze

HIPOTEZA 1: Mehanske in optične lastnosti celuloze iz evkaliptusa so boljše od mehanskih in optičnih lastnosti celuloze iz iglavcev.

HIPOTEZA 2: Za celulozo iz iglavcev potrebujemo več belila kot za celulozo iz evkaliptusa.

1.2 Metode dela

1.2.1 Delo z viri

Na spletu in v knjižnici sem poiskala podatke o tem, kar je o lastnostih celuloze že znanega. Največ literature sem prejela v podjetju, saj gre za njihove interne postopke, ki so jih razvijali dolga leta.

1.2.2 Eksperimentalno delo

Poglavitni del moje raziskovalne naloge je potekal v podjetju Radeče papir nova, kjer sem v njihovih laboratorijih pripravila ustrezne vzorce celuloze in preverila njihove optične in mehanske lastnosti.



Slika 3: Delo v laboratoriju [osebni arhiv]

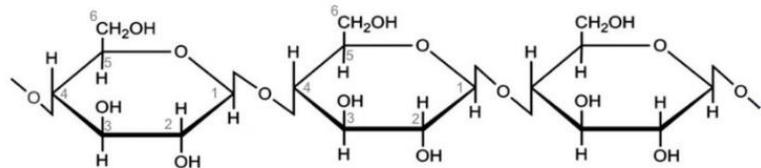
1.2.3 Analiza rezultatov

O rezultatih sem se pogovorila z mentoricama in zaposlenimi v podjetju.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Kaj je celuloza?

Celuloza je naravni polimer. Spada med polisaharide, ki so del skupine ogljikovih hidratov. Njena kemijska formula je $[C_6H_{10}O_5]_n$ (n je število monomernih enot).



Slika 4: Zgradba celuloze [17]

V naravi jo najdemo v vseh rastlinskih tkivih, ki jo potrebujejo v celičnih stenah in je najbolj razširjena organska snov v naravi [2]. Odkril in izoliral jo je francoski kemik Anselme Payen v sredini 19. stoletja. [8]

Celuloza vodi in večini organski topil ni topna. Raztoplja se le v redkih topilih, na primer v Schweizerjevem reagentu (to je raztopina bakrovega hidroksida v amonijaku). [12]

2.1 Uporaba celuloze

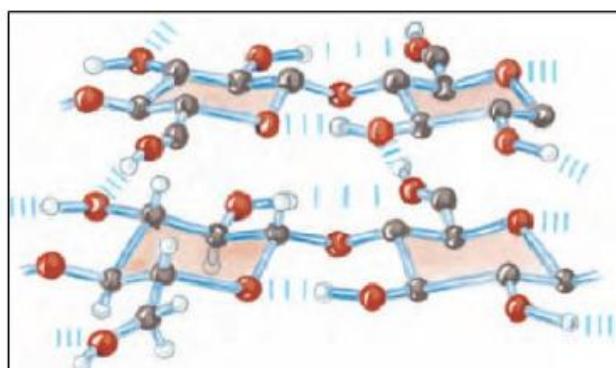
Celulozo pridobivamo iz lesa in jo nato uporabimo v papirni industriji. Pomembna je tudi v tekstilni industriji. Celulozne derivate, na primer metilcelulozo, uporabljamamo v gradbeništvu kot lepilo za keramične ploščice, mavec, sredstvo za zgoščevanje. Iz celuloze izdelujemo tudi celofan [15].

2.2 Nastanek celuloze

V drevesnih listih neprenehoma poteka zapleten kemijski proces, ki mu pravimo fotosinteza. V tem procesu v celicah drevesnega lista nastajajo posebni sladkorji. Raztopljeni so v celični tekočini, katere glavna sestavina je voda. Drevo v listih nastale sladkorje odvaja iz lista in jih skladišči v drevesni skorji in tik pod skorjo. Tukaj iz njih nastane celuloza, ki jo drevo vgradi v lesne celice. [16]

Osnovni sladkorji (monomere) se povežejo v dolgo verigo - celulozno vlakno. Te verige pa se združujejo med seboj v večja vlakna, iz katerih je zgrajena stena lesne celice [6]. Molekule celuloze se medsebojno združujejo v podolgovate paličice, ki se v obliki snopičev povezujejo med seboj in dajejo celulozi mehansko trdnost.

Celuloza ima kristalno strukturo, v kateri so molekule glukoze povezane z močnimi vodikovimi vezmi [12].



Slika 5: Dve vzporedni celulozni verigi, povezani z vodikovimi vezmi [12]

2.3 Vrste dreves – viri za celulozo

Celulozo najpogosteje pridobivamo iz lesa iglavcev (smreka, jelka in bor), pridobivamo pa jo tudi iz listnatih dreves. Sicer lahko celulozo pridobivamo tudi iz drugih rastlin, kot so bombaž, lan, bambus in drugih [7].

Celulozi, katerih lastnosti sem primerjala, sta bili iz evkaliptusa (trgovsko ime Navia) in iz mešanih iglavcev (trgovsko ime Kaparo). Kitajci, ki so okoli leta 100 pr. n. št. prvi izdelovali papir, so ga izdelovali iz trave in lubja dreves s starimi krpami in ribiškimi mrežami.

Iglavci

Iglavci so vrsta dreves, ki jih prepoznamo po iglicah, ki imajo enako vlogo kot listi pri listavcih. So zelo prilagodljiva vrsta, saj rastejo vse od morja (bor) do gozdne meje in visoko, nad gozdno mejo (macesen, ruševje). Večinoma so zimzeleni, le macesen pozimi odvrže iglice. Iglavci so zelo razširjeni, zato iz njihovega lesa izdelujemo najrazličnejše predmete (ostrešja, pohištvo, glasbene inštrumente in drugo). [9]

Les iglavcev vsebuje 50-60 % celuloze z dolgimi in širokimi vlakni.



Slika 6: Bor [9]

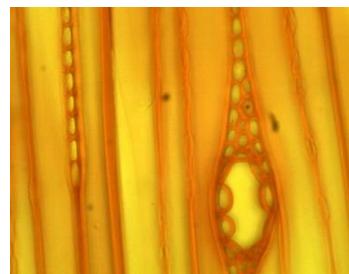


Slika 7: Smreka [10]

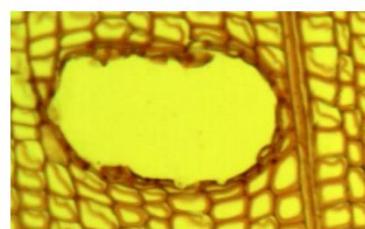
Les iglavcev lahko vsebuje smolne kanale s smolo, ki moti pri nadaljnji obdelavi lesa.



Slika 8: Smola na lubju iglavcev [13]



Slika 9: Smolni kanali v lesu iglavcev (vzdolžni prerez) [14]



Slika 10: Smolni kanal pri smreki - prečni prerez lesa [14]

Smola iglavcev vsebuje terpentin, ki skrbi za hitro celjenje in sanacijo poškodb lesa.

Evkaliptus



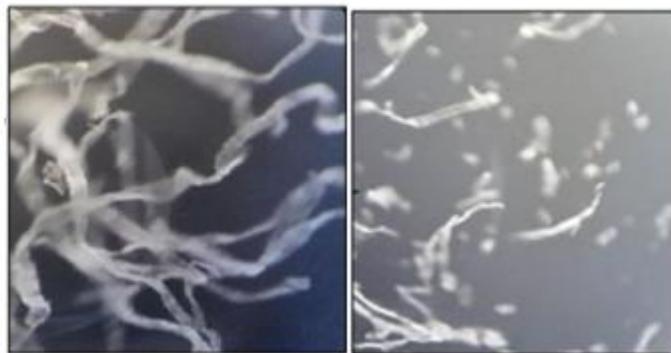
Slika 11: Evkaliptus [3]

Evkaliptus je na mraz občutljivo drevo, ki ne prenese temperature, nižje od 10 stopinj [4]. Potrebuje sončna rastišča, zavetje pred močnimi mrzlimi vetrovi, rodovitna in dobro odcedna tla [3].

Les evkaliptusa izloča tudi sirup, podoben javorjevemu, ki ga uporabljam v živilski industriji. Ima intenziven svež zeliščni vonj z mehkim lesenim podtonom. Drevo je veličasten listavec, ki zraste do 90 m visoko. Izhaja iz Avstralije, njegov les se uporablja za gradnjo in zunanje pohištvo, saj dobro kljubuje vsem vremenskim razmeram [5].

Se pa celuloza razlikuje tudi po dolžini in debelini vlaken, kar zagotovo vpliva na njene končne fizikalne lastnosti. Vlakna so trakasta in se med seboj prepletajo.

Spodnja slika prikazuje primerjavo celuloznih vlaken iglavca in evkaliptusa. Prikaz je bil opravljen pri 100-kratni povečavi [12].

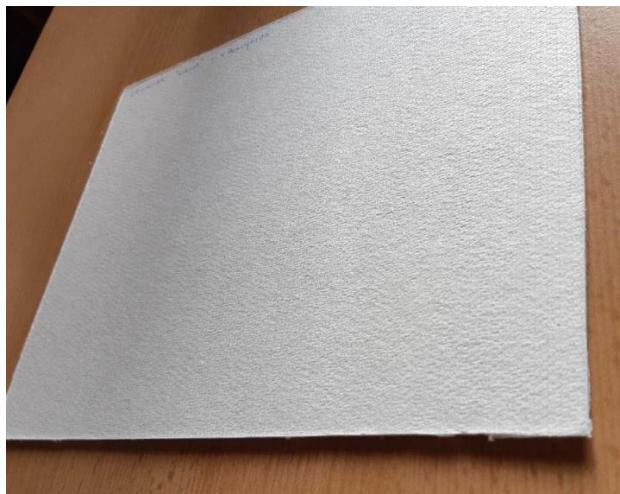


Slika 12: Celulozna vlakna iglavca (levo) in evkaliptusa (desno) po mletju [12]

Iz slike je razvidno, da so celulozna vlakna iglavcev daljša in debelejša.

2.4 Priprava celuloze za papir

Les, ki ga uporabljajo za predelavo v celulozo, najprej olupijo (odstranijo lubje), nato pa ga seseklajo v drobne koščke (3x3x0.6 mm). To sekanico prečistijo na posebnih sitih, da odstranijo večje in trše dele. Razgradnjo celuloze dosežejo z učinkovanjem kemikalij, kislin in baz, ob istočasnem delovanju toplote in tlaka. Celulozo izpirajo, separatorji jo razvlaknijo na vlakna, sortirajo na posebnih valjastih sitih, nato pa med valji stisnejo valjasto kašo v plošče, ki jih potem zvijejo v posamezne zvitke ali pole, primerne za transport v papirnice [15].



Slika 13: Celuloza v polah [osebni arhiv]

2.5 Pridobivanje papirja

Osnova skoraj vseh papirjev je papirna snov, ki je skupni naziv za lesna ali celulozna vlakna, iz katerih se izdeluje papir. Podjetja papirno snov praviloma kupijo pripravljeno in jo združijo v papirno maso skupaj z vezivi, polnili, lepili in drugimi dodatki.

Celulozo morajo najprej kuhati v topli vodi, da se ta razmehča in na ta način pridobijo papirno kašo. Zmesi dodajo barvila, lepila in polnila, da bi bil nastali papir boljši. Kašo nato vodijo na papirni stroj, ki ga sestavlja sita, ki s tresenjem oblikujejo papirne zvitke. Tem na stiskalnicah iztisnejo še preostalo vodo. Liste posušijo na sušilnih valjih. Papir navijejo na

valje. Papirno maso, sestavljeno iz teh drobnih vlaken, nato razširijo na liste, stisnejo in posušijo, da dobijo papir. [15]



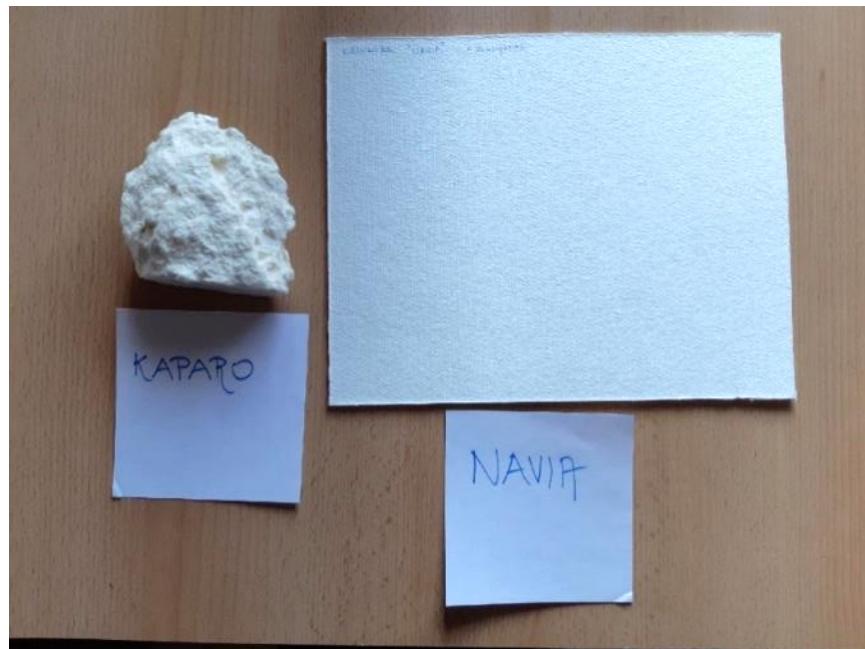
Slika 14: Proizvodnja papirja v podjetju Radeče papir nova [osebni arhiv]

3 OSREDNJI DEL

3.1 RAZISKOVALNO EKSPERIMENTALNO DELO

3.1.1 Priprava vzorcev celuloze

Celuloza je rastlinski polisaharid različnih virov. Pri svoji nalogi sem uporabila celulozo iz iglavcev in evkaliptusa. Dobavitelji prihajajo iz Španije in Nemčije, a pogosto v proizvodnji papirja natančen izvor rastlin ni znan.



Slika 15: Vzorci celuloze, ki sem ju analizirala [osebni arhiv]

Najprej določimo stopnjo mletja naših vzorcev. Ta podatek je pomemben, ker je od njega odvisna kvaliteta papirja. Metoda priprave predpisuje način mletja vlaknin v laboratorijski napravi za mletje po Valleyu.

Natehtala sem 360 g vzorca in dodala 23 l vode. Približno 20 minut sem vlakna namakala, da se čim bolj razpustijo, nato pa zmes 30 minut mlela v napravi za mletje celulozne kaše po Valleyu. Čas mletja se sicer prilagaja glede na željeno kvalitetu papirja, ki je odvisna od zahteve kupca.



Slika 16: Naprava za mletje in pripravo celulozne kaše po Valleyu [osebni arhiv]

Stopnjo mletja določamo s pomočjo merilnika stopnje mletja Schopper-Riegler.



Slika 17: Merilnik stopnje mletja Schopper-Riegler [osebni arhiv]

Po 30 minutah sem iz naprave za mletje odmerila 835 mL suspenzije in dodala vode do skupne prostornine 1000 mL. V posodo merilnika stopnje mletja sem nalila 1000 mL suspenzije in po nekaj sekundah sprostila zatič. Na spodnjem delu sita se nabere mleta celulozna masa, skoznjo pa odteka voda v merilni valj. Hitrost odtekanja vode nakazuje na stopnjo mletja. Če voda odteka hitreje, je stopnja mletja nižja in obratno.

Plast celulozne mase, ki ostane na situ, sem odstranila iz sita. Z vakuumsko filtracijo sem odstranila odvečno vodo, maso sušila v sušilniku in stehtala. S pomočjo tega podatka sem določila stopnjo mletja. Stopnjo mletja odčitamo iz preglednice standardiziranega postopka. Izraža se v stopinjah šoperja – °SR. [1]



Slika 18: Vakuumska filtracija vzorca [osebni arhiv]

Nastalo zmes v napravi za mletje sem nato uporabila za pripravo vzorcev. Iz naprave sem odmerila 1200 ml suspenzije in razredčila z vodo do 8 litrov. Temeljito sem premešala in zlila v oblikovalnik.



Slika 19: Priprava vzorca v oblikovalniku [osebni arhiv]

Pred uporabo sem vzorec sušila na sušilnih valjih 12 minut.



Slika 20: Sušenje vzorcev v sušilnem valju [osebni arhiv]



Slika 21: Vzorci, pripravljeni za nadaljnjo analizo [osebni arhiv]

3.1.2 Določanje lastnosti celuloze

3.1.2.1 Smetnost

Določamo količino delcev, ki kvarijo videz vzorca in povzročajo slabšo kvaliteto papirja. Določa se s pomočjo predloge z določeno velikostjo delcev, s pomočjo katere določamo velikost motečih elementov in s štetjem količino le teh. Postopek se opravi na nekaj izbranih polah vzorcev celuloze, ki jih položimo na osvetljeno podlago.



Slika 22: Določanje smetnosti z osvetljevanjem [osebni arhiv]

3.1.2.2 Specifični volumen

Je razmerje med prostornino in maso vzorca.

3.1.2.3 Debelina

Določimo jo z mikrometrom. Je razdalja med zgornjo (A) in spodnjo (B) stranjo vzorca.



Slika 23: Določanje debeline vzorca [osebni arhiv]

3.1.2.4 Razpok

Preizkus po tej metodi služi določitvi odpornosti vzorca. Razpočna odpornost nam pove tlak, ki je potreben, da vzorec papirja, ki je vpet v aparatu, poči. [1]



Slika 24: Merjenje razpočne odpornosti vzorca [osebni arhiv]

3.1.2.5 Utržna vrednost

S tem preizkusom ugotavljamo, kakšna je utržna sila. To je sila, ki je potrebna, da se trak celuloznega lista širine 15 mm in dolžine 180 mm, pretrga. Določitev izvedeno z dinamometrom. Vrednost izrazimo v N. [1]



Slika 25: Dinamometer za merjenje utržne vrednosti [osebni arhiv]

3.1.2.6 Raztržna vrednost

Je sila, potrebna za pretrg vnaprej zarezanega vzorca v smeri zareze. Za to analizo pripravimo štiri lističe velikosti 65mmx55mm [1].



Slika 26: Merilnik raztržne odpornosti [osebni arhiv]

3.1.2.7 Gramatura

Je masa $1m^2$ vzorca, izražena v gramih. Določimo jo tako, da stehtamo poznano površino papirnega lista na 0,1 g natančno ter preračunamo dobljeno maso na površino $1 m^2$ [1].

3.1.2.8 Opaciteta

Opaciteta celuloze je merilo za prepustnost svetlobe. Izmerimo jo z difuznim žarkom. Merimo jo s spektrofotometrom. Poda nam prosojnost vzorca [1].



Slika 27: Merjenje prepustnosti svetlobe s spektrometrom [osebni arhiv]

3.1.2.9 Belina

Razliko v belini opazimo, ko več papirjev položimo skupaj. Nekateri so hladno bele barve, skoraj modrikasti, drugi naravno beli, delujejo malo rumenkasto.

Metoda določanja beline se uporablja za ugotavljanje beline bele, skoraj bele in naravno obarvane celuloze. Stopnja beline je razmerje odboja svetlobe maksimalne valovne dolžine 457 nm proti odboju svetlobe standardnega vzorca iz magnezijevega oksida, čigar vrednost je 100. Beline se določa s spektrofotometrom. Izražamo jo v odstotkih [1].



Slika 28: Določanje beline vzorcev [osebni arhiv]

3.1.3 Poraba belila

Porabniki zahtevajo visoko stopnjo beline papirja. Zato je zelo pomembno, kakšno vrsto celuloze uporabljam. Celuloza je namreč običajno vsaj rahlo obarvana in je potrebno dodajati belilo.

Pri proizvodnji papirja se uporablja belilo Optiblanc, ki je visoko aktivno optično belilo.

V proizvodnem procesu potekajo stalne meritve porabe belila glede na vrsto celuloze.

Ta je neposredno odvisna od beline celuloze, kar je posledica različnih virov celuloze.

Kot je razvidno iz predhodnih rezultatov, je celuloza, katere vir je evkaliptus, bistveno večje beline kot pri iglavcih.

Zato je, pričakovano, tudi poraba belila v slednjem primeru večja. Čeprav je grobo mleta celuloza iglavcev bistveno cenejša, se vedno ugotavlja razmerje nabavne cene celuloze in poraba belila. Skozi vrsto let izkušenj in raziskovalnega dela so v podjetju ugotovili, da je optimalno razmerje 70 : 30 v korist celuloze iz evkaliptusa. Najpogosteje se sicer uporablja le celuloza evkaliptusa, a je ni vedno dovolj na voljo. Zato se občasno dodaja tudi celuloza iglavcev. Nabavna cena slednje je sicer nižja, a je poraba belila zaradi slabše beline celuloze večja. Kljub temu je zgoraj navedeno razmerje še vedno ekonomsko ugodno za proizvajalca.

3.2 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.2.1 Primerjava fizikalnih lastnosti obeh celuloz

Za vsako vrsto celuloze smo pripravili po dva vzorca, ki smo ju analizirali.

Vrednosti v preglednici so povprečne vrednosti.

LASTNOSTI CELULOZE VRSTA CELULOZE	NAVIA	KAPARO
Gramatura [g/m²]	80	78
Debelina [μm]	213	374
Stopnja beline [%]	87,5	59,3
Smetnost	Nizka	Visoka
Specifični volumen [m³/kg]	2,66	4,27
Razpok [kPa]	152	45
Utržna vrednost [kN/m]	47,5	17,5
Raztržna vrednost [mN]	646	296
Opaciteta [%]	89,1	87,9

Preglednica 1: Primerjava posameznih lastnosti za obe vrsti celuloze

Iz preglednice je razvidno, da ima celuloza, pridobljena iz evkaliptusa, boljše mehanske in optične lastnosti. Predvsem se osredotočamo na smetnost, stopnjo beline, razpok, utržno vrednost, raztržno vrednost in opacitetu.

Iz zgornje preglednice je jasno vidno, da celuloza iz evkaliptusa prenese večji tlak in silo preden se poškoduje. Vse to je ključnega pomena za pridelavo kvalitetnega in vzdržljivega papirja. Večja smetnost moti proces priprave kvalitetnega papirja, saj so drobni delci moteči pri uporabi papirja in slabšajo kvaliteto izpisa na njem. Ker je skozi proces priprave papirja nemogoče odstranjevati te delce, je pomembno, da je že v izhodni surovini tega čim manj. Smetnost se določa pred uporabo v proizvodnji. V

primeru nesprejemljivih vrednosti, ki bi zmanjšale kvaliteto končnega produkta, v podjetju celulozo reklamirajo.

3.2.2 Poraba belila

Opazna je tudi razlika v belini, v prid celulozi iz evkaliptusa. To je bilo sicer opazno že v predpripripravi.

Razlogi za takšne rezultate, so v sestavi lesa in posledično zgradbi celuloze. Slabost celuloze iz iglavcev so debelejša vlakna in vsebnost smole, ki moti proces obdelave lesa in vpliva na lastnosti celuloze za proizvodnjo papirja.

Za beljenje papirja v podjetju uporabljam belilo Optiblanc, ki je optimalno belilo za ta namen.

Poraba belila je zelo odvisna od prvotne beline celuloze. Tehnolog redno spremi in prilagaja količino potrebnega belila za optimalno belino papirja, ki jo zahteva naročnik.

	NAVIA	KAPARO
Masa porabljeni celuloze v 8 urah [kg]	26424 (100% Navia)	21538 (7179 kg Kaparo + 14358 kg Navia; 2/3 Navia + 1/3 Kaparo)
Poraba belila [kg]	80	140
Poraba belila [%]	0,40	0,65

Preglednica 2: Primerjava porabe belila glede na vrsto celuloze

Poraba belila je občutno večja pri proizvodnji papirja , kjer se uporablja tudi celuloza iz iglavcev. To zagotovo slabo vpliva na vode v okolici in obremenjuje okolje. Prav tako je zaradi povečane porabe belila večji tudi finančni strošek podjetja pri pripravi končnega proizvoda.

Sem pa mnenja, da se pogosto zahteva izrazitejša belina papirja, kot bi sicer bila potrebna. Pogosto s takšnimi zahtevami pretiravamo in bi lahko s prilagoditvijo kriterijev na tem področju zmanjšali porabo belil, kar bi zmanjšalo stroške proizvodnje in negativni učinek na okolje.

3.3 Potrditev hipotez

V prvi hipotezi sem predvidevala, da bodo mehanske in optične lastnosti celuloze iz evkaliptusa boljše od mehanskih in optičnih lastnosti celuloze iz iglavcev. To trditev lahko potrdim. Glede na moje rezultate ugotavljam, da je celuloza iz evkaliptusa boljše kvalitete in pomeni bolj ugodno surovino za kvaliteten papir.

V drugi hipotezi pa sem predvidevala, da bo poraba belila večja, če bo kot vir celuloze uporabljenia tudi celuloza iglavcev. Tudi to hipotezo sem potrdila. To je sicer bilo pričakovano, saj me je že prvo srečanje s surovinami usmerilo v takšno razmišljanje.

4 ZAKLJUČEK

Med izvajanjem eksperimentalnega dela sem zelo uživala. Vesela sem, da sem imela priložnost videti notranjost tovarne in se podrobneje seznaniti z njihovim delom.

Zadovoljna sem, da lahko potrdim obe hipotezi, saj to pomeni, da sem že ob začetku dela opazila podrobnosti, ki so me usmerile v pravo razmišljanje.

V tovarni Radeče papir nova vso celulozo za proizvodnjo papirja kupijo preko posrednikov iz različnih delov sveta. Kot vir celuloze se uporablajo različne rastline, iglavci, evkaliptus, drugi listavci in druge rastline.

V tej tovarni najpogosteje uporablajo celulozo evkaliptusa in iglavcev. Na začetku so me v podjetju seznanili s celotnim postopkom dela. Takoj sem opazila vizualno razliko med obema surovinama. Skozi eksperimentalno delo sem ugotovila, da se fizikalne lastnosti precej razlikujejo. Od tega so seveda odvisne tudi fizikalne lastnosti papirja, za katerega pa se sedaj zahtevajo zelo visoki standardi kvalitete. Moram pa priznati, da so me nekateri rezultati presenetili. Nisem namreč pričakovala takšnih razlik pri merjenju mehanskih in optičnih lastnosti celuloze evkaliptusa in iglavcev.

Zaradi bistveno slabših lastnosti celuloze iglavcev jo uporablajo le v mešanici z drugimi, največkrat celulozo evkaliptusa. Prav tako je poraba belila Optiblanc za doseganje optimalne beline papirja v primeru celuloze iz iglavcev večja.

Nadgraditev raziskave bi lahko dosegla z vključitvijo celuloze iz drugih virov in v različnih razmerjih. Na ta način bi ugotovila, če imajo celuloze iz drugih rastlin mogoče še boljše mehanske in optične lastnosti kot celuloza iz evkaliptusa. Prav tako bi lahko ugotovila, kakšne lastnosti imajo zmesi celuloz različnih rastlinskih virov in kakšno je najbolj ugodno razmerje med njimi za čim boljše končne fizikalne lastnosti in čim manjšo, za okolje obremenjujočo, porabo belila.

5 LITERATURA

[1] INTERNO GRADIVO PODJETJA

PISNI VIRI

[2] Atkins P.W. ... [et al]: Kemija: zakonitosti in uporaba. Ljubljana. Tehnična založba Slovenije, 1995

SPLETNI VIRI

[3] Evkalipt. Dostopno na URL naslovu:

<https://www.klubgaia.com/si/rastline/rastline/955-evkalipt> [17. 12. 2018]

[4] Eksotična vrtnarija zeleni zmaj. Prezimni evkaliptus. Dostopno na URL naslovu:

<http://zeleni-zmaj.si/index.php/12-zeleni-zmaj/ponudba-rastlin/38-prezimni-evkaliptus>
[17. 12. 2018]

[5] Kisik, d.o.o. Vonj lesa. Dostopno na URL naslovu: <https://o2wood.si/vonj-lesa/>

[17. 12. 2018]

[6] Nastanek lesa. Dostopno na URL naslovu:

http://www2.arnes.si/~evelik1/les/kje_nastaja_les.htm [17. 12. 2018]

[7] Dostopno na URL naslovu:

http://www2.arnes.si/~smeden/spletna_stran_papir_les_umetne_mase_in_kovine/papir/celuloza.htm [17. 12. 2018]

[8] Materiali. Dostopno na URL naslovu: <http://lab.fs.uni-lj.si/lap/html/pages/si-polimerna-gradiva-materiali.htm>

[17. 12. 2018]

[9] Iglavci. Dostopno na URL naslovu: <http://www2.arnes.si/~evelik1/les/bor.htm>

[17. 12. 2018]

[10] Iglavci. Dostopno na URL naslovu: <http://www2.arnes.si/~evelik1/les/smreka.htm>

[17. 12. 2018]

[11] Zgodovina papirništva. Dostopno na URL naslovu:

<http://www.radecepapir.si/kontakt/?lang=sl> [4. 2. 2019]

[12] Urška Hajdinjak. Primerjalna študija predelave surove celuloze listavcev in iglavcev.

Dostopno na URL naslovu: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=82878> [11. 2. 2019]

[13] Smrekovit. Dostopno na URL naslovu: <https://smrekovit.si/o-smrekovi-smoli-si>

[11. 2. 2019]

[14] Andreja Peserl. Tvoriva v lesarstvu. Dostopno na URL naslovu:
http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_195LESARSTVO_Tvoriva_Peserl.pdf [14. 2. 2019]

[15] Papir surovine. Dostopno na URL naslovu: <http://papir.puncer.si/surovine.htm>
[15. 2. 2019]

[16] Les v arhitekturi. Dostopno na URL naslovu: <http://www.arhitektura-odia.si/les-v-architekturi/> [15. 2. 2019]

[17] Zgradba celuloze. Dostopno na URL naslovu:
https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-structure_fig1_238090202
[22. 3. 2019]