

Школска 2022/23

Студијски програм:
ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Основне струковне студије



Предмет: РЕЦИКЛАЖНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Наставник: Бобан Цветановић
сарадник: Наталија Петровић



РЕЦИКЛАЖА ПАПИРА

Предавање 6

Историјат папира као материјала за писање и штампу

Први материјал за писање био је **папирус**, материјал сличан папиру. Направљен је у Египту, око 2000.г.п.н.е. од мочварне биљке папирус, из долине Нила.

Први **папир** настао је у Кини 105 године п.н.е.

Тајна његове израде вековима је чувана, да би се касније проширила преко читаве Азије, севера Африке, затим у анију, а одатле у Италију, Немачку и даље по Европи



Папир је одувек био релативно јефтин производ, али му се вековима успешно супростављао знатно скупљи **пергамент** и то првенствено због бољих механичких својстава.

Тек је штампарска преса донела предност папиру. Сматра се да је и сам Гутенберг око 30 примерака Библије (од 180 до 200 колико је износио тираж) било штампано на пергаменту, а остало на папиру.

Пергамент се израђивао прерадом танких кожа најчешће младих животиња

Пергамент је за штампу ипак био прескуп, поготово што су се могли користити само најтањи и најглађи примерци.

У средњем веку, папир се производио од старих ланених и памучних крпа, а сам процес израде био је напоран и дуготрајан, чак четири до пет недеља.



Израда пергаментa
(око 1568.године)

Настојања за унапређивањем производње била су усмерена на два сегмента:

- ▶ убрзавање поступка израде папира,
- ▶ коришћење нових сировина за његову израду.

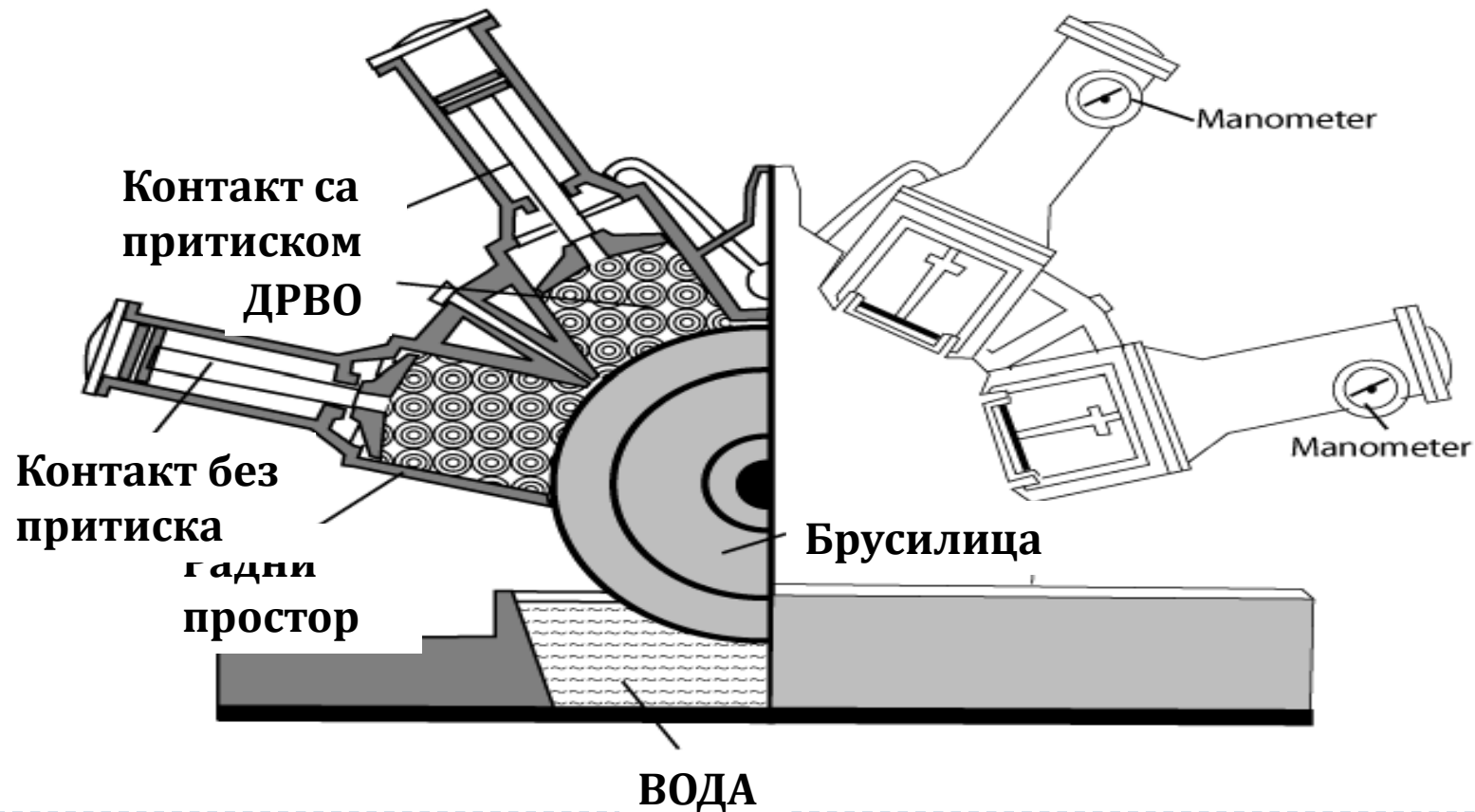
Тек почетком 18. века (1719. године) кренуло се, полако, са масовнијом производњом папира од дрвета.

-
- ▶ 1798. направљена је прва машина за израду папира у траци, што је био изум “пре свога времена” јер се тако произведен папир, након израде, резао у арак (лист папира одређеног формата).
 - ▶ Више од 50 година касније (1856.године) конструисана је ротациона штампарска машина за штампу на папиру из траке.

Основна својства папира

- ▶ За производњу папира користи се листопадно и четинарско дрвеће: **буква, топола, бор, јела, смрека...** (пored дрвета користе се и **конопља, слама житарица, разне врсте трава, трска и стари папир**)
- ▶ Из дрвета се добијају се **дрвењача, полуцелулоза и техничка целулоза** за израду папира.

-
- ▶ **За израду слабијих врста хартије** (нпр. за новине, паковање, картон) не користи се чиста техничка целулоза већ се употребљава тзв. **дрвењача**.
 - ▶ При производњи дрвењаче са дрвета се уклони кора, затим се исече на облице, које се помоћу брусилице, уз поливање водом, уситњавају у fine честице.



-
- ▶ Приликом брушења, услед трења, дрво се загрева, омекшава и раствара се везивни слој између целулозних влакана, углавном лигнин (**лигнин се не уклања из дрвењаче**).
 - ▶ Дрвењача се ради побољшања изгледа може белити, а то се најчешће обавља у фабрици хартије.

-
- ▶ Полуцелулоза се добија **благодом хемијском обрадом која не уклања лигнин из влакана**, па је по саставу слична дрвењачи, иако су влакна полуцелулозе дужа.
 - ▶ **За производњу бољих врста хартије користи се техничка целулоза различитог квалитета и порекла!**

-
- ▶ **Техничка целулоза представља основну сировину за добијање квалитетне хартије.**
 - ▶ Ова целулозна влакна су **фина, дуга и чврста**, а добијају се хемијском обрадом дрвета где се врши одвајање влакана комадића дрвета, на индивидуална влакна и истовремено **издвајање лигнина**.

-
- ▶ Пошто се највећи део техничке целулозе прерађује у хартију, обично се фабрике хартије налазе у близини фабрика целулозе.
 - ▶ У том случају се добијена **целулоза не мора сушити**, већ се у оквиру водене суспензије доставља произвођачу хартије.

Техничка целулоза, или само целулоза, добија се прерадом дрва којом се отапа лигнин.

Прерада обухвата поступак кувања који може бити **кисео, сулфитан (данас из еколошких разлога све ређе у употреби), или **базни, сулфатни**.**

Сама целулозна влакна су неутралног карактера и мада се након подвргавања кувању испиру, управо од ових поступака може заостати кисео или базни карактер влакана који утиче на рН вредност готовог папира.

Напомена:

- ▶ Постоји и тзв. **полутворина која се добија прерадом крпа, тј. отпада из индустрије текстила.**
- ▶ Дуга, чврста и скупа текстилна влакна користе се само за израду одређених врста папира као што су **папири за новчанице, вредносне папире, земљописне и поморске карте и слично, односно када се од папира тражи да буде механички врло отпоран и чврст**

Новчанице се не праве од папира какав се користи за књиге, нотесе, новине и сличне ствари, тј. не праве се од прерађених листова целулозних влакана дрвета, већ од памучног или ланеног папира, оног који је направљен или **директно од памука или од употребљеног текстила**, тежине од 80 до 90 грама по квадратном метру, или алтернативно од папира који је настао од **прерађене вунене тканине**.

Разлог лежи у њиховој издржљивости и дуговечности, а тајна је у полимерним везама између угљеничних атома које у њима постоје и које су много чвршће него у обичној хартији.

Такође, и процес којим се од ових материјала ствара оно што личи на хартију је прилично сложен, па се тако на пример у њих убризгавају поливинил алкохол или желатин, како би били још чвршћи него што јесу и како би издржали вишегодишње па чак и вишедеценијско коришћење.

► **Према врсти влакана** од којих су произведени, папири се деле на:

1. **Бездрвне папире** (садрже само целулозна влакна)
2. **Средње фине папире** (са различитим уделом дрвних и полуцелулозних влакана)

Производња папира

У зависности од сировине, процес савремене производње папира састоји се од читавог низа :

- ▶ **механичких процеса** (откоравање, сецкање, брушење, млевење, разврставање, прочишћавање, прање итд.),
- ▶ **хемијских процеса** (чишћење, кување, бељење итд.).

У савременој технологији производње папира постоје углавном две фазе:

- ▶ **производња пулпе** (полуфабриката, односно влакнасте масе),
- ▶ **прерада полуфабриката у финални продукт – папир.**

У готово свим овим фазама се користи вода !

-
- ▶ **Карактеристике папира као финалног производа зависе од**
 1. **материјала од којих је папир направљен**
 2. **технолошког процеса израде папира.**

Папир представља смешу:

- ▶ **влакана,**
- ▶ **пунила,**
- ▶ **лепка и**
- ▶ **боје.**

-
- ▶ **Пунила су посебно важна за штампарске папире јер утичу на мекоћу, повећање граматуре, смањење прозираности, повећање белине, глаткоћу...**
 - ▶ Са друге стране, честице пунила у папиру, могу да ометају међувлакнасто везивање што првенствено утиче на **смањење чврстоће папира, отпорности папира на кидање, савијање и цепање**. Присутност пунила **смањује и површинску чврстоћу папира** која се манифестује прашењем листа. Ове негативне појаве се могу готово у потпуности анулирати **премазивањем папира**.

Збрињавање отпадног папира

- ▶ Иде у два различита смера:
 1. Коришћење отпадног папира као енергента
 2. Рециклажа

Коришћење отпадног папира као енергента

Ови поступци се могу користити тек када папир и картон не могу да се рециклирају због лошег квалитета.

Топлотна моћ папира и картона је око 6МЈ/кг

Masena osnova	% Otpada	Osnove frakcija				Kalorična vrednost	
Frakcija		Vlaga W (%)	Cvrste materije (%)	Pepeo A (%)	Zapaljivo st (%)	Hg kJ/kg	Hd kJ/kg
Papir i karton	12,0	47	53	5,6	47,4	16.000	6.440

РЕЦИКЛАЖА ПАПИРА

- ▶ Папир чини око 30% укупног отпада у домаћинствима ЕУ, у Србији мање од 15%.
- ▶ Искуствени подаци говоре да је **тешко постићи већи повраћај папира од 55%** (ради се о непостојаном материјалу који се лако распада у влажном окружењу).
- ▶ Ипак, 13 европских земаља рециклира више од 70% папира и картона па су то материјали који се највише рециклирају на континенту.

-
- ▶ Папир се **може 4 до 7 пута рециклирати** (што зависи који се папир рециклира, односно колика је количина већ рециклираног папира искоришћена за израду).
 - ▶ Обично се папир рециклира 3 до 4 пута.

Brojčana oznaka i skraćenica na papirnoj i kartonskoj ambalaži

- 20 - Kartonska ambalaža - uglavnom se koristi za kartonske kutije namenjene transportu (talasasti karton).
- 21 - Razne vrste papira - novine, časopisi, katalozi (ravan karton)
- 22 - Kancelarijski papir, knjige
- 23 - Karton (ambalaža za nesmrznutu hranu, čestitke, korice knjiga)



Brojčane oznake na višeslojnoj ambalaži - ambalaža koja se dominantno sastoji od papira i kartona, ali se ne može ručno rastaviti na sastavne materijale

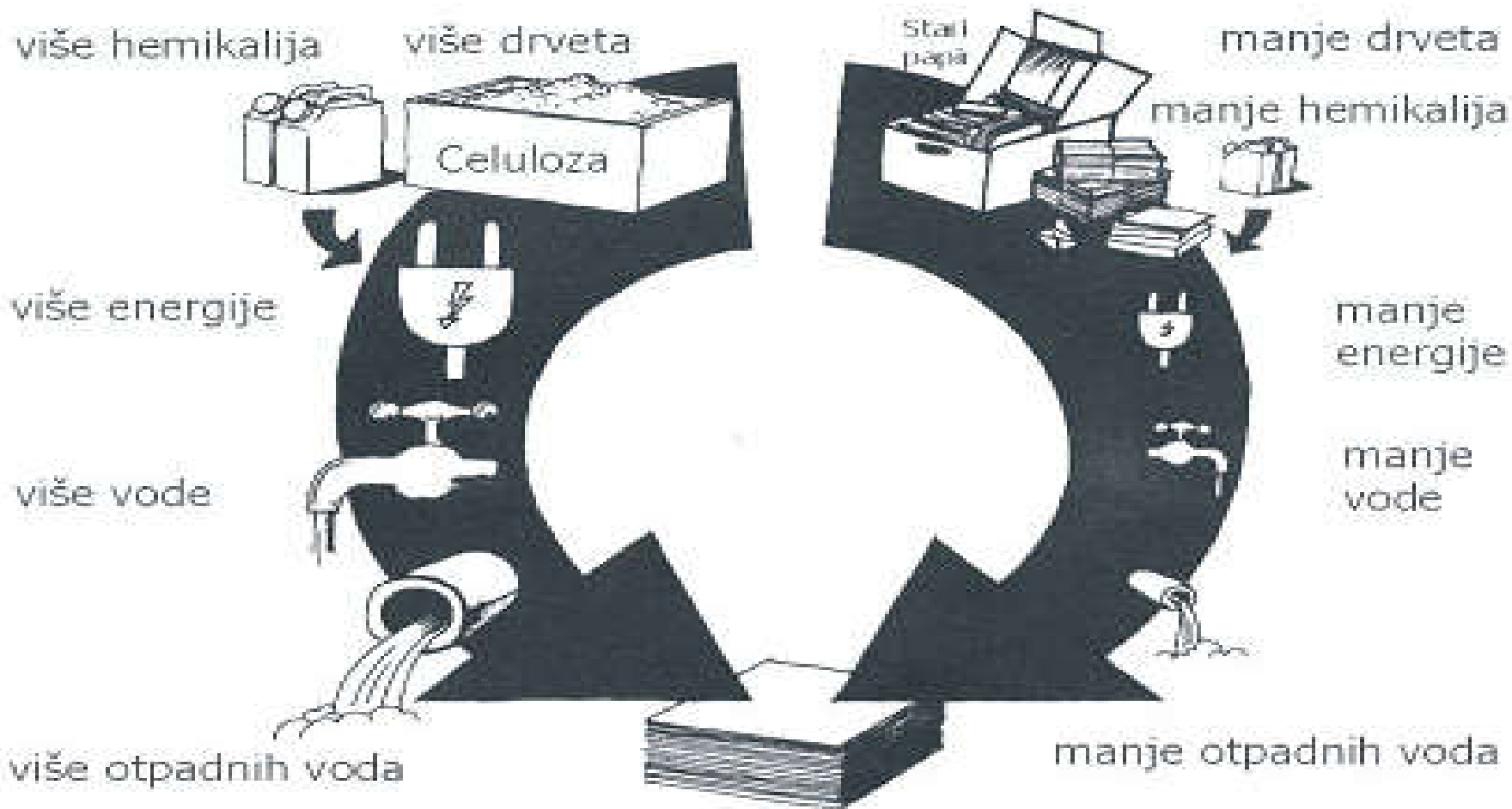
- 80 - Papir i karton u kombinaciji sa metalima
- 81 - Papir i karton u kombinaciji sa plastikom - kartonski tanjiri, ambalaža za sladoled
- 82 - Papir i karton u kombinaciji sa aluminijumom
- 83 - Papir i karton u kombinaciji sa belim limom
- 84 - Papir i karton u kombinaciji sa plastikom i aluminijumom - tetrapak, mleko, sokovi
- 85 - Papir i karton u kombinaciji sa plastikom, belim limom i aluminijumom

ДА СЕ ПОДСЕТИМО ЗА ПЛАСТИКУ



Бенефити

- ▶ Рециклажа папира значи **64% уштеде енергије, 58% уштеде воде и 70-90% мање загађења ваздуха.**
- ▶ Рециклирањем 1 тоне папира се чува око 17 стабала (старости 15 до 20 година), око 2m^3 простора на депонији, око 75 до 80m^3 литара воде.
- ▶ Цена фабрике за рециклажу папира је 50% мања од цене фабрике која производи нови папир.



-
- ▶ Само неколико фабрика у Европи производи целулозу, папир и картон **од чисте нерециклиране сировине**, али тај **производ је доста скуп и креће се око 1.000 ЕУР за тону.**
 - ▶ Рециклирани картон, зависно од граматуре, кошта између **500 и 600 ЕУР по тони**, а не користи се **једино у фармацеутској индустрији, козметици и за паковање хране која није претходно заштићена целофанском или алуфолијом.**

Лоше стране

- ▶ **Отпадне воде и муљ** су велики проблеми који се јављају у **производњи папира без обзира да ли се прави од оригиналне сировине или рециклиране** (бакар, хром, олово, цинк, никл, кадмијум који се користе у штампарским бојама, присутни су и у отпадним водама и муљу, и у мањој мери и у коначном производу).

Остали проблеми

Рециклажа папира у свету тренутно је у кризи због забране увоза отпада у Кину (око 70 процената пластичног и папирног отпада из Европе, и 60 одсто отпада Сједињених Држава се прерађивао у кинеским рециклажним постројењима са минимумом еколошких стандарда).

Прекомерна понуда старог папира довела је до пада цене за 300%.

У 2018. години, Европа је сакупила у просеку 56,5 милиона тона старог папира, користећи око 48,5 милиона тона за сопствену производњу. Дакле, чак 8 милиона тона отпадног папира нема где да се рециклира. Резултат тога јесте затварање све већег броја компанија – сакупљача отпада.

Ситуацију на тржишту додатно отежава фактор рецесције немачке привреде која је један од највећих потрошача рециклираног папира у Европи, па су прогнозе за сакупљаче отпада лоше.

Цена отпадног папира

- ▶ Прва класа око 45 евра по тони
- ▶ Друга класа око 35 евра по тони
- ▶ Остало око 15 евра

16.	Картон	2,00 дин/кг
-----	--------	-------------

16a.	Отпадни папир и новине	2,00 дин/кг
------	------------------------	-------------

17.	Сортирани бели папир	5,00 дин/кг
-----	----------------------	-------------

ПОСТУПАК РЕЦИКЛАЖЕ

При влажењу папир губи своју чврстоћу и поново се раставља у влакна.

Ова појава се користи при рециклажи старог папира за производњу новог папира.

Otpadni papir se prikuplja na dva načina :

1. papir pomešan sa drugim otpadom u kontejnere za otpad

2. papir odvojen od ostalog otpada u specijalnim kontejnerima

Papir odvojen od ostalog otpada u kontejnerima postavljenim u stambena naselja

Bale presovanog otpada

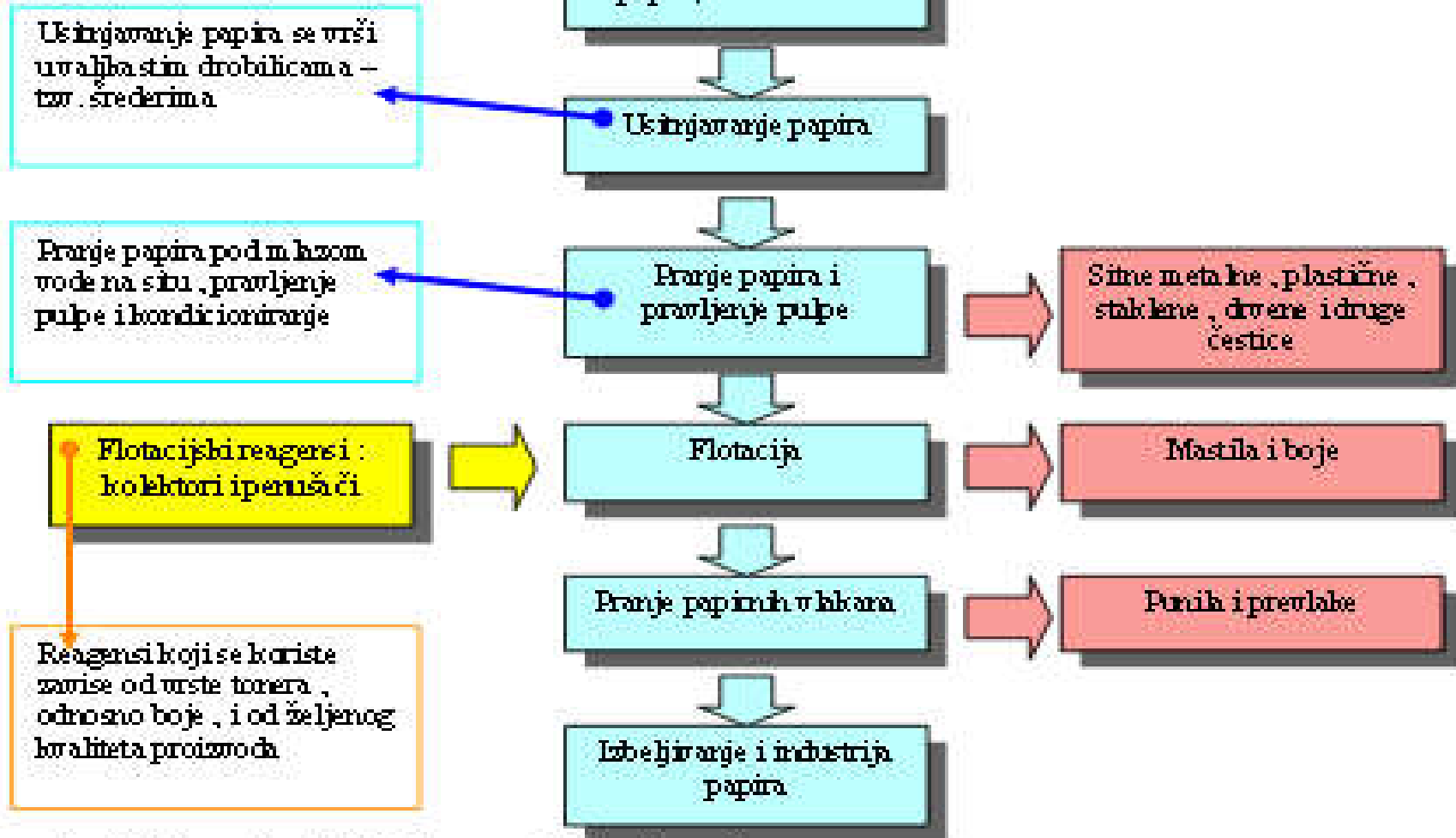
Ručno odvajanje krupnih metalnih, plastičnih, staklenih, drvenih i drugih predmeta od otpadnog papira

Krupni metalni, plastični, stakleni, drveni i drugi predmeti

Izdvojeni papir

Sortiranje papira po kvalitetu

Klase papira : kancelarijski, novinski papir, karton i dr ...



Slika : principijelna tehnološka šema recikliranja papira

Сакупљање, разврставање и транспорт отпадног папира

Генератори отпадног папира **су домаћинства, образовне и друге државне институције, индустријски сектор** итд.

У процесу сакупљања отпадног папира нарочито је важна **примарна селекција на месту настанка**, одлагањем у специјалне посуде (морају да буду прекривени због заштите од **падавина-мокар папир је тежак за руковање**)

Сортирање отпадног папира може се вршити на месту настанка или у предузећима чија је то делатност.

Према **Европском каталогу**, стари папир је сврстан у **пет квалитативних категорија**:

1. Обични квалитет
2. Средњи
3. Виши
4. Крафт
5. Специјални



Из сакупљеног материјала се уклањају страни предмети и материјали, а папир се **класира према боји и запрљаности**. **Класирање се прво врши на сепараторима, а затим обавља ручно.**

Ефикасност радника на линији за класирање износи од **200 до 500 кг/час** и зависи од **измешаности отпада** и од захтеваног

Материјал се преко транспортне траке прослеђује до
канала са пресом за балирање отпада.

Постоје различите величине преса, а **стандардна бала је 800x800x1100мм**. Тежина таквих бала је око 400кг за



Сврха балирања је **повећање густине и смањење запремине папира**

(небалирани има густину од 45кг/м^3 , а балирани 500 до 600кг/м^3)

Камион од 12м^3 може понети само 540кг спљоштеног небалираног картона, док исти камион може понети 6 тона балираног картона.



Пресовани материјал се виљушкарима односи у привремено складиште, одакле се камионима одвози до постројења за рециклажу или другу врсту третирања отпада.



Технологија рециклаже папира

- ▶ Технологија рециклаже највише зависи од захтеваног квалитета на излазу.
- ▶ **Највише се рециклира амбалажни картон** који се углавном користи за израду **новог амбалажног картона**.
- ▶ **Квалитетније врсте папира уз претходну прераду (обезбојавање, бељење и прање) користе се за производњу новог квалитетног папира.**

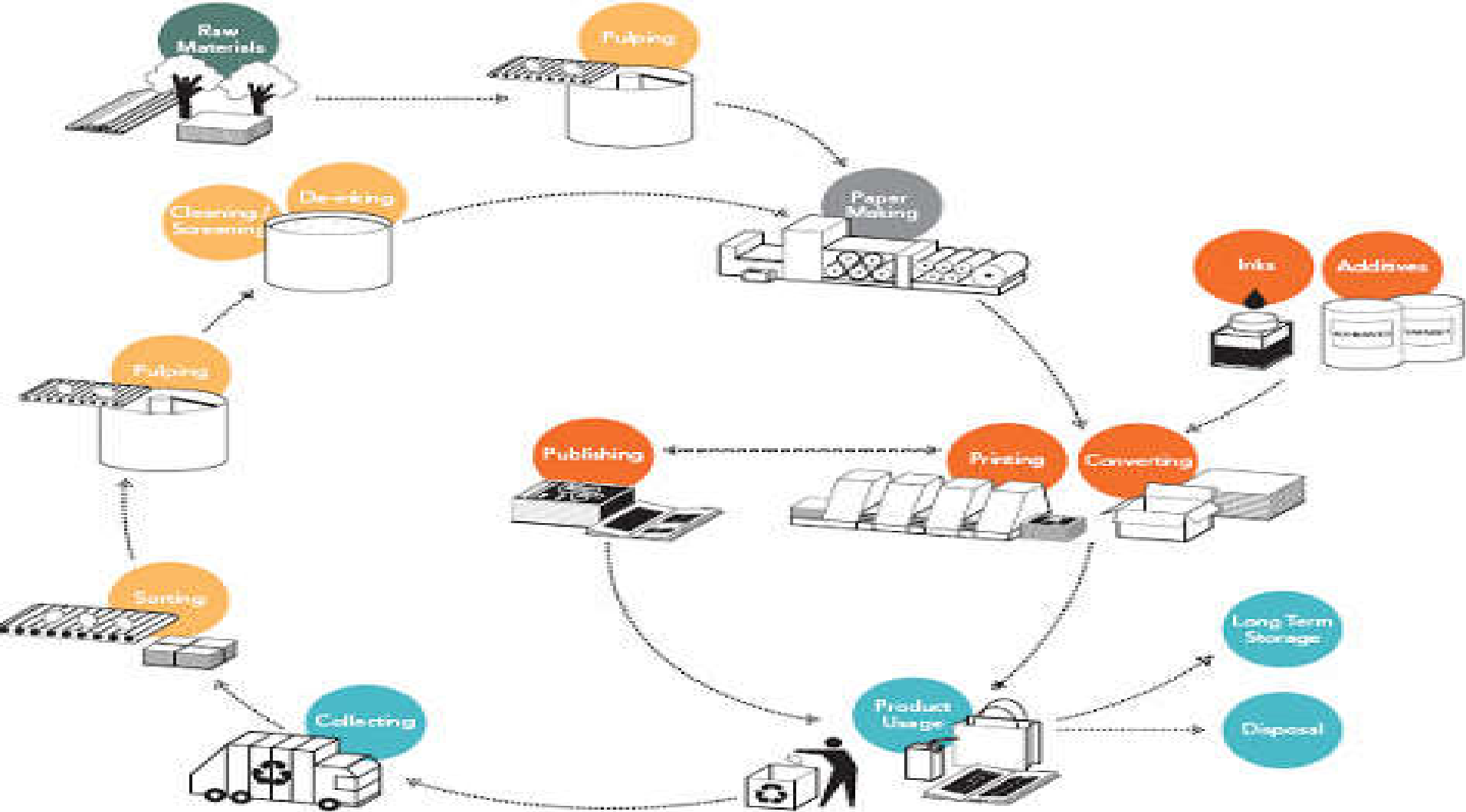
-
- ▶ **Мање квалитетне врсте се, после обавезне прераде, користе за производњу рото папира, тоалет папира, папирних марамица и картона за кутије**
 - ▶ **Мешани папир се без обезбојавања користи за израду различитих амбалажних кутија (нпр. за јаја) и различитих пресованих производа који се користе у грађевинарству.**
 - ▶ **Неквалитетнији стари папир користи се за производњу “горива из отпада”**

Припрема отпадног папира за рециклажу

Млевење

Без обзира што се рециклирани папир производи од старог папира који је у току своје примарне израде већ био подвргнут свим потребним поступцима припреме, па и млевењу, ипак је **у сваком новом циклусу потребно извршити поновно млевење влакана.**

-
- ▶ На тај начин се утиче на **боље везивање влакана у рециклираном папиру.**
 - ▶ Будући да су влакна у секундарном циклусу краћа од примарних, потребно је проводити мљевање мањег интензитета тзв. **масно мљевање које не скраћује влакна, већ их само гњечи и раслојава.**



Процес рециклаже се одвија кроз следеће фазе:

1. **Креирање целулозне масе (pulping):** додавање воде и коришћење механичких процеса **за раздвајање папирних влакана**
2. **Просејавање (screening):** коришћење сита или чешљева **за одвајање нечистоћа већих од целулозних влакана**

3. Центрифугално чишћење (centrifugal cleaning):
ротирање целулозне каше у пречистачу узрокује
одвајање материја на основу густине и величине делова

4. Флотација (flotation): “пуштање” мехурића ваздуха кроз површинску кашу, уз присуство активних материја које узрокују да се **остаци мастила** подижу заједно са мехурићима ваздуха на површину

5. Испирање (washing): **мале честице се уклањају** пуштањем воде кроз целулозну масу

6. Избељивање (bleaching): ако је потребно добити бели папир, користе се различита једињења за **одстрањивање боје из целулозне масе**

7. Израда папира (papermaking): чиста (и избељена) влакна састављају се у нови папир.

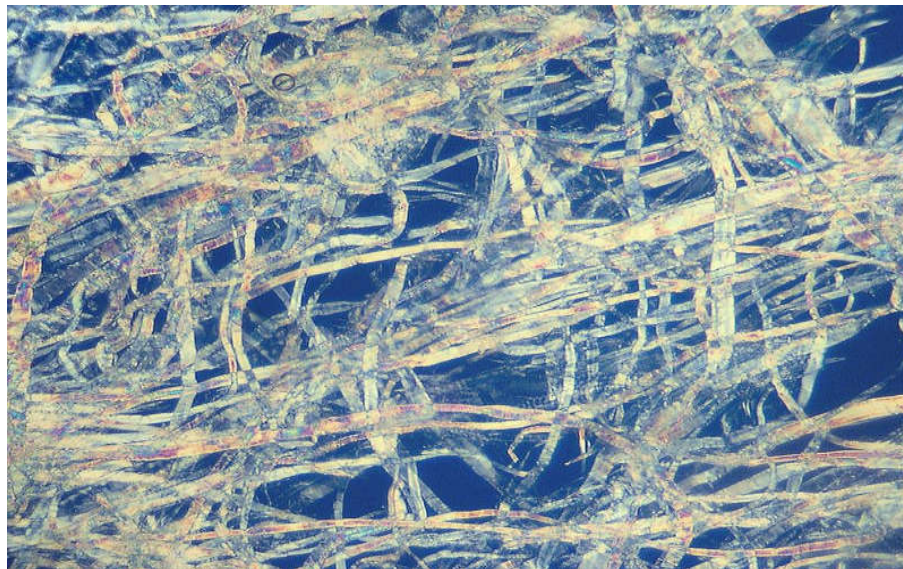
Додатне активности

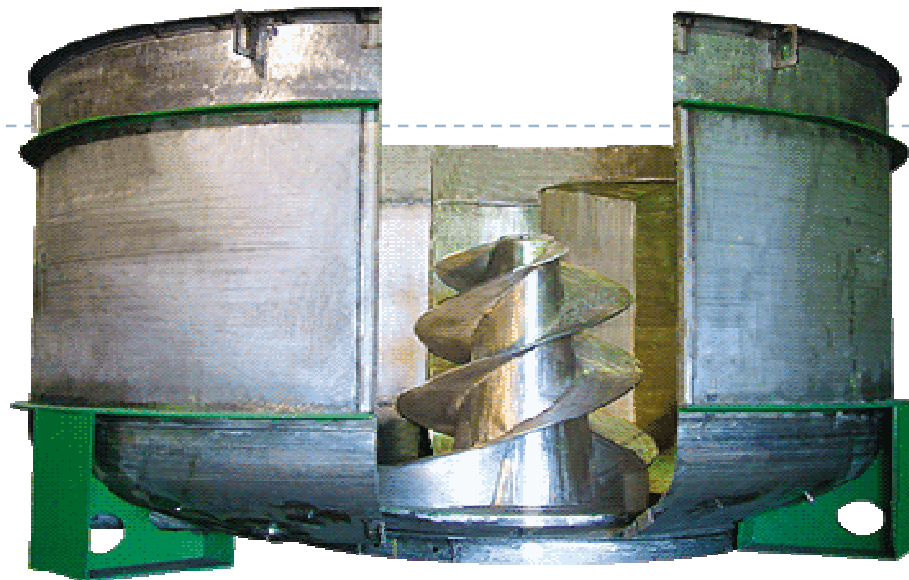
- ▶ Пречишћавање отпадне воде
- ▶ Збрињавање отпада: мастила, пластика, додаци и кратка влакна називају се муљем који пролази кроз процес прочишћења
- ▶ једна од могућности за збрињавање муља је спаљивање у цементарама. Наравно услов је “побољшање” топлотне моћи муља, с обзиром да је она само 2MJ/кг.

-
- ▶ Отпадни папир пролази кроз све ове фазе (основне и додатне).
 - ▶ Пошто су влакна из отпадног папира прво потпуно осушена, а затим поново влажена, она имају **промењене физичке особине** у односу на влакна направљена од примарне сировине, што **може довести до нижег квалитета произведеног папира.**
 - ▶ Модерне технологије могу да компензују неповољна својства рециклираних материјала, али то повећава трошкове.

Креирање целулозне масе

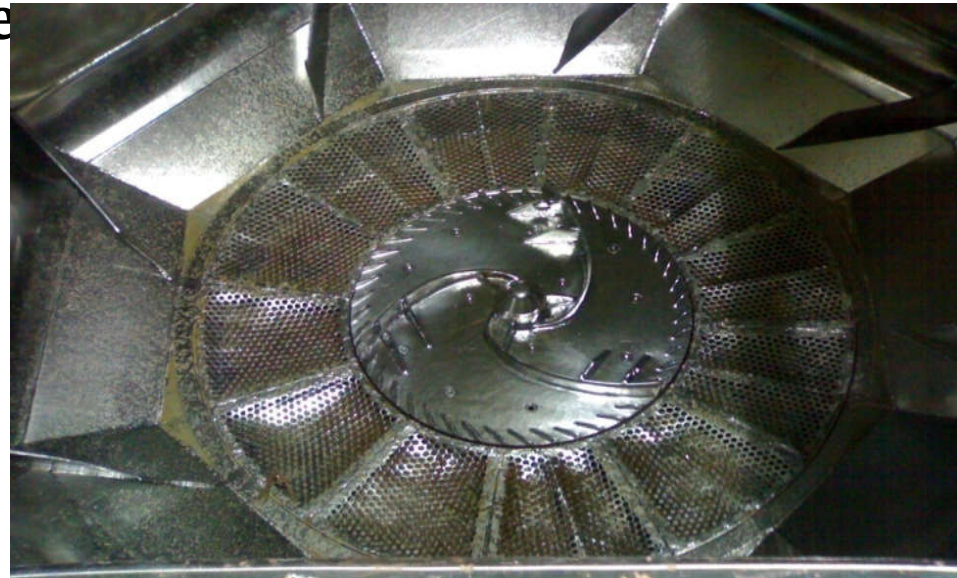
Раздвајање влакана је једноставан механички процес чији је резултат **одвајање и расплитање појединачних влакана или групе влакана у воденој средини.**





То се постиже у тзв. **пулперима**, у којима долази **до јаког турбулентног струјања суспензије влакнасте материје и воде и до јаког трења како самих честица влакнасте материје, тако и до трења између влакнасте материје и зидова пулпера.**

- ▶ Пулпери су велики миксери са рупичастим дном (рупе на сити су димензија 6 до 22мм).
- ▶ Састављени су од челичног резервоара, у којем се непосредно изнад рупичастог дна окреће ротор у

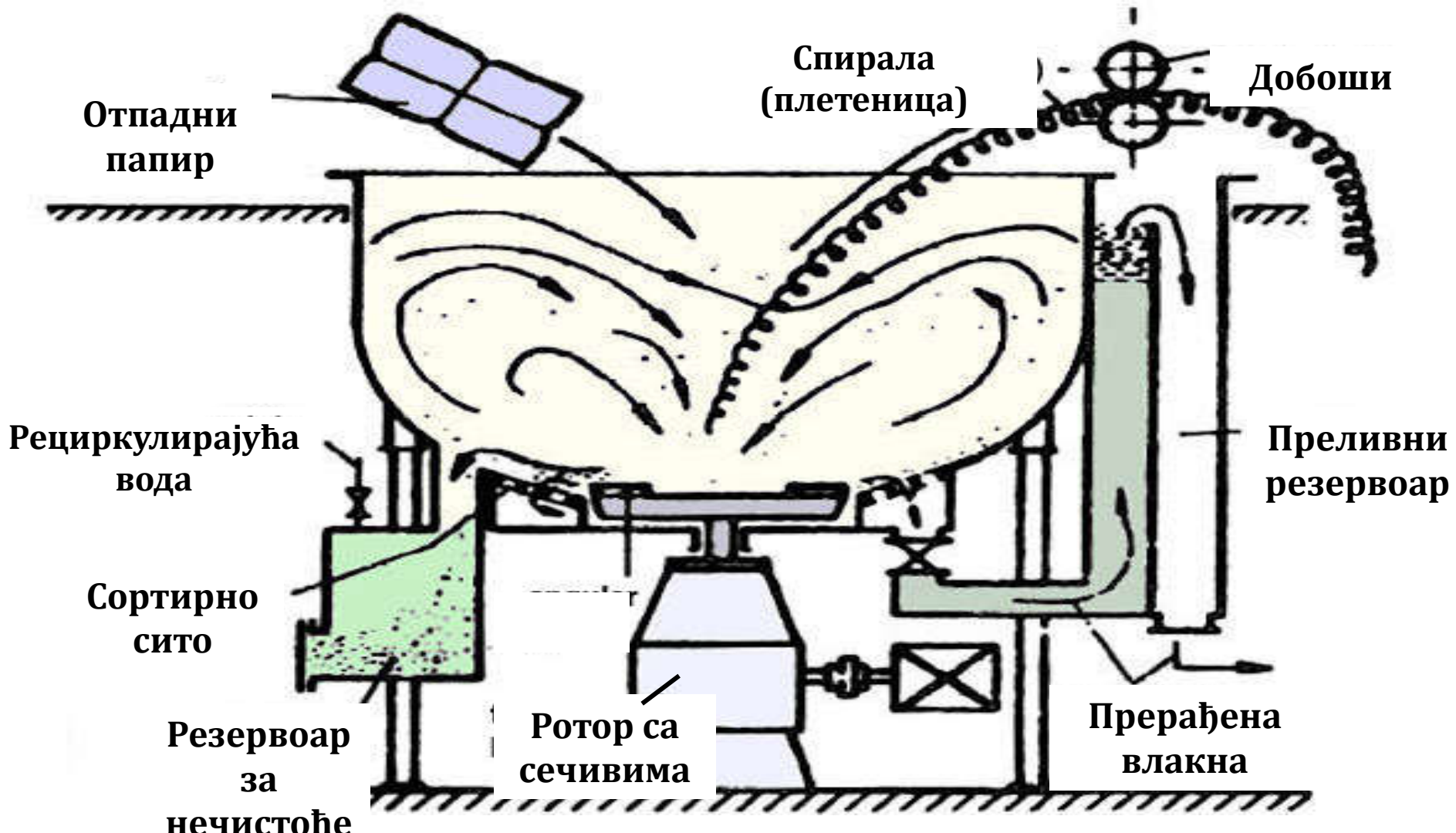


- ▶ **Развлакњивање на вишој температури у правилу значи скраћење времена развлакњивања.**

- ▶ На вишој температури невлакнасте нечистоће омекшавају, па се повећава и учинак коришћених хемикалија (**невлакнасте нечистоће су осим штампарске боје и лепила са етикета, коверти, марки, термопластичне**



ИТ



-
- ▶ Сортирани отпадни папир се помоћу покретне траке допрема у пулпер, где се истовремено допрема и већа количина воде (понекад и раствори хемикалија)
 - ▶ **Папир се услед окретања ротора у воденој средини раздваја и долази до стварања каше тј. пулпе.**
 - ▶ **Кроз отворе на рупичастом дну пролазе влакна, услед чега долази до одвајања нечистоћа, које се испуштају кроз споредни отвор.**

-
- ▶ Пулпери имају запремину од 4 до 50м³, а продуктивност им је од **7 до 200 тона на дан.**
 - ▶ **Густине радне материје у пулперима су веома мале и крећу се од 1% до 19%** (од старих новина се прави пулпа средње и више концентрације 10 до 19%, а од картона за паковање много ниже концентрације, 1 до 6%).

Просејавање (screening)

- ▶ Поступак раздвајања материја на основу величине делова.
- ▶ У папирној маси постоји одређена количина нечистоћа (честице од корозије, малтера, димна прашина, пепео, остаци од пластике, гумених трака, лепка и др.).
- ▶ Страна тела могу нанети штету уређајима при хлађењу, исецању и резању.

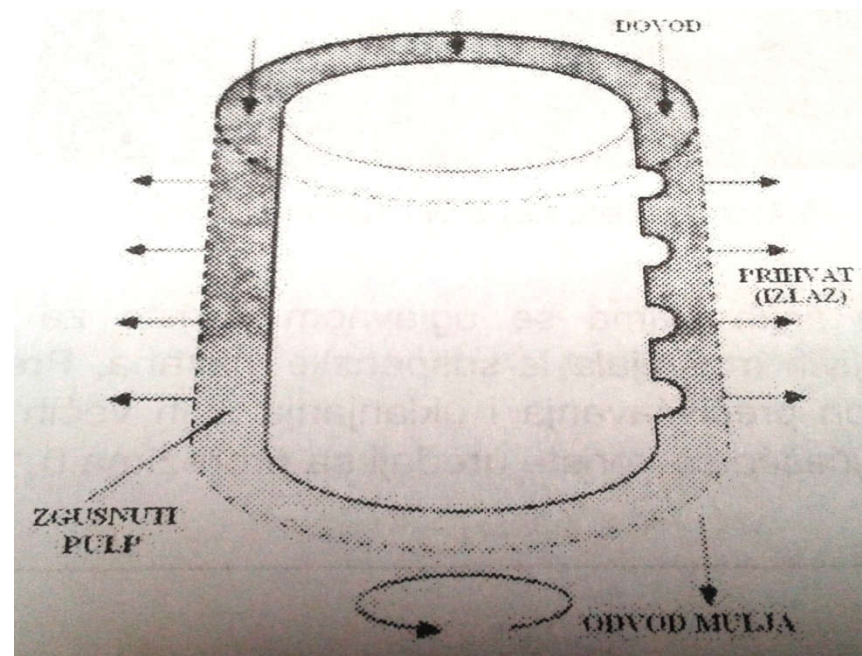
-
- ▶ **Просејавање се изводи помоћу сепаратора са ситима различитих конструкција и различитим димензијама отвора на ситима.**
 - ▶ Сита са већим отворима (пречника 1 до 2,4мм), користе се за уклањање крупнијег **песка, шљунка, пластике** и сл.
 - ▶ Сита са мањим отворима (пречника 0,15 до 0,25 мм), користе се за уклањање ситнијих нечистоћа као што су **комадићи депка**

Центрифугално чишћење

- ▶ Врши се помоћу **центрифугалних сепаратора**.
- ▶ Уколико се користе користе за уклањање **крупнијих** контамината (стакло, пластика, жица, шљунак), онда се постављају одмах **након пулпера**, како би се спречило оштећење машина у даљем процесу.
- ▶ Сепаратори за уклањање **финијих** нечистоћа, постављају се **након процеса просејавања**.

У употреби су најчешће **вертикални центрифугални сепаратори.**

Услед ротационог кретања долази до стварања центрифугалне силе, при чему се нечистоће **веће густине издвајају тако што падају на дно цилиндра** и одатле се уклањају, док се **нечистоће мање густине концентришу у центру вртложног језгра**, одакле се одводе.



Уклањање мастила

Неке од најштетнијих примеса у отпадном папиру су полимерна мастила и превлаке.

Боје које се користе у ласерским копир машинама су топлотно спојене са површином штампане стране. То су полимери на бази ПВЦ-а које је тешко одвојити од папирних влакана.

Уклањање мастила из рециклираних влакана почиње још у пулперима и пречистивачима. У пулпер се додају

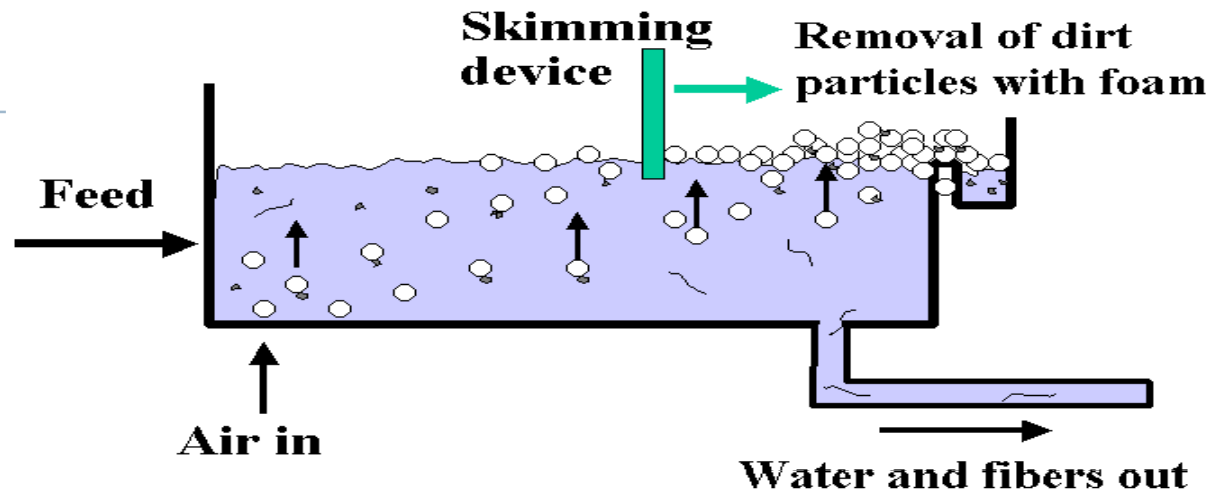
Традиционалне методе уклањања мастила су прање и флотација, при чему се посебна пажња посвећује количинама додатих хемикалија.

Помоћне методе у уклањању тешко уклоњивих мастила на бази пластике су агломерација, хладне дисперзије и ензимски процеси.

Флотација

Физичко-хемијски процес уклањања делимично
растворених материја **уз помоћ мехурића гаса**
(најчешће ваздух)





Честице се **апсорбују на површину мехурића** (остаци мастила се „прикаче“ на мехурић) и настаје комплекс који је **мање густине од густине пулпе**, због чега **се подиже на површину течности** формирајући флотациони муљ-постојану пену, која се затим уклања са површине.

Величина честица мастила која може бити уклоњена путем флотације је ограничена на 50 до 150 микрона.

У флотациону ћелију се доводи пулпа са одређеним количинама хемикалија у коју се истовремено удувава ваздух.

У таквој средини се образују мехурићи ваздуха који „успенушају“ суспензију и на површину флотационе ћелије испливава пена која носи штампарске боје и друге лакше нечистоће.

Пена са нечистоћама се одсисава са површине флотационе ћелије. Нечистоће веће густине падају на дно флотационе ћелије са којег се одстрањују.



Често се истовремено спроводи и поступак избељивања.



Светлоћа пулпе је мера ефикасности флотације будући да уклањање штампарске боје повећава светлоћу.



Ефикасност флотације се одређује сликовном анализом. Том методом могу се одредити број и величина присутних честица боје.

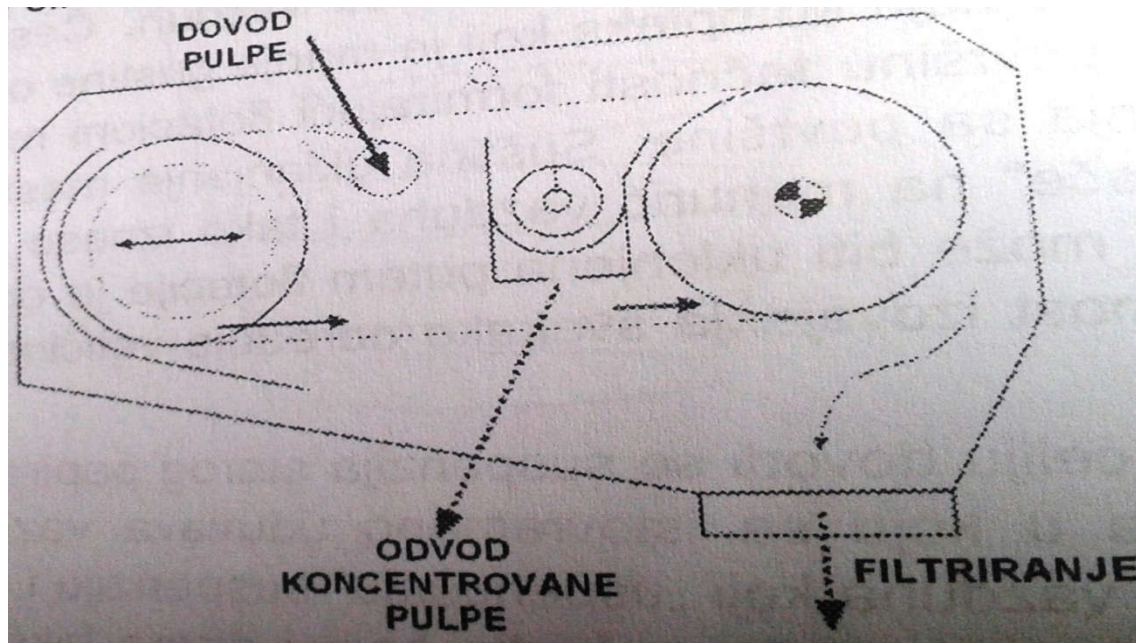
Вредновање ефикасности флотације односи се и на максимално смањење губитака влакана

Испирање

Понекад је неопходно прање влакана папира како би се одстранила пунила и превлаке.

Ово је веома ефикасан процес **за уклањање честица од око 10 микрона и мањих.**

Процес је веома скуп због велике потрошње воде



Избељивање

Процес који **хемијски мења пулпу чинећи је светлијом**. Од избељене пулпе производе се бељи папири са већом способношћу упијања (папири за



Неизбељена пулпа се користи за производњу картона за кутије, равних картона, папирних кесица и сл.

За избељивање влакана из којих је већ уклоњено мастило користе се **хипохлорити, водоник пероксид, натријум сулфит и др.**

Након процеса избељивања, пулпа се још подвргава процесима побољшања квалитета влакана.

Додају се **разни адитиви у пулпу** како би се добили папири специјалног квалитета или да би се убрзао процес производње папира.

Папиру се додају **пунила** као што су **глина и талк**, разне органске и неорганске боје за фарбање папирне масе и неорганске материје за побољшање текстуре, квалитета штампе, непрозирности и светлине (калцијум-сулфат, титанијум-диоксид).

Формирање листа папира на папир-машини

Добијена
мешавина влакна,
пунила, боја и
лепила се
спроводи у
резервоар испред
папир-машине.



Израда папира

Модерне машине за израду папира могу бити до 10м ширине, 20м висине и дужине два фудбалска терена.

Капацитети се крећу од од 100 до 2200м/мин.

Производња папира или картона састоји се из два главна корака

- ▶ **Операција на “мокром” делу машине** (производња листа папира од мокре пулпе)
 - ▶ **Операција на “сувом” делу машине** (сушење папира, примена површинских третмана и намотавање колUTOва папира за складиштење)

Припремљена папирна пулпа доводи се у резервоар испред папир машине.

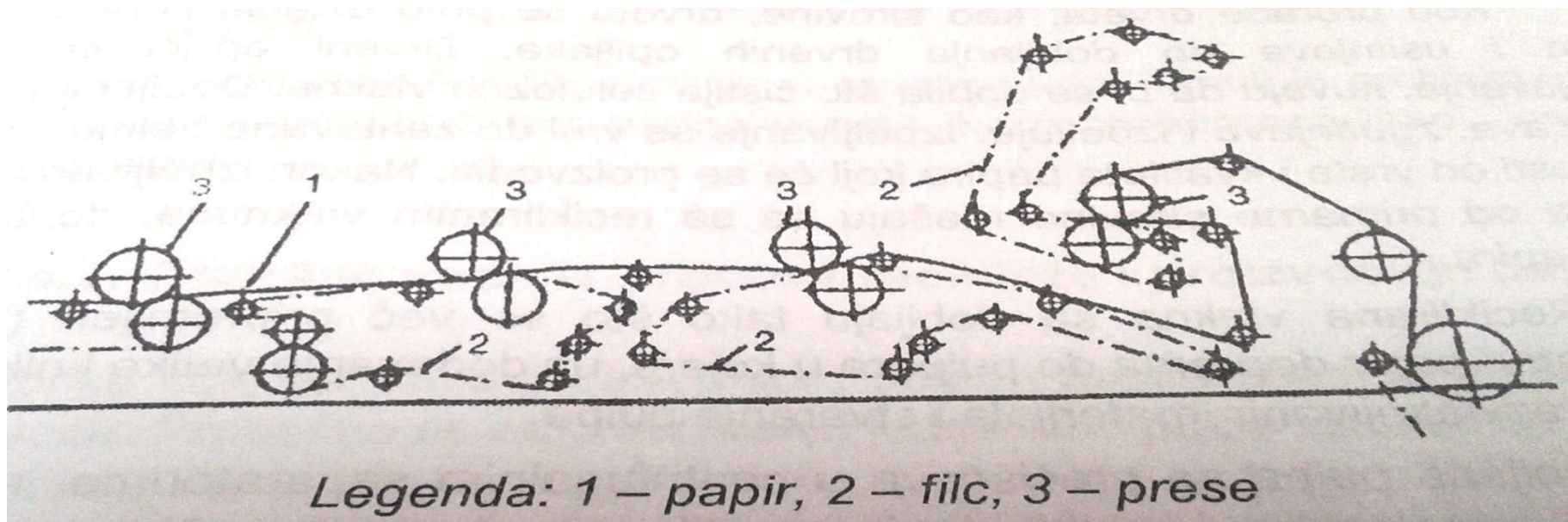
На почетном делу папир-машине издвајање воде врши се **слободним отицањем кроз сито**, а због успоравања отицања воде због створеног слоја влакана, користе се и **вакуум уређаји** који се налазе испод сита.

Након сита вода се издваја и проласком каше између **система преса.**

Део са пресама састоји се **од парова ваљака-горњих и доњих.**

Пролаз папира кроз системе ваљака, омогућава постепено пресовање и отицање воде са задње стране доњег ваљка.

Покретна трака је пресвучена филцом (синтетичка
▶ 82 **тканина која смањује оштећење папира и побољшава**



Поред **капиларно везане воде** која се издваја **механичким методама**, постоји и **хемијски везана вода** за чије је ослобађање потребна **топлотна енергија**, а издвајање се постиже **испаривањем**.

Услед испаравања долази до скупљања и зближавања влакана, при чему се стварају нове везе између влакана.

Сушење утиче и на глаткоћу, порозност и белину папира.

Сушење се реализује преласком слоја папира преко ротирајућих металних влакана који се загревају паром са унутрашње стране.

По завршеном сушењу папир има 6 до 8% влаги.

Тај папир је **пресушен и има повишену температуру**, па није довољно еластичан и при намотавању се гужва.

Зато се папир на ваљцима за сушење треба хладити и **умерено навлажити распршивањем капљица или паром.**

На ваљцима за хлађење папир се хлади на 25 до 35оС, а влажност се повећа за 1 до 2%, што папир чини мекшим и еластичнијим.

Производња папира се завршава намотавањем у ролне.

A top-down view of a wooden desk. On the left is a dark green book. In the top right is a teal typewriter. In the bottom left are black-rimmed glasses. In the bottom center is a small yellow notepad. A pinecone is on the left side. The text 'HVALA na PAŽNJI!' is centered in white.

HVALA
na
PAŽNJI!