

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Инжењерство заштите животне средине

Ниво студија: Мастер студије

Предмет: Напредне технике управљања чврстим и опасним отпадом

Број индекса: 317/2019

Димитрије П. Денић

Циркуларна економија и текстил

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Горан Бошковић, доцент - ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада студент треба да прикаже основне принципе циркуларног модела економије и неопходност преласка са линеарног на циркуларни економски модел. Након тога, фокус рада ће бити на превенцији настанка отпада, кроз поновну употребу производа, као и коришћења отпада од текстила као улазне сировине за нове производе.

- Увод
- Циркуларна економија (основе, неопходност преласка на циркуларни модел, примери добре праксе у свету и у Србији)
- Хијерархија управљања отпадом. Превенција стварања отпада.
- Поновна употреба текстилних производа. Second-hand продавнице
- Циркуларна економија у текстилној индустрији
- Отпадни текстил као сировина
- Закључак

Препоручена литература:

[1] Ellen MacArthur Foundation, *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*, 2017.

[2] Митровић С., Радосављевић И., Веселинов М., *Циркуларна економија као шанса за развој Србије*, Мисија ОЕБС у Србији, 2016.

[3] Kraaijenhagen Ch., Van Oppen C., Bocken N., *Circular Business Collaborate and Circulate*, The Netherlands, 2016.

[4] Ђурета В., Мутић М., Митровић С., Богдановић М., *Основе циркуларне економије*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Београд, септембар 2016.

[5] European Commission, *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*, 2020.

Крагујевац, 06.04.2020.

Ментор:

др Горан Бошковић, доцент

Резиме

У уводном делу рада дефинисан је однос економског система и природног окружења. Затим је објашњен модел линеарне економије, појам и циљеви одрживог развоја и основе модела циркуларне економије, која је инструмент за реализацију тих циљева. Циљ рада јесте истражити модел циркуларне економије у текстилној индустрији, па је зато неопходно најпре створити слику о тренутном (линеарном) економском моделу. Да би текстилна индустрија у будућности имала шансу да искористи еколошке, економске и социјалне могућности које тренутно није у стању, неопходна је промена целокупног система. Зато је детаљно описана транзиција текстилне индустрије са линеарног на циркуларни модел, који се ослања на реализацију четири принципа или активности: елиминисање нежељених супстанци и ослобађања (емисије) микровлакана, повећање искоришћености одеће, унапређење сектора рециклаже, ефикасна употреба ресурса и прелазак на обновљиве изворе.

Кључне речи: текстилна индустрија, линеарна и циркуларна економија, животна средина, одрживи развој

Abstract

In the introductory part of the paper the relationship between the economic system and the natural environment is defined. After that, the model of the linear economy is being explained, term and the goals of sustainable development and the basis of the circular economy model, which is the instrument for the realization of those goals. The aim of the paper is to explore the model of circular economy in the textile industry, so it is necessary first to create the picture about the current (linear) economic model. In order for the textile industry to have a chance in the future to take advantage of environmental, economic and social opportunities, which is currently unable to do, it is necessary to change the entire system. Because of that, the transition of the textile industry from linear to the circular model which relays on four principles or activities is described in details: elimination of unwanted substances and release (emission) of microfibers, the increasing of the utilization of clothing, improving the recycling sector, the efficient use of resources and transition to renewable sources.

Keywords: textile industry, linear and circular economy, environment, sustainable development

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Линеарна економија.....	3
3. Одрживи развој	4
4. Основи циркуларне економије	6
4.1. Неопходност преласка на циркуларни модел.....	10
4.1.1. Упоредна анализа линеарног и циркуларног модела економије ЕУ	14
4.2. Примери добре праксе у свету	16
4.2.1. Биоенергија у Мађарској	16
4.2.2. Рециклажа <i>PET</i> пластике у Немачкој.....	18
4.2.3. Поновна употреба амбалаже у Шведској и Немачкој	20
4.3. Примери добре праксе у Републици Србији	23
4.3.1. Рециклажа тетрапака	23
4.3.2. Рециклажа пнеуматика	24
4.3.3. Грејање на брикет кафене плевнице	25
5. Текстилна индустрија заснована на моделу линеарне економије.....	27
6. Циркуларна економија у текстилној индустрији.....	31
6.1. Елиминисање нежељених супстанци и емисије микровлакана.....	33
6.1.1. Хармонизација стандарда и транспарентност.....	37
6.1.2. Алтернативне супстанце, производни процеси и регенеративна пољопривреда.....	39
6.1.3. Емисија микровлакана.....	43
6.2. Повећање искоришћености одеће.....	49
6.2.1. Издајмљивање одеће.....	51
6.2.2. <i>Second-hand</i> продавнице.....	54
6.2.3. Издржљивост или трајност одеће.....	59
6.3. Унапређење сектора рециклаже	65
6.3.1. Фаза дизајна.....	66
6.3.2. Сакупљање одбаченог текстила	66
6.3.3. Сортирање одбаченог текстила	67
6.3.3.1. <i>NIR</i> технологија сортирања	69
6.3.3.2. <i>RFID</i> технологија сортирања.....	70
6.3.4. Технологије рециклаже	73
6.3.5. Потражња за рециклираним текстилом.....	75
6.3.6. Отпадни текстил као сировина	76
6.4. Ефикасно коришћење ресурса и прелазак на обновљиве изворе	78
6.4.1. Ефикасно коришћење ресурса	78

6.4.1.1.	Мере за ефикасније коришћење ресурса	79
6.4.1.2.	Технолошка иновација	82
6.4.2.	Обновљиви извори	83
6.4.2.1.	Биолошки полиестер	85
6.4.2.2.	Биолошки полиамид	86
6.4.2.3.	Биолошка синтетичка свила	87
6.4.2.4.	Карактеристике биополимера	88
7.	Закључак	89
8.	Литература	90

1. Увод

Основне функције привреде (производња, дистрибуција, размена и потрошња) реализују се у датом природном окружењу. Процес стварања добара има кружни ток. Човек се снабдева сировинама из природног окружења зарад производње економских добара која служе за задовољавање одређених људских потреба при чему након употребе напуштају економски систем и поново се враћају у природно окружење у измењеном облику, било у већој или мањој количини. Економски систем и природно окружење су повезани, са једне стране, у коришћењу и исцрпљивању природних ресурса за потребе производње и потрошње, а са друге стране, у стварању остатака који настају као последица реализације процеса производње и потрошње и који се на крају емитују односно одлажу у природну средину.

Већ дужи низ година заштита и унапређење животне средине јесу активности које су означене као приоритетне или би тако требало да буде. Циљ је постићи одрживи развој али то није могуће без чврсте везе између економске политике и унапређења животне средине на свим нивоима, како је закључено давне 1992. године на Конференцији о животној средини одржаној у Рио де Жанеиру. Седамдесетих година прошлог века криза која је задесила сектор сировина и енергије је била само упозорење како је промењени концепт привредног развоја неодржив. Најпре су реаговале развијене земље доношењем програма штедње и рационалног коришћења примарних ресурса, а у оквиру ових активности значајну улогу има коришћење отпадних сировина. Реакција развијених земаља је и њихова одговорност, из разлога што оне учествују са 22% у укупној светској популацији, а користе око 80% светских минералних и енергетских ресурса и производе највећи део светског загађења и отпада. Са друге стране, мање развијене земље учествују са 78% у укупној светској популацији а користе само 20% светских минералних и енергетских ресурса [1]. Наведене цифре говоре да је услед формирања политике друштвеног развоја потребно променити схватање односа економије и екологије, тачније услуге и производе треба посматрати кроз сваку фазу животног циклуса, од процеса производње, употребе до начина њиховог одлагања тако да еколошки опрез мора бити присутан и стално интензивираан. Дакле, тренутна људска популација на планети троши 70% више природних ресурса него што јој припада и баш зато је неопходна промена понашања према планети, а главну улогу у промени курса којом се друштво креће имају носиоци развоја. Привредни систем који не вреднује природне ресурсе на адекватан начин и који подстиче економски раст који се ослања на погрешну претпоставку да су природни ресурси неограничени, дугорочно није одржив. Ако је заштита природе и животне средине постала цивилизацијски проблем, а профит економски мотив привређивања произвођача и других привредних субјеката, онда се не може игнорисати ни једно од ових питања. Коришћење природних ресурса на еколошки и економски одржив начин пружа остваривање повољних ефеката добити (профит) али и задовољство потрошача. „Зелена” економија (циркуларна економија) је општепознат сегмент одрживог развоја, како на локалном тако и на глобалном нивоу, која може извести свет из рецесије тј. из економско-енергетске кризе. Циркуларна економија је пут за спас света, за спас читаве планете која захтева промене, где власници крупног капитала и светских корпорација морају напустити традиционалне облике пословања и почети са уважавањем питања заштите животне средине као изузетно значајног и неизоставног питања. Овакав развој је неопходан из два разлога, први је превазилажење апсорпционог капацитета природног окружења у погледу генерисања загађења, а други је лимитираност природних ресурса. Економија и екологија могу и морају ићи руку под руку [1][2].

У наставку рада дефинисан је модел линеарне економије на коме се углавном заснива глобална индустрија, као и период њеног настанка. Одлика овог модела је планирана застарелост производа која узрокује хипер-потрошњу. Актуелни модел привређивања није у складу са концептом одрживог развоја па је зато формулисан појам, основни принципи, као и циљеви одрживог развоја (глобални циљеви). Одржива алтернатива линеарном моделу економије је циркуларни модел који је посвећен: унапређењу дизајна, максималном искоришћењу ресурса и употреби обновљивих извора. У оквиру 4. поглавља објашњени су и разлози за прелазак на нови модел, као што је: раст количине отпада, потрошње енергије, броја становника, средње класе итд. Потенцијалне користи могу се уочити кроз упоредну анализу ова два модела у 3 сектора на нивоу ЕУ, до 2030/2050. године. Затим, описани су и примери добре праксе из света и Републике Србије, који обухватају процес поновне употребе, рециклаже и издвајања енергије из отпада. Други део рада чини анализа модела линеарне економије у текстилној индустрији, у оквиру које је фокус на дефинисању појма „брзе моде”, глобалном току материјала односно потрошњи ресурса, емисији загађења, као и пројекцији утицаја индустрије до 2050. године. Имплементација циркуларног модела економије у текстилној индустрији захтева реализацију 4 активности. У циљу безбедног кружења материје најпре је неопходно елиминисати нежељене супстанце (активност 1). Зато су поједине набројане, описана је њихова функција и негативан ефекат у току производње, употребе и након употребе одеће. Решење за елиминацију нежељених супстанци је већа транспарентност употребе и усвајање заједничких *RSL/MRSL* листа. Наведене су одређене иновације (нпр. биосинтетичке боје) и дефинисана је регенеративна пољопривреда. Идентификован је проблем емисије пластичних микровлакна у водене површине, па су објашњена технолошка решења, углавном на нивоу домаћинства, и назначен је проблем одлагања издвојених микровлакна. У поглављу Повећање искоришћености одеће (активност 2) приказан је тренд искоришћености одеће и најчешћи разлози одбацивања у Великој Британији. Затим су дефинисани нови пословни модели засновани на економији дељења и њихов начин функционисања: *Subscription-Rental*, *Rental*, као и *Second-hand* продавнице. Основа поновне употребе одеће је издржљивост (физичка/емоционална) због чега су дефинисани утицајни фактори који је одређују (нпр. информације о одржавању и одржавање). У текстилној индустрији не постоји развијен систем рециклаже одеће у одећу због чега је потребно унапредити га (активност 3). Зато су представљене стратегије дизајнирања које обезбеђују лако и брзо растављање производа, рециклабилност итд. Основа рециклаже је сакупљање одбаченог текстила па су описане мере за унапређење, које укључују доносиоце политичких одлука, а односе се на забрану депоновања и спаљивања текстила и увођење продужене одговорности произвођача. Други важан фактор је сортирање текстила, па је представљено мануелно и аутоматизовано сортирање засновано на спектроскопији тј. интегрисаним информацијама. Због недостатака оба поступка изгледна је њихова комбинација у будућности. Затим су анализирани различите технологије рециклаже: механичка и хемијска, али и механизам који може повећати потражњу за рециклираним текстилом и тако убрзати развој овог сектора, а то је („зелена”) јавна набавка. Поред тога, *invisible*, *visible* и *design-led remanufacturing* три су поступка репроизводње, у оквиру којих се остаци текстила користе као улазна сировина. На почетку поглавља Ефикасно коришћење ресурса и прелазак на обновљиве изворе (активност 4) дефинисана је ограниченост природних ресурса и потреба за променом. Затим је анализирана повезаност загађености и недовољне ефикасности употребе ресурса кроз дефинисање концепта чистије производње. Мере за ефикасније коришћење ресурса у текстилној индустрији односе се на потрошњу воде, фосилних горива и електричне енергије.

Такође, представљена је и иновативна технологија бојења која уместо воде користи CO_2 и која смањује потрошњу хемикалија. Након тога, појашњен је неизоставни део циркуларне економије-биоекономија, која за резултат даје влакна на бази обновљивих ресурса (биосинтетичка влакна). Детаљније је анализиран биолошки полиестер и полиамид, као и биосинтетичка свила произведена посредством биотехнологије. Последњи део 4. активности садржи сумиране предности и недостатке биосинтетике.

2. Линеарна економија

Половином 18. века Џејмс Ват открива парну машину која омогућава производњу а онда и олакшан транспорт. Развијањем производње и транспорта настала је прва индустрија. Кроз неколико година овом великом догађају, свет је дао име индустријска револуција. Како је индустрија расла, тако су и потрошачи бивали све захтевнији. Да би произвођачи задовољили потребе тржишта, претворили су се у загађиваче (сеча шума, уништавање биодиверзитета и сл.), док су потрошачи након искоришћења производа исте одбацивали. Управо на овакав начин настала је линеарна економија. Дакле, у почетним фазама индустријализације данас развијених западних земаља доминантан је био концепт линеарне економије који у то време није задавао ограничења у погледу потрошње природних ресурса. Сировине су биле доступне и финансијски приступачне што је овај модел окарактерисало као модел економског напретка будући да је узроковао раст производње, запослености, профита и животног стандарда. Дакле, линеарна економија представља доминантан привредни модел где се привредни процес одиграва праволинијски у етапама: екстракција природних ресурса, обрада и производња робе, дистрибуција, потрошња и на крају одлагање производа тј. одбацивање. Линеарни модел привреде је модел привређивања у којем главна парадигма гласи: „узми-направи/користи-одложи” (слика 1). Са повећањем броја становника, напретком друштва, порастом стандарда, који се данас мери стопом бруто домаћег производа (БДП) и комерцијализацијом, повећава се потрошња, а паралелно се повећава и коришћење ресурса и енергије. Резултат модела линеарне економије чији се циклус завршава одлагањем производа на депонију, након истека употребног периода, је повећање експлоатације ресурса што за последицу има повећање количине генерисаног отпада [3][4][5].



Слика 1. Линеарни модел производње и потрошње [6]

Тренутни модел на коме се базира економија, а који подразумева стално повећање производње и потрошње ближи се крају будући да остаје без ресурса што узрокује појаву економске кризе. Дакле, он није способан да обезбеди одржив економски напредак, нити да обезбеди виталне услове за сва жива бића на планети будући да

узрокује појаву климатских промена, загађење животне средине и погоршање стања екосистема због чега је нужно променити га. Модел линеарне економије је зачарани круг чији је темељ формиран средином 20. века праћењем тзв. „Закона застарелости” који описује процес убрзаног и свесног застаревања производа, а све у циљу планиране замене новим производом без обзира што се производ налази у добром стању. Намерним ограничавањем периода трајања производа од стране произвођача подстиче се константна потрошња производа. Поправка и поновна употреба се карактеришу као опције којима се више губи него што се добија. Функционисање линеарне економије почива на сталном приливу нових производа и елиминисању поновне употребе или поправке кроз високе финансијске трошкове. Дизајн је веома битан, а он у овом случају доприноси хипер-потрошњи. Дакле, савремена економија је заснована на планираној застарелости производа па је тиме еколошки и економски неефикасна. Негативни ефекти који су последица модела линеарне економије прете интеграцији заштите животне средине и економског напретка што је неопходно за опстанак човечанства. У прошлости је овај модел био прихваћен као добар, међутим он уништава планету и у будућности се мора заменити моделом који ће сачувати природни капитал. Рециклажа и третирање отпада представљају први велики корак у промени начина размишљања привредника и целокупне културне оријентације друштва. Супарнички концепт моделу линеарне економије је модел у којем се уместо кретања материје и енергије у једном смеру заступа кружно кретање материје и енергије. Овај концепт се назива циркуларна економија и он подразумева кружење материјала и његову поновну употребу чиме се користи драстично мање ресурса [5][7].

3. Одрживи развој

„Одрживи развој је развој који излази у сусрет потребама садашњице, а да не угрожава способност будућих генерација да задовоље своје сопствене потребе” [8]. Концепт одрживог развоја се базира на интеграцији политике заштите животне средине и развојних стратегија што се огледа у његовом циљу, а то је одржавање економског напретка и развоја истовремено штитећи животну средину. Ограниченост природних ресурса изискује рационално и ефикасно управљање па је зато неопходно заштитити животну средину и природне ресурсе јер од њих зависи тренутни али и будући развој друштва. Како су енергија и остали природни ресурси предуслов развоја, тако је процес њиховог коришћења услов за остварење одрживог развоја. Одрживо коришћење природних ресурса заснива се на:

- унапређењу њихове ефикасности,
- чувању и штедњи у коришћењу и
- коришћењу незагађујућих и обновљивих извора енергије и других ресурса [8].

Веза између дугорочне стабилности животне средине и економског напретка представља темељ одрживог развоја, па алтернатива не постоји. Политика одрживог развоја се не бави само последицама већ ради на решавању извора деградације животне средине, а истовремено пружа могућност и ствара подстицаје за економски напредак. Главна разлика одрживог развоја у односу на традиционалну политику заштите животне средине јесте очување ресурса за будуће нараштаје и умањење последица деградације животне средине. Политика одрживог развоја садржи неколико принципа:

1. међугенерациска једнакост,
2. заменљивост капитала,

3. загађивач плаћа,
4. принцип предострожности,
5. принцип заједничких али различитих одговорности,
6. интегрисано доношење одлука.

Принцип међугенерациске једнакости се у потпуности огледа у основној дефиницији одрживог развоја будући да заговара праведност међу генерацијама, како у погледу животне средине тако и у економском односно друштвеном погледу. Овај принцип се односи на наслеђивање истог стања животне средине са једне на другу генерацију.

Постоји неколико врста капитала: социјални (друштвене норме), природни (природни ресурси) и капитал који је створио човек (инфраструктура). Принцип заменљивости капитала препознаје две врсте одрживог развоја: слаб и јак одрживи развој. За слаб одрживи развој једино је битан здружен капитал. Дакле, капитал који је направио човек односно произведени капитал је добра алтернатива природном капиталу. Са друге стране јак одржив развој препознаје важност природног капитала тј. природних ресурса који не могу бити замењени произведеним капиталом. Из очигледног разлога друга опција је много бољи избор.

Принцип загађивач плаћа захтева да загађивачи сnose одговарајуће финансијске трошкове као последица активности које су допринеле загађењу животне средине.

Принцип предострожности значи да уколико постоји могућност озбиљне или неповратне штете, недостатак пуне научне сигурности не може бити разлог за непредузимање превентивних мера за спречавање деградације животне средине при чему заговорник активности сноси трошкове доказивања да иста неће имати лош утицај на животну средину.

Принцип заједничких али различитих одговорности закључује да свако друштво мора имати своју улогу у политици одрживог развоја, тачније принцип препознаје различит допринос деградацији животне средине развијених и неразвијених земаља, истовремено уважавајући будуће потребе мање развијених земаља. Према томе, развијене земље носе већу одговорност с обзиром на неопходне ресурсе које експлоатишу и притисак који врше на животну средину.

Одржив развој је веома свеобухватна и комплексна тема која пролази кроз велики број области због чега је неопходно постићи усаглашеност у институционалном оквиру. Општи циљ одрживог развоја јесте дугорочна стабилност економије и животне средине што је могуће постићи само интеграцијом економске, еколошке и друштвене одговорности приликом доношења одлука што је уједно и кључни принцип одрживог развоја [9].

Чланице Уједињених Нација дефинисале су 2015. године план под називом „Циљеви одрживог развоја” [10]. План је донет за наредних 15 година и састоји се из 17 циљева који се још зову глобални циљеви:

- елиминисање сиромаштва у свим облицима,
- потпуно елиминисање глади односно неухрањености на планети, сигурност у снабдевању храном, унапређење исхране и формирање одрживе пољопривреде,
- обезбеђивање здравог живота и постизање благостања код свих старосних категорија,

- обезбеђивање инклузивног и једнако квалитетног образовања и постизање целоживотног учења,
- постизање родне равноправности и оснаживање свих жена и девојака,
- обезбеђивање доступности и одрживог управљања водним ресурсима и канализацијом,
- обезбеђивање приступачне, поуздане и одрживе енергије за све,
- постизање непрекидног, инклузивног и одрживог економског раста, потпуна и продуктивна запосленост и пристојан посао за све,
- изградња снажне инфраструктуре, промовисање инклузивне и одрживе индустријализације и рад на иновацијама,
- смањивање неједнакости унутар и међу државама,
- формирање градова и насеља који су инклузивни, прилагодљиви, сигурни и одрживи,
- постизање одрживе потрошње и производње,
- предузимање мера за борбу против климатских промена и утицаја које су последица истих,
- заштита и одрживо експлоатисање мора и океана односно њихових ресурса,
- заштита, обнављање и промовисање одрживог коришћења екосистема на копну, одрживо управљање шумама, борба против дезертификације и спречавање одумирања биодиверзитета,
- промовисање мирних и инклузивних друштава у циљу одрживог развоја, праведност за све и изградња ефикасних и одговорних институција на свим нивоима,
- обнављање глобалног партнерства за одрживи развој.

4. Основи циркуларне економије

Циркуларна економија представља инструмент за реализацију циљева одрживог развоја и подразумева дугорочно улагање у сировинску и енергетску ефикасност, уз смањење штетних емисија, замену фосилних горива обновљивим изворима и производњу и трговину одрживим производима, чиме се затвара круг „производ-отпад-производ”. У циркуларној економији петља ресурса се затвара тако да се коначни ресурси (нпр. метали) прикупљају и поново користе. Она говори о успоравању петље ресурса тј. потрошње ресурса и бољој употреби материјала који се већ налазе у употреби [5][11].

Циркуларна економија је приступ који трансформише функцију ресурса у привреди-отпад из фабрике постаје вредна сировина у неком другом процесу, а сами производи могу бити поправљени, поново искоришћени или унапређени уместо да буду (од)бачени. Она представља својеврсну алтернативу истрошеном моделу линеарне економије вођене начелима узми, направи, искористи, баци, а односи се на максималну искоришћеност употребљених ресурса односно уместо да производ буде (од)бачен пре потпуног искоришћавања вредности, буде изнова и изнова коришћен (слика 2). Један од захтева циркуларног модела јесте трансформација пословних модела који би подразумевали продавање услуге уместо продавања производа као што је то „продаја сати за воланом” кроз заједничко коришћење возила уместо продаје возила. Дакле, циркуларна економија представља другачији привредни модел чија су решења базирана на процесима који се свакодневно одвијају у природи при чему отпад једне индустрије представља сировину за другу индустрију. Крајњи циљ циркуларне

економије је трансформација друштва у друштво које генерише отпад у минималним количинама са високим нивоом поновног искоришћења кроз комбинацију еко-дизајна, нових пословних модела као што је изнајмљивање, поправка и поновна употреба, и нових технологија рециклаже што за последицу има ефикасно коришћење ресурса и смањено загађење животне средине уз остваривање финансијских уштеда и креирање нових пословних могућности као основе одрживог економског раста [6][12].



Слика 2. Циркуларни модел производње и потрошње [6]

Основни концепт циркуларне економије је раздвајање раста и потрошње ресурса, док су основни принципи циркуларне економије:

1. ефикасније дизајнирање у циљу елиминације отпада и штетних ефеката по здравље људи и животну средину,
2. дизајн који обезбеђује поновну употребу, репродукцију и рециклажу, како би производи, компоненте и материјали кружили у систему,
3. употреба обновљивих извора ресурса и енергије у циљу смањења зависности од необновљивих ресурса.

Елиминација штетних ефеката и циркулисање вредности материјала, два су принципа циркуларне економије, чија је основа дизајн. Дизајн представља механизам помоћу којег човек обликује материјално окружење око себе, како би задовољио своје потребе и жеље. Када се производ осмисли, доноси се важне одлуке које утичу на то како се производи, како се користи и шта се дешава када више није потребан. Тешко је вратити се и поништити ефекте тих одлука ако се касније утврди да производе негативне последице. Дакле, осмишљавање дизајна производа један је од важних корака у примени циркуларне економије будући да се 80% утицаја на животну средину дефинише у оквиру овог процеса. С тим у вези, еко-дизајн полази од претпоставке да ефекти које производи имају на животну средину треба да се узму у обзир и да они максимално треба да се умање у свим фазама животног циклуса производа. Циљ је генерисање производа са минималним утицајем на животну средину током животног циклуса. Дакле, добро осмишљен дизајн омогућава да производ који је намењен рециклажи буде направљен од рециклабилних материјала односно обезбеђује већу издржљивост производа уколико је предодређен за поновну употребу. Срце циркуларне економије представља процес дизајнирања [12][13][14].

Дакле, важно је не само елиминисати отпад из процеса производње већ и обезбедити да се отпад који је већ настао може поново користити као вредан ресурс. Из тог разлога један од водећих инструмената у реализацији модела циркуларне економије је процес рециклаже у току којег се врши издвајање материјала из отпада и поновно коришћење за исту или другу намену. Међутим, поједини материјали су подложни рециклажи (папир, картон, пластика, стакло, алуминијум, бакар, гвожђе, керамика, електронски и електрични отпад), а они који то нису се користе за добијање енергије или се одлажу на еколошки безбедан начин. Дакле, рециклажа обухвата у потпуности основна начела новог привредног модела:

- смањење експлоатације ресурса,
- смањење потрошње енергије (нема потрошње енергије у примарним процесима),
- заштита животне средине,
- отварање нових, „зелених” радних места (процеси у рециклажи и еко-дизајнирање захтевају знање и рад) и финансијска добит [5][6][12].

Са друге стране, рециклажа је енергетски изузетно захтевна и није процес који се може реализовати унедоглед будући да се сваким новим поступком рециклаже губи део производа што захтева већа финансијска улагања у производњу новог. На крају један део производа свакако оде на депонију или у процес инсинерације.

Имплементација модела циркуларне економије захтева деловање у свим фазама животног циклуса производа: фаза прет-потрошње, фаза потрошње, фаза пост-потрошње (слика 3). Фаза прет-потрошње обухвата експлоатацију природних ресурса, дизајн производа, производњу и дистрибуцију производа. Фаза потрошње производа је временски период у коме производ има употребну вредност за његовог власника, међутим, искоришћени производ се може поново употребити све док власник производа не донесе одлуку о његовом одбацивању. Поновна употреба је свака операција којом се производ или његови делови који нису постали отпад, поново користе за исту или сличну намену. Када власник одлучи да производ одбаци, он постаје отпад и прелази у фазу пост-потрошње која обухвата управљање отпадом: прикупљање, сортирање, транспорт, третман (рециклажа, добијање енергије...) и одлагање отпада, али и припрему за поновну употребу. Припрема за поновну употребу обухвата операције поновног искоришћења отпада (провера, чишћење, поправка) којима се производ или делови тог производа који су постали отпад припремају за поновну употребу, без претходне обраде. Пример поновне употребе је директна поновна употреба (употребљена одећа, половна ИТ опрема и сл.) док припрема за поновну употребу обухвата: обнављање (прање, чишћење...), отклањање кварова на одбаченим производима, распарчавање на делове који се даље могу користити и репроизводњу. Репроизводња као важан чинилац циркуларног модела представља низ производних активности на искоришћеном производу у циљу добијања производа са унапређеним перформансама које су често на нивоу новог производа, уз давање гаранције квалитета. Важно је напоменути да поновна употреба смањује количину отпада који настаје али и одлаже производњу новог производа, док припрема за поновну употребу и рециклажа тј. третман смањују експлоатацију природних ресурса и количину отпада која се одлаже [12][15].



Слика 3. Животни циклус производа [15]

Дакле, фаза прет-потрошње и фаза потрошње чине део животног циклуса производа у којем је могуће спречити настанак отпада (фаза превенције) док фаза пост-потрошње јесте део животног циклуса у којем је одређени производ постао отпад (фаза отпада) и чија се количина може редукovati.

Последњи, али не и најмање важан део концепта циркуларне економије јесу обновљиви извори. Необновљиве изворе могуће је заменити обновљивим, што је уједно и једини начин за очување планете. Обновљиви извори енергије (ОИЕ) представљају неисцрпне изворе енергије из природе који се обнављају у одређеном временском интервалу, у целости или делимично (биомаса, сунце, ветар, вода, геотермална енергија итд.). Четири кључна разлога за развој ОИЕ су:

- економски развој, будући да приступ енергији из обновљивих извора значи отварање 4 пута више радних места на сваки уложени долар него индустрије које користе фосилна горива, а ти послови траже образован кадар, који има веће плате;
- климатске промене, будући да емисија угљеника и других гасова у атмосферу, као последица људског деловања (нпр. сагоревање фосилних горива) доприноси мењању климе на Земљи (глобално загревање, екстремне временске прилике);
- енергетска безбедност, јер земље које немају сопствене изворе енергије бивају приморане да увозе фосилна горива па су изложене ризицима варијације цена и енергетски су зависне; без поузданог приступа енергији ниједна земља не може очекивати да има одржив економски развој;
- здравље, јер поред економских, безбедносних и користи за животну средину, ОИЕ доносе корист и за здравље популације тј. елиминишу негативне ефекте по људско здравље, какве производе фосилна горива.

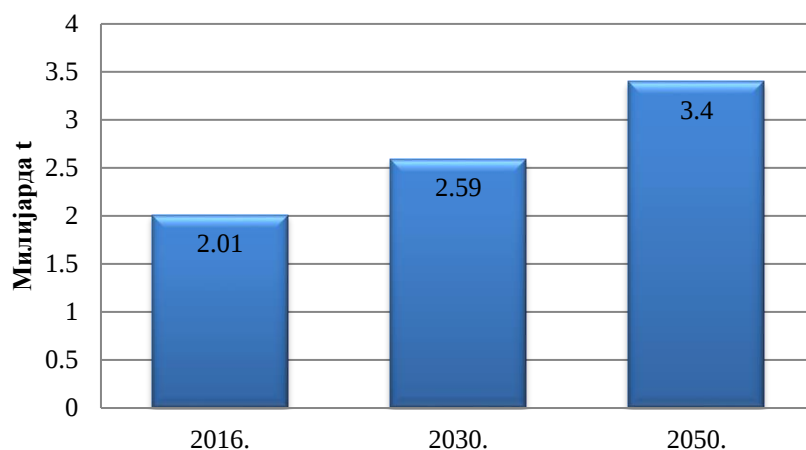
Такође, веома је битна и регенеративна пољопривреда која обезбеђује коришћење обновљивих извора ресурса из природе на начин који омогућава одржавање и

побољшање квалитета земљишта и животне средине, нпр. кроз враћање нутријената у тло путем покривки, а резултат је висококвалитетни производ.

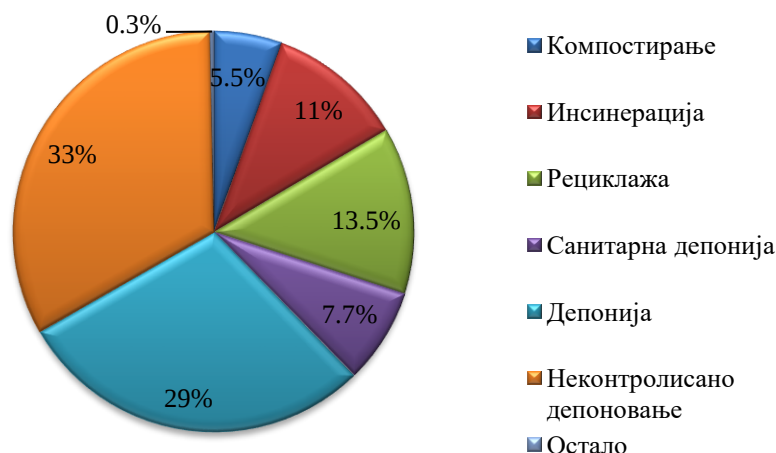
Да би се отклонила недоумице, циркуларна економија није синоним за рециклажу, она је много више од процеса рециклаже будући да се заснива на успостављању индустријског система који тежи стварању из отпада кроз процес поправке и поновне производње од постојећег производа али и поновне употребе производа. Један од задатака овог модела јесте дизајнирање производа у циљу елиминисања штетних ефеката односно што бољег искоришћења до краја животног циклуса, али то није једини задатак, други задатак је смањење употребе енергије у процесу његове производње. Дакле, циркуларна економија избегава употребу необновљивих ресурса због свих лоших ефеката, а једина алтернатива јесу обновљиви извори. Обновљива енергија је облик чисте енергије коју пружају природни извори, међутим, све што је обновљиво није нужно и одрживо, па је одрживо коришћење ОИЕ врло важно за дугорочно очување природних извора. За разлику од линеарне економије циркуларна економија разматра све опције унапређења у ланцу производње како би искористила што мање ресурса, задржала ресурсе у употреби што је дуже могуће, извукла максималну вредност из њих, а затим на крају радног века производа што је могуће више из њега повратила. Реч је о очувању вредности већ произведеног што је дуже могуће, изнад тренутног просека који износи 9 година [12][15][16][17].

4.1. Неопходност преласка на циркуларни модел

Према последњим подацима у свету се годишње генерише 2,01 милијарди t комуналног отпада. Процене су да ће претходно наведена количина отпада порасти за 22,4% до 2030. године односно за 40,9% до 2050. године (слика 4). Од укупне количине генерисаног отпада чак 70% се одлаже на депоније. У оквиру третмана отпада највише је заступљена технологија рециклаже 13,5%, а најмање компостирање 5,5% (слика 5). Дакле, ситуација у свету није најбоља што само говори да су још увек заступљени принципи модела линеарне економије чије се последице могу сагледати кроз претходно наведене бројке [18].



Слика 4. Пројектована количина комуналног отпада у свету [18]



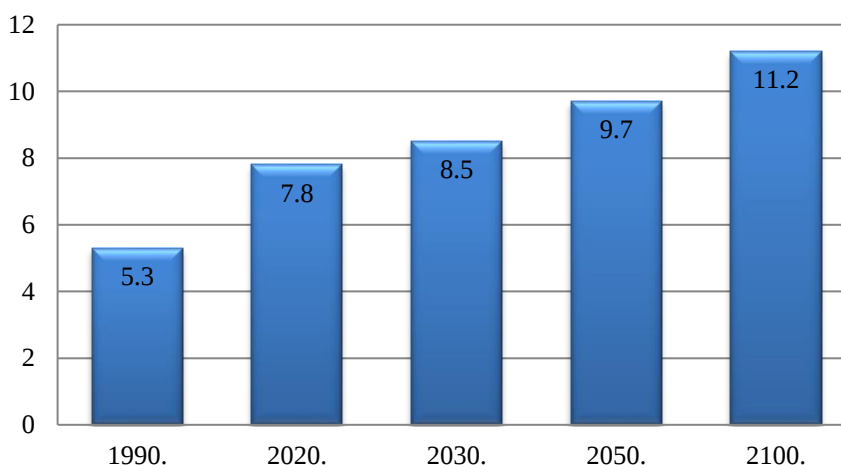
Слика 5. Начин третирања отпада на глобалном нивоу [18]

Линеарни модел економије карактерише висока потрошња енергије по производу и генерисање великих количина отпада које нису на адекватан начин третиране и одлагане па се зато привреда развијених земаља све више удаљава од модела линеарне економије који се темељи на принципу „узми-направи-одложи“, а све више тежи ка циркуларној економији која пружа нов модел „производ-отпад-производ“ [6].

Када се говори о притиску на окружење, текстилна индустрија по интензитету експлоатације примарних ресурса и воде заузима четврто место, одмах после прехранбене индустрије, стамбеног сектора и сектора транспорта, док је пета по емисији гасова стаклене баште. Процене су да се мање од 1% текстила у свету рециклира. Електрична и електронска опрема представљају један од најбрже растућих токова отпада у ЕУ, са годишњом стопом раста од 2%, док су процене да се у ЕУ рециклира мање од 40% електронског отпада. Дакле, вредност се губи када се производ који је потпуно или делимично функционалан одбаци јер се не може поправити, батерија се не може заменити, софтвер се не може ажурирати итд. У просеку, два од три становника Европе жели да дуже користи своје тренутне дигиталне уређаје под условом да перформансе нису значајно лошије него код новијих производа. У току 2010. године у САД је одбачено 141 милион мобилних телефона, а чак 89% је завршило директно на депонијама, без икаквог процеса издвајања употребљивих материјала. За разлику од САД, у Великој Британији око 125 милиона мобилних телефона остаје потпуно некористишено, што је 4 пута већи број од телефона који су у употреби. У Немачкој је у току 2012. године од укупне количине одбачених кућних уређаја око 30% било у функцији [12][19].

Човек се не понаша одговорно иако бројна истраживања показују да се количина руде, минерала, фосилних горива и биомасе која се у свету годишње користи може утростручити до 2050. године уколико се не пронађе начин да се економски раст раздвоји од брзине трошења природних ресурса. Глобална потрошња енергије удвостручена је између 1800. и 1900. године, а током 20. века је порасла више од 20 пута. Прогнозе нису добре, наиме до 2030. године очекује се раст за додатних 50% уколико се настави по постојећем сценарију. Такође, претпоставке су да ће се глобална потражња за водом, повећати за 50% у односу на тренутну потражњу. Порасту потрошње доприноси развој индустрије али и раст популације. Према подацима Уједињених нација број људи на планети до 2050. године износиће 9,7 милијарди

односно 11,2 милијарде до 2100. године што је за 19,6 односно 30,4% више од тренутног стања (слика 6) [12][20].



Слика 6. Тренд пораста светске популације [20]

Глобална популација наставља да расте, а за њом и број припадника средње класе који ће до 2030. године бројати 5,3 милијарди, а то ће повећати њихову финансијску потрошњу за 42%. Дакле, у блиској будућности доћи ће до раста потрошње и цена ресурса, трошкова за енергију, становништва, њихових потреба и миграција према градовима, а посебно погоршања климатског амбијента. Зато свет мора бити спреман и имати адекватан одговор за будућност. Трансформација привредног модела потребна је јер нови модел: штити животну средину, ствара нове послове не само у сектору рециклаже већ и у новонасталим пословима у области поновне употребе, отвара иновативне и ефикасније начине производње, повећава конкурентност. Подаци из 2018. године говоре да ће се до 2030. године у свету отворити 18 милиона нових „зелених” радних места, док ће милион људи из области екстракције нафте остати без посла. Циркуларна економија уско је повезана са глобалним напорима ка стварању одрживог развоја али и са неколико приоритета ЕУ: стварање нових послова и повећање раста, инвестиције, клима и енергија, индустријске иновације. Када се говори о клими и климатским променама пратећи принципе циркуларне економије, емисија гасова стаклене баште би се аутоматски смањила. Климатске промене и употреба материјала уско су повезани, па би емисија штетних гасова из индустрије Европске уније до 2050. године била редукована за 56% уколико би се у потпуности имплементирала циркуларна економија. Смањење емисије би вероватно било још веће јер би циркуларна економија омогућила ЕУ одрицање увоза сировина из земаља ван ЕУ, што ће такође смањити емисију гасова са ефектом стаклене баште у тим земљама. Наведене предности циркуларног модела имаће све важнију улогу услед експанзије светске популације. Преласком са линеарног на циркуларни модел могу се остварити уштеде у материјалу које се мере милијардама евра [12][21][22][23].

Симулирањем развоја глобалне економије до 2050. године очекује се да ће прекиди у снабдевању, повећање цена и нестабилност коштати глобалну економију око 4,5 билиона долара до 2030. године односно између 10 и 40 билиона долара до 2050. године (најгори сценарио). Дакле, циркуларна економија има потенцијал од 4,5 до 40 билиона долара на глобалном нивоу, док у ЕУ превенција стварања отпада, еко-дизајн и поновна употреба могу донети нето уштеду од 600 милијарди евра, што је 8% годишњег промета компанија у ЕУ, уз истовремено смањење укупне годишње емисије

гасова стаклене баште за 2-4%. Уколико би се рециклажа старих аутомобила у ЕУ заменила процесом рестаурације односно поправке, смањили би се трошкови за 6,4 милијарди евра на годишњем нивоу, за материјале, и за 140 милиона евра, за трошкове енергије, уз смањење емисије гасова стаклене баште за 6,3 милиона t. Иако цене ресурса и материјала стално расту, расте и њихова потрошња, и поред тога што је њихова доступност у будућности ограничена. Један од одговора на овакве изазове је обнављање и поновна производња јер новија истраживања показују да се много више може зарадити отварањем погона за поновну производњу него отварањем новог производног погона, а истовремено се смањује потрошња ресурса. Поједине велике компаније су почеле да примењују овај начин производње, па тако компанија *Caterpillar* производи „нове” производе који су састављени од претходно расходованих и репарираних машина. Други пример јесте француска компанија *Renault* која мења устаљени пословни модел будући да тако смањује количину отпада, а онда и трошкове управљања отпадом што повећава ниво профита. Погони ове фирме поновно производе „нове” производе (нпр. пумпа за воду) који се касније продају у износу од 50 до 70% оригиналне вредности и уз једногодишњу гаранцију квалитета [7].

Модернизација и јачање привреде су чињенице због којих је неопходно прећи са линеарног на циркуларни модел економије будући да је основни извор развоја економије код другог модела поновна употреба материјала из производа који су завршили свој животни циклус и што мања експлоатација природних ресурса. Најважнија порука коју овај модел шаље је: „Не размишљајте о отпаду, него о производу” односно како је дизајниран, колико је рециклабилан, како је произведен и колико је пријатељски настројен према околини. У оквиру циркуларне економије производи су тако дизајнирани да постоји могућност: поновне употребе, растављања, поправке или рециклаже а произведени су коришћењем обновљивих извора енергије. Нови дизајн производа елиминисаће из састава штетне или тешко доступне материјале док ће истовремено омогућити дужи период коришћења. Овакав дизајн пружа многе позитивне ефекте:

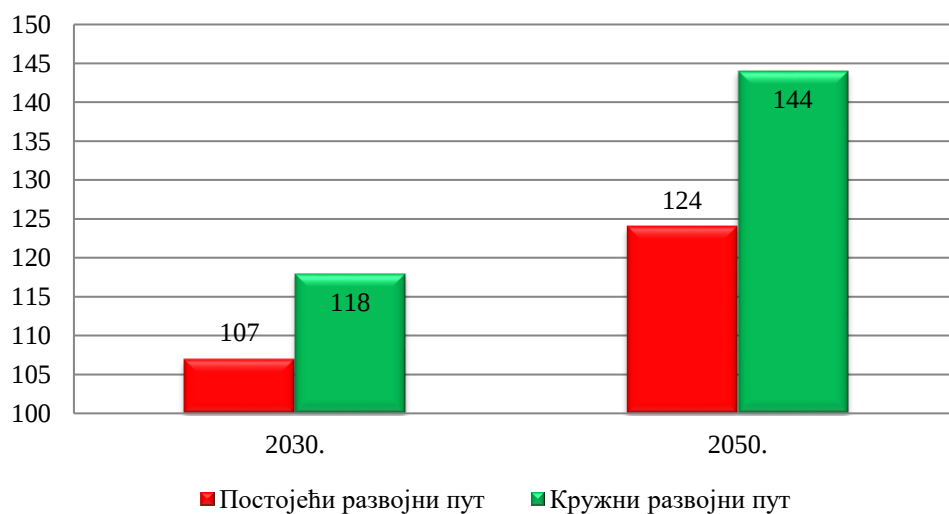
- уштеда воде и енергије до 90%,
- уштеда од 30 до 60% на потребама третирања отпада или загађења,
- уштеда материјала од 30 до 60%,
- повећање профита од 9 до 26% [5].

Друштво непрекидно напредује па је зато неопходно променити систем који само тренутно функционише (линеарна економија). Нови трендови брзо настају па су тако до пре само 15 година људи много више куповали новине док данас већина чита *on-line* издања. Многе компаније које су раније биле лидери у свом пољу, а нису се на време прилагодили променама, данас не постоје. Ако компаније и друштво желе раст онда морају раздвојити развој и раст од потрошње ресурса. Циркуларна економија чини само 9% глобалне економије, што значи да земље у развоју имају довољно времена да ухвате корак са светом, и да успешном применом овог концепта остваре унапређење животне средине и очување природних ресурса, заједно са економским развојем [24]. САД, као највећа економија света, и Кина, као једна од најбрже растућих економија, се постепено окрећу моделу циркуларне економије тако да би додатно одлагање земаља у развоју, међу којима је и Србија, да прихвати правила циркуларне економије двојак коштало грађане и привреду, кроз губитак предности раног увођења система и директно, путем комплетне реконструкције већег и устаљенијег система привреде ка циркуларној економији [12]. У току 2018. године у Републици Србији генерисано је 2,23 милиона тона комуналног отпада при чему је 87,4% депоновано од стране ЈКП

предузећа, а само 0,3% је рециклирано [25][26]. Процене су да се годишње на несанитарне депоније одложи материјал у вредности од 50 милиона евра [6]. Уколико би се привреда Републике Србије развијала на бази модела циркуларне економије она би добила шансу за развој, грађани еколошку безбедност, „зелена” радна места, бољи квалитет воде, ваздуха, здраву храну и на крају све претходно наведено даје бољи квалитет живота. Процене су да се увођењем циркуларне економије у Србији може отворити 30.000 нових радних места и повећати конкурентност привреде чиме би се заштитила животна средина, а уједно обезбедио економски раст. Такође, последица овог модела је нови, унапређен социјални капитал нације који је инвестиција без које нема будућности [12].

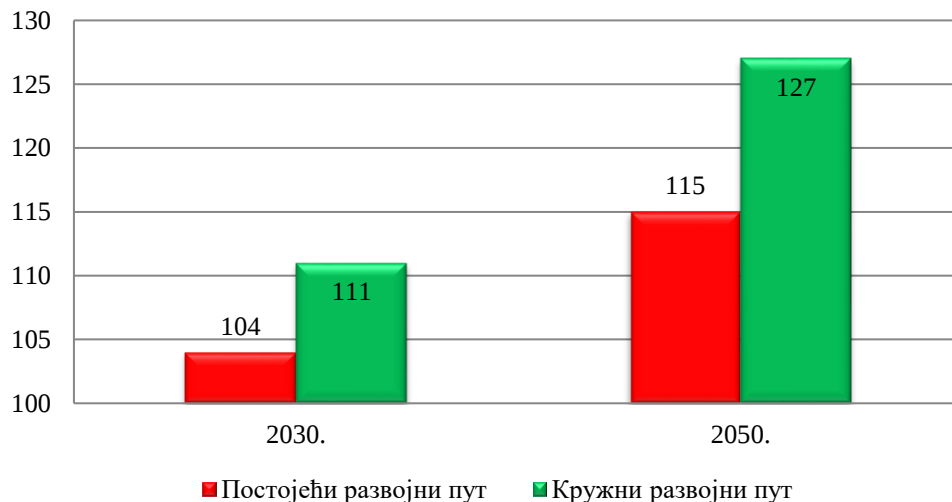
4.1.1. Упоредна анализа линеарног и циркуларног модела економије ЕУ

У циљу доказивања тезе да се преласком на циркуларни модел могу остварити бољи друштвени, економски и еколошки резултати, моделирана су два сценарија за Европу: тренутни развојни пут (линеарна економија) и кружни развојни пут (циркуларна економија), кроз три сектора: аутомобилска, прехранбена и грађевинска индустрија. Методологија на основу које је извршено моделирање је тако конципирана да се пројектоване вредности за 2030. односно 2050. годину упоређују са 2012. годином, као референтном, чији индекс износи 100. Дакле, што се тиче области економије сценарио циркуларног модела би могао повећати приход просечног европског домаћинства, кроз смањење трошкова производа и услуга, за 18% до 2030. године односно 44% до 2050. године у поређењу са 7 односно 24% у постојећем сценарију развоја (слика 7) [27].



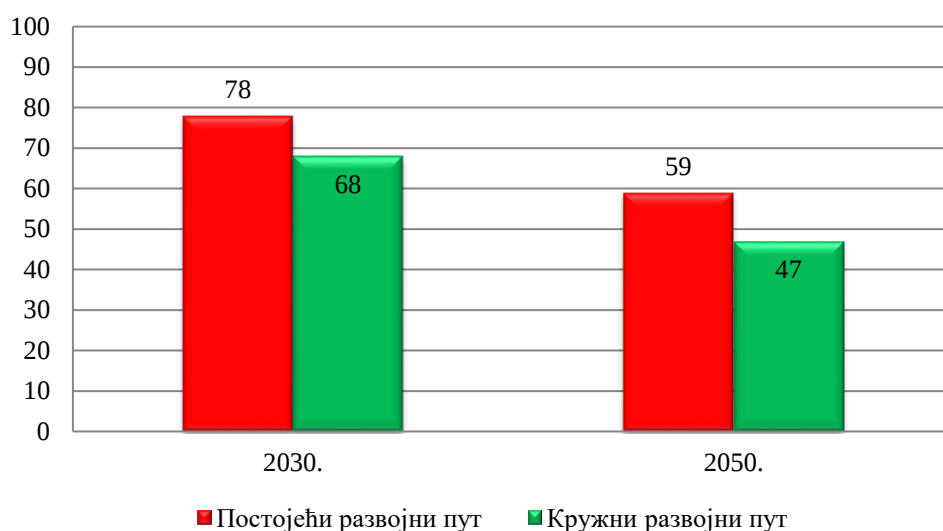
Слика 7. Приход просечног европског домаћинства за два сценарија [27]

Повећањем прихода просечног домаћинства директно би се повећала потрошња, али у одрживом моделу привреде, што би утицало на повећање бруто домаћег производа и постизање одрживог економског раста. Европски БДП би могао да порасте за 11% до 2030. године односно за 27% до 2050. године у циркуларном сценарију, у поређењу са 4 односно 15% у постојећем сценарију (слика 8). Дакле, циркуларна економија пружа већи раст БДП за 6,3% до 2030. године односно за 9,5% до 2050. године у односу на тренутни сценарио [27].

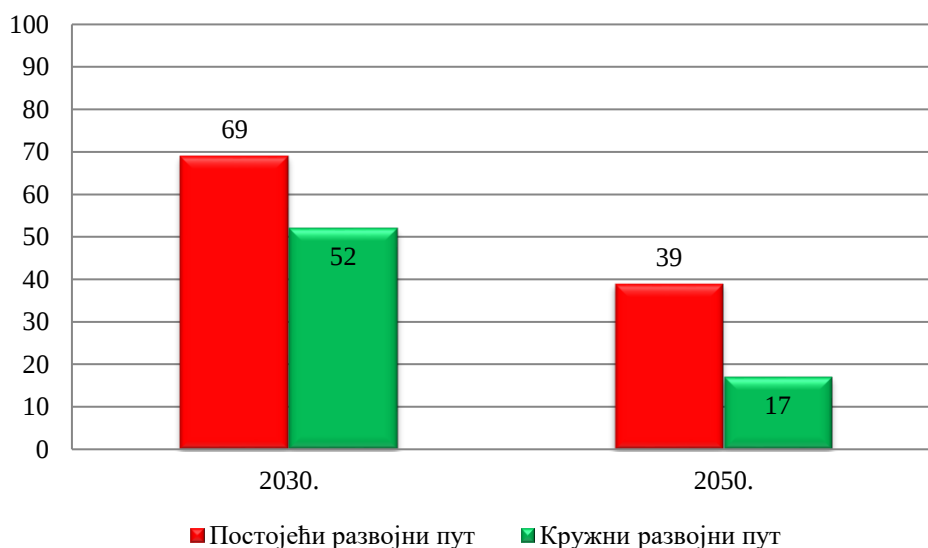


Слика 8. Поређење раста БДП за два сценарија [27]

Поред предности које модел циркуларне економије носи са собом у области економије, такође, доноси низ предности у области заштите животне средине кроз смањење потрошње ресурса, емисије штетних гасова итд. Смањење потрошње примарних сировина за последицу има смањење емисије штетних гасова, што је смањење потрошње веће и смањење емисије је веће, и обрнуто. Дакле, потрошња примарних сировина би се до 2030. године смањила за 32% односно за 53% до 2050. године моделом циркуларне економије док би смањење моделом линеарне економије износило 22 односно 41% (слика 9). Емисија угљен-диоксида би се до 2030. године смањила за 48% односно за 83% до 2050. године у поређењу са емисијом из 2012. године. Уколико би се даље наставило са линеарним моделом економије, смањење емисије угљен-диоксида би било мање, 31% до 2030. године односно 61% до 2050. године (слика 10) [27].



Слика 9. Потрошња примарних сировина за два сценарија [27]



Слика 10. Емисија угљен-диоксида за два сценарија [27]

Оптимизацијом сектора грађевинарства, прехранбеног и сектора саобраћаја простор који заузима инфраструктура може бити замењен зеленим површинама чиме се повећава квалитет живота у градовима и побољшава квалитета ваздуха [27].

Упркос растућој подршци циркуларној економији неколико баријера може успорити промену постојећег система: рециклирани материјал не поседује захтевани квалитет, дизајн производа не поседује кључне елементе циркуларне економије, економија се заснива на планираном застаревању производа, ограничен мониторинг производа у ланцу вредности, недостатак добре инфраструктуре за ефикасно враћање ресурса са тржишта, подстицаји економског раста се базирају на линеарном моделу, трошкови „зелених” иновација и пословних модела, недостатак државне подршке, недовољна упућеност које су предности циркуларне економије, недостатак еколошке свести код добављача и купаца и слично [7].

4.2. Примери добре праксе у свету

4.2.1. Биоенергија у Мађарској

Поред европских градова као што су: Стокхолм, Гетеборг, Копенхаген, Улм и Париз, и у мађарском граду Печуј извршена је интеграција енергије добијене из биомасе у енергетски система града. Град Печуј је пети по величини град у Мађарској, са 160.000 становника и смештен је у југозападном делу Мађарске. Давне 1959. године изграђено је постројење *The Pannon Power Plant* које је град користио за снабдевање енергијом. До пре око 20 година постројење је за потребе производње топлотне и електричне енергије користило фосилна горива (угаљ и гас). Међутим, од тог тренутка град елиминше употребу фосилних горива и прелази на потпуну производњу топлотне и електричне енергије из обновљивог извора енергије, биомасе. Процес производње обавља се у когенерационом постројењу које се састоји из две јединице, при чему се у првој јединици, капацитета 50 MW употребљава отпад од дрвета (нпр.струготина) као енергент, док се у другој јединици, капацитета 35 MW као енергент користи стабљика кукуруза/сунцокрета и слама. Дакле, капацитет когенеративног постројења износи 35 MW за производњу електричне енергије односно 50 MW за производњу топлотне енергије коришћењем биомасе. Целокупан систем функционише тако што се биомаса

сагорева у два засебна котла, а затим се произведена пара шаље у турбо генератор који производи електричну енергију. Искоришћена пара се на излазу шаље у измењивач топлоте који напаја градски систем за потребе грејања. Постројење којим управља компанија *Veolia* обезбеђује чак 20% „зелене” електричне енергије тј. енергије која је произведена из обновљивих извора у Мађарској. Постројење се углавном снабдева биомасом која се сакупља у радијусу од 100 km око града. Тачније, око 200.000 t сламе набавља се од 20-ак домаћинстава која се налазе на југо-западу Мађарске, у околини града, док се око 400.000 t отпада од дрвета набавља углавном из прерађивачке индустрије или као последица управљања шумама, што обезбеђује рад постројења у току целе године. Коришћењем локалне, обновљиве енергије постројење обезбеђује топлотну енергију за 31.000 домаова и 450 јавних зграда, што задовољава целокупне годишње потребе система грејања али и годишње потребе за електричном енергијом. Употребом биомасе смањена је цена топлотне енергије за 12%. Коришћењем пољопривредних остатака за потребе производње енергије обезбеђено је максимално смањење емисије штетних гасова, пре свега CO₂, за 400.000 t годишње, али је смањена и потрошња гаса за око 210 милиона m³ годишње. Као последица сагоревања биомасе настаје пепео који се може искористити у пољопривредне сврхе, као ђубриво, будући да је богат магнезијумом, калијумом и фосфором. Дакле, оно што је из природне околине узето у њу се и враћа, а да при том не изазива штетне ефекте, или су они сведени на минимум, чиме се у потпуности затвара круг циркуларног модела привреде. Радом једног оваквог постројења обезбеђена су тзв. „зелена” радна места будући да је отворено преко 170 радних места како би се обезбедило снабдевање постројења сламом односно преко 100 радних места како би се обезбедило снабдевање отпадом од дрвета. Осим претходно наведених сталних послова, створено је још око 500 сезонских послова што обезбеђује додатан приход домаћинствима од око 4 милијарде мађарских форинти (око 11 милиона евра). Будући да се регион којем припада град Печуј бави пољопривредом, нуспроизводи од житарица тј. дрвета бивају у потпуности искоришћени за добијање топлотне и електричне енергије чиме се избегава настајање отпада. Дакле, град поседује потпуно „зелен” систем грејања због чега се још назива „зелени” град. Постројење које се налази у Печују, највеће је постројење у централној Европи које као енергент користи сламу тј. биомасу (слика 11). На овај начин Мађарска обезбеђује 6% енергије из обновљивих извора.



Слика 11. Когенеративно постројење на биомасу [28]

Са друге стране, локална цивилна организација (енгл. *Civils for Mecsek*) је забринута, будући да они сматрају да транспорт биомасе до постројења са локација која су

удаљенија од 50 km чини да „зелена” енергија постаје „прљава”. Такође је забринута, јер уклањање сламе и пољопривредних остатака са земљишта утиче на плодност тла и спречава одржавње адекватне влажности тла у току летњег период, али и због могућег крчења шума како би се обезбедио енергент за постројење, услед недостатка првобитног енергента [29][30][31][32].

Поред описане електране, у граду Саколију такође постоји електрана на биомасу која у овом случају производи само електричну енергију (енгл. *Szakoly Power Plant*). Ово је прва електрана на биомасу у Мађарској која је започета гринфилд инвестицијом. Постројење је изграђено 2006. године, а са радом је почело 3 године касније, да би године 2016. компанија *Veolia* купила постројење. Капацитет постројења износи 19,8 MW а као енергент користи отпад од дрвета и остатке из пилана. Годишње се у котловима сагори од 140 до 150 хиљада t биомасе и произведе се око 130 GWh електричне енергије која се шаље директно у енергетску мрежу, што је довољно за снабдевање 50.000 домаћинстава. Постројење запошљава 55 радника.

У Мађарској се налази још једна електрана која користи биомасу као енергент, а то је Бакони електрана у граду Ајка (енгл. *Bakony Power Plant*). Међутим, ова електрана комбинује биомасу и угаљ при чему се у већем обиму користи биомаса тачније отпад од дрвета и пољопривредни нуспроизводи. Електрана снабдева индустрију паром, у циљу производње алумине, али и систем грејања, док се истовремено производи електрична енергија и то у износу од 320.000 GWh на годишњем нивоу. Капацитет постројења за производњу топлотне енергије је 131,6 MW, а за производњу електричне енергије 360 MW, на годишњем нивоу. Број запослених је 285. Свим претходно описаним електранама управља компанија *Veolia* [33].

4.2.2. Рециклажа PET пластике у Немачкој

Немачка је једна од најнапреднијих земаља у области рециклаже. Један од градова у којима се реализује рециклажа јесте град на северу Немачке, Росток, у којем је 2002. године отворено постројење за рециклажу пластичних боца које су направљене од полиетилен терафталата или скраћено PET (енгл. *polyethylene terephthalate*). Компанија *Veolia* управља процесом рециклаже PET амбалаже у овом постројењу, у којем се око милијарду пластичних боца годишње претвори у гранулат (*rPET*-рециклирани PET) који се користи за прављење „нових” пластичних боца у прехранбеној индустрији. Међутим, да би се обезбедило отварање и рад једног оваквог постројења неопходно је пре свега обезбедити довољну количину отпадне PET амбалаже. Из тог разлога је у Немачкој уведен тзв. депозитни амбалажни систем који подразумева уплаћивање депозита у износу од 8 до 25 центи на сваку купљену боцу у супермаркетима, а уплаћени износ се може вратити потрошачу само ако он претходно врати испразњену амбалажу, и то у било којој продавници. Овај систем се назива *Pfand* систем, а последица оваквог функционисања тржишта јесте да је у 2017. години, у Немачкој, стопа сакупљања боца и конзерви износила 98,5%. Амбалажни отпад је постао веома драгоцен, будући да се за повраћај амбалаже враћа одређени новац, па долази до појаве тзв. „ловаца” на конзерве и боце којима је ово додатан приход. Дакле, након што PET пластичне боце доспеју у систем сакупљања отпада бивају транспортоване у постројење за секундарну сепарацију, а онда у виду бала у постројење за рециклажу, у коме се након разастирања бала врши сортирање пластичних боца према боји, будући да се врши рециклажа само прозирних боца, а онда се врши уклањање затварача и другог заосталог отпада (лепак, налепнице и сл.). Следећи корак у процесу јесте млевање боца на ситне комаде како би се добио гранулат, а затим се врши прање

гранулата топлом водом, а након тога и сушење. Затим се спроводи хемијски поступак ради уклањања нечистоћа са гранула како би оне биле погодне за даљу употребу („пилинг ефекат”). Последњи корак подразумева поновно прање и сушење, а затим и паковање у велике вреће које се испоручују произвођачима пластичних боца у циљу производње „нове” *PET* амбалаже. Пре него што врећа са рециклираном амбалажом напусти постројење у Ростоку, *PET* гранулат се подвргава строгој контроли квалитета. Дакле, претварање *PET* амбалаже у гранулат који се може користити за производњу нових боца постигнут је механичко-хемијским процесом (*Hybrid URRC UnPET* технологија).

Процесу рециклаже подвргава се *PET* амбалажа из целе Немачке, међутим одређен проценат долази и из иностранства. Резултат рада постројења у Ростоку јесте *PET* гранулат који се продаје произвођачима амбалаже у прехранбеној индустрији. У конкретном случају, постројење за рециклажу *PET* гранулат прослеђује предузећу *Hans-Heemann AG* које се бави производњом безалкохолних пића. Будући да је *PET* гранулат константног квалитета то предузеће пружа могућност употребе 50% рециклираног *PET* гранулата за потребе производње нове боце. Америчка администрација за храну и лекове (енгл. *U.S. Food and Drug Administration-FDA*), швајцарска Федерална служба за јавно здравље (енгл. *Federal Office of Public Health of the Swiss Confederation-FOPH*), немачки Институт Фраунхофер (енгл. *Fraunhofer Institute*), Европска агенција за безбедност хране (енгл. *European Food Safety Authority-EFSA*) и остале сличне организације обавиле су потребне анализе које потврђују да гранулат добијен рециклажом *PET* амбалаже у потпуности задовољава кључне прописе и стандарде који регулишу карактеристике материјала који долазе у контакт са храном, како у САД, тако и ЕУ. Другим речима, то значи да се гранулат добијен процесом рециклаже од стране компаније *Veolia* може засигурно користити за производњу амбалаже за храну односно пиће. Ово је велики корак напред будући да је до недавно било спречено коришћење рециклираног материјала за производњу амбалаже за храну односно пиће. Компанија *Veolia* поред описаног постројења поседује идентична постројења у Шведској и Швајцарској. Тренутно је у изградњи слично постројење у Скандинавији односно Норвешкој док се највеће постројење оваквог типа гради у Индонезији, чији ће капацитет износити 25.000 t *rPET*.

Технологија рециклаже која је имплементирана у постројењу у Ростоку назива се *bottle to bottle* процес. Ова технологија обезбеђује други живот употребљеној *PET* амбалажи, али и скраћује поступак обраде пластике и значајно побољшава предности рециклаже, како еколошке тако и економске. Када се говори о природној околини, *PET* гранулат се не топи па се на тај начин повећава енергетска ефикасност и смањује утицај на животну средину у поређењу са традиционалним поступком производње *PET* амбалаже. Што се тиче економског учинка, постиже се економска конкурентност и смањење зависности од примарних ресурса (нафта, гас итд.) што утиче на цену *PET* амбалаже будући да цена не одражава производне трошкове већ се она поставља на основу цене примарних сировина. И на крају, друштвени учинак је такав да се обезбеђује безбедност хране и отварање нових радних места што помаже развијању свести становништва о рециклирању. Рециклажом односно употребом већ постојећих ресурса, штеди се велика количина сирове нафте и воде, виталних природних ресурса. Када су у питању бројке, постројење за рециклажу *PET* амбалаже у Ростоку не садржи фазу топљења па тако уштеди више од 31.000 t нафте и смањи емисију CO₂ за 113.000 t годишње, што одговара годишњој емисији 14.000 Европљана, истовремено смањујући трошкове снабдевања и транспорта сировина. Постројење поседује систем за третман воде која се користи за потребе рециклаже што значи да се употребљена вода користи

изнова и изнова, па се годишња потрошња воде смањује за неколико хиљада метара кубних. Једна тона рециклираног *PET* гранулата еквивалентна је 1,5 тони избегнуте емисије CO_2 . Дакле, употреба рециклиране *PET* амбалаже има за последицу смањење емисије CO_2 за 70% у поређењу са употребом тзв. „чисте” *PET* амбалаже тј. амбалаже која је произведена од примарних сировина, јер се за производњу 1 kg полиетилен терафталата потроши 1,9 kg сирове нафте и 23 kWh енергије [34][35][36][37][38][39].

4.2.3. Поновна употреба амбалаже у Шведској и Немачкој

У Шведској је развијен ефикасан систем за виšekратну употребу амбалаже тзв. Шведски повратни систем (енгл. *Swedish Return System-SRS*) чији концепт подразумева испоруку гајбица и палета за виšekратну употребу, произвођачима намирница. Дакле, гајбице односно палете се у прехранбеној индустрији пуне одговарајућим производима, а затим се испоручују трговинским ланцима одакле се врши дистрибуција робе до малопродајних трговина. Након што се наведене јединице испразне робом која се поставља на полице трговина, оне бивају враћене трговинским ланцима, а даље их преузима *SRS* и врши разна испитивања у циљу провере квалитета, реализује чишћење и прање, након чега су гајбице и палете за виšekратну употребу спремне за поновно коришћење. Просечан број употребе ове амбалаже износи 150 пута. Корисници наведене амбалаже морају платити корисничку накнаду и депозит за гајбице односно корисничку и дневну накнаду за палете. Шведски повратни систем је нови пословни модел који се налази у власништву Трговинског удружења за прехранбене производе (енгл. *Trade Association for Grocery of Sweden*) и Удружења трговаца хране и пића (енгл. *Swedish Food & Drinks Retailers Association*), са подједнаким уделом од 50%. Систем функционише од 1997. године и тренутно се гајбице/палете за виšekратну употребу користе за половину свих испорука свеже хране у Шведској. Предности развијеног система су:

- имплементацијом гајбица за виšekратну употребу смањује се емисија CO_2 е за 74% у поређењу са сличном картонском амбалажом за једнократну употребу,
- гајбице су направљене од издржљиве и рециклабилне пластике па се након истека њиховог животног циклуса (15 година) могу рециклирати изнова и изнова, без нарушавања квалитета, и поново користити за производњу нових амбалажних јединица (слика 12),
- остварују се нижи трошкови транспорта због тога што је тежина амбалажних јединица за 10 kg мања од тежине класичних *EURO* палета,
- дизајн гајбица је такав да се обезбеђује вентилација што спречава акумулацију влаге, а истовремено се штити производ у току транспорта, па роба остаје свежа и неоштећена што смањује количину отпада од хране (нпр. појава сломљених јаја је смањена за 75%), такође, амбалажна јединица је тако конструисана да се обезбеђује њено оптимално искоришћење капацитета,
- постиже се чистије радно окружење и мања количина отпада јер у поређењу са дрвеним палетама односно гајбицама пластична амбалажа не ствара прашину и не долази до оштећења и стварања дрвених остатака,
- димензије амбалажних јединица су стандардизоване па то пружа могућност произвођачима и трговцима да унапред дефинишу и подесе системе за аутоматско паковање.



Слика 12. Амбалажа за виšekратну употребу [40]

У току 2019. године укупно је у шведски заједнички систем повраћаја амбалаже у прехранбеној индустрији послато 150 милиона гајбица и 8 милиона палета за виšekратну употребу. Резултат оваквог функционисања дистрибуције хране јесте смањење емисије CO₂ за 32.000 t. Наведено смањење емисије еквивалентно је емисији крцатог авиона Боинг 747 који обиђе Земљу 23 пута. Од увођења повратног система амбалажне јединице за виšekратну употребу елиминисано је око 1,3 милијарде амбалажних јединица за једнократну употребу [40][41].

Након доброг примера имплементације депозитног система са коришћењем амбалаже за виšekратну употребу у прехранбеној индустрији, из Шведске, следећи пример је сличан, само се ради о амбалажи за кофеински напитака, која се више пута може употребити али је знатно мањих димензија. Дакле, Европа је континент љубитеља кафе што је једно од истраживања и показало, 9 од 10 нација које највише испијају кафу налази се у Европи. Међутим, потреба за кофеином има за последицу растућу количину отпадних чаша које су намењене једнократној употреби. Немачка се налази на скромном 16. месту са потрошњом од 5,5 kg кафе по становнику годишње. За потребе испијања кафе за понети у Немачкој се користи око 2,8 милијарди чаша за једнократну употребу док се на сваких сат времена 320.000 ових чаша одбаци. Зато је компанија *RECUP* из Минхена развила истоимени депозитни систем 2016. године који нуди иновативан и одржив начин пословања употребом чаша које се могу поново употребити. Систем функционише тако што је потребно преузети апликацију у циљу одређивања који кафић или пекара учествује у *RECUP* систему. За преузимање кафе за понети са чашом за виšekратну употребу плаћа се депозит у износу од 1 евра. Након што је *RECUP* чаша испразњена враћа се на било ком продајном месту које учествује у овом систему, а кориснику се враћа депозит. Са друге стране, поклопац за *RECUP* чашу има исте особине као и сама чаша и такође се може поново употребити али он није обухваћен депозитним системом. За разлику од чаше, поклопац има доста ивица и шупљина које се тешко могу у потпуности очистити и осушити, па из хигијенских разлога поклопац није укључен у овај систем већ се продаје по цени од 1,3 евра. Када се поклопац сломи или више није за даљу употребу једноставно се може предати на истом продајном месту где је кафа и купљена, а продавац ће заједно са чашама поклопац послати на рециклажу. *RECUP* систем је уведен у целој земљи, будући да постоји око 5.000 локација у Немачкој које учествују у овом систему, што значи да се кафа са *RECUP* чашом може купити у Берлину, попити у возу и предати у Минхену, а уједно се може остварити попуст на кафу (слика 13). Чаше за виšekратну употребу су направљене од полипропилена-PP, као и поклопци, јер је тренутно овај материјал најодрживије решење за поновну употребу чаша у оквиру депозитног система:

- чаше направљене од PP су много издржљивије тј. дуготрајније што је неопходно за кружни депозитни систем, хигијенски су исправне и лако се перу (могу се прати у машини за судове)

- *PP* захтева мању потрошњу енергије у току производње и рециклаже и карактерише се добром рециклабилношћу, што није случај ако би се користили алтернативни материјали (керамика, нерђајући челик и сл.),
- чаше од керамике нису практичне, лепе јесу, међутим, ломљиве су и теже од пластичних чаша,
- *PP* је високог квалитета и не садржи никакве загађиваче, као што је то *BPA* (енгл. *bisphenol A*),
- иако су чаше направљене од пластике кафа задржава свој оригинални укус и мирис, што не би био случај ако би се правиле од бамбуса јер би дошло до отпуштања меламина.



Слика 13. RECUP чаша и поклопац за виšekратну употребу [42]

Компанија *RECUP* разматра да у будућности *PP* замени биопластиком, међутим, још увек не постоји биопластика која је у потпуности биоразградива, а ако се биопластика рециклира онда то изискује велику потрошњу енергије, знатно већу него што је то случај код *PP*. Такође, разматра се производња цевчица за кафу од метала, стакла или тврде пластике јер се само у Минхену годишње генерише 100 милиона отпадних цевчица.

На крају животног циклуса, а то је након што су 500 до 1.000 пута искоришћене, чаше се враћају произвођачу и потпуно се рециклирају, будући да су 100% рециклабилне. Производња *RECUP* чаша се реализује у немачком граду Алгоју од стране фирме *Adoma* чије је пословање одрживо будући да користи: енергетски ефикасне машине и *LED* осветљење, виšekратна паковања за робу, соларне системе за производњу електричне енергије, систем за рекулерацију отпадне топлотне енергије која настаје као последица рада машина за производњу и користи технологију рециклаже. Тренутно нису испуњени сви законски услови да би се искоришћена амбалажа поступком рециклаже поново користила за производњу нових *RECUP* чаша, али се круг затвара будући да се оне користе за производњу нових производа, као што су саксије за цвеће и слични производи. Претходно наведено је и главни недостатак овог система, дакле, *RECUP* чаше се производе од *PP* који је настао из примарних сировина. Најчешће чаше заврше свој животно циклус због оштећења логотипа односно штампе на самој амбалажи, а поред тога, штампа отежава процес рециклаже. Зато је решење да се уместо штампања натписа, користи нова техника приказивања логотипа која не подразумева коришћење другог материјала односно наношење боја на амбалажу. Ова промена у дизајну самог производа (слика 14) би требала да задовољи законске прописе и омогући производњу нових *RECUP* чаша од рециклираних.



Слика 14. Нови дизајн RECUP чаше [43]

Циљ свих депозитних система у Немачкој јесте смањење отпада. Систем обезбеђује одрживо пословање и модеран имиџ будући да се смањују трошкови који настају коришћењем чаша за једнократну употребу. Потпуном имплементацијом *RECUP* депозитног система у објектима који продају кафу за понети, у Немачкој, на годишњем нивоу уштедели би се ресурси, смањила количина отпада и редуковала емисија штетних гасова, тачније:

- 43.000 стабала,
- 1,5 милијарди литара воде,
- 320 милиона kWh електричне енергије,
- 3.000 t сирове нафте,
- 40.000 t отпада,
- 11.000 t CO₂ [42][44].

4.3. Примери добре праксе у Републици Србији

4.3.1. Рециклажа тетрапака

У Републици Србији годишње се генерише око 12.000 t вишеслојне картонске амбалаже за паковање течне хране и напитака углавном од стране следећа два предузећа: *Tetra Pak* у Горњем Милановцу и *Elopak* у Земуну. Капацитет постројења за рециклажу у Србији износи 7.500 t на годишњем нивоу, али постоји могућност проширења капацитета на 15.000 t. Састав тетрапака у просеку чине следеће три компоненте:

- папир 74%,
- полиетилен (пластика) 22%,
- алуминијум 4%.

Наведени материјали су високог квалитета будући да се користе за израду амбалаже у коју се пакује храна, а тај висок квалитет задржавају и након пражњења амбалаже. Сходно томе, у општем је интересу да се након што ова врста амбалаже постане амбалажни отпад, сви материјали који су његов саставни део максимално искористе кроз враћање у индустријску производњу, уместо да буду депоновани. Поступак рециклаже вишеслојне картонске амбалаже сличан је поступку рециклаже папира, с тим у вези, агенција за заштиту животне средине САД (енгл. *U.S. Environmental Protection Agency-EPA*) је доказала да се рециклажом папира односно тетрапака може смањити загађење воде и ваздуха за 35 односно 74%, у поређењу са класичним поступком производње папира.

Фабрика еколошких водоотпорних плоча *FEPLo* је српска компанија која је почела са радом 2014. године, а налази се у Моравичком региону, тачније у граду Чачку. Компанија се бави производњом водоотпорних *ЕКО* плоча које су у потпуности еколошки производи будући да се у процесу производње не користе лепкови, адитиви или формалдехиди (слика 15). Као полазна сировина користи се отпадни рециклирани тетрапак који чини 90% састава, док се у малом проценту додаје отпадна пластика. Дакле, водоотпорне еко-плоче представљају добар грађевински топлотно-изолациони материјал који се састоји од пресованих делића рециклиране вишеслојне картонске амбалаже. Плоче испуњавају високе захтеве који се односе на постојаност облика, хомогеност и минималне измене својстава па због тога пружају добре могућности примене: израда елемената кровних и међуспратних конструкција, сендвич панела зидова и плафона, конструкција унутрашњих и спољашњих зидова, производња билборда итд. За потребе процеса производње само једне еко-плоче, површине 2,5 m², неопходно је утрошити до 20 kg отпадног тетрапака. На месечном нивоу компанија спречи да 250 t отпадног тетрапака односно 25% на годишњем нивоу, заврши на депонији. Од укупне количине коју компанија обради на месечном нивоу, 60% сировине набавља од компаније у Горњем Милановцу, а остатак од других произвођача, посредством компаније *Sekopak*. Последице оваквог деловања компаније јесу смањење количине отпада и смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште (метан) [5][45].



Слика 15. Приказ еко-плоче [45]

4.3.2. Рециклажа пнеуматика

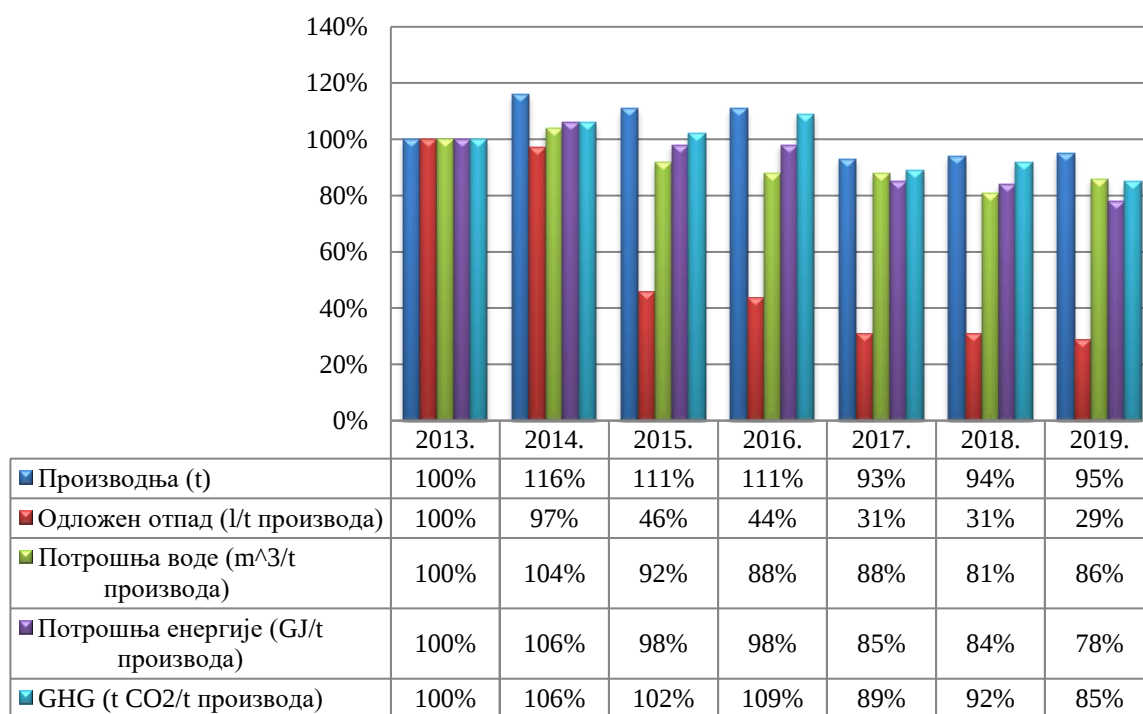
На територији Републике Србије годишње се створи око 26.000 t гуменог отпада. У последњих неколико година забележен је одређен број пожара на индустријским и комуналним депонијама, узрокованих паљењем гума, који су трајали и по неколико месеци. При паљењу гуме ослобађа се густ дим који садржи токсичне хемикалије (полициклични ароматични угљоводоници, бензен, фенол, бутадиен итд.), а може доћи и до изливања опасних супстанци у водене токове, као последица сагоревања, што је врло опасно по становништво и околину. Зато решавање проблема нагомиланих отпадних гума представља еколошко растеређење, енергетски потенцијал и економску прилику. У Србији постоје 2 фабрике за прераду отпадних гума, од којих је једна *Eco-recycling*, уједно и прва фабрика која се бави рециклажом отпадних ауто и теретних гума и другог гуменог отпада у Србији и која се налази у близини Новог Сада. Компанија је почела са радом 2009. године и једино је постројење у Европи које се бави рециклажом великих *dumper* гума из рудника. Пречник ових гума је 3,5 m, а

тежина је око 2,5 t. Физичке особине коришћених гума имају велику вредност јер нису токсичне, а њихов облик, тежина и еластичност чине их употребљивим за прераду у велики број разних производа, било као гранулата или прашине. Процесом рециклаже отпадних гума издвајају се челична жица и платно. У оквиру технологије рециклаже компаније *Eco-recycling* налази се линија за фино пречишћавање жице чија је ефикасност 98%, као и линија за производњу најситнијег гранулата димензија 0-1 mm. У току процеса рециклирања гума, највише је заступљен гумени гранулат 60%, челична жица 35%, а остатак је платно 5%. Од 2009. године у фабрици је третирано преко 82.000 t отпадних гума и других врста гуменог отпада. Инсталирани капацитет фабрике је 46.000 t годишње, што је за 43,5% више од расположиве количине гуменог отпада. Актуелни поступак рециклаже је 100% еколошки чист, будући да се приликом рециклирања не ствара никаква даља отпадна супстанца, све је употребљиво и од изузетног значаја је да нема пропратних загађења ваздуха, воде или земље. Истраживања су показала да је механички поступак рециклаже неупоредиво повољнији за околину од спаљивања у енергетске сврхе. Управо се оваквим начином рециклаже чувају природни ресурси будући да је за производњу 1 kg нове гуме потребно 127,8 kJ, а за производњу 1 kg гуменог гранулата само 2,32 kJ енергије. Поступак рециклаже се састоји из следећих фаза: прикупљање, сортирање, чување челичне сајле, сечење на дозвољену димензију, дробљење, примарно сечење (шпедирање), гранулисање (више фаза), просејавање, паковање и складиштење. Челична жица и платно бивају уситњени и одвојени, како међусобно тако и од гуменог гранулата. Раздвајање компоненти се врши дејством магнета и дејством ваздушне струје. Након третмана отпадних гума добија се материјал који се користи за израду нових гумених производа у следећим областима: грађевинарство (нпр. облоге за изолацију крова), саобраћај (нпр. додатак асфалтима ради смањења буке), спорт и рекреација (нпр. подлога за спортске терене), домаћинства (нпр. израда гумених делова за домаћинство), пољопривреда (нпр. облоге за стаје). Поред гуменог гранулата, такође се продају платно и челична жица. Компанија прикупља отпадне гуме са 36 локација у Србији, од малих генератора отпада (нпр. вулканизерске радње) и великих генератора (депоније, индустрије, дистрибутери пнеуматика итд.). Током рада се не користе никаква хемијска средства нити производе емисије штетних гасова. Једини енергент који се користи за процес производње јесте електрична енергија [5].

4.3.3. Грејање на брикет кафене плевике

Кафена плевика представља сребрну опну која се са плода кафе издваја у процесу њене прераде и заправо је нуспроизвод процеса пржења. У циљу лакшег одлагања и складиштења кафена плевика се сабија у брикете тј. цилиндричне пресоване комаде. Међутим, ради бољег искоришћења овог нуспроизвода вршена су истраживања на Институту Винча, а резултати су показали да кафена плевика има изузетно добру топлотну моћ. Дакле, она је класичан пример биомасе. Компанија *Strauss Adriatic* из Шимановаца подстакнута резултатима истраживања у сарадњи са Иновационим центром Машинског факултета у Београду креће у пројектовање котларнице за грејање, снаге 800 kW, која ће као енергент користити брикет кафене плевике. Будући да 140 t брикета кафене плевике, које компанија има на располагању, није довољно за задовољење целокупних потреба грејања, у току израде котларнице омогућено је да она може, поред брикета кафене плевике, сагоревати и друге врсте биомасе. Котао за сагоревање брикета и сва пратећа опрема произведени су у Србији и у складу су са европским стандардима. Компанија из Шимановаца је 2011. године реализовала наведени пројекат за потребе грејања да би се он за нешто више од годину дана исплатио. Финансијска уштеда која је остварена овим системом грејања износи између

65 и 90 хиљада евра, у зависности од цене претходног енергента који је компанија користила (течни нафтни гас-ТНГ). Поред економских користи, инвестиција фирме Strauss Adriatic је резултирала смањењем емисије гасова са ефектом стаклене баште у току сагоревања (енгл. *Greenhouse Gases-GHG*). Укупна годишња емисија гасова са ефектом стаклене баште услед грејања редукована је за 14% односно за 341 t CO₂e. Као што је већ речено, кафена плевица настаје у току пржења кафе због чега такође долази до емисије продуката сагоревања, па је из тог разлога извршена модернизација система за пречишћавање димних гасова на једном од два пржионика што је за последицу имало смањење потрошње енергије по тони готовог производа и смањење емисије CO₂, за по 3%. Дакле, производни процес је оптимизован али постоји простор за смањење потрошње воде, која је углавном санитарна па постоје потешкоће. Успостављена је сарадња са лиценцираним компанијама за управљање отпадом али и због уведеног ISO14000 стандарда, сада ова компанија самостално сакупља и предаје овлашћеним фирмама на управљање: картон, најлон, метал, дрво, пластику, отпадне батерије и акумулаторе, електронски отпад, истрошене кетрице и тонере и отпадна уља. И поред свега наведеног компанија ради на даљем унапређењу система управљања отпадом кроз повећање врста отпада које се третирају. Поред потрошене количине воде и електричне енергије, компанија врши мониторинг потрошене количине горива у аутомобилима. Компанија Strauss Adriatic као део Strauss групације тежи испуњавању дефинисаних циљева одрживог развоја, који се пре свега односе на: смањење комуналног отпада, смањење потрошње воде, смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и смањење потрошње енергије. Крајњи циљ је смањење наведених индикатора за 15% у односу на 2013. годину (слика 16) [5][46]. Подаци приказани на дијаграму говоре да су у четвртом кварталу 2019. године сви циљеви испуњени осим потрошње воде. Највећа редукција остварена је у погледу одлагања отпада, за чак 71% у односу на референтну годину. Година 2014. била је критична будући да је у том временском периоду дошло до повећања свих индикатора осим количине одложеног отпада.



Слика 16. Вредности индикатора за период од 2013. до 2020., четврти квартал у компанији Strauss Adriatic [46]

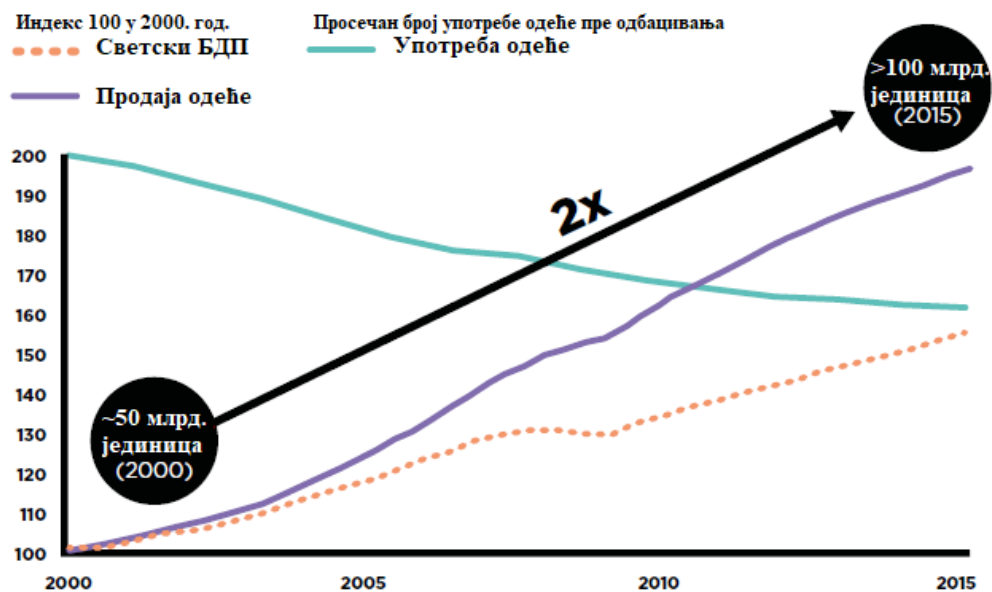
5. Текстилна индустрија заснована на моделу линеарне економије

Текстил и одећа неизоставан су део свакодневног живота и веома важан чинилац глобалне економије. Текстилна индустрија, чија вредност износи 1,3 билиона долара, запошљава више од 300 милиона људи. Од укупне количине употребљеног текстила чак 60% је одећа. Последњих 15 година, почев од 2015., производња одеће је удвостручена као последица пораста средње класе становништва, а онда и као последица брзе промене модних стилова („брза мода” или енгл. „*Fast Fashion*”) (слика 17) и повећане продаје одеће по становнику (слика 18). Као што је у претходном делу рада наведено, линеарни модел слепо прати закон о планираној застарелости, а тај тренд се може идентификовати и у текстилној индустрији кроз феномен тзв. „брзе моде” [47]. „Брза мода” се појавила пред крај прошлог века, као резултат брзог технолошког развоја и премештања производње у земље са ниским трошковима производње и рада. „Брза мода” је име промотивне стратегије, чија имплементација почиње са дизајнерима који су инспирисани модним ревијама и новим платформама (нпр. *Instagram*). Ове сугестије се одмах забележе, кроз слике или нацрте, шаљу се на производњу и убрзо након тога, продајна места већ могу бити снабдевена најновијом модом. Данашње модно тржиште је веома конкурентно па отуда и потреба за сталним „освежавањем” асортимана производа због чега трговци морају да повећају број сезона односно учесталост мењања целокупне робе у продавници, новом. Реч је, заправо, о добро разрађеној стратегији која наводи људе да сваки пут када ушетају у продавницу нешто и купе. Чињеница је да велика количина одеће, купљена по сниженој цени, обично нема високу вредност. Према томе, носи се само кратко време и затим одлаже, што резултира огромним количинама текстилног отпада сваке године. Проблем неодрживе моде је у томе што је јефтина, приступачна и што је одећа у тренду постала доступна широким масама [48][49].



Слика 17. Актуелна модна стратегија [50]

Процене су да за мање од годину дана више од половине одеће која припада тзв. „брзој моди” бива одложено као неупотребљиво. У прилог томе говори податак да је просечан број ношења одеће пре него што се престане користити опао за 36% у односу на период из 2000. године. Одећа се не користи довољно и то је очигледно у земљама које су развијене него у онима које то нису. Стопа коришћења одеће знатно је нижа у САД и износи 25% од светског просека, док је у Кини ситуација још лошија будући да је од 2000. па до 2015. године стопа искоришћења одеће опала за чак 70%, дупло више у односу на светски просек. Процене су да се нека одећа одложи само након што је 5-10 пута ношена [47].



Слика 18. Раст продаје и опадање употребе одеће од 2000. године [47]

Царство текстилне индустрије незауостављиво расте захваљујући јединственом начину пословања, међутим, и поред тога, милијарде се изгубе сваке године због одеће која се не носи и ретко рециклира. Нпр., на глобалном нивоу потрошачи изгубе око 460 милијарди долара бацајући одећу која није искоришћена у потпуности. Одрживија производња може коштати више, али истовремено може заштити предузећа од потешкоћа у ланцу снабдевања и ризика од нарушавања репутације, што резултира већом отпорношћу и профитабилношћу. Велике модне престонице, али и други градови препознатљиви по моди, озбиљно се баве стратегијом одрживе модне индустрије [49]. Разлог је једноставан, уколико би текстилна индустрија кренула да мења тренутни систем, процене су да би до 2030. године могла да уштеди око 192 милијарде долара, дакле то је примарни разлог, а после тога следе социјални и еколошки аспекти [47].

Готово 100% текстила и одеће је рециклабилно [51]. Отпад ове врсте представља велики потенцијал за рециклажу, међутим поновна употреба исслужених текстилних производа заслужује много већу пажњу од оне која јој се тренутно посвећује, узимајући у обзир да велика количина одеће остаје недовољно искоришћена. Након што се одећа употреби губи се скоро целокупна вредност материјала од којег се производи што и доказује глобални ток материјала за производњу одеће (слика 19). Тачније, од укупне улазне количине влакана која се користе за производњу одеће чак 87% губи своју вредност, било кроз губитке у производњи или кроз депоновање/спаљивање. Чак 73% улазног материјала се губи након употребе одеће, 10% се изгуби током производње одеће (нпр. остаци текстила-енгл. *off cuts*), а 2% произведене одеће никада не стигне до купца односно пошаље се на депонију или у спалионицу директно из производног процеса, пре употребе. Додатни губитак од 2% догоди се у току сакупљања и сортирања одеће која је доспела у систем сакупљања одбачене одеће. Све у свему, сваке секунде камион текстила бива депонован или спаљен. Депоновањем/спаљивањем губи се вредност материјала али се истовремено губе значајна новчана средства. На пример, Њујорк годишње троши више од 20 милиона долара на депоновање и спаљивање текстила (већина је одећа). Са друге стране, мање од 1% улазног материјала који се користи за производњу одеће подлеже рециклажи и поново се враћа у процес производње одеће као секундарна сировина (затворена петља рециклаже). Дакле, рециклира се одбачена одећа и остаци текстила у

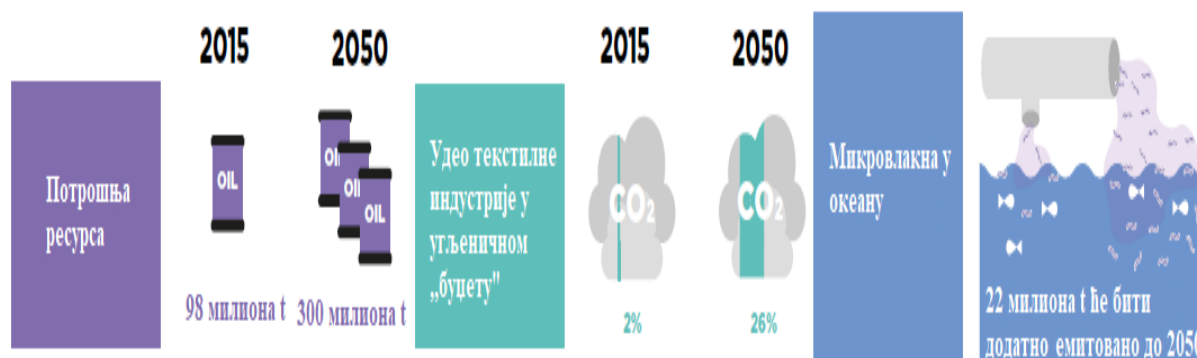
току производње, међутим, процене стручњака су да се само 0,1% одеће након употребе врати у процес производње исте, кроз рециклажу (енгл. *clothing to clothing recycling*). У текстилној индустрији технологија рециклаже је веома мало заступљена, међутим, постоји тзв. каскадна рециклажа која подразумева употребу материјала у процесима након којих га је тешко повратити, нпр. пуњење мадраца, као изолациона компонента, за брисање и слично, и углавном је то његова коначна употреба. Овај вид рециклаже је заступљен у текстилној индустрији са 12% и може се рећи да каскадна рециклажа у суштини и није рециклажа, већ тренутно одлагање фазе отпада [47][52].



Слика 19. Ток материјала за потребе текстилне индустрије, у свету [47]

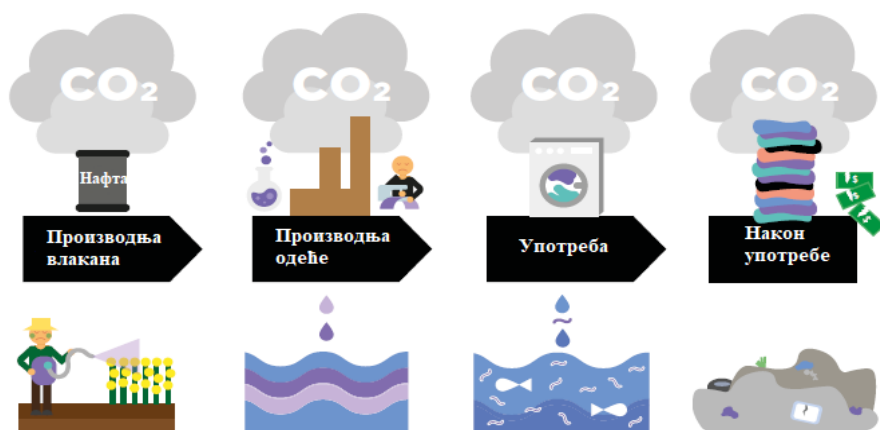
Текстилна индустрија углавном се ослања на необновљиве ресурсе. Годишња потрошња необновљивих ресурса износи 98 милиона t, укључујући нафту за производњу синтетичких влакана, ђубриво за узгајање памука и хемикалије које се користе за производњу, бојење и завршну обраду влакана тј. текстила (слика 20). За производњу синтетичких влакана индустрија годишње потроши око 342 милиона барела нафте док се за потребе производње памука сваке године потроши 200.000 t пестицида и 8 милиона t ђубрива. У току производње влакана и текстила бива потрошена и велика количина хемикалија, око 43 милиона t. За производњу 1 kg одеће потребно је између 1,5 и 6,9 kg хемикалија, што значи да је тежина употребљених хемикалија у производном процесу већа него тежина произведеног одевног предмета [53]. Резултат производње текстилне индустрије је емисија штетних гасова, тачније 1 t произведеног текстила емитује 17 t CO₂e што је значајно више него 1 t пластике (3,5 t CO₂e) односно папира (мање од 1 t CO₂e). У 2015. години емисија гасова са ефектом стаклене баште из текстилне индустрије износила је 1,2 милијарде t CO₂e, што је више од укупне емисије свих међународних летова и поморских путовања. Емитовање штетних гасова се не догађа само у току производње већ и у току коришћења производа, па тако прање и сушење одеће има за последицу емисију 120 милиона t CO₂e. Поред фосилних горива, индустрија користи и велике количине воде, 93 милијарде m³ годишње, што значи да велике количине воде, која садржи опасне хемикалије, избацује у природу па се зато чак 20% индустријског загађења воде приписује индустрији боја и текстилној индустрији. За потрошњу више од 2/3 претходно наведене количине воде одговорна је одећа. Поред производње, процењује се да се за прање одеће помоћу веш машина потроши додатних 20 милијарди m³ воде

широм света. Последњих година, текстилна индустрија је препозната као главни узрочник загађивања океана пластиком. Процена је да годишње у океанима заврши око 0,5 милиона t пластичних микровлакна као последица прања текстила на бази полиестера, најлона и акрила, што је еквивалентно количини од 50 милијарди пластичних боца. Емисија пластичних микровлакна у океане повећаће се за скоро 30% до 2050. године и износиће 0,7 милиона t годишње [47][52].



Слика 20. Пројекција утицаја текстилне индустрије на околину до 2050. године [47]

Пораст становништва, повећање прихода и побољшање животног стандарда за резултат имају повећање производње и потрошње текстила и влакана у последњих неколико деценија. Потражња за одећом увелико расте, поготово на тржиштима која се тек формирају, као што су Азија и Африка. Уколико се настави такав тренд укупна продаја одеће ће се повећати на 160 милиона t до 2050. године односно за три пута, што ће такође повећати потрошњу улазних ресурса за скоро 3 пута (300 милиона t). Повећање утицаја на животну средину је неминовно, традиционални развој ће повећати емисију штетних гасова па ће она износити више од 26% од укупног угљеничног „буџета“. У прилог томе не иде ни податак да се годишње за потребе производње одеће посече 120 милиона стабала, а процене су да ће се тај број до половине века удвостручити. Такође, све већа светска популација резултира све већом потражњом за обрадивим земљиштем и свежеом водом. Производња памука тренутно користи 2,5% обрадивог земљишта у свету. Вуна има велики утицај на земљиште јер се за производњу 1 t вуне користи 278 ha, а за памук, 1 ha. Дакле, раст популације, такође повећава захтеве за обрадивом земљом што директно ограничава будућу експанзију производње памука и вуне односно текстилне индустрије и чини је неодрживом. Поред утицаја на животну средину, текстилна индустрија има многобројне лоше стране проузроковане све већим притиском на произвођаче да за кратко време испоруче робу која је јефтина. Све ово води ка стварању лоших радних услова (дуго радно време, излагање опасним супстанцама, недостатак заштитне опреме, ниска плата и сл.), али и до појаве модерног ропства-дечији рад. Дакле, етички аспект „брзе моде“ додатно је загађен када се узму у обзир услови рада. Поред тога, хемикалије које се користе у производњи могу бити задржане у готовом производу (нпр. одећа) што може негативно деловати на корисника односно окружење када се текстилни производ пере или одбаци након употребе. На пример, да би одећа била отпорна на стварање набора често се користи хемикалија формалдехид, која је од стране Међународне агенције за истраживање канцера проглашена канцерогеном, али је и повезана са алергијским реакцијама (нпр. дерматитис). Остали потенцијални утицаји на здравље људи се односе на накупљање токсичних супстанци у човековом телу када се оно излаже загађеној води или загађеним изворима хране [47][52].



Слика 21. Утицај тренутног система производње одеће [47]

Садашњи систем производње, дистрибуције и потрошње тј. употребе одеће делује на скоро потпуно линеаран начин (слика 21). Велика количина необновљивих ресурса се експлоатише за потребе производње одеће, која се обично након кратког периода више не користи и буде депонована или подвргнута процесу инсинерације. Текстилна индустрија тренутно делује расипнички и загађујуће. Зато је трансформација текстилне индустрије из линеарног модела у циркуларни неопходна, уколико свет жели да смањи коришћење ресурса, количину отпада, да ограничи раст глобалне температуре на испод 2°C и уколико жели да се развија у складу са циљевима одрживог развоја.

6. Циркуларна економија у текстилној индустрији

Формирање текстилне индустрије која је усклађена са принципима циркуларне економије захтева улагање константних напора. Економске, еколошке и социјалне могућности које линеарни модел није био у стању да искористи, оствариће циркуларни модел. Да би се обезбедила будућност текстилне индустрије која почива на принципима циркуларне економије неопходна је промена у дизајну која даје могућност поновног искоришћења вредности производа и обезбеђује бенефите за околину, друштво и пословање. Нова текстилна индустрија подразумева очување вредности одеће, тканине и влакана што је дуже могуће и враћање у систем након што се њихова вредност максимално искористи. Дакле, нема генерисања отпада или је настала количина минимална. Растућа светска популација би на овај начин добила високо квалитетну одећу која је приступачна, док се истовремено врши обнављање природног капитала, елиминише загађење и користе обновљиви извори ресурса и енергије. Текстилна индустрија, тренутно углавном не производи одећу само од биоразградивих материјала (нпр. целулозна влакна) већ она садржи налепнице, дугмад и остале детаље који су од другог материјала. Зато биолошки третмани не могу бити реализовани (анаеробна дигестија и компостирање) па је акценат на поновној употреби одеће и њеној рециклажи. Такође, присутност штетних супстанци (боје, хемикалије) може лоше утицати на процес компостирања, а поред свега, храњива вредност текстила је веома мала, нпр. памук има низак садржај азота, фосфора и калијума. Међутим, није незамисливо да иновације у будућности обезбеде нове материјале који су погодни за биолошке третмане, или технологије које би уклониле супстанце из текстила [47][52].

Четири принципа чине нови систем текстилне индустрије (слика 22):

1. елиминисање нежељених супстанци и ослобађања (емисије) микровлакна,
2. повећање искоришћености одеће,

3. унапређење сектора рециклаже,
4. ефикасна употреба ресурса и прелазак на обновљиве изворе.



Слика 22. Концепт новог система у текстилној индустрији [47]

Да би се транзиција у текстилној индустрији покренула неопходно је обезбедити исправан почетак. Прво и најважније, нови модел на коме почива текстилна индустрија треба да обезбеди да материјали који се користе нису опасни по здравље људи и околину, што ће омогућити њихово кружење у систему и спречити негативан утицај у току производње, употребе производа и након употребе (безбедан циклус материјала). У циљу елиминисања емисије (пластичних) микровлакана током прања одеће, и штетних ефеката потребне су нове производне методе и материјали, али и ефикасније технологије које ће ону количину влакана која је ипак ослобођена задржати.

Промене у дизајну, продаји и употреби неопходне су како би се елиминисала једнократна употреба одеће. Повећање искоришћености постиже се повећањем броја ношења, а то је главна полуга за максимално очување вредности. Дизајнирање, производња квалитетне одеће и формирање нових пословних модела промениће поглед на одећу. Она више неће бити производ за једнократну употребу. Изнајмљивање одеће и *second-hand* продавнице, примери су новог пословног модела чија заступљеност у новом систему мора имати већу и важнију улогу. Зато су промене у дизајну неопходне, зарад веће издржљивости (трајности) односно квалитета производа.

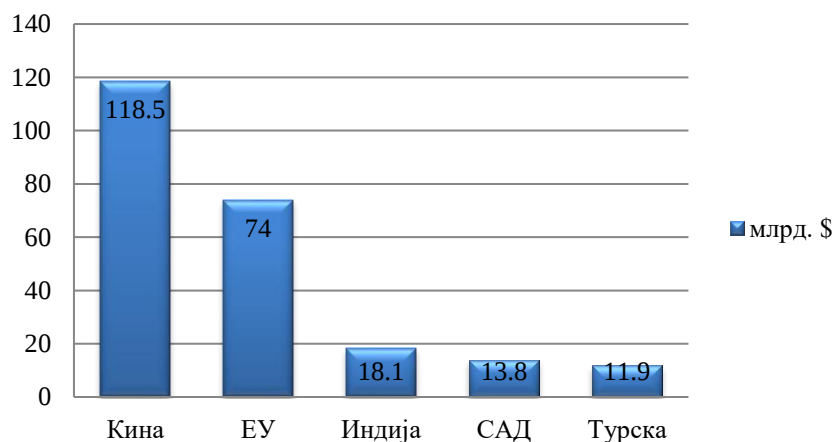
У тренутном систему, фазе дизајна и производње не узимају у обзир шта ће се десити са одећом након што више не може да се употреби и зато су промене неопходне. Зарад бољег квалитета користе се мешавине материјала па је потребно развити ефикасније процесе рециклаже, како би се укупна вредност материјала у потпуности поново искористила (бољи излазни квалитет). Важно је развити и материјале који имају боље карактеристике (нпр. рециклабилност). Реализација трећег принципа захтева постојање потражње за рециклираним материјалима тј. текстилом, јер ће то повећати понуду

истих (нпр. законска регулатива), а то захтева веће количине расположиве одбачене одеће, па је предуслов свега развијен систем сакупљања и сортирања тј. сепарације.

Потреба за природним ресурсима биће значајно смањена ако се повећа искоришћеност и удео рециклаже одеће, али ће потреба за примарним ресурсима увек постојати. Зато, уколико процес захтева унос примарних ресурса, а не постоји могућност коришћења секундарних сировина, као алтернативе, решење су обновљиви извори (нпр. пластична влакна на бази биомасе). Дакле, нови систем текстилне индустрије захтева примену метода регенеративне пољопривреде, прелазак на производни процес који ствара мање отпада тј. мање загађује, троши мање ресурса (фосилна горива, хемикалије), мање воде, енергетски је ефикасан и користи обновљиве изворе [47][52].

6.1. Елиминисање нежељених супстанци и емисије микровлакна

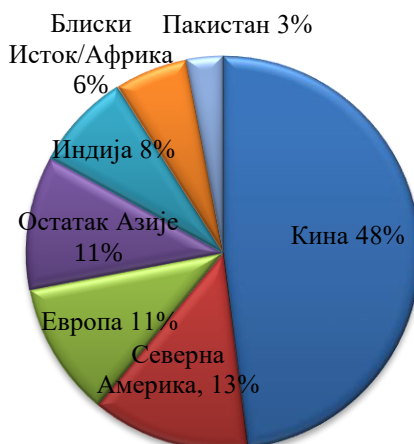
Производња текстилне индустрије захтева интензивну употребу хемикалија, чак 43 милиона t годишње. У процесу производње текстилних производа користи се око 8.000 различитих хемикалија. Тржиште хемикалија које се користе у текстилној индустрији у 2015. години вредело је 21 милијарду долара. Процене су да ће се до 2024. године вредност тржишта повећати на 29 милијарди долара. У текстилној индустрији, употреба хемикалија директно је повезана са производњом текстила, према томе, како производња текстила расте, расте и употреба хемикалија, што и доказује податак да се на прва три места, не рачунајући Европску Унију као економску заједницу, налазе државе које су уједно и највећи потрошачи хемикалија у текстилној индустрији (слика 23). Кина, ЕУ и Индија највећи су извозници текстила у свету, са рекордним уделом од 66,9% у укупном светском извозу за 2018. годину [47][54].



Слика 23. Највећи извозници (произвођачи) текстила у свету, 2018. година [54]

Друго највеће тржиште хемикалија јесте Северна Америка, где се углавном користе за завршну обраду текстила (нпр. индустрија тепиха), док је Кина највеће тржиште хемикалија које се користе у текстилној индустрији, а које је засновано на растућој производњи одеће и текстила, и на великој производњи синтетичких влакана и памука (слика 24). Раст кинеског извоза текстила је за 7,9% већи од светског просека који износи 4%. Дакле, од појединачних земаља, највећи потрошачи хемикалија, поред Кине, јесу Индија и САД. Производња текстила и потрошња хемикалија која је била карактеристична за САД, земље западне Европе и Јапан премештена је на територију Азије, док у земљама западне хемисфере сада преовладава производња тепиха, техничког текстила и сл. Да би текстилна индустрија развијених земаља опстала, она се окреће производњи одеће и намештаја који припадају високој моди, али и производњи

тепиха. Међутим, иако Кина представља једно од најбрже растућих тржишта текстила и хемикалија у свету, због јефтине радне снаге, интензитет раста опада, услед повећања трошкова производње и усвајања законске регулативе у области употребе хемикалија у текстилној индустрији [54][55].



Слика 24. Глобална потрошња хемикалија у текстилној индустрији, 2018. година [55]

Када се каже хемикалија треба имати на уму да се ради о великом броју супстанци које су постале део свакодневног живота. У већини случајева олакшавају живот, међутим, многе од њих могу имати озбиљне последице по здравље људи и животну средину, и као такве, данас се препознају као супстанце које изазивају забринутост (нежељене супстанце). Улога хемикалија у текстилној индустрији је различита, међутим, широка употреба повећава забринутост због могућих нежељених ефеката у току производње, употребе и након употребе. У току производње и обраде текстила, хемикалије које су се највише користиле у 2018. години јесу сурфактанти (површински активне материје), са уделом од 30% укупне глобалне вредности хемикалија. Они могу деловати као средства за чишћење, емулгатори, средства за пенушање, дисперзатори, омекшивачи, пружају лакшу апсорпцију итд. У групу ових хемикалија, поред супстанце *NPEs*, спада и *APEO* (енгл. *alkylphenol ethoxylates*), која може бити метаболизована па се претвара у супстанцу која лоше делује на ендокрини систем сисара и риба. Хемикалије које су употребљене у току производње памука имају штетно дејство по околину (нпр. еутрофикација водених површина) и здравље људи (нпр. тровање фармера пестицидима). За производњу целулозних влакана користи се вискозни процес који без адекватног управљања може угрозити раднике, јер користи натријум-хидроксид који је корозиван и у директном контакту може изгорети кожу и оштетити очи, али и угљен-дисулфид чије су последице неуролошког и васкуларног типа. Производња пластичних влакана, нпр. најлона, ослобађа азотне оксиде, претходнике киселих киша, који оштећују озонски омотач, изазивају запушеност дисајних путева, иритацију носа и очију, едем плућа и слично. Шведска агенција за хемикалије (енгл. *Swedish Chemicals Agency-KEMI*) анализирала је више од 2.400 супстанци које се користе у производњи одеће и открила је да 30% јесу нежељене супстанце које су ризичне по здравље људи, а 10% су функционалне хемикалије, које треба да обезбеде одређену функцију или изглед текстилу и оне остају и у крајњем производу (нпр. азо боје). Боје некада садрже тешке метале, као што је олово или кадмијум, док, конкретно азо боје повећавају ризик од појаве канцера, алергијских реакција и утичу на репродуктивност. Негативни утицаји нежељених супстанци јављају се и у току употребе одеће, јер супстанце које се користе у току производње често остају у производу, намерно или ненамерно. Свакодневна употреба текстилних производа може довести до излагања људи свих

старосних категорија супстанцама које се налазе у саставу текстила, а здравствени ефекти могу бити разноврсни. Када је реч о затвореном простору, највећу површину управо заузима текстил (чаршави, пешкири, завесе, одећа и намештај), отприлике двоструко већу него површина коју заузимају подови, плафони и зидови, заједно. Имајући у виду овај податак, онда и ризик од потенцијалног излагања супстанцама расте. Излагање супстанцама које се налазе у текстилу углавном је дермалног или оралног карактера. Дакле, већина текстилних производа (одећа, постељина) налази се у блиском контакту са кожом, па је зато кожа главни пут излагања супстанцама из текстила (нпр. дисперзне боје), приликом чега оне мигрирају са текстила у кожу. Нпр. радници који рукују великим количинама одеће имају знатно дермално излагање, пре свега руку. Ако се у текстилу налазе иритирајуће материје или ако је кожа танка и оштећена, то може утицати на повећану миграцију, а последица је алергија. Дермално излагање зависи још и од степена продора супстанци у кожу. Што се тиче оралног излагања супстанцама из текстила, обично се јавља код деце, која често стављају ствари у уста, па супстанце мигрирају са материјала на пљувачку. У којој мери, зависи од количине супстанци у текстилу, физичко-хемијских својстава, врсте материјала итд., слично као и код дермалног излагања. На пример, ако су једињења растворљива у води већа је шанса да мигрирају у пљувачку, па је и већа емисија приликом жвакања текстилних производа. Такође, текстилни производи ослобађају влакна, а онда и супстанце, свакодневним трошењем, која се накупљају у прабини, па може доћи и до гутања прашине када се деца налазе на поду и стављају ствари у уста. Међутим, због различитог састава прашине тешко је утврдити њихов утицај. Дакле, супстанце се из текстила ослобађају у околину испирањем, емисијом влакана или одлагањем текстилног отпада, па могу доћи у човеков организам путем контаминираних хране и воде. Такође, када се супстанце или влакна емитују из текстила, могу доспети у организам човека дисајним путевима. За једињења која су испарљива јавља се већи ризик од емисије (евапорација) из текстила и обично је она највећа када је производ нов, а затим се временом смањује. Количина и ниво емисије зависе од ефикасности процеса прераде, а у неким случајевима испарљиве материје се намерно додају како би се производу додала нека функција (нпр. мирис). Удисање ових супстанци путем влакана, такође се дешава и у току уобичајеног хабања текстила, а излагање супстанцама посебно је битно за раднике који рукују великим количинама, у затвореним просторима који немају добру вентилацију. Складишта текстилних производа, продавнице одеће и намештаја и јавни простори са много намештаја су примери места на којима удисање супстанци из текстила може представљати проблем за здравље људи (астма, бронхитис) [47][55][56][57][58].

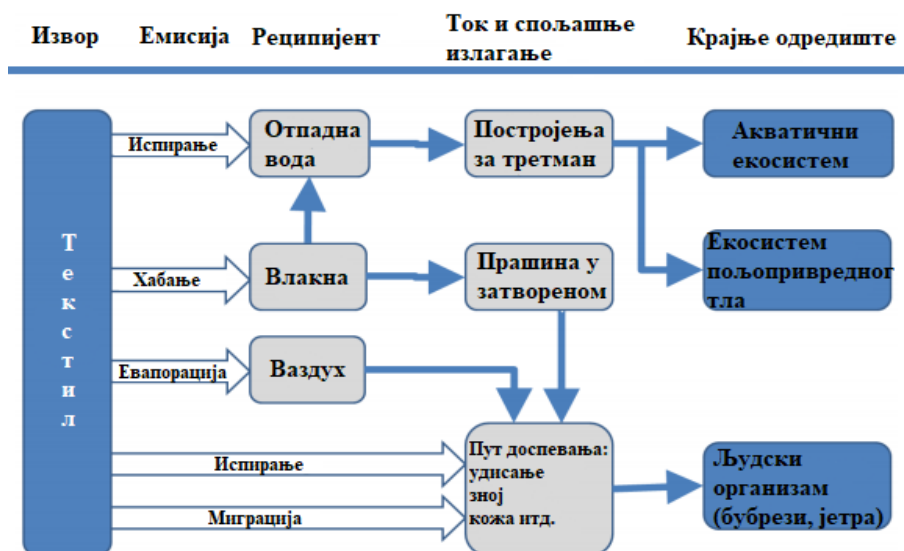
Услед прања одеће (испирање) долази до ослобађања хемикалија које су заостале у одећи или које заједно са микровлакнима бивају емитоване у околину, будући да микровлакна имају способност апсорпције нежељених супстанци. Емисијом влакана у воду, влакна тј. супстанце бивају конзумиране од стране морских организама па преко трпезе доспевају до организма човека. Пример јесу перфлуороване хемикалије које лоше утичу на јетру, бубреге и ендокрини систем човека и токсична хемикалија *NPEs* (енгл. *nonylphenol ethoxylates*) која се користи као сурфактанат и детергент, а постојана је, акумулативна и може се наћи у ланцу исхране. Последња хемикалија се ослобађа прањем одеће, при чему се у току прва два прања испере 99,9% *NPEs*. Ова хемикалија се може трансформисати у нонилфенол (енгл. *nonylphenol-NP*) па се може акумулирати у биљкама и животињама, при том разграђујући хормоне и нарушавајући репродуктивност животиња. *NP* супстанца означена је као приоритетна хазардна супстанца, а то значи да се њена употреба/емисија треба прекинути до 2020. године.

Перфлуорована једињења која се користе за постизање водоотпорности и спречавање прљања одеће, тешко се разграђују, а могу се трансформисати у постојане, токсичне супстанце *PFOA* (енгл. *perfluorooctanoic acid*) и *PFOS* (енгл. *perfluorooctanesulfonic acid*). Ове нечистоће изазивају хормонске поремећаје, лоше делују на репродуктивност и имуни систем. Употреба *PFOS* у ЕУ је забрањена од 2008. године. За омекшавање пластике користе се пластификатори, међутим, пошто су слабо хемијски везани за, нпр. *PVC*, лако могу бити ослобођени у току прања или ношења одеће и зато је ЕУ забранила њихову употребу (нпр. фталати). Изазивају хормонске поремећаје и лоше делују на репродуктивност. Биоциди се користе за заштиту одеће од развоја живих организама у току транспорта и складиштења, али спречавају и мешање бактерија са знојем па елиминишу појаву непријатног мириса (нпр. триклозан). Опасни су само за одређене организме, међутим постоји бојазан да баш ти организми постану отпорни на ове анти-бактеријске супстанце, а онда и на лекове, што може угрожити здравље људи. Доказано је да се биоциди могу ослободити из текстила током прања веша. Након употребе, већина текстила заврши на депонијама или у спалионицама. Процењује се да као последица деградације текстила на депонијама у ЕУ, у атмосферу буде емитовано преко 2.000 t опасних боја сваке године. Такође, депоновањем отпадног текстила долази и до загађења земљишта и водених токова услед испирања тј. „цурења” супстанци. Уколико се одбачена одећа тј. текстил спаљује без контроле емисије опет ће доћи до загађења животне средине, али овај пут на другачији начин [47][58].

Дакле, супстанце које се налазе у текстилним производима могу се емитовати на неколико начина: миграција, испирање, евапорација и емисија честица (слика 25), а то зависи од следећих фактора:

- физичко-хемијских својстава супстанци,
- интеграције супстанци у текстил,
- врсте влакана и
- начина руковања текстилом.

Физичко-хемијска својства која доприносе емисији су: средњи до висок притисак паре и растворљивост у води. Супстанце са високим притиском паре склоне су евапорацији у ваздух, док растворљиве супстанце, услед испирања доспевају у воду, зној или пљувачку. Поред тога, липидна растворљивост може утицати на миграцију у кожу.



Слика 25. Потенцијални обрасци емисије супстанци [58]

Ослобађање супстанци може се догодити у молекуларном и/или у облику честица влакана, са молекулима који су везани за њих. Емисија честица настаје услед хабања, током употребе и прања одеће, и састоји се од фрагмената влакана. Начин уграђивања хемикалија у текстил утиче на облик у ком се она ослобађа. Када супстанце нису чврсто везане за материјал (нпр. пластификатори) долази до високе емисије молекула током употребе текстила, а када постоји чврста веза (нпр. реактивне боје) супстанце ће се емитовати услед емисије влакана. Афинитет везивања такође може варирати за различите типове влакана и текстилне материјале. Остали фактори који могу изазвати емисију су: висока влажност и температура, УВ зрачење и интензиван физички „стрес” (хабање) [58].

Дакле, поједине хемикалије су веома штетне, и поред свега, веома је мала транспарентност употребе хемикалија, па је тешко одредити економске, еколошке и социјалне последице. Опсег забележених утицаја је веома разноврстан, а претходно наведене последице представљају утицај само неколико хемикалија док утицај великог броја хемикалија још увек није познат. Нпр. за производњу полиестера углавном се користи антимион триоксид као катализатор и он се задржава у полиестерским влакнима. Сумња се да он изазива рак код људи када се удахне, али утицај на здравље људи приликом употребе одеће која је направљена од полиестера још увек није познат. Уколико текстил садржи велике количине нежељених супстанци, то значајно ограничава његову употребу (потпуни повратак вредности). То значи да ако се супстанце не уклоне пре третмана, процес рециклаже може бити нарушен њиховим присуством, па може доћи до сталног кружења у систему, као и процес компостирања. Данас постоји јаз у знању о томе које супстанце и у ком опсегу концентрације остају у текстилном производу на крају животног века. Највероватније се главни део процесних супстанци испере из текстилног производа пре него што постане отпад, док функционалне супстанце остају у производу (нпр. боје, ретардант). Због свега наведеног, елиминисање нежељених супстанци веома је важно. Заоштравање закона у области употребе нежељених супстанци може само увећати трошкове текстилне индустрије и на то произвођачи морају бити спремни. Процене су да до 2030. године индустрија годишње може уштедети 8 милијарди долара на рачун бољег управљања овим супстанцама. Ризици и трошкови проузроковани употребом нежељених супстанци (нпр. правилно складиштење, пречишћавање отпадних вода итд.) требало би да мотивишу заинтересоване стране да нешто промене. Да би се формирао безбедан циклус материјала неопходно је: подржати индустрију у хармонизацији стандарда и обезбедити транспарентност, уложити системски напор у проналазак иновација које би обезбедиле нове (алтернативне) и безбедне хемикалије и нове производне процесе, и извршити прелазак на регенеративну пољопривреду [47][58].

6.1.1. Хармонизација стандарда и транспарентност

Значај свеукупне хармонизације стандарда може се увидети ако се посматра текстилна индустрија на нивоу Европске Уније. Дакле, око 80% текстила који се користи у ЕУ увози се из земаља које нису чланице ЕУ, при чему је највећи произвођач и снабдевач текстила Кина (33%), а затим Турска (14%), Бангладеш (10%) и Индија (7%) (2012. година). Уобичајено је да се увозе полупроизводи од текстила, док се финални текстилни производ генерише у ЕУ, а то значи да се више од 80% производње текстила, укључујући и интензивну примену хемијских супстанци, одвија ван ЕУ и не подлеже њеној законској регулативи. Нетранспарентност у коришћењу хемикалија за производњу текстила ствара многобројне проблеме. Тренутно се од добављача хемикалија не тражи да прецизирају тачан састав хемикалија, као што је састав боја. С

тим у вези, једно истраживање је показало да код пацијената код којих је дијагностикована алергија на дисперзне боје, у 25% случајева алергија се није јавила као реакција на молекул боје већ на друге супстанце које се налазе у боји. Наведени пример показује да боје могу садржати алергијске супстанце чији идентитет није познат. Према извештају агенције *KEMI* из 2016. године, више од 3.500 хемијских супстанци је идентификовано да се потенцијално користи у производњи текстила, а чак 30% наведено је као строго поверљиво и оне су непознате. Повећање транспарентности на нивоу целе индустрије омогућило би боље доношење одлука и помогло би процесу елиминисања нежељених супстанци, јер како елиминисати употребу неке супстанце ако се не зна да ли се она уопште користи и какав је њен утицај. Трансформација система захтева још и формирање веће и боље базе података, поготово тамо где је утицај појединих хемикалија непознат. Забринутост због све већег присуства нежељених супстанци резултирало је формирањем листе ограничених супстанци (енгл. *Restricted Substances Lists-RSL*) која дефинише праг концентрације дефинисаних нежељених супстанци у крајњем производу. Недостатак *RSL* листе је што у току производње одеће може да се употреби велика количина опасних хемијских материја које углавном бивају елиминисане пре него што стигну до потрошача, због чега је развијена *MRSL* листа. *MRSL* (енгл. *Manufacturing Restricted Substances Lists*) је друга листа која пак дефинише граничне вредности концентрације нежељених супстанци у току производног процеса, а све у циљу заштите здравља и безбедности радника, као и животне средине. Тренутно, скоро сваки бренд који има развијен систем управљања хемикалијама, има сопствену *RSL* листу. То значи да постоји на хиљаде наведених листа, што је проблем, јер тако велики број листа делује супротно својој сврси, а то је смањење употребе нежељених супстанци. Дакле, један бренд има сопствену јединствену *RSL* листу, а то значи да постоји одређена хемијска супстанца коју бренд не жели у својој одећи. Да би произвођач текстила задовољио специфичне захтеве он мора сваки пут да празни погон и да га пушта у рад, одређено време, како не би дошло до контаминације, а при том ће хемикалију са листе заменити неком другом. Након завршетка производње текстила за одређени бренд, постројење поново мора да ради у празном ходу како би се спречила контаминација текстила неког другог бренда, са другом *RSL* листом. Очигледно, овакав вид производње је скуп и значајно успорава елиминисање нежељених супстанци. Дакле, није реално очекивати да систем може овако да функционише и зато је важна хармонизација стандарда и усвајање заједничке *RSL* односно *MRSL* листе, које ће поједноставити испуњавање захтева од стране произвођача. Решавању овог проблема потребно је приступити свеобухватно и систематски, како би се избегло формирање најкраће листе и формирати листу тако да она обухвата целокупну групу хемикалија што ће спречити да се нежељена супстанца која се налази на листи, нпр. *PFOA*, из групе перфлуорованих супстанци, замени неком другом из исте групе, која има сличне карактеристике. Наведени проблеми могу бити елиминисани уколико се обе листе буду формирале од стране независних организација и стручњака. Уколико није могуће формирати универзалну и заједничку *RSL* листу, решење може бити формирање заједничких листа, које се може постићи кроз усвајање *RSL* листе већих брендова или усвајањем *RSL* листе кроз чланство у некој групацији. На тај начин се повећавају шансе за потпуно испуњавање захтева кроз поједностављење хемијских потреба, али се и спречава прекомерно стварање нових листа у текстилној индустрији. У свету постоји неколико оваквих групација, као што су: *The Zero Discharge of Hazardous Chemicals (ZDHC)* и *The Apparel and Footwear International RSL Management (AFIRM)*. *ZDHC* групација је формирала заједничку *MRSL* листу коју користе чланице групације (нпр. *Nike*, *Puma*), док је друга групација формирала заједничку *RSL* листу коју такође користе њене чланице (нпр. *Nike*, *Adidas*).

Обе листе су јавно доступне, па тако ове групације значајно доприносе хармонизацији, будући да учлањење није нимало јефтино, поготово за мања предузећа. Дакле, једини прави и ефикасни приступ јесте онај који подразумева да све већи број брендова има исте захтеве у погледу употребе хемијских супстанци, јер ће само тако доћи до озбиљнијих промена у погледу смањења употребе нежељених супстанци. Крајњи корак у постизању транспарентности система захтева реализацију мониторинга од стране бренда, у циљу провере поштовања задатих услова. Најлакши начин је захтев на увид у информације о коришћеним хемикалијама, а затим следе детаљније мере, као што је: инспекцијски надзор на лицу места или лабораторијско испитивање материјала [47][58][59][60][61].

6.1.2. Алтернативне супстанце, производни процеси и регенеративна пољопривреда

Прелазак на безбедне циклусе материјала кључ је трансформације постојеће текстилне индустрије, а он се може постићи развијањем и коришћењем алтернативних и сигурних супстанци, или иновацијама које би обезбедиле проналазак нових производних процеса који не би користили хемикалије. Важно је напоменути да треба избећи увођење алтернатива које елиминишу један негативан утицај, а при том стварају нове негативне утицаје. Један од примера јесте замена хемикалија које треба да обезбеде водоотпорност палминим уљем, што отвара нови проблем, крчење шума. Ширење плантажа палми за производњу уља одговорно је за масовно крчење шума која су била станишта угрожених животиња, као што је орангутан. Дакле, алтернатива не треба да буде селективна, она елиминише све негативне утицаје [47].

Поједини примери показују да је већ сада могуће креирати одећу избегавањем употребе хемикалија (супстанци) које су опасне по здравље људи и животну средину. Гране привреде, као што је пољопривреда или биљна индустрија, генеришу храну и медицинске препарате за потребе људи (примарна употреба), при чему настаје одређена количина отпада. Компанија *Archroma* развила је технологију за генерисање биосинтетичких боја управо од природног отпада који настаје у претходно наведеним процесима (слика 26). Као последица реализације *EarthColors* технологије настаје нова палета од 6 боја:

1. *Earth-Oak* боје су направљене у потпуности од љуске бадема, ораха и сл., из прехранбене индустрије,
2. *Earth-Cotton* боје су направљене у потпуности од биљних остатака приликом производње памука,
3. *Earth-Sand* боје су направљене од 90% остатака поморанци, након екстракције, из биљне индустрије,
4. *Earth-Clay* боје су направљене од 90% остатака репе након екстракције шећера, из прехранбене индустрије,
5. *Earth-Forest* боје су направљене од 90%, а
6. *Earth-Stone* од 70% остатака плодова патуљасте палме (лат. *Serenoa repens*), након добијања екстракта, из биљне индустрије [62][63].



Слика 26. Приказ функционисања система од добијања сировине до готовог производа [62]

Захваљујући „паметним” технологијама, *EarthColors* боје су потпуно транспарентне, као и ланац снабдевања. То значи, да будући или тренутни власници одеће која је направљена коришћењем *EarthColors* боја, могу да провере који је природни отпадни материјал коришћен у производњи боја и његово порекло, аутентичност *EarthColors* боја и место производње, податке о произвођачу текстила и произвођачу финалног текстилног производа (нпр. одећа) и сл. Наведене информације су доступне на „паметној” етикети и њима се приступа посредством мобилног телефона и одговарајуће апликације, и уз помоћ технологије *NFC* [62][63].

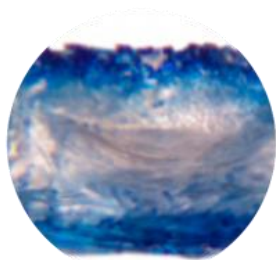


Слика 27. Притисак *EarthColors* технологије [64]

EarthColors технологија доприноси смањењу негативног утицаја на водени отисак, очувању здравља људи, природних ресурса и ублажавању климатских промена, у поређењу са конвенционалним поступцима за производњу синтетичких боја (слика 27). Овај начин производње даје подршку циркуларној економији јер се отпад из других грана привреде користи као улазна сировина, а при том се током фазе синтетизације 100% природног отпада трансформише у нове боје, што доприноси потпуном управљању отпада. Поред тога, може се рећи да природни отпад из пољопривреде односно биљне индустрије представља обновљив извор ресурса. У поређењу са конвенционалним бојама на бази нафте, *EarthColors* боје не садрже нежељене

супстанце (гвожђе, формалдехид) и не заостају у погледу перформанси, а једини недостатак јесте што се могу користити само за влакна на бази целулозе, као што је: памук, вискоза, лан итд [62][63].

Обећавајуће иновације које се односе на бојење одеће без коришћења воде и процесе који не користе хемикалије, имале би за последицу елиминисање емисије отпадних (отровних) вода у току бојења. Еколошки процес бојења *AirDye* је револуционарна технологија која омогућава штампање и бојење текстила без употребе воде па тако решава проблем претеране потрошње воде и загађења. Технологија смањује потрошњу воде за 90-95%, потрошњу енергије за 86% и емисију штетних гасова за 84%, у поређењу са конвенционалним поступцима бојења и штампања. Конкретно, по једном одевном предмету уштеди се до 170 l воде. Наведене уштеде настају као последица коришћења само једне машине за процес бојења/штампања и елиминације накнадних поступака, као што је: топлотна обрада (енгл. *steaming*), прање, растезање (енгл. *stentering*) и сл. Дакле, за потребе бојења/штампања не користи се вода већ ваздух, а при том нема хемијских третмана, ни пре, ни после процеса. *AirDye* технологија функционише уз помоћ софтвера који омогућава прецизно, ефикасно и економично штампање односно бојење разних врста тканине, и то обострано и истовремено, што значи да лице тканине може бити једног дизајна тј. боје, док позадина може бити другог дизајна тј. боје и слично, па све то доприноси креативном дизајну. *AirDye* технологија ради на принципу сублимације, тачније пренос боје на влакна врши се са трансфер папира, под дејством топлоте и притиска ниске вредности, при чему боје дубоко продиру у тканину и брзо се суше, стварајући јаку везу са материјалом (постојаност боја) и пружајући добре перформансе, као што је квалитетна обојеност тканине (слика 28а). Са друге стране, резултат конвенционалног поступка бојења приказан је на слици 28б, а карактеристично је да боје нису у потпуности продрле у тканину што ствара неједнаку обојеност односно места беле боје. Трансфер папир који се користи у процесу бојења направљен је од висококвалитетне пулпе и премазан је супстанцама које нису токсичне, што омогућава висок степен сублимације и спречава негативне ефекте на животну средину. Целокупан трансфер папир се рециклира, а боје су инертне [65].



Слика 28а. *AirDye* технологија бојења [54]



Слика 28б. Конвенционални процес бојења [65]

Пројекат који показује да је могуће произвести одећу, а да се при том задовоље захтеви за елиминисањем нежељених супстанци и принципи регенеративне пољопривреде, реализовала је компанија *C&A* 2017. године *C&A* постоји већ 180 година, поседује око 2.000 продајних места у око 20 земаља и супротставља се другим представницима тзв. „брзе моде”, као што су *H&M* и *Zara*. Дакле, читав пројекат почео је 2015. године, када је на семинару који је организовала *C&A* говорио дизајнер Вилијам Мекдоноу, који је један од твораца концепта *Cradle to Cradle* и од тог тренутка челни људи компаније почињу да размишљају о наведеном концепту и стварању фабрике будућности. Међутим, фабрика будућности је само метафора за нешто веће, што може

трансформисати текстилну индустрију из линеарног у циркуларни модел, па је покренута нова иницијатива под називом *Fashion for Good*. Да би иницијатива била успешна неопходно је дефинисати шта значи *Fashion for Good* односно неопходна је заједничка визија као полазна тачка за покретање промена, којом ће све заинтересоване стране бити инспирисане и чему ће тежити. Дакле, *Fashion for Good* није мода која изгледа добро, то је иницијатива која се састоји из 5 основних принципа:

- *Good Materials* односно материјали који су безбедни, који нису штетни по здравље људи и околину, и који су дизајнирани за поновну употребу и рециклажу,
- *Good Economy* се односи на циркуларну економију тј. економију која расте и која пружа бенефите за све,
- *Good Energy* је чиста и обновљива енергија,
- *Good Water* односно вода која је чиста и доступна за све,
- *Good Lives* се односи на сигурне и достојанствене животне и радне услове.

На овај начин направљен је први корак у трансформацији једног од највећих ланаца малопродајних објеката „брзе моде”, како би постао узор циркуларне економије. Међутим, питање је било, на ком одевном предмету треба реализовати пројекат, а логичан избор је мајица (за жене), јер се састоји из 4-5 компоненти, у поређењу са нпр. мушким оделом, које се састоји из 120 компоненти. Пројекат је реализован у сарадњи са независним програмом (енгл. *Cradle to Cradle (C2C) Certified*), који оцењује производе и материјале, да ли су безбедни по здравље људи и околину, да ли је дизајн погодан за кружење материјала и оцењује производне методе. У оквиру програма постоји 5 нивоа: основни, бронзани, сребрни, златни и платинасти. Произведена мајица припада четвртом нивоу-*C2C Gold*, што значи да задовољава највише захтеве, нпр. у финалној фази производње мора се користити електрична енергија која је 50% добијена из обновљивих извора, отпадне воде које садрже нежељене супстанце, не смеју бити емитоване и слично. Такође, производ је испунио и захтеве највишег нивоа *C2C Platinum*, што значи да не садржи нежељене супстанце или да оне нису коришћене у финалној производњи, укључујући и процес бојења [66][67][68].

Дакле, мајица је одабрана јер је најлакша за производњу, међутим, то је релативно, јер су постојали многобројни изазови који се односе на проналазак алтернативног материјала за израду одеће, као и за шивење тј. за израду ознаке тј. етикете. Материјал за израду мајице је органски памук, а за шивење и израду ознаке обично је коришћен полиестер/најлон, међутим, мешање природних и синтетичких материјала значило би губитак *C2C* сертификата. Такође, мастило које се користи на ознакама не сме да садржи нежељене супстанце, осим тога, мора бити постојано што значи да мора да поднесе прање веша, истезање, хабање услед ношења и сл. Дакле, памук од ког је мајица направљена је потпуно органски, у току узгоја нису коришћени пестициди или ђубрива, као и конац тј. нити за шивење, као и ознаке, па се мајице лако рециклирају, јер нема потребе за раздвајањем различитих материјала у току процеса рециклаже. Зарад производње 100% органског памука *C&A* је сарађивала са индијском компанијом *Pratibha Syntex Limited*, која такође одрживо послује јер 30% енергије добија из соларних панела, а 90% отпадне воде се рециклира. Поред тога, компанија је морала да пронађе широку палету боја која ће задовољити потребе потрошача, па је остварена сарадња са произвођачем боја *Dystar*, а резултат је нова палета боја (100 нијанси), од 8 основних боја које су већ постојале на тржишту, а признате су од стране овог програма (нису штетне). Све наведено, али и употреба обновљивих извора енергије и поновна употреба воде, смањило је притисак на животну средину. Када мајица више не може

кружити у систему, може подлећи процесу компостирања који траје највише 12 недеља. Суштина је да је мајица дизајнирана онако како је природа замислила. C2C мајица представља важно достигнуће за текстилну индустрију јер недвосмислено показује да је креирање циркуларне моде већ могуће. Мајица је доступна у 16 различитих боја на европском тржишту (слика 29), а будући да је све морало да се повољно реализује, цена износи око 8 евра. Иако је цена памучне нити била 10 пута већа од цене пластичне нити, претпоставка је да је трошак производње C2C мајице само 5-10% већи у поређењу са конвенционалном [47][66].



Слика 29. C&A женска мајица, gold C2C [66]

Дакле, нови систем текстилне индустрије подразумева екстракцију обновљивих ресурса из природе регенеративним методама које омогућавају одржавање и побољшање квалитета земљишта и животне средине (регенеративна пољопривреда). Основни принципи регенеративне пољопривреде су: ограничена обрада земљишта (физичка, хемијска или механичка), обезбеђивање природне покривке (нпр. трава, остаци претходних усева), разноликост биљних и животињских врста (биодиверзитет), што дуже постојање корена биљке, редовна испаша животиња. Регенеративна пољопривреда формира здраво земљиште које као резултат даје висококвалитетне производе. Методе ове пољопривреде чувају и побољшавају квалитет земљишта, омогућавају максималну регенерацију тла, спречавају загађење вода и штетно дејство по здравље људи, повећавају продуктивност, јер елиминишу употребу токсичних материја (пестициди, ђубриво). Пошто су трошкови употребе пестицида у току узгоја памука велики, до 60%, ова пољопривреда пружа могућност значајних уштеда. Остале предности укључују већу стабилност приноса, квалитетније усеве, смањену потрошњу воде и повећану апсорпцију угљеника у тлу. Примена потпуно регенеративних метода има мали удео. Органски памук, у току чијег се узгоја не користе ђубрива и пестициди, чини мање од 1% светског тржишта памука [17][47][69].

6.1.3. Емисија микровлакна

Микропластика јесу ситни комадићи пластике чија се дефинисана величина мења у зависности од литературе, Дакле, то су комадићи највеће величине 5 mm односно 1 mm. Микровлакна су по дефиницији слична микропластици, јер су то врло кратка влакна текстила, дужине мање од 5 mm. Микровлакна која потичу од текстила на бази пластике су једна врста микропластике и она се емитују као примарна микропластика, услед прања текстила. Секундарна микропластика је она која у океан доспева у облику пластичних или делова производа, који се временом разграђују у ситније делове.

Према подацима из 2010. године у свету се у употреби налазило око 840 милиона машина за прање веша односно 46,9% домаћинстава је поседовало исту. Претпоставке су да ће број веш машина у 2020. години износити око 1,2 милијарде, а до 2030. године

број ће се повећати на око 1,4 милијарде [70]. Током прања текстила, сваке године, у околину се испусти неколико билиона микровлакана, при чему највећи део заврши у океанима. Присуство пластике у океану повећава забринутост због негативног ефекта на Земљин екосистем, а пластична микровлакна која се емитују услед прања текстила на бази пластике (полиестер, акрил, најлон) јесу главни узрок забринутости. Један одевни предмет током само једног прања ослободи више од 1.900 микровлакана односно током прања 6 kg текстилних производа од акрила бива емитовано око 730.000 микровлакана [71]. Према проценама стручњака са Универзитета у Калифорнији, чак 35% примарне микропластике која се емитује у океан потиче од прања текстила. Између 1,8 и 5 милиона t примарне микропластике бива емитовано сваке године у околину, при чему, између 0,8 и 2,5 милиона t бива емитовано у океан. Тренутно се у океану налази 1,4 билијарда микровлакана. Процене су да би до 2050. године у океанима могло бити више пластике него рибе (према маси). Пластику у океану чине пластични или делови производа, али и ситни делови пластике. Крупнији пластични отпад је видљив, као и негативни ефекти (гутање или уплитање), док је микропластика теже уочљива, као и негативан утицај. Гутање микропластике од стране морских организама, осим што узрокује негативне ефекте по организме доводи и до емитовања нежељених супстанци приликом обраде у дигестивном систему. Истраживања показују да Европљани који конзумирају шкољке, годишње унесу у организам око 11.000 микропластике (слика 30). Поред тога, микропластика има способност апсорбовања нежељених супстанци, што значи да се и оне могу наћи у организму. Микропластика је нађена и у другим хранљивим производима: мед, со, пиво, шећер, али колики је допринос текстила тек треба испитати. Ово свеприсутно загађење океана микропластиком, без јасног разумевања дугорочних утицаја, постаје главна брига, па се океани називају „пластична супа” [47].



Слика 30. Приказ доспевања микровлакана у ланац исхране [47]

У циркуларном систему, емисија микровлакана мора се елиминисати или се морају уклонити негативни утицаји. Дакле, формирање здравог текстилног система подразумева смањење емисије микровлакана, па је зато потребно развити нове материјале и производне процесе, али и повећати ефикасност технологије која спречава емисију микровлакана која се неизбежно ослобађају. Постојаност пластичних микровлакана у природи представља изазов за текстилну индустрију. Биопластика је добра алтернатива традиционалној пластици на бази нафте и може имати важну улогу у превазилажењу тог изазова. PHAs (енгл. *polyhydroxyalkanoates*) је биополимер произведен од метана који настаје услед дејства микроорганизама, нпр. разградња

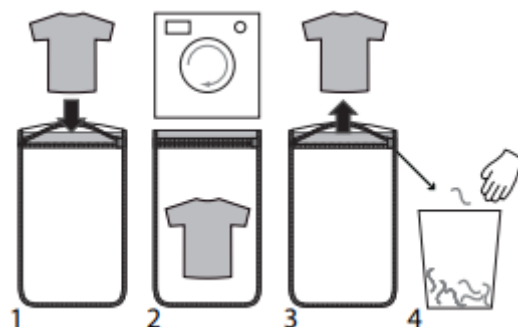
отпада. Рециклабилан је и може се биоразградити у било којој средини, па чак и у води. Такође, развијени су адитиви који се додају на почетку производње влакана од најлона или полиестера, а функција је обезбеђивање разградивости од стране микроорганизама, у било ком природном окружењу [72]. Међутим, углавном је фокус у текстилној индустрији на спречавању емисије микровлакна која су неизбежно ослобођена, док се мањи напори улажу у спречавање ослобађања ових влакана. Истраживања са Универзитета у Плимуту су показала да је количина ослобођених влакана у току прања одеће повезана са начином прања и врстом влакана. Из тог разлога, много већа база података која би садржала информације о узроцима ослобађања микровлакна допринела би усмеравању иновација у области где су оне најпотребније и решавању проблема. Промена начина на који је текстил направљен може допринети смањењу настале количине микровлакна. Замена традиционалног начина сечења, ласерским или ултразвучним, али и смањење четкања текстила, доприноси овом циљу. Такође, дизајн материјала тј. дужина влакана, ткање и процес бојења утичу на ослобађање микровлакна, па се премазивањем тканине може смањити ослобађање микровлакна у току прања, за 50%. Напори на редизајнирању текстилних материјала и процеса израде одеће, у коначници ће бити кључни за спречавање емисије (пластичних) микровлакна у околину. Упркос томе, транзиција ће потрајати, а материјали ће и даље ослобађати микровлакна. Зато је од пресудног значаја увођење ефикасних решења за елиминисање микровлакна, када су она неизбежно ослобођена. Према истраживању из 1999. године, након 100 циклуса прања текстилних производа који су направљени од различитих материјала, њихова маса је смањена за 0,3-4,6%, као последица губитка микровлакна [58]. Дакле, током прања, не постоји одећа која не губи влакна, а као што је речено, посебан проблем јесу синтетичка влакана. С тим у вези, у циљу смањења емисије микровлакна користе се следеће технологије: *Guppyfriend* врећа и *CoraBall* лоптица за прање веша, *Filtrol* филтер за веш машине [47].

Guppyfriend врећа за прање веша је прагматично решење за смањење емисије микровлакна, посебно пластичних, која истовремено, због мекане површине спречава губитак влакана, а онда и продужава век трајање одеће (слика 31). Врећа је у потпуности направљена од једног материјала-полиамида, изузев рајфешлуса, а у изради нису коришћене штетне супстанце (боје, адитиви). Цена *Guppyfriend* вреће износи нешто мало мање од 30 евра, а доступна је у средњој величини (50x74 cm), јер је у овим димензијама најефикаснија за употребу у домаћинству. Уколико би се користила једна велика врећа, губитак микровлакна из текстила био би већи него када би се користиле две вреће средње величине, због трења одеће. Када је реч о ефикасности спречавања емисије микровлакна у водене површине, она износи од 90 до 100%. Разлог високе ефикасности је и могућност вреће да „ухвати” влакна која су мања од пречника пора, који износи 15 μm . Тако нешто је могуће, јер да би микровлакна напустила врећу, она морају праволинијски да прођу кроз поре, што је мало вероватно када је врећа испуњена водом. Врећа може да зароби ситна влакна, али не и растворене супстанце, нано честице и сл. Поред тога што спречава емисију микровлакна у водене површине, она смањује и ослобађање микровлакна тј. губитак за око 80% мање него када се иста не користи, и то при следећим условима: температура-40°C, трајање циклуса-99 min, број обртаја-800 rpm. Врећа је тако направљена да она сама не губи микровлакна, међутим, у зависности од стања веш машине, у ретким случајевима, може доћи до губитка са траке на којој се налази рајфешлус. Испитивања су показала да и након 50 циклуса прања, уз правилну употребу, врећа није оштећена, а и ако јесте, тако је дизајнирана да се на крају животног века може лако рециклирати [73][74].



Слика 31. Приказ Guppyfriend вреће за прање веша [74]

Употреба Guppyfriend вреће је једноставна, најпре у врећу треба ставити претходно разврстану одећу по боји, затворити је и ставити у веш машину. Након прања, потребно је извадити врећу, а онда и одећу, и уклонити акумулирана микровлакна из вреће, и без прања вреће под млазом воде (слика 32). Наравно, уклоњена микровлакна морају се на адекватан начин одложити како се резултат Guppyfriend вреће не би поништио. Правилно руковање издвојеним влакнима подразумева сакупљање у затворене посуде које се одлажу у контејнере за мешани отпад, а који се спаљује у енергетске сврхе (нпр. Немачка) или се одлаже на санитарне депоније. Свакако, потребно је уредити крајње управљање акумулираним микровлакнима [73][74].



Слика 32. Принцип рада Guppyfriend вреће [74]

Корисни савети приликом употребе вреће су следећи:

- пре прања веша треба уклонити грубе мрље,
- врећу не треба превише напунити како би постојао слободан простор за кретање веша, највише 2/3 од укупне запремине,
- није пожељно користити једну врећу у току прања, јер може доћи до нарушавања рада машине (губитак равнотеже), па зато додатно треба убацити одећу од 100% природног материјала или користити две вреће,
- уколико се врши ручно прање веша, онда се врећа може искористити за филтрирање прљаве воде,
- влакна су веома ситна и често провидна, па се након неколико почетних прања неће моћи уочити, али ће се временом накупљати и постати видљива,
- врећа за прање веша није намењена и не сме се користити у машини за сушење [73][74].

Други производ, који спречава емисију микровлакна јесте лоптица за прање веша или CoraBall, величине 10 cm (слика 33). Производ за филтрирање воде тј. уклањање микровлакна која се ослобађају током прања веша инспирисан је начином на који

корали филтрирају океане. Током прања веша, *CoraBall* захваљујући својој структури допушта струјање воде, док истовремено „хвата” ослобођена микровлакна и остале нечистоће. Дизајн производа спречава губитак влакана из текстила, јер су тзв. спољашњи прстенови, који долазе у контакт са одећом, округли и глатки, материјал је изузетно mekan и еластичан, а облик лоптице за прање веша доприноси адекватном кретању, заједно са одећом, што спречава губитак влакана. Употреба је веома једноставна и подразумева убацавање производа у машину за веш. Након завршеног прања, потребно је извадити *CoraBall* лоптицу и ручно очистити нечистоће, које бивају заробљене унутар лоптице, а изгледом подсећају на замршене власи косе. Као што је то случај код *Guppyfriend* вреће, треба времена да би се визуелно могле уочити нечистоће које треба уклонити. Према упутствима произвођача, уклоњене нечистоће треба одложити у канту за смеће, јер је боље микровлакна одложити у канту него у водене површине, али свакако да то није идеално решење. Приликом употребе *CoraBall* лоптице, мора се водити рачуна о одећи која има ресе или сличне елементе који се могу умотати у структуру лоптице што потенцијално може проузроковати штету [75].



Слика 33. Приказ *CoraBall* технологије [75]

CoraBall лоптица у потпуности је направљена од рециклиране пластике, која не губи физичка и хемијска својства чак ни при високим температурама. Производ је рециклабилан, и на крају животног века, који траје око 5 година, може се вратити произвођачу у циљу рециклаже. Што се тиче ефикасности, испитивања су показала да овај производ може спречити емисију 26% микровлакна по циклусу прања. Дакле, ефикасност није велика, па је овај производ боље користити у комбинацији са филтером за веш машине (нпр. *Filtrol*). Будући да је ефикасност *CoraBall* лоптице мала, а цена од 34 евра висока, много боље решење представља *Guppyfriend* врећа за прање веша, било као појединачно решење или у комбинацији са филтером. Међутим, допринос овог производа не може се занемарити, јер, ако би 10% домаћинстава у САД користило *CoraBall* спречила би се годишња емисија пластичних микровлакна еквивалентна 30 милиона пластичних боца, што је довољно да се Њујорк „повеже” са Лондоном [75].

Filtrol је филтер за виšekратну употребу, чија величина пора износи 100 μm , а који третира отпадну воду из веш машине и уклања влакна која нису биоразградива, као што је полиестер, најлон, песак, власи косе, крзно љубимаца и сл. Уређај се инсталира између машине за прање веша и одвода отпадне воде, при чему је најбоља локација изнад одвода (слика 34). Одржавање филтера је једноставно, након што се визуелно уочи запрљање филтер кесе, приступа се чишћењу тј. пражњењу исте. Учесталост чишћења филтер кесе зависи од врсте и количине текстила који се пере, међутим, најбоље је филтер чистити након 8-10 циклуса прања, а можда и чешће зарад бољих резултата. Препорука произвођача је да се акумулиране нечистоће одложе у канту за

смеће. Животни век филтера је од 1 до 3 године, а ефикасност уклањања микровлакана из отпадне воде износи 89%. Испитивање је показало да је након 10 циклуса прања *Filtrol* уклонио 25 g, а *CoraBall* мање од 1 g нечистоћа из отпадне воде. Осим што спречава емисију микровлакана у околину, филтер спречава и запушење канализационих цеви. Чињеница је да већина веш машина нема филтере, а ако их и има, то су стандардни филтери који не могу спречити емисију микровлакана. Како машине за прање веша тренутно нису опремљене оваквим филтерима, за тренутни напредак у овој области биће потребан напор да се преправи односно опреми више милиона веш машина које су већ у употреби, а поред тога ни цена филтера није мала и износи око 123 евра. При том, коришћење филтера са врло малим порамма, може имати последице уколико честице детерџента који се користи не могу да прођу кроз поре, што блокира филтер [76].



Слика 34. Уређај за третман отпадне воде након прања веша [76]

Постоји мноштво фактора који одређују губитак односно емисију микровлакана, почев од врсте одеће, па до програма прања односно тврдоће воде. Емисија микровлакана у току прања веша може се елиминисати употребом различите технологије, али, да би та количина била што мања, постоји неколико савета:

- користити машину са предњим пуњењем, јер она 7 пута мање доприноси емисији влакана из текстила од машине са горњим пуњењем,
- не мешати грубе текстилне производе (нпр. патике, фармерке) са производима који имају мекану површину,
- температура у току прања веша треба бити што мања, не већа од 30-40°C, како би се смањила хидролиза влакана од полиестера, али и губитак микровлакана уопштено,
- користити само течна средства за прање јер прашак садржи абразиве, избељиваче и друге чврсте материје које изазивају губитак влакана,
- смањити дозу детерџента, јер превелика количина оштећује одећу и штети околини,
- елиминисати употребу лоптица за прање веша, као алтернативу детерџентима,
- елиминисати центрифугу или бар смањити интензитет,
- смањити број прања веша кроз ручно уклањање мрља и смањити трајање циклуса прања,
- избегавати употребу машине за сушење веша јер она 3,5 пута више доприноси емисији микровлакана од машине за прање веша [77][78][79].

Претходно наведена решења спречавају односно редукују емисију микровлакана у отпадне воде. Па зато, ако се микровлакна ипак нађу у отпадној води, важну улогу у

спречавању испуштања тих отпадних вода у окружење имају постројења за третман. Али постојећа технологија третирања отпадних вода не може спречити емисију микровлакна у околину, јер чак до 40% пластичних микровлакна „исцури” из постројења за третман. Чак и најнапреднији системи за пречишћавање могу у најбољем случају да спрече емисију само 90% микровлакна. При том, чињеница је да се услед прања текстила емитују микровлакна која су апсорбовала нежељене супстанце, што значи да ако током третмана није дошло до евапорације нежељених супстанци, или оне нису разграђене, или нису отклоњене у виду муља, заједно са влакнима, биће емитоване у окружење са третираном отпадном водом. Поред тога, нису ни сва домаћинства прикључена на канализацију односно на постројење за третман отпадних вода. Да би се обезбедила ефикасност у смањењу емисије микровлакна, а онда и нежељених супстанци, потребни су даљи напори за превазилажење ових изазова, али ни то неће решити читав проблем. Ако се микровлакна, на крају, потпуно издвоје из воде, у виду муља, потребно је на најбољи начин извршити њихово одлагање. Депоноване није опција, јер поново може доћи до „цурења” и загађења околине, осим ако се не ради о санитарним депонијама, али и тада постоји одређени ризик. Такође, уклоњени муљ из постројења за третман има своју примену у пољопривреди па се микровлакна на индиректан начин могу вратити у околину. Истовремено, супстанце могу доспети у усеве, па може доћи до излагања људског организма. Зато, усвајање технологија за „хватање” микровлакна из отпадних вода јесте неопходно али привремено решење [47][58].

Пластична влакна чине 60% одеће на тржишту и нереално је очекивати да се она у потпуности могу елиминисати у кратком или средњем року. Материјали код којих се не може спречити емисија микровлакна, требају бити поступно укинута и замењени новим. Дакле, када се формирају нови материјали они требају бити биоразградиви или не смеју емитовати микровлакна и морају имати високе перформансе. Када се говори о третману вода, у ЕУ доношење закона у области микровлакна тек је на почетку, будући да не постоји пропис који се посебно бави емисијом микровлакна као последица прања текстила, нити су микровлакна укључена у Оквирну директиву о водама. Дакле, неопходна је сарадња свих заинтересованих страна зарад решавања проблема. Битна је улога, не само произвођача одеће, већ и произвођача веш машина и детерџената, али и система управљања отпадом, како би се смањила емисија микровлакна у околину [47].

6.2. Повећање искоришћености одеће

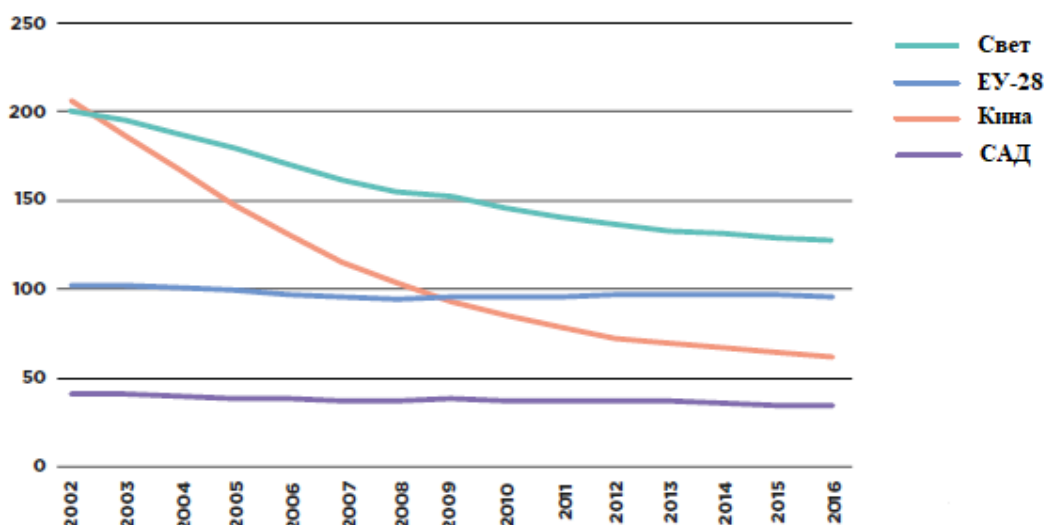
Дизајнирање и производња одеће високог квалитета, која је приступачна, помоћи ће у елиминисању одеће за једнократну употребу. Један од најбољих начина да се сачува вредност одеће, смањи притисак на ресурсе и смање негативни утицаји јесте повећање искоришћености одеће (слика 35). Одбацивањем одеће која се још увек може користити потрошачи у свету годишње изгубе 460 милијарди долара. Уколико се просечан број коришћења одеће двоструко увећа, смањиће се емисија гасова са ефектом стаклене баште за 44%. Поновна употреба одеће далеко је боље решење него рециклажа. Поновном употребом једне тоне памучних мајица спречи се емисија 12 t CO₂e у поређењу са 1 t CO₂e када се исте рециклирају. Грубо речено, поновна употреба за 12 пута више смањује утицај на животну средину него рециклажа [80]. Зато, елиминисање линеарног система захтева нове пословне моделе чији се концепт не заснива на поседовању одеће (нпр. изнајмљивање одеће). Модели који нуде робу високог квалитета, одговарајуће величине и који пружају додатне услуге, неопходни су како би се задовољила потреба за трајношћу (нпр. *second-hand* продавнице, одећа на

захтев, продаја одеће са гаранцијом). Дакле, кључне активности су: повећање обима изнајмљивања, развијање *second-hand* продавница и повећање трајности одеће [47].



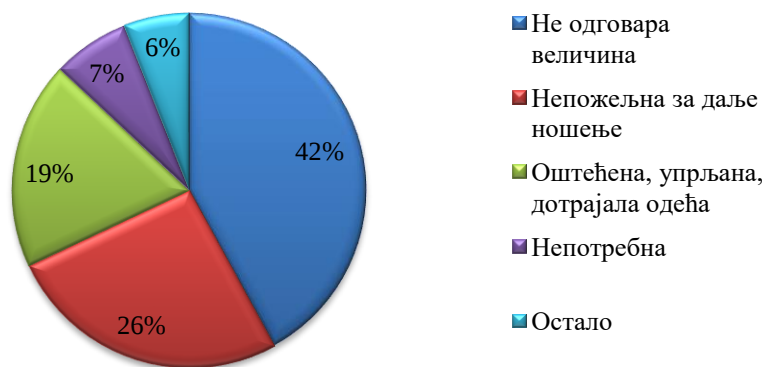
Слика 35. Пут од линеарне до циркуларне економије [81]

У свету се употреба односно искоришћеност одеће у 2016. години смањила за 36% у односу на 2002. годину. Главни изазов на развијеним тржиштима (Северна Америка и Европа), јесте повећање стопе искоришћења одеће, а на тржиштима која се развијају, одржати стопу на високом нивоу упркос порасту прихода и средње класе становништва. Просечан број ношења одеће у Европи годинама је константан и износи око 100. У Кини је та вредност мања, и у односу на 2002. годину опала је са 200 на 62 (слика 36) [47].



Слика 36. Просечан број коришћења одеће, укључујући и поновну употребу [47]

Подаци из Велике Британије показују да се 26% одеће одбацује јер се власнику више не свиђа, а 42% се одлаже јер величина одеће више не одговара (слика 37). Сваки пети одевни предмет бива одбачен због неког вида оштећења, што указује да модели изнајмљивања односно модели препродаје могу купцима пружити приступ разној одећи, која није оштећена, истовремено смањујући потражњу за производњом нове одеће [82].



Слика 37. Разлози одбацивања одеће у Великој Британији [82]

6.2.1. Изнајмљивање одеће

Уколико се изнајмљивање одеће претвори у активност која не изазива стрес и која пружа осећај задовољства, брендови би могли искористити чињеницу да тзв. „искуствене куповине” пружају много више (нпр. позитивне емоције) него тзв. „куповине материјалних добара”. Истраживања су показала да су људи срећнији када спроводе „искуствену куповину” (спортски догађај, концерт) него када спроводе „куповину материјалних добара” (одећа, накит). Ствари као што су бицикл, накит, одећа и слично јесу физички предмети али њихова главна вредност лежи у искуствима која пружају [83]. То је у складу са општим трендом миленијумске генерације да више воли приступ производима, а не власништво над њима. На пример, купци у Кини постају селективнији у погледу своје потрошње, распоређујући више својих прихода у животне услуге и искуства уместо на производе. С тим у вези, изнајмљивање одеће може имати важну улогу у будућности али тренутно није стандард и можда не би сви у почетку били отворени за овај модел јер подаци анкете из Немачке, Пољске, Шведске и САД указују да би нешто више од 40% купаца могло замислити да учествује у моделу изнајмљивања одеће. Ово сугерише да је потребно „убеђивање” становништва да је модел изнајмљивања атрактивно решење јер нови пословни модели пружају могућност корисницима да изнајме модернију и луксузнију одећу, за чију куповину, можда не би имали довољно новца. Дакле, корисник је само корисник, он не поседује одећу већ је изнајмљује, а она кружи у систему [47].

Економија дељења (енгл. *Sharing Economy*) је нови економски модел дељења ресурса и представља алтернативу традиционалном моделу заснованом на масовној потрошњи. То је концепт у коме се власништво над неким материјалним добром ставља у други план у односу на искоришћеност тог добра. Модел је заснован на премиси: „Неискоришћена вредност је изгубљена вредност”, при чему се под неискоришћеном вредношћу подразумева време док се производ не користи. Услуге изнајмљивања део су концепта економије дељења и представљају поновну употребу производа [84]. Пословни модели изнајмљивања одеће односно одевних предмета могу боље задовољити потребе човека, а разлози за развој ових пословних модела су следећи:

1. потрошачи половину своје одеће не носе, а њена вредност у Великој Британији износи око 30 милијарди долара,
2. потрошачи желе да обнављају гардеробу, желе разноврсну одећу и желе приступ моди,
3. модели изнајмљивања омогућавају потрошачима да носе одећу коју иначе не би могли да приуште [85].

Поред тога, изнајмљивање може имати важну улогу у транзицији индустрије на модел који троши мање ресурса и мање загађује животну средину, јер потенцијално може продужити животни век производа. Продужење животног века одеће у Великој Британији за само 10% (3 месеца) довољно је за смањење угљеничног отиска за 8% (3 Mt CO₂e), потрошње воде за 10% (600 милиона m³), отпада за 9% (150.000 t) и остваривање финансијске уштеде на рачун смањене потрошње ресурса од 9% (2 милијарде фунти) [80]. Постоје два пословна модела изнајмљивања: изнајмљивање са претплатом (енгл. *Subscription-Rental*) и краткорочно изнајмљивање (енгл. *Rental*). У овим моделима власништво над одећом задржава трговац, који редистрибуира одећу након строгих контрола квалитета и поступака чишћења. Одређени сегменти одеће, као што је одећа за бебе, дечија одећа и одећа за труднице, где је неопходна учестала промена због, нпр. развоја детета, нуди посебну прилику за моделе изнајмљивања. У пракси постоје модели онлајн изнајмљивања али и конвенционални модели, где се одабир одеће врши у продајним објектима, а токови материјала су слични. *Subscription-Rental* је модел изнајмљивања неколико одевних предмета на одређени временски период, за одређену месечну надокнаду односно претплату, након чега постоји опција куповине или се одевни предмети враћају продавцу, а корисник може поново изнајмити неки други одевни предмет (слика 38). *Rent the Runway* је онлајн услуга, доступна у САД, која представља пример модела изнајмљивања одевних предмета (одећа, аксесоари) уз месечну надокнаду. Након отварања налога потребно је одабрати једну од понуђених опција:

1. изнајмљивање 4 предмета у току месеца, без могућности замене; месечна претплата је 89 долара; доступни су предмети чија је малопродајна цена до 350 долара, па вредност месечне пошиљке може бити 1.400 долара;
2. изнајмљивање 4 предмета у току месеца, са могућношћу једне замене; месечна претплата је 135 долара; доступни су предмети чија је највећа малопродајна цена 3.000 долара, а вредност месечне пошиљке може бити 5.000 долара;
3. изнајмљивање 4 предмета у току месеца, са неограниченим бројем замена; месечна претплата је 159 долара; доступни су предмети чија је највећа малопродајна цена 3.000 долара, а вредност месечне пошиљке може бити већа од 10.000 долара.

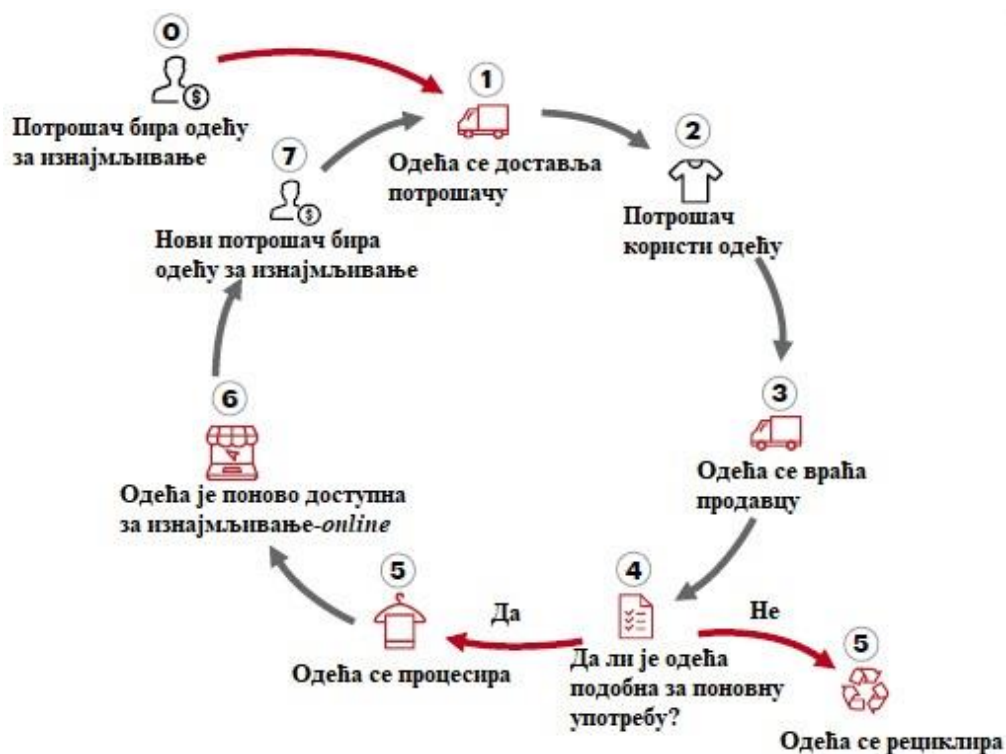
Ако постоји могућност замене, корисник може заменити један одевни предмет или све. Број доступних стилова и брендова за сваку опцију је различит и повећава се са порастом цене дате опције. Након одабира опције и одевних предмета, пошиљка стиже у року од 2 дана и то у амбалажи за виšekратну употребу. Не постоји одређен датум до којег корисник предмете треба да врати, може их задржати колико год жели. Уколико нови потрошач није одабрао одевне предмете одговарајуће величине, током прва два месеца постоји могућност замене истих, без обзира на опцију. Међутим, да би се то спречило на сајту постоје фотографије других потрошача сличних мера, као и апликација која даје предлог величине одевног предмета на основу повратних информација других корисника, сличних мера. Ако се кориснику током изнајмљивања допадне неки одевни предмет може га откупити по сниженој цени. Такође, постоји могућност одабира додатних одевних предмета, поред 4 основна која се користе свакодневно, уз повећање претплате за 25, 29 односно 39 долара по предмету. Дакле, модел претплате пружа могућност потрошачу да изађе из зоне комфора, тако што ће испробати трендове за које није сигуран да ли жели да поседује, а при том све путем интернета и код куће. Истовремено, спречава се беспотребно гомилање одеће, заузимање простора и активности одбацивања одеће након што се више не користи.

Образак линеарне економије гласи „узми-користи-баци” док код претплатничког модела изнајмљивања важи „носи-замени-понови” (енгл. „wear/swap/repeat”) [85][86].



Слика 38. Ток одеће за модел изнајмљивања са претплатом [85]

Корисници су у обавези да пластично паковање и вешалице, као и амбалажу врате заједно са одевним предметима ради поновне употребе односно рециклаже. Осигурање *Rent the Runaway* услуге покрива мања оштећења, међутим, ако дође до отуђења одевног предмета, кориснику се наплаћује малопродајна цена. Дакле, након изнајмљивања, пошиљка се враћа продавцу услуге на продајном месту или путем службе која сакупља пошиљке. Након што се предмети врате продавцу, врши се провера квалитета како би се утврдило да ли су погодни за даље изнајмљивање. Када одевни предмети, пре свега одећа, нису погодни за даље изнајмљивање, у циљу продужетка животног века, донирају се добротворним организацијама, а могу и да се рециклирају. Ако су предмети погодни за даљу употребу врши се процесирање односно поправка. Такође, врши се чишћење одевних предмета пре и после изнајмљивања и подразумева влажно и хемијско чишћење у оквиру којег се користе биоразградиви детерџенти који не садрже додате мирисе, као ни токсичне супстанце. Након активности чишћења предмети се излажу дејству паре и бивају запечаћени у пластично паковање ради даље заштите и продужења животног века. После свих активности одевни предмети су поново доступни за изнајмљивање [86].



Слика 39. Ток одеће за модел краткотрајно изнајмљивање [85]

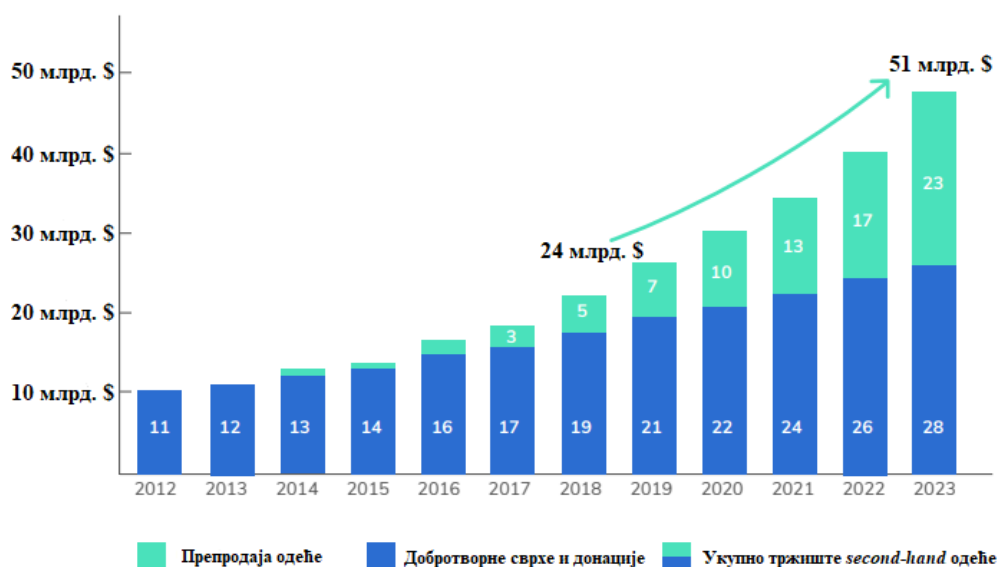
Са друге стране, постоје значајне могућности за краткотрајне услуге изнајмљивања одеће. *Rental* модел подразумева изнајмљивање одевних предмета уплаћивањем једнократне накнаде и пружа приступ одређеним одевним предметима (нпр. венчаница) током краћег временског периода односно за један догађај, без могућности куповине (слика 39). Пример ове услуге може се видети на скијалиштима или у националним парковима. С тим у вези, *Rent the Runway* пружа могућност краткотрајног изнајмљивања за период од 4 односно 8 дана. Све што је потребно урадити пре дефинисања датума испоруке је проверити да ли је одабрани одевни предмет доступан у том периоду. Уколико потрошач није сигуран да ли му одабрана величина одговара постоји могућност одабира истог одевног предмета, али у другој величини и без икакве доплате. Ако се поред свега погрешно величина могуће је контактирати продавца услуге у циљу решавања проблема. *Rental* модел не садржи могућност куповине изнајмљеног предмета, јер је могуће да су други потрошачи већ резервисали исти. Код оба модела, измене на одећи нису дозвољене, а недостатак услуге *Rent the Runway* је изричито навођење да нема потребе за прањем одеће у току изнајмљивања, већ је то обавеза продавца. Дакле, модели изнајмљивања могу понудити приступ висококвалитетној одећи по цени која износи од 10 до 25% малопродајне цене новог производа, што елиминише куповину јефтиније одеће (лошијег квалитета), а истовремено спречава да одећа заузима простор када више није потребна. Главна одлика *Rental* пословног модела је способност да понуди кориснику приступачно (економично) решење за ретке догађаје, које би у супротном било прескупо [86].

6.2.2. *Second-hand* продавнице

Сиромаштво је један од фактора који мотивише куповину коришћене одеће. Фокус купца са ниским приходима је искључиво цена, а не квалитет. Међутим, куповина коришћене одеће није увек подстакнута економским разлозима. Поред тога, продавци коришћене одеће задовољавају потребе потрошача које традиционални трговци нису у

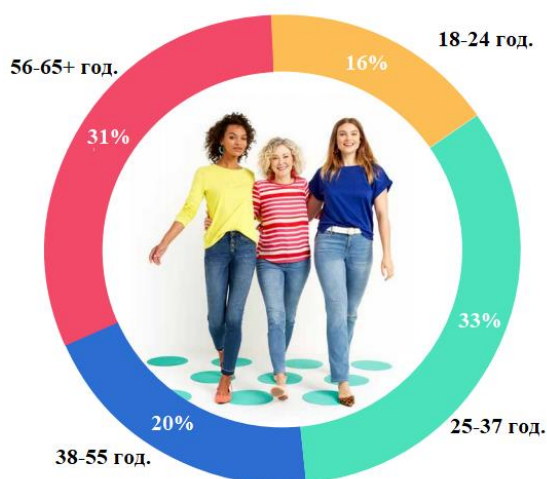
стању. На пример, „лов на благо” је хедонистички осећај који потрошачи коришћене одеће доживљавају док купују исту. За разлику од традиционалних продавница, које пружају правилно распоређене стилове и величине, одећу у добром стању, *second-hand* продавнице имају ограничен број стилова, боја, величина, па је тешко пронаћи тражени предмет у добром стању. Потреба за јединственошћу јавља се када потрошачи желе да се разликују од других, када желе да се супротставе конформизму. Они вреднују посебне, јединствене и ретке предмете које проналазе посећујући разне врсте *second-hand* продавница (нпр. *vintage* продавнице). Носталгичан осећај је чежња за прошлошћу односно прошли модним трендовима. С тим у вези, разлог ношења коришћене одеће нпр. 1990-их јесте праћење модног тренда, а то је ношење гардеробе која је одражавала моду 1970-тих (*vintage* или ретро одећа). Коришћена одећа често може побудити осећања односно сећања код потрошача будући да је аутентична, има историју и душу, коју нови производи немају. Трговина коришћене одеће представља део етичког („зеленог”) конзумеризма који има за циљ смањење или елиминисање штетних утицаја на животну средину и друштво, кроз смањење одлагања одеће. Етичка и еколошка брига мотивишу потрошаче да купе коришћену одећу. *Second-hand* или коришћена одећа има дугу историју која почиње у Европи, око 1300. године. У то време Европа се суочавала са економском кризом, растућом популацијом, друштвеним и политичким незадовољством и масовном глађу. Због све лошије економске и животне ситуације, коришћена одећа постаје важна алтернатива која задовољава потребе потрошача за одећом. У тако тешким временима, поновна употреба коришћене одеће одвијала се на 4 начина. Први начин подразумева да се одећа преминулих чланова породице наслеђује и мења се за материјално добро, или се користи ради измирења дуга. Други начин, коришћена одећа бива наслеђена у оквиру породице. Трећи начин, стара одећа бива поправљена/преправљена, нпр. мајка је изменила своју одећу како би ћерке могле да је користе. Четврти начин, потрошачи купују одећу од продаваца коришћене одеће, нпр. кројачи који су дизајн постојеће одеће мењали како би задовољили потребе потрошача, бувљаци и слично.

Данас, коришћена одећа доступна је у *second-hand* продавницама, на аукцијама, интернет платформама, пијацама, у добротворним организацијама итд. Укупна вредност тржишта коришћене одеће у 2018. години износила је 24 милијарде долара (слика 40). Будући да текстилна индустрија вреди 1,3 билиона долара удео тржишта коришћене одеће износи око 2%. У свету, извоз коришћене одеће се у последњих неколико година константно повећава. Године 2003., на глобалном нивоу бива извезено 1,9 милиона t коришћене одеће, да би 2014. године ова вредност била више него удвостручена, досегнувши 4,4 милиона t. Африка је једно од највећих тржишта коришћене одеће на свету, претпоставља се да 80% људи користи коришћену одећу (енгл. *second-hand*) која се углавном увози из САД, Европе и Индије. У 2015. години главни извозници били су: САД (19,5%), Велика Британија (13,3%), Немачка (11,5%), Кина (7,9%) и Холандија (5,4%). У погледу увоза распоред је следећи: Пакистан (10,2%), Малезија (7,1%), Русија (5,8%), Индија (5,5%) и Тунис (4,6%) [85][87][88][89][90][91].



Слика 40. Вредност тржишта second-hand одеће [81]

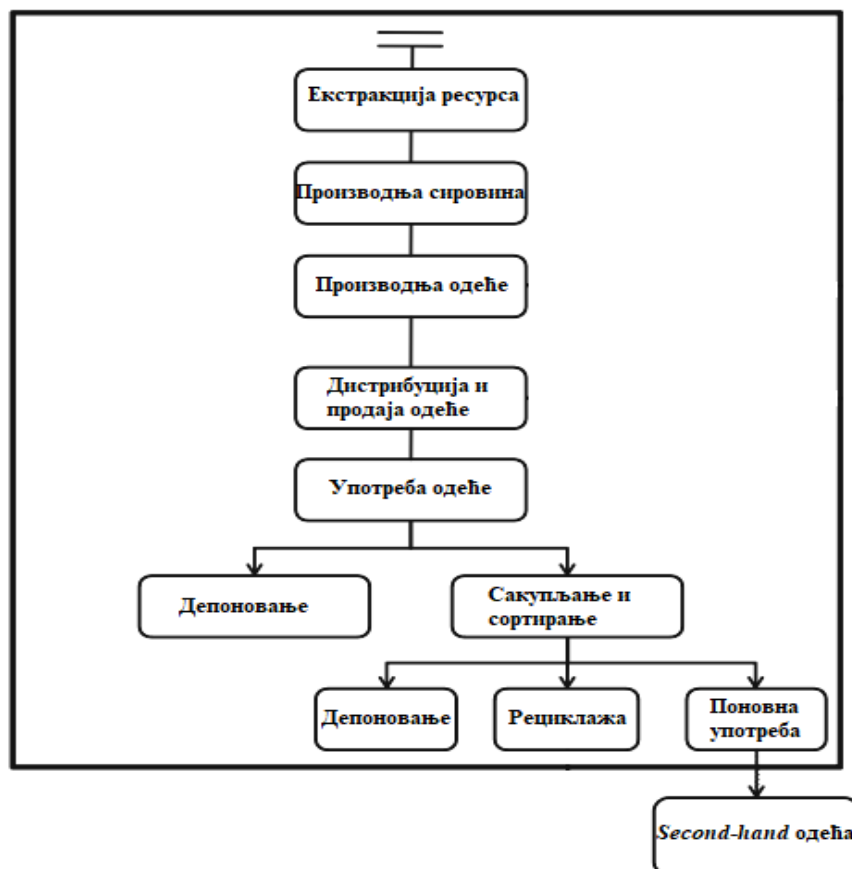
Дакле, тржиште коришћене одеће перманентно расте, док је удео потрошача *second-hand* одеће по старосним категоријама разноврстан, почев од тинејџера па до бака и дека. Међутим, највећи удео имају миленијалци односно становништво старосне категорије од 25 до 37 година, а затим и они најстарији од преко 65 година (слика 41). Најмањи удео у куповини коришћене одеће има најмлађа популација. Али ова популација, заједно са миленијалцима 2,5 пута брже усваја коришћење *second-hand* одеће од осталих старосних категорија [81].



Слика 41. Удео потрошача second-hand одеће по старосним категоријама [81]

Одећа се често одбацује иако није у потпуности искоришћена. Зато, многе добротворне организације и разне комерцијалне компаније, углавном из Западне Европе и Северне Америке, сакупљају коришћену одећу и препродају је као половну. Главна сврха трговине коришћеном одећом је обезбеђивање јефтине одеће земљама у развоју, а приходи од продаје користе се за финансирање развојних пројеката ових организација у својим земљама. Систем сакупљања функционише тако што власници одећу коју не желе више да користе одлажу у контејнере за сакупљање коришћене одеће (*drop off* систем) или се одбачена одећа сакупља са ивичњака (*pick up* систем), или у оквиру школа, донирањем одеће и сл. Ови системи обезбеђују примарну сепарацију односно

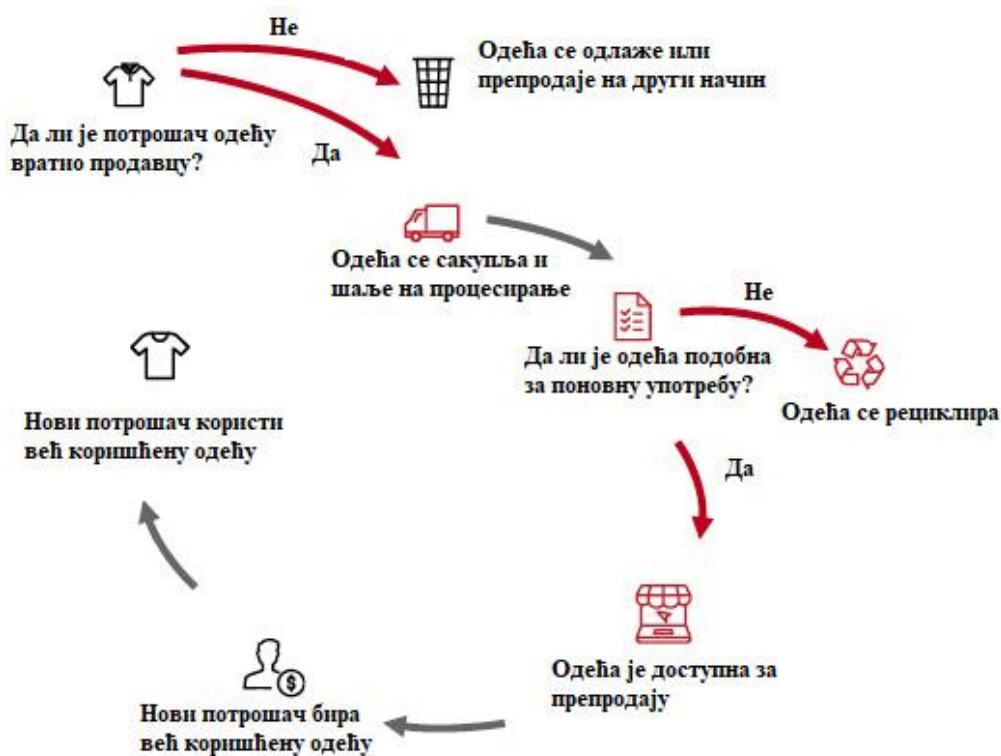
раздвајање одбачене одеће од остатка отпада. Након сортирања и оцењивања квалитета, велики део одеће се продаје. Сакупљени производи који су најквалитетнији обично остају у земљи порекла и кроз *second-hand* продавнице поново бивају враћени на тржиште. Производи лошијег квалитета, као што је прљава или поцепана одећа, бивају подвргнути процесу рециклаже. Одећа која се не може поново употребити или која се не може рециклирати због неодговарајућег квалитета бива одложена на депонију или спаљена у постројењима за инсинерацију. Међутим, највећи део коришћене одеће бива претворен у бале тежине од 45 до 55 kg, које се затим највећим делом продају на афричком тржишту, а онда и у Источној Европи и Азији. Законска регулатива се разликује од земље до земље по питању увоза половне одеће, међутим, она углавном мора бити дезинфикована (нпр. Србија). Коришћена одећа до крајњег купца стиже путем *second-hand* продавница или других видова продаје коришћене одеће. На слици 42 приказан је животни циклус одеће, почев од екстракције природних ресурса, потрошње одеће па до сакупљања (сортирања) одбачене одеће односно поновне употребе исте [92][93].



Слика 42. Животни циклус *second-hand* одеће [92]

Претходно је описан конвенционални модел препродаје коришћене одеће у *second-hand* продавницама. Међутим, није толико заступљен али постоји модел препродаје коришћене одеће од стране познатих брендова. Дакле, ако је потрошач купио нову одећу коју након одређеног времена више не жели да користи, иако је у добром стању, она се може поново користити кроз нови пословни модел *recommerce*. То је модел препродаје одеће од стране продавца нове, сличан *second-hand* продавницама и подразумева прикупљање, процесирање коришћене одеће и поновну продају (слика 43). Током прошле године тржиште *second-hand* одеће бележи за 25 пута већи раст него традиционално тржиште, а разлози су следећи:

- промена перцепције термина „коришћено”; коришћена одећа се више не сматра прљавом/застарелом већ је то одећа која је обележила неки модни период (нпр. *vintage* одећа);
- препродаја одеће важна је за првобитног власника, али и за следећег купца; првобитни власник може вратити део новца, било у готовини или кроз ваучер, тако што коришћену одећу враћа продавцу; нови купац купује одећу по нижој цени, па тако може да приушти одећу већег квалитета коју претходно можда није могао [89].



Слика 43. Ток одеће за модел продаје коришћене одеће [85]

Један од највећих светских брендова који је увео модел *recommerce* односно *take-back* програм јесте произвођач спортске опреме *Adidas*. Компанија запошљава више од 50.000 људи у преко 160 земаља и производи више од 660 милиона производа годишње. Пре осам година, *Adidas* је у Бразилу покренуо добровољни програм преузимања односно враћања старе одеће и обуће, било које марке, који се касније проширио на Канаду и САД. У циљу реализације програма, остварена је сарадња са специјализованим компанијама за прикупљање старих производа и управљање животним циклусом. Програм се заснива на затвореном животном циклусу (енгл. *closed-loop lifecycle*), а то подразумева поновну употребу производа који нису у потпуности искоришћени и рециклажу оних производа који су на крају животног века. Када се потрошачи одлуче на враћање одређеног производа, он мора бити чист јер у супротном неће бити адекватан за поновну употребу и може лоше утицати на остале производе који су намењени рециклажи. Након што су стари, али и рекламирани *Adidas* производи сакупљени, бивају транспортовани у дистрибутивни центар и процесирани од стране *I:CO* компаније која се бави сортирањем производа према различитим критеријумима квалитета. Производи који се налазе у добром стању и који се могу и даље користити прослеђују се на *second-hand* тржиште. Производи који не могу бити коришћени, нпр. оштећени су, рециклирају се, а добијене секундарне сировине се користе у различитим индустријама. Само мали део производа не може

бити рециклиран и мора се одложити. Процењено је да значајна количина производа није на крају животног века, око 50% може поново да се користи, 25% може да се рециклира, а остатак мора бити депонован односно спаљен у циљу добијања енергије (инсинерација). Профитабилност овог модела одређују трошкови набавке одеће од првобитног купца, а они укључују директну надокнаду која је плаћена потрошачу (новац, ваучер), као и трошкове процесирања. Како би потрошачи били мотивисани да учествују у овом програму, *Adidas* нуди финансијски подстицај од 15% попушта на куповину новог *Adidas* производа. Када се узму у обзир сви аспекти овог пројекта, као што је додатна продаја коришћених производа и секундарних сировина и смањени трошкови одлагања отпада, али и потребни инвестициони трошкови, резултат је да је пројекат исплатив будући да параметар који показује профитабилност пројекта (НСВ-Нето Садашња Вредност) износи око 290.000 евра за период од 10 година. У моделу препродаје, цена одеће износи од 25 до 65% у односу на првобитну, малопродајну цену [85][94][95].

Шта би се десило ако би током године свака особа на планети купила само један одевни предмет који је већ коришћен уместо нове гардеробе приказано је на слици 44.



Слика 44. Резултати куповине *second-hand* одеће [81]

6.2.3. Издржљивост или трајност одеће

Оно што је заједничко свим претходно наведеним пословним моделима јесте висока издржљивост производа, која је неопходна да би они функционисали. Дакле, треба развити нови пословни модел тј. приступ у продаји одеће, а то је продаја висококвалитетне одеће. Израда квалитетније, трајније одеће је *win-win* ситуација која обезбеђује бенефите произвођачима, трговцима и купцима. На животни век одеће утиче низ одлука: одабир влакана односно предива, израда и конструкција тканине, процес сечења (кројења), завршна обрада, декорација (украси), дизајн одеће итд. Пошто се ове одлуке обично доносе у фази дизајнирања, овај процес је идентификован као најважнији за одређивање трајности одеће. Дакле, дизајнирање одређује карактеристике (физичке/емоционалне) будуће одеће које су кључне за одређивање трајности исте. Издржљивост односно трајност одеће може бити: физичка и емоционална. Физичка издржљивост разматра дизајн и израду (конструкцију) одеће

како би се произвео производ отпоран на оштећење и хабање. На физичку издржљивост утиче:

- израда/конструкција одеће (избор сировина, мода/стил, процес сечења, производни процес),
- отпорност на површинско оштећење/абразију, прљање и непријатне мирисе, укључујући завршну обраду,
- постојаност боја, укључујући правилан избор боја и процеса бојења,
- комуникација са потрошачима, укључујући информације о одржавању, као и могућности поправке и поновне употребе [96][97].

Емоционална издржљивост узима у обзир релевантност и пожељност за потрошача, нпр. да ли је одећа још увек по укусу потрошача. На емоционалну издржљивост утичу фактори који се односе на то како се потрошач осећа због своје одеће:

- удобност, укључујући избор сировина, крој, величина одеће итд.,
- старење током времена, укључујући губитак на квалитету површине и боја услед ношења и прања, слабљење отпорности на непријатне мирисе и прљање,
- мода/стил односно да ли је дизајн одевног предмета такав да превазилази модне трендове током сезоне односно да је безвременски [97].

Емоционална издржљивост може се остварити увођењем потрошача у процес производње или поправке одеће. Емоционално издржљив предмет је предмет који његов власник веома цени, због процеса израде (нпр. кројење), због начина дизајнирања или зато што је човек самостално сашио одећу, или због одржавања, или због самосталне промене дизајна. Учешће потрошача у дизајнирању или поправци може подстаћи јачу повезаност са одећом, кроз активно бављење одећом. То се поклапа са идејом да се квалитет дизајна повећава ако је особа која користи производ укључена у процес дизајнирања. Производ ће трајати дуже због емотивне повезаности потрошача са њим, јер ће потрошач одлагати тренутак када треба да одбаци исти [47].

Класични стилови одеће, као што је црна хаљина или бела кошуља, могу дуже трајати јер припадају безвременској моди односно прошли су тест времена и остали на снази. Класика је вечна јер је тешко надмашити је чак и од стране најмодерније одеће. Класика је универзална, класични стил или изглед одеће помаже у формирању елегантног изгледа који је ванвременски. Један од најважнијих фактора који утиче на продужење животног века одеће јесте кројење. Одећа која је кројена по мери траје дуже јер је добро обликована и посебно прилагођена специфичним мерама потрошача, будући да димензије тела потрошача нису стандардне већ се разликују од особе до особе, као и преференције у погледу комфора. Одећа направљена по мери (нпр. кројено одело) била је норма све до 1800-тих година. Глобално гледано, одећа по мери углавном је замењена одећом у стандардној величини, која се масовно производи, али нове технологије могу помоћи да овакав вид производње-израда одеће на захтев (енгл. *clothing on demand*) буде поново заступљена. Иновација која пружа могућност производње одеће само када и где је она потребна је онлајн продаја фајла дизајна одеће која може бити произведена на локалном нивоу, у било ком објекту који поседује ласерски секач или посредством 3D штампача (слика 45). У овом процесу главну улогу игра купац, који путем интернета врши одабир дизајна, уноси телесне мере, бира материјал, прилагођава дизајн (нпр. промена дужине), а након тога се врши производња. За промену дизајна мора се познавати рад у програму (нпр. *SolidWorks*). Након што је одећа произведена (у деловима) склапа се од стране купца, веома лако,

пратећи једноставна упутства (нпр. видео на сајту фирме) и без употребе опреме (нпр. шиваћа машина). Одећа се производи у локалним производним постројењима тек када је продата, што елиминише прекомерну производњу и стварање залиха [47][97][98].



Слика 45. Приказ дигиталног дизајна одеће [98]

Одећа се често одбацује јер се димензије тела мењају током времена и више није одговарајуће величине. Решење је у дизајну, јер се трајност одеће може повећати ако се обезбеди могућност промене величине исте, смањење или повећање, кроз решења на бочним шавовима и сл. Нпр. *Petit Pli* дечија одећа је дизајнирана са наборима, тако да се шири како дете расте и прилагођава се његовој величини, узраста од 4 месеца до 3 године. Израда модуларне одеће која може бити прилагођена од стране корисника тј. одеће која може да се обуче наопак, а да се при том добије „нови” одевни предмет, која садржи делове који се могу уклонити и који могу бити различитих боја, одећа која се може трансформисати, пружа купцима могућност да куповином такве одеће добију више различитих одевних предмета. Одећа која је дизајнирана као вишенаменска, прилагодљива и надоградива може повећати искоришћеност, а онда и животни век и смањити количину одеће коју људи поседују (слика 46) [47][96][97].



Слика 46а. Одећа која се може изврнути [99]



Слика 46б. Дечија одећа која се прилагођава развоју [100]



Слика 46в. Одећа која се може трансформисати [101]



Слика 46г. Модуларна одећа [102]

Квалитетнија тканина значи дуготрајнија одећа, а квалитет тканине зависи од многих променљивих. Влакна могу бити: природна или вештачка, и она су основа свих текстила, а њихове особине одлучујуће за употребу и одржавање материјала. Пластична влакна, пре свега полиестер, имају добре карактеристике физичке издржљивости, као што су: снага, отпорност на абразију, деформацију облика и гужвање, добро задржавање боја итд. Међутим, недостатак је утицај на животну средину, емисија микровлакна. Природна влакна, као што је памук, морају бити пажљиво одабрана јер ако су лошег квалитета (нпр. незрела, слаба и кратка), током ношења и услед свакодневне абразије може доћи до ослобађања и стварања куглица влакана на тканини (*pilling* ефекат). Зато је веома битно користити квалитетни памук, са дугим влакнима јер ће то повећати трајност и жилавост предива и смањити трошење одеће тј. *pilling* ефекат. Додатно, интензивнији процес увијања предива повећава трошкове али знатно побољшава жилавост и смањује трошење. Трајност и перформансе (нпр. удобност) могу се побољшати мешањем различитих влакана, пластичних са природним, али мешавине истовремено отежавају процес рециклаже. Такође, лош избор мешавине (нпр. памук-полиестер) може допринети стварању *pilling* ефекта и смањењу квалитета одеће. Један од кључних начина за постизање трајности одеће је идентификовање стандарда (спецификација) које тканина мора испуњавати, а онда произвођачи одеће морају да набаве тканину која је тестирана у складу са тим стандардима. Када купци бирају нову одећу или одлучују када она није погодна за даљу употребу боја има пресудну улогу. Избор јефтине или неодговарајуће боје има значајан утицај на трајност одеће, тако да је прави избор боја и процеса бојења (нпр. температура, рН вредност, употреба хемикалија) веома битан због избледелости односно постојаности боја и представља једну од кључних спецификација. С тим у вези, употреба боја у зависности од врсте влакана је следећа: киселе боје за свилу, вуну, најлон и модификована акрилна влакна, азо боје се користе искључиво за памук, основне боје за вуну, свилу и акрилна влакна, директне боје за памук, папир, вуну, свилу и најлон, дисперзне боје за полиестерска влакна и најлон, реактивне боје за памук и остала целулозна влакна. За утврђивање карактеристика одабране боје постоје стандардне методе испитивања (нпр. тест оксидативног избељивања) које одређују да ли боја бледи приликом прања веша. Иако је избор боја и процеса прави избор, избледелост се јавља и као последица старења одеће. Услед хабања тканине губе се влакна тачније она слабија доспевају на површину одеће и нарушавају је, а то је још један узрок избледелости који се јавља као последица оптичког ефекта односно промене начина на који се светлост рефлектује од одеће. Дакле, избледелост може утицати да одећа изгледа старо иако је и даље веома функционална у погледу техничких перформанси. Зато, смањење површинских поремећаја тј. оштећености утиче на смањење избледелости и продужава животни век одеће. У току или након бојења следи завршна обрада (механичка и/или хемијска) која има за циљ побољшање перформанси:

- промена текстуре и осећаја тканине, омекшавање, четкање и заглађивање површине,
- побољшање изгледа, укључујући боју, сјај и декорацију,
- обезбеђивање функционалних својстава (водоотпорност, отпорност на прљање и стварање набора),
- лакше одржавање, укључујући олакшано прање, брже сушење, постојаност боја, елиминисање скупљања, елиминисање *pilling* ефекта [96][97].

Из приложеног се види да процеси завршне обраде имају важну улогу у одређивању перформанси и трајности одеће. Могућности употребе механичке обраде одређује расположивост опреме у ланцу снабдевања, док је хемијска обрада доступнија али је пажљиво управљање хемикалијама од суштинског значаја. Претходно споменути *pilling* ефекат код памучне али и осталих врста тканине (лиоцел, вискоза) може се елиминисати кроз тзв. процес биополирања који подразумева примену ензима целулаза уместо хемикалија у завршној обради, па се тако продужава животни век одеће за 20% [103]. Израда одеће још један је важан аспект трајности одеће. Постоје различити типови шивења и нити за шивење, различити модели машина, као и методе за израду одеће. Свака техника одговара одређеном типу тканине/одеће и зато се може искористити за повећање трајности исте. Нпр. одабир правилне густине шивења утиче на повећање трајности одеће, јер је то предуслов за правилно ношење поставе и спречавање раслојавања. Да би се повећала трајност, препоручује се ојачање шавова на тачкама напора одеће. Високу густину шивења пожељно је користити на уским одевним предметима, а равне шавове на местима где они додирују тело зарад бољег комфора. Такође је потребно разумети важност издржљивости украса и других компоненти које се користе у производњи одеће, укључујући рајфешлусе, дугмад и поставку одеће. Декорација тј. украси на одећи морају бити квалитетни и адекватно причвршћени да би одевни предмет имао дужи животни век. У изради гардеробе (нпр. крагна кошуље, делови струка хаљине) користи се жица тзв. фишбајн који може допринети абразији па је зато потребно користити жицу која мање доприноси абразији и ткану поставу која је знатно отпорнија на оштећења. Превентивно деловање је најбоље и зато треба идентификовати потенцијална оштећења и слабе тачке које могу утицати на трајност одеће кроз процену ризика. Процена ризика треба да обухвати све аспекте производње и ланца снабдевања, узимајући у обзир дизајн, материјале, производне процесе, употребу од стране потрошача, као и резултате тестова на физичке перформансе и слично, пратећи следеће кораке:

- препознати и дефинисати ризике од оштећења која могу утицати на трајност одеће,
- одредити толеранцију на ризик,
- одредити релативну вероватноћу и утицај појаве ових ризика (висок, средњи, низак),
- проценити ризик и одредити одговоре у циљу ублажавања истих [96][97].

Будући да на искоришћеност и трајност одеће директно утиче одржавање неопходно га је олакшати. Јасно дефинисан садржај етикета тј. ознака на гардероби служи тој сврси. Етикете морају бити широко распрострањене и требају пружити информације о начину одржавања, попут савета за прање и чување одеће или упутстава за поправку. Наравно, морају се поштовати упутства за одржавање одеће, јер подаци говоре да многи потрошачи перу одећу на погрешним температурама. Поступци чишћења укључујући прање и сушење веша потенцијално могу утицати на карактеристике влакана односно тканине, а онда и на трајност одеће. Одећа се често пере из навике, не из потребе, па зато учесталост, али и температура прања, сортирање одеће по боји, само су неки од фактора који утичу на век трајања. Иако постоје информације како одржавати одећу, истраживања су показала да упутства која се налазе на етикетама нису довољно разумљива потрошачима (слика 47). Јасно је да побољшање информисања потрошача о одржавању одеће, било путем ознака на одећи, било на продајним местима или путем интернета, игра важну улогу у обезбеђивању одговарајућих услова прања, сушења, пеглања и сл. Све ово утиче на трајност одеће, док истовремено може смањити

употребу воде и енергије, нпр. подстицањем прања на нижим температурама. Паметна решења за етикетирање (нпр. *Near Field Communication-NFC*) могу пружити те информације без оптерећивања одеће ознакама. Нпр., одећа компаније *Khongboon Activewear* садржи микрочип који се налази иза логотипа марке, а информације се могу добити прислањањем мобилног телефона. Поред тога, битно је и стање машине за прање веша. Након неколико прања остаци детерџента, буђ и бактерије које се накопљају у машини утичу на трајност одеће. Препорука је да се врши редовно (месечно) одржавање машине кроз покретање програма на високим температурама уз употребу средстава за чишћење, и кроз ручно чишћење компоненти (врата, гума, бубањ, посуда за прашак и филтер) [47][96].



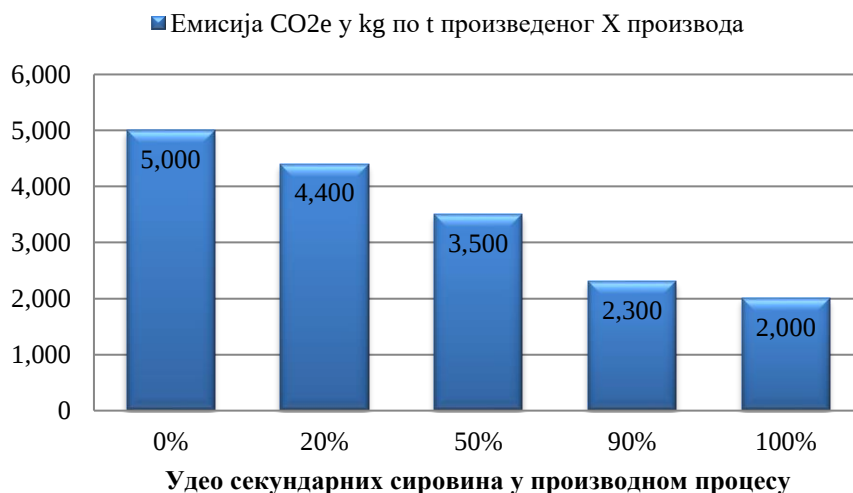
Слика 47. Приказ и објашњење најчешћих ознака на етикетама [104]

Потрошачи на неколико начина могу продужити животни век одеће, кроз поправку оштећених елемената (енгл. *repair*), кроз крпљење или редизајн одеће (енгл. *reimagine*) или кроз поновну употребу (енгл. *reuse*). Иако је већина потрошача способна извршити мање поправке (нпр. ушивање дугмета), истраживања показују да све мање потрошача може спровести сложеније поправке (нпр. порубљивање, крпљење). Резултат тога је да многи људи одбацују одећу којој је потребна мања поправка. Самопоправке се могу додатно подржати обезбеђивањем основног алата који ће потрошач добијати као део куповине (конац, дугмад и упутство), телевизијске емисије могу промовисати поправку одеће и на тај начин пружити подршку потрошачима, као што је то у Великој Британији, а једноставни и бесплатни водичи за поправке одеће, могу бити доступни на интернет сајту трговца. *Repair* и *reimagine* поступци могу се поделити у две категорије: поправке/промене одеће које се могу обавити код куће, уз минималне потребне вештине и поправке/промене за које је потребан већи ниво вештина односно професионални кројач. Дакле, ако потрошач ипак није у могућности да изврши поправку или промену, брендови могу понудити ту услугу у сарадњи са трећом страном. Када би се десило оштећење, гаранције, попут поправке или замене производа или неког дела који је оштећен, представљају високу посвећеност издржљивости. Поред тога што гаранције нуде низ предности купцима, и брендови имају различите добити. На пример, остварује се већи профит јер не долази до губитка купаца, они остају лојални бренду, када купац врати оштећен производ он је уместо произвођача

идентификовао места која се требају унапредити у дизајну и производњи. Такође, бренд добија назад оштећен производ што олакшава продају коришћене одеће односно рециклажу [47][96][97].

6.3. Унапређење сектора рециклаже

У свету не постоји развијен систем рециклаже одеће у одећу (енгл. *clothing to clothing recycling*). Од укупне количине материјала за производњу одеће 87% су губици, од тога 73% материјала се депонује/спаљује након употребе, а 10% су остаци текстила (енгл. *off cuts*) из производње. Додатних 12% материјала се минимално обрађује и обично им се додаје само једна употреба пре одбацивања (крпе за чишћење, изолациони материјал, пуњење матраца). Унапређење сектора рециклаже омогућило би индустрији задржавање материјалне вредности текстила/одеће која се не може више користити. Тренутно се мање од 1% текстила произведеног за одећу рециклира у нову одећу, што представља губитак више од 100 милијарди долара годишње, укључујући и велике трошкове одлагања и спаљивања. Употреба секундарних сировина пружа прилику за драстично смањење уноса примарних сировина односно необновљивих ресурса и негативних утицаја текстилне индустрије. Гледајући у будућност, у циркуларној економији производни процеси емитоваће мање количине гасова са ефектом стаклене баште, јер ће се све више заснивати на секундарним сировинама, ефикасно смањујући утицај на климатске промене. Ако се удео рециклаже током времена повећава, утицај потрошње опада (слика 48). Тренутно, 2% улазних сировина за производњу одеће чини рециклирани материјал, најчешће полиестер од рециклаже PET боца. Иако овакав унос секундарних сировина представља важан допринос циркуларној текстилној индустрији он се мора смањити како се не би угрозила рециклажа одеће у одећу [47][105].



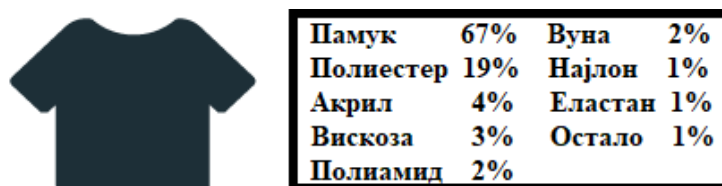
Слика 48. Утицај производње у зависности од развијености сектора рециклаже [105]

Темељ за развој сектора рециклаже је дизајн који је усклађен са технологијом рециклаже. Такође, основа рециклаже је процес сакупљања односно сортирања без чијег унапређења нема развоја исте. Ефикасније технологије сортирања и рециклаже повећаће стопу рециклирања и излазни квалитет. Када се на све ово дода повећана потражња за секундарним сировинама тј. рециклираним текстилом, убрзани развој рециклаже је неминован [106].

6.3.1. Фаза дизајна

Тренутно, дизајнирање производа углавном се фокусира на аспекте као што су: изглед, осећај, удобност и евентуално трајност. Не размишља се много шта ће се догодити са производом на крају животног века. Ипак, ово разматрање требало би да се догоди на самом почетку развоја производа (фаза дизајна). Циљ не треба да буде само задовољење потреба купца већ се требају узети у обзир следеће стратегије дизајнирања:

- *design for disassembly* је стратегија дизајнирања која обезбеђује лако, брзо и економично растављање производа на делове на крају животног века односно то је стратегија која узима у обзир будућу потребу за растављањем производа зарад лакшег одржавања, поправке, поновне употребе или рециклаже (нпр. лако уклоњива дугмад, рајфешлуси, етикете, логотипи итд.);
- дизајн у функцији поновне употребе (енгл. *reuse*), поправке (енгл. *repair*) и рециклаже (енгл. *recycle*); могућност поправљања, једном или више пута, разматра се у фази дизајнирања и веома је битна када је реч о производима високе вредности (нпр. јакне, ципеле), а постиже се познавањем тачних захтева и потреба током фазе потрошње производа; такође, дизајн дозвољава да производ као целина или у деловима након растављања може бити рециклиран или биоразграђен; производи који су намењени рециклажи или биолошким третманима производе се без употребе опасних хемикалија односно супстанци које могу пореметити наведене процесе (нпр. полиестер без антимоно);
- зарад рециклабилности идеалан концепт производа јесте да он буде произведен од једног материјала, нпр. полиестера, укључујући украсе, нити и етикете (моно-материјалност); овакав производ може се рециклирати без стварања отпада, додатног процесирања и додатних трошкова; ипак, основу већине текстилних производа чине мешавине различитих влакана (слика 49); у том случају, ради лакше рециклаже, препоручује се:
 - а) производња текстила са једном доминантном врстом влакана, најмање 80%,
 - б) употреба влакана која су рециклабилна (нпр. полиестер),
 - с) смањење употребе различитих врста влакана без утицаја на перформансе [107].



Слика 49. Просечан састав сваког треће одевног предмета у Холандији [108]

6.3.2. Сакупљање одбаченог текстила

Улазна сировина за рециклажу у текстилној индустрији је одбачени текстил односно искоришћена одећа. Просечна вредност сакупљања одбаченог текстила у свету износи око 20%. Глобално гледано, систем сакупљања није довољно развијен и треба га проширити односно имплементирати тамо где не постоји. Систем сакупљања одбаченог текстила углавном функционише по принципу *drop off*, *pick up* система и *take-back* шеме, које организују локалне власти, комерцијалне компаније, добротворне организације или брендови. Дакле, постоје разни системи за прикупљање одбаченог

текстила. У циљу олакшања имплементације и експанзије истих неопходно је разумети њихове предности и недостатке. Формирање или ширење обухвата система сакупљања одбаченог текстила захтева инфраструктуру која је једноставна за употребу, развијену свест код становништва и (финансијске) подстицаје који ће заинтересоване стране „натерати” да буду део система. Систем сакупљања је веома важан јер што је стопа сакупљања одбаченог текстила већа то је расположивост потребне сировине већа, што је предуслов за развијенији сектор рециклаже. У повећању обима сакупљања важну улогу играју доносиоци политичких одлука на различитим нивоима. У САД 2003. године Калифорнија је увела забрану депоновања и спаљивања електронског отпада. Деценију касније, 18 држава пратило је овај пример, а резултат је повећање стопе рециклаже за 3 пута. Ако текстилни отпад не може бити депонован, мора се пронаћи друго решење из хијерархије отпада. Финска је 2016. године забранила депоновање, али не и спаљивање текстилног отпада. Забрана депоновања и спаљивања текстила је политичка одлука која показује решеност државе да пружи неопходну подршку овом сектору. Ако се текстил не може депоновати/спалити он се мора на одговарајући начин прикупити како би био погодан за рециклажу, што води повећању обухвата сакупљања. Концепт који преноси одговорност за збрињавање материјалних остатака производа са локалних власти на индустрију, инкорпорирањем трошкова третмана у цену производа може бити решење које помаже сектор рециклаже. Француска је једина земља која је 2006. године увела продужену одговорност произвођача у област текстилне индустрије (енгл. *Extended Producer Responsibility-EPR*), у циљу развијања одрживог производног система односно производа који је трајнији, лакше се поправља и рециклира. Сва правна лица односно произвођачи, увозници и дистрибутери одеће, обуће и постељине обухваћени су *EPR* регулативом која их сматра одговорним за прикупљање, третирање и одлагање својих производа на крају животног века. Они могу да развију сопствени систем прикупљања, сортирања и рециклирања или могу да задуже трећу страну, у овом случају је то акредитована организација одговорна за спровођење концепта проширене одговорности *ECO TLC* (енгл. *Producer Responsibility Organisation-PRO*). Организација има за циљ унапређење система кроз: подизање свести потрошача, повезивање заинтересованих страна, повећање броја расположивих контејнера, повећање стопе рециклаже, подстицање коришћења рециклираног текстила у производњи новог производа итд. Један од алата који служи претходно наведеној сврси јесу финансијске олакшице за чланове уколико за производњу текстилног производа користе рециклирани одбачени текстил, нпр. ако је удео рециклираног материјала 15%, олакшица износи 50%. Резултат увођења описаног концепта је следећи, од 2006. године обухват сакупљања годишње се повећава за 13%. У 2016. години прикупљена количина текстила за 3 пута је већа него 2006. године и износи 210.000 t. Растући тренд указује да је концепт тј. организација утицала на побољшање свести потрошача и развијање инфраструктуре односно повећала је приступачност и обухват система сакупљања. Податак који доказује ефикасност *EPR* концепта је број контејнера из 2011. (15.621) и 2016. године (41.793) [109][110][111][112].

6.3.3. Сортирање одбаченог текстила

Прелазак на циркуларну економију захтева повећање стопе сакупљања али и унапређење технологија сортирања. Обезбеђивање висококвалитетних улазних сировина кључно је за излазни квалитет рециклаже, а онда и за максималну вредност материјала која је поновно искоришћена. Међутим, данас се сортирање прикупљеног текстила углавном врши ручно. Ознаке на одећи на основу којих се врши сортирање углавном бивају одстрањене од стране потрошача, или су уништене током ношења или прања веша, или не приказују увек тачан састав одеће. Америчка Федерална

трговинска комисија (енгл. *US Federal Trade Commission*) упозорава да производ може имати ознаку да је у потпуности направљен од памука, а да при том украси или коначу могу бити од другог материјала. Поред тога, на ефикасност ручног сортирања утичу грешке као последица људског фактора. Правилна идентификација материјала најважнија је активност за ефикаснији процес рециклаже. Погрешна идентификација материјала нарушава процес рециклаже и смањује излазни квалитет. Поред тога, већина данашње технологије рециклаже текстила смањује излазни квалитет што додатно ограничава даљи развој сектора рециклаже. Да би рециклирани материјали могли да се такмиче са примарним материјалима по цени и квалитету, иновације у технологијама сортирања и рециклирања играју важну улогу. То би омогућило већу стопу поновног искоришћења материјала и већи квалитет рециклирања. Технологије за идентификацију, које могу аутоматски сортирати одећу према боји и/или саставу, пружају могућност ефикасније контроле улазних материјала у процес рециклаже и обезбеђивање транспарентности. Аутоматизован процес сортирања управља токовима материјала посредством сензора који шаљу сигнале (информације) софтверу који затим доноси одлуку о даљем начину третирања материјала. Општа подела ових технологија је:

1. технологије сортирања засноване на спектроскопији, нпр. блиска инфрацрвена спектроскопија (енгл. *Near-Infrared Spectroscopy-NIR*),
2. технологије сортирања засноване на информацијама које читавају са тзв. носача (енгл. *Radio-Frequency Identification-RFID*, *Quick Response-QR code*, *Near Field Communication-NFC*).

Мануелно сортирање није довољно ефикасно за процес рециклаже али то не значи да се треба у потпуности елиминисати. Напротив, први корак у сортирању прикупљене одбачене одеће јесте мануелно разврставање на ону која се може поново употребити и ону која није за даљу употребу. Након тога, одећа која се може поново користити сортира се ручно, према различитим критеријумима (нпр. квалитет, стање, дизајн...), док се одећа која није за даљу употребу сортира, такође, према различитим критеријумима процеса рециклаже (нпр. врста материјала, боја): одећа која је направљена само од једне врсте влакана, одећа која је направљена од мешавине влакана или одећа у чијем саставу доминира једна врста влакана. Управо је сортирање одеће која се не може више користити активност где треба имплементирати нове технологије (слика 50) [106][107][113][114].



Слика 50. Могућност примене аутоматизованих технологија сортирања [114]

6.3.3.1. NIR технологија сортирања

Технологије сортирања засноване на спектроскопији односно науци која проучава интеракцију електромагнетског зрачења и материје, пружају информације о структури и саставу материје. Принцип рада (слика 51) је такав да се инфрацрвена светлост емитује из извора светлости (1) и усмерава на испитивану површину односно узорак који може апсорбовати, распршити или рефлектовати светлост (2). Зрачење са узорка (3) води се према монохроматору (оптичка решетка), који пропушта само једну таласну дужину према детектору. Детектор примљено зрачење претвара у сигнал, који се може записати као спектар (4). Зрачење светлости са узорка ствара карактеристичан спектар за сваку врсту влакана или мешавине влакана (хемијски потпис узорка). Добијени спектар се затим упоређује са унапред дефинисаном базом података како би се идентификовао састав текстила односно текстилног производа. Након анализе добијеног спектра информације се шаљу низ покретну траку до тачке где се врши сортирање одеће, механички, дејством млазница (ваздух под притиском) или на неки други начин [114][115].



Слика 51. Принцип рада технологије засноване на спектроскопији [116]

Наведена технологија анализира само површину одеће будући да блиска инфрацрвена светлост може продрети само кроз врло танку одећу. Одећа је у већини случајева сувише дебела за дубоку пенетрацију па добијени спектар покрива најудаљенији слој одеће односно слој који је најближи извору светлости. То значи да ће страна одеће која се скенира дефинисати спектар, а онда и састав одеће односно податке о влакнима. Пожељно је да током скенирања одеће удаљеност између скенера и одеће у покрету буде од 10 до 20 cm, јер веће удаљености резултирају лошијим спектром. Идеални спектар добија се када се одећа скенира на малој удаљености нешто дужи временски период, углавном неколико милсекунди. Зарад постизања најбоље ефикасности NIR системи могу анализирати само један одевни предмет у одређеном временском периоду, што захтева присуство људског фактора. У будућности интервенцију човека могу заменити роботи. Пример NIR технологије приказан је на слици 52 [114].



Слика 52. FiberSort технологија сортирања текстила [114]

NIR системи за потребе сортирања текстила још увек су у фази развоја па зато њихова ефикасност није у потпуности позната. Међутим, уочене су одређене предности и недостаци. Предности су:

- технологија не зависи од исправности и постојаности ознака на одећи,
- поуздана идентификација текстила који је направљен од само једне врсте влакана (памук, полиестер, полиамид, акрил, вуна, вештачка целулоза, свила) и делимична идентификација текстила који је направљен од више влакана, конкретно памук-полиестер,
- иако нису погодне за идентификацију мешавина, исте могу прочитати као непознат материјал и тако допринети сортирању (бољи квалитет сировине за рециклажу),
- идентификација различитих боја које људско око није у стању да уочи,
- трајање анализирања одеће је знатно краће у односу на мануелно сортирање па је и капацитет сортирања знатно већи,
- смањење потребног броја радника и захтеви за квалификованим особљем.

Недостаци су:

- идентификација одеће која је направљена од само једне врсте влакана,
- немогућност идентификације компоненти које имају мали удео у мешавини, испод 5% (нпр. еластан),
- отежано разликовање хемијски блиских материјала, као што су различите врсте влакана на бази целулозе (нпр. лиоцел од вискозе, памук од вискозе) или различите врсте вунених влакана,
- немогућност идентификације састава оне стране одеће која се не налази испод скенера, а површинско анализирање додатно отежава вишеслојна одећа,
- тамне боје (нпр. јако црна боја) могу апсорбовати све инфрацрвене таласе и спречити идентификацију материјала,
- немогућност уклањања нечистоћа (пластични и метални делови),
- високи инвестициони трошкови.

До сада је човеково искуство и око једини инструмент за сортирање одбачене одеће. Наведене карактеристике *NIR* система указују да је мануелно сортирање тренутно најбоље решење. Међутим, потенцијал аутоматизованог *NIR* система је велики. Комбинација ручног и аутоматског сортирања може бити добра алтернатива за повећање квалитета, која истовремено повећава трошкове [114][116].

6.3.3.2. *RFID* технологија сортирања

Друга врста технологије која се може применити за сортирање текстила читава информације са тзв. носача који је причвршћен за одећу. Приступ идентификацији текстила у потпуности се разликује од претходно описане технологије. *RFID* или радио фреквенцијска идентификација је технологија бежичног преноса информација која се користи за аутоматску идентификацију појединачних предмета путем радио таласа. То је систем даљинског слања и пријема података помоћу *RFID* тагова или ознака (транспондер), *RFID* читача (терминал) и *RFID* рачунара (контролер) (слика 53). *RFID* ознака је сложена компонента састављена од: полупроводничког микрочипа, антене и у одређеним случајевима батерије. Налази се у кућишту које је штити од спољашњег окружења, а врста кућишта зависи од примене (нпр. пластична картица). *RFID* читач је терминал за декодирање, валидирање и слање прикупљених информација са ознака

рачунарском систему. Састоји се од антене, *RF* електронског модула и управљачког електронског модула. Контролер је уређај који најчешће има облик рачунара или радне станице на којој се налази база података и софтвер за управљање. Принцип рада *RFID* система је следећи, транспондер и уређај за читавање међусобно комуницирају путем радио таласа. Када означени производ уђе у зону читавања, терминал користи радио трансмисију за слање енергије транспондеру који онда емитује повратну информацију, у виду радио таласа, коју терминал конвертује у дигиталну информацију. Дакле, ускладиштени подаци бивају пренети на контролер, који у зависности од врсте софтвера, помоћу добијених информација реализује одређену активност односно врши сортирање одеће [117][118].



Слика 53. Шема *RFID* система [119]

Слично као и мануелно сортирање, систем зависи од ознака тј. тагова на одећи. За тагове се може рећи да се углавном производе у различитим облицима, величинама, капацитетима меморија и са различитом отпорношћу (слика 54). Могу бити у облику великих пластичних привезака који су причвршћени за одећу и спречавају крађу исте, али могу бити и довољно малих димензија и потпуно не приметни, нпр. 0,05x0,05 mm. У свету постоји *RFID* таг (7x7x1,4 mm) који је намењен обележавању одеће, а који може издржати температуре од -50 до 200°C односно услове прања веша. Овај *RFID* таг приказан је као последњи елемент на слици 54. Место постављања ових тагова могу бити рубови одеће, тако да буду мање видљиви и изложени спољашњим утицајима. Такође, потенцијално решење је интегрисање *RFID* технологије у предиво. Готово сви тагови су заштићени неком врстом кућишта од удараца, хемикалија, влаге и прашине, што је погодно за примену у текстилној индустрији [118][120].



Слика 54. *RFID* тагови [120]

Према извору енергије тагови могу бити: активни, пасивни и полупасивни. Активни тагови садрже сопствени извор напајања који је реализован кроз постојање батерије, чији животни век се креће од 2 до 7 година. Захваљујући батеријама могу иницирати контакт са читачем, и могу пренети информације на много веће удаљености, до 30 m. Поред тога, обично имају већи капацитет меморије, до 128 KB. Такође, много су већи и сложенији од пасивних, што их чини скупљим за производњу. Пасивни тагови немају сопствени извор напајања, па у складу са тим немају ни могућност иницијације контакта са читачем. Уместо тога, они добијају енергију за пренос података из сигнала који емитује терминал, што је много мање од активног тага, па је зато и домет мањи, око 0,6 m. Такође, имају мању меморију, свега неколико KB. Полупасивни таг карактерише постојање сопственог извора напајања, али и немогућност иницијације контакта са читачем већ само постојање могућности одговора на сигнале. У том смислу, функционалност ових тагова, у већој је мери подударајућа са функционалношћу пасивних тагова, са разликом постојања сопственог извора напајања, који доприноси већој снази и домету читавања сигнала, а самим тим и другачијем начину примене ових тагова у свакодневици. Уопштено, домет читавања сигнала условљен је и јачином читача. Количина података која се може сместити на *RFID* таг зависи од произвођача и примене, у сваком случају, капацитет је довољан да се ускладиште основни подаци о производу (састав текстила, боја). Према типу меморије тагови могу бити:

- тип *R/O* (енгл. *Read/Only*) што значи да су информације (нпр. јединствени серијски број) фабрички програмиране и не могу се мењати,
- тип *WORM* (енгл. *Write Once, Read Many Times*) значи да корисник сам програмира меморију, али податак може уписати само први пут, након чега он остаје перманентно похрањен,
- тип *R/W* (енгл. *Read/Write*) што значи да се информације могу програмирати у току употребе тј. могу се много пута уписати у транспондер (поновна употреба).

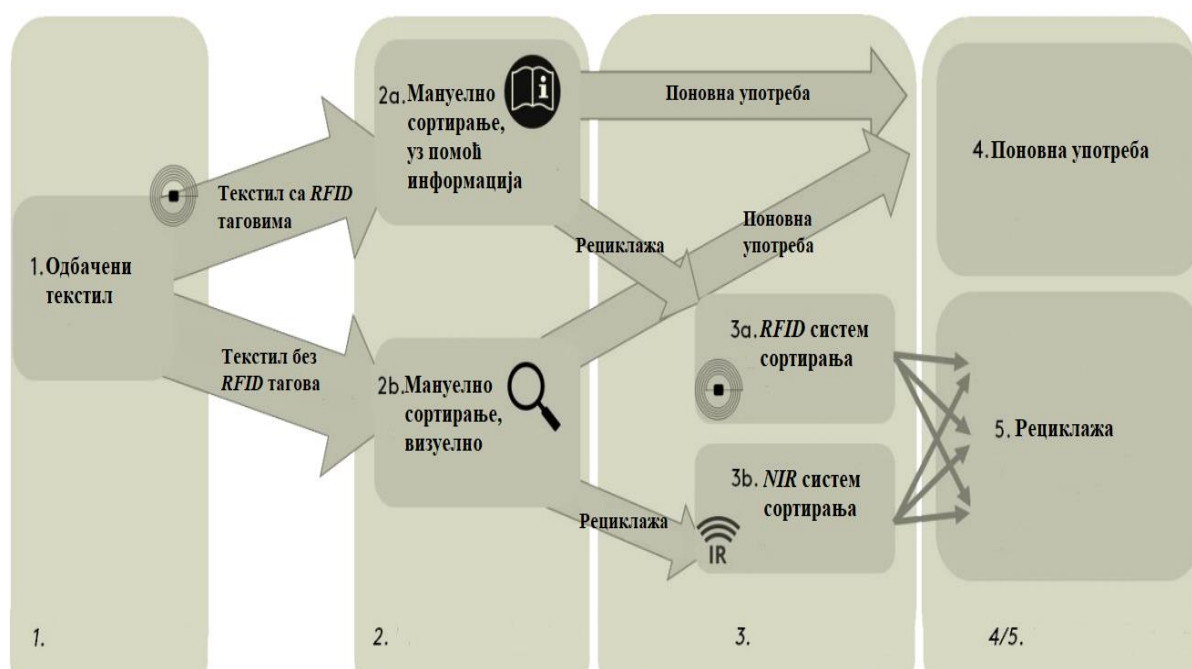
Комуникација између тагова и читача одвија се на различитим фреквенцијама које одређују карактеристике система (домет, брзину читавања и преноса сигнала):

- ниске фреквенције, од 100 до 500 kHz,
- високе фреквенције, од 10 до 15 MHz,
- ултра-високе фреквенције, од 433 до 915 MHz.

Карактеристике система се побољшавају са порастом вредности фреквенције, међутим, код ултра-високих фреквенција таласи не могу продрићи кроз материјале, што значи да између ознаке и читача не сме бити препрека, и захтевају више енергије за трансмисију него таласи нижих фреквенција. Пасивни тагови високих фреквенција су најчешће коришћени тагови, који се између осталог користе и за означавање одеће [117][118][121].

Имплементација ове технологије у текстилној индустрији знатно би олакшала сортирање одбачене одеће односно текстила јер би садржала информације о саставу и боји које би омогућиле поуздано, једноставно и брзо сортирање текстила, што је кључ квалитетнијег процеса рециклаже. Сличан систем великим делом заступљен је у текстилној индустрији, а то значајно може олакшати увођење *RFID* информационог система. *RFID* систем и друге технологије сортирања засноване на информацијама креирају потпуно нови образац производње одеће. Информације о производу морају бити део производа пре него што се он пласира на тржиште. Могући изазови у

имплементацији ове технологије су: очување удобности одеће, отпорност на оштећења приликом прања, сушења, пеглања и ношења одеће (нпр. хабање), развијање потребне инфраструктуре (нпр. стандардни *RFID* протоколи и формати информација), могућност уклањања тагова пре рециклаже итд. Трошкови увођења технологије пре свега зависе од карактеристика тагова, али у просеку се цена истог креће око 10 евроценти, док издатак причвршћивања за одећу износи око 3 евроценти, што је слично као и за традиционалне ознаке. Такође, остала технологија неопходна за функционисање *RFID* система није скупа. Тренутно, главна препрека јесте што је одећа углавном јефтина, па би и мало повећање трошкова, као последица имплементације *RFID* тагова, значајно утицало на крајњу цену производа. Поједини извори наводе да у скорије време мануелно сортирање неће бити потпуно замењено новим технологијама. Као најбоље и највероватније решење наводи се комбинација ручног сортирања, *NIR* и *RFID* система (слика 55). Заинтересоване стране напомињу да је ово беспотребна компликација која тренутно није на врху листе приоритета [116][120].

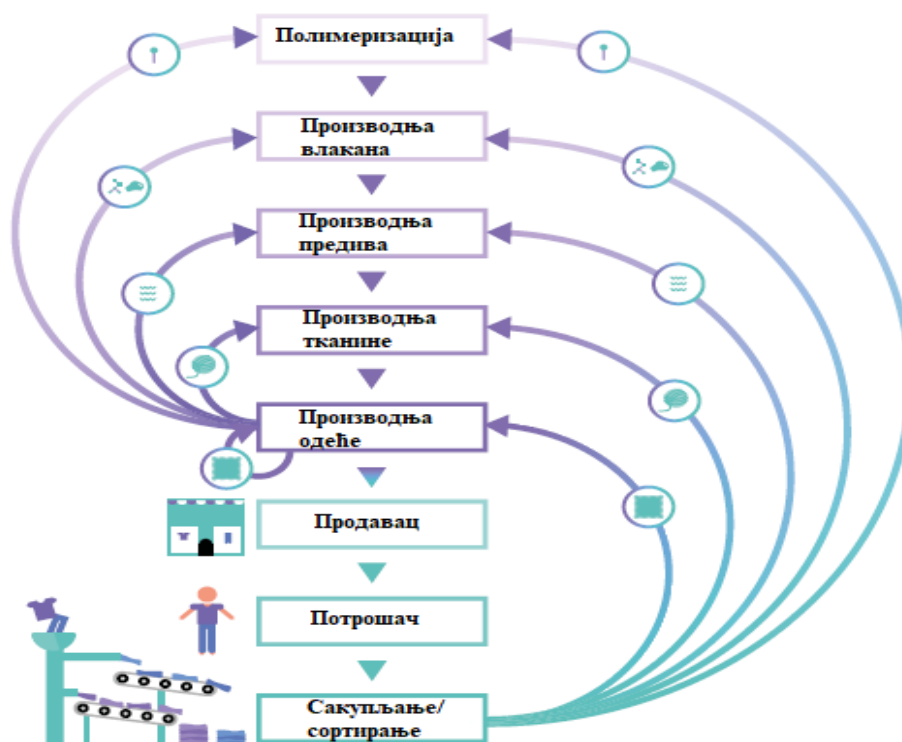


Слика 55. Комбинација мануелног сортирања и аутоматских технологија [120]

Дакле, након што је одбачени текстил разврстан на текстил који има *RFID* тагове и који нема, бива подвргнут ручном сортирању. Корак 2а подразумева делимичну примену *RFID* технологије, која пружа информације од значаја за даљи третман текстила (нпр. информације о квалитету), али и визуелно сортирање у циљу одређивања који је текстил погодан за поновну употребу/рециклажу. Корак 2b подразумева конвенционално визуелно сортирање текстила (нпр. према стању, дизајну), након чега се текстил поново користи или се шаље на рециклажу. Текстил који се мора рециклирати бива подвргнут аутоматском сортирању, *RFID* (3а) или *NIR* систем (3b), након чега се добија квалитетна сировина за процес рециклаже [120].

6.3.4. Технологије рециклаже

Рециклажа пружа могућност поновног искоришћења материјалне вредности текстила на различитим нивоима и у различитим фазама производње одеће (слика 56). У текстилној индустрији процес рециклаже може бити: механички и хемијски.



Слика 56. Поновно искоришћење вредности текстила на различитим нивоима [47]

Механичка рециклажа одбаченог текстила укључује следеће поступке: рециклажа полимера, рециклажа влакана, рециклажа предива, рециклажа тканине. Механичка рециклажа полимера врши се топљењем и екструдирањем текстила који је направљен од моно-материјала тј. једне врсте пластичних влакана, најчешће је то полиестер. Резултат рециклаже јесу влакна од којих се прави ново предиво, а која су у финансијском смислу конкурентна примарном материјалу. Процес рециклаже влакана обухвата уситњавање одеће и репроцесирање у циљу поновног добијања влакана, а предуслов је сортирања одећа по боји и врсти материјала јер онда нема потребе за избељивањем и поновним бојењем, па су и потребе за ресурсима минималне (хемикалије, вода, боје). Рециклажа влакана није погодна за третман мешавине различитих врста материјала. Током уситњавања дужина влакана се скраћује што се одражава на њихов квалитет. Зато се рециклирана влакна мешају са примарним влакнима или рециклираним полиестером како би се добило предиво одговарајућег квалитета. Примера ради, рециклирани памук се углавном меша са примарним памуком или са рециклираним полиестером, а разлог је финансијске природе и због бољег квалитета и перформанси (нпр. већа издржљивост). Да би се повећао излазни квалитет рециклаже без мешања са другим влакнима мора се повећати употреба остатака текстила јер квалитет влакана опада током употребе одеће. Рециклажа предива подразумева одвајање нити односно предива од којег је направљена тканина зарад производње нове тканине. Да би рециклажа предива била могућа одећа мора бити тако направљена (исплетена) да постоји могућност издвајања предива. Нпр. одећа која је направљена од само једног предива може бити погодна за овај процес. Зато рециклажа предива није заступљена у великој мери у текстилној индустрији. Будући да је ова рециклажа изводљива само за одређене врсте одеће потребно је посебно сакупљати или сортирати ову одећу. Рециклажа тканине користи комаде тканине и поново их саставља шивењем како би се добио нови одевни предмет. Други назив за

ову врсту механичке рециклаже је репродуковна (енгл. *remanufacturing*) јер основу процеса чине остаци текстила из производње одеће или одбачена одећа која се након употребе раставља тј. сече на делове који се могу поново користити за производњу одеће. Поступак не захтева примену високо развијених технологија али има одређена ограничења: интензиван рад, снабдевање тканином није константно и често је лошег квалитета (нпр. тканина је прекратка да би се користила за производњу одеће). Примењује се за остатке текстила у току производње, али не и за одбачену одећу, због високог квалитета и зато што нема потребе за уклањањем украса, дугмади, рајфешлуса и сл. Хемијска рециклажа може бити рециклажа мономера односно деполимеризација и рециклажа полимера. Процес деполимеризације подразумева разбијање полимера на основне хемијске компоненте-мономере, који се користе за производњу нових полимера, чији је квалитет еквивалентан примарном полимеру (реполимеризација). Углавном се поступак примењује на синтетичким влакнима (полиестер, полиамид-најлон), а главни недостатак јесте недовољна финансијска конкурентност примарним материјалима. Рециклирани полиестер за 10% је скупљи него примарни полиестер пре свега због високих трошкова одвајања мономера од боја, премаза и других полутаната (енергетски интензиван процес) [47]. У теорији, влакна се могу бесконачно пута рециклирати на овај начин уколико се обезбеде улазне сировине без контаминаната. Потребне су даље иновације које ће обезбедити примену ове врсте рециклаже на влакнима од целулозе, али и финансијску конкурентност примарним материјалима. Хемијска рециклажа полимера подразумева растварање текстила на бази целулозе, топљење текстила на бази пластике или растварање мешавине ова два материјала, коришћењем хемикалија и тек након уклањања дугмади, рајфешлуса и након устињавања. Дакле, технологија може третирати мешавину материјала тако да се на крају добије целулозна пулпа погодна за производњу нових влакана и пластични полимер. Процес се заснива на уништавању влакана како би се она довела до нивоа полимера, при том хемијска структура материјала остаје нетакнута. Излазни квалитет еквивалентан је квалитету примарних полимера, природних и синтетичких. Међутим, полимерни ланац разграђује се сваком следећом рециклажом због чега се хемијска рециклажа полимера може спровести само неколико пута пре него што излазни квалитет не падне испод задовољавајуће вредности. У циљу проширења обухвата овог поступка потребно је обезбедити транспарентност састава одеће. За разлику од механичке рециклаже полимера и влакана, током хемијске рециклаже постоји могућност уклањања боја, контаминаната (нпр. погрешна врста влакана, нежељене супстанце) итд [106][122][123][124].

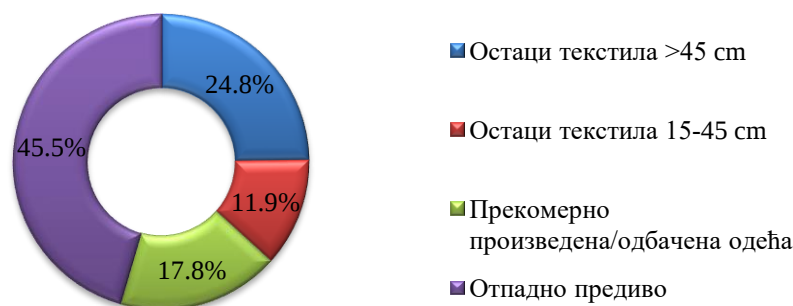
6.3.5. Потражња за рециклираним текстилом

Повећање потражње за рециклираним материјалима односно текстилом може драстично убрзати развој циркуларног модела у текстилној индустрији. Јавна набавка је поступак којим јавни сектор, министарства и локалне самоуправе, купују рад, робу или услуге од компанија. Будући да представља значајан део куповне моћи, 14% БДП ЕУ односно 2 билиона евра, она нуди значајну могућност подстицања потражње за рециклираним текстилом и даје добар пример друштву тј. другим купцима, посебно у приватном сектору. „Зелене” јавне набавке су процес у којем јавни сектор настоји да набави добра, услуге и радове са смањеним утицајем на животну средину током животног циклуса у односу на добра, услуге и радове који би иначе били набављени, а који имају исту примарну функцију. Дакле, „зелене” јавне набавке су алат за примену концепта циркуларне економије, које између осталог подстичу производњу и потрошњу производа који садрже рециклиране материјале произведене по стандардима који штите животну средину и здравље људи. Законска регулатива у области јавних

набавки може повећати потражњу за рециклираним текстилом постављањем специфичних критеријума који се односе на садржај рециклираног материјала у одећи коју користи јавни сектор. Холандско министарство одбране покренуло је „зелену” јавну набавку 100.000 пешкира и 53.000 комбинезона при чему захтева да минимални удео рециклиране претходно искоришћене војне одеће буде 10%. Године 2016. потписан је уговор по којем ће удео рециклираног текстила у пешкирима односно комбинезонима бити 36 односно 14%. Да би се обезбедило ефикасно тржиште рециклираног материјала квалитет и цена морају бити конкурентне примарним материјалима. Коришћење механизма „зелених” јавних набавки и одговарајућих критеријума (удео рециклиране сировине/текстила, рециклабилност итд.) показује посвећеност јавних институција у погледу заштите животне средине, одрживе производње и потрошње. Овакво деловање резултира развојем свести друштва у погледу заштите животне средине, подстиче конкурентност оних производа који имају мање негативне утицаје на околину односно подстиче остале секторе, али и грађане на коришћење производа који су у већој мери „зелени” односно одрживи. „Зелене” јавне набавке снажно подстичу и потражњу и понуду производа са бољим еколошким перформансама, аналогно повећава се понуда/потражња за рециклираним сировинама/текстилом [125][126][127].

6.3.6. Отпадни текстил као сировина

Значај отпадног текстила тј. остатака текстила није мали. Фабрика у Бангладешу која на месечном нивоу произведе 7 милиона одевних предмета, истовремено генерише око 300 t остатака током производње, од тога скоро 25% јесу остаци текстила већи од 45 cm који се могу поново искористити (слика 57). Хијерархија отпада сугерише да се рециклажа примењује само на отпадно предиво, комадиће и остатке текстила који се не могу поново употребити. Репроизводња не представља класичну рециклажу већ процес поновне употребе остатака текстила, који није енергетски интензиван, има мање захтеве у погледу потрошње воде и знатно мање утиче на животну средину. Релативно је јефтин процес, јер не захтева велика улагања у технологију, већ прилагођавање система односно бољу организацију која подразумева унапређење процеса сепарације остатака текстила, складиштење и развијање брже и боље комуникације између фабрике и дизајнера у циљу размене података [128].



Слика 57. Разноврсност насталог отпада током производње одеће [128]

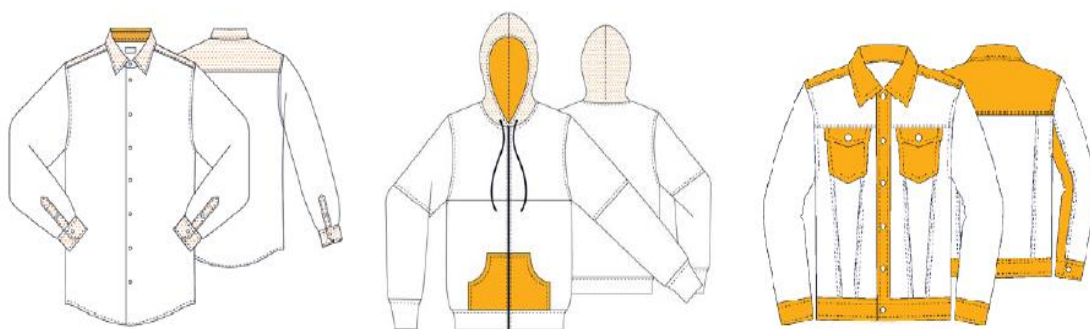
Постоје три приступа у репроизводњи остатака материјала која се могу применити за масовну производњу у текстилној индустрији (слика 58):

1. *invisible remanufacturing* или не приметна репроизводња подразумева употребу остатака материјала на унутрашњим деловима одеће (нпр. џеп, манжетна,

крагна, раменица, шлиц); спољашњи изглед одеће је непромењен; чак и овако мала употреба остатака материјала ствара потенцијал за поновну употребу текстила у масовној производњи;

2. *visible remanufacturing* или приметна репроизводња подразумева употребу остатака текстила за израду детаља на спољашњој страни одеће; у овом случају, употребљени комад тканине је видљив, може бити исте или различите боје од одевног предмета, али не утиче значајно на дизајн;
3. *design-led remanufacturing* је репроизводња која у фази дизајнирања узима у обзир остатке текстила настале током производње одеће и дизајнира одећу у складу са тим; овакав приступ повећава употребу остатака материјала у масовној производњи, кроз комбинацију нове и старе тканине, и смањује ограничења у фази дизајна.

Поред смањења генерисања остатака материјала у текстилној индустрији, главни циљ репроизводње је смањење произведене количине новог текстила потребног за израду одеће. Ако би се за производњу 10.000 дуксева са капуљачом применио други приступ репроизводње (енгл. *visible remanufacturing*) уштедело би се око 17% примарне тканине, избегло би се генерисање 0,88 t остатака текстила и спречила би се емисија 7.827 kg CO₂. Применом ових приступа може се поново искористити око 20% остатака текстила што је еквивалентно вредности од 3% укупне количине примарне тканине [128].



Слика 58. Респективан приказ три различита приступа репроизводње [128]

У табели 1 приказан је прорачун могућих уштеда ако би се током производње нових панталона применио процес репроизводње. Количина поново употребљених остатака текстила је 12%. Када се узму у обзир сви трошкови обезбеђивања остатака текстила, пораст зараде фабрике која производи одећу износи чак 530%, док је смањење трошкова бренда по производу који је прошао процес репроизводње 2,57%.

Табела 1. Могуће уштеде бренда и фабрике као последица (ре)производње панталона [128]

Цена примарне тканине за производ А	2,734 долара/m
Цена остатака текстила	1,913 долара/m
Производна цена производа А	7 долара
Употребљена тканина за производ А	1,828 m
У изради производа Б користи се 12% остатака текстила из производа А	0,219 m→0,06 kg
Уштеда бренда по производу Б	0,18 долара
Производна цена производа Б	6,82 долара
Смањење трошкова бренда за производ Б	2,57%
Нето зарада фабрике од употребе остатака текстила по производу Б	0,34 долара

6.4. Ефикасно коришћење ресурса и прелазак на обновљиве изворе

Планета Земља има свој природни капацитет и он је датост за људску заједницу. Природни ресурси основ су за привредни и економски развој сваке земље. Природни ресурси су ограничени, било да се ради о необновљивим (фосилна горива) или обновљивим ресурсима (сунце, ветар, вода, биомаса, обрадиво земљиште). Они се не могу никаквим интервенцијама од стране човека увећавати нити стварати нови, осим када је реч о екосистемима (нпр. шуме). Функционисање савремених друштава у потпуности зависи од ресурса чије су основне карактеристике исцрпљивост и необновљивост, при чему потребе за њима рапидно расту, њихове доступне количине се смањују, а истовремено долази до све већег загађења животне средине. Део савременог друштва свакако је и текстилна индустрија која је карактеристична по интензивној потрошњи ресурса, будући да годишње бива потрошено 98 милиона t необновљивих ресурса, 43 милиона t хемикалија, 93 милијарде m³ воде и 120 милиона стабала, али и по интензивној емисији гасова са ефектом стаклене баште, 1,2 милијарде t CO₂е годишње [47]. Огромне стопе привредног раста, које су засноване највећим делом на повећаној експлоатацији ресурса (превелика потрошња), не могу се продужавати у недоглед у ограниченим системима каква је Земља. Оно што преостаје је одрживо коришћење природних ресурса. Максимално повећање искоришћености одеће и унапређење сектора рециклаже смањиће потрошњу природних необновљивих ресурса, али ће потреба за примарним материјалима увек постојати. Када рециклиране сировине нису доступне, треба користити обновљиве ресурсе применом производних метода регенеративне пољопривреде које елиминишу негативне ефекте по природу (претерано пошумљавање, уништавање природних станишта, загађење итд.), обезбеђујући регенерацију животне средине. Дакле, како би текстилна индустрија могла да функционише дугорочно, од есенцијалног значаја је ефикасно коришћење ресурса и прелазак на обновљиве изворе. Ефикасно коришћење ресурса је начин да се добије више од мање (ресурса), а такође, подразумева и максимално умањивање утицаја који коришћење једног ресурса може да има на друге ресурсе. Инсистирање на ефикасном коришћењу од суштинске је важности за спречавање прекомерне употребе. Обезбеђивање одрживих извора, какви су обновљиви извори (енергије), од фундаменталног значаја је за све чланове друштва јер доприноси решавању кључних питања, као што су: климатске промене, здравље популације, енергетска безбедност и економски развој [16][129]. Због недовољне ефикасности процеса бојења и завршне обраде, текстилна индустрија годишње изгуби око 200.000 t боја путем емисије отпадних вода [130]. Као последица традиционалног развоја тј. због недовољне заступљености обновљивих извора удео текстилне индустрије у угљеничном „буџету” до половине овог века повећаће се са 2 на 26% [47].

6.4.1. Ефикасно коришћење ресурса

Загађеност и отпад углавном настају као резултат недовољне ефикасности и ограничености, коришћења ресурса односно производних процеса [131]. У настојању да се унапреди управљање заштитом животне средине, Програм Уједињених Нација за животну средину (енгл. *United Nations Environment Programme-UNEP*) увео је концепт чистије производње. Чистија производња је превентивна стратегија заштите животне средине, која се може примењивати на процесе, производе и услуге, како би се спречило стварање отпада, отпадних вода и емисије, а самим тим смањили ризици по људско здравље и околину, и истовремено унапредила ефикасност коришћења ресурса (фосилна горива, енергија, вода, хемикалије итд.). Кључна разлика између чистије производње и пређашњих решења контроле загађења је у томе што је концепт чистије

производње интегрисан у све фазе производног процеса и подразумева анализу свих његових аспеката у циљу идентификације потенцијала за смањење или потпуно уклањање негативних утицаја на животну средину. Овакав приступ подразумева ефикасну употребу сировина уз истовремено смањење загађења на месту настанка, па је зато неопходно увођење одговарајућих измена у производни процес, његовој организацији и структури, али и у производима и услугама [127]. Усвајање концепта чистије производње у текстилној индустрији доноси еколошке, економске и социјалне користи:

- смањење трошкова, повећање продуктивности производње (више од мање ресурса) и брзине производње,
- смањење трошкова управљања отпадом односно загађењем,
- поштовање постојећег законодавства и припрема за будућност, јер еколошки прописи постају све захтевнији, истовремено смањује се ризик од новчаних казни,
- очување и унапређење репутације јер компанија која води рачуна о екологији стиче подршку потрошача који све више захтевају да производња нема штетно дејство на околину,
- побољшање и развој услова рада може спречити потенцијалне незгоде, док су радници у исто време заштићени од опасних материја,
- повећање вредности бренда,
- повећање конкурентности компаније итд [131].

6.4.1.1. Мере за ефикасније коришћење ресурса

Зарад побољшања ефикасности коришћења ресурса (нпр. вода, енергија) први корак је мерење потрошње на нивоу опреме, процеса, али и на нивоу постројења. Процес мерења омогућава дефинисање референтне вредности, на основу које се идентификују локације интензивне потрошње, неопходне мере за унапређење ефикасности опреме/процеса, а која је неопходна за одређивање успешности примењених мера. На тржишту постоји доста мерних инструмената за мониторинг потрошње, са различитим карактеристикама, као што је: принцип рада, прецизност, цена, век трајања или начин одржавања. Инсталација инструмената за мерење, правилан и прецизан рад и обука запослених од суштинског су значаја за вредновање ефикасности коришћења ресурса и дефинисање мера унапређења. Најбоље решење за мониторинг потрошње ресурса обезбеђује аутоматско прикупљање и анализа података. Мерни систем који чине инструменти умрежени са софтвером тј. рачунаром, обезбеђују аутоматизовано читавање података и електронско слање на централну локацију у постројењу или ван њега. Аутоматизован систем обезбеђује квалитетније податке, смањује трошкове читавања и анализе резултата, а поред свега развој бежичних технологија повећао је доступност „паметних” мерних инструмената, што је још један разлог за њихову имплементацију насупрот механичких мерних инструмената. У Кини, која је највећи извозник текстила у свету, већина постројења за производњу текстила не схвата важност система мерења потрошње ресурса. Иако мерни систем постоји, око 40% постројења прати само укупни биланс и нема надзор над потрошњом ресурса у одређеним процесима или опреми. Поред тога, радници нису адекватно обучени за правилно прикупљање и преглед измерених вредности. Стога, постоји велики потенцијал за побољшање мониторинга, а онда и ефикасности потрошње ресурса у текстилној индустрији Кине, али и широм света. Мере за побољшање ефикасности коришћења ресурса које су дефинисане у наредном делу рада резултат су испитивања 22 постројења за производњу текстила на територији Кине. Дефинисане мере су веома

ефикасне будући да не изискују енормне инвестиционе трошкове, заузврат дају добре уштеде, у погледу ресурса и финансија, што обезбеђује кратак период повраћаја (испод 1 године) [132].

Вода

Потрошња воде зависи од врсте тканине и захтеваног квалитета, као и од врсте и стања опреме и процеса. Мере спречавања неконтролисаног истицања воде, као и мере рециклаже тј. поновне употребе доносе велике уштеде, а пошто се ради о води која је углавном топла или врела, ове мере штеде и гориво [132].

Неконтролисано истицање воде можда не изгледа као нешто што значајно доприноси губитку ресурса на годишњем нивоу, али ипак тако је, јер губитак воде може износити од 1 до 5% укупне потрошње односно од 0,6-3,1 t/t тканине, па чак и више широм текстилне индустрије. Уштеда на рачун потрошње воде може се остварити кроз инспекције у циљу детекције неконтролисаног истицања и кроз побољшан надзор коришћења воде, као што је уградња неповратних вентила који спречавају хидраулички удар и оштећења цевног система и вентила односно цурење, искључивање протока воде када није потребан итд. Применом мера инспекције тј. детекције неконтролисаног истицања воде и мера превентивног одржавања, постројења могу смањити потрошњу воде за 6%, уз веома мала, готово безначајна улагања, чији је период отплате мањи од месец дана. Такође, на овај начин може се смањити и потрошња горива у износу до 9 kg угља/t тканине што чини скоро 1% укупне потрошње горива. На крају, финансијска добит може износити од 1.000 до 20.000 долара [132].

Поновна употреба процесне воде. Уместо да се процесна вода директно испушта у постројење за пречишћавање отпадних вода, у неким случајевима, она се може сакупљати и поново користити у истим или другим процесима. Након процеса бојења, тканина мора проћи више циклуса испирања, некада чак и 8 пута, при чему се за свако испирање потроши око 7 t воде по t тканине. Како се процес испирања ближи крају тако је процесна вода све мање загађенија тј. све чистија. С тиму вези, поновна употреба процесне воде подразумева употребу воде из завршног испирања у ранијим фазама испирања или каскадно испирање, које подразумева употребу воде из завршног испирања за следеће завршно испирање и сл. Иако и најмање присуство боја може онемогућити поновну употребу, процесна вода се може поново користити за испирање, али само када је реч о истој боји. Уколико процесна вода из поступка избелјивања и мерцеризације задовољи захтеве о процени квалитета, такође се може поново употребити за потребе процеса уклањања нечистоћа из текстила, али тек након уклањања влакана. Пре поновне употребе процесне воде, треба испитати могућности поновне употребе, јер се у неким случајевима може прилагодити постојећи систем и тако значајно смањити инвестициони трошкови. За ове потребе неопходна су улагања у куповину цеви, резервоара и пумпи, па се трошкови крећу од 1.000 до 24.000 долара по машини за бојење. Потрошња воде на овај начин може бити смањена у опсегу од 1,1 до 6% (0,9-4,4 t/t тканине), у неким случајевима уштеде су знатно веће и износе око 21%. Поновна употреба процесне воде значи и уштеду горива у износу до 10 kg угља/t тканине односно до 0,9% укупне потрошње горива, а некада ове уштеде могу ићи и до 3%. Финансијска добит може бити од 6.000 до 48.000 долара, а период отплате креће се од 1 до 10 месеци [132].

Гориво

Производња паре или вреле воде у текстилној индустрији обично се врши директно у индустријском котлу, и то је активност која изискује највећу потрошњу горива (угаљ, природни гас, дрво итд.). Поред тога, сагоревање горива доприноси емисији гасова са ефектом стаклене баште, углавном CO₂, али и осталих загађивача који су штетни по здравље људи: *PM* честице, жива, SO₂ итд. Имајући то у виду, мере за унапређење коришћења горива усредсређене су на две области: побољшање рада и ефикасности котла и повећање ефикасности употребе медијума у процесу производње како би се смањила ангажованост котла. Важан покретач увођења мера које воде унапређењу енергетске ефикасности јесте цена горива. У Кини је, у последњих неколико деценија удео трошкова горива у производњи порастао са 8 на око 35% укупних трошкова производње [132].

Унапређење ефикасности котла и остале опреме. У текстилној индустрији углавном постоји доста простора за унапређење ефикасности рада котла и смањење његовог утицаја на животну средину. Основне мере унапређења, као што су: годишња калибрација горионика, изоловање кућишта и врата котла и инсталирање аутоматског система за контролу дотока ваздуха, могу смањити годишњу потрошњу угља у опсегу од 2,9 до 7%, уз улагање од 23.000 до 39.000 долара, које би се вратило за 5 до 13 месеци. Будући да се у котлу производи медијум високе температуре (врела вода, водена пара) који се користи широм постројења за производњу текстила, неопходно је изоловати сву опрему која дистрибуира или користи исти. Углавном изолација недостаје или је недовољна на уређајима у којима се врши процес бојења и у другим резервоарима, као и на цевима које транспортују неопходне медијуме (нпр. врела вода). Мере изолације опреме углавном су скупе, али обично доводе до великих смањења губитака и потрошње горива. Инвестициони трошкови могу износити од 15.000 до 47.000 долара, али доприносе смањењу потрошње горива за 1,4 до 3,2%. Повраћај новца обично износи 6-10 месеци. Ако је изолација веома лоша, трошкови расту али и уштеде, па се потенцијално може смањити потрошња горива до 19% [132].

Регенерација топлоте од отпадне воде. Током производње, велике количине вреле воде, температуре око 80°C, бивају употребљене за бојење, испирање и завршну обраду тканине. Уколико је ова вода превише лошег квалитета за поновну употребу, њена топлотна енергија може се искористити за предгревање улазне воде која се припрема за наведене процесе. Поред тога, смањује се температура отпадне воде пре уласка у постројење за третман. Скоро 50% постројења која се баве производњом текстила у Кини не врши регенерацију топлоте из отпадних вода. Будући да су количине употребљене топле воде велике, сагоревање горива може се значајно смањити, а онда и емисија штетних гасова. Регенерација топлоте из отпадне воде може смањити потрошњу горива од 6,6 до 10,4% (78-249 kg угља/t тканине). У појединим случајевима смањење потрошње може бити скоро 30%. За реализацију ове мере енергетске ефикасности потребна је куповина плочастог измењивача топлоте што захтева нешто веће инвестиционе трошкове, обично између 35.000 и 79.000 долара, у зависности од величине постројења. Међутим, могу се очекивати велике уштеде (119.000-265.000 долара), које и поред високих трошкова обезбеђују кратак период повраћаја инвестиције од 4 до 7 месеци [132].

Електрична енергија

Оптимизација система компримованог ваздуха. Процењује се да електрична енергија чини 20% укупне потрошње енергије у текстилној индустрији. У постројењима за производњу текстила троши се велика количина компримованог ваздуха, а то значи да се троши и велика количина електричне енергије за његово генерисање. Велики дистрибутивни системи какви су присутни у текстилној индустрији подложни су неконтролисаној истицању. Углавном до цурења долази на местима спајања, заптивачима, вентилима, регулаторима, као и на старијој опреми која користи компримовани ваздух. Губици услед неконтролисаног истицања овог флуида у текстилној индустрији чине од 20 до 75% укупне потрошње компримованог ваздуха. Управо због губитака, вредност радног притиска поставља се на највећу, у циљу компензације пада притиска између компресора и опреме. Међутим, вредност радног притиска могуће је смањити без негативних ефеката по производни процес. Процес оптимизације рада компресора не изискује трошкове, или су они веома мали, а последица је смањење потрошње електричне енергије. Половина анализираних објеката поставља већу вредност радног притиска од потребне, што значи да се у 50% постројења јављају губици или рад компресора није оптимизован. Поправљање места цурења, смањење вредности радног притиска, употреба електронских контролера и пумпи са променљивим бројем обртаја може смањити потрошњу електричне енергије од 1 до 3,9% односно од 11 до 48 kWh/t тканине. Неопходна улагања крећу се од 0 па до 19.000 долара. Уштеде у потрошњи електричне енергије резултирају финансијским уштедама које могу износити од 9.000-36.000 долара, што даје период повраћаја инвестиције од 1 до 12 месеци. Најбоље решење, које не захтева никаква улагања је устаљен концепт одржавања, који подразумева спречавање цурења флуида и оптимизацију рада компресора тј. вредности радног притиска, најмање једном годишње. Оптимизација целокупног система компримованог ваздуха у најбољем случају може обезбедити уштеду електричне енергије у износу од 15%, међутим, у највећем броју случајева та уштеда је нешто мања [132].

6.4.1.2. Технолошка иновација

Производњу текстила готово је немогуће замислити без употребе хемикалија. Хемикалије обезбеђују некакве користи, олакшавају производњу, обезбеђују одређену карактеристику одећи (нпр. водоотпорност) итд. Са друге стране, вода има улогу растварача у многим процесима претходне и завршне обраде, као што је: прање, избелјивање, бојење итд. Конвенционални поступак бојења текстила троши велике количине воде, како у погледу уноса свеже воде тако и у погледу емисије отпадних вода. Елиминацијом воде, али и хемикалија из фазе бојења значајно се смањује утицај текстилне индустрије на животну средину. Компанија *DyeCoo* са седиштем у холандском граду Весп, развила је иновативну технологију намењену процесу бојења, која је заснована на коришћењу нуспроизвода индустрије односно CO₂ уместо воде. Једна је од првих технологија која поред тога што не користи воду, не користи ни процесне хемикалије, па се може дефинисати као одрживо решење за обраду текстила на индустријском нивоу. Патентирана и у пракси проверена технологија користи CO₂ као медијум неопходан за процес бојења у поступку затворене петље, а то значи да се 90-95% гаса који преостаје на крају поступка рециклира и поново користи за потребе ове технологије. Принцип рада заснива се на дефинисању вредности температуре и притиска. Дакле, када се гас изложи температури и притиску чија је вредност изнад 31°C односно 74 bar, прелази у суперкритично стање (SC-CO₂) тј. стање материје које се дефинише као проширена течност или супер компримован гас. У суштини, то значи

да изнад критичне тачке, угљен-диоксид има својства течности и гаса. На овај начин добија се суперкритичан CO_2 који има вредност густине сличну течности, што је погодно за растварање хидрофобних боја, а карактеристике вискозности и дифузије сличне гасу, што доводи до смањења трајања процеса бојења него када се користи вода. CO_2 у овом стању има веома велику моћ растварања и у контакту са влакнима изазива њихово бубрење, омогућавајући дисперзну боју, која је посебно произведена за овај поступак (без икаквих хемикалија), да се лако раствори и да продре дубоко у влакна, обезбеђујући ефикасан и квалитетан процес бојења. У поређењу са конвенционалним поступком, бојење и уклањање вишка боја може се обавити у истом резервоару, а при том остатак боја је минималан, износи око 2%, и може се рециклирати. Алтернативни поступак бојења је сув процес односно не захтева сушење јер се CO_2 на крају процеса ослобађа у гасовитом стању. Дакле, резултат примене поступка бојења на бази суперкритичног CO_2 јесте ефикаснија употреба боја, циклуси бојења су бржи (око два пута), нема употребе воде и хемикалија па нема ни захтева за пречишћавањем отпадних вода, због чега је овај поступак енергетски ефикаснији (50% умањена потрошња енергије), еколошки прихватљивији и у погледу оперативних трошкова знатно бољи него конвенционални поступак бојења (45% умањени оперативни трошкови) [47]. Када је реч о конкретним бројевима, једна машина заснована на CO_2 концепту бојења годишње може обрадити 800.000 kg полиестера, уз потрошњу 5.000 t CO_2 , и уштеду 32 милиона l воде и 160.000 kg хемикалија [133]. Анализирани поступак захтева високе инвестиционе трошкове и могуће је применити га само на пластичним-полиестерским влакнима, док се за потребе бојења целулозних влакана развијају реактивне боје које ће бити доступне у блиској будућности [134].

6.4.2. Обновљиви извори

Трајање залиха фосилних горива зависи од потрошње, тачније од потреба становништва, и од производње. Потребе за фосилним горивима непрестано се повећавају. Према подацима из 2015. године у свету је преостало толико залиха угља, природног гаса и нафте које могу потрајати наредних 114, 53 односно 51 годину [135]. Данас је тај број свакако мањи, па је неизоставни део циркуларне економије смањење потрошње необновљивих ресурса и повећање удела обновљивих извора, због чега је значајан концепт биоекономије. Биоекономија обухвата производњу обновљивих биолошких ресурса и конверзију тих ресурса и токова отпада у храну, влакна, производе на биолошкој основи односно биопроизводе и биоенергију. Саставни делови биоекономије су: пољопривреда, шумарство, рибарство, индустрија хране и хемијска индустрија. Транзиција ка биоекономији има велики потенцијал јер 60% одеће на тржишту чине пластична влакна [47]. Потенцијална алтернатива конвенционалним синтетичким производима могу бити биосинтетички производи. Главна разлика између биосинтетичких и конвенционалних синтетичких влакана јесу сировине употребљене за њихову производњу. За производњу конвенционалне синтетике, као што је полиестер, најлон или акрил, користи се сировина добијена из фосилних горива (нафта, природни гас или угаљ). Са друге стране, структуру биосинтетичких влакана чине полимери направљени коришћењем биолошких ресурса односно обновљивих извора, у потпуности или делимично. Потенцијал биосинтетике је велики, будући да текстилна индустрија коришћењем обновљивих извора може смањити зависност од необновљивих ресурса односно фосилних горива, повећати ефикасност употребе ресурса, а онда и смањити угљенични отисак, производећи иновативне материјале високих перформанси. Биосинтетичка влакна која су данас доступна углавном се производе коришћењем скроба, шећера и липида добијених из кукуруза, шећерне трске, шећерне репе, и биљних уља. Скоро 80% биопластике производи се

коришћењем скроба односно шећера. Наведене сировине потичу од усева и носе назив сировине прве генерације. Тренутно се развијају технологије које ће у будућности омогућити производњу биосинтетичких влакана из шире палете сировина, као што је биомаса или отпад из пољопривреде, шумарства или прехранбене индустрије (сировине друге генерације). Сировине треће генерације производе се применом биотехнологије, а подразумевају коришћење живих организама, као што су: алге, гљивице, ензими и бактерије. Биотехнологија дефинисана је као примена биохемије, микробиологије и инжењерских знања у циљу коришћења микроорганизама, култура биљних и животињских ћелија и ткива, или њихових делова у индустријској производњи. У најширем смислу, то су процеси примене биологије у добијању неког производа [136]. Сировине које потичу од алги или бактерија посебно се узгајају као биолошки ресурс. За узгој алги није потребан извор хране, већ неопходни елементи за фотосинтезу. Претходно наведене сировине прве генерације, укључујући пшеницу и сирак, тренутно се углавном користе за производњу биолошких горива и хемикалија, док сировине друге и треће генерације још увек нису у великој мери комерцијално доступне. Животни циклус биосинтетике приказан је на слици 59 [137][138].



Слика 59. Животни циклус биосинтетике [138]

Као што је већ речено, за производњу биосинтетичких влакана могу се делимично користити фосилна горива тачније нафта. Међутим, основу биосинтетике чине обновљиви ресурси прве (усеви), друге (отпад) или треће генерације (биотехнологија). Обновљиви ресурси и кисеоник настају као последица природног процеса фотосинтезе, у оквиру којег биљке апсорбују сунчеву светлост и угљен-диоксид и упијају воду и минерале. Екстракција хемикалија за потребе производње полимера углавном се врши у традиционалним петрохемијским рафинеријама. Алтернатива јесу биорафинерије чији је концепт сличан традиционалним рафинеријама. Излазни производи остају исти (материјали, хемикалије и енергија), међутим, главна разлика је у улазним сировинама. Биорафинерија користи биомасу, а петрохемијска рафинерија фосилна горива (слика 60). Позитиван ефекат нове солуције огледа се у следећем примеру, сагоревањем 1 kg

биомасе биљног порекла емитује се 1 kg CO₂, док се коришћењем фосилних горива емитују нове количине CO₂, нпр. сагоревањем 0,28 kg лигнита у атмосферу се емитује 1 kg CO₂ [139]. Дакле, биорафинерија обухвата широк опсег процеса који рафинишу различите облике биомасе у један или више производа. Концепт биорафинерије је одржив и значи примену нових приступа за производњу „нових” производа, који су ефикаснији, бољи и више пријатељски настројени према животној средини [140].



Слика 60. Биорафинерија као основа биоекономије [141]

Након хемијске екстракције врши се полимеризација у току које се хемијска једињења (нпр. мономери) претварају у полимере од којих се прави предиво односно тканина. На крају производног процеса добија се текстилни производ на бази биосинтетике, који током фазе потрошње бива коришћен од стране потрошача све док он не одлучи да га одбаци. Након тога производ може бити поново употребљен или подвргнут неком од следећих процеса: рециклажа, компостирање, инсинерација или депоновање. Пратећи хијерархију управљања отпадом, најпожељнија опција третирања биосинтетике на крају животног века је поновна употреба, али ако то није могуће, следећа опција је рециклирање, а она захтева одговарајући дизајн. Да би производ био подложен компостирању он мора бити биоразградив. Међутим, биоразградивост се често погрешно тумачи као корист биосинтетике. У специфичним условима, биосинтетика се може разградити кроз процес компостирања, као и поједине конвенционалне синтетике. Међутим, заблуда је да су све врсте биосинтетике биоразградиве тј. подложне процесу компостирања или да је компостирање пожељна опција третирања производа на крају животног века. Дакле, једини исправан приступ у третирању биосинтетике јесте праћење хијерархије управљања отпадом [138].

6.4.2.1. Биолошки полиестер

PLA (енгл. *polylactic acid*) или полилактична киселина је биополиестер који је 100% направљен из обновљивих извора. Тренутно се за производњу ове алтернативне врсте влакана користи углавном сировина прве генерације, кукурузни скроб. Како се *PLA* производи из лактичне (млечне) киселине ферментацијом природних шећера, у будућности би могле да се користе и друге врсте усева на бази скроба/шећера: пиринач, шећерна репа, шећерна трска, пшеница или слатки кромпир. Процес производње *PLA* на основу биомасе приказан је на слици 61. Након жетве скроб се одваја од осталих компоненти биљака и трансформише се у декстрозу тј. глукозу.

Декстроза у процесу ферментације прелази у лактичну киселину, након дехидратације добија се лактид. Током полимеризације лактид бива претворен у полимер који затим пролази процес екструзирања. Крајњи производ јесу полилактидни комадићи које се користе као полазна сировина за производњу влакана [137].



Слика 61. Производни процес PLA [137]

6.4.2.2. Биолошки полиамид

Други случај јесу семенке рицинус биљке које се користе за производњу рицинусовог уља, који је главна сировина за производњу биолошког полиамида (слика 62). Уље садржи висок проценат рицинолеинске киселине (85%), јединствене алифатске киселине коју не садржи ниједна друга врста биљних уља. Себацинска и ундециленска киселина примарне су компоненте рицинусовог уља које се користе у производњи полиамида [137].



Слика 62. Производни процес биолошког полиамида [137]

Рицинусово уље најпре се пречишћава да би се добила рицинолеинска киселина која се процесом пиролизе може синтетизовати у себацинску киселину, која се аминацијом

претвара у декаметилен диамин. Полимеризацијом ове две компоненте и на крају екструзијом добија се пелет од полиамида-PA10,10 тј. биопластика која припада породици најлона на биолошкој основи. Новије технологије пружају могућност производње влакана која су погодна за производњу текстила од ове врсте најлона. У будућности се очекује обимније проширивање примене овог полиамида на текстилну индустрију [137].

6.4.2.3. Биолошка синтетичка свила

Сировине треће генерације технолошки су веома захтевне, а ту спадају и паукове свилене нити. Паукова свилена нит дебљине оловке може носити терет масе 380 t, што је еквивалентно крцатом авиону Боинг 747. Паукова свила један је од најјачих биолошких материјала у природи. Свилене нити које производи паук тзв. паукова мрежа, направљена је од протеина и ускладиштена је као водени раствор у жлездама паука. Постојећи материјали су или јаки или еластични, али паукова свила је јака, еластична и веома лака. Баш због своје снаге, отпорности и флексибилности, али и зато што није отровна и што је разградива, паукова свила веома је пожељан материјал. Али пауци су канибали па је њихов узгој практично немогућ. У свету, неколико компанија ради на комерцијализацији синтетичке паукове свиле, користећи генетички инжењеринг који представља основну методу савремене биотехнологије. Генетички инжењеринг или технологија рекомбиноване ДНК обухвата методе вештачког образовања нових комбинација наследног материјала. Чињеница да је генетички код универзалан омогућује да се генетички материјал једног организма преноси у други. Тиме се добија организам са другачијом комбинацијом гена, чија се ДНК назива хибридна (рекомбинована) и у природи се нормално никада не налази. Преправљање генетичке структуре организама назива се генетичко инжењерство и у суштини представља производњу генетски модификованих организама. Деценијама уназад научници покушавају да имитирају свилене нити, али безуспешно. Како се технологија развијала тако су се отварале и нове могућности, па су научници дошли на идеју да принуде микроорганизме да стварају једнако јаку и еластичну свилу као што је паукова. Претходно су трансплантирали пауков ДНК у бактерије, свилене бубе и биљке, чак и у животиње, у напору да масовно производе ову супстанцу, али резултат је упола јака и еластична нит од оне коју прави паук. Тајна јачине паукових нити лежи у великим молекулама беланчевина који се састоје од стотина низова аминокиселина сличне дужине, ДНК секвенци које се понављају. Како природа не воли понављање, она налази начин да то и спречи. Ипак, пауци су нашли начин да стабилизују велике ДНК ланце, али другим створењима такве поновљене структуре се прекину или промене. Наведени проблем инжењери су решили модификацијом ДНК паука повезаног са прављењем протеина, од којих настају свилене нити. Немачка компанија *AMSilk* прва је развила 100% биополимерна влакна на бази синтетичке паукове свиле, која су у потпуности биоразградива. Микроорганизми, у овом случају бактерија *Ешерихија коли*, у које је уграђен модификован ДНК стварају јединствене молекуле протеина свиле са тзв. везицама које спајају молекуле, како би се добила жељена дужина ланца, након чега опадају. Тако добијени протеини мељу се у прах и мешају са раствором, након чега добијена смеша може да се претвори у влакна која су јака као природна. Лабораторијски добијена паукова свила односна влакна, поред горе наведених особина, карактеристична су и по глаткоћи, мекоћи и пријатном осећају у додиру са кожом. Због свега, потенцијална су алтернатива полиестеру, па се очекује будућа шира примена у: текстилној (одећа, обућа), авио и аутомобилској индустрији. Синтетичка паукова свила може бити одржива замена влакнима на бази нафтних деривата [142][143][144].

6.4.2.4. Карактеристике биополимера

Производи на биолошкој основи добра су алтернатива материјалима који се добијају из фосилних горива, када се узме у обзир недостатак ресурса, емисија гасова са ефектом стаклене баште односно климатске промене, прилагођавање растућем тренду цена петрохемијских производа, као последица раста цена фосилних горива итд. Кључна предност обновљивих сировина је кратак циклус репродукције, који се креће између неколико дана за алге и неколико година за дрвеће, што је знатно краће него циклус репродукције фосилних сировина. Поред тога, механизам смањења емисије угљен-диоксида (фотосинтеза) имаће значајнију улогу како се потражња за обновљивим ресурсима буде повећавала јер ће тако и понуда ресурса бити већа. Верује се да синтетички биополимери направљени од кукуруза или шећерне трске могу смањити емисију угљеника за око 60% у односу на синтетичке полимере на бази фосилних горива [145]. Биосинтетика се брзо развија па је могуће да може решити и проблем емисије пластичних микровлакна у будућности. Међутим, неопходно је сагледати могуће последице тог напретка. Добијање сировина захтева интензивну пољопривреду, а то може негативно утицати на екосистеме и здравље људи, уколико се не примењују методе регенеративне пољопривреде. Ако се примењују конвенционалне технике пољопривреде последице могу бити следеће:

- губитак биолошке разноврсности као последица узгоја само једне биљне врсте (монокултура),
- емисија гасова са ефектом стаклене баште повезана са употребом ђубрива (азотни оксид за 298 пута штетнији је од угљен-диоксида),
- штетни ефекти употребе пестицида на здравље људи и животну средину,
- неефикасне методе наводњавања резултирају прекомерном употребом воде,
- употреба фосилних горива за узгој, транспорт и прераду биопроизвода.

Такође, очигледна опасност је конфликт тј. надметање за земљу и усеве који ће се користити за исхрану популације односно за производњу биополимера. У будућности, сировине друге генерације биће еколошки прихватљивије и ефикасније јер то значи употребу отпадних остатака, елиминацију потребе за производњом нових сировина, што би елиминисало могући конфликт. Биотехнологија можда пружа најбоље решење, јер нема велике потрошње енергије, алге не захтевају храну за раст, нема борбе за земљиште и усеве итд. Међутим, још увек нису пронађене методе које би обезбедиле широку производњу ових влакана по прихватљивим ценама, такође, присутна је интензивна употреба скувих хемикалија, а опасност представљају и генетски модификовани организми (ГМО) и могуће последице. Најодрживија генерација сировина још увек није дефинисана. Што се тиче третирања, хемијска структура већине биосинтетичких влакана идентична је влакнима на бази фосилних сировина, што значи да се она могу процесирати уз помоћ исте опреме. Међутим, проблем је немогућност разликовања биолошког *PET*-а од *PLA* што ограничава ширу употребу *PLA*. Дакле, успешно рециклирање биополимера могуће је само ако се различите врсте успешно сортирају, што тренутно није могуће. Када је реч о компостирању, није довољно развијена инфраструктура, а при том разградња свих врста биополимера није увек безбедна јер се могу емитовати штетни гасови уколико процес није адекватно контролисан. Општи проблем текстилне индустрије је мешавина материјала од којих се производи одећа, па компостирање, али и ефикасна рециклажа могу да се реализују само када се ти материјали појединачно издвоје [137][138][141].

7. Закључак

Са појавом модерне цивилизације долази до промена у животној средини. У почетку су промене биле мале и локалног карактера, а до трајнијег и дубљег нарушавања дошло је тако што је модерна технологија у рукама приватног капитала, мотивисана једино профитом девастирала животну средину. Постојећи економски модел није усаглашен са еколошким законима који владају у природи, јер се одвија праволинијски и доводи до неконтролисаног трошења ресурса и експанзије потреба и потрошње. С тим у вези, у текстилној индустрији добро је познат термин „брзе моде”, која функционише по принципима модела линеарне економије: „узми-направи/користи-баца”. Производи припадају „брзој моди” ако убрзо након производње бивају одбачени (нпр. лош квалитет, нису више у моди). Управо је брзина кључна јер је она економско средство за повећање обима производње, а онда и профита (економски раст). Текстилна индустрија једна је од највећих загађивача у свету јер њом доминира концепт „брзе моде”, због чега се суочава са многим изазовима у погледу одрживости. Ниска стопа искоришћености и недовољно развијен сектор рециклаже узрокују одлагање односно спаљивање скоро три четвртине текстила на крају фазе потрошње. Пројекције указују да ће се до 2050. године, уколико се ништа не промени, угљенични отисак индустрије повећати за 70% и износиће 3,978 милијарди t CO₂e [47]. Поређења ради, угљенични отисак ЕУ износи 3,5 милијарди t CO₂e [145]. Велики притисак на животну средину довољан је доказ да су промене у схватању и понашању људи неопходне, јер свака акција производи реакцију. Сходно томе, приближавање концепту „споре моде” је реакција на концепт „брзе моде” и у суштини представља прелазак са модела линеарне на модел циркуларне економије. Производи „споре моде” нису произведени у складу са идеалима „брзе моде” и не одговарају на брзе промене у модним трендовима, дакле, долази до успоравања модног процеса и формирања одрживости. „Спора мода” односно циркуларна економија, произилази из жеље и/или потребе за побољшањем и променом идеологије производње и потрошње. Циркуларна економија заступа кружно кретање материје односно то је обновљива индустријска економија која има промењени концепт производње и потрошње према дизајну, употреби ресурса и односу према стварању отпада. Да би нови циркуларни модел економије у текстилној индустрији заменио дубоко утемељен линеарни модел неопходне су иновације и радикалне промене које се осликавају кроз 4 принципа тј. активности: елиминисање нежељених супстанци и емисије микровлакна, повећање искоришћености одеће (економија дељења), унапређење сектора рециклаже и ефикасна употреба ресурса и прелазак на обновљиве изворе. Кључни елемент за реализацију ових принципа тј. транзиције на циркуларни модел јесте дизајн. Он одређује 80% утицаја на животну средину и од њега зависи: састав, квалитет/трајност, могућност поправке, рециклабилност, биоразградивост текстила и сл [52]. На крају, треба имати у виду да је процес кружења ресурса динамичан, па је неопходно да се модел циркуларне економије у текстилној индустрији стално унапређује и подешава према новим потребама. Нема сумње да транзиција неће бити нимало једноставна, и баш се због тога сарадња свих заинтересованих страна у јавном и приватном сектору не доводи у питање. Али то не треба да обесхрабри или чак одложи деловање јер што се више транзиција буде одлагала то ће реализација бити тежа. Ово је системска промена која доноси: еколошке (смањена потрошња ресурса, смањена емисија гасова, мање пластике у океану, елиминација нежељених супстанци), економске (стабилније тржиште, нови пословни модели, одржив економски раст) и социјалне користи (заштита здравља човека) [47]. Тренутно је само 12,5% текстилне индустрије посвећено моделу циркуларне економије [85][146][147].

8. Литература

- [1] Ризнић Д., Урошевић С., Вуковић М., Стевић З., *Економски аспекти одрживог развоја и утицај на животну средину*, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору
- [2] <https://www.srbija.gov.rs/vest/387281> (приступљено: 12.4.2020. год.)
- [3] Петровић А., Иванов А., Мако А., *Млади и зелени: подизање свести младих о заштити животне средине кроз иновативне медијске стратегије*, Београдска отворена школа-БОШ, Београд, 2018.
интернет страница: http://www.bos.rs/ekz/uploaded/Mladi%20i%20zeleni%20publikacija_1.pdf (приступљено: 15.4.2020. год.)
- [4] Drljača M., *The transition linear to circular economy (concept of efficient waste management)*, Zračna luka, Zagreb, 2015.
- [5] Митровић С., Радосављевић И., Веселинов М., *Циркуларна економија као шанса за развој Србије*, Мисија ОЕБС у Србији, 2016.
- [6] Београдски Aarhus Centar, „Промоција циркуларне економије у централној и западној Србији”
интернет страница: http://www.aarhus.org.rs/wp-content/uploads/2018/12/AAarhusKG-BG-Promocija_cirkularne_ekonomije-flayer.pdf (приступљено: 8.4.2020. год.)
- [7] Baudet Y., *Circular Pioneers in a Linear Economy-The transition in value creation in circular business models*, Radboud Universiteit Nijmegen, The Netherlands, 2017.
интернет страница: https://theses.ubn.ru.nl/bitstream/handle/123456789/7137/Baudet%2C_Yannick_1.pdf?sequence=1 (приступљено: 11.4.2020. год.)
- [8] Штрбац Н., Вуковић М., Воза Д., Сокић М., *Одрживи развој и заштита животне средине*, Технички факултет у Бору, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, 2012.
интернет страница: https://www.rsd.tfbor.bg.ac.rs/download/arhiva_radova/2012/3_NadaSTRBAC_ST.pdf (приступљено: 11.4.2020. год.)
- [9] Emas R., *The Concept of Sustainable Development: Definition and Defining Principles*, Brief for GSDR 2015, Florida International University, 2015.
интернет страница: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5839GSDR%202015_SD_concept_definiton_rev.pdf (приступљено: 10.4.2020. год.)
- [10] The United Nations Development Programme (UNDP), *Sustainable development goals by 2030*, 2015.
интернет страница: https://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/brochure/SDGs_Booklet_Web_En.pdf (приступљено: 10.4.2020. год.)
- [11] Kraaijenhagen Ch., Van Oppen C., Bocken N., *Circular Business Collaborate and Circulate*, The Netherlands, 2016.

[12] Ђурета В., Мутић М., Митровић С., Богдановић М., *Основе циркуларне економије*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Београд, септембар 2016.

[13] <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/eco-design> (приступљено: 24.6.2020. год.)

[14] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/circular-design> (приступљено: 24.6.2020. год.)

[15] Јовичић Н., *Литература за предавање*, Инжењерство заштите животне средине, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2019.

[16] Deveaux K., *Vodič za parlamentarne, Obnovljivi izvori energije*, United Nations Department Programme (UNDP), Climate Parliament, 2013.

[17] <https://regenerationinternational.org/why-regenerative-agriculture/> (приступљено: 30.4.2020. год.)

[18] Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F., *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank Group, 2018.

интернет страница:

<https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/What%20a%20Waste%202.0%20%20A%20Global%20Snapshot%20of%20Solid%20Waste%20Management%20to%202050.pdf> (приступљено: 16.4.2020. год.)

[19] European Commission, *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*, 2020.

[20] <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html> (приступљено: 14.14.2020. год.)

[21] https://ec.europa.eu/knowledge4policy/foresight/topic/growing-consumerism/more-developments-relevant-growing-consumerism_en (приступљено: 15.4.2020. год.)

[22] <https://www.wri.org/blog/2019/08/here-s-what-could-go-wrong-circular-economy-and-how-keep-it-track> (приступљено: 14.4.2020. год.)

[23] <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/en/knowledge-map-circular-economy/how-is-a-circular-economy-different-from-a-linear-economy/> (приступљено: 15.4.2020. год.)

[24] <http://socijalnoukljucivanje.gov.rs/sr/циркуларна-економија-кључ-развоја-мо/> (приступљено: 15.4.2020. год.)

[25] Ђорђевић Љ., Радовановић Н., Рецић Н., Јовановић Г., *Управљање отпадом у Републици Србији од 2011. до 2018. године*, Министарство заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд, август 2019.

интернет страница: http://www.sepa.gov.rs/download/Otpad_2011_2018.pdf (приступљено: 16.4.2020. год.)

[26] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rt120/default/table?lang=en (приступљено: 16.4.2020. год.)

[27] Ellen MacArthur Foundation, *Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe*, 2015.

интернет страница:

https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf (приступљено: 18.4.2020. год.)

[28] <https://www.livingcircular.veolia.com/en/eco-citizen/hungary-what-about-visiting-biomass-plant-pecs> (приступљено: 20.4.2020. год.)

[29] *Some successful case studies on Biomass and Biogas*, Veolia, France, 2015.

интернет страница:

https://govnet.ro/uploads/files/54_veolia%20Govnet%20Forum.pdf (приступљено: 20.4.2020. год.)

[30] *The role of bioenergy in European cities*, World Bioenergy Association (WBA), Stockholm, Sweden

интернет страница:

https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20Report_Bioenergy%20in%20European%20Cities_lowres.pdf (приступљено: 20.4.2020. год.)

[31] <https://www.livingcircular.veolia.com/en/industry/town-pecs-hungary-heated-straw> (приступљено: 20.4.2020. год.)

[32] <https://resourcingmachine.veolia.com/machines/pecs/> (приступљено: 22.4.2020. год.)

[33] <https://www.veolia.hu/en/power-plants> (приступљено: 20.4.2020. год.)

[34] <https://jakartaglobe.id/special-updates/veolia-indonesia-builds-the-largest-bottle-to-bottle-recycling-factory-in-the-country/> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[35] <https://www.veolia.co.kr/en/bottle-bottle-source-end-user> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[36] <https://www.veolia.in/about-us/cop21/our-solutions/bottle-bottle-rostock-germany> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[37] <https://www.veolia.com/en/newsroom/thematic-reports/veolia-committed-climate/our-climate-solutions/recycling-plastic-circular-economy> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[38] <https://www.veolia.com/en/our-customers/achievements/industries/circular-economy/germany-rostock-0> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[39] <https://resourcingmachine.veolia.com/machines/rostock/> (приступљено: 23.4.2020. год.)

[40] <http://www.retursystem.se/en/> (приступљено: 24.4.2020. год.)

[41] Lendal A., Lindeblad Wingstrand S., *Reuse: Rethinking packaging*, Ellen MacArthur Foundation, 2019.

интернет страница:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Reuse.pdf> (приступљено: 25.4.2020. год.)

[42] <https://recup.de/der-recup> (приступљено: 25.4.2020. год.)

[43] <https://challenges.openideo.com/challenge/next-gen-cup-challenge/refinement/recup-deposit-system-for-coffee-to-go> (приступљено: 25.4.2020. год.)

- [44] <https://en.reset.org/blog/recup-coffee-cup-share-system-set-take-over-berlin-08102017> (приступљено: 25.4.2020. год.)
- [45] <http://www.feplo.rs/index.html> (приступљено: 18.4.2020. год.)
- [46] <http://doncafe.rs/drustveno-odgovorno-poslovanje/> (приступљено: 18.4.2020. год.)
- [47] Ellen MacArthur Foundation, *A new textiles economy: redesigning fashion's future*, 2017.
- [48] Bhardwaj V., Fairhurst A., *Fast fashion: Response to changes in the fashion industry*, Retail and Consumer Sciences, The University of Tennessee, Knoxville, USA, 2010.
интернет страница: https://www.researchgate.net/publication/232964904_Fast_fashion_Response_to_changes_in_the_fashion_industry (приступљено: 21.6.2020. год.)
- [49] <https://www.kcns.org.rs/agora/o-uticaju-mode-festivala-i-revija-na-brendiranje-i-prepoznatljivost-gradova/> (приступљено: 21.6.2020. год.)
- [50] <http://chinese.fansshare.com/gallery/photos/14676131/fastfashion-clothes/?displaying> (приступљено: 21.6.2020. год.)
- [51] <https://www.thebalancesmb.com/textile-recycling-facts-and-figures-2878122> (приступљено: 27.4.2020. год.)
- [52] *Circular Economy in the textile and footwear industry: Skills and competences for a sector renewal*, Design4Circle, Latvia, 2019.
интернет страница: <https://design4circle.eu/wp-content/uploads/2019/06/Report%20Design4circle%20-%20IO1%20A3%20ECORES.pdf> (приступљено: 11.8.2020. год.)
- [53] Ross S., *Towards Sustainable Use of Chemicals in the Textile Industry: How life cycle assessment can contribute*, Department of Chemistry and Chemical Engineering, Chalmers University of technology, Gothenburg, Sweden, 2015.
интернет страница: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/210434/210434.pdf> (приступљено: 29.6.2020. год.)
- [54] https://www.wto.org/english/res_e/statistics_e/wts2019_e/wts19_toc_e.htm (приступљено: 26.6.2020. год.)
- [55] <https://ihsmarkit.com/products/chemical-textile-scup.html> (приступљено: 26.6.2020. год.)
- [56] <https://www.ekologija.gov.rs/organizacija/sektori/sektor-za-upravljanje-zivotnom-sredinom/oddeljenje-za-hemikalije/informativni-pult-za-hemikalije-i-biocidne-proizvode/potrosaci/supstance-koje-izazivaju-zabrinutost/> (приступљено: 3.5.2020. год.)
- [57] Лукић Н., *Литература за предавање*, Инжењерство заштите животне средине, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2019.
- [58] Strömbom S., *Report from a government assignment: Chemicals in textiles-Risks to human health and the environment*, Swedish Chemicals Agency-KEMI, 2014.
интернет страница: <https://www.kemi.se/global/rapporter/2014/rapport-6-14-chemicals-in-textiles.pdf> (приступљено: 29.6.2020. год.)

- [59] <https://textileguide.chemsec.org/act/setting-up-an-rsl/> (приступљено: 7.5.2020. год.)
- [60] <https://www.afirm-group.com/faq/> (приступљено: 29.6.2020. год.)
- [61] <https://textileguide.chemsec.org/act/control-and-audit/> (приступљено: 29.6.2020. год.)
- [62] EarthColors brochure, *How can you harness the power of nature?*, Archroma Life Enhanced, Switzerland, 2020.
интернет страница:
https://www.archroma.com/assets/uploads/images/Brochures/Archroma_EarthColors_brochure_low.pdf (приступљено: 30.6.2020. год.)
- [63] <https://www.archroma.com/innovations> (приступљено: 1.7.2020. год.)
- [64] *EarthColors technology-Where nature and technology meet*, Archroma Life Enhanced, Switzerland
интернет страница: <http://www.outdoor-friedrichshafen.com/odwAssets/daten/tagesprogramm/pdf/Archroma.pdf> (приступљено: 1.7.2020. год.)
- [65] <https://debcorp.com/textiles/airdye/> (приступљен: 8.5.2020. год.)
- [66] <https://www.greenbiz.com/article/how-ca-created-worlds-first-cradle-cradle-t-shirt>
(приступљен: 3.7.2020. год.)
- [67] <https://medium.com/fashion-for-good/fashion-for-good-in-brief-fa4ca1c94fb2>
(приступљено: 3.7.2020. год.)
- [68] https://www.c2ccertified.org/get-certified/levels/gold/v3_0 (приступљено: 3.7.2020. год.)
- [69] <https://www.chelseagreen.com/2020/5-principles-of-soil-health/> (приступљено: 2.5.2020. год.)
- [70] Barthel C., Götz Th., *Appliances Guide: Get super efficient appliances, The overall worldwide saving potential from domestic washing machines*, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Germany, 2013.
интернет страница:
https://bigee.net/media/filer_public/2013/03/28/bigee_domestic_washing_machines_worldwide_potential_20130328.pdf (приступљено: 10.7.2020. год.)
- [71] Mermaids Consortium, Plastic Soup Foundation, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Polysistec, Leitat Technological Center, Ocean Clean Wash, *Microfiber release from clothes after washing: Hard facts, figures and promising solutions*, 2017.
интернет страница: https://www.plasticsoupfoundation.org/wp-content/uploads/2017/08/Position-Paper.Microfiber-release-from-clothes-after-washing.PSF_.pdf (приступљено: 8.7.2020. год.)
- [72] Mulvihill M., Horotan A., *Safer Chemistry Innovation in the Textile and Apparel Industry*, Safer Made, 2018.
интернет страница: https://biomarketinsights.com/wp-content/uploads/2018/06/dcb253_bee8ca24afb1405bbd7c731b0885fdc6.pdf (приступљено: 9.7.2020. год.)
- [73] <https://en.guppyfriend.com/> (приступљено: 4.7.2020. год.)

- [74] https://cdn.shopify.com/s/files/1/0072/7944/4071/files/Guppyfriend_Manual_ENG.pdf?4030 (приступљено: 4.7.2020. год.)
- [75] <https://coraball.com/> (приступљено: 6.7.2020. год.)
- [76] <https://filtrol.net/> (приступљено: 7.7.2020. год.)
- [77] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b03045?journalCode=esthag> (приступљено: 4.7.2020. год.)
- [78] <http://stopmicrowaste.com/tenfortheocean> (приступљено: 5.7.2020. год.)
- [79] Senthilkannan Muthu S., *Environmental Footprints of Recycled Polyester*, Springer, Singapore, 2019.
интернет страница: <https://books.google.rs/books?id=NtShDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=sr#v=onepage&q&f=false> (приступљено: 10.7.2020. год.)
- [80] WRAP, *Valuing our clothes: The true cost of how we design, use and dispose of clothing in the UK*, 2012.
интернет страница: <https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/VoC%20FINAL%20online%202012%2007%2011.pdf> (приступљено: 14.7.2020. год.)
- [81] Thredup, *Resale report*, 2019.
интернет страница: https://www.thredup.com/resale/2019?tswc_redir=true (приступљено: 15.7.2020. год.)
- [82] WRAP, *Valuing Our Clothes: The cost of UK fashion*, 2017.
интернет страница: https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/valuing-our-clothes-the-cost-of-uk-fashion_WRAP.pdf (приступљено: 15.7.2020. год.)
- [83] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/arcp.1053> (приступљено: 10.5.2020. год.)
- [84] Окановић М., Денда А., *Студија случаја CAR:GO*, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Катедра за маркетинг менаџмент и односе с јавношћу, 2016.
интернет страница : <http://marketing-pr.fon.rs/webroot/uploads/CAR-GO%20Strateski%20marketing%20FINAL%20public.pdf> (приступљено: 13.7.2020. год.)
- [85] A collaborative report by Accenture strategy and Fashion For Good, *The Future of Circular Fashion: Assessing the Viability of Circular Business Models*, 2019.
интернет страница: <https://d2be5ept72nvlo.cloudfront.net/2019/05/The-Future-of-Circular-Fashion-Report.pdf> (приступљено: 10.7.2020. год.)
- [86] <https://www.renttherunway.com> (приступљено: 11.7.2020. год.)
- [87] Herjanto H., Scheller-Sampson J., Erickson E., *The increasing phenomenon of second-hand clothes purchase: Insights from the literature*, McKendree University School of Business, McKendree University, Lebanon, 2014.
интернет страница: <https://pdfs.semanticscholar.org/fde3/20767ea4d12e7c7965adf81a059a23cd1b64.pdf> (приступљено: 16.7.2020. год.)

[88] Calabrese L., Balchin N., Mendez-Parra M., *The phase-out of second-hand clothing imports: what impact for Tanzania?*, Overseas Development Institute, 2017.

интернет страница: https://mpira.ub.uni-muenchen.de/82175/1/MPRA_paper_82175.pdf
(приступљено: 17.7.2020. год.)

[89] Katende-Magezi Es., *The Impact of Second Hand Clothes and Shoes in East Africa*, CUTS International, Geneva, 2017.

интернет страница: <https://www.tralac.org/images/docs/12012/the-impact-of-second-hand-clothes-and-shoes-in-east-africa-cuts-international-research-study-february-2017.pdf>
(приступљено: 17.7.2020. год.)

[90] <https://www.commonobjective.co/article/trade-in-second-hand-clothing-scale-and-impact> (приступљено: 13.7.2020. год.)

[91] Han J., *Understanding second-hand retailing: A resource based perspective of best practices leading business success*, Iowa State University, 2013.

интернет страница: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4643&context=etd>
(приступљено: 13.7.2020. год.)

[92] Farrant L., Irving Olsen S., Wangel A., *Environmental benefits from reusing clothes*, Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, 2010.

интернет страница: <http://baosquared.com/wp-content/uploads/2017/12/Research-Environmental-Benefits-of-used-clothes-2011-Technical-U-Denmark.pdf> (приступљено: 19.7.2020. год.)

[93] <http://www.nops.org.rs/index.php/vesti/1212-2017-09-23-08-07-18> (приступљено: 15.7.2020. год.)

[94] <https://www.adidas-group.com/en/sustainability/products/end-of-life/> (приступљено: 15.7.2020. год.)

[95] *Sustainability Return on Investment: Redefining the Value of Emerging Market Multinationals' Investments in Brazil*, Fundação Getúlio Vargas Center for Sustainability Studies (GVces), São Paulo, 2016.

интернет страница: https://www.emm-network.org/wp-content/uploads/2017/02/GIZ_EMM_SRoi2016_ENG.pdf (приступљено: 20.7.2020. год.)

[96] WRAP, *Clothing Durability Report*, 2015.

интернет страница: <https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Clothing-Durability-Report-final.pdf> (приступљено: 20.7.2020. год.)

[97] WRAP, *Sustainable clothing: A practical guide to enhancing clothing durability and quality*, 2017.

интернет страница: <https://wrap.org.uk/sites/files/wrap/Sustainable%20Clothing%20Guide%202017.pdf>
(приступљено: 20.7.2020. год.)

[98] <http://www.postcouture.cc/> (приступљено: 11.5.2020. год.)

[99] <https://sg.carousell.com/p/brand-new-reversible-jacket-247578492/> (приступљено: 11.5.2020. год.)

- [100] <https://www.elledecor.com/it/best-of/a28596751/ryan-mario-yasin-petit-pli-childrens-clothes/> (приступљено: 11.5.2020. год.)
- [101] https://ithoughtofyou.com/products/long-top-wear-up-to-18-ways?utm_medium=Social&utm_source=Pinterest (приступљено: 11.5.2020. год.)
- [102] <https://ckh.wrap.org.uk/design/designForAdaptability?breadcrumb=Explore+by%3A+Process+Step> (приступљено: 17.7.2020. год.)
- [103] <https://www.novozymes.com/en> (приступљено: 19.7.2020. год.)
- [104] <http://www.profitstil.rs/usluge.php?r=1908> (приступљено: 20.7.2020. год.)
- [105] Hogg D., Ballinger A., *Main Report: The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy*, Eunomia, United Kingdom, 2015.
интернет страница: <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/the-potential-contribution-of-waste-management-to-a-low-carbon-economy/> (приступљено: 20.7.2020. год.)
- [106] Ellen MacArthur Foundation, *The Circular Economy Opportunity for Urban and Industrial Innovation in China*, 2018.
интернет страница: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/The-circular-economy-opportunity-for-urban-industrial-innovation-in-China_19-9-18_1.pdf (приступљено: 22.7.2020. год.)
- [107] Rengel A., *Recycled Textile Fibres and Textile Recycling: An overview of the Market and its possibilities for Public Procurers in Switzerland*, Federal Office for the Environment (FOEN), 2017.
- [108] Wilting J., Van Duijn H., *Clothing labels: Accurate or not?*, Circle Economy, The Dutch Ministry of Infrastructure & Waterways, Amsterdam, 2020.
интернет страница: https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/5e9feceb7b5b126eb582c1d9_20200420%20-%20Labels%20Check%20-%20report%20EN%20web%20297x210mm.pdf (приступљено: 23.7.2020. год.)
- [109] Matthews B., *Closing the Loop: Circle economy work*, MCL Global, 2015.
интернет страница: <http://www.fundacionseres.org/SiteAssets/Lists/Informes/NewForm/Closing-the-loop.pdf> (приступљено: 30.7.2020. год.)
- [110] <https://www.triplepundit.com/story/2012/why-textile-waste-should-be-banned-landfills/69886> (приступљено: 31.7.2020. год.)
- [111] Abdullatif Bukhari M., Carrasco-Gallego R., and Ponce-Cueto E., *Developing a national programme for textiles and clothing recovery*, MIT Center for Transportation and Logistics, Cambridge, USA, 2018.
интернет страница: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X18759190> (приступљено: 31.7.2020. год.)
- [112] Глишовић С., *Продужена одговорност произвођача-EPR концепт*, Индустијска екологија, Факултет заштите на раду, Универзитет у Нишу
интернет страница:

<https://www.znrfak.ni.ac.rs/serbian/010-studije/oas-3-2/PREDMETI/III%20GODINA/315-INDUSTRIJSKA%20EKOLOGIJA/PREDAVANJA/VI%20-%20IE%20-%20Prosirena%20odgovornost%20proizvodjaca%20-%20EPR%20koncept.pdf>
(приступљено: 2.8.2020. год.)

[113] <https://www.ftc.gov/tips-advice/business-center/guidance/calling-it-cotton-labeling-advertising-cotton-products> (приступљено: 24.7.2020. год.)

[114] Wedin H., Project Trash-2-Cash, Title: *Can automated NIR technology be a way to improve the sorting quality of textile waste?*, Research Institutes of Sweden, Sweden, 2017.
интернет страница:
https://static1.squarespace.com/static/5891ce37d2b857f0c58457c1/t/5a0049d26c3194747de384/1509968342157/october_2017_rise_report.pdf (приступљено: 29.7.2020. год.)

[115] https://www.phy.uniri.hr/files/nastava/stranice_kolegija/fizicki_praktikum_IV_ECTS_6/8%20Spektroskopija.pdf (приступљено: 28.7.2020. год.)

[116] Terra, *Technical monitoring on optical sorting and textile recognition technologies at a European level*, 2020.
интернет страница:
https://www.ecotlc.fr/ressources/Terra_summary_study_on_textile_material_sorting_VUK_300320.pdf (приступљено: 29.7.2020. год.)

[117] Barbarski M., Czekalski B., Snyckerski M., *RFID technology in the textile industry*, Technical University of Lodz, Institute of Architecture of Textile, Poland, 2008.
интернет страница:
https://www.academia.edu/20245150/The_RFID_technology_in_the_textile_industry
(приступљено: 29.7.2020. год.)

[118] Вучићевић Н., *Дипломски рад: RFID технологија*, Рачунарски факултет, Београд, 2020.
интернет страница: https://raf.edu.rs/docs/Diplomski_radovi/Nemanja_Vucicevic-RFID_tehnologija.pdf (приступљено: 29.7.2020. год.)

[119] <http://www.tagprint.com.my/rfid-system-work/> (приступљено: 29.7.2020. год.)

[120] Englund F., Wedin H., Ribul M., De la Motte H. and Ostlund A., *Textile tagging to enable automated sorting and beyond-a report to facilitate an active dialogue within the circular textile industry*, RISE Research Institute of Sweden, Goteborg, 2017.
интернет страница: http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2018/03/AutoSort-report-D4.3.4_3.pdf (приступљено: 30.7.2020. год.)

[121] https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_7446/objava_76322/fajlovi/RFID.pdf
(приступљено: 29.7.2020. год.)

[122] Le K., *Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods*, The University of British Columbia, Vancouver, 2018.
интернет страница: https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2018-25%20Textile%20Recycling%20Technologies%2C%20Colouring%20and%20Finishing%20Methods_Le.pdf (приступљено: 27.7.2020. год.)

[123] Voncina B., *Recycling of Textile Materials*, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Slovenia

интернет страница:

https://www.2bfuntex.eu/sites/default/files/materials/Recycling%20of%20textile%20materials_Bojana%20Voncina.pdf (приступљено: 28.7.2020. год.)

[124] Roos S., Sandin G., Peters G., *White paper on textile recycling*, Mistra Future Fashion, Sweden, 2019.

интернет страница: <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/10/S.-Roos.-White-paper-on-textile-recycling.-Mistra-Future-Fashion.pdf> (приступљено: 28.7.2020. год.)

[152] https://ec.europa.eu/growth/single-market/public-procurement_en (приступљено: 1.8.2020. год.)

[126] *Workwear*, Dutch Ministry of Defence, The Netherlands, 2019.

интернет страница: <http://www.rebus.eu.com/wp-content/uploads/2019/03/Workwear-Dutch-Ministry-of-Defence.pdf> (приступљено: 3.8.2020. год.)

[127] Vasiljević D., Petrović D., *Izveštaj o sprovedenoj ex ante analizi efekata za oblast cirkularne ekonomije*, Ministarstvo za evropske integracije, Republika Srbija, Beograd, 2020.

интернет страница: https://www.ekologija.gov.rs/wp-content/uploads/javne_rasprave/2020/EXANTE-ANALIZA_KONACNO-V4.pdf (приступљено: 4.8.2020. год.)

[128] Runnel A., Raihan Kh., Castle N., Oja D. and Bhuiya H., *The Undiscovered Business Potential of Production Leftovers within Global Fashion Supply Chains: Creating a Digitally Enhanced Circular Economy*, Reverse Resources, 2017.

интернет страница: <https://reverseresources.net/news/white-paper-by-rr> (приступљено: 25.7.2020. год.)

[129] Milivojević J., Milovanović Kanjevac K., *Intenzitet korišćenja resursa bitnih za život i opstanak ljudske vrste*, Centar za kvalitet, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2012.

интернет страница: <http://www.cqm.rs/2012/cd1/pdf/7/01.pdf> (приступљено: 5.8.2020. год.)

[130] Maria Drumond Chequer F., *Textile Dyes: Dyeing Process and Environmental Impact*, Faculty of Pharmaceutical Sciences at Ribeirão Preto, University of São Paulo, Brazil, 2013.

интернет страница: <https://www.intechopen.com/books/eco-friendly-textile-dyeing-and-finishing/textile-dyes-dyeing-process-and-environmental-impact> (приступљено: 5.8.2020. год.)

[131] Dr Demirer G., Dr Alkaya E., *Cleaner production guide for the textil sector, efficiency in use of resources, a decrease in costs, harmony with the environment*, World Wildlife Fund (WWF), Turkey, 2018.

интернет страница: https://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/wwf_guideline_cleaner_production_textile_2018.pdf (приступљено: 13.8.2020. год.)

[132] Greer L., Keane S., Lin, James Meinert C., *A practical guide for responsible sourcing , Version 2.0, NRDC's 10 Best Practices for Textile Mills to Save Money and Reduce Pollution*, Natural Resources Defense Council (NRDC), SAD, 2013.

интернет страница: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/responsible-sourcing-guide.pdf> (приступљено: 14.8.2020. год.)

- [133] https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/tintura-senza-acqua_en (приступљено: 16.8.2020. год.)
- [134] <http://www.dyecoo.com/> (приступљено: 16.8.2020. год.)
- [135] <https://ourworldindata.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [136] Popov S., *Biotehnologija-Izazov za prehrambenu industriju*, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija, 2007.
интернет страница: <http://www.tf.ni.ac.rs/casopis-arhiva/zbornik16/11.pdf> (приступљено: 9.8.2020. год.)
- [137] *Creating Material Change: Quick Guide to Biosynthetics*, TextileExchange, Texas, 2018.
интернет страница: https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/04/Textile-Exchange-Quick-Guide-To-Biosynthetics-2018.pdf (приступљено: 6.8.2020. год.)
- [138] <https://aboutbiosynthetics.org/> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [139] Dr Božović V., *EU standardi u pogledu korišćenja biomase, ekološki standardi (gasovi sa efektom staklene bašte)*, Green Partnerships-Local Partnerships for Greener Cities and Regions
интернет страница: <http://www.greenpartnerships.eu/wp/wp-content/uploads/Biomasa-6.pdf> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [140] Berntsson Th., Sandén B., *What is a biorefinery?*, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2014.
интернет страница: <https://core.ac.uk/download/pdf/70603511.pdf> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [141] Van Dam J., Van den Oever M., *Natural Fibers and Fiber-based Materials in Biorefineries*, IEA Bioenergy, Paris, France, 2018.
интернет страница: http://task42.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/12/IEA-Bioenergy-Task42-Fibres-Report_FINAL_181214JW.pdf (приступљено: 9.8.2020. год.)
- [142] http://www.stari.tehnickaue.edu.rs/REPOSITORY/4507_4Biotehnologija%20i%20geneticki%20in%20C5%BEenjeri%20prezentacija.pdf (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [143] <https://www.rts.rs/page/magazine/sr/story/2523/nauka/3524374/imitiranje-paukove-svile.html> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [144] <https://www.amsilk.com/industries/biosteel-fibers/> (приступљено: 8.8.2020. год.)
- [145] *Fixing fashion: clothing consumption and sustainability*, House of Commons-Environmental Audit Committee, United Kingdom, 2019.
интернет страница: <https://www.business-humanrights.org/sites/default/files/documents/Sustainability%20of%20the%20fashion%20industry.pdf> (приступљено: 11.8.2020. год.)

[146] Малеташки Т., *Одрживи развој као садржај високошколског образовања*, Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу, 2018.

интернет страница: https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/013-OGLASENI-DOKUMENTI/MAGISTARSKE%20TEZE/Tatjana%20Maletaski/Magistarska%20teza_Tatjana%20Maletaski.pdf (приступљено: 16.8.2020. год.)

[147] Tinmark F., Persson S., Grenthe A., *Slow Fashion Movement. An Exploratory Study of Slow Fashion: Opportunities and Restraints within the Fast Fashion Industry*, Jönköping University, Sweden, 2019.

интернет страница: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1320761/FULLTEXT01.pdf> (приступљено: 16.8.2020. год.)