

# Idejno rješenje aplikacije za održivo postupanje s tekstilom

---

Cugovčan, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:248655>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**DOMAGOJ CUGOVČAN**

**IDEJNO RJEŠENJE APLIKACIJE ZA  
ODRŽIVO POSTUPANJE S  
TEKSTILOM**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**DOMAGOJ CUGOVČAN**

**IDEJNO RJEŠENJE APLIKACIJE ZA  
ODRŽIVO POSTUPANJE S  
TEKSTILOM**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof.dr.sc Ivana Bolanča Mirković

Student:

Domagoj Cugovčan

Zagreb, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**Getaldićeva 2**

**Zagreb, 13. 9. 2023.**

Temeljem podnijetog zahtjeva za prijavu teme diplomskog rada izdaje se

### **RJEŠENJE**

kojim se studentu/ici Domagoju Cugovčanu, JMBAG 0128061591, sukladno čl. 5. st. 5. Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada od 13.02.2012. godine, odobrava izrada diplomskog rada, pod naslovom: Idejno rješenje aplikacije za održivo postupanje s tekstilom, pod mentorstvom prof. dr. sc. Ivane Bolanča Mirković.

Sukladno čl. 9. st. 1. Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada od 13.02.2012. godine, Povjerenstvo za nastavu, završne i diplomske ispite predložilo je ispitno Povjerenstvo kako slijedi:

1. doc. dr. sc. Vukoje Marina, predsjednik/ica
2. prof. dr. sc. Bolanča Mirković Ivana, mentor/ica
3. izv. prof. dr. sc. Kulčar Rahela, član/ica



Dekan

Prof. dr. sc. Kladivo Pap

## Sažetak

Tekstilna industrija predstavlja jedan od najvećih zagađivača okoliša u suvremenom svijetu. Kroz cijeli uporabni proces od proizvodnje i korištenja do odlaganja tekstilnog otpada, tekstilna industrija je zaslužna za brojna ekološka zagađenja. Ovi negativni utjecaji obuhvaćaju intenzivnu potrošnju prirodnih i energetske izvora, emisiju stakleničkih plinova, oslobađanje kontaminiranih otpadnih voda te generiranje obilnih količina tekstilnog otpada. U središtu rješenja problema održivosti tekstilne industrije ističe se koncept kružnog gospodarenja resursa. Temeljeći se na principima redukcije, ponovne uporabe i recikliranja, ovaj model pruža rješenja za ekološke izazove tekstilnog sektora, obuhvaćajući cijeli proces od proizvodnje preko potrošnje do odlaganja. Ovim radom detaljno će se istražiti ekološki utjecaj cjelokupnog tekstilnog ekosustava te analizirati način na koji bi implementacija krovniha načela kružnog gospodarenja mogla pridonijeti smanjenju ekološkog utiska tekstilne industrije. Na temelju saznanja ostvarenih analizom stručne i znanstvene literature te rezultata prikupljenih anketnim istraživanjem predstaviti će se idejno rješenje u obliku mobilne aplikacije bazirane na temeljnim načelima kružnog gospodarenja s ciljem promocije i usvajanja održivih praksi postupanja s tekstilom.

**Ključne riječi:** tekstilna industrija, mobilna aplikacija, ekološki utjecaj, održivost

## Summary

The textile industry is one of the biggest contributors to environmental pollution in the world. From the production stage through the use phase and during disposal of textile waste, the industry has a severe negative impact on the environment. This includes the excessive consumption of natural and energy resources, the emission of greenhouse gasses, the discharge of contaminated wastewater, and the generation of large amounts of textile waste. At the center of solving the sustainability issues of the textile industry is the concept of circular resource management. Based on the principles of reduction, reuse, and recycling, this model offers solutions to the ecological challenges of the textile sector, encompassing the entire process from production through consumption to disposal. This study will delve into the environmental impact of the entire textile ecosystem and analyze how the implementation of the overarching principles of circular management could contribute to the reduction of the carbon footprint of the textile industry. Based on the findings during the analysis of scientific literature and the results gathered from survey research, a conceptual solution in the form of a mobile application based on the fundamental principles of circular management will be introduced, aiming to promote and adopt sustainable textile handling practices.

**Key words:** textile industry, mobile application, environmental impact, sustainability

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
1.1 Ekonomska i gospodarska vrijednost tekstilne industrije	1
1.2 Promjene u tekstilnoj industriji uvjetovane navikama potrošača	2
1.3 Ekološki problemi tekstilne industrije	4
<b>2. Teorijski dio</b>	<b>6</b>
2.1 Utjecaj tekstilne industrije na okoliš	6
2.1.1 Otpadne vode	7
2.1.1.1 Otpadne vode nastale tijekom proizvodnje sirovina	8
2.1.1.2 Otpadne vode nastale tijekom proizvodnog procesa	8
2.1.1.3 Otpadne vode nastale tijekom uporabe tekstilnog proizvoda	13
2.1.2 Emisija stakleničkih plinova	14
2.1.2.1 Emisija stakleničkih plinova tijekom proizvodnog procesa	15
2.1.2.2 Emisija stakleničkih plinova tijekom uporabe tekstila	16
2.1.3 Kemijsko zagađenje	18
2.2 Tekstilni otpad	20
2.2.1 Pred potrošački tekstilni otpad	21
2.2.2 Post potrošački tekstilni otpad	24
2.3 Mjere smanjenje ekološkog utiska tekstilne industrije	25
2.3.1 Model kružnog gospodarenja	27
2.3.1.1 Primjena načela kružnog gospodarenja tijekom proizvodnje tekstila	28
2.3.1.2 Primjena načela kružnog gospodarenja tijekom upotrebe tekstila	31
2.3.1.3 Primjena načela kružnog gospodarenja u postupanju s tekstilnim otpadom	33
<b>3. Eksperimentalni dio</b>	<b>35</b>
3.1 Cilj rada i metodologija	35
3.2 Anketno istraživanje	36
3.2.1 Analiza rezultata anketnog istraživanja prve cjeline	38
3.2.2 Analiza rezultata anketnog istraživanja druge cjeline	54
3.3 Izrada idejnog rješenja u obliku mobilne aplikacije	57
3.3.1 Svrha i razlog izrade idejnog rješenja	57
3.3.2 Osnovna funkcionalnost mobilne aplikacije	58
3.3.3 Odabir okruženja za razvoj mobilne aplikacije	58
3.3.4 Proces izrade interaktivnog prototipa mobilne aplikacije	59
3.3.4.1 Početni zaslon	61
3.3.4.2 Interaktivna karta	63
3.3.4.3 DIY rješenja	64
3.3.4.4 Eko novosti	65
3.4. Rezultati i rasprava	67
<b>4. Zaključak</b>	<b>70</b>
<b>5. Popis literature</b>	<b>71</b>

# 1. Uvod

## 1.1 Ekonomska i gospodarska vrijednost tekstilne industrije

Tekstilna industrija jedna je od najvećih i najvažnijih suvremenih svjetskih industrija. Tekstil kao i proizvodnja tekstilnih proizvoda imaju dugu povijesnu baštinu usko povezanu s čovjekovim napretkom. Primitivni oblici odjeće i tekstilnih tvorevina korišteni su u ranim fazama čovjekova razvoja kao sredstvo zaštite od vanjskih vremenskih elemenata, dok moderna tekstilna industrija svoje korijene vuče iz doba antičkih civilizacija kada se tekstil počinje upotrebljavati kao sredstvo diferenciranja statusa društvenih skupina te način izražavanja pojedinca. Duga povijesna tradicija, prisutnost u svim fazama ljudskog razvoja te duboka gospodarska i kulturološka povezanost, tekstilnu industriju učinila je jednom od najvrjednijih i najutjecajnijih svjetskih industrija današnjice.[1] Vrijednost globalne tekstilne industrije procijenjena je na 1,7 trilijuna američkih dolara, što predstavlja 2% ukupnog globalnog bruto domaćeg proizvoda.[2] Prema podacima Svjetske trgovinske organizacije (World Trade Organization WTO) iz 2017. godine vrijednost globalne tekstilne industrije procijenjena je na 0,751 trilijuna američkih dolara, što u razdoblju od 5 godina predstavlja stopu rasta vrijednosti od 126.4% odnosno 0,949 trilijuna američkih dolara.[3] Vrijednost tekstilne industrije bilježi konstantnu i stabilnu rast te se očekuje da će do 2030. godine vrijednost industrije rasti po složenoj godišnjoj stopi rasta (Compound Annual Growth Rate CAGR) od 4,0%.[4] Proizvodnja tekstilnih proizvoda i sirovina iznimno je radno intenzivna industrijska grana koja zahtijeva istovremenu masovnu uključenost nisko i visoko kvalificirane radne snage. Od ukupne raspoložive globalne radne snage čiji broj u prosjeku iznosi između 3,2 do 3,4 milijardi ljudi, procjenjuje se da je približno 430 milijuna radnika zaposleno u tekstilnoj industriji. To znači da je oko 12,6 % globalnog stanovništva sposobnog za rad zaposleno u nekom od sektora tekstilne industrije, od uzgoja prirodnih i razvoja umjetnih resursa potrebnih za izradu tekstilnih proizvoda, preko same izrade tekstilnih tvorevina do planiranja prodaje te dizajniranja budućih proizvoda.[5] Veliki dio radne snage osobito one niže



kvalifikacije, dolazi iz nekih od Azijskih zemalja poput Kine, Indije, Tajlanda i Vijetnama gdje su ujedno i smještene najveća industrijska i plantažna postrojenja za proizvodnju tekstilnih proizvoda. Prema statističkim podacima Međunarodne organizacije rada (International Labour Organization) iz 2019. godine, 65 milijuna radnika zaposlenih u tekstilnoj industriji potječe iz Azije, što predstavlja 75% ukupne svjetske radne snage zaposlene u tekstilnoj industriji.[6] U usporedbi s Azijskim zemljama unutar prostora Europske Unije, tekstilna industrija zapošljavala 1,5 milijuna radnika što predstavlja svega 1,7% ukupne svjetske radne snage.[7] Najveći postotak zaposlenih predstavlja nisko kvalificirana radna snaga obično zaslužna za obavljanje fizički intenzivnih poslova čiji su radni uvjeti uglavnom izrazito loši i neodgovarajući modernim radnim standardima. Ekonomska i gospodarske važnosti te neprestano rastuća potreba modernog globalnog stanovništva za tekstilom učinili su tekstilnu industriju ključnim i nezamjenjivim aspektom globalne ekonomije bez čijeg bi postojanja život modernog čovjeka bio gotovo nezamisliv. [8], [9]

## 1.2 Promjene u tekstilnoj industriji uvjetovane navikama potrošača

Tijekom proteklih nekoliko desetljeća tekstilna industrija doživjela je značajne promjene u gotovo svim sektorima poslovanja i proizvodnje. Sve do 1980-ih godina tekstilna industrija se uglavnom bazirala na masovnoj proizvodnji standardiziranih i niskobudžetnih odjevnih predmeta, što je bilo u skladu s tadašnjim navikama potrošača. Slaba modna osviještenost i generalna nezainteresiranost za modni svijet glavne su karakteristike prosječnog potrošača tog vremenskog razdoblja koji je preferirao lako dostupnu, jeftinu, izdržljivu i jednostavnu odjeću. Značajne promjene u proizvodnji i poslovanju tekstilne industrije pojavljuju se krajem 1980-ih i početkom 1990-ih kada trgovci i proizvođači, počinju na rastuće tržište tekstila plasirati sve veće količine novih tekstilnih proizvoda kako bi zadovoljili potrebe nove modno osviještene skupine potrošača. Kako bi se povećala raznolikost dostupne odjeće te zadovoljile potrebe potrošača dolazi do modifikacija ustanovljenih perioda prodaje odjeće unutar predefiniраниh modnih sezona, te se dodaju nova među sezonska

razdoblja prodaje odjeće. Dodavanjem po nekoliko novih među sezona, počeo se stavljati sve veći pritisak na dobavljače i proizvođače tekstilnih proizvoda da u znatno manjem vremenskom roku isporuče veću količinu novih tekstilnih proizvoda. Ovo vremensko razdoblje obilježeno je usvajanjem mnogih novih poslovnih praksi kao što su preseljenje proizvodnje tekstilnih proizvoda u zemlje s nižim cijenama radne snage (Outsourcing), adaptaciju strategije brzog odgovora na pojavu novih trendova (QRS-Quick Response Strategy) te usvajanje strategije brzog razvoja proizvodnje i prodaje proizvoda (Speed to market). Usvajanje novih praksi proizvodnje i prodaje kao odgovor na konstantno rastuće potrebe sve veće populacije potrošača, dovelo je do pojave izraza “brza moda” odnosno “fast fashion”. Izraz se prvi puta se počinje koristiti krajem 1990-ih za opisivanje poslovnog modela koji je uključivao brzu proizvodnju jeftinih odjevnih predmeta u velikim količinama kako bi se zadovoljili zahtjevi potrošača za najnovijim modnim trendovima. Zahtjevi i navike modernog potrošača znatno su drugačije nego navike prosječnog potrošača prije dva desetljeća. Moderni potrošači često kupuju nekoliko jeftinijih, manje kvalitetnih odjevnih predmeta kako bi zadovoljili svoju potrebu za modnim izražajem i raznolikosti, dok potrošači starijih generacija obično cijene dugotrajnost i kvalitetu te će oni za svoje potrebe kupiti skuplji i dugovječniji odjevni proizvod.[10] Prema podacima iz ankete potrošačkih izdataka američkog ureda za statistiku iz 2021. godine, prosječno američko kućanstvo mjesečno potroši 146 američkih dolara (USD) na kupnju odjevnih predmeta što godišnje iznosi 1,754 američkih dolara (USD).[11] Prosječan potrošač godišnje kupi 16.7 novih odjevnih predmeta te pritom potroši 220 američkih dolara (USD), dok se garderoba prosječnog potrošača u prosjeku sastoji od 77 do 158 odjevnih predmeta.[12] Poslovanja moderne tekstilne industrije koje se usko temelji na predviđanju novih trendova analizom navika i potreba potrošača, omogućile su modernom čovjeku da posjeduje više odjevnih predmeta. Prakticiranjem takvih metoda prodaje učinilo je tržište tekstilom saturirano velikim obujmom jeftinih odjevnih predmeta osrednje kvalitete i kratkog životnog vijeka proizvedenih u ekološki nepogodnim uvjetima. Pretjerana proizvodnja te predviđanje novih trendova kao i neadekvatno gospodarenje tekstilom

deklariranim kao otpad, predstavljaju stvarane i aktualne probleme koji iako su prepoznatu nisu u potpunosti adekvatno adresirani. [13]

### 1.3 Ekološki problemi tekstilne industrije

Tekstilna industrija jedan je od ključnih sektora globalnog gospodarstva, no njezin negativan utjecaj na okoliš predstavlja svakodnevno rastući problem. Za proizvodnju tekstilnih proizvoda industrija se primarno oslanja na uporabu velikih količina prirodnih i kemijskih resursa. Tijekom procesa proizvodnje tekstilnog proizvoda industrija troši goleme količine vode, što može dovesti do opterećenja vodovodnih mreža i privremeni nestanka vode u regijama proizvodnje. Osim iskorištavanja vodnih rezervi industrija je često zaslužna i za kemijsko onečišćenje okoliša ispuštanjem nepročišćene otpadne vode. Proizvodnja tekstila uključuje uporabu raznih kemijskih spojeva poput boja, sredstva za doradu i otapala kojima se nastoje ostvariti željene performanse i osobine finalnog tekstilnog proizvoda. Kemikalije korištene u procesu proizvodnje izrazito su potentne te su često toksičnog karaktera. Nepravilno rukovanje, nedostatak potrebnih sredstava za pročišćavanje te neadekvatno odlaganje dovodi do ispuštanje velike količine otpadnih voda koje zagađuju obližnje izvore voda i okoliš.[14] Tekstilna industrija također značajno doprinosi emisijama stakleničkih plinova, zbog oslanjanja na energetske intenzivne procese obrade i oblikovanja tekstilnih proizvoda. Procesi poput bojanja, tiskanja i dorade zahtijevaju velike količine energije koja se obično dobiva trošenjem nekih od neobnovljivih izvora energije poput fosilnih goriva. Osim izravnog zagađenja okoliša tijekom procesa proizvodnje, tekstilna industrija stvara velike količine tekstilnog otpada. Ostaci obrađene tkanine, sirovi materijali neodgovarajućih svojstava te gotovi tekstilni proizvodi s nekim oblikom defekta deklariraju se kao višak te tretiraju kao otpad. Takvi materijali često budu neadekvatno sanirani i odloženi na lokacije koje nisu pogodne za njihovo odlaganje. Za razgradnju tekstilnog otpada potrebna su desetljeća ili čak stoljeća, a zbog prisustva sintetičkih vlakana i ostalih kemijskih sastava kojima se nastoje poboljšati svojstva tekstilnih vlakana. U procesu razgradnje

dolazi do ispuštanja štetnih plinova u atmosferu i ispiranja zagađivača poput mikroplastike u tlo i vode. Zastarjeli postupci i metode tekstilne proizvodnje, nepravilno postupanje nusproduktima i zagađivačima uzrokovali su nastanak ozbiljnih ekoloških problema koji su često nepravilno ili nedovoljno adresirani. [15], [16]

## 2. Teorijski dio

### 2.1 Utjecaj tekstilne industrije na okoliš

Tekstilna industrija, kao jedan od ključnih pokretača globalnog ekonomskog napretka predstavlja nezaobilazan aspekt svakodnevnog života. Unatoč svojoj važnosti, industrija je istovremeno odgovorna za stvaranje ozbiljnih ekoloških problema zbog čega je problem održivosti industrije sve češće u fokusu znanstvene i javne rasprave. Složena mreža interakcija unutar industrije koja se proteže od uzgoja i sinteze sirovina, preko proizvodnje i distribucije, do konačne potrošnje i odlaganja, utječe na okoliš na različitim razinama. Kompleksna struktura proizvodnog lanca, neprozirnost i decentraliziranost ključnih proizvodnih, distribucijskih i dizajnerskih segmenata industrije dodatno doprinose povećanju ekološkog otiska tekstilne industrije. Iako je proizvodni proces tekstilne industrije uvelike zaslužan za povećanje ekološkog utiska industrije, značajan dio zagađenja odvija se tijekom uporabne faze gotovih tekstilnih proizvoda. [16]

Proizvodnja tekstilnih proizvoda složen je proces koji se proteže kroz niz različitih faza, od dobivanja sirovina do konačne obrade i pripreme za tržište. Svaka faza proizvodnog procesa ima svoje jedinstvene ekološke izazove i utjecaje. Početak proizvodnog lanca započinje uzgojem prirodnih sirovina biljnog ili životinjskog podrijetla poput pamuka i vune ili sintezom sintetičkih vlakana poput poliestera i najlona. Ove aktivnosti često zahtijevaju uporabu značajnih količina prirodnih resursa i neobnovljivih izvora energiju za svoju izvedbu, pridonoseći pritom stvaranju stakleničkih plinova. Nakon uzgoja, dobivena sirovina se tijekom proizvodnog procesa obrađuje i formira u tekstilni proizvod. Proizvodni proces može uključivati procese poput čišćenja sirovih vlakana, pletenja pređe u tkaninu, bijeljenje i bojanje vlakana ili tkanina, rezanje, šivanje i završnu obradu gotovih proizvoda. Sve ove faze mogu imati značajan utjecaj na okoliš, uključujući potrošnju energije, emisije stakleničkih plinova, upotrebu i otpuštanje štetnih kemikalija i otpadnih voda te generiranje otpada. Gotovi odjevni predmeti zatim se transportiraju do tržišta, često putujući preko

velikih udaljenosti doprinoseći daljnjim emisijama stakleničkih plinova. Na kraju svog životnog ciklusa, tekstil se najčešće odlaže na deponije ili se spaljuje, a zbog česte prisutnosti kemijski dobivenih spojeva u strukturnom sastavu tekstilnih proizvoda dolazi do lučenja kemijskih derivata te mikroplastike u tlo i zrak. [16],[17]

Pojava brze mode temeljena na 'uzmi-proizvedi-odbaci' modelu, odnosno linearnom modelu proizvodnje također ima ključnu ulogu u rastućem ekološkom otisku tekstilne industrije. Ovaj model karakterističan za većinu industrija u suvremenoj ekonomiji, uključuje uzimanje resursa, proizvodnju robe, njenu konzumaciju i konačno odbacivanje, utječući pritom na okoliš u svakoj fazi proizvodnje. Ovakav linearni model temelji se na konstantnoj proizvodnji jeftinih i lako dostupnih tekstilnih predmeta s ciljem zadovoljavanja trenutnih trendova, potičući pritom potrošače na čestu kupovinu. Kao rezultat takvog modela proizvodnje i prodaje, tekstilni predmeti se više percipiraju kao prolazna roba koja brzo gubi svoju vrijednost. To dovodi do fenomena 'jednokratne' upotrebe, gdje se mnogi odjevni predmeti nose samo nekoliko puta prije nego što se odbace. Ovakva dinamika proizvodnje i potrošnje ima značajan utjecaj na ekološki otisak cjelokupne tekstilne industrije. Osim što potiče prekomjernu potrošnju resursa u fazi proizvodnje, ona generira i ogromne količine tekstilnog otpada u fazi odbacivanja. S obzirom na kratkotrajnu upotrebu, većina odjevnih predmeta nastala modelom brze mode završava na deponijama ili u spalionicama, pridonoseći emisijama stakleničkih plinova i zagađenju okoliša. [18]

### 2.1.1 Otpadne vode

Tekstilna industrija jedan je od najvećih svjetskih zagađivača vode. Direktnim ispuštanjem zagađenih otpadnih voda u okoliš te indirektnim iscrpljivanjem vodnih resursa tijekom energetski iscrpnih proizvodnih procesa, tekstilna industrija predstavlja ozbiljnu prijetnju globalnim vodnim resursima. Tekstilna industrija je godišnje odgovorna za potrošnju oko 93 milijarde kubičnih metara vode što predstavlja oko 4% ukupne globalne potrošnje vode, ona je također

odgovorna za oko 20% svih industrijskih zagađenja vode. Mnoge faze proizvodnog procesa, od uzgoja sirovina do obrade i dorade krajnjeg proizvoda, zahtijevaju upotrebu značajne količine vode. Primjerice kako bi se proizvela jedna pamučna majica potrebno je 2,700 litara vode, dok je za proizvodnju jednog kilograma pamučnog vlakna potrebno 10 000 litara vode što predstavlja godišnju potrošnju od 250 milijuna tona vode.[19]

#### 2.1.1.1 Otpadne vode nastale tijekom proizvodnje sirovina

Tijekom faze proizvodnje vlakana, voda se primarno koristi kao sredstvo za navodnjavanje polja za uzgoj biljnih vlakana poput pamuka, lana, jute ili konoplje. Zbog česte uporabe pesticida, herbicida i gnojiva u poljoprivrednoj proizvodnji, s ciljem tretiranja bolesti, odbijanja štetnika te reguliranja količine usjeva, često dolazi do kontaminacije voda korištenih za navodnjavanje. Takva kontaminirana vode zatim zagađuje poljoprivredno tlo čineći ga manje pogodnim za daljnju kultivaciju poljoprivrednih dobara, te luči toksične kemijske spojeve u okolne podzemne i nadzemne vode što može imati utjecaj na kvalitetu biljnog, životinjskog i lokalnog stanovništva.[20]

#### 2.1.1.2 Otpadne vode nastale tijekom proizvodnog procesa

Proizvodni procesi pripreme tekstilnih materijal, bojanja i procesi završne obrade gotovih proizvoda, zahtijevaju za svoje uspješno provođenje uporabu značajne količine vode.[21] Procesni proizvodnje bazirani na uporabi vode poput čišćenja, merceriziranja, bijeljenja, bojanja i završne obrade, ključni su postupci obrade vlakana, pređe ili tkanina. Ovim postupcima izmjenjuju se svojstva i karakteristike tekstilnih sirovina kako bi se ostvarila željena svojstva poput povećanog sjaja, otpornosti na trganje, većeg afiniteta prema prihvaćanju bojila i druge karakteristike koje će olakšati izradu finalnog proizvoda.[22]

#### Čišćenje tekstilnih vlakana

Proces čišćenja vlakna jedan je od prvih pripremnih procesa u proizvodnom lancu. Tijekom procesa čišćenja, vlakana se čiste od prirodnih voskova i drugih nečistoća koje bi mogle uzrokovati pojavu nepravilnosti u kasnijim fazama obrade i dorade tekstilnih proizvoda. Vlakna se izlažu vodenim kupkama

obogaćenima alkalijima i deterdžentima poput natrijevog hidroksida i etoksiliranih alkohola, koji djeluju na voskove i nečistoće čineći ih topivim u vodi. Kao rezultat ovog procesa nastale otpadne vode sadrže visoke koncentracije ovih kemikalija, organskih tvari te suspendiranih čestica nečistoće koje su uklonjene iz vlakana. [23]

#### Bijeljenje tekstilnog materijala

Nakon inicijalnog procesa čišćenja i uklanjanja nečistoća tekstilni materijali u obliku vlakana, pređe ili tkanine izlažu se procesu izbjeljivanja. Procesom izbjeljivanja s površine vlakna uklanja se prirodni pigment, mrlje i oštećenja koja mogu utjecati na daljnje procese obrade. Bijeljenjem tekstilnih materijala osigurava se neutralno čista površina koja zbog nedostatka pigmenta ima poboljšana svojstva prihvaćanja bojila tijekom postupka bojanja. Bijeljenje se obično vrši natapanjem tekstilnog materijala u nekom od sredstva za izbjeljivanje. Nakon natapanja s površine tekstilnog materijala vodom se ispiru ostaci sredstva za izbjeljivanje. Ovisno o vrsti tkanine koriste se različita sredstva za izbjeljivanje.[23] Klorni izbjeljivač je najčešće korišteno sredstvo za izbjeljivanje. Karakteristike poput efikasnog uklanjanja pigmenta, široke primjene, lake dostupnosti te mogućnosti primjene u različitim uvjetima rada, učinile su klorni izbjeljivač primarnim sredstvom za izbjeljivanje tijekom proizvodnog procesa tekstilnih proizvoda. Natrijev hipoklorit aktivni je sastojak većine tekućih izbjeljivača, dok je kalcijev hipoklorit obično baza izbjeljivačima u prahu. Zbog svoje abrazivne naravi duga izlaganje tekstilnih materijala klornim izbjeljivačima mogu uzrokovati površinska oštećenja vlakana čime se narušava strukturalni integritet budućih tekstilnih proizvoda. Peroksidni izbjeljivači poput vodikova peroksida, perborata i natrijeva perkarbonata, koriste se kod bijeljenja osjetljivih tkanina. Peroksidni izbjeljivači su obično manje štetni za vlakana i ekološki prihvatljiviji jer se razgrađuju na kisik i druge bezopasne nusprodukte. Natrijev klorid se obično koristi za izbjeljivanje celuloznih vlakana. Zbog mogućnosti stvaranja trajne štete na površini vlakna koristi se u manjim koncentracijama. Natrijev bisulfat se obično koristi za bijeljenje vune i drugih životinjskih vlakna zbog svog blagog djelovanja na površinu vlakana. Otpadne vode nastale tijekom procesa izbjeljivanja, često sadržavaju tragove sredstva za



izbjeljivanje kao i organske materijale iz vlakana. Otpadne vode zagađene klornim izbjeljivačima mogu u svom sastavu sadržavati visoke razine slobodnog klora. Slobodan klor je snažan oksidans koji može imati izuzetno štetan utjecaj na biljne i životinjske vodene ekosisteme. Otpadne vode obogaćene česticama klorinih izbjeljivača mogu reagirati s organskim tvarima u vodi te stvoriti izrazito štetne kemijske spojeve poput kloriranih ugljikovodika, kloroforma, te trihalometana. Osim toga klorini izbjeljivači mogu reagirati s organskim tvarima u vodi i formirati štetne klorirane spojeve poput kloriranog ugljikohidrata, kloroforma te trihalometana. Ovi spojevi vrlo su stabilni što im omogućuje dugotrajnu akumulaciju u okolišu, a neki od njih prepoznati su kao kancerogeni i mogu imati negativan utjecaj na reproduktivni i imunološki sustav životinja i ljudi. Otpadne vode zagađene sredstvom za izbjeljivanje, također mogu uzrokovati promjenu pH vrijednosti prirodne vode. Sredstva za izbjeljivanje često su jake baze, što znači da ispuštanje ovih kemikalija u vodne putove može dramatično promijeniti pH vrijednost vode. Povećana razina pH vrijednosti okolnih voda može štetno utjecati na život vodenih organizama te znatno poremetiti njihove normalne biološke procese. U ekstremnim slučajevima promjena pH vrijednosti voda može dovesti do lokalnog izumiranja životinjskih vrsta, poremećaja u prehrambenom lancu te gubitku biološke raznolikosti. Otpadne vode nastale tijekom procesa bijeljenja mogu utjecati i na kvalitetu tla. Ispuštanjem takvih neočišćenih voda u tlo može doći do promjene strukture tla što negativno utječe što negativno utječe na rast biljaka i mikroorganizama koji održavaju zdravu strukturu tla.[24], [25]

#### Merцерiziranje tekstilnog materijala

U fazi pripreme tekstilna vlakana se često izlažu procesu mercerizacije s ciljem poboljšanja određenih svojstva poput sjaja, glatkosti, otpornosti na trganje i afiniteta prema bojama. Tijekom procesa vlakna se tretiraju namakanje u koncentriranoj natrijevoj lužini uz istovremeno istezanje na sobnoj ili povišenoj temperaturi što uzrokuje oticanje vlakana, promjenu strukture i poravnanje molekula unutar vlakna. Otpadne vode koje nastaju kao rezultat procesa merceriziranja sadrže visoke koncentracije natrijevog hidroksida te ostatke organskih tvari iz vlakana. Zbog korozivnih svojstava natrijevog hidroksida te

visokih koncentracija suspendiranih čestica organske tvari uklonjenih iz vlakana, nastale otpadne vode su toksičnog karaktera te one mogu imati značajan utjecaj na kvalitetu života biljnog i životinjskog svijeta. [23]

### Bojanje tekstilnog materijala

Proces bojenja tekstilnog materijala jedan je od ključnih procesa obrade proizvodnog lancu tekstilnog proizvoda. Proces bojanje najveći je pojedinačni izvor otpadnih voda u proizvodnom procesu tekstilnih proizvoda. Za bojanje jednog kilograma tkanine potrebno je potrošiti od 47 do 57 litara vode.[14]

Bojanje se obično odvija u nekoliko faza odnosno koraka. Prije nanošenja bojila tekstilni materijal se priprema kako bi što efikasnije prihvatio budući pigment. Na površinu pripremljenog tekstilnog materijala se zatim uranjanjem, tiskanjem, prskanjem ili miješanjem nanosi bojilo. Nakon nanošenja bojila tekstilni materijal se tretira sredstvom za fiksiranje čija je uloga osigurati postojanost novo nanesene boje. Fiksiranje se obično postiže kemijskim procesom koji ovisi o vrsti bojila koje se koristi. Ovisno o vrsti tekstilnog materijala koriste se sintetička bojila, kiselinska bojila, bazična bojila, direktna bojila, disperzna bojila, azo bojila, nitro bojila, reaktivna bojila, sumporna bojila, te bojila otopina.[26]

Većina konvencionalnih procesa nanošenja bojila na površinu tekstilnih materijala za svoje uspješno provođenje zahtijevaju uporabu značajne količine vode što dovodi do nastajanja otpadnih voda zagađenih ostacima ne otopljenih čestica bojila. S obzirom na to da se ostaci tekstilnih bojila ne razgrađuju u vodenim otopinama može često dolazi do akumuliranja tih čestica u vodama. Akumulirane čestice bojila mogu blokirati prodor sunčeva svjetla do dna vodenih korita, utječući tako na život biljnih organizama koji se oslanjaju na sunčevu svjetlost za provođenje procesa fotosinteze. Ne mogućnost provođenja fotosinteze može dovesti do smanjenja razina kisika u vodi, što direktno utječe na kvalitetu života vodenih organizama. Nadalje, vodeni organizmi poput riba mogu probaviti neotopljene čestice boja koje se u zatim njihovim tijelima mogu metabolizirati u otrovne kancerogene međuproizvode. Apsorpcija čestice tekstilnih boja u tla vodenih korita mogu uzrokovati dugotrajne kemijske promjene u strukturi i sastavu tla te poremetiti rad mikroorganizama unutar sastava tla. Promjene u mikrofonu i sastavu tla mogu negativno utjecati na rast i

razvoj vodenih biljnih organizama. Osim na vodene organizme otpadne vode zagađene tekstilnim bojama mogu imati utjecaj na kvalitetu i zdravlje života kopnenih životinja i ljudi, direktnim kontaktom s kontaminiranom vodom putem kože ili gutanjem zagađene vode putem oralnog kanala. Izloženost ovim bojama može izazvati niz bolesti, od dermatitisa do problema središnjeg živčanog sustava.[17] Neke azo boje povezuju se s rakom mokraćnog mjehura kod ljudi, a njihovi metaboliti se lako apsorbiraju u crijevima što dovodi do stvaranja otrovnih aminokiselina koja mogu štetno utjecati na probavna i ostala unutarnja tkiva. Bakterije na površini kože sisavca mogu razgraditi čestice azo bojila i kao nusprodukt reproducirati štetne kancerogene amine što može dovesti do odumiranja tkiva i pojave raka kože. Reaktivne boje mogu kod ljudi izazvati razne alergijske reakcije poput kontaktnog dermatitisa, alergijskog. Mnoge tekstilna bojila u svom sastavu sadrže teške metale poput kroma, bakra, cinka i olova, radi ostvarivanja boljeg efekta obojenosti na površini vlakana. Čestice tih teških metala su izrazito toksične čak i u malim koncentracijama one mogu imati značajan negativan efekt na mnoge vrste vodenih i kopnenih organizama. Akumulacija čestica teških metala u tijelima životinjskih organizama i ljudi može prouzročiti probleme sa živčanim sustavom, bubrezima, plućima te probleme s probavnim sustavom. Osim direktnog utjecaja na zdravlje životinjskih organizama, čestice teških metala mogu se apsorbirati u tlo te tako utjecati na biljne organizme. Isparavanje ne razgrađenih kemijskih spojeva bojila u otpadnim vodama, može doprinijeti zagađenju zraka te tako doprinijeti emisijama stakleničkih plinova.[27]

#### Završni tretman tekstilnog materijala

Završna obrada tekstila je proces tijekom kojeg se vlakna, pređa ili tekstilni materijali izlažu nizu mehaničkih ili kemijskih procesa kako bi im se unaprijedio estetski izgled te ostvarila dodatna funkcionalna svojstva. Neka od najčešćih dodatnih svojstva koja se nastoje ostvariti tijekom procesa završne obrade su otpornost na gužvanje, otpornost na prljavštinu, otpornost na vatru, ne mogućnost močenja vodom ili uljem, otpornost na insekte i zaštitu od moljaca, UV zaštita, otpornost na vlagu te povećana postojanost boje. Postupci završne obrade tekstila obično za svoje provođenje zahtijevaju uporabu abrazivnih i

štetnih kemikalija te značajne količine vode. Ispuštanje otpadnih voda zagađenih česticama tih kemikalija mogu imati negativan utjecaj na vodeni i kopneni biljni i životinjski ekosustav.[28] Slično utjecaju otpadnih voda nastalih tijekom procesa bojanja, vode nastale tijekom završne obrade mogu imati utjecaj na aktivu floru i faunu vodenih ekosustava, što može dovesti do znatnog smanjena kvalitete života kopnenih vrsta koje se oslanjaju na iskorištavanje vodnih resursa za preživljavanje. Osim direktnog utjecaja na biljni i životinjski svijet, otpadne vode mogu također doprinijeti zagađenju tla. U ekstremnim slučajevima izloženost ovim otpadnim vodama može kod ljudi izazvati zdravstvene probleme poput hormonalnih poremećaja, probavnih problema i problema s kožom. [17]

#### 2.1.1.3 Otpadne vode nastale tijekom uporabe tekstilnog proizvoda

Tijekom uporabne faze tekstilnog proizvoda, otpadne vode primarno nastaju tijekom procesa održavanja tekstila koji za svoje provođenje zahtjeva uporabu značajne količine vode. Tijekom pranja tekstilnih predmeta, posebno tekstilnih proizvoda sačinjenih od sintetičkih vlakna poput najlona i poliestera, dolazi do ispuštanja mikrovlakana u vodu za pranje. Ovi mikro plastični dijelovi isprani iz odjeće, često prođu kroz ugrađene pročišćivače otpadnih voda te završe u nepročišćeni u okolnim vodama. Ne filtrirane mikro plastične čestice mogu se akumulirati u tijelima vodenih organizama, ometajući njihovu fiziologiju i ponašanje što može utjecati na kompletan prehrambeni lanac vodenih i kopnenih životinja i ljudi. Svake godine više od pola milijuna tona mikrovlakana završava u vodenim tijelima kao rezultat pranja, što je ekvivalentno količini od 50 milijardi plastičnih boca.[29] Osim mikro plastičnog zagađenja, pranje odjeće dovodi do ispuštanja kemikalija iz deterdženta, omekšivača i drugih proizvoda za pranje odjeće u okoliš i vode. Otpadne vode zagađene čestica proizvoda za pranje odjeće mogu uzrokovati eutrofikaciju vodenih ekosustava. Prekomjerna količina hranjive tvari u sastavu otpadnih voda uzrokuje ubrzan rast algi u vodama, što dovodi do smanjenja ukupne količine dostupnog kisika u vodama. Nedostatak kisika može uzrokovati pojavu "mrtvih zona" odnosno područja s niskom razinom kisika gdje većina morskih organizama ne može preživjeti. Prisutnost ovih kemikalija u prirodnim vodama može uzrokovati smrt mnogih

osjetljivih vodnih organizama, uništiti prirodna staništa te poremetiti kompletan vodeni prehrambeni lanac.[14] Kontaminirane otpadne vode mogu uzrokovati promjenu u kvaliteti tla što može ugroziti kvalitetu života kopnenih biljaka. Otpadne vode nastale tijekom uporabne faze mogu također imati utjecaj na zdravlje i kvalitetu života lokalnog stanovništva osobito ukoliko dođe do kontaminacije izvora pitkih voda ili ako se ne tretirana voda koristi kao izvora za navodnjavanje poljoprivrednih usjeva. [17]

### 2.1.2 Emisija stakleničkih plinova

Tekstilna industrija jedan je od najvećih generatora stakleničkih plinova. Svaki segment životnog ciklusa tekstilnog proizvoda doprinosi emisijama stakleničkih plinova. Ovi plinovi nastali kao nusprodukt proizvodnje i uporabe tekstila izravno doprinose globalnom zatopljenju i zagađenju okoliša. Oni uzrokuju dugoročne promjene u vremenskim obrascima, doprinose globalnom zagrijavanju atmosfere i ubrzanom otapanju ledenih kapa što direktno doprinosi povećanju razina svjetskih mora i oceana te uzrokuju pojavu ekstremnih vremenskih uvjeta poput suša, poplava i oluja. Ove promjene fundamentalnih vremenskih obrazaca predstavljaju ozbiljan problem za kompletan ekosustav te mogu imati znatan utjecaj na bioraznolikost i kvalitetu života kompletne flore i faune. Osim na život biljaka i životinja promjene uzrokovane emisijama stakleničkih plinova utječu i na kvalitetu ljudskih zajednica, utječući na poljoprivredu, infrastrukturu, zdravlje i cjelokupnu globalnu dobrobit i kvalitetu života. Prema podacima Međuvladina panel o klimatskim promjenama (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) procjenjuje se da je tekstilna industrija odgovorna za stvaranje 8 - 10% globalne emisije stakleničkih plinova.[30] Prema istraživanju savjetovališta o održivosti Quantis procjenjuje se da je u 2016. godini tekstilna industrija bila zaslužna za emisiju 4.0 giga tona CO<sub>2</sub> što predstavlja 8.1% globalne emisije CO<sub>2</sub>. [31] Prema podacima prikupljenima tijekom provedbe istraživanja tvrtke Carbon Trust iz 2011. navodi se da je uporabna faza životnog ciklusa tekstilnog proizvoda, koja se primarno sastoji od procesa povezanih s održavanjem poput pranja i sušenja, na godišnjoj razini zaslužna za emisiju 0,530 giga tona CO<sub>2</sub>. [32] Novije istraživanje o potrošnji tekstila u Švedskoj iz

2018. ukazuje kako bi uporabna faza tekstila mogla biti odgovorna za 14% ukupnog klimatskog utjecaja tekstila.[17] Upotreba energetski intenzivnih proizvodnih procesa, oslanjanje na neobnovljive izvore energije kao primarno gorivo za pokretanje industrije te promjene u kupovnim navikama i konstantno rastuća potražnja za novim proizvodima glavni su razlozi visokog karbonskog otiska tekstilne industrije. Uzevši u obzir postojeće probleme upravljanja energijom kao i konstantno plasiranje novih proizvoda na već prezasićeno tržište, procjenjuje se da će do 2050. godine tekstilna industrija zauzeti 25% svjetskog ugljičnog proračuna. [14]

#### 2.1.2.1 Emisija stakleničkih plinova tijekom proizvodnog proces

Do emisija stakleničkih plinova dolazi u svakom segmentu proizvodnje tekstila, od uzgoja i sinteze sirovina do finalne obrade i transporta gotovih proizvoda. Razlog visokog ugljičnog otiska tekstilne industrije tijekom proizvodnog procesa je uporaba značajne količina energije za provođenje ključnih proizvodnih procesa, dok je intenzitet emisija direktno povezan s izvorom odnosno načinom dobivanja energije. Proizvodni pogoni smješteni u nekim od azijskih zemalja poput Kine, Indije ili Vijetnama koji se oslanjaju na izgaranje ugljena kao glavni izvor energije, stvaraju do 40% posto veći ugljični utisak od Europskih proizvođača koji se za pokretanje svojih proizvodnih pogona oslanjaju na održive izvore energije. Inicijalna faza proizvodnje prirodnih ili sintetičkih tekstilnih vlakana, zaslužna je za emisiju najznačajnijih količina stakleničkih plinova. U skladu s promjenama na tržištu i navikama potrošača, globalna proizvodnja tekstilnih vlakana u vremenskom razdoblju od 2010. do 2020. gotovo se udvostručila od 58 milijuna tona do 109 milijuna tona.[33] Proizvodnja prirodnih vlakana poput pamuka, oslanja se na uporabu sintetičkih gnojiva i pesticida. Stvaranje ovih agrokemikalija izuzetno je energetski intenzivan proces ovisan o fosilnim gorivima, tijekom kojeg dolazi do izgaranja značajnih količina stakleničkih plinova osobito ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Nakon tretiranja nanesene čestice gnojiva i pesticida isparavaju pri čemu dolazi do ispuštanja dušikovog oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) u atmosferu, plina koji je gotovo 300 puta intenzivniji od ugljikovog dioksida. Različiti načini uzgoja različito doprinose emisijama stakleničkih plinova. Primjerice, tijekom konvencionalnog uzgoja pamuka dolazi

do 3,5 puta više emisija CO<sub>2</sub> nego tijekom uzgoja organskog pamuka, međutim organski uzgojen pamuk obično zahtijeva uporabu veće količine vode tijekom prerade i obrade.[17] Proteklih je godina uporaba sintetički stvorenih vlakana zbog svojih pogodnih funkcionalnih karakteristika te niske cijene dobivanja, eksponencijalno porasla te je poliester nadmašio pamuk kao najraširenija i najviše upotrebljavana tekstilna tkanina. Emisije stakleničkih plinova tijekom sinteze sintetičkih vlakana znatno su veće od emisija nastalih tijekom uzgoja prirodnih vlakana. Sintetička vlakna proizvode se preradom fosilnih goriva poput rafiniranih naftnih proizvoda. Procesi povezani s proizvodnjom sintetičkih tkanina poput vađenja sirovina, rafiniranja naftnih derivata te prerade rafiniranih derivata u polimere, emitiraju tijekom izvođenja značajne količine ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>), sumporovog heksafluorida (SF<sub>6</sub>) i hidrofluorouglijka (HFC) koji dodatno doprinose globalnom zagrijavanju atmosfere. Primjerice tijekom proizvodnje jedne majice izrađene od poliesterskih vlakana ispusti se 5,5 kilograma ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>), dok se tijekom proizvodnje iste majice od pamuka ispusti 2,1 kilograma ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu.[34] Proizvodnja polusintetičkih vlakana poput rajona, dakrona i najlona također ima značajan utjecaj na emisiju stakleničkih plinova. Glavna komponenta polusintetičkih vlakana poput rajona je drvena pulpa. Proces proizvodnje drvene pulpe uključuje korake poput rušenja šuma, transporta te prerade polugotove drvene sirovine, tijekom kojih zbog oslanjanja na uporabu neobnovljivih izvora energije za pokretanje mehanizacije dolazi do emisija stakleničkih plinova. Krčenje šuma drugi je najveći doprinositelj globalnoj emisiji stakleničkih plinova, te se procjenjuje da 30% drvene pulpe korištene za proizvodnju polusintetičkih vlakana dolazi iz ugroženih prašumskih područja.[35] Ostali proizvodni procesi poput obrade vlakana, predenja, tkanja, bojanja finalne obrade doprinose emisijama stakleničkih plinova trošenjem energije proizvedene izgaranjem neobnovljivih izvora energije.

#### 2.1.2.2 Emisija stakleničkih plinova tijekom uporabe tekstila

Emisije stakleničkih plinova tijekom uporabnog segmenta tekstilnog proizvoda usko su povezane s provođenjem procesa namijenjenih održavanju tekstila poput strojnog pranja i sušenja te peglanja. Povezanost ovih procesa s

emisijama stakleničkih plinova prvenstveno leži u načinu na koji se energija potrebna za pokretanje i uspješno provođenje tih procesa dobiva.[14] Strojno pranje pomoću perilice za rublje jedan je od najčešćih načina održavanja tekstila. Ono za svoju uspješnu provedbu zahtjeva uporabu energije dobivene iz više različitih izvora. Ako se za pokretanje perilice koristi električna energija dobivena izgaranjem neobnovljivih izvora energije poput ugljena ili prirodnog plina, tada provedba ovog procesa direktno doprinosi emisijama CO<sub>2</sub>. Slično proizvodnji električne energije, ako se voda potrebna za provođenje strojnog pranja zagrijava pomoću bojlera izgaranjem neobnovljivih izvora energije tada proces pranja doprinosi emisijama stakleničkih plinova. Izgaranjem prirodnog plina dolazi do direktnog oslobađanja CO<sub>2</sub> u atmosferu, dok električni grijači doprinose emisijama ako se električna energija potrebna za pokretanje grijača proizvodi izgaranjem fosilnih goriva. Ostali procesi održavanja tekstila koji uključuju uporabu uređaja poput glačala i strojnih sušilica, dijele istu poveznicu između emisijama stakleničkih plinova i načina na koji se dobiva energija potrebna za pokretanje tih uređaja. Zbog svoje niske energetske iskoristivosti i nedovoljne efikasnosti, sušilice se često smatraju najvećim pojedinačnim doprinositeljima emisija stakleničkih plinova od svih uređaja za održavanje tekstila.[17] Emisijama stakleničkih plinova u uporabnoj fazi također doprinosi generiranje i zbrinjavanje tekstilnog otpada. Nakon što tekstil više nije u mogućnosti ispunjavati svoju primarnu funkciju on se tretira kao otpad te odlazi na zato predviđena odlagališta. Promjene navika potrošača kao i pretjerana proizvodnja novih tekstilnih proizvoda kako bi se zadovoljila globalna potražnja za novim tekstilom, doprinijele su smanjenju prosječnog životnog vijeka tekstilnog proizvoda. Skraćeni životni uzrokuje ubrzano gomilanje tekstilnog otpada na odlagališta otpada, a kako bi se osigurao prostor za odlaganje novog brzo nastalog otpada većina tekstilnog otpada se spaljuje što doprinosi emisijama stakleničkih i drugih toksičnih plinova u atmosferu. Uz tekstil koji je izgubio svoju primarnu funkciju, značajna količina tekstilnog otpada sačinjena je od neuspješno planiranog nikad nošenog tekstila. Ova vrsta tekstila predstavlja posebnu prijetnju za okoliš, jer je za njegovu proizvodnju iskorištena značajna količina prirodnih resursa i energije samo kako bi on bio tretiran kao tekstilni



otpad te u konačnici spaljen čime dodatno doprinosi ispuštanju stakleničkih plinova te sveukupnom ekološkom zagađenju tekstilne industrije. [36]

### 2.1.3 Kemijsko zagađenje

Kemijsko onečišćenje uzrokovano primarno proizvodnjom tekstilnih proizvoda predstavlja ozbiljan ekološki problem. Tekstilna industrija se oslanja na uporabu više od 15,000 različitih kemikalija u gotovo svim fazama proizvodnog procesa od proizvodnje tekstilnih vlakana do finalne obrade gotovih proizvoda.[37] Proizvodnja tekstilnih vlakna osobito pamučnih vlakana, uključuje opsežnu uporabu agrokemikalija poput pesticida, insekticida, herbicida, fungicida te regulatora rasta koje često negativno utječu na kvalitetu tla i zdravlje ljudi i životinja. Prema procjenama Pesticide Action Network UK, tekstilna industrija približno koristi 6% globalne proizvodnje pesticida za tretiranje usjeva, oko 16% globalne proizvodnje insekticida, oko 4% herbicida, regulatora rasta, sredstva za sušenje i defolijanata te 1% fungicida.[38] Opsežna uporaba agrokemikalija može kod ljudi osobito radnika koji često tijekom rukovanja ovih kemikalija nemaju odgovarajuću zaštitnu opremu, uzrokovati niz zdravstvenih problema poput mučnine i proljeva, respiratornih bolesti te rak. Akutno trovanje pesticidima može prouzročiti ozbiljne neurološke i reproduktivne probleme poput neplodnosti, nepravilnog porađanja te pojave urođenih mana kod novorođenčadi. Višak agrokemikalija koji ne ostvari pravilan kontakt s biljkom iscjeđuje se u tlo što može imati negativan utjecaj na kvalitetu tla. Natapanjem tla agro kemikalijama ometa se izvođenje ključnih bioloških procesa korisnik mikroorganizama prisutnih u sastavu tla što ima direktan utjecaj na plodnost i kvalitetu poljoprivrednog tla. Nadalje prekomjerno izlaganje tla ovim kemikalijama može uzrokovati potpunu eliminaciju dobroćudnih biljaka i insekata učinivši tlo gotovo neupotrebljivim za poljoprivredno iskorištavanje. Proizvodnja tekstilnih proizvoda osobito segmenti proizvodnje usmjereni na obradu i pripremu tekstilnih vlakna te finalnu doradu gotovih i polugotovih proizvoda, također se oslanja na uporabu značajnih količina kemikalija. Procesi povezani s pripremom tekstilnih vlakana poput pređenja i tkanja te procesi

mokre prerade poput čišćenja, bijeljenja, merceriziranja, bojanja te procesi finalne obrade, najviše doprinose kemijskom zagađenju. Kemikalije koje se koriste tijekom ovih procesa, uključujući maziva, ubrzivače, otapala, izbjeljivače, površinski aktivne tvari, omekšivače, boje, sredstva protiv pjenjenja i vodo odbojne tvari. Na primjer, prosječno postrojenje usmjerena isključivo na finalnu obradu tekstila smješteno u Europi, potroši gotovo 466 grama kemikalija kako bi obradilo kilogram tekstila, iako je 80% tekstila obrađenog u Europi proizvedeno izvan granica Europske Unije.[17] Loša javna dostupnost podataka te decentraliziranost ključnih postrojenja za proizvodnju tekstila, dodatno otežavaju formiranje precizne procjene stvarne količine kemikalija korištenih tijekom proizvodnje tekstilnih proizvoda. Ograničena dostupnost odnosno nepostojanje ispravnih i ažurnih podataka o pravilnom rukovanju i odlaganju kemikalija korištenih tijekom proizvodnje dodatno doprinosi kemijskom zagađenju tekstilne industrije. Istraživanje Švedske kemijske agencije KEMI s ciljem utvrđivanja opasnosti kemikalija korištenih tijekom proizvodnje tekstila, utvrdilo je da je od približno 2,400 ispitanih kemikalija, otprilike 10% ispitanih ima negativan utjecaj na ljudsko zdravlje, dok 5% ispitanih kemikalija ima negativan utjecaj na okoliš.[39] Funkcionalne kemikalije poput azo bojila izravne i kisele primjene te umjetno stvoreni mirisi, imaju najveći negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Azo boje izravne primjene mogu povećati rizik od raka i imati negativan učinak na pravilan rast i razvoj, dok azo boje kisele primjene i mirisi mogu doprinijeti razvoju alergijskih reakcija. Preko 200 alergeni tvari povezanih s tekstilom, uključujući kisele boje, mogu značajno pridonijeti alergijskim reakcijama kože.[26] Osim na ljudsko zdravlje azo boje izravne i kisele primjene kao i kemikalije korištene tijekom procesa finalne obrade imaju negativan utjecaj na okoliš. Čestice tih kemikalija često su kancerogenog karaktera zbog čega mogu negativno utjecati na reproduktivne i probavne sustave životinjskih organizama te kvalitetu biljnih organizama. Neke od ovih kemikalija mogu se akumulirati u bio organizmima te tako širiti globalno, što može rezultirati štetnim učincima kemijskog zagađenja i u regijama koje nisu povezane s proizvodnjom i potrošnjom tekstila. Zbog prisustva vode kao glavnog posrednog medija tijekom izvođenja procesa koji uključuju uporabu

kemikalija, kemijsko zagađenje se ostvaruje ispuštanjem otpadnih voda zagađenih česticama neobrađenih kemikalija, iako do kemijsko zagađenje može doći i bez prisustva vode kao posrednog sredstva direktnim ispuštanjem ne tretiranih kemikalija u okoliš. Dio kemijskog zagađenja za koji je industrija također odgovorna odvija se tijekom uporabne faze tekstilnog proizvoda. Strojno pranje ujedno i primarni način održavanja tekstilnih proizvoda, glavni je izvor kemijskog zagađenja tijekom uporabne faze. Do zagađenja dolazi ispuštanjem otpadnih voda zagađenih česticama deterdženata i ostalih sredstava za održavanje tekstila, nastalih kao nusprodukt strojnog pranja. Izloženost te probava otpadnih voda zagađenih kemijskim supstancama može negativno utjecati na zdravlje ljudi i životinja te izazvati pojavu niza bolesti asociranih s probavnim sustavom. Taloženje ovih kemikalija može uzrokovati promjene u sastavu tla što može dovesti do odumiranja mikro i makro flore te smanjenja bioraznolikosti lokalnih ekosustava. [36]

## 2.2 Tekstilni otpad

Svjetska tekstilna industrija zaslužna je za proizvodnju značajne količine otpada. Godišnje se proizvede oko 92 milijuna tona tekstilnog otpada što predstavlja 7% ukupne količine globalnog otpada.[40] Tekstilni otpad moguće je klasificirati u dvije glavne skupine kao pred potrošački tekstilni otpad nastao tijekom procesa proizvodnje, te post potrošački tekstilni otpad sačinjen od gotovih tekstilnih proizvoda koji se tretiraju kao otpad zbog nemogućnosti ispunjavanja svoje primarne svrhe. Proizvodni lanac tekstilne industrije sastoji se od niza tehnološki povezanih procesa, kod kojih zbog načina na koji se postupa sa sirovinom, polugotovim i finalnim proizvodom dolazi do generiranja tekstilnog otpada.[41] Tekstilni otpad generira se od samog početka proizvodnog procesa tijekom prerade sirovina, preko oblikovanja pletenjem rezanjem ili šivanjem do dorade finalnog proizvoda bojanjem i tiskanjem. Uz specifičnost tehnoloških procesa proizvodnje, ljudski faktor također ima veliku ulogu u nastanku tekstilnog otpada tijekom proizvodnog procesa. Ljudska intervencija je potrebna u mnogim fazama proizvodnje, od rezanja i šivanja do

obrade i dorade, a vještine i znanja rada sa strojevima i alatima radnika direktno utječu na količinu generiranog otpada. Dio tekstilnog otpada nastalog tijekom proizvodnje moguće je ponovno upotrijebiti kao sirovinu za tekstilne proizvode niže kvalitete, dok se neupotrebljivi ostaci i sirovina spaljuju ili odlažu na smetlišta. Modernizacijom procesa proizvodnje kao i pravilnom edukacijom radnog osoblja s naglaskom na prakticiranje održivih praksi proizvodnje moguće je značajno smanjiti generiranje tekstilnog otpada za vrijeme proizvodnog procesa. Veći dio sveukupnog tekstilnog otpada nastaje u post potrošačkom razdoblju životnog ciklusa tekstilnog predmeta. Od ukupne količine proizvedenog tekstilnog otpada 87% završi na javnim odlagalištima smeća, 20% je prikupljeno za ponovnu uporabu, a samo 1% je reciklirano ili prenamijenjeno u novi upotrebljiv proizvod.[40] Tekstilnom otpadu potrebno od nekoliko desetljeća do stoljeća da se u potpunosti razgradi, a zbog prisutnosti kemijskih spojeva u sastavu tekstilnih proizvoda tijekom procesa dekompostacije često dolazi do ispuštanja toksičnih čestica i para u tlo i atmosferu. [14], [17]

### 2.2.1 Pred potrošački tekstilni otpad

Pred potrošački tekstilni otpad odnosi se na otpad koji nastaje tijekom proizvodnje i distribucije tekstila, prije njegove isporuke do krajnjeg potrošača. Rezultati istraživanja pokazuju da se tijekom proizvodnje tekstila u posijeku od 25% do 30% tekstila odbaci kao otpad.[42] Procesu povezani s obradom i formiranjem tekstilnih vlakana poput pređenja, tkanja, pletenja te procesi povezani s obradom formirane tekstilne tkanine poput rezanja, šivanja, bojanja, tiskanja i finalne obrade, stvaraju tekstilni otpad kao nusprodukt proizvodnje. Tekstilni otpad nastao izvođenjem ovih operacije uključuje ostatke tekstilnih vlakana nastalih tijekom prednje, neiskorištene ostatke pogrešno obrađene ili odbačene pređe tijekom pletenja i tkanja, oštećene ili nepravilno tretirane tekstilne tkanine nastale tijekom procesa pripreme i obrade, ostatke polugotovih proizvoda odbačenih tijekom rezanja uzorka, oštećene ili neispravno sašite polugotove i gotove proizvode te nikad korištene gotove proizvode nastale kao posljedica prekomjerne proizvodnje.[43] Tekstilni otpad u obliku otpadnih vlakana prvenstveno nastaje prilikom pređenja tekstilnih vlakana u pređu.

Nastala otpadna vlakna se prikupljaju te ovisno o njihovim funkcionalnim karakteristikama poput duljine, čvrstoće i kompatibilnosti, ponovno upotrebljavaju za proizvodnju reciklirane pređe, odbacuju ili spaljuju. Ovisno o načinu proizvodnje otpadna tekstilna vlakna moguće je kategorizirati u tri skupine: prirodna (npr. pamuk i svila), sintetička (npr. poliester i najlon) i miješana otpadna tekstilna vlakna sačinjena od spoja više vrsti vlakana (npr. poliester-pamuk). Tekstilni otpad u obliku pređe nastaje tijekom tkanja i pletenja pređe u polugotovi tekstilni proizvod. Otpadnu pređu je ovisno o postojanju funkcionalnih karakteristikama kao što su duljina tekstilnih vlakana, čvrstoća, čistoća i sposobnost za homogeno miješanje te miješanje na temelju stanja i sastava, ponovno iskoristiti u proizvodnji recikliranog tekstilnog materijal, odbaciti ili spaliti. Ovisno o sastavu tekstilnih vlakna otpadne pređu moguće je klasificirati u tri skupine: prirodna otpadna pređa sačinjena od pamuka, jute, lana ili svile, umjetno stvorena ili sintetička pređa sačinjena od poliester, najlona i drugih umjetno stvorenih vlakna, te miješana otpadna pređa sačinjena od mješavine prirodnih i sintetičkih vlakna poput pamučno-poliesterskih vlakana te poliestersko-viskozni vlakna. Segment tekstilne proizvodnje usmjeren na promjenu estetskih i funkcionalnih svojstva kemijskom i mehaničkom obradom, zaslužan je za stvaranje više vrsta tekstilnog otpada. Procesi obrade poput bijeljenja, merceriziranja i bojanja oslanjaju se na uporabi vode i kemikalija za svoje uspješno provođenje, tijekom kojih dolazi do otpuštanja tekstilnih vlakana s površine tkanina. Zbog dugotrajne izloženosti agresivnim kemikalijama funkcionalna svojstva otpadnih vlakana su narušena te se ona ne mogu ponovno upotrijebiti. Veći udio tekstilnog otpada nastalog tijekom ovog segmenta proizvodnje predstavlja polugotovi otpadni tekstilni materijal. Otpadom se smatra sav tekstilni materijal koji sadrži neki oblik fizičkog oštećenja nastalog tijekom obrade ili nije pravilno obrađen prema specifikacijama naručitelja. Zbog svoje polugotove naravi značajan dio tekstilnog otpada nastalog tijekom ove faze proizvodnje moguće je ponovno iskoristiti. Pogrešno tretiran tekstilni materijal moguće je prenamijeniti kao industrijski tekstil, prodati kao tekstil niže kvalitete te reciklirati i ponovno upotrijebiti u proizvodnom procesu kao reciklirani tekstil.[44] Segment

proizvodnje tijekom kojeg se polugotovi materijal obrađuje u gotov proizvod, značajno doprinosi nastanku otpada u obliku tekstilnog materijala. Proces rezanja tekstilnog materijala u odgovarajući oblik prema unaprijed određenim šablonskim uzorcima, najviše doprinosi stvaranju tekstilnog otpada tijekom segmenta sklapanja tekstilnog proizvoda. Značajne količine tekstilnog otpada nastalog tijekom rezanja moguće je prenamijeniti kao industrijski tekstil ili reciklirati te iskoristiti za proizvodnju novog tekstilnog materijala. Osim tekstilnog otpada nastalog tijekom proizvodnje, sve veći ekološki problem predstavlja otpad u obliku potpuno novih nikad nošenih tekstilnih predmeta. Odjevni predmeti koji nisu uspješno prodani, ili su vraćeni proizvođaču zbog postojanja nekog oblika nepravilnosti, tretiraju se kao tekstilni otpad iako njihove funkcionalne karakteristike nisu narušene.[42] Promjene u navikama potrošača kao i nastojanje globalnih proizvođača tekstila da predvide buduće modne trendove kako bi kapitalizirali od činjenice da su na tržište prvi isporučili potpuno novi proizvod, dovode do prekomjerne proizvodnje novih tekstilnih artikala. Rezultat prakticiranja ovakvog poslovnog modela je pojava mrtvih zaliha, naizgled savršeno funkcionalnih tekstilnih proizvoda koji se zbog nemogućnosti obavljanja njihove primarne funkcije odbacuju kao tekstilni otpad.[14] Ova vrsta tekstilnog otpada predstavlja daleko najozbiljniji ekološki problem, jer je za njezinu proizvodnju utrošena značajna količina prirodnih i energetske resursa samo kako bi ona naposljetku bila odbačena kao otpad dodatno pridonoseći zagađenju okoliša. Nastanak pred potrošačkog otpada osobito tijekom proizvodnog procesa gotovo je neizbježan, njegovu nastanku doprinose razni faktori poput složene i decentralizirane strukture proizvodnog lanca, uporaba zastarjele i neefikasne mehanizacije, nedovoljna edukacija radnog osoblja te generalno prioritiziranje ostvarenje što veće monetarne dobiti bez ulaganja u održivost proizvodnog lanca. Adaptacijom održivih modela proizvodnje poput lean proizvodnje, edukacijom radnog osoblja o pravilnom postupanju s tekstilom tijekom ključnih operacija proizvodnje te modernizacijom neefikasnih strojeva, moguće je doprinijeti smanjenju nastanka tekstilnog otpada tijekom proizvodnje. [17]

### 2.2.2 Post potrošački tekstilni otpad

Post potrošačkim tekstilnim otpadom se smatra sav otpad nastao tijekom uporabne faze životnog ciklusa tekstilnog proizvoda. Tekstilni otpad nastao nakon potrošnje prvenstveno se sastoji od tekstilnih proizvoda koje potrošač smatra nepotrebnima. Strogo govoreći otpadom se mogu smatrati svi tekstilni predmet koji više ne mogu ispunjavati svoju glavnu svrhu zbog istrošenosti ili oštećenja uzrokovanog dugotrajnim nošenjem. Adaptacija poslovnog modela brze mode kao prevladavajućeg načina plasiranja tekstila na tržište, uzrokovale su kod potrošača drastične promjene u kupovnim navikama i postupanju s tekstilnim proizvodima. Mogućnost kupnje novih i uvijek aktualnih tekstilnih predmeta po razumnim cijenama, uzrokovalo je kod potrošača promjenu u odnosu i percipiranju važnosti tekstila. Pogodnosti poslovnog modela brze mode omogućile su modernom potrošaču da posjeduje veću količinu raznovrsnih tekstilnih predmeta bez značajnih monetarnih ulaganja. Posljedica ovih potrošačkih praksi je smanjenje očekivanog životnog vijeka tekstila te stvaranje pogrešne percepcije o stvarnoj vrijednosti tekstilnih predmeta. Promjene u temeljnim vrijednostima kao i potrošačke prakse u konačnici rezultiraju stvaranjem tekstilnog otpada.[45] Platežna moć kao i kvaliteta životnog standarda prosječnog stanovnika utječu na količinu nastalog tekstilnog otpada. Zemlje s višim životnim standardom proizvode u prosjeku 43,4 kilograma tekstilnog otpada po osobi, dok zemlje s nižim životnim standardom u prosjeku proizvode 25 kilograma tekstilnog otpada po osobi.[42] Podacima Agencije za zaštitu okoliša Sjedinjenih Država (EPA - Environmental Protection Agency) ukazuju da je tijekom 2018. godine proizvedeno nešto više od 17 milijuna tona tekstilnog otpada na prostorima Sjedinjenih Američkih Država što predstavlja 5,8% ukupno proizvedenog otpada te godine.[46] U usporedni s podacima o nastanku tekstilnog otpada tijekom 1960-ih godina zabilježen je gotovo deseterostruki rast u količini nastalog tekstilnog otpada.[47] Tekstil proglašen otpadom se obično odlaže na odlagališta otpada, reciklira ili spaljuje u spalionicama. Najčešći i ujedno najjeftiniji način postupanja s tekstilnim otpadom nastalim nakon potrošnje je njegovo odlaganje na odlagalištima otpada. Odlaganje tekstilnog otpada na odlagališta otpada predstavlja

neodrživo rješenje za sve veći ekološki problem tekstilnog otpada. Dugoročna akumulacija tekstilnog otpada na odlagalištima može negativno utjecati na kvalitetu života i zdravlje lokalnog stanovništva te doprinijeti smanjenju bioraznolikosti lokalne flore i faune. Postepenom razgradnjom tekstilnog otpada dolazi do nastanak i emisije stakleničkih plinova metana i ugljičnog dioksida u atmosferu, čime se zagađuje okolni zračni prostor i pridonosi globalnom zagrijavanju atmosfere. Osim zagađenja zraka, razgradnja tekstilnog otpada doprinosi i zagađenju tla. Kemijske ocedne vode koje nastaju kao nusprodukt procesa razgradnje mogu uzrokovati promjenu sastava tla učinivši tlo neplodnim i neupotrebljivim te onečistiti prirodne tokove podzemnih i nadzemnih voda.[48] Kako bi se osigurao prostor za skladištenje neprestano rastućih količina otpada koji uključuje i tekstilni otpad potrebno je alocirati značajnu količinu prirodne površine. Prilikom alokacije zemljišta za izgradnju odlagališta otpada često dolazi do uništenja postojećih prirodnih staništa čime se narušava biološka ravnoteža postojeće prirode i faune. Problem odlaganja tekstilnog otpada predstavlja ozbiljan ekološki problem koji za svoje suzbijanje zahtijeva koordinirani angažman mjerodavnih službi, interesnih skupina i potrošačkog društva. Pravilnom edukacijom potrošača o utjecaju tekstilnog otpada na okoliš te promicanjem održivih praksi postupanja s tekstilom utemeljenih na načelima ponovne upotrebe, smanjenja potrošnje i recikliranja moguće je pridonijeti smanjenju nastanku novih količina tekstilnog otpada te pridonijeti smanjenju ekološkog otiska tekstilne industrije. [49]

### 2.3 Mjere smanjenje ekološkog utiska tekstilne industrije

Sve veća globalna zainteresiranost za prevenciju negativnog utjecaja tekstilne industrije na okoliš, naveli su zakonodavne organe, interesne skupine i proizvođače tekstilnih proizvoda na pronalaženje i adaptaciju novih i inovativnih ekološki prihvatljivijih načina proizvodnje, distribucije i odlaganja tekstilnih proizvoda. Kako bi se ekološki otisak industrije uistinu smanjio potrebno je ostvariti predstaviti mjere i rješenja koja će se primijeniti na kompletan proizvodni lanac uključujući i uporabnu fazu tekstilnih proizvoda te odlaganje.



Jedno od najefektivnijih rješenja je adaptacija kružnog modela proizvodnje i uporabe, koji uključuje oblikovanje i proizvodnju ekološki prihvatljivih i održivih tekstilnih proizvoda s namjerom ponovne uporabe i recikliranja.[50] Uporabom ekološki pogodnih materijala poput organskog bio pamuka i recikliranog poliestera umjesto standardnih sirovina za čiji su uzgoj, proizvodnju i tretiranje potrebne velike količine prirodnih resursa, energije te kemijskih sredstava, može doći do znatnog smanjenja utjecaja industrije na okoliš već u inicijalnoj fazi proizvodnje sirovina.[17] Modernizacijom energetski intenzivnih procesa prerade i obrade sirovina, uporabom manje abrazivnih kemijskih spojeva na bazi enzima te ponovnom uporabom otpadnih voda u procesu bojanja samo su neke od mjera kojima se može smanjiti ekološki otisak industrije u procesu proizvodnje. Mnogi svjetski brendovi također su počeli uvoditi etičke standarde u svoje poslovanje, čime se osigurava da su radnici u cijelom lancu proizvodnje pravilno plaćeni i da rade u sigurnim uvjetima. Uz to, neke organizacije i vlade širom svijeta počele su poduzimati mjere kako bi smanjile negativni utjecaj tekstilne industrije, poput uvođenja poreza na tekstilne proizvode i ograničavanja uporabe kemijskih sredstava u proizvodnji.[51] Iako je uvođenje novih praksa i regulacija kako bi se proizvodni proces modernizirao i učinio održivijim, do značajnih zagađenja dolazi i tijekom uporabnog procesa tekstilnog proizvoda. Promicanje i prakticiranje spore mode odnosno kupovanja i korištenje manje odjevnih predmeta više kvalitete, pravilnom edukacijom potrošača o teškoćama i problemima u procesu izrade tekstilnih proizvoda, te uporabom ekoloških naljepnica i certifikata kojima bi se prikazala razina ekološke održivosti pojedinog proizvoda može se pridonijeti znatnom podizanju svijesti generalnog društva o utjecaju industrije na okoliš. Promicanjem održivih praksi poput ponove uporabe i prerade tekstilnih proizvoda, pravilnog odlaganja i recikliranja te doniranja nepotrebnog tekstila može doći do znatnog smanjenja tekstilnog otpada koji je često neadekvatno saniran.[52] Koordiniranom edukacijom generalnog potrošačkog društva o ekološkom utjecaju tekstilne industrije i uvođenjem zakonodavnih mjera usmjerenih na održive procese proizvodnje moguće je ovu industrijsku granu usmjeriti prema boljoj ekološkoj održivosti u skladu s novim društvenim normama i postupanjima. [17]

### 2.3.1 Model kružnog gospodarenja

Suvremena tekstilna industrija uključujući proizvodnju, uporabu i odlaganje tekstila, prvenstveno se bazira na zastarjelom i neodrživom linearnom modelu gospodarenja. Ovakav linearni pristup proizvodnji i distribuciji omogućio je proizvođačima tekstila da na efikasan i isplativ način bez znatnih ulaganja zadovolje neprestano rastuće potrebe potrošača za novim tekstilnim artiklima. Linearni model gospodarenja temelji se na “uzmi-iskoristi-odloži” principu, gdje se prirodni resursi i energija koriste kako bi se proizveo proizvod koji će nakon što zadovolji potrebe potrošača i postane neupotrebljivim biti odbačen kao otpad. Ovaj model poslovanja iako učinkovit u kratkoročnom kontekstu, često zanemaruje ključne aspekte održivosti, prekomjerno iskorištava neobnovljive izvore energija i prirodne resurse, pridonosi akumulaciji otpada te negativno utječe na okoliš stvaranjem zagađenja u svakoj fazi proizvodnje i uporabe. Ekološki problemi i izazovi koji se javljaju kao posljedica linearnog modela poslovanja, mogu se riješiti usvajanjem kružnog modela gospodarenja u proizvodnji i upotrebi tekstila.[53] Kružno gospodarenje predstavlja inovativan pristup upravljanja resursima i proizvodnji baziran na načelima “smanji-ponovno iskoristi-recikliraj” (3R-Reduce, Reuse, Recycle) promičući usvajanje održivih praksi kako bi se smanjio negativan utjecaj proizvoda na okoliš tijekom svih faza njegovog životnog ciklusa.[54] U kontekstu tekstilne industrije, koja je tradicionalno jedna od najvećih zagađivača okoliša i potrošača prirodnih resursa, kružno gospodarenje predstavlja holističko rješenje problema neodrživosti industrije zbog svoje mogućnosti istovremenog rješavanja više različitih izvora problema. Osnovna načela kružnog gospodarstva “smanji ,ponovno iskoristi, recikliraj”, moguće je primijeniti u svim fazama životnog ciklusa tekstilnog proizvoda. U fazi proizvodnje, integracija kružnog gospodarenja može biti u obliku adaptacije ekološki prihvatljivih materijala i sirovina u obliku organskog pamuka, biološki razgradivih sintetičkih materijala ili potpuno odbacivanje sintetički stvorenih vlakana. Automatizacijom ključnih proizvodnih procesa te edukacijom radnog osoblja moguće je smanjiti nastanak tekstilnog otpada tijekom proizvodnje. Prestanak oslanjanja na fosilna goriva kao glavni izvore energije te prelazak zelenu energiju iz obnovljivih izvora

energije može doprinijeti značajnom smanjenju emisija stakleničkih plinova. [54] Uporabna faza kao i faza odlaganja usko su povezani segmenti životnog ciklusa tekstilnog proizvoda. Potrošačke navike te generalan odnos prema tekstilnim proizvodima, direktno utječu na stvaranje otpada. Pravilna edukacija o ekološkom utjecaju industrije kao i promicanje održivih praksi postupanja s tekstilom, mogu doprinijeti smanjenju tekstilnog otpada i usvajanju novih potrošačkih navika.[52] Iako promjene u navika potrošača mogu pridonijeti smanjenju otpada, potpuni nestanak tekstilnog otpada je gotovo neostvariv. Pravilnim odlaganjem tekstilnog otpada prema vrsti i sastavu, dio nastalog otpada moguće je mehanički ili kemijski reciklirati te ponovno upotrijebiti kod izrade novih tekstilnih artikala. Proces sortiranja i recikliranja tekstilnog otpada veoma je radno intenzivan i skup proces zbog čega se ovi procesi ne izvode ispravno ili se izbjegavaju provoditi.[55] Intervencija državnih i zakonodavnih organa može potaknuti ne samo ispravno provođenje ovih procesa već i pozitivno stimulirati angažman novih interesnih skupina za uspostavu novih reciklažnih postrojenja. Integracija kružnog gospodarstva u postojeći ekosustav tekstilne industrije može izazvati pozitivan preokret u načinu budućeg poslovanja te predstaviti rješenja na razne ekološke probleme u skladu s prohtjevima i ciljevima interesnih skupina.

#### 2.3.1.1 Primjena načela kružnog gospodarenja tijekom proizvodnje tekstila

Implementacijom temeljnih principa kružnog gospodarenja u proizvodni proces, nastoje se pružiti inovativna i održiva rješenja ekoloških problema ključnih segmenata proizvodnje s ciljem smanjenja ekološkog utiska industrije. Procesu poput proizvodnje i sinteze sirovina, mokri procesi obrade i dorade tekstilnog materijal, procesi konstrukcije gotovih proizvoda te procesi finalne obrade predstavljaju segmente tekstilne proizvodnje s najvećim negativnim utjecajem na okoliš.[51] Implementacija temeljnih načela kružnog gospodarenja unutar proizvodnog lanca može proces proizvodnje tekstila učini održivijim i manje štetnim za okoliš. Adaptacija obnovljivih izvora energije kao glavni izvor energija umjesto oslanjanja na neobnovljive izvore, može značajno pridonijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova osobito tijekom energetski intenzivnih procesa poput proizvodnje tekstilnih vlakna te obrade i dorade polugotovih proizvoda.

Emisije stakleničkih plinova prvenstveno nastaju izgaranjem fosilnih goriva tijekom proizvodnje energije te tijekom upotrebe mehanizacije i strojeva nužnih za proizvodnju tekstila. Modernizacijom postojeće opreme te nabavkom modernih energetski efikasnih strojeva s mogućnosti pogona na neki od obnovljivih izvora, energije eliminirala bi se potreba za upotrebom fosilnih goriva kao glavni izvor energije što bi moglo imati pozitivan utjecaj na smanjenje emisija stakleničkih plinova tijekom proizvodnje tekstila.[53] Procesi povezani s proizvodnjom i uzgojem tekstilnih sirovina predstavljaju izrazito energetski intenzivan segment tekstilne proizvodnje koji na više načina negativno utječe na okoliš. Primjerice za proizvodnju jednog kilograma poliamidnih sintetičkih vlakna potrebno je potrošiti 160 kWh energije.[17] Zamjena sintetički stvorenih vlakana poput poliestera i najlona s prirodno uzgojenim vlaknima poput bio pamuka, jute, jute i konoplje istih ili sličnih performansa može uzrokovati značajno smanjenje potrošnje energije te time pridonijeti smanjenju ekološkog utiska sektora tekstilne industrije usmjerenog na proizvodnju tekstilne sirovine. Iako zamjena proizvodnje sintetičkih vlakana prirodnim vlaknima predstavlja prihvatljivo rješenje za problem održivosti tijekom proizvodnje vlakana, uzgoj prirodnih vlakana sastoji se od jednako važnih ekoloških problema koje je potrebno adresirati kako bi ovo rješenje uistinu bilo primjenjivo. Iskorištavanje vodnih i energetskih resursa, prekomjerna upotreba toksičnih kemijskih sredstva te visoke emisije stakleničkih plinova glavni su ekološki problemi koji se pojavljuju tijekom prirodnog uzgoja tekstilnih sirovina.[54] Zamjena konvencionalnog pamuka s bio uzgojenim pamukom te drugim biljnim izvorima tekstilnih vlakana koji za svoj rast i održavanje zahtijevaju manje količine voda i kemijskih sredstava, može dovesti do smanjenja emisija stakleničkih plinova uzrokovanih korištenjem poljoprivredne mehanizacije, smanjenju iskorištavanja vodnih resursa te smanjenju kemijskog zagađenja uzrokovanog tretiranjem usjeva špricanjem. Osim za pokretanje poljoprivredne mehanizacije i pomoćnih strojeva tijekom proizvodnje vlakana, veliki naponi bi se trebali uložiti u modernizaciju i zamjenu ključnih strojeva novim energetski efikasnim strojevima te inicirati prijelaz na upotrebu obnovljive energije kao glavni pokretač proizvodnog pogona. Prijelaz na obnovljivu energiju mogao bi uzrokovati

dramatično smanjenje emisija stakleničkih plinova tijekom izvođenja ključnih proizvodnih operacija. Intenzivni energetske procesi obrade i dorade polugotovih i gotovih proizvoda poput bojanja, bijeljenja ili finalne obrade mogu se zamijeniti alternativnim procesima koji se za svoje uspješno izvođenje ne oslanjaju na upotrebi značajne količine prirodnih resursa i toksičnih kemikalija. Postupno ukidanje upotrebe mokrih postupaka za alternativna rješenja kao što je tisak na tekstilu i zamjena upotrebe toksičnih azo boja za prirodne boje moglo bi značajno smanjiti nastanak otpadnih voda i smanjiti količinu toksičnih kemikalija koje se ispuštaju u okoliš. Aplikacija tekstilnih boja na nižim temperaturama kako bi se izbjegla potreba za zagrijavanjem te bojanje u velikim pojedinačnim serijskim procesima kako bi se spriječilo nepotreban gubitak resursa mogu dodatno doprinijeti smanjenju ekološkog utiska proizvodnog sektora. Također postoji potreba za uvođenjem pročištača otpadnih vode na kraju proizvodnih lanaca, kako bi se smanjilo ispuštanje neotopljenih kontaminanata poput obrađenih tekstilnih vlakna i mikroplastike u okoliš.[56] Nastanka tekstilnog otpada tijekom proizvodnje također je jedan od ekoloških problema koji se nastoji adresirati kružnim gospodarenjem. Stvaranje otpada u obliku otpadnih vlakana i otpadnog tekstilnog materijala odvija se tijekom svih faza proizvodnje odjeće te je u mnogim segmentima proizvodnje njihov nastanak neizbježan. Implementacijom načela kružnog gospodarenja nastoji se potaknuti ponovna upotreba iskoristivog tekstilnog otpada te smanjiti stvaranje novih količina tekstilnog otpada osobito tijekom procesa konstrukcije i oblikovanja tekstilnih artikala. Pomno planiranje rasporeda i orijentacije reznih kalupa u fazi dizajna tekstila, kako bi se iskoristila što veća površina tekstilnog materijala može imati značajan utjecaj na količinu nastalog otpada tijekom rezanja i šivanja ključnih operacija tekstilne proizvodnje tijekom kojih nastaju najveće količine otpadnog tekstilnog materijala. Pogreške tijekom rezanja i šivanja uzrokovane ljudskim faktorom mogu se ukloniti odgovarajućom radnom edukacijom i uvođenjem polu automatiziranih strojeva koji će radnicima osigurati preciznije i efikasnije izvođenje radnih obaveza bez pretjeranog stvaranja otpada. Otpad koji nije moguće spriječiti od nastanka potrebno je u što većoj mjeri ponovno iskoristi. Ostaci upotrebljivog neiskorištenog tekstilnog materijala mogu se ponovno

iskoristiti kao tehnološki tekstil u obliku krpa za čišćenje strojeva. Višak tekstilnog otpada može se po smanjenoj cijeni prodati malim nezavisnim poduzećima i individualni poduzetnicima koji iskoristivi tekstilni otpad mogu iskoristiti za izradu novih unikatnih tekstilnih proizvoda. Tekstilni otpad koji sadrži neki oblik estetskog ili fizičkog oštećenja može se reciklirati te iskoristiti u proizvodnji novih vlakana i pređe. Tekstilni otpad koji se ne može ponovno upotrijebiti zbog nedovoljne veličine vlakana, oštećenja ili nedostatka potrebnih funkcionalnih svojstava potrebno je zbrinuti na način koji će najmanje utjecati na okoliš.[55] Implementacija kružnog gospodarstva u proizvodni lanac tekstilne industrije ne predstavlja samo paket mjera kojima se nastoji smanjiti negativan utjecaj industrije na okoliš, već ono nudi održiv i inovativan pristup proizvodnji s ciljem maksimalnog iskorištavanja dostupnih resursa kako bi se zadovoljila globalna potražnja za tekstilnom uz minimalni negativni ekološki utjecaj.

#### 2.3.1.2 Primjena načela kružnog gospodarstva tijekom upotrebe tekstila

Prihvatanje brze mode kao dominantnog poslovnog modela u tekstilnoj industriji nije samo preoblikovao način na koji proizvođači pristupaju proizvodnji i distribuciji, već je i promijenio način na koji potrošači percipiraju i cijene tekstilne proizvode. Pogodnostima poslovnog modela brze mode poput lake dostupnosti te konstantno mijenjajućeg asortimana prilagođenog novim aktualnim trendovima, uzrokovale su da moderan potrošač tekstilne predmete percipira kao lako zamjenjive i prolazne, što je zauzvrat dovelo do značajnog skraćenja prosječnog životnog vijeka tekstilnih proizvoda.[14] S obzirom na to da je ovaj poslovni model popularizirao koncept prolaznosti i brzog odbacivanja tekstilnih artikala, potreba za primjenom održivih praksi postupanja s tekstilom tijekom svakodnevnog života sve je izraženija i potrebija. Usvajanje temeljnih načela kružnog gospodarstva tijekom uporabne faze tekstilnog proizvoda može promijeniti način na koji potrošači percipiraju tekstilne predmete, produžiti prosječni životni vijek odjevnih predmeta te usporiti i u konačnici smanjiti nastanak novih količina tekstilnog otpada.[52] Nedostatak lako dostupnih informacija o održivosti tekstilne industrije kao i opća nezainteresiranost generalnog potrošačkog društva za usvajanjem održivih praksi ključne su točke koje se nastoje adresirati implementacijom temeljnih načela kružnog

gospodarstva u svakodnevni život. Informiranjem potrošača o utjecaju rapidnog konzumiranja tekstila te promicanjem važnosti prakticiranja održivih praksi postupanja s tekstilom putem lako dostupnih modernih web platforma, društvenih mreža te prilagođenim mobilnim aplikacijama, može utjecati na usvajanje navika koje će imati pozitivan utjecaj na produljenje životnog vijeka tekstilnih proizvoda te tako doprinijeti smanjenju ekološkog utjecaja tekstila. Promicanje postojećih te poticanje na uspostavljanje novih društvenih događaja s ciljem razmjene i prodaje rabljenih tekstilnih predmeta, može produžiti životni vijek tekstila te potaknuti potrošače na promjenu i usvajanje održivih praksi u svoj svakodnevni stil života. Alternativna rješenja poput sajмова razmjene te iznajmljivanje odjeće, mogu kod potrošača stvoriti osjećaj postignuća i sudjelovanja u rješavanju globalnog problema što zauzvrat može povećati zainteresiranost za budućim sudjelovanjem u sličnim projektima te samostalnim angažmanom u prakticiranju održivih praksi postupanja s tekstilom. Aktivni angažman upravnih i zakonodavnih tijela može potrošačima osigurati ne samo bolje razumijevanje problema već i pružiti načine i sredstva koja će im pomoći u izvršavanju održivih praksi. Implementacija kutija za donacije odjeće na ključnim stambenim lokacijama može potaknuti potrošače da doniraju odjeću umjesto da je odbace kao otpad.[57] Ovakav sustav relativno je jeftin za implementaciju iako on zahtijeva uspostavu kontinuiranog kooperativnog odnosa komunalnih poduzeća i zakonodavnih tijela kako ispravno funkcionirao. Tekstil koji nije prikladan za donacije potrebno je pravilno zbrinuti. Izgradnjom adekvatnih reciklažnih dvorišta opremljenih odgovarajućom opremom za sortiranje može se smanjiti ekološki utjecaj tekstilnog otpada te osigurati da određeni dio tekstila bude ponovo iskorišten.[55] Uvođenje ekoloških oznaka još je jedan od načina koji mjerodavni organi mogu pozitivno utjecati na promjenu potrošačkog ponašanja. Ekološke oznake trebale bi sadržavati ključne podatke o mjestu podrijetla proizvoda te uvjetima pod kojima je proizvod nastao.[58] Poticanje potrošača na kupovinu kvalitetnijih proizvoda nastalih prakticiranjem ekološki neutralnih tehnika proizvodnje, može imati pozitivan efekt na potrošačke navike te motivirati korisnike da tijekom kupnje odaberu ekološki prihvatljiviju opciju. Rješenja koja se oslanjaju na uporabnu postojećih lako dostupnih modernih

tehnologija i ustanovljenih komunikacijski medija poput interaktivnih mobilnih i računalnih aplikacija mogu širokoj ciljanoj publici pružiti relevantne informacije o postupcima i praksama održivog postupanja s tekstilom. Korištenjem postojećih tehnologija kao platforma za distribuciju informacija ne stvara se dodatan ekološki pritisak na okoliš te se omogućuje širem spektru potrošača pristup informacijama. Predstavljanje inovativnih i lako dostupnih rješenja na bazi već postojećih platforma, može potrošače potaknuti na razmatranje svojih postojećih navika i uvjerenja te ih potaknuti na usvajanje održivih praksi postupanja s tekstilom u svoju svakodnevicu. Zajedničkim angažmanom pojedinaca i interesnih skupina može se ostvariti bolje razumijevanje problema te steći i usvojiti načini i prakse kako smanjiti ekološki utjecaj tekstilne industrije tijekom uporabne faze.

#### 2.3.1.3 Primjena načela kružnog gospodarenja u postupanju s tekstilnim otpadom

Pravilno zbrinjavanje tekstilnog otpada predstavlja jedan od temeljnih problema koji se nastoji riješiti implementacijom načela kružnog gospodarenja. Konvencionalne prakse zbrinjavanja tekstilnog otpada uglavnom se svode na odlaganje istrošenog tekstilnog materijala na odlagalištima smeća bez pravilnog sortiranja ili razmatranja mogućnosti ponovne upotrebe iskoristivog otpada kao reciklirani sirovi materijal. Model kružnog gospodarstva tekstilni otpad označava kao vrijedan resurs koji se uz pravilno rukovanje može prenamijeniti i ponovno upotrijebiti tijekom tekstilne proizvodnje. Ovakvim pristupom reducira se potreba za stvaranjem novih resursa što može doprinijeti smanjenju negativnog ekološkog utjecaja tekstilne industrije. Kako bi se tekstilni otpad mogao ponovno iskoristi potrebno ga je pravilno sortirati te odvojiti iskoristive komponente.[48] Elementi poput plastičnih gumba te patentnih zatvarača mogu se pretopiti u sirovine i kao takvi prodati. Problem predstavlja sortiranje i odvajanje tekstilnog otpada prema vrsti i staviti vlakna. Većina modernih odjevnih predmeta izrađena je od miješanih prirodnih i sintetičkih vlakana kako bi se postigla određena estetska i funkcionalna svojstva. U skladu s načelima kružnog gospodarenja potrebno je predstaviti rješenja koja će omogućiti pravilno sortiranje tekstilnog otpada te razvrstavanje tekstilnih vlakana prema



vrsti i podrijetlu. Upotreba RFID oznaka može unaprijediti načina na koji se pristupa sortiranju i obradi tekstilnog otpada. Integrirana RFID oznaka može sadržavati informacije o sastavu materijala te načinu na koji je on proizveden. Nakon zaprimanja tekstilnog artikla označenog identifikacijskom RFID oznakom automatizirani sustavi mogu očitati sastav materijal te prema dobivenim informacija proslijediti zaprimljeni tekstil na daljnju obradu. Implementacija ovakvog sistema može poboljšati učinkovitost sortiranja te povećati stopu točnosti.[53] Iako ovo rješenje omogućuje efikasnu identifikaciju i sortiranje tekstilnog otpada prema sastavu materijala, ono ne može adresirati problem odvajanja tekstilnih vlakana ili pređe. Usvajanjem tehnika poput razvrstavanja na temelju otapanja, razvrstavanja na temelju temperaturne razlike te razvrstavanje pomoću mikroorganizama moguće je osigurati ponovno upotrebu tekstilnog otpada na razini tekstilnih vlakna ili pređe bez stvaranja dodatnog ekološkog zagađenja. Razvrstavanje na temelju otapanja bazira se na mogućnosti otapanja jednog od materijal koji sačinjavaju miješanu tkaninu uz prisustvo otapala. Tekstilni otpad sastavljen od mješavine pamuka i poliester može se tretirati otapalom koje može otopiti celulozna vlakna bez da utječe na strukturne karakteristike polimernih vlakna. Otopljena celuloza se može koristiti kod izrade novih sintetičkih vlakana koja u sebi sadržavaju određeni postotak recikliranog materijal ili kao baza za izradu papirne pulpe. Razvrstavanje na temelju temperaturne razlike bazira se na upotrebi visoke temperature kako bi se materijal niže temperature tališta otpio te tako odstranio. Zagrijavanjem miješane otpadne tkanine materijal nižeg tališta će se pod utjecajem visoke temperature otopiti ostavljajući drugi materijal netaknutim. Koncept razvrstavanje pomoću mikroorganizama bazira se na iskorištavanju živih organizama ili enzima da razgrade dio tekstilnih vlakana, a drugi dio ostave netaknutim. Ovaj pristup može se koristiti kod razvrstavanja prirodni i sintetički stvorenih vlakna. [55] Kružno gospodarstvo nudi novi okvir za postupanje s tekstilnim otpadom, pružajući mogućnost transformacije otpada u vrijedne resurse. Implementacija načela kružnog gospodarstva tijekom zbrinjavanja otpada može smanjiti ne samo negativan utjecaj tekstilnog otpada već i doprinijeti smanjenju sveukupnog ekološkog utiska tekstilne industrije.

## 3. Eksperimentalni dio

### 3.1 Cilj rada i metodologija

Cilj ovog diplomskog rada je ponuditi adekvatno idejno rješenje u obliku mobilne aplikacija za održivo postupanje s tekstilom. Odabir mobilne aplikacije kao platforme za implementaciju rješenja omogućuje efikasnu distribuciju relevantnih informacija putem već ustanovljenih i postojećih komunikacijskih kanala. Ovakav pristup temeljen na korištenju postojećih i provjerenih tehnologija omogućuje na jednostavan i lako dostupan način širokom spektru korisnika pristup informacijama uz minimalna utjecaj na okoliš. Fleksibilnost mobilne platforme omogućuje jednostavnu integraciju novog sadržaja i nadopuna temeljenih na povratnim informacijama korisnika. Analiza postojeće stručne i znanstvene literature na temu održivosti i utjecaja tekstilne industrije na okoliš, omogućuje preciznije razumijevanje izvora problema kao i načina na koji se problem održivosti tekstilne industrije nastoji adresirati. Osim boljeg razumijevanja problema, detaljna analiza literature omogućuje identifikaciju održivih načina postupanja s tekstilom te implementaciju nekih od tih nalaza u vlastito predloženo rješenje. Anketnim istraživanjem prikupljeni su podaci o upoznatosti ispitanika s problemom održivosti tekstilne industrije i navikama prakticiranja održivih praksi postupanja s tekstilom, te su ispitanici stavovi korisnika o estetskim i funkcionalnim karakteristikama ključnih navigacijskih elementa predloženog rješenja. Na temelju rezultata prikupljenih provođenjem anketnog istraživanja te analize stručne literature moguće je prihvatiti ili odbaciti postavljene hipoteze:

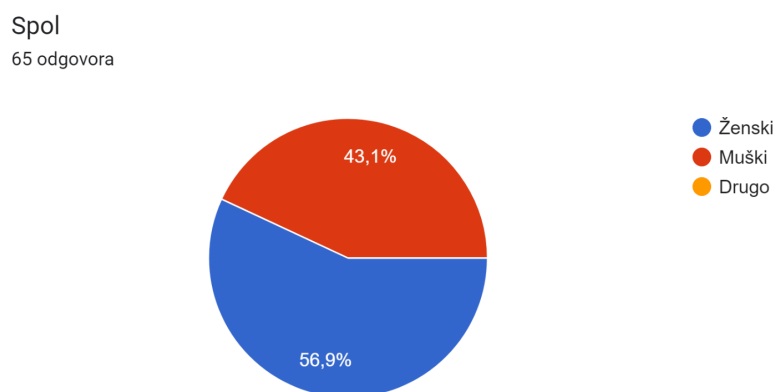
**H1** Ugljikov otisak tekstilne industrije je među najvećima.

**H2** Životni vijek tekstila može se produžiti cirkularnim gospodarenjem.

**H3** Kreiranje i korištenje aplikacija za održivo postupanje s tekstilnim otpadom može doprinijeti cirkularnom gospodarstvu.

### 3.2 Anketno istraživanje

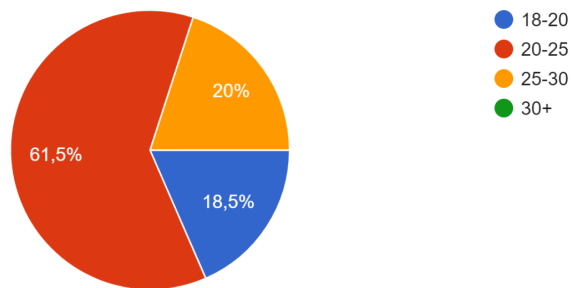
Anketno istraživanje provedeno je putem platforme Google Forms (Google obrasci). Anketa je sadržajno podijeljena na dvije cjeline od ukupno 28 pitanja. Prva cjelina sastoji se od 22 pitanja dok se druga cjelina sastoji od 6 pitanja. Unutar prve cjeline od ispitanika se tražilo da na numeričkoj skali od 1 do 5, gdje broj 1 označuje najmanju vrijednost a broj 5 najveću, označe vrijednost koja najtočnije odgovara njihovom poznavanju postavljenog problema. Pitanja unutar prve cjeline usmjerena su na prikupljanje statističkih podataka o poznavanju utjecaja tekstilne industrije na okoliš, te usvojenosti i učestalosti prakticiranja održivih praksi postupanja s tekstilom. Prikupljeni podaci omogućit će jasnije shvaćanje prosječne razine znanja i upoznatosti ispitanika s ekološkim problemom tekstilne industrije. Druga cjelina ankete usmjerena je na prikupljanje podatka o estetskim i funkcionalnim karakteristikama predloženog rješenja. Unutar druge cjeline od ispitanika se tražilo da na temelju vlastitog subjektivnog mišljenja odaberu jedno od tri ponuđena rješenja koje najbliže odgovara njihovim osobnim prohtjevima. Podaci prikupljeni unutra ove cjeline omogućit će bolje razumijevanje funkcionalnih i estetskih vrijednosti prosječnog korisnika, te će oni biti korišteni kao smjernice prilikom izrade prototipa mobilne aplikacije. Anketi je ukupno pristupilo 65 ispitanika od kojih je 37 (56,9%) izjavilo da pripada ženskom spolu, a njih 28 (43,1%) je izjavilo da pripada muškom spolu (Slika 1).



Slika 1. Grafički prikaz spolne raspoređenost ispitanika

Većinski udio ispitanika 61,5% pripada dobnoj skupini od 20-25 godina, 20% ispitanika pripada dobnoj skupini od 25-30 godina, dok najmanji udio ispitanika njih 18,5% pripada dobnoj skupini od 18-20 godina (Slika 2).

Dobna skupina  
65 odgovora



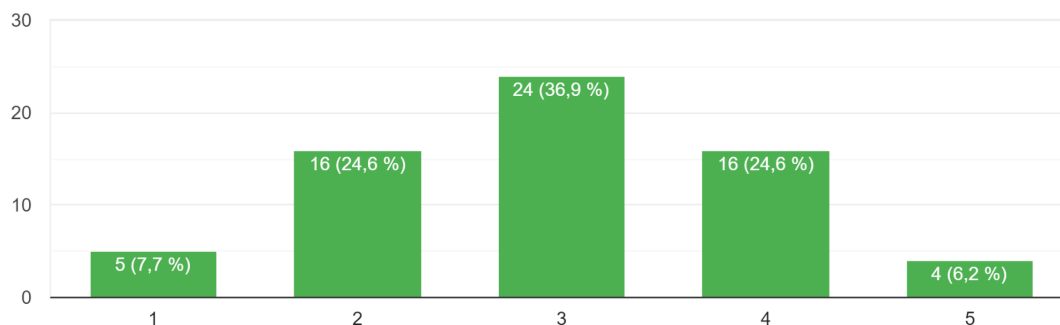
Slika 2. Grafički prikaz dobne raspoređenosti ispitanika

### 3.2.1 Analiza rezultata anketnog istraživanja prve cjeline

Na pitanje “Koliko ste upoznati s utjecajem tekstilne industrije na okoliš” najviše ispitanika njih 24 (36,9%) izrazilo je kako je njihova upoznatost s problemom prosječna dok je najmanje ispitanika njih 4 (6,2%) izrazilo da su u potpunosti upoznati s problemom. Može se istaknuti da je isti broj ispitanika njih 16 (24,6%) svoju upoznatost s utjecajem tekstilne industrije na okoliš označilo kao ispodprosječnom (brojeva vrijednost 2) i natprosječnom (brojeva vrijednost 4) (Slika 3).

Koliko ste upoznati s utjecajem tekstilne industrije na okoliš ?

65 odgovora

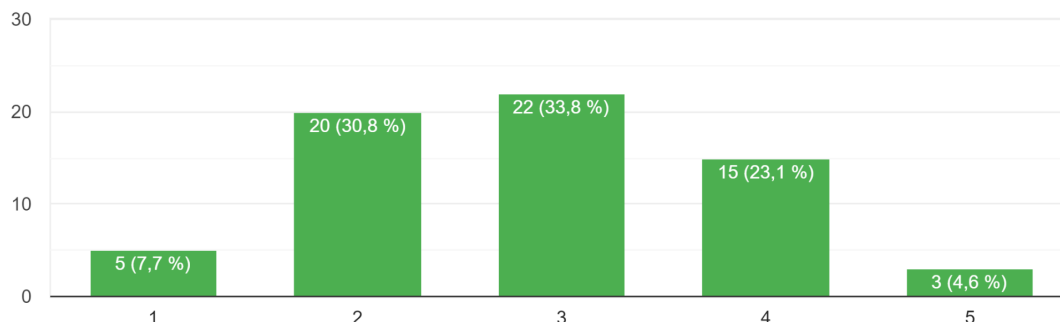


Slika 3. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o upoznatosti s utjecajem tekstilne industrije na okoliš

Slika 4 prikazuje raspodjelu odgovora na pitanje “Koliko ste upoznati s konceptom “kružnog gospodarenja” u kontekstu tekstilne industrije”. Od ukupnog broja ispitanika njih 22 (33,8%) ocijenilo je svoju upoznatost s konceptom kružnog gospodarenja kao prosječnu, dok je samo 3 (4,6%) ispitanika izrazilo da u potpunosti razumije koncept kružnog gospodarenja. Može se primijetiti kako je distribucija odgovora ravnomjernije raspodijeljena između brojevnih vrijednosti 2,3 i 4, dok je broj ispitanika koji nisu upoznati s konceptom kružnog gospodarenja ostao isti 5 (7,7%) kao i kod prošlog pitanja.

Koliko ste upoznati s konceptom "Kružnog gospodarenja" u kontekstu tekstilne industrije ?

65 odgovora

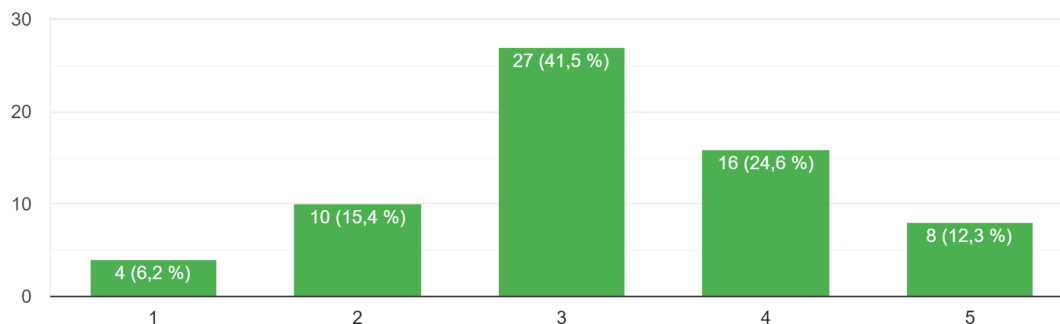


Slika 4. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o upoznatosti s konceptom kružnog gospodarenja

Ispitanici su svoju upoznatost s pojmovima brze i spore mode ocijenili gotovo identično uz minimalna odstupanja (Slika 5). Od ukupnog broja ispitanika njih 27 (41,5%) je ocijenilo da posjeduju prosječnu razinu znanja o pojmu brze mode, dok je 25 (38,5%) ispitanika svoju upoznatost s pojmom spore mode ocijenilo kao prosječnu. Ista količina ispitanika njih 4 (6,2%) ocijenila je da ne posjeduju nikakvo znanje o pojmovima brze i spore mode, dok je 8 (12,3%) ispitanik izrazilo da u potpunosti razumiju oba pojma. Broj ispitanika koji su izjavili da natprosječno razumiju pojam brze mode iznosi 16 (24,6%), dok je na isti upit o poznavanju pojma spore mode 15 (23,1%) ispitanika odgovorilo da posjeduje natprosječno razumijevanje pojma. Najveće odstupanje u raspodjeli odgovora moguće je zabilježiti kod ispitanika koji su izjavili da posjeduju ispodprosječno poznavanje oba pojma. Od ukupnog broja ispitanika njih 10 (15,3%) izjavilo je da posjeduje ispodprosječno znanje o pojmu brze mode, dok je 13 (20%) ispitanika izjavilo da je njihova razina poznavanja pojma spore mode ispodprosječna (Slika 5, Slika 6).

Koliko ste upoznati s pojmom "Fast Fashion" odnosno "Brza moda" ?

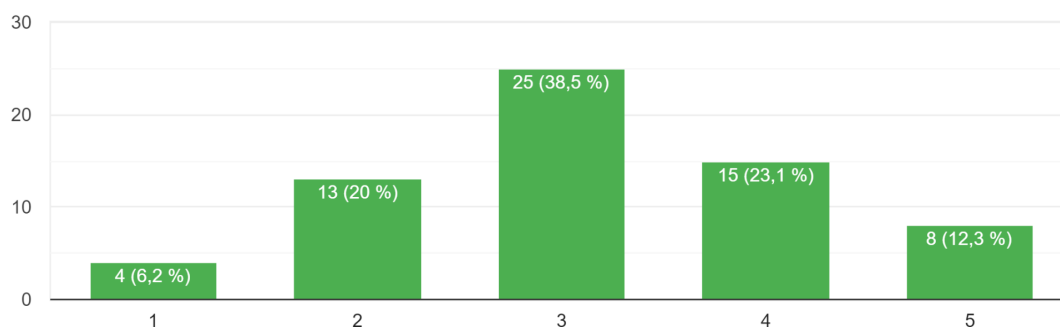
65 odgovora



Slika 5. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o upoznatosti s pojmom "Fast fashion" odnosno "Brza moda"

Koliko ste upoznati s pojmom "Slow Fashion" odnosno "Spora moda" ?

65 odgovora

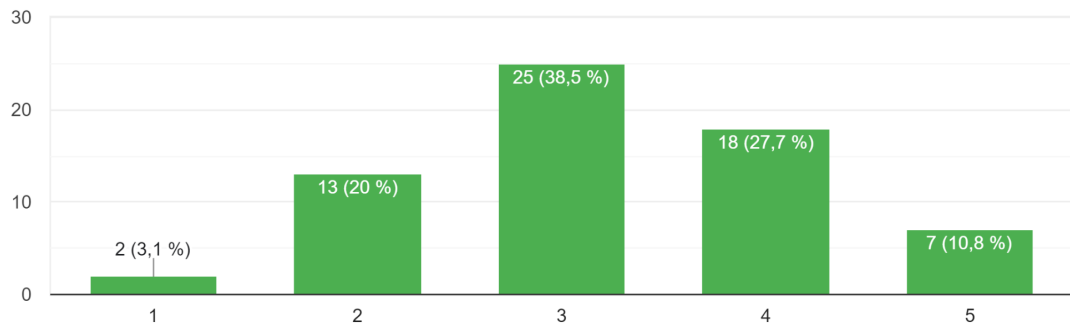


Slika 6. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o upoznatosti s pojmom "Slow fashion" odnosno "Spora moda"

Na pitanje o upoznatosti s konceptom 3R (Reduce, Reuse, Recycle) najviše ispitanika njih 25 (38,5%) označilo je da posjeduju prosječno znanje o konceptu, dok je samo 2 (3,1%) ispitanika izrazilo da ne posjeduje nikako znanje o konceptu (Slika 7). Raspodjela ostalih odgovora u skladu je s prijašnjim

rezultatima. Takva raspodjela malo iznenađuje jer se znak za koncept 3R nalazi na puno predmeta koje upotrebljavamo svaki dan. Vjerojatno je da su ispitanici znak vidjeli, ali nisu znali što on predstavlja.

Koliko ste upoznati s koncept 3R (Reduce, Reuse, Recycle) u kontekstu tekstilne industrije ?  
65 odgovora



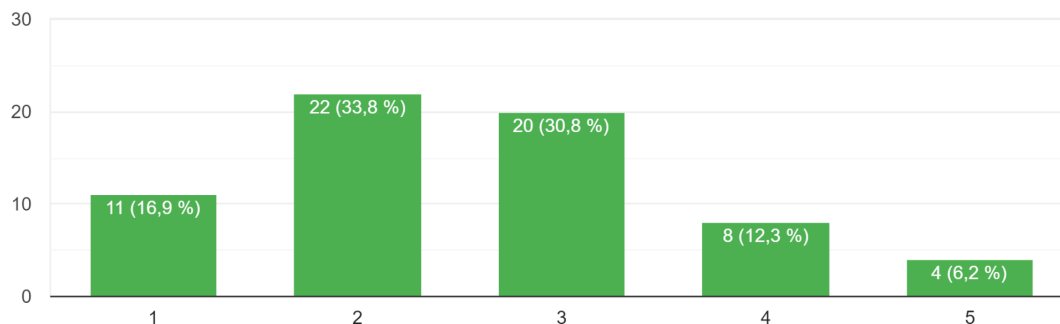
Slika 7. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o upoznatosti s konceptom 3R (Reduce, Reuse, Recycle)

Na pitanje “Koliko često donirate tekstilne predmete koje više ne upotrebljavate” najveći udio ispitanika njih 22 (33,8%) odgovorio je da rijetko donira tekstil koji više ne upotrebljava, dok je 20 (30,8%) ispitanika izjavilo da povremeno doniraju tekstil za koji više nemaju svrhu (Slika 8). Najmanji udio ispitanika njih 4 (6,2%) označio je da redovito donira neupotrebljavanu odjeću. Dobiveni rezultati su zabrinjavajući jer doniranjem tekstila ispitanici mogu produžiti životni vijek proizvoda. Dobiveni rezultati potvrđuju potrebu izrade aplikacije koja će omogućiti održivo gospodarenje tekstilnim proizvodima.



Koliko često donirate tekstilne proizvode koje više ne upotrebljavate ?

65 odgovora

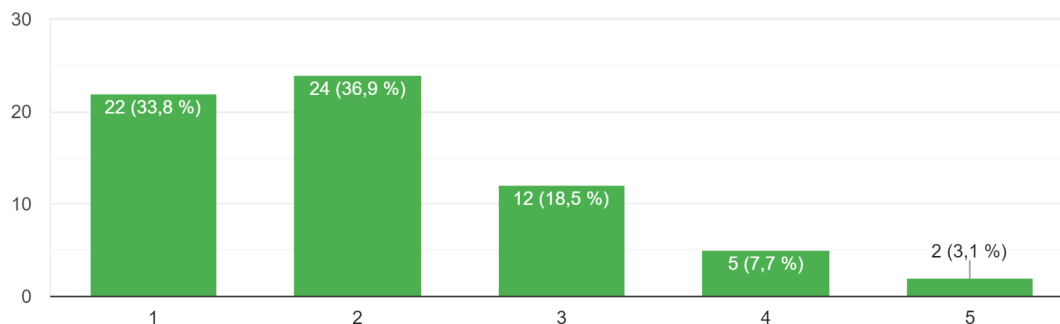


Slika 8. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti doniranja tekstilnih proizvoda

Od ukupnog broja ispitanika njih 24 (36,9%) odgovorilo je da rijetko prodaju tekstilne predmete koje više ne upotrebljavaju, a njih 22 (33,8%) izjavilo je da nikada nisu prodali tekstilni predmet za kojeg više nemaju potrebe (Slika 9). Samo 2 (3,1%) ispitanika izjavilo je da redovito prodaju neupotrebljavan tekstil. Dobiveni rezultati nisu očekivani jer nadali smo se da će biti bolji rezultati kružne cirkulacije tekstila kada ispitanici od toga imaju novčanu korist, ali iz rezultata se može vidjeti kako ni taj faktor nije utjecao na navike ispitanika.

Koliko često prodajete tekstilne proizvode koje više ne upotrebljavate ?

65 odgovora

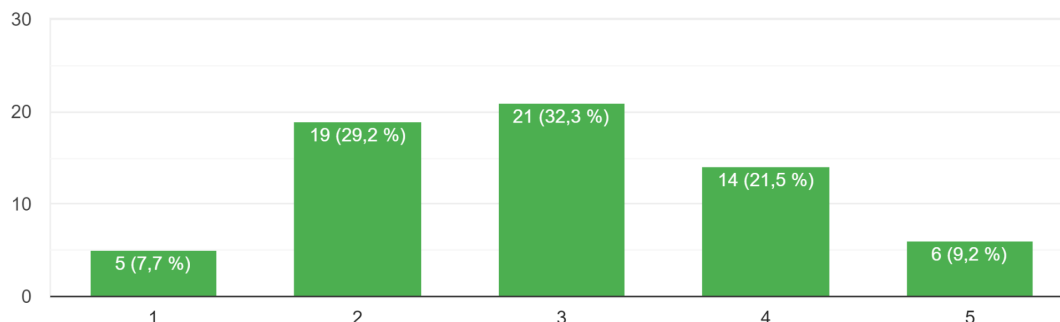


Slika 9. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti prodaje tekstilnih proizvoda

Na pitanje o učestalosti izvođenja tekstilnih popravaka većina ispitanika izjavila je da rijetko, povremeno, često ili redovito izvođe tekstilne popravke kako bi produžili životni vijek još uvijek upotrebljivim tekstilnim predmetima, dok je samo 5 (7,7%) ispitanika izjavilo da nikada nije popravilo oštećeni tekstil (Slika 10). Rezultati raspodjele govore u prilog da navike koje su ispitanici stakli od ranijih generacija kao popravak odjeće puno više upražnjavaju kroz vrijeme od ranije spomenutih obrazaca. Iz spomenutog bi se moglo zaključiti da bi se obrazovanjem ili marketingom moglo utjecati na povećani doprinos ispitanika u kružnom gospodarstvu tekstila.

Koliko često popravljate oštećene tekstilne predmete kako bi im produžili životni vijek ?

65 odgovora

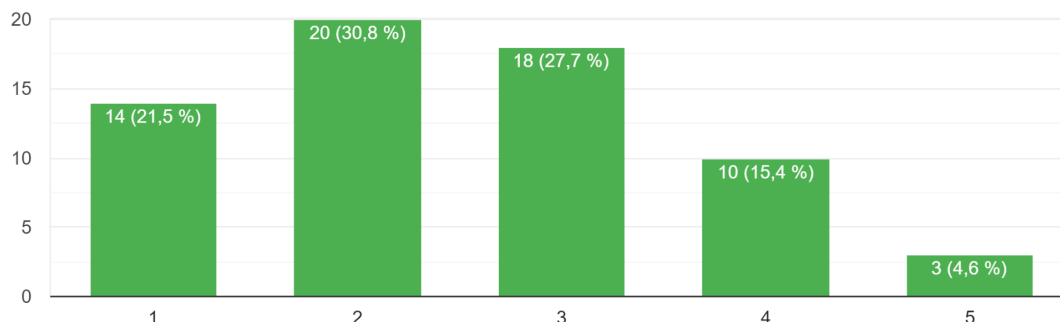


Slika 10. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti popravljanja tekstilnih predmeta s svrhom produljenja njihova životna vijeka

Većinski udio ispitanika je izjavio da rijetko ili povremeno koriste usluge popravka tekstila u trgovinama i obrtima, dok je 14 (21,5%) ispitanika izjavilo kako nikada nisu koristili usluge popravka oštećenog tekstila (Slika 11). Manjinski udio ispitanika njih 10 (15,4%) izjavio je da često koriste usluge popravka tekstila, dok je 5 (4,6%) ispitanika izjavilo da redovito koriste usluge obrta i trgovina za popravak tekstila. Dobiveni rezultati potvrđuju zaključak iz prethodnog pitanja. Iz rezultata se može zaključiti kako ispitanici tekstilne predmete popravljaju samostalno.

Koliko često koristite usluge trgovina i obrta za popravak tekstilnih predmeta ?

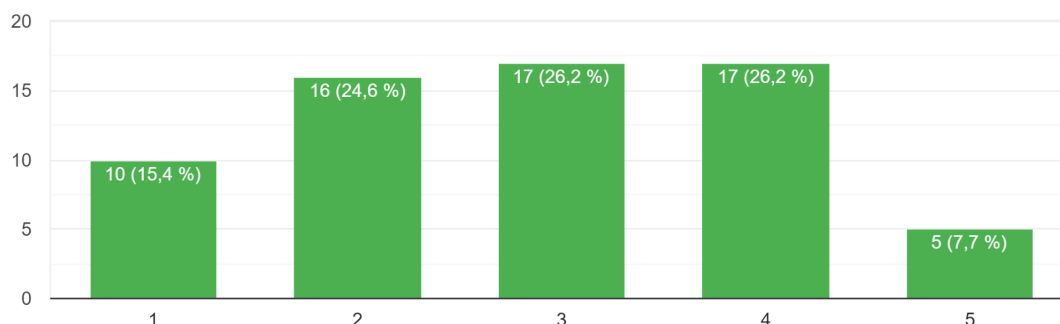
65 odgovora



Slika 11. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti korištenja usluga obrta i trgovina za popravak tekstilnih predmeta

Raspodjela rezultata na pitanje o učestalosti prakticiranja tehnika prenamjene ili modifikacije tekstila, pokazuje da kod ispitanika postoji interes za izvođenjem operacije koje uključuju modifikaciju ili prenamjenu postojećeg tekstila kako bi mu se produžio životni vijek (Slika 12). Većinski udio ispitanika njih 17 (26,2%) izjavio je da povremeno ili često modificiraju tekstil, dok je 16 (24,6%) ispitanika izjavilo da rijetko modificiraju tekstil. 10 (15,4%) ispitanika izjavilo je da nikad nije modificiralo tekstil, dok je 5 (7,7%) ispitanika izjavilo da redovito prenamjenjuju tekstil kako bi mu produžili životni vijek. Dobiveni rezultati upućuju na zaključak kako prenamjena tekstila ovisi o znanjima pojedinaca. Možda bi se u kasnije verzije aplikacije mogao spremati sadržaji o prenamjeni ili popravcima odjevni predmeta, sa ciljem obuke pojedinaca te povećanja količine ponovno korištenih proizvoda.

Koliko često modificirate ili prenamjenjujete tekstilne predmete kako bi im produžili životni vijek ?  
65 odgovora

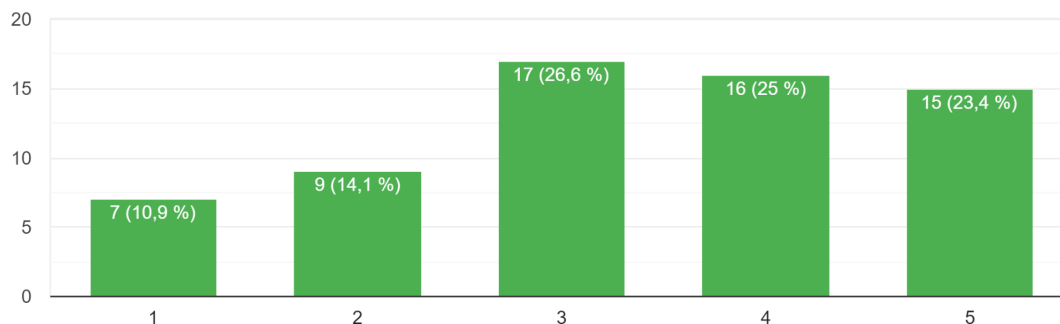


Slika 12. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti prenamjene ili modifikacije tekstila s svrhom produljenja životnog vijeka

Ispitanici su pokazali veliki interes i angažman za kupovinu rabljene odjeće. Većinski udio ispitanika je naveo da u nekom obliku sudjeluje u kupovini rabljene odjeće (Slika 13). 17 (26,6%) ispitanika je naveo da povremeno kupuje rabljenu odjeću, 16 (25%) ispitanika je iznijelo da često kupuju rabljeni tekstil, a 15 (23,4%) ispitanika je izjavilo da redovito kupuju odjeću iz *second hand* trgovina. Samo 7 (10,9%) ispitanika je naveo da ne kupuje rabljeni tekstil. Većina ispitanika kupuje već nošenu odjeću i time produžuju njezin životni vijek. Kada bi se povećao udio ispitanika koji doniraju ili prodaju odjeću izbor odjevnih predmeta bio bi veći što bi moglo povećati udio ponovno nošene odjeće u vlasništvu ispitanika.

Koliko često kupujete odjeću iz second hand trgovina ?

64 odgovora

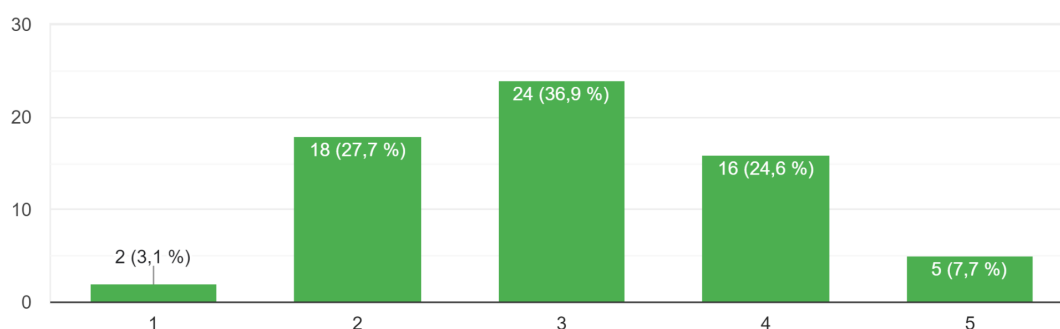


Slika 13. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti kupnje rabljene odjeće

Većinski udio ispitanika je na pitanje o učestalosti kupnje novih odjevnih predmeta izjavilo da rijetko, povremeno ili često kupuju novi tekstil (14 Slika). Najveći broj ispitanika njih 24 (36,9%) je izjavilo da povremeno kupuje novu odjeću, dok je samo 2 (3,12%) ispitanika izjavilo da ne kupuje novu odjeću. Iz rezultata se može zaključiti kako većina ispitanika kupuje odjeću samo kada imaju potrebu za novim odjevnim predmetima, što je održiva životna navika.

Koliko često kupujete nove odjevne predmete ?

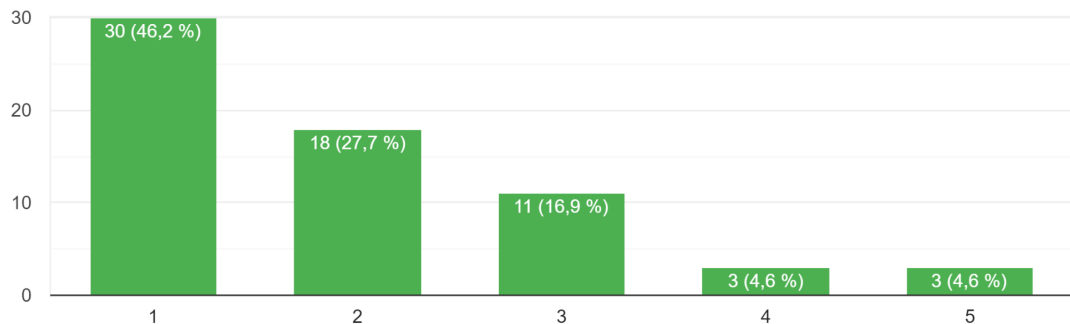
65 odgovora



Slika 14. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti kupnje novih odjevnih predmeta

Većinski udio ispitanika njih 30 (46,2%) je na pitanje “Koliko često posjećujete sajmove razmjene i prodaje *second hand* tekstilnih proizvoda ?” izjavilo da nikada nisu posjetili sajmove razmjene ili prodaje *second hand* tekstilnih proizvoda, dok je samo 3 (4,6%) ispitanika izjavilo da često ili redovito posjećuju sajmove s namjerom razmjene ili kupnje rabljenog tekstila (Slika 15). Slična distribucija odgovora zabilježena je i na pitanje “Koliko često sudjelujete u inicijativama razmjene ili najma odjeće?”. Većina ispitanika njih 33 (50,8%) izjavilo je da ne sudjeluju ili da nisu sudjelovali u nikakvim inicijativnim programima razmjene ili najma odjeće, dok je ista količina ispitanika njih 3 (4,6%) izjavila da često ili redovito aktivno sudjeluju u programima razmjene ili najma tekstilnih predmeta (Slika 16). Dobiveni rezultati kazuju kako ispitanici imaju navike odlaziti u trgovine kako bi kupili nošenu odjeću, ali nemaju povjerenja ili nisu upoznati gdje se održavaju sajmovi pa svoju odjeću ne nabavljaju na tim mjestima. Nedostatak povjerenja u korištenu odjeću na sajmovima može biti posljedica nepovjerenje u čistoću ili kvalitetu proizvoda, može ispitanici mogu smatrati kako se spomenuto bolje kontrolira u trgovinama.

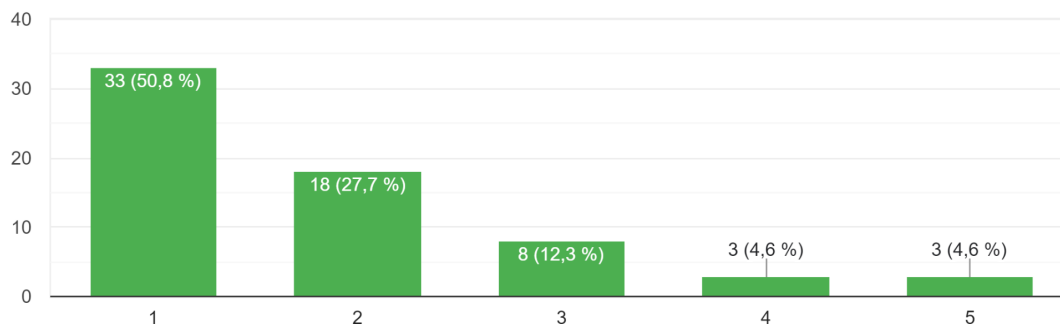
Koliko često posjećujete sajmove razmjene i prodaje *second hand* tekstilnih proizvoda ?  
65 odgovora



Slika 15. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti participacije na sajmovima razmjene i prodaje odjeće

Koliko često sudjelujete u inicijativama razmjene ili najma odjeće ?

65 odgovora



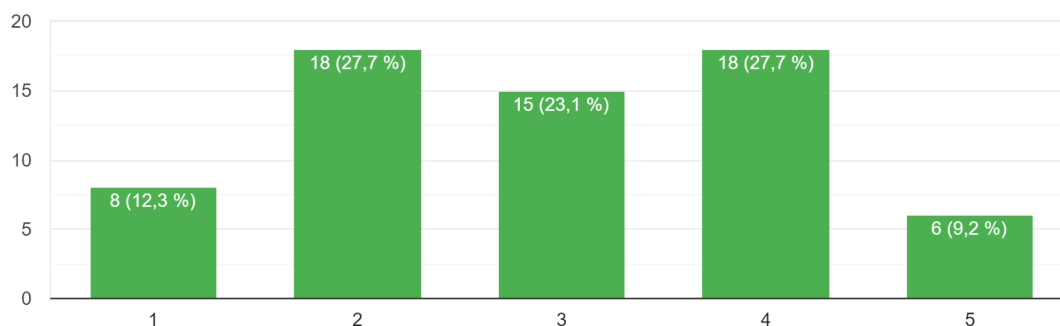
Slika 16. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti participacije na događajima razmjene ili najma tekstila

Raspodjela rezultata na pitanje o učestalosti recikliranja tekstila, ukazuje kako većinski udio ispitanika njih 18 (27,7%) rijetko ili često reciklira neupotrebljiv tekstil (Slika 17). Takvi rezultati govore kako sudbina odjeće ovisi o svjesnosti vlasnika. Na spomenuto se može utjecati obrazovanjem ili marketingom koji promovira održivo postupanje s tekstilom. Takvi sadržaji mogu biti dio aplikacije. Broj ispitanika koji je označio da povremeno reciklira tekstil iznosi 15 (23,1%), dok je najmanji broj ispitanika njih 6 (6,2%) izjavio da redovito recikliraju tekstil koji smatraju neupotrebljivim. Od ukupnog broja ispitanika koji su izjavili da u nekoj mjeri recikliraju neupotrebljiv tekstil, 8 (12,3%) ispitanika izjavilo je da ne reciklira tekstil koji više nije upotrebljiv.



Koliko često reciklirate tekstil koji više nije upotrebljiv ?

65 odgovora

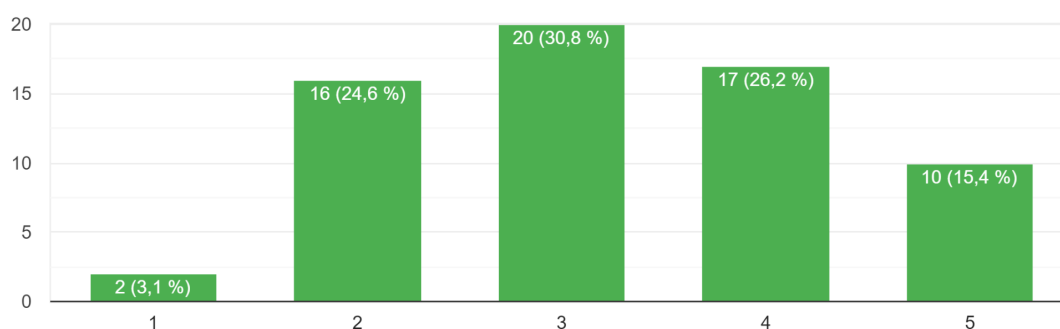


Slika 17. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti recikliranja neupotrebljivog tekstila

Većinski udio ispitanika njih 20 (30,8%) izrazilo je da povremeno kupuju ekološki proizveden tekstil, dok su samo 2 (3,1%) ispitanika izjavila da im tijekom kupnje nije bitan ekološki utjecaj tekstila na okoliš (Slika 18). Dobiveni rezultati pokazuju kako ispitanici uz druge povoljne uvjete vode računa o održivosti tekstila. Vjerojatno ispitanici vode računa o izgledu i cijeni odjevnog predmeta, što su u modnoj industriji razumni razlozi odabira proizvoda.

Koliko često birate proizvode od ekoloških materijala ili održive modne marke?

65 odgovora

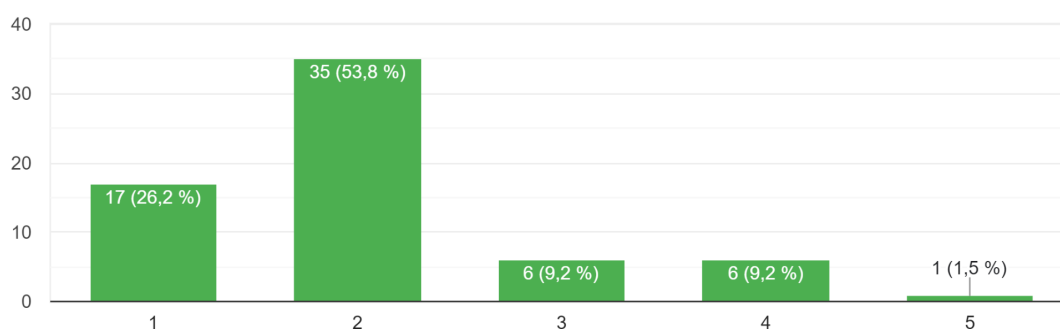


Slika 18. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti recikliranja neupotrebljivog teksila

Više od pola ispitanika njih 35 (53,8%) izrazilo je da rijetko impulzivno kupuju nove odjevne predmete za koje nužno nemaju koristi, dok njih 6 (9,2%) to čine povremeno te 1 (ispitanik 1,5%) često (Slika 19). Moguće je primijetiti da je 17 (26,2%) ispitanika izjavilo da izbjegavaju impulzivnu kupnju novih odjevnih predmeta. Iz rezultata je vidljivo kako su ispitanici odgovorni te imaju održive životne navike.

Koliko često impulzivno kupujete nove odjevne predmete ?

65 odgovora

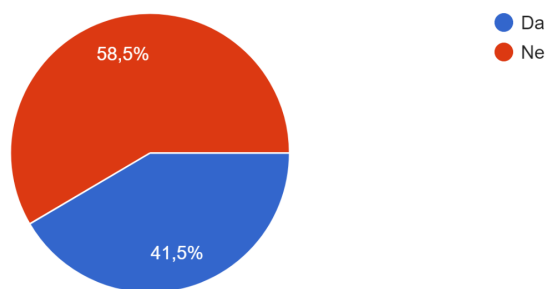


Slika 19. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o učestalosti impulzivne kupnje novih odjevnih predmeta

Pitanje o posjedu više istih tekstilnih artikala predstavlja jedino pitanje unutar prve anketne cjeline na koje su ispitanici mogli odgovoriti s "Da ili "Ne". Ako su ispitanici na pitanje odgovorili s "Da" od njih se dodatno tražilo da navedu broj istih odjevnih artikala koje posjeduju (Slika 20). Broj ispitanika koji je izjavio da ne posjeduje više istih odjevnih predmeta iznosi 38 (58,5%), dok broj ispitanika koji je izjavio da posjeduje više istih odjevnih predmeta iznosi 27 (41,5%) (Slika 21). Od 27 ispitanika koji su potvrdno odgovorili na pitanje, 15 (55,6%) ispitanika izjavilo je da posjeduje 2 identična odjevna predmeta, 11 (40,7%) ispitanika izjavilo je da posjeduje 3 identična odjevna predmeta, dok je samo 1 (3,7%) ispitanik izjavio da posjeduje 4 ista odjevna predmeta. Iz rezultat se

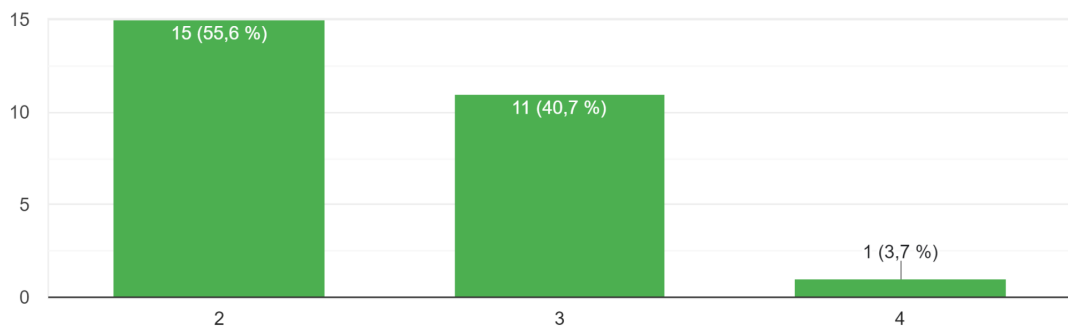
može vidjeti kako preko 40% ispitanika posjeduje više istih odjevnih predmeta, što može ukazivati neodrživo ponašanje ukoliko se ne radi o 2 komada iste odjeće. U tom slučaju se jedan komad može nositi dok se drugi pere (hlače).

Posjedujete li više komada istih odjevnih predmeta?  
65 odgovora



Slika 20. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o posjedu više istih odjevnih predmeta

Ako ste na predhodno pitanje odgovorili s "Da" upišite koliko istih odjevnih predmeta posjedujete  
27 odgovora

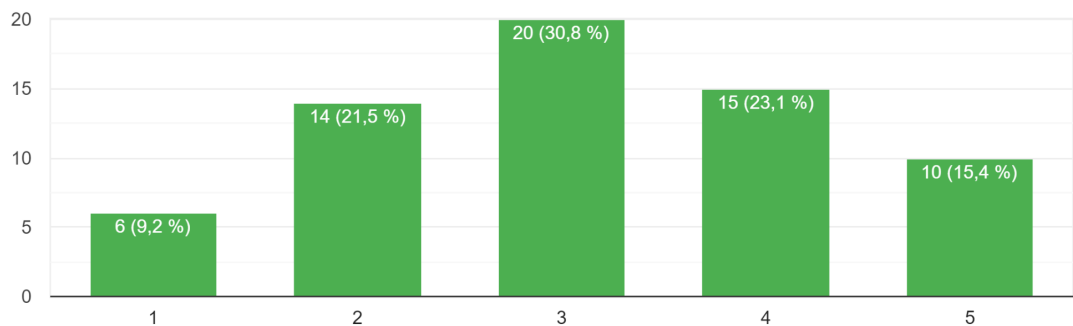


Slika 21. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o količini istih odjevnih predmeta koje ispitanik posjeduje

Na pitanje vlastite uloge u provođenju održivih praksi postupanja s tekstilom s ciljem smanjenja utjecaja tekstilne industrije na okoliš većinski udio ispitanika je

vlastiti angažman ocijenilo s pozitivnom ocjenom (Slika 22). Od ukupnog broja ispitanika 6 (9,2%) ispitanika je svoj angažman ocijenilo kao “nedovoljan”, 14 (21,5%) ispitanika je svoj angažman ocijenilo kao “dovoljan”, većinski udio ispitanika njih 20 (30,8%) je svoju uključenost ocijenilo kao “dobar”, 15 (23,1%) ispitanika je svoj angažman ocijenilo kao “vrlo dobar”, dok je 10 (15,4%) ispitanika svoju ulogu u smanjenju ekološkog utjecaja tekstilne industrije ocijenilo kao “odlično”. Takva podjela je očekivana s obzirom na dane odgovore ispitanika vezane uz poznavanje pojmova vezanih uz održivost.

Kako biste ocijenili vlastitu ulogu u smanjenju ekološkog utjecaja tekstilne industrije ?  
65 odgovora

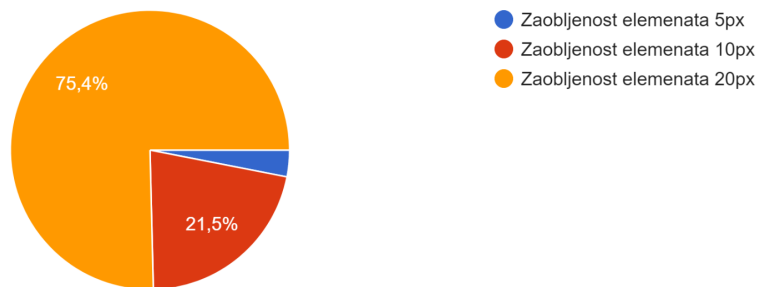


Slika 22. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o vlastitoj ulozi u smanjenju ekološkog utjecaja tekstilne industrije

### 3.2.2 Analiza rezultata anketnog istraživanja druge cjeline

Od ukupnog broja ispitanika, njih 49 (75,4%) jasno je izjavilo da preferira izgled navigacijske elemente s zaobljenim rubovima od 20 piksela (Slika 23).

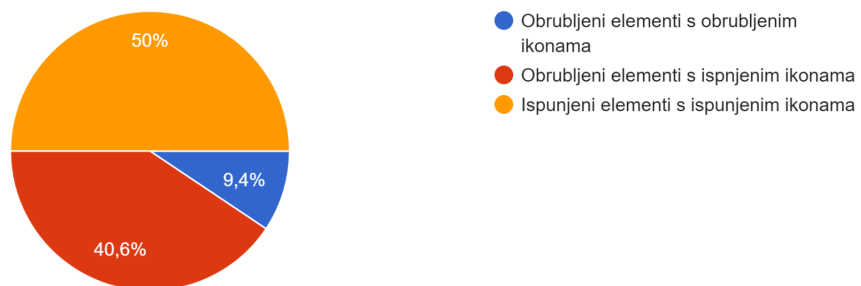
Odaberite jedno od ponuđenih rješenja za navigaciju kroz stranice aplikacije.  
65 odgovora



Slika 23. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru jednog od ponuđenih navigacijskih rješenja

Većina ispitanika, njih 32 (50%) izjavila je da preferira izgled ispunjenih navigacijskih elemenata i ikona u odnosu na druga predložena rješenja (Slika 24).

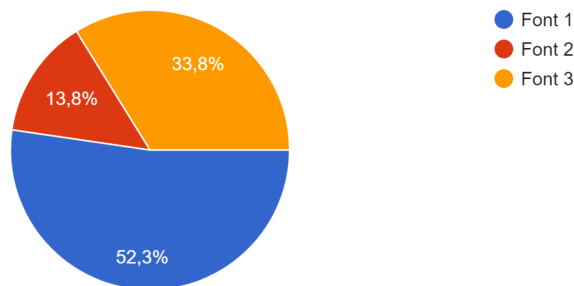
Odaberite jedno od ponuđenih rješenja za uređivanje korisničkog računa.  
64 odgovora



Slika 24. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru o jednog od ponuđenih rješenja za uređivanje korisničkog računa

Većina ispitanika, njih 34 (52,3%), smatra da je font 1 pod nazivom Lufga prikladan za implementaciju kao primarno tipografsko pismo unutar mobilne aplikacije (Slika 25).

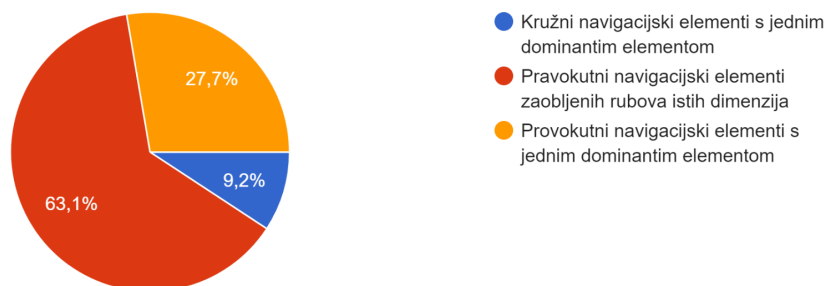
Odaberite jedan od ponuđenih fontova za kreiranje tekst unutar aplikacije.  
65 odgovora



Slika 25. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru fonta

Od ukupnog broja ispitanika, njih 41 (63,1%), odabralo je rješenje u obliku pravokutnih navigacijskih elementa zaobljenih rubova istih dimenzija kao najprikladniji način navigacije unutar mobilne aplikacije (Slika 26.).

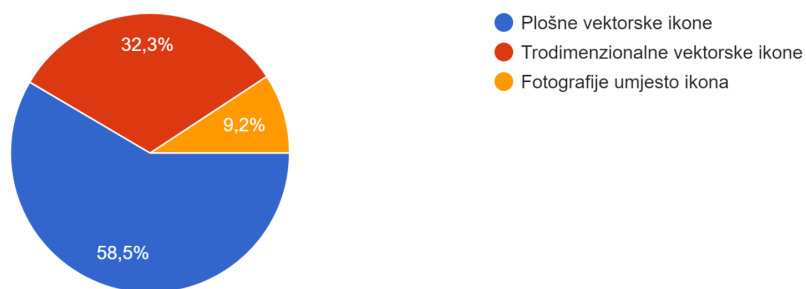
Odaberite jednu od ponuđenih rješenja za navigaciju unutar stranice.  
65 odgovora



Slika 26. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru rješenja za navigaciju unutar stranice

Od ukupnog broja ispitanika, njih 38 (58,5%) izjavilo je da preferira izgled i funkcionalnost plošnih vektorskih ikona u odnosu na druga predstavljena grafička rješenja (Slika 27).

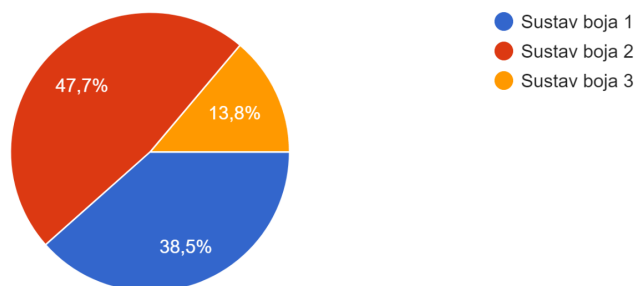
Odaberite jednu od podnuđenih rješenja za ikone unutar aplikacije.  
65 odgovora



Slika 27. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru izgleda ikona

Većina ispitanika, njih 31 (47,7%), smatra da boje predstavljene unutar drugog sustava boja najbolje reprezentiraju mobilnu aplikaciju za promociju održivih praksi u postupanju s tekstilom (Slika 28).

Odaberite sustav boja  
65 odgovora



Slika 28. Grafički prikaz distribucije rezultata na pitanje o izboru sustava boja

### 3.3 Izrada idejnog rješenja u obliku mobilne aplikacije

#### 3.3.1 Svrha i razlog izrade idejnog rješenja

U suvremenom svijetu, gdje pristup informacijama nikada nije bio jednostavniji zahvaljujući modernim komunikacijskim medijima, gotovo je nezamislivo da većinski udio populacije posebno mlađe generacije nema jasnu percepciju o ozbiljnosti ekoloških problema povezanih s proizvodnjom i upotrebom tekstila. Kako bi se premostio ovaj jaz, postoji potreba za predstavljanjem rješenja koje će korisnicima olakšati razumijevanje izazova održivosti tekstilne industrije, te im pružiti funkcionalan set alata i smjernica usmjerenih na usvajanje novih održivih navika s ciljem smanjenja ekološkog otiska tekstilne industrije. Primarna svrha idejnog rješenja je putem već uspostavljenih komunikacijskih kanala uz što manji ekološki otisak informirati korisnike o ekološkom utjecaju tekstilne industrije te ih motivirati i potaknuti na usvajanje i prakticiranje održivih praksi ponašanja s tekstilom. Odabir mobilne aplikacije kao platforme za predstavljanje idejnog rješenja proizlazi iz niza prednosti koje ova platforma nudi. Fleksibilnost i upotrebljivost mobilnih aplikacija omogućuje jednostavnu implementaciju sadržaja prilagođenog specifičnim potrebama korisnika. Sveprisutnost pametnih mobilnih uređaja omogućuje širokom spektru korisnika raznih demografskih skupina lak pristup mobilnoj aplikaciji neovisno o geografskim i tehničkim ograničenjima. Jednostavnost mobilnih platforma omogućuje korisnicima bez obzira na razinu tehnološke osviještenosti razumijevanje osnovnih funkcija aplikacije. Mogućnost predstavljanja novog sadržaja nakon inicijalne faze razvoja i vođenje preinaka na temelju povratnih informacija korisnika, osigurava da sadržaj unutar mobilne aplikacije uvijek bude relevantan i ažuran. Mobilna aplikacija predstavlja optimalnu platformu za implementaciju rješenja zahvaljujući svojoj mogućnosti da dopre do širokog spektra korisnika, jednostavno procesu kreiranja sadržaja i prilagodljivosti prilikom implementacije novog sadržaja i preinaka nakon inicijalne faze razvoja. Osim toga jednostavno i pristupačno korisničko sučelje osigurava laku i intuitivnu interakciju s predstavljenim sadržajem bez potrebe za posjedovanjem naprednog tehnološkog znanja.



### 3.3.2 Osnovna funkcionalnost mobilne aplikacije

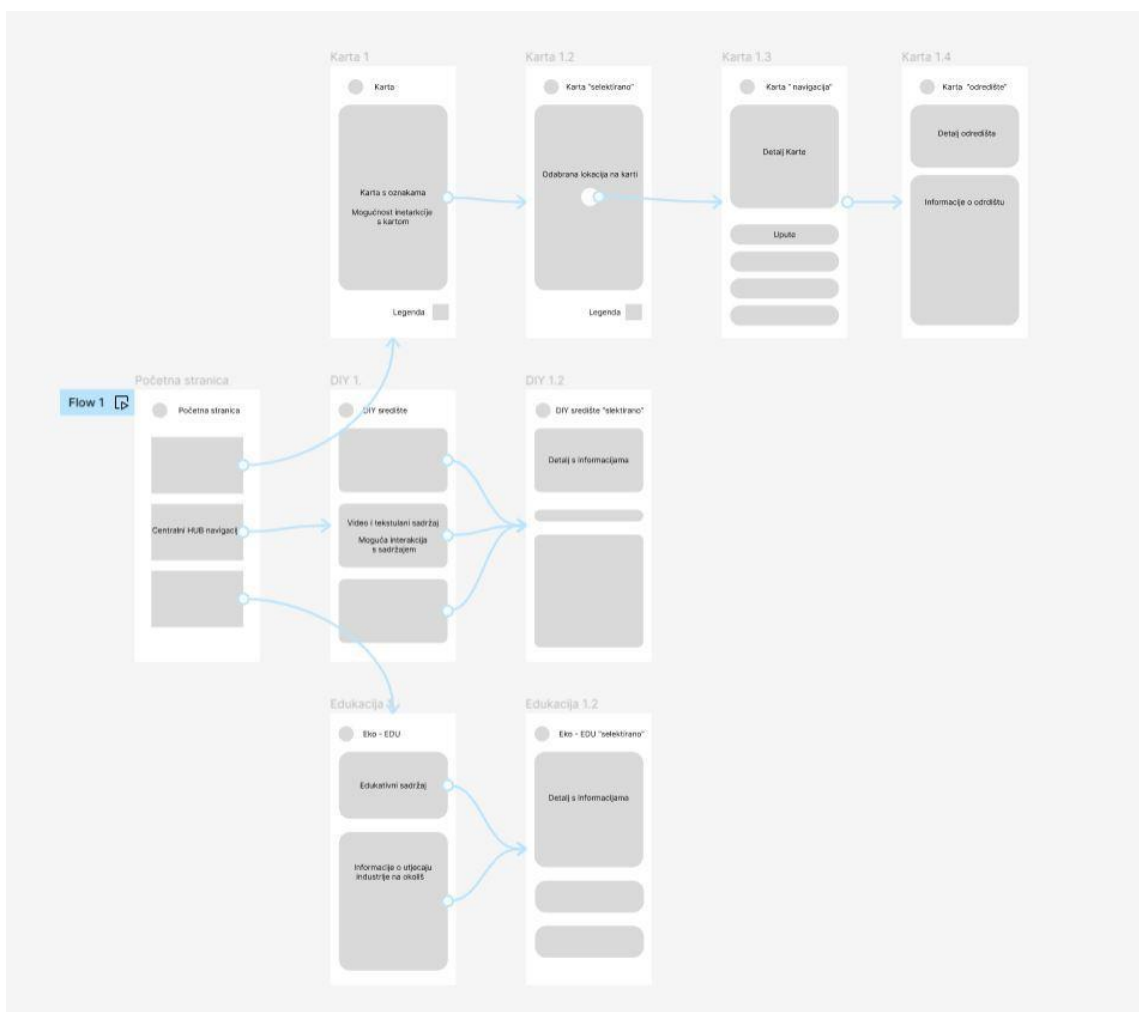
Mobilna aplikacija se sastoji od tri zasebne funkcionalne cjeline, koje su dizajnirane s namjerom da promoviraju i potiču usvajanje održivih metoda postupanja s tekstilom. Cjeline su bazirane na tri ključna načela upravljanja resursima: ponovna upotreba, smanjenje potrošnje i recikliranje, često označavani kao 3R principi - Reuse, Reduce, Recycle. Prva funkcionalna cjelina je u obliku interaktivne karte, druga cjelina zamišljena je kao informativno središte "DIY" (Do it yourself) odnosno "Uradi sam" sadržaja, dok je treća cjelina zamišljena kao otvorena biblioteka edukativno informativnog sadržaja o utjecaju tekstilne industrije na okoliš. Osim osnovnih funkcija, dodatne značajke kao što su traka za pretraživanje, skriveni sidebar s postavkama, korisnički profil, opcija spremanja omiljenog sadržaja ili često posjećenih lokacija, kao i legende i objašnjenja za složeniji sadržaj, pružaju korisnicima dodatne mogućnosti navigacije te obogaćuju korisničko iskustvo pružajući im veću funkcionalnost izvan osnovnih mogućnosti. Korisničko sučelje mobilne aplikacije osmišljeno je da putem već ustanovljenih i lako prepoznatljivih metoda interakcija sa sadržajem, omogući korisnicima laku i intuitivnu navigaciju sučeljem te jednostavan pristup željenim informacijama. Ovakav pristup osigurava pripadnicima šire dobne skupine mogućnost interakcije sa sadržajem unutar aplikacije.

### 3.3.3 Odabir okruženja za razvoj mobilne aplikacije

Funkcionalni prototip mobilne aplikacije razvijen je korištenjem Figma. Figma je alat baziran na web-pregledniku, specijaliziran za izradu korisničkih sučelja namijenjenih za korištenje na internetskim preglednicima, računalima te mobilnim uređajima. Zahvaljujući svojem intuitivnom korisničkom sučelju, Figma omogućava brzu izradu interaktivnih prototipa, uz mogućnost testiranja funkcionalnosti osmišljenih rješenja u stvarnom okruženju. Sposobnost stvaranja upotrebljivih prototipova kao i mogućnost pristupa punoj verziji Figma putem obrazovnih kanala učili su Figma optimalni alatom za razvoj idejnog rješenja.

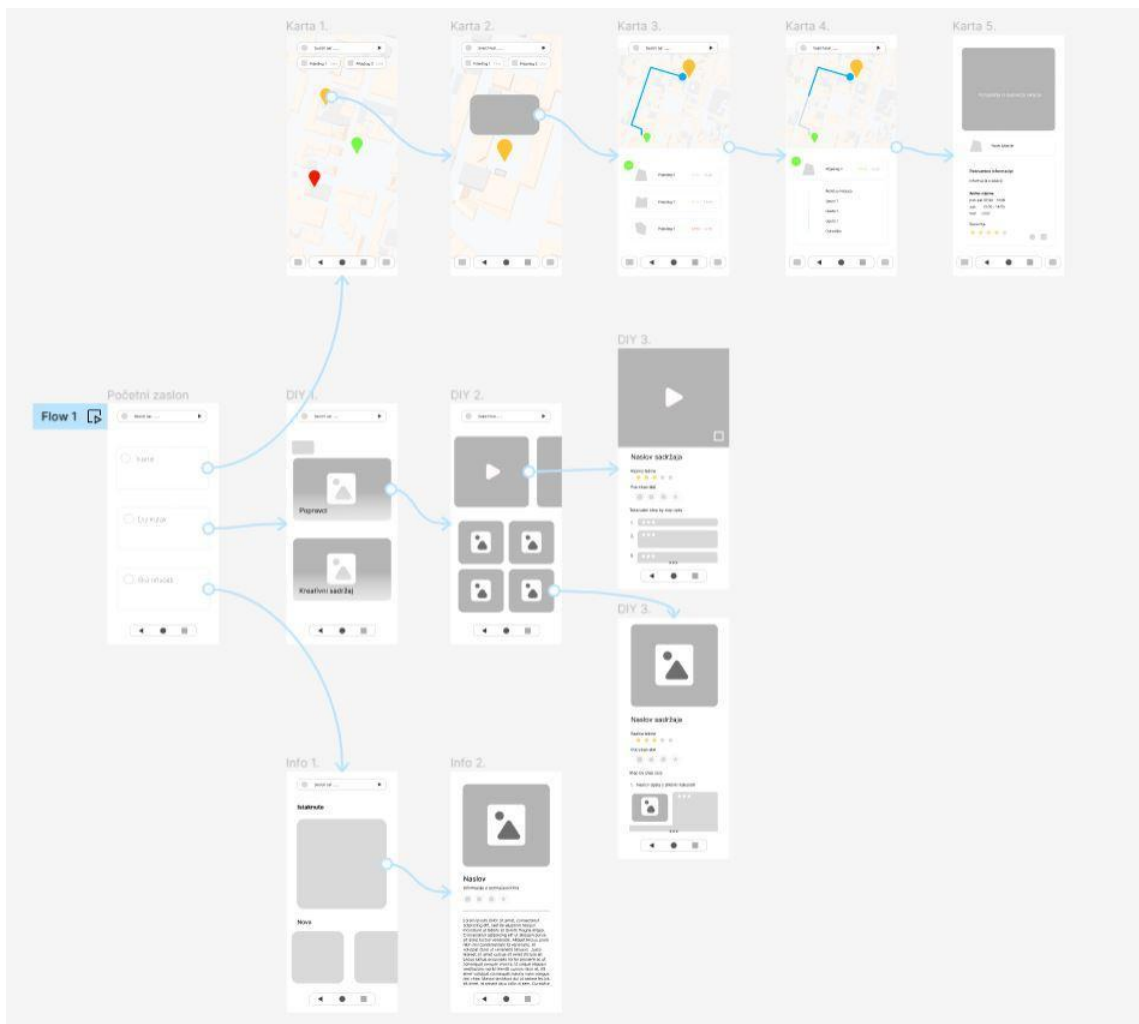
### 3.3.4 Proces izrade interaktivnog prototipa mobilne aplikacije

Prvi korak u izradi interaktivnog prototipa mobilne aplikacije bio je razvoj prototipa niske vjernosti (Low-Fidelity prototype) koji se sastoji od osnovnih navigacijskih elemenata i tekstualnih uputa, kako bi se jasno prikazale osnovne funkcionalne značajke mobilne aplikacije i omogućila uspostava temeljnog toka korištenja sučelja (Slika 29). Znanja usvojena tijekom razvoja prototipa niske vjernosti neće se samo primijeniti tijekom razvoj prototipa veće vjernosti, već će pridonijeti poboljšanju korisničkog iskustva finalnog predloženog rješenja.



Slika 29. Slikovni prikaz prototipa niske razine vjernosti

Sljedeći korak u izradi interaktivnog prototipa mobilne aplikacije bio je razvoj prototipa visoke vjernosti (High-Fidelity Prototype) (Slika 30). Za razliku od prototipa niske vjernosti, koji se sastoji od samo najosnovnijih navigacijskih elemenata, prototip visoke vjernosti svojim izgledom i funkcionalnim karakteristikama više priliči izgledu finalnog rješenja. Prototip visoke vjernosti detaljno prikazuje interakciju korisnika s aplikacijom i pruža precizniji prikaz finalnog izgleda gotov rješenja. Njegov razvoj omogućuje točniju procjenu mogućih problema tijekom korištenja te služi kao vodič za oblikovanje konačnog dizajna.



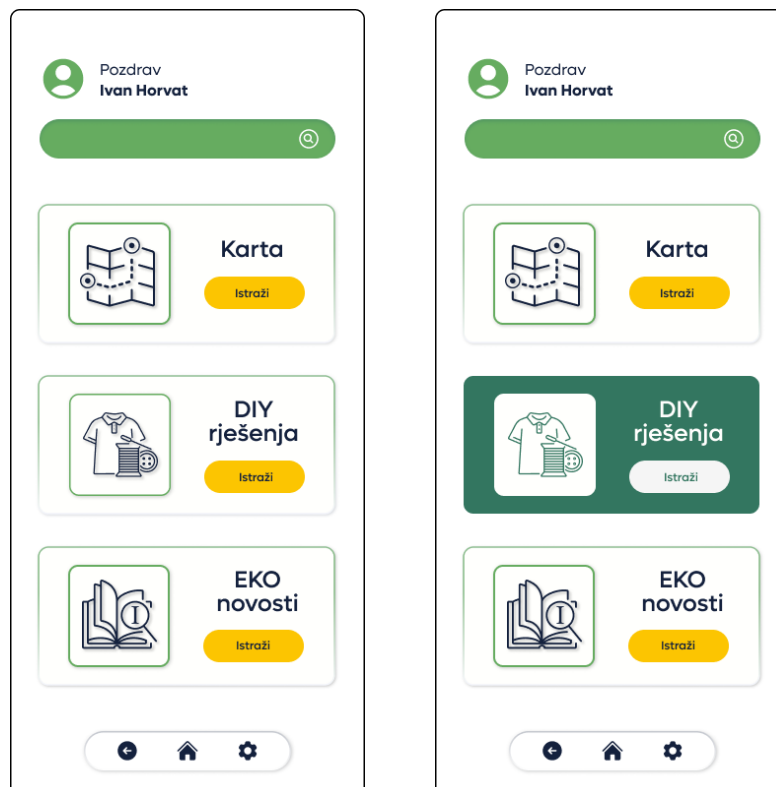
Slika 30. Slikovni prikaz prototipa visoke razine vjernosti

Nakon izrade prototipa niske i visoke vjernosti, definirane su osnovne funkcionalne karakteristike koje mobilna aplikacije treba ostvariti, te je ustanovljen tok korištenja i način na koji će korisnici pristupati sadržaju. Sljedeći korak u razvoju aplikacije odnosi se na oblikovanja i estetsko uređenje ključnih navigacijskih elemenata te na implementaciji sadržaja. Ovaj segment uključuje izbor prikladnog sustava boja, odabir odgovarajućeg fonta, izrada ikona te oblikovanje ključnih i sporednih navigacijskih elementa. Tijekom kreiranja sadržaja u obzir su uzeti svi povratni podaci korisnika o estetskim i funkcionalnim karakteristikama pojedinih elementa prikupljeni provođenjem anketnog istraživanja. Korisnici su svojim sudjelovanjem u anketnom istraživanju mogli utjecati na odabir fonta, sustav boja, estetski izgled navigacijskih elementa poput trake za pretraživanje i navigacijske trake, izgled ikona za označavanje ključnih funkcionalnih karakteristika te raspored glavnih navigacijskih elemenata na početnom zaslonu. Analizom rezultata ankete utvrđeno je kako je određeni dio povratnih informacija neprikladan ili neupotrebljiv te su u tim situacijama implementirana alternativna rješenja.

#### 3.3.4.1 Početni zaslon

Početni zaslon mobilne aplikacije sastoji se od ikone korisničkog računa s nazivom korisnika, trake za pretraživanje sadržaja unutar aplikacije, tri glavna navigacijska elementa te navigacijske trake. Font, raspored centralnih navigacijskih elemenata, izgled ikona te izgled navigacijskih elementa (trake za pretraživanje i navigacijske trake) oblikovani su u skladu s povratnim informacijama anketnog istraživanja. Tijekom razvoja utvrđeno je da je sustav boja koji su ispitanici odabrali neupotrebljiv. Novi sustav boja zadržao je određeni dio boja koje su ispitanici odabrali, kako bi se u što većoj mjeri uvažilo mišljenje ispitanika. Sučeljem početnog zaslona dominiraju tri glavna navigacijska elementa (Slika 31). Interakcija s tim elementima navodi korisnika na sljedeću stranicu mobilne aplikacije. Sva tri glavna navigacijska elementa sastoje se od istih pod elemenata: plošne vektorske ikone, tekstualnog natpisa te pomoćnog gumba. Funkcija vektorske ikone i tekstualnog natpisa je na lako shvatljiv način prikazati glavnu funkcionalnost navigacijskog elementa dok se gumbom različite boje nastoji motivirati i potaknuti korisnika na interakciju s

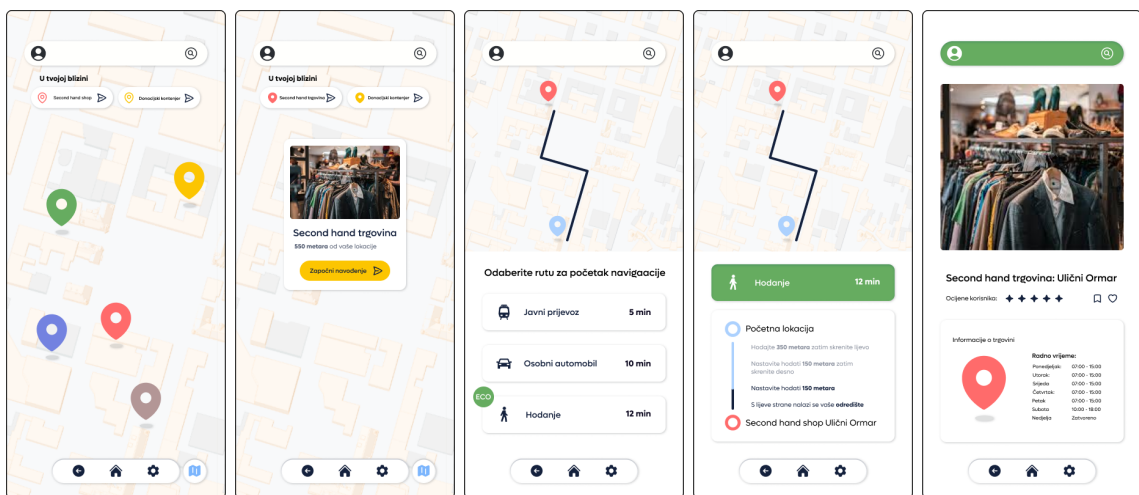
elementom. Pri vrhu aplikacije nalazi se traka za pretraživanje sadržaja koja omogućuje brzi pristup željenom sadržaju bez potrebe navigacije kroz korisničko sučelje aplikacije. Ona je namijenjena korisnicima koji su upoznati s radom aplikacije te znaju kojem sadržaju žele pristupiti. Odmah iznad trake za pretraživanje nalazi se ikona korisničkog računa s nazivom korisnika. Odabirom ikone otvara se posebni zaslon koji omogućuje pregled osnovnih informacija o korisniku te pristup spremljenom sadržaju. Ovi elementi su oblikovani drugačijom shemom boja kako bi se jasno razlikovali od ostalih elemenata. Posljednji element na početnoj stranici je navigacijska traka pri dnu korisničkog sučelja. Ona omogućuje korisniku povratak na prijašnji zaslon, povratak na početni zaslon te brzi pristup postavkama aplikacije. Navigacijska traka, traka za pretraživanje zajedno i ikona korisničkog računa, predstavljaju navigacijske elementi koji će korisnicima biti na raspolaganju tijekom navigacije korisničkog sučelja aplikacije.



Slika 31. Slikovni prikaz početnog zaslona u stanju mirovanja te nakon što je korisnik selektirao određeni navigacijski element

### 3.3.4.2 Interaktivna karta

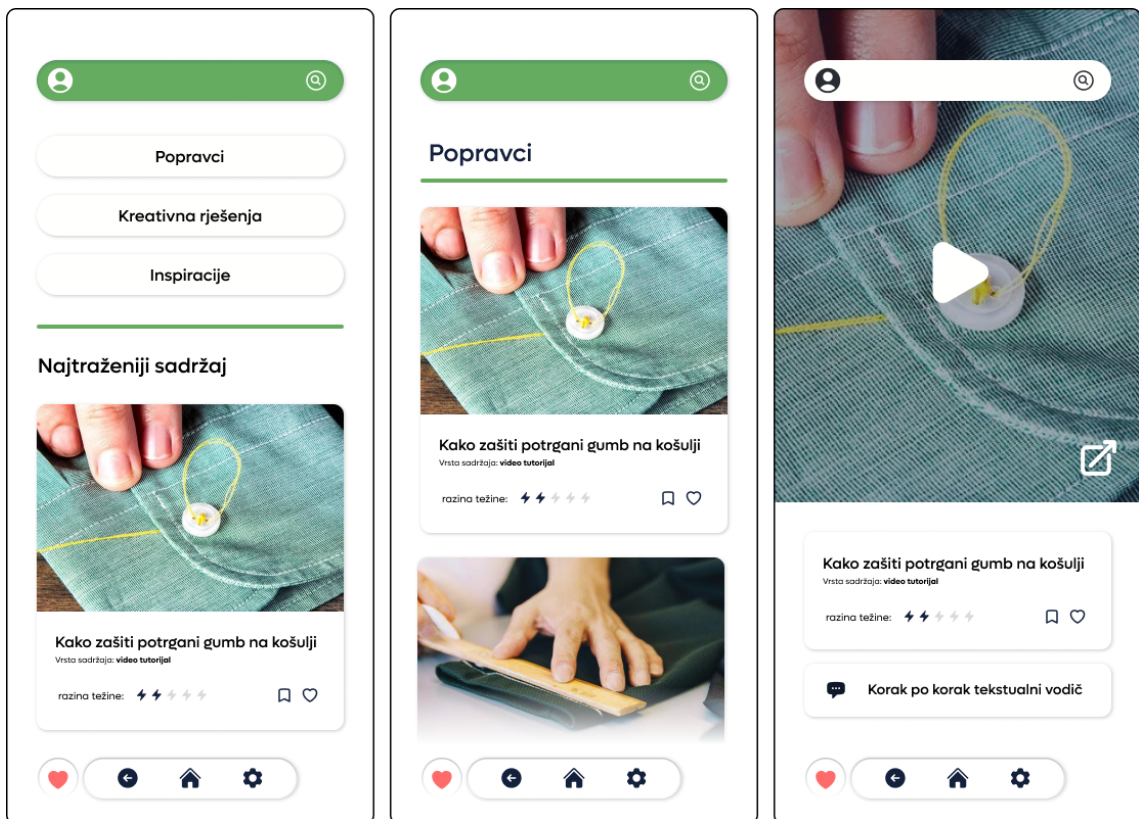
Primarna funkcija ovog segmenta mobilne aplikacije je korisnicima putem interaktivne karte omogućiti pronalazak interesnih lokacija poput kontejnera za donaciju odjeće, trgovina rabljenom odjećom te obrtničkih i zanatskih djelatnosti koja nude usluge popravka i preinaka odjeće i obuće (Slika 32). Kako bi se olakšala identifikacija te spriječilo nastajanje vizualnog šuma, interesne lokacije označene su pinovima različitih boja. Informacije o značenju pojedinih boja dostupne ikone legende koja se nalazi pored navigacijske trake. Kako bi se spriječila vizualna zasićenost sadržajem tijekom izvođenja akcija koje ne koriste funkcionalnost legende, ova ikona je vidljiva isključivo za vrijeme korištenja karte. Interaktivna karta omogućuje korisniku i navođenje do odabrane lokacije. Tijekom navođenja korisnik može odabrati jednu od predodređenih ruta ovisno o vrsti željenog načina putovanja. Navigacijska ruta s najmanjim utjecajem na okoliš označena je zelenom ekološkom oznakom kako bi se korisnika potaknulo na odabir rute koja najmanje doprinosi zagađenju okoliša. Ostali elementi koji se nalaze unutar ovog segmenta su traka za pretraživanje s ponuđenim interesnim lokacijama u blizini korisnika te navigacijska traka. Kako bi se smanjila količina sadržaja na stranici te omogućio što veći prikaz karte, ikona korisničkog računa integrirana je unutar trake za pretraživanje. Bez obzira na promjenu položaja njena temeljna funkcionalnost je zadržana.



Slika 32. Slikovni prikaz funkcionalnosti interaktivne karte

### 3.3.4.3 DIY rješenja

Primarna funkcija ove cjeline mobilne aplikacije je omogućiti korisnicima pristup informativno edukativnom sadržaju u obliku video tutorijala, tekstualnih instrukcija ili inspirativnih objava preuzetih s društvenih mreža, s ciljem promocije održivih praksi postupanja s tekstilom. Unutar ove cjeline korisnici imaju pristup sadržaju koji se odnosi na izvođenje popravka, prenamjena i modifikacija oštećenih i zastarjelih tekstilnih predmeta kako bi im se produžio životni vijek (Slika 33). Pri vrhu sučelja ispod navigacijske trake nalaze se tri navigacijska gumba koja omogućuju brzu filtraciju sadržaja prema unaprijed definiranim kategorijama. Selekcija jednog od tih navigacijskih elementa preusmjerava korisnika na sljedeću stranicu unutar koje je sav dostupan sadržaj tematski usklađen. Ispod seta gumba za brzu navigaciju nalazi se područje vertikalne navigacije. Sadržaj unutar područja vertikalne navigacije sortiran je prema vremenu objavljivanja odnosno postavljanja od najnovijeg do najstarijeg. Informativni sadržaj predstavljen je u obliku interaktivnih kartica. Informacije su prikazane putem interaktivnih kartica. Ovakva prezentacija omogućava korisnicima predpregled osnovnih podataka o željenom sadržaju, kao što su vrsta sadržaja i kompleksnost izvođenja, te im pruža mogućnost spremanja odabranog materijala. Selekcija interaktivne kartice preusmjerava korisnika na zasebna zaslon koji omogućuje pregled cjelokupnog sadržaja. Pri vrhu sučelja nalazi se traka za pretraživanje s ugrađenom ikonom za pristup korisničkom računu, dok se pri dnu sučelja nalazi navigacijska traka s dodatnom ikonom za brzi pristup omiljenom sadržaju. Dodatna ikona za pristup omiljenom sadržaju pojavljuje se isključivo tijekom korištenja ovog sučelja kako bi se smanjila količina vizualnih elemenata prisutnih na korisničkom sučelju u isto vrijeme i olakšala navigacija korisničkim sučeljem.



Slika 33. Slikovni prikaz funkcionalnosti cjeline DIY rješenja

#### 3.3.4.4 Eko novosti

Primarna funkcionalnost ove cjeline aplikacije je omogućiti korisnicima edukativno-informativan sadržaj s ciljem podizanja svijesti o ekološkom utjecajima tekstilne industrije. Unutar ove cjeline korisnici imaju pristup ne istraživačkoj, znanstvenoj i stručnoj literaturi na temu održivosti i ekološkog utjecaj tekstilne industrije. U središnjem fokusu korisničkog sučelja je vertikalna navigacija s interaktivnim karticama. Unutar područja navigacije sadržaj je raspoređen prema vremenu objavljivanja od najnovijeg do najstarijeg. Prikaz sadržaja u obliku interaktivnih kartica omogućuje brzi pregled osnovnih karakteristika poput naslova i teme, autora, jezika na kojem je sadržaj napisan, vrste sadržaja te procjeni vremena potrebnog za čitanje sadržaja (Slika 34). Selekcija interaktivne kartice preusmjerava korisnika na zasebnu stranicu gdje je moguć pristup cjelokupnom sadržaju. Pri vrhu sučelja nalazi se traka za pretraživanje s ugrađenom ikonom za pristup korisničkom računu, dok se pri



dnu sučelja nalazi navigacijska traka s ikonom za brzi pristup omiljenom sadržaju koja se može vidjeti samo tijekom korištenja ovog sučelja.



Slika 34. Slikovni prikaz funkcionalnosti cjeline EKO novosti

### 3.4. Rezultati i rasprava

Podaci dobiveni putem anketnog istraživanja, zajedno s informacijama izvučenima iz proučavanja stručne i znanstvene literature o održivosti i ekološkim posljedicama tekstilne industrije, pružaju osnovu za potvrdu ili opovrgavanje prethodno postavljenih hipoteza.

Prva hipoteza glasi:

**H1** Ugljikov otisak tekstilne industrije je među najvećima.

Tekstilna industrija jedna je od najvećih zagađivača okoliša, pridonoseći značajnim emisijama stakleničkih plinova, potrošnji vode i generiranju otpada. Godišnje ona je odgovorna za emisiju 1,7 milijuna CO<sub>2</sub>, što predstavlja 10% globalnih emisija stakleničkih plinova. Visoke emisije stakleničkih plinova uglavnom proizlaze iz korištenja fosilnih goriva kao glavni izvor energije za pogon mehanizacije i strojeva korištenih tijekom proizvodnog procesa. Svake godine tekstilna industrija troši približno 93 milijarde kubičnih metara vode, što predstavlja oko 4% ukupne svjetske potrošnje vode. Osim toga ona je dogovorna za otprilike 20% ukupnog industrijskog onečišćenja vodnih resursa. Otpadne vode nastaju tijekom inicijalne faze proizvodnje vlakana osobito prirodnih vlakna poput pamuka te tijekom provedbe mokrih procesa obrade poput bijeljenja, bojanja mercerizacije i proces završne obrade. Godišnje se generira približno 92 milijuna tona tekstilnog otpada što predstavlja 7% ukupne količine globalnog otpada. Do nastanka tekstilnog otpad tijekom proizvodnje primarno dolazi tijekom formiranja pletiva i tekstilnih materijala u obliku otpadnih tekstilnih vlakna i pređe te tijekom proces rezanja i šivanja u obliku polugotov tekstilnog materijala. S obzirom na saznanja ostvarena analizom stručne literature o ekološkom utjecaju tekstilne industrije moguće je zaključiti da je prva hipoteza potvrđena.

Druga hipoteza glasi:

**H2** Životni vijek tekstila može se produžiti cirkularnim gospodarenjem.

Usvajanje temeljnih načela kružnog gospodarenja tijekom proces proizvodnje, upotrebe te odlaganja može pozitivno utjecati na produljenje životnog vijeka

tekstilnih proizvoda te doprinijeti smanjenju ekološkog utjecaja tekstilne industrije. Smanjenje obujma proizvodnje te fokus na upotrebu visokokvalitetnih tekstilnih materijala tijekom proizvodnje, može se znatno produžiti upotrebljivost proizvedenog tekstilnog proizvoda. Edukacija potrošača o odgovornoj potrošnji te utjecaju poslovnog modela brze mode može dovesti do promjena u potrošačkim navikama te smanjiti impulzivnu kupnju. Edukacija potrošača o važnosti pravilne njege tekstila može smanjiti ekološki utjecaj tekstila tijekom uporabne faze te produžiti njegov životni vijek. Usvajanje održivih praksi postupanja s tekstilom poput popravka, prenamjena ili modifikacija može produžiti životni vijek tekstila te pridonijeti smanjenju nastalog otpada eliminacijom potrebe za odbacivanjem oštećenih ali još uvijek upotrebljivih tekstilnih predmeta. Promicanje postojećih te poticanje na organizaciju novih događanja s ciljem razmjene, prodaje ili najma rabljenog tekstila također može pozitivno utjecati na produljenje životnog vijeka tekstila. Pravilno zbrinjavanje neupotrebljivog tekstila recikliranjem te prenamjena i ponovna upotreba iskorištenog tekstilnog otpada u što većoj mjeri, smanjuje potrebu za proizvodnjom novim resursima i doprinosi održivosti industrije. Ta temelju ostvarenih saznanja moguće je zaključiti da je druga hipoteza potvrđena.

Treća hipoteza glasi:

**H3** Kreiranje i korištenje aplikacija za održivo postupanje s tekstilnim otpadom može doprinijeti cirkularnom gospodarstvu.

Razvoj mobilne aplikacije zasnovane na temeljnim načelima kružnog gospodarstva resursima može ne samo promijeniti percepciju korisnika o tekstilu kao ponovno iskoristivom resursu, već može motivirati i potaknuti korisnike da usvoje i aktivno primjenjuju održive prakse postupanja s tekstilom u svojoj svakodnevici. Ovakav pristup problemu koji se zasniva na upotrebi postojećih tehnologija i komunikacijskih kanala kako bi se ponudilo inovativno rješenje na problem, u skladu je s načinom pristupanja problemu koje zagovara model kružnog gospodarstva resursima. Rezultati anketnog istraživanja dodatno potvrđuju potrebu za implementacijom predloženog rješenja. Većinski udio ispitanika (30,8%) ocijenio je vlastitu ulogu u smanjenju ekološkog utjecaja

tekstilne industrije prosječnom ocjenom (dobar), što ukazuje da postoji potreba za predstavljanjem rješenja koje nastoji adresirati problem održivosti tekstilne industrije. Na temelju saznanja prikupljenih istraživanjem stručne i znanstvene literature na temu kružnog gospodarenja u kontekstu tekstilne industrije te rezultata anketnog istraživanja moguće je zaključiti kako je treća hipoteza potvrđena.

## 4. Zaključak

Tekstilna industrija, neizostavna karika u svakodnevnom životu modernog čovjeka, sve više uzrokuje ekološke izazove. Kroz sve faze životnog ciklusa tekstilnog proizvoda od proizvodnje, upotrebe, pa do konačnog odlaganja industrija kontinuirano doprinosi zagađenju okoliša. S obzirom na njen rastući ekološki otisak i duboki utjecaj na globalne klimatske promjene, potreba za pronalaženjem održivih rješenja postaje neophodna. Kružno gospodarenje resursima predstavlja se kao inovativan odgovor na ovaj problem. Ovaj model, koji se često primjenjuje u upravljanju otpadom, naglašava važnost principa 3R (smanjenje, ponovna upotreba, recikliranje) u svim fazama proizvodnje. U svijetu vođenom ovim principima, tekstilni proizvodi dizajnirani su da traju, mogu se lako obnoviti, a na kraju svog vijeka, reciklirati ili kompostirati. U skladu s načelima kružnog gospodarstva, ovim radom predstavljeno je idejno rješenje u obliku mobilne aplikacije za održivo postupanje s tekstilom. Funkcionalna svojstva mobilne aplikacije osmišljena su na temelju osnovnih načela kružnog gospodarenja. Upotreba već postojećih načina komunikacije i prijenosa informacije omogućila je predstavljanje inovativnog rješenja s ciljem promicanja održivih praksi ponašanja bez dodatnog stvaranja pritiska na okoliš. Razvoj sličnih rješenja može potaknuti veći broj korisnika na usvajanje i aktivno prakticiranje održivih praksi postupanja s tekstilom što može imati pozitivan učinak na okoliš te doprinijeti smanjenju ugljičnog otiska tekstilne industrije.

## 5. Popis literature

1. A history of Textile by Kax Wilson <https://doi.org/10.4324/9780429049101> (11.02.2023.)
2. Zippia. "28 Dazzling Fashion Industry Statistics [2023]: How Much Is The Fashion Industry Worth" Zippia.com <https://www.zippia.com/advice/fashion-industry-statistics/> (11.02.2023.)
3. <https://shenglufashion.com/2018/08/16/wto-reports-world-textile-and-apparel-trade-in-2017/> (15.02.2023.)
4. Textile Market Size, Share & Trends Analysis Report By Raw Material (Cotton, Wool, Silk, Chemical), By Product (Natural Fibers, Nylon), By Application (Technical, Fashion), By Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2030 (15.02.2023.)
5. <https://www.statista.com/statistics/1258612/global-employment-figures/> (15.02.2023.)
6. <https://www.statista.com/statistics/1281241/asia-garment-workers-key-figures/> (15.02.2023.)
7. <https://www.statista.com/statistics/417725/eu-european-union-textile-clothing-in-dustry-employment-by-segment/> (15.02.2023)
8. <https://fashionunited.com/global-fashion-industry-statistics> (17.02.2023.)
9. State of fashion 2022 Mckinsey & Company
10. Vertica Bhardwaj & Ann Fairhurst (2010) Fast fashion: response to changes in the fashion industry, The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research DOI: 10.1080/09593960903498300

11. U.S. Bureau of Labor Statistics Consumer Expenditure Survey data for 2021 (18.02.2023.)
12. <https://capsulewardrobedata.com/howmuchclothingdopeopleown> (18.02.2023.)
13. Environmental impact of the textile and clothing industry What consumers need to know.
14. Morlet, A., Opsomer, R., Herrmann, S., Balmond, L., Gillet, C., and Fuchs, L. (2017). A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Ellen MacArthur Foundation.
15. Bick, R., Halsey, E. & Ekenga, C.C. (2018) The global environmental injustice of fast fashion. Environ Health.  
<https://doi.org/10.1186/s12940-018-0433-7>
16. Anguelov, N. (2015) The Dirty Side of the Garment Industry: Fast Fashion and its Negative Impact on Environment and Society.
17. Kirsi Niinimäk, Greg Peters, Helena Dahlbo, Patsy Perry. (2020) The environmental price of fast fashion. DOI:10.1038/s43017-020-0039-9
18. Walter Leal Filho, Patsy Perry, Hilde Heim, Maria Alzira Pimenta Dinis, Haruna Moda, Eromose Ebhuoma, & Arminda Paço. (2022). An overview of the contribution of the textiles sector to climate change.  
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.973102>
19. <https://textilelearner.net/water-footprint-in-textile-and-fashion-industry/> (27.03.2023.)
20.  
<https://textileapex.blogspot.com/2015/09/raw-materials-used-in-textile-industries.html> (28.03.2023.)
21. Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G. & Gautam, R. (2006) The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of

worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.027>

22. Toprak T, Anis P. (2017) Textile industry's environmental effects and approaching cleaner production and sustainability, an overview.

DOI:10.15406/jteft.2017.02.00066

23. <https://barnhardtcotton.net/technology/cotton-processing/> (05.04.2023)

24. Cotton Incorporated (2012) Life Cycle Assessment of Cotton Fiber & Fabric Full Report.

25. Sandin G., Roos S. & Johansson M. (2019) Environmental impact of textile fibers - what we know and what we don't know. Fiber Bible part 2. Mistra Future Fashion. DOI:10.13140/RG.2.2.23295.05280

26. A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. By: Rania Al-Tohamy, Sameh S. Ali, Fanghua Li, Kamal M. Okasha, Yehia A.-G. Mahmoud, Tamer Elsamahy, Haixin Jiao, Yinyi Fu, Jianzhong Sun <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>

27. Peters, G., Svanström, M., Roos, S., Sandin, G., and Zamani, B. (2015) "Carbon footprints in the textile industry," in Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing.

28.

<https://www.linkedin.com/pulse/textile-finishing-process-mechanical-chemical-finishes-/> (05.04.2023.)

29. <https://www.sewdynamic.com/pages/microfibers> (10.04.2023.)

30. Masson-Delmotte, V. P., Zhai, A., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S., Berger, N., et al. (2021). IPCC, 2021: Climate change 2021: The physical science basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.



[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf) (14.04.2023.)

31. Quantis (2018). Measuring fashion: Environmental impact of the global apparel and footwear industries study.

[https://quantis-intl.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion\\_globalimpactstudy\\_full-report\\_quantis\\_cwf\\_2018a.pdf](https://quantis-intl.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf). (14.04.2023)

32. The Carbon Trust. International carbon flows.

<https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/international-carbon-flows> (18.04.2023.)

33.

[https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange\\_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report\\_2021.pdf](https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report_2021.pdf) (18.04.2023)

34. Kirchain R., Olivetti E., Miller T. R. & Greene S. (2015) Sustainable Apparel Materials.

35. McCullogh, D. G. (2014). Deforestation for fashion: Getting unsustainable fabrics out of the closet.

36.

<https://earthslaundry.com/blogs/news/what-is-the-environmental-impact-of-laundry> (22.04.2023.)

37. Roos, S., Jönsson, C., Posner, S., Arvidsson, R. & Svanström, M. An inventory framework for inclusion of textile chemicals in life cycle assessment. Int. J. Life Cycle Assess.

38.

<https://www.pan-uk.org/site/wp-content/uploads/Cottons-chemical-addiction-FINAL-LOW-RES-2017.pdf56/6270561> (24.04.2023.)

39. KEMI Swedish Chemicals Agency. Chemicals in textiles – Risks to human health and the environment. Report from a government assignment.

<https://www.kemi.se/global/rapporter/2014/rapport-6-14-chemicals-in-textiles.pdf>  
(06.05.2023.)

40. <https://theroundup.org/textile-waste-statistics/> (10.05.2023.)

41. <https://textilelearner.net/waste-management-in-textile-and-fashion-industry/>  
(15.05.2023.)

42. Rajkishore Nayak, Asis Patnaik (2021). Waste Management in the Fashion and Textile Industries.

44. S. Aishwariya (2021). Waste Management Technologies in Textile Industry.

43. Nadeera W.A.A.P, Karunarathna D.D.A, Madushan D.M.H, Ferdinando K.P.M.D.D.L, Perera G.D.V, Abeyunawardhana W.L.K (2022). Solid Waste Management in Textile Industry.

44. S. Aishwariya (2021). Waste Management Technologies in Textile Industry.

45. Julia E. DeVoy, Elizabeth Congiusta , Dielle J. Lundberg , Sarah Findeisen , Sunand Bhattacharya (2021) Post-Consumer textile waste and disposal: Differences by socioeconomic, demographic, and retail factors.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.10.009>

46. U.S. EPA, 2018. Textiles: Material-Specific Data.

<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/textiles-material-specific-data> (05.06.2023.)

47. U.S. EPA, 2018. Textiles: Material-Specific Data.

<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/textiles-material-specific-data> (10.06.2023.)

48. D. G. K. Dissanayake, D.U. Weerasinghe (2021). Fabric Waste Recycling: a Systematic Review of Methods, Applications, and Challenges.

49.

<https://textilevaluechain.in/in-depth-analysis/articles/textile-articles/management-of-post-consumer-textile-waste/> (18.06.2023.)

50.

[https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at\\_campaign=20234-Economy&at\\_medium=Google\\_Ads&at\\_platform=Search&at\\_creation=RSA&at\\_goal=TR\\_G&at\\_audience=circular%20economy&at\\_topic=Circular\\_Economy&at\\_location=HR&gclid=CjwKCAjwivemBhBhEiwAJxNWN3k00-sN8BgsMF9osNI2Td6VpFxlOJtS4wt0E9mc5kzRHI1fa1DfThoCBxAQAvD\\_BwE](https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=circular%20economy&at_topic=Circular_Economy&at_location=HR&gclid=CjwKCAjwivemBhBhEiwAJxNWN3k00-sN8BgsMF9osNI2Td6VpFxlOJtS4wt0E9mc5kzRHI1fa1DfThoCBxAQAvD_BwE) (04.07.2023.)

51. Maeen Md. Khairul Akter, Upama Nasrin Haq, Md. Mazedul Islam, Mohammad Abbas Uddin (2022). Textile-apparel manufacturing and material waste management in the circular economy: A conceptual model to achieve sustainable development goal (SDG) 12 for Bangladesh.

52. Mark K. Brewer (2019) Slow Fashion in a Fast Fashion World: Promoting Sustainability and Responsibility.

53. Xuandong Chen, Hifza A. Memon, Yuanhao Wang, Ifra Marriam, Mike Tebyetekerwa (2021). Circular Economy and Sustainability of the Clothing and Textile Industry. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00026-2>

54. Jia F, Yin S, Chen L, Chen X (2020) The circular economy in the textile and apparel industry: a systematic literature review. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120728>

55. Shirvani Moghaddam K, Motamed B, Ramakrishna S, Naebe M (2020) Death by waste: fashion and textile circular economy case. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>

56. Krishnendu Saha, Prasanta Kumar Dey, Eleni Papagiannaki (2020) Implementing circular economy in the textile and clothing industry. DOI: 10.1002/bse.2670

57. Sandra Roos, Gustav Sandin, Bahareh Zamani, Greg Peters and Magdalena Svanström (2017) Will Clothing Be Sustainable? Clarifying Sustainable Fashion.

58

<https://climateseed.com/blog/secteur-du-textile-impact-environnemental-et-r%C3%A9glementation> (28.05.2023.)