

## ECO-TEXTILES THROUGH SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Miodrag Smelcerovic**

Academy of Vocational Studies Southern Serbia, Department of Technological Art Studies, Serbia,  
msmelcerovic@yahoo.com

**Abstract:** The textile industry is considered to be the most environmentally harmful industry in the world. Environmental problems in the textile industry occur during certain production processes and are transmitted directly to the finished product. In the process of textile production, in some phases, such as bleaching and then dyeing, each subsequent fabric produces toxic substances that burden our ecosystem. During production, the process of pollution control is as important as that the product is not toxic. The use of clothing for the region has contributed to faster depletion of forests and opened the door to the development of natural sustainable fibers such as organic fibers of cotton, hemp and bamboo. Petroleum-based products are harmful to the environment. 8,000 different chemicals are used in textiles, from dyes to auxiliary chemicals. Some of the substances are carcinogenic or can harm children in the prenatal phase, while others can trigger allergic reactions in some people. Water is used at every step in the process of transferring all the chemicals used during processing or for rinsing them before the next phase begins. The textile industry is one of the most chemically intensive industries on earth, and is the biggest water polluter after agriculture. Factories discharge millions of tons of wastewater each year, full of chemicals such as formaldehyde (HCHO), chlorine, heavy metals (such as lead and mercury), etc., which are significant causes of environmental degradation and human disease. Factory waste is also often high in temperature and pH, and both are known to be extremely harmful. Eco-problems in the textile industry occur during some production processes and the right to the finished product is transferred. During bleaching and dyeing, the fabric (knitwear) releases toxins that reach our ecosystem. Pollution control is vital for creating products without toxic product effects. It is necessary to produce material that is environmentally friendly or environmentally friendly. The first and most important is the reproducibility of the product. Renewable resources are things that can be renewed in a relatively short time. Another factor is the ecological footprint of resources - how much land (usually measured in hectares) is needed to bring one of the individuals (plants or animals) to full growth and held. The third thing to consider when determining the environmental acceptability of a particular product is how many chemicals are needed for cultivation / processing to be ready for the market. An integrated approach to pollution control is needed to protect the environment. The textile industry has a strong impact on the environment, current practice is unsustainable, companies, environmentalists and consumers are looking for a strategy to reduce the textile waste. Therefore, there is a need for the production of textile materials that are environmentally friendly using various processes such as enzyme technology, plasma technology, super-critical dyeing with carbon dioxide, foam technology, etc.

**Keywords:** textile industry, eco-textile, sustainable process, toxic chemicals.

## EKO-TEKSTIL KROZ ODRŽIVI RAZVOJ

**Miodrag Šmelcerović**

Akademija strukovnih studija južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Srbija,  
msmelcerovic@yahoo.com

**Rezime:** Tekstilna industrija smatra se ekološki najštetnijom industrijom na svetu. Ekološki problemi u tekstilnoj industriji javljaju se tokom pojedinih proizvodnih procesa i prenose se dalje direktno na gotovi proizvod. U procesu proizvodnje tekstila, kod nekih faza, poput beljenja, a zatim i bojenja, svaka svaki sledeći komad tkanine pravi toksične materije koje opterećuju naš ekosistem. Tokom proizvodnje proces kontrole zagađenja je podjednako važan kao i to da proizvod ne bude toksičan. Upotreba rejonu za odeću doprinela je bržem iscrpljivanju šuma i otvorila vrata razvoju prirodnih održivih vlakana poput organskih vlakana pamuka, konoplje i bambusa. Proizvodi na bazi nafte štetni su za životnu sredinu. U tekstu se koristi 8.000 različitih hemikalija, od boja do pomoćnih hemikalija. Neke od supstanci su kancerogene ili mogu da nanesu štetu bebama u prenatalnoj fazi, dok drugi mogu da se pokrenu alergijske reakcije kod nekih ljudi. Voda se koristi na svakom koraku u procesima prenošenja svih korišćenih hemikalija tokom obrade ili za njihovo ispiranje pre nego što započne sledeća faza. Tekstilna industrija je jedna od hemijski najintenzivnijih industrija na zemlji, i najveći je zagađivač vode posle poljoprivrede. Fabrike ispuštaju milione tona otpadnih voda svake godine, pune hemikalija poput formaldehida, hlora, teških metala (kao što su olovo i živa) i sl., koji su značajni uzroci degradacija životne sredine i ljudskih bolesti. Fabrički otpad je takođe često visoke temperature i pH, a zna se da su oba izuzetno štetna. Eko-problemi u tekstilnoj industriji javljaju

se tokom pojedinih proizvodnih procesa i prenose se direktno na gotov proizvod. Tokom izbeljivanja i bojenjem, tkanina (pletanina) oslobađa toksine koji dospevaju u naš ekosistem. Kontrola zagađenja je od vitalnog značaja za stvaranje proizvoda bez toksičnih proizvodnih efekata. Potrebno je proizvesti materijal koji je ekološki ili ekološki prihvatljiv. Prvo i najvažnije je obnovljivost proizvoda. Obnovljivi resursi su sirovine koje se mogu obnoviti za relativno kratko vreme. Drugi faktor je ekološki otisak resursa - koliko je zemljišta (obično mereno u hektarima) potrebno da bi se jedna od jedinki (biljaka ili životinja) dovela do punog rasta i održala. Treća stvar koju treba uzeti u obzir pri određivanju ekološke prihvatljivosti određenog proizvoda je koliko je hemikalija potrebno za gajenje/preradu kako bi bio spreman za tržište. Da bi se zaštitila okolina potreban je integrisani pristup kontroli zagađenja. Tekstilna industrija ima snažan uticaj na životnu sredinu, trenutna praksa je neodrživa, kompanije, ekolozi i potrošači traže strategiju za smanjenje uticaja otpadnih materija iz tekstila. Dakle, postoji potreba za proizvodnjom tekstilnih materijala koji su ekološki prihvatljivi koristeći različite procese poput enzimske tehnologije, tehnologije plazme, super kritično bojenje ugljen-dioksidom, tehnologija pena itd.

**Ključne reči:** tekstilna industrija, eko-tekstil, održivi proces, otrovne hemikalije.

## 1. UVOD

Tekstilna industrija je posvećena proizvodnji ekološki prihvatljivih tekstilija kako bi se suočili sa globalnom konkurencijom. Bilo koji tekstilni proizvod koji se proizvodi na ekološki način i obrađuje pod ekološkim ograničenjima (definisano od agencija kao što su *oekotex*, *ifoam* itd.) poznati su kao eko tekstil (Patti, 2021, Stone, 2020).

Tekstilna industrija je jedna od hemijski najintenzivnijih industrija na zemlji, i najveći je zagađivač vode posle poljoprivrede. Prema istraživanjima, "Populacija koja je alergična na hemikalije će rasti 60% do 2020. godine". Globalna potrošnja slatka voda se udvostručuje svakih 20 godina. Fabrike ispuštaju milione tona otpadnih voda svake godine, pune hemikalija poput formaldehida (HCHO), hlora, teških metala (kao što su olovo i živa) i sl., koji su značajni uzroci degradacija životne sredine i ljudskih bolesti. Fabrički otpad je takođe često visoke temperature i pH, a zna se da su oba izuzetno štetna (Choudhury, 2017).

Eko-problemi u tekstilnoj industriji javljaju se tokom neki proizvodnih procesa i prenose se pravo na gotov proizvod. Tokom izbeljivanja i bojenjem, tkanina (pletanina) oslobađa toksine koji dospevaju u naš ekosistem. Kontrola zagađenja je od vitalnog značaja za stvaranje proizvoda bez toksičnih proizvodnih efekata. Potrebno je proizvesti materijal koji je ekološki ili ekološki prihvatljiv. Prvo i najvažnije je obnovljivost proizvoda. Obnovljivi resursi su stvari koje mogu obnoviti se za relativno kratko vreme. Drugi faktor je ekološki otisak resursa - koliko je zemljišta (obično mereno u hektarima) potrebno da bi se jedna od jedinki (biljaka ili životinja) dovela do punog rasta i održala. Treća stvar koju treba uzeti u obzir pri određivanju ekološke prihvatljivosti određenog proizvoda je koliko je hemikalija potrebno za gajenje/preradu kako bi bio spreman za tržište (Sandin, 2018).

Održivi tekstil je obrazac korišćenja resursa koji ima za cilj da zadovolji ljudske potrebe uz očuvanje životne sredine kako bi se te potrebe mogle zadovoljiti ne samo u sadašnjosti, već i za generacije koje dolaze.

## 2. MATERIJALI I METODE

U tabeli, 1 je prikazan presek hemikalija koje se koriste u preradi tekstila, sa opasnostima koje sobom nose.

**Tabela 1. Hemikalije koje se koriste u preradi i njihove opasnosti**

Proces	Upotrebljena hemijska supstanca	Uzrokovane opasnosti
Pamuk kultivacija	Pesticidi na bazi hlora, kao što su Fenoksi alkanske kiseline i heksaklorobenzen	Razvijanje pentaklorofenola (PCP) i polihlorovanih bifenila (PCB) koji su kancerogeni.
Skrobljenje	Skrobna pasta PCP od fenolnog i hlorovanog jedinjenja kao konzervansi	Efekat kože i „Cvetanje algi“, Kancerogeni
Pređenje	Lebdeća vlakna	Zagađenje vazduha
Odkrobljavanje	Skrob PCP kao konzervansi Reaktivni omekšivači na bazi piridina	Cvetanje algi Kancerogeni Kancerogeni
Izbeljivanje	Hlor	AOC kancerogeni, mutanti karcinoma
Bojenje, i štampanje	Metali kao što su: <input type="checkbox"/> Arsen <input type="checkbox"/> Kadmijum, kobalt i bakar <input type="checkbox"/> Olovo <input type="checkbox"/> Merkur	Nervni poremećaj Otkazivanje srca, povraćanje, proliv Bol u stomaku, anemija Vrtoglavica i smrt

	☐ Nikal, cink	Oštećen rast Anorekija
Fiksiranje boje	Sadrži formalaldehid (HCHO), sredstvo za učvršćivanje-fiksiranje	Iritacija kože
Pigment štampanje	Kerozin	Zagađenje vazduha
Bojenje uz kerijere	Kerijeri na bazi fenola	Nije biorazgradljivo, otpadne vode
Dorada	Formaldehid (HCHO), agens za povezivanje-umrežavanje	Oslobađa se slobodni HCHO zbog nereagovanja, izaziva alergije kože
Odeća i ambalaža	CCL <sub>4</sub> i CFC sadrže sredstva za uklanjanje mrlja	Uništava ozonski sloj, indukuje rak zbog UV zračenja

**Kancerogeni amini:** Aromatski amini pri redukciji daju nerastvorne aminske grupe koje u dodiru sa kožom i taloženjem u bešiku utiču na metabolizam tela i na kraju izazivaju rak.

**Opasni metali:** Metali prisutni u bojama kombinuju se sa sastojcima u u krvi i formiraju amalgam. Postepeno smanjuju sadržaj kiseonika u krvi što može čak dovesti do smrti.

**Oštećenje ozonskog omotača:** Hloro fluoro ugljenik i ugljen tetrahlorid koji se nalaze u odeći pobuđuju UV zračenje jer oštećuju ozonski omotač usled delovanja hloro. Izlaganje UV zračenju je kancerogeno.

**Cvetanje algi:** Skrob koji se koristi za skrobljenje povećava rast algi u rečnoj vodi i povećava biološku potrebu za kiseonikom i hemijsku potrošnju kiseonika u vodi.

**Hlor:** Hlor prisutan u sredstvima za beljenje oslobađa AOX (apsorbujuće organske halogenide) koji su kancerogeni (Bajaj, 2001).

### 3. REZULTATI

Toksični materijali se koristi u gajenju pamuka, ovčarstvu, skrobljenju, beljenju, bojenju i doradi dati su u tabeli 2.

*Tabela 2. Toksični materijali u tekstilnoj industriji*

Tekstilni postupak	Otrovne supstance koje treba izbegavati
Gajenje pamuka	Zabranjeni pesticidi kao što je DDT, <i>Dieldrin</i> , <i>Aldrine</i>
Sortiranje vune	Zabranjeni insekticid
Svilena buba, kulture	Zabranjeni pesticidi
Skrobljenje	PCP kao konzervansa
Iskuvavanje	Hlorovani proizvodi
Beljenje	Izbeljivanje hlorom
Bojenje i štampanje	Azo boje oslobađaju štetne amine Boje koje sadrže tragove teških metala, formaldehid kao mordant
Dorada	Završna obrada
Odeća, Proizvodnja	Sredstva za uklanjanje mrlja koja sadrže hlorovane proizvode

### 4. DISKUSIJE

**Ekološka vlakna:** Organski pamuk, aloja vera, kopriava, ananas, mlečni proteini, bambus, banana, eko predena vlakna, soja, svila, reciklirano poliestarsko vlakno, kukuruzna vlakna itd.

**Procesi prilagođeni za ekološku prihvatljivost:** Izvesni posebni procesi bili su razvijeni da smanje toksične pojave. Ovo osigurava poboljšanja ekološkog prijateljstva prirode. Treba spomenuti neke od njih: Enzimska tehnologija (tab. 3), Tehnologija pene, Superkrično bojenje ugljen dioksidom i Tehnologija plazme.

Tip enzima, hidrolaze, najviše se koristi u tekstilu. Bio pranje se uobičajeno vrši pomoću kamena plovuća, koji stvara probleme sa odlaganjem. Ovaj proces, koji nije ekološki prihvatljiv, sada se vodi pomoću enzima. Primena enzimske tehnologije je ekološki posmatrano, kompatibilniji proces (Bajaj, 2001).

*Tabela 3. Različiti enzimi koji se koriste za različite procese*

Proces	Tip enzima koristi
Odkrobljavanje	Amilaze
Iskuvavanje	Pektinaze
Beljenje <ul style="list-style-type: none"> <li>• H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>• Sredstvo za uklanjanje belila</li> </ul>	Glukoza oksidaze Katalaze

<b>Reaktivno bojenje</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ispiranje</li> </ul>	Lakaze
<b>Dorada</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bio pranje</li> <li>• Bio poliranje</li> <li>• Močenje lana</li> </ul>	Lakaze + celulaze Katalaze Flaxzym i ultazym
<b>Vuna i svila</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuna otporna na skupljanje</li> <li>• Degumiranje svile</li> <li>• Beljenje vune</li> <li>• Vuna, zaštita od filcanja</li> <li>• Vuna, zaštita od gužvanja</li> <li>• Modifikacija površine polistra, upijanje vlage</li> <li>• Otpadni pamuk, obrada</li> </ul>	Proteaze Degumaze Proteaze Proteaze Poligalakturonaze Lipaze Celulaze

Tehnologija pene se koristi u raznim oblastima prerade tekstila poput predobrade, bojenja, štampanja, završne obrade, itd. Pena nije ništa drugo do koloidni sistem koji se sastoji od mešavine mehurića gasa u tečnoj kontinuiranoj fazi.

Postupak tehnologije završne obrade penom (FFT) je novi sistem primene za tretiranje poroznih podloga sa penastim hemikalijama u uslovima veoma niskog sakupljanja vlage. Uključuje upotrebu pene ili pene koja se brzo ruši kao medija za isporuku hemikalija za završnu obradu, precizno doziranje i kontrolu protoka za isporuku pene na podlogu, impregnaciju pene pod pritiskom na podlogu i sistem aplikatora dizajniranog da omogući jednoobrazno nanošenje velikom brzinom i rušenje pene u jednom koraku.

Druge prednosti tehnologije pene su: bolji prinos boje, vrhunska ravnomernost, ušteda energije, minimalno ispiranje, veoma minimalno (ili) nikakvo zagađenje, zanemarljiv efekat na vlaknasti materijal. Tehnike nanošenja pene su sledeće: *Horizontal pad technique, Gaston county technique, Kiss roll technique, Vacuum suction technique* (Bajaj, 2001).

Super kritična tehnologija bojenja gasom predviđa upotrebu različitih gasova (obično ugljen dioksid) koji menjaju vodu kao medijum za rastvaranje. Visoki pritisak i temperatura su potrebni za rastvaranje boje. Od svih gasova koji se mogu pretvoriti u super kritične tečnosti, CO<sub>2</sub> je najsvestraniji i veoma se koristi. Zbog velike brzine difuzije i niske viskoznosti dozvoljava se boji da proдре u vlakno. Štaviše, smanjenjem pritiska na kraju procesa, boja i CO<sub>2</sub> mogu biti reciklirani. Na polju bojenja, ugljen-dioksid je do sada bio najčešće korišćen kao super kritična tečnost zbog jednostavnosti upotrebe (31,1 °C, 73,8 bar), niske cene, neeksplozivnosti, netoksičnosti i njegove sposobnosti reciklaže. Ugljen-dioksid prodire u vlakna mnogo brže od vode.

Obrada plazmom može biti iskorišćena za oslobađanje zaprljanja i stvaranje vodoodbojnih završnih slojeva na ekološki prihvatljiv način. Plazma se odnosi na delimično jonizovani gas koji se sastoji od jona, elektrona i neutralnih čestica. Izlaganje vlakana gasovitoj plazmi ide kroz dva glavna postupka, taloženje i netaloženje plazme. Obrada plazmom ne uključuju rukovanje opasnim hemikalijama i na taj način nema problema sa otpadnim vodama. Taložne plazme, tj. (hemijske pare pojačane plazmom) primenjuju se uz pomoć zasićenih i nezasićenih gasova poput para etilena i monomera poput acetona i metanola. Hemija plazme se odvija u neravnotežnim uslovima i do fizičkih interakcija može doći dok gas ili delovi izloženi njemu ostaju na relativno niskoj temperaturi. Obrada plazme je suva i ekološki prihvatljiva tehnika. Ne zahteva ogromne zalihe voda, grejanje i sušenje, a samo sitne količine hemikalija su neophodne za postizanje željene funkcionalnosti

**Održiva prerada tekstila:** Postoji potreba za ekološki prihvatljivom vlažnom obradom koja je održiva i korisna. Različiti postupci industrije prerade tekstila primenjuju brojna održiva iskustva iz prakse, kao što je ekološko beljenje; beljenje peroksidom; bio-obrada, ekološko bojenje i štampanje; boje sa niskim uticajem; prirodne boje; boje bez azo grupe; štampanje bez ftalata.

Beljenje peroksidom je ekološko postupak koji se koristi. Neki od korisnih saveta koje treba razmotriti su: koristiti samo APEO i NPEO (deterdžent tipa rastvarača za opštu namenu predpranja i beljenja), posebno dizajniran za uklanjanje slobodnih sredstva za kvašenje i iskućavanje, ne koristiti tenzide na bazi etoksilata i tenzide koji sadrže fosfate. Kod skrobljenja izbegavati upotrebu soli PCP-a, TCP-a i bakar sulfat ili nikla kao konzervansa za skrobni materijal, izvoditi bio-iskućavanje, ne koristiti beljenje hlorom, izbeljivač vodonik-peroksid koristiti samo na svetlim ili jako svetlim bojama, iskućavanje/beljenje enzimima usvojiti barem za tkanine/prevodivo kvaliteta RFD i ne

ispuštati prerađenu tečnost direktno u zemlju. Neophodan je nulti sistem pražnjenja otpadnih voda (Pensupa, 2017, Muthu, 2017).

**Tabela 4. Hemikalije koje se koriste u beljenju i njihova ekološka zamena**

<b>Ne-ekološki</b>	Natrijum hipohlorit, silikat i fosfatni stabilizatori
<b>Opasnosti</b>	Burno reaguje sa kiselinama, amonijum jedinjenjima, fosforom, sumporom, natrijum ditionatom, izaziva opasnost od eksplozije
<b>Eko-zamena</b>	1) Persirćetna kiselina, glukoza oksidaze 2) BiofinazaBP-300 (tečan-celulazni enzim), biopoliranje, peroksidno beljenje, beljenje ozonom, beljenje enzimima

Boja sa "malim uticajem" podrazumeva niži uticaj na životnu sredinu. Ove boje su na bazi nafte, sintetičke boje sa apsorpcijom većom od prosečne vrednosti (70-80%, u zavisnosti od boje). Prirodne komponente su rastvorljive u vodi, što znači da je manje vode potrebno u procesu ispiranja, manje boje ističe u vodi pa zbog toga boje imaju manji uticaj na životnu sredinu. Obično boje sa malim uticajem ne sadrže teške metale (poput hroma, bakra i cinka), niti su im potrebna toksična hemijska sredstva za vezivanje za vlakno. Posle bojenja voda se obično reciklira i ponovo koristi. Dodatna pomoćna sredstva i aditivi u kadi za bojenje su biorazgradivi. Čak iako su napravljeni od sintetičkih materijala, boje sa malim uticajem se generalno smatraju ekološkim i često poželjnijim od prirodnih boja. Procesi završne obrade koji su najpogodniji i u skladu sa normama standarda za eko oznaku nazivaju se Eko završne obrade, tab. 5 (Bajaj, 2001).

**Tabela 5. Eko-parametari njihove dozvoljene granice od hemikalije koje se koriste u završnoj obradi**

Br.	Eko parametar	Dozvoljeno ograničenja
1.	Prisustvo zabranjenih amina	< 30 ppm
2.	Prisustvo pentahlorfenola	<0,5 ppm (Odeća za bebe: <0.005 ppm)
3.	Prisustvo formaldehida	<300 ppm - materijal koji nije u direktnom kontaktu sa kožom, <75 ppm - materijal u direktnom kontaktu sa kožom, <20 ppm - bebe
4.	Prisustvo teških metala	Specifični potrošači
5.	Zaostali pesticidi	<1.0 ppm (bebe nošenje: <0,5 ppm)
6.	Boje alergeni	Ne koristiti
7.	Kancerogene boje	Ne koristiti
8.	Hlorovani benzen i toluen	<1.0 ppm
9.	Prisustvo ftalata	<0.01 ppm
10.	Organska jedinjenja kalaja	<1.0 ppm
11.	pH vrednost vodenog ekstrakta	Trebalo bi skoro neutralan (4,5-7,5)
12.	Postojanost boje	Po specifikaciji

## 5. ZAKLJUČCI

„Ekološki prihvatljiv tekstil“ dobija na značaju na svetskom tržištu. Potrošači, koji su u početku posmatrali samo estetsku vrednost, sada obraćaju pažnju na štetne efekte koje stvaraju različiti hemikalije. Treba istaći krilaticu, „Za društvo je bolje da spreči zagađenje nego da se leči posle nastajanja“. Danas, zaštita životne sredine i prijateljstvo prirode, igraju sve veću ulogu u svesti potrošača. Tekstilna industrija je toga svesna i pokreću se naporu u proizvodnji i izvozu „ekološkog tekstila“.

## ZAHVALNOST

Republika Srbija-Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Program finansiranja naučnoistraživačkog rada, broj 451-03-9/2021-14/200133.

## REFERENCE

- Bajaj, P. (2001). Ecofriendly finishes for textiles. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 26, 162-186.
- Choudhury, A.K.R. (2017) *Sustainable chemical technologies for textile production. In Sustainable Fibres and Textiles*. Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands.
- Muthu, S.S. (2017). *Textiles and Clothing Sustainability: Recycled and Upcycled Textiles and Fashion*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

- Patti, A., Cicala, G., Acierno, D. (2021). Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the CompositesWorld. *Polymers*, 13, 134.
- Pensupa, N., Leu, S.-Y., Hu, Y., Du, C., Liu, H., Jing, H., Wang, H., Lin, C.S.K. (2017) *Recent Trends in Sustainable TextileWaste Recycling Methods: Current Situation and Future Prospects. In Chemistry and Chemical Technologies in Waste Valorization*. Springer: Cham, Germany.
- Stone, C., Windsor, F.M., Munday, M., Durance, I. (2020) Natural or synthetic—How global trends in textile usage threaten freshwater environments. *Science of the Total Environment*, 718, 134689.
- Sandin, G., Peters, G.M. (2018) Environmental impact of textile reuse and recycling—A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353–365.