

## TESTING AND CHARACTERIZATION OF TEXTILE WASTE

**Anica Milosevic**

Academy of Technical-Preschool Vocational Studies Nis, Department Nis, Serbia  
anica.milosevic@akademijanis.edu.rs

**Matija Milosevic**

Academy of Technical-Preschool Vocational Studies Nis, Department Nis, Serbia,  
matija.milosevic@akademijanis.edu.rs

**Bratimir Nestic**

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Department Nis, Serbia  
bratimir.nestic@akademijanis.edu.rs

**Gordana Bogdanovic**

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Department Vranje, Serbia  
gordana.bogdanovic@akademijanis.edu.rs

**Novak Randjelovic**

[novak.90@hotmail.com](mailto:novak.90@hotmail.com)

**Abstract:** The paper presents the procedure of testing and characterization of textile waste originating from municipal solid waste. The test and characterization procedure includes: sampling, identification with waste categorization, characterization depending on the degree of danger, characterization of the subject waste as hazardous waste and determination of the concentration of hazardous substances, determination of physical-chemical and toxicological characteristics and effects on human health, determination of environmental impact and other procedures in accordance with the applied methodology and preparation of waste testing report. The testing and characterization process begins with sampling and ends with reporting. It is recommended to restore the flow of textile waste, including reusing the product in its original form (which is a common practice for reusing old clothes), recycling waste and transforming it into a new product.

**Keywords:** testing, characterization, waste, textile.

## ISPITIVANJE I KARAKTERIZACIJA TEKSTILNOG OTPADA

**Anica Milosevic**

Academy of Technical-Preschool Vocational Studies Nis, Serbia – Department Nis,  
anica.milosevic@akademijanis.edu.rs

**Matija Milosevic**

Academy of Technical-Preschool Vocational Studies Nis – Department Nis, Serbia,  
matija.milosevic@akademijanis.edu.rs

**Bratimir Nestic**

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies – Department Nis, Serbia  
bratimir.nestic@akademijanis.edu.rs

**Gordana Bogdanovic**

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies – Department Vranje, Serbia  
gordana.bogdanovic@akademijanis.edu.rs

**Novak Randjelovic**

[novak.90@hotmail.com](mailto:novak.90@hotmail.com)

**Rezime:** U radu je prikazan postupak ispitivanja i karakterizacije tekstilnog otpada poreklom iz komunalnog čvrstog otpada. Postupak ispitivanja i karakterizacije obuhvata: uzorkovanje, identifikaciju sa kategorizacijom otpada, karakterizaciju u zavisnosti od stepena opasnosti, karakterizaciju predmetnog otpada kao opasnog otpada i utvrđivanje koncentracije opasnih materija, određivanje fizičko - hemijskih i toksikoloških karakteristika i efekata na ljudsko zdravlje, određivanje uticaja na životnu sredinu i druge postupke u skladu sa primenjenom metodologijom i izradu izveštaja o ispitivanju otpada. Proces ispitivanja i karakterizacije počinje uzorkovanjem i završava sa izveštavanjem. Preporučuje se obnova protoka tekstinog otpada, uključujući ponovnu upotrebu proizvoda u izvornom

obliku (što je uobičajna praksa za ponovno korišćenje stare odeće), reciklažu otpada i njegovu transformaciju u novi proizvod.

**Ključne reči:** ispitivanje, karakterizacija, otpad, tekstil.

## 1. UVOD

Industrija tekstila predstavlja industrijsku granu u okviru koje se vrši prerada vlaknastih sirovina i proizvodnja tkanina, proizvoda pletenja i raznovrsnih prediva. Tekstilna industrija koristi i prerađuje sirovine koje predstavljaju gotove proizvode koji potiču iz druge industrijske grane a to je poljoprivreda. Gotovi proizvodi koji nastaju iz poljoprivredne proizvodnje a koji predstavljaju sirovine za tekstilnu industriju su: vuna, pamuk, lan, juta, svila itd. Tekstilna industrija spada u najstarije industrijske grane. Gotovi proizvodi tekstilne industrije uglavnom čine raznovrsne tkanine i odeća. Tamna strana medalje je činjenica da se preko milion tona tekstilnog otpada deponuje na godišnjem nivou. Najveći deo deponovanog tekstilnog otpada je generisan u domaćinstima. U ukupnom sadržaju kante za odlaganje otpada iz domaćinstva, tekstilni otpad zauzima oko 4%. Od ukupne mase tekstila koji postaje otpad, negde oko 50% može da se reciklira. U praksi to nije slučaj jer kroz ponovnu upotrebu ili reciklažu prolaze zanemarljivo male količine generisanog tekstilnog otpada. Tekstilni otpad se, osim u domaćinstvima, generiše i u proizvodnji tekstilnih vlakana, odevnih stvari i predmeta i trgovini istim.

## 2. MATERIJAL I METODE

Za proizvodne potrebe tekstilne industrije neophodne su sirovine koje mogu biti prirodnog i veštačkog porekla. Sirovine prirodnog porekla mogu biti biljne i životinjske. Biljne sirovine su: juta, lan, pamuk i konoplja a životinjske sirovine su: krzno i vuna. Sirovine veštačkog porekla obuhvataju sintetičke polimerne materijale koji potiču iz nafte i veštačku celulozu. U sastavu generisanog tekstilnog otpada dominiraju prirodni i sintetički polimerni materijali kao što su: pamuk, poliester, najlon, polipropilen itd. Sa druge strane nafta predstavlja klasičan, prirodni, fosilni ali neobnovljiv izvor sirovina i energije. S obzirom na današnju dinamiku potrošnje, naftne rezerve će biti na raspolaganju još svega nekoliko stotina godina. U tekstilnoj industriji za potrebe prerade prirodnih sirovina, neophodne su hemikalije i energija. Hemikalije se proizvode od veštačkih sirovina a energija najvećim delom potiče od neobnovljivih izvora tako da i prerada prirodnih sirovina u tekstilnoj industriji u najvećoj meri zavisi od neobnovljivih resursa.

Još uvek nerešen problem konačnog zbrinjavanja prekomerno generisanog tekstilnog otpada kao i ograničeni i neobnovljivi prirodni resursi nužno ispostavljaju zahtev za hitnim rešavanjem ovih problema u pravcu uspostavljanja trajnog i održivog načina za upravljanje tekstilnim otpadom.

Zapotrebe sopstvene tekstilne industrije Republika Srbija, u visokim procentima, uvozi prirodne sirovine i to: vunu (79%), pamuk (95%) i jutu (100%). Godišnje, ukupna svetska poljoprivredna proizvodnja odnosno uzgoj pamuka potroši 22,5% ukupne godišnje količine svih primenjenih insekticida i 10% ukupne godišnje količine svih primenjenih pesticida. Tako na primer, da bi se proizvela jedna pamučna majica potrebno je 150 grama pesticida. Svakoga dana tekstilna industrija potroši preko 3,5 miliona litara vode jer se za proizvodnju 1 kg tkanine potroši oko 200 litara vode. Postupci tretiranja i bojenja tekstilnih materijala dovode do 20% zagađenja sveže vode usled ogromnih količina nastalih otpadnih voda. Ove otpadne vode sadrže razne hemikalije (organohlorna jedinjenja, ftalati, olovo,...) koje izazivaju razna oboljenja i druge zdravstvene probleme u ljudskoj populaciji ali i kod drugih živih bića. Tekstilna industrija je istovremeno hemijski najintenzivnija industrija i najintenzivniji zagađivač sveže i čiste nezagađene vode. U današnje vreme se u tekstilnoj industriji koristi više od 3600 boja i preko 8000 hemikalija od kojih su mnog toksične i izuzetno štetne za ljudsko zdravlje bilo direktno ili indirektno.

Povećano generisanje tekstilnog otpada je direktna posledica povećane potrošnje tekstilnih vlakana. Klasifikacija tekstilnog otpada se može izvršiti na sledeće dve kategorije: industrijski tekstilni otpad i tekstilni otpad koji nastaje posle upotrebe. U industrijski tekstilni otpad spadaju razne tkanine, vlakna i pređe koje „otpadaju” u toku procesa proizvodnje. Tekstilni otpad koji nastaje posle upotrebe najčešće sadrži odeću koja je odbačena jer je oštećena ili ne zadovoljava zahteve korisnika a može se iskoristiti za ponovnu upotrebu, reciklažu, kao energent ili što je najmanje poželjno – može se deponovati. Sa ekološkog i ekonomskog stanovišta, najpovoljnija metoda konačnog zbrinjavanja generisanog tekstilnog otpada je reciklaža jer se štiti životna sredina efikasnijim korišćenjem sirovina čime se smanjuje potrošnja prirodnih sirovina i troškovi.

Tekstilni otpad predstavlja smešu različitih materijala: tkanina, pletenina, netkanih, vlaknastih i kompozitnih materijala ali i drugih materijala koji su opasni po ljudsko zdravlje i životnu sredinu ukoliko se tretiraju sagorevanjem. Pomenuti opasni materijali mogu da obuhvataju: dugmad koja može da bude proizvedena od problematične plastike, veštačka vlakna za jakne i bunde sa dopunskom površinskom obradom i ugrađenim polimernim prozornim slojem, tekstilni laminati i polimerni đonovi kod sportske obuće, veštačka vlakna i površinska

obrada kod tehničkog tekstila (podne obloge, roletne, transportne trake...), veštačka vlakna u vešu i posteljini, poliesterska punila za madrace i pokrivače, sintetička vlakna u tekstu za auto-industriju, itd.

Tekstilni otpad može da se podvrgne različitim tehnološkim postupcima u funkciji reciklaže u zavisnosti od prisutnih frakcija ovog otpada kao i buduće primene proizvedenog reciklata. Svaka tehnologija u funkciji reciklaže podrazumeva pripremne operacije kao što su: sekundarno razvrstavanje frakcija, usitnjavanje, mlevenje, uklanjanje primesa (na primer, izolacioni materijali) itd. Nakon sprovedenih postupaka usitnjavanja i vlasanja tekstilni otpad se vraća u tekstilnu industriju kao sirovina i to u procese: pređenja, pletenja i tkanja. Postoje slučajevi kada nije moguće sprovesti dovoljno precizno i detaljno razvrstavanje na osnovu sirovinskog sastava ili boje pa se tada pribegava postupcima reciklaže kada kao gotov proizvod nastaje filc čija je primena raznovrsna: izolacioni materijal i materijal za jačanje betona u građevinarstvu, za oblaganje enterijera i kao kompozitni materijal u auto-industriji, za duške i tapaciranje nameštaja u proizvodnji nameštaja, upijanje sintetičkih nečistoća iz masti, proizvodnja geotekstila protiv erozije i kao podloge za sanitarno deponovanje otpada i za energetske iskorišćenje kada reciklaža više nije moguća.

Priroda tekstilnog otpada uslovljava primenu suvog ili mokrog postupka reciklaže. Suvi postupak se primenjuje za materijale male gustine kao što su: vlakna, prediva, pletiva i tkanine dok se mokri postupak primenjuje za materijale velike gustine kao što su na primer, sintetička vlakna. Razvrstan i kategorisan tekstilni otpad predviđen za reciklažu predstavljen je piramidalnim modelom i to kao: količina za izvoz u zemlje u razvoju, količina za proizvodnju novih proizvoda, količina za proizvodnju krpa za brisanje i poliranje, količina za deponovanje, količina za energetske iskorišćenje i količina tzv. „dijamant“ otpada (na primer, Tommy Hilfiger, Levis, itd.).

Lokalna samouprava Bački Petrovac, na svojoj teritoriji ima reciklažni centar za tekstilni otpad, koji se snabdeva od industrije čarapa iz Čelareva i Mladenova ali i drugih firmi sa kojima je potpisan ugovor o poslovnoj saradnji. Na lokaciji reciklažnog centra obezbeđeno je skladištenje tekstilnog otpada u zatvorenom prostoru u cilju zaštite od požara i uslova spoljašnje sredine. Međutim, veća količina tekstilnog otpada uskladištena je na otvorenom prostoru. Reciklažni centar prihvata sav generisan tekstilni otpad svojih klijenata i to: upotrebljene tekstilne proizvode kao i neupotrebljene tekstilne proizvode sa greškom a najveći stepen iskorišćenja ima beli nebojeni tekstil. Pre podvrgavanja procesu reciklaže sprovodi se pripremna operacija u vidu manuelnog razvrstavanja pri čemu se eliminišu sve obojene frakcije i pamuk. Tek potom sav izdvojeni tekstilni otpad ide u proces reciklaže čiji su proizvodi: ispune za krevete kućnih ljubimaca, lošije reciklirana vlakna se koriste za dobijanje izolacionih materijala i materijala za zaštitu od buke.

### 3. REZULTATI

Ispitivanje i karakterizacija tekstilnog otpada obuhvata: uzorkovanje, identifikaciju sa kategorizacijom otpada, karakterizaciju u zavisnosti od stepena opasnosti (inertan, neopasan ili opasan otpad) i određivanje opasnih karakteristika otpada (ukoliko je opasan), karakterizaciju predmetnog otpada kao opasnog otpada i utvrđivanje koncentracije opasnih materija, određivanje fizičko - hemijskih i toksikoloških karakteristika, efekata na ljudsko zdravlje, mogućih uticaja na životnu sredinu i druge postupke u skladu sa primenjenom metodologijom i izveštavanje o ispitivanju otpada. Proces ispitivanja i karakterizacije tekstilnog otpada počinje uzorkovanjem i završava sa izveštavanjem. Izveštaj sadrži informacije kao što su: podaci o podnosiocu zahteva (naziv, adresa, ime lica za kontakt itd.) i opšti podaci (naziv otpada, proizvođač i vlasnik otpada, opis postupka nastajanja otpada, identifikacioni broj uzorka, količina otpada od koje je izvršeno uzorkovanje i fizičko svojstvo otpada).

Klasifikacija otpada je izvršena prema sledećim kriterijumima:

- 1) kategorija otpada prema listi kategorija otpada (Q lista),
- 2) indeksni broj prema katalogu otpada,
- 3) karakter otpada: opasan ili neopasan,
- 4) Y oznaka prema listi kategorija ili srodnih tipova opasnog otpada (Y lista),
- 5) C oznaka prema listi komponenata koje ga čine opasnim (C lista),
- 6) H oznaka prema listi karakteristika otpada koje ga čine opasnim (H lista).

Podaci o uzorkovanju/uzorku sadrže sledeće informacije:

- 1) naziv otpada,
- 2) lokacija na kojoj je izvršeno uzorkovanje sa GPS koordinatama,
- 3) identifikacioni broj uzorkovanja,
- 4) ime lica koje je izvršilo uzorkovanje,
- 5) način i metoda uzorkovanja,
- 6) datum i vreme prijema uzorka na ispitivanje,
- 7) ostali podaci o uzorku i napomene.

Tabela sa rezultatima ispitivanja sadrži podatke oparametrima kao što su: sadržaj pepela, sadržaj metala, sadržaj polihlorovanih bifenila (PCB), sadržaj halogenih elemenata i sumpora i toplotna moć. Analizom izveštaja o ispitivanju i karakterizaciji tekstilnog otpada utvrđeno je sledeće:

A) Opšti podaci

- 1) Preporučena tehnologija konačnog zbrinjavanja – tretman;
- 2) Naziv otpada – tekstilni otpad;
- 3) Vlasnik otpada – Adriana.teh.doo;
- 4) Postupak nastanka otpada – tekstilni otpad nastaje prilikom krojenja (rezano pletivo);
- 5) Identifikacioni broj uzorka otpada – 0168/1;
- 6) Količina otpada za uzorkovanje – oko 50 kg (kilogram);
- 7) Fizičko svojstvo otpada – čvrsta materija;

B) Klasifikacija otpada

- 1) Kategorija otpada prema listi kategorije otpada (Q lista) – Q10 (otpadi koji nisu posebno specificirani u katalogu);
- 2) Indeksni broj otpada prema katalogu otpada: 04 02 22 – otpad od prerađenih tekstilnih vlakana;
- 3) Karakter otpada – neopasan otpad;
- 4) Y oznaka prema Listi kategorija ili srodnih tipova opasnog otpada prema njihovoj prirodi ili aktivnosti kojom se stvaraju (Y lista) – ne pripada Y listi;
- 5) C oznaka prema Listi komponenata otpada koje ga čine opasnim (C lista) – ne pripada C listi;
- 6) H oznaka prema Listi karakteristika otpada koje ga čine opasnim (H lista) – ne pripada H listi);
- 7) Napomena: Otpad zadovoljava kriterijume za su-spaljivanje prema Pravilniku o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, Službeni Glasnik RS, 56/2010;

Rezultati fizičko - hemijskih ispitivanja predmetnog otpada:

- 1) Opis uzorka – tekstilni otpad koji je nastao prilikom krojenja;
- 2) Sadržaj vlage - < 1%;
- 3) Gubitak žareljem – 99%;

Sadržaj metala (mg/kg), pokazuje koji su metali prisutni u datom uzorku tekstilnog otpada. Primenjene metode ispitivanja su: EN 15169:2007 i EPA 3051A/EPA 6010c:2007. Prisutni su sledeći metali: Arsen, Antimon, Bakar, Kadmijum, Hrom, Živa, Nikl, Olovo, Cink, Telur, Berilijum, Kalaj i Kobalt. Sve izmerene vrednosti sadržaja metala su daleko ispod referentnih vrednosti što znači da u pogledu sadržaja metala uzorak nema opasnih karakteristika.

Sadržaj polihlorovanih bifenila (PCB) (mg/kg) je ispitivan po Stokholmskoj konvenciji o ispitivanju PCB - a prema kojoj se preporučuje ispitivanje 8 kogenera polihlorovanih bifenila: PCB 28, PCB52, PCB 101, PCB 118 PCB 138, PCB 153 i PCB 180. Ovi kogeneri su izabrani zato što se uglavnom oni u najvećoj koncentraciji nalaze u životnoj sredini, hrani i piću. Primenjena metoda ispitivanja je: Q5-04-432. Sve izmerene vrednosti u uzorku su ispod 0,065 mg/kg i daleko su ispod referentnih vrednosti što znači da u pogledu sadržaja PCB-a, uzorak nema opasne karakteristike.

Sadržaj halogenih elemenata (%) obuhvata: Fluor i Hlor. Primenjena metoda je: ASTM D 5468-02:2007. Sve izmerene vrednosti su u granicama ili ispod referentnih vrednosti i nema direktne opasnosti po životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Toplotna moć tekstilnog otpada iznosi 30,79 MJ/kg što je više od referentne vrednosti 8 MJ/kg koja se odnosi na granične vrednosti koje su predviđene za suspaljivanje. To se ne odnosi na tekstilni otpad jer je predviđena reciklaža kao tehnologija konačnog zbrinjavanja.

Na osnovu rezultata ispitivanja i upoređivanjem sa referentnim vrednostima zaključak je da po svojim fizičkim i hemijskim osobinama ispitivani uzorak tekstilnog otpada ne prelazi referentne vrednost pa ne predstavlja opasan otpad.

#### 4. DISKUSIJA

Sakupljanje, transport i tretman tekstilnog otpada primenom reciklažnih tehnologija u Srbiji je na simboličnom nivou, sa nedorečenom regulativom a primeri pozitivne prakse i uspešne priče potiču iz socijalnog preduzetništva a ne dolaze iz komercijalnog sektora. Prema nekim procenama u Srbiji u masi generisanog komunalnog otpada, tekstilni otpad zauzima 5% ili oko 100.000 tona.

Najsmelije prognoze i očekivanja predviđaju da će količine generisanog tekstilnog otpada u budućnosti biti smanjene zahvaljujući: sveobuhvatnijem obrazovanju, drastičnim podizanjem nivoa ekološke svesti, favorizovanju

održivih modela proizvodnje novog tekstila paralelno sa razvojem i primenom odgovarajućih modela reciklaže, što će sve zajedno doprineti povećanoj štednji energije, zaštiti životne sredine i ljudskog zdravlja. Direktiva 2008/98/ES Evropskog parlamenta svakako daje prioritet reciklaži a kada reciklaža iz bilo kog razloga nije moguća, predviđeno je sagorevanje tekstilnog otpada u cilju energetskog iskorišćenja ili tzv. energetske reciklaže. Brojni stručnjaci u industriji tekstila kao što su: dizajneri, inženjeri i proizvođači novog tekstila stvaraju nove tekstilne proizvode koji će naći svoje mesto na tržištu i dobro se prodavati, važno je da imaju na umu da je na njima i odgovornost kako će se trajno zbrinuti tekstilni otpad koji će se generisati nakon upotrebe ovih proizvoda.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja i upoređivanja sa referentnim vrednostima, zaključak je da po svojim fizičko - hemijskim osobinama ispitani uzorak tekstilnog otpada ne prelazi referentne vrednosti pa na osnovu toga ne predstavlja opasan otpad. Može se očekivati da će se u budućnosti, obrazovanjem i jačanjem ekološke svesti, favorizovanjem održivih načina proizvodnje novog tekstila uz istovremeno pronalaženje primerenih modela reciklaže smanjiti tekstilni otpad, uštedeti energija, zaštititi životna sredina, zdravlje ljudi i uštedeti dragoceni prostor na deponiji. Ovaj rad predstavlja preporuku da se reciklažom bavimo još aktivnije i da se trudimo da stepen reciklaže otpada dođe do približnog nivoa od 100% recikliranog otpada.

## LITERATURA

- Eriksson, E. et al. (2014). *Life Cycle Assessment of consumer packaging for liquid food*, Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Sweden.
- Izveštaj o ispitivanju otpada (2017). broj 2703201507, Anahem DOO Laboratorija, Beograd, Srbija.
- Jacometti, V. (2019). *Circular economy and waste in the fashion industry*, The New Frontiers of the Fashion Law.
- Kant R. (2012). *Textile dyeing industry an environmental hazard*, Natural Science, Vol.4, No.1, pp. 22-26.
- Krzyk M. et al. (2014). *Postupci recikliranja tekstilnog otpada*, Tekstil 63 (9-10), pp. 306-313.
- LeBlanc R. (2019). *Textile and garment recycling fact and figures*, Live About, New York, USA.
- LeBlanc R. (2019). *The basic of textile recycling*, Live About, New York, USA.
- Modrić, K. (2021). *Cirkularnost iznad svega, poznati brend sokni stare čarape reciklira u košare za pse*, GreenHR.
- Milošević, A. Nešić, B. Milošević, M. (2021). *Ispitivanje i karakterizacija otpadne tetrapak ambalaže*, Zbornik radova Akademija tehničko - vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, Niš, Srbija.
- Milošević, A. Milošević, M. Nešić, B. (2022). *Ispitivanje i karakterizacija mešanog komunalnog otpada*, Zbornik radova Akademija tehničko - vaspitačkih strukovnih studija – Odsek Niš, Niš, Srbija.
- Petrović, S. (2019). *Godišnje više od 5000 tona tekstilnog otpada završava na divljim deponijama u Srbiji*, Ekapija, Beograd, Srbija.
- Rilak M. (2018). *Tekstilni otpad: Drugi život odbačenog tekstila*, Biznis & Finansije, Beograd, Srbija.
- Snow B. (2019). *Kakva je tkanina poliamid*, Minikar.
- <http://recikliraj.rs/otpad/tekstil/>, pristup: 27. 04. 2023.