

ANALIZA GRAFIČKOG OTPADA GENERISANOG TOKOM PROIZVODNJE PAPIRNIH PAKOVANJA ZA PEKARE**ANALYSIS OF THE PRINTING WASTE GENERATED DURING PRODUCTION OF PAPER PACKAGING FOR BAKERIES**

Mirjana Đorđević, Savka Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN

Kratak sadržaj – Analiza generisanog grafičkog otpada tokom jednomesečne proizvodnje papirne ambalaže za pekarsku industriju sprovedena je u radu. Kroz 3R koncept utvrđeno je da li je nastali otpad moguće: redukovati, ponovo upotrebiti, ili reciklirati. Takođe je ekološki uticaj na okruženje procesnih flekso boja procenjen na osnovu sadržaja teških metala.

Ključne reči: *Flekso tehnika štampe, otpadni grafički materijali, CMYK flekso boje, teški metali*

Abstract – *The printing wastes generated during the one-month production of paper packaging for the bakery industry were analyzed in the paper. Through the 3R concept, it was determined whether the generated waste could be reduced, reused, or recycled. Also, the environmental impacts of the used printing inks were estimated based on the content of heavy metals.*

Keywords: *Flexo printing process, waste printing materials, CMYK flexo inks, heavy metals*

1. UVOD

Zaštita upakovanog proizvoda je najvažnija osobina ambalaže. U zavisnosti od njenih fizičko-hemijskih svojstava, ambalaža štiti upakovani proizvod od: neželjenog efekta svetlosti različitih talasnih dužina, razvoja mikroorganizama, vlage, kiseonika, toplote ili hladnoće. Na ovaj način, upakovani proizvod je u stanju da očuva svoje polazne karakteristike u različitim, nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine. Takođe, nepravilno rukovanje proizvodom ili dugotrajno skladištenje može dovesti do fizičkih, hemijskih ili bioloških uticaja, tako da je ambalaža barijera koja sprečava, ili umanjuje štetne posledice po proizvod. Međutim, ambalaža, ne bi smela da reaguje ili da utiče na promene upakovanog proizvoda, ali usled nepravilnog rukovanja, gotovo svaka ambalaža može predstavljati potencijalnu opasnost po njen sadržaj [1].

Materijali koji se tradicionalno koriste za pakovanje namirnica uključuju: staklo, metale (aluminijumske folije i laminate, beli lim i bezkalajni čelik), papir i karton i plastike. Osim toga, više različitih vrsta plastika koriste se u krutoj i u elastičnoj (savitljivoj) formi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Savka Adamović, van. prof.

Današnja ambalaža za namirnice često je sastavljena od nekoliko materijala da bi se iskoristile funkcionalne i estetske prednosti svakog od materijala [2]. Ambalaže od papira uglavnom se koriste u pekarskoj, mesarskoj i ugostiteljskoj delatnosti [3].

S jedne strane, ambalaža štiti upakovani sadržaj, ali s druge strane, tokom svog životnog ciklusa, ambalaža utiče na životnu sredinu, pa je neophodno postupati promišljeno sa ambalažnim otpadom, odnosno upravljati u skladu sa zakonskim regulativama.

Za vizuelni identitet ambalaže za pekarske proizvode primenjuje se flekso tehnika štampe. U flekso štampi, kao i u drugim tehnikama štampe, dolazi do nastanka štetnih materijala tokom proizvodnog procesa. Vrsta i količina štetnih materija zavise od raznih faktora, ali i od operacije koja se obavlja u tom trenutku. Tako u pripremi za flekso štampu prisutni su materijali u procesu razvijanja (filmovi, kupke za fiksiranje, kupke za razvijanje fotopolimernih štamparskih ploča i mešavine rastvarača za ispiranje pri obradi štamparske forme [4].

U procesu same štampe ambalaže za namirnice, koriste se flekso boje na bazi vode koje ne smeju da imaju štetan uticaj na namirnice, na radnike koji rukuju sa njima, ali i na okolinu. Ostaci upotrebljenih boja se mogu ponovo iskoristiti ili odložiti na predviđena mesta bez potencijalne opasnosti po okolinu. Nakon štampe, kadica sa bojom se lako čisti vodom [4].

Tokom procesa štampe i završne grafičke obrade ambalaže za namirnice javlja se i problem sa prašinom koja nastaje tokom uoptrebe papirnih materijala i operacije sečenja. Prašina ne predstavlja alarmantan problem jer većina štamparija poseduje ventilacione sisteme, ali tokom dužeg perioda izlaganja, može potencijalno uticati na zdravlje radnika. Otpad koji se javlja prilikom sečenja papira se uglavnom reciklira. Takođe se tokom završne grafičke obrade koristi se i lepilo na prirodnoj bazi, tako da njegovo odlaganje nema štetnog uticaja na okolinu [4].

Cilj rada je identifikacija i analiza količina ulaznih grafičkih materijala i generisanog otpada tokom jednomesečne proizvodnje papirne ambalaže za pekarsku industriju. Kroz primenu 3R koncepta je utvrđeno da li je nastali otpad moguće: redukovati, ponovo upotrebiti, ili reciklirati. Takođe, ekološki uticaj na okruženje procesnih (cijan, C, magente, M, žute, Y i crne, K) flekso boja procenjen je na osnovu sadržaja teških metala.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. Delatnost preduzeća

Osnovna delatnost preduzeća "Roto Papir Plus" doo u Krševici su uvoz i prerada papira, kao i proizvodnja papirne ambalaže za pekarsku, mesarsku, tekstilnu, metalnu, grafičku industriju i dr. [5].

2.2. Mašine u proizvodnom procesu

Proizvodni proces "Roto Papir Plus" preduzeća otpočinje prijemom materijala za dalju obradu. Pošto se dobijaju već gotove štamparske forme, preduzeće kreće sa radom od sledeće faze, tj. štampe. U zavisnosti od vrste finalnog proizvoda, preduzeće koristi mašine za: kaširanje i štampu, proizvodnju papirnih kesa i polukesa i pomoćne procese.

2.3. Materijali u proizvodnom procesu

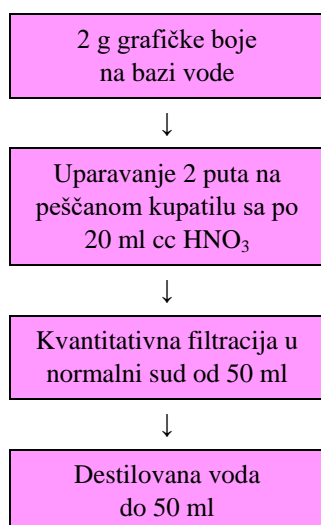
Papire koje preduzeće "Roto Papir Plus" upotrebljava čine: beli i braon papir za pečenje, lepljivi i perforirani papir za plotere tekstilne industrije, braon kraft (gramature od 115 do 275 g/m²), beli kraft (gramature od 135 do 200 g/m²), testlajner (gramature od 100 do 200 g/m²), beli testlajner (gramature od 135 do 200 g/m²) i fluting (gramature od 90 do 160 g/m²).

Lepila koje preduzeće "Roto Papir Plus" koristi su LPC i S-gel 303030. Prema podacima kojima raspolaže preduzeće, lepila su kompatibilna sa životnom sredinom u pogledu toksičnosti.

Boje kompanije Huber Group d.o.o. koje preduzeće "Roto Papir Plus" koristi su prirodne, na bazi vode i ne sadrže kobalt.

2.4. Analiza sadržaja teških metala u flekso bojama na bazi vode

Metodom kisele digestije pripremljeni su uzorci CMYK flekso boja na bazi vode za određivanje sadržaja teških metala (kadmijuma, gvožđa, olova, nikla, cinka i hroma). Šematski prikaz postupka kisele digestije ispitivanih grafičkih boja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Postupak kisele digestije

Za kiselu digestiju i određivanje sadržaja teških metala u uzorcima CMYK flekso boja na bazi vode upotrebljeni su

instrumenti, laboratorijsko posuđe i hemikalije navedeni u tabeli 1.

Tabela 1. Instrumenti, laboratorijsko posuđe i hemikalije za postupak kisele digestije

| | |
|-----------------------|---|
| Instrumenti | Tehnička vaga (PS 2100/C2, RADWAG, Poljska) Pešćano kupatlo Digester Eksikator Atomski apsorpcioni spektrofotometar (<i>Thermo Scientific-SOLAAR S serije AA spectrometer</i>) |
| Laboratorijsko posuđe | Laboratorijske čase od 100 ml Menzure od 50 ml Normalni sudovi od 50 ml Stakleni levci Stakleni štapići Kvantitativni filter papir (<i>MACHERY-NAGEL, Nemačka</i>) |
| Hemikalije | Koncentrovana azotna kiselina (85%, p.a., <i>Merck, Nemačka</i>) Standardni rastvori metala (Cd, Fe, Pb, Ni, Zn i Cr) od 1000 µg/ml (<i>AccuStandard, Inc., SAD</i>) Dejonizovana voda |

Rezultati sadržaja teških metala u uzorcima CMYK flekso boja na bazi vode u alikvotima posle kisele digestije određeni su primenom atomske apsorpcione spektroskopije. Dobijeni rezultati sadržaja teških metala su u mg/L. Kako su CMYK flekso boje retke konzistencije, sadržaje je potrebno izraziti u mg/kg prema formuli (1), [6]:

$$\gamma \left(\frac{mg}{kg} \right) = \frac{c \left(\frac{mg}{L} \right) \cdot V (L)}{m (kg)} = \frac{c \left(\frac{mg}{L} \right) \cdot 0,05 L}{0,002 kg} \quad (1)$$

gde su:

- γ – sadržaji teških metala (mg/kg) u uzorcima CMYK flekso boja na bazi vode,
- C – sadržaji teških metala (mg/L) u alikvotima CMYK grafičkih boja na bazi vode posle kisele digestije,
- V – zapremine alikvota CMYK flekso boja na bazi vode (0,05 L) i
- m – mase uzoraka CMYK flekso boja na bazi vode (0,002 kg).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Preduzeće "Roto Papir Plus" raspolaže velikim prostorom. U njemu se nalaze sve mašine, primljeni materijali, kao i gotovi proizvodi koji su spremni za isporuku. Činjenica je da upotrebljene količine grafičkih materijala kao i generisane količine otpada određuju: obim i kontinuitet posla, kao i zahtevi tržišta. Dodatno u

slučaju papira, zahtevi klijenata određuju format papira, a od formata zavisi i količina generisanog otpadnog papira.

Tabela 2 predstavlja stanje određenih materijala (papira i kartona) nakon kreiranja proizvoda. Ulaz tabele 2 predstavlja količinu materijala koja će biti iskorišćena radi kreiranja gotovih proizvoda. Iskorišćene količine materijala prikazane su kao izlaz tabele 2, dok je višak materijala za kasniju upotrebu prikazan kao stanje.

Tabela 2. Prikaz stanja materijala nakon kreiranja proizvoda u periodu od 01.01.2022. do 31.01.2022

| Materijal | Ulaz (kg) | Izlaz (kg) | Stanje (kg) |
|-----------------------------|-----------|------------|-------------|
| SK papir u rolni | 1135,00 | 1135,00 | 0,00 |
| SK papirna kesa | 4600,00 | 0,00 | 4600,00 |
| SK u tabaku | 13485,00 | 0,00 | 13485,00 |
| Novinski papir u tabaku | 10849,80 | 3568,00 | 7281,80 |
| Novinski papir u rolni | 49353,00 | 49353,00 | 0,00 |
| Braon kraft u rolni | 3520,00 | 3520,00 | 0,00 |
| Beli kraft u tabaku | 2710,00 | 0,00 | 2710,00 |
| Ofset papir | 2257,00 | 2257,00 | 0,00 |
| Beli silikon kraft u tabaku | 800,00 | 692,00 | 108,00 |
| Braon silikon kraft | 100,00 | 100,00 | 0,00 |
| Sivi karton | 1356,00 | 1356,00 | 0,00 |
| Fotokopirni papir | 100,00 | 50,00 | 50,00 |
| Beli supfatni papir | 2107,50 | 887,50 | 1220,00 |
| Perforirani papir | 668,00 | 668,00 | 0,00 |

3.1. Analiza otpada proizvodnje kroz 3R koncept

Grafički materijali korišćeni u flekso štampi su proizvedeni za višestruku upotrebu. Postoje opravdani razlozi za ponovno korišćenje grafičkih proizvoda i materijala zbog uštede u energiji i sirovinama, kao i smanjivanja troškova odlaganja.

S aspekta 3R koncepta rezultati pokazuju da se tokom proizvodnje ambalaže za pekarske proizvode generiše 20 vrsta otpada:

- 15 vrsta papira (superkalandirani, novinski, braon i beli kraft, testlajner braon, fluting, ofsetni, PVC ofsetni, beli i braon silikon kraft, fotokopirni, beli sulfatni, perforirani, glasine i glasine sa silikonom),
- 2 vrste kartona (karton + PP i sivi karton),
- grafička boja na bazi vode,
- lepilo i
- PP folija.

Dok se količine svih vrste papira, kartoni i PP folija (90% ukupnog otpada) mogu smanjiti i reciklirati, količine boje na bazi vode i lepila mogu se ponovo iskoristiti (10% ukupnog otpada). Za sve vrste papirnog i kartonskog otpada i PP folije smanjenje se može postići odabirom adekvatnog formata polaznih materijala kako bi se završnom obradom dobijalo što manje obrezanog otpada.

3.2. Reciklažni put papirnog otpada

Sekunarne sirovine preduzeća “Roto Papir Plus” (prodavac) se sakupljaju i prosleđuju preduzeću “ECOCETAS D.O.O.” iz Trgovišta (kupac). Ugovorom između ova dva preduzeća je regulisana kupoprodaja i isporuka sekundarnih sirovina poput papira i kartona.

Prodavac se ugovorom obavezuje da za račun kupca prikuplja sekundarne sirovine i vrši isporuku istih.

Kupac svoju delatnost vrši na osnovu: integralne dozvole za sakupljanje i transport sekundarnih sirovina br. 19-00-00351/2015-1 od strane Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije. Kao i dozvole za skladištenje br. 501-28/2011-11 izdate od Sekretarijata za inspekcijske poslove i zaštite životne sredine Grada Vranja.

Prodavac se obavezuje da kupcu proda-isporuči stari (otpadni) papir čiji je dozvoljen sadržaj vlage 10%. Cena mešanog papir-karton otpada iznosi 4,00 din/kg.

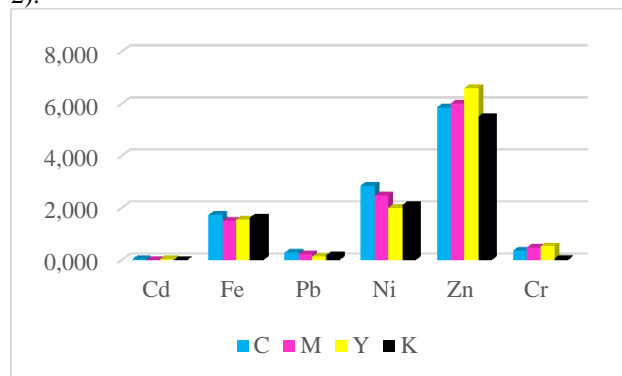
3.3. Sadržaj teških metala u flekso bojama na bazi vode

Ekoliški uticaji na okruženje upotrebljenih procesnih CMYK flekso boja na bazi vode procenjeni su na osnovu sadržaja teških metala i njihove komparacije sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) definisanim Pravilnicima Republike Srbije, Nemačke i Engleske. Iako se radi o flekso bojama na bazi vode, sadržaj analiziranih teških metala u bojama je potrebno izraziti u masenoj koncentraciji, tj. u mg/kg (tabela 3).

Tabela 3. Sadržaji (mg/kg) teških metala u uzorcima flekso boja na bazi vode

| Boja | γ (mg/kg) | | | | | |
|------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Cd | Fe | Pb | Ni | Zn | Cr |
| C | 0,025 | 1,725 | 0,275 | 2,850 | 5,850 | 0,350 |
| M | < 0,025 | 1,500 | 0,225 | 2,475 | 6,000 | 0,475 |
| Y | 0,025 | 1,550 | 0,125 | 2,000 | 6,600 | 0,525 |
| K | < 0,025 | 1,625 | 0,175 | 2,100 | 5,500 | 0,050 |

U procesnim CMYK flekso bojama na bazi vode prisutni su svi analizirani teški metali: kadmijum, gvožđe, olovo, nikal, cink i hrom. Uočava se da masene koncentracije u procesnim flekso bojama na bazi vode opadaju u nizu: cink > nikal > gvožđe > hrom > olovo > kadmijum (slika 2).



Slika 2. Masene koncentracije detektovanih teških metala u CMYK flekso bojama na bazi vode

Na osnovu dobijenih rezultata prema zastupljenosti u procesnim flekso bojama na bazi vode masene koncentracije metala opadaju u sledećim u nizovima:

- Cd: cijan = žuta > magenta = crna,
- Fe: cijan > crna > žuta > magenta,
- Pb i Ni: cijan > magenta > crna > žuta i
- Zn i Cr: žuta > magenta > cijan > crna.

S obzirom da ambalaža pekarskih proizvoda uglavnom završi preko komunalnog otpada na deponijskim zemljištima, dobijene vrednosti ispitivanih teških metala upoređene su sa Pravilnicima Republike Srbije, Nemačke i Engleske. S druge strane, ambalaža pekarskih proizvoda je u kontaktu sa namirnicama od brašna, tako da su vrednosti ispitivanih teških metala upoređene sa Pravilnikom Republike Srbije.

Prilikom procenjivanja da li je neko zemljište zagađeno teškim metalima ili ne, važnu smernicu predstavljaju MDK teških metala u zemljištu. U Republici Srbiji MDK teških metala u zemljištu definisane su Pravilnikom o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i metodama za njihovo ispitivanje, koji je objavljen u Službenom glasniku Republike Srbije (23/94). Međutim, ovaj pravilnik definiše MDK vrednosti samo za poljoprivredna zemljišta, dok za zemljišta različite namene (industrijska zemljišta, igrališta, parkovi itd.) u Srbiji ne postoje zakonom propisani maksimalni sadržaji teških metala [7].

Upoređujući sadržaje detektovanih teških metala u flekso bojama na bazi vode sa MDK prema srpskom zakonu, uočava se da masene koncentracije kadmijum, gvožđe, olovo, nikal, cink i hrom ne prelaze zakonske kriterijume. Dakle, upotrebljene flekso boje na bazi vode za štampu ambalaže pekarskih proizvoda, sa aspekta sadržaja teških metala nemaju negativan uticaj na poljoprivredna zemljišta.

Kako prehrambene namirnice dolaze u kontakt sa ambalažom, neophodno je sadržaj detektovanih teških metala u bojama na bazi vode uporediti i sa MDK vrednostima teških metala dozvoljenim za namirnice. Prama Pravilniku o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstanci, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstanci koje se mogu nalaziti u namirnicama, namirnice se mogu stavljati u promet ako količina metala ili nemetala u istim nije veća od MDK [8].

Sadržaji kadmijuma u bojama na bazi vode su niži 92% u odnosu na MDK vrednost (0,5 mg/kg) u proizvodima od brašna [8]. Takođe i vrednosti masenih koncentracija za olovo (0,4 mg/kg) u cijan, magenta, žutoj i crnoj boji su niže 31, 44, 69 i 56%, redom. Međutim, nisu definisane MDK vrednosti preostalih analiziranih metala. Dakle, potrebno je ispitati odgovarajućim standardnim hemijskim testovima, da li dolazi, i u kojoj meri, do migracije teških metala iz ambalažnih materijala, kao i koliko su te migrirane koncentracije potencijalno štetne.

4. ZAKLJUČAK

Preduzeće "Roto Papir Plus" se, i pored toga što se nalazi u ruralnoj sredini, trudi da svoj otpad iskoristi na pravi način. Preduzeće tvrdi da se upotrebljeni grafički materijali maksimalno iskorišćavaju i da otpad najviše iznosi 1 do 2% od ukupne (ulazne) količine materijala. I

pored tako malog procenta otpada, istim se mora upravljati u skladu sa 3R konceptom koji podrazumeva smanjenje, ponovo iskorišćenje i recikliranje otpada. Tako se preduzeće oslobađa otpada, a okruženje ne ugrožava.

Ekološki uticaji procesnih flekso boja za štampu ambalaže pekarskih proizvoda na okruženje procenjeni su na osnovu sadržaja teških metala i njihove komparacije sa maksimalno dozvoljenim vrednostima definisanim Pravilnicima Republike Srbije, Nemačke i Engleske. Upoređujući sadržaje detektovanih teških metala u flekso bojama na bazi vode sa MDK prema srpskom zakonu, uočava se masene koncentracije kadmijum, gvožđe, olovo, nikal, cink i hrom ne prelaze zakonske kriterijume. Dakle, upotrebljene flekso boje na bazi vode, nemaju negativan uticaj na poljoprivredna zemljišta.

Na osnovu male količine generisanog otpada, njegovog adekvatnog upravljanja i iskorišćavanja, kao i na osnovu bezbednog uticaja flekso boja koje preduzeće "Roto Papir Plus" koristi, zaključuje se da je otpad ovog preduzeća sveden na minimum i da nema štetnih uticaja na okruženje u kome se nalazi.

5. LITERATURA

- [1] [https://www.cris.uns.ac.rs/DownloadFileServlet/Disertacija156680669417035.pdf?controlNumber=\(BISIS\)111071&fileName=156680669417035.pdf&id=13314&source=NaRDuS&language=sr](https://www.cris.uns.ac.rs/DownloadFileServlet/Disertacija156680669417035.pdf?controlNumber=(BISIS)111071&fileName=156680669417035.pdf&id=13314&source=NaRDuS&language=sr) (pristupljeno u avgustu 2022.)
- [2] <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ambalazni-materijali> (pristupljeno u avgustu 2022.)
- [3] <https://www.vtsns.edu.rs/tempusdocs/radnagrupa4/knjiga%20%20plana%20graf%20ispravljeno.pdf> (pristupljeno u oktobru 2022.)
- [4] <https://www.motospeedbgd.com/ambalaza-i-materijali/papirna-ambalaza/> (pristupljeno u julu 2022.)
- [5] <https://www.yell.rs/profil/uvoz-i-prerada-papira-rotopapir-plus/> (pristupljeno u oktobru 2022.)
- [6] W.J. Price, "Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption", London, England, Heyden & Son, pp. 252-253, 1979.
- [7] https://www.pmf.ni.ac.rs/download/master/master_radovi_hemija/hemija_master_radovi/2017/Bojana-Stamenkovic_konacno.pdf (pristupljeno u oktobru 2022.)
- [8] <https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik-kolicinama-pesticida-metala-metaloida-drugih-otrovnih-supstancija-hemioterapeutika.html> (pristupljeno u oktobru 2022.)

Kratka biografija:

Mirjana Dorđević je rođena u Vranju 1997. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2023. godine. Trenutno radi kao agent u kontakt centru, u slobodno vreme se bavi dizajnom.
kontakt: djordjevic.mirjana1997@gmail.com

Savka Adamović rođena je u Novom Sadu 1976. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. godine, a od 2022. godine je u zvanju vanredni profesor.
kontakt: adamovicsavka@uns.ac.rs