

PRIMENA INTELIGENTNIH PAKOVANJA U LOGISTICI**APPLICATION OF INTELLIGENT PACKAGING IN LOGISTICS**Teodora Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ I TRANSPORT/LOGISTIKA**

Kratak sadržaj – Ubrzani razvoj savremenih tehnologija u oblasti logistike poboljšava nivo efikasnosti i povećava nivo kvaliteta usluge čitavog lanca snabdevanja na globalnom tržištu logističkih usluga. Osnovne funkcije pakovanja, kao logističkog podsistema su: zaštitna funkcija, distributivna funkcija, funkcija informisanja i marketinga. Osim konvencionalnog pakovanja, sve više u upotrebi je i pametno pakovanje koje omogućava praćenje proizvoda tokom njegovog životnog veka, analizira i kontroliše okruženje unutar ili izvan pakovanja da bi obavestio svoje proizvođače, prodavce ili potrošače o stanju proizvoda u svakom trenutku. U ovom radu, težište je na informacionim i komunikacionim tehnologijama koje omogućavaju da se uobičajeno pakovanje proizvoda transformiše u pametno pakovanje

Cljučne reči: Pakovanje proizvoda, inteligentna pakovanja, pametne paletne jedinice, pametni kontejneri.

Abstract – The accelerated development of modern technologies in logistics improves the level of efficiency and increases the level of service quality of the entire supply chain in the global logistics market. The basic functions of packaging, as a logistics subsystem, are: protective function, distribution function, information and marketing function. In addition to conventional packaging, smart packaging is increasingly being used to monitor the product during its lifetime, analyze and control the environment inside or outside the packaging to inform its producers, sellers or consumers about the state of the product at all times. The focus of this study is on information and communication technologies that enable the transformation of ordinary product packaging into smart packaging.

Keywords: Product packaging, intelligent packaging, smart pallet units, smart containers.

1. UVOD

Robni tokovi predstavljaju generatore zahteva za transportom, skladištenjem, pretovaranjem, komisioniranjem i drugim logističkim aktivnostima i procesima i na putu od pošiljaoca do primaoca prolaze kroz niz različitih transformacija koje često značajno menjaju njihove karakteristike. Okosnicu realizacije robnih tokova, u tehnološkom smislu, čine transportni, pretovarni i skladišni procesi, pri čemu su pakovanje, označavanje,

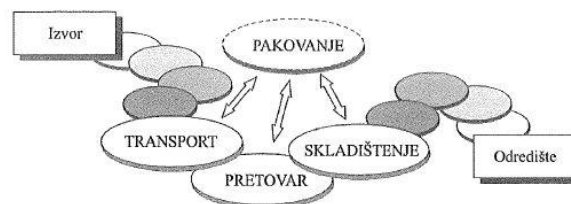
komisioniranje i druge aktivnosti takođe neodvojivi deo procesa funkcionisanja logističkih sistema [1]. Važno mesto u realizaciji robnih tokova imaju logistički centri, kao mesta koncentracije robnog rada, koja, između ostalog, doprinose racionalizaciji i ubrzanju protoka robe.

Savremeno tržište karakterišu globalni lanci snabdevanja koji tranzitiraju preko nacionalnih, regionalnih i međunarodnih prostora, čime raste značaj logističkih centara i funkcija koje realizuju. Osim toga, zainteresovane strane u lancu snabdevanja pridaju sve veći značaj potrebi za poboljšanom vidljivošću kako bi identifikovali ulazni tok robe, kako bi se zadovoljili veći zahtevi i kako bi mogli da reaguju na neočekivano. Pametni uređaji omogućavaju ostvarivanje potencijala da se obezbede tačni podaci u realnom vremenu, jer su trajno pričvršćeni za transportnu opremu, obezbeđuju pokrivenost za celo putovanje i nisu ograničeni na dolazak do fizičkih lokacija radi izveštavanja o događajima [3].

Predmet ovog rada je primena inteligentnih pakovanja u logistici. Težište rada jeste opis i analiza implemetacije virtuelnih tehnologija u pojedinačne jedinice pakovanja.

2. PAKOVANJE I UKRUPNJAVANJE PROIZVODA**2.1. Funkcije pakovanja proizvoda**

Materijalna dobra, koja su osnov svih robnih tokova, svojim oblikom i dimenzijama utiču na izbor i racionalnost korišćenja skladišne, pretovarne i transportne opreme. Usled toga, kao logistički podsistem, pakovanje proizvoda je preduslov za transport, pretovar i skladištenje velikog broja proizvoda. Međupovezanost podsistema pakovanja i ostalih logističkih podsistema prikazana je na slici 1.



Slika 1. Međupovezanost pakovanja i ostalih logističkih podsistema [5]

Osnovne funkcije pakovanje kao logističkog podsistema su: zaštitna funkcija; distributivna funkcija; funkcija informisanja; funkcija marketinga [2]. Pakovanje u logistici ima višestruke funkcije ključne za uspešno upravljanje tokovima proizvoda i informacija, kao i za

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Svetlana Nikoličić, red. prof.

očuvanje kvaliteta proizvoda i efikasnost celokupnog logističkog procesa [4].

Jedinica proizvoda koja se formira prema zahtevima potrošača često nije povoljna za sve aktivnosti koje se s njom odvijaju tokom distributivnog procesa, pa je sa aspekta logistike posebno važno formiranje ukupljenih jedinica tereta (slika 2) koje omogućavaju iskorišćavanje prednosti mehanizovanog manipulisanja robom.



Slika 2. Primer ukupnjavanja jedinica tereta [4]

Značaj navedenih funkcija pakovanja nije isti za sve proizvode, odnosno značaj funkcija pakovanja prvenstveno zavisi od vrste i karakteristika proizvoda, njihove namene, relacije transporta, mesta korišćenja. Međutim, ne umanjujući značaj ostalih funkcija pakovanja, poslednjih tridesetak godina sa razvojem informacionih i komunikacionih tehnologija, funkcija informisanja se višestruko proširila i unapredila.

2.2. Informacione i komunikacione tehnologije povezane sa informacionom funkcijom pakovanja

Savremene informacione i komunikacione tehnologije omogućile su promene u načinu prikupljanja i obrade podataka, prenosa i povezivanja učesnika u lancu snabdevanja. Bazirano na njima, osnovni ciljevi logističkih informacionih sistema su: obezbeđivanje neophodnih informacija o raspoloživosti i vidljivosti proizvoda; omogućavanje formiranja jedinstvene baze podataka; omogućavanje kvalitetnog logističkog odlučivanja; obezbeđivanje saradnje između funkcionalnih celina unutar jednog preduzeća ili između više preduzeća u logističkom lancu.

Tehnologija i inovacije su ključni faktori poslovne konkurentnosti na tržištu, u svim sektorima, uključujući i logistiku. Informacione tehnologije nude digitalne platforme, razmenu velike količine podataka, računarstvo u oblaku, veštačku inteligenciju, pametne telefone. U logistici se primenjuju različite tehnologije kako bi se poboljšala bezbednost i efikasnost logističkih procesa. Krajnji cilj je da se omogući korisnicima bolja informisanost, veća sigurnost, bolja koordinacija i mogućnost „pametnijeg“ korišćenja transportne mreže.

Platforme koje se koriste za prikupljanje i razmenu informacija su: Elektronska razmena podataka (*Electronic data interchange - EDI*); automatske identifikacione tehnologije i internet tehnologije.

Sistem elektronske razmene podataka - *EDI* se može definisati kao razmena strukturiranih podataka na relaciji računar-računar, u cilju njihove automatske obrade.

Osnovna prednost ove tehnologije jeste smanjena mogućnost grešaka usled izostanka ljudskog faktora, kao i brza obrada i prosleđivanje informacija.

Automatske identifikacione tehnologije omogućavaju identifikovanje pojedinačnih predmeta i prikupljanje ili unos podataka o njima bez intervencije ljudi. U logističkim procesima za identifikaciju robe najčešće se primenjuju optičko elektronske metode sa bar kodovima i mikrotalasne metode sa transponderima. U nastavku su pojašnjene njihove osnovne karakteristike [4].

Bar kodovi su elektronski čitljive nalepnice, koje obezbeđuju informacije o poreklu, odredištu, vrsti robe kao i informacije potrebne za obračun. Bar kod kao nosač podataka je najpoznatiji predstavnik optičkih tehnologija za identifikaciju, pre svega u logistici ali i među ostalim privrednim sektorima [5].

Radio frekventna identifikacija, odnosno identifikacija putem radio talasa – *RFID*, zasniva se na korišćenju bežičnih komunikacionih uređaja koji omogućavaju praćenje materijalnih dobara duž čitavog logističkog lanca. U poređenju sa bar kodovima, *RFID* oznake su skuplje i zahtevaju moćniju elektronsku informacionu mrežu. *RFID* nudi i druge prednosti za ceo lanac snabdevanja kao što su: upravljanje zalihama, promocija kvaliteta i bezbednosti i mogućnost prikupljanja podataka u realnom vremenu [5].

Internet tehnologije - aplikacije se uglavnom baziraju na klijent/server modelima računarske arhitekture. Klijent/server arhitektura razvijena je kao višenamenska modularna infrastruktura, zasnovana na slanju i primanju poruka. Osnovna prednost klijent/server modela jeste razdvajanje veoma složenih zadataka računarske obrade podataka do jednostavnih zadataka koji podrazumevaju interakciju sa korisnicima [4].

3. INTELIGENTNA PAKOVANJA POJEDINAČNIH PROIZVODA

Pametno pakovanje predstavlja sistem pakovanja sa tehnologijom ugrađenih senzora, koja se koristi za pakovanje raznih proizvoda. Koristi se za produženje roka trajanja, prati svežinu, prikazuje informacije o kvalitetu i poboljšava bezbednost proizvoda i kupaca. Očekuje se da će globalno tržište pametne ambalaže dostići 26,7 milijardi dolara do 2024. Godine [6].

Tradicionalno pakovanje više nije dovoljno kako bi se pratila konstantno povećana očekivanja korisnika kao i povećanje složenosti proizvoda. Tokom protekle dve decenije, u literaturi su se pojavili i često se koriste pojmovi kao što su aktivno pakovanje, inteligentno pakovanje i pametno pakovanje [5].

Aktivno pakovanje je prva alternativa tradicionalnom pakovanju. Tehnologija aktivnog pakovanja ugrađuje komponente u pakovanje koje mogu apsorbovati supstance u konzervisanu hranu ili okruženje, kako bi se održao kvalitet i produžio rok trajanja.

Inteligentno pakovanje se uglavnom koristi za praćenje stanja upakovane robe, da prikupi i pruži informacije o kvalitetu pakovanja tokom transporta i skladištenja.

Pametno pakovanje obezbeđuje rešenja za pakovanje koje s jedne strane prati promene u proizvodu ili njegovom okruženju (inteligentno) i sa druge strane, deluje na promene (aktivno).

Pametno pakovanje se razlikuje od konvencionalnog po tome što prati i saopštava stanje proizvoda bez potrebe konstantnog praćenja roka trajanja. Njegova primena je veoma pogodna za hranu, lekove i opasnu robu. Ovo pakovanje postaje deo internet inteligentnih uređaja (*Internet of things* - *IoT*) povezivanjem na veb radi deljenja podataka o uslovima proizvoda putem senzora i softvera [5].

Trend ka održivosti, poboljšanoj bezbednosti proizvoda i standardima visokog kvaliteta je važan u svim oblastima. Da bi se zadovoljili ovi zahtevi, inteligentno pakovanje koristi se u prehrambenom sektoru. Ovi sistemi mogu trajno pratiti status kvaliteta proizvoda i podeliti informacije kupcu. Na ovaj način može se smanjiti bacanje hrane i može se optimizovati zadovoljstvo kupca.

3.1. Inteligentna pakovanje pojedinačnih proizvoda u prehrambenoj industriji

Pametno pakovanje poboljšava upravljanje robom, jer je posebno osmišljeno da smanji rasipanje hrane, poboljša bezbednost hrane i obezbedi najviši kvalitet ovih proizvoda. Međutim, uprkos njihovim neospornim prednostima, njihova trenutna cena ih sprečava da postanu široko rasprostranjeno rešenje.

Evropska agencija za bezbednost hrane (*The European Food Safety Authority* - *EFSA*) definiše inteligentne materijale za pakovanje kao „materijale i artikle koji prate stanje upakovane hrane ili okruženja“. Oni imaju sposobnost da saopštavaju uslove upakovanog proizvoda, ali ne stupaju u interakciju sa proizvodom. Njihov cilj je da prate proizvod i prenesu informacije potrošačima. Da bi se inteligentno pakovanje moglo koristiti u komercijalne svrhe, mora biti ispunjen zakonski zahtev. Dugi niz godina nije postojao pravni okvir za inteligentno pakovanje u EU, pa zbog toga sistemi nisu rasprostranjeni kao u SAD, Australiji ili Japanu [5].

Generalno, postoje tri glavne komponente koje se koriste za inteligentne sisteme za pakovanje: nosači podataka, indikatori i senzori. Takođe inteligentni sistemi za pakovanje mogu se podeliti po sledećim tipovima:

- Uslovi životne sredine: ova vrsta prati uslove koji mogu dovesti do promena u karakteristikama kvaliteta hrane. Primeri ovih tipova su indikatori vremenske temperature, gas indikatori curenja i senzori relativne vlažnosti. U zavisnosti od faktora praćenja ovi sistemi se mogu postaviti izvan ili unutar pakovanja.
- Karakteristike kvaliteta: ovaj tip se koristi za direktno praćenje atributa kvaliteta hrane. Primeri su bio senzori i senzori/indikatori svežine. Ovi uređaji se obično nalaze unutar pakovanja.
- Nosači podataka: ovi sistemi se koriste samo za skladištenje i prenos podataka, dok se indikatori i

senzori koriste za praćenje spoljašnjeg okruženja i prikazivanje informacija nakon toga.

Generalno, inteligentno pakovanje je jednostavno za korišćenje i pruža niz prednosti za potrošače, proizvođače hrane i čitavu prehrambenu industriju. Troškovi pakovanja mogu iznositi 50-100% od ukupnih troškova finalnog proizvoda. Pošto je stvarno stanje kvaliteta hrane poznato, prodavac može da prodaje proizvode sa kraćim rokom trajanja prvo i tako se može smanjiti gubitak hrane [5].

Ne može se svako inteligentno pakovanje koristiti za svaku vrstu hrane. Stoga, mora se definisati koji indikator odgovara kojoj namirnici. Trenutno se inteligentna ambalaža uglavnom koristi u prehrambenoj industriji. Ovakva ambalaža bi najveću bezbednost proizvoda donela u farmaceutske i kozmetičke industriji.

3.2. Inteligente paletne jedinice

Ideja integracije virtuelnih tehnologija je novina u oblasti transporta i igra vitalnu ulogu u prevazilaženju problema u globalnom svetu [3]. Nemogućnost kompanija da u svakom trenutku znaju gde se nalazi njihova roba u lancu snabdevanja rezultirala je implementacijom virtuelnih tehnologija najviše u kontejnere a zatim i u palete [6].

Pametne palete pomažu u poboljšanju lanaca snabdevanja, čineći ih održivijim, ekonomičnijim i štedljivijim. Implementacijom „pametnih paleta“ mogući su podaci o položaju i kretanju paleta, njihovoj temperaturi i stanju opterećenja, kao i reakcijama na svaki mogući udar ili pad paleta. Pronalaženje neiskorišćenih paleta je olakšano i omogućena je njihova optimalna upotreba. Troškovi kao rezultat neiskorišćenih, izgubljenih ili ukradenih paleta su smanjeni. Pametne palete se definišu kao nadogradnja postojećeg sistema paleta, gde se uz pomoć odgovarajućeg senzora u realnom vremenu može pratiti lokacija palete, temperaturni režim neposrednog okruženja u kome se paleta nalazi i vibracija tokom manipulacije i transporta palete. [6].

3.3. Inteligentni kontejneri

Upotreba pametnih kontejnera u lancu snabdevanja na mnogo načina pruža prednosti različitim zainteresovanim stranama. Unapređena je sigurnost pošiljke i transportne opreme, a kretanje preko granica između država je olakšano. Pored povećanja produktivnosti, efikasniji transport će dovesti do boljeg korišćenja resursa, olakšavajući prelazak na čistije načine transporta i ekološki prihvatljivije okruženje. Nadzor pametnih kontejnera može da se koristi u brojne svrhe od strane zainteresovanih strana u lancu snabdevanja. Svaki kontejner može postati pametni kontejner. Elektronika pametnog kontejnera može se ugraditi tokom proizvodnje, naknadno ugraditi u sve vrste postojećih kontejnera ili ugraditi u sadržaj kontejnera [3]. Pametni kontejneri mogu da uporede planirano i izvršeno putovanje i generišu upozorenja u realnom vremenu u slučaju bilo kakvog problema i eliminišu nastale troškove dok nadoknađuju nedostatak podataka.

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je da se opiše implementacija virtuelnih tehnologija na pojedinačne proizvode - jedinice pakovanja kako bi se bliže objasnio značaj i funkcija senzora koji se postavljaju na te jedinice. Opisuje se proces kako od jedinice proizvoda nastaje jedinica pakovanja na koju se postavlja senzor koji kasnije omogućava praćenje lokacije, vibracija, udara itd. Ovim procesom se pojednostavljuje čitav lanac snabdevanja koji ga čini efikasnijim i bržim.

Sa porastom potreba korisnika i nametanjem sve većih zahteva u pogledu fleksibilnosti, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti poslovanja od strane njihove konkurencije javlja se i potreba za inovativnim logističkim rešenjima.

Pametno pakovanje predstavlja značajne mogućnosti i izazove za proizvođače, potrošače i regulatore. Iako tehnologija nudi niz prednosti kao što su poboljšana bezbednost proizvoda, smanjenje otpada i poboljšano korisničko iskustvo, ona takođe predstavlja izazove kao što su cena i složenost, privatnost, bezbednost i usklađenost sa propisima.

5. LITERATURA

- [1] Nikoličić, S. *Materijal sa predavanja*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2024.
- [2] Perišić R. *Savremene tehnologije transporta I*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd; 1985.
- [3] Tomić, T. diplomski rad: *Inteligentne tovarno manipulativne jedinice*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2023.
- [4] Nikoličić, S, Stojanović, Đ, Maslarić, M. *Osnovi Logistike: Principi, sistemi i procesi*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [5] Schaefera, D, Cheungb, W.M., *Smart Packaging: Opportunities and Challenges*, University of Northumbria, United Kingdom.
- [6] Đurić, N. Diplomski rad: *Primena sistema pametnih paleta u povratnoj logistici*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.

Kratka biografija:



Teodora Tomić - rođena u Novom Sadu 2000. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj i transport – Logistika, sa temom: *Primena inteligentnih pakovanja u logistici* odbranila je 2024.god.
Kontakt: tomic.didi@gmail.com