

<https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954752/POSTEL.2023.001>

INOVATIVNA RJEŠENJA U OPTIMIZACIJI SKLADIŠNIH PROCESA

Amel Kosovac, Ermin Muharemović, Adisa Medić
Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za saobraćaj i komunikacije,
amel.kosovac@fsk.unsa.ba, ermin.muharemovic@fsk.unsa.ba, adisa.medic@fsk.unsa.ba

Abstract: *U savremenom svijetu u kojem tehnologija neprestano napreduje, industrijska automatizacija postaje sveprisutna. S obzirom na ključnu ulogu skladišta u lancu opskrbe, optimizacija procesa skladišta postaje od suštinskog značaja za efikasnost distribucijskih, logističkih sistema i lanaca opskrbe. Rad se bavi istraživanjem skladišnih procesa i analizom primjene inovativnih tehnologija s posebnim fokusom na identifikaciju i razumijevanje osnovnih karakteristika ovih tehnologija. Od tehnoloških dostignuća poput RFID-a i beacon-a do implementacije automatizovanih vozila i robota, inovacije u skladištima imaju dubok uticaj na razvoj logistike i logističkih centara. Glavni cilj rada usmjeren je na razumijevanju kako ove tehnologije funkcionišu i kako doprinose poboljšanju efikasnosti skladišta, doprinoseći tako evoluciji globalnih logističkih lanaca i distribucijskih sistema.*

Key words: *skladište, tehnologija, automatizacija, skladišni procesi, skladišna oprema*

1. Uvod

Tehnologija ima moć da utiče i oblikuje moderne aspekte života i kao takva ubrzala je i pojednostavila sve zadatke današnjice. Te tehnologije našle su primjenu i u skladištima i njihovim procesima, a kroz ovaj rad ćemo se upoznati sa navedenim. Skladište možemo predstaviti kroz najjednostavnije formulisan način, kao posebno uređene i tehnički opremljene prostore koji služe za prihvatanje, evidentiranje, čuvanje, doradu, oplemenjivanje i primopredaju robe u saobraćaju ili procesu proizvodnje. Optimizacija zadataka igra vitalnu ulogu u skladišnom sistemu. Od biranja robe do raspoređivanja na policama i paletama, svi zadaci moraju biti optimizirani na način koji konstruktivno poboljšava tok lanca opskrbe.

Konceptualno, rad se sastoji od četiri logički povezanih poglavlja. Nakon uvodnog dijela drugo poglavlje bazirano je na skladišne procese. Svaki navedeni proces je pobje objasnjen; radnje koje se javljaju u procesima i njihova važnost u procesu skladištenja.

Inovativne tehnologije zamjenjuju obavljanje velikog dijela poslova u današnje vrijeme. Netaknuta nisu ostala ni skladišta, a ni procesi unutar istih. Treće poglavlje

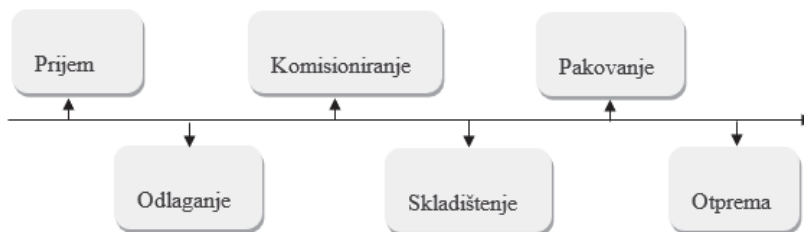
posvećeno je upravo tome; savremenoj tehnologiji koja mijenja načine poslovanja i poboljšava obavljanje većeg broja operacija unutar skladišta. Od bar kod tehnologija i RFID-a, robota koji rade zajedno sa ljudima, do funcionisanja i vrsta sistema za upravljanje skladištem.

U četvrtom poglavlju rada, data su zaključna razmatranja.

2. Skladišni procesi

Skladišni prostor, kao i procesi koji se obavljaju unutar njega, su od iznimne važnosti za distribuciju i sam lanac opskrbe. Proces unutar skladišta nastoje se organizovati tako da se omogući neprestani protok robe kroz skladište, bez ponavljanja pojedinih operacija. Skladišni sistem nastoji se organizovati na način da se u svakoj fazi procesa skladištenja zna pozicija i količina pojedinog artikla, da bi se u najkraćem vremenu moglo odgovoriti na zahtjeve korisnika.

Može se izdvojiti šest osnovnih skladišnih procesa koji obuhvataju prijem, odlaganje, skladištenje, komisioniranje, pakovanje i otpremu (Slika 1).



Slika 1. Osnovni skladišni procesi [1]

U osnovne procese se još ubrajaju i nadopunjavanje, akumuliranje i sortiranje, pakiranje i cross-docking. Prijem robe i pohrana smatraju se ulaznim procesima, dok se ostali smatraju izlaznim.

Prijem je prvi proces skladištenja i jedan od najvažnijih. Da bi se proces prijema obavio pravilno, skladište bi trebalo biti u mogućnosti da potvrdi da je primilo pravi proizvod, u pravoj količini, u pravom stanju i u pravo vrijeme. Ako se to ne učini, to će imati enormne posljedice na sve naredne operacije. Prijem uključuje i prijenos odgovornosti za robu na skladište. Cilj optimizacije procesa prijema skladišta je da se teret primi efikasno i pravilno i da se izbjegne nagomilavanje na prihvatnim dokovima. Softveri kao što su sistemi za upravljanje radom i raspoređivanje pristajanja omogućavaju da se pravilno raspoređuje prava količina osoblja preciznim predviđanjem predstojećih pošiljki [2].

Odlaganje je drugi proces koji se odvija u skladištima i predstavlja kretanje robe od prihvatnog pristaništa do najoptimalnije skladišne lokacije. Cilj optimizacije procesa odlaganja je da se roba premjesti za skladištenje na njihovu najoptimalniju lokaciju na brz, efikasan i efikasan način. Softver kao što su sistemi za prorezivanje i upravljanje prostorom automatski dodjeljuju optimalne prostore za svaki teret kako bi se omogućio pojednostavljen proces odvoza i maksimalno korištenje prostora. Osim toga, mobilne aplikacije i uređaji za skladištenje usmjeravaju službenike da skladište teret na pravu lokaciju [3].

Skladištenje je jedan od procesa skladištenja robe, u kojem se roba stavlja u svoj najprikladniji skladišni prostor. Kada se pravilno obavi, proces skladištenja u potpunosti maksimizira raspoloživi prostor u vašem skladištu i povećava efikasnost rada. Korištenje

pravog skladišnog skladišnog sistema u skladu sa veličinom objekta i miksom proizvoda omogućava da se maksimiziraju horizontalni i vertikalni prostori uz poboljšanje efikasnosti skladišta [2].

Komisioniranje je proces skladištenja koji prikuplja proizvode u skladištu kako bi ispunio narudžbe kupaca. Jedan od načina za optimizaciju procesa komisioniranja jeste uvođenje pravih tehnologija. Tehnologije poput mobilnih i nosivih uređaja mogu pojednostaviti proces komisioniranja jer omogućavaju službenicima da bežično pregledaju otpremne liste, pristupe sistemima u realnom vremenu i skeniraju bilo gdje u skladištu [2].

Pakovanje je proces skladištenja koji objedinjuje odabrane artikle u prodajni nalog i priprema ih za otpremu kupcu. Jedan od primarnih zadataka pakovanja je da osigura da su oštećenja svedena na minimum od trenutka kada artikli napuste skladište. Optimizacija procesa pakovanja može se obaviti korištenjem softvera za usmjeravanje ljudi u izvršavanju zadataka. Pod uslovom da sistem za pakovanje ima sve potrebne podatke, kao što su dimenzije i težina, sistem može automatski odrediti vrstu i količinu ambalažnog materijala koji će čuvati artikl i troškove pakovanja niskim [2].

Otprema je završni proces skladištenja i početak putovanja robe od skladišta do kupca. Dostava se smatra uspješnom samo ako je ispravna narudžba sortirana i utovarena, otpremljena pravom kupcu, prođe kroz pravi način tranzita i isporučena sigurno i na vrijeme. Posjedovanje mobilne aplikacije i uređaja za isporuku omogućava da se imaju prave informacije pri ruci i u realnom vremenu za provjeru pošiljki u hodu [2].

3. Pregled inovativnih rješenja

Tehnologija transformiše skladišta, podržavajući manje, agilnije operacije i omogućavajući skladištima da ponude brzu isporuku i narudžbe bez grešaka – elemente koji su ključni za uspjeh operacije isporuke.

Prednosti uvođenja tehnologije u skladišta su npr. poboljšana kontrola, smanjeni operativni troškovi, manje nezgoda na radu, mogućnost koordiniranja tokova proizvoda kako bi se izbjegla uska grla, ušteda energije i radne snage, bolje iskorištenje prostora, te manje ručnog rukovanja.

3.1. Senzori i automatski identifikatori

Automatska identifikacije je uvijek povezana sa automatskom akvizicijom podataka, odnosno zahvatanjem podataka i njihovim prosljeđivanjem za dalju (uglavnom računarsku) obradu bez posredstva operatera. Glavne tehnologije koje spadaju u automatsku identifikaciju su: bar-kod, smart kartice, prepoznavanje glasa, neke biometrijske metode (na pr. identifikacija pomoću retine), prepoznavanje oblika i identifikacija pomoću radio talasa – RFID [4].

3.1.1. Barkod

Barkod je optičko predstavljanje podataka (slova i/ili brojeva) koji se mogu čitati pomoću optičkih skenera koji se zovu bar kod čitači ili mogu biti skenirani sa slike uz pomoć posebnih softverskih alata. Koristi se u procesu identifikacije proizvoda, vozila, vagona, paketa, robe i sl., u postupku bilo kakvog kretanja/prolaska kroz određeni prostor [5]. Prednosti ove tehnologije su relativno male investicije, a mogu se primijeniti na razna softverska rješenja, od lokalno razvijenih rješenja u suradnji s ERP (*eng. Enterprise*

Resource Planing) dobavljačima do složenih WMS (*eng. Warehouse Management System*) skladišnih rješenja [6].

Danas postoji pet verzija UPC (*eng. Universal Product Code*) bar koda, označene od A do E. Verzija A UPC bar koda ima 10 cifara i dvije cifre sa strana. Prvih pet cifara sa lijeve strane označavaju proizvođača, dok drugih pet cifara sa desne strane označavaju proizvod. Karakter sa krajnje lijeve strane predstavlja klasifikacioni broj, dok karakter sa desne strane predstavlja kontrolnu oznaku. Kako bi kod bio kompatibilan sa EAN (*eng. European Article Number*) sistemom dodata je još jedna cifra, nazvana vodeća nula. I UPC i EAN simboli su fiksne dužine, generišu samo brojeve, predstavljaju kontinualne simbologije i koriste širinu četiri elementa. Verzija koja se najviše koristi poslije osnovne je verzija E. UPC označava „univerzalni kod proizvoda“ (UPC-A), dok EAN označava „evropski broj artikla“ (EAN-13 ili međunarodni broj artikla) [7].

3.1.2. Beacon tehnologija

Bluetooth beacon je hardverski uređaj zasnovan na Bluetooth Low Energy protokolu emitovanja, koji je kompatibilan sa iBeacon protokolom ili Eddystoneom. Kao BLE (*eng. Bluetooth Low Energy*) uređaj, Bluetooth beacon se obično instalira na određenoj lokaciji u prostoriji kao referentna tačka za unutrašnju lokaciju. Nije povezan ni sa jednim glavnim uređajem, ali emituje kontinuirano i periodično u okolno okruženje, zahtijevajući samo skeniranje i raščlanjivanje od strane glavnog uređaja [8].

Glavna svrha pozicioniranja u zatvorenom prostoru nije samo za navigaciju već i za upravljanje lokacijom osoblja, opreme i materijala. Bluetooth beacon dolazi s prednostima u maloj veličini, visokim performansama i omjeru cijene pod istom preciznošću. Osim toga, na Bluetooth manje utiče okolno okruženje, a njegova potrošnja energije je relativno niska. Beacons mogu biti posvuda u skladištima, uključujući prikolice, viljuškare, police, pa čak i utovarne stanice, koje mogu emitovati informacije raznim pametnim uređajima na određenoj udaljenosti [9].

3.1.3. RFID

RFID (*eng. Radio Frequency Identification*) tehnologija zamišljena je kao jednostavna zamjena barkodova gdje bi se identifikacija proizvoda vršila bežičnim putem, preko radio talasa [10]. Korištenjem takvog sistema uklanjaju se određena ograničenja koja postoje kod korištenja barkodova kao što su npr. potreba za time da bar kod bude izravno vidljiv čitaču, mala udaljenost na kojoj se može očitavati, problemi s istrošenošću ili oštećenjima naljepnica s oznakama bar kodova i sl. Problem, koji se danas nastoji riješiti uvođenjem RFID tehnologije, je – kako pratiti jedinstveni proizvod od njegovog nastanka do krajnjeg potrošača. Standardni bar-kod identifikuje samo proizvođača i proizvod, ali ne i jedinstveni artikal. Barkod na omotu čokolade je isti na svakom omotu iste vrste čokolade, pa je nemoguće putem samog bar-koda izdvojiti tačno određeni proizvod. RFID transponder, naprotiv, nosi identifikator – serijski broj jedinstven samo za taj specifični proizvod. Za sada RFID ne mora u potpunosti zamijeniti postojeći sistem identifikacije i praćenja baziran na bar-kodu, ali ga može uspješno dopunjavati[4].

3.1.4. Pick to Light

Pick-to-light sistemi (Slika 2) koriste svjetlosne uređaje koji usmjeravaju radnike gdje da izvuku artikle iz skladišta. Pruža jasnu svjetlosnu indikaciju koja pokazuje odakle treba što uzeti te ima senzor koji provjerava da li je odabran pravi predmet.



Slika 2. Pick to light u skladištu [11]

Pick to Light zasloni zamjenjuju uobičajene liste za brzo i jednostavno izdvajanje proizvoda za određenog kupca, tj. dostavno mjesto. Pored navođenja distributera za određenu lokaciju, zasloni precizno pokazuju i naručenu količinu te zahtijevaju potvrdu za svaki uzeti proizvod [6].

3.1.5. Glasovno upravljanje

Glasovno upravljanje je metoda za korištenje verbalnih naredbi za pomoć skladišnim radnicima u ispunjavanju narudžbi. Obično su sistemi glasovnog upravljanja integrisani sa sistemom upravljanja skladištem ili softverom za planiranje resursa preduzeća. Svaki zaposlenik je opremljen mobilnim uređajem ili govornim terminalom te slušalicama s mikrofonom. Može se dodati i žičani ili bežični skener bar koda za povećanje tačnosti i produktivnosti. Uređaji su opremljeni mikrofonom kako bi zaposlenik mogao vratiti informacije u sistem [12].

3.2. Automatizacija i robotizacija

3.2.1. Automatski navodena vozila

Automatski navodena vozila AGV (*eng. Automated Guided Vehicle*) transportni su sistemi bez vozača koji se koriste za horizontalno kretanje materijala (Slika 3). Radi se o industrijskim vozilima bez vozača, koja su najčešće pogonjena pomoću električnih motora, a napajana pomoću baterijskih izvora energije [6]. AGV-u je potrebno samo 8 minuta da se napuni, što znači da provode vrlo malo vremena bez rada [13]. Automatska vođena vozila pomažu u transportu materijala, zaliha i inventara unutar skladišnih objekata. AGV se koriste u operacijama za zamjenu viljuškara s ručnim pogonom ili kolica. Neki AGV autonomno upravljaju skladišnim objektima prateći utvrđene rute koje su označene žicama, magnetnim trakama, tragovima, senzorima ugrađenim u pod ili drugim fizičkim vodičima. Drugi AGV-ovi koriste kamere, lidar, infracrvene i druge napredne tehnologije za navigaciju radnim prostorima, identifikaciju prepreka i izbjegavanje sudara.



Slika 3. AGV vučna vozila [14]

Automatski vođena vozila za prijevoz jediničnih tereta vozila s utovarnim prostorom je također vrsta vozila koja služi za transport robe koja se utovara na postolje koje se nalazi na vozilu i prevozi se. Ova vozila nazivaju se i vozila jediničnih tereta (palete, kutije, pojedinačni komadi), a najčešće imaju i automatski pretovar (pomoću podiznog stola, lančanog, trakastog ili valjčanog konvejerera). Primjenjuju se kod transporta na kraće udaljenosti visokim protokom, a zbog sposobnosti automatskog povezivanja s konvejerima, radnim stanicama, strojevima i AS/RS sistemima često su integrirani u automatizirani proizvodni ili skladišni sistem [14]. Usvajanjem automatizovanih sistema, skladišta mogu: smanjiti ljudsku grešku, minimizirati rad, poboljšati koordinaciju rukovanja materijalom, poboljšati sigurnost na radnom mjestu, povećati kontrolu zaliha, poboljšati korisničku uslugu [15].

3.2.2. Autonomni mobilni roboti

Signaliziraju se novi oblici automatizacije kao što su robotsko paletiranje/depaletiranje te autonomni mobilni roboti AMR (eng. *Autonomous Mobile Robots*). Autonomni mobilni roboti (Slika 4.) su poput AGV-a po tome što koriste senzorsku tehnologiju za isporuku zaliha oko skladišta. Međutim, za razliku od AGV-a, oni ne zahtijevaju postavljenu stazu ili unaprijed postavljenu rutu između lokacija. Ovi mali i okretni roboti imaju sposobnost da identifikuju informacije na svakom paketu i precizno ih sortiraju. AMR-ovi se mogu kretati po cijelom skladištu jer kreiraju vlastite rute na osnovu potrebne operacije. Oni mogu promijeniti rutu kada je to potrebno i izbjeći prepreke u svom okruženju [16]. Ovi roboti nude efikasnost, tačnost i sigurnost tokom procesa sortiranja.



Slika 4. Autonomni mobilni roboti u skladištima [17]

3.3. Sistem za upravljanje skladištima

Sistemi upravljanja skladištem WMS omogućavaju kontrolu, nadgledanje i optimizaciju ključnih funkcija skladišta. To uključuje: praćenje inventara, usmjeravanje aktivnosti sakupljanja, pakiranja i otpreme, te koordiniranje opreme za rukovanje materijalom. Integrisani WMS obično je dodatak već postojećeg pružatelja usluga planiranja resursa poduzeća ERP. ERP sistemi upravljaju fakturisanjem, računovodstvom i praćenjem zaliha. Sistem za upravljanje skladištem preuzima narudžbe i usmjerava proces komisioniranja, popisa te zaprimanja i otpreme proizvoda. Kada se sve može integrisati u jedan sistem, puno je lakše pratiti u koje je narudžbe najbolje uložiti novac.

4. Zaključak

S obzirom na potrebu za bržim, preciznijim i efikasnijim skladišnim operacijama, inovativne tehnologije postaju neprocjenjivo sredstvo za optimizaciju skladišnih procesa. Automatizacija skladišta predstavlja ključnu komponentu budućnosti industrije opskrbnih lanaca i odnosi se na skup tehnologija (u rasponu od robota do procesa) koje dovode do mnogo veće razine produktivnosti. Napredak tehnologije otvara put brojnim trendovima u automatizaciji skladišta koji podržavaju učinkovitost skladišta, poboljšavaju tačnost i povećavaju sigurnost.

Međutim, koliko god težili automatoizaciji poslovanja, još uvijek ljudski radi igra glavnu ulogu u svemu. Tehnologije koje se javljaju i uvode, pomažu ljudskoj radnoj snazi, rame uz rame, ali ih nisu u potpunosti zamijenile. Možda će uskoro doći vrijeme kada će robotika i automatizacija zamijeniti ljudsku radnu snagu u industriji logistike i distribucije, ali do toga još nije došlo. U međuvremenu, nove tehnologije mogu pomoći u poboljšanju učinkovitosti i olakšati posao timovima uz istovremeno smanjenje otpada i troškova.

Literatura

- [1] D. Matanović, "Optimizacija skladišnih procesa i nacrti skladišta u maloprodajnoj tvrtki," Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [2] H. Sunol, "Cyberg Warehouse Tehnology," 12 september 2022. [Na mreži]. Available: <https://articles.cyberg.com/warehouse-processes-how-to-optimize-them>. [Poslednji pristup 24 november 2022].
- [3] Panatrack, "Panatrack," 2022. [Na mreži]. Available: <https://www.panatrack.com/bin-tracking-with-put-away/>. [Poslednji pristup 24 november 2022].
- [4] D. Regodić, Logistika, Beograd: Univerzitet Singidunum, 2014.

- [5] "Wikipedia," [Na mreži]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>. [Poslednji pristup 15 march 2023].
- [6] L. Stojanović, Unutrašnji transport i skladištenje, Varaždin: Sveučilište Sjever, 2016.
- [7] "Barcodes talk," 6 september 2009. [Na mreži]. Available: <https://www.barcodestalk.com/learn-about-barcodes/resources/what-difference-between-upc-and-ean>. [Poslednji pristup 18 march 2023].
- [8] V. Nakum, "TROOTECH," 23 november 2020. [Na mreži]. Available: <https://www.trootech.com/blog/beacon-based-inventory-management-application>. [Poslednji pristup 27 april 2023].
- [9] D. Tang, "Moko blue," MOKO, 22 june 2022. [Na mreži]. Available: <https://www.mokoblue.com/how-to-optimize-warehouse-management-solution-with-beacon-technology/>. [Poslednji pristup 27 april 2023].
- [10] Kosovac, A., & Muharemović, E. (2022). Procesi logističkih sistema. Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu.
- [11] "pick to light," [Na mreži]. Available: <https://www.picktolightsystems.com/en/picking-products/pick-by-light>. [Poslednji pristup 11 may 2023].
- [12] "Dematic," Real Time Logistics, [Na mreži]. Available: <https://www.realtimelogistics.com.au/>. [Poslednji pristup 11 may 2023].
- [13] "LOGIWA," [Na mreži]. Available: <https://www.logiwa.com/blog/warehouse-robotics>. [Poslednji pristup 27 april 2023].
- [14] M. Vidak, "Primjena automatski vođenih vozila u skladištima," Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2009.
- [15] Cogner, "Cogner," Cogner, 2023. [Na mreži]. Available: <https://www.conger.com/warehouse-automation-trends/>. [Poslednji pristup 12 april 2023].
- [16] Kosovac, A., Muharemović, E., Čolaković, A., Lakača, M., & Šimić, E. (2021). Bosnia and Herzegovina market research on the use of autonomous vehicles and drones in postal traffic. *Science, Engineering and Technology*, 1(2), 32-37.
- [17] "Zimo.dnevnik," [Na mreži]. Available: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/hrvatski-autonomni-roboti-zaposleni-i-u-orbicu---574952.html>. [Poslednji pristup 27 april 2023].

Abstract: *In the modern world, where technology is constantly advancing, industrial automation is becoming ubiquitous. Given the crucial role of warehouses in the supply chain and production, optimizing warehouse processes is essential for the efficiency and effectiveness of distribution, logistics systems, and supply chains. The paper focuses on the study of warehouse processes and the analysis of the application of innovative technologies, with a particular emphasis on identifying and understanding the basic characteristics of these technologies. From technological achievements such as RFID and beacons to the implementation of automated vehicles and robots, innovations in warehouses have a profound impact on the development of logistics and logistics centers. The main goal of the paper is to understand how these technologies operate and how they contribute to improving warehouse efficiency, thereby advancing the evolution of global logistics chains and distribution systems.*

Keywords: *warehouses, technology, automation, warehouse processes, warehouse equipment*

INNOVATIVE SOLUTIONS IN WAREHOUSE PROCESS OPTIMIZATION

Amel Kosovac, Ermin Muharemović, Adisa Medić