

Komisioniranje u logističko distribucijskim centrima maloprodavača

Starčević, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics and Business in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:145:714950>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

Ekonomski fakultet u Osijeku

Sveučilišni prijediplomski studij Ekonomija i poslovna ekonomija

Ivan Starčević

**KOMISIONIRANJE U LOGISTIČKO DISTRIBUCIJSKIM
CENTRIMA MALOPRODAVAČA**

Završni rad

Osijek, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Sveučilišni prijediplomski studij Ekonomija i poslovna ekonomija

Ivan Starčević

**KOMISIONIRANJE U LOGISTIČKO DISTRIBUCIJSKIM
CENTRIMA MALOPRODAVAČA**

Završni rad

Kolegij: Upravljanje opskrbnim lancima

JMBAG: 0010237934

e-mail: istarcevic@efos.hr

Mentor: prof.dr.sc. Davor Dujak

Osijek, 2024.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Economics and Business in Osijek

University Undergraduate Study Programme Economics and Business


Ivan Starčević

**WAREHOUSE PICKING IN RETAILER'S LOGISTICS
DISTRIBUTION CENTERS**

Final paper

Osijek, 2024.

IZJAVA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI,
PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA,
SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA
I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni (navesti vrstu rada: završni/diplomski/specijalistički/doktorski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na vlastitim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna trajnom pohranjivanju i objavljivanju mog rada u Institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, Repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom Repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti, NN 119/2022).
4. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan s dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta/studentice: Ivan Starčević

JMBAG: 0010237934

OIB: 59194300816

e-mail za kontakt: ivanstarka@gmail.com

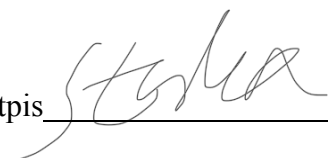
Naziv studija: Sveučilišni prijediplomski studij Ekonomija i poslovna ekonomija

Naslov rada: Komisioniranje u logističko distribucijskim centrima maloprodavača

Mentor/mentorica rada: prof.dr.sc.Davor Dujak

U Osijeku, 26.kolovoza 2024. godine

Potpis



KOMISIONIRANJE U LOGISTIČKO DISTRIBUCIJSKIM CENTRIMA MALOPRODAVAČA

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje proces komisioniranja u logističko-distribucijskom centru maloprodavača. Svrha i cilj rada je analizirati i prikazati suvremene metode i tehnologije koje se koriste za optimizaciju procesa komisioniranja, s posebnim naglaskom na njihovu učinkovitost i primjenu u maloprodajnom lancu. Teorijska podloga rada temelji se na dosadašnjim istraživanjima u području logistike i upravljanja opskrbnim lancem. Metodologija rada uključuje analizu sekundarnih izvora podataka, kao što su znanstveni članci, knjige i izvješća iz prakse.

Rezultati istraživanja pokazuju da primjena naprednih tehnologija, poput sustava za upravljanje skladištem (WMS), glasovno vođenih sustava (*voice-picking*) i RFID tehnologije, značajno povećava učinkovitost i točnost komisioniranja. Također, implementacija automatiziranih sustava za skladištenje i preuzimanje (AS/RS) doprinosi smanjenju operativnih troškova i poboljšanju ukupne produktivnosti skladišta.

U raspravi se ističu prednosti provedenog istraživanja, poput poboljšanja operativne učinkovitosti i smanjenja grešaka, ali se također navode i određeni nedostaci, kao što su visoki početni troškovi implementacije tehnologija i potreba za kontinuiranim održavanjem. Zaključci rada sugeriraju da su moderni sustavi komisioniranja ključni za uspješno upravljanje distribucijskim centrima u maloprodaji, te da mogu značajno doprinijeti povećanju zadovoljstva kupaca i konkurentnosti na tržištu. Rad može biti koristan stručnjacima u području logistike, menadžerima opskrbnog lanca i akademskoj zajednici zainteresiranoj za optimizaciju skladišnih operacija.

Ključne riječi: komisioniranje, logistika, distribucijski centar

WAREHOUSE PICKING IN RETAILER'S LOGISTICS DISTRIBUTION CENTERS

ABSTRACT

This paper explores the order picking process in logistics distribution centers of retailers. The purpose and goal of the study are to analyze and present contemporary methods and technologies used to optimize the order picking process, with a special emphasis on their efficiency and application in the retail chain. The theoretical framework is based on recent research in logistics and supply chain management. The methodology includes the analysis of secondary data sources, such as scientific articles, books, and industry reports.

The results of the research show that the application of advanced technologies, such as Warehouse Management Systems (WMS), voice-picking systems, and RFID technology, significantly increases the efficiency and accuracy of order picking. Additionally, the implementation of Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS) contributes to the reduction of operational costs and improvement of overall productivity.

The discussion highlights the advantages of the conducted research, such as improved operational efficiency and reduced errors, while also noting certain drawbacks, such as high initial implementation costs and the need for continuous maintenance. The conclusions suggest that modern order picking systems are crucial for successful management of distribution centers in retail, and can significantly contribute to increased customer satisfaction and market competitiveness. This paper can be useful to logistics professionals, supply chain managers, and the academic community interested in optimizing warehouse operations.

Keywords: commissioning, logistics, distribution center

SADRŽAJ

Popis kratica	1
1. Uvod	2
2. Metodologija rada.....	3
3. Suvremeno skladišno komisioniranje	5
3.1. Skladište i skladišno poslovanje	5
3.2. Skladišni procesi	6
3.3. Vrste komisioniranja	7
3.4. Metode komisioniranja	11
3.5. Tehnologije komisioniranja	13
3.6. KPI u komisioniranju.....	16
4. Komisioniranje u LDC-u Konzum d.d.	19
4.1. Konzum d.d. - poslovanje i organizacija.....	19
4.2. Procesi rada.....	22
4.3. Sustavi rada.....	24
4.4. Alati i tehnologije u skladištu	26
4.5. Layout skladišta.....	27
5. Rasprava.....	32
6. Zaključak.....	34
Literatura	35
Popis slika i tablica	39

Popis kratica

AS/RS (*Automated Storage and Retrieval System*)

AVG (*Automated Guided Vehicles*)

EDI (*Electronic Data Interchange*)

ERP (*Enterprise Resource Planning*)

FIFO (*First In, First Out*)

GPS (*Global Positioning System*)

IoT (*Internet of Things*)

KPI (*Key Performance Indicators*)

LDC (*Logističko distributivni centar*)

LIFO (*Last In, First Out*)

PPXD (*Pre-packed Cross Docking*)

RFID (*Radio Frequency Identification*)

RF terminal (*Radio Frequency Terminal*)

RMFS (*Robotics Mobile Fulfillment Systems*)

RS (*Radio Shuttle*)

S/RS (*Person-on-board*)

SKU (*Stock Keeping Units*)

TBL (*Triple Bottom Line*)

TMS (*Transfer Matching System*)

WMS (*Warehouse Management System*)

ZR (*Zona raspodjele*)

1. Uvod

Tema ovog rada je komisioniranje u logističko-distribucijskom centru maloprodavača. S obzirom na sve veću važnost upravljanja skladišnim operacijama u suvremenom poslovanju, cilj ovoga rada je analizirati i prikazati suvremene metode i tehnologije koje se koriste za optimizaciju procesa komisioniranja. Svrha rada je naglasiti ključne prednosti i izazove povezane s primjenom suvremenih tehnologija te procijeniti njihov utjecaj na učinkovitost i točnost skladišnih operacija.

Struktura rada podijeljena je na nekoliko glavnih poglavlja. U teorijskom okviru razmatraju se osnovni pojmovi vezani uz skladišno poslovanje i komisioniranje, uključujući vrste i metode komisioniranja te tehnologije koje se koriste u tom procesu. Rad se bavi i metodologijom istraživanja, u kojoj se koriste sekundarni izvori podataka kao što su znanstveni članci i izvještaji, kao i primarno istraživanje provedeno u logističko-distribucijskom centru (LDC) "Konzum" u Zagrebu.

Praktični dio rada prikazuje rezultate istraživanja s posebnim naglaskom na implementaciju tehnologija komisioniranja u LDC "Konzum". Ovdje se detaljno analizira proces komisioniranja, uključujući sudionike i faze tog procesa, te se procjenjuje koliko implementirane tehnologije doprinose optimizaciji operacija.

Nakon praktičnog dijela, rezultati se raspravljaju u kontekstu postojećih istraživanja, s posebnim osvrtom na prednosti i nedostatke primjene naprednih sustava u komisioniranju.

Istraživanje u ovom radu je opravdano zbog značajnog utjecaja tehnologija komisioniranja na operativnu učinkovitost i konkurentnost maloprodajnih lanaca. Dosadašnja istraživanja ukazuju na brojne prednosti primjene naprednih sustava za upravljanje skladištem, glasovno vođenih sustava (engl. *voice-picking*), RFID tehnologije te automatiziranih sustava za skladištenje i preuzimanje. Prema navedenom, još uvijek postoji potreba za dubljim razumijevanjem kako ove tehnologije utječu na operativne troškove i ukupnu produktivnost, što ovaj rad nastoji istražiti.

Uz sve navedeno, cilj je doprinijeti boljem razumijevanju suvremenih skladišnih tehnologija i njihovoj ulozi u optimizaciji logističkih operacija, što je ključno za uspješno upravljanje distribucijskim centrima u maloprodaji.

2. Metodologija rada

Predmet istraživanja

Predmet istraživanja su suvremene metode i tehnologije komisioniranja u logističko-distribucijskom centru maloprodavača. Istraživanje se temelji na logističko-distribucijski centar maloprodajnog lanaca u Hrvatskoj. Izvori podataka uključuju sekundarne izvore podataka, kao što su znanstveni članci, knjige i izvještaji dostupni putem baza kao što su Google Znalac, Hrčak, Wiley Online Library, Science Direct, Emerald Insight, Web of Science, Scopus, MDPI, i SpringerLink. Također, provedeno je primarno istraživanje posjetom Konzumovom logističko-distribucijskom centru (LDC) u Zagrebu.

Ciljevi istraživanja i istraživačka pitanja

Ciljevi ovog rada uključuju:

1. Sistematizirati literaturu o komisioniranju robe skladištu maloprodavača
2. Prikazati moguće načine komisioniranja kod maloprodavača
3. Objasniti pojam komisioniranja
4. Analizirati proces komisioniranja robe u LDC „Konzum“ Zagreb

U skladu sa navedenim ciljevima, istraživačka pitanja glase:

1. Koje su faze komisioniranja robe u LDC-u „Konzum“?
2. Tko sve sudjeluje u procesu komisioniranja u LDC-u „Konzum“ Zagreb?
3. Kolika je važnost optimizacije skladišnih operacija kako bi se povećala ukupna učinkovitost lanca opskrbe?

Metode istraživanja

Metode i tehnike korištene u ovom istraživanju uključuju analizu i sintezu dostupne literature i podataka za pregled i analizu postojećih znanja. Komparativna analiza koristi se za usporedbu učinkovitosti različitih tehnologija komisioniranja, dok deskriptivna statistika omogućuje prikaz ključnih podataka o učinkovitosti i točnosti tehnologija. Provedeni su intervjui s radnicima i direktorima u Konzumovom LDC-u u Zagrebu, a osobno su posjećena skladišta

kako bi se moglo napisati ovaj rad uz neposredan rad sa zaposlenicima skladišta i uočavanje primjene tehnologija uživo.

Istraživanje se temelji na primarnim opažanjima koje su dobivene prikupljanjem podataka o načinu komisioniranja u LDC „Konzum“ u Zagrebu, sekundarnim izvorima podataka i intervjuima provedenim u Konzumovom LDC-u.

Za izradu ovog završnog rada korištene su metode analize i sinteze literature, komparativna analiza, deskriptivna statistika te primarno istraživanje. Analiza i sinteza literature omogućuju sveobuhvatan pregled postojećih znanja i uvida u suvremene prakse komisioniranja. Komparativna analiza koristi se za usporedbu različitih tehnologija komisioniranja, dok deskriptivna statistika omogućuje kvantitativni prikaz rezultata istraživanja.

Primarno istraživanje uključivalo je osobni posjet Konzumovom logističko-distribucijskom centru u Zagrebu, gdje su intervjuirani direktori. Ovi intervjui i opažanja pružili su dublji uvid u praktičnu primjenu i izazove suvremenih metoda komisioniranja.

Podaci korišteni u ovom radu preuzeti su iz sekundarnih izvora kao što su znanstveni članci, knjige i izvještaji. Ovi podaci pružaju uvid u suvremene tehnologije komisioniranja i njihovu primjenu u logističko-distribucijskim centrima.

Dosadašnja istraživanja ukazuju na značajnu ulogu naprednih tehnologija u optimizaciji skladišnih operacija te ukazuju da primjena sustava za upravljanje skladištem, glasovno vođenih sustava i RFID tehnologije značajno povećava učinkovitost i točnost komisioniranja.

3. Suvremeno skladišno komisioniranje

3.1. Skladište i skladišno poslovanje

Pojam skladište u poslovnom smislu označava zgrade ili prostore namijenjene za čuvanje robe i proizvoda. Skladišta omogućuju učinkovito upravljanje zalihama kako bi svaki proizvod bio dostupan na pravom mjestu i u pravo vrijeme. Skladište ima ulogu posrednika između proizvodnih pogona i krajnjih korisnika, omogućujući nesmetano odvijanje logističkih procesa. Alqahtani (2022) smatra da su skladišta više od same logističke funkcije, jer se njihova vrijednost očituje u sposobnosti djelovanja kao amortizera za nepredviđene situacije u opskrbnom lancu. Na primjer, u slučaju elementarnih nepogoda, političkih nemira ili drugih nepredvidivih situacija, skladišta s dovoljnom količinom zaliha mogu osigurati kontinuitet poslovanja i spriječiti nestašice na tržištu. Nadalje, napretkom tehnologije i implementacijom npr. internet stvari, moderna skladišta postaju pametna skladišta. Prema Shafiqu i suradnicima (2022) pojam internet stvari (engl. *Internet of Things*) označava povezivanje fizičkih uređaja putem interneta i mrežnu infrastrukturu u kojoj fizičke i virtualne "stvari" svih vrsta razmjenjuju podatke i nevidljivo su integrirane. Uvođenjem naprednih tehnologija, skladišta postaju proaktivni sudionici u radu opskrbnog lanca. Time se ne samo povećava njihova operativna učinkovitost, već se stvara i dodatna vrijednost kroz inovacije koje mogu redefinirati cijeli sektor logistike i distribucije. Prednost se očituje i u geografskoj poziciji skladišta. Smanjenje udaljenosti između skladišta i ključnih tržišta može rezultirati znatnim financijskim uštedama te bržom isporukom robe. Skladišni objekti se razlikuju po veličini, rasporedu i vrsti robe koju čuvaju. Alqahtani (2022) navodi da postoje specijalizirana skladišta za određene industrije, poput rashladnih skladišta za lako pokvarljive proizvode, ili pak ona koja zahtijevaju posebne uvjete kako bi se osigurala kvaliteta i sigurnost robe. Dizajn svakog skladišta mora biti prilagođen specifičnim potrebama proizvoda koje će skladištiti, uzimajući u obzir metode rukovanja kako bi se osigurala maksimalna učinkovitost i sigurnost. Raznolikost i prilagodljivost skladišnih objekata otvaraju mogućnosti za inovacije i unapređenja u logističkom sektoru. Primjerice, skladišta dizajnirana za specifične vrste proizvoda mogu implementirati tehnologije poput senzora za praćenje temperature i vlažnosti u stvarnom vremenu ili solarnim panelima i sustavima za reciklažu vode, čime se smanjuje njihov ekološki utjecaj. U okviru sigurnosti, dizajn skladišta treba uključivati napredne sigurnosne sustave kako bi se spriječile nezgode i osigurala sigurnost zaposlenika. Uvođenje ergonomske radne stanice

i opreme za rukovanje teretom može značajno smanjiti rizik od ozljeda, što ne samo da unapređuje radne uvjete, već i stvara psihološku prednost, odnosno povećava produktivnost. Integracijom modernih tehnologija poput sustava za automatizirano praćenje zaliha pomoću RFID tehnologije (*Radio-frequency identification*) koja koristi radio frekvenciju za razmjenu informacija između prijenosnih uređaja i *host* računala (uređaja povezanog na mrežu) mogu se drastično smanjiti pogreške u vođenju zaliha i omogućiti praćenje stanja zaliha u stvarnom vremenu. RFID sustav obično se sastoji od 'etikete koja sadrži podatke, antene koja komunicira s tagovima te kontrolera koji upravlja i nadzire komunikaciju između antene i računala. Skladišta bi trebala biti dizajnirana tako da omogućuju fleksibilnost u rukovanju različitim vrstama proizvoda. Na primjer, skladišta koja se bave brzo rotirajućom robom trebala bi imati puteve i raspored koji omogućuju brzu i laku dostupnost proizvoda, dok skladišta za dugoročno skladištenje mogu imati drukčiji raspored usmjeren na maksimiziranje skladišnog kapaciteta. Održavanje čistoće skladišta, što je tema o kojoj se često ne raspravlja dovoljno, ključno je za sprječavanje oštećenja robe i nesreća te omogućuje učinkovit pristup robi.

3.2. Skladišni procesi

Skladišne operacije obuhvaćaju niz ključnih aktivnosti, uključujući prijem, skladištenje, komisioniranje i otpremu robe. Svaka navedena aktivnost zahtijeva pažljivo planiranje i izvršenje kako bi se osigurala maksimalna učinkovitost. Kembro i Norrman (2022) smatraju da bi za postizanje maksimalne optimizacije svaka aktivnost trebala biti integrirana s naprednim tehnologijama, primjerice korištenjem automatiziranih sustava za prijem robe, poput transportnih traka s ugrađenim skenerima za bar kodove.

Prema mišljenju Alqahtanija (2022), „prijem materijala nije samo rutinska operacija, već temelj za sve daljnje skladišne aktivnosti." Proces prijema usmjeren je na prihvatanje materijala koji ulaze u skladište, te je usredotočen na provjeru, inspekciju ispravnosti i količine primljene robe. Započinje provjerom i evidencijom svih ulaznih dokumenata (otpremnice, fakture, potvrde o isporuci) kako bi se verificirala količina i vrste robe. Skladištari pregledavaju, dokumentiraju i pravilno pohranjuju robu, unoseći sve podatke u informacijski sustav skladišta. Klasifikacija robe prema vrsti, veličini, težini i osjetljivosti omogućava optimalnu raspodjelu skladišnog prostora. Roba s velikim obrtajem smješta se na lako dostupne lokacije, dok se roba s manjim obrtajem stavlja na manje dostupne. Transport do skladišnih lokacija odvija se pomoću viljuškara, transportnih traka ili ručnih kolica. Svaka pogreška u prijemu, poput netočne

kvantifikacije može dovesti do problema u kasnijim fazama skladištenja i distribucije, uključujući nestašice zaliha, ili pogreške u isporuci, zbog čega se povećavaju operativni troškovi.

Kako navodi Alqahtani (2022), komisioniranje je proces u skladištu koji čini otprilike 55% ukupnih operativnih troškova. Postoji nekoliko vrsta komisioniranja, kao što su zonsko, valno i grupno komisioniranje, koje su detaljnije objašnjene u poglavlju 3.3. pod naslovom "Vrste komisioniranja". Komisioniranje predstavlja srž skladišnih operacija, izravno utječući na brzinu i točnost isporuke. Stoga, optimizacija ovog procesa nije samo pitanje smanjenja troškova, već i poboljšanja cjelokupnog korisničkog iskustva. Automatizacija procesa komisioniranja pomoću robota i autonomnih vozila smanjuje vrijeme prikupljanja artikala, povećava točnost narudžbi, smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom i minimizira rizik od pogrešaka.

Proces otpreme obuhvaća pažljivo utovarivanje robe na kamione za isporuku, pri čemu se pomno provjerava točnost svake narudžbe te vodi precizna dokumentacija isporuke. Vrijeme potrebno za otpremu izravno utječe na ukupnu učinkovitost skladišta, što znači da učinkovita otprema smanjuje vrijeme čekanja kamiona i poboljšava brzinu isporuke. Korištenje naprednih tehnologija, poput radijskog šatla (eng. *Radio Shuttle*) kao poluautomatiziranog sustava za pohranu i dohvat koji koristi radijski kontrolirane jedinice za kretanje robe u skladištu, može transformirati proces otpreme, omogućujući brži i učinkovitiji utovar kamiona.

3.3. Vrste komisioniranja

U skladištima se primjenjuju različite metode komisioniranja; neke od najpoznatijih i najpopularnijih uključuju komisioniranje po narudžbi, grupno komisioniranje, zonalno komisioniranje i valno komisioniranje.

Proces komisioniranja po narudžbi uključuje skupljanje artikala iz skladišta prema specifičnim zahtjevima kupca. Ovaj proces može biti jednodimenzionalan, dvodimenzionalan ili trodimenzionalan, ovisno o složenosti sustava. Ge, D. i sur. (2019) smatraju da je komisioniranje po narudžbi najduži proces među svim skladišnim procesima, što čini oko 70% operativnog vremena. U modernom skladištu, komisioniranje po narudžbi često uključuje integraciju tehnologija kao što su RFID i IoT kako bi se povećala preciznost i smanjilo vrijeme potrebno za ispunjavanje narudžbi. Kako navode Kmebro i Norrman (2022), proces

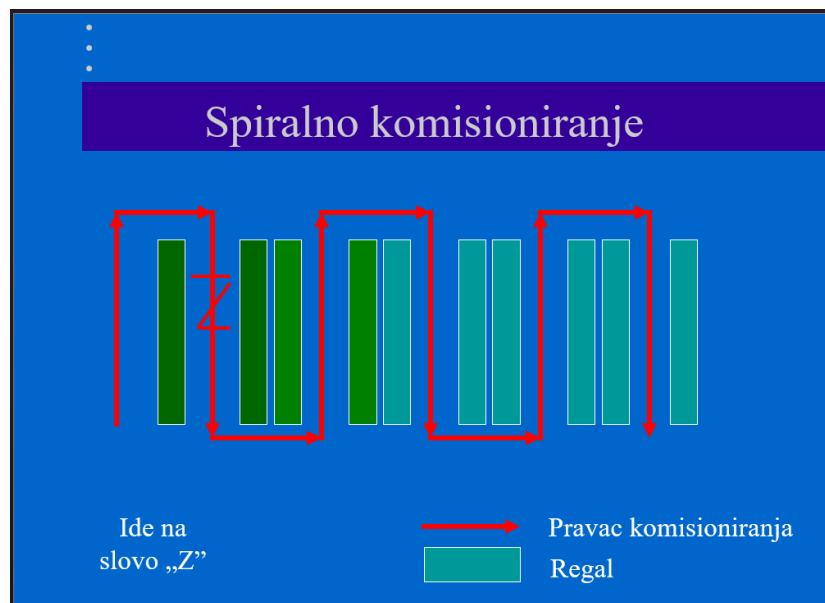
komisioniranja po narudžbi može se dodatno optimizirati primjenom algoritama za optimizaciju komisioniranja koji uzimaju u obzir čimbenike poput raspoloživosti zaliha, kapaciteta skladišta i vremena isporuke. S druge strane, Klump i Loske (2021) predlažu da se tradicionalni sustavi komisioniranja po narudžbi mogu unaprijediti primjenom automatiziranih sustava komisioniranja, koji koriste robotske ruke i automatizirane transportne trake za sakupljanje i pakiranje artikala.

Grupno komisioniranje, ili na eng. *batch picking*, odvija se kada se skup narudžbi prikuplja u jednom odlasku. Cilj ove metode je minimizirati ukupnu duljinu puta tijekom prikupljanja narudžbi, čime se smanjuju troškovi i povećava učinkovitost. Prema mišljenju Klumpa i Loskea (2021), grupno komisioniranje pogoduje skladištima s velikim volumenom narudžbi, pri čemu je prvi korak u tom procesu konsolidacija narudžbi u takozvane "serije". Zatim se artikli prikupljaju u zajednički kontejner ili kolica, često koristeći različite pregrade ili oznake za odvajanje artikala po narudžbama. Nakon prikupljanja svih artikala, artikli se sortiraju prema pojedinačnim narudžbama. Naravno, koriste se bar kod i RFID tehnologije. Grupno komisioniranje smanjuje broj odlazaka na iste lokacije u skladištu, što skraćuje vrijeme prikupljanja, a time donosi uštedu vremena, niže operativne troškove i povećanu produktivnost komisionara.

Zonsko komisioniranje odnosi se na vrstu komisioniranja u kojoj se skladište dijeli na područja, drugog naziva zona ili jedinica unutar skladišta, a svaki komisionar odgovoran je za nadležno područje. Klump i Loske (2021) smatraju da postoje dva glavna tipa zonskog komisioniranja, sekvencijalno i paralelno zoniranje. Sekvencijalno zoniranje se događa kada jedna ili više narudžbi prelaze kroz zone redom, dok se paralelno zoniranje događa kada narudžbe istovremeno prelaze kroz više zona. Sekvencijalno zoniranje je prikladnije za skladišta s manjim brojem narudžbi ili jednostavnijim operacijama, jer omogućuje sustavni pristup i smanjuje mogućnost pogrešaka, ali može povećati vrijeme potrebno za komisioniranje, posebno kod velikog broja narudžbi. Paralelno zoniranje je idealno za skladišta s velikim brojem narudžbi i složenim operacijama, jer omogućuje bržu obradu i fleksibilnost. Implementacija tzv. *zone picking-a*, bilo sekvencijalnog ili paralelnog, zahtijeva napredne sustave za upravljanje skladištem koji mogu koordinirati operacije i optimizirati rute komisioniranja. Da bi se postigla optimalna strategija, često se kombiniraju sekvencijalno i paralelno zoniranje, ovisno o specifičnim potrebama i kapacitetima skladišta. Na primjer, skladišta mogu koristiti sekvencijalno zoniranje za jednostavne i manje hitne narudžbe, dok

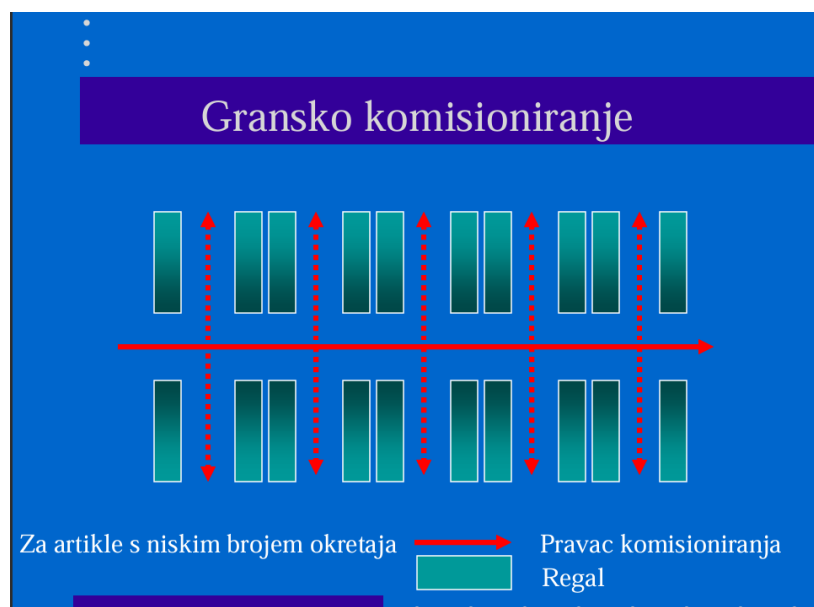
paralelno zoniranje može biti rezervirano za složenije i hitnije narudžbe. Hibridni pristup može osigurati fleksibilnost i maksimalnu učinkovitost u različitim operativnim scenarijima.

Spiralno komisioniranje je metoda u kojoj se kretanje radnika ili automatiziranih sustava za komisioniranje organizira u spiralnom uzorku unutar skladišta. Ova tehnika podrazumijeva započinjanje komisioniranja na jednoj točki, a zatim kretanje kroz skladište u spiralnoj putanji sve dok se ne dostigne krajnja točka ili dok se ne prikupi sva potrebna roba. Radnik može započeti na ulazu u skladište i slijediti unaprijed određenu spiralnu stazu koja ga vodi kroz različite redove i sekcije, sve do izlazne točke ili mjesta gdje se roba reorganizira za isporuku. Ova metoda minimizira vraćanje na već posjećena mjesta i smanjuje ukupnu udaljenost koju radnik mora prijeći. Učinkovita je u velikim skladištima s visokom gustoćom proizvoda, jer omogućuje radnicima da prikupe veliki broj različitih artikala u jednom prolasku kroz skladište. Slika 1. detaljno objašnjava metodu spiralnog komisioniranja koje se provodi u logističko-distribucijskom centru „Konzum“, prema uzorku slova 'Z', koristeći dijagram koji prikazuje regale u nijansama zelene boje te smjer kretanja označen crvenim strelicama koje formiraju oblik slova 'Z'. Na donjem dijelu slike, legenda precizno objašnjava korištene simbole: crvene strelice označavaju smjer komisioniranja, dok zeleni pravokutnici predstavljaju regale.



Slika 1. Spiralno komisioniranje, izvor: Konzum, Ozren Roca

Gransko komisioniranje podrazumijeva sakupljanje narudžbi pri kojem svaki komisionar preuzima odgovornost za određenu grupu artikala, obično prema lokaciji ili vrsti proizvoda, a sami komisionari postaju stručnjaci za određene kategorije proizvoda ili određene dijelove skladišta i manje skloni nesrećama jer se kreću unutar poznatih područja, čime se smanjuje rizik od sudara s drugim radnicima ili opremom. Klump i Loske (2021.) sugeriraju da je gransko komisioniranje moguće prilagoditi specifičnim zahtjevima različitih vrsta skladišta, uključujući ona koja upravljaju velikim brojem jedinstvenih identifikatora proizvoda (*eng. Stock Keeping Units*). SKU-ovi su jedinstveni identifikatori za svaki proizvod ili uslugu koji se mogu kupiti, što značajno olakšava praćenje i upravljanje zalihama u skladištu. Slika 2. prikazuje proces granskog komisioniranja u LDC-u Konzum. Na slici su regali prikazani u zelenim nijansama. Smjerovi kretanja komisionara označeni su crvenim strelicama. Crvene strelice sugeriraju da je kretanje učinkovito organizirano u horizontalnim linijama. Ovaj raspored ukazuje na sistematizirani pristup pri komisioniranju artikala s koji se sporije prodaju. Na dnu slike, legenda dodatno pojašnjava simbole upotrijebljene na dijagramu. Ova metoda omogućava organizirano i brzo lociranje artikala unutar skladišta, a time se optimizira vrijeme i smanjuju troškovi operacija.



Slika 2. Gransko komisioniranje, izvor: Konzum, Ozren Roca

Alqahtani (2022) kao primjer automatiziranog komisioniranja navodi skladišne sustave poput automatiziranih sustava za pohranu i pronalaženje (eng. *Automated Storage and Retrieval Systems*) i robotske mobilne sustave za isporuku (eng. *Robotic Mobile Fulfilment System*). AS/RS predstavljaju automatizirane sustave za pohranu i dohvat koji koriste računala za automatsko pohranjivanje i dohvaćanje proizvoda s određenih lokacija u skladištu, čime se povećava učinkovitost i smanjuje potreba za ručnim radom. RMFS su sustavi ispunjavanja narudžbi koji koriste mobilne robote za prijevoz robe unutar skladišta, što smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom i povećava brzinu ispunjavanja narudžbi. AS/RS sustavi, uključujući varijante poput autonomni sustav za pohranu i dohvaćanje temeljen na vozilu (engl. *Autonomous Vehicle-Based Storage and Retrieval System*) i sustav za pohranu i dohvaćanje temeljen na šatlu (engl. *Shuttle-based Storage and Retrieval System*), omogućuju učinkovito skladištenje i preuzimanje artikala kroz automatizirane procese, smanjujući troškove rada i povećavajući produktivnost korištenjem tehnologija kao što su pomični regali i *shuttle* vozila. Automatizirani sustavi za komisioniranje često koriste *parts-to-picker* metodu, gdje jedinice s proizvodima dolaze do komisionara pomoću automatiziranih uređaja za skladištenje i preuzimanje. Razvoj pametnih skladišta uključuje transformaciju tradicionalnih manualnih operacija u automatizirane sustave. Prema mišljenju Klumpa i Loskea (2021) transformacija se provodi sve više i više zbog rastuće konkurencije i potreba za kraćim vremenima isporuke, visokom dostupnošću proizvoda i različitim opcijama isporuke i povrata. Automatizirano komisioniranje predstavlja revoluciju jer omogućuje skladištima da odgovore na promjenjive zahtjeve tržišta i povećaju učinkovitost operacija. Robotski sustavi mogu raditi kontinuirano, bez potrebe za pauzama, što znatno povećava kapacitet obrade narudžbi, a roboti mogu preuzeti opasne ili fizički zahtjevne zadatke, smanjujući rizik od ozljeda radnika. Kako se tržišni uvjeti mijenjaju, skladišta moraju biti spremna prilagoditi svoje procese i tehnologije kako bi ostala konkurentna. Uvođenje novih tehnologija također zahtijeva stalnu edukaciju i obuku zaposlenika kako bi se zadržala maksimalna učinkovitost i sigurnost.

3.4. Metode komisioniranja

Shetty i sur. (2020) smatraju da se metode komisioniranja mogu kategorizirati na različite načine, ovisno o metodama koje se koriste za organizaciju i sekvenciranje narudžbi. Postoje različiti stupnjevi automatizacije u raznim metodama komisioniranja. Različiti sustavi

komisioniranja uključuju: komisioniranje u kojem čovjek ide prema robi (engl. *picker-to-part*), komisioniranje u kojem roba dolazi čovjeku (engl. *part-to-picker*) te put sustavi. Primarna razlika između metode čovjek-prema-robi i metode roba-prema-čovjeku jest u tome što u prvom slučaju komisionar kreće od lokacije do lokacije odabirući robu, dok u drugom slučaju komisionar ostaje na jednoj lokaciji, a predmeti dolaze njemu. Važan faktor koji utječe na metodu komisioniranja je raspored i zoniranje skladišta. Predmeti se mogu zonirati ako imaju posebne zahtjeve za skladištenje, kao što su temperatura, vlažnost, veličina, težina itd. Shetty i sur. (2020) smatraju da odabir metode komisioniranja u velikoj mjeri ovisi o specifičnim potrebama skladišta i karakteristikama proizvoda. S druge strane, ručni sustavi komisioniranja, iako zahtijevaju više radne snage, omogućuju veću fleksibilnost i prilagodljivost u radu.

Sustavi komisioniranja čovjek robi najčešća je metoda komisioniranja. U tim sustavima, komisionar se kreće od lokacije do lokacije, odabirući predmete sa skladišnih polica i stavljajući ih u košaru ili kolica kako bi ispunio narudžbu. Glavna prednost sustava komisioniranja čovjek robi je fleksibilnost, budući da komisionari mogu brzo reagirati na promjene u narudžbama i prioritetima, a nedostatak je što može biti fizički zahtjevno i vremenski intenzivno. Implementacija tehnologija poput nosivih tehnologija i sustava proširene stvarnosti (engl. *Augmented Reality*) proširuje fizički prostor integriranjem digitalnih informacija putem uređaja kao što su pametni telefoni ili AR naočale, čime se unaprjeđuje korisničko iskustvo i olakšava vizualizacija podataka. Primjerice, AR naočale mogu prikazivati optimalne rute kroz skladište i pružati upute u stvarnom vremenu, čime se smanjuje vrijeme potrebno za pronalaženje artikala i povećava se preciznost. Nosive tehnologije također mogu pratiti fizičku kondiciju radnika i pomoći u prevenciji ozljeda kroz analizu pokreta i fizičkog opterećenja. Sustavi komisioniranja roba čovjeku uključuju automatizirane sustave za pohranu i dohvatanje koji preuzimaju terete sa svojih lokacija i donose ih do mjesta gdje komisionar ostaje stacioniran. Prema Shettyju i sur. (2020), prednost sustava komisioniranja je u smanjenju potrebe za fizičkim kretanjem komisionara po skladištu, što ga čini posebno učinkovitim u skladištima s velikim volumenom narudžbi. Smanjenje fizičkog napora radnika i povećanje učinkovitosti komisioniranja ključni su faktori koji pozitivno utječu na produktivnost i radne uvjete. Automatizirani sustavi dijela do komisionara omogućuju skladištima da optimiziraju prostor i povećaju kapacitet skladištenja. Korištenje vertikalnog prostora i automatiziranih sustava za pohranu može povećati kapacitet skladišta bez potrebe za fizičkim proširenjem, a to je posebno važno u urbanim područjima gdje je prostor ograničen i skup.

3.5. Tehnologije komisioniranja

Tehnologija omogućuje značajno poboljšanje vidljivosti i transparentnosti logističkih aktivnosti zahvaljujući primjeni interneta stvari i uređaja za praćenje kao što su globalni pozicijski sustav (engl. *Global Positioning System*), koji je satelitski navigacijski sustav koji omogućuje određivanje točne lokacije korisnika na Zemlji. Time se poboljšava navigacija i praćenje vozila i robe, dok Bluetooth i RFID tehnologije također doprinose poboljšanju tih procesa. Kombinacija omogućuje sveobuhvatan pregled svih logističkih operacija u stvarnom vremenu, što je ključno za pravovremeno donošenje odluka i smanjenje operativnih grešaka. Dok GPS ima visoku točnost za vanjsko praćenje, RFID omogućuje visoku točnost unutar skladišta, ali zahtijeva opsežnu infrastrukturu. Perotti i sur. (2022) navode da implementacija Logistics 4.0 donosi brojne prednosti u logistici, uključujući bolju vidljivost i praćenje, poboljšanu efikasnost i smanjenje grešaka. IoT tehnologija omogućava povezivanje uređaja, čime se značajno poboljšavaju mogućnosti dijeljenja podataka u skladištima. U posljednjem desetljeću, proizvodni sektor je doživio značajne promjene potaknute brigom za održivost, a te promjene su dovele do pojave Industrije 4.0, koja centralizirane sustave kontrole zamjenjuje decentraliziranim donošenjem odluka koje omogućuje brže i prilagodljivije reakcije na promjene u tržišnim uvjetima, smanjujući potrošnju resursa i u konačnici emisiju štetnih tvari. U okviru Industrije 4.0, objekti kao što su strojevi, proizvodi ili narudžbe autonomno se kontroliraju i vertikalno integriraju u informacijske sustave tvrtke. Generalno, automatizacija i digitalizacija procesa omogućuju optimizaciju resursa, smanjenje potreba za ljudskom radnom snagom i minimizira greške uzrokovanih ljudskim faktorom. Troškovi instalacije RFID sustava i potrebne infrastrukture mogu biti visoki, ali dugoročne koristi u vidu povećane učinkovitosti i smanjenja operativnih troškova opravdavaju ova ulaganja.

WMS uključuje upravljanje skladištem, kontrolu opreme i optimizaciju procesa, slično kao što ERP radi za cjelokupno poslovanje. Planiranje resursa poduzeća (engl. *Enterprise resource planning*) označava integrirano upravljanje ključnim poslovnim procesima u stvarnom vremenu putem softverskih i tehnoloških rješenja. ERP sustavi obuhvaćaju niz integriranih aplikacija koje omogućuju prikupljanje, pohranu, upravljanje i tumačenje podataka iz različitih poslovnih aktivnosti, a mogu biti implementirani lokalno ili u *cloud*-u. Minashkina i Happonen (2023) predlažu integraciju WMS-a s drugim sustavima kako bi se podržali naponi održivosti u skladištima. WMS je sposoban uočiti i eliminirati neučinkovitosti, smanjujući time otpad i nepotrebnu potrošnju resursa, na primjer, optimizacija rasporeda skladišnih prostora i ruta

komisioniranja može značajno smanjiti vrijeme i energiju potrebnu za obradu narudžbi. Implementacija WMS-a značajno poboljšava konkurentnost skladišta omogućavajući brže i točnije isporuke, povećavajući zadovoljstvo kupaca, dok smanjenje operativnih troškova omogućava skladištima da kupcima ponude konkurentnije cijene.

Voice picking tehnologija integrirana s WMS-om koristi glasovne naredbe za vođenje radnika kroz proces prikupljanja narudžbi i smanjuje potrebu za ručnim unosom podataka i omogućava radnicima da se fokusiraju na fizičke zadatke, povećavajući produktivnost i točnost. Radnici su kroz slušalice vođeni glasovnim uputama kroz svaki korak procesa, a i ruke su im slobodnije. Shetty i sur. (2020) smatraju da prilagodbe različitim jezicima i naglascima ovu tehnologiju čini izuzetno fleksibilnom i pogodnom za globalne tvrtke koje posluju u različitim regijama i zemljama. Radnici zbog toga ne moraju stalno gledati u ekrane ili unositi podatke ručno, te se mogu usredotočiti na fizičke zadatke i slijediti glasovne upute. Integracija *voice picking* tehnologije s drugim tehnologijama, npr. RFID, može pružiti točne informacije o lokaciji artikala, dok glasovne naredbe vode radnike do tih lokacija, čime se smanjuje vrijeme traženja i povećava točnost komisioniranja. Iz perspektive održivosti, *voice picking* tehnologija može također doprinijeti smanjenju potrošnje papira i drugih resursa, jer eliminira potrebu za tiskanim uputama i ručnim zapisima.

Minashkina i Happonen (2023) smatraju da RFID tehnologija pomaže u lokalizaciji objekata unutar skladišta s visokim stupnjem preciznosti, dok se GPS, koji na prvi pogled djeluje prikladno, ipak ne može koristiti za unutarnje praćenje. Unatoč ovim prednostima, RFID tehnologija može imati ograničenja u velikim vanjskim aplikacijama zbog potrebne infrastrukture. Primjena RFID tehnologije u kombinaciji s automatski vođenim vozilima (engl. *Automated Guided Vehicles*) omogućava vozilima da se autonomno kreću po skladištu ili proizvodnom pogonu prema unaprijed definiranim rutama i zadacima, smanjujući potrebu za ručnim upravljanjem te povećavajući učinkovitost operacija. Ovi roboti se najčešće koriste za transport teških tereta unutar velikih industrijskih objekata, kao što su tvornice ili skladišta. RFID označeni predmeti mogu određivati put AGV-a u stvarnom vremenu. Korištenje kibernetičko-fizičkih sustava (engl. *Cyber-Physical Systems*), koji su integrirani sustavi povezivanja računalnih, kibernetičkih sustava s fizičkim procesima, omogućuje naprednu automatizaciju i kontrolu različitih industrijskih procesa, spajajući virtualne i fizičke svjetove putem pametnih objekata. CPS također omogućuje poboljšan nadzor skladišnih operacija, pružajući menadžerima dragocjene podatke za optimizaciju procesa. Praćenje proizvoda u

stvarnom vremenu omogućuje točne i pravovremene isporuke, smanjujući kašnjenja i povećavajući povjerenje kupaca. *Blockchain* tehnologija omogućuje transparentnost i nepovredivost podataka, što dodatno jača povjerenje i lojalnost kupaca. Radi se o distribuiranoj digitalnoj knjizi koja pohranjuje podatke na siguran i decentraliziran način, pri čemu su sve transakcije organizirane u kriptografski zaštićene blokove. Transparentnost se postiže jer su sve transakcije vidljive svim sudionicima mreže, smanjujući potrebu za posrednicima i povećavajući sigurnost. Kupci imaju povjerenje u autentičnost proizvoda i usluga, što rezultira bržim i sigurnijim transakcijama bez potrebe za posrednicima.

Automatizirana vođena vozila opremljena RFID tehnologijom mogu samostalno određivati rutu u stvarnom vremenu. Ova kombinacija omogućava dinamično upravljanje skladišnim operacijama, povećavajući fleksibilnost i smanjujući potrebu za ljudskim radom. Na primjer, Mehani i sur. (2018) kombiniraju AGV s RFID tehnologijom kako bi omogućili predmetima označenim RFID-om da određuju putanju AGV-a tijekom rada. Lourenco i sur. (2017) prototipirali su autonomnog mobilnog robota koji može prevoziti robu iz proizvodnih supermarketa do montažnih stanica izbjegavajući prepreke. Opremanje postojećih AGV-ova pametnim tehnologijama omogućava bolje upravljanje resursima i smanjenje troškova povezanih s procesima. AGV-ovi, kao ključni dio Logistike 4.0, integrirani s tehnologijama poput IoT-a i RFID-a, nude poboljšanu vidljivost i transparentnost skladišnih operacija. Prema mišljenju Shetty N. i dr „primjena AGV-ova u Logistici 4.0 uključuje dodavanje pametnih značajki koje omogućuju autonomno donošenje odluka i prilagođavanje operativnim promjenama u stvarnom vremenu.“

AS/RS sustavi koriste se za automatizirano premještanje, pohranu i dohvat proizvoda, smanjujući vrijeme ciklusa i povećavajući točnost inventara. Ovi sustavi također mogu biti integrirani s WMS-om za optimalno upravljanje prostorom i resursima skladišta. Perotti i dr. (2022) smatraju da primjena AS/RS tehnologija u skladištima smanjuje potrebu za ručnim radom i značajno povećava kapacitet pohrane, a rizici povezani s ručnim rukovanjem teškim teretima. Integracija AS/RS sustava s ostalim tehnološkim rješenjima, poput RFID-a i AGV-a, omogućuje stvaranje potpuno automatiziranih i inteligentnih skladišta, čime se prati inventar, optimizira skladišni prostor i učinkovito upravlja logističkim procesima. Implementacija AS/RS sustava ključna je za postizanje visoke razine automatizacije i optimizacije u skladišnim operacijama. Uz AS/RS sustave moguće je iskoristiti vertikalne prostore, čime skladišta mogu smjestiti više proizvoda bez potrebe za širenjem prostora.

Prema Vazquez-Noguerol i dr. (2021) PPD_X (engl. *Pre-packed Cross Docking*) je takav sustav koji predstavlja standardizirani proces za prikupljanje, obradu i razmjenu podataka vezanih za proizvodne procese i performanse, što omogućuje bolje upravljanje i optimizaciju proizvodnih operacija. Omogućava integraciju različitih podataka iz više izvora kako bi se optimizirali logistički procesi i smanjili operativni troškovi, a integracija PPD_X-a s postojećim logističkim mrežama ujedino znači precizno praćenje i upravljanje zalihama u stvarnom vremenu, sve to u stvarnom vremenu. Primjena PPD_X tehnologije omogućuje tvrtkama da brže odgovore na promjenjive zahtjeve tržišta i prilagode svoje logističke procese u stvarnom vremenu. U dinamičnom poslovnom okruženju, tvrtke moraju biti sposobne brzo reagirati na promjene u potražnji i optimizirati svoje procese kako bi ostale konkurentne.

3.6. KPI u komisioniranju

KPI (engl. *Key Performance Indicators*), ili na hrvatskom ključni pokazatelji uspješnosti, predstavljaju mjerljive vrijednosti koje se koriste za praćenje i ocjenu učinkovitosti različitih aspekata poslovnih procesa. U komisioniranju je ključni alati za mjerenje i analizu performansi te upravljanje i optimizaciju skladišnih operacija.

Identificiranje i evaluacija ključnih pokazatelja uspješnosti za automatska skladišta predstavlja osnovu za optimizaciju skladišnih operacija. Korištenjem strukturiranog pristupa koji uključuje i objektivne i subjektivne varijable, menadžeri skladišta mogu dobiti sveobuhvatan pregled performansi i učinkovitije alocirati resurse. Objektivne varijable temeljene su na učestalosti u znanstvenim radovima, a subjektivne, kao što su kvalitativne procjene jednostavnosti upotrebe i povratne informacije od zaposlenika pružaju uvid u operativne izazove i mogućnosti poboljšanja koje možda nisu vidljive kroz objektivne varijable. Prema mišljenju Faveta i suradnika (2023), uključivanjem zaposlenika u proces evaluacije, organizacije mogu potaknuti kulturu kontinuiranog unaprjeđenja te povećati angažman zaposlenika.

Trostruka donja linija (engl. *triple bottom line*) je okvir koji procjenjuje proces iz perspektive socijalnog, ekološkog i ekonomskog aspekta. Prema ovoj teoriji, organizacija bi trebala moći održavati svoje aktivnosti tijekom vremena uz očuvanje okoliša i društva stvarajući profit. Primjena TBL okvira za procjenu KPI-a osigurava da se uzmu u obzir socijalni, ekološki i ekonomski aspekti održivosti. Ovo je posebno važno u današnjem poslovnom okruženju gdje

održivost postaje sve važnija za dugoročni uspjeh organizacija. Prema van de Venu, i suradnicima (2023), korištenjem TBL pristupa, tvrtke mogu osigurati da njihovi poslovni procesi ne samo stvaraju profit, već i poštuju okolišne i društvene norme.

Ključni pokazatelji uspješnosti u komisioniranju uključuju također točnost, vrijeme ciklusa, produktivnost, trošak komisioniranja, stopu povrata te iskorištenost skladišnog prostora. Prema Staudtu i sur slijede jednadžbe kojima se dobivaju rezultati navedenih pokazatelja za uspješno komisioniranje.

$$TOČNOST = \frac{\text{BROJ TOČNO PRIKUPLJENIH NARUDŽBI}}{\text{UKUPAN BROJ PRIKUPLJENIH NARUDŽBI}} \times 100$$

Vrijeme ciklusa komisioniranja odnosi se na prosječno vrijeme potrebno za prikupljanje narudžbi od trenutka zaprimanja do završetka komisioniranja.

$$VRIJEME CIKLUSA KOMISIONIRANJA = \frac{\text{UKUPNO VRIJEME KOMISIONIRANJA}}{\text{UKUPAN BROJ PRIKUPLJENIH NARUDŽBI}}$$

Produktivnost komisionara prati prosječan broj narudžbi ili artikala koje komisioner prikuplja u određenom vremenskom razdoblju.

$$PRODUKTIVNOST KOMISIONARA = \frac{\text{UKUPAN BROJ PRIMLJENIH NARUDŽBI/ARTIKALA}}{\text{UKUPNO RADNO VRIJEME KOMISIONARA}}$$

Stopa povrata odnosi se na postotak narudžbi koje se vraćaju zbog pogrešaka u komisioniranju.

$$STOPA POVRATA = \frac{\text{BROJ VRAĆENIH NARUDŽBI ZBOG POGREŠAKA}}{\text{UKUPAN BROJ ISPORUČENIH NARUDŽBI}} \times 100$$

Niska stopa povrata ukazuje na visoku točnost i kvalitetu komisioniranja, smanjujući dodatne troškove povezane s povratom robe. Trošak komisioniranja po narudžbi mjeri prosječan trošak povezan s prikupljanjem jedne narudžbe.

$$TROŠAK KOMISIONIRANJA = \frac{\text{UKUPNI TROŠKOVI KOMISIONIRANJA}}{\text{UKUPAN BROJ PRIKUPLJENIH NARUDŽBI}}$$

Iskorištenost skladišnog prostora je količina proizvoda uskladištenih po kvadratnom metru.

ISKORIŠTENOST SKLADIŠNOG PROSTORA

$$= \frac{\text{KORIŠTENI SKLADIŠNI PROSTOR}}{\text{UKUPAN RASPOLOŽIV SKLADIŠNI PROSTOR}} \times 100$$

U konačnici, strukturirani pristup evaluaciji KPI-a pomaže menadžerima skladišta da donose informirane odluke koje poboljšavaju operativnu učinkovitost i održivost. Kroz integraciju objektivnih i subjektivnih metrika te primjenu TBL okvira, organizacije mogu osigurati da njihovi poslovni procesi budu uravnoteženi i održivi. Kontinuirano praćenje i evaluacija KPI-a omogućava prilagodbu i optimizaciju operacija u skladu s promjenjivim zahtjevima tržišta i dionika.

4. Komisioniranje u LDC-u Konzum d.d.

4.1. Konzum d.d. - poslovanje i organizacija

Konzum, kao član Fortenova grupe, ističe se jedinstvenim obilježjima svoje maloprodajne i veleprodajne mreže koja uključuju zadovoljstvo kupaca, sigurnost opskrbe i dostupnost usluge, uz najširi izbor domaćih proizvoda. Konzum je vodeći maloprodajni lanac u Hrvatskoj, gdje više od pola milijuna ljudi svakodnevno obavlja svoje kupovine. Mreža obuhvaća preko 600 prodavaonica smještenih u više od 300 gradova i naselja širom Hrvatske, uključujući unutrašnjost, obalu i otoke. S tradicijom duljom od 65 godina, kontinuirano potvrđuju leadersku poziciju na tržištu, postavljajući nove trendove u maloprodaji i dosljedno slijedeći svoju misiju i viziju. Konzumova misija je pružiti kupcima širok asortiman kvalitetnih proizvoda po konkurentnim cijenama, uz vrhunsku uslugu. Vizija kompanije je povjerenje i kvaliteta u maloprodaji, te predvoditi tržišne trendove kroz inovacije i kontinuirano poboljšanje poslovnih procesa. Strateški ciljevi Konzuma uključuju unapređenje logističke mreže i optimizaciju lanca opskrbe, digitalizaciju poslovnih procesa za povećanje učinkovitosti, povećanje tržišnog udjela kroz širenje prodajne mreže te održavanje visokih standarda kvalitete usluge i proizvoda. (Konzum.hr, 2024)

Organizacijska struktura Konzuma je složena i podijeljena na nekoliko ključnih odjela. Uprava se sastoji od menadžera koji donose strateške odluke i upravljaju cjelokupnim poslovanjem. Odjel nabave je odgovoran za upravljanje dobavljačima i osiguravanje stalne opskrbe kvalitetnim proizvodima. Odjel prodaje fokusira se na upravljanje maloprodajnim lokacijama, marketing i odnose s kupcima. Logistički odjel upravlja logističkim distribucijskim centrima (LDC-ovima), optimizacijom transporta i skladištenja. Financijski odjel upravlja financijama, planira budžet i kontrolira troškove, dok odjel ljudskih resursa upravlja zapošljavanjem, edukacijom i razvojem budućih i sadašnjih zaposlenika.

Konzum upravlja s dva logističko-distribucijska centra smještena na strateškim lokacijama diljem Hrvatske, a to su Zagreb i Dugopolje. Ovi centri su dizajnirani kako bi optimizirali učinkovitost skladištenja i distribucije proizvoda. U LDC-ovima se odvijaju ključni procesi kao što su prijem robe, skladištenje, komisioniranje, konsolidacija i otprema.



Slika 3. LDC Dugopolje, izvor: Konzum.hr., 2023



Slika 4. LDC Zagreb, izvor: Konzum.hr., 2023

Za potrebe ovoga istraživanja o komisioniranju kod maloprodavača, proveden je intervju sa direktorom Konzumovog LDC-a Zagreb, a dobiveni su relevantni podaci o organizaciji u skladištu i komisioniranju u navedenom objektu.

Konzum samostalno upravlja svojim LDC-ima, nudeći višak prostora na najam i pružajući usluge trećim stranama. Integrirani interni sustav prognoziranja potražnje omogućuje efikasno planiranje i narudžbe prema dobavljačima i prodavaonicama, koristeći varijable kao što su asortiman, zalihe, načini izlaganja i sigurnosni faktori.

U LDC-u Zagreb koriste se tehnologije kao što su sustavi upravljanje prometom (engl. *Transport Management System*) Paragon za transport, WMS Swisslog za upravljanje skladištem i Yard Management sustav za upravljanje dolascima i rampama. Kapaciteti se planiraju godišnje, s kvartalnim revizijama, prilagođavajući se promjenama potražnje i sezonalnosti tržišta u Hrvatskoj.

Konzum zapošljava oko 400 ljudi u procesima komisioniranja, koristeći PPXD metodu za maksimalnu produktivnost i minimalne pogreške. Kontrola troškova odvija se kroz godišnje planove s kvartalnim revizijama i mjesečnim praćenjem, pri čemu se troškovi knjiže prema mjestu nastanka.

Promocije i inovacije u komisioniranju zahtijevaju precizne procjene količina i koordinaciju s dobavljačima, pri čemu Konzum uvodi posebne metode za promocije. Balansiranje troškova i tehnologija fokusirano je na učinkovitost cjelokupnog lanca opskrbe, a planirana automatizacija skladišnih procesa trebala bi dodatno povećati produktivnost.

Skladišno poslovanje suočava se s nizom izazova koji zahtijevaju kontinuiranu prilagodbu i inovaciju. Među najvećim izazovima ističu se nedostatak radne snage, integracija stranih radnika, rast gotovo svih vrsta troškova te poremećaji u lancima opskrbe uzrokovani vanjskim čimbenicima poput pandemije COVID-19 i ratnih sukoba. Kako bi se prevladali ovi izazovi, poduzimaju se različite mjere. Zapošljavanje stranih radnika jedan je od ključnih koraka, uz prilagodbe plaća i modela stimulacija za zadržavanje postojećih i privlačenje novih zaposlenika. Povećanje efikasnosti rada postiže se kontinuiranim malim pomacima i novim idejama, te agilnijim načinom rada i prilagodbom organizacijske strukture, uključujući optimizaciju nabave roba i asortimana. Planovi za buduća poboljšanja i inovacije uključuju značajne investicije u automatizaciju u narednih pet godina. Do tada, nastavit će se primjenjivati navedene mjere kako bi se osigurala stabilnost i rast skladišnog poslovanja.

Kontinuirano se optimizira *layout* skladišta, ažuriraju poslovni procesi i provodi edukacija zaposlenika. Praćenje ključnih pokazatelja uspješnosti (KPI), kao što su produktivnost, troškovi i ozljede na radu, omogućuje kontinuirano poboljšanje. Implementacija automatiziranih sustava donosi veću učinkovitost i rješava problem nedostatka radne snage, iako je proces tranzicije zahtjevan i skup. Trenutne metode komisioniranja ocjenjuju se kao vrlo učinkovite, s potencijalom za daljnje poboljšanje kroz tehnološke inovacije. Konzum d.d. - poslovanje i organizacija.

U 2024. godini u Konzumovom LDC-u nije bilo novih investicija u tehnologiju i softver, osim pripreme za natječaj za novo rješenje TMS-a. Nije bilo promjena u portfelju logističkih nekretnina, dok je u skladištu za svježe proizvode postavljeno 40 metara novih regala. Svaki LDC ima samostalno upravljanje, a dio viška prostora se nudi za najam i pružaju se usluge 3PL kompanijama iz grupe.

4.2. Procesi rada

Konzum koristi naprednu tehnološku infrastrukturu za podršku svojim operacijama kao što je WMS, radijofrekvencijske terminale, i sustave Paragon i Swisslog. Uz tehnologiju Konzum organizira obuke i programe usavršavanja koji pomažu u poboljšanju vještina zaposlenika, dok različite inicijative, nagrade i priznanja motiviraju zaposlenike i povećavaju njihovo zadovoljstvo. Primjena visokih standarda sigurnosti i zaštite zdravlja na radnom mjestu također je od izuzetne važnosti za Konzum.

Proces prijema robe u skladište započinje dolaskom dobavljača u krug Logističko-distribucijskog centra (LDC) u skladu s terminom definiranom u narudžbi. Dobavljač čeka svoj termin za istovar na zadanoj rampi te predaje potrebne dokumente. Nakon toga slijedi istovar robe. U ovom koraku, roba se kontrolira ovisno o pouzdanosti dobavljača, što uključuje provjeru količine, rokova i kvalitete. Kontrolirana roba se zatim unosi u sustav. Ako postoji Elektronička razmjena podataka (eng. *Electronic Data Interchange*), prijem robe odvija se bez papirnatih dokumenata, jer se sve evidentira elektroničkim putem. U suprotnom, artikli se skeniraju, unose se rokovi trajanja i izrađuje se dokument prijema. Ovjerena kopija tog dokumenta predaje se vozaču. Eventualne nesukladnosti evidentiraju se komisijskim zapisnikom. Roba se nakon zaprimanja s ulazne rampe premješta na skladišne lokacije koje dodjeljuje WMS sustav, ili se u slučaju *zero stock* načina rada odmah priprema za komisioniranje.

Kada kupac putem Konzumovog online sustava ili telefona pošalje narudžbu, informatički sustav automatski provjerava dostupnost artikala u najbližem logističkom centru. Informacije o narudžbi, kao što su vrsta i količina proizvoda, odmah se prosljeđuju u ERP sustav Konzuma, koji je povezan sa Swisslog-om u relevantnom LDC-u. Primljene narudžbe aktiviraju njihov softver za planiranje transporta, koji koristi Paragon za izračunavanje najefikasnijih ruta dostave. Sistem uzima u obzir različite faktore, poput udaljenosti, prometnih uvjeta i kapaciteta vozila, kako bi formulirao optimalni plan dostave za svaki dan. U skladištima, radnici koriste RF terminale koji ih vode do točnih lokacija proizvoda. Svaki proizvod koji radnik skenira, sistem automatski provjerava, čime se smanjuje mogućnost pogrešaka u prikupljanju. Prikupljeni proizvodi se zatim stavljaju u transportne košare ili kolica za daljnju obradu. U području za konsolidaciju, prikupljeni proizvodi se grupiraju po narudžbama, gdje radnici pregledavaju svaki artikl da bi se uvjerali da su ispravni i u dobrom stanju prije nego što se pakiraju za otpremu. Svaka narudžba se označava i sprema u odgovarajući odjeljak za finalnu otpremu. Završna faza procesa je otprema, tijekom koje se spakirane narudžbe učitavaju u

transportna vozila prema zadanim rutama. Vozači primaju detaljne planove ruta i dokumentaciju za isporuku, a sistem praćenja omogućuje nadzor svakog vozila u realnom vremenu do trenutka isporuke na odredište. Upravljanje ovim procesom je omogućeno korištenjem Yard Management sustava koji kontrolira dolazak i odlazak vozila te upravljanje rampama i krugom općenito, što doprinosi efikasnosti cijelog sustava.

Proces izdavanja robe iz skladišta prema prodajnim mjestima odvija se prema precizno utvrđenom planu i procedurama. Roba se komisionira u skladu s narudžbama prodavaonica i terminskim planom koji je izrađen u TMS sustavu. Kada je moguće, roba iz različitih skladišta, ali s istim temperaturnim režimima, konsolidira se na izlaznim rampama otprilike 30 minuta prije planiranog utovara u kamione. Kontrolori izlaza provjeravaju kompletiranost narudžbi, vrše otpremu u sustavu i izrađuju transportni list koji se predaje vozaču. Točnost komisionirane narudžbe provjerava se na uzorku od oko 3% svih narudžbi, komisionara i vozača, a kontrolu vrši neutralna služba Kontrolinga. Na kraju, kontejneri se utovaruju u kamione, čime se proces izdavanja robe završava.

U kontekstu optimizacije skladištenja prostora i vremena, koriste se različite metode kao što su FIFO (engl. *First In, First Out*), LIFO (engl. *Last In, First Out*), i ABC analiza. Odabir specifične metode skladištenja ovisi o nekoliko faktora uključujući učestalost obrtaja robe, pouzdanost dobavljača, vrstu robe, planiranu proizvodnju (kao što su robne marke), investicijske kupovine, te duge rokove isporuke. Na primjer, kod robe s visokim obrtajem i kratkim rokom trajanja, FIFO metoda je najpogodnija jer osigurava da se starija roba koristi prva, čime se smanjuje mogućnost kvarenja. S druge strane, za robu koja ima dugi rok trajanja ili specifične zahtjeve kupaca, LIFO metoda može biti korisnija. Uz to, zero stock pristup, odnosno strategija održavanja minimalnih zaliha, povoljno utječe na iskorištenje skladišnog prostora, povećava efikasnost i točnost rada te smanjuje ukupne troškove. Ova strategija omogućava bržu obradu narudžbi i smanjenje troškova vezanih uz skladištenje. Međutim, primjena zero stock pristupa zahtijeva visoku razinu koordinacije i pouzdanosti u lancu opskrbe kako bi se osiguralo pravovremeno dobavljanje potrebnih materijala ili proizvoda. U Konzumovom poslovanju prvenstveno vodi FIFO metoda rada zbog njenih prednosti u održavanju svježine proizvoda i smanjenju otpada. Kroz kombinaciju ovih metoda i strategija, nastoji se postići optimalno upravljanje skladištem koje maksimizira efikasnost, smanjuje troškove i povećava točnost isporuke.

4.3. Sustavi rada

U Konzumovom logističko-distribucijskom centru, sustav za naručivanje roba ima ključnu ulogu u upravljanju narudžbama i zalihama. Kada kupac unese narudžbu putem internetske stranice ili mobilne aplikacije Konzuma, sustav automatski provjerava dostupnost proizvoda u skladištu. Nakon što kupac potvrdi narudžbu, informacije o narudžbi se odmah proslijeđuju relevantnim odjelima unutar LDC-a. Sustav pruža precizne podatke o potrebnim količinama i lokacijama proizvoda u skladištu, što omogućava brzo i točno komisioniranje. Kontinuirano praćenje i ažuriranje inventara pomaže u održavanju optimalne razine zaliha, minimizirajući zastoje u isporuci.

Paragon je softver specijaliziran za planiranje i optimizaciju transportnih ruta, koji se intenzivno koristi u Konzumovom LDC-u. Nakon što se narudžbe prime i obrade, Paragon prikuplja podatke o svim otpremljenim narudžbama i koristi napredne algoritme za izračun najoptimalnijih ruta dostave. Softver analizira niz varijabli, uključujući geografsku lokaciju, prioritet dostave i težinu pošiljaka, kako bi se smanjili logistički troškovi i vrijeme dostave. Planirane rute se automatski šalju na mobilne uređaje vozača, pružajući im detaljne navigacijske upute u realnom vremenu, a Paragon također omogućava praćenje vozila tijekom dostave, što doprinosi većoj sigurnosti i pouzdanosti isporuke.

Swisslog tehnologija se koristi za automatizaciju skladišnih operacija unutar Konzumovog LDC-a, posebno za procese komisioniranja i sortiranja proizvoda. Ovaj sustav omogućava robotizirano prikupljanje proizvoda prema digitalnim narudžbama, minimizirajući ljudsku intervenciju i povećavajući točnost prikupljanja. Integracija sa WMS-om omogućava trenutni pregled i kontrolu zaliha u skladištu. Automatizacija putem Swisslog tehnologije smanjuje vrijeme potrebno za pripremu narudžbi, povećava točnost isporuka i smanjuje rizik od pogrešaka.

Konzumov LDC u Zagrebu koristi različite tehnologije za optimizaciju operacija. TMS sustav Paragon se koristi za planiranje i optimiziranje transporta, dok Warehouse Management System Swisslog upravlja operacijama skladištenja i komisioniranja, uključujući korištenje ručnih skenera i komisionih viličara. Yard Management sustav se koristi za upravljanje dolascima, rampama i krugom općenito. Najučinkovitije tehnologije uključuju Paragon i Swisslog, koje značajno povećavaju produktivnost i točnost operacija.

Kapaciteti LDC-a se planiraju godišnje i revidiraju kvartalno, a prilagođavanje sezonskim varijacijama postiže se korištenjem dodatnih radnih dana, poput subote, i trećih radnih smjena.

Oko 400 ljudi je zaposleno u procesu komisioniranja, a koristi se PPXD način rada koji omogućuje najveću produktivnost s najmanje pogrešaka i minimalnim korištenjem prostora. Troškovi u LDC-u kontroliraju se kroz godišnje planove koji se revidiraju kvartalno, a praćenje izvršenja je mjesečno, s odgovornim osobama za troškove prema mjestu nastanka.

Podrška promocijama i uvođenje novih metoda komisioniranja u LDC-u je učinkovita, s posebnim metodama i *layout-om* za promocijske proizvode. Uvođenje novih tehnologija, uključujući automatizaciju skladišnih procesa, ima za cilj povećanje efikasnosti cijelog lanca opskrbe, čak i ako to na kratki rok povećava troškove na pojedinim mjestima. Mjere za smanjenje operativnih troškova i povećanje produktivnosti uključuju kontinuiranu optimizaciju *layout-a* skladišta, analizu aktivnosti i korekcije poslovnih procesa, te kontinuiranu edukaciju i nagrađivanje radnika.

Ključni pokazatelji uspješnosti imaju presudnu ulogu u ocjeni učinkovitosti i optimizaciji operacija. U distribucijskom centru pažljivo se prati nekoliko osnovnih KPI-eva koji su od najveće važnosti za naš rad. Prikupljanje relevantnih podataka je temelj svih analiza i postavljanja KPI-a. Među najvažnijim KPI-evima koji se prate su produktivnost rada, koja se mjeri u stavkama i kutijama po radnom satu i po organizacijskim jedinicama. Također, prati se *shrinkage* skladišta, što uključuje gubitak i otpis robe isteklog roka ili oštećene u odnosu na izlaznu vrijednost sa skladišta. Troškovi, podijeljeni po kontima kao što su rad, energija, potrošni materijal, zakup, održavanje. Nadalje, ozljede na radu, dani vezivanja zaliha, točnost složene narudžbe (koja osigurava da artikli i njihove količine na otpremi odgovaraju narudžbama), vremenska točnost otpremanja prema prodavaonici u odnosu na plan, kao i točnost rada svakog komisionara pojedinačno i agregirano za cijelo skladište.

Analizirajući ključne pokazatelje uspješnosti u skladišnom poslovanju, često se postavlja pitanje postojanja referentnih vrijednosti ili skupova podataka koji obuhvaćaju određene KPI-e kroz specifičan vremenski period. Na temelju dostupnih podataka, može se istaknuti nekoliko ključnih referentnih vrijednosti koje su prikazane u tablici dolje: točnost komisioniranja iznosi više od 99%, produktivnost skladišta prelazi 90 kutija po satu, vremenska točnost operacija je iznad 90%, *shrinkage-a*, odnosno gubitak zaliha, je manji od 0,2%, dok je prosječan broj dana zalihe ispod 15. Ovi pokazatelji pružaju okvir za ocjenu učinkovitosti skladišnih operacija i mogu poslužiti kao ciljevi za optimizaciju procesa.

LDC Konzum Zagreb	Podaci LDC Konzum Zagreb za 2024.
točnost komisioniranja	> 99%,
vremenska točnost operacija	> 90%
produktivnost skladišta	90 kutija/sat
„shrinkage“	< 0,2%,
prosječan broj dana zalihe	<15 dana

Tablica 1. Ključni pokazatelji uspješnosti skladišnog poslovanja LDC Konzum, Zagreb, izvor:

Stock Control LDC Konzum Zagreb

4.4. Alati i tehnologije u skladištu

U Konzumovom logističkom distribucijskom centru, RF terminali su neizostavan alat za upravljanje skladišnim operacijama. Ovi ručni uređaji omogućavaju radnicima da skeniraju bar kodove proizvoda, čime se osigurava visoka razina točnosti i brzina u procesu komisioniranja. Kada radnik primi zadatak za komisioniranje, RF terminal ga vodi do točne lokacije proizvoda u skladištu. Skeniranjem bar koda, sistem automatski ažurira stanje zaliha u realnom vremenu. Ovo smanjuje mogućnost pogrešaka, osigurava da su informacije o zalihama uvijek točne i ažurirane, te omogućava radnicima da brzo pronađu i prikupe potrebne artikle. Pored toga, RF terminali su opremljeni funkcijama za komunikaciju, omogućujući radnicima da brzo i efikasno komuniciraju sa supervizorima i kolegama.

Transport Management Sustav Paragon za planiranje i optimiranje transporta i praćenje vozila te realizaciju planiranog i korekcije plana u hodu ovisno o situaciji na terenu, također je ključan za učinkovito upravljanje transportom unutar LDC-a. Ovaj sustav omogućuje bolje planiranje ruta, optimizaciju vozila i praćenje isporuka u stvarnom vremenu, što rezultira smanjenjem troškova i povećanjem učinkovitosti isporuka.

WMS je ključan za upravljanje skladištem u Konzumovom LDC-u. Ovaj napredni softverski sustav omogućava praćenje svih aspekata skladišnih operacija, uključujući prijem robe, skladištenje, komisioniranje i otpremu. Kada roba stigne u skladište, WMS bilježi sve relevantne informacije, poput količine, serijskog broja i lokacije za skladištenje. WMS također omogućava optimizaciju prostora u skladištu, tako što predlaže najbolje lokacije za smještaj različitih proizvoda na osnovu njihove rotacije i frekvencije narudžbi. Tijekom komisioniranja, WMS komunicira s RF terminalima kako bi radnike usmjerio do točnih lokacija proizvoda,

čime se osigurava učinkovitost i točnost u prikupljanju narudžbi. Osim toga, WMS omogućava praćenje povijesti kretanja svakog artikla, olakšavajući inventuru i analizu skladišnih operacija, što doprinosi boljem planiranju i upravljanju zalihama.

Yard Management sustav za upravljanje dolascima, rampama, krugom općenito također ima važnu ulogu u upravljanju logistikom u LDC-u Zagreb. Ovaj sustav omogućuje optimizaciju korištenja prostora za utovar i istovar, upravljanje redovima vozila i koordinaciju s vozačima, što doprinosi smanjenju čekanja i povećanju operativne učinkovitosti.

Proces komisioniranja narudžbi u Konzumovom LDC-u je visoko optimiziran zahvaljujući kombinaciji tehnologija kao što su RF terminali i WMS. Kada sustav zaprimi narudžbu, generira zadatke za komisioniranje koje dodjeljuje radnicima putem RF terminala. Radnici zatim prikupljaju proizvode prema uputama koje dobivaju putem RF terminala, skenirajući svaki proizvod kako bi potvrdili točnost prikupljanja. Ovaj proces osigurava da su svi prikupljeni proizvodi točno evidentirani i da se podaci o stanju zaliha automatski ažuriraju u WMS-u. Nakon komisioniranja, prikupljeni proizvodi se prenose u područje za konsolidaciju, gdje se pregledavaju, grupiraju prema narudžbama i pripremaju za otpremu. Konsolidacija uključuje provjeru točnosti i kvalitete proizvoda, te njihovo pakiranje za transport. Ovaj optimizirani proces omogućava brzo i učinkovito komisioniranje narudžbi, smanjujući vrijeme provedeno u skladištu i povećavajući ukupnu produktivnost.

Na taj način, Konzumov LDC koristi najmodernije tehnologije i alate kako bi osigurao visoku razinu efikasnosti, točnosti i produktivnosti u svim skladišnim operacijama.

4.5. Layout skladišta

Konzum koristi različite tipove skladišta, uključujući ambijentalna skladišta i hladena skladišta, svaki s različitim *layout*-ima i namjenama. Ambijentalna skladišta održavaju robu na sobnoj temperaturi i dijele se na klasična depozitna skladišta, gdje se roba komisionara s podnih lokacija, dok se dodatne zalihe skladište na regalima, i *zero stock* skladišta, gdje nema zaliha, već se roba direktno s ulaza, preuzeta od dobavljača, razvrstava na podne lokacije ili kontejnere. Raspored robnih grupa u ambijentalnim skladištima prilagođen je rasporedu proizvoda na tlocrtima prodavaonica, srodnim grupama proizvoda, frekvenciji komisioniranja s lokacija te zakonskim smjernicama. Hladena skladišta razlikuju se po tipu protoka robe i po temperaturi skladištenja, pri čemu se smrznuti proizvodi skladište na temperaturama do -27°C , voće,

povrće, mliječni proizvodi i meso na temperaturama od 0°C do 8°C, a riba do 2°C. Osim glavnih skladišta, Konzum ima i pomoćna skladišta za ambalažu, potrošni materijal i povrate. Svaki tip skladišta dizajniran je da zadovolji specifične potrebe skladištenja i distribucije različitih vrsta proizvoda unutar Konzuma.

Organizacija prostora za skladištenje različitih kategorija proizvoda ovisi o nekoliko ključnih faktora. Prvenstveno, prostor se organizira prema temperaturnom režimu koji je potreban za očuvanje kvalitete proizvoda. Pored toga, važan faktor je i tip protoka skladišta, bilo da je riječ o depozitnom skladištu ili skladištu bez zaliha. Veličina skladišnog prostora i potrebne opreme projektiraju se u skladu s planiranim brojem artikala i volumena koji će se komisionirati. Ključno je ispravno projektirati broj ulazno-izlaznih rampi te osigurati adekvatan prostor za konsolidaciju i otpremu roba kako bi se osigurala učinkovitost skladišnog poslovanja.

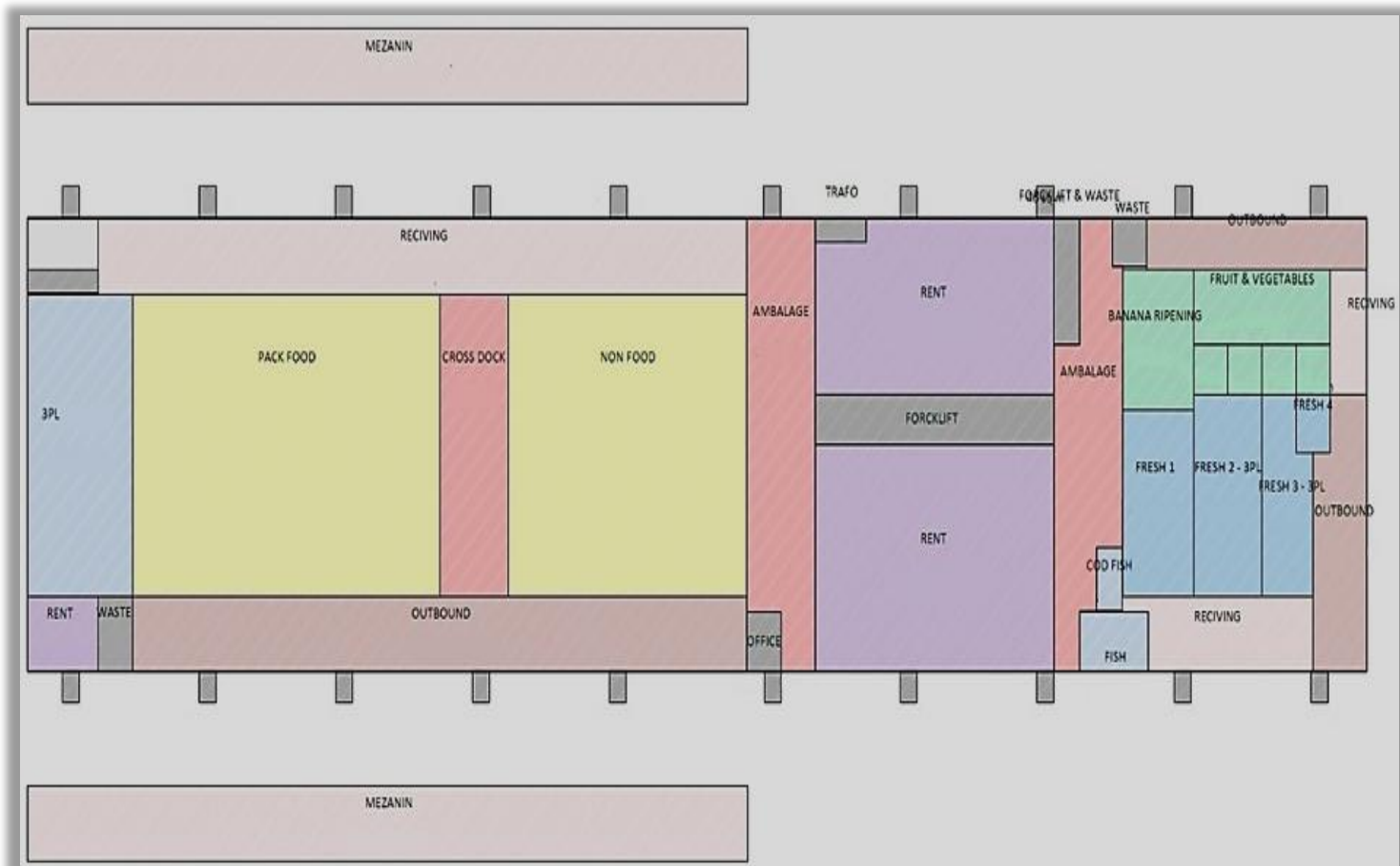
ZR (Zona raspodjele) skladišta u LDC-u je organizirano tako da je podijeljeno u nekoliko ključnih zona, svaka sa specifičnom funkcijom kako bi se optimizirali radni procesi. Kada roba stigne u skladište, prvo ulazi u prijemnu zonu, gdje se provodi kontrola kvalitete i količine proizvoda. Radnici koriste RF terminale za skeniranje bar kodova i unos podataka u sustav za upravljanje skladištem. Nakon što se provjeri, roba se raspoređuje prema lokacijama za skladištenje. Skladištenje je podijeljeno u različite dijelove ovisno o vrsti proizvoda i njihovoj frekvenciji narudžbi. Na primjer, proizvodi s visokom rotacijom smješteni su bliže komisionarskim stazama kako bi se skratilo vrijeme prikupljanja. Automatizirani sustavi za skladištenje i pronalaženje (AS/RS) koriste se za smještaj proizvoda na optimalne lokacije unutar skladišta.

Zona komisioniranja je centralno mjesto gdje radnici prikupljaju proizvode prema narudžbama kupaca. Opremljeni RF terminalima, radnici se kreću po označenim stazama koje su dizajnirane da minimiziraju vrijeme potrebno za prikupljanje proizvoda. Svaki proizvod se skenira kako bi se osigurala točnost prikupljanja i ažuriranje stanja zaliha u WMS-u. Nakon komisioniranja, prikupljeni proizvodi se prenose u zonu konsolidacije. Ovdje se provjerava točnost i kvaliteta prikupljenih proizvoda te se grupiraju prema pojedinačnim narudžbama. Radnici osiguravaju da su svi proizvodi iz narudžbe pravilno objedinjeni i spremni za pakiranje. U ovoj zoni, narudžbe se pakiraju i pripremaju za otpremu. Paketi se označavaju informacijama o destinaciji i sadržaju. Radnici provjeravaju točnost i cjelovitost narudžbi prije nego što se učitaju u transportna vozila. Planirane rute i rasporedi dostave, koje je generirao Paragon softver, dostavljaju se vozačima kako bi se osigurala pravovremena i učinkovita isporuka.

U vezi s tehnologijama koje se koriste, LDC Zagreb koristi nekoliko ključnih sustava: Paragon TMS za planiranje i optimiranje transporta, Swisslog Warehouse Management System za upravljanje operacijama skladištenja i komisioniranja, te Yard Management sustav za upravljanje dolascima, rampama i krugom općenito. Ovi sustavi omogućuju visok nivo učinkovitosti i fleksibilnosti u prilagođavanju kapaciteta skladišta potrebama tržišta.

Kapaciteti se planiraju godišnje, a planovi se revidiraju kvartalno kako bi se osigurala fleksibilnost. U periodima povećane potražnje, kao što su sezonski vrhunci, skladište koristi dodatne radne dane i treće smjene kako bi zadovoljilo potražnju. Oko 400 ljudi je zaposleno u procesu komisioniranja, a koriste se dvije vrste komisioniranja: PPXD i klasični depozitni način rada.

Troškovi se kontroliraju kroz godišnje planove koji se revidiraju po potrebi kvartalno, a praćenje izvršenja je mjesečno. Troškovi su knjiženi prema mjestu nastanka i za njih postoje odgovorne osobe. Implementacija automatiziranih sustava za skladištenje donosi mnoge prednosti poput povećanja efikasnosti rada i rješavanja problema nedostatka radne snage. Iako tranzicija može biti zahtjevna, dugoročne prednosti uključuju smanjenje jediničnih troškova i povećanje ukupne efikasnosti sustava. Efikasnost trenutnih metoda komisioniranja procjenjuje se kao vrlo visoka kada se uspoređuje s najboljom praksom. Predanim radom na identifikaciji potencijala za poboljšanje, očekuju se relativno mali pomaci, ali investicija u nove tehnologije, posebno automatizirane sustave, pruža priliku za podizanje efikasnosti na novi nivo. Kontinuirano optimiranje *layout-a* skladišta i prilagođavanje promjenama u asortimanu i potražnji za artiklima, kao i edukacija i trening djelatnika, ključni su za smanjenje operativnih troškova i povećanje produktivnosti. Postavljanje dobrog sustava nagrađivanja kvalitetnih radnika također doprinosi povećanju efikasnosti rada. Ključni pokazatelji uspješnosti uključuju produktivnost rada, *shrinkage* skladišta, troškove i ozljede na radu, a prikupljanje relevantnih podataka temelj je svih analiza i postavljanja KPI-a.



Slika 5. LDC Zagreb *Layout* skladišta, izvor: Konzum, 2024.

Priložena slika 4. daje detaljni *layout* skladišta LDC-a Zagreb, jasno podijeljenog na različite odjele i područja. Gornji i donji dijelovi skladišta sadrže mezanin. Središnji dio skladišta podijeljen je na nekoliko ključnih sektora. Na lijevoj strani nalazi se područje označeno kao "3PL" u svijetloplavoj boji, uz koje se nalazi prostor za najam ("RENT") u ljubičastoj boji, te mali prostor za otpad ("WASTE") u sivoj boji. Središnji dio skladišta obuhvaća veliki prostor za pakiranu hranu ("PACK FOOD") u žutoj boji, uz manji dio za prekrcaj robe ("CROSS DOCK") u crvenoj boji, te prostor za neprehrambene proizvode ("NON FOOD"), također u žutoj boji. Desna strana skladišta uključuje odjel za najam ("RENT") s prostorom za viljuškare ("FORCKLIFT") u sredini, te dio za ambalažu ("AMBALAGE") u crvenoj boji, zajedno s manjim prostorima za otpad i viljuškare. Na kraju ovog dijela nalazi se prostor za otpremu robe ("OUTBOUND"). Desni kraj skladišta namijenjen je za voće i povrće, uključujući prostor za dozrijevanje banana ("BANANA RIPENING") i odjel za voće i povrće ("FRUIT &").

VEGETABLES) u svijetlozelenoj boji. Tu su i odjeli za svježe proizvode ("*FRESH 1*", "*FRESH 2 - 3PL*", "*FRESH 3 - 3PL*", "*FRESH 4*") u različitim nijansama plave boje, te prostori za ribu ("*FISH*" i "*COD FISH*") u plavoj boji. Na kraju ovog dijela nalazi se prostor za prijem robe ("*RECEIVING*") i dodatni prostor za otpremu ("*OUTBOUND*").

5. Rasprava

U upravljanju logističko-distribucijskim centrom najvažniju ulogu ima skladište, odnosno kvalitetno komisioniranje robe u skladištu. Dobra organizacija, pravilna i kvalitetna infrastruktura ključ su uspjeha za provođenje upravljanja opskrbnim lancem.

Rezultati istraživačkih pitanja ukazuju da faze komisioniranja robe u LDC-u „Konzum“ obuhvaćaju prijem, skladištenje, komisioniranje, konsolidaciju i otpremu robe, a u tom procesu sudjeluju radnici za komisioniranje, supervizori i upravljački tim koristeći RF terminale i WMS sustave. Optimizacija skladišnih operacija je ključna za povećanje učinkovitosti lanca opskrbe jer smanjuje troškove, povećava točnost narudžbi i ubrzava isporuku, dok napredne tehnologije dodatno smanjuju potrebu za ljudskom intervencijom i mogućnost pogreške.

Značajna prednost je u primjeni suvremenih tehnologija komisioniranja u logističko-distribucijskom centru maloprodavača. Implementacija sustava za upravljanje skladištem (WMS), glasovno vođenih sustava, RFID tehnologije te automatiziranih sustava za skladištenje i preuzimanje (AS/RS) pokazala je da značajno povećava učinkovitost i točnost skladišnih operacija. Ove tehnologije omogućuju smanjenje operativnih troškova (koje su najveći trošak skladišta), povećanje produktivnosti i minimiziranje ljudskih pogrešaka. Veliki problem uočen u radu skladišta jesu zaposlenici, koji su sve češće strani državljani, pa je dodatni problem njihova integracija u sustav poslovanja takvog velikog skladišta. A dobro organizirano skladište rezultira većim zadovoljstvom kupaca i boljim pozicioniranjem maloprodajnih lanaca na tržištu.

Empirijski rezultati su u skladu s teorijskim okvirom koji sugerira da napredne tehnologije skladištenja i komisioniranja pružaju brojne operativne prednosti. Teorijska podloga istraživanja naglašava važnost optimizacije skladišnih operacija kako bi se povećala ukupna učinkovitost lanca opskrbe. Rezultati dobiveni ovim istraživanjem potvrđuju teze, odnosno dobiven je odgovor na istraživačka pitanja koja se odnose samo na logističko-distribucijski centar, LDC „Konzum“, Zagreb, što je posebno vidljivo u području smanjenja vremena komisioniranja i povećanja točnosti isporuka, što su ključni čimbenici u zadovoljstvu kupaca i operativnoj učinkovitosti samoga skladišta.

Usporedbom s prethodnim istraživanjima, kao što su studije Kovača, Bradarića i Lovrića (2015), koje također naglašavaju prednosti automatiziranih sustava za skladištenje i preuzimanje, ovaj rad dodatno potvrđuje ove nalaze. Dok su prethodna istraživanja često fokusirana na pojedinačne tehnologije, ovo istraživanje pruža sveobuhvatan pregled različitih

tehnologija i njihovih kombinacija, što omogućuje holistički pristup optimizaciji skladišnih operacija.

Prednosti primjene suvremenih tehnologija u komisioniranju uključuju povećanu učinkovitost, smanjenje ljudskih pogrešaka i operativnih troškova te povećanje točnosti i brzine isporuka. Međutim, postoje i određeni nedostaci kao što su visoki početni troškovi implementacije ovih tehnologija i potreba za kontinuiranim održavanjem. Također, oslanjanje na automatizirane sustave može dovesti do problema u slučaju kvarova, što može značajno utjecati na učinkovitost skladišnih operacija.

Za poboljšanje učinkovitosti skladišnih operacija preporuča se integracija naprednih tehnologija s postojećim sustavima uz postupno povećanje automatizacije. Također se preporuča kontinuirano obrazovanje i trening zaposlenika kako bi se smanjile potencijalne greške i osigurala maksimalna iskorištenost novih tehnologija. Daljnja istraživanja trebala bi se fokusirati na razvoj fleksibilnih sustava koji mogu brzo odgovoriti na promjene u zahtjevima tržišta i prilagoditi se različitim vrstama skladišnih operacija.

Zaključno, rezultati ovog istraživanja potvrđuju važnost primjene suvremenih tehnologija u optimizaciji skladišnih operacija maloprodavača. Tehnologije koje se koriste, ne samo da povećavaju učinkovitost i točnost, već i omogućuju bolje prilagođavanje promjenjivim zahtjevima tržišta. Implementacija i održavanje ovih sustava zahtijevaju značajna ulaganja, no dugoročne koristi u vidu smanjenih operativnih troškova, što se pokazalo u intervjuu sa direktorom koji potvrđuje da u 2024. godini nije bilo investicija, već da se koriste sa postojećim tehnologijama, potvrđuje u potpunosti zadovoljavajuću učinkovitost skladišta. Daljnja istraživanja trebala bi se fokusirati na integraciju još novijih tehnologija s postojećim sustavima i razvoj novih rješenja koja mogu dodatno unaprijediti skladišne operacije u maloprodajnom lancu, s ciljem još veće učinkovitosti radnika i samoga skladišta.

6. Zaključak

U ovom radu istražen je proces komisioniranja u logističko-distribucijskom centru maloprodavača s naglaskom na suvremene metode i tehnologije koje se koriste za optimizaciju skladišnog procesa. Analizirani su sustavi poput *Warehouse Management System* (WMS), glasovno vođenih sustava (*voice-picking*), RFID tehnologije i automatiziranih sustava za skladištenje i preuzimanje (AS/RS) te je ocijenjena njihova učinkovitost u povećanju operativne efikasnosti i točnosti komisioniranja.

Rezultati istraživanja potvrđuju da primjena naprednih tehnologija značajno povećava učinkovitost i točnost komisioniranja, smanjuje operativne troškove i povećava produktivnost skladišta. Implementacija ovih tehnologija omogućava bolje prilagođavanje promjenjivim zahtjevima tržišta i povećava zadovoljstvo kupaca, što je ključno za održavanje konkurentnosti na tržištu.

Iako su početni troškovi implementacije visoki i postoji potreba za kontinuiranim održavanjem, dugoročne koristi nadmašuju ove izazove. Napredne tehnologije poput WMS-a, *voice-picking*a, RFID-a i AS/RS-a pružaju odlična rješenja za optimizaciju skladišnih operacija, smanjujući vrijeme komisioniranja i povećavajući točnost isporuka, koja je veća od 90%, uz minimalne „lomove“ (svega 0,2%).

Preporuke za buduća istraživanja uključuju dublju analizu utjecaja novih tehnologija na operativne troškove i produktivnost te istraživanje dodatnih tehnologija koje bi mogle dodatno poboljšati procese komisioniranja. Također, preporuča se provođenje longitudinalnih studija koje bi pratile dugoročne učinke implementacije naprednih sustava komisioniranja.

Zaključno, rezultati ovog rada potvrđuju važnost modernih sustava komisioniranja za uspješno upravljanje distribucijskim centrima u maloprodaji, naglašavajući njihov značajan doprinos povećanju zadovoljstva kupaca i konkurentnosti na tržištu.

Literatura

Alqahtani, A. Y. (2022). Improving order-picking response time at retail warehouse: a case of sugar company, SN Applied Sciences 5, DOI:10.1007/s42452-022-05230-6

Annand, N., & Grover, N. (2013). Measuring retail supply chain performance Theoretical model using key performance indicators (KPIs), An International Journal Vol. 22 No. 1, 2015 pp. 135-166 ©EmeraldGroupPublishing Limited 1463-5771 DOI 10.1108/BIJ-05-2012-0034

Behrens, A., Ofori, M., Noteboom, C., & Bishop, D. (2021). A systematic literature review: how agile is agile project management? Issues in Information Systems Volume 22, Issue 3, pp. 278-295, 2021 DOI: https://doi.org/10.48009/3_iis_2021_298-316

Bora, A., Chiamsiri, S., & Krairit, D. (2004). Developing Key Performance Indicators for Performance Controlling of a Supply Chain. Proceedings of the Fifth Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2004. Dostupno na: ResearchGate

Bowen, G. A. (2010). From Qualitative Dissertation to Quality Articles: Seven Lessons Learned. The Qualitative Report Volume 15 Number 4 July 2010 864-879 <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR15-4/bowen.pdf>

Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2020). Last mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. OR Spectrum (2021) 43:1–58 <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8> , © The Author(s) 2020

Cergibozan, Ç., & Tasan, A. S. (2016). Order batching operations: an overview of classification, solution techniques, and future research, J Intell Manuf (2019) 30:335–349 <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1248-4> , Springer Science+Business Media New York 2016

Ding, C., Liu, L., Zheng, Y., Liao, J., & Huang, W. Role of Distribution Centers Disruptions in New-Retail Supply Chain: An Analysis Experiment. Sustainability 2022, 14, 6529. <https://doi.org/10.3390/su14116529>

Faveto, A., Traini, E., Bruno, G., & Chiabert, P. (2023). Review-based method for evaluating key performance indicators: an application on warehouse system, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 130:297–310, <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12684-4>, © The Author(s) 2023

Ge, D., Pan, Y., Shen, Z.-J. M., Wu, D., Yuan, R., & Zhang, C. (2019). Retail supply chain management: a review of theories and practices, *Journal of Data, Information and Management* 1:45–64 <https://doi.org/10.1007/s42488-019-00004-z>, ©Springer Nature Switzerland AG 2019

Kembro, J., & Norrman, A. (2022) The current issue and full text archive of this journal is available on Emerald Insight at: <https://www.emerald.com/insight/0957-4093.htm>, The International Journal of Logistics Management Vol. 33 No. 5, pp. 107-135 Emerald Publishing Limited 0957-4093 DOI 10.1108/IJLM-11-2021-0525

Klumpp, M.& Loske, D.(2021). Order Picking and E-Commerce: Introducing Non-Parametric Efficiency Measurement for Sustainable Retail Logistics. *J. Theor. Appl. Electron. Commer. Res.*16, 846–858. <https://doi.org/10.3390/jtaer16040048>

Konzum.hr.(2023).Povijest.Dostupno <https://tvrtka.konzum.hr/o-nama/povijest/> prestupljeno: 25.06.2024

Li, J., Fu, H., Lai, K.K., & Ram, B.(2023). A City Logistics Distribution Model: A Physical Internet Approach. *Processes* 11, 3198. <https://doi.org/10.3390/pr11113198>

Li, S., & Wei, Z. (2018). A hybrid approach based on the analytic hierarchy process and 2 tuple hybrid ordered weighted averaging for location selection of distribution centers. *PLoS ONE* 13(11): e0206966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206966>

Lourenco, A., Marques, F., Mendonca, R., Pinto, E. and Barata, J. (2017). “On the design of the ROBO PARTNER Intra-factory logistics autonomous robot”, *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC, Budapest, 9-12 October*, pp. 2647-2652.

Ma, Z., Zheng, X., Liang, H., & Luo, P.(2024). Logistics Center Selection and Logistics Network Construction from the Perspective of Urban Geographic Information Fusion. *Sensors* 24, 1878. <https://doi.org/10.3390/s24061878>

Mehami,J.,Nawi,M., & Zhong,R.Y. (2018). Smart automated guided vehicles for manufacturing in the context of Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.144>

Minashkina,D., & Happonen,A.(2023). Warehouse Management Systems for Social and Environmental Sustainability: A Systematic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Logistics* 7, 40. <https://doi.org/10.3390/logistics7030040>

Pali, U.K. De Silva (2017). “Scientific Scholarly Communication: Moving Forward Through Open Discussions.” *Fascinating Life Sciences*.Springer International Publishing

Perotti, S., Santacruz, R., Bremer, P., & Jakub, B. (2022). Logistics 4.0 in warehousing: a conceptual framework of influencing factors, benefits and barriers, The current issue and full text archive of this journal is available on Emerald Insight at: <https://www.emerald.com/insight/0957-4093.htm> , The International Journal of Logistics Management Vol.33. No.5,pp. 193-220 Emerald Publishing Limited 0957-4093 DOI 10.1108/IJLM-02-2022-0068

Roca, O. (2024). *Konzum*. Interni izvor

Saderova, J., Rosova, A., Sofranko, M., & Kacmary, P.(2021). Example of Warehouse System Design Based on the Principle of Logistics. *Sustainability*, 13, 4492. <https://doi.org/10.3390/su13084492>

Shafiq, M., Gu, Z., Cheikhrouhou, O., Alhamaki, W., Hamam, H. (2022). The Rise of “Internet of Things”: Review and Open Research Issues Related to Detection and Prevention of IoT Based Security Attacks, *Hindawi Wireless Communications and Mobile Computing* Volume 2022, Article ID 8669348, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2022/8669348>

Shetty, N., Sah, B., & Chung, S. H. (2020). Route optimization for warehouse order picking operations via vehicle routing and simulation, Springer Nature Switzerland AG 2020, SN Applied Sciences.2:311 | <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2076-x>

Staudt F. H., Mascolo D., Alpan G., Rodriguez C. M. T.: Warehouse performance measurement: classification and mathematical expression of indicators, ILS 2014- 5th International Conference in Information Systems, Logistics and Supply Chain, Dinalog BETA TRAIL, Aug 2014, Breda, Netherlands. pp.1-9. hal-01242034

Stock Control LDC Konzum Zagreb (2024). Interni izvor

Tagashira, T. (2022). Information effects of warehouse automation on sales in omnichannel retailing, Journal of Retailing and Consumer Services 66 102903

Tikwayo, L.N., & Mathaba, T.N.D. (2023). Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic Literature Review. Logistics 7, 24. <https://doi.org/10.3390/logistics7020024>

Ven, M. van de, Machado, P. L., Athanasopoulou, A., & Turetken, O. (2023). Key performance indicators for business models: a systematic review and catalog, Information Systems and e-Business Management 21:753–794 <https://doi.org/10.1007/s10257-023-00650-2> , © The Author(s) 2023

Vazquez-Noguerol, M., Comesaña-Benavides, J., & Poler, R. (2021). An optimisation approach for the e-grocery order picking and delivery problem, Central European Journal of Operations Research 30:961–990 <https://doi.org/10.1007/s10100-020-00710-9> , ©Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Zhen, L., & Li, H. (2021). A literature review of smart warehouse operations management Front. Eng. Manag. 9(1): 31–55 <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0178-9> , ©The Author(s) 2021. This article is published with open access at link.springer.com and journal.hep.com.cn

Popis slika i tablica

Slika 1. Spiralno komisioniranje

Slika 2. Gransko komisioniranje

Slika 3. LDC Dugopolje

Slika 4. LDC Zagreb

Slika 5. LDC Zagreb Layout skladišta

Tablica 1. Ključni pokazatelji uspješnosti skladišnog poslovanja LDC Konzum, Zagreb