

Analiza prikupljanja kod pozicioniranja robe unaprijed definiranom lokacijom

Peraić, Krešimir

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:702210>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krešimir Peraić

ANALIZA PRIKUPLJANJA KOD POZICIONIRANJA
ROBE UNAPRIJED DEFINIRANOM LOKACIJOM

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Unutrašnji transport i skladištenje**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4175

Pristupnik: **Krešimir Peraić (0135228834)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

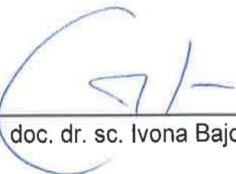
Zadatak: **Analiza prikupljanja kod pozicioniranja robe unaprijed definiranom lokacijom**

Opis zadatka:

U radu će se istaknuti osnovne postavke vezane z aprocese skladišnih sustava te prateće informacijske sustave. U obliku studije slučaja istražiti će se proces pohrane u tvrtki tržišta RH, odnosno način pozicioniranja unaprijed definiranom lokacijom. Navedeno će se analizirati korištenjem laboratorijske opreme Tobii Pro Glasses.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



doc. dr. sc. Ivona Bajor

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA PRIKUPLJANJA KOD POZICIONIRANJA ROBE UNAPRIJED
DEFINIRANOM LOKACIJOM**

PICKING GOODS ANALYSIS WITH DEDICATED SKU LOCATION

Mentor: dr.sc. Ivona Bajor

Student: Krešimir Peraić

JMBAG: 0135228834

Zagreb, svibanj 2018.

ANALIZA PRIKUPLJANJA KOD POZICIONIRANJA ROBE UNAPRIJED DEFINIRANOM LOKACIJOM

SAŽETAK

Cilj skladišnog poslovanja je optimizacija procesa prijema, pohrane, prikupljanja i otpreme, kako bi roba došla do krajnjeg korisnika sa što manje zastoja i troškova. Reduciranje vremena trajanja tih procesa i troškova postalo je trend, a uštede su najveće u procesu prikupljanja. Kod odabira metode prikupljanja razmatra se vremenski najpogodnija i najučinkovitija metoda prikupljanja, koja će osigurati minimalne vremenske gubitke i veću količinu prikupljene robe. WMS (*eng. Warehouse Management system*) je programska aplikacija koja je namijenjena za podršku i optimizaciju upravljanja skladišnim ili distribucijskim centrom. Operacije kojima upravlja u skladištu uključuju: upravljanje zalihama, prikupljanje i reviziju. Praćenje zjenice oka prilikom obavljanja pojedinih aktivnosti osigurava veliku količinu informacija koje uvelike mogu biti korisne u istraživanjima. Za istraživanje procesa prikupljanja u radu je korištena laboratorijska oprema za vizualnu detekciju *Tobii Pro Glasses 2*.

KLJUČNE RIJEČI: skladišni procesi, prikupljanje, WMS, vizualna detekcija, Tobii Pro Glasses 2

SUMMARY

The purpose of the warehouse business is to optimize the associated receipt, storage, collection and dispatch processes in order to reach the end user with as little stagnation and cost as possible. Reducing the duration of these processes and costs has become a trend, and the savings are greatest in the picking process. When choosing the method of collecting, the most suitable and effective method of collection is considered, which will ensure minimal time losses and greater quantity of collected goods. WMS (*Warehouse Management System*) is a software application designed to support and optimize warehouse management or distribution center. Operations it manages in the warehouse include: inventory management, picking and audit. Eye monitoring while performing certain activities provides a large amount of information that can greatly be useful in research. Laboratory equipment for visual detection of *Tobii Pro Glasses 2* was used to investigate the collection process.

KEYWORDS: storage processes, collection, WMS, visual detection, Tobii Pro Glasses 2

Sadržaj

1. UVOD	1
2. DEFINIRANJE POJMA I SVRHA SKLADIŠNIH PROCESA	3
2.1. Osnovne značajke skladišnog procesa prijema robe	4
2.2. Osnovne značajke skladišnog procesa pohrane robe	5
2.3. Osnovne značajke skladišnog procesa prikupljanja robe	6
2.3.1. Ciljevi i svrha skladišnog procesa prikupljanja robe	7
2.3.2. Odluke skladišnog procesa prikupljanja robe	9
2.3.1. Osnovni principi skladišnog procesa prikupljanja robe	9
2.4. Osnovne značajke skladišnog procesa otpreme robe	10
3. METODE PRIKUPLJANJA ROBE U SKLADIŠNIM SUSTAVIMA	11
3.1. Metode prikupljanja	11
3.1.1. Serijsko i paralelno prikupljanje	12
3.1.2. Diskretno prikupljanje	12
3.1.3. Zonsko prikupljanje	13
3.1.4. Grupno prikupljanje	14
3.1.5. Prikupljanje na mah	15
3.2. Podjela prikupljanja prema principu kretanja operatera	16
3.2.1. Prikupljanje po principu „Čovjek prema robi“	17
3.2.2. Prikupljanje prema principu „Roba prema čovjeku“	19
3.3. Načini prikupljanja	21
3.3.1. Prikupljanje primjenom papirnatih liste	21
3.3.2. Prikupljanje primjenom RF uređaja	22
3.3.3. Prikupljanje primjenom barkod čitača	22
3.3.4. Prikupljanje primjenom glasovnog i svjetlosnog navođenja	23
4. PRIMJENA METODE PRAĆENJEM VIZUALNE DETEKCIJE OPERATERA	25
4.1. Općenito o vizualnoj detekciji	25
4.2. Istraživanja o vizualnoj detekciji	27
4.3. Oprema za vizualnu detekciju Tobii Pro Glasses 2	28
5. ANALIZA PRIKUPLJANJA ROBE SA WMS-U POZNATOM LOKACIJOM ARTIKLA LABORATORIJSKOM OPREMOM TOBII PRO GLASSES 2	32
5.1. Informacijska podrška skladišnim sustavima	32
5.1.1. ERP kao podrška skladišnom poslovanju	32
5.1.2. WMS kao podrška skladišnom sustavu	34
5.1.3. Prikupljanje robe kod WMS-u poznate lokacije artikla	38

5.2. Analiza procesa prikupljanja opremom Tobii Pro Glasses 2 pri WMS-u poznatom lokacijom u tvrtki na tržištu RH	42
5.2.1. Prikupljanje podataka i iznošenje rezultata istraživanja.....	45
5.2.1.1. Prikupljanje podataka	46
5.2.1.2. Analiza provedenog istraživanja	46
5.2.2. Rezultati provedenog istraživanja	51
6. ZAKLJUČAK	61
LITERATURA.....	64
POPIS KRATICA	68
POPIS SLIKA	69
POPIS TABLICA.....	70
POPIS GRAFIKONA	71

1. UVOD

Prikupljanje artikala u skladišnim sustavima je u raznim istraživanjima označeno kao aktivnost koja zahtijeva najviše utrošenog rada i troška, a prema Richardsu trošak može doći i do 55% ukupnih skladišnih troškova. Na samom početku ovog rada pojasnit će se osnovne značajke i ciljevi skladišnih procesa prijema, pohrane, prikupljanja i otpreme robe. Da bi se troškovi tih procesa minimalizirali, potrebno je dizajnirati i uskladiti sve aktivnosti tako da se one izvode sa što manje prekida u što kraćem vremenskom roku.

Nakon pojašnjavanja osnovnih procesa, rad će se fokusirati na aktivnost prikupljanja robe, odnosno na metode i načine prikupljanja. U metode prikupljanja robe spadaju metode koje određuju sam način prikupljanja. Ovisno o skladišnom sustavu i željenoj efikasnosti i efektivnosti prikupljanja, postoji više načina kojima skladišni radnik vrši prikupljanje robe. Glavna razlika između načina prikupljanja koji će biti navedeni je prijenos informacije o lokaciji prema operateru. Osim načina i metoda, prikazat će se podjela prikupljanja prema principu kretanja čovjeka, ovisno o tome koja je strana u pokretu.

U drugom dijelu rada spominje se vizualna detekcija operatera koja je korištena u samom istraživanju te je ovo poglavlje rada posvećeno pregledu dosadašnjih istraživanja na polju primjene vizualne detekcije i korištenja laboratorijske opreme *Tobii Pro Glasses 2*. Postoje različite metode koje su do danas upotrebljavane za praćenje pogleda operatera: elektro-okulografija, leće i video-okulografija. Pregled istraživanja koja su vršena su u rasponu od 1930-ih godina do danas na gotovo svim poljima.

U sklopu istog poglavlja je svojevrsan uvod laboratorijskoj opremi *Tobii Pro Glasses 2* koja je namijenjena vizualnoj detekciji te je korištena u istraživanju ovog rada. Oprema je korištena u svrhu bolje analize prikupljanja, gdje se istraživaču pruža uvid u detalje koji utječu na rad operatera. Mjerni uređaj je napravljen u obliku naočala koje su opremljene kamerama za snimanje pogleda subjekta. Namijenjene su za istraživanja na raznim poljima te pružaju uvid u ljudsko ponašanje prikazujući točno što osoba gleda u stvarnom vremenu.

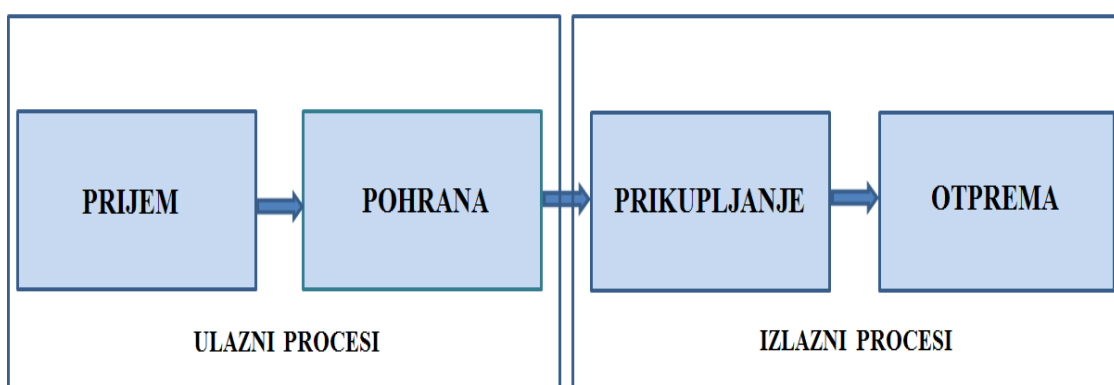
U pretposljednem poglavlju naglasak je na analizi prikupljanja sa WMS-u (*eng. Warehouse Management System*)¹ poznatom lokacijom artikla, koristeći laboratorijsku opremu *Tobii Pro Glasses 2*. Navest će se važnost informatičke podrške skladišnom poslovanju, njena struktura, moduli od kojih je sačinjena te logičke metode koje WMS određuje pri prikupljanju artikala. Grafički će biti prikazani koraci pri prikupljanju robe kod WMS-u poznate lokacije artikla.

¹ WMS (*engl. Warehouse Management System*) – programski alat koji koordinira skladišnim aktivnostima.

Skladište u kojem je istraživanje provedeno nalazi u skladišnom sustavu na tržištu Republike Hrvatske te je dio hladnog opskrbnog lanca. Istraživanje je provedeno već spomenutom *Tobi Pro Glasses 2* opremom, čije će se sučelje i način rada detaljno objasniti. Navest će se kriteriji koje istraživanje zadovoljava, odnosno uvjeti u kojima je ono provedeno. Nakon postavljanja uvjeta, slijedi prikupljanje podataka i iznošenje rezultata samog istraživanja koje se odvijalo terenski i u laboratoriju za simulacije u logistici Zavoda za transportnu logistiku Sveučilišta u Zagrebu. Nakon terenskih mjerenja slijedilo je laboratorijsko bilježenje podataka u programu *Tobii Pro Glasses Analyzer*, čiji rezultati će se prikazati u obliku grafikona i programskih tablica. Napravljena je analiza potprocesa kroz koje prolazi operater prilikom prikupljanja, kako bio se dobio uvid u vremenski najzahtjevnije procese prilikom rada operatera. Na kraju je donesen zaključak provedenog istraživanja i osvrt na cjelokupni rad.

2. DEFINIRANJE POJMA I SVRHA SKLADIŠNIH PROCESA

U logistici općenito, naglasak je na sve većoj produktivnosti, odnosno operacijama kojima se maksimalno skraćuje vremenski tijek te koje se izvode sa što manje zastoja. Takve operacije određuju poziciju tvrtke na tržištu, odnosno njihovu konkurentnost. One su temelj efikasnosti i efektivnosti tvrtke u vremenima kada je reduciranje logističkih troškova postalo trend. Samim time, skladišni procesi predstavljaju te operacije unutar skladišnog sustava te tok materijala u skladištu može biti prikazan kroz nekoliko ključnih faza, koje su prikazane slici 1. [1]



Slika 1. Osnovni skladišni procesi

Izvor: Prilagodio autor iz izvora [1]

Procesi se izvode kronološki: prijem, pohrana, prikupljanje i otprema. Prema Richardsu [2], osnovni procesi uključuju: nadopunjavanje, akumuliranje i sortiranje, pakiranje i *cross-dock*². Kao što je prikazano, prijem robe i pohrana smatraju se ulaznim procesima, dok se prikupljanje i otprema smatraju izlaznim. Nerijetko se zaprimljene jedinice pakiranja prepakiraju u manje jedinice pakiranja, primjerice paletna roba koja se transformira u jedinična, manja pakiranja. Prema tablici 1, može se izvući zaključak da trošak skladišnog procesa ovisi o veličini jedinice kojom se rukuje. Odnosno, što je manja jedinica kojom se rukuje, to je veći trošak koji se generira u skladišnom procesu. [3]

² Eng. *cross-dock*- logistički sustav gdje se roba sortira s drugom sličnom robom i bez skladištenja preusmjerava prema različitim destinacijama.

Tablica 1. Troškovi skladišnih procesa

SKLADIŠNI PROCESI	%
PRIJEM	10
POHRANA	15
PRIKUPLJANJE	55
OTPREMA	20

Izvor: Bartholdi, Hackman [3]

2.1. Osnovne značajke skladišnog procesa prijema robe

Zaprimanje robe je proces kojim započinje put robe u skladišnom sustavu. U zonu prijema roba dolazi prijevoznim sredstvom te se roba, ovisno o vrsti skladišta, provjerava, prepakira, skenira itd. Proces mora imati jasno definirane značajke i metode kako bi se odvijao nesmetano. [4]

Proces započinje najavom dolaska prijevoznog sredstva, zatim se izvodi planiranje i dodjela rampi za transportna sredstva koja dolaze u određenom vremenu. Skladišni radnik, služeći se najčešće viličarom, iznosi robu iz transportnog sredstva. Ovisno o vrsti skladišta, transportna jedinica se očitava bar-kod čitačem koji dodjeljuje poziciju transportnoj jedinici i priprema ju za sljedeći proces, proces prikupljanja. Roba se u prijemnoj zoni mora provjeriti zbog eventualnih nastalih oštećenja, koja su mogla nastati prilikom transporta ili samog prijema robe. Također, roba se evidentira po količini i vrsti artikla u slučaju nedostatka robe ili zaprimanja krive vrste artikla. [5]

Najčešće, roba u skladište dolazi objedinjena na paletnim jedinicama i može sadržavati više različitih artikala robe. Ovisno o vrsti skladišta i narudžbama, paletna jedinica se „razbija“ na više manjih dijelova i slaže nova transportna jedinica koja sadrži robu istog artikla kako bi se u nastavku lakše formirala nova transportna jedinica za sljedećeg primatelja u distribucijskom lancu. Da bi se proces prijema robe odvijao nesmetano, potrebno je prikupiti sljedeće ključne informacije: [6]

- Informacije o nadolazećim pošiljkama, kao što su vrijeme dolaska i sadržaj pošiljke,
- Informacije o zahtjevima kupca, kao što su narudžbe i očekivano vrijeme dostave,
- Informacije o dizajnu skladišta i rasporedu prijemnih rampi, kao i dostupna sredstva za rukovanje transportnim jedinicama.

2.2. Osnovne značajke skladišnog procesa pohrane robe

Proces pohrane sadrži preuzimanje robe iz prijemne zone te njezino odlaganje na određenu poziciju unutar skladišta. Lokacija može biti unaprijed određena od strane WMS-a, što ubrzava daljnji proces prikupljanja jer WMS omogućava skladišnom radniku uvid u spomenutu lokaciju te mu pruža i informacije o količini i vrsti artikla. Roba se može pohraniti u više odjela unutar skladišta. Jednom kada se specificiraju različiti odjeli, tada se odlučuje koja transportna jedinica će se odložiti u koji odjel, u kojim količinama i kojim pripadajućim metodama odlaganja. Nekada je ta odluka veoma jednostavna, primjerice, jedan dio skladišta se može prenamijeniti za posebno određenog kupca te će sva roba tog kupca biti pohranjena u tom odjelu. Također, jedan dio skladišta može biti namijenjen samo za paletiziranu robu, onda će se samo roba na paletama skladištiti u tom odjelu. [6]

Jednom kada je roba pohranjena očitava se lokacija kako bi sustav zabilježio robu na toj lokaciji. U tom slučaju, WMS onemogućava da druga roba bude pohranjena na poziciji koja je zauzeta. Vrijeme pohrane robe najviše ovisi o udaljenosti lokacije na koju se roba odlaže, a samim time raste vrijeme i trošak prikupljanja, koji prema Bartholdiu i Hackmanu iznosi 15% ukupnih troškova skladištenja. Postoji više načina za pohranu robe, odnosno dodjelu lokacije transportnoj jedinici. Najčešći su: [7]

- Slučajna lokacija,
- Najbliža lokacija,
- Dodijeljena lokacija
- Lokacija određena obrtom robe,
- Lokacija određena klasifikacijom robe.

Slučajna lokacija funkcionira tako da se svaka paleta u dolasku pohranjuje na lokaciju koja je slučajno odabrana iz spektra lokacija s istom vjerojatnošću. To rezultira visokom iskoristivošću prostora, međutim i produljenim trajanjem putovanja. Kod principa najbliže lokacije roba se pohranjuje na prvu slobodnu lokaciju što obično rezultira skladištem koje je popunjeno u blizini prijemne zone, a udaljeniji dijelovi skladišta ostaju prazni. Principom dodijeljene lokacije unaprijed se utvrđuje fiksna lokacija transportne jedinice. Od svih načina pohrane, ovaj koristi najmanje prostora, ali prednost je što skladišni radnici bolje pamte skladišne pozicije artikala, čime postaju brži i efikasniji. Lokacija određena obrtom robe klasificira robu prema njihovom obrtaju. Roba koja ima najveći obrtaj, odnosno najbrže se prodaje, locirana je bliže zonama za otpremu. Glavni nedostatak je taj što se potražnja za

artiklom ubrzano mijenja, a samim time i raspored artikala u skladištu. Lokacija određena klasifikacijom robe kombinira neke od spomenutih metoda. Najčešće koristi *Pareto analizu*³, a ona se temelji na tome da roba s najvećim obrtajem čini 15 % skladišnog prostora, ali pridonosi 85 % ukupnog obrtaja. Svaka kategorija robe zatim zauzima posebno mjesto u skladištu. Roba s najvećim obrtajem spada u A kategoriju, iduća spada u B i slično. [7]

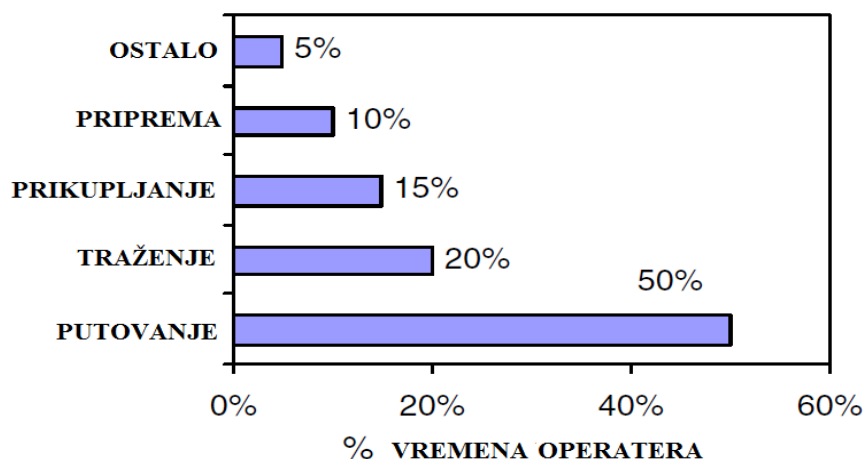
2.3. Osnovne značajke skladišnog procesa prikupljanja robe

Nakon procesa pohrane robe, dolazi proces prikupljanja. Vršiti se provjera robe prema količini kako bi se utvrdile dovoljne razine robe za ispunjenje narudžbe. Nastavno, kreiraju se popisi za operatore prema kojima se roba prikuplja, odnosno ispunjavaju narudžbe. U skladištu koje se promatra u ovom radu, operator je prilikom prikupljanja navođen putem WMS-a. Detaljnije, proces se sastoji od više kronoloških koraka: [8]

- Grupiranje i raspoređivanje narudžbi,
- Dodjeljivanje lokacija robe narudžbama,
- Izdavanje uputa za prikupljanje prema operaterima,
- Prikupljanje i otprema prikupljenih artikala.

Proces prikupljanja započinje kreiranjem narudžbe gdje se svaki unos na popisu sastoji od određenog artikla i količine. Unutar WMS sustava provjerava se mogućnost izvršenja narudžbe, prema traženim količinama i vrsti artikla. Način na koji WMS funkcionira je taj da sadrži sve informacije o pakiranjima proizvoda. Primjerice, ako u narudžbi postoji zahtjev za 15 istih proizvoda, sustav prvo provjerava pakiranje traženog proizvoda, točnije koliko proizvoda čini jedno pakiranje. Ukoliko jedno pakiranje čini deset proizvoda, tada će sustav ispisati potražnju za jednim pakiranjem te će odvojiti pet pojedinačnih komada, a na nalogu će biti pet unosa. Prikupljanje pojedinačnih pakiranja predstavlja zahtjevniji način prikupljanja. Što je manja jedinica pakiranja, zahtijeva se više rukovanja te se prikupljanje takvih pakiranja teže obavlja automatiziranim sustavima. [3] Sam proces prikupljanja se može razvrstati na više potprocesa, koji su prikazani na tablici 2.

³ Temelji se na razmatranjima talijanskog sociologa i ekonomista Vilfreda Pareta: „85% svjetskog bogatstva pripada 15% populacije.“



Slika 2. Potprocesi prikupljanja

Izvor: [9]

Potproces putovanje izuzima najviše vremena prilikom rada operatera, koje prema Tompkinsu [9] iznosi pola radnog vremena operatera, a slijede ga traženje, prikupljanje, priprema i ostali potprocesi. Posljedično, kod optimiziranja procesa prikupljanja najviše pažnje se posvećuje vremenu putovanja.

Prikupljanje može biti unutar proizvodnog ili distributivnog sustava. Proizvodni sustav podrazumijeva skladišta sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda. Kod distributivnih skladišta prikupljanje je faza u kojoj se nalozi stvaraju prema narudžbama za kupce, a kod proizvodnih nalozi se kreiraju za prilagođavanje sirovina/poluproizvoda potrebama proizvodnje i prilagođavanje gotovih proizvoda za otpremu ili novu proizvodnju. [10]

2.3.1. Ciljevi i svrha skladišnog procesa prikupljanja robe

Najčešći cilj sustava prikupljanja robe je maksimiziranje razine usluge u odnosu na ograničenja poput radnika, sredstava za prikupljanje i kapitalnog troška. Razina usluge ovisi o spektru faktora poput: vrijeme isporuke, točnost isporuke i pouzdanost. Ključna veza između prikupljanja i razine usluge je brzina: što brže je narudžba prikupljena prije će biti spremna za otpremu krajnjem kupcu. Ako narudžba ne ispuni svoj rok isporuke, potrebno je čekati idući period za isporuku. Također, kratko vrijeme isporuke podrazumijeva visoku fleksibilnost u rukovanju prilikom kasnih izmjena. Minimiziranje vremena prikupljanja je nužnost za svaki sustav prikupljanja. [8]

Glavni cilj je smanjenje prosječne udaljenosti putovanja, međutim postoje i drugi ciljevi kao što je smanjenje ukupnog troška (trošak ulaganja i operativni trošak.). Ostali ciljevi mogu biti:[8]

- Minimiziranje vremena isporuke narudžbe,
- Minimiziranje ukupnog vremena (ispunjenje svih narudžbi),
- Maksimalna iskoristivost prostora,
- Maksimalna iskoristivost opreme,
- Maksimalna iskoristivost rada,
- Maksimalan pristup svim artiklima.

Osnovna svrha procesa prikupljanja jest zadovoljavanje potreba korisnika koji su uputili narudžbe za određenu vrstu robe u određenim količinama. Pri zadovoljavanju potreba svih korisnika, bitnu ulogu imaju parametri koji uvelike utječu na razinu kvalitete tog procesa: produktivnost, brzina i točnost.

Produktivnost procesa prikupljanja može se promatrati na razini jednog sata ili na dužem vremenskom intervalu (dan, tjedan, mjesec). Uglavnom se rade mjerenja u intervalu od jednog sata. Prilikom prikupljanja, razina produktivnosti može se dobiti kao broj prikupljenih jedinica u određenom vremenskom intervalu. Te jedinice mogu biti pojedinačni artikli, paketi, palete i slično. U svakom slučaju, razina produktivnosti će se prikazati kao broj jedinica izuzetih sa stanja u određenom vremenskom intervalu.

Brzina prikupljanja je vrijeme potrebno za izvršenje procesa koje ovisi ponajviše o duljini putovanja, a može ovisiti i o periodu koji je potreban za traženje lokacije, pripremu paleta, prikupljanje sa pozicije, odlaganje u otpremnu zonu itd. Sve te aktivnosti predstavljaju bruto vrijeme prikupljanja, dok neto vrijeme prikupljanja predstavlja vrijeme potrebno za prikup stavki od prve do zadnje, bez ostalih popratnih aktivnosti. [11]

Također, važna je i točnost prikupljanja. Ako taj faktor nije ispunjen, greške kod prikupljanja povećavaju vrijeme i ukupne troškove. Kombinacija ova tri faktora pridonosi zadovoljavanju potreba korisnika, a samim time ispunjava svrhu prikupljanja robe.

2.3.2. Odluke skladišnog procesa prikupljanja robe

Tvrtke donose odluke o dizajnu i upravljanju sustavima prikupljanja na taktičkoj i operativnoj razini s različitim vremenskim razmakom. Odluke na tim razinama su: [1]

- Raspored tlocrta i dimenzioniranje skladišnog sustava (taktička razina),
- Pridruživanje proizvoda skladišnim lokacijama (taktička i operativna razina),
- Pridruživanje narudžbi grupama za prikupljanje i grupiranje prema zonama (taktička i operativna razina),
- Usmjeravanje operatera (taktička i operativna razina),
- Sortiranje prikupljenih artikala prema narudžbi i njihovo grupiranje (operativna razina).

Kod realiziranja navedenih odluka, odluke na različitim razinama se vrše neovisno. Primjerice, određeni tlocrt ili skladišni sustav može biti dobar za određene strategije usmjeravanja operatera, a loš za neke druge sustave. Zato, donositelji odluka se ograničavaju na jedno područje odjednom, a odluke se donose sekvencijalno. [1]

2.3.1. Osnovni principi skladišnog procesa prikupljanja robe

Postoje ključni principi koji se moraju ispuniti u svrhu veće brzine, točnosti i kvalitete procesa prikupljanja. Principi slijede u nastavku:[12]

- Učinkovit sustav za adresiranje u skladištu- to znači da svaki artikl u skladištu ima šifru i adresu koja označava njegovu poziciju u skladištu,
- Izbjegavanje ponovnog prebrojavanja,
- Korištenje dokumentacije- podrazumijeva se dokumentacija koja optimizira kretanje radnika unutar skladišnog prostora. Cilj je smanjenje nepotrebnog kretanja operatera,
- Maksimalno smanjenje vremena za ispunjavanje dokumentacije,
- Pouzdanost osoblja- podrazumijeva se obučenost osoblja. Osoblje koje posjeduje znanje i obučenost će raditi manje grešaka i osigurati nesmetano odvijanje procesa,
- Potvrđivanje narudžbi- svaki operater mora sa sigurnošću utvrditi pripadaju li prikupljene količine robe količinama navedenim u narudžbi.

2.4. Osnovne značajke skladišnog procesa otpreme robe

Proces otpreme može sadržavati određene prijestupne radnje kao što je primjerice pakiranje. Proces pakiranja može biti zahtjevan jer se svaki komad mora zasebno obraditi, međutim može poslužiti kao provjera točnosti ispunjenja narudžbe. Točnost ispunjenja je ključna mjera usluge, čime se pokušava osigurati njen maksimum. Nakon prikupljanja, roba se odlaže u zonu za otpremu, neposredno kraj otpremnih rampi. U tom području, roba se može još jednom provjeriti prema vrsti i količini, kako ne bi došlo do otpreme krive robe. Nakon provjere, kada je roba spremna, može se viličarima utovariti na prijevozno sredstvo i otpremiti.

Spomenuta provjera je veoma važna jer netočne narudžbe uzrokuju poremećaj procesa kod klijenta te generiraju povrate koji su izuzetno skupi. Nastoji se da se roba isporuči u što manje transportnih jedinica (pakiranja) kako bi se snizio trošak otpreme i svih pratećih radnji. Roba nakon pakiranja može biti skenirana kako bi se unijela u sustav kao spremna za ispunjenje narudžbe.

Važna je značajka da se u samom procesu otpreme rukuje većim jedinicama, primjerice paletnim jedinicama. Roba pripremljena za otpremu može se odložiti na unaprijed određeno mjesto unutar skladišta i čekati na ukrcaj. Navedeno zahtjeva više rukovanja pa iz tog razloga nije optimalno. Prilikom ukrcaja u transportno vozilo i samo vozilo može biti skenirano kako bi se označilo da je ukrcaj završen te da je roba u otpremi.

[3]

3. METODE PRIKUPLJANJA ROBE U SKLADIŠNIM SUSTAVIMA

U idućim poglavljima navest će se metode prikupljanja u skladišnim sustavima. Metoda prikupljanja je bitna sa stajališta ostvarenja profita, odnosno razmatra se vremenski najpogodnija i najučinkovitija metoda prikupljanja, koja će osigurati minimalne vremenske zastoje i što veću količinu prikupljene robe u vremenskom periodu. Postoje ograničenja koja utječu na sam odabir metode: trošak implementiranja sustava, raspored regala, broj radnika, vrsta skladišta, veličina skladišta itd.

3.1. Metode prikupljanja

U metode prikupljanja robe spadaju metode koje određuju sami način prikupljanja, a postoji metoda usmjeravanja, metoda odlaganja i metoda organizacije prikupljanja. Dva osnovna načina prikupljanja se odnose na broj radnika koji prikupljaju narudžbu: serijsko i paralelno prikupljanje. Daljnja podjela se odnosi na raspodjelu u kojoj čovjek ide prema robi ili roba prema čovjeku. To su: prikupljanje na mah, zonsko prikupljanje, grupno prikupljanje, diskretno prikupljanje te automatizirano prikupljanje u kojem roba ide prema radniku.

Metoda usmjeravanja, kao što sam naziv kaže, usmjerava radnika i određuje rutu prikupljanja. Skladišni objekti se razlikuju prema unutarnjoj organizaciji, odnosno svaki ima svoj raspored regala i pozicija koji određuje smjer kretanja. Operater se usmjerava na koji način i kojim putem će prikupljati robu sa skladišnih pozicija, u svrhu bržeg i efektivnijeg prikupljanja.

Pod metodu odlaganja spada određivanje skladišnih pozicija za određene artikle, odnosno robu. Ovom metodom se roba može grupirati prema vlastitim svojstvima. Odnosno, može se odvojiti roba koja sadrži opasne kemikalije od prehrambene robe ili prema nekim drugim svojstvima. [13]

3.1.1. Serijsko i paralelno prikupljanje

Serijsko prikupljanje podrazumijeva da je jedan radnik zadužen za prikupljanje tražene robe u određenom vremenskom periodu. Ono zahtijeva veći vremenski period za prikupljanje narudžbe, ali je potreban manji angažman pri organizaciji ljudi. U paralelnom sustavu podizanje robe se vrši istovremenim radom većeg broja radnika za realizaciju jedne narudžbe. Za razliku od serijskog, potreban je veći angažman ljudi, ali i manje vremena za realizaciju narudžbe.

Ključni pokazatelj učinkovitosti rada pojedinog skladišta je vrijeme potrebno za ispunjenje određene narudžbe. Prosječno vrijeme potrebno za podizanje nekog artikla sa stanja računa se temeljem promatranja i bilježenja vremenskih intervala podizanja roba jednog ili više radnika. Potrebno vrijeme se prikazuje po osobi/satima, a podaci dobiveni temeljem ovih izračuna pomažu pri odabiru pristupa i organizaciji načina prikupljanja roba u skladištu. [14]

3.1.2. Diskretno prikupljanje

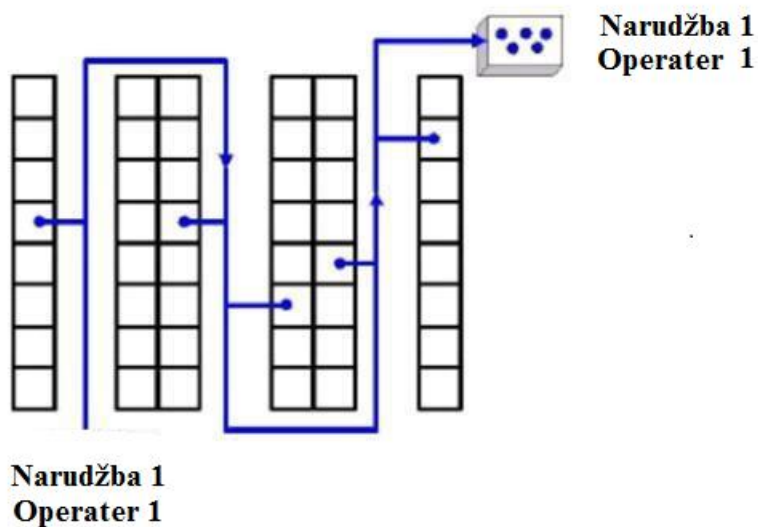
Ovo je način prikupljanja u kojem jedna osoba prikuplja artikle s narudžbe koje nisu raspoređene prema redoslijedu naručivanja, što je prikazano slikom 3. To znači da se narudžbe mogu odrađivati u bilo koje doba dana, odnosno radnog vremena. Ono ima svoje prednosti i nedostatke: [14]

Prednosti:

- Smanjena mogućnost pogreške,
- Brzina u reakciji prema korisniku,
- Jednostavnost.

Nedostaci:

- Dugi interval za ispunjavanje narudžbe,
- Najmanje produktivan način prikupljanja.



Slika 3. Diskretno prikupljanje

Izvor: [14]

3.1.3. Zonsko prikupljanje

Zonsko prikupljanje predstavlja alternativu diskretnom prikupljanju., gdje se područje za prikupljanje može podijeliti na više zona. Svakom radniku je dodijeljena zona za prikupljanje te u toj zoni prikuplja artikle za više narudžbi. Kasnije se prikupljeni artikli sortiraju prema narudžbama. Kada se uspoređuje s drugim metodama prikupljanja, zonsko prikupljanje ne privlači puno pažnje s obzirom na njezin utjecaj na performanse sustava za prikupljanje. [8]

Prednosti zonskog prikupljanja su: [8]

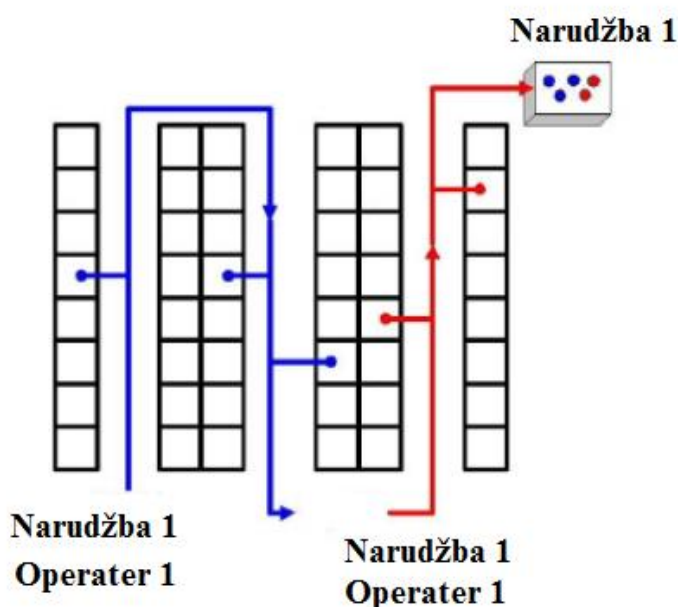
- Malo područje prikupljanja,
- Manja zagušenja,
- Operateri brzo upamte lokacije artikala.

Nedostaci zonskog prikupljanja: [8]

- Narudžbe se prikupljaju odvojeno,
- Narudžbe je potrebno naknadno sastavljati.

Postoje dva pristupa zonskom prikupljanju. Prvi je *progresivno sastavljanje narudžbe* u kojem jedan operater započinje s prikupljanjem narudžbe. Kada završi s prikupljanjem, svoju listu za prikupljanje predaje drugom operateru koji nastavlja sa prikupljanjem. Tim slijedom, prikupljanje narudžbe je završeno kada se prikupe sve relevantne zone. Problem kod ove vrste prikupljanja je taj da se rad mora jednako podijeliti na sve operatere.

Drugi pristup je *paralelno prikupljanje*. U ovom pristupu veći broj radnika istovremeno prikuplja narudžbu unutar svoje zone. Kada se prikupljanje završi, djelomično prikupljene narudžbe se grupiraju. U praksi, zonsko prikupljanje se temelji na svojstvima artikla kao što su dimenzije, težina, temperatura skladištenja i sigurnosni zahtjevi. [8] Prikaz zonskog prikupljanja je na slici 4.



Slika 4. Zonsko prikupljanje

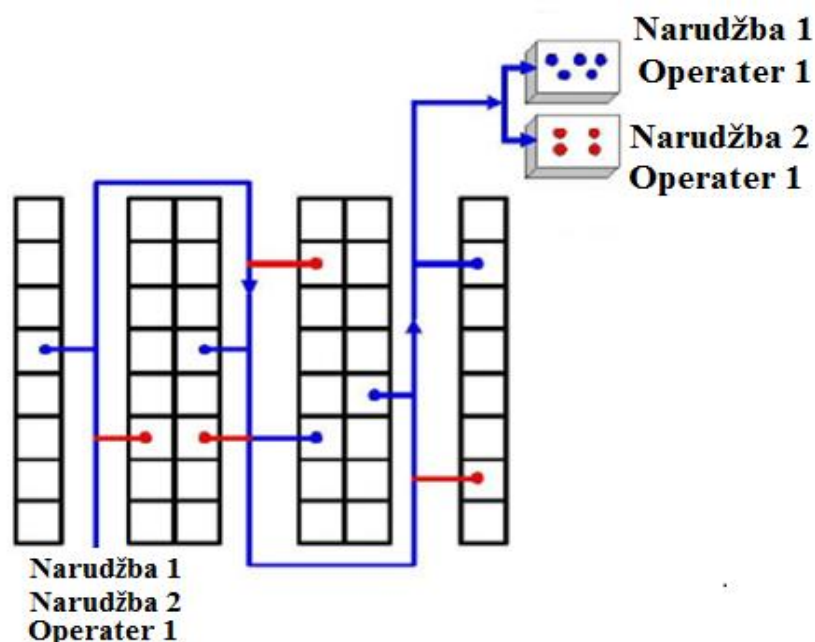
Izvor: [14]

3.1.4. Grupno prikupljanje

Kada postoje velike narudžbe onda se svaka narudžba može individualno prikupljati (jedna narudžba po turi). Takav način prikupljanja se zove diskretno prikupljanje, međutim kada postoje male narudžbe tada se dolazi do grupnog prikupljanja. Vrijeme prikupljanja se može reducirati ako se veći broj narudžbi prikuplja u jednoj turi. Ovom metodom grupa narudžbi se grupira u određeni broj pod-grupi, od kojih se svaka može prikupiti jednim slijedom prikupljanja. [8]

Postoje dva kriterija za grupno prikupljanje: prikupljanje u neposrednoj blizini i vremenski prozori (*eng. Time windows*). Kod prikupljanja u neposrednoj blizini, narudžbe se grupiraju prema njihovoj međusobnoj udaljenosti na skladišnim pozicijama. Najveći problem ove metode je mjerenje udaljenosti između narudžbi. [15]

Prikupljanje unutar vremenskog prozora podrazumijeva da narudžbe koje dolaze unutar istog vremenskog intervala se grupiraju. Ove narudžbe se procesuiraju istovremeno u sljedećim fazama. Ako nije moguće razdvajati narudžbe (svaki operater prikuplja cijelu narudžbu) moguće je sortirati artikle prema narudžbi tijekom procesa prikupljanja. Povećan je rizik od pogrešaka pri sortiranju te točnosti pri kompletiranju narudžbe. [16] Prikaz grupnog prikupljanja je na slici 5.



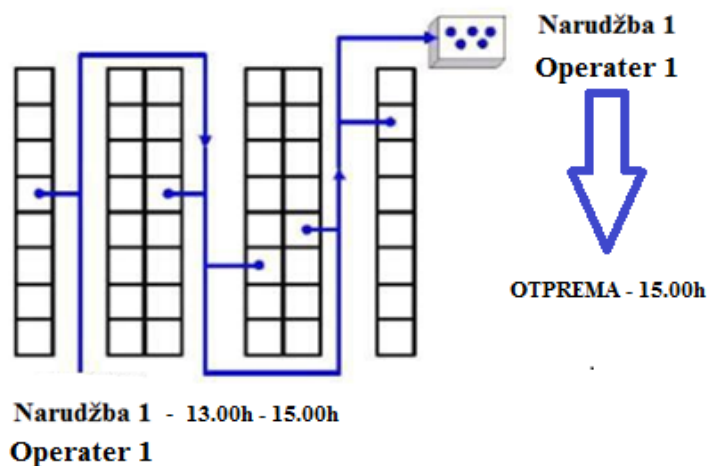
Slika 5. Grupno prikupljanje

Izvor: [14]

3.1.5. Prikupljanje na mah

Prikupljanje na mah podrazumijeva da jedna osoba prikuplja artikle sa stanja za jednu narudžbu te je u tom pogledu slična diskretnom prikupljanju. Osnovna razlika je ta da se izabiru narudžbe koje će se ispuniti u nekom vremenskom intervalu. Narudžbe se raspoređuju tako da se prikupljaju u određenim vremenskim razdobljima tijekom dana. To omogućuje da se procesi prikupljanja i otpreme vremenski usklade, što rezultira manjim vremenskim gubicima. [14] Na slici 6 nalazi se grafički prikaz prikupljanja na mah, u kojem jedan operater

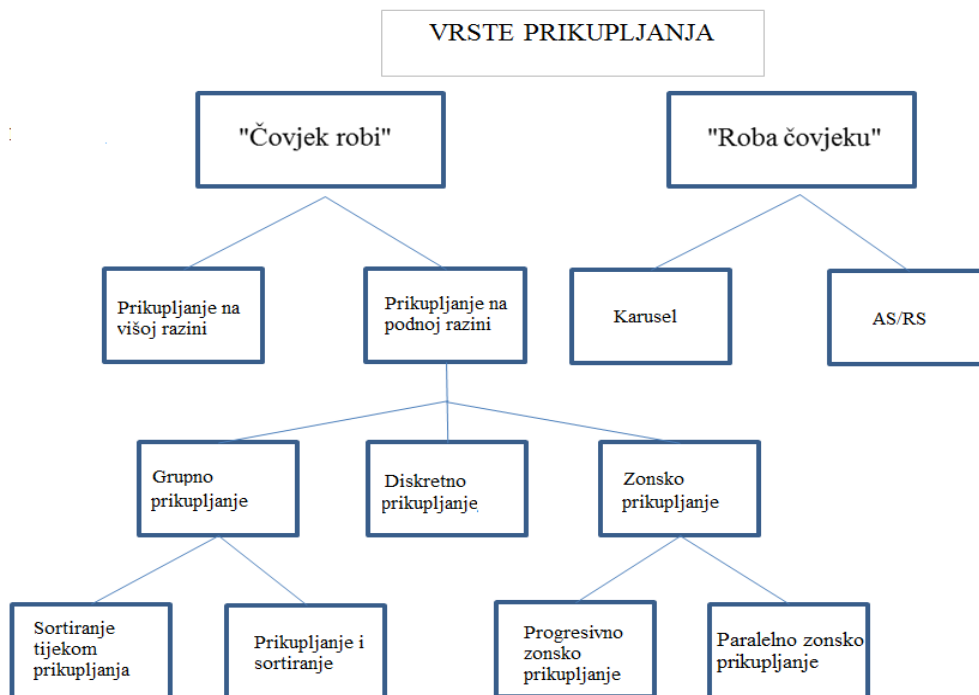
robu prikuplja dva sata u vremenskom razdoblju od 13.00h do 15.00h, očekujući otpremu u 15.00h.



Slika 6. Prikupljanje na mah
Izvor:Prilagodio autor iz izvora [14]

3.2. Podjela prikupljanja prema principu kretanja operatera

Prikupljanje zahtijeva kretanje materijala i operatera. Ovisno o tome koja strana je u pokretu razlikuju se kretanja „Roba čovjeku“ i „Čovjek robi“. Detaljnija podjela tih dvaju vrsta prikupljanja je prikazana grafikonom 1.



Grafikon 1. Vrste prikupljanja s obzirom na kretanje materijala/operatera

Izvor: Izradio i prilagodio autor iz izvora [17]

Rijetko se koristi prikupljanje na višim razinama zbog ograničenog kretanja proizvoda i otežanog prikupljanja robe. Operater mora pristupiti lokaciji na visokoregalnom viličaru. Smješten u sigurnosnoj košari se podiže do određene lokacije, što produžuje vrijeme prikupljanja.

Prikupljanje na podnoj razini je učestalije od prikupljanja na višim paletnim pozicijama. Ima razne prednosti: lakša implementacija, niži početni troškovi i troškovi održavanja. Kao što je prikazano na grafikonu 1, prikupljanje na podnoj razini se može podijeliti na grupno, diskretno i zonsko prikupljanje koja su pojašnjena u prethodnim poglavljima. [18]

Progresivno zonsko prikupljanje i paralelno zonsko prikupljanje je pojašnjeno u poglavlju 3.1.3. *Zonsko prikupljanje*.

3.2.1. Prikupljanje po principu „Čovjek prema robi“

Prilikom prikupljanja prema principu "čovjek robi" (*eng. picker-to-part*) operater se kreće hodajući ili vozeći se na transportnom sredstvu do lokacije sa koje treba izuzeti materijal. Kako se aktivnost izuzimanja najčešće obavlja u prolazima između regala, ova grupa sustava vrlo se često naziva i sustavi "u prolazima" (*eng. in-the-aisle*). [18]

Postoje razna transportna sredstva kojima se operater kreće po skladištu i izuzima robu sa stanja. Ručni viličari se najčešće upotrebljavaju kod uskladištenja paletizirane i komadne robe te prilikom iskrcaja kontejnera, pomorskih, željezničkih, cestovnih i zračnih prijevoznih sredstava. Ručni viličari služe za podni transport u uvjetima kada nije potrebno slaganje tereta u veće visine. [19]



Slika 7. Ručni viličar

Izvor: [19]

Prilikom prikupljanja prema principu „čovjek robi“ skladišni radnici najčešće koriste električne viličare predviđene za prikupljanje. Električni viličari ne postižu veliku brzinu, njihova brzina je usporediva ljudskom hodu te kao takvi ne predstavljaju veliku prijetnju sigurnosti radnika. Maksimalna visina podizanja palete je tri metra te ujedno omogućava slaganje više paleta i podizanje radnika na višu razinu regala, koji pritom prikuplja robu uz pomoć sigurnosne košare. [19]



Slika 8. Električni viličar

Izvor:[20]

Visokoregalni viličari koriste se u visokoregalnim skladištima za izuzimanje robe sa skladišnih pozicija na višim razinama. Prilikom prikupljanja, svaka skladišna zona nakon što se isprazni zahtjeva popunu, a upravo su za takve popune potrebni visoko regalni viličari. Vozači visoko regalnih viličara prikupljaju uz asistenciju ekrana i čitača koji su ugrađeni na upravljačku ploču viličara te su vođeni WMS sustavom. Postižu brzine i do 25 km/h, ali zbog sigurnosti nije neuobičajeno da se njihova brzina ograničava. [19]



Slika 9. Visokoregalni viličar

Izvor: [20]

3.2.2. Prikupljanje prema principu „Roba prema čovjeku“

„Roba čovjeku“ nije toliko često korištena metoda zbog velikih troškova, težeg procesa implementacije i same konfiguracije te visokih troškova održavanja. U ovom sustavu roba koja se treba prikupiti kreće se prema operateru. Ovaj sustav se može i nazvati automatiziranim sustavom, operater se nalazi na fiksnoj poziciji u skladištu dok sustav robu mehanički doprema operateru. Takav sustav ima više oblika: [10]

- AS/RS (*engl. Automated Storage and Retrieval Systems*),
- Karuseli.

Visoko regalna automatizirana skladišta (AS/RS) su najpoznatiji primjer ovog sustava prikupljanja. Upotrebom automatske visoko regalne dizalice roba se izuzima sa stanja te doprema na fiksnu lokaciju na kraju regalnog prolaza, gdje se nalazi operater. Prilikom prikupljanja cijelih paleta, ona se odvozi u zonu otpreme viličarom ili konvejerom. Kod prikupljanja manjih jedinica, na primjer kutija, operater na fiksnoj lokaciji izuzima količinu koja mu je potrebna, a količina koja nije prikupljena vraća se na regal automatskom dizalicom. Na slici 10. nalazi se prikaz AS/RS sustava kod prikupljanja kutija. [10]



Slika 10. Prikupljanje manjih jedinica AR/RS sustavom

Izvor: [21]

Prednosti AS/RS-a: [22]

- Povećana iskoristivost skladišnog prostora,
- Povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha,
- Smanjenje troškova ljudskog rada,
- Povećanje sigurnosti na radu,
- Povećana zaštita materijala,
- Točnost operacija.

Nedostaci: [22]

- Visoki investicijski troškovi,
- Povećani zahtjevi održavanja,
- Povećani zahtjevi za tolerancije,
- Nefleksibilnost.

Karusel je regal koji se sastoji od većeg broja ladica koje se rotiraju horizontalno ili vertikalno i tako doprema ladicu do fiksne pozicije gdje operater vrši izuzimanje. Na slici 11 nalazi se prikaz horizontalnog karusela.



Slika 11. Horizontalni karusel

Izvor: [23]

Prikupljanje se najčešće izvodi s automatiziranim izvedbama, pri čemu se narudžbe iz centralnog računala proslijeđuju računalu karusela. Karuseli se često primjenjuju u operacijama prikupljanja s jako velikim brojem narudžbi. [13]

3.3. Načini prikupljanja

Ovisno o skladišnom sustavu i željenoj efikasnosti i efektivnosti prikupljanja, postoji više načina kojima operater vrši prikupljanje robe. Glavna razlika između načina prikupljanja koji će biti navedeni jest prijenos informacije o lokaciji izuzimanja prema operateru. Operater u tom slučaju informaciju o lokaciji prikupljanja može dobiti putem papirnatih liste, bar-kod čitača, RFID⁴ (*eng. Radio Frequency Technology*) tehnologijom, navođen svjetlom ili glasovnim naredbama. U sljedećim poglavljima detaljnije će se opisati navedeni načini prikupljanja.

3.3.1. Prikupljanje primjenom papirnatih liste

Prikupljanje papirnatih listama je osnovni način prikupljanja u skladišnim sustavima te zahtijeva najniže troškove implementacije. Operater na papiru zaprima listu s artiklima za ispunjenje narudžbe, bilježi količinu artikala na listi te započinje put s odgovarajućim transportnim sredstvom na željenu lokaciju. Nakon što pronađe željenu lokaciju, identificira artikle s regala (ako se radi o regalnom skladištu) prema vrsti i količini te se proces nastavlja sve dok ukupna količina na listi ne bude prikupljena. Performanse operatera kod prikupljanja mogu varirati ovisno o njihovim kognitivnim sposobnostima, a u ovakvom sustavu prikupljanja moguće su mnoge greške kod prebrojavanja i identifikacije artikla. [24]



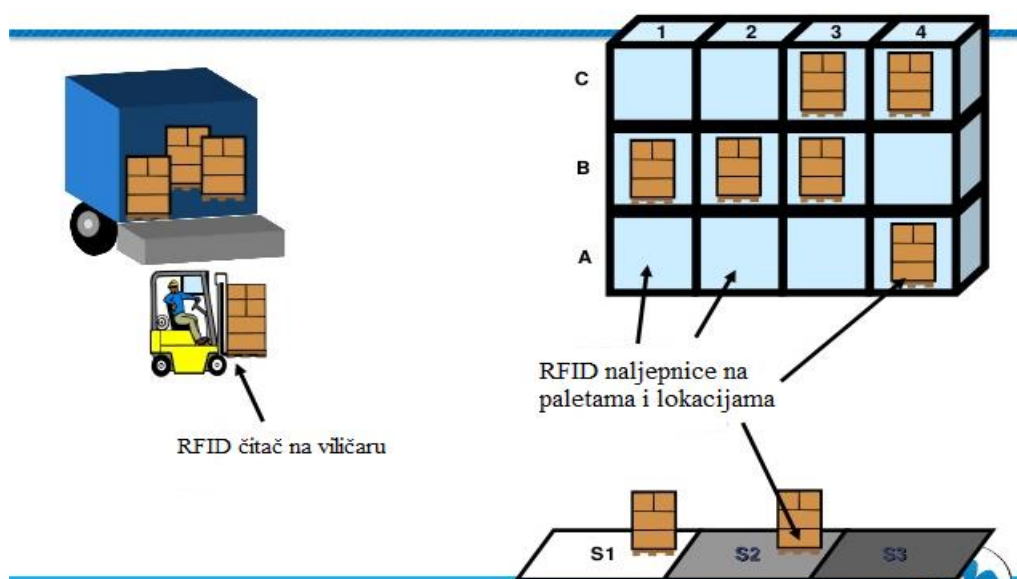
Slika 12. Prikupljanje primjenom papirnatih liste

Izvor:[25]

⁴ RFID- tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i računala.

3.3.2. Prikupljanje primjenom RF uređaja

RFID tehnologija funkcionira na temelju prijenosa podataka putem radijske frekvencije. Osnovni element sustava predstavlja RFID naljepnica koja se ugrađuje u proizvod ili pričvršćuje uz njega. Svaka naljepnica predstavlja nositelja informacija na kojemu može biti zapisan cijeli niz informacija (sastav, porijeklo, količina itd.). Uređaj koji je u RFID sustavu zadužen za komunikaciju s naljepnicom naziva se RFID čitač. Nakon što prikupi podatke s naljepnice proizvoda, šalje ih računalu te predstavlja direktnu vezu između naljepnice na artiklu i informacijskog sustava. Čitači mogu biti ručni (prijenosni) ili u obliku RFID prolaza. Prednosti ove tehnologije su: čitljivost s udaljenosti, veća brzina očitavanja podataka s velikog broja proizvoda, mogućnost zapisivanja veće količine podataka na proizvod. Osnovni nedostatak RFID tehnologije je znatno veća cijena naljepnice odnosu na barkod naljepnice, a i nemogućnost 100 postotnog očitavanja u različitim uvjetima. [26] Na slici 13 nalazi se ilustracija RFID tehnologije u skladišnom sustavu.



Slika 13. RFID u skladištu

Izvor:[27]

3.3.3. Prikupljanje primjenom barkod čitača

U velikom broju skladišnih sustava zastupljeno je prikupljanje barkod čitačem. Svaki artikl i skladišna lokacija imaju na sebi naljepnicu. Na barkod čitaču prikazane su informacije o vrsti i nazivu robe, lokaciji artikla, količini robe koja se treba prikupiti itd. Nakon što operater prikupi pojedini artikl sa skladišne pozicije, skenira barkod naljepnicu na poziciji i artiklu te potvrđuje da je roba izuzeta sa stanja. Zatim zaprima daljnje informacije o idućem

artiklu, sve do ispunjena narudžbe. Prednost ovakvog načina prikupljanja je taj da vodi operatera najkraćom rutom u skladištu čime se povećava efikasnost prikupljanja i točnost u ispunjenu narudžbe. [28]



Slika 14. Barkod naljepnice na skladišnim pozicijama

Izvor: [29]

3.3.4. Prikupljanje primjenom glasovnog i svjetlosnog navođenja

Sustavi glasovnog i svjetlosnog navođenja (*eng. Pick to light; Pick to voice*) zahtijevaju visoki trošak implementacije i održavanja rada sustava. Iako je trošak implementacije veoma visok, ovakvi načini prikupljanja omogućuju veću produktivnost pojedinca i cjelokupnog skladišnog sustava. Radnik tokom rada nije opterećen ručnim uređajima i papirom, odnosno ovakav sustav eliminira sva opterećenja vezana za pronalazak lokacije. [30]

Postoje razne prednosti ovakvih sustava: [30]

- Kraće vrijeme traženja lokacije,
- Slobodne ruke za manipulativne aktivnosti,
- Povećanje točnosti ispunjenja narudžbe,
- Optimizacija rute prikupljanja,
- Mogućnost obrade hitnih naloga,
- Ažuriranje zaliha kroz interaktivno prikupljanje,
- Podrška kontinuiranoj kontroli zaliha,
- Reduciranje sigurnosne zalihe
- Mogućnost memoriranja podataka o aktivnostima
- Reducirano vrijeme obuke novog osoblja.

Na slici 15. nalazi se prikaz prikupljanja glasovnim navođenjem.



Slika 15 Prikupljanje glasovnim navođenjem

Izvor: [31]

Glasovno navođenje je najpristupačniji način prikupljanja od svih navedenih te nudi sve navedene prednosti. Budući da pri radu računalno proizvodi i prima glasovne naredbe, sama samostalna sistema je otežano razumijevanje glasa, rad u okruženju povećane razine buke te mogućnost odbijanja naredbi. Sustav svjetlosnog navođenja operatera koristi sučelje za prikaz lokacije i količine potrebnog artikla koji može biti instaliran na regalu. [30]

4. PRIMJENA METODE PRAĆENJEM VIZUALNE DETEKCIJE OPERATERA

Ovo poglavlje je posvećeno pregledu dosadašnjih istraživanja na polju primjene vizualne detekcije i korištenja laboratorijske opreme *Tobii Pro Glasses 2*. Praćenje zjenice oka prilikom obavljanja pojedinih aktivnosti osigurava veliku količinu informacija koje uvelike mogu biti korisne u istraživanjima. Danas se bilježi veliki porast razvoja takve tehnologije i to u različitim područjima znanosti kao što su: marketing, psihologija, sestrinstvo te kliničke svrhe, promet i sl. [32]. Glavna prednost je sve veća dostupnost tehnologije koja omogućuje prikupljanje informacija na takav način te mogućnost analize detekcije i prijedloga poboljšanja.

4.1. Općenito o vizualnoj detekciji

Praćenje pogleda je proces detekcije i praćenja usmjerenosti pogleda osobe koja gleda. Većina sadašnjih sustava za praćenje kretanja oka se temelji na snimanju područja oka upotrebom video tehnologije i izvora infracrvene svjetlosti. Oko je glavni organ kojim čovjek percipira prostor oko sebe, a informacije o svijetu koji ga okružuje prikuplja usmjeravajući svoj pogled prema interesnom objektu. Samo praćenje oka može biti izvedeno koristeći metode podijeljene u 3 kategorije: [33]

- Elektro-okulografija,
- Leće,
- Video-okulografija.

Elektro-okulografija kao izvor promatranja koristi električno polje koje mijenja svoj potencijal, sukladno kretanju oka. Elektrode se postavljaju na kožu koja okružuje samo oko te se detektiraju navedene promjene potencijala oka. Oprema za takvu vrstu detekcije je skupa, ali njezina prednost je da na krajnji rezultat ne utječu leće i naočale.

Korištenje kontaktnih leći je najpreciznija metoda za praćenje pogleda subjekta. Korisnik mora samu leću (koja je spojena žicama) umetnuti u oko, veoma je invazivna metoda te se primjenjuje samo u laboratorijskim istraživanjima.

Video-okulografija je metoda koja koristi kameru za snimanje kretanja zjenice oka te je kao takva najmanje invazivna metoda od navedenih. Upotreba takvog sustava će biti razmatrana u daljnjem radu. [33]

Takvi sustave koji koriste video tehnologiju za praćenje kretanja oka se mogu podijeliti na dva sustava. Udaljeni sustav praćenja i sustavi montirani na glavi subjekta. Kod

sustava za udaljeno praćenje, kamera i izvori svjetlosti se nalaze pokraj ekrana tako da ih promatrani subjekt nije ni svjestan. Sustavi koji se montiraju na glavu korisnika koriste naočale ili kacigu na kojoj se nalazi kamera i izvor svjetlosti. [33]

Tijekom procesa kretanja oka, kretnje oka sadrže sakade⁵. Amplituda tih kretnji ne prelazi 8° i duljinu od 20-200ms, ovisno o amplitudi. Latentnost⁶ se kreće u rasponu od 100-300ms. Latentnost se također povećava kada se funkcionalno vizualno polje proširi na perifernu zonu ili kada je potrebna velika preciznost u lociranju objekta. Međutim, sakade treba razlikovati od tri ostala tipa kretanja oka: [34]

- Potraga,
- Vergencija,
- Vestibularne kretnje.

Potraga se događa kada oko slijedi objekt koji se kreće. Brzina kretnje očiju je tada mnogo sporija od sakada, manje od 30°/s. Ako se objekt kreće brzo u cijelom vizualnom polju, potrazi se često pridružuju sakade da bi se objekt locirao.

Vergencija predstavlja kretnje oka koje se javljaju kada se oči fokusiraju na središnji dio vizualnog polja, na objekt u neposrednoj blizini. Ove kretnje se također javljaju kada se objekt približava ili udaljava, a kada se objekt udaljava i istovremeno kreće lateralno, javlja se kombinacija potrage i vergencije. Vergencije su veoma spore, rijetko veće od 10°/s.

Vestibularne kretnje se javljaju kao kompenzacija za kretnje glave i tijela, kako bi se održao isti smjer gledanja. Ovakve kretnje su veoma brze, brže od potrage i preciznije. [34]

⁵ Sakade- ubrzane kretnje oka pri brzinama od 500°/s do 800°/s.

⁶ Latentnost- vrijeme od pojave objekta u vizualnom polju do početka kretnje oka.

4.2. Istraživanja o vizualnoj detekciji

Povijest praćenja vizualne detekcije očiju seže do 18. stoljeća. Godine 1792. Wells je koristio slike kako bi opisao kretanje očiju, a u 19. stoljeću Javal i Lamare prikupljaju zvučne pokrete očiju, mehaničkim spajanjem s ušima gumenim vrpčama. Godine 1901. Dodge i Cline napravili su prva neinvazivna mjerenja pokreta očiju (samo horizontalni pokreti oka) pomoću fotografske metode i svjetlosnih refleksija očiju. [35]

Istraživanja o vizualnoj detekciji čitanja započeta su 1930-ih. 1931., Earl i Taylor su razvili 2 uređaja pod nazivom optalmograf i metronoskop što je omogućilo točno bilježenje kretnji oka te prije svega sakada i fiksacija. [34]

Godine 1939. Jung je mjerio vertikalno i vodoravno pomicanje očiju istodobno s elektrodama koje su nanosene na kožu blizu očiju. Ova metoda je nazvana elektro-okulografija te mjeri električna polja oka. Metoda je također pružila prvu mogućnost obrade podataka o pogledu u realnom vremenu pomoću analogne elektronike. [35]

Prvi uređaj za vizualnu detekciju oka u obliku kacige, opremljen mini kamerom razvili su Hartridge i Thompson. Unaprijedili su ga Shackel 1960. te Mackworth i Thomas 1962. 1967. Yarus započinje istraživanja koristeći vlastiti okulometar te je tako otvorio novu granu istraživanja. Era modernog istraživanja vizualne detekcije započela je 1970-ih istraživanjima Younga i Sheena te njihovih nasljednika. U kasnim 1970-ima marketinške agencije su počele koristiti vizualnu detekciju u svrhu kontrole vidljivosti određenih elemenata oglasa. Kasnije, tehnika se primjenjuje kod drugih agencija i među kreatorima Internet stranica. Ona omogućuje minimiziranje i optimizaciju reklamnih poruka, a istovremeno i veću efektivnost samih reklama. Poznata su razna istraživanja o praćenju vizualne detekcije vozača, a prvo istraživanje na tu temu je objavio Soliday 1971. [34]

Tijekom 1980-ih, mini računala su postala dovoljno razvijena za praćenje oka u stvarnom vremenu i to je omogućilo upotrebu video tehnologije za interakciju s računalom. Od 1990-ih do danas, zabilježeno je stalno povećanje upotrebe uređaja za vizualnu detekciju. Sve niže cijene sustava za vizualnu detekciju uzrokovale su širu uporabu obično za istraživanje tržišta ili studije upotrebljivosti. [35]

Do danas, istraživanja su napravljena na gotovo svim poljima, a neka od njih koje je autor pronašao su: promet (sigurnost automobilske prometa, biciklistički promet, detekcija prometnih znakova, logistika itd.), medicina, marketing, turizam, psihologija, neuroznanost, video igre itd.

4.3. Oprema za vizualnu detekciju Tobii Pro Glasses 2

Tobii Pro Glasses 2 je mjerni uređaj namijenjen vizualnoj detekciji, napravljen za promatranje kretanja zjenice oka određenog subjekta u bilo kojem okruženju. Napravljen je u obliku naočala koje su opremljene kamerama za snimanje pogleda subjekta. Namijenjen za istraživanja na raznim poljima, pruža uvid u ljudsko ponašanje prikazujući točno što osoba gleda u stvarnom vremenu. Istraživači saznaju kako ljudi komuniciraju s okruženjem, što im uzima pažnju te što im utječe na ponašanje i donošenje odluka. Također, može se koristiti kao alat za obuku, prijenos sposobnosti i poboljšanje performansi. Sustav je neinvazivan, prikuplja široki kut pogleda te subjekti koji nose navedenu opremu mogu slobodno okretati glavu u bilo kojem smjeru. [36]

Sustav je opremljen programom za bežično promatranje u stvarnom vremenu što omogućuje punu kontrolu nad istraživanjem. Jednom snimljeni podaci mogu se pohraniti u obliku video sadržaja ili slikovnih prikaza, pomoću kojih se mogu kvantificirati podaci i izvlačiti statistike. Na slici 16. prikazane su *Tobii Pro Glasses 2* naočale.



Slika 16. Tobii Pro Glasses 2

Izvor:[37]

Tobii Pro Glasses 2 oprema danas se koristi u različite svrhe, dok je glavna svrha naočala snimanje i praćenje zjenice oka korisnika. Nakon analize dobivaju se toplinske mape sa uvidom u fokus oka tijekom određenog promatranog vremenskog perioda. Na slici 17 nalazi se prikaz opreme *Tobii Pro Glasses 2* sa pripadajućim komponentama.[37]



Slika 17. Komponente naočala Tobii Pro Glasses 2

Izvor:[37]

U nastavku slijedi popis komponenti Tobii Pro Glasses 2 sa slike 17: [37]

1. Naočale za praćenje pokreta zjenice oka,
2. Uređaj za pohranu podataka koji je preko HDMI (*engl. High-Definition Multimedia Interface*) kabela spojen s naočalama,
3. Računalo s upravljačkim programom,
4. HD (*engl. High-Definition*) kamera za snimanje okoline - kamera snima video visoke razlučivosti prostora koji se nalazi ispred osobe koja nosi naočale,
5. Mikrofon - bilježi zvučne signale osobe koja nosi naočale i okoline,
6. Senzor za praćenje zjenice oka - prati smjer u kojem je zjenica oka usmjerena,
7. Infracrveno osvjetljenje - osvjetljava oči kako bi senzori za praćenje očiju mogli neometano raditi,
8. Mikro HDMI konektor koji je povezan sa uređajem za pohranu podataka,
9. Držač HDMI kabela,
10. Zaštitne leće koje mogu biti prozirne ili zatamnjene,
11. Zamjenjivi nosni nasloni.

Navedeni sustav uključuje četiri kamere, širokokutnu HD kameru koja omogućuje snimanje u okvirima stvarnog vidnog polja i programski paket za obradu prikupljenih podataka *Tobii Pro Glasses Analyzer*. Osim navedenog, naočale su opremljene mikrofonom te uređajem koji omogućava prijenos informacija [36].

Podaci su pohranjeni na jedinicu broj dva sa slike 17 za pohranu podataka. Jedinicu za pohranu subjekt drži oko struka te ima 32GB (*eng. gigabyte*⁷). Procesuiranje podatke prikupljene s oka subjekta te 30 minuta snimanja obično zauzima 1GB prostora. Sustav je spojen na računalo ili *tablet* i omogućuje istraživaču da vidi što subjekt vidi u realnom vremenu. Naočale se spajaju na sustav putem Wi-Fi (*eng. Wireless Frequency*) mreže ili mrežnog kabela. Ako dođe do prekidanja veze između naočala i sustava, podaci se i dalje lokalno spremaju na spomenutu jedinicu za pohranu podataka. Sustav je izrađen na način da što manje opterećuje osobu koja se njime služi, subjekt stavlja naočale na glavu i podaci se spremaju prije opisanim putem. Na početku postoji kalibriranje koje traje 5-15 sekundi, a sastoji se od toga da subjekt prati točku na ekranu koja mu se prikaže. [38]

⁷ Gygabyte- mjerna jedinica količine podataka u računarstvu.

Specifikacije naočala *Tobii Pro Glasses 2* opreme nalaze se u nastavku:

Tablica 2. Specifikacije Tobii Pro Glasses 2 naočala

Broj kamera	4
Senzori	Žiroskop i akcelerometar
Format kamere	1920 x 1080 piksela, 25 fps
Vidno polje kamere	90° 16:9
Kut snimanja	82° horizontalno, 52° vertikalno
Snimanje zvuka	Da
Dimenzije okvira	179 x 159 x 57 mm
Težina	45g

Izvor:[39]

1920 x 1080 piksela predstavlja HD rezoluciju snimljenog materijala, sa 25 fps⁸ (*eng. frames per second*). Težina iznosi 45 grama te ne predstavlja odstupanje od težine klasičnih naočala za korekciju vida. Na tablici 3 prikazane su specifikacije uređaja za pohranu podataka.

Tablica 3. Specifikacije Tobii Pro Glasses 2 uređaja za pohranu podataka

Radno vrijeme baterije	120 min
Pohrana podataka	SD kartica
Konektor	HDMI, Micro USB, Audio 3.5 mm
Bežična mreža	2.4GHz & 5GHz
Dimenzije	130 x 85 x 27 mm
Težina	312g

Izvor: [39]

Neprekidno vrijeme trajanja jednog punjenja baterije iznosi dva sata, a memorija se pohranjuje na prijenosnu SD karticu (*eng. Secure Digital Card*). Prema podacima sa službene Tobii Pro stranice, koristeći se tom opremom napravljeno je već gotovo 2000 istraživanja na raznim poljima kao što su: psihologija, neuroznanost, edukacija, zdravlje i medicinska istraživanja, učinkovitost ljudi na radu, marketing, oftalmologija, razvoj programa, transport itd. [40]

Bitno je naglasiti da se oprema *Tobii Pro Glasses 2* do sada nije koristila za istraživanja vezana uz skladišno poslovanje. Iznimka je irska IT kompanija *Heavey RF* koja 2016. godine prva počela nuditi korištenje sličnih tehnologija kao što je *Tobii Pro Glasses 2* u logističkom sektoru.

⁸ Fps (*eng. frames per second*)- frekvencija u kojoj uređaj izrađuje jedinstvenu sliku te iz koje nastaje animacija.

5. ANALIZA PRIKUPLJANJA ROBE SA WMS-U POZNATOM LOKACIJOM ARTIKLA LABORATORIJSKOM OPREMOM TOBII PRO GLASSES 2

U ovom poglavlju naglasak je na prikupljanju robe WMS-om, odnosno WMS-u poznatom lokacijom artikla. U nastavku će se navesti važnost prikupljanja WMS-om, princip rada istog te svojevrsni uvod u istraživanje koje je provedeno u skladištu hladnog lanca na teritoriju Republike Hrvatske. Detaljnije će se opisati prikupljanje artikala u uvjetima kada je WMS-u unaprijed poznata lokacija artikla koji se izuzima sa stanja. Biti će pojašnjen tijekom terenskog istraživanja provedeno laboratorijskom opremom *Tobii Pro Glasses 2*, kao i skladišni uvjeti u kojim je istraživanje provedeno. Zatim analiza dobivenih podataka obrađenih računalnim programom *Tobii Pro Glasses Analyzer* i rezultati istraživanja.

5.1. Informacijska podrška skladišnim sustavima

Informacijska podrška skladišnim sustavima podrazumijeva sve aktivnosti koje su vezane za prikupljanje, čuvanje, obradu i raspodjelu podataka. Kao ključan dio skladišnog poslovanja nameće se ERP (*eng. Enterprise Resource Planning*) i WMS, čije će se uloge detaljnije pojasniti. Uloga WMS-a je bitna kod dodjeljivanja lokacije samom artiklu, odnosno kod prikupljanja robe gdje postoji veći broj logičkih metoda kojima se određuje put i lokacija prikupljanja.

5.1.1. ERP kao podrška skladišnom poslovanju

Korištenje informatičke tehnologije u skladišnom sustavu se koristi u svrhu konkurentnog, efikasnijeg i novčano isplativijeg poslovanja. Sam ustroj poslovanja se razlikuje ovisno o djelatnosti koja se obavlja, a to mogu biti trgovinske, uslužne ili proizvodne djelatnosti. To znači da ne postoji jedinstveni informacijski sustav koji bi predstavljao rješenje za sve djelatnosti, već se informacijski sustav prilagođava okruženju za koji je namijenjen. Evidenciju zaliha moguće je voditi na tri mjesta: [41]

- U skladištu,
- U materijalnom, pogonskom i knjigovodstvu gotovih proizvoda,
- U financijskom knjigovodstvu.

Materijalno, pogonsko i robno knjigovodstvo usklađuje vrijednosno stanje s financijskim knjigovodstvom, a količinsko stanje se usklađuje sa skladišnom evidencijom. Postoji potreba održavanja konstantnih veza i usklađivanja vrijednosnog i količinskog stanja, pri čemu često dolazi do pogreške. Te pogreške izazivaju nužnost informatizacije poslovanja u skladišnim sustavima. [42]

Struktura ERP sustava je sačinjena od većeg broja aplikacija. One su podijeljene u funkcionalne cjeline koje se nazivaju moduli, međutim nemaju svi ERP sustavi iste module i sva funkcionalna područja, tako da između njih postoje određene razlike. Moduli mogu biti identičnog sadržaja, ali različitog naziva te isto vrijedi u obrnutom slučaju. Prošireni ERP sustav je fokusiran na rješenja koja koriste Internet. Pojavom novih tehnologija u ERP-u se integriraju novi moduli, kao što su SCM (*engl. Supply Chain Management*), CSM (*engl. Customer Relationship Management*), SFA (*engl. Sales Force Automation*), APS (*engl. Advanced Planning and Scheduling*), BI (*engl. Business Intelligence*) i e-Business. Razlike između klasičnog i proširenog ERP sustava su prikazane tablicom 4. [43]

Tablica 4. Razlike između klasičnog i proširenog ERP-a

KLASIČNI MODULI U ERP-U	KLASIČNI MODULI U PROŠIRENOM ERP-U
Marketing i poslovno planiranje	Upravljanje financijama
Nabava i skladištenje	Opskrbni lanci
Prodaja i distribucija	Upravljanje odnosima s kupcima
Upravljanje proizvodnjom	Elektronsko poslovanje
Računovodstvo i financije	Upravljanje proizvodnjom
Ljudski resursi	Upravljanje uslugama
	Distribucija, prodaja, marketing

Izvor: [43]

ERP je poslovni sustav koji koristi više različitih modula za dobivanje rješenja. Informacije koje su prikupljene u različitim cjelinama poslovnog sustava ulaze u zajednički sustav u kojem se kombiniraju s ostalim informacijama. To omogućuje komunikaciju između odjela, dobavljača itd. Najveća prednost njegove implementacije je eliminacija više sustava bez povećanja proširenosti jedinstvenog sustava. [44] Na slici 18 nalazi se ilustracija ERP sustava, odnosno što sve obuhvaća unutar poslovnog sustava.



Slika 18. ERP sustav

Izvor: [45]

5.1.2. WMS kao podrška skladišnom sustavu

WMS moduli su bitni moduli unutar ERP sustava. Predstavlja programsku aplikaciju koja je namijenjena za podršku i optimizaciju upravljanja skladišnim ili distribucijskim centrom. Kao ključan dio skladišnog sustava i poslovanja služi za automatsku kontrolu kretanja i skladištenja zaliha robe unutar skladišnog objekta. Sadrži i popratne operacije koje uključuju: prijem, pohranu, prikupljanje i otpremu. [46]

WMS služi i za praćenje trenutnog stanja zaliha u stvarnom vremenu, tijekom aktivnih operacija u skladištu. Sadrži i informacije o asortimanu kao što su:[46]

- Karakteristike robe,
- Lokacije artikla,
- Grupe artikala,
- Količina,
- Informacije o narudžbi,
- Dimenzije,
- Masa,
- Skladišne mjerne jedinice i dr.

Prikuplja podatke o prostoru putem RFID tehnologije ili bar-kod čitača. Neke od prednosti implementacije WMS sustava su: [46]

- Smanjenje troškova rada,
- Povećanje skladišnih kapaciteta,
- Povećanje razine usluge,
- Veća točnost pri upravljanju zalihama,
- Kraće vrijeme trajanja procesa.

Odabirom pravilnog informacijskog sustava i podešavanjem istog moguće je smanjiti vrijeme trajanja procesa. Međutim, povećanje skladišnog kapaciteta nije nužno ostvarivo ako se skladišti bez rasporeda koji je unaprijed definiran WMS-om, odnosno ako ju skladišni radnik odlaže prema vlastitom nahođenju.

Prikupljanje narudžbi jedna je od najvažnijih funkcija WMS-a. Značajan udio troškova skladišnog procesa predstavlja prikupljanje robe sa stanja, uzrokovano intenzitetom i kompleksnošću navedenog procesa. S obzirom na to, planiranje i kontrola prikupljanja središnja je stavka WMS-a, a samim time cilj tog sustava je veća produktivnost i optimizacija samog procesa. Ukupno vrijeme potrebno za prikupljanje radnika ovisi uvelike o metodi usmjeravanja skladišnih radnika pri prikupljanju. Izabrana optimalna metoda će biti ključna za smanjenje ukupnog vremena prikupljanja, a samim time i troškova. [47]

Kao što je navedeno, WMS ima pohranjene podatke o asortimanu kao što su: artikl, lokacija, količina, informacije o narudžbi itd. Na temelju tih podataka određuje se metoda i redoslijed prikupljanja robe. Implementiranjem WMS-a moguće je ostvariti sljedeće pogodnosti i prednosti: [48]

- Usmjereno odlaganje i prikupljanje,
- Upravljanje skladišnim kapacitetima,
- Radio frekvencijsko prikupljanje podataka,
- Planiranje ukrcaja,
- Uvođenje *cross docking* koncepta,
- Optimizacija prikupljanja,
- ABC kategorizacija,
- Točnost i preglednost stanja zaliha,
- Veća iskoristivost prostora,
- Manje pogrešaka prilikom otpreme,
- Automatizacija narudžbi,
- Eliminacija upotrebe ručne administracije.

Implementacija WMS sustava zahtijeva unos detaljnih informacija o karakteristikama pojedinih artikala i njihovih lokacija, odnosno grupiranje sličnih artikala i lokacija u kategorije. Time se dobivaju matični podaci koji uključuju karakteristike o artiklu poput dimenzija, mase, pakiranja, sposobnosti miješanja s ostalim artiklima, može li se smjestiti na regal, maksimalne visine slaganja, maksimalne količine, klasificiranja opasnih tereta, gotov proizvod ili sirovina itd. [48]

Kada se postavе navedeni matični podaci, pomoću logičkih metoda WMS određuje put i lokaciju prikupljanja artikla: [48]

- **Niz lokacija** - Određuje se tok kroz skladište te se dodjeljuje broj u nizu za svaku lokaciju. Koristi se za određivanje redoslijeda prikupljanja.
- **Zonsko prikupljanje** – Lokacije se grupiraju u zone te se na temelju njih usmjerava prikupljanje. Metodu je potrebno kombinirati s još jednom u svrhu utvrđivanja točne lokacije.
- **Fiksna pozicija** – Metoda koristi unaprijed definirane lokacije po pojedinoj vrsti artikla.
- **Slučajna pozicija** - Metoda gdje artikli nisu smješteni na fiksne lokacije, već se artikli pozicioniraju nasumično.
- **Najmanje lokacija** - Prikuplja se roba koja na lokaciji ima najviše artikala da bi se smanjio broj zauzetih lokacija. Veća produktivnost.
- **Prikupljanje najmanjih količina** – Ima za cilj prikupljanje lokacija s najmanjim količinama, pogodna za veću iskoristivost prostora.
- **Najbliža lokacija** - Promatra se lokacija najbliža prethodnoj lokaciji prikupljanja. Bitno je da sustav odabire najkraću rutu, a ne stvarnu najbližu lokaciju.
- **Konsolidacija** – Sustav traži lokaciju s istim artiklom.
- **Preplitanje poslova** - Koristi se kod paletnih skladišta. Operater će istovremeno odlagati palete dok je na putu prema sljedećoj lokaciji prikupljanja.
- **Automatsko prikupljanje** - Kod implementiranja WMS-a podrazumijeva se implementiranje automatskog prikupljanja te se može koristiti npr. prikupljanje glasovnim naredbama i svjetlosnim naredbama.
- **Automatizirano prikupljanje artikala** - Prikupljanje karuselima, ASRS-om, sustavima za sortiranje itd.
- **Prikupljanje prema ambalaži** - Metoda koristi matične podatke o dimenzijama i masi artikla kako bi se odredila pripadajuća kutija u kojoj će se roba otpremiti, prije samog procesa prikupljanja.

5.1.3. Prikupljanje robe kod WMS-u poznate lokacije artikla

U prijašnjem poglavlju navedene su neke od metoda prikupljanja artikala koristeći WMS. U ovom poglavlju fokus će biti na prikupljanju robe sa WMS-u poznatom lokacijom artikla što je jedan od fokusa istraživanja.

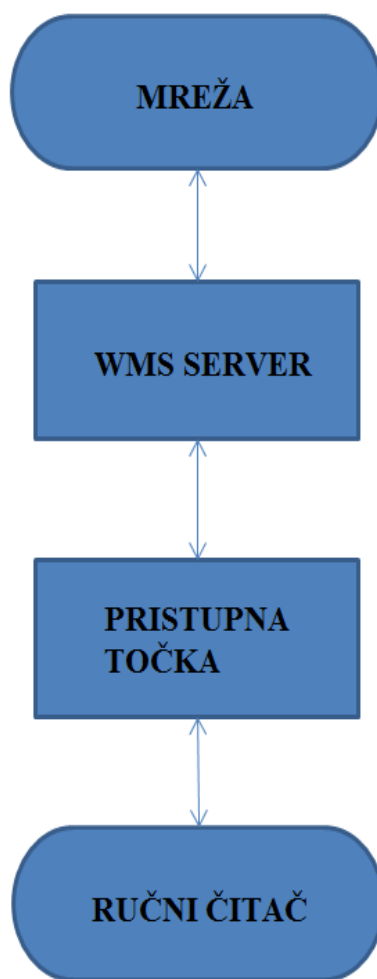
WMS kontrolira nadopunjavanje skladišnih lokacija putem čitača koji očitava bar kod označen na lokaciji pohrane artikla te na samom artiklu. Skladišni radnici su opremljeni ručnim čitačima koji bežično prenose podatke u sustav. Sustav automatski dodjeljuje prikladnu, unaprijed definiranu pravilom, skladišnu lokaciju pri pohrani.

Nakon usmjeravanja narudžbi kupaca u WMS, operater kroz čitač preuzima nalog, te započinje prikupljanje narudžbe.

Operater nakon posjećivanja određenog broja lokacija na koje ga navodi čitač potvrđuje da je zadatak obavljen (odnosno da je roba prikupljena) očitavanjem pojedinog bar koda, dok sustav paralelno kontrolira sve radnje operatera da bi se izbjegle pogreške i kod pohrane na pogrešnim lokacijama i kod prikupljanja. Kod definiranih lokacija prikupljanja pojedine narudžbe, WMS razmatra optimalne rute za operatera i zatim optimizira putovanje na način da se minimizira ukupni prijeđeni put.

U WMS-u postoji izbor različitih pravila za rute prikupljanja, u praksi se najčešće koristi serpentsko prikupljanje, sa početkom definiranim na određenoj lokaciji pohrane, npr. regal A. Također je praksa da se na navedenoj lokaciji pozicionira roba najveće mase, tako se omogućuje prikupljanje po masi artikla zbog potencijalnih oštećenja pri slaganju robe na paletu.

Informacije o alokaciji artikla, dostupnosti, aktivnosti operatera i prikupljenim artiklima se kontinuirano učitavaju u sustav. Na grafikonu 2 nalazi se dijagram toka vezan za funkcioniranje WMS-a, korištenjem ručnog čitača.



Grafikon 2. Grafički prikaz WMS sustava

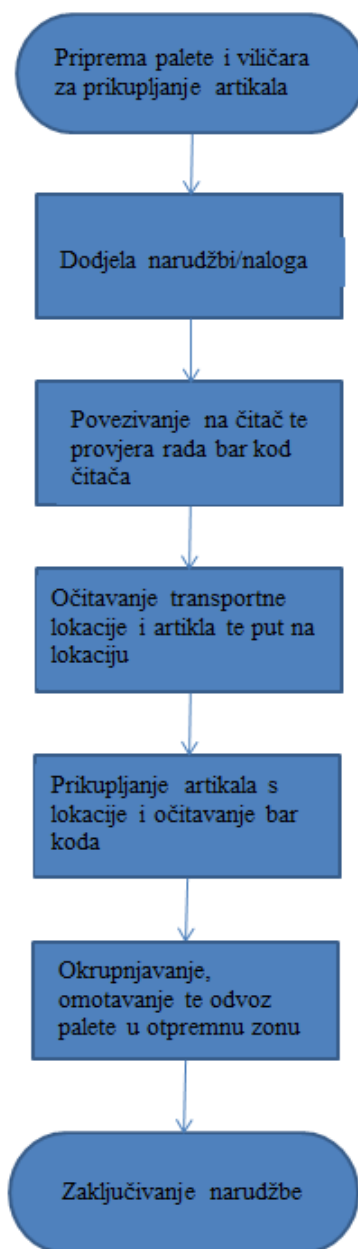
Izvor: Izradio autor

U ovakvom sustavu, WMS usmjerava operatera na lokaciju prikupljanja artikla, asortiman mu je irelevantan te operater pri dolasku na lokaciju prikuplja po uputama čitača artikla sa lokacije i njihovu potrebnu količinu. Takav način prikupljanja se koristi uz pomoć transportno-manipulativnog sredstva, viličara. Utjecaj operatera na sam proces prikupljanja nije značajan iz razloga jer ga sam WMS usmjerava optimalnom rutom.

Operater je neopterećen nepotrebnim informacijama te je manja mogućnost pogreške vezana za krivo prikupljanje artikala, ona će se najčešće manifestirati ukoliko je krivo pohranjen artikl.

Nedostatak WMS-a, može se također manifestirati ukoliko na čitaču nema informacije o sljedećoj lokaciji koju treba posjetiti, ta informacija u nekim sustavima dolazi tek nakon svakog prikupljenog artikla.

Na grafikonu 3 prikazani su koraci pri prikupljanju robe kod WMS-u poznate lokacije artikla na primjeru skladišnog sustava sa tržišta RH koje je sudjelovalo u istraživanju .



Grafikon 3. Proces prikupljanja kod WMS-u poznate lokacija

Izvor: Izradio autor

Prvi korak podrazumijeva pripremu transportno-manipulativnog sredstva. Operater preuzima električni viličar iz zone za pripremu vozila, gdje se obavlja punjenje baterija. Nakon preuzimanja, slijedi priprema manipulativne jedinice kojom će izvršiti narudžbu. Operater pronalazi paletu te započinje zaprimanje naloga. Narudžba se preuzima putem bar kod čitača, kod prvotnog korištenja čitača moguće je da isti nije u funkciji zbog tehničkih problema, tada se u funkciju stavlja drugi bar kod čitač. Kada je čitač u funkciji, slijedi detekcija lokacije prikupljanja prvog artikla kao obavijest na čitaču te put prema samoj lokaciji. Svaka pozicija je adekvatno označena pripadajućim slovom koji označava red, te brojem koji označava razinu s koje se prikuplja. Viličari koji se koriste u većini slučajeva, imaju sposobnost prikupljanja artikala do treće razine paletnog regala. U slučaju da je artikl smješten na nekoj od viših razina, operater kontaktira drugog operatera koji upravlja viličarom da dohvati artikl. Nakon prikupljanja očitava se bar kod na artiklu te se na čitaču pojavljuje iduća lokacija prikupljanja. Ponavljanje se vrši sve dok narudžba nije prikupljena u cijelosti. Kada je to slučaj, paleta se omata folijom te pozicionira na lokaciju u otpremnu zonu, gdje roba čeka ukrcaj.

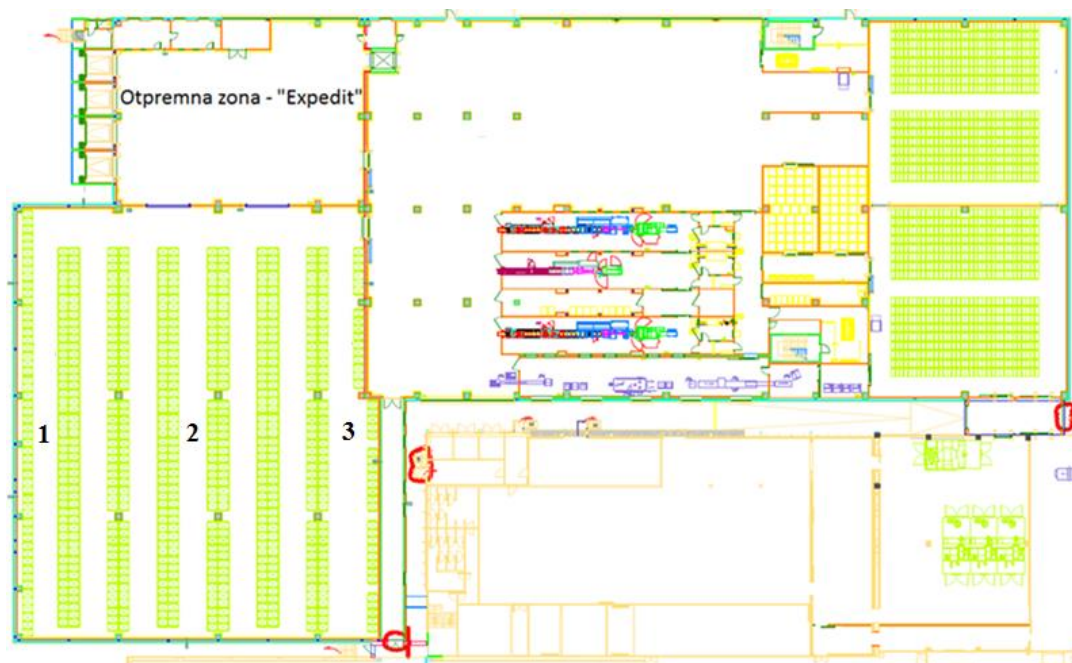
5.2. Analiza procesa prikupljanja opremom Tobii Pro Glasses 2 pri WMS-u poznatom lokacijom u tvrtki na tržištu RH

U ovom poglavlju prikazat će se podloga provedenog istraživanja, odnosno uvjeti u kojima je ono provedeno. Skladište u kojem je istraživanje provedeno nalazi u skladišnom sustavu na tržištu Republike Hrvatske te je dio hladnog opskrbnog lanca. Samo istraživanje je provedeno prikupljanjem podataka korištenjem laboratorijske opreme *Tobii Pro Glasses 2*.

Istraživanje koje se provelo zadovoljava iduće kriterije:

- Jedan operater prikuplja jednu narudžbu okrupnjavanjem robe na paletu,
- Prikupljanje kartonskih pakiranja,
- Prikupljanje se vrši sa komisione lokacije (razina 0),
- Skladišni sustav podrazumijeva kapacitet do 10 000 paletnih mjesta,
- Skladišna oprema podrazumijeva pohranu na paletne regale,
- Skladišna manipulativna oprema podrazumijeva prikupljanje električnim viličarom.
- Roba je skladištena na temperaturi između 0° i -2°.

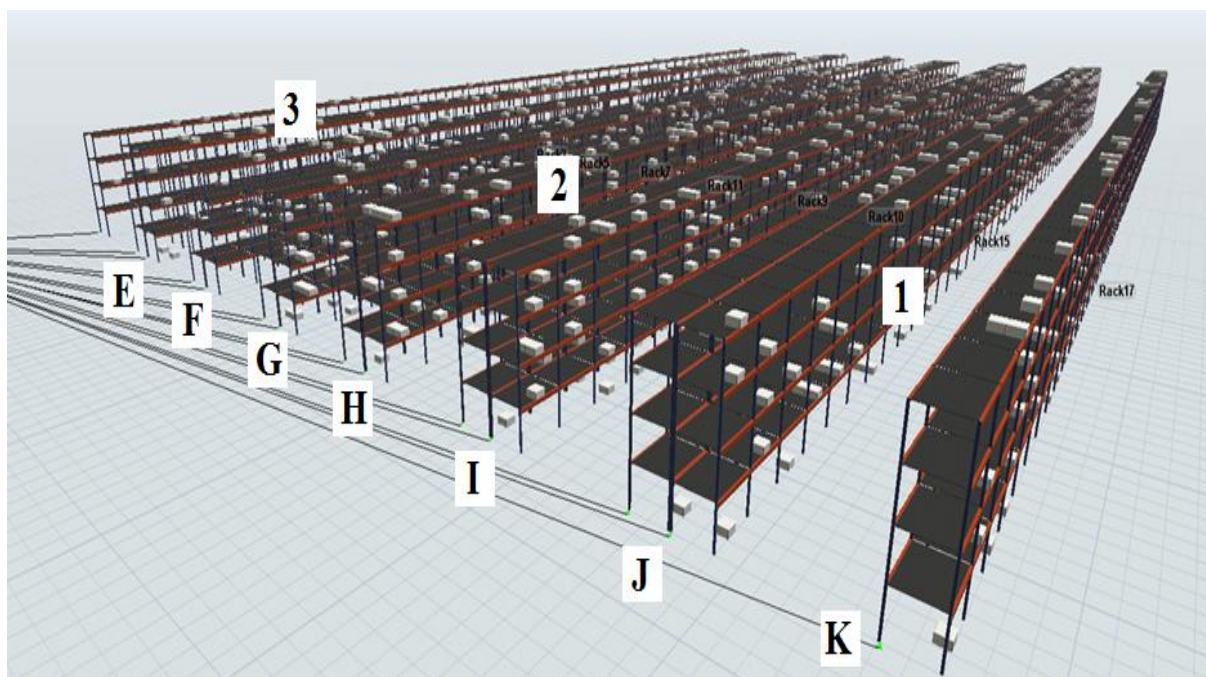
Na slici 19 nalazi se tlocrtni prikaz skladišta u kojem je provedeno istraživanje.



Slika 19 . Tlocrtni prikaz skladišnog prostora

Izvor: Izradio autor

Dio skladišta u kojem se vrši prikupljanje robe je administrativno podijeljeno u tri zone: zona 1, zona 2 i zona 3. Zona 1 služi za skladištenje i prikupljanje komadne robe, zona 2 za paketnu robu, a zona 3 služi za pozicioniranje i administriranje robe namijenjene izvozu. Skladište je opremljeno paletnim regalima u redovima E; F, G, H, I, J, K. Postoji pet razina za pohranu robe, a visina skladišnog prostora je 7.5 m. Prva i druga razina služe za prikupljanje dok su ostale, više razine, namijenjene privremenoj pohrani robe. Na slici 20 grafički su prikazane zone i regali promatranog skladišta.



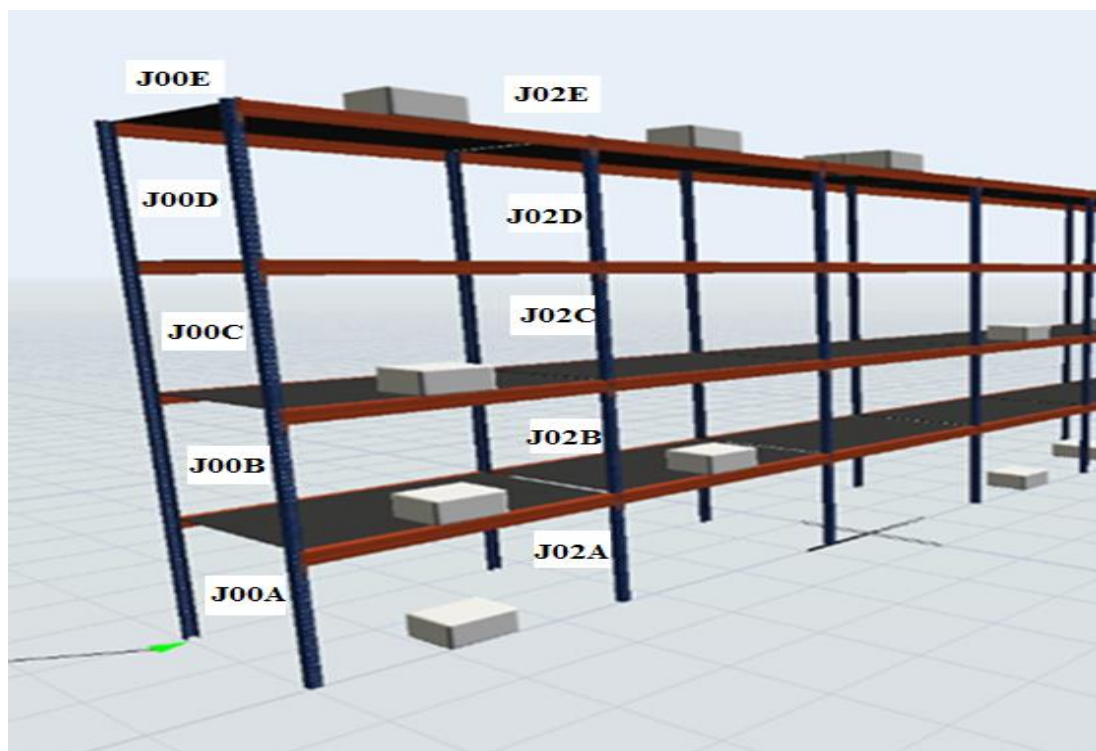
Slika 20. Klasifikacija redova i zona u promatranom skladištu

Izvor: Izradio autor

Regal E je namijenjen pohrani robe koja je planirana za izvoz. A, B i C razine su namijenjene izvozu dok su najviše razine, D i E, namijenjene skladištenju robe za zonu 2. Regali F, G, H, I, J su namijenjeni skladištenju robe za kupce, roba se pohranjuje u obliku paketa, za razliku od regala E gdje se roba skladišti komadno. Prikuplja se sa dvije najniže razine, A i B.

Promatrano skladište ima sveukupno 3270 paletnih mjesta na površini od 2180 m². Zona 2 (redovi F, G, H, I, J) sadrži ukupno 2321 paletno mjesto. Kao informatičku podršku koristi WMS sustav koji prikazuje prikupljanu lokaciju artikla. Zona 1 (Regal K) ima samo jedan red regala te ukupno 485 paletnih mjesta. Kao informatičku podršku također koristi WMS sustav, međutim sustav ne prikazuje komisionu lokaciju artikla. Istraživanje je provedeno u jutarnjoj i popodnevnoj smjeni, a promatrano je prikupljanje operatera kojeg je

izabrao voditelj skladišta prema kriteriju broja prikupljenih naloga u smjeni. Označavanje regala je izvedeno kombinacijom oznake reda i razine. Regali imaju pet razina te su na primjeru reda J označeni J00A, J00B, J00C, J00D i J00E. Redovi F, G, H, I, J imaju 92 skladišne lokacije dok redovi K i E imaju 98 . Način označavanja prikazan je slikom 21 u nastavku.



Slika 21. Označavanje razina regala promatranog skladišta

Izvor: Izradio autor

Na slici 22 prikazano je stvarno označavanje razina u redu J. Naljepnica na poziciji sadrži oznaku lokacije te bar kod koji skladišni radnik očitava prilikom izuzimanja robe s lokacije.



Slika 22. Označavanje lokacije paletne jedinice

Izvor: Izradio autor

U zoni 2 roba je skladištena na paletama u pet redova na pet razina od A do E. Roba se prikuplja sa prve dvije razine, koje su prikazane na slici 23, a na ostalim razinama je privremeno uskladištena roba. Prilikom prikupljanja robe WMS prikazuje točnu lokaciju artikla koji će biti izuzet sa stanja.



Slika 23. Razine prikupljanja promatranog skladišta

Izvor: Izradio autor

5.2.1. Prikupljanje podataka i iznošenje rezultata istraživanja

Istraživanje se odvijalo terenski i u laboratoriju za simulacije u logistici Zavoda za transportnu logistiku Sveučilišta u Zagrebu. Na učinkovitost operatera (odnos brzine prikupljanja i točnosti prikupljene narudžbe) bitno utječe:

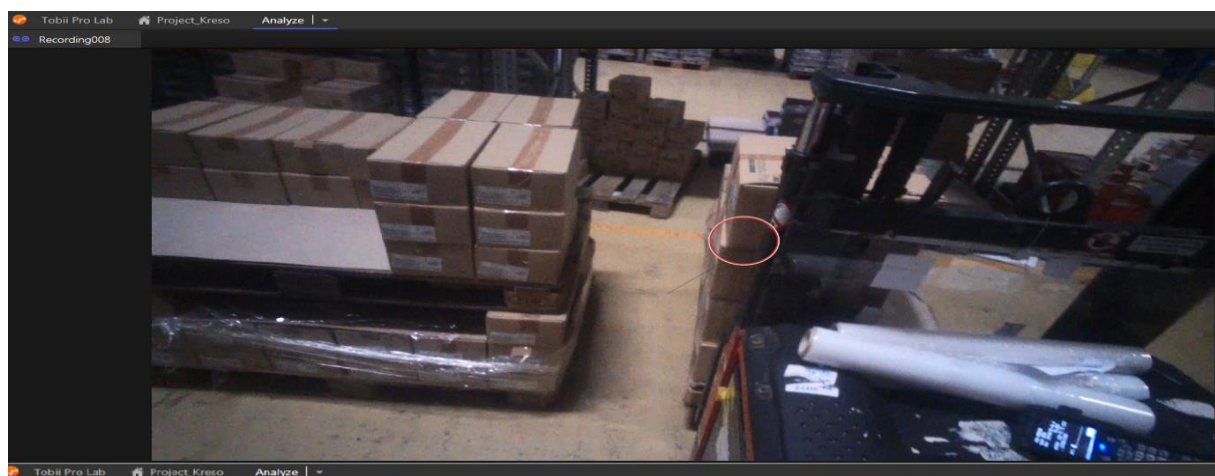
- Odabir načina prikupljanja sukladno potrebama sustava,
- Značajke informacijske podloge u obliku WMS sustava,
- Opterećenost operatera nepotrebnim informacijama (poznavanje asortimana, nacrt skladišta, lokacije artikla i sl.).

5.2.1.1. Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka se vršilo laboratorijskom opremom *Tobii Pro Glasses 2* te je provedeno u dvije faze. Prva faza, terensko prikupljanje podataka, započinje upućivanjem radnika u način rada te im je napomenut i cilj istraživanja. Da bi se moglo započeti s radom, prvo je bilo potrebno kalibriranje samih naočala za vizualnu detekciju koje se radi praćenjem crvene točke na zaslonu ekrana. Nakon toga, radnik može započeti s prikupljanjem dok se na zaslonu ekrana može pratiti pogled radnika u stvarnom vremenu. Dok radnik prikuplja artikle, istovremeno dvije osobe su zadužene za sigurno provođenje istraživanja. Jedna osoba je zadužena za rukovanje tabletom putem kojeg se vrši praćenje operatera, a snimci se pohranjuju na memorijsku SD karticu. Druga osoba prati operatera te vrši vlastita mjerenja i bilježi napomene o postupku prikupljanja. Istraživanja su vršena u jutarnjim i popodnevним smjenama. Srijeda je dan u kojem je obrada naloga najfrekventnija te je uzeta kao referentni dan za prikupljanje podataka. Pri istraživanju prikupljen je uzorak od ukupno 440 naloga kroz dva tjedna u zoni 2.

5.2.1.2. Analiza provedenog istraživanja

Nakon terenskog prikupljanja podataka uslijedila je njihova obrada u programu *Tobii Pro Glasses Analyzer*. Za početak, u program se učitavaju snimke prikupljene *Tobii Pro Glasses* naočalama. Kada se snimak učitava u program, moguće je pregledati video snimak kojem su dodane pomoćne crvene strelice koje označavaju smjer gledanja operatera. Osim smjera gledanja, program omogućuje prikaz fokusa operatera. Fokus gledanja je na snimku označen crvenim kružićem. Prikaz na slici 24.



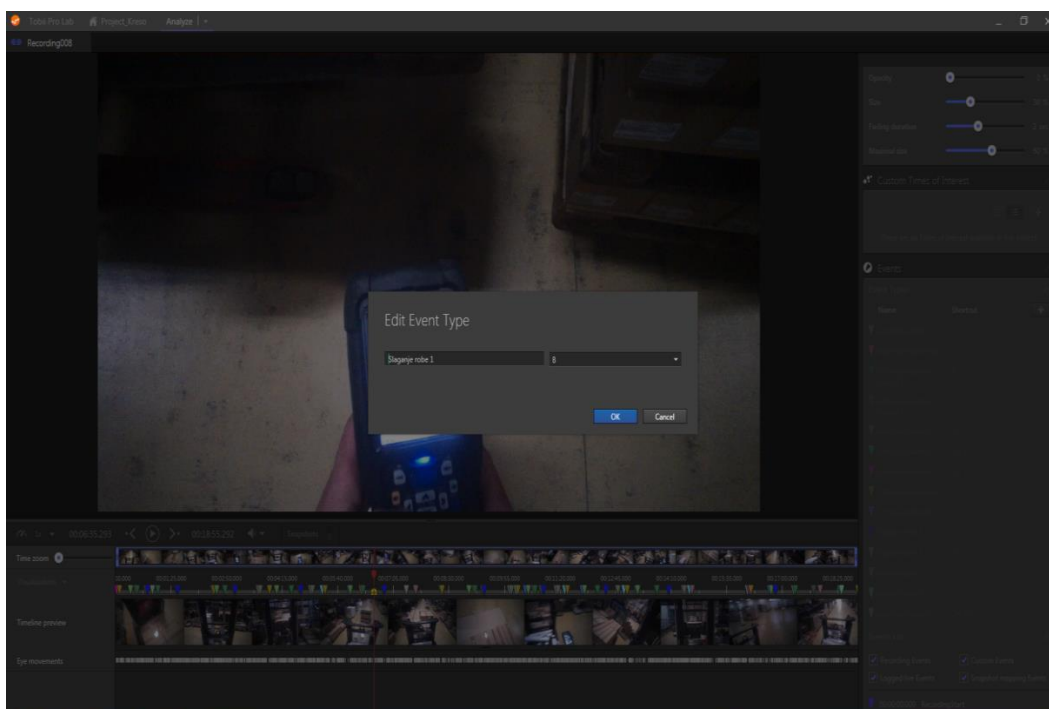
Slika 24. Smjer i fokus gledanja operatera

Izvor: Izradio autor

Nakon učitavanja snimaka, slijedi analiza video snimka. Analiza je napravljena tako da se aktivnost prikupljanja podijelila na više manjih procesa koji su se vremenski mjerili. Aktivnost prikupljanja je sadržavala sljedeće potprocese koji su se mjerili:

1. Početak i završetak narudžbe,
2. Potraga i pronalazak lokacije,
3. Očitavanje artikla i lokacije,
4. Slaganje robe na transportnu jedinicu
5. Izuzimanje i vraćanje transportne jedinice na skladišni regal,
6. Odlaganje palete u otpremnu zonu.

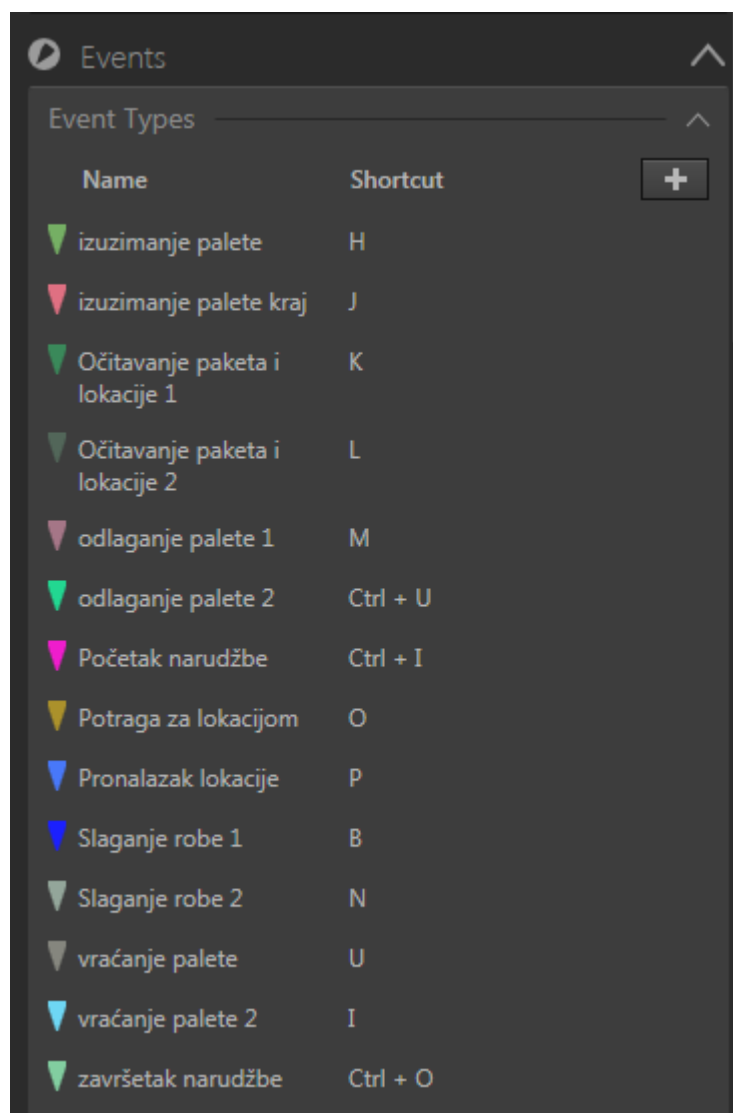
Kreiranje tih aktivnosti se radi u programu pod naredbom „Events“. Za svaku aktivnost program odabire oznaku na tipkovnici koja će služiti za označavanje početka i kraja određene aktivnosti. Pokretanjem snimke, osoba koja obrađuje video snimak izabire oznaku koja označava početak, odnosno završetak aktivnosti. Primjerice, aktivnost „*Potraga lokacije*“ započinje kada skladišni radnik sa zaslona bar kod čitača zaprimi informaciju o lokaciji traženog artikla. Također, obilježavanje završetka navedene aktivnosti je uslijedilo kada operater bar kod čitačem očitava pronađenu lokaciju, čime posljedično započinje aktivnost „*Očitavanje artikla i lokacije*“. Na slici 25 nalazi se prikaz unosa aktivnosti.



Slika 25. Unos aktivnosti u program

Izvor: Izradio autor

Kreiranjem aktivnosti, s lijeve strane otkriva se popis svih kreiranih aktivnosti.



The screenshot shows a software window titled 'Events'. Inside, there is a section labeled 'Event Types' which contains a table. The table has two columns: 'Name' and 'Shortcut'. Each row in the table is preceded by a small colored triangle icon. A '+' button is visible in the top right corner of the table area.

Name	Shortcut
izuzimanje palete	H
izuzimanje palete kraj	J
Očitavanje paketa i lokacije 1	K
Očitavanje paketa i lokacije 2	L
odlaganje palete 1	M
odlaganje palete 2	Ctrl + U
Početak narudžbe	Ctrl + I
Potraga za lokacijom	O
Pronalazak lokacije	P
Slaganje robe 1	B
Slaganje robe 2	N
vraćanje palete	U
vraćanje palete 2	I
završetak narudžbe	Ctrl + O

Slika 26. Popis mjerenih aktivnosti

Izvor: Izradio autor

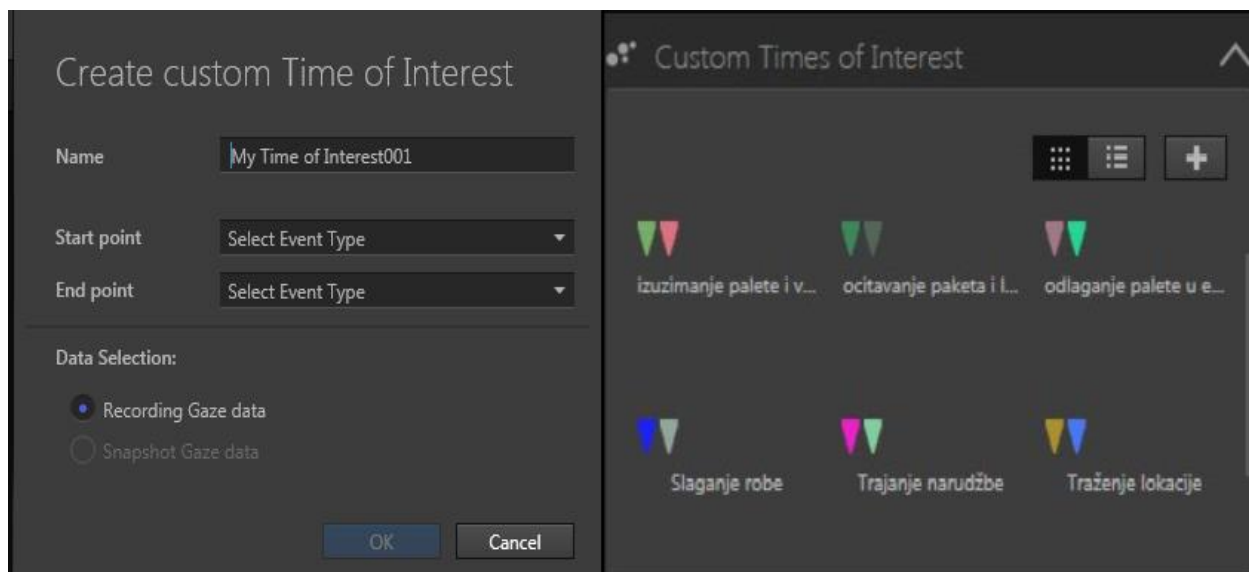
Također, bilježenjem vremenskih aktivnosti, istovremeno se prikazuju vremena početaka i završetaka mjerenih aktivnosti. Vremenska lista mjerenih aktivnosti nalazi se na slici 27.

Events List		
☒	Recording Events	☒ Custom Events
☒	Logged live Events	☒ Snapshot mapping Events
▼	00:00:00.000	RecordingStart
▼	00:00:01.933	Početak narudžbe
▼	00:00:05.657	Potruga za lokacijom
▼	00:00:22.510	Pronalazak lokacije
▼	00:00:23.076	izuzimanje palete
▼	00:00:31.403	izuzimanje palete kraj
▼	00:00:32.418	Očitavanje paketa i lokacije 1
▼	00:00:46.458	Očitavanje paketa i lokacije 2
▼	00:00:49.130	Slaganje robe 1
▼	00:00:56.272	Slaganje robe 2
▼	00:01:05.095	Očitavanje paketa i lokacije 1
▼	00:01:34.387	Očitavanje paketa i lokacije 2
▼	00:01:35.086	Slaganje robe 1
▼	00:02:29.059	Slaganje robe 2
▼	00:02:30.433	Potruga za lokacijom
▼	00:02:34.223	Pronalazak lokacije
▼	00:02:34.497	izuzimanje palete
▼	00:02:46.400	izuzimanje palete kraj
▼	00:02:47.586	Očitavanje paketa i lokacije 1
▼	00:03:01.584	Očitavanje paketa i lokacije 2
▼	00:03:02.673	Slaganje robe 1
▼	00:03:38.271	Slaganje robe 2
▼	00:03:41.386	vraćanje palete
▼	00:03:54.959	vraćanje palete 2
▼	00:03:55.525	Potruga za lokacijom
▼	00:04:05.305	Pronalazak lokacije

Slika 27. Vremenska lista mjerenih aktivnosti

Izvor: Izradio autor

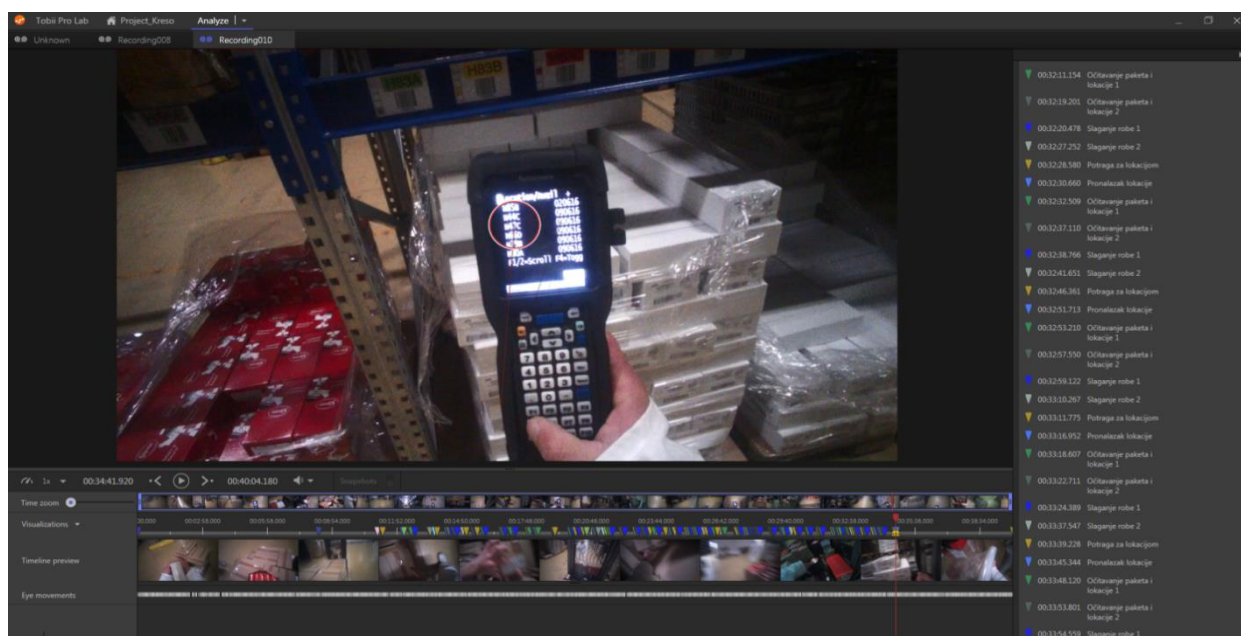
Kreiranje aktivnosti je prvi korak pri njihovom mjerenju. Drugi korak je kreiranje interesnih grupa aktivnosti između kojih će program mjeriti aktivnosti te koje će se kasnije analizirati. Na slici 28 prikazano je kreiranje i lista interesnih aktivnosti.



Slika 28. Kreiranje interesnih aktivnosti

Izvor: Izradio autor

Kreiranje interesnih aktivnosti je ključno za daljnju analizu dobivenih podataka. Samo sučelje programa je podijeljeno na tri glavna dijela. Prvi i najveći dio sučelja je prikaz analiziranog video snimka. Ispod njega nalazi se vremenska crta svih zabilježenih aktivnosti te s desne strane se nalazi popis aktivnosti koje su mjerene. Na slici 29 nalazi se prikaz sučelja u trenutku kada operater očitava lokaciju artikla s bar kod čitača.



Slika 29. Sučelje Tobii Pro Glasses Analyzer

Izvor: Izradio autor

Nakon analize video zapisa, slijedi izvod podataka iz programa u *Microsoft Office Excel* tablice. Analiza tih podataka se nalazi u idućem poglavlju.

5.2.2. Rezultati provedenog istraživanja

U ovom poglavlju obraditi će se podaci prikupljeni programskim alatom *Tobii Pro Glasses Analyzer*. Mjerenje se podijelilo u pet glavnih kategorija te će se analizirati svaka od njih. Kategorije slijede u nastavku:

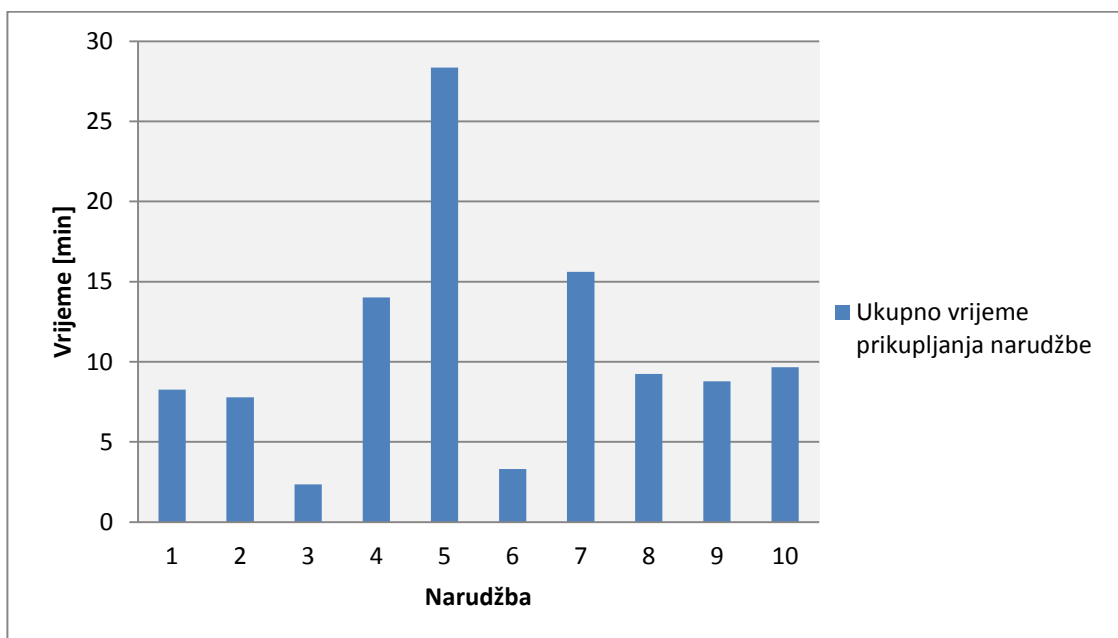
- Ukupno trajanje narudžbe,
- Potraga za lokacijom,
- Očitavanje paleta i lokacije:
- Slaganje prikupljenih artikala,
- Izuzimanje i vraćanje palete na lokaciju.

Ove kategorije su istaknute kao najvažnije jer od radnika zahtijevaju vremenski najveći angažman. Postoje i druge kategorije koje su mjerene, ali zbog prirode prikupljanja nisu učestale u samom procesu prikupljanja:

- Odlaganje palete u otpremnu zonu,
- Preuzimanje naloga.

Odlaganje palete u otpremnu zonu je proces koji se događa kada operater prikupi sve artikle koje mu je WMS sustav namijenio putem bar-kod čitača. Nema mnogo ponavljanja ovog procesa zbog dugotrajnosti ispunjenja jedne narudžbe, ali zahtijeva dugotrajan vremenski angažman zbog potprocesa koje uključuje, a koji će se spomenuti kasnije u tekstu. Preuzimanje naloga je po vremenskom angažmanu slično odlaganju palete u otpremnu zonu. Događa se kada bar kod čitač operatera ne preuzima podatke o narudžbama iz sustava te operater mora naloge preuzeti u kontrolnoj prostoriji, što zahtijeva obustavljanje procesa prikupljanja. Podaci su prikupljeni mjerenjem procesa u zoni 2, gdje je WMS-u poznata lokacija artikla.

Na grafikonu 4 nalazi se prikaz ukupnog trajanja narudžbe na uzorku od deset narudžbi prikupljenih u vrijeme najfrekventnijeg obrta artikla. Sam proces prikupljanja jedne narudžbe uključuje pripremu palete za prikupljanje, potragu za lokacijom, posljedično prikupljanje svakog artikla s narudžbe te odlaganje objedinjene palete u otpremnu zonu.

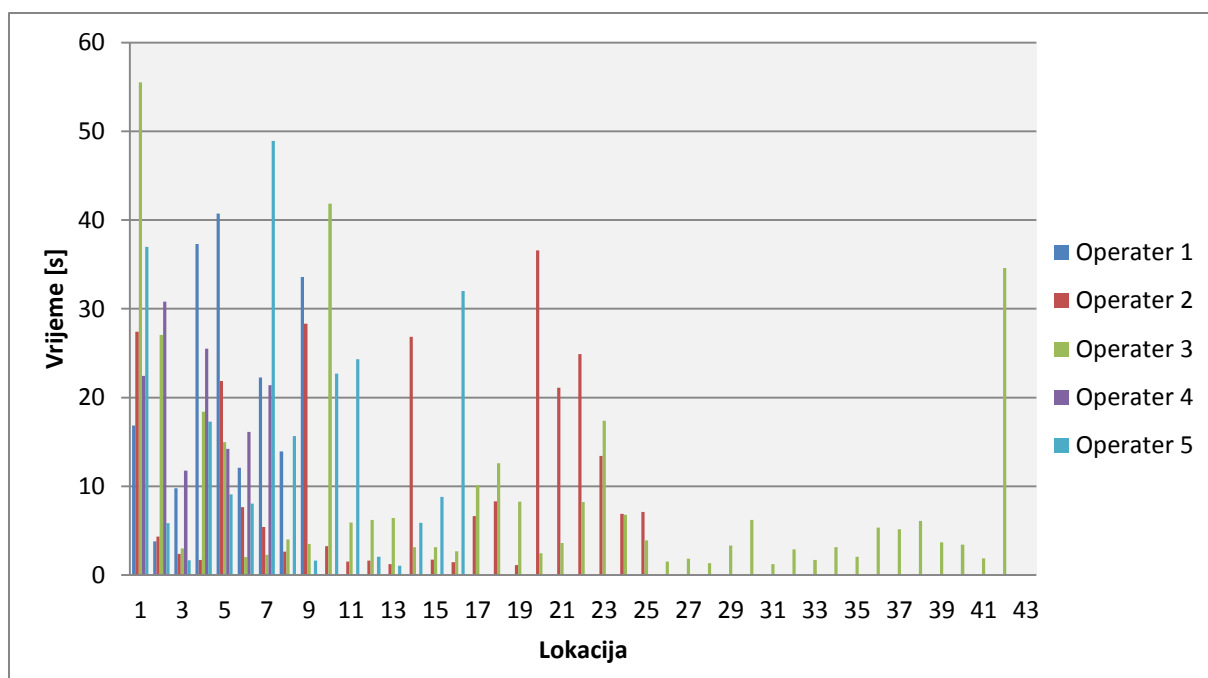


Grafikon 4. Ukupno trajanje prikupljanja narudžbe

Izvor: Izradio autor

Vertikalna os predstavlja vrijeme trajanja prikupljanja narudžbe, dok horizontalna predstavlja redni broj pojedine narudžbe. Prosječno trajanje jedne narudžbe kada se uzmu u obzir sve mjerene narudžbe iznosi 644,17 sekundi, odnosno 10,74 minute po narudžbi. Kada se uzmu u obzir narudžbe sa grafikona 4, maksimalno trajanje jedne narudžbe iznosi 28,35 minuta, dok je minimalna 7,79 minuta, a ne uzimajući u obzir narudžbe koje su nisu mjerene do svog završetka zbog kraja smjene, pauze i drugih razloga. Razlika u vremenu prikupljanja se najviše krije u vremenu izuzimanja i vraćanja palete na regal. Operater može svaku paletu pojedinačno izuzimati sa stanja dok drugi operater za veliki broj artikala ne koristi viličar za prikupljanje, već prikupljanje radi ručno pozicije A i B, čime uvelike smanjuje vrijeme prikupljanja. Metoda izuzimanja palete će ovisiti o potrebnoj količini koja mora biti prikupljena i dostupnosti artikla na paleti.

U nastavku je prikazana analiza vremena potrebnog za pronalazak lokacije za prikupljanje.

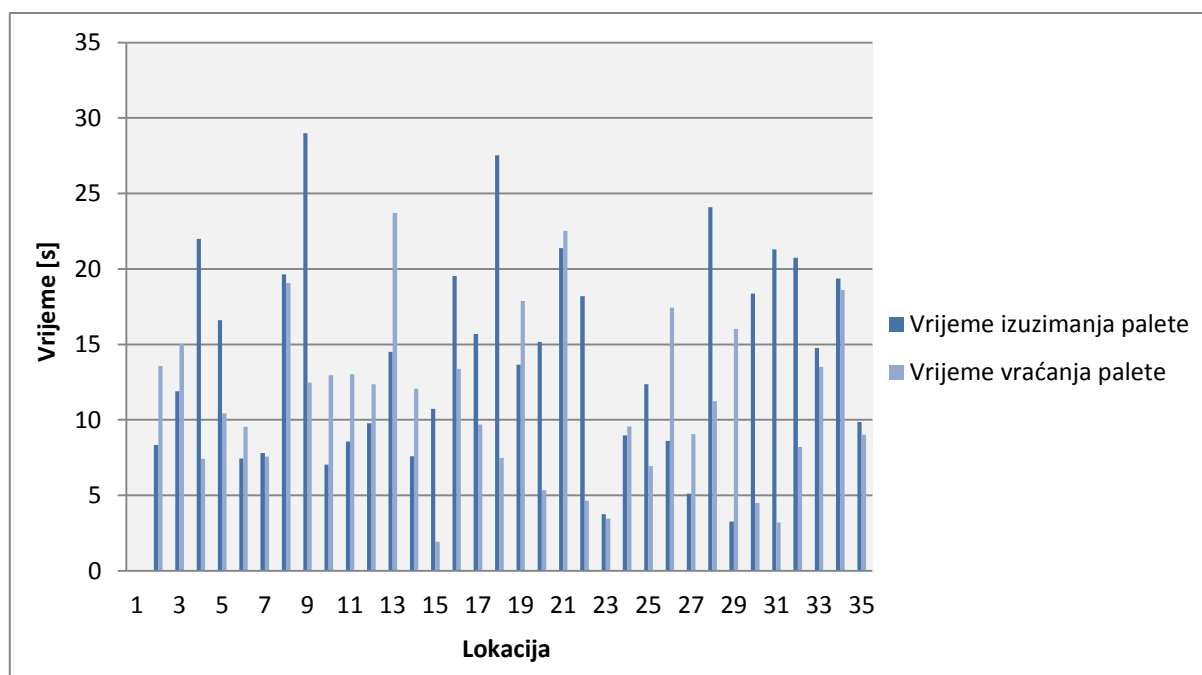


Grafikon 5. Trajanje vremena za pronalazak lokacije

Izvor: Izradio autor

Prikupljeni su podaci pet operatera, svaki prikazan različitom bojom stupca na grafikonu 5. Na horizontalnoj osi prikazan je redni broj posjećene lokacije, a na vertikalnoj osi vrijeme pronalaska izraženo u sekundama. Maksimalan broj posjećenih lokacija u određenom mjeranju je 43 lokacije po operateru. Na grafikonu je vidljivo da su najduža vremena za pronalazak uglavnom pozicionirana na početku prikupljanja, u rasponu od 18 sekundi sve do 56 sekundi, a granica nigdje ne prelazi jednu minutu. Razlog tome je što za prvu lokaciju operater započinje potragu iz otpremne zone, čime se povećava duljina puta i vrijeme pronalaska. U periodu između 25. i 42. artikla vrijeme potrage je značajno niže od ostatka uzorka. Razlog tomu je neposredna blizina lokacija za prikupljanje gdje operater ne upotrebljava transportno sredstvo već ručno vrši prikupljanje. Najniže zabilježeno vrijeme prikupljanja je 1,23 sekunde a najduže 56 sekundi. Prosječno vrijeme pronalaska lokacije iznosi 15,15 sekundi. Niska vremena pronalaska lokacije se mogu povezati sa sposobnošću WMS sustava da operateru za svaki artikl prikazuje točnu lokaciju.

U nastavku je prikazana analiza vremena potrebnog za izuzimanje i vraćanje palete s paletnog regala.

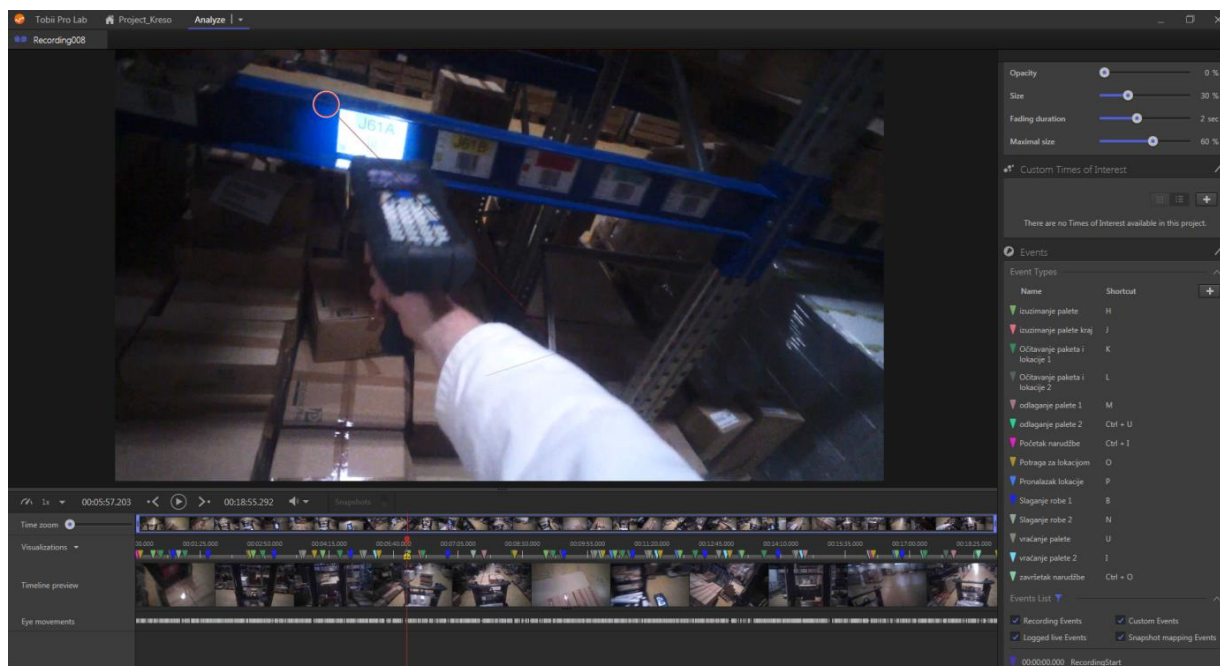


Grafikon 6. Usporedba vremena izuzimanja i vraćanja palete na regal

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 6 prikazana je usporedba vremena izuzimanja i vraćanja palete na paletni regal, gdje su kretanja tih vremena prikazana tamno plavim i svijetlo plavim stupcima prema posjećenim lokacijama prikazanim na horizontalnoj osi. Operater prilikom prikupljanja artikla sa stanja paletu izuzima uporabom električnog viličara ili ručno, ovisno o količini koju mora prikupiti i dostupnosti robe. Prema prikupljenim podacima prikazanim na grafikonu 6, prosječno vrijeme izuzimanja palete iznosi 15,6 sekundi, a vraćanja palete 12,52 sekunde. U prosjeku, na izuzimanje palete se troši tri sekunde više od vraćanja, a sveukupno taj proces zahtijeva skoro pola minute vremena operatera što je značajan udio, usporediv s vremenom pronalaska lokacije.

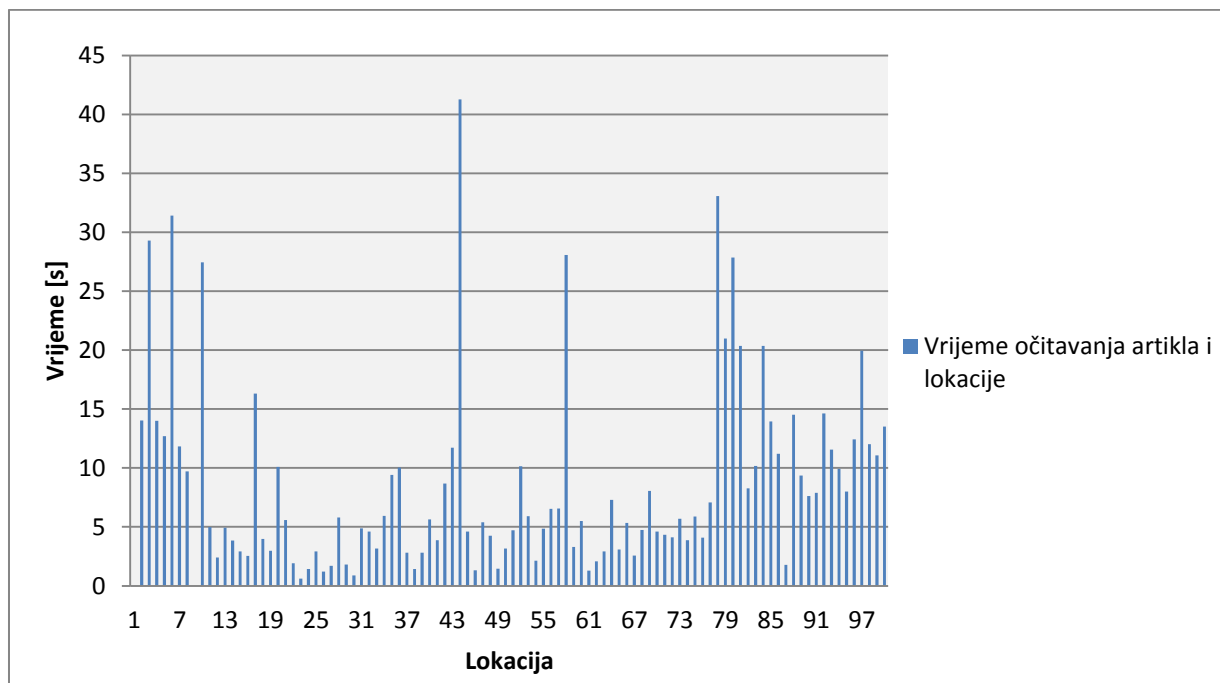
Očitavanje lokacije artikla i samog artikla je aktivnost koja se obično javlja nakon izuzimanja palete/artikla sa stanja. Operater pronalazi lokaciju prikupljanja te bar kod čitačem očitava lokaciju s koje se roba izuzima. Zatim, nakon slaganja prikupljenih artikala, ručnim unosom ili skeniranjem bar kod čitača označava robu koja je izuzeta sa očitane lokacije.



Slika 30. Očitavanje lokacije bar kod čitačem

Izvor: Izradio autor

U nastavku, na grafikonu 7, nalazi se dijagram prikupljenih vremena potrebnih za očitavanje lokacije i artikla.

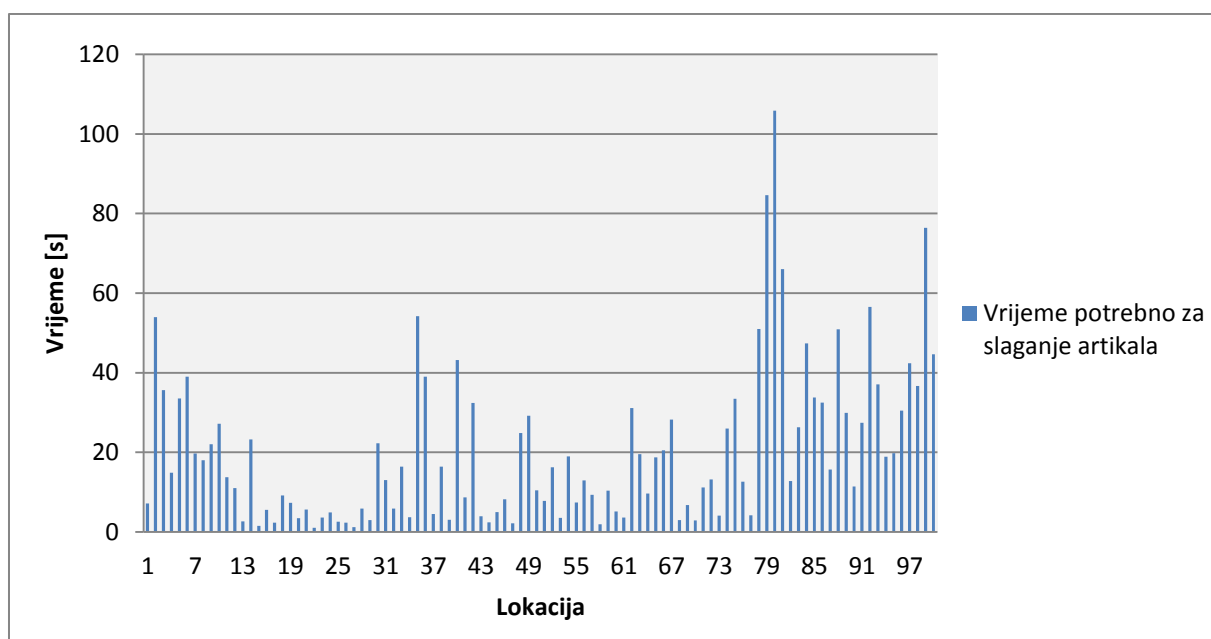


Grafikon 7. Vrijeme očitavanja lokacije i artikla

Izvor: Izradio autor

Izmjereno je očitavanje artikla i lokacije na uzorku od 100 lokacija koje su prikazane horizontalnom osi, dok je vrijeme očitavanja prikazano vertikalnom osi. Očitavanje lokacije i artikla je aktivnost koja izuzima najmanje radnog vremena operatera, a od prikupljenog uzorka prosječno vrijeme očitavanja iznosi 8,53 sekunde. Vrijeme očitavanja ovisi o stanju pakiranja prikupljenih artikala. Ako je pakiranje određenog artikla oštećeno s vanjske strane, operater je onemogućen očitati artikl te svaki artikl mora ručno unijeti u bar kod čitač, što produljuje vrijeme očitavanja.

Nakon očitavanja lokacije i artikla, operater očitane artikle izuzima s lokacije te slaže na paletu na kojoj prikuplja narudžbu. Manipulacije paletom za prikupljanje narudžbe nekada izazivaju poteškoće operaterima jer se nalaze na transportnom putu i onemogućuju prolazak transportnih sredstava. Na grafikonu 8 nalazi se prikaz vremena slaganja artikla prema pojedinom nalogu.

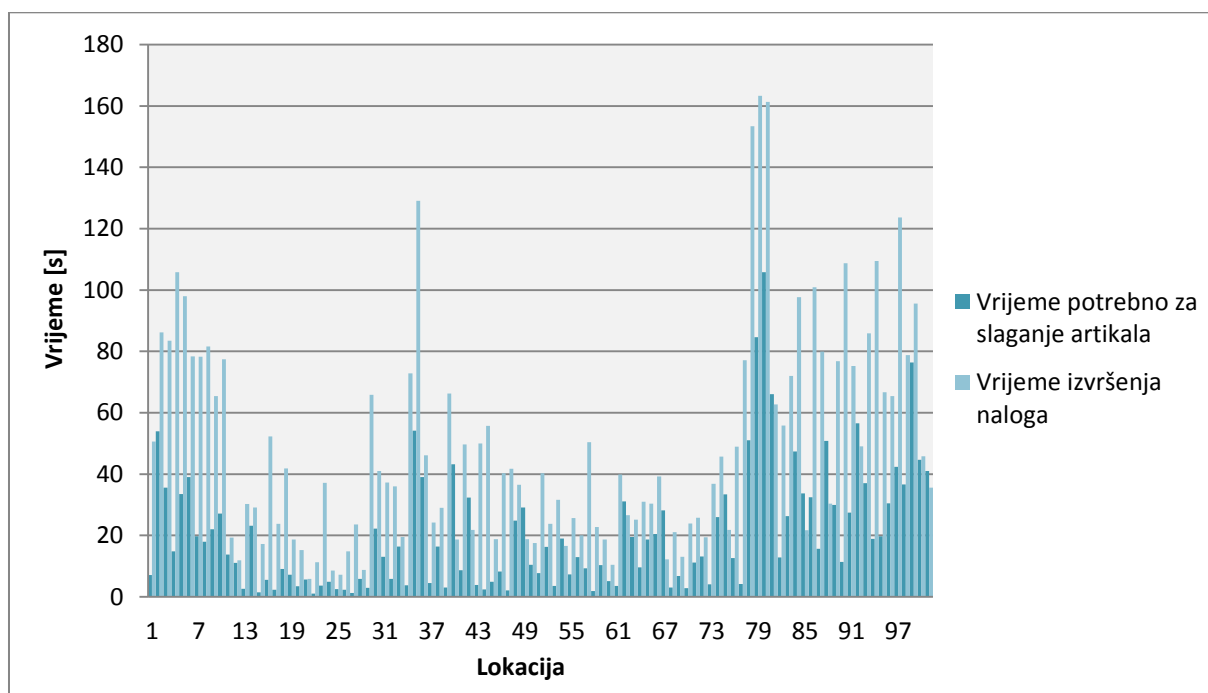


Grafikon 8. Prosječno vrijeme slaganja artikala

Izvor: Izradio autor

Prikazani podaci izmjereni su s uzorka od 100 naloga koji su prikazani na horizontalnoj osi, a vrijeme potrebno za slaganje artikla prikazano je u odnosu na vertikalnu os. Prosječno vrijeme slaganja robe iznosi 20,42 sekunde te u samim podacima nema prevelikih odstupanja. Ona su moguća kod prebrojavanja artikala, veće količine artikala za slaganje, oštećenih artikala itd.

Prema prikupljenim podacima, vrijeme slaganja artikala je najduži potproces u procesu prikupljanja. Na grafikonu 9 prikazana je korelacija između vremena slaganja artikla i ukupnog vremena prikupljanja pojedinačnog naloga.



Grafikon 9. Usporedba ukupnog vremena prikupljanja naloga i slaganja artikla

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 9 vidljiva je korelacija između ukupnog trajanja prikupljanja pojedinačnog naloga i slaganja artikala na paletu za prikupljanje narudžbe. Tamno plavi stupci prikazuju vrijeme potrebno za slaganje artikla, dok svijetlo plavi stupci predstavljaju vrijeme izvršenja naloga. Vidljivo je da slaganje artikla, uzimajući u obzir najveće prosječno vrijeme trajanja potprocesa, najviše utječe na ukupno vrijeme prikupljanja. Pronalazak lokacije također ima znatan utjecaj na ukupno vrijeme, međutim, lokacija artikla je automatski prikazana operateru na bar kod čitaču putem WMS-a te operater nema dodatni rad što se tiče same potrage za lokacijom. U obzir treba uzeti i da operateri s vremenom bolje upoznaju lokacije frekventnih artikala te se vrijeme potrebno za pronalazak lokacije smanjuje. Kod potrage za lokacijom operater dodatno vrijeme može izgubiti na samo rukovanje čitačem, što se može eliminirati i optimizirati upotrebom glasovnog i svjetlosnog navođenja gdje su ruke operatera slobodne.

Procesi odlaganja palete u otpremnu zonu i preuzimanje naloga su procesi koji nisu frekventni, ali odstupaju zbog same duljine pojedinačnog procesa. Prosječno vrijeme

odlaganja iznosi jednu minutu i 30 sekundi, a preuzimanje naloga prosječno traje dvije minute. Vrijeme odlaganja se može oduzeti zbog pripreme palete za otpremu što uključuje odvoz palete te obilježavanje i omatanje palete folijom.

Vrijeme prikupljanja ovisno o frekvenciji otpreme artikala se ne razlikuje jer je operateru naznačena lokacija te ne gleda koju vrstu artikala prikuplja već prikuplja prema navođenju WMS sustava. Odnosno, operater nema razlike kod prikupljanja određenih kategorija artikala. U programskom alatu *Tobii Pro Glasses Analyzer* vršena je analiza koja je prema broju i smjeru fokusa generirala toplinske mape. Toplinske mape su podijeljene u dvije kategorije (A kategorija – visokofrekventni artikl i C kategorija – niskofrekventni artikl). Vezano za analizu frekvencije otpreme, asortiman klase u zoni 2 je ukupno 414 različitih artikala. Od 414 različitih artikala u svih 12 mjeseci evidentirano je 234 različitih artikala. Za A kategoriju najveći dnevni izlaz ima artikl X, sa udjelom od 3331,15 kg, dok C kategorija, odnosno najmanji dnevni izlaz ima artikl Y, sa ukupno 50,4 kg.

Slika 31 prikazuje toplinsku mapu za artikle A kategorije zone 2. Vidljivo je kako operater ima tri mjesta sa najčešćim fokusom, a to su tri pozicije oznake lokacije, što je opravdano iz razloga što operateru čitač prikazuje lokaciju artikla. Također često mjesto fokusa je kartonska ambalaža artikla prilikom preuzimanja artikla.



Slika 31. Toplinska mapa prikupljanja A kategorije artikla

Izvor: Izradio autor

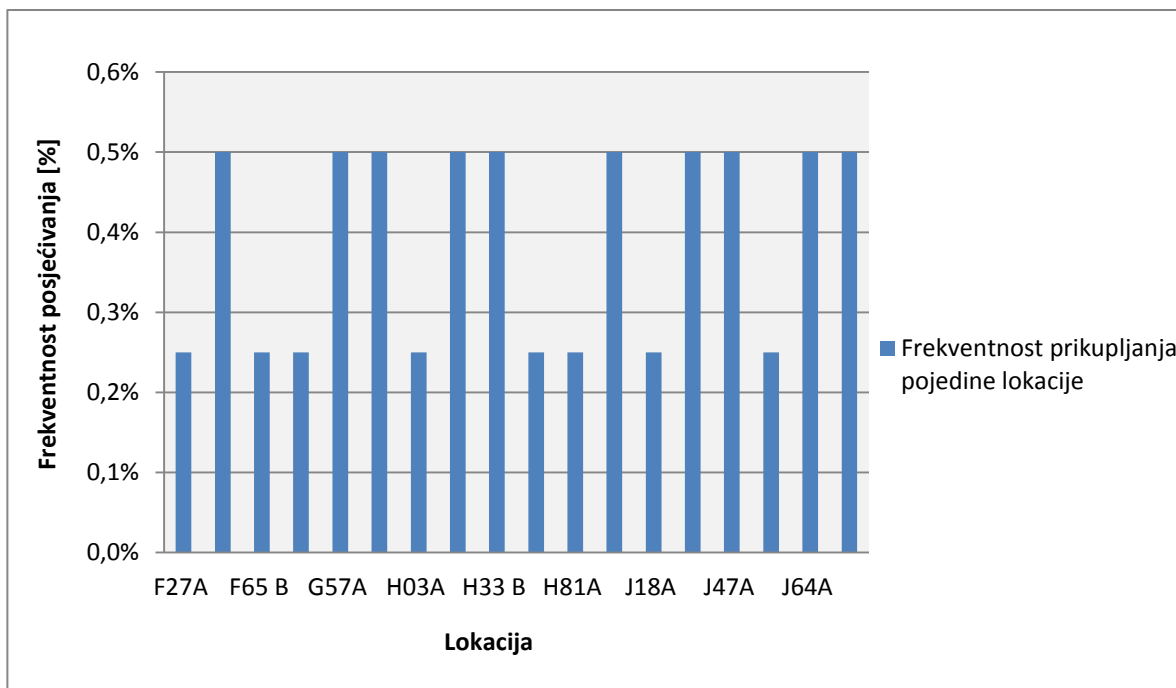
Slika 32 prikazuje toplinsku mapu C kategorije artikla za zonu 2. Isto kao i kod toplinske mape za A kategoriju, postoje tri mjesta sa najčešćim fokusom. Nije vidljiva razlika između toplinske mape pri prikupljanju artikala A i C kategorije jer za jednu i drugu kategoriju operateru je poznata lokacija te prvo fokus usmjerava u oznaku lokacije, a zatim u pakiranje prilikom preuzimanja.



Slika 32. Toplinska mapa prikupljanja C kategorije artikla

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 10 prikazana je analiza frekventnosti prikupljanja artikala u zoni 2 (redovi E, F, G, H, I, J) gdje je vidljivo da u sustavu s WMS-u poznatom lokacijom kategorizacija artikla ne igra bitnu ulogu.



Grafikon 10. Frekvencnost posjećivanja lokacija za prikupljanje

Izvor: Izradio autor

Na horizontalnoj osi istaknute su najfrekventnije lokacije prikupljanja, a na vertikalnoj osi njihov udio u ukupnim prikupljenim artiklima. Udio posjećenosti pojedinih lokacija kreće se između 0,25% i 0,5%. Operator prilikom prikupljanja ovisi najviše o WMS sustavu koji ga navodi na lokaciju prikupljanja. S obzirom da je svaka lokacija točno određena oznakom reda i razine, operator kada se upozna s njihovom klasifikacijom neće puno brže prikupljati artikle. Proizvodi A kategorije su najfrekventniji, a C kategorije su artikli s najmanjom frekventnošću. S obzirom na to, artikli A kategorije se smještaju bliže zoni otpreme, a C artikli se smještaju dalje od zone otpreme. Iako su artikli C kategorije s najmanjom frekventnošću i najdalje smješteni, oni neće uvelike utjecati na samo vrijeme prikupljanja jer se ne prikupljaju toliko često.

6. ZAKLJUČAK

Optimizacija glavnih skladišnih procesa predstavlja temelj efikasnosti i efektivnosti tvrtke na tržištu, gdje je reduciranje logističkih troškova postalo trend. Prema Richardsu, prikupljanje predstavlja 55% ukupnih skladišnih troškova. Iz navedenog se izvlači zaključak da trošak skladišnog procesa ovisi o veličini jedinice kojom se rukuje, odnosno što je ona manja to je trošak skladišnog procesa manji.

Da bi se početni proces prijema odvijao nesmetano, potrebno je sakupiti informacije o pošiljkama, zahtjevima kupaca te dizajnu i rasporedu skladišta. Postoji više načina kojima se određuje način pohrane, a najčešće je korištena ABC analiza, koja se temelji tome da roba s najvećim obrtajem čini 15 % skladišnog prostora, ali pridonosi 85 % ukupnog obrtaja. Svaka kategorija robe zauzima posebno mjesto u skladištu. Proces prikupljanja se sastoji od više potprocesa: priprema, traženje, putovanje, prikupljanje i ostale aktivnosti. Putovanje izuzima 50% posto vremena operatera u ukupnom procesu prikupljanja. Posljedično tom podatku, kod optimiziranja procesa prikupljanja najviše pažnje se posvećuje vremenu putovanja. Ključna veza između prikupljanja i razine usluge je brzina, što brže je narudžba prikupljena prije će biti spremna za slanje krajnjem kupcu. Neki od ciljeva prikupljanja narudžbe su minimiziranje vremena isporuke, maksimiziranje iskoristivosti prostora, opreme, rada i pristupa artiklima. Kod procesa otpreme, ključna stavka je provjera prikupljene robe po količini i vrsti. Pogreške prilikom prikupljanja značajno povećavaju ukupne logističke troškove.

Metoda prikupljanja je bitna sa stajališta ostvarenja profita. Razmatra se vremenski najpogodnija i najučinkovitija metoda prikupljanja, koja će osigurati minimalne vremenske zastoje i što veću količinu prikupljene robe u vremenskom periodu. Metode se mogu grupirati u dva osnovna principa: princip čovjek prema robi i po principu roba prema čovjeku. „Roba čovjeku“ nije često korištena zbog visokih troškova implementacije, a prednost te metode je povećana iskoristivost prostora, veća kontrola zaliha, veća sigurnost, točnost operacija i manji troškovi ljudskog rada. Načini prikupljanja mogu biti putem: papirnatih listi, bar kod čitača, RFID tehnologije, svjetlosnog navođenja ili glasovnih naredbi

Praćenje zjenice oka prilikom obavljanja pojedinih aktivnosti osigurava veliku količinu informacija koje uvelike mogu biti korisne u istraživanjima. Većina sadašnjih sustava za praćenje kretanja oka se temelji na snimanju područja oka upotrebom video tehnologije i izvora infracrvene svjetlosti. *Tobii Pro Glasses 2* je mjerni uređaj namijenjen vizualnoj detekciji, napravljen za promatranje kretanja zjenice oka određenog subjekta u bilo kojem

okruženju. Laboratorijska oprema se sastoji od naočala za praćenje kretanja zjenice oka, memorijske kartice za spremanje video snimaka i programa za analizu prikupljenih podataka.

Korištenje informatičke tehnologije u skladišnom sustavu se koristi u svrhu konkurentnog, efikasnijeg i novčano isplativijeg poslovanja. WMS kao ključan dio skladišnog sustava i poslovanja služi za automatsku kontrolu kretanja i skladištenja zaliha robe. Sadrži u sebi informacije o asortimanu i prikuplja podatke putem RFID tehnologije ili bar-kod čitača. Pomoću logičkih metoda WMS određuje put i lokaciju prikupljanja artikla. U radu je WMS određivao put za prikupljanje artikla u uvjetima kada mu je lokacija artikla poznata. U ovakvom sustavu, WMS usmjerava operatera na lokaciju prikupljanja artikla, asortiman mu je irelevantan te operater pri dolasku na lokaciju prikuplja po uputama čitača artikla sa lokacije i njihovu potrebnu količinu. Utjecaj operatera na sam proces prikupljanja nije značajan iz razloga jer ga sam WMS usmjerava optimalnom rutom.

Istraživanje je provedeno u skladištu na tržištu Republike Hrvatske te je dio hladnog opskrbnog lanca. Podaci su prikupljeni putem *Tobii Pro Glasses 2* opreme te su analizirani u programu *Tobii Pro Glasses 2 Analyzer*. Ključni procesi koji su analizirani su: trajanje narudžbe, pronalazak lokacije, očitavanje artikla i lokacije, slaganje robe na transportnu jedinicu te izuzimanje i vraćanje palete na skladišni regal. Prosječno vrijeme prikupljanja jedne narudžbe iznosi 10,74 minute. Na ukupno vrijeme prikupljanja uvelike je utjecao način prikupljanja narudžbe, odnosno izuzimanje palete sa pozicije. U nekim slučajevima, za svaki prikupljeni artikl operater je izuzimao paletnu jedinicu sa stanja upotrebom električnog viličara, dok je u nekim slučajevima operater to radio ručno bez izuzimanja paletne jedinice sa stanja, što uvelike smanjuje vrijeme prikupljanja. Međutim, to također ovisi o potrebnim količinama koje moraju biti prikupljene i o dostupnosti artikla. Najduža vremena za pronalazak lokacije su locirana na samim počecima naloga, odnosno kod pronalaska prvog artikla gdje operater pronalazak započinje iz otpremne zone. Najniže zabilježeno vrijeme pronalaska je 1,23 sekunde, a najduže 56 sekundi. Komparativna analiza izuzimanja i vraćanja palete na stanje ukazuje da je potrebno više vremena za izuzimanje, a sveukupan proces zauzima pola minute vremena operatera. Očitavanje lokacije i artikla je aktivnost koja izuzima najmanje radnog vremena operatera, u prosjeku 8,53 sekunde. Na očitavanje je utjecalo oštećenost prikupljanog artikla. Vrijeme slaganja artikla iznosi u prosjeku 20,42 sekunde te od mjerenih procesa zahtijeva najviše vremena operatera. Jasna je korelacija utjecaja slaganja artikla na ukupno vrijeme prikupljanja naloga. Iako pronalazak lokacije zauzima znatno vrijeme od ukupnog procesa, lokacija artikla je automatski prikazana operateru na bar kod čitaču putem WMS-a te operater nema dodatni rad što se tiče same

potrage za lokacijom. Vrijeme prikupljanja ovisno o frekvenciji otpreme artikala se ne razlikuje jer je operateru naznačena lokacija te ne gleda koju vrstu artikala prikuplja već prikuplja prema navođenju WMS sustava, odnosno operater nema razlike kod prikupljanja određenih kategorija artikala.

LITERATURA

1. B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. van Houtum, R.J. Mantel, W.H.M. Zijm: *Warehouse design and control: Framework and literature review*, Nizozemska, 2010.
2. Richards, G.: *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*, Second ur., Kogan Page, 2014.
3. Bartholdi, J., Hackman S.: *Warehouse and Distribution Science*, svez. 0.94, Atlanta: School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, 2011., p. 23-32.
4. Logistics supply chain forum, 2015., URL: logisticssupplychainforum.blogspot.com (pristupljeno travanj 2018.)
5. Wenrong, L.: *Product Intelligence in Warehouse Management: A Case Study*, Cambridge, V. Britanija, 2014.
6. Jinxiang G., Goetschalckx M., McGinnis L.F.: *Research on Warehouse operation: A comprehensive review*, 2005.
7. Petersen, C.G., Aase, G., Heiser, D.R.,. *Improving orderpicking performance through the implementation of classbased storage*, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 34 (7), 534–544., 2014.
8. Rene' de Koster, Tho Le-Duc, Kees Jan Roodbergen: *Design and control of warehouse order picking: A literature review R*, 2005.
9. Tompkins J.A., White J.A., Bozer Y.A., Frazelle E.H., Tanchoco J.: *Facilities Planning*., John Wiley & Sons, 2003.
10. Đurđević, D., Miljuš, M.: *Prikupljanje - upravljački aspekt*, Tehnika - Saobraćaj, svez. 56 (4), 2009.
11. Benjaafar, S., Elhedhli, S.: *Demand Allocation in Systems with Multiple Inventory Locations and Multiple Demand Sources*, Guangdong, Kina, 2008.
12. FSB, Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje, URL: https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/05_06_2013__18997_Skladistenje_TL-5_1.pdf (pristupljeno travanj 2018.)
13. Skladištenje: *Metode i procesi komisioniranja*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2013.
14. Unutrašnji transporti i skladištenje: *Podizanje robe/prikupljanje*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

15. Chen, M.C., Wu, H.P.: *An association-based clustering approach to order batching considering customer demand patterns*, Omega International Journal of Management Science 33 (4), 333–343., 2005.
16. Le-Duc, T., De Koster, R.: *Travel time estimation and order batching in a 2-block warehouse*, European Journal of Operational Research 176 (1), 374–388, 2007.
17. URL: <http://logisticssupplychainforum.blogspot.hr/> (pristupljeno travanj 2018.)
18. Đukić, G.: *Istraživanje komisioniranja u regalnim skladištima*, Doktorska disertacija, 2004.
19. URL: www.skladisna-oprema.hr (pristupljeno travanj 2018.)
20. URL: http://linde-mh.hr/content/uploads/2015/08/pallet_trucks_linde_t16_l_1152_safety-315x210.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
21. URS: <https://interlakemecalux.cdnwm.com/automated-storage-retrieval-systems/stacker-cranes-for-boxes/img34.1.2.jpg?imageThumbnail=3> (pristupljeno travanj 2018.)
22. URL: https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf (pristupljeno travanj 2018.)
23. URL: <http://verticalstorageusa.com/wp-content/uploads/2015/10/home-page-slider-02.jpg> (pristupljeno travanj 2018.)
24. Ae Leea, Yoon Seok Changa, Hyun-Jin Shimb, Sung-Je Chob: *A study on the picking process time*, Integrated Logistics Research Institute Corporation, Seoul, Južna Koreja, 2015.
25. URL: [https://fthmb.tqn.com/iDRo9t_dQGxm1IxkeCGEy7a5Yw=/2399x1600/filters:no_upscale\(\):fill\(transparent,1\)/138709206-56a5b64d5f9b58b7d0de1483.jpg](https://fthmb.tqn.com/iDRo9t_dQGxm1IxkeCGEy7a5Yw=/2399x1600/filters:no_upscale():fill(transparent,1)/138709206-56a5b64d5f9b58b7d0de1483.jpg) (pristupljeno travanj 2018.)
26. Dujak D.: *Tehnologija u logistici- s posebnim osvrtom na upotrebu u maloprodaji*, Ekonomski fakultet u Osijeku, 2006.
27. URL: <https://image.slidesharecdn.com/warehouse-20automation-140113122922-phpapp01/95/warehouse-automation-23-638.jpg> (pristupljeno travanj 2018.)
28. Benjaafar, S., Elhedhli, S.: *Demand Allocation in Systems with Multiple Inventory Locations and Multiple Demand Sources*, Guangdong, Kina, 2008.
29. URL: https://static.wixstatic.com/media/fe8032_4d0d357127ac477585f6afe4bc4cb2c7.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
30. Đurđević B. D., *Razvoj modela za izbor i uobličavanje komisione zone*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.

31. URL: http://logicmaterialhandling.com/content/uploads/2016/02/mobilecomm_main-770x411.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
32. Babić, D., Fiolić, M., & Babić, D.: *A Review of Eye-tracking in Traffic Research*. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,
33. Kaurić, I.: *Sustav za detekciju usmjerenosti pogleda*, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2013.
34. Kapitaniak B,m Walczak M., Kosobudzki M., Jozwiak Z., Bortkiewicz A.: *Application of Eye-Tracking in Drivers Testing: A Review of Research*, Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poljska, 2015.
35. Singh H., Dr. Singh J.:*Human Eye Tracking and Related Issues: A Review*, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 2, Issue 9, Indija, 2012.
36. URL: <https://www.tobiiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/> (pristupljeno travanj 2018.)
37. URL:https://www.tobiiipro.com/imagevault/publishedmedia/5qnrenow7en479ybehzn/TobiPro_Glasses_2_Eye_Tracker_side_2_1.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
38. URL:https://www.tobiiipro.com/imagevault/publishedmedia/5qnrenow7en479ybehzn/TobiPro_Glasses_2_Eye_Tracker_side_2_1.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
39. URL: <https://www.tobiiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Components> (pristupljeno travanj 2018.)
40. URL: <https://www.tobiiipro.com/research-paper-reference-library/> (pristupljeno travanj 2018.)
41. Habek, M., i suradnici: *Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje*, RRIF, 2002.
42. Sekso, S.: *Uloga informacijskih sustava u upravljanju materijalima i zalihama*, Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, svez. Vol. 2, 2011.
43. Petrović, D. P.: *ERP sistemi u funkciji unapređenja kvaliteta poslovanja*, 36. Nacionalna konferencija o kvalitetu, 2009.
44. Vuković, A., Džambas, I., Blažević, D.: *Razvoj ERP-koncepta i ERP-sustava*, Međunarodni časopis namijenjen prezentaciji i razmjeni originalnih istraživanja s aspekta dizajna, materijala i novih tehnologija u području strojarstva, brodogradnje, temeljnih tehničkih znanosti, elektrotehnike, računarstva i građevine, 2007.
45. https://www.augustinfotech.com/app/asset/uploads/2016/08/benefits_of_erp.jpg (pristupljeno travanj 2018.)
46. Butina, S.: *Analiza logističkog sustava veleprodajne tvrtke*, Diplomski rad, 2016.

47. Moeller, K., *Increasing Warehouse Order Picking Performance by Sequence Optimization*, Pforzheim University, Pforzheim, Njemačka, 2011.
48. Mohan, V. E., *Warehousing and Inventory Management*, CII Institute of Logistics, Chennai, Indija

POPIS KRATICA

WMS	(Warehouse Management System) sustav upravljanja skladištem
AS/RS	(Automated Storage and Retrieval Systems) sustavi za automatsko pohranjivanje i prikupljanje
RFID	(Radio Frequency Identification) radio frekvencijsko prepoznavanje
HDMI	(High Definition Multimedia Interface) multimedijско sučelje visoke definicije
HD	(High Definition) visoka definicija
GB	(Gygabyte) gigabajt
WI-FI	(Wireless Frequency) bežična frekvencija
FPS	(Frames per Second) sličice po sekundi
SD	(Secure Digital Card) sigurnosna digitalna kartica
ERP	(Enterprise Resource Planning) sustav planiranja resursa poduzeća
SCM	(Supply Chain Management) upravljanje opskrbnim lancem
CSM	(Customer Relationship Management) upravljanje odnosima s kupcima
SFA	(Sales Force Automation) automatizacija prodajne snage
APS	(Advanced Planning and Scheduling) napredno planiranje
BI	(Business Intelligence) poslovna inteligencija

POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovni skladišni procesi	3
Slika 2. Potprocesi prikupljanja	7
Slika 3. Diskretno prikupljanje.....	13
Slika 4. Zonsko prikupljanje	14
Slika 5. Grupno prikupljanje	15
Slika 6. Prikupljanje na mah	16
Slika 7. Ručni viličar	17
Slika 8. Električni viličar.....	18
Slika 9. Visokoregalni viličar.....	18
Slika 10. Prikupljanje manjih jedinica AR/RS sustavom.....	19
Slika 11. Horizontalni karusel	20
Slika 12. Prikupljanje primjenom papirnate liste	21
Slika 13. RFID u skladištu	22
Slika 14. Barkod naljepnice na skladišnim pozicijama.....	23
Slika 15 Prikupljanje glasovnim navođenjem	24
Slika 16. Tobii Pro Glasses 2	28
Slika 17. Komponente naočala Tobii Pro Glasses 2	29
Slika 18. ERP sustav	34
Slika 19 . Tlocrtni prikaz skladišnog prostora.....	42
Slika 20. Klasifikacija redova i zona u promatranom skladištu	43
Slika 21. Označavanje razina regala promatranog skladišta	44
Slika 22. Označavanje lokacije paletne jedinice	44
Slika 23. Razine prikupljanja promatranog skladišta	45
Slika 24. Smjer i fokus gledanja operatera.....	46
Slika 25. Unos aktivnosti u program	47
Slika 26. Popis mjerenih aktivnosti.....	48
Slika 27. Vremenska lista mjerenih aktivnosti	49
Slika 28. Kreiranje interesnih aktivnosti	50
Slika 29. Sučelje Tobii Pro Glasses Analyzer.....	50
Slika 30. Očitavanje lokacije bar kod čitačem	55
Slika 31. Toplinska mapa prikupljanja A kategorije artikla.....	58
Slika 32. Toplinska mapa prikupljanja C kategorije artikla	59

POPIS TABLICA

Tablica 1. Troškovi skladišnih procesa	4
Tablica 2. Specifikacije Tobii Pro Glasses 2 naočala	31
Tablica 3. Specifikacije Tobii Pro Glasses 2 uređaja za pohranu podataka.....	31
Tablica 4. Razlike između klasičnog i proširenog ERP-a.....	33

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Vrste prikupljanja s obzirom na kretanje materijala/operatora	16
Grafikon 2. Grafički prikaz WMS sustava	39
Grafikon 3. Proces prikupljanja kod WMS-u poznate lokacija	40
Grafikon 4. Ukupno trajanje prikupljanja narudžbe.....	52
Grafikon 5. Trajanje vremena za pronalazak lokacije.....	53
Grafikon 6. Usporedba vremena izuzimanja i vraćanja palete na regal	54
Grafikon 7. Vrijeme očitavanja lokacije i artikla	55
Grafikon 8. Prosječno vrijeme slaganja artikala	56
Grafikon 9. Usporedba ukupnog vremena prikupljanja naloga i slaganja artikla	57
Grafikon 10. Lokacije prikupljanja artikla u zoni 2	Error! Bookmark not defined.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom _____

Analiza prikupljanja kod pozicioniranja robe unaprijed definiranom lokacijom

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 20.4.2018 _____


(potpis)