

Prikaz i analiza skladišnog sustava poduzeća

Kajmić, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:663506>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD
*Prikaz i analiza skladišnog sustava
poduzeća*

Krešimir Kajmić

Zagreb, 2011

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD
*Prikaz i analiza skladišnog sustava
poduzeća* 

Voditelj rada:
Dr. sc. Goran Đukić

Krešimir Kajmić

Zagreb, 2011



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Krešimir Kajmić** Mat. br.: 0035165982

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PRIKAZ I ANALIZA SKLADIŠNOG SUSTAVA PODUZEĆA**

Naslov rada na engleskom jeziku: **THE OVERVIEW AND ANALYSIS OF WAREHOUSING SYSTEM CASE**

Opis zadatka:

Poduzeće za veleprodaju okova i pribora za građevinsku stolariju i namještaj cjelokupni asortiman od nekoliko tisuća artikala skladišti i distribuira na području RH iz jednog centralnog skladišta u roku od 24 sata od primitka narudžbe.

U radu je potrebno:

- dati osnovne informacije o poduzeću (djelatnost, lokacija, organizacijska shema, asortiman),
- opisati logističke procese nabave i upravljanja zalihama, uskladištenja i distribucije robe,
- detaljno prikazati skladišni sustav gotove robe,
 - skladišne zone (lokacije, površine, kapaciteti),
 - oprema (skladišna, transportna, ostalo),
 - tijek materijala (kvalitativni i kvantitativni prikaz) i operacije u procesima prijema, uskladištenja, komisioniranja i izdavanja robe.
- za odabrani automatizirani skladišno-komisioni podsustav (mini-load AS/RS) napraviti analizu procesa uskladištenja i iskladištenja (radni ciklusi automatskih dizalica, primjenjene metode optimizacije, produktivnost komisioniranja, točnost operacija).

Zadatak zadan:
18. studenog 2010.

Rok predaje rada:
1. rok: **04. veljače 2011.**
2. rok: **05. srpnja 2011.**

Predvideni datumi obrane:
1. rok: **09. – 11. veljače 2011.**
2. rok: **11. – 13. srpnja 2011.**

Zadatak zadao:


Doc.dr.sc. Goran Đukić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

Sažetak

U završnom radu opisani su logistički procesi nabave, skladištenja i distribucije robe ka krajnjem korisniku. Detaljno je prikazan cjelokupan skladišni sustav poduzeća *D.B.T. d.o.o.*, uz prikazom i opisom skladišnih zona i opreme koja se nalazi u skladištu. Opisan je i grafički prikazan tijek materijala unutar skladišta.

Od cjelokupnog skladišnog sustava, najveći naglasak je stavljen na opis i analizu automatiziranog skladišno-komisionog Mini-load AS/RS podsustava. Automatizirani podsustav detaljno je opisan i analiziran. Do konkretnih informacija o njegovom radu i optimizaciji nisam mogao doći, pošto ih poduzeće nije imalo, stoga se moja analiza temeljila na promatranju rada sustava, i mjerenju vremena trajanja pojedinih radnih ciklusa. Na temelju prikupljenih podataka izračunata je iskoristivost pojedinih dijelova sustava, popunjenost njegovih kapaciteta te analizirao točnost operacija. Sustav se sastoji od regala dvostrukih dubina, automatiziranih dizalica, valjčanih transportera-konvejera i komisionih mjesta. Na koncu sam predstavio nekoliko načina pomoću kojih se može povećati produktivnost cjelokupnog sustava, povećanjem produktivnosti komisioniranja, pošto je ono najslabija karika u sustavu.

SADRŽAJ

Sažetak	4
Popis slika	7
Popis tablica	9
Izjava	10
1. UVOD	11
2. O PODUZEĆU	12
2.1. Djelatnosti poduzeća	12
2.2. Lokacija	13
2.3. Organizacijska shema	13
2.4. Asortiman poduzeća	14
3. LOGISTIČKI PROCESI U PODUZEĆU	19
3.1. Nabava	19
3.2. Upravljanje zalihama	20
3.3. Uskladištenje	21
3.4. Distribucija robe – prodaja	22
4. SKLADIŠNI SUSTAV GOTOVE ROBE	24
4.1. Skladišne zone	24
4.2. Oprema	27
4.2.1. Mini-load AS/RS (Automated Storage / Retrieval Systems)	28
4.2.2. Paletni regali	29
4.2.3. Polični regali	30
4.2.4. Konzolni regali	33
4.2.5. VLM – Vertikalni podizni moduli	35
4.2.6. Automatizirana dizalica mini-load AS/RS sustava – <i>Viasstore – Viaspeed S2</i>	36
4.2.7. Valjčani konvejeri	37
4.2.8. Viličari	38
4.2.9. Kolica	38

4.2.10.	Kombi-vozila.....	39
4.2.11.	Radne stanice	39
4.2.12.	Ručni terminali	40
4.2.13.	Vage.....	41
4.3.	Tijek materijala.....	42
4.3.1.	Preuzimanje robe	43
4.3.2.	Uskladištenje robe	44
4.3.3.	Komisioniranje robe.....	45
4.3.4.	Objedinjavanje (akumuliranje) narudžbe	46
4.3.5.	Izdavanje robe.....	46
5.	AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNO-KOMISIONI PODSUSTAV MINI-LOAD AS/RS.....	48
5.1.	Analiza procesa uskladištenja dizalice	50
5.2.	Analiza procesa iskladištenja dizalice	53
5.3.	Analiza rada dizalica.....	56
5.4.	Analiza valjčanih transportera-konvejera	57
5.5.	Analiza ručnog komisioniranja	60
5.6.	Analiza točnosti operacija	63
5.7.	Moguća poboljšanja sustava.....	64
6.	ZAKLJUČAK.....	66
7.	LITERATURA.....	67

Popis slika

Slika 1. <i>D.B.T. d.o.o. Zaprešić</i>	12
Slika 2. <i>Lokacija poduzeća</i>	13
Slika 3. <i>Organizacijska struktura</i>	14
Slika 4. <i>Okovi za vrata</i>	15
Slika 5. <i>Okovi za prozore</i>	15
Slika 6. <i>Proizvodi za primjenu u graditeljstvu</i>	16
Slika 7. <i>Okov za staklo</i>	16
Slika 8. <i>Okov za namještaj</i>	17
Slika 9. <i>Vijci i vijčana roba</i>	17
Slika 10. <i>Pur pjena i silikon</i>	18
Slika 11. <i>Industrijski kotač</i>	18
Slika 12. <i>Poštanski ormarić</i>	18
Slika 13. <i>Narudžbenica</i>	20
Slika 14. <i>Primka</i>	21
Slika 15. <i>Ulazni nalog</i>	22
Slika 16. <i>Skladišne zone</i>	25
Slika 17. <i>Zauzetost hale pojedinim zonama</i>	26
Slika 18. <i>Zauzetost skladišne zone pojedinom opremom</i>	27
Slika 19. <i>Mini-load AS/RS</i>	28
Slika 20. <i>Paletni regal-PALR 1</i>	29
Slika 21. <i>Paletni regal-PALR 2</i>	30
Slika 22. <i>Pollični regal-POLR 1</i>	31
Slika 23. <i>Polični regal-POLR 2</i>	31
Slika 24. <i>Polični regal-POLR 3</i>	32
Slika 25. <i>Polični regal za nesukladne proizvode-PRNP</i>	33
Slika 26. <i>Konzolni regal-KR 1</i>	34
Slika 27. <i>Konzolni regal-KR 2</i>	34
Slika 28. <i>Konzolni regal-KR 3</i>	35
Slika 29. <i>Princip rada VLM-a</i>	36
Slika 30. <i>VLM-Vertikalni podizni moduli</i>	36
Slika 31. <i>Automatizirana dizalica Viastore</i>	37
Slika 32. <i>Valjčani konvejeri</i>	37
Slika 33. <i>Čeoni elektirčni viličar; Elektro-paletni visokopodizni viličar; Ručni paletni viličar</i>	38
Slika 34. <i>Kolica</i>	38

Slika 35. <i>Radna stanica</i>	39
Slika 36. <i>Računala, printeri</i>	40
Slika 37. <i>Ručni terminal</i>	41
Slika 38. <i>Vaga-Libela Suma MT10, za sitnu robu; Kontrolna vaga u konvejeru</i>	41
Slika 39. <i>Tijek materijala-ulaz/izlaz</i>	42
Slika 40. <i>Objedinjavanje narudžbe</i>	46
Slika 41. <i>Automatizirani podsustav Mini-load AS/RS</i>	49
Slika 42. <i>Utovar/istovar spremnika s dizalice na konvejere</i>	54
Slika 43. <i>Odnos vremena uskladištenja i iskladištenja dizalice</i>	56
Slika 44. <i>Tijek spremnika po valjčanim konvejerima</i>	58
Slika 45. <i>Skeniranje barkoda spremnika i artikla</i>	60
Slika 46. <i>Točnost operacija</i>	63

Popis tablica

Tabela 1. *Kvantitativni prikaz tijeka materijala [kg/mjesečno]* 43

Izjava

Izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, koristeći znanje stečeno na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, i navedenu literaturu.

Ovom prilikom zahvaljujem se prof. dr. sc. Goranu Đukiću na stručnoj pomoći i savjetima tijekom izvođenja ovoga rada.

Također se zahvaljujem susretljivim djelatnicima tvrtke D.B.T. d.o.o. Zaprešić, na ustupljenim materijalima, pomoći i vremenu.

Krešimir Kajmić

1. UVOD

U ovom radu prikazati će se cjelokupno poslovanje poduzeća *D.B.T. d.o.o.* iz Zaprešića. Osnovna djelatnost poduzeća je uvoz, izvoz i veleprodaja okova i pribora za proizvodnju vrata, prozora i namještaja. Glavni „alat“ za obavljanje tih usluga je njihovo skladište s pripadajućom skladišnom, transportnom i ostalom opremom.

Stoga će se dati detaljan prikaz svih radnji unutar skladišta, od ulaza robe, prijema, uskladištenja, zaprimanja narudžbi, komisioniranja, te naposljetku isporuke robe kupcu, kao i prikaz tijeka materijala unutar skladišta.

Posebno će se prikazati i analizirati automatizirani skladišno-komisioni podsustav mini-load AS/RS, kao najfrekventniji i najproduktivniji sustav cjelokupnog skladišta.

2. O PODUZEĆU

D.B.T. d.o.o. je osnovan koncem 1991. godine i od početka se formira u tvrtku usmjerenu za rad na tržištu okova i pribora za proizvodnju vrata, prozora i namještaja. To usmjeravanje uspijeva zadržati u proteklih 19 godina rada i skupiti široku ponudu proizvoda iz domaće proizvodnje, kao i proizvode značajnih europskih proizvođača.

Proteklo vrijeme rada, sva raspoloživa sredstva i rad bili su maksimalno usmjereni u razvoj programa ponude, izgradnju vlastite infrastrukture i osvajanje tržišta. Danas možemo iz širokog programa pounde, svaku narudžbu realizirati u vrlo kratkom roku, tako, da je roba kod kupca u roku 24 sata od momenta prijema narudžbe, za cijelo područje Hrvatske.

U BiH, u Bihaću, smo 1997. godine osnovali tvrtku *Favorit-BH d.o.o.*, u Sloveniji *D.B.T. d.o.o. Radlje ob Dravi* posluje od 2005. godine, a u Srbiji, u Beogradu, 2005. godine osnovana je tvrtka *D.B.T. Okovi d.o.o.* Sve navedene tvrtke razvijaju jednaki program rada kao i *D.B.T. d.o.o.*, Zaprešić.



Slika 1. *D.B.T. d.o.o. Zaprešić*

2.1. Djelatnosti poduzeća

Djelatnosti poduzeća su: uvoz, izvoz i veleprodaja okova i pribora za proizvodnju vrata, prozora i namještaja. U svim djelatnostima riječ je o

izvršavanju usluga prema krajnjim korisnicima.

Poduzeće *D.B.T. d.o.o.* koristi vanjske usluge za sljedeće poslove: usluge špedicije i transporta, softversku podršku, usluge mjerenja i certificiranja uređaja i opreme.

2.2. Lokacija

Poduzeće D.B.T. d.o.o. smješteno je u Zaprešiću na adresi: Nova ulica 2.



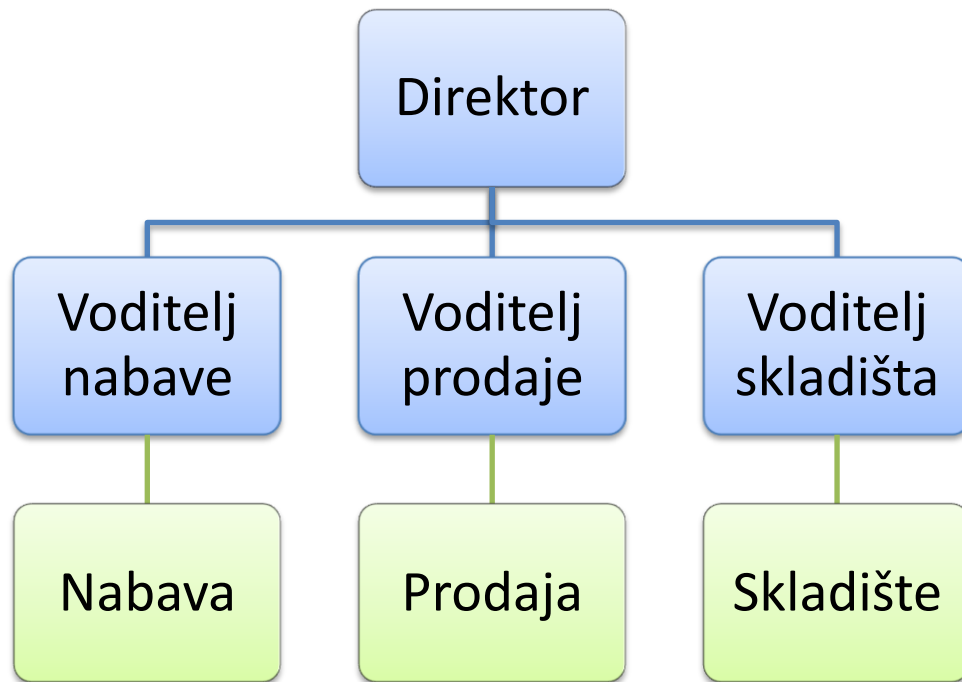
Slika 2. Lokacija poduzeća

2.3. Organizacijska shema

U poduzeću *D.B.T. d.o.o.* ustrojene su sljedeće organizacijske jedinice: uprava, nabava, prodaja i skladište.

Sjedište svih organizacijskih jedinica je u Zaprešiću, Nova ulica 2.

Upravu čini direktor s voditeljima nabave, prodaje i skladišta (slika 3).



Slika 3. Organizacijska struktura

2.4. Asortiman poduzeća

Kao što je već navedeno, poduzeće je usmjereno za rad na tržištu okova i pribora za proizvodnju vrata, prozora i namještaja. Prema tome njihov asortiman čine: okovi za vrata, okovi za prozore, proizvodi za primjenu u graditeljstvu, okov za staklo, okov za namještaj, vijci i vijčana roba, pur-pjene, silikoni, ral montaža, industrijski kotačići, poštanski ormarići i dr.

OKOVI ZA VRATA:

U okove za vrata ubrajaju je različiti hidraulički i podni zatvarači; cilindarski ulošci i lokoti; razne kvake, kugle i rukohvati; brave, spojnice, antipanik sistemi zaključavanja i dr. vidljivo na slici 4.



Slika 4. Okovi za vrata

OKOVI ZA PROZORE:

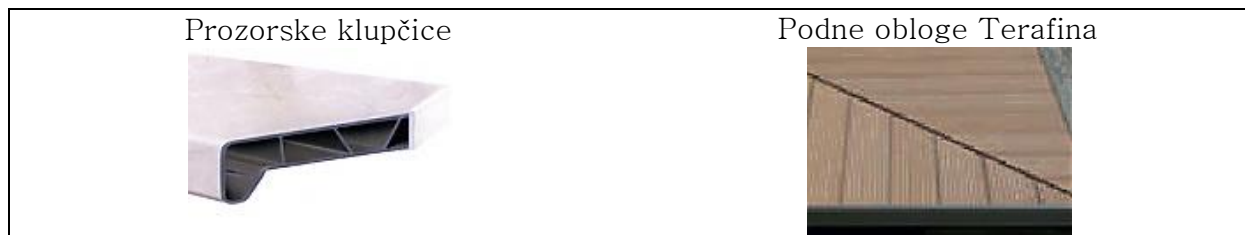
Pod okove za prozore spadaju mehanizmi za klizne stijene; otklopno-zaklopni okovi, razni aluminijски profili i okapnice, te ventus (slika 5).



Slika 5. Okovi za prozore

PROIZVODI ZA PRIMJENU U GRADITELJSTVU:

Od proizvoda za primjenu u graditeljstvu imaju prozorske klupčice i podne obloge.



Slika 6. Proizvodi za primjenu u graditeljstvu

OKOV ZA STAKLO:

U širok asortiman okova za staklo ubrajaju se: zaokretna vrata, staklene stijene, klizna vrata za interijer, različiti držači stakla, nadstrešnice, te oprema za oblaganje balkona, terasa, zimskih vrtova i slično.



Slika 7. Okov za staklo

OKOV ZA NAMJEŠTAJ:

U okove za namještaj ubrajamo okove potrebne u proizvodnji kuhinja, okove za ormare, različite ručkice, vješalice i dr.



Slika 8. Okov za namještaj

VIJCI I VIJČANA ROBA:

U asortiman vijaka i vijčane robe ubrajaju se različite tiple, vijci za drvo, vijci za PVC, različiti vijčani okov, pokrivne kapice i slično, vidljivo na slici 9.



Slika 9. Vijci i vijčana roba

PUR-PJENE I SILIKONI, RAL MONTAŽA:

Ovdje vidimo paletu proizvoda koji se koriste pri ugradnji građevinskih otvora, poput prozora, vrata i dr. To su pur-pjene, različiti silikoni, montažni kitovi i sl.(slika 10).



Slika 10. *Pur pjena i silikon*

INDUSTRIJSKI KOTAČI:

Poduzeće posjeduje i širok asortiman industrijskih kotača koji se ugrađuju na različita ručna pomoćna vozila, uglavnom za industriju.



Slika 11. *Industrijski kotač*

POŠTANSKI ORMARIĆI:

U širok spektar proizvoda uvrstili su i poštanske ormariće različitih vrsta i oblika.



Slika 12. *Poštanski ormarić*

3. LOGISTIČKI PROCESI U PODUZEĆU

Robno skladišno poslovanje u poduzeću *D.B.T. d.o.o.* je organizirano tako da je proces prodaje, nabave i skladištenja automatiziran i u cijelosti informatiziran.

Da bi se izbjegle moguće pogreške nastale prenošenjem dokumenata među odjelima maksimalno se koristi računalni sustav u koji su umrežene sve službe u poduzeću. Korištenje tog sustava podržava permanentnu inventuru stanja zaliha na skladištu koja se tijekom poslovne godine najmanje jednom, a po potrebi i više puta, potvrđuje radi knjiženja viškova i manjkova. Početno stanje zaliha skladišta na početku poslovne godine je stanje zaliha na dan 31. 12. prethodne godine ili stanje inventure ukoliko je ista napravljena na kraju prethodne poslovne godine. Sva dokumentacija prikupljena u skladištu tijekom procesa ulaza ili izlaza robe predaje se u odjel prodaje ili nabave koji je prosljeđuje u knjigovodstvo za potrebe materijalnog ili financijskog knjiženja. Knjigovodstvo arhivira svu obrađenu dokumentaciju. Skladište za svoje potrebe koristi arhivu u skladištu.

3.1. Nabava

Voditelji odjela i djelatnici prema potrebi dostavljaju odjelu nabave potrebe za nabavu roba i količina koje nisu određene godišnjim planom nabave te zahtjeve za korištenjem usluga vanjskih suradnika/poduzeća.

Ukoliko se zahtjev odnosi na proizvode za daljnju prodaju (osnovna djelatnost poduzeća) voditelj nabave poduzima sve potrebne predradnje za što bržu i povoljniju nabavu traženih proizvoda (robe). Robe koje su u stalnoj ponudi prodaje D.B.T. d.o.o., nabavljaju se u kontinuitetu, prema potrebama tržišta. Naručene količine i rokove isporuke određuju djelatnici nabave. Odobreni ugovori vraćaju se odjelu nabave koji provodi nabavu.

Prvi korak u odjelu nabave je kontrola zaliha koji obavljaju djelatnici nabave u suradnji sa skladištem. Nakon utvrđenog stanja zaliha na skladištu, djelatnici nabave izrađuju narudžbenicu koju šalju dobavljaču. Narudžbenica sadrži popis robe s količinama koje se naručuju.

U poduzeću postoji razrađena lista dobavljača koji udovoljavaju zahtjevima kvalitete nabavljenih roba i usluga. Kod svake promjene na listi dobavljača, ažurirana lista pohranjuje se u odjelu nabave.

AUSTRIA GmbH

Narudžba dobavljaču: 10/000

Datum: 09.11.2019

Rbr.	Šifra robe	Naziv robe	Jmj	Količina	Dostavljena Količina	Datum isporuke	Cijena	Ukupno
1	01933507	W CILINDER ULOŽAK 55X40	kom	100,00	0,00			0,00
2	1221456	W ZATVARAČ STV-F 1660/45 92/8 M2 D SA ZASUNIMA	kom	50,00	0,00			0,00
3	1221472	W ZATVARAČ STV-F 1660/45 92/8 M2 L SA ZASUNIMA	kom	60,00	0,00			0,00
4	1322643	W PRIHVATNIK SB FRA U26-76 D MC (kbe 70)	kom	30,00	0,00			0,00
5	1322668	W PRIHVATNIK SB FRA U26-76 L MC (kbe 70)	kom	30,00	0,00			0,00
6	1308519	W PRI.ZASUNA SB U26-76 MV MC	kom	40,00	0,00			0,00
Ukupna vrijednost narudžbe:								0,00

LCS101NOD

Stranica 1 od 1

Obrada LC

Slika 13. Narudžbenica

Nakon zaprimanja narudžbenice dobavljač šalje odjelu nabave potvrdu narudžbe. Nabava vrši kontrolu navedene robe u narudžbi, količine i cijene. Nakon usklađivanja svih navedenih stavki s dobavljačem, slijedi definiranje roka isporuke.

Rok isporuke ovisi o nizu parametara kao što su: veličina narudžbe, specifičnost naručene robe, trenutna potražnja za istom na tržištu, udaljenost dobavljača i dr. Okvirni rok isporuke dobavljača je od 2 do 8 tjedana.

Definiranjem roka isporuke, odjel nabave potvrđuje narudžbu dobavljaču, koji izrađuje otpremnicu, fakturu (račun), te dostavlja naručenu robu.

3.2. Upravljanje zalihama

Poduzeće cjelokupno poslovanje vodi pomoću informatičkog sustava, pa tako i upravljanje zalihama. Zahvaljujući tome u svakom trenutku je poznato točno stanje zaliha. Na osnovu toga izrađivane su min./max. liste.

Potražnja za pojedinim artiklima poduzeća znatno se mijenja ovisno o razdoblju godine. U hladnijem razdoblju godine smanjena je potražnja dijelova za proizvodnju građevinskih otvora (prozori i vrata), koji čine većinu

asortimana poduzeća. Zbog toga su učestale promjene min./max. lista, što poduzeću otežava praćenje zaliha, koje je kreiralo nove min./max liste na temelju statističkih podataka prijašnjih godina. Tako se danas mijenjaju vrijednosti lista za praćenje zaliha, ovisno o razdoblju godine (najveće oscilacije su u odnosu zima-ljeto).

Pojedine proizvode, za kojima se pokazala kontinuirana potražnja, naručuje na tjednoj ili mjesečnoj bazi. Poduzeće je dobro povezano s dobavljačima, te omogućuje kupcima isporuku velikih količina roba u razumnom roku, ako traženu količinu trenutno ne posjeduju na skladišta.

Upravljanje zalihama na ovaj način donosi poduzeću maksimalnu fleksibilnost, koja je ključna za opstanak na današnjem turbulentnom tržištu.

3.3. Uskladištenje

Po prispjeću proizvoda i drugih materijalnih vrijednosti od dobavljača, ili iz područja zaliha skladišta, skladištar vrši istovar robe na temelju otpremnice dobavljača te odmah obavještava nabavu koja u što kraćem roku sastavlja primku na temelju fakture dobavljača i dostavlja je skladištu.

DBT d.o.o.

Nova ulica 2
10290 ZAPREŠIĆ

Skladište: RS001 Redovno skladište
Dobavljač: D0685 Gmbh

Datum formiranja: 12.01.2011 Broj dostavnice: 730040796
Datum knjiženja: 13.01.2011 Datum dostavnice: 4.01.2011

Primka: 11/0000028

Rb	Šifra i naziv robe	Jmj.	Količina	Cijena	Vrijednost
1	W-2500003 SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-	kom	900,00		
2	W-2500016 SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-	kom	100,00		
3	W-226696 SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-	kom	100,00		
4	W-226757 SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/III 19-2	kom	100,00		

Fakturna vrijednost primke: 61.000,00

Preuzeo: _____

Slika 14. Primka

Po primitku primke skladištar otvara ulazni nalog–interni dokument unutar skladišta, te obavlja kvalitativno i kvantitativno preuzimanje uvažavajući prateće dokumente dobavljača: otpremnicu, dostavnicu ili račun.

DBT d.o.o.

NALOG SU ODRADILI

Tomaž Davorin
Čebuljica**ULAZNI NALOG broj 00101**

Skladište: RS001 Redovno skladište

Datum: 12.12.2011 18:51:05

Radno mj:

R.BR.	ARTIKL	NAZIV ARTIKLA	IZVOR	PLANIRANA KOL.	ULAZNA KOL.
1	W-226696	SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-19 SREBRNA		100	100
2	W-226757	SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/III 19-21,5 SREBRNA		100	100
3	W-2500003	SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-19 BIJELA		900	900
4	W-2500016	SPOJNICA ZA PVC VRATA BKW 105NN/II 16,5-19 SMEĐA		100	100

Ukupna težina: 990.600

13.12.2011 12:14:30

1 / 1

Slika 15. Ulazni nalog

Originalna pakiranja kontrolira metodom uzorka i korištenjem svih pomagala instaliranih u radni proces (ručni terminali, kontrolne vage). Po završenom preuzimanju u primku unosi eventualne promjene te radnju potvrđuje na računalu ili ručnom terminalu, a primku ovjerava potpisom. Tako obrađene dokumente vraća u odjel nabave gdje se primka knjiži na računalu. Knjiženjem primke roba je u svim službama evidentirana kao zaliha na skladištu.

3.4. Distribucija robe– prodaja

Izdavanje robe sa skladišta skladištar vrši na temelju naloga prodaje. Otpremnica, izdatnica ili revers formira se u prodaji te potvrdom dokumenta bude odmah prenesena na računalu u skladištu. Skladištar u što kraćem roku

pristupa realizaciji prema dokumentu. Odabirom dokumenta na računalu automatski mu se ispisuje nalog za isporuku robe te koristeći sva instalirana pomagala u radnom procesu (skladišni sustav, ručni terminal, kontrolne vage) izuzima robu prema dokumentu i priprema je za transport. Tako pripremljenu robu odlaže na određeno mjesto za isporuku, a izvršenu radnju potvrđuje u računalu. Potvrdom se automatski ispisuje nalog prodaje (otpremnica izdatnica ili revers) koji mu potpisuje osoba koja preuzima robu. potvrdom izvršene radnje u prodaju na računalo dolazi obavijest da je roba spremna za isporuku. Po izdavanju robe iz skladišta potpisani nalog (otpremnica, izdatnica ili revers) skladištar predaje u prodaju za fakturiranje.

4. SKLADIŠNI SUSTAV GOTOVE ROBE

Na adresi poduzeća Nova ulica 2, Zaprešić vidljivo je skladište oblika pravokutne hale jedinične površine oko 1260 m² (21mx60m). Hala je izrađena u dvije etaže. Gornja etaža služi kao podno skladište, ukoliko su popunjeni kapaciteti donje etaže. U ovom radu se opisuje donja etaža na kojoj je instalirana skladišna oprema.

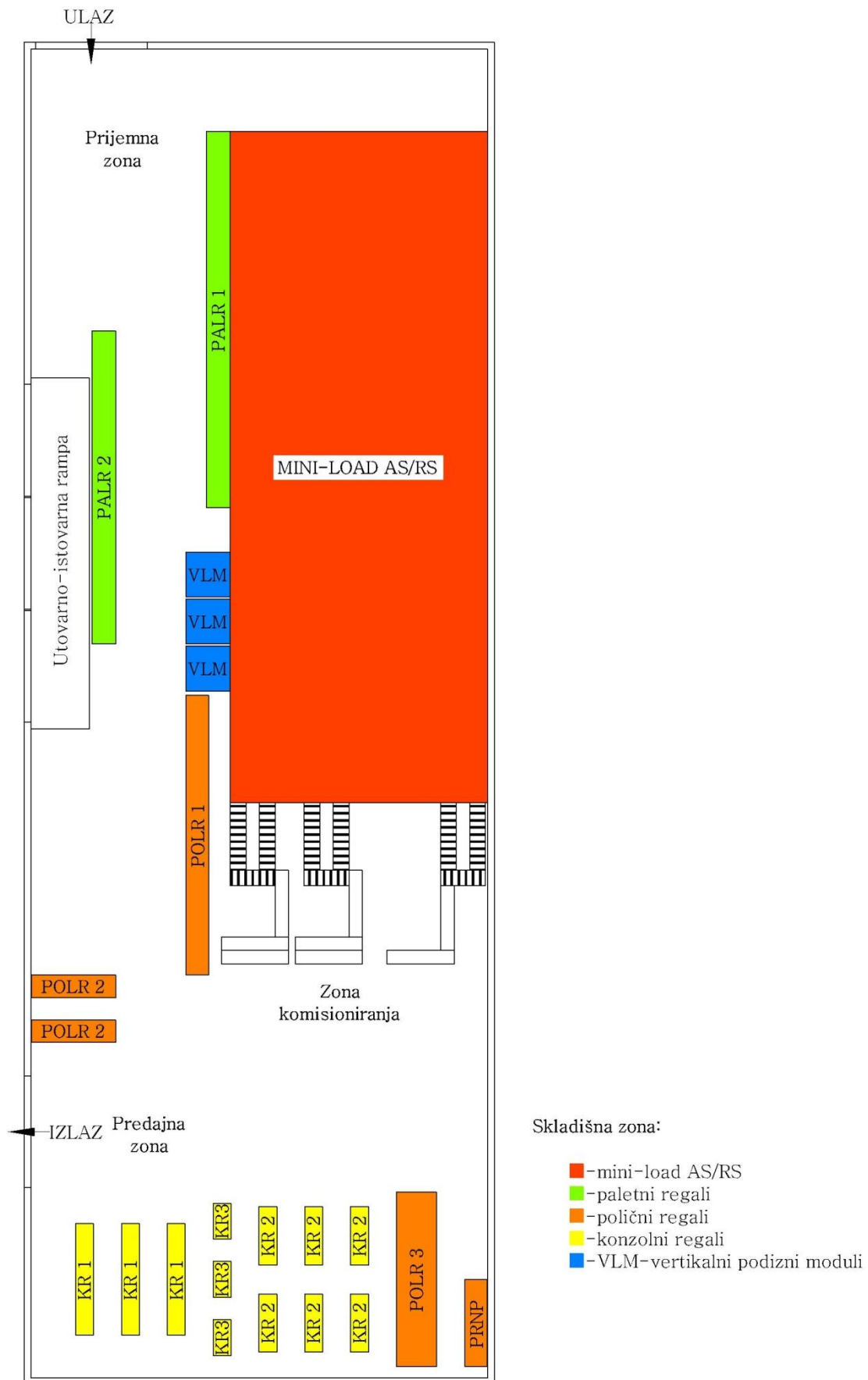
D.B.T. d.o.o. posjeduje još jedno skladište u Hrvatskoj, koje služi kao među-lokacija za narudžbe velikih količina. Robu nije potrebno komisionirati, pošto je ciljano naručena za određenog kupca. Ovo skladište se neće obrađivati u okviru ovoga rada.

4.1. Skladišne zone

Skladište je organizirano tako, da se na prednjoj strani nalazi ulaz, a u donjem dijelu hale s lijeve strane izlaz (pogledati sliku 16). Na ulaznom i izlaznom otvoru nalaze se sekcijaska automatizirana garažna vrata. Skladišna hala ima utovarno-istovarnu rampu na kojoj se nalaze troja sekcijaska garažna vrata, no ona nije u funkciji.

Neposredno nakon ulaznih vrata nalazi se prijemna zona. U toj zoni se vrši istovar robe pristigle od dobavljača. Predajna zona je smještena prije izlaznih vrata. Na toj lokaciji se odlaže komisionirana bora spremna za transport.

Glavna zona komisioniranja je smještena u donjoj polovici hale, između automatiziranog mini-load AS/RS podsustava, i zone s konzolnim regalima. Zona se sastoji od 3 radne stanice. Na svakoj radnoj stanici rade dva djelatnika, jedan rješava dio narudžbe koji je vezan s artiklima iz automatiziranog mini-load AS/RS podsustava, dok drugi, pomoću kolica i ručnog terminala, prikuplja ostale artikle iz narudžbe koji se nalaze na paletnim, poličnim, ili konzolnim regalima, te VLM-u (vertikalni podizni modul). Prikupljeni artikli se zatim pakiraju u kutije na pultu radne stanice, te odlažu u predajnoj zoni na paletu ili pod, ovisno o obimu narudžbe.



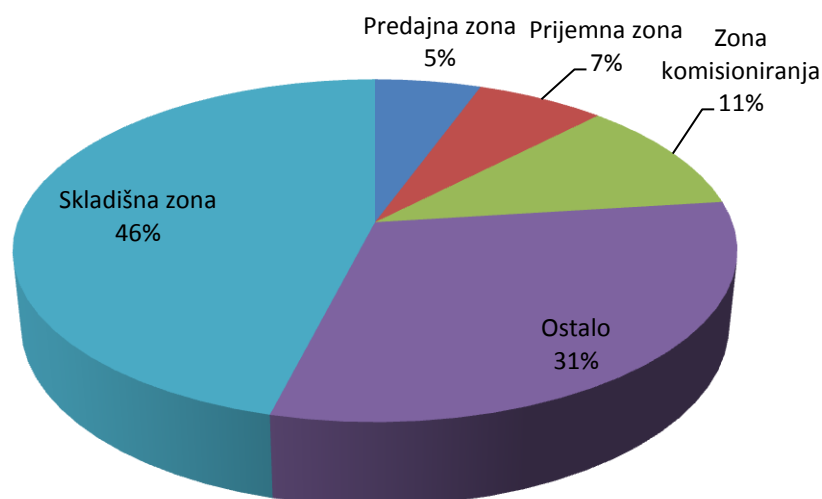
Slika 16. Skladišne zone

Treba napomenuti da svaki regal u skladišnoj zoni ima svoju zonu komisioniranja (izuzimanja robe), gdje se komisioniranje vrši po principu čovjek robi.

Skladišna zona se sastoji od različitih izvedbi regala, što je vidljivo na slici 16. Dakle, skladišnu zonu čine:

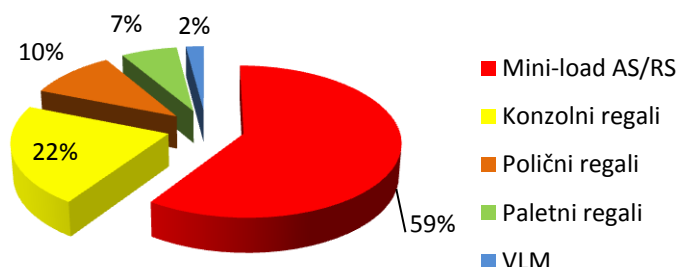
- Automatizirani skladišno komisioni podsustav Mini-load AS/RS kapaciteta 16800 skladišnih mjesta, svako nosivosti do 50kg.
- Tri vertikalna podizna modula ukupnog kapaciteta 210 skladišnih mjesta, svako nosivosti do 250kg.
- Dva paletna regala ukupnog kapaciteta 150 skladišnih mjesta, svako nosivosti do 600kg.
- Pet poličnih regala ukupnog kapaciteta 144 skladišna mjesta.
- Dvanaest konzolnih regala ukupnog kapaciteta 96 skladišnih mjesta.

Ukupna površina skladišne hale je 1260 m², od čega skladišna zona zauzima oko 580 m², prijemna zona oko 85 m², predajna zona oko 70 m², glavna zona komisioniranja oko 135 m². Ostatak od 390 m², otpada na transportne putove i slično.



Slika 17. Zauzetost hale pojedinim zonama

Od 580 m² skladišne zone, 345 m² zauzima mini-load AS/RS, 125 m² konzolni regali, 60m² polični regali, 38m² paletni regali, te 12 m² VLM-ovi.



Slika 18. Zauzetost skladišne zone pojedinom opremom

Prikaz skladišnih površina je napravljen kako bi dao približnu sliku iskoristivosti prostora i zastupljenosti pojedine opreme u njemu, dakle navedena kvadratura je približna.

4.2. Oprema

Oprema unutar skladišnog sustava dijeli se na skladišnu, transportnu i ostalu opremu.

Skladišna oprema se sastoji od paletnih, poličnih i konzolnih regala, VLM-a (vertikalni podizni moduli). Također tu spadaju i regali koje koristi automatizirani mini-load AS/RS podsustav za skladištenje sanduka u kojima se nalaze artikli.

U transportnu opremu se ubrajaju različite izvedbe viličara, motorni i ručni, pomoćna kolica, kao i automatizirana dizalice mini-load AS/RS sustava. Tu spadaju i konvejeri za transport sanduka od automatizirane dizalice do mjesta izuzimanja, tj. djelatnika, kao i različita vozila za distribuciju robe izvan skladišta (kombi-vozila, kamioni).

U ostalu opremu spadaju računala koja su povezana bazom podataka i WMS sustavom, pomoću kojeg se vodi cjelokupno poslovanje skladišta, ručni terminali, različite kontrolne vage, oprema za održavanje skladišnog sustava i slično.

4.2.1. Mini-load AS/RS (Automated Storage / Retrieval Systems)

Tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za artikle koji su pohranjeni u malim spremnicima (kutijama), s ukupnom težinom do 50kg. Sustav se sastoji od 6 regala dvostruke dubine, svaki regal ima 50 stupaca s 28 etaža. Između 6 regala nalaze se 3 prolaza, u svakom od njih je smještena automatizirana dizalica. Svaka dizalica upravlja s 5600 spremnika, ukupni kapacitet sustava je 16800 spremnika dimenzija $D \times \text{Š} \times V$: 600x400x200 [mm].



Slika 19. Mini-load AS/RS

4.2.2. Paletni regali

Paletni regali služe za smještanje većih artikala koji se nalaze uglavnom u kutijama i smješteni su na palete. Jedan segment paletnog regala ima dimenzije DxŠxV: 2800x1060x1080 [mm], te se u njega smještaju 3 uzdužno postavljene euro palete. Ukupna nosivost regala po paleti je 600kg. Svaka paleta predstavlja jedinično mjesto odlaganja, sadrži jednu vrstu proizvoda i ima svoju oznaku-bar-kod. Ukupni kapacitet paletnih regala je 150 paletnih mjesta. Poduzeće posjeduje dva paletna regala označena na slici 16 zelenom bojom.

PALETNI REGAL 1 – PALR 1

Ovaj paletni regal sastoji se od 6 sektora i 5 etaža ukupnog kapaciteta 90 euro paleta. Dimenzije regala su DxŠxV: 16800x1060x5400 [mm].



Slika 20. Paletni regal-PALR 1

PALETNI REGAL 2 – PALR 2

Paletni regal 2, se sastoji od 5 sektora sa 4 etaže ukupnog kapaciteta 60 paletnih mjesta. Dimenzije su mu DxŠxV: 14000x1060x4300.



Slika 21. Paletni regal-PALR 2

4.2.3. Polični regali

Najčešća oprema za skladištenje i komisioniranje pojedinačnih dijelova. Proizvodi su ili direktno odloženi na police ili se nalaze u spremnicima. Poduzeće posjeduje tri različite varijante poličnih regala. Razlikuju se po dimenzijama jediničnih mjesta skladištenja, tj. veličini segmenta. Svako jedinično mjesto ima svoju oznaku bar-kod, a u njega mogu biti pohranjeni različiti artikli. Stoga se u sustav unose svi artikli koji se nalaze na tom jediničnom skladišnom mjestu. Polični regali su na slici 16 označeni narančastom bojom, a ukupni kapacitet im je 144 jedinična skladišna mjesta.

Polični regal 1 i polični regali 2 imaju dimezije jednog segmenta $D \times \check{S} \times V$: 1250x1000x550.

Dimenzije segmenta, tj. jediničnog skladišnog mjesta poličnog regala 3 su $D \times \check{S} \times V$: 1300x1800x300.

POLIČNI REGAL 1 – POLR 1

Polični regal 1 sačinjen je od 10 segmenata u 6 etaža, ukupnog kapaciteta 60 jediničnih paletnih mjesta. Dimenzije regala su DxŠxV: 12500x1000x3300.



Slika 22. Polični regal-POLR 1

POLIČNI REGAL 2 – POLR 2

Poduzeće ima 2 komada poličnih regala 2, koji se sastoje od 3 segmenta i 6 etaža ukupnog kapaciteta 36 jediničnih skladišnih mjesta (svaki regal 18 skladišnih mjesta). Dimenzije jednog regala su DxŠxV: 3750x1000x3300.



Slika 23. Polični regal-POLR 2

POLIČNI REGAL 3 – POLR 3

Polični regal 3 je izveden kao spoj dvaju poličnih regala. Sastoj se od 6 segmenata i 8 etaža ukupnog kapaciteta 48 jediničnih skladišnih mjesta. Dimenzije takvog regala su DxŠxV: 7800x1800x2400.



Slika 24. Polični regal-POLR 3

POLIČNI REGAL ZA NESUKLADNE PROIZVODE – PRNP

Polični regal za nesukladne proizvode služi za odlaganje oštećenih artikala, ili onih koji ne zadovoljavaju svojom kvalitetom.

Ovaj regal se ne ubraja u ukupni kapacitet skladišta, te njegova jedinična skladišna mjesta nemaju oznake (bar-kod), kao svi ostali regali.

Sastoj se od 3 segmenta i 3 etaže, te ima dimenzije DxŠxV: 3900x1000x2400. Dimenzije jediničnog skladišnog mjesta su DxŠxV: 1300x1000x800. Ovaj polični regal je smješten uza zid, kao što je to vidljivo na slici 16.



Slika 25. Polični regal za nesukladne proizvode-PRNP

4.2.4. Konzolni regali

Konzolni regali služe za skladištenje materijala koji imaju jednu do dvije karakteristične dimenzije. To su prozorske klupčice, različiti šipkasti materijali, aluminijski profili i sl. Na slici 16 označeni su žutom bojom. Materijali koji se skladište u konzolama mogu biti i većih dužina od samih regala, ako to prostorni raspored dopušta. Svaka etaža jedne strane konzole predstavlja jedinično skladišno mjesto, te ima svoju oznaku-barkod. Ukupni kapacitet konzolnih regala je 96 jediničnih skladišnih mjesta.

Poduzeće ima tri, dimenzijski različite, vrste dvostrukih konzolnih regala.

KONZOLNI REGAL 1 – KR 1

Dvostruki konzolni regal 1, dužine 5000mm ima pet etaža. Razmak između etaža je 350mm, dužina konzole je 600mm. Po dužini ima pet centralnih stupova na koje su postavljene konzole. Ukupni kapacitet regala je 10 skladišnih mjesta. Poduzeće ima tri ovakva dvostruka konzolna regala (slika 26).



Slika 26. Konzolni regal-KR 1

KONZOLNI REGAL 2 – KR 2

Dvostruki konzolni regal 2 sastoji se od tri centralna stupa za koje su pričvršćene konzole. Dužina regala je 2600mm, posjeduje tri etaže između kojih je razmak od 550mm, a dužina konzole je 600mm. Poduzeće ima šest ovakvih konzolnih regala, koji broje ukupan kapacitet od 36 skladišnih mjesta (šest skladišnih mjesta po konzolnom regal).



Slika 27. Konzolni regal-KR 2

KONZOLNI REGAL 3 – KR 3

Dvostruki konzolni regal 3, dužine 1600mm ima dva centralna stupa i pet etaža. Razmak između etaža je 400mm, a dužina konzole je 500mm. Kapacitet takvog konzolnog regala je deset skladišnih mjesta, poduzeće posjeduje tri takva regala.

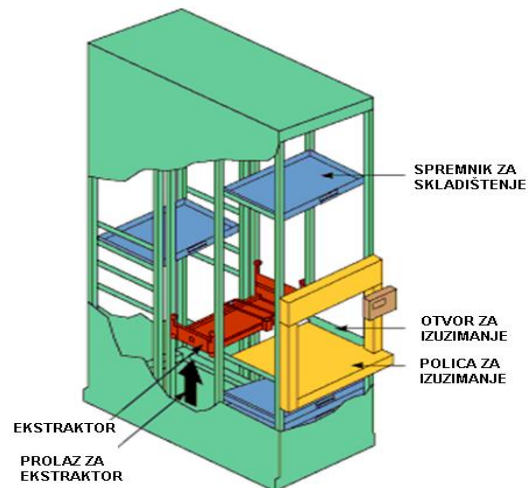


Slika 28. Konzolni regal-KR 3

4.2.5. VLM – Vertikalni podizni moduli

Vertikalni podizni moduli (*Vertical Lift Module*) su skladišni sustavi koji se sastoje od dvije paralelne kolone s fiksnim policama, u kojima su uskladišteni spremnici (kutije ili ladice). Odlaganje i izuzimanje spremnika obavlja automatski uređaj (shuttle/extractor), koji se elevatorom kreće vertikalno između kolona s policama.

Poduzeće posjeduje tri vertikalna podizna modula *Kardex shuttle-Bellheimer metallwerk* model *D76752 Bellheim*. Veličina jednog spremnika je DxŠ: 1250x825 [mm], nosivosti 250kg. Svaki VLM ima 70 spremnika. Maksimalni kapacitet jednog VLM-a je do 20 000kg. Svaki spremnik ima svoju oznaku-barkod i predstavlja jedno skladišno mjesto. Uglavnom se u spremnike skladišti jedna vrsta materijala.



Slika 29. Princip rada VLM-a

U vertikalne podizne module se skladište različiti artikli, uglavnom u kutijama manjih visina.



Slika 30. VLM-Vertikalni podizni moduli

4.2.6. Automatizirana dizalica mini-load AS/RS sustava- *Viastore-Viaspeed S2*

Automatizirana dizalica u mini-load AS/RS-u ima zadatak ulaganja i izuzimanja spremnika iz regala, te dopremanje istih do konvejera. U tom

sustavu rade tri automatizirane dizalice, svaka opskrbljuje dva regala. Nosivost dizalice je 100kg (dva spremnika po 50kg). Računalni sustav za upravljanje skladištem – WMS dobiva nalog u kojem su definirani proizvodi za izuzimanje, te šalje dizalicu na lokacije s kojih izuzima spremnike i doprema ih do valjkastih konvejera. Dizalica se kreće horizontalno brzinom od 240m/min, po vertikalnoj osi 80m/min.



Slika 31. Automatizirana dizalica Viastore

4.2.7. Valjčani konvejeri

Valjčani konvejeri se nalaze u mini-load AS/RS podsustavu, služe za transport spremnika od dizalica do radnih stanica, tj. mjesta izuzimanja. Kreću se brzinom 25m/s, te im je dopušteno opterećenje 50kg/m.



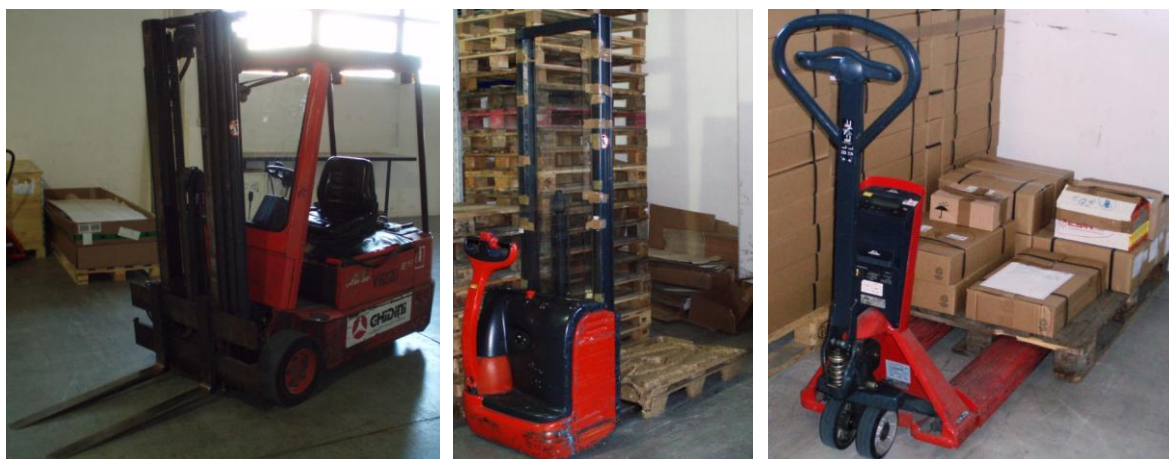
Slika 32. Valjčani konvejeri

4.2.8. Viličari

Čeoni električni viličar – *Linde E16*, služi za uskladištenje i izuzimanje paleta iz paletnih regala, te utovar i istovar dostavnih vozila. Nosivost viličara je 1600kg.

Elektro-paletni visokopodizni viličar – *Linde L16*, se koristi za izuzimanje paleta s nižih lokacija paletnih regala, te transport materijala unutar skladišta težine do 1000kg.

Ručni paletni viličar – *Linde MW22-2*, se koristi za transport paleta koje se nalaze na podu. Poduzeće ima tri takva viličara nosivosti 2300kg.



Slika 33. Čeoni električni viličar; Elektro-paletni visokopodizni viličar; Ručni paletni viličar

4.2.9. Kolica

Poduzeće posjeduje petora ručna kolica pomoću kojih djelatnici prikupljaju robu koja se nalazi u različitim regalima. Dimenzije kolica su DxŠxV: 1200x600x600 [mm].



Slika 34. Kolica

4.2.10. Kombi-vozila

Poduzeće posjeduje 3 kombi-vozila koja koristi isključivo za internu dostavu od dobavljača do skladišta ukoliko imaju hitnu potrebu za nekim artiklom.

4.2.11. Radne stanice

U sklopu mini-load AS/RS sustava poduzeće ima tri radne stanice, svaka za jednu automatiziranu dizalicu. Svaka radna stanica ima svoje računalo, printer i skener barkod oznake.

Sva računala u poduzeću su spojena na zajedničku bazu podataka-server. Putem njega djelatnici na računalu dobivaju narudžbe, koje šalju u WMS sustav. Sustav zatim podijeli narudžbu na artikle koji se nalaze u mini-load podsustavu, i artikle koji se nalaze na ostalim lokacijama s kojih se roba izuzima pomoću ručnih terminala. Na svakoj radnoj stanici rade dva djelatnika, jedan izuzima iz mini-load AS/RS sustava, dok drugi izuzima dio narudžbe koji se nalazi na ostalim lokacijama s ručnim terminalom.

WMS je računalni sustav za upravljanje skladištem. Kao glavna komponenta WMS-a pojavljuje se software, koji služi za optimizaciju skladišnih i s njim povezanih operacija: minimizacija grešaka, maksimizirati produktivnost ljudskog rada, te iskoristivost opreme i prostora. Cijeli sustav uključuje software, hardware (računala, printeri), identifikacijski podsustav (ručni terminali), komunikacijski podsustav.



Slika 35. Radna stanica

Poduzeće ima jednu zasebnu radnu stanicu s računalom, koja služi za ispis otpremnica i sl., te se na njoj nalazi printer za ispis naljepnica s oznakom skladišnog mjesta-barkodom. U sklopu nje se nalaze i jedinice za punjenje ručnih terminala.



Slika 36. Računala, printeri

4.2.12. Ručni terminali

Ručni terminali su također dio WMS sustava s kojim su povezani bežično, putem odašiljača postavljenih u skladišnom prostoru. WMS sustav šalje narudžbu na ručni terminal, kojeg uzima radnik s punjača. Zatim daje radniku informaciju na koju lokaciju mora ići, te koje artikle treba izuzeti s nje. Radnik dolazi do zadane lokacije, skenira njezin barkod, izuzima traženi broj artikala, te ga potvrđuje na ručnom terminalu. Ručni terminal mu zadaje slijedeću lokaciju za izuzimanje, i tako sve do završetka narudžbe, koju radnik dovozi pomoću kolica do radne stanice. Poduzeće ima pet ručnih terminala (slika37).



Slika 37. Ručni terminal

4.2.13. Vage

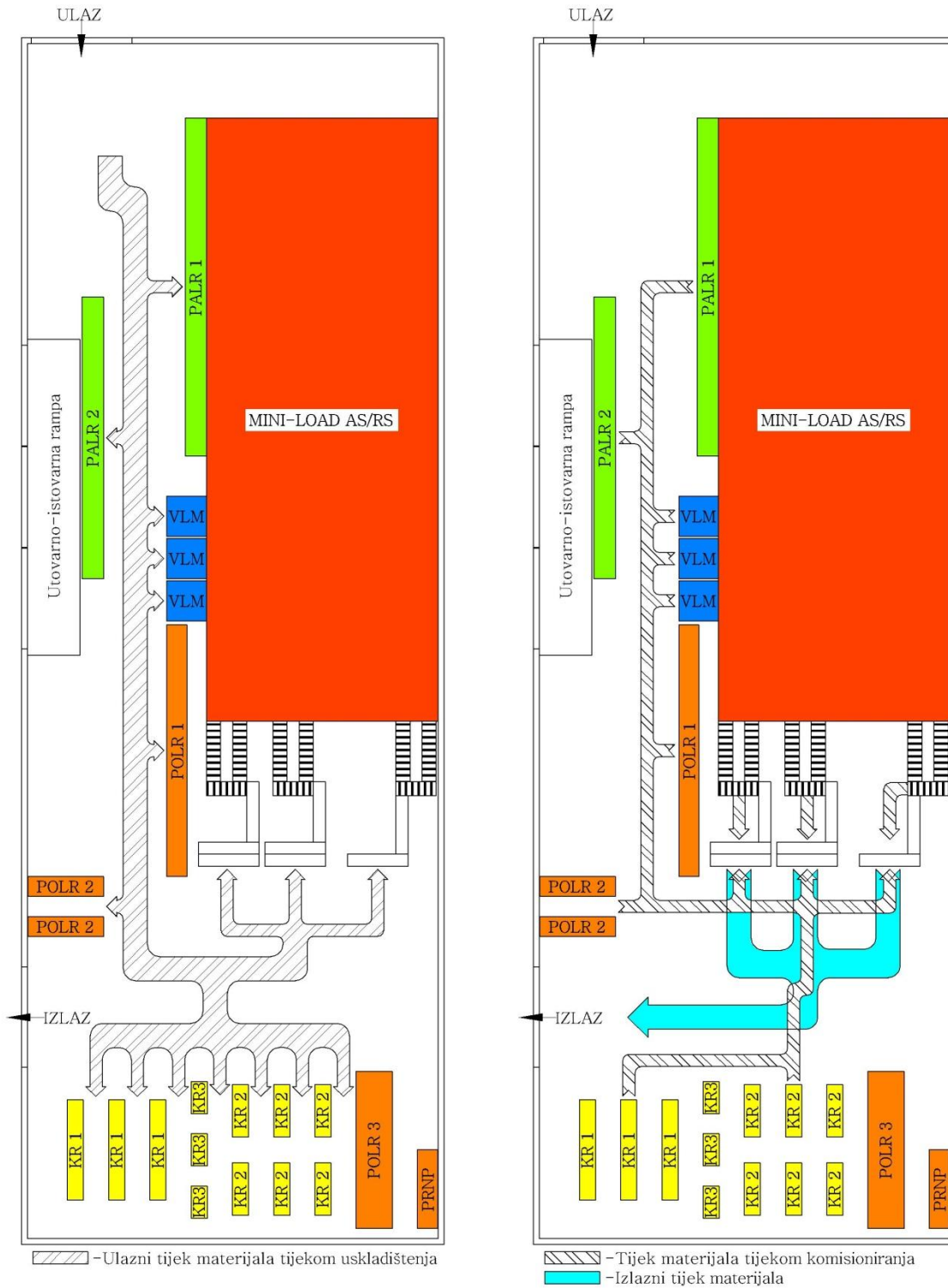
Poduzeće posjeduje različite kontrolne vage za kontrolu zapakirane robe, te vage koje se nalaze u valjkastim konvejerima u sklopu mini-load AS/RS sustava koje kontroliraju točnost izuzetih artikala iz spremnika na osnovu specifične težine pojedinog artikla. Imaju i vagu za određivanje broja komada sitne robe (vijaka i sl.) na osnovu njene specifične težine.



Slika 38. Vaga-Libela Suma MT10, za sitnu robu; Kontrolna vaga u konvejeru

4.3. Tijek materijala

Materijal ulazi u skladište, odlaže se u prijamnoj zoni, gdje se dalje skladišti na pojedine lokacije prema slici 39. Jedini kriterij za dodjeljivanje skladišnog mjesta su dimenzije i masa materijala.



Slika 39. Tijek materijala - ulaz/izlaz

Kao što je vidljivo iz slike uskladištenja, materijal se skladišti na pojedine lokacije, te ih ne mijenja tijekom skladištenja.

Tijek materijala tijekom izuzimanja materijala, tj. iskladištenja se odvija u dvije faze. Roba se prikuplja iz različitih regala i iz mini-load AS/RS podsustava, te se objedinjuje na radnim stanicama. Potom se odlaže u predajnoj zoni iz koje napušta skladište.

Analizom ulaznih i izlaznih naloga skladišta prikupljeni su podaci za kvantitativni prikaz tijeka materijala, koji će se prikazati matricom. Količine materijala koje su prošle kroz skladište izrazit će se u kilogramima, pošto su brojni artikli vrlo sitni (vijci, kapice i sl.).

	Mini-load AS/RS	PALR	POLR	KR	VLM
ULAZ	19 935	13 757	11 921	8 664	723
IZLAZ	19 129	12 933	11 234	5 162	2 542

Tabela 1. *Kvantitativni prikaz tijeka materijala [kg/mjesečno]*

Prikaz je napravljen na osnovi jednomjesečne analize toka materijala. Ukupno je ušlo u skladište 55 000kg, a izašlo 51 000kg. Matrica daje približnu sliku jednomjesečnih količina koje prođu kroz skladište, od ulaza materijala do skladišnih mjesta istog (npr. u mini-load AS/RS ušlo je 19 935kg, a izašlo 19 129 kg). U promatranom mjesecu moguć je slučaj da više materijala izađe s pojedine lokacije no što je u njoj uskladišteno, ako je na istoj ostalo artikala od prethodnog popunjavanja. Treba uzeti u obzir, da roba koja se skladišti u mini-load AS/RS podsustavu ima vrlo malu jediničnu masu, kako bi se mogla stvoriti približna slika o količini iste. Količina materijala koja prolazi kroz skladište, kao što je već napomenuto, uvelike ovisi o razdoblju godine. Stoga na osnovu jednomjesečnog prikaza tijeka materijala ne možemo stvoriti vjernu sliku npr. godišnjih količina.

4.3.1. Preuzimanje robe

Kod istovara robe od dobavljača, skladištar provjerava da li količina paketa odgovara količini upisanoj na popratnom dokumentu, kojeg zatim

potpisuje i ovjerava, te obavještava nabavu o prispijeću. Skladištar zadužen za istovar mora u svakom trenutku znati porijeklo robe koja se nalazi u prijamnoj zoni.

Roba se preuzima ručnim terminalima po dokumentima ulaza (primke, povratnice, storna). Ako roba nema barkod, ispisuje se i lijepi na ambalažu. Preuzeta roba mora biti sortirana kako kod ručnog ulaza ne bi došlo do pogreške. Roba većih dimenzija se u toku preuzimanja ručnim terminalom premješta na predviđena mjesta.

Kod preuzimanja više dokumenata istovremeno, pri prelasku iz jednog dokumenta na drugi potvrđuje se nalog, a dokument se potvrđuje tek nakon obrađivanja posljednje stavke i provjere u sustavu WMS. Roba koja se preuzima mora biti ispravna, osim ako je odredišno skladišno mjesto polični regal za nesukladne proizvode-PRNP. Ako je kod preuzimanja robe utvrđen manjak, stvarna količina se upisuje na dokument. Ako se utvrdi višak, ili se pojavi artikl koji nije na dokumentu, isti se upisuje na obrazac: „Roba prispjela bez dokumenata“. Kod bilo kakvih izmjena na ulaznim dokumentima potrebno ih je dati na uvid voditelju skladišta – smijene koji provjerava točnost podataka i ovjerava dokumente potpisom.

Popunjavanje skladišta se izvodi svakodnevno, nakon obrade svih ulaznih naloga.

4.3.2. Uskladištenje robe

Sva roba koja dimenzijama odgovara sanduku automatiziranog mini-load AS/RS podsustava, smješta se u isti. Roba dužine 600-1250mm smješta se u VLM-vertikalni podizni modul, tj. njegove spremnike. Ukoliko nema raspoloživog prostora u VLM-u, roba se smješta na polične regale-POLR pored njega. Na iste se smješta roba do 1500mm dužine. Roba dužine 1500-2600mm smješta se na konzolne regale-KR 3, 2600mm-4500mm na konzolne regale-KR 2, a roba dužina od 4500mm na konzolne regale KR 1. Ako roba koja je predviđena za smještaj na konzole nije kruta ili na istima nema mjesta, smješta se na pod pored njih.

Roba koja količinom ili dimenzijama zauzima čitavu paletu smješta se na paletne regale-PALR. Ukoliko nema mjesta u njima, palete se skladište na katu hale.

Kod uskladištenja roba se odlože na svoju skladišnu poziciju, pomoću ručnog terminala učitava se barkod artikla, zatim se upisuje njena količina u ručni terminal, te se učitava ulazna pozicija skladišnog mjesta skeniranjem barkoda.

Potrebno je obratiti pažnju da se osjetljiva roba (sudoperi i sl.) ne skladišti na iste pozicije sa okovom, već u VLM, ili na najviše etaže poličnih regala.

Ako ne odgovara težina robe kod ulaza u mini-load AS/RS sustav, provjerava se sadržaj sanduka. Količina i vrsta robe moraju odgovarati podacima upisanim u računalu. Ako je tako, i ako težina robe još uvijek ne odgovara traženoj, pristupa se vaganju artikla. Vagati se mogu samo originalna tvornička pakiranja.

4.3.3. Komisioniranje robe

Prodaja zaprima narudžbu koju pohranjuje u zajedničku bazu podataka-server. Djelatnik skladišta aktivira narudžbu njenim otvaranjem u WMS sustavu. Narudžba se dijeli na dva dijela. Jedan dio se odnosi na komisioniranje robe iz automatiziranog mini-load AS/RS podsustava. Drugi dio narudžbe WMS sustav šalje na ručni terminal pomoću kojega se vrši komisioniranje artikala iz regala i VLM-a (vertikalnog podiznog modula) kao što je to vidljivo na slici 39. Kod izuzimanja djelatnik pomoću ručnog terminala učitava poziciju skladišnog mjesta, zatim skenira barkod artikla i izuzima traženu količinu, koju WMS sustav potražuje, te ju potvrđuje. Slijedi izuzimanje robe s pozicije. Po završetku izuzimanja robe s tražene lokacije, WMS preko ručnog terminala zadaje djelatniku drugu lokaciju s koje je potrebno izuzimanje. Ako se utvrdi manjak robe na traženoj poziciji, u WMS sustavu se traži druga pozicija zalihe istog artikla koja nije rezervirana, te se sa nje izdaje razlika koja se nakon toga izuzima sa pozicije. Ukoliko se roba nalazi na višim etažama paletnih regala, djelatnik pomoću čeonog električnog viličara izuzima paletu iz regala, uzima s nje traženi broj artikala, te ju vraća u regal. Ako se na nalogu sa paletne zone pojave artikli bez pozicije, provjerava se da li je ta roba preuzeta i čeka na ručni ulaz. Ukoliko je tako, roba se izdaje slijedeći uobičajenu proceduru na ručnom terminalu. Za izuzimanje robe s visokih lokacija poličnih regala, radnici se služe ljestvama. Roba se prikuplja pomoću ručnih kolica ili viličara, ovisno o obimu narudžbe. Završavanjem naloga roba

se transportira do radne stanice i odlaže na pult ili pod pored njega. Nakon prikupljanja svih artikala slijedi objedinjavanje narudžbe.

4.3.4. Objedinjavanje (akumuliranje) narudžbe

Završetkom operacije komisioniranja iz mini-load ASRS-a i regala pomoću ručnih terminala, slijedi objedinjavanje narudžbe. Ta radnja se izvodi na pultu radne stanice koja obrađuje traženu narudžbu. Pregledava se kompletna narudžba i provjeravaju količine artikala. Ako su prikupljeni svi artikli koji se traže u narudžbi, te zapakirani odlažu se u predajnu zonu s popratnim dokumentom – otpremnicom.



Slika 40. Objedinjavanje narudžbe

4.3.5. Izdavanje robe

Izlazni nalozi se izabiru po prioritetima. Preskakanje naloga nije dozvoljeno, osim u slučaju da to naloži voditelj skladišta –smjene, ili skladištar koji radi na utovaru. Nije dozvoljena obrada više naloga istovremeno. Nalog se može početi obrađivati tek kada je prethodni nalog spakiran i stol radne stanice prazan.

Skladištar zadužen za utovar i istovar robe, dužan je u što kraćem roku uslužiti kupce koji dolaze u skladište (izdati im robu ili dati informaciju kada će

roba biti spremna za isporuku). Ako roba nije spremna obavještava skladištare na radnim stanicama, koje dokumente treba hitno odraditi. Kod izdavanja robe uvijek treba provjeriti da li količina paketa odgovara istoj upisanoj na dokumentu (otpremnici). Ukoliko kupac ne želi preuzeti određene artikle obavještava se prodavatelj koji je obavezan napisati storno otpremnice, a roba se odlaže na predviđeno mjesto i evidentira kao „Storno“. Jedan primjerak istog dobiva kupac, a drugi se obrađuje kao ulazni dokument. Povrat robe od kupca mora biti popraćen internim dokumentom (povratnica). U suprotnom slučaju, kupca se upućuje u prodaju.

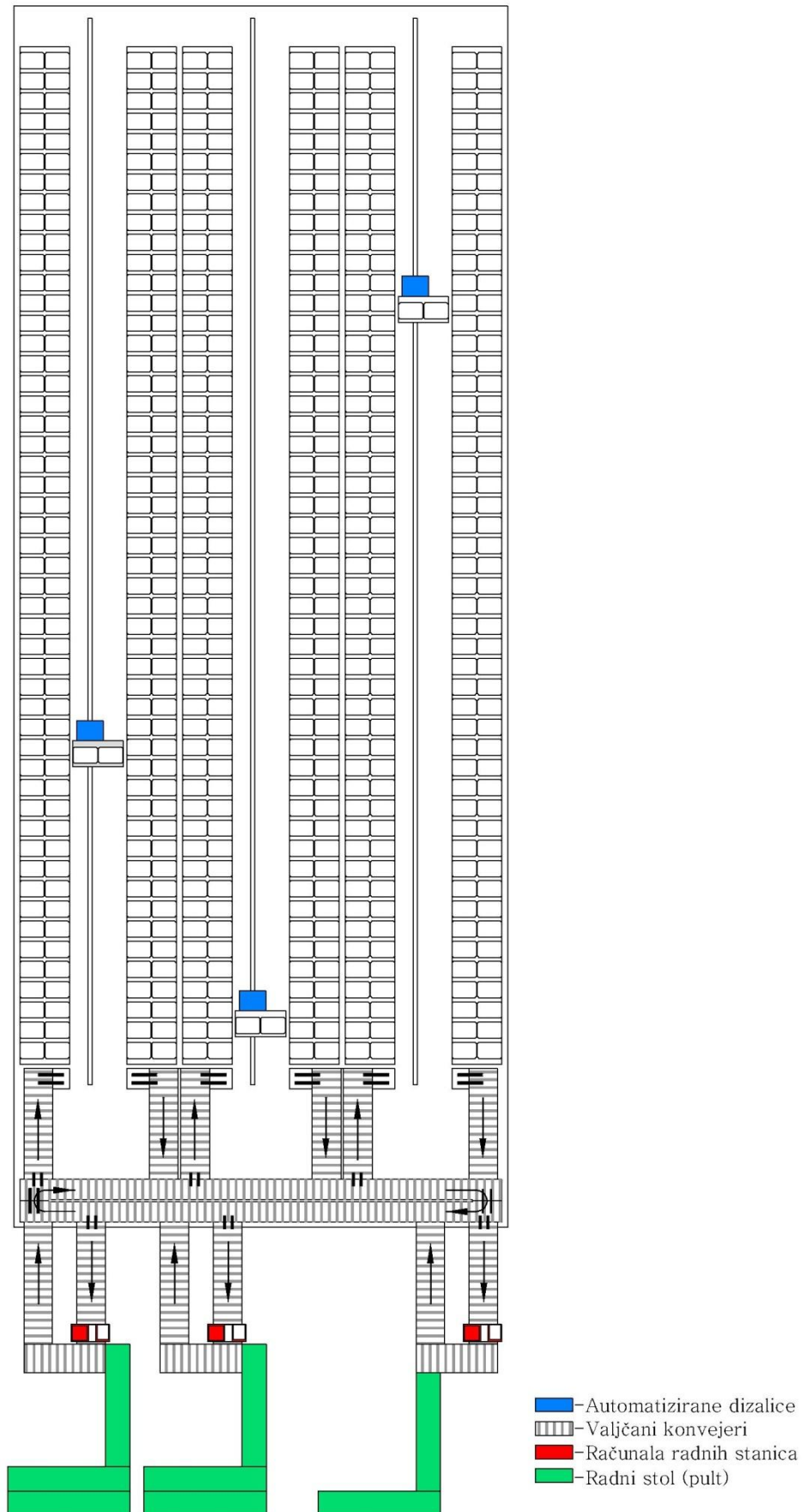
5. AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNO-KOMISIONI PODSUSTAV MINI-LOAD AS/RS

Automatizirani skladišno-komisioni podsustav izveden je kao zasebna cjelina unutar skladišne hale poduzeća. Smješten je na desnu polovicu hale, proteže se u dužini od 30m. sa svih strana obložen je limenom konstrukcijom. Unutar nje su smješteni regali visine 9,5m i dužine 25m. Na stražnjoj strani je ostavljen prostor potreban za održavanje sustava kao što je to vidljivo prema slici 41. S prednje strane su vidljivi valjčani transporteri-karuseli koji dopremaju spremnike od automatiziranih dizalica do djelatnika na radnoj stanici. Radnici imaju pogled na rad cjelokupnog sustava zahvaljujući prozirnoj plohi koja se nalazi s prednje strane. To omogućuje djelatnicima lakši uvid u rad sustava, kao i detektiranje i otklanjanje zastoja, ako do njih dođe. Unutar zatvorenog sustava iznad valjčanih transportera nalazi se podest, pomoću kojeg je olakšan pristup ključnim dijelovima sustava, u svrhu održavanja, otklanjanja zastoja u radu ili kvarova.

Tri automatizirane dizalice su zadužene za tijek materijala između šest regala dvostruke dubine i valjčanih transportera-karusela. Svaka dizalica opskrbljuje dva regala, odnosno 5600 lokacija. Svaki spremnik predstavlja jednu lokaciju.

Regali dvostruke dubine su izvedeni tako se na jedno skladišno mjesto mogu uskladištiti dva spremnika, jedan iza drugoga. Vanjski spremnik se nalazi bliže dizalici, unutarnji se nalazi iza vanjskog, te da bi se došlo do njega dizalica prvo mora izuzeti vanjski spremnik (pogledati sliku 41).

Zaprimanjem narudžbe sve tri dizalice rade na njoj, kako bi se u što kraćem roku mogla završiti. Maksimalan broj spremnika, koji se istovremeno smiju naći na jednoj radnoj stanici, je šest. Time se sprečava mogućnost zastoja, zagušivanjem valjčanog transportera, samim time i pogreške sustava su svedene na minimum. Izuzeti spremnik ne vraća se na istu lokaciju u regal nakon komisioniranja, već se spremnik vraća u onaj regal u kojem ih ima najmanje. Takvom optimizacijom postiže se jednoliki raspored artikala u svim regalima, te svaka automatizirana dizalica raspolaže s podjednakom količinom i vrstom materijala.



Slika 41. Automatizirani podsustav Mini-load AS/RS

Optimizacija cjelokupnog sustava je vrlo složena, a same podatke o upravljanju automatiziranog sustava nisam mogao dobiti, jer ih poduzeće *D.B.T.* ne posjeduje. Sve informacije vezane uz njih posjeduje poduzeće *Primat RD* koje je instaliralo cjelokupan skladišni sustav. Na žalost do tih podataka nije moguće doći, pošto *Primat RD* to smatra poslovnom tajnom. Cjelokupnim sustavom upravlja WMS, prema definiranim algoritmima na osnovu kojih se kreiraju ciklusi rada dizalica i valjčanih konvejera.

Zbog složenosti cijelog sustava, nije moguće primijeniti poznate matematičke modele za izračune vremena ciklusa automatiziranih dizalica i valjčanih transportera. Stoga će se svi daljnji podaci vezani uz analizu rada automatiziranog mini-load AS/RS sustava temeljiti na mjerenjima vremena pomoću štoperice, i promatranju rada sustava.

Treba napomenuti da danja analiza može dati samo približnu sliku, pošto opterećenost sustava ovisi o potražnji artikala na tržištu. Kako poduzeću veliki dio asortimana predstavljaju poluproizvodi za proizvodnju prozora, vrata i slično, logično je da će potražnja za istima biti veća u ljetnom, nego u zimskom dijelu godine. Ova analiza će predstaviti rad sustava u zimskom periodu godine.

5.1. Analiza procesa uskladištenja dizalice

Postupak uskladištenja se obavlja svakodnevno nakon obrade svih izlaznih naloga, tj. danima kada zaprimaju robu od proizvođača. Roba se istovara u prijamnoj zoni, u kojoj stoji do obrade svih ulaznih naloga. Zatim slijedi postupak uskladištenja.

Artikli koji se pohranjuju u mini-load AS/RS sustavu, transportiraju se do radnih stanica. Djelatnici na radnim stanicama pozivaju putem WMS sustava prazne spremnike iz regala, te ih popunjavaju. Kada im dođe prazni spremnik, prvo skeniraju njegov barkod, zatim skeniraju barkod artikla kojeg će skladištiti u njemu. Unesu u sustav količinu koja se nalazi u spremniku, koji zatim ide na kontrolnu vagu, koja je integrirana u valjčanom transporteru-konvejeru svake radne stanice. Na osnovu jedinične težine sustav kontrolira sadržaj sanduka. Ako sadržaj odgovara unesenim podacima sustav ga šalje u regal gdje se skladišti na svojoj lokaciji.

Regale popunjavaju automatizirane dizalice koje rade po unaprijed definiranom algoritmu. WMS sustav na osnovu zadanog algoritma upravlja i valjčanim transporterima, te određuje u kojem će se regalu skladištiti pojedini spremnik, te na kojoj poziciji.

Osnovni kriterij sustava je taj da sve dizalice raspolažu s približno jednakom količinom i vrstom artikala. Prvo se popunjavaju regali u kojima ima najmanje artikala, zatim oni s većom količinom, ako je količina podjednaka u svim regalima, podjednako se i popunjavaju. Artikli s većom frekvencijom izuzimanja se skladište bliže izlazu (valjčanim konvejerima), dok se artikli s manjom frekvencijom izuzimanja skladište dublje u regale. Kako se ovdje radi o regalima dvostruke dubine, također sustav vodi računa da se frekventniji artikli skladište prvi (bliže dizalici), kako bi se smanjila potreba za međuizuzimanjem.

U proces uskladištenja spada i povrat spremnika nakon komisioniranja. Sustav pozove spremnik, radnik iz njega izuzme traženu količinu, te se spremnik vraća ponovo u regal. Spremnik se ne vraća na svoju lokaciju, već prema gore nabrojanim kriterijima, a sama njegova lokacija je vjerojatno već popunjena drugim spremnikom.

Dizalica može uskladištiti jedan spremnik na slobodnu lokaciju, bila ona dublja ili plića u regalu (bliže ili dalje od dizalice). Ima varijacija uskladištenja dva spremnika odjednom na istu lokaciju popunjavanjem dubljeg i plićeg mjesta u regalu, ili da se jedan spremnik uskladišti na jednu lokaciju, a drugi na drugu, bilo da se odlažu u isti ili nasuprotni regal. Automatizirana dizalica nakon završetka operacije uskladištenja ostaje na istoj poziciji, tj. mjestu posljednje operacije. Nakon zaprimanja nove naredbe dizalica s te pozicije odlazi u realizaciju zadane naredbe. Sve tri automatizirane dizalice su podjednako opterećene.

Dizalica dnevno prosječno uskladišti 380 spremnika. Promatranjem rada dizalice u određenim vremenskim periodima, utvrdio sam da se 30,4% spremnika skladišti jednostrukim ciklusom automatizirane dizalice, te 69,6% dvostrukim ciklusom.

Vrijeme jednostrukog ciklusa dizalice je vrijeme koje je potrebno dizalici da svlada put od svoje trenutne pozicije do mjesta preuzimanja spremnika (valjčanih konvejera), uzme spremnik, zatim ga transportira do lokacije njegova odlaganja, te ga odloži na nju. Prema opisanom to vrijeme se

sastoji od vremena potrebnog za savladavanje puta do spremnika i do lokacije istog, te vremena primanja i izuzimanja spremnika.

Vrijeme dvostrukog ciklusa dizalice je vrijeme koje je potrebno dizalici da od svoje trenutne pozicije dođe do mjesta preuzimanja spremnika (valjčanih konvejera), preuzme dva spremnika, te se transportira do lokacije izuzimanja jednog spremnika, uskladišti ga, i na koncu odveze drugi sanduk do njegove pozicije, te ga uskladišti. Ovo vrijeme se sastoji od vremena triju vožnji dizalice i triju utovara/istovara. Vrijeme preuzimanja spremnika, tj. utovara približno je jednako vremenu odlaganja spremnika tj, istovaru.

$t_{Ujc} = 15,7 \text{ s}$ - prosječno vrijeme jednostrukog ciklusa uskladištenja

$t_{Udc} = 23 \text{ s}$ - prosječno vrijeme dvostrukog ciklusa uskladištenja

Od 380 spremnika 30,4%, uskladišti se jednostrukim ciklusom,

$n_{jc} = 380 \cdot 0,304 = 115,5 \text{ ciklusa/dan}$ - broj jednostrukih ciklusa na dan

Preostali broj spremnika skladišti se dvostrukim ciklusom, s tim da bi se dobio broj ciklusa broj spremnika treba podijeliti s dva, pošto se u dvostrukom ciklusu uskladište dva spremnika,

$n_{dc} = \frac{380-115,5}{2} = 132,25 \text{ ciklusa/dan}$ - broj dvostrukih ciklusa na dan

Vrijeme odziva dizalice između dva ciklusa: $t_{odz} = 3 \text{ s}$

Iz gore navedenog slijedi ukupno vrijeme uskladištenja automatizirane dizalice u jednom danu:

$$t_U = n_{jc}(t_{Ujc} + t_{odz}) + n_{dc}(t_{Udc} + t_{odz}) = 5598,35 \text{ s/dan} = 1,56 \text{ h/dan}$$

Koliko se sanduka iskladišti dnevno, toliko ih se i uskladišti, tj. broj spremnika u regalima ostaje nepromijenjen.

5.2. Analiza procesa iskladištenja dizalice

Proces iskladištenja započinje aktiviranjem narudžbe koja se nalazi u zajedničkoj bazi podataka-serveru. Narudžbu ulazi u WMS sustav koji dijeli narudžbu prema artiklima iz mili-load AS/RS sustava i artiklima koji se nalaze na ostalim skladišnim mjestima.

WMS sustav formiranjem narudžbe šalje naredbe automatiziranim dizalicama za izuzimanje spremnika s traženom robom. Dizalice izuzimaju spremnike prema redoslijedu artikala iz narudžbe. Aktivacijom jedne narudžbe, sve dizalice rade na njoj, kako bi se u što kraćem roku ista kompletirala. Ukoliko rade sve tri radne stanice, sustav opskrbljuje narudžbe kronološkim redom, s iznimkom ako pojedina narudžba zahtjeva veću količinu spremnika u odnosu na druge, tada nju ubacuje podjednako između ostalih narudžbi. Takvom optimizacijom sustav postiže približno jednak protok na svim radnim stanicama. Dizalica najčešće izuzima dva sanduka u jednom ciklusu izuzimanja, ovisno o potrebama narudžbe. Na osnovi promatranja rada automatiziranih dizalica, primijetio sam da ima slučajeve kada dizalica izuzima s iste lokacije dublji i plići spremnik, te kada dizalica izuzima jedan sanduk s jedne pozicije, a slijedeći s druge, koje se mogu nalaziti na istim ili nasuprotnim stranama.

Najsloženiji slučaj rada dizalice je izuzimanje s takozvanim među izuzimanjem. Pošto se sustav sastoji od duplih regala, ovu operaciju dizalica izvodi kada dobije naredbu za izuzimanjem spremnika koji se nalazi u drugom redu (dubljeg spremnika), dok se ispred njega nalazi plići spremnik. U tom slučaju dizalica izuzima plići spremnik i odlaže ga na najbližu slobodnu lokaciju, pri čemu se vidi računa o frekvenciji izuzimanja toga sanduka. Ako se radi o manjoj frekvenciji, sustav će narediti dizalici, na osnovu unaprijed definiranog algoritma, da sanduk odloži dublje u regale, u suprotnom slučaju, naravno, bliže. Nakon odlaganja sanduka koji je „smetao“ dizalici u da dođe do spremnika kojeg je potrebno izuzeti, vraća se do lokacije izuzimanja na kojoj izuzima zadani sanduk. Prema potrebi dizalica izuzima još jedan sanduk koji se nalazi na plićim pozicijama, s iste ili nasuprotne strane. Za izvođenje ovakvog ciklusa izuzimanja s međuizuzimanjem automatiziranoj dizalici je potrebno najviše vremena.

Najjednostavniji slučaj izuzimanja je izuzimanje samo jednog sanduka, samim time takav ciklus izuzimanja je i vremenski najkraći.

Nakon nabrojanih varijacija rada automatiziranih dizalica tijekom kojeg izuzimaju spremnike, isti se odlažu na valjčane transportere pomoću kojih putuju do radnih stanica, gdje djelatnici obavljaju operacije komisioniranja.

Kao kod uskladištenja, i kod iskladištenja, prosječno se po dizalici iskladišti 380 spremnika. Od toga jednostrukim ciklusom 7%, dvostrukim ciklusom 46,5% i dvostrukim ciklusom s međuzuzimanjem 46,5%. Ovi podaci su utvrđeni na osnovu promatranja rada dizalice u određenom vremenskom periodu, te primijenjeni na ukupan broj izuzetih spremnika.

Vrijeme jednostrukog ciklusa iskladištenja je vrijeme potrebno da dizalica sa svoje prethodne pozicije dođe do lokacije s koje izuzima spremnik, izuzme ga, te ga transportira do mjesta odlaganja na konvejeru (slika 42). Ovo vrijeme se sastoji od dvije vožnje, utovara i istovara s dizalice.



Slika 42. Utovar/istovar spremnika s dizalice na konvejeru

Vrijeme dvostrukog ciklusa iskladištenja je vrijeme za koje dizalica sa svoje prethodne pozicije dođe do mjesta izuzimanja prvog spremnika, te ga izuzme, zatim ode do lokacije izuzimanja drugog spremnika, izuzima ga i na kraju transportira oba spremnika do mjesta odlaganja na konvejeru. Ovo vrijeme se u biti sastoji od tri vožnje i tri utovara/istovara.

Vrijeme dvostrukog ciklusa s međuzuzimanjem je vrijeme potrebno da se dizalica doveze sa svoje prethodne pozicije do mjesta izuzimanja spremnika, no na toj lokaciji dizalica treba izuzeti unutarnji spremnik, te ona prvo izuzima vanjski spremnik, vozi se do prvog slobodnog skladišnog mjesta u regalu, odlaže spremnik, vraća se na prethodnu lokaciju gdje izuzima unutarnji spremnik, odlazi do lokacije na kojoj izuzima drugi spremnik, izuzme

ga, te transportira oba spremnika do mjesta odlaganja na konvejere. Iz opisanog vidimo da se ovo vrijeme sastoji od pet vožnji i pet utovara/istovara.

$t_{1jc} = 18,5 \text{ s}$ – prosječno vrijeme jednostrukog ciklusa iskladištenja

$t_{1dc} = 36,9 \text{ s}$ – prosječno vrijeme dvostrukog ciklusa iskladištenja

$t_{1dcm} = 51,2 \text{ s}$ – prosječno vrijeme dvostrukog ciklusa iskladištenja s međuizuzimanjem

Od 380 spremnika 7%, iskladišti se jednostrukim ciklusom:

$n_{jc} = 380 \cdot 0,07 = 26,6 \text{ ciklusa/dan}$ – broj jednostrukih ciklusa na dan

Dvostrukim ciklusom iskladišti se 46,5%. Da bi dobili broj ciklusa, dobiveni broj spremnika moramo podijeliti s dva, jer se dvostrukim ciklusom izuzimaju dva spremnika:

$n_{dc} = \frac{380 \cdot 0,465}{2} = 88,35 \text{ ciklusa/dan}$ – broj dvostrukih ciklusa po danu

Dvostrukim ciklusom s međuizuzimanjem se izuzima također 46,5% od 380 spremnika, te je broj ciklusa jednak s brojem ciklusa dvostrukog iskladištenja:

$n_{dcm} = n_{dc} = 88,35 \text{ ciklusa/dan}$ – broj dvostrukih ciklusa s međuizuzimanjem po danu

Vrijeme odziva dizalice između dva ciklusa: $t_{odz} = 3 \text{ s}$

Iz gore navedenog slijedi ukupno vrijeme iskladištenja automatizirane dizalice u jednom danu:

$$t_I = n_{jc}(t_{1jc} + t_{odz}) + n_{dc}(t_{1dc} + t_{odz}) + n_{dcm}(t_{1dcm} + t_{odz}) = 8885,64 \text{ s/dan}$$

$$= 2,47 \text{ h/dan}$$

5.3. Analiza rada dizalica

Kako bi dobili iskoristivost rada dizalice tijekom jednog radnog dana, potrebno je zbrojiti ukupno vremena ciklusa uskladištenja i iskladištenja, te ih podijeliti sa vremenom efektivnog rada skladišta tijekom jednog dana.

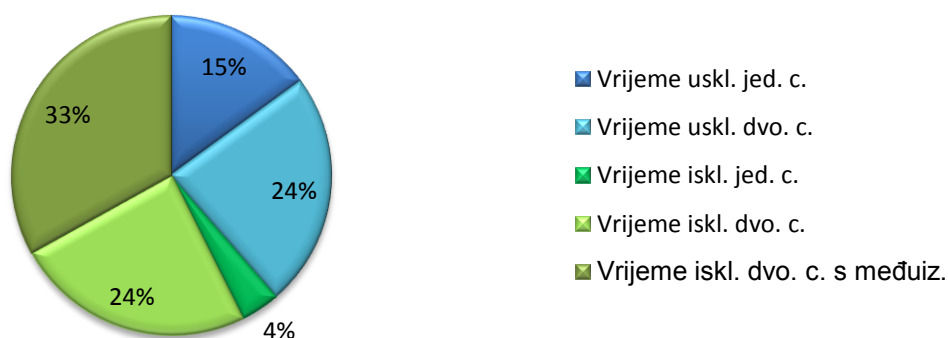
Skladište radi u dvije smjene po osam sati. Svaka smjena ima pauzu od pola sata. Tijekom smjene možemo oduzeti još 30minuta pomoćnog vremena kojeg radnik u prosjeku ne radi (obavljanje fizioloških potreba i sl.). Iz toga slijedi da skladište efektivno radi 14 sati/dan, u dvije smjene.

$$t_{ef} = 14 \text{ h/dan} \text{ -efektivno radno vrijeme skladišta po danu}$$

Ukupno vrijeme rada dizalice, potrebno da izuzme i uskladišti 760 spremnika, po danu:

$$t_D = t_U + t_I = 5598,35 + 8885,64 = 14483,99 \text{ s/dan} = 4,02 \text{ h/dan}$$

Od ukupnog vremena rada dizalice 39% je uskladištenje, te 61% iskladištenje, kao što je to vidljivo iz slike 43.



Slika 43. Odnos vremena uskladištenja i iskladištenja dizalice

Iskoristivost rada dizalica dobije se iz omjera vremena rada dizalice i efektivnog radnog vremena u danu:

$$\eta_D = \frac{t_D}{t_{ef}} \cdot 100 = 28,74\%$$

Dobili smo ukupno iskoristivost dizalice od 28,74%, što nam govori da 71,26% radnog vremena dizalica ne radi. Iz toga proizlazi da bi dizalica mogla uskladištiti i iskladištiti 2,5 puta više spremnika. Od trenutnih 760 spremnika, dizalica bi u punom opterećenju mogla iskladištiti i uskladištiti 1900 spremnika.

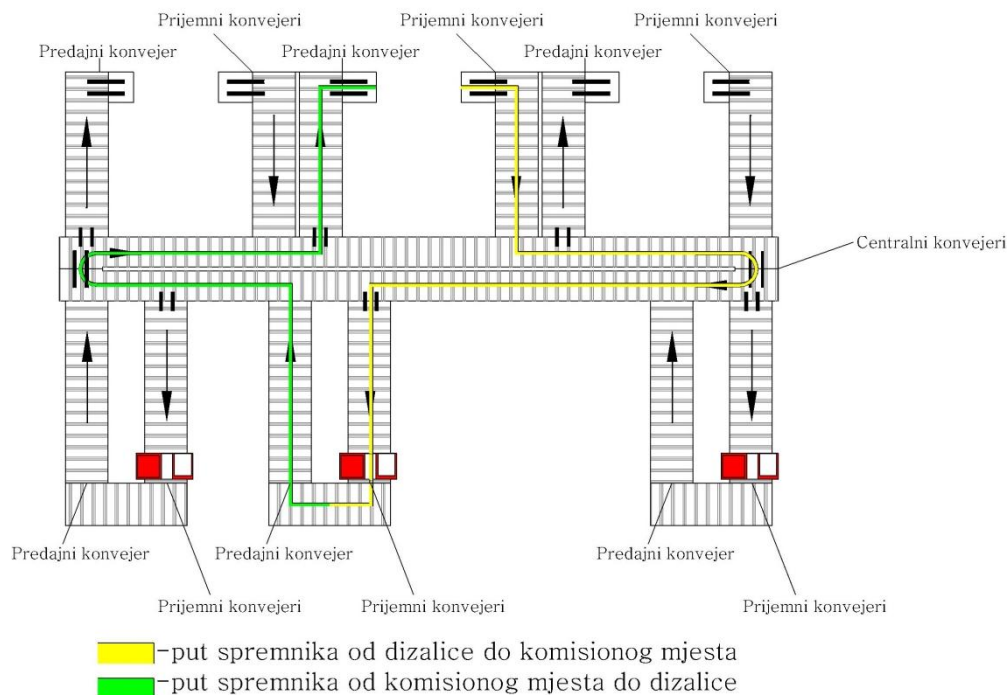
Za analizu smo promatrali jednu dizalicu, no kako sve tri dizalice podjednako rade, ono vrijedi za bilo koju, kao i za cjelokupan rad svih dizalica.

5.4. Analiza valjčanih transportera–konvejera

Valjčani transporteri čine vezu između automatiziranih dizalica i radnih stanica, tj. djelatnika koji komisioniraju robu. Samim time su važna karika u tijeku materijala u cijelom automatiziranom sustavu.

Transportni sustav se sastoji od centralno smještenih dvaju konvejera, po kojima kruže spremnici. S toga dijela konvejera spremnici pomoću jedinice s zupčastim remenom odlaze na prijemne/predajne konvejere prema dizalicama ili radnim stanicama. Sanduk započinje s transportom na konvejerima kada ga automatizirana dizalica odloži na prijamni konvejer, zatim ulazi u centralni dio konvejerima po kojima se kreće do željene lokacije. Kada dođe pred traženu radnu stanicu, jedinicom sa zupčastim remenom se skreće na predajni konvejer prema njoj. Prije svakog prijemnog/predajnog konvejera nalaze se optički uređaji koji skeniraju oznaku spremnika i predaju informaciju WMS sustavu, koji usmjerava spremnike prema traženoj lokaciji. Primjer jednog izuzimanja i povratka spremnika putem valjčanih konvejera prikazan je na slici 44.

Na prijemnom konvejeru svake radne stanice u isto vrijeme smije biti maksimalno šest spremnika. Kapacitet cjelokupnog sustava valjčanih transportera–konvejera ograničen je na 30 spremnika. Ograničenja cijelog sustava i pojedinih prijemnih konvejera su postavljena kako bi se spriječili zastoji u transportu spremnika, kako centralnih, tako i prijemnih/predajnih konvejera. Ukoliko bi se naslagalo više od šest spremnika na prijemne konvejere, oni ih više ne bi mogli primiti, što bi rezultiralo zastojem cijelog sustava.



Slika 44. Tijek spremnika po valjčanim konvejerima

Brzina valjčanih konvejera: $v_{kon} = 0,25 \text{ m/s}$

Brzina jedinice s zupčastim remenom: $v_{rem} = 0,35 \text{ m/s}$

Prosječan put koji spremnik prijeđe po valjčanim konvejerima tijekom iskladištenja približno je jednak putu povratka u regale, tj. putu uskladištenja. Prema tome je i vrijeme potrebno za savladavanje puta iskladištenja jednako vremenu povratka do mjesta gdje spremnik preuzima dizalica.

Vrijeme iskladištenja spremnika putem valjčanih konvejera je vrijeme koje je potrebno jednom spremniku da od mjesta gdje ga odloži automatizirana dizalica dođe do radne stanice, tj. mjesta komisijoniranja. Prosječno vrijeme iskladištenja jednako je za put od bilo koje automatizirane dizalice do bilo koje radne stanice.

Vrijeme uskladištenja spremnika putem valjčanih konvejera je vrijeme koje je potrebno spremniku da od radne stanice, tj. mjesta komisijoniranja dođe do lokacije gdje ga preuzima automatizirana dizalica. Približno je jednako za putovanje od bilo koje radne stanice do bilo koje dizalice.

Mjerenjem vremena transporta spremnika preko valjčanih konvejera, došao sam do prosječnog vremena za iskladištenje, odnosno uskladištenje.

$$t_K = t_{Ki} = t_{Ku} = 40s$$

Spremnici dolaze jedan za drugim u prosjeku svakih 16s, sve dok se ne popuni prijemni konvejer s 6 spremnika. Sustav šalje slijedeći spremnik, nakon što se jedan spremnik iskomisionira i pošalje na uskladištenje tj. na predajni konvejer.

Prosječno vrijeme komisioniranja jednog spremnika utvrđeno na osnovi promatranja jedne smjene: $t_{Kom} = 39s/spremnik$

Frekvencija ulaza spremnika u sustav konvejera: $39/3 = 13s/spremnik$,

iz čega slijedi, ako rade sve tri radne stanice, da će za svakih 13sekundi ući po jedan spremnik iz radnih stanica, te maksimalno dva spremnika iz svake automatizirane dizalice u sustav transporta valjčanih konvejera. Nakon komisioniranja jednog spremnika sustav šalje novi spremnik iz regala, koji stiže do radne stanice za 75 sekundi, ako se uzme u obzir prosječna vrijeme izuzimanja dizalice.

Maksimalan broj spremnika koji se može odjednom zateći na valjčanim kovejerima prema opisanom načinu rada je:

$$n_{SPRmax} = 3 \cdot 1 + 3 \cdot 2 + 3 \cdot 6 = 27spremnika < n_{SPRdop} = 30spremnika ,$$

iz svake radne stanice po jedan, maksimalno po dva iz svake automatizirane dizalice, te da stoji maksimalno šest sanduka na svakoj radnoj stanici (što je praktički nemoguće, ako se jedan spremnik iskomisionirao, a slijedeći još nije stigao do nje).

Iz navedenog teoretskog primjera maksimalnog broja spremnika na konvejerima vidljivo je da sustav i dalje može normalno raditi, pošto zadovoljava osnovni uvjet o dopuštenom broju spremnika na konvejerima.

5.5. Analiza ručnog komisioniranja

WMS sustav šalje naredbu dizalici za izuzimanjem spremnika, kojeg odlaže na valjčane konvejjere, koji ga zatim transportiraju do radnih stanica, odnosno mjesta komisioniranja.

Po primitku spremnika djelatnik pomoću čitača barkoda skenira oznaku spremnika, zatim barkod artikla koji se nalazi u njemu (slika45), te slijedi izuzimanje.



Slika 45. Skeniranje barkoda spremnika i artikla

Nakon izuzimanja, sanduk se stavlja na kontrolnu vagu integriranu u valjčani transporter, pomoću koje se vrši kontrola izuzimanja. Sustav pomoću vage na osnovu jedinične mase artikla provjerava masu sadržaja sanduka, koju uspoređuje s jediničnom masom artikla pomnoženom sa brojem komada. Ako broj komada u sanduku odgovara s brojem koji se djelatnik potvrdio u sustavu nakon izuzimanja, sustav omogućuje vraćanje spremnika u regale i zaprimanje slijedećeg u zonu komisioniranja radne stanice. Sustav dopušta maksimalno šest spremnika istovremeno na jednoj radnoj stanici, s tim da se ne može komisionirati slijedeći spremnik, dok prethodni nije završen.

Kod pakiranja robe potrebno je zasebno pakirati različite artikle u vrećice ili manje kutije (ovisno o količini i obliku artikla), te naznačiti količinu artikla na svako pakiranje. Također treba prekontrolirati robu, kako ne bi došlo do isporuke oštećene ili neispravne iste, a osjetljivu robu pakirati tako da se u transportu ne ošteti, s napomenom na kutiji: „lomljivo“.

Ukoliko se kod izuzimanja robe iz transportnog spremnika zatekne manja količina artikala no što je to potrebno za trenutnu narudžbu, sustav automatski poziva drugi spremnik sa istim artiklom iz kojeg se uzima razlika ručnim izuzimanjem. Ako se u spremniku zatekne veća količina artikala, dodaje se na postojeću zalihu. U oba slučaja je obavezno provjeravanje količina koje se izdaju kupcu. Brisanje sadržaja spremnika nije dozvoljeno.

Prazni spremnici se također vraćaju u regale, te se popunjavaju nakon što se završe svi ulazni nalozi, kako je to opisano u procesu uskladištenja.

Vrijeme koje je potrebno radniku za komisioniranje jednog sanduka, tj, izuzimanje artikala, prebrojavanje, i u konačnici pakiranje, uvelike ovisi o sadržaju sanduka. Ako se radi o artiklima koji su pakirani u kutije, njihovo izuzimanje traje svega par sekundi, no ako se u sanduku nalaze sitni artikli koji se moraju ručno prebrojavati, komisioniranje može potrajati i par minuta.

Promatranjem komisioniranja tijekom jedne radne smjene (8h), te mjerenjem vremena pojedinih komisioniranja izračunao sam prosječno vrijeme koje je potrebno za operaciju komisioniranja.

$t_{kom} = 39s/spremniku$ -prosječno vrijeme komisionira jednog spremnika

Analiziranjem koda automatiziranih dizalica došao sam do podatka, koliko spremnika izuzme i uskladišti jedna dizalica tijekom jednog radnog dana.

$n_{sprD} = 760spremnika/dan$ -spremnika po dizalici na dan,

pošto rade tri dizalice, ukupno je potrebno iskomisionirati:

$$n_{spr} = n_{sprD} \cdot 3 = 2280spremnika/dan$$

Dnevno se obradi oko 86 naloga, što ulaznih, što izlaznih. Prosječno bude 15 ulaznih naloga na dan.

Pomoću ukupnog broja spremnika koji prođe kroz sustav dnevno i broj naloga koji se obradi, možemo dobiti prosječan broj spremnika po nalogu:

$$n_{Nspr} = \frac{n_{spr}}{n_{naloga}} = 26,5 spreznika/nalogu$$
 -broj spremnika po nalogu

Ukupno vrijeme potrebno za komisioniranje dnevne količine spremnika:

$$t_{komU1} = t_{kom} \cdot n_{spr} = 88920s = 24,7h$$

Pretpostaviti ću da konstantno rade sve tri radne stanice, pa će se svi sanduci iskomisionirati za:

$$t_{komU} = \frac{t_{komU1}}{3} = 29640s = 8,23h$$

Radnici rade u dvije smjene po 8 sati, oduzmemo vrijeme za pauzu, fiziološke potrebe ostane 14 sati efektivnog rada na dan. Tijekom analize koda automatiziranih dizalica, bilo je vidljivo da dizalice u prosjeku dnevno dane 9 sati s pauzama između ciklusa rada. Tako da izračunato vrijeme komisioniranja odgovara zatečenom stanju u poduzeću. Razlog rada mini-load AS/RS sustava od oko 9h/dan od ukupno efektivno raspoloživih 14h, je u tome da radnici koji rade na radnim stanicama obavljaju i druge poslove u skladištu. Primjerice, svakodnevno druga smjena oko 16:30 sati vrši utovar iskomisionirane robe kupcima, istovar robe od dobavljača i sl. Na svakoj radnoj stanici rade po dva djelatnika, jedan prikuplja robu pomoću ručnih terminala, dok drugi vrši komisioniranje robe iz mini-load AS/RS sustava. U koliko radnik koji radi na mini-load AS/RS sustavu bude brže gotov od svog kolege, uskače njemu u pomoć kako bi kompletirali narudžbu.

Iz gornjih podataka lako dobijemo iskoristivost komisioniranja:

$$\eta_{kom} = \frac{t_{komU}}{t_{ef}} \cdot 100 = 58,81\%,$$

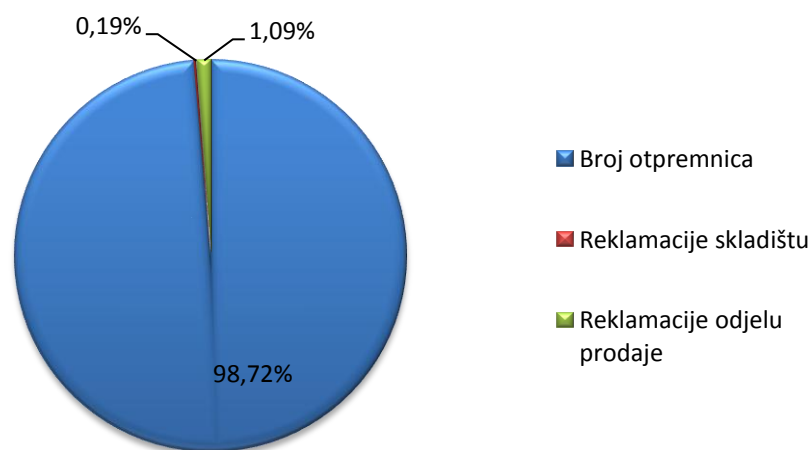
Dobili smo iskoristivost komisioniranja 58,81%, što ukazuje na to da preostalih 41,19% djelatnici ne rade na komisioniranju. Ukoliko bi djelatnici tijekom svog radnog vremena radili isključivo na komisioniranju mogli bi povećati produktivnost za 1,4 puta, odnosno dnevno bi umjesto 2280 iskomisionirali 3192 spremnika, te bi mogli obraditi oko 120 naloga. To je maksimalna vrijednost koju trenutni sustav može obraditi dnevno, ako radi u dvije smjene.

5.6. Analiza točnosti operacija

Uvođenjem WMS sustava u skladišno poslovanje poduzeća, pogreške su svedene na minimum, što pokazuju i brojke. Od 1558 otpremnica tijekom jednog mjeseca poduzeće je primilo 20 reklamacija, od čega se 3 odnose na greške unutar skladišnog poslovanja, a 17 na pogreške odjela prodaje (slika 46).

Pogreške koje se mogu dogoditi u skladištu se svode na isporuku oštećene robe, loše zapakiranu robu koja se ošteti u transportu i sl. Greške na količinama i vrstama artikala koji se traže u narudžbama su gotovo nemoguće, pošto je svako izuzimanje popraćeno kontrolom unutar sustava, pomoću kontrolnih vaga, a radnik jednostavno ne može izuzeti krivi artikl pošto mu je sustav dovezao spremnik s željenim artiklom, ili ako se roba nalazi na ostalim regalima, ručni terminal mu daje upute do koje lokacije da ide i koje artikle da izuzme, i na kraju sve te operacije mora potvrditi skeniranjem barkoda lokacije i artikla.

Greške u odjelu prodaje većinom se odnose na greške u komunikaciji s kupcima, npr. isporučena pogrešna boja artikla, broj komada i sl.



Slika 46. Točnost operacija

Kao što je vidljivo iz prikaza mjesečno poduzeće ima svega 1,2% reklamacija, a neznatan dio njih odnosi se na operacije unutar skladišta.

Uvid u učestalost kvarova automatiziranog mini-load AS/RS sustava nisam dobio, stoga informacije o tome imam samo na osnovu konzultacija s djelatnicima skladišta. Prema njihovim tvrdnjama sustav je u fazi uhodavanja imao dosta učestale prekide rada, no nakon prolaska faze uhodavanje, eliminirale su se i „dječje bolesti“ u sustavu. Zna povremeno doći do sitnih zastoja valjčanih konvejera, koje uhodani radnici brzo uspiju riješiti. Ponekad zna doći do zastoja automatskih dizalica, većinom zbog pomicanja artikala unutar spremnika tijekom uskladištenja, koji uzrokuje naglu promjenu težišta spremnika, nakon čega spremnik nekontrolirano klizne i udari u okvir svoga skladišnog mjesta. U tom slučaju dizalica stane i javi grešku, djelatnik uzima uređaj za ručno upravljanje dizalicom, vraća ju u prethodni položaj, te ju ponovo pusti u rad. Broj takvih zastoja je zanemariv.

Slučaj da je sustav zaboravio pojedinu skladišnu lokaciju, ili izuzeo krivi spremnik, prema riječima djelatnika nije zabilježen.

5.7. Moguća poboljšanja sustava

Od ukupnog broja skladišnih lokacija po jednoj dizalici, 5600 spremnika, popunjeno je 5400 lokacija. Popunjenost sustava kapacitetima je 96%. Trenutni kapaciteti zadovoljavaju potrebe poduzeća, stoga nije potrebno proširenje istih.

Cjelokupan sustav funkcionira vrlo dobro, što je vidljivo u vrlo malom broju reklamacija. Djelatnici skladišta su dobro uhodani i zadovoljavajuće obavljaju svoj posao, ne čine učestalo greške, svatko zna svoj dio posla, probleme rješavaju u hodu.

Iskoristivost automatiziranih dizalica je relativno mala, te kod njih imamo prostora za povećanje produktivnosti do 2,5 puta trenutne. Valjčani konvejeri mogu bez problema pratiti automatizirane dizalice i transportirati spremnike ka radnim stanicama.

Ukoliko želimo povećati produktivnost sustava, moramo povećati produktivnost najslabije karike u lancu, a to su radne stanice, tj. mjesta komisioniranja. Povećanje produktivnosti komisioniranja moguće je provesti na nekoliko načina.

Produktivnost komisioniranja možemo povećati za 1,4 puta sa trenutno raspoloživim radnim satima ukoliko djelatnici koji rade na komisionim mjestima vrše samo taj posao za vrijeme svoje smjene. Za potrebe obavljanja drugih poslova poduzeće bi trebalo uposliti nove djelatnike. U tom slučaju produktivnost bi se povećala s 2280 na 3192 spremnika dnevno.

Ako se pokaže potreba za još većim povećanjem broja iskomisioniranih spremnika, postoji opcija uvođenja treće smjene, čime bi sustav mogao iskomisionirati 4788 spremnika. Naravno da uvođenje treće smjene povlači za sobom i upošljavanje novih djelatnika.

Ukoliko bi se željela povećati iskoristivost automatiziranih dizalica, potrebno je dodati još radnih stanica kako bi se povećala produktivnost komisioniranja. Trenutni sustav nema prostora za navedeno, pa bi se, ukoliko se ukaže potreba za time, trebao angažirati projektant koji bi razmotrio povećanje transportnih putova, tj. valjčanih konvejera kako bi se osigurao prostor za smještaj novih radnih stanica.

6. ZAKLJUČAK

Opisivanjem logističkih procesa nabave, uskadištenja i distribucije robe u poduzeću *D.B.T. d.o.o.* dobio sam određenu sliku o tome u praksi. Detaljno sam se osvrnuo na opis cjelokupnog skladišta, kao i kompletne opreme u njemu. Budući da nisam dobio dokumentaciju o skladištu od poduzeća, moj cjelokupni opis se temeljio na vlastitim zapažanjima, mjerenjima i konzultacijama s djelatnicima. Prikazao sam pojedine skladišne zone, kao i tijek materijala u skladištu.

Cilj rada je bio detaljno analizirati automatizirani skladišno-komisioni mini-load AS/RS podsustav, kojem sam posvetio većinu vremena. Pošto je optimizacija takvog sustava vrlo složena, te zbog nemogućnosti dolaska u posjed svih potrebnih informacija o njoj, moje analize temeljile su se na višetjednim promatranjima sustava, mjerenjima različitih vremena i određenim pretpostavkama.

Provedbom analize zaključio sam da cjelokupni sustav radi vrlo dobro i dinamično, djelatnici djeluju uhodano i izvršava svako svoje zadatke. Na osnovu toga nisam vidio potrebu za poboljšanjima samog rada sustava, već za prikazom iskoristivosti cjelokupnog sustava. Iz njega je vidljivo da je cjelokupni sustav iskoristiv nešto više od 50%, te da same automatizirane dizalice imaju puno više potencijala od korištenog. Na koncu sam predložio nekoliko načina pomoću kojih se može manjim ili većim korekcijama povećati produktivnost komisioniranja, kao najslabije karike cjelokupnog sustava, čime bi se povećala iskoristivost kompletnog automatiziranog skladišno-komisionog mini-load AS/RS podsustava u poduzeću.

7. LITERATURA

- [1.] <http://www.dbt.hr/>
- [2.] Konzultacije s djelatnicima poduzeća *D.B.T. d.o.o.*
- [3.] Č. Oluić : Skladištenje u industriji, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 1997.
- [4.] G. Đukić: Predavanja iz kolegija: „Posebna poglavlja tehničke logistike“, 2009.
- [5.] <http://www.primatlogistika.hr/skladisni-sustavi>