Automatizacija u skladištu - primjer Walmart

Kunštnik, Andrea

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:644738

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 461/TGL/2020

Automatizacija u skladištu - primjer Walmart

Andrea Kunštnik, 2312/336

Odjel tehničke i gospodarske logistike

Završni rad br. 461/TGL /2020

Automatizacija u skladištu – primjer Walmart

Studentica

Andrea Kunštnik, 2312/336

Mentor

Dr. sc. Goran Đukić, dipl. ing

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za logistiku i održivu mobilnost

STUDIJ: preddiplomski stručni studij Tehnička i gospodarska logistika

PRISTUPNIK: Andrea Kunštnik | MATIČNI BROJ:

DATUM: 21.04.2020. | KOLEGIJ: Gospodarska logistika 2

NASLOV RADA: Automatizacija u skladištu - primjer Walmart

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Automatization in warehouse - Walmart example

MENTOR: Goran Đukić | ZVANJE: redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. Doc.dr.sc. Predrag Brlek, predsjednik
2. Prof. dr.sc. Goran Đukić, mentor
3. Doc.dr.sc. Saša Petar, član
4. Ivan Cvitković, pred., zamjenski član
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 461/TGL/2020

OPIS:

Trend automatizacije skladišnih procesa primjetan je već dulji niz godina. Uz početne izvedbe automatiziranih skladišnih sustava s dizalicama unutar prolaza, u današnja skladišta sve se više uvode novije izvedbe automatiziranih skladišnih sustava, automatiziranih vozila te mobilnih robota, a s ciljem automatizacije transportnih operacija, te operacija uskladištenja, iskladištenja i komisioniranja. Mnoge velike kompanije su u tom procesu i pioniri, kako zbog svoje financijske moći ali tako i zbog svoje vizije i strategija.

U radu je potrebno dati prikaz trenutnog stanja i trendova na području automatizacije u skladištima, te na primjeru velike kompanije Walmart ilustrirati primjenu automatizacije u jednom njihovom distribucijskom centru.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

ZADATAK UREUČEN: 15.06.2021. | POTPIS MENTORA:

Sveučilište
Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANDREA KUNŠTNIK _____ *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom AUTOMATIZACIJA U SKLADIŠTU - PRIMJER WALMART *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANDREA KUNŠTNIK _____ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom AUTOMATIZACIJA U SKLADIŠTU - PRIMJER WALMART *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:

Sažetak

U ovom radu uvodno se daju osnovne informacije o distribuciji, skladištenju i komisioniranju. Nakon toga se opisuje automatizacija u skladištu podijeljena u dva poglavlja: automatizirani skladišni sustavi (AS/RS) i automatizirana vozila (AGV/AMR). Na kraju je dan primjer Walmart-a, gdje su dane osnovne informacije o tvrtki (djelatnost, logistika, distribucija), a nakon toga je opis njihovog skladišta s naglaskom na prikaz automatiziranog procesa.

Ključne riječi: distribucija, skladištenje, komisioniranje, automatizacija.

Summary

This paper introduces basic information on distribution, storage and commissioning. After that, warehouse automation is described, divided into two chapters: automated storage systems (AS / RS) and automated vehicles (AGV / AMR). Finally, an example of Walmart is given, where basic information about the company (activity, logistics, distribution) is given, followed by a description of their warehouse with an emphasis on showing the automated process.

Keywords: distribution, storage, commissioning, automation.

Popis korištenih kratica

AS/RS - Automated Storage and Retrieval System

AGV - Automated Guided Vehicle

AMR – Automated mobile robot

LDC – Logistic and distribution center

SBS/RS – Shuttle-based storage and retrieval system

VLM - Vertical Lift Module

AVS/RS – Autonomous vehicle storage and retrieval systems

OLS - One Level Shuttle

MLS – Multi Level Shuttle

WLAN – Wireless Local Area Network

IT - Information Technology

RFID – Radio-frequency identification

LHD – Load handler device

SADRŽAJ:

1.Uvod **8**

2. Distribucija i skladištenje **9**

2.1. Distribucija i logističko distribucijski centri **9**

2.2. Skladištenje **10**

2.2.1. Pojam i vrste skladišta **10**

2.2.2. Značajke komisioniranja **12**

3. Automatizacija u skladištima **14**

3.1. Automatizirani skladišni sustavi **14**

3.1.1.1. Unit- load AS/RS **16**

3.1.1.3. Person-on-board AS/RS **21**

3.1.2. Automatizirani okretni regali i podizni moduli **21**

3.1.2.1. Horizontalni okretni regali **22**

3.1.2.2. Vertikalni okretni regali **23**

3.1.2.3. Vertikalni podizni modul (VLM) **24**

3.1.3. Automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima (SBS/RS) **26**

3.2. Automatizirana podna vozila **30**

3.2.1. Automatski vođena vozila (AGV) **31**

3.2.2. Autonomni mobilni roboti (AMR) **33**

4. Primjer automatizacije distribucijskog centra tvrtke Walmart **37**

4.1. O Walmart-u **37**

4.2. Prikaz odabranog distribucijskog centra i opis automatiziranog skladišnog procesa **38**

4.2.1. Ulaz robe **39**

4.2.2. Izlaz robe **43**

5. Zaključak **46**

Literatura **48**

1.Uvod

U današnje vrijeme zbog rasta populacije i konstantnog rasta gospodarstva je došlo do veće potražnje dobara, protoka proizvoda i informacija, što rezultira razvojem automatiziranog skladišnog sustava. Skladištenje je ključna komponenta cjelokupnog logističkog procesa jer određuje mogućnost isporuke proizvoda na zahtjev. To prisiljava tvrtke da upravljaju skladištima tako da ostvare visoku razinu učinkovitosti i produktivnosti. Jedan od najzahtjevnijih skladišnih procesa, koji ima veliki udio u vremenu i troškovima, je komisioniranje. To je proces izdavanja robe (proizvoda) na zahtjev kupca. Automatizacija procesa unutarnjeg transporta u skladištima i distribucijskim centrima, ali i u brojnim drugim servisnim djelatnostima, moguća je uz primjenu sustava automatski vođenih vozila i autonomnih mobilnih robota koji su u sve većem tehnološkom razvoju, te predstavljaju značajnu ulogu u budućnosti opskrbnog lanca.

U ovom radu biti će obrađene izvedbe automatiziranog skladišnog sustava, te već spomenuta automatski vođena vozila (AGV) i autonomni mobilni roboti (AMR). U drugom poglavlju je dan korak opis distribucije, skladištenja i najkritičnijeg skladišnog procesa komisioniranje. Treće poglavlje daje pregled automatizacije u skladištima gdje se opisuje automatizacija, povijest, izvedbe AS/RS sustava, te se opisuje sustav automatski vođenih vozila i autonomnih mobilnih robota koji nude mnoge skladišne prednosti. Od rješenja za nedostatak radne snage do poboljšanja upravljanja zalihama i povećanja sigurnosti te smanjenog rizika od ozljeda zaposlenika. Roboti mogu brže implementirati više jedinica za podršku povećanoj potražnji, a moguće je i reprogramiranje robota za primjenu novih procesa. U četvrtom poglavlju rada je opisani primjer iz prakse automatiziranog skladišta Walmart, gdje su prvo dane osnovne informacije o tvrtki, a nakon toga je dan opis njihovog skladišta s naglaskom na prikaz automatiziranog procesa potkrijepljeno fotografijama i podacima.

2. Distribucija i skladištenje

2.1. Distribucija i logističko distribucijski centri

Distribucija obuhvaća skup aktivnosti koje su povezane s prometanjem gospodarskih dobara između proizvođača i potrošača. Ona sadrži tako usklađeno pripremanje proizvedenih dobara prema vrsti i količini, prostoru i vremenu, da se mogu ili održati propisani dobavni rokovi (dovršavanje narudžbi) ili djelotvorno što uspješnije zadovoljiti očekivanu potražnju [1] Osnovna svrha distribucije kao djelatnosti je omogućiti dostupnost proizvoda ili usluga kupcima u odgovarajućoj količini i asortimanu, u odgovarajućem vremenu i na odgovarajućem mjestu.

Distribucija je faza koja slijedi proizvodnju dobara od trenutka njihove komercijalizacije do isporuke potrošačima. Temeljni zadaci distribucije, kao faze opskrbnog lanca koja prethodi potrošnji, općenito se sastoje u sljedećem:

- skraćenje puta i vremena potrebnog da roba (ili usluga) stigne od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje,
- povećanje konkurentnosti robe,
- vremensko i prostorno usklađenje proizvodnje i potrošnje,
- programiranje proizvodnje prema zahtjevima (potrebama) potrošača,
- plasman novih proizvoda (ili usluga) na tržištu,
- stvaranje i mijenjanje navika potrošača. [2]

Logističko-distribucijski centar (LDC) je sustav koji u fizičkom i organizacijskom smislu predstavlja vezu između proizvodnje i potrošnje. Ta se veza ostvaruje kroz funkcioniranje LDC-a, koje obuhvaća infrastrukturu, suprastrukturu, ljudske resurse i tehnologiju. Prema prirodi poslovanja, LDC se može definirati kao javni davatelj logističkih usluga koji po nalogu svojih klijenata (korisnika usluga) operativno preuzima određeni dio opskrbnog lanca i za to naplaćuje ugovorenu naknadu kao svoj poslovni prihod [2]. Osnovni cilj je u što većoj mjeri postići ravnomjernost, trajnost i kontinuitet robnih tokova i što bolje iskorištenje prometne infrastrukture

i transportnih sredstava. Dobra iskorištenost po vremenu i kapacitetu osnovna je pretpostavka za snižavanje fiksnih troškova koji su, kao što je poznato, kod transporta vrlo visoki. [4]

2.2. Skladištenje

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se roba dovodi u stanje mirovanja. Oduzima najviše vremena i zadaje najviše problema logističarima jer je skladištenje robe jedna od važnijih aktivnosti i vrlo je odgovoran zadatak, Nepravilnim skladištenjem povećavaju se troškovi poslovanja i upropaštava roba. Također su mogući problemi sa raznim inspekcijama, uvjetima skladištenja, nesavjesnom ili neispravnom manipuliranju robom. Može doći do različitih gubitaka robe gdje uzroci gubitka mogu biti u prirodi robe, primjerice roba koja gubi vlagu, lako topljiva ili hlapljiva roba. Ključ čuvanje robe od nepovoljnih utjecaja, upropaštavanja, gubitaka i kvarenja je upravo pravilno skladištenje robe.

2.2.1. Pojam i vrste skladišta

S logističkog stajališta skladište je čvor ili točka na logističkoj mreži na kojem se roba prije svega prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže. U širem smislu skladište je prostor, koji može biti otvoren ili zatvoren, neograđen ili ograđen, a služi za pohranu i čuvanje robe u rasutom stanju ili u ambalaži od trenutka preuzimanja do vremena njihove upotrebe i otpreme. U užem smislu skladište podrazumijeva mjesto smještaja, čuvanja i izdavanja robe [5]. Glavna tehnička funkcija skladišta je odvijanje procesa skladištenja i distribucije, a cilj skladišta je osigurati prostorno i vremensko uravnoteženje tokova materijala unutar samog objekta između dva ili više objekata nekog poduzeća, te između dva ili više različitih poduzeća unutar logističkog lanca [15]. Skladišta se dijele prema više kriterija i u nastavku će se prema tim kriterijima navesti podjela skladišta.

Prema vlasništvu skladišta se dijele na:

- Privatna – u vlasništvu su poduzetnika i namijenjena su čuvanju robe privatnog poduzetnika. Izgradnja vlastitog skladišta stvara velike fiksne troškove

- Javna – skladišta opće namjene i koriste ih razna društva kojima je isplativije iznajmiti skladišni prostor zbog ne kontinuirane razine zaliha ili iz drugih razloga

Prema načinu gradnje skladišta se dijele na: [6]

- Otvorena – koriste se za skladištenje robe koja nije osjetljiva na atmosferske prilike i koja ne zahtjeva posebnu zaštitu od krađe (kamen, trupci, građevinski materijal, tračnice itd.)
- Natkrivena – skladišni prostor koji je s jedne ili više strana otvoren ali su natkriveni krovnom konstrukcijom. Namijenjen za skladištenje robe velikih dimenzija i robe koja je osjetljiva na atmosferske utjecaje (drvena građa, cement, vapno, umjetno gnojivo itd.)
- Zatvorena skladišta – služe za pohranjivanje raznovrsnih roba koje su osjetljive na atmosferske promjene. Ovaj tip skladišta ujedno i štiti robu od krađe. Razlikuju se prema izvedbi i konstrukciji te se razvrstavaju na prizemna (hangarska), katna (etažna) i specijalizirana (spremnici, hladnjače, silosi, vinski podrumi itd.).

Prema stupnju mehanizacije skladišta mogu biti: [6]

- Niskomehanizirana ili klasična skladišta – prevladava ručni rad a upotrebljava se jednostavna skladišna oprema i manipulativna tehnika. Kod ovog načina dolazi do velikog naprezanja zaposlenika i mogućih čestih povreda na radu.
- Visokomehanizirana skladišta – zaposlenici u ovakvim skladištima upravljaju raznim sredstvima kao što su viličari, skladišna dizala i automatskim sredstvima u manjem opsegu.
- Automatizirana – upravljanje skladišnim procesima i operacijama obavlja se putem računala. Računalna tehnologija omogućuje ekonomičnu upotrebu prostora i znatno manje troškove radne snage. Negativna strana automatiziranih skladišta je fleksibilnost i cijena opreme.
- Robotizirana skladišta – nisu u velikoj mjeri rasprostranjena kao prethodno navedena skladišta. Svi poslovi obavljaju se pomoću robota kojima se računalno upravlja, a putem kamera se prate i kontroliraju pojedine operacije. Kao i kod automatiziranih skladišta problem čini visoka cijena opreme i fleksibilnost sustava.

2.2.2. Značajke komisioniranja

Komisioniranje se definira kao proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika. Zbog česte potrebe za konsolidacijom, sortiranjem i pakiranjem robe prije izdavanja, komisioniranje se definira kao proces pripreme materijala za izdavanje. Kvaliteta koju skladište pruža svojim korisnicima u velikoj je mjeri određena kvalitetom realizacije procesa komisioniranja. Komisioniranje predstavlja jedan od najznačajnijih skladišnih procesa, najčešće je to proces s najvećim ukupnim troškovima svih aktivnosti u skladištu. U nekim skladištima udio troškova komisioniranja u ukupnim troškovima iznosi 55%, dok 10% opada na prijam, 15% skladištenje i 20% na izdavanje robe [7]. Također, komisioniranje je proces s najvećim udjelom u ukupnom vremenu svih aktivnosti u skladištu koji u nekim skladištima iznosi i do 90%, [8]. Najveći udio vremena u procesu komisioniranja se odnosi na kretanje komisionera koji iznosi 50%, dok na traženje opada 20% vremena, na izuzimanje 15% vremena, podešavanje 10% vremena, ostale aktivnosti 5% [7]. Smjernice za poboljšanje procesa komisioniranja usmjerene su na smanjivanje vremena komisioniranja (puta komisioniranja) što izravno utječe na niže troškove i praktičniji rad komisionera.

Komisioniranje je moguće izvesti na veliki broj načina, s ciljem sistematizacije u većini radova opis sustava za komisioniranje temeljen je na vrsti sredstva za skladištenje, odnosno vrsti regalne opreme iz koje se roba izuzima u procesu komisioniranja. Pa se tako sustavi komisioniranja mogu podijeliti prema kriteriju kretanja na dvije osnovne grupe: sustavi komisioniranja po principu „čovjek robi“ i sustavi komisioniranja po principu „roba čovjeku“. [9]

U komisioniranju prema principu "čovjek robi" komisioner se kreće, hodajući ili vozeći se na transportnom sredstvu, do određene 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 komisioniranja "u prolazima".[9] U sustavima komisioniranja prema principu "roba-čovjeku" materijal koji treba izuzeti kreće se do komisionera. Mjesto izuzimanja nalazi se na kraju prolaza, pa se ovi sustavi još nazivaju i sustavi komisioniranja "na kraju prolaza". [9]

Sustavi komisioniranja mogu se podijeliti i prema vrsti odnosno veličini jediničnog tereta koji se komisionira. Pa tako postoji:

Komisioniranje paleta - svi sustavi odlaganja i izuzimanja paletnih jedinica. U klasičnim skladištima dakle sve izvedbe regalnih sustava u koje se skladište palete te se po primitku narudžbe za paletnim količinama uskladištuju cijele palete svrstavaju se u sustave komisioniranja paleta. [9]

Komisioniranje kutija - najčešće se u praksi koristi sustav komisioniranja kutija iz klasičnih paletnih regala. Pri tome se razlikuju izvedbe tzv. horizontalnog komisioniranja ili komisioniranje s niskih razina, u kojima se kutije komisioniranju samo iz donjih paletnih lokacija regala. Transportno sredstvo za komisioniranje u takvim sustavima je horizontalni viličar komisioner. Kada se želi omogućiti komisioniranje kutija sa svih razina visokog paletnog regala, a tada se radi o tzv. vertikalnom komisioniranju ili komisioniranju s viših razina i potrebno je koristiti specijalne vertikalne viličare komisionere. [9]

Komisioniranje pojedinačnih proizvoda - najčešće se koristi sustav komisioniranja iz poličnih regala. Proizvodi su ili direktno odloženi na police ili se nalaze u spremnicima odloženim na police. Ova izvedba je ekonomična i najbolja metoda u situacijama s manje narudžbi, malo izuzimanja po stavci, te za manje i lakše proizvode. [9]

3. Automatizacija u skladištima

Automatizacija je upravljanje strojevima, procesom ili sustavom s pomoću elektroničkih i mehaničkih uređaja bez izravnog ljudskog djelovanja, nadziranje i donošenje odluka u poslovima koji su za čovjeka previše složeni, opasni ili zamarajući. Uvođenjem automatizacije potrebna je moderna računalna tehnologija, znanje iz područja strojarstva, elektrotehnike i računarstva, čiji je cilj stvaranje učinkovitog tehnološkog procesa. Možemo reći da nam automatizacija omogućava jednostavnije, lakše i brže izvođenje, nadzora nad procesom, lakše otkrivanje pogrešaka ili nedostataka u procesu, povećanje produktivnosti te bolje poslovanje i pružanje kvalitetne usluge. Iz tog razloga se automatizacija sve više uvodi u skladišta gdje se može promatrati kroz primjenu automatiziranih skladišnih sustava (eng. Automated Storage and Retrieval System-AS/RS), te kroz automatizaciju transporta materijala u skladištu primjenom automatiziranih vozila (eng. Automated Guided Vehicle-AGV) i autonomnih mobilnih robota (eng. Automated mobile robot-AMR) koji će dalje u radu biti detaljnije objašnjeni.

3.1. Automatizirani skladišni sustavi

Tijekom godina bilo je mnogo modifikacija u sustavima, uključujući odlaganje i izuzimanje. Iza ovih preinaka krili su se isti čimbenici lakog rukovanja, visoke stope proizvodnje i manje šanse za pogrešku. U početku se puno truda ulagalo u ručno rukovanje materijalima. S porastom proizvodnje skladištenje robe postalo je otežano. To dovodi do uvođenja strojeva u svrhu uskladištenja i jednostavnog iskladištenja. U ranim danima rukovanje materijalom obavljalo se pomoću životinja i zaprežnih kola, no kasnije je napretkom znanosti poboljšalo pomoću viljuškara i transportnih traka. Automatizirano skladištenje i preuzimanje materijala uvedeno je 1940. godine. U tu svrhu automatizirani skladišni sustavi koriste se u industrijama i distribucijskim centrima od 1950. godine. Automatski vođena vozila koriste se 1950-ih kako bi se eliminiralo hodanje koje je činilo 70% vremena ručnog pronalaženja i smatra se prvim provedenim korakom prema automatizaciji u rukovanju materijalom [10]

Automatski sustav za pohranu i preuzimanje važan je ključni dio logističkog sustava, uz uzimanje u obzir ograničenog prostora, zahtjeva fleksibilnosti, kvalitete, pouzdanosti, kontrole upravljanja, AS/RS sustav brzo se povećava u cijelom svijetu posljednjih godina, posebno u SAD-u i Kini. Prvi AS/RS sustavi su napravljeni kasnih 1960-ih godina te su bili teški, spori i vrlo kompliciran za upotrebu. Današnja tehnologija je pouzdana, brza i smanjenje troškova je primarni kriterij u konstruiranju takvih sustava. Može raditi neprestano (24 sata dnevno, 7 dana u tjednu). Automatizirani sustavi za skladištenje i izuzimanje materijala poslužuju s poboljšanom učinkovitošću i pouzdanošću od kada se prvi put koriste. [11]

U današnjem svijetu automatizacija predstavlja vodeću ulogu u rukovanju sirovinama i na mjestima proizvodnje. AS/RS može se definirati kao kombinacija razne opreme i kontrolnih uređaja koji automatski rukuju, skladište i oduzimaju robu velikom brzinom i točnošću, bez direktnog utjecaja ljudi. Automatizirana skladišta sastoje se od različitih vrsta opreme gdje se najčešće koriste regali za skladištenje, transportni uređaji (viličari, konvejeri, AGV-ovi, automatizirani uređaji), pomoćni uređaji (barkod skener, vaga za mjerenje mase, laserski skeneri za mjerenje dimenzija), kompletni automatizirani regali (horizontalni i vertikalni karuseli), računalni program za upravljanje automatiziranim uređajima i program za planiranje i kontrolu operacija povezuje se sa sustavom skladišta (poduzeća) te se na temelju njega daju radne instrukcije automatiziranom uređaju, transportnim sredstvima i pomoćnim uređajima kao i operaterima u skladištu. Zahtjevi se razlikuju od skladišta do skladišta, a ciljevi koji se žele postići su: poboljšana učinkovitost sustava (povećanje stope prekrcaja, kraće vrijeme narudžbe), osiguranje kvalitete (kontinuirana kvaliteta proizvoda i procesa, poštivanje rokova), financijske uštede, smanjeni napori skladišnih radnika. [12]

Prednosti uvođenja AS-RS sustava su: automatizacija opasnih i teških poslova u skladištu, smanjenje troškova ljudskog rada, minimalne pogreške, bolja iskorištenost prostora, proizvodi su sigurniji u smislu što manjeg oštećenja robe, bolje praćenje i kontrola zaliha. Isto tako sustav ima i nedostatke a to su: veliki troškovi održavanja jer su skuplji u odnosu na klasične paletne ili polične sustave, te veliki investicijski troškovi. Zato za uvođenje automatizacije mora postojati dobar razlog, preduvjeti i svrha uvođenja. [13]

Postoji nekoliko vrsta izvedbe AS/RS sustava. Princip rada uglavnom je isti, a razlikuju se po nosivosti dizalica, načinu na koji se roba izuzima iz regala i dimenzijama jedinica koje se skladište pa su tako i regali prilagođeni tim jedinicama.

3.1.1. Sustavi s dizalicama

Prve izvedbe takvih sustava bile su namijenjene za velike paletne terete, te su kasnije nastale izvedbe i za manje terete. Zbog veće fleksibilnosti i omogućavanja komisioniranja manjih količina pojedinih proizvoda od uskladištene jedinice skladištenja, moguće je koristiti i čovjeka na dizalici. Kao što je već rečeno, možemo razlikovati nekoliko vrsta izvedbe AS/RS sustava. Prema veličini i volumenu kojim se rukuje i prema metodama pohrane kao i prema komunikaciji čovjeka sa AS/RS uređajem: [9]

1. Automatizirano visokoregalno skladište (eng. Unit load AS/RS)
2. Automatizirano skladište za male dijelove (eng. Mini-load (micro-load) AS/RS)
3. Automatizirano skladište za komisioniranje (eng. Person on board AS/RS)

3.1.1.1. Unit- load AS/RS

Unit-load AS/RS je naziv za automatizirano visokoregalno skladište. To je skladišni sustav s dizalicama unutar redova regala, glavna karakteristika je da se svakim teretom rukuje pojedinačno. Unit load je tip sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za teže i veće terete (250 do 500 kg i više), smještene na paletama ili u plastičnim, drvenim ili metalnim sanducima paletnih dimenzija. Nekim velikim teretima može se također rukovati i bez sredstava za oblikovanje jediničnog tereta, kao što su npr. kolutovi lima, papira, kablova. U ovakvom skladišnom sustavu se radi o primjeni visokih automatskih dizalica između regala visine 10 pa čak do 50 metara, duljine prolaza čak do 290 metara. Širina prolaza između regala određuje se po vrsti tereta koja se skladišti. Ako se radi o paletiziranog robi u tom slučaju će širina prolaza biti malo veća od širine palete koja se koristi, oko 10 cm sa svake strane palete. Iz tog razloga je potrebno pažljivo planiranje i inženjerska stručnost pri izradi ovakvog sustava. Jedinice koje

putuju i prenose teret često rade na brzinama koje su mnogo veće od brzina standardnih viličara i mogu dosegnuti daleko veće visine i od najsofisticiranijih industrijskih podizača. [14]

Kao glavne prednosti unit-load skladišta možemo navesti stabilan prijevoz tereta u skladištima velike gustoće, sposobnost obrade različitih vrsta tereta, visoka pouzdanost i raspoloživost, precizno upravljanje zalihama, velike brzine skladištenja/izuzimanja, sigurna pohrana s ograničenom pristupom osoblja, niska potrošnja energije te sigurnost, tih i uredan rad. [15]

Osnovne komponente automatiziranog visokoregalnog (Unit-load AS/RS) sustava su:

1. AS/RS uređaj (dizalica)

2. Prekrcajna platforma (ulazno/izlazna platforma, stanica)

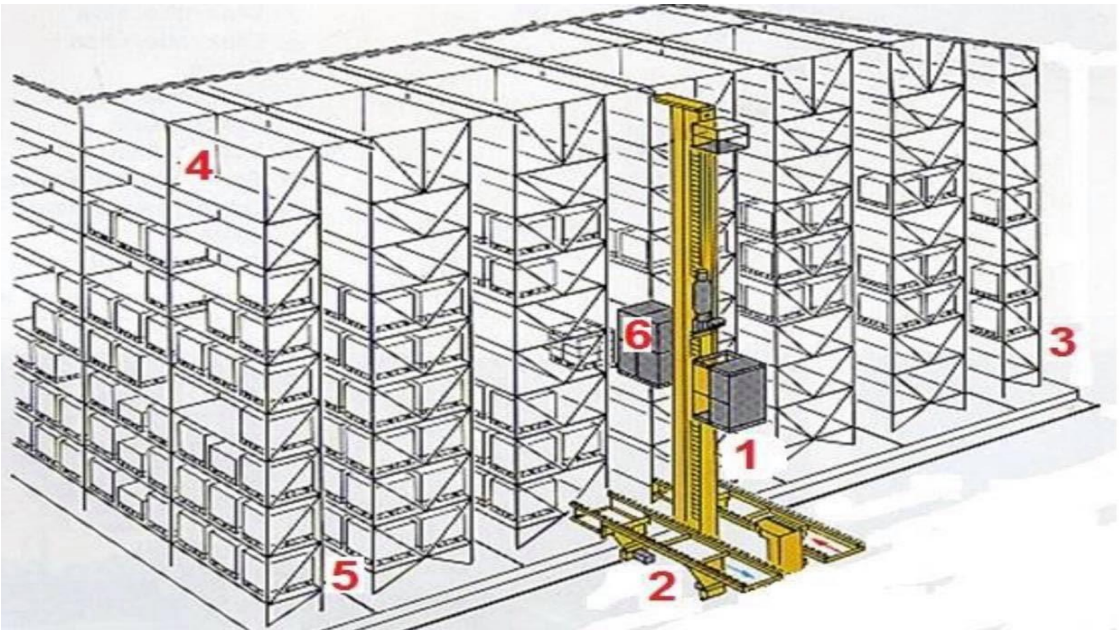
3. Regali za pohranu

4. Lokacija pohrane u regalu

5. Prolaz između regala za AS/RS uređaj

6. Manipulativna jedinica – paleta

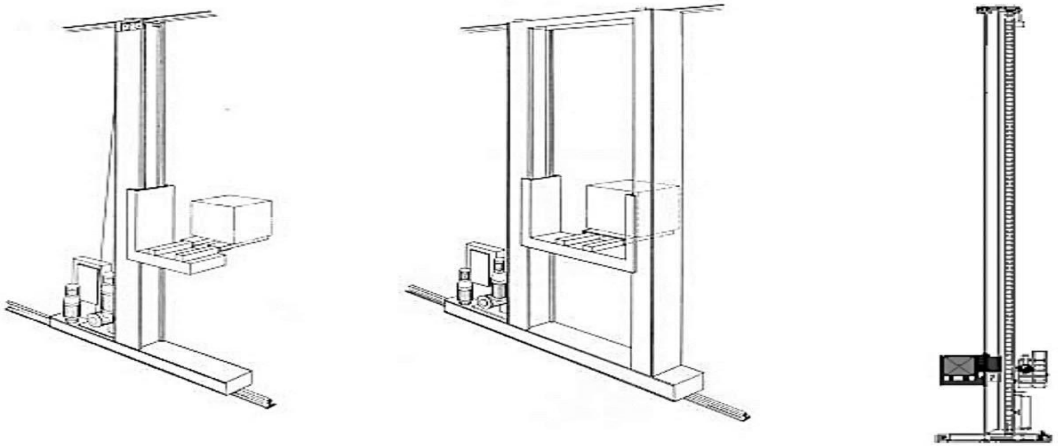
- ostalo (upravljački sustav, protupožarni sustav, sustav grijanja, hlađenja, rasvjete, itd.)



Slika 1. Prikaz visokoregalnog automatiziranog sustava sa pripadajućim komponentama [12]

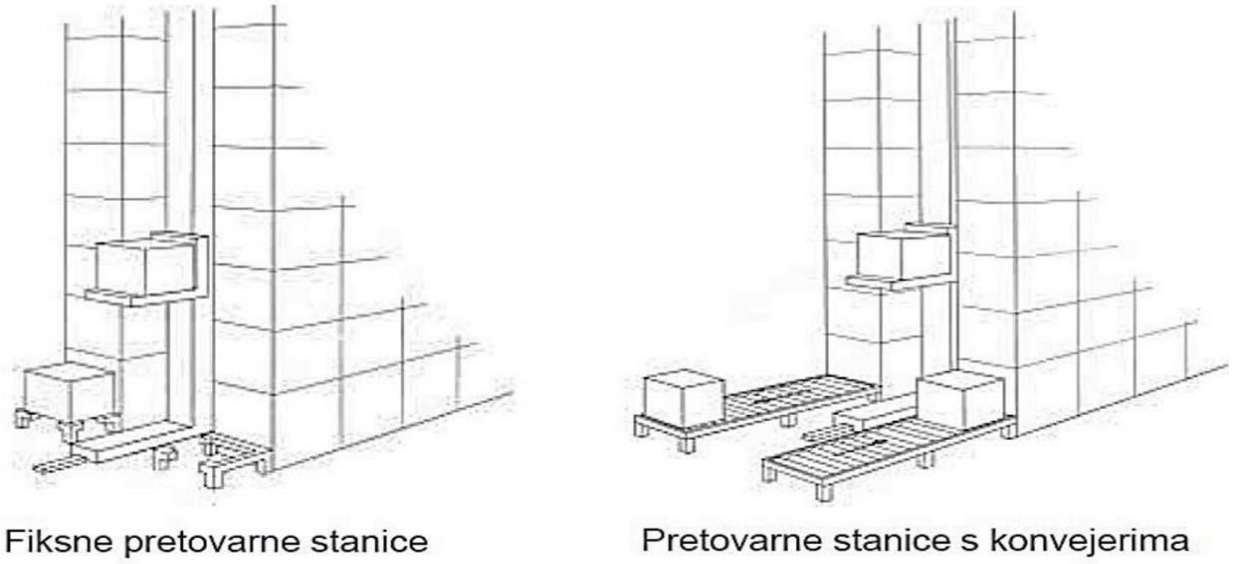
Transportirajući teret automatske dizalice se unutar prolaza kreću horizontalno i vertikalno. Brzine kretanja dizalica ovise o samoj konstrukciji dizalice, odnosno njenoj nosivosti a kreću se:

- Horizontalno 1,8 – 4,4 m/s (najčešće 2,5-3 m/s)
- Vertikalno 0,3 – 1,3 (0,6-0,75 m/s)
- Shuttle (prihvatna stanica) 7,5-12 s



Slika 2. Prikaz automatizirane visokoregalne (unit load)S/R dizalice [16]

Mjesta uz regale koje se nalaze na početku i/ili na kraju prolaza su utovarno/istovarne stanice na kojima dolazi do pretovara tereta odnosno s kojeg AS/RS uređaj uzima ili dostavlja robu iz regala. Ovisno o stupnju automatizacije skladišta roba se dalje s platforme preuzima viličarom, automatski navođenim vozilom ili se dalje transportira sustavom konvejera. Svaki AS/RS uređaj mora imati svoju stanicu. Mogu biti napravljene sa fiksnim mjestima za odlaganje tereta do ili od kojih se tereti dovoze i odvoze nekim drugim transportnim sredstvima (npr. skladišni viličari) ili uz korištenje konvejera kojima se tereti dovoze i odvoze do drugih dijelova skladišta.



Slika 3. Prikaz utovarno/istovarne stanice [16]

ABC klasifikacija proizvoda, ako se provodi, ovisi o broju i položaju ulazno/izlaznih platformi. Dakle, lokacije koje su smještene najbliže ulazno/izlaznoj platformi predviđene su za A kategoriju proizvoda. Tu spada mali broj proizvoda ali sa velikim udjelom u obrtaju. S obzirom na njihovo često korištenje i manipulaciju su smješteni što bliže ulazu/izlazu. Odmah uz A kategoriju proizvoda smješta se B kategorija, a C kategorija u preostali dio regala. Ako se ulazno/izlazne platforme nalaze na oba kraja regala tada se proizvodi A kategorije mogu smjestiti na nižim razinama regala po cijeloj njegovoj dužini, a ostale kategorije na višim razinama. U velikom broju slučajeva proizvodu koji ulazi u regale računalni program dodjeljuje prvu slobodnu poziciju do ulazno/izlazne rampe, koristi se metoda najkraće udaljenosti do lokacije bez ABC kategorizacije proizvoda. [12]

3.1.1.2. Mini-load AS/RS

Sustav automatiziranog odlaganja i izuzimanja za terete koji su obično smješteni u plastičnim ili kartonskim kutijama, posudama, ladicama, pladnjevima ili nekim sličnim spremnicima. Namijenjen je manipuliranjem teretima ukupnom težinom između 50 i 250 kg (rijetko do 500

kg). Dok postoje i skladišta za pohranu tereta s ukupnom težinom manjom od 50 kg i nazivaju se Micro-load AS/RS. [9]

Princip rada Mini-load AS/RS je sličan Unit-loadu, no razlika je u tome što Unit-load ima pokretnu stanicu (eng. shuttle) koja skladišti ili izuzima dok Mini-load sadrži robotsku ruku ili ekstraktore koji povlače kutije s materijalom. Ima mogućnost brzog ubrzanja i velike brzine kretanja po trodimenzionalnoj osi. Mogu dosegnuti horizontalnu brzinu do 2,5 m/s i vertikalnu do 0,6 m/s. Visina sustava kreće se između 3 i 15 m, a regali su duljine 12 do 60 m. Idealni su za odlaganje i izuzimanje u skladištima velike gustoće. Komisioniranje se izvodi po principu „roba čovjeku“. [9]

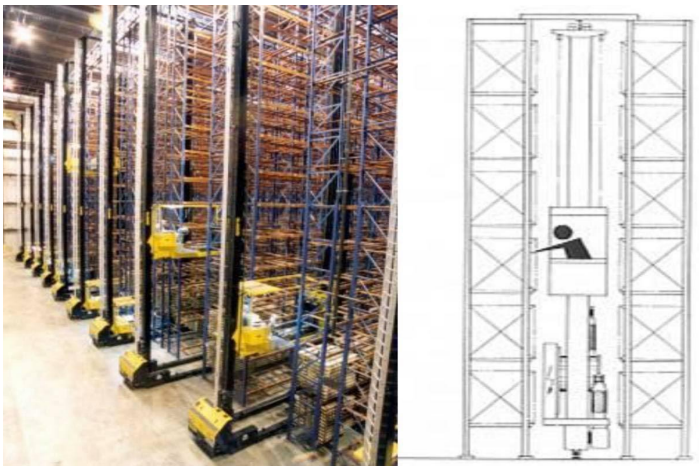
Regali mogu biti izvedeni kao jednostruki, dvostruki ili trostruki, što je ovisno o jedinicama koje se skladište i njihovoj masi. Tehnike izvlačenja jedinica iz regala mogu se razlikovati ovisno o zahtjevima kupaca a najčešće se koriste robotske ruke. Dimenzije skladišta razlikuju se od korisnika do korisnika a mogu se kretati sve do 100 metara dužine i 12 metara visine skladišnog prostora. [17]

Slika 4. Mini load AS/RS [18]

3.1.1.3. Person-on-board AS/RS

Person-on-board je poluautomatizirani sustav odlaganja i izuzimanja s čovjekom na dizalici za ručno uskladištenje i izuzimanje unutar prolaza između visokih poličnih i paletnih regala. Zbog toga spada u izvedbe sustava komisioniranja po principu "čovjek robi".

Rad ovog sustava funkcionira na način da računalo po nalogu upravlja kretanjem dizalice do paletne jedinice ili police. Operater se vozi u kabini dizalice te prikuplja pojedinačne materijale/robu sa paleta ili spremnika koji mu je na prikazan ekranu. Kad izume materijal pritisne potvrdu, te ga dizalica navođena računalom odveze do sljedeće lokacije. Kada prikupi sav potreban materijal za jednu narudžbu ili ako ispuni maksimalan kapacitet (težinski ili volumenski) kabina se vraća na ulazno/izlazno mjesto, pretovarnu stanicu. [19]



Slika 5. Person on board AS/RS sustav [20]

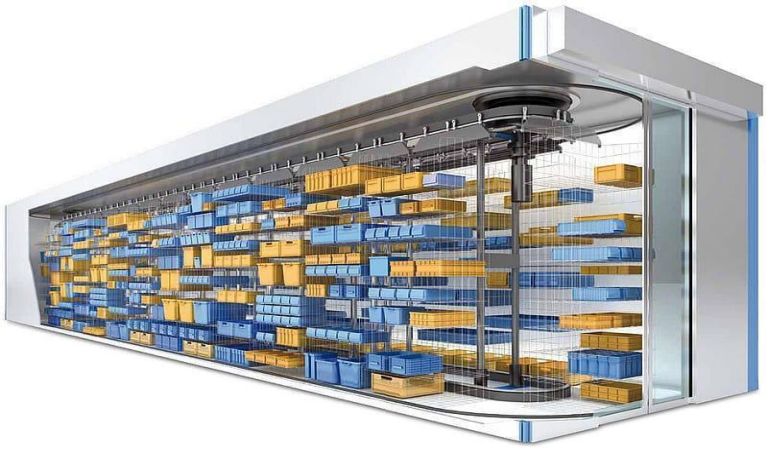
3.1.2. Automatizirani okretni regali i podizni moduli

Nakon sustava s dizalicama, druga grupa AS/RS, su sustavi automatiziranih okretnih regala i vertikalnih podiznih modula, a to su horizontalni okretni regali, vertikalni okretni regali i vertikalni podizni moduli. To su sustavi u kojima se ili skladišna lokacija s materijalom ili uskladišteni spremnik s materijalom dovodi do mjesta uskladištenja i iskladištenja pa ih neki nazivaju dinamički sustavi skladištenja.

3.1.2.1. Horizontalni okretni regali

Horizontalni karuseli su automatizirani optočni/okretni regali koji se sastoje od fiksnog broja skladišnih odjeljaka odnosno kolona koji su mehanički povezani s pogonskim mehanizmom u zatvorenoj petlji. Svaka od tih kolona podijeljena je na fiksni broj skladišnih lokacija (polica). Odlaganje ili izuzimanje je ručno ili automatsko, dok je okret karusela automatiziran. [21]

Princip rada horizontalnih okretnih regala, kao što im i samo ime sugerira, jest okretanje regala u horizontalnoj ravnini, čime se omogućuje dovoženje skladišne lokacije do mjesta skladištenja i iskladištenja. Horizontalni okretni regali su tipičan predstavnik sustava komisioniranja po principu „roba čovjeku“, odnosno čovjek obavlja operacije na jednom mjestu. [9]



Slika 6. Horizontalni okretni regal [20]

Prednost ovakvih karusela je ušteda vremena i prostora. Tako što se njihovom primjenom znatno smanjila potreba za hodanjem gdje je rezultat veća produktivnost i potencijalno smanjenje sati rada. Dok karusel dovodi tražene artikle operateri mogu obavljati druge obveze poput papirologija, brojanja i vaganja. Pristup karuselu moguć je samo sa jednog kraja a ne uzduž cijele strane kao što je primjerice kod poličnih regala. Zbog toga nekoliko karusela može biti posloženo jedan uz drugi čime se uklanjaju prolazi i štedi se na podnom prostoru.

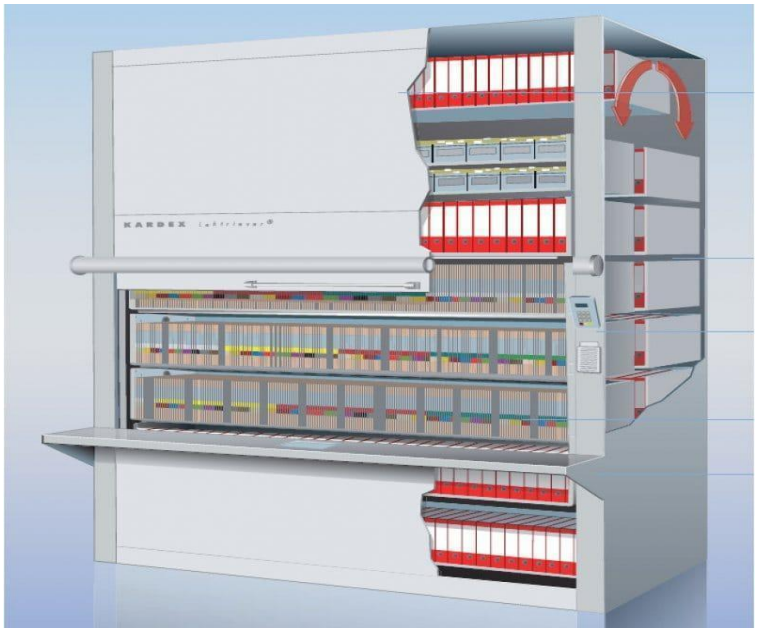
Još jedna od prednosti je mogućnost računalnog upravljanja. Moderni sustavi s računalnim upravljanjem imaju sve podatke u sebi, te se zahtjevom za artiklom automatski dovodi potrebna lokacija. Sustav je moguće povezati s nadređenim računalnim sustavom upravljanja putem kojega se okretni regal automatski okreće bez potrebe da operator zatraži lokaciju. [9]

Horizontalni karuseli zbog mehaničke jednostavnosti vrlo su pouzdani, trajni, tiho rade i zahtijevaju minimalno održavanje. Smanjuje se umaranje operatera uzrokovano hodanjem unutar skladišta, rad operatera je na jednom mjestu čime je poboljšan nadzor zaposlenih jer više ne moraju na dulje vrijeme izlaziti iz vidika.

3.1.2.2. Vertikalni okretni regali

Sastoji se od fiksnog broja polica koje u zatvorenoj petlji rotiraju u vertikalnoj ravnini. Rade po principu “roba čovjeku”. Kod vertikalnih karusela moguće je automatsko ulaganje i izuzimanje, ali je rjeđe nego kod horizontalnih karusela. Određene lokacije se automatski dovode do čovjeka, a skladištenje i iskladištenje robe se obavlja ručno.

Na samim počecima su se vertikalni karuseli dizajnirali za pohranjivanje laganih stvari kao što su elektroničke komponente, dijelovi i alat u odjelima za održavanje te dokumenti potrebni za proizvodni proces. Danas se koriste se za čuvanje zamrznutih uzoraka ljudskih stanica, skladišti se nakit i vrijedne kovine, a u SAD-u je svaki originalni vrijedni patent spremljen u vertikalnom karuselu. [20]



Slika 7. Vertikalni karusel [20]

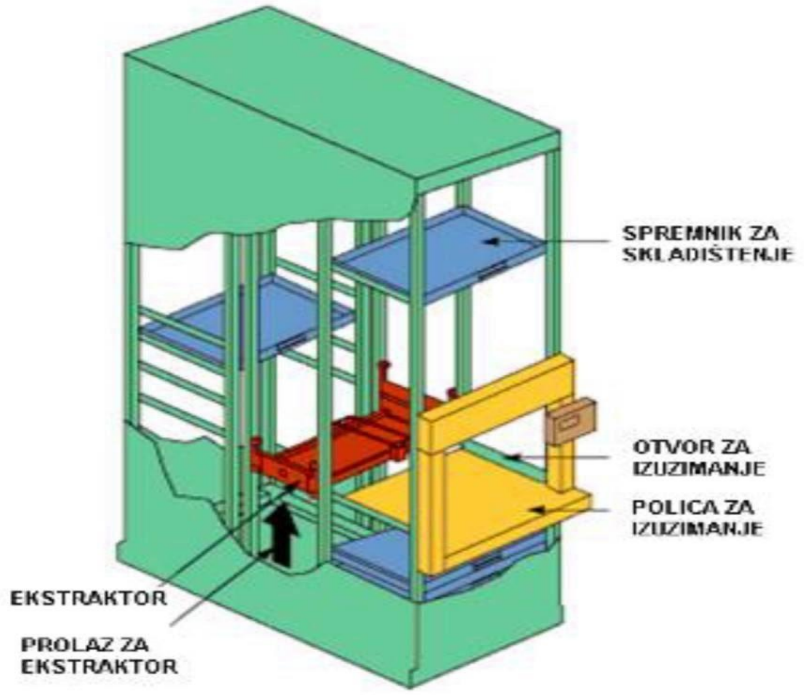
U početku su se vertikalni karuseli uvodili zbog smanjenja skladišnog prostora potrebnog za skladištenje robe u statičnim klasičnim poličnim sistemima. Također mogu i sa ograničenom raspoloživom visinom stropa iskoristiti inače neupotrebljiv zračni prostor. Kao prednost ovog sustava je moguće pohranjivanje velike količine robe na maloj površini. Samim time što se stavke dovode direktno do operatera rezultira znatnim skraćenjem vremena traženja koje mu je ranije bilo potrebno. Svaki od vertikalnih karusela može biti opremljen kao potpuno zatvoren, šesterostrani ormar koji je čist i omogućava iznimnu sigurnost za vrijedan sadržaj. Mehaničkim i elektroničkim metodama može se povećati sigurnost u slučaju da se želi ograničiti pristup određenim spremnicima karusela. [20]

3.1.2.3. Vertikalni podizni modul (VLM)

Vertikalni podizni moduli (eng. Vertical Lift Module – VLM) skladišni su sustavi koji se sastoje od dvije paralelne kolone s fiksnim policama u kojima su uskladišteni spremnici odnosno kutije ili ladice. Odlaganje i izuzimanje spremnika obavlja automatski uređaj, koji se elevatorom

(uređaj za prijenos odnosno transport materijala) kreće vertikalno između kolona s policama. Spremnik se dostavlja do otvora za izuzimanje odnosno stavlja na policu za izuzimanje.

Temelji se od tri paralelna stupca. Prednji i stražnji stupac opremljeni su držačima koji funkcioniraju kao police koje prihvaćaju skladišne artikle na pojedinu skladišnu lokaciju i koriste se za skladištenje. Dok se središnjim stupcem, koji je najčešće otvoren, kreće dizalo za skladištenje i izuzimanje koje se vertikalno kreće između prednje i stražnje kolone.



Slika 8. Vertikalni podizni modul [20]

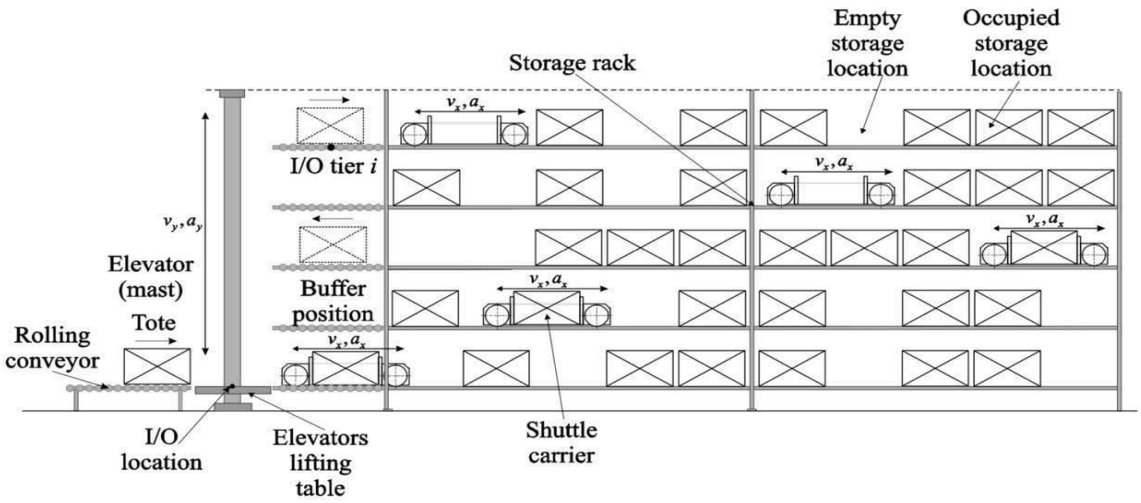
Razlika između vertikalnih okretnih regala i kod VLM-ova je u principu rada. Vertikalni okretni regali se okreću dok se kod VLM-ova spremnici dovoze sa fiksnih skladišnih lokacija. No razlika je u tome da su kod okretnih regala dimenzije svake police jednake, a kod VLM-ova je moguća promjenljivost prilagođena dimenzijama robe, te vrlo mali razmak između lokacija. Time se dodatno povećava gustoća skladištenja, odnosno iskoristivost prostora [9]. Kao osnovna prednost VLM-a su velika ušteda prostora, ovisno o raspoloživoj visini stropa gdje može ostvariti prostorne uštede od 50 % do 80 % u odnosu na klasične polične regale, povećana brzina

izuzimanja, sigurnost skladištenja i praktičnost. Ranije verzije bile su prilično spore i namijenjene za lakše terete, limitiranih mogućnosti. Danas su VLM-i dizajnirani da budu prilagodljivi, pogodni za male i lagane dijelove, tako i za teške i velike sirovine, poluproizvode i gotove proizvode. Preko kontrolnih sustava i računalnih softvera mogu se povezati sa sustavom za upravljanje skladištem.

3.1.3. Automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima (SBS/RS)

SBS/RS (eng. Shuttle-based storage and retrieval system) je relativno novi sustav koji predstavlja posebnu vrstu mini-load AS/RS-a gdje se koriste regalna vozila za uskladištenje i izuzimanje tereta koji su u malim spremnicima u sustavu regala. SBS/RS sustav razlikuje se od AS/RS u načinu kretanja tereta. Za razliku od dizalica koje istovremeno vrše vertikalni i horizontalni transport, on je u SBS/RS-u podijeljen na dva S/R vozila. Tereti se transportiraju takozvanim regalnim vozilima (eng. shuttles) koji se nalaze na svakoj razini odnosno u svakom redu sustava. Gibaju se horizontalno po tračnicama/šinama uzduž prolaza između sustava pravokutnih regala. Njegova uloga je skladištenje i/ili iskladištenje u što kraćem vremenu, a budući da se na svakoj razini nalazi jedno takvo vozilo, dizalo je najčešće usko grlo takvog sustava. Dok vertikalno gibanje osiguravaju dizala koja dopremaju jedinice za skladištenje ili odakle se otpremaju iskladištene jedinice, te se uglavnom nalaze na krajevima regala. [22]

SBS/RS sadrži ulazno-izlazne točke, a unutar sustava između vozila i lifta postoje bufferi. Na različitim razinama regala vozila transportiraju kutije do željene lokacije, a uz liftove se nalaze bufferi, koji služe za zadržavanje kutija dok lift ne dođe po njih. Na taj način kada vozilo ostavi kutiju na bufferu, ne mora čekati lift, nego je slobodno otići po novu kutiju što bitno utječe na vrijeme vozila, odnosno nema zastoja. Vozilo putuje između regala i može odložiti i izuzeti kutije sa svoje lijeve ili desne strane. Ispod lifta se nalazi konvejer koji prevozi kutije do komisionera. Princip rada i sastavni dijelovi SBS/RS sustava prikazani su na slici 9.



Slika 9: Skica SBS/RS sustava [23]

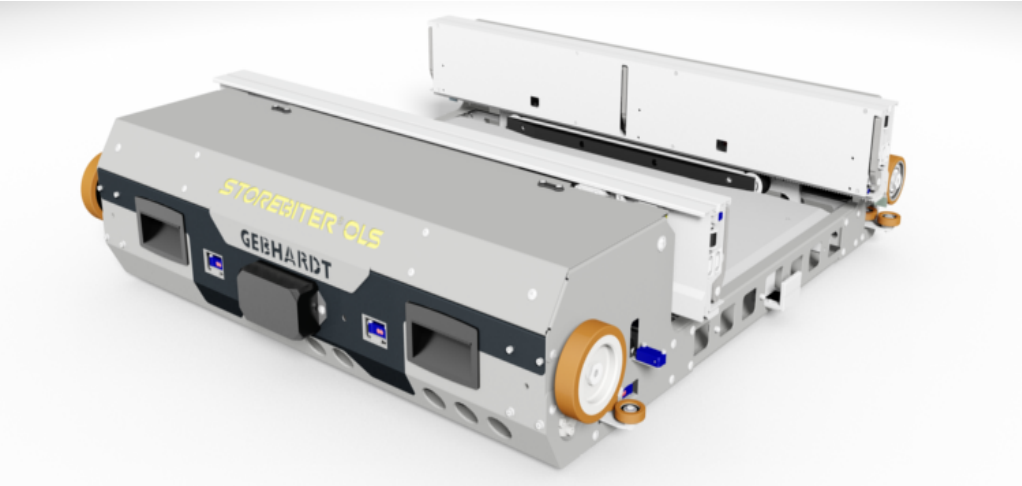
Razlikujemo dva načina kretanja vozila [9]: na svakoj je razini regala jedno vozilo (eng. Tier-captive AVS/RS) ili se vozila pomoću dizala prebacuju na druge razine regala (eng. Tier-to-tier AVS/RS). Postoji i dodatna podjela s obzirom na broj razina koje jedno vozilo može posluživati, pa tako postoje vozila koja mogu poslužiti više od jedne razine (eng. multi-level shuttles) i na vozila koja poslužuju samo jednu razinu regala (eng. single-level shuttles) [24]. U nastavku su detaljnije opisani Multi- level shuttle i One-level shuttle.

One Level Shuttle je sustav koji služi za skladištenja više ili manje u Micro-load AS/RS. Idealan za distribuciju i proizvodne operacije s velikim brojem skladištenja zaliha u kratko vrijeme ciklusa narudžbe. OLS sustav obrađuje najrazličitije vrste proizvoda i različite veličine kutija. Izuzetno je fleksibilan i učinkovit, pružajući brz pristup kutijama. Operacija skladištenja i iskladištenja vrši se prema principu „roba-čovjeku“. Ima sposobnost spremanja i dohvaćanja predmeta iz pojedinačne i dvostruke dubine. Smanjuje potrebe za radnom snagom u odnosu na tradicionalne metode skladištenja. Sustav se optimizira kako se povećavaju količine transakcija ili zahtjevi za pohranom. Sustav sortira robu prema potražnji robe što znači da se roba sa većom potražnjom skladišti bliže dizalica izvan regala. Sa time se štedi puno vremena, energije i ostalih troškova što se tiče održavanja. Sustav za pohranu može se sastojati od jednog ili više prolaza, pri čemu se može koristiti više OLS-ova. Svaki prolaz podijeljen je, ovisno o visini skladišta, na nekoliko razina. Ovisno o potrebi svaki je prolaz opremljen određenim brojem shuttle-a ako se

on ne nalazi na svakoj razini onda se na kraju prolaza nalaze dizala za premještanje shuttle-a na drugu razinu. Za svake komponente sustava mogu se razviti prilagođena rješenja koja najbolje odgovaraju zahtjevima kupca. Učinkovitost sustava ovisi o pravilnom omjeru između shuttle-ova i dizalica ispred prolaza. Korištenjem više dizala može se postići veća učinkovitost koja značajno povećava dostupnost shuttle-ova. Taj sustav idealan je za ispunjavanje velikih količina narudžbi i sekvencijalnih narudžbi.

Tehničke karakteristike OLS-a: [25]

- minimalne dimenzije prenosivih kutija: 200x150x50mm
- maksimalna nosivost tereta: 2 x 50 kg
- radna temperatura od 5 do 40 stupnjeva (bez kondenzacije)
- maksimalna brzina: 2 m / s
- maksimalno ubrzanje: 1 m / s



Slika 10. Prikaz OLS-a [25]

Multi-Level-Shuttle vrlo je dinamičan shuttle sustav koji služi za nekoliko razina skladištenja (najčešće za 5-6 razina) koji se koristi više ili manje u Micro-load AS/RS. To su uređaji koji omogućuju rukovanje različitim veličinama spremnika i kutija do 50 kg u jednoj ili više dubina i u različitim veličinama. Sustav MLS je montiran na tračnicu sa dizalom, vodilicama i kontrolama (senzori). Sustav shuttle nudi veće brzine uskladištenja i iskladištenja u usporedbi s klasičnim AS/RS rješenjima. Vrlo prilagodljiv prema veličinama pojedinih prolaza i prema

potrebama kupca. Način rada MLS-a je vrlo sličan radu dizalica unutar prolaza. Razlika je u tome da korištenjem MLS-a možemo iskladištiti/uskladištiti više kutija. Razlog toga je da u regalu na istom mjestu gdje se nalazi jedna dizalica unutar prolaza nalazi više MLS-a, zbog toga možemo izvršiti više operacija u isto vrijeme.

Tehničke karakteristike su: [25]

- maksimalna nosivost: 2x55 kg
- maksimalna visina: 5,5 m
- brzina podizanja 0,8 m / s
- ubrzanje dizanja 2,0 m / s²
- brzina vožnje 3,0 m / s
- ubrzanje vožnje 1,2 m / s²

Slika 11. Prikaz MLS-a [25]

Izvor energije kod vozila se vrši pomoću baterija ili električnih vodova koji su ugrađeni duž tračnica u svakoj razini regala. O vrsti tereta (težini) ovisi koja će se izvedba najviše koristiti. Tako se pri skladištenju paleta, zbog veće energetske potrošnje, koriste regalna vozila koja se uglavnom napajaju pomoću vodova koji su instalirani kroz prolaze, dok se za skladištenje malih spremnika do 50 kg koristi energija iz baterija. Baterije se nakon određenog vremena trebaju puniti što stvara problem i to uzrokuje vrijeme u kojemu vozilo nije u funkciji te se na taj način

smanjuje produktivnost i učinkovitost vozila. Bitno je za naglasiti da se postepeno izbacuju metode zamjene baterije i razvijaju metode punjenja iz razloga što se razvojem baterija znatno skraćuje vrijeme njihovog punjenja. Punjenje baterija se obavlja na stanicama za punjenje koje je potrebno pravilno pozicionirati kako bi se omogućio nesmetan rad. Komunikacijska veza, tj. upravljački i informacijski signali, se ostvaruje bežičnim putem, dakle pomoću WLAN-a ili Bluetootha [26].

3.2. Automatizirana podna vozila

Američka firma „Barrett Vehicle Systems“ je 1953. godine proizvela prvo vučno vozilo sa prikolicom koje je bilo navođeno žicom koja se nalazila iznad vozila za razliku od većine dotadašnjih vozila koja su bila vođena tračnicama.

Nizozemska tvrtka „Egemin Automation“ 1976. godine počela je na razvoju automatskog sustava za kontrolu vozila bez vozača. 80-ih godina prošlog stoljeća počeli su se razvijati bežični sustavi navođenja gdje je primjer takvog sustava navođenje laserom. Radikalan razvoj izvora energije, razvoj računalnih i IT (eng. Information Technology - IT) tehnologija pridonio je velikom razvoju automatiziranih podnih vozila. [27]

Slika 12. Prvo AGV vozilo [9]

Automatizirana podna vozila dijelimo na: sustave automatski vođenih vozila AGV (eng. automated guided vehicles), te na autonomne mobilne robote AMR (eng. Automated mobile robot)

3.2.1. Automatski vođena vozila (AGV)

Možemo reći da je AGV vozilo bez vozača, računalno upravljano s vlastitim pogonom, najčešće na električni pogon s baterijama te uređajima za prekrcaj, namijenjeno transportu materijala. Sve se češće koriste za potrebe skladišta i prijevoza materijala u skladištima i proizvodnim pogonima. AGV sustavi omogućuju veliko povećanje produktivnosti, automatizacije i fleksibilnosti kao dokaz njihove fleksibilnosti je njihova nosivost koja se kreće od vrlo malih masa oko 1 kilograma pa do vrlo velikih masa od preko 100 tona. [28]

Postoje razne vrste AGV vozila sa raznim karakteristikama što omogućava njihovu široku primjenu. AGV vozila možemo podijeliti na:

Vučna vozila - najstariji tip AGV vozila. Mogu vući više prikolica/vagona pa im se kapacitet kreće od 4 do 25 tona. Obično imaju primjenu u transportu velikih količina tereta na veće udaljenosti, između pogona, iz/u skladišta u pogon. Mogućnost utovara i istovara tereta na više mjesta unutar rute.

Paletna vozila - služe za transport paletiziranog materijala (zahvat s poda, pa možemo reći da su to automatizirani niskopodizni paletni viličari).

Vozila jediničnih tereta - su vozila opremljena platformama koje omogućuju transport jediničnih tereta ali često i automatski pretovar. Primjenjuju se kod transporta na kraće udaljenosti visokim protokom, a zbog sposobnosti automatskog povezivanja s konvejerima, radnim stanicama i automatiziranim skladišnim sustavima često su uključuju u automatizirani proizvodni ili skladišni sustav.

Viličari - najnoviji tip AGV vozila, s mogućnošću transporta i pretovara paletiziranih jediničnih tereta osim na razini poda i na višim razinama i u regale. Primjenjuju se u sustavima kod kojih se zahtijeva automatski utovar i istovar, a razina pretovara varira.

Vozila specijalne namjene – namijenjeni su za terete izrazito nepravilna oblika ili velike težine, AGV vozila za montažu.

Za izbjegavanje sudara, fiksnih i trenutnih prepreka u svom kretanju s obzirom na to da su AGV vozila bez vozača, odnosno njima se upravlja računalom, zadužena je funkcija vođenja AGV vozila. Vođenje AGV vozila može biti fiksnim putevima ili vođenje slobodnim putevima. Za uspješno vođenje vozila bitna je regulacija i navigacija. Regulacija podrazumijeva ispravljanje orijentacije i pozicije vozila, dok navigacija podrazumijeva određivanje pozicije i orijentacije vozila. [9] Kod vođenja sa slobodnim putevima vozilo prati nevidljivu definiranu stazu. U ovim metodama navigaciju vozila obavlja programska podrška. Načina vođenja slobodnim putevima su lasersko vođenje i žiroskopsko vođenje. Kod fiksnih puteva putanje su neprekidne i fiksne, ali se u nekim situacijama mogu mijenjati, te su jasno i jednoznačno naznačene na podu. Vođenje fiksnim putevima dijeli se na mehaničko vođenje, indukcijsko vođenje (vođenje žicom) i optičko vođenje (vođenje trakom). [27]

Primjenom AGV vozila povećana je razina sigurnosti ljudi i smanjen je ljudski napor i broj nesreća, smanjene su zalihe i učestalost oštećenja robe, smanjena je cijena i trajanje radnih ciklusa čime je povećan protok. Premda, AGV vozila imaju i svoje nedostatke, a to su: visoka cijena vozila i implementacije sustava, ograničena mobilnost u odnosu na ljude, postojanje mogućnosti nestanka struje i pada sustava s čime staje rad i dolazi do zastoja, nekompatibilnost vozila različitih proizvođača, povećani zahtjevi za održavanjem [27]. Primjena AGV viličara pojavila se u procesima skladištenja i iskladištenja jediničnih tereta u području zone skladištenja. Na slici su ilustrirani neki od primjena AGV sustava u skladištima, čime se zapravo ostvaruje automatizacija nekog dijela skladišnog procesa.

Upotreba AGV-a za skladištenje rezervnih dijelova (primjer iz autoindustrije)

AGV u skladištu papira

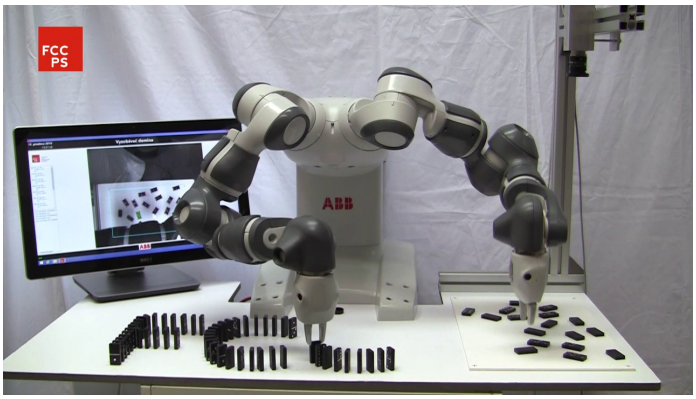
AGV vozila u distribucijskim centrima

Slika 13: Primjena AGV viličara u procesima skladištenja [9]

3.2.2. Autonomni mobilni roboti (AMR)

Autonomni mobilni roboti (AMR) su jedno od najnovijih i najinovativnijih automatiziranih rješenja na tržištu. To su samoupravljajući uređaji koji dolaze u raznim oblicima, s različitim funkcijama i mogućnostima. Autonomni mobilni roboti postaju sve složeniji, napredovali su od tehnologije koja je zahtijevala mehanizme usmjeravanja (poput vodiča, magnetske vrpce i drugih navigacijskih oznaka) do toga da mogu samostalno skenirati objekt, izbjegavati prepreke na koje nailaze i zaobilaziti djelatnike uz pomoć kombinacije lasera, skenera, 3D kamera i audio-vizualnih indikatora upozorenja. Mogu identificirati gdje se nalaze stvari u skladištu, izračunati najučinkovitiji put za prikupljanje i odlaganje te se vratiti na stanice za punjenje kad su im baterije skoro prazne. AMR se razlikuju od AGV po stupnju autonomije, samostalniji su i neovisniji. Ti roboti su stvoreni za suočavanje sa najspecifičnijim izazovima u tipičnom industrijskom okruženju. Neki AMR roboti su dizajnirani na način da im je potrebno malo ljudskog prisustva, dok su drugi dizajnirani kao pomoćni roboti namijenjeni zajedničkim operacijama s ljudima.

Kolaborativni robot ili suradnički robot (eng. Collaborative robots) predstavljaju robote novije generacije koji su fleksibilniji i lako se programiraju. Mogu biti mobilni roboti ili fiksne robotske ruke. Njihova značajka je sposobnost izbjegavanja neželjenih sudara i prepoznavanja okoline, rade u neposrednoj blizini ili izravnoj suradnji s ljudima. Zahvaljujući naprednoj mobilnosti robotike, senzorima, umjetnoj inteligenciji, pomoćni roboti ne predstavljaju rizik za ljudske djelatnike i mogu sigurno obavljati radne zadatke u skladištu. Ideja takvih robota se temelji da roboti nisu samo mehanički objekti koji pružaju ponavljajuće radnje, već da mogu „učiti“ i „razmišljati“ i djelovati zajedno s ljudima u pravom smislu.



Slika 14: Prikaz kolaborativnog robota [33]

Autonomni roboti za inventure (eng. Autonomous Inventory Robots) su AMR-ovi koji mogu pojednostaviti upravljanje zalihama skladišta. Ručno prebrojavanje je nezgodno do te mjere da se ovi projekti često odgađaju i izvode mnogo rjeđe nego što bi trebali. Zato autonomni roboti za inventure mogu potencijalno obavljati preglede zaliha koristeći proizvode označene RFID-om svakih nekoliko sati kako bi upraviteljima lanaca opskrbe osigurali ažuriranje podataka u stvarnom vremenu za razliku od tradicionalnog ručnog prebrojavanja inventara.

Slika 15: Prikaz autonomnog robota za inventuru [34]

Isto tako postoje i bespilotna autonomna vozila ili tzv. dron u osnovi su bespilotne letjelice opremljene za djelovanje u skladištu. Kada su opremljeni RFID tehnologijom pružaju složenije i detaljnije prikaze skladišnog stanja i sinkroniziraju ga sa sustavima upravljanja zalihama putem web aplikacija. U sprječavanju sudara s drugim dronovima, djelatnicima ili predmetima u skladištu pomaže kombinacija dvosmjernih senzora i navigacijskih algoritama [29].

Slika 16: Prikaz bespilotnog autonomnog vozila [35]

Robotski sistem paletizacije (eng. Palletizing systems) odnosi se na korištenje robotske ruke za slaganje i istovar robe sa ili na paletu potpuno automatski. Primjenjuju se u mnogim industrijskim granama od proizvodnje i skladištenja do otpreme. Proizvode se u velikom rasponu kapaciteta i korisne nosivosti. Fleksibilnost različitih vrsta paletizacije robota omogućuju razni

tipovi alata na kraju ruke. Alati za prihvat materijala mogu biti usisne i magnetne hvataljke koje obično obrađuju predmete hvatajući ih sa vrha, dok hvataljke za vreće obuhvaćaju predmet i podupiru ga sa dna.

Slika 17: Robotski sistem paletizacije [36]

4. Primjer automatizacije distribucijskog centra tvrtke Walmart

4.1. O Walmart-u

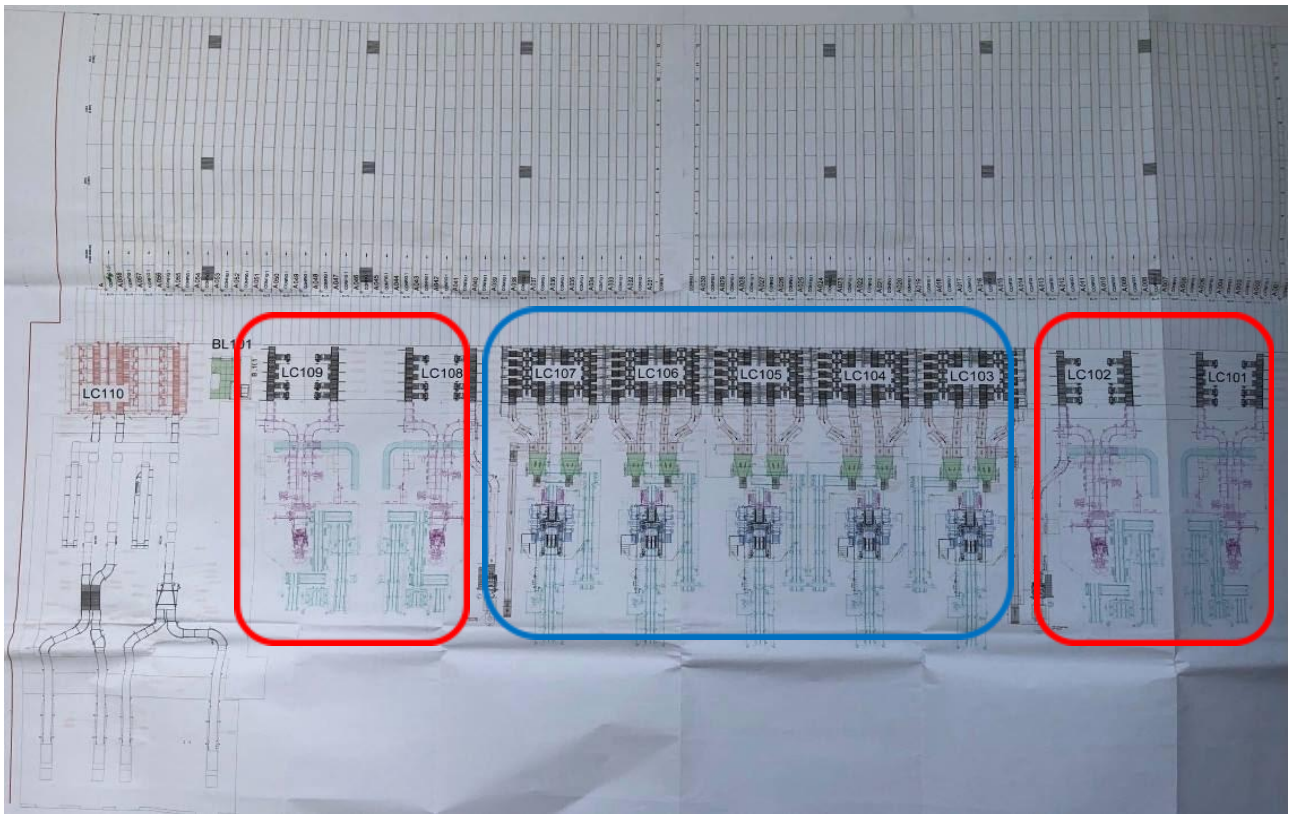
Walmart je američka multinacionalna maloprodajna tvrtka koja upravlja lancem hipermarketa iz Sjedinjenih Država sa sjedištem u Bentonville-u u državi Arkansas. Tvrtku je osnovao Sam Walton 1962. godine koja danas ima oko 10 500 trgovina u 24 zemlje, koji posluju pod 48 različitih naziva. Njezino poslovanje i podružnice su u Kanadi, Velikoj Britaniji, Srednjoj Americi, Južnoj Americi i Kini ali pothvati su propali u Njemačkoj, Japanu i Južnoj Koreji. Tvrtka je najveći privatni poslodavac na svijetu s 2,3 milijuna zaposlenih širom svijeta. Walmart ima više od 150 distribucijskih centara. Svaki distributivni centar velik je oko 93 000 m^2 i zapošljava više od 600 djelatnika koji istovaruju i otpremaju preko 200 prikolica dnevno. Svaki distribucijski centar podržava 90 do 100 trgovina u radijusu od 200 kilometara. Tvrtka ima jednu od najvećih distribucija na svijetu koja opslužuje trgovine i izravnu dostavu kupcima. Vozni park sastoji se od 6100 traktora, 61000 prikolica i više od 7800 vozača. Mreža distribucijskog centra potrošačima svakodnevno isporučuje raznoliku robu od prehrambenih artikala, odjeće, tehnike, alata, namještaja, svaki supermarket ima svoju ljekarnu dok veći supermarketi imaju čak i svoje vulkanizerstvo. [30]

Slika 18: Prikaz trgovine Walmart [31]

4.2. Prikaz odabranog distribucijskog centra i opis automatiziranog skladišnog procesa

U ovome poglavlju predstavit će se jedan od distribucijskih centara tvrtke Walmart koji se nalazi na Floridi, Tampa. Veličina distribucijskog centra je 600 000 m^2, izgrađen je 1992. godine. Na samom početku koristili su se klasičnim regalnim sustavom sa viličarima unutar prolaza sve do 2019. godine kada su jedan dio skladišta automatizirani. Automatizirani dio je veličine 25 000 m^2 na kojem se nalaze regali visine 13 m, dužine 200 m i širine 125 m sa 130 dizalica i 450 shuttle- ova. Specifično je da se između dizalica i regala nalazi prolaz (transfer table) kroz koji se kreću shuttle-ovi indukcijskim vođenjem od regala do dizalice i obrnuto, a u regalima se kreću tračno. Zbog tog prolaza (transfer table) koji djeluje kao raskrižje mogu shuttle-ovi, što se tiče ovog primjera, u bilo koji od 58 prolaza, također imaju mogućnost da se gibaju po visini regala što im omogućuje shuttle lift. Regali maksimalno primaju 1 200 000 kutija što ovisi o veličini kutije. Minimalna veličina kutije u tom sustavu je 15 x 12 x 5 cm, minimalna težina 0,5 kg, te maksimalna veličina 91x 61 x 40 cm i maksimalna težina 30 kg.

Sistem se sastoji od 4 ulazne linije (na slici 14. su označene crvenom bojom) i 5 izlaznih linija (na slici 14. su označene plavom bojom). Jedna ulazna linija prima 1 900 kutija različitih veličina. Sistem radi 24 sata na dan to znači da može komisionirati 182 400 kutija dnevno. Dok kod jedne izlazne linije izlazi 1 800 kutija što znači 216 000 kutija dnevno.

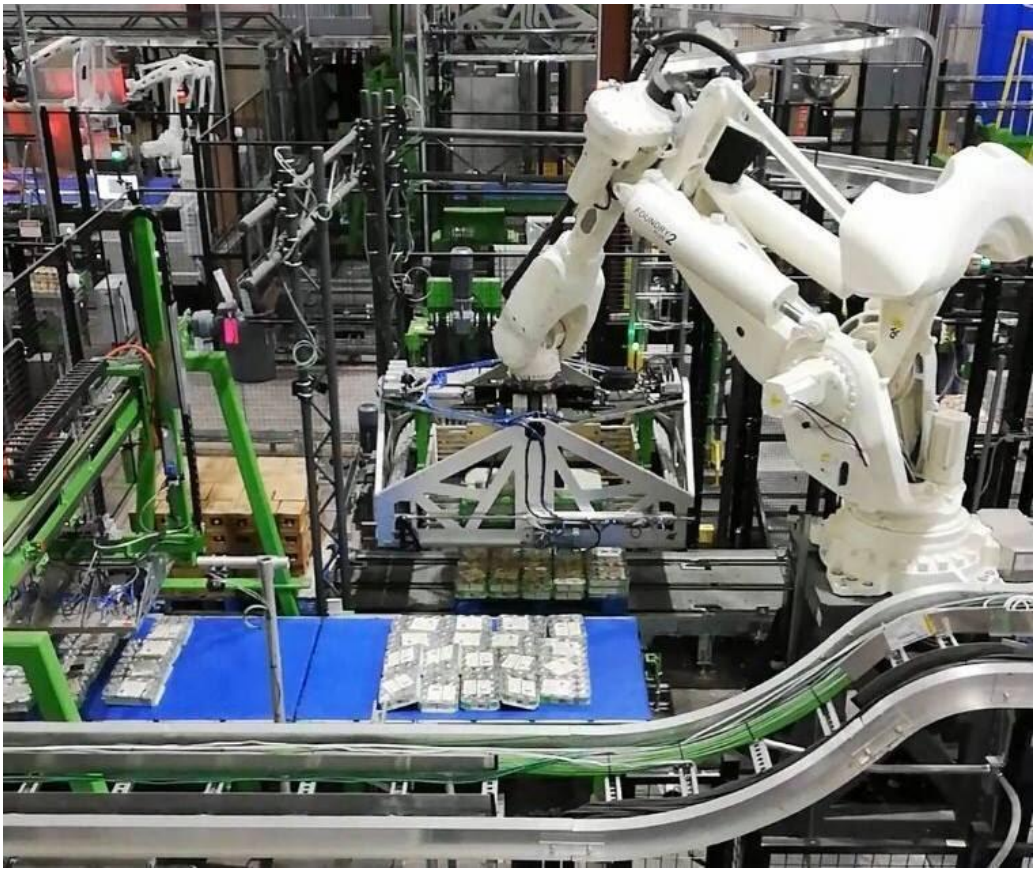


Slika 19: Prikaz automatiziranog skladišnog dijela tvrtke Walmart (ulazne linije – crveno, izlazne linije - plavo)

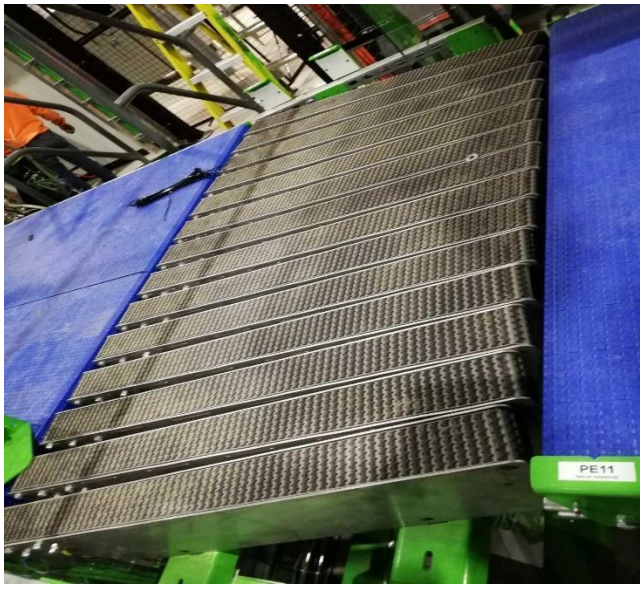
Kod komisioniranja čovjek ima jako mail zadatak, a to je da sa viličarem preuzme paletiziranu robu iz kamiona i stavi na paletni sistem ulazne linije i sa izlazne linije izuzima naručenu robu u paletiziranom obliku i stavlja na kamion.

4.2.1. Ulaz robe

Ulazna roba na paletama je jednake vrste. Paletizirana roba koja se nalazi na ulaznoj liniji putuje do depaletizera (eng.depalletizer) sa brzinom 15 m/min i za to vrijeme je već skenirana, izvagana i izmjerena. Zatim depaletizer izuzima slojeve paletizirane robe i stavlja ih na razdvajač ili spliter (eng. splitter)



Slika 20: Prikaz depaletizatora

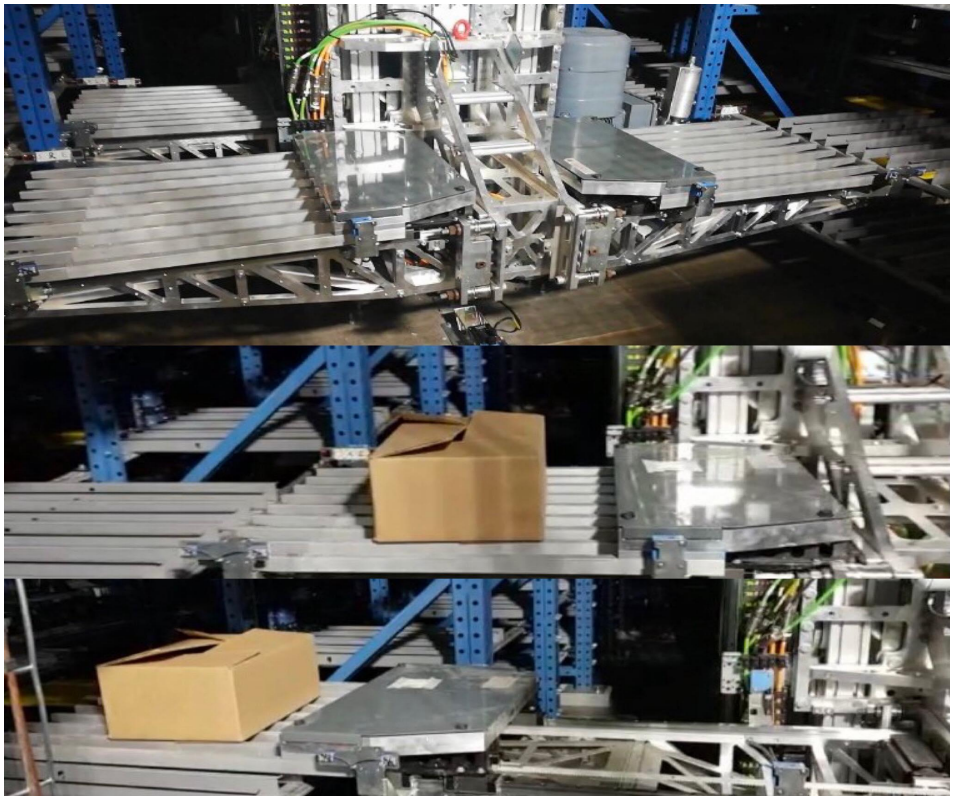


Slika 21: Prikaz splittera

Uloga splitera je međusobno razdvajanje kutija. Nadalje ih robot (tzv. sorter) sortira i pravilno okreće da bi se kutije mogle posljednji puta prije ulaska u regal pojedinačno skenirati, izmjeriti i izvagati te dalje po liniji pravilno kretati. U slučaju da ne zadovoljava uvjete visine, širine i težine kutija ne putuje u regal nego ide na posebnu izlaznu liniju gdje se ručno pregledava.

Slika 22: Prikaz robota sortera

Dalje kutije putuju po tekućoj traci sa brzinom od 30 m/min do dizalica koje već imaju informaciju od servera na koju visinu se roba mora skladištiti. Dizalica se giba brzinom od 3 m/s što nije puno zbog njene specifične ruke (tzv. LHD) koja je dizajnirana na takav način da može raditi sa kutijama različitih veličina. Kada dizalica odloži robu na određenu visinu tamo već čeka shuttle koji se istovremeno čekajući puni. Shuttle preuzima robu i skladišti robu prema potrebi narudžbe ako je u pitanju roba koja dnevno izlazi skladišti se bliže izlazne linije. Tim načinom se skraćuje vrijeme komisioniranja i smanjuju troškovi.



Slika 23: Prikaz dizalice i specifične ruke (tzv. LDH) sa lijeve i desne strane

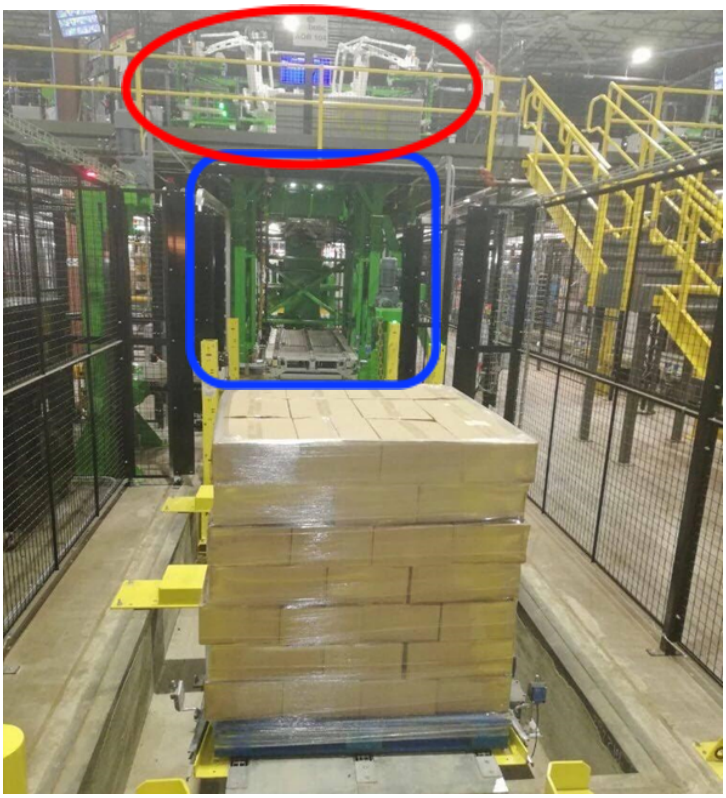
Slika 24: Prikaz shuttle-a. Gornja slika prikazuje preuzimanje robe, a istovremeno i punjenje

4.2.2. Izlaz robe

Kad stigne narudžba online server šalje podatke sistemu i shuttle-ovi počinju prikupljati robu. Maksimalna brzina kretanja shuttle-a je 40 km/h. Zbog njegove velike brzine kretanja shuttle ima dvije dodatne ruke sa kojima učvrsti kutiju. Ulaskom shuttle-a u regal giba se tračnim načinom. Na tračnicama se nalaze rupice koje shuttle prepoznaje sa indikatorom željeza i time zna na kojoj se poziciji nalazi, gdje pokupiti ili odložiti robu. Kad pokupi robu kreće prema izlaznim dizalicama kroz tzv. transfer desk i ide po unaprijed odabranom najkraćem putu koji je određen od strane sustava. Sustav preračunava u trenutku kad mu dođe narudžba točno koji shuttle će pokupiti određenu robu, zbog najkraćeg puta s ciljem uštede vremena, energije baterije i povećanja učinkovitosti.

Slika 25: Prikaz tzv. transfer desk-a

Kad dizalica pokupi robu ide na visinu od 4 m gdje robu odloži na izlazne linije. Razlog zbog kojeg dizalica sa robom putuje na tu visinu je što roba izlazi u paletiziranom obliku gdje ju spuštajući iz te visine stroj za omatanje paleta (eng. wrapper machine) dodatno umotava u foliju. Prikazano na slici 26.



Slika 26: Prikaz Spuštanja izlazne palete kroz omatalicu

Slika 27: Prikaz omatalice [37]

Prije omatanja kutije su složene precizno i sistematično na paletu jer roba na paleti koja izlazi je različitih vrsta i dimenzija. Ponovno je svaki artikl prije izlaska posebno skeniran zbog evidencije zaliha i etiketiran od strane distributera u ovom primjeru Walmarta. Nadalje, paletizirana roba putuje do točke preuzimanja gdje ju viličar pokupi i stavlja na kamion.

Slika 28: Prikaz robota koji slaže izlaznu robu na paletu.

5. Zaključak

Zbog rasta populacije i konstantnog rasta gospodarstva, uz razvoj interneta koji je unaprijedio mobilnost ljudi i dostupnost proizvoda je došlo do veće potražnje za logističkim uslugama, radnom snagom, poslovnim prostorima, količinama otpremljenih narudžbi, razvojem tehnologije i mehanizacije gdje su njihovim uvođenjem bitno olakšani i ubrzani poslovi manipulacije što je postavilo osnovu za automatizaciju logističkih operacija. Automatizacija nam omogućava jednostavnije, lakše i brže izvođenje, nadzora nad procesom, lakše otkrivanje pogrešaka ili nedostataka u procesu, povećanje produktivnosti te bolje poslovanje i pružanje kvalitetne usluge. Automatizirani sustav je prilagodljiv raznolikoj vrsti robe. Od paletiziranih skladišnih jedinica pa do sitnih dijelova/proizvoda koji se skladište u kutijama, različitim posudama ili ladicama. Svi podaci o količini i vrsti uskladištene/iskladištene robe koji se prikupljaju tijekom rada sustava pohranjuju se u bazu podataka gdje se u bilo kojem trenutku može provjeriti količina i lokacija proizvoda na zalihama. Iz tog razloga se automatizacija sve više uvodi u skladišta gdje se može promatrati kroz primjenu automatiziranih skladišnih sustava (AS/RS), te kroz automatizaciju transporta materijala u skladištu primjenom automatiziranih vozila (AGV) i autonomnih mobilnih robota (AMR). Autonomni mobilni roboti postaju sve složeniji, napredovali su od tehnologije koja je zahtijevala mehanizme usmjeravanja do toga da mogu samostalno skenirati objekt, izbjegavati prepreke na koje nailaze i zaobilaziti djelatnike, mogu identificirati gdje se nalaze stvari u skladištu, izračunati najučinkovitiji put za prikupljanje i odlaganje te se vratiti na stanice za punjenje kad su im baterije skoro prazne. Predstavljaju jedno od najnovijih i najinovativnijih automatiziranih rješenja na tržištu. Budućnost robotizacije skladišnih operacija nije upitna. Ukoliko tvrtke žele ostati konkurentne u poslovanju morat će primijeniti sljedeći stupanj automatizacije, a to je robotizacija skladišnog procesa.

Predviđa se da će se učinkovitost i inteligencija robota povećati usporedno s tehnološkim razvojem, što znači da će roboti moći obavljati složenije zadatke, uz manje potrebnog nadzora i održavanja te će se lakše integrirati s djelatnicima. Možemo reći da robotika čini značajan dio budućnosti opskrbnog lanca.

U radu je opisan automatizirani skladišni sustav tvrtke Walmart koji se pokazao vrlo učinkovitim te su ga primijenili u više skladišta.

Literatura

[1] Segetlija, Z.: Distribucija, Ekonomski Fakultet, Osijek, 2006.

[2] K.Rogić: Transport i distribucija; Gospodarska logistika IV: Sveučilište u Varaždinu, Zagreb, (prezentacija)

[3] Ivaković, Č.; Stanković, R.; Šafran, M.: Špedicija i logistički procesi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010, op.cit., str. 254.

[4] K.Rogić: Logističko-distribucijski centri; Gospodarska logistika IV: Veleučilište u Varaždinu, Zagreb, 2011. (prezentacija)

[5] Renko S, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Predavanja iz kolegija „Poslovna logistika“, 2014.g.

[6] Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008.g.

[7] J.A. Tompkins et al.: Facilities Planning – Second edition, J. Wiley and Sons, New York 1996.g.

[8] Oluić, Ć. Skladištenje u industriji – Rukovanje materijalom, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1997.g.

[9] Đukić G.,Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Predavanja iz kolegija „Posebna poglavlja tehničke logistike“,, 2017.g.

[10] Davich Thomas “ Material Handling Solutions: A look into Automated Robotics”, University of Wisconsin-Madison, 2010.g.

[11] Lahmar Maher, „Facility Logistics; Approaches and Solutions to Next Generation Challenges“, 2008.g.

[12] Ten Hompel, M., Schmidt, T.: Warehouse management, Automation and organisation of Warehouse and order picking systems, Springer, Berlin, 2007. KNJIGA

[13] https://www.ijitee.org/attachments/File/v1i5/E0282091512.pdf (26.2.2021.)

[13]http://nhomdinhhinh.org/wp-content/uploads/2019/06/Nachi-Palletizing-Robotic-Cell.jpg (26.2.2021.)

[14] https://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/unit_load (26.2.2021.)

[15] https://www.fsb.unizg.hr/index.php?fsbonline (26.2.2021.)

[16]https://www.mromagazine.com/2012/03/26/automated-storage-and-retrieval-systems-aisle-changing-cranes-streamline-high-bay-operation/ (23.2.2021.)

[17] https://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/mini_load (28.2.2021.)

[18]https://trans.info/de/see-what-benefits-a-container-warehouse-can-bring-logistics-4-0-in-practice-139124

[19] http://www.ignou.ac.in/upload/Unit4-55.pdf

[20] Đukić G., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Predavanja iz kolegija „Tehnička logistika“, 2013.g.

[21] Đukić, G.: Predavanja iz kolegija „Tehnička i Gospodarska logistika 2“ i dopunska Literatura iz Tehničke i Gospodarske logistike, Sveučilište Sjever“

[22] G. Marchet, M. Melacini, S. Perotti i E. Tappia, »Development of a framework for the design of autonomous vehicle storage and retrieval systems,« International Journal of Production Research, 2013.

[23] Magdić, Nikolina. Usporedba protoka automatiziranih skladišnih sustava za male dijelove s dizalicama i s regalnim vozilima. Završni rad. Zagreb, 2019.g.

[24] Epp, M., Performance evaluation of shuttle-based storage and retrieval systems using discrete-time queueing network models, Doktorski rad: Karlsruher Institut für Technologie, 2017.g.

[25]https://www.gebhardt-foerdertechnik.de/en/products/warehouse-technology/shuttle-systems/totes-and-cartons-storebiter-300-ols/

[26] Dujman, Josip. Simulacijski model automatiziranog skladišnog sustava s regalnim vozilima-Diplomski rad. Zagreb, 2018.g.

[27] Galović, Jurica. Sustavi automatski vođenih vozila – Završni rad. Zagreb, 2015.g.

[28] Goran, Đukić. Tehnička logistika - Predavanja. FSB. Zagreb, 2014.g.

[29] https://www.spica.hr/blog/povratak-na-osnove-robotike-u-supply-chain-managementu-i-skladistima (25.5.2021.)

[30] https://corporate.walmart.com/ (9.6.2021.)

[31]https://www.google.com/search?q=walmart&rlz=1C1AVFC_enHR877HR877&sxsrf=ALeKk03lQDP5wJA0NVZ9llcxevV1XF9CIQ:1623571687201&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiE-brtk5TxAhUQ2qQKHdj2CNAQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=657#imgrc=0JBuDtVCRncsqM (9.6.2021.)

[32] https://www.smartwasp.com/fully-automatic-pallet-wrappin/ring-type-wrapping-machine-180.html (11.6.2021.)

[33] https://theworldnews.net/tz-news/yumi-roboti-lenye-uwezo-wa-kupaka-rangi-magari-kuunda-viatu

[34]https://www.engineering.com/story/automate-inventory-management-with-mobile-robots (25.8.2021.)

[35] https://www.arcus-universe.com/warehouse-management-using-drones-and-erp/ (25.8.2021.)

[36] https://icrservices.com/robot-services/robotic-integration/palletizing-robotic-cells/ (25.8.2021.)

[37]https://www.smartwasp.com/fully-automatic-pallet-wrappin/ring-type-wrapping-machine-180.html (11.6.2021.)

Popis slika

Slika 1. Prikaz visokoregalnog automatiziranog sustava sa pripadajućim komponentama

Slika 2. Prikaz automatizirane visokoregalne (unit load) S/R dizalice

Slika 3. Prikaz utovarno/istovarne stanice

Slika 4. Mini load AS/RS

Slika 5. Person on board AS/RS sustav

Slika 6. Horizontalni okretni regal

Slika 7. Vertikalni karusel

Slika 8. Vertikalni podizni modul

Slika 9: Skica SBS/RS sustava

Slika 10. Prikaz OLS-a

Slika 11. Prikaz MLS-a

Slika 12. Prvo AGV vozilo

Slika 13: Primjena AGV viličara u procesima skladištenja

Slika 14: Prikaz kolaborativnog robota

Slika 15: Prikaz autonomnog robota za inventuru

Slika 16: Prikaz bespilotnog autonomnog vozila

Slika 17: Robotski sistem paletizacije

Slika 18: Prikaz trgovine Walmart

Slika 19: Prikaz automatiziranog skladišnog dijela tvrtke Walmart

Slika 20: Prikaz depaletizera

Slika 21: Prikaz splitter-a

Slika 22: Prikaz robota sortera

Slika:23:Prikaz dizalice i specifične ruke

Slika 24: Prikaz shuttle-a.

Slika 25: Prikaz tzv. transfer desk-a

Slika 26: Prikaz Spuštanja izlazne palete kroz omatalicu

Slika 27: Prikaz omatalice

Slika 28: Prikaz robota koji slaže izlaznu robu na paletu