

# Automatizirana skladišta s regalnim vozilima

---

**Peharda, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:403242>

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

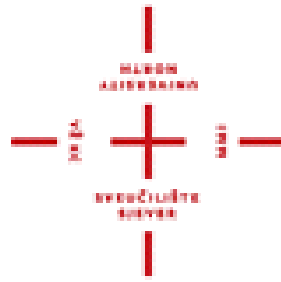
*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-25**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

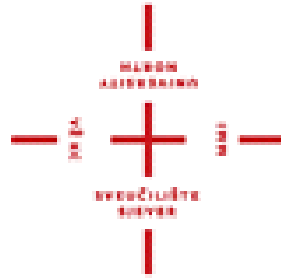
**Završni rad br. 433/TGL/2019**

# **Automatizirana skladišta s regalnim vozilima**

**Ana Peharda, 1707/336**

Varaždin, srpanj 2021. godine





**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel za tehničku i gospodarsku logistiku**

**Završni rad br. 433/TGL/2019**

# **Automatizirana skladišta s regalnim vozilima**

## **Student**

Ana Peharda, 1707/336

## **Mentor**

Goran Đukić, prof.dr.sc.

Varaždin, srpanj 2021. godine

## Prijava završnog rada

### Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|             |   |              |                         |
|-------------|---|--------------|-------------------------|
| ODJEL       | Odjel za logistiku i održivu mobilnost                        |              |                         |
| STUDIJ      | preddiplomski stručni studij Tehnička i gospodarska logistika |              |                         |
| PAJSTUPNIK  | Ana Peharda   | MATIČNI BROJ |                         |
| DATUM       | 21.08.2019.   | KOLEGIJ      | Gospodarska logistika 2 |
| NASLOV RADA | Automatizirana skladišta s regalnim vozilima                  |              |                         |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Shuttle-Based Storage/Retrieval Systems (SBS/RS) |
|-----------------------------|--|

|        |             |        |                   |
|--------|-------------|--------|-------------------|
| 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 | 433/TGL/2019 |
|------|--------------|

U novije vrijeme proizvođači automatiziranih skladišnih sustava predložili su mnoga inovativna rješenja. Jednu grupu takvih rješenja čine izvedbe s vozilima u području regala (eng. Shuttle Based Storage and Retrieval System, SBS/RS, odnosno Autonomous Vehicle Storage and Retrieval Systems, AVS/RS). U takvim sustavima vozila u kombinaciji s liftovima zamjenjuju automatske dizalice koje su bile neizostavni dio dosadašnjih izvedbi automatiziranih skladišnih sustava.

U radu je potrebno:

- Dati pregled povijesnog razvoja i stanja automatiziranih skladišnih sustava (AS/RS).
- Objasniti princip rada i osnovne komponente tipičnih izvedbi AS/RS-a.
- Temeljem pregleda literature i glavnih proizvođača napraviti prikaz novih, inovativnih izvedbi automatiziranih skladišnih sustava.
- Dati naglasak na prikazu izvedbi automatiziranih skladišnih sustava s regalnim vozilima – pregled proizvođača i njihovih rješenja.

ZADATAK USUČEN 01.07.2021.



*Stević*

# **PREDGOVOR**

Zahvaljujem svojem mentoru prof. dr. sc. Goranu Đukiću na pomoći i sugestijama tijekom izrade ovog završnog rada.

Zahvalu također upućujem svojim prijateljima i kolegama, osobito Jeleni, na pruženoj podršci, razumijevanju i vjeri.

I konačno najveća zahvala pripada mojim roditeljima i braći kao najvećim osloncima, bez kojih ovaj studij ne bi bio moguć.

## **SAŽETAK**

Ovaj rad se bavi automatiziranim skladišnim sustavom s regalnim vozilima. U prvom dijelu opisan je pojam logistike, objašnjeno je skladištenje i skladište te je prikazana podjela skladišta. U nastavku je dani pregled povijesnog razvoja i stanja automatiziranih skladišnih sustava te prednosti i nedostaci navedenog sustava. Objašnjen je princip rada i osnovne komponente tipičnih izvedbi AS/RS-a, napravljen je prikaz novih, inovativnih izvedbi navedenih sustava. Na kraju rada prezentirani su automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima te su objašnjena sama regalna vozila i dani je pregled primjera postojećih izvedbi skladišnih sustava s regalnim vozilima.

## **SUMMARY**

This paper deals with an automated storage systems with shuttles. The first part describes the concept of logistics, explains warehousing and shows the division of warehouses. The following is an overview of the historical development and condition of automated storage systems and the advantages and disadvantages of this system. The working principle and basic components of typical AS/RS versions are explained, and a presentation of new, innovative versions of the mentioned systems is made. At the end of the paper, automated storage systems with shuttles (shuttle based automated storage and retrieval system) are presented, the shuttles themselves are explained, and an overview of examples of existing versions of shuttle storage systems is given.

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....   | 1  |
| 2. LOGISTIKA I SKLADIŠTENJE.....   | 2  |
| 2.1. Pojam logistike.....  | 2  |
| 2.2. Skladištenje.....   | 2  |
| 2.3. Skladišta.....  | 2  |
| 2.4. Podjela skladišta.....  | 3  |
| 3. AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNI SUSTAVI.....                                     | 9  |
| 3.1. Povijest automatiziranih skladišnih sustava.....                        | 9  |
| 3.2. Prednosti i nedostaci automatiziranih skladišnih sustava.....           | 9  |
| 4. VRSTE I PODJELA AS/RS SUSTAVA.....  | 12 |
| 4.1. Automatizirani sustavi sa fiksnim prolazima.....                        | 12 |
| 4.1.1. Automatizirano visokoregalno skladište.....                           | 13 |
| 4.1.2. Automatizirano skladište za male artikle.....                         | 14 |
| 4.1.3. Poluautomatizirani skladišni sustavi.....                             | 15 |
| 4.2. Karuseli i vertikalni podizni moduli (VLM).....                         | 15 |
| 4.2.1. Horizontalni karuseli.....  | 16 |
| 4.2.2. Vertikalni karuseli.....  | 17 |
| 4.2.3. Vertikalni podizni moduli (VLM).....                                  | 18 |
| 4.3. Inovativne izvedbe automatiziranih skladišnih sustava.....              | 19 |
| 4.3.1. DAI sustav.....   | 19 |
| 4.3.2. DUOSYS sustav.....  | 20 |
| 4.3.3. Automatizirani skladišni sustav višestruke dubine.....                | 20 |
| 4.3.4. Sinkronizirani automatizirani skladišni sustav.....                   | 21 |
| 4.3.5. Aisle transfer cart (AFT).....  | 22 |
| 4.3.6. „Telescopic satellite“ skladišni sustav.....                          | 23 |
| 5. AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNI SUSTAV S REGALNIM VOZILIMA.....                  | 24 |
| 5.1. Povijest SBS/RS sustava.....  | 25 |
| 5.2. Klasifikacija SBS/RS-a.....   | 26 |
| 5.3. Struktura i dijelovi SBS/RS-a.....                                      | 29 |
| 5.4. Regalna vozila.....   | 31 |
| 5.5. Primjeri postojećih izvedbi skladišnih sustava s regalnim vozilima..... | 33 |



|                        |    |
|------------------------|----|
| 6. ZAKLJUČAK.....      | 36 |
| 7. LITERATURA .....    | 38 |
| 8. POPIS SLIKA.....    | 40 |
| 9. POPIS TABLICA ..... | 41 |

## Popis kratica:

| Kratica                  | značenje  |
|--------------------------|---|
| AS/AR                    | Automatizirani skladišni sustavi                                |
| F/A SRS                  | Automatizirani sustavi s fiksnim prolazima                      |
| SBS/RS                   | Automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima            |
| AS/RS                    | Automatizirano visokoregalno skladište                          |
| Mini load AS/RS          | Automatizirano skladište za manje artikle                       |
| Person-on-board<br>AS/RS | Poluautomatizirani skladišni sustavi                            |
| Micro-load AS/RS         | Sustav automatiziranog odlaganja i izuzimanja za male proizvode |
| VLM                      | Vertikalni podizni moduli                                       |
| DAI                      | Sustav automatiziranog skladištenja                             |
| Multiple deep AS/RS      | Automatizirani sustav višestruke dubine                         |
| AFT                      | Potpuno automatizirani sustav koji samostalno vrši skladištenje |

# 1. UVOD

Kao temu svog završnog rada odabrala sam automatizirani skladišni sustav s regalnim vozilima. Rad je orijentiran prema prikazu inovativnih sustava automatiziranog skladištenja, a posebna pažnja biti će posvećena sustavu s regalnim vozilima.

Prema Rogić (2018.) osnovna je ideja automatiziranih skladišnih sustava ubrzanje dviju skladišnih operacija koje imaju najveći utjecaj na ukupni učinak skladištenja, a to su pohrana robe i komisioniranje. [4]

Automatizirani skladišni sustavi nisu velika novost u logističkim krugovima, ali neke njihove izvedbe jesu pa će više o tim izvedbama biti riječ u ovom radu.

Obzirom na to da raste potražnja za automatiziranim skladišnim sustavima, njihovi proizvođači pronalaze nove i efikasnije načine za poboljšanje postojećih sustava. Zato nastaju razna inovativna rješenja.

Nadalje, automatizirani skladišni sustav s regalnim vozilima još je jedan od inovativnih sustava automatiziranog skladištenja, a budući da je namjera rada sustav pobliže prikazati i razraditi model te ga usporediti s već postojećim „starim“ sustavima, zadnje poglavlje bit će posvećeno jednom takvom konkretnom sustavu.

## **2. LOGISTIKA I SKLADIŠTENJE**

### **2.1. Pojam logistike**

Pojam logistika potječe iz grčke riječi „logistikos“, što znači biti vješt i iskusan u računanju, vođenju rata, u opskrbi vojske i vojnih formacija na terenu. Pod pojmom logistika podrazumijevamo upravljanje tokovima i pohranom materijala, odnosno sve aktivnosti koje uključuju premještanje sirovina, poluproizvoda, reprodukcijaskog materijala i gotovih proizvoda od prvog proizvođača do krajnjeg potrošača.

### **2.2. Skladištenje**

Skladištenje robe je jedna od najvažnijih aktivnosti kojima se bave logističari, te im ta aktivnost zadaje najviše problema i oduzima najviše vremena. Skladištenje robe odgovoran je posao jer nepravilnim skladištenjem može doći do upropaštavanja robe, povećanja troškova poslovanja, problema sa inspekcijama. Tijekom skladištenja može doći do gubitaka. Neki uzroci mogu biti u prirodi robe (lako topljiva ili hlapljiva roba, roba koja gubi vlagu), uvjetima skladištenja, neispravnom ili nesavjesnom manipuliranju robom. [4]

### **2.3. Skladišta**

Skladište je mjesto opremljeno i uređeno za privremeno i sigurno odlaganje, pohranjivanje, pripremu i izdavanje materijala ili robe. Skladišta mogu biti ograđena ili neograđena, pokrivena ili nepokrivena. Takvi prostori koriste se za čuvanje sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda, naprava ili alata. Služe za preuzimanje i otpremu robe ili dobara te čuvanje od raznih fizičkih, kemijskih i atmosferskih utjecaja. [13] Za poduzeće bi bilo idealno da nema skladište, no to je nemoguće ostvariti jer u svakom proizvodnom procesu roba u nekoj fazi miruje. Skladišta povećavaju ukupne troškove poslovanja što dovodi do zaključka da skladišna logistika ima veliku ekonomsku važnost u poduzeću. Zbog toga je optimizacija skladištenja (svi procesi koji su potrebni da bi se roba što ekonomičnije posložila

u skladištu i što brže isporučila krajnjim korisnicima) važan dio procesa skladištenja i oblikovanja skladišta.

## **2.4. Podjela skladišta**

Skladišta možemo podijeliti na više grupa, ovisno o raznim kriterijima podjele. U ovom radu prikazana je podjela na dvije grupe, a to su: prema načinu gradnje i prema načinu skladištenja.

### **Podjela prema načinu gradnje**

Postoje tri tipa skladišta: otvorena, zatvorena i natkrivena. U otvorenim skladištima se čuvaju materijali i roba koja je vrlo malo ili neosjetljiva na kemijske i atmosferske utjecaje. U zatvorenim skladištima se čuva roba osjetljiva na vremenske utjecaje. Natkrivena skladišta koriste se za robu kojoj je potrebno stalno provjetranje.

### **Podjela prema načinu skladištenja**

Podna skladišta su skladišta koja nemaju opremu za smještaj materijala nego se roba odlaže direktno na pod (slika 1). Podna skladišta imaju malu iskoristivost obujma skladišta zato se koristi naslagivanje jedinica skladištenja. Visina naslagivanja je do 5 metara, odnosno 3 do 6 nasložnih jedinica skladištenja. Potrebno je voditi računa o vremenu skladištenja materijala, kakvoći poda, stabilnosti jedinice skladištenja i transportnom sredstvu. Materijal se može odlagati gomilanjem ili nasipavanjem, slobodnim rasporedom i skladištenjem u redove ili blokove. Ako skladištimo manje količine robe većeg asortimana preporuča se skladištenje u redove, a za veće količine istovrsne robe preporuča se skladištenje u blokove. Nedostaci ovakvog tipa skladišta su poteškoće prilikom rukovanja materijalom i pokušaja automatizacije sustava te loša iskoristivost podnog i volumnog prostora. Prednosti prilikom gradnje podnog skladišta su niže investicije i jedinični troškovi. [1]



*Slika 1. Podno skladište za rasute terete*

Regalna skladištakoriste se prilikom skladištenja komadnog materijala (slika 2). Neke od prednosti takvih sustava su dobra organiziranost, visok stupanj automatizacije i upravljanja te sigurnost. Osnovna komponenta ovog skladišta su regali. Postoje različite izvedbe regala. [1]



*Slika 2. Regalno skladište*

Polični i paletni regali služe za odlaganje jedinice skladištenja poprečno ili uzdužno na policu. Kod paletnih regala materijal se odlaže uz primjenu paleta i pomoću transportnog sredstva viličara. Polični regali imaju široku primjenu kod skladištenja robe koja se odlaže ručno za različite namjene. Prednosti poličnih regala su jednostavna montaža te mogućnost različitih kombinacija pri skladištenju. (slika 3)



*Slika 3. Polični regali*

Konzolni regali služe za odlaganje materijala s jednom ili dvije karakteristične dimenzije poput šipki i limova (slika 4). Takvi regali mogu se postaviti u zatvorenim i otvorenim prostorima, a transportna sredstva su također viličari, viličari-granici ili granici.



*Slika 4. Konzolni regal*

Stupni ili prolazni regali koriste se za skladištenje većih količina istovrsnog materijala koji duže stoji na skladištu. Postoje regali s ulazom s jedne ili s obje strane (slika 5) (slika 6). Prednosti prolaznih regala su dobra iskoristivost površine i niska cijena izvedbe. Transportno sredstvo je viličar.



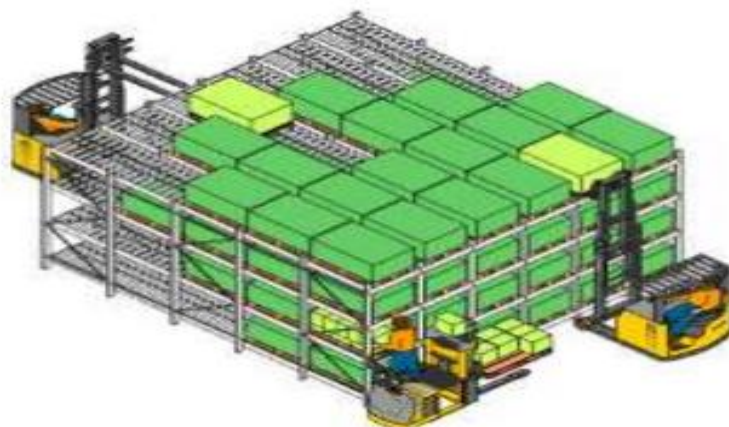
*Slika 5. Prolazni regal (ulaz s jedne strane)*





*Slika 6. Prolazni regal (ulaz s obje strane)*

Protočni regali koriste se za dinamičko skladištenje materijala koje se ostvaruje nosivom stazom regala (slika 7). Staza može biti bez pogona s kutom nagiba od 1 do 5%. U tom slučaju nazivaju se još i gravitacijski regali. Ako staza ima pogon, on može biti u obliku valjkaste, lančane ili trakaste pruge ili transportne platforme. Visine takvih regala su do 12 metara, a duljina do 20 metara.



*Slika 7. Protočni regal*

Pomični regali su izvedbe policičnih, paletnih ili konzolnih regala učvršćeni na pokretnom postolju (slika 8). Okretni regali služe za odlaganje materijala manjih dimenzija i težina na policama. Jednostavno se automatiziraju, materijal je zaštićen, a skladištenje sigurno.



*Slika 8. Pomični regali*

### 3. AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNI SUSTAVI

Automatizirani skladišni sustav je sustav za uskladištenje i iskladištenje (engl. Automated Storage and Retrieval System). [9] Najčešće citirana definicija glasi: „Automatski sustav za skladištenje i izuzimanje je kombinacija opreme i upravljanja koja rukuje, skladišti i izuzima materijale kada je potrebno, s preciznošću, točnošću i brzinom, s određenim stupnjem automatizacije. Sustavi se razlikuju od relativno jednostavnih, ručno kontroliranih komisijskih strojeva koji operiraju u malim skladišnim strukturama do jako velikih, računalom upravljanih sustava za skladištenje i izuzimanje potpuno integriranih u proizvodne i distribucijske procese.“ [14] Kada općenito govorimo o automatiziranom skladišnom sustavu, možemo reći da obuhvaća razne metode računalom upravljanog automatiziranog odlaganja i izuzimanja iz skladišnih lokacija. U užem smislu možemo reći da je to sustav regala u kojem svaki red ima svoju jedinicu za odlaganje koja se kreće vertikalno i horizontalno uzduž regala odlažući i izuzimajući terete. Često korištena kratica u literaturi, koja označava automatizirane skladišne sustave, je AS/AR prema engleskom nazivu *Automated Storage and Retrieval Systems*.

#### 3.1. Povijest automatiziranih skladišnih sustava

Prvi automatizirani skladišni sustavi pojavljuju se u šezdesetim godinama prošlog stoljeća (1962., DEMAG, Njemačka). Razlozi su bili jednostavni, veliko povećanje zaliha, potrebe za povećanom kontrolom zaliha te pronalaženje načina za učinkovito skladištenje uz minimizaciju troškova. To je rezultiralo postavljanjem velikog broja novih automatiziranih sustava u razvijenijem svijetu kao što je SAD, dok se na ovim prostorima pojavljuju mnogo godina kasnije. U 1980-im dolazi do trenda smanjenja zaliha u proizvodnji, pojave koncepta *Just in time* i manjih serija, što dovodi do naglog smanjenja broja postavljenih novih sustava. Dolazi i do odustajanja od projekata te deinstalacije sustava. Napredak i jeftiniji resursi, omogućili su razvoj različitih izvedbi automatiziranih skladišnih sustava koje danas nalazimo u ponudi i primjeni. Danas su automatizirana skladišta veoma popularna. Pojedine tvrtke ulažu velike količine novaca u nove sustave kako bi mogle konkurirati drugim tvrtkama. Proizvođači tih sustava ulažu puno rada i vremena kako ni poboljšali i razvili nove sustave. [1]

#### 3.2. Prednosti i nedostaci automatiziranih skladišnih sustava

Automatizacija odlaganja i izuzimanja u skladištima donosi određene prednosti, ali i nedostatke (tablica 1).

Prednosti automatiziranog skladišnog sustava su:

- povećana iskoristivost skladišnog prostora,
- povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha,
- smanjenje troškova ljudskog rada,
- povećanje sigurnosti na radu,
- povećana zaštita materijala,
- točnost operacija.

Računala i automatizirani uređaji zamjenjuju ljude, čime se smanjuju troškovi ljudskog rada. Ovakve izvedbe imaju uže prolaze, a nerijetko koriste visinu iznad klasičnih izvedbi, što dovodi do smanjenih troškova grijanja, hlađenja, rasvjete skladišta te smanjenih investicijskih troškova zemljišta. Primjena računala dovodi do veće točnosti operacija, manjeg oštećivanja opreme i robe, a eliminacijom ljudi iz procesa smanjuje se mogućnost nesreća i ozljeda na radu. [12]  
[11]

Nedostaci automatiziranog skladišnog sustava su:

- visoki investicijski troškovi,
- povećani zahtjevi održavanja,
- povećani zahtjevi za tolerancije,
- nefleksibilnost.

Automatizirani skladišni sustavi su skupi u odnosu na klasične, što rezultira visokim investicijskim troškovima. Tu su i povećani troškovi održavanja ovakvih sustava te manja fleksibilnost u odnosu na tradicionalne sustave. Fleksibilnost se odnosi na mogućnost adaptacije sustava kada se dogodi promjena u potrebnom skladišnom kapacitetu i protoku. [1]

| PREDNOSTI | NEDOSTACI |
|-----------|-----------|
|-----------|-----------|

|   |   |
|---|---|
| <b>1.Povećana iskoristivost skladišnog prostora</b> | <b>1.Visoki investicijski troškovi</b>    |
| <b>2.Povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha</b> | <b>2.Povećani zahtjevi održavanja</b>     |
| <b>3.Smanjenje troškova ljudskog rada</b>           | <b>3.Povećani zahtjevi za tolerancije</b> |
| <b>4.Povećanje sigurnosti na radu</b>               | <b>4.Nefleksibilnost</b>                  |
| <b>5.Povećana zaštita materijala</b>                |   |
| <b>6.Točnost operacija</b>                          |   |
|   |   |

*Tablica 1. Prednosti i nedostaci automatiziranih skladišnih sustava*

## 4. VRSTE I PODJELA AS/RS SUSTAVA

Pod AS/RS se ubrajaju slijedeće tehnologije:

- a) automatizirani sustavi s fiksnim prolazima (Fixed Aisle (F/A) Storage and Retrieval Systems, F/A SRS)
- b) karuseli i vertikalni podizni moduli
- c) automatizirani skladišni sustavi s regalni vozilima (Shuttle-based Storage and Retrieval Systems, SBS/RS)

Automatizirani sustavi s fiksnim prolazima (Fixed Aisle (F/A) Storage and Retrieval Systems, F/A SRS) dijele se na automatizirano visokoregalno skladište (unit-load AS/RS), automatizirano skladište za manje artikle (mini-load AS/RS, micro-load AS/RS) i poluautomatizirane skladišne sustave (person-on-board AS/RS). Karuseli i vertikalni podizni moduli dijele se na horizontalne karusele, vertikalne karusele i vertikalne podizne module.

Automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima tema su ovog rada, te je njihov prikaz dan u poglavlju 5. Postoje i neke atipične, inovativne izvedbe, stoga se u radu daje pregled i takvih izvedbi u poglavlju 4.

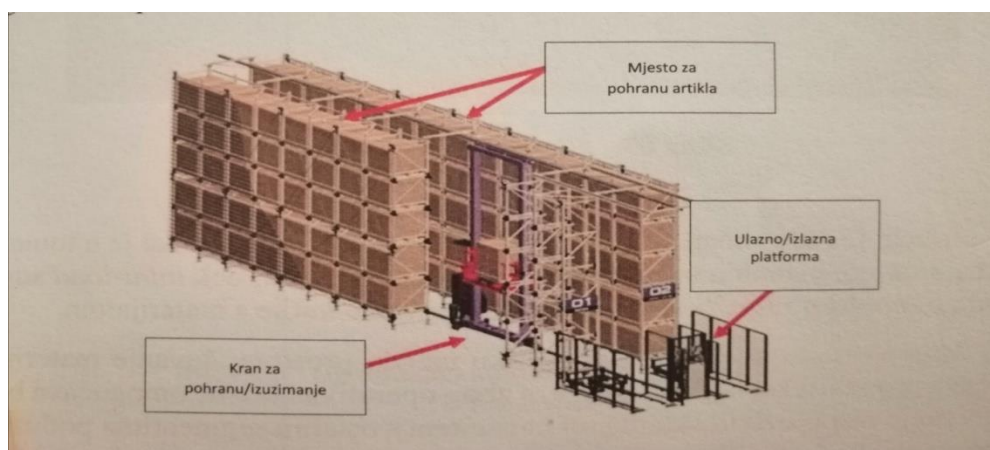
### 4.1. Automatizirani sustavi sa fiksnim prolazima

F/A SRS se sastoji od jednog ili više uskih, dugačkih prolaza između skladišnih regala u i iz kojih se računalom upravlja automatskim skladištenjem i izuzimanjem tereta. Funkcija skladištenja i izuzimanja u svakom prolazu može se ostvariti na različite načine od kojih je najčešći dizalicom, zato se ti sustavi još nazivaju automatizirani skladišni sustavi s dizalicama unutar prolaza. Drugi način je takozvanim regalnim vozilima gdje se takvi sustavi nazivaju automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima (SBS/RS) o kojima će biti riječ u petom poglavlju. Automatske dizalice se kreću horizontalno unutar prolaza te istovremeno podižu i spuštaju teret na određenu razinu regala obavljajući na taj način operacije uskladištenja i izuzimanja. Dizalica zamjenjuje operatere s viličarima, a svojom konstrukcijom i izvedbom omogućuje smanjenje širine prolaza te rukovanje materijalima na puno većim visinama. Time se postiže veća kompaktnost skladišne zone, to jest ušteda površine i bolja iskorištenost visine.

### 4.1.1 Automatizirano visokoregalno skladište

Unit-load AS/RS je naziv sustava za automatizirano visokoregalno skladište za teže ili veće terete (250-500 kg i više) koji su smješteni na paletama ili u drvenim, plastičnim ili metalnim sanducima paletnih dimenzija (slika 9). Značajka ovog sustava je da se sa svakim teretom mora rukovati pojedinačno. Pojednim vrstama artikala kao što su role papira, kolutovi limova, kolutovi kablova, može se rukovati i bez sredstava za oblikovanje jediničnoga tereta. Duljine prolaza su do 290 metara, a visine regala su 10 - 50 metara. [1] Prednosti ovog sustava u odnosu na konvencionalni način skladištenja su:

- ušteda na površini,
- točnost i kontrola materijala u skladištu,
- velike brzine skladištenja,
- povećana produktivnost,
- smanjenje štete,
- jednostavno rukovanje i održavanje,
- sigurnost zaposlenika.



Slika 9. Prikaz klasičnog automatiziranoga visokoregalnoga unit load AS/RS sustava

#### 4.1.2. Automatizirano skladište za male artikle

Mini-load AS/RS je vrsta sustava automatiziranog odlaganja i izuzimanja za male artikle namijenjeni pohrani i izuzimanju artikala koji su obično u malim spremnicima ili kutijama, najčešće mase između 50 i 250 kg (slika 10). Sustav automatiziranog odlaganja i izuzimanja za male proizvode (micro-load AS/RS) koristi se za proizvode u vrlo malim spremnicima s ukupnom težinom manjom od 50 kg. [1]

Princip rada sličan je sustavima za velika pakiranja. Razlika je što oni imaju okretnu stanicu koja skladišti, a mini-load sustav ima robotsku ruku ili ekstraktore koji povlače kutije s materijalom.

Prednosti mini-load sustava su sljedeće: omogućava veliku uštedu prostora, čuva materijal, povećava produktivnost i protok robe, omogućava bolje usklađivanje raspoloživih skladišnih kapaciteta s ostalim segmentima poduzeća, smanjuje operativne troškove, smanjuje mogućnost pogreške, jednostavno upravljanje sustavom.



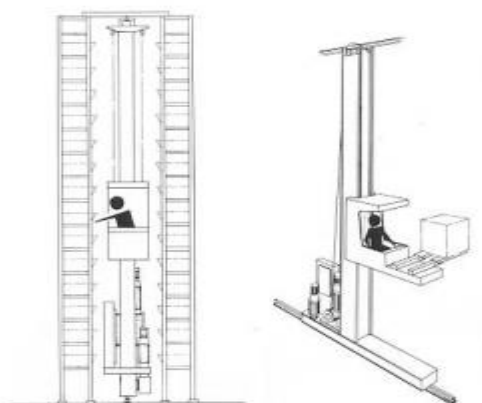
*Slika 10. Mini load AS/RS sustav*



### 4.1.3. Poluautomatizirani skladišni sustavi

Person-on-board AS/RS je poluautomatizirani sustav odlaganja i izuzimanja, s čovjekom na dizalici koja se kreće u prostoru između regala (slika 11). Skladištenje i izuzimanje artikala unutar prolaza obavlja se ručno, dok je kretanje među lokacijama automatizirano. Osnovna prednost ovog sustava je mogućnost komisioniranja artikala za količine koje su manje od paletnih jedinica.

Princip rada: računalo po nalogu upravlja kretanjem dizalice do paletne jedinice, čovjek izuzima količinu robe koji mu je prikazan na ekranu. Kad izuzme materijal, potvrđi obavljen radnju te ga dizalica odveze do sljedeće lokacije. Kada prikupi svu potrebnu robu za jednu narudžbu, vraća se na ulazno/izlazno mjesto.



Slika 11. Djelomično automatizirani AS/RS sustav

### 4.2. Karuseli i vertikalni podizni moduli (VLM)

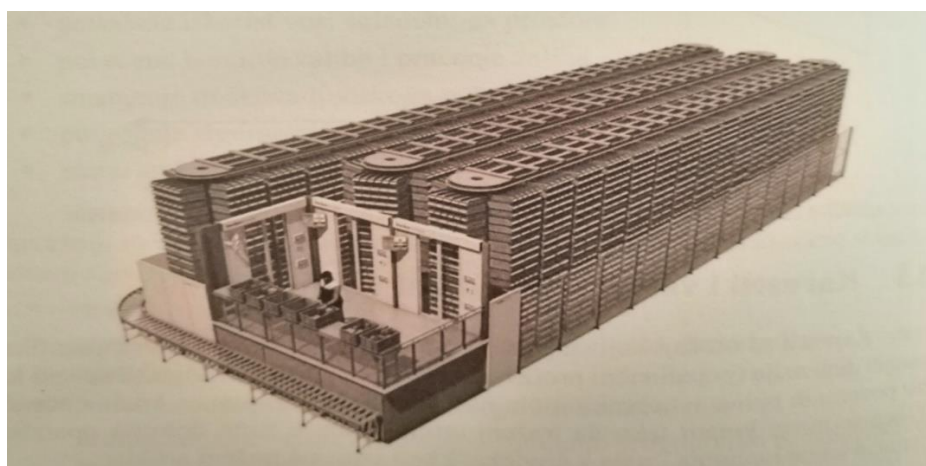
Karuseli su uređaji koji su namijenjeni komisioniranju artikala manjih dimenzija. Mogu se opisati i kao niz povezanih polica u neprekinutom nizu koje su montirane na kružne nosače. Princip komisioniranja je „roba k čovjeku“ u kojem se police kreću tako da traženi artikl dolazi u zonu dohvata operatera koji izuzima traženi artikl. Prednost ovoga principa je ta što skraćuje kretanje operatera i povećava kapacitet komisioniranja. [1]

Prema pravcu kretanja polica, karusele dijelimo na tri osnovne kategorije:

- horizontalni karuseli,
- vertikalni karuseli,
- vertikalni podizni moduli (VLM).

#### 4.2.1. Horizontalni karuseli

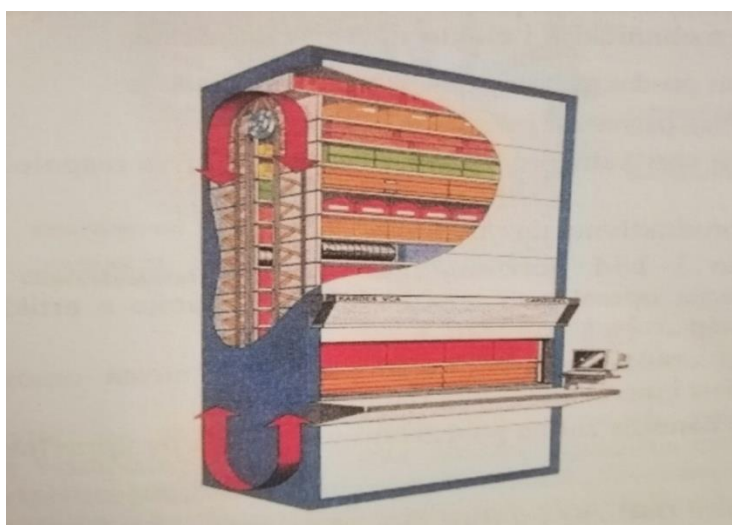
Horizontalni karuseli se rotiraju i pohranjuju proizvode u horizontalnoj ravni te rade po principu „roba k čovjeku“ (slika 12). Odlaganje i izuzimanje je ručno ili automatsko. Ručno mogu upravljati operateri, a najveći učinak imaju u kombinaciji s ovim elementima: računalni program i uređaji koji kontroliraju kretanje karusela, programi za komisioniranje koji automatski lociraju traženi proizvod i istovremeno traže sljedeći proizvod koji će zatim biti dostavljen na lokaciju radnika, te zaslon koji prikazuje radniku koliko komada određenoga proizvoda treba. Horizontalni karuseri postali su jedan od najpopularnijih uređaja za skladištenje i izuzimanje. Pojavljuju se početkom 60-ih godina, no do danas se nisu značajno promijenili. Glavne prednosti su ušteda vremena jer komisioner može obavljati druge djelatnosti dok se karusel okreće te ušteda prostora koja može doći do izražaja ako s više karusela posloži jedan do drugoga. Ostale prednosti su trajnost izvedbe, niski troškovi održavanja, mirni rad, smanjenje ljudske aktivnosti, fleksibilnost, prilagodba, pouzdanost i trajnost uređaja. [1]



Slika 12. Prikaz sustava horizontalnih karuseli

## 4.2.2. Vertikalni karuseli

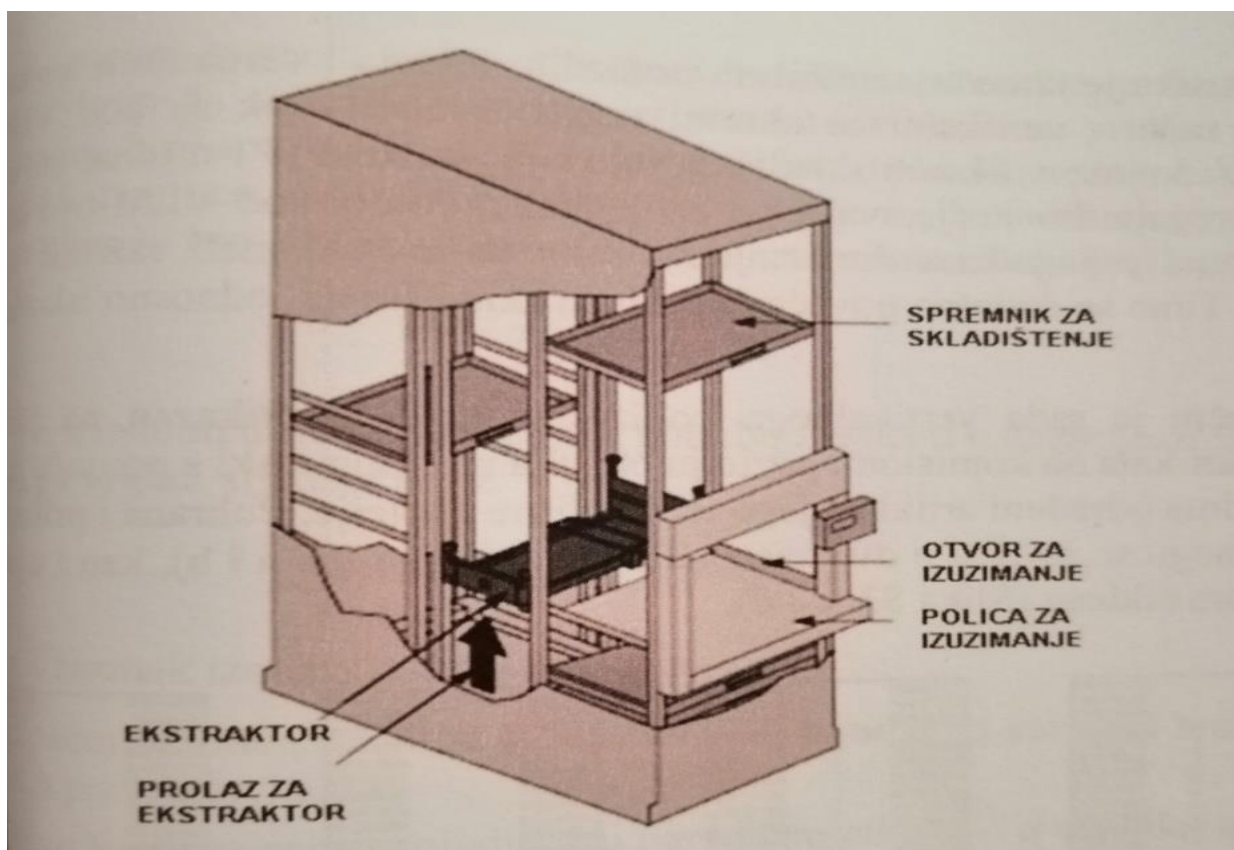
Vertikalni karusel je sustav koji se sastoji od fiksnog broja polica koje u potpunosti zatvorenu petlju rotiraju u vertikalnoj ravnini (slika 13). Police se mogu rotirati u oba pravca, gore ili dolje, po vodilicama te na taj način omogućuju izuzimanje proizvoda od strane operatera. Izuzimanje artikala se obavlja na ergonomski oblikovanom prozoru. Vertikalni karuseli uvedeni su u ranim 50-ima prvenstveno kao sredstvo za skladištenje rolane robe, primjerice tepiha. Ubrzo nakon njihova uvođenja proizvođači su u njima prepoznali priliku za pohranjivanje robe, dijelova i zaliha. Zbog mogućnosti skladištenja dijelova prilično velikog volumena na relativno malenoj površini, vertikalni karuseli postali su veoma popularni. Za razliku od uobičajenih statičnih poličnih regala, kod vertikalnih karusela operater ne mora hodati kako bi izuzimao artikle, već se artikli dovode njemu. Ovi karuseli su znatno napredovali u pogledu hardvera i upravljačkoga sustava od njihova uvođenja. Danas su vertikalni karuseli znatno fleksibilniji te su sposobni nositi se s velikim i teškim artiklima kao i s malim, laganim dijelovima. Moguće su izvedbe vertikalnih karusela s više pristupnih prozora odnosno otvora za odlaganje i izuzimanje, koji omogućuju da više radnika istovremeno obavlja posao. Karuseli mogu imati pristup i sprijeda i straga ako se koriste kao protočni skladišni uređaji. Najvažnije prednosti vertikalnih karusela su povoljan omjer površine i visine karusela, povećanje produktivnosti operatera, ergonomski oblikovana i prilagođena radna mjesta koja omogućuju veću produktivnost i manje umaranje radnika te poboljšana kontrola zaliha povezivanjem uređaja na upravljački skladišni sustav. [1]



Slika 13. Prikaz vertikalnog karusela

### 4.2.3. Vertikalni podizni moduli (VLM)

Vertikalni podizni modul (Vertical Lift Module- VLM) su skladišni sustavi koji se sastoje od dviju paralelnih kolona s fiksnim policama u kojima su uskladišteni spremnici (kutije ili ladice) (slika 14). Automatski uređaj koji se elevatorom kreće vertikalno između kolona s policama obavlja odlaganje i izuzimanje spremnika. VLM se sastoji od tri osnovna stupca. Prednji i stražnji stupac koriste se za skladištenje, a središnjim stupcem kreće se elevator s napravom za odlaganje i izuzimanje spremnika. Prednosti VLM-a su velika ušteda skladišne površine , ergonomičnost, povećana brzina izuzimanja i sigurnost skladištenja. [1]



Slika 14. Prikaz VLMS sustava

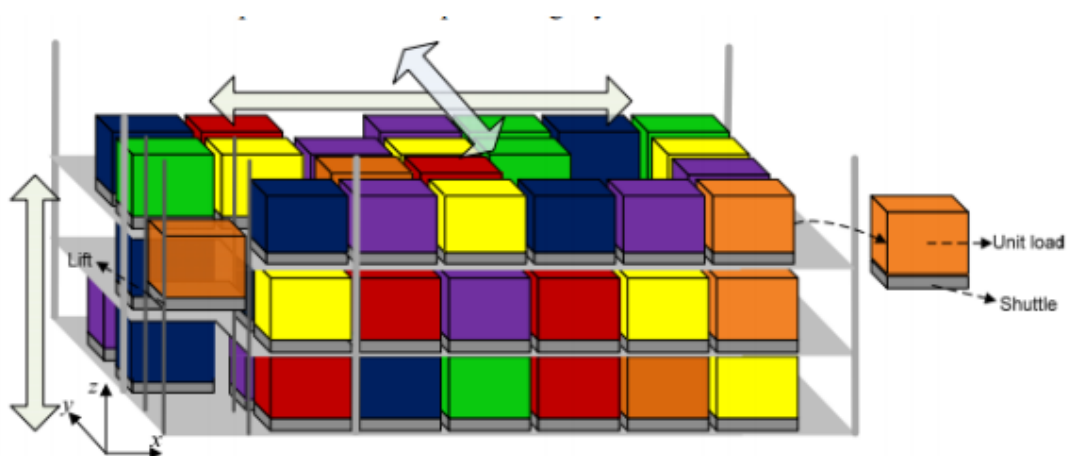
### 4.3. Inovativne izvedbe automatiziranih skladišnih sustava

U ovom poglavlju biti će navedene i opisane nove izvedbe inovativnih automatiziranih skladišnih sustava. S obzirom da raste potražnja za automatiziranim skladišnim sustavima, njihovi proizvođači pronalaze nove i efikasnije načine za poboljšavanje postojećih sustava. U praksi postoje razna rješenja koja nisu čista varijanta podjele koja je navedena na početku ovog poglavlja.

Također su i automatizirani skladišni sustavi s regalnim vozilima novija, inovativna rješenja. S obzirom da su ti sustavi glavna tema rada, detaljnije se prikazuju u poglavlju 5.

#### 4.3.1. DAI sustav

DAI (dense, autonomus and intelligent) sustav (puzzle based automatic storage system) je jedan od novorazvijenih sustava automatiziranog skladištenja (slika 15). Naziv puzzle sustav dobio je po poznatoj igri za djecu s jednim slobodnim poljem za omogućavanje preslagivanja elemenata. Jedinice se skladište na lokacije koje se mogu pomicati tako dugo dok je pored njih slobodno mjesto. Na taj način svaka jedinica ima mogućnost dolaska do ulazne ili izlazne pozicije. Prednost ovog sustava je velika iskoristivost skladišnog prostora. Ako je skladište građeno na više razina, dobivamo donedavno nezamislivu veliku gustoću skladištenja. [1]



Slika 15. DAI sustav

### 4.3.2. DUOSYS sustav

Duosys je inovativna izvedba automatiziranog skladišnog sustava čiji proizvođač je Daifuku (slika 16). Karakteristika ovog sustava je prisustvo dviju dizalica u jednom prolazu regala. Dizalice rade simultano te tako povećavaju protok sustava u odnosu na sustav s jednom dizalicom. Istovremenim radom ostvaruju najveći mogući protok skladištenja manjih dijelova, koji iznosi do 2200 kutija po satu. Sustav ima mogućnost održavanja pojedine dizalice dok ona druga nastavlja obavljati svoj rad. Na taj način se smanjuju kašnjenja uzrokovana održavanjem. Zbog slaganja u vis proširenje sustava je veoma jednostavno. [1]



Slika 16. DUOSYS sustav

### 4.3.3. Automatizirani skladišni sustav višestruke dubine

Automatizirani skladišni sustav višestruke dubine (Multiple deep AS/RS) je sustav kod kojega je u red moguće skladištiti desetak i više jedinica (slika 17). Sustav višestruke dubine pogodan je za skladišta u kojima je očekivani manji protok jer dizalica može izravno doći do prve jedinice u redu, ali da bi došla do stražnjih jedinica mora pomaknuti sve ispred nje. Prednost ovog sustava je ušteda prostora – može se skladištiti i do 12 skladišnih jedinica po

dubini regala, bez dodatnih prolaza između njih što omogućuje učinkovitije korištenje prostora skladišta i potrebu za manjim skladišnim halama (niži troškovi gradnje, manji utjecaj na okoliš). Druga bitna prednost je ušteda energije – korištenjem manjih rasvjeta i manje energije za rashlađivanje kod skladišta koja imaju funkciju hladnjača ostvaruje se ušteda energije i do 30%. [1]

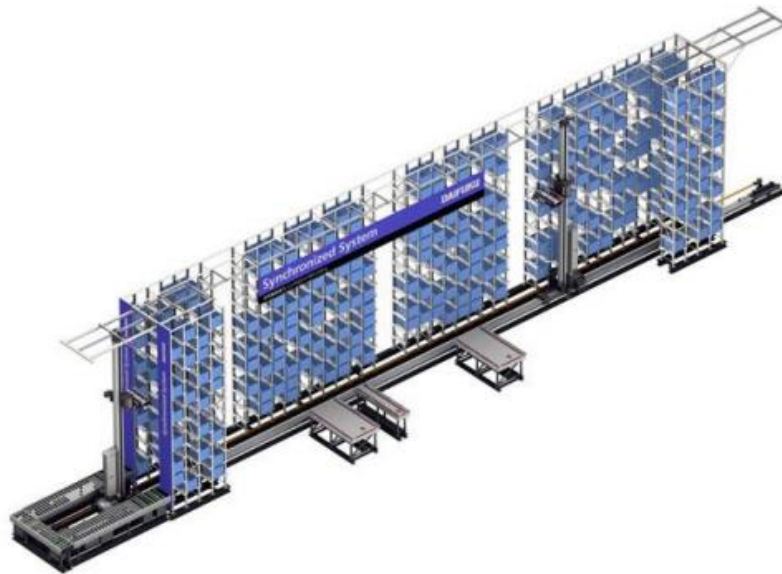


*Slika 17. Multiple deep AS/RS*

#### **4.3.4. Sinkronizirani automatizirani skladišni sustav**

Sinkronizirani automatizirani skladišni sustav (Synchronized system) je inovativna izvedba automatiziranog skladišnog sustava čiji proizvođač je Daifuku (slika 18). Synchronized system razvijen je s ciljem ostvarivanja visokih protoka. Ovaj sustav karakterizira prisustvo dviju dizalica u jednom prolazu regala. Dizalice rade simultano, ali za razliku od Duosys sustava ne mogu se mimoići. Može se reći da je nemogućnost mimoilaska mana ovog sustava. Prednost sinkroniziranog sustava je ta što dizalice mogu raditi simultano pri transportu težih i većih predmeta na način da se približe jedna drugoj i zajedno obavljaju transport i komisioniranje. Ako se jedna dizalica pokvari druga nesmetano nastavlja vršiti svoj posao. Kao i kod Duosys sustava proširenje sustava je vrlo jednostavno. Ovaj sustav

primjenjuje se u mnogim industrijama, kao što su industrija odjeće, automobilska industrija, industrija hrane i pića, kućanskih aparata, farmaceutska industrija.. [1]



*Slika 18. Sinkronizirani sustav*

#### **4.3.5. Aisle transfer cart (AFT)**

AFT je sustav u kojem za više prolaza imamo samo jednu ili više dizalica i sustav za pomicanje dizalice do bilo kojeg prolaza (slika 19). AFT je u potpunosti automatizirani sustav koji samostalno vrši skladištenje. Ako treba izuzeti jedinicu koja je smještena u nekom drugom prolazu, dizalica odlazi na sustav za pomicanje koji ju vodi do potrebnog prolaza. Ovaj sustav dizajniran je za skladišta koja imaju manji protok. Prednost sustava je što povećava gustoću skladištenja te smanjuje ulaganja. [1]





*Slika 19. Aisle transfer cart*

#### **4.3.6. „Telescopic satellite“ skladišni sustav**

Telescopic satellite skladišni sustav je novija izvedba automatiziranih skladišnih sustava (slika 20). U ovom sustavu transport skladišnih jedinica se vrši jednom dizalicom te jednim tračnim vozilom po dizalici. Sustav je građen na više razina, a redovi su postavljeni okomito na dizalicu. Dizalica se nalazi na sredini reda te se giba po x osi okomito na redove te uvis po y osi sve dok ne dođe do reda iz kojeg je potrebno izuzeti, zatim se tračno vozilo odvaja od dizalice i odlazi u red gdje izvršava komisioniranje. Prednosti ovog sustava su uštede kod ulaganja i instalacija te održavanja. [1]



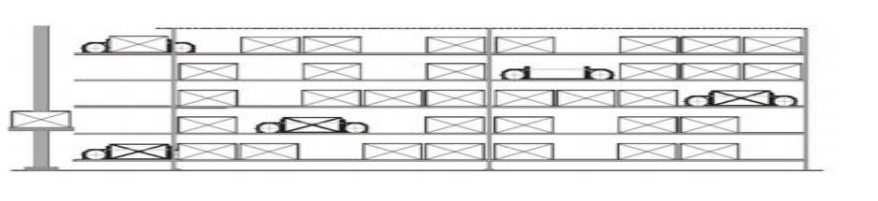
*Slika 20. Telescopic satellite sustav*

## **5. AUTOMATIZIRANI SKLADIŠNI SUSTAV S REGALNIM VOZILIMA**

SBS/RS je automatizirani skladišni sustav s regalnim vozilima 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 (slika 21). Tipični automatizirani sustav s regalnim vozilima sastoji se od skladišnih jedinica, to jest sustava regala i polica, lifta u svakom prolazu i tračnih vozila na svakoj razini. Česta izvedba ovog sustava je izvedba s jednim ulaznim i jednim izlaznim liftom, to jest dvama neovisnim liftovima pomoću kojih može biti postignut veći protok u sustavu. Primjerena i očekivana širina prolaza među regalima je oko 0.5 metara, a visine regala mogu biti od 20 metara pa više. Dizalo se sastoji od vertikalnog jarbola ili para stupova koji podržavaju podizni stol. Na početku svakog reda nalaze se buffer pozicije na koje se dizalom dopremaju jedinice za skladištenje. U svakom redu sustava nalazi se tračno vozilo, čija je uloga uskladištenje i/ili iskladištenje u što kraćem vremenu.

Najvažnija razlika između AS/RS-a i SBS/RS-a je 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. Kod automatiziranih skladišnih sustava s regalnim vozilima tereti se transportiraju takozvanim regalnim vozilima koja se horizontalno gibaju po tračnicama uzduž prolaza između sustava pravokutnih regala, dok vertikalno gibanje osiguravaju dizala koja se nalaze uglavnom na krajevima regala. [15] Sustav je spojen s drugim skladišnim procesima preko pretovarnih stanica pomoću kojih tereti izlaze i ulaze u sustav. SBS/RS se često koristi u sustavima komisioniranja po principu roba čovjeku, pa se zato koristi sustav konvejera za transport tereta do komisijskih stanica. U njima komisionar izuzima određeni broj

komada iz spremnika nakon čega konvejeri transportiraju spremnike koji nisu ostali prazni nazad u SBS/RS, a prazne spremnike šalje na drugo mjesto. [16]



Slika 21. Automatizirani skladišni sustav s regalnim vozilima

## 5.1. Povijest SBS/RS sustava

Intenzivan razvoj automatiziranih skladišnih sustava s regalnim vozilima (SBS/RS – shuttle based storage and retrieval system) počinje početkom 21. stoljeća. SBS/RS se prvo pojavljuje u kontekstu AVS/RS, to jest kao autonomus vehicle storage and retrieval system. AVS/RS je prvi proučavao Malmborg 2002. godine, a 2003. godine je napravio model za predviđanje udjela dvostrukg ciklusa u AVS/RS. Malmborg i Fukunari su 2008. godine razvili učinkovit model za izračun vremena ciklusa modela AVS/RS te usporedili ovu izvedbu s klasičnim automatiziranim sustavom baziranim na dizalici. 2007. godine se pokazala učinkovitost modela. Bez obzira što model pokazuje značajne greške, može pružiti određenu razinu točnosti pri procjeni iskoristivosti vozila i troškova sustava. Kasnije je razvijen model skladištenja po klasama koji se može koristiti za skraćivanje ciklusa uskladištenja i iskladištenja. Ekren et al. (2010.), Ekren (2011.) i Ekren i Ekren i Heragu (2011.) proučavali su optimalan broj regala u sustavu i konfiguraciju sustava s obzirom na unaprijed definirani broj vozila i liftova. Roy et al. (2012.) je predložio polu-otvorene mreže s čekanjem (SOQN). Ovaj model uzima u obzir položaj vozila unutar reda i broja vozila te naglašava korisnost rasporeda po klasama u vidu smanjenja vremena vožnje unutar reda. Marchet et al. (2013.) napravili su studiju za nekoliko rasporeda skladišnih sustava upotrebom dviju vrsta AVS/RS konfiguracija: fiksnih vozila u redu i vozilima koja mijenjaju redove. Lerher i suradnici su nedavno proučavali regeneraciju energije i modele energetske učinkovitosti za SBS/RS sustav. Ovi modeli omogućuju smanjenje potrošnje energije i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, a to je bitno s ekološke i ekonomske strane gledišta.

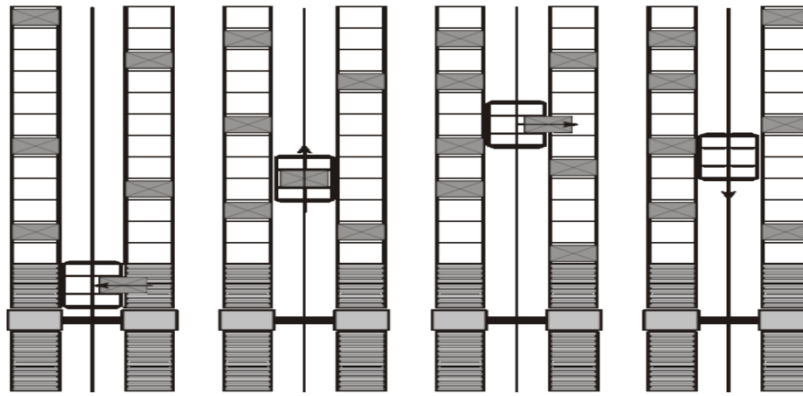
## 5.2. Klasifikacija SBS/RS-a

U literaturi SBS/RS se klasificiraju s obzirom na njihov stupanj slobode gibanja. Postoje razne izvedbe:

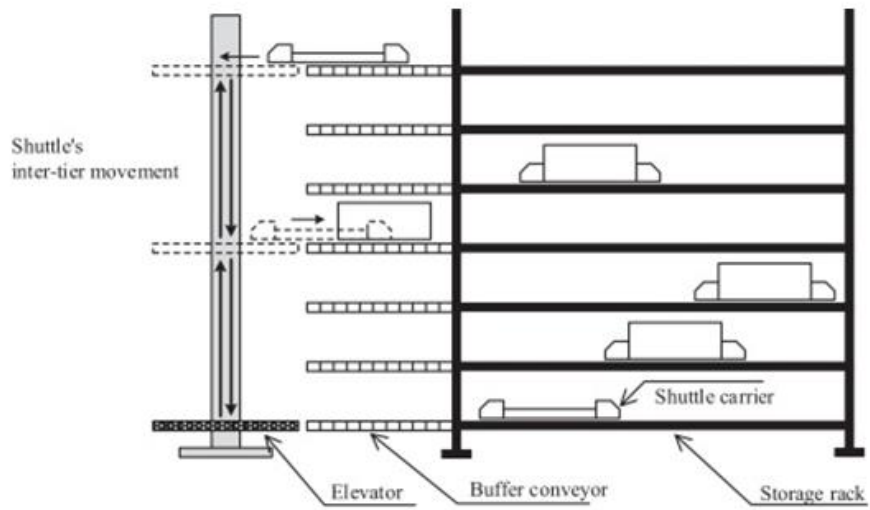
- općenito, mogućnost mijenjanja nivoa i prolaza
- mogućnost kretanja vozila samo u jednom prolazu, ali u više smjerova (multidirectional), horizontalno i vertikalno (slika 22)
- mogućnost kretanja samo unutar jednog prolaza i mijenjanje nivoa, unutar kojeg je samo horizontalno kretanje vozila (tier-to-tier configuration) (slika 24)
- mogućnost kretanja samo unutar jednog prolaza i samo jednog nivoa, samo horizontalno kretanje vozila (tier-captive configuration) (slika 23)
- mogućnost mijenjanja prolaza (aisle-to-aisle) (slika 25)
- rad samo u jednom prolazu (aisle-captive)
- višerazinska vozila (multilevel shuttles) (slika 27)
- vozila koja poslužuju samo jednu razinu regala (single-levelshuttles)
- kompaktni sustavi višestruke dubine (multi-deep lane compact storage systems) (slika 26). [16]



Slika 22. Multidirectional



Slika 23. Tier-captive configuration



(a) Shuttle movement in a tier-to-tier SBS/RS

Slika 24. Tier-to-tier



*Slika 25. Aisle-to-aisle*

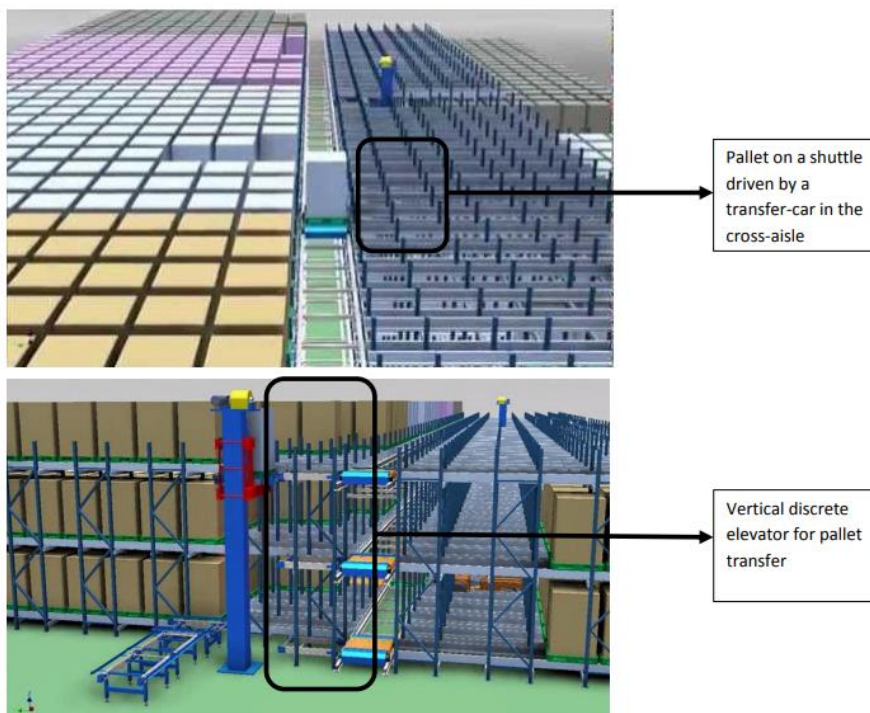
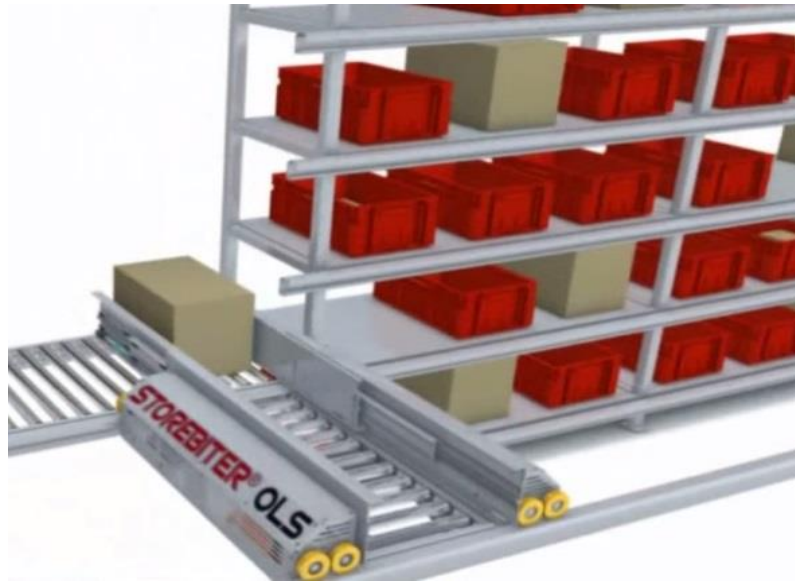


Figure 2: A tier of a vehicle-based compact storage system (top) and the vertical transfer system (bottom). In this figure the horizontal movement uses both transfer cars and shuttles.

*Slika 26. Multi-deep lane compact storage systems*



Slika 27. Multilevel shuttles

### 5.3. Struktura i dijelovi SBS/RS-a

Sustav za transport tereta sastoji se od ovih elemenata: sustav tračnica po kojima se kreću regalna vozila, stup dizala na kojima može biti jedna ili dvije platforme za vertikalni transport, regalna vozila, neka izvedba aktivnih konvejera koji spajaju SBS/RS s ostalim dijelovima skladišta i koji unutar sustava služe kao međuspremnici. Sustav regala određen je brojem i lokacijom razina, prolaza te brojem, kapacitetom i dimenzijama skladišnih lokacija. Regal je skoro pa identičan onome iz AS/RS-a za male terete uz dodatak tračnica između prolaza na svakoj razini. [17] Regali mogu biti jednostruke, dvostruke ili višestruke dubine čime se štedi na prostoru i povećava se kapacitet. Veličina jediničnih tereta i kapacitet skladišne lokacije određuje njezinu dimenziju.

U *aisle-captive* sustavu mora biti jedno dizalo po prolazu kako bi transportiralo teret u i iz tog prolaza. Može biti i više dizala po prolazu. U tom slučaju jedno dizalo je zaduženo za naloge skladištenja, a drugo za naloge izuzimanja. Njihova pozicija ovisi o pridruženim sustavima konvejera koji dopremaju i odvoze teret. Dizala se najčešće nalaze na početku prolaza jer se sustav konvejera nalazi samo s jedne strane SBS/RS-a. U ovom sustavu broj i lokacija dizala može varirati jer regalna vozila jedne razine mogu doći na svaku lokaciju te

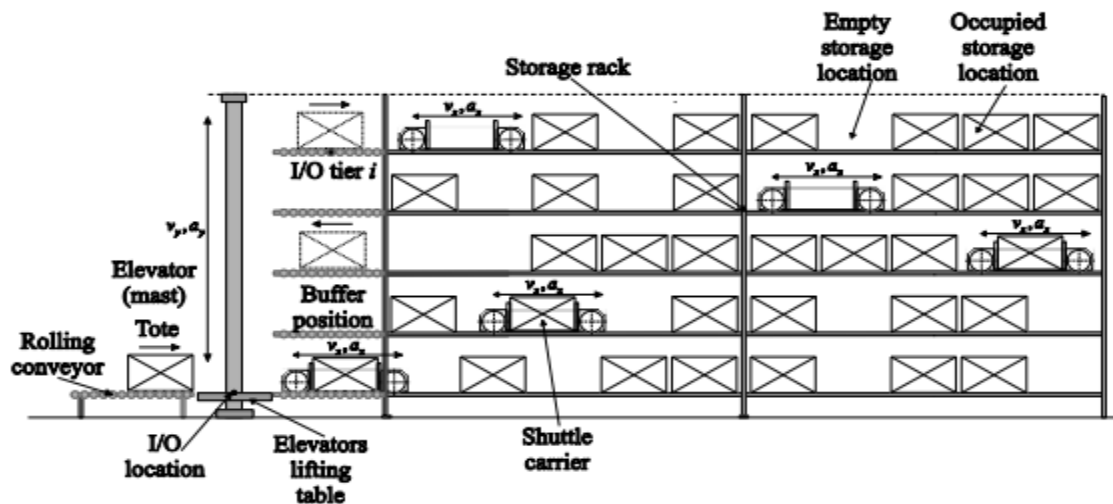
razine. Važno je odrediti broj i lokaciju dizala kako bi se postigao željeni protok uz zadovoljavajuću iskorištenost dizala. [18]

U *tier-captive* sustavima međuspremnicima se nalaze na svakoj razini kako bi se ostvarila neovisnost između dizala i vozila. U tom slučaju, kod uskladištenja dizalo ne mora čekati vozilo kako bi prebacilo teret na njega već odmah odlaže teret na međuspremnik, a vozilo ga preuzima kada dođe. Kod procesa izuzimanja vozilo odlaže teret na međuspremnik kako ne bi moralo čekati dizalo na preuzimanje. Broj i lokacija pretovarnih stanica ovisi o broju i lokaciji dizala. [19]

Dijelovi automatiziranog skladišnog sustava s regalnim vozilima (slika 28) su:

1. **Ulazni konvejer** je najčešće valjkasti konvejer s pogonom ili gravitacijski, ali moguće su i trakaste i člankaste izvedbe. Njegova svrha je transport jedinice za skladištenje do dizala.
2. **Dizalo** služi za vertikalno podizanje jedinice na potrebnu razinu te odlaganje na buffer poziciju. Dizalo se sastoji od jarbola i platforme za podizanje.
3. **Buffer pozicija** je lokacija na kojoj lift odlaže jedinicu kod uskladištenja ili prihvaća kod iskladištenja.
4. **Tračno vozilo** je naprava za transport jedinice s buffer pozicije na skladišnu lokaciju kod uskladištenja te obrnuto kod iskladištenja. Tračna vozila se nalaze na svakoj razini sustava i električno su pokretana.
5. **Sustav stalaka** je konstrukcija na koju se skladište jedinice, a sastoji se od određenog broja skladišnih lokacija.
6. **Upravljačka jedinica** je softverska podrška automatiziranom skladišnom sustavu i upravlja svim pokretnim dijelovima sustava, to jest svim uskladištenjima i iskladištenjima.





Slika 28. Dijelovi automatiziranog skladišnog sustava s regalnim vozilima

## 5.4. Regalna vozila

Regalna vozila su platformaska vozila koja se samostalno kreću unutar regala (u prolazima između regala i regalnim kanalima) noseći teret i samostalno obavljaju pretovar. Ima više vrsti regalnih vozila koja se klasificiraju prema stupnju slobode gibanja. u većini slučajeva vozila imaju sposobnost gibanja u samo jednom smjeru i to duž tračnica jednog prolaza, takozvana aisle-captive vozila. Ako se gibaju u dva smjera pomoću poprečnih prolaza onda ih nazivamo aisle-to-aisle vozilima. Gibanjem u dva smjera može se ostvariti rotirajućim kotačima na regalnom vozilu ili se može koristiti okretni stol na križanju prolaza i poprečnog prolaza. U tier-captive izvedbi mora postojati barem jedno vozilo u svakoj razini. U tier-to-tier izvedbama broj vozila se može promijeniti ovisno o trenutnim potrebama što ovu izvedbu čini fleksibilnijom u odnosu na tier-captive izvedbu.

Dijelovi regalnih vozila su:

- pogonski dio,
- baterije,
- uređaji za komunikaciju,
- platforma koja čini površinu za nošenje tereta,

- uređaji za rukovanje teretom s kojima se odlaže i izuzima teret s platforme.

Uređaji za rukovanje teretom mogu biti različite izvedbe hvataljki spremnika ili trakasti konvejeri. Oni mogu biti konstruirani tako da omogućavaju rukovanje tereta različitih veličina u isti regal, a to pojednostavljuje logističke procese jer se gubi potreba za preparkiranjem. Najpopularnija izvedba je teleskopska hvataljka ili teleskopski konvejer. Vozila koja mogu dohvatiti spremnike s više od jedne razine ber promjene razine samog vozila nazivaju se višerazinskim (multi-level shuttles) (slika 29), dok vozila koja mogu dohvatiti teret samo s jedne razine nazivamo jednorazinskim (single-level-shuttles) (slika 30). Način kretanja multi-level vozila je skoro pa jednak kao i kod dizalica u klasičnim AS/RS sustavima jer se prihvatnica može dizati i spuštati za vrijeme horizontalne vožnje.



*Slika 29. Multi-level vozilo*



*Slika 30. Single-level vozilo*

Energetska opskrba regalnih vozila vrši se pomoću baterija ili električnih vodova koji su ugrađeni duž tračnica u svakoj razini regala. Kod skladištenja paleta koriste se regalna vozila koja se uglavnom napajaju pomoću vodova koji su instalirani kroz prolaze, a za skladištenje malih spremnika do 50 kg koristi se energija iz baterija. Baterije se pune na stanicama za punjenje koje je potrebno pravilno pozicionirati kako bi se omogućio nesmetan rad. Upravljački i informacijski signali se ostvaruju bežičnim putem, pomoću WLAN-a ili Bluetootha.

## **5.5.Primjeri postojećih izvedbi skladišnih sustava s regalnim vozilima**

Proizvođači nastoje biti konkurentni i poboljšati stare sustave te razviti nove sustave automatizirang skladištenja. S obzirom da je ovo područje u stalnom razvoju vrlo je teško doći do podataka o tome koliko je inovativnih sustava u primjeni, kolika je cijena te koja je prednost u odnosu na neke jednostavnije ili starije sustave. Teško je zaključiti da li su ti sustavi isplativi i treba li ulagati u njih.

Primjeri izvedbe različitih sustava:

### **1. One level shuttle sustav (OLS) tvrtke INVATA**

OLS shuttle sustav za pohranu se sastoji od više razina skladištenja s regalnim vozilom za svaku razinu ili s regalnim vozilima koja se prevoze liftom između pojedinih razina (slika 31). Ako na svakoj razini imamo regalno vozilo tada će protok biti maksimalan. Zahtjevi skladišta određuju koja varijanta je primjerena. [5]



*Slika 31. One level sustav s regalnim vozilima*

## 2. Multishuttle 2 sustav tvrtke DEMATIC

Multishuttle 2 sustav se sastoji od dvaju liftova te shuttleoveova na svakoj razini koji se mogu prilagoditi različitim veličinama spremnika i kartonskih kutija (slika 32). Fleksibilnost navedenog sustava omogućuje laku ugradnju u svaki oblik i veličinu zgrade, uključujući i zgrade s nižim stropom. [20]



*Slika 32. Multishuttle 2 sustav s regalnim vozilima*

### 3. Stingray shuttle sustav tvrtke TGV

Stingray shuttle sustav tvrtke TGV može se mijenjati prema zahtjevima pojedinog skladišta i to na način da na svakoj razini postoji shuttle koji vrši uskladištenje i iskladištenje, ali je moguće i da imamo manji broj shuttlova nego razina i da shuttlovi mijenjaju razinu pomoću lifta (slika 33).



*Slika 33. Stingray shuttle sustav tvrtke TGV*

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom su radu opisani automatizirani skladišni sustavi zajedno sa svojim osnovnim i inovativnim izvedbama. Prema gore navedenim prednostima i nedostacima može se zaključiti da automatizirani skladišni sustavi imaju više prednosti nego nedostataka. Ugradnja takvog sustava rezultirat će većom sigurnosti i točnosti robe, smanjenjem troškova ljudskog rada, povećanjem iskoristivosti skladišnog prostora, povećanim protokom, skraćanjem vremena potrebnog za uskladištenje ili iskladištenje... No pri odabiru ovakvog sustava potrebno je voditi brigu o više faktora, a neki od njih su visoki investicijski troškovi, postupci održavanja, potrebni protok, ukupni kapacitet, mogućnost proširenja... Vrlo je važno odabrati sustav koji je primjeren i koji neće stvarati probleme u radu da nebi došlo do nepotrebnih gubitaka.

Ovaj rad fokusiran je na inovativni sustav skladištenja s regalnim vozilima. Proizvođači nastoje biti konkurentni i poboljšati stare sustave te razviti nove sustave automatizirang skladištenja. S obzirom da je ovo područje u stalnom razvoju vrlo je teško doći do podataka o tome koliko je inovativnih sustava u primjeni te kolika je točna cijena.

Zaključak je da su automatizirani skladišni sustavi bolji od klasičnih sustava, no zbog velikih početnih investicija za njih se odlučuju samo velika proizvodna poduzeća, dok je za sve ostale takav projekt još uvijek neisplativ.

U Varaždinu,

Peharda Ana



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, ANA PEHARDA (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom AUTOMATIZIRANA SKLADISTA S REGALNIM VOZILIMA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

ANA PEHARDA

Peharda

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti 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, ANA PEHARDA (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom AUTOMATIZIRANA SKLADISTA S REGALNIM VOZILIMA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

ANA PEHARDA

Peharda

(vlastoručni potpis)

## 7. LITERATURA

- [1] Đukić, G.: Predavanja iz kolegija „Gospodarska logistika 2“ , 2017.
- [2] K.Rogić, R.Šafran, M.Šafran : Upravljanje logističkim sustavima, VELEUČILIŠTE VELIKA GORICA, Velika Gorica, 2012.
- [3] I.Andrić, K.Buntak, M.Bošnjak : Upravljanje kvalitetom s poznavanjem robe, Visoka poslovna škola Libertas, Zagreb, 2012.
- [4] K.Rogić : Upravljanje skladišnim sustavima, Zagreb, 2018.
- [5] <https://www.invata.com/>
- [6] DePuy, G.W.: Multiple Shuttle ASRS systems with acceleration/deceleration considerations, CICMHE/Material Handling Industries of America, Inc., 2007.
- [7] Meller, R.D. i Mungwattana, A.: Multi-shuttle automated storage/retrieval systems“, IIE Transactions, Vol. 29 (1), 925-938, 1997.
- [8] Sarker B.R. i Babu P.S.: Travel time models in automated storage/retrieval systems: A critical review, Int. J. Production Economics 40, 173-184, 1995
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Automated\\_storage\\_and\\_retrieval\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_storage_and_retrieval_system)
- [10] [https://www.ohra.hr/proizvodi/automatski-sustavi-skladistenja/?fbclid=IwAR3eoEXIyFYZ\\_9Rer8Ba\\_sZC3IkqCNxOR-bHTEC-M9ISjWrpMOK0BjF\\_Q3U](https://www.ohra.hr/proizvodi/automatski-sustavi-skladistenja/?fbclid=IwAR3eoEXIyFYZ_9Rer8Ba_sZC3IkqCNxOR-bHTEC-M9ISjWrpMOK0BjF_Q3U)
- [11] <http://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi-i-sustavi/skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi/automatizirani-skladisni-sustavi?fbclid=IwAR1i4gBwVf2hxPj3gbqbqZ7j9dT0SdmAnoTb9UAMFxcaLZ85sggLJ34b6ds>
- [12] <http://www.logomatika.hr/hr/proizvodi-i-usluge/automatizirani-skladisni-sustavi/?fbclid=IwAR0aIwCg9VuM7mM1j9RPt9iPtI0vZdNCxFAQeazCS8JMI4ZmbTFinYmxT1vo>
- [13] Zelenika R.: Logistički sustavi, Ekonomski fakultet Rijeka, 2005



- [14] <http://www.mhi.org/as-rs>.
- [15] 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.
- [16] Epp, M., Performance evaluation of shuttle-based storage and retrieval systems using discrete-time queueing network models, Doktorski rad: Karlsruher Institut für Technologie, 2017.
- [17] T. Lerher, B. Y. Ekren, G. Dukic i B. Rosi, »Travel time model for shuttle-based storage and retrieval systems,« The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, svez. 78, pp. 1705-1725, 2015.
- [18] Ning, Z. i dr., »An efficient simulation model for rack design in multi-elevator shuttlebased storage and retrieval system,« Simulation Modelling Practice and Theory, 2016.
- [19] Lerher, Tone i dr., »Next generation logistics: Reinventing the warehouse by using autonomous vehicle storage and retrieval systems,« u XXII INTERNATIONAL CONFERENCE ON "MATERIAL HANDLING, CONSTRUCTIONS AND LOGISTICS", Beograd, 2017.
- [20] <https://www.dematic.com/en/products/products-overview/storage-systems/dematic-multishuttle/>

## 8. POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Podno skladište za rasute terete .....  | 4  |
| Slika 2. Regalno skladište .....   | 4  |
| Slika 3. Polični regali .....  | 5  |
| Slika 4. Konzolni regal .....  | 6  |
| Slika 5. Prolazni regal (ulaz s jedne strane) .....                                      | 6  |
| Slika 6. Prolazni regal (ulaz s obje strane) .....                                       | 7  |
| Slika 7. Protočni regal .....  | 7  |
| Slika 8. Pomični regali .....  | 8  |
| Slika 9. Prikaz klasičnog automatiziranoga visokoregalnoga unit load AS/RS sustava ..... | 13 |
| Slika 10. Mini load AS/RS sustav .....   | 14 |
| Slika 11. Djelomično automatizirani AS/RS sustav .....                                   | 15 |
| Slika 12. Prikaz sustava horizontalnih karuseli .....                                    | 16 |
| Slika 13. Prikaz vertikalnog karusela .....  | 17 |
| Slika 14. Prikaz VLMS sustava .....  | 18 |
| Slika 15. DAI sustav .....   | 19 |
| Slika 16. DUOSYS sustav .....  | 20 |
| Slika 17. Multiple deep AS/RS .....  | 21 |
| Slika 18. Sinkronizirani sustav .....  | 22 |
| Slika 19. Aisle transfer cart .....  | 23 |
| Slika 20. Telescopic satellite sustav .....  | 23 |
| Slika 21. Automatizirani skladišni sustav s regalnim vozilima .....                      | 25 |
| Slika 22. Multidirectional .....   | 26 |
| Slika 23. Tier-captive configuration .....   | 27 |
| Slika 24. Tier-to-tier .....   | 27 |
| Slika 25. Aisle-to-aisle .....   | 28 |
| Slika 26. Multi-deep lane compact storage systems .....                                  | 28 |
| Slika 27. Multilevel shuttles .....  | 29 |
| Slika 28. Dijelovi automatiziranog skladišnog sustava s regalnim vozilima .....          | 31 |
| Slika 29. <i>Multi-level vozilo</i> .....  | 32 |
| Slika 30. <i>Single-level vozilo</i> .....   | 32 |
| Slika 31. One level sustav s regalnim vozilima .....                                     | 34 |
| Slika 32. Multishuttle 2 sustav s regalnim vozilima .....                                | 34 |
| Slika 33. Stingray shuttle sustav tvrtke TGV .....                                       | 35 |

## **9. POPIS TABLICA**

|  |           |
|--|-----------|
| <u>Tablica 1. Prednosti i nedostaci automatiziranih skladišnih sustava .....</u> | <u>11</u> |
|--|-----------|