

# Analiza i unapređenje procesa rukovanja steznim napravama u promatranom proizvodnom procesu

---

Lončarić, Valentino

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:000368>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Valentino Lončarić**

Zagreb, 2022. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentori:

dr. sc., dipl. ing. mech. Goran Đukić

Student:

Valentino Lončarić

Zagreb, 2022. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru dr. sc., dipl. ing. mech. Goranu Đukiću na savjetima prilikom izrade rada.

Zahvaljujem se poduzeću Rimac Automobili na informacijama potrebnim za izradu radu, te timu tehnologa na razmišljanjima i savjetima.

Posebna zahvala užoj i široj obitelji na podršci tijekom studiranja.

*(Vlastoručni Potpis)*

Valentino Lončarić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	602-14/22-6/1
Ur. broj:	15-1703-22-

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: VALENTINO LONČARIĆ Mat. br.: 0035207597

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza i unapređenje procesa rukovanja steznim napravama u promatranom proizvodnom procesu**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis and improvement of the clamping device handling process in the observed production process**

Opis zadatka:

U promatranom proizvodnom procesu obrezivanja karbonskih dijelova automobilske industrije koriste se stezne naprave. Veći broj različitih karbonskih dijelova (proizvoda), a koji zahtijeva svaki svoju napravu, iziskuje i adekvatna logistička rješenja skladištenja i rukovanja tim napravama, uključujući postavljanje i micanje sa strojeva. Time se značajno s vremenima logističkih procesa utječe na vremena pripreme naprava i iskoristivost strojeva. Promjenom sustava skladištenja i manipulacije napravama moguće je ta vremena skratiti.

U radu je potrebno:

- opisati promatrano poduzeće, s naglaskom na proces obrezivanja karbonskih dijelova,
- detaljno analizirati postojeće stanje skladištenja i rukovanja steznim napravama, kao i utjecaj na iskoristivost strojeva te volumen proizvodnje,
- provesti analizu prijedloga unapređenja procesa, razmatranjem a) primjene automatiziranog skladištenja i izuzimanja naprava u procesu komisioniranja, b) načina rukovanja napravom i njenog transporta do stroja, c) načina rukovanja napravom kod stroja (postavljanje i skidanje),
- provesti analizu promjena u cjelokupnom logističkom sustavu (skladištenje, transport) promjenama u skladištenju, komisioniranju i rukovanju steznim napravama.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:  
5. svibnja 2022.

Rok predaje rada:  
7. srpnja 2022.

Predviđeni datum obrane:  
18. srpnja do 22. srpnja 2022.

Zadatak zadao: *Audić*  
prof. dr. sc. Goran Đukić

Predsjednica Povjerenstva:  
*Runje*  
prof. dr. sc. Biserka Runje

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. LANCI OPSKRBE I LOGISTIKA .....	2
2.1. Lanac opskrbe .....	2
2.2. Logistika.....	4
2.3. Logističke aktivnosti .....	6
2.3.1. Skladištenje i komisioniranje .....	7
2.3.1.1. Prostorni raspored – „Layout“ .....	8
2.3.1.2. Skladišna sredstva.....	9
2.3.2. Rukovanje materijalom .....	12
2.3.2.1. Sredstva prekidnog transporta.....	13
2.3.2.2. Sredstva neprekidnog transporta.....	16
3. OPIS PROCESA PROMATRANOG PODUZEĆA .....	18
3.1. Generalni pristup procesu proizvodnje karbonskih dijelova.....	18
3.2. Proces obrezivanja u poduzeću .....	20
3.2.1. Predmet obrezivanja.....	21
3.2.2. Obradni centar.....	22
3.2.3. Stezne naprave .....	24
4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SKLADIŠTENJA I RUKOVANJA STEZNYM NAPRAVAMA .....	27
4.1. Postojeći proces skladištenja.....	28
4.1.1. Prva lokacija skladištenja.....	28
4.1.2. Druga lokacija skladištenja .....	33
4.2. Postojeći način rukovanja steznim napravama .....	35
4.2.1. Rukovanje steznim napravama do stroja .....	35
4.2.2. Rukovanje steznim napravama na stroju .....	38
4.3. Izračun karakterističnih vremena .....	39
4.3.1. Vrijeme obrezivanja.....	40
4.3.2. Vrijeme postavljanja proizvoda i vrijeme vizualne kontrole .....	41
4.3.3. Pregled utvrđenih vremena i izračun vremena ciklusa .....	41
4.4. Iskoristivost stroja i volumen proizvodnje .....	43
4.5. Zaključak provedene analize.....	45
5. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA PROCESA .....	47
5.1. Prijedlozi poboljšanja procesa skladištenja.....	47
5.1.1. Vertikalni podizni modul .....	49
5.1.2. Određivanje potrebnih karakteristika vertikalnih podiznih modula .....	50
5.2. Prijedlozi poboljšanja načina rukovanja i transporta naprava do stroja.....	55
5.2.1. Podna industrijska vozila .....	56
5.2.2. Granici.....	57
5.3. Prijedlozi poboljšanja procesa rukovanja napravom kod stroja.....	58
6. ANALIZA PROMJENA U PROMATRANOM PROCESU .....	63
6.1. Izgled procesa obrezivanja nakon implementacije predloženih rješenja .....	63

---

6.2. Određivanje vremena potrebnih za izračun iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje .....	64
6.2.1. Vrijeme komisioniranja i transporta .....	66
6.2.2. Vrijeme postavljanja .....	67
6.3. Iskoristivost stroja i volumen proizvodnje.....	67
6.4. Zaključak druge provedene analize.....	69
7. ZAKLJUČAK.....	71

## POPIS SLIKA

Slika 2.1	Dio lanca opskrbe proizvodnog poduzeća [1].....	2
Slika 2.2	Podjela logistike prema ulozi [1].....	5
Slika 2.3	Logističke aktivnosti [1].....	6
Slika 2.4	Teorijski prostorni raspored skladišta [8].....	9
Slika 2.5	Podno skladište s paletom kao sredstvom jediničnog tereta [6].....	10
Slika 2.6	Paletni regali jednostruke dubine (lijevo) i dvostruke dubine (desno) [6].....	11
Slika 2.7	Polični regal (lijevo) i prolazni regal (desno) [6].....	11
Slika 2.8	Protočni regal (lijevo) i prijevozni regal (desno) [6].....	11
Slika 2.9	Karusel (lijevo) i vertikalni podizni modul (desno) [6].....	12
Slika 2.10	Jednostavni transportni uređaji [6].....	13
Slika 2.11	Razne izvedbe granika [6].....	14
Slika 2.12	Ručna kolica (lijevo) i ručni viličar (desno) [6].....	15
Slika 2.13	Razne izvedbe viličara [6].....	15
Slika 2.14	Različite izvedbe konvejera [6].....	17
Slika 3.1	Dijagram toka inicijalne proizvodnje karbonskih proizvoda.....	20
Slika 3.2	Kravata Rimac Nevere [10].....	21
Slika 3.3	Monokok Rimac Nevere [10].....	21
Slika 3.4	Obrezivanja karbona na pet osnom glodačkom obradnom centru [11].....	23
Slika 3.5	Belotti FLA 4026 pet osni obradni centar [11].....	24
Slika 3.6	Poklopac punjača Rimac Nevere.....	24
Slika 3.7	Naprava za obrezivanje poklopca punjača.....	25
Slika 4.1	Skladišna lokacija 1 – polični regal.....	28
Slika 4.2	Polični regal.....	29
Slika 4.3	Skladišna lokacija 2 – podno skladište.....	33
Slika 4.4	Raspodjela vremena ciklusa za slučaj minimalnog broja obrađenih komada.....	44
Slika 4.5	Raspodjela vremena ciklusa za slučaj maksimalnog broja obrađenih komada.....	45
Slika 5.1	Površina i prostorni raspored nove proizvodne hale.....	48
Slika 5.2	Kardex Shuttle skladišni sustav [12].....	49
Slika 5.3	Tehničke karakteristike Kardex Shuttle skladišnog sustava [12].....	50
Slika 5.4	Prijedlog pozicioniranja Kardex Shuttle podiznog modula.....	52
Slika 5.5	Sustav valjaka.....	54
Slika 5.6	Kardex sustav za izvlačenje [13].....	54
Slika 5.7	Transportni put od skladišta do obradnog centra.....	55
Slika 5.8	Ručna hidraulička kolica.....	56
Slika 5.9	Mosni granik [6].....	57
Slika 5.10	Sustav brze izmjene naprava.....	58
Slika 5.11	Presjek „Zero Point System“ – postavljena stezna naprava [14].....	59
Slika 5.12	Presjek „Zero Point System“ – skidanje stezne naprave [14].....	59
Slika 5.13	Sustav podizanja i spuštanja steznih naprava.....	60
Slika 5.14	Jednostavno mosno rješenje za prijenos naprava.....	62
Slika 6.1	Raspodjela vremena ciklusa za slučaj minimalnog broja obrađenih dijelova.....	68
Slika 6.2	Raspodjela vremena ciklusa za slučaj maksimalnog broja obrađenih dijelova.....	69



## POPIS TABLICA

Tablica 3.1 Funkcije pojedinih pozicija stezne naprave.....	26
Tablica 4.1 Grupiranje steznih naprava u razrede prema dimenzijama .....	30
Tablica 4.2 Popis steznih naprave sa prve skladišne lokacije .....	32
Tablica 4.3 Vrijeme komisioniranja i transporta u ovisnosti o razredu stezne naprave.....	37
Tablica 4.4 Vrijeme rukovanja u ovisnosti o razredu stezne naprave.....	38
Tablica 4.5 Grupe proizvoda po vremenu obrezivanja .....	40
Tablica 4.6 Vrijeme postavljanja proizvoda i vrijeme vizualne kontrole u ovisnosti o grupi proizvoda .....	41
Tablica 4.7 Proizvodi s maksimalnim iznosom vremena ciklusa .....	43
Tablica 4.8 Proizvodi s minimalnim iznosom vremena ciklusa.....	44
Tablica 5.1 Dimenzioniranje Kardex Shuttle 700 podiznog modula .....	53
Tablica 6.1 Procjenjena vrijednost vremena $t_{KS}$ .....	66
Tablica 6.2 Proizvodi u slučaju minimalnog broja obrađenih komada.....	67
Tablica 6.3 Proizvodi u slučaju maksimalnog broja obrađenih komada.....	68

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis oznake
$P_{reg}$	$m^2$	Ukupna površina odlaganja na regal
$L$	m	Duljina police regala
$D$	m	Dubina police regala
$n$		Broj mjesta odlaganja
$P_{uk}$	$m^2$	Površina svih stezних naprava razreda S i maksimalne visine 490 mm
$L_{\xi}$	m	duljina stezne naprave
$\xi$	m	širina stezne naprave
$n_{\xi}$		broj stezних naprava koje ispunjavaju uvjet
$P_{uk2}$	$m^2$	Površina svih preostalih stezних naprava
$t_o$	s	Procijenjeno vrijeme obrezivanja
$l$	mm	Duljina linije obrezivanja određena na temelju CAD modela gotovog proizvoda
$v$	mm/s	Prosječna brzina obrezivanja određena iskustveno za materijal proizvoda
$t_{uk}$	s	Vrijeme ciklusa
$t_{kt}$	s	Vrijeme komisioniranja i transporta
$t_p$	s	Vrijeme postavljanja naprave
$t_{pp}$	s	Vrijeme postavljanja proizvoda na steznu napravu
$t_o$	s	Vrijeme obrezivanja
$t_{vk}$	s	Vrijeme vizualne kontrole
$t_s$	s	Vrijeme skidanja naprave
$t_{KS}$	s	Vrijeme od odabira stezne naprave do postavljanja naprave na kolica – određeno na temelju procjene
$t_t$	s	Vrijeme transporta od vertikalnog podiznog modula do vrata obradnog centra – određeno na temelju izraza (7)
$s$	m	Prosječna udaljenost koju radnik treba prijeći prilikom transporta stezних naprava
$v_h$	m/s	Prosječna brzina kretanja čovjeka prilikom transporta tereta – 0,5 m/s

## POPIS KRATICA

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> – računalno numerički upravljanje
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
ZPS	<i>Zero Point System</i> – sustav nul-točke

## SAŽETAK

U sklopu rada analiziran je trenutni način izvođenja procesa obrezivanja karbonskih proizvoda poduzeća Bugatti Rimac. Na osnovu teorijske podloge tehničke logistike, konkretno logističkih aktivnosti skladištenja i komisioniranja te rukovanja materijalom, i provedene analize utvrđeni su nedostaci procesa skladištenja i manipulacije steznim napravama koje se koriste u procesu obrezivanja za stezanje karbonskih proizvoda prilikom strojne obrade. Posljedica utvrđenih nedostataka je slaba iskoristivost stroja te mali volumen proizvodnje.

S ciljem sprečavanja pojavljivanja istih nedostataka na lokaciji nove proizvodne hale te povećanja iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje formirani su prijedlozi unaprjeđenja procesa. Razmatrana je mogućnost poboljšanja procesa skladištenja primjenom vertikalnog podiznog modula kao skladišnog sredstva koje udovoljava postavljenim uvjetima. Definirano je transportno sredstvo koje će se koristiti za transport naprava od skladišnog sredstva do obradnog centra te je dan opis interno razvijenog sustava za brzu izmjenu naprava koje dodatno skraćuje proizvodni ciklus.

U konačnici prijedlozi poboljšanja integrirani su u proces na temelju kojeg je rađena procjena povećanja iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje, kao osnova za određivanje isplativosti ulaganja.

Ključne riječi: obrezivanje karbonskih dijelova, skladištenje i komisioniranje, rukovanje materijalom, analiza proizvodnog procesa, unapređenje logističkih aktivnosti

## **SUMMARY**

This master thesis contains analysis of a current carbon trimming proces in Bugatti Rimac company. Based on the engineering logistics theory, more specifically warehousing and material handling theory, and conducted analysis issues in the warehousing and material handling processes of clamping devices were noticed. As a result of the issues lower machine effectiveness occurs which then leads to lower production output.

With the goal of improving the existing process and increasing machine's effectiveness and production output suggestions are given. Warehousing of clamping devices using vertical lift module was considered. Multiple means of clamping devices transport are analyzed and one was proposed as a final solution. Furthermore, description of a internally designed solution for easier clamping devices handling with intent to increase machines effectiveness further is given.

Finally, proposed solutions are integrated into final warehousing and clamping devices handling process which is then used to determine new values of machines effectiveness and production output. Machines effectiveness and production output can then be used to decide if it is worth to invest into process improvements.

Key words: carbon trimming, warehousing, material handling, production process analysis, improvements of logistics processes

## 1. UVOD

Automobilska industrija jedna je od ključnih industrijskih grana. Omogućava i olakšava kretanje ljudi i materijalnih sredstava od njihova polazišta do odredišta. Razvoj automobilske industrije zaslužen i za razvoj drugih industrijskih grana, a značaj je vidljiv i s ekonomskog aspekta. Upravo je ova industrijska grana jedna od vodećih u svim državama koje se bave proizvodnjom automobila ili drugih prijevoznih sredstava.

S obzirom na veliki ekonomski utjecaj kojeg ova industrija ima, javlja se i velika kompetitivnost između država, ali i između poduzeća unutar samih država. Cilj je uvijek biti bolji od konkurencije, što kroz kontinuirano pružanje kvalitetnog proizvoda i usluge, što kroz inovacije. Za ostvarivanje tog cilja potrebno je kontinuirano ulaganje u vlastite procese unutar poduzeća. Novac je za svaku tvrtku ograničen resurs stoga je prije ulaganja potrebno detaljno proanalizirati situaciju te istaknuti prednosti i nedostatke investicije.

Glavni fokus ovog rada stavlja se upravo na poboljšavanje procesa unutar poduzeća čija je djelatnost istraživanje i razvoj, ali i proizvodnja automobila i njihovih dijelova. Konkretno, predmet razmatranja će biti poboljšanje logističkih aktivnosti skladištenja i rukovanja materijalom. Da bi se prepoznalo kako je navedene logističke aktivnosti moguće poboljšati potrebno je dati teorijski uvod kojim će se definirati relevantna terminologija iz područja logistike. Terminologija je definirana u sklopu drugog poglavlja.

U sklopu trećeg poglavlja su definirani proizvodi, obradni centar i stezne naprave koji se smatraju ulazima u promatrani proces. Ovo se poglavlje može smatrati teorijskim dijelom namijenjeno lakšem razumijevanju analize provedene u daljnjem radu.

Korištenjem definirane terminologije u sklopu drugog i trećeg poglavlja, u četvrtom je poglavlju dan opis trenutnog načina izvođenja procesa skladištenja i rukovanja steznim napravama. Istaknuti su nedostaci procesa te su izračunate rubne vrijednosti iskoristivosti stroja i volumen proizvodnje s obzirom na izmjerena i procijenjena vremena.

Uočeni nedostaci u procesu korišteni su za definiranje prijedloga poboljšanja u sklopu petog poglavlja.

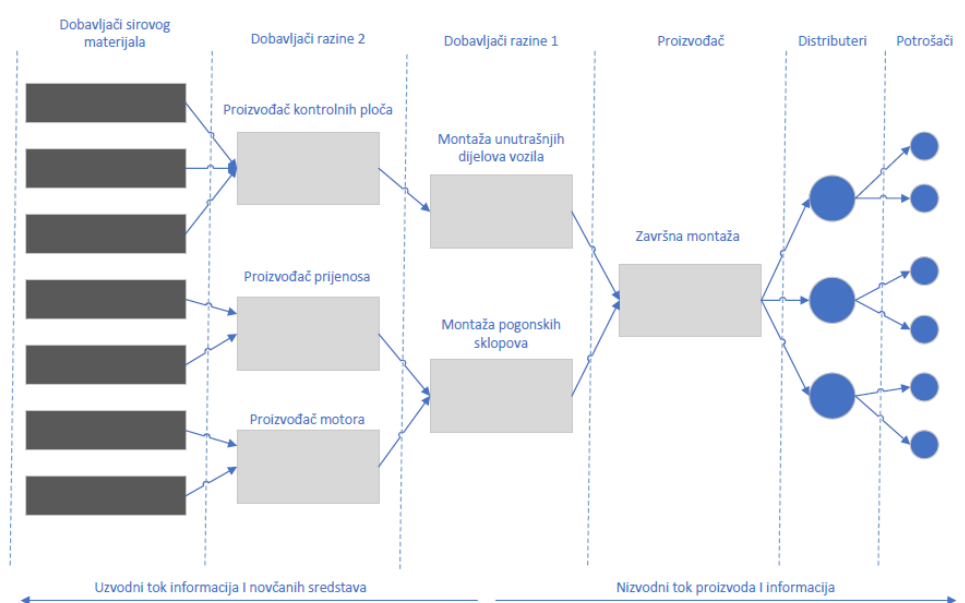
Integracija prijedloga poboljšanja dana je u šestom poglavlju. Određene su nove vrijednosti iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje kao osnova na temelju koje je moguće odlučiti isplati li se investirati u predložena poboljšanja procesa.

## 2. LANCI OPSKRBE I LOGISTIKA

U sklopu ovog poglavlja definira se relevantna terminologija koja omogućuje razumijevanje daljnjeg rada. Nastoji se staviti naglasak na širinu područja kojeg logistika pokriva te njezinu teorijsku složenost koja se javlja kao posljedica toga. Osim širine područja, teorijska složenost logistike posljedica je utjecaja različitih autora koji na različite načine definiraju terminologiju vezanu uz logistiku te utjecaj industrija i različitost procesa u kojima se logistika javlja. Za potrebe definiranja relevantne terminologije koristit će se više definicija raznih autora.

### 2.1. Lanac opskrbe

Svaki proizvod, bilo on sirovi materijal, poluproizvod, konačni proizvod ili informacija, u svojem životnom ciklusu prolazi kroz više aktivnosti i više organizacija koje mu pridodaju određenu vrijednost. To kretanje materijala od početnog dobavljača do krajnjeg korisnika može se definirati kao lanac opskrbe. Složeni proizvodi, poput automobila, sastoje se od velikog broja proizvoda koji se najčešće proizvode u specijaliziranim poduzećima jer se poduzeća često fokusiraju na proizvodnju specifičnih dijelova kako bi minimizirali svoje troškove. Pojednostavljeni prikaz dijela lanca opskrbe proizvođača automobila dan je slikom 2.1.



Slika 2.1 Dio lanca opskrbe proizvodnog poduzeća [1]

Tako se, na primjer, poduzeće 1 sa slike 2.1 fokusira na proizvodnju kontrolnih ploča za automobile, dok se poduzeće 3 fokusira na proizvodnju motora s unutarnjim izgaranjem. Svaki od tih poduzeća ima svoje dobavljače od kojih kupuje materijale za proizvodnju, te svoje kupce kojima prodaje svoje konačne proizvode. Proizvodi se često montiraju zajedno te čine veće sustave koji se potom ponovno preprodaju sve dok ne dođu do krajnjeg korisnika. Prema tome, može se zaključiti da lanac opskrbe uključuje kretanje materijala i informacija u dva smjera. Nizvodno kretanje materijala i informacija – od proizvođača do potrošača te uzvodno kretanje informacija i novčanih sredstava - od potrošača prema proizvođaču. Uzvodno i nizvodno kretanje materijala, proizvoda, sredstava i informacija ujedno znači postojanje lanca opskrbe.

Prethodi se paragraf može smatrati svojevrsnim generalnim objašnjenjem pojma lanca opskrbe s kojim se slaže većina autora što nije slučaj s postavljanjem točne definicije istog pojma. Različiti autori definiraju lanac opskrbe na različite načine koristeći se različitim terminima. Uzrok tome može se tražiti u velikom opsegu logistike pa se tako definicije razlikuju ovisno o industriji za koju se pojam logističkog lanca definira. Razlike se javljaju i zbog različitosti europskog i anglo-američkog shvaćanja logistike. Pojedini autori postavljaju i razliku prema smjeru kretanja materijala i sredstava pa se uvodi i dodatni termini kao vrijednosni lanac i lanac potražnje. Iz navedenih je razloga teško postaviti univerzalnu definiciju lanca opskrbe s kojom će se svi složiti, ali je na temelju danog generalnog objašnjenja i postojećih definicija, danih u nastavku, moguće izvući određene zaključke.

„Lanac opskrbe sastoji se od niza aktivnosti i organizacija kroz koje se ostvaruje kretanje materijala od početnog dobavljača do krajnjeg korisnika.“[1]

„Lanac opskrbe je skup od tri ili više kompanija direktno povezanih s jednim ili više uzvodnih i nizvodnih tokova proizvoda, usluga, financijskih sredstava i informacija od izvora do korisnika.“[2]

„Lanac opskrbe uključuje razne sudionike koji provode serije aktivnosti za ostvarivanje kretanja materijalnih dobara i usluga od točke njihova izvora to točke njihove potrošnje.“[3]

„Lanac opskrbe je globalna mreža korištena za dostavljanje proizvoda i usluga krajnjim korisnicima kroz projektirani kanal kojim se ostvaruje tok informacija, dobara i novčanih sredstava.“[4]



Na temelju danih definicija može se zaključiti da lanac opskrbe:

- Uključuje mrežu organizacija kroz koje se proizvod ili usluga kreće od točke izvora do točke potrošnje.
- Uzima u obzir aktivnosti koje se provode nad proizvodima unutar tih organizacija i generiraju im dodanu vrijednost.
- Uzima u obzir nizvodno i uzvodno kretanje proizvoda i informacija.

Termin usko povezan s lancem opskrbe te podjednako složen za definirati je pojam upravljanja lancem opskrbe. Kao posljedica velikog broja definicija lanca opskrbe javlja se i veliki broj definicija pojma upravljanja lanca opskrbe. Neke od njih dane su u nastavku.

„Upravljanje lancem opskrbe – eng. „Supply Chain Management (SCM)“ - obuhvaća planiranje i menadžment svih aktivnosti uključenih u opskrbu, pretvorbu i sve logističke aktivnosti. Uključuje kooperaciju i suradnju s partnerima u lancu (dobavljači, posrednici, pružatelji logističkih usluga, korisnici).“[5]

„Upravljanje lancem opskrbe - eng. „Supply Chain Management (SCM)“ - obuhvaća konstruiranje, planiranje, izvedbu, kontrolu i nadzor aktivnosti unutar lanca opskrbe s ciljem kreiranja dodane vrijednosti, uspostavljanja kompetitivne infrastrukture, iskorištavanja globalne logističke mreže, usklađivanje ponude i potražnje te mjerenja globalnog učinka.“[4]

„Upravljanje lancem opskrbe je funkcija odgovorna za upravljanje aktivnostima dostavljanja proizvoda, stvaranja informacija i generiranja dodatne vrijednosti za sudionike uključene u različite razine lanca opskrbe.“[3]

Može se zaključiti da upravljanje lancem opskrbe znači osiguravanje izvođenja svih aktivnosti unutar svih uključenih organizacija s ciljem ostvarivanja toka proizvoda od polazišta do odredišta na što efikasniji način.

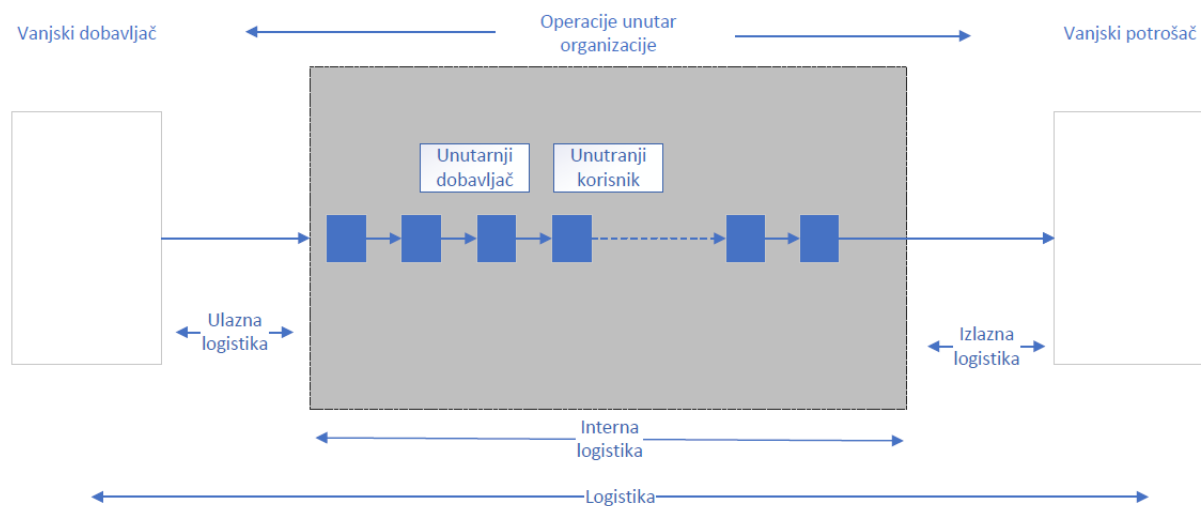
## 2.2. Logistika

Pojam uži od pojma upravljanja lancem opskrbe je pojam logistike koji se često poistovjećuje s logističkim menadžmentom. „Logistika je funkcija poduzeća odgovorna za kretanje materijala od dobavljača u organizaciju, kroz operacije unutar organizacije te od organizacije prema kupcu.“[1] S obzirom gdje se tok materijala ostvaruje razlikujemo više uloga logistike:

- Ulazna logistika.

- Izlazna logistika.
- Interna logistika.

Navedena podjela logistike prikazana je slikom 2.2



**Slika 2.2 Podjela logistike prema ulozi [1]**

Promatranjem slike jasno je da je logistika jednog poduzeća vrlo složen pojam, uključuje više odjela unutar poduzeća, dobavljače, kupce, a predstavlja samo dio lanca opskrbe. Kašnjenje u jednom logističkom procesu često ujedno znači i kašnjenje u drugim procesima poduzeća poput proizvodnje što potom utječe na rokove isporuke. Isto tako, pogreške koje se javljaju utječu na više uključenih strana te posljedice mogu osjetiti sva poduzeća u lancu opskrbe. Iz navedenih razloga vrlo je bitno imati dobro i jasno definirane logističke procese unutar poduzeća, ali i osigurati njihovu integraciju s procesima ostalih poduzeća u lancu opskrbe kako bi se ostvarili željeni tokovi materijala uz minimalne financijske, materijalne i vremenske gubitke.

Složenost logistike vidljiva je i s aspekta različitosti definicija, što je bio slučaj i u pojmu lanca opskrbe, gdje autori s različitih govornih područja prave razlike u pojmovima koji bi naizgled trebali biti isti. U nastavku su dane definicije pojma vezanih uz logistiku preuzetih iz engleskog i njemačkog govornog područja koji se često primjenjuju kao izvori u našoj literaturi.

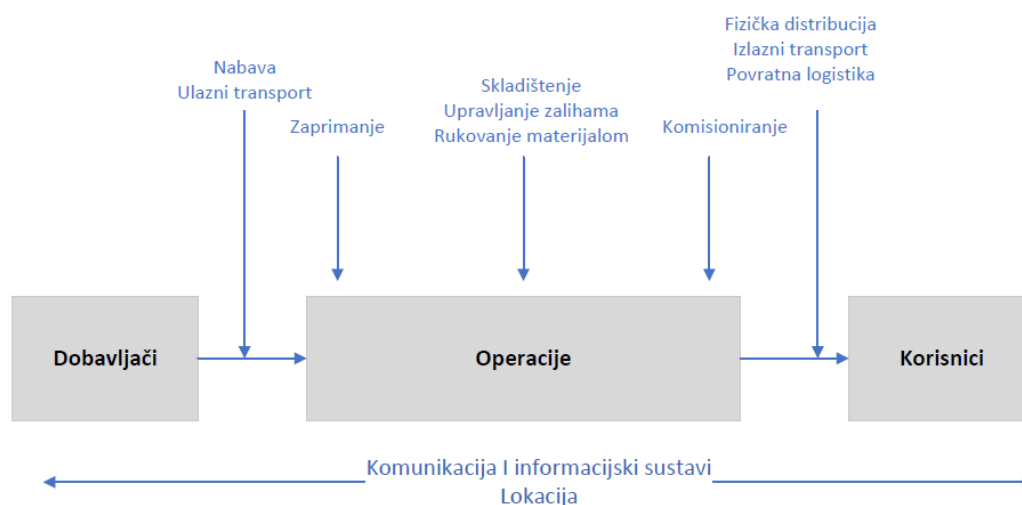
Autori s engleskog govornog područja izjednačavaju pojmove logistike i logističkog menadžmenta te uvode pojmove poput „Business logistics“ i „Engineering logistics“, dok istovremeno autori s njemačkog govornog područja rade razliku između logistike i logističkog

menadžmenta te koriste pojmove „Logistik management“ i „Technische Logistik“. Iako naizgled slični, pojmovi inženjerske logistike (eng. „Engineering Logistics“) i tehničke logistike (ger. „Technische Logistik“) nemaju iste definicije. „Tehnička logistika rješava tehničke probleme opskrbe materijalom i probleme tokova materijala u procesima izrade novih proizvoda u kojima se stvaraju nove vrijednosti“ dok „inženjerska logistika se bavi primjenom inženjerskih metoda za rješavanje logističkih problema.“ [6] U definiciji tehničke logistike istaknuti su problemi opskrbe i problemi tokova bez posebnog naglaska na metode koje se koriste, dok su u inženjerskoj logistici istaknute inženjerske metode, ali ne i logistički problemi koji se njima rješavaju. Razlike slične opisanim javljaju se i između termina gospodarska logistika („Business logistics“) i logistički menadžment („Logistik management“). Ne slaganje u teorijskom dijelu još je jedan dokaz složenosti područja.

U nastavku rada autor će se osloniti na izvore s engleskog govornog područja pa rad usvaja nazivlje s engleskog govornog područja („Business logistics“ i „Engineering logistics“) te ne radi razliku između pojmova logistike i logističkog menadžmenta.

### 2.3. Logističke aktivnosti

Logistika je, kao što je prikazano slikom 2.2, u nekom obliku prisutna u većini procesa poduzeća. Ta prisutnost logistike u različitim procesima se naziva logistička aktivnost. Logističke aktivnosti, prema autoru [1], su: nabava, transport, zaprimanje, skladištenje i komisioniranje, upravljanje zalihama, rukovanje materijalom, fizička distribucija, povratna logistika, lokacija te komunikacija i informacijski sustavi. No kao i su slučaju drugih pojmova u području logistike, drugi autori daju i drugačije druge podjele. Prikaz djela logističkih aktivnosti dan je slikom 2.3.



Slika 2.3 Logističke aktivnosti [1]

Različita poduzeća na različite načine koordiniraju svoje logističke aktivnosti. Na koji se način izvode pojedine logističke aktivnosti i tko je za njihovo adekvatno izvođenje odgovoran definirano je interno unutar svakog poduzeća i često ovisi o strukturi poduzeća.

Do sad definirani pojmovi lanca opskrbe, logistike, logističkih aktivnosti mogu se sažeti ovim odlomkom. Logistika ili logistički menadžment dio je upravljanja lancem opskrbe, a sastoji se od više logističkih aktivnosti. Poboljšavanje logistike poduzeća složen je proces jer je potrebno poboljšati svaku od aktivnosti zasebno, te ih potom integrirati u funkcionalnu cjelinu pri čemu je potrebno uzimati u obzir i logističke procese dobavljača i kupaca kao dio lanca opskrbe.

Iako u ovom radu neće biti naglasak na lancu opskrbe niti upravljanju lancem opskrbe dane su njihove definicije kako bi se naglasila razlika između pojmova lanca opskrbe i njegova upravljanja te logistike i logističkih aktivnosti koje će se u sklopu ovog rada analizom i prijedlozima nastojati poboljšati. Nadalje definiranjem pojmova lanca opskrbe i upravljanja lancem opskrbe ističe se širina područja koje logistika pokriva i složenost procesa njihove optimizacije. Teorijski opisi logističkih aktivnosti čije će se poboljšavanje razmatrati u sklopu ovog rada dani su u nastavku.

### **2.3.1. Skladištenje i komisioniranje**

„Skladištenje je logistička aktivnost s osnovnom zadaćom čuvanja materijala do trenutka dok nije potreban, komisioniranja, pripreme i raspodjele materijala internim ili eksternim korisnicima. Aktivnosti skladištenja nisu samo čuvanje robe već se sastoje i od odabira izvedbe skladišta, određivanja prostornog rasporeda, upravljanje i optimizacija operacija unutar skladišta i slično.“[6]

Uz aktivnost skladištenja veže se pojam skladišta. Skladišta su mjesta čuvanja zaliha. Zalihe se mogu stvarati na različitim mjestima unutar poduzeća i kao rezultat izvođenja različitih procesa. Nabava kupnjom materijala ili proizvoda koji odmah ne ulazi u daljnji proces stvara zalihi. Proizvodi su često rezultat izvođenja različitih operacija između kojih se može javiti čekanje, a za vrijeme čekanja poluproizvode potrebno je negdje uskladištiti. Često se proizvode količine proizvoda veće od trenutno potrebnih zbog stvaranja tzv. sigurnosne zalihe koje omogućuju brzu reakciju u slučaju povećane potražnje, ali zahtijevaju skladištenje i troše skladišne kapacitete.

Stvaranje zaliha na različitim mjestima u poduzeću uvjetuje postojanje i više skladišta unutar poduzeća koji se, prema vrsti materijala koje skladište, mogu podijeliti na [7]:

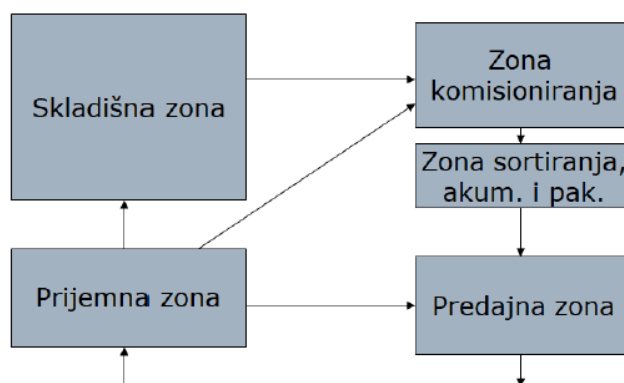
- Skladište sirovog materijala.
- Skladište gotovih proizvoda.
- Skladišta alata i naprava.
- Skladišta poluproizvoda.
- Skladištenje dijelova za održavanje.

Vrsta proizvoda koja se skladišti jedan je od utjecajnih faktora koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja i konstruiranja sredstava u skladištu kao i prilikom projektiranja proizvodnih procesa. Lokacija, prostorni raspored, željeni kapacitet, način upravljanja zalihama, način rukovanja materijalom, skladišna sredstva, transportna sredstva, karakteristike proizvoda koji se skladišti, vodeće vrijeme, željena razina automatizacije su neke od varijabli koje je utječu na projektiranje skladišta i skladišnih procesa te ih je stoga potrebno razmatrati. Određivanjem navedeni varijabli nastoji se u fazi projektiranja što detaljnije definirati skladište sa strane tehnologije, konstrukcije, organizacije, građevine, upravljanja te pomoćne i dodatne skladišne opreme. Cilj je u fazi razvoja razmotriti što veći broj mogućnosti kako bi, u slučaju implementacije tog idejnog rješenja, zadovoljili sve definirane zahtjeve uz minimalne troškove. Međutim, kao što je opisano u prethodnom poglavlju, skladište odnosno aktivnost skladištenja samo je jedna od logističkih aktivnosti. Stoga, nije dovoljno promatrati skladišta sama za sebe već ih je potrebno promatrati s aspekta logistike poduzeća, ali i cjelokupnog lanca opskrbe. Potreba za integriranjem svih logističkih aktivnosti razlog je složenosti optimizacije logističkih procesa. Kratka objašnjenja nekih od prethodno spomenutih varijabli relevantnih za projektiranje skladišta i skladišnih procesa dani su u nastavku.

### 2.3.1.1. Prostorni raspored – „Layout“

Definiranje prostornog raspored jedna je od najbitniji odluka prilikom projektiranja skladišta zbog svojeg utjecaja na daljnje odvijanje ostalih logističkih aktivnosti. Većina klasičnih skladišta je podijeljeno po zonama, pa se tako razlikuju prijemna zona, skladišna zona, zona za komisioniranje i zona za izdavanje. Skladišta se koriste za skladištenje različitih materijala koji se komisioniraju na različite načine u različitim vremenskim ciklusima zbog čega nije nužno da sva skladišta sadrže sve definirane zone. Isto tako, skladišta ne moraju biti

izvedena kao zasebne lokacije već se ovisno o potrebi skladišni sustavi integriraju s proizvodnim sustavima s ciljem smanjenja ciklusa proizvodnje. Integracija proizvodnog i skladišnog sustava na istoj lokaciji svakako utječe na prostorni raspored u kojem je, često uz skladišni sustav, potrebno predvidjeti raspored stroja i druge proizvodne opreme. Može se zaključiti da ne postoji univerzalan prostorni raspored skladišta već je on individualan za svako poduzeće. Prostorni raspored skladišnog sustava, naglašavajući osnovni tijek materijala i princip optimizacije istog minimizacijom povrata, u tzv. U obliku, kada su prijemi i izdavanje na istoj strani objekta, prikazan je slikom 2.4.



**Slika 2.4 Teorijski prostorni raspored skladišta [8]**

Raspored zona u skladištu utječe na izgled logističkih procesa, definira potrebnu opremu za izvođenje skladišnih operacija, utječe na vrijeme uskladištenja i komisioniranja proizvoda te utječe na efikasnost i točnost cijelog procesa.

#### 2.3.1.2. Skladišna sredstva

Raznovrsnost i brojnost poduzeća te širok spektar različitih materijala koji se koriste u industriji neki su od razloga postojanja različitih skladišnih sustava. Skladišni se sustavi iz tog razloga nastoje klasificirati prema raznim kriterijima. Autor [7] klasificira skladišne sustave s obzirom na sljedeće kriterije: vrsta i značajke materijala, stupanj razvoja skladišnog sustava, strategija odlaganja materijala, model organiziranja, značajke građevinskog objekta, glavna zamisao izvedbe objekta, tehnologija skladištenja, pripadnost funkciji poduzeća, vrsta toka materijala u skladištu, vrsta sredstava za skladištenje, zadatak u proizvodnom sustavu, značajke jedinica skladištenja, rješenja zaštite. Dalje će se razmatrati kriterij vrste sredstava za skladištenje s obzirom na njegovu relevantnost za ovaj rad.

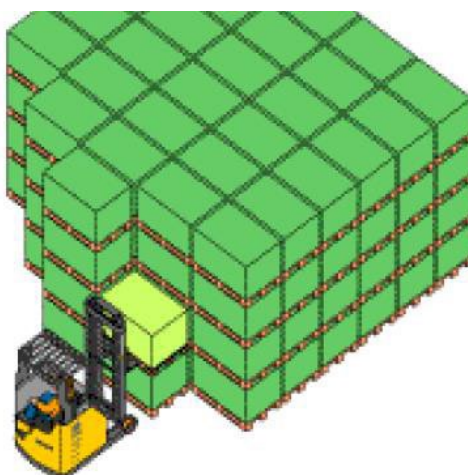
Skladišta se prema korištenim sredstvima dijele na [7]:

- Skladišta bez sredstava za skladištenje – podna skladišta.

- Skladišta sa sredstvima za skladištenje – regalna skladišta.

pri čemu regalna skladišta mogu biti izvedena s pokretnim i nepokretnim regalima.

Podna skladišta karakterizira odlaganje materijala na izravno na pod. Materijali se mogu odlagati u sanducima, na paletama ili u slučaju komadnog materijala izravno na pod. Ovisno o načinu odlaganja materijala koriste se i odgovarajuća transportna sredstva.



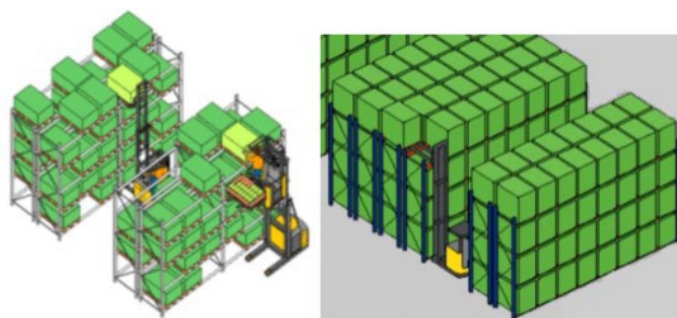
**Slika 2.5 Podno skladište s paletom kao sredstvom jediničnog tereta [6]**

Za nastavak rada bitno je napomenuti da je odlaganje komadnog materijala izravno na pod, bez upotrebe paleta ili sanduka, najmanje racionalan način skladištenja. U takvom je slučaju pristup pojedinim materijalima ograničen, manipulacija materijalom praktički uvijek ograničena na ručnu manipulaciju, a ne postoji ni mogućnost iskorištenja prostora po visini. Glavna prednost podnog skladišta su niski investicijski troškovi te stoga može poslužiti kao dobro privremeno rješenje.

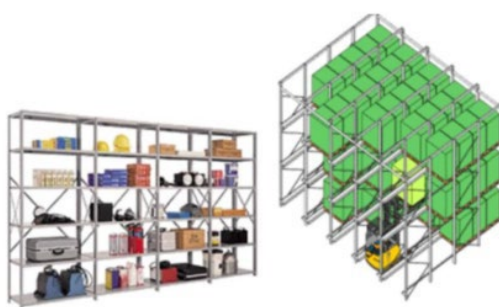
Za skladištenje komadnih proizvoda češće od podnih se primjenjuju regalna skladišta. Glavna karakteristika regalnih skladišta je korištenje regala za odlaganje robe koji prema [6], mogu biti izvedeni kao: paletni regali, paletni regali dvostruke dubine, polični regali, ladičari, prolazni regali, prijevozni regali, protočni regali, konzolni regali, karuseli i vertikalni podizni moduli.

Paletni regali jednostruke i dvostruke dubine te polični i prolazni regali najčešće su u potpunosti neautomatizirane izvedbe skladišta koje funkcioniraju na principu čovjek robi. Komisioniranje materijala iz tako oblikovanih skladišnih sustava zahtjeva fizički pristup čovjeka robi što ograničava broj ciklusa komisioniranja koje operater može odraditi, ali i povećava potrebnu površinu i time smanjuje iskoristivost prostora. Ovisno o izvedbi

jediničnog tereta i visini skladištenja zahtjeva korištenje transportnih sredstava poput viličara. Prikaz opisanih sustava dan je slikom 2.6 i slikom 2.7.

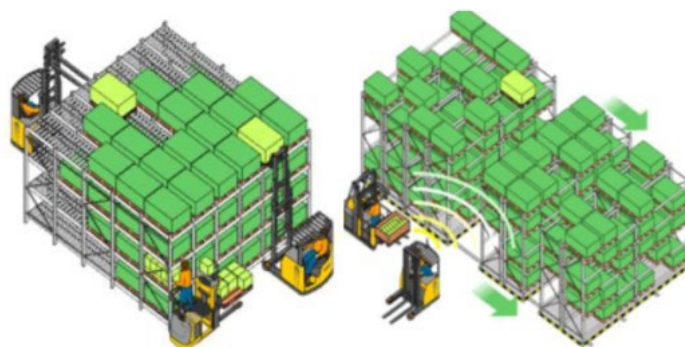


**Slika 2.6** Paletni regali jednostruke dubine (lijevo) i dvostruke dubine (desno) [6]



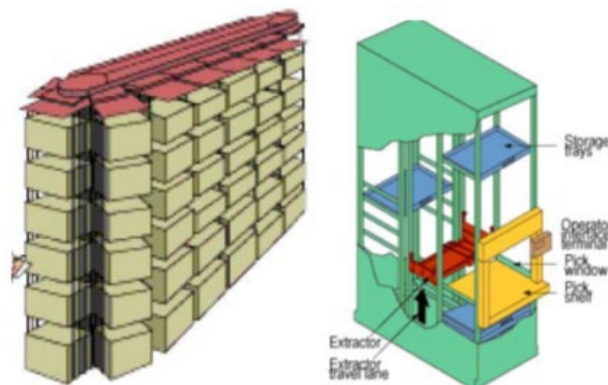
**Slika 2.7** Polični regali (lijevo) i prolazni regali (desno) [6]

Slika 2.8 i slika 2.9 prikazuju protočni i prijevozni regali te karusel i vertikalni podizni modul koji se mogu smatrati skladišnim sredstvima s povećanim stupnjem automatizacije. Povećani stupanj automatizacije kod prikazanih sredstava skladištenja očituje se u dinamičkom kretanju dijelova regala ili u kretanju materijala za čije ostvarivanje nije nužno potreban operater te se istima može, osim od strane operatera, upravljati i integriranim sustavom.



**Slika 2.8** Protočni regali (lijevo) i prijevozni regali (desno) [6]





**Slika 2.9 Karusel (lijevo) i vertikalni podizni modul (desno) [6]**

Dinamičkim kretanjem materijala ostvaruje se princip rada roba čovjeku što skraćuje vrijeme komisioniranja te povećava broj ciklusa koje operater može odraditi. Kretanje skladišnih lokacija povećava iskoristivost prostora jer nije potreban pristup svim jediničnim teretima već samo definiranom mjestu komisioniranja. Protočni i prijevozni regali češće se koriste za skladištenje materijala koji je postavljen na palete ili sanduke pri čemu se za komisioniranje s većih visina primjenjuju transportna sredstva poput visokopodiznog viličara komisionera. Prednost vertikalnih podiznih modula u odnosu na regale je u tome da iskorištava visinu prostora i tako smanjuje potrebnu površinu za skladištenje, ali istovremeno za komisioniranje ne zahtijeva primjenu transportnih sredstva jer funkcionira po principu roba čovjeku. Vertikalni podizni moduli izvedeni su jednim ili više otvora za komisioniranje do kojeg dolaze police s teretima čime je omogućeno njihovo komisioniranje. Nedostatak sredstava s povećanim stupnjem automatizacije je potreba za većom početnom investicijom.

### **2.3.2. Rukovanje materijalom**

„Rukovanje materijalom je logistička aktivnost koja ostvaruje tokove materijala unutar poduzeća, između operacija unutar pogona, između pogona, unutar skladišta, od skladišta do pogona i obrnuto. U užem smislu svoje definicije rukovanje materijalom podrazumijeva unutrašnji transport, dok u širem smislu podrazumijeva transportnu tehniku kroz transportna sredstva, skladišnu tehniku kroz skladišna sredstva te tehniku pakiranja.“[6] Kako su skladišna sredstva već objašnjena u sklopu logističke aktivnosti skladištenja i komisioniranja, glavni fokus ovog dijela rada će biti transportna sredstva, a s obzirom na povezanost skladištenja i rukovanja materijalom razmatranje će se ograničiti na transportna sredstva u skladištu.

„Transportna sredstva u skladištu mogu se grupirati prema vrsti materijala za koje se koriste, postojanosti toka materijala, tehnologiji skladištenja, zadaći u skladišnom procesu, vrsti pogona, stupnju automatizacije i izvedbi skladišta. Isto tako transportna sredstva mogu biti izvedena kao motorna vozila, ručna vozila, granici, sredstva za neprekidni tok materijala te automatizirana transportna sredstva.“[7]

Osnovno podjelom transportnih sredstava smatrat će se podjela transportnih sredstava s obzirom na tok materijala prema kojoj se razlikuju sredstva prekidnog transporta te sredstva neprekidnog transporta. Koja će se grupa sredstava primjenjivati u poduzećima ovisi o toku materijala kojeg je potrebno ostvarit. Potreba za manjim protocima kada ciklus izvođenja operacija transporta nije kritičan dio procesa sugerira primjenu sredstava prekidnog transporta. Drugi je slučaj kada proces zahtjeva veliki protok robe uz što kraći ciklus, pri čemu je transportni proces identificiran kao usko grlo procesa. U takvim slučajevima jedno od mogućih rješenja su sustavi neprekidnog toka. Za funkcioniranje oba sustava moraju biti ispunjeni određeni preduvjeti uvjetovani prostornim rasporedom i skladišnim sredstvima.

### 2.3.2.1. Sredstva prekidnog transporta

Glavna karakteristika sredstava prekidnog transporta je rad u ciklusima. U ovu grupu sredstava mogu se, prema [9], svrstati jednostavni transportni uređaji (dizalice, vitla, ručna hidraulička kolica), granici (konzolni, mosni, portalni, ovjesni, granik viličar, pretovarni mostovi), podna industrijska vozila (ručna kolica i ručni viličari, motorna kolica i motorni viličari) i ostala vozila.

Jednostavni transportni uređaji, poput prikazanih na slici 2.10, omogućuju podizanje tereta na relativno male visine pa se primjenjuju za rukovanje teretom na radnim mjestima.



Slika 2.10 Jednostavni transportni uređaji [6]

Granici su uređaji koji omogućuju podizanje tereta, prijenos tereta te spuštanje tereta po varijabilnim putanja pri čemu su visine podizanja veće nego visine podizanja ostvarive jednostavnim transportnim uređajima. U pravilu su visine podizanja ograničene visinama objekta unutar kojih se transport ostvaruje. Slika 2.11 s lijeva na desno prikazuje konzolni, mosni i portalni granik koji se međusobno razlikuju po konstrukciji, području rada, ali i nosivosti.



**Slika 2.11** Razne izvedbe granika [6]

Granici se u primjenjuju kada tok materijala kojeg je potrebno ostvariti i vremenski ciklus ne opravdavaju investiciju u sredstva neprekidnog toka. Prednost ovih sredstava je to što se transport robe odvija na većim visinama što osigurava slobodu transportnih puteva drugim transportnim sredstvima. Nedostatak su, ovisno o izvedbi granika, potrebe za određenim preinakama u postojećim proizvodnim pogonima koje nije uvijek moguće ostvariti. Fleksibilnost koju ova sredstva daju manja je nego u slučaju transportnih vozila.

Podna transportna sredstva najčešće su korištena transportna sredstva zbog svoje fleksibilnost u putanjama koje mogu ostvarivati. Glavna podjela ovih sredstava je na ručna transportna sredstva poput kolica i ručnih viličara te na motorna transportna sredstva poput motornih kolica i viličara. Ručna transportna sredstva koriste se pri transportu tereta manje mase na manje udaljenosti, dok se motorna transportna sredstva primjenjuju za veće mase i transport na veće udaljenosti.

Odabir ručnih sredstava između ostalog ovisi o jediničnom teretu koji se transportira. Ako je riječ o komadnom jediničnom teretu koji se ne skladišti na palete ili sanduke kao sredstvo moguće je odabrati ručna kolica, dok je u slučaju transporta cijelih paleta ili sanduka povoljnije odabrati ručni viličar. Slika 2.12 prikazuje ručna kolica i najčešću izvedbu ručnog viličara.



Slika 2.12 Ručna kolica (lijevo) i ručni viličar (desno) [6]

Od motornih transportnih sredstava u industriji prevladavaju viličari kojima se osim prijevoza robe odrađuju operacije poput pretovara i naslagivanja. S obzirom na potrebu za rukovanjem širokog spektra različite robe postoje različite izvedbe viličara. Viličari se mogu klasificirati s obzirom na vrstu pogona, ali i prema tipu izvedbe. S obzirom na brojnost izvedbi u nastavku su prikazane samo neke. Slika 2.13, s lijeva na desno od gore prema dolje, prikazuje redom čeonu viličaru, bočnu viličaru, niskopodizni električni viličar, viskopodizni viličar i visokoregalni viličar.



Slika 2.13 Razne izvedbe viličara [6]

Koji viličar odabrati kao transportno sredstvo ovisi o namjeni viličara, izvedbi skladišnog sustava, ali i vrsti materijala kojom se rukuje. Tako na primjer, u slučaju korištenja viličara isključivo za transport robe koje se skladišti u podnom skladištu može primjenjivati električni niskopodizni viličar, dok se u slučaju potrebe za preslagivanjem i naslagivanjem robe na veće visine mogu koristiti regalni i visokoregalni viličari.

#### 2.3.2.2. *Sredstva neprekidnog transporta*

Suprotno sredstvima prekidnog transporta, sredstva neprekidnog transporta karakterizira kontinuirani transport materijala. Za transport različitih materijala koriste se različite izvedbe koji se ponovno mogu klasificirati s obzirom na različite kriterije. Autor [9] klasificira sredstva s obzirom na: postojanost pogona (sredstva s pogonom i sredstva bez pogona), položaj u prostoru, prema zadaći (transportni, tehnološki i rasporedni), prema vrsti materijala kojeg transportira (sipki materijal i komadni materijal) i prema elementima kojima se materijal prenosi.

U pravilu kada se govori o sredstvima neprekidnog transporta misli se na konvejeje. Ovisno o elementima koji se koriste za prenos materijala konvejejeri mogu biti: trakasti, valjčani, ovjesni, lančani, člankasti, a prema principu kretanja materijala mogu biti izvedeni kao magnetni, vibracijski, pneumatski, hidraulični i klizni. Slika 2.14, s lijeva na desno od gore prema dolje, prikazuje redom trakasti konvejer, valjčani konvejer, lančani konvejer i člankasti konvejer.



**Slika 2.14** Različite izvedbe konvejera [6]

Glavni kriterij odabira konvejera je vrsta materijala kojeg se transportira. Primjerice za transport sipkog materijala najčešće se koriste različite izvedbe trakastog konvejera, dok se za transport komadnog materijala češće koristi valjčani konvejer.

Osim samostalno konvejeri se mogu povezivati u veće sustave konvejera za ostvarivanje složeniji tokova materijala, a mogu se kombinirati i s ostalim transportnim sredstvima te integrirati u postojeće procese. Konvejere karakterizira manja fleksibilnost od svih do sad prikazanih transportnih sredstava s obzirom da su vezani na poziciju na mjestu postavljanja. Unatoč tome postoje i izvedbe prijenosnih konvejera kod kojih je fleksibilnost ipak veća.

Hoće li se neko poduzeće odlučiti za konvejer kao sredstvo transporta materijala i robe između lokacija ovisi ponajviše o protocima i vremenski ciklusima koje je potrebno ostvariti. Ako protoci i vremenski ciklusi transporta ne predstavljaju usko grlo procesa te se drugim, prethodno prikazanim, transportnim sredstvima oni mogu ostvariti tada je, s obzirom na veću fleksibilnost transportnih sredstava prekidnog transporta te redovitu manju potrebnu investiciju, logičnije njih odabrati kao rješenje.

### 3. OPIS PROCESA PROMATRANOG PODUZEĆA

U prošlom je poglavlju dan teorijski opis logističkih aktivnosti pri čemu je naglasak stavljen na aktivnosti skladištenja i rukovanja materijalom. Definirane su informacije koje je potrebno poznavati u fazi projektiranja logističkih procesa poduzeća, te je dan kratak pregled raspoloživih skladišnih i transportnih sredstava.

U realnim uvjetima potrebne informacije ne postoje uvijek, posebice u poduzećima u fazi razvoja koja se temelje na projektima. Temeljenje na projektima od poduzeća iziskuje dobro planiranje u vidu proizvodnih kapaciteta, ali i u logističkom smislu jer u suprotnom dobivanje novih projekta može utjecati na izvodljivost trenutnih što nikako nije prihvatljivo. Drugi ograničavajući faktor je to što poduzeća u fazi razvoja često nemaju pristup željenom prostoru već su proizvodni pogoni i skladišta improvizirani prostori kojima to nije prvobitna namjena.

Usljed nedostatka informacija, konstantnog širenja poduzeća te nedostatka prostora, u jednu ruku je logično da procesi, među kojima su i logistički, nisu optimirani. Kada procesi interne logistike postanu uskog grlo proizvodnje, a obradni strojevi imaju viška kapaciteta jasno je da je potrebno unaprjeđenje logističkih aktivnosti. Upravo prethodna rečenica opisuje stanje u poduzeću Bugatti Rimac kada je u pitanju proces obrezivanja karbonskih dijelova.

U sklopu ovog poglavlja, a s ciljem razumijevanja procesa proizvodnje karbonskih dijelova, njegovog načina izvođenja u promatranom poduzeću te problema koji nastaju, dan je pregled uobičajenog procesa od dizajna do konačnog proizvoda u obliku dijagrama toka. Dijagram toka informativnog je karaktera te ne obuhvaća sve moguće slučajeve u realnim uvjetima proizvodnje i odnosi se na promatrano poduzeće. Njime se nastoji istaknuti koji se dio cjelokupnog procesa proizvodnje karbonskih dijelova ovim radom analizira te se nastoji poboljšati. U tu su svrhu u sklopu poglavlja opisani predmet obrezivanja, obradni centar na kojem se odvija proces obrezivanja te stezne naprave koje se pri tome koriste kao glavni dijelovi promatranog procesa koji zahtjeva unaprjeđenje logističkih aktivnosti.

#### 3.1. Generalni pristup procesu proizvodnje karbonskih dijelova

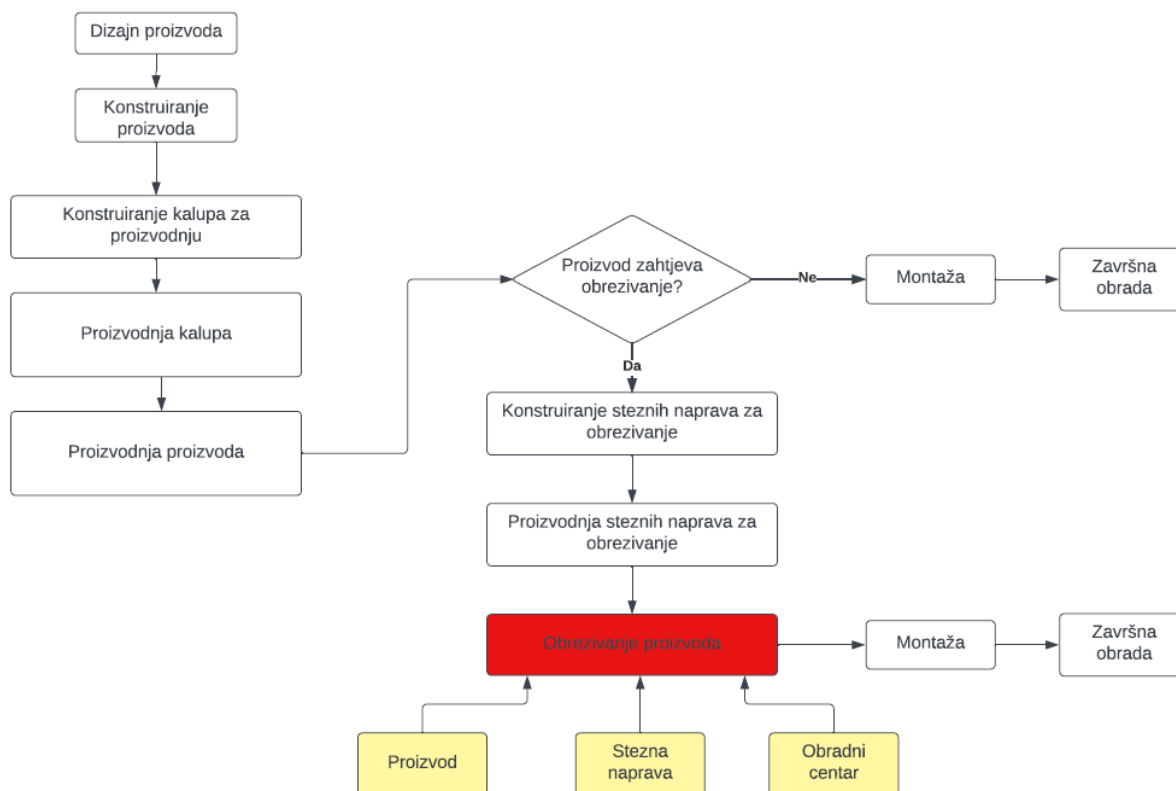
Ciklus proizvodnje započinje dizajniranjem proizvoda pri čemu je za njegov vizualni izgled zadužen odjel dizajna, dok je za njegovu funkcionalnost zadužen odjel inženjeringa. U ovim inicijalnim fazama razvoja proizvoda, proizvod prolazi kroz različite iteracije dok

njegov izgled i funkcionalnost ne budu zadovoljavajući. U ovim se fazama provode i različite analize kojima je cilj utvrditi da proizvod ispunjava svoju funkciju te da je kao takav proizvediv uz što manje troškove proizvodnje.

Nakon završetka faza dizajna i konstruiranja proizvoda slijedi faza konstruiranja kalupa za njegovu proizvodnju za koji je zadužen odjel proizvodnog inženjerstva. Konstruirani se alat koristi za proizvodnju proizvoda. Proizvodnja se u velikom broju karbonskih proizvoda odrađuje unutar poduzeća u za to specijaliziranim pećima pod odgovarajućom temperaturom i tlakom koristeći se konstruiranim i proizvedenim kalupima. Nakon inicijalne faze proizvodnje proizvoda utvrđuje se ispravnost kalupa, odnosno provjerava se daje li kalup proizvode odgovarajuće geometrije i tražene kvalitete. Također se određuje postoji li potreba za procesom obrezivanja. Ako potreba za procesom obrezivanja ne postoji, već proizvod dobiven iz kalupa ima sve geometrijske značajke te odgovarajuću kvalitetu, slijedi faza montaže te završne obrade. U suprotnom, ako je potrebna faza obrezivanja, tada odjel proizvodnog inženjerstva konstruira potrebnu steznu napravu. Nakon proizvodnje stezne naprave može se krenuti u obrezivanja karbonskog proizvoda. Proces obrezivanja proizvoda kao ulaz zahtjeva proizvod dobiven iz kalupa, obradni centar na kojem će se obrezivanje provesti te stezne naprave koje će se u tu svrhu koristiti. Po završetku obrezivanja proizvod se po potrebi koristi u procesima montaže te se šalje na proces završne obrade.

Opisani proces proizvodnje od dizajna do gotovog proizvoda može se prikazati u obliku dijagrama toka. Na dijagramu tok, prikazanog slikom 3.1, istaknut je proces obrezivanja proizvoda te ulazi potrebni za izvođenje istog kao proces koji će se analizirati u daljnjem radu.





Slika 3.1 Dijagram toka inicijalne proizvodnje karbonskih proizvoda

### 3.2. Proces obrezivanja u poduzeću

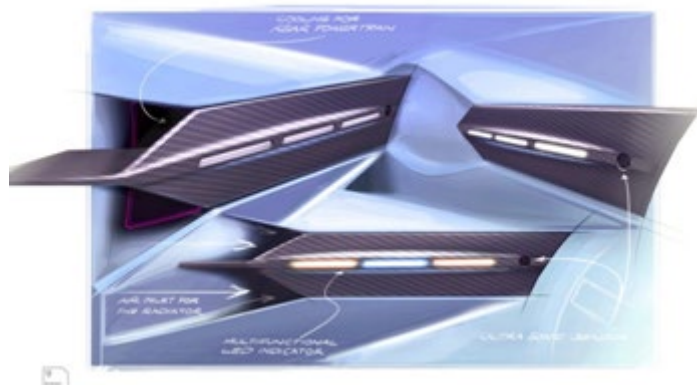
Proces obrezivanja faza je koja slijedi nakon faze formiranja proizvoda. Procesom obrezivanja s obratka se uklanjaju oštri, neujednačeni rubovi koji nastaju kao posljedica faze formiranja u aluminijskim kalupima. Tek se nakon procesa obrezivanja dobiva konačna geometrija proizvoda. Bitno je napomenuti i kako ne zahtijevaju svi karbonski dijelovi proces obrezivanja kao fazu svoje proizvodnje već potreba za obrezivanjem ovisi o geometrijskim značajkama proizvoda poput provrta, utora, zahtijevanim tolerancijama, željenoj kvaliteti površine, te o mogućnostima ostvarivanja istih u inicijalnoj fazi formiranja proizvoda. Navedeno je vidljivo i u prikazanom dijagramu toka.

Proces obrezivanja promatrat će se s aspekta predmeta obrezivanja (proizvoda), stroja na kojem se sam proces obrezivanje izvodi (obradnog centra) te korištenih steznih naprava koji predstavljaju ulaze potrebne za izvođenje istog.

### 3.2.1. Predmet obrezivanja

Predmet obrezivanja su kompozitni dijelovi čija su ojačala kontinuirana ugljična vlakna, a proizvode se u specijalnim pećima, korištenjem aluminijskih kalupa, zagrijavanjem na određenu temperaturu i tlak. Uslijed takvog proces formiranja proizvodi u velikom broju slučajeva imaju oštar i neujednačen rub te zahtijevaju proces obrezivanja. S obzirom da se proces obrade odvija na predmetima obrezivanja u daljnjem će se radu isti nazivati i obratcima.

Karbonske dijelove promatrano poduzeće koristi kao sastavne dijelove automobila i to kao strukturalne dijelove tj. kao dijelove koje nose određeno opterećenje, ali i kao nestrukturalne dijelove odnosno dijelove koje ne nose opterećenje. Unatoč tome što ne nose nikakvo opterećenje pojedini dijelovi izrađeni su kao karbonski zbog privlačnog vizualnog izgleda, ali i male mase. Primjer dijela koji ne nose opterećenje, ali se izrađuju od karbona zbog vizualne privlačnosti je kravata Rimac Nevere prikazana na slici 3.2.



Slika 3.2 Kravata Rimac Nevere [10]



Slika 3.3 Monokok Rimac Nevere [10]

Istovremeno, monokok, prikazan slikom 3.3., koji je glavni strukturalni dio automobila Rimac Nevere također je izrađen od karbona zbog njegovih dobrih mehaničkih svojstava te male mase.

Usporedbom prethodnih slika primjećuje se da poduzeće koristi karbonske dijelove za ispunjavanje različitih funkcija automobila te su shodno tome, oni različitih oblika, dimenzija i masa te su velikog broja. Navedene razlike svakako utječu na proces obrezivanja u vidu korištenih naprava, obradnih strojeva na kojima je samo obrezivanje moguće odraditi, vremena obrezivanja te stoga navedene karakteristike nije moguće zanemariti.

Shodno navedenom formiran je popis svih dijelova koji zahtijevaju obrezivanje uz naglašene vrijednosti dimenzija proizvoda i duljine linije obrezivanja. Popis je dan tablično u prilogu 1. Dimenzije proizvoda te duljina linije obrezivanja određena je na temelju CAD modela svakog od proizvoda, a koristit će se u daljem radu kao podloga za određivanje ciklusa obrezivanja. Iz tablice u prilogu 1. vidljivo je da postoje 123 karbonska dijela koji zahtijevaju obrezivanje nakon formiranja. Proizvodi su različitih dimenzija i duljine linije obrezivanja što ujedno označava i različitost njihove geometrije.

### **3.2.2. Obradni centar**

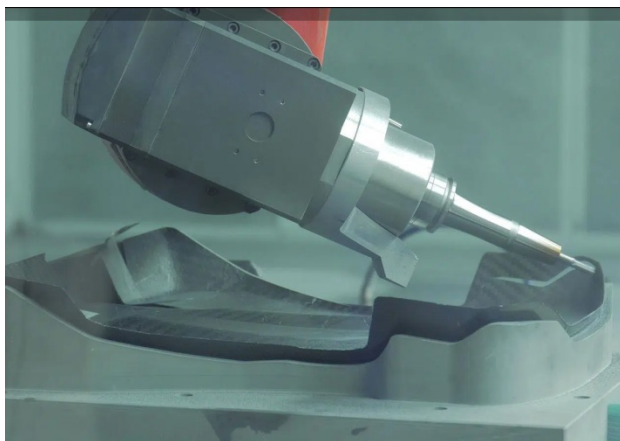
Operacije obrezivanja mogu se izvoditi kao procesi strojne obrade na glodačkim obradnim centrima, ali i kao procesi vodenog i laserskog rezanja. Unatoč većem broju tehnologija kojima se može odraditi obrezivanje obradaka, promatrano je poduzeće u glavnom ograničeno na obrezivanje procesom strojne obrade zbog karakteristika procesa vodenog i laserskog rezanja te karakteristika obradaka.

Vodeni mlaz te laserska zraka prilikom rezanja prodiru kroz cijeli obradak, a kako on najčešće nije dvodimenzionalan, već ima složenu geometriju u 3 prostorne osi primjena ovakvih postupaka bi ujedno značila odrezivanje čitavog dijela proizvoda umjesto obrezivanja njegovog rubnog dijela. Tehnologije vodenog i laserskog rezanja moguće je unatoč opisanom nedostatku primjenjivati u slučaju obrezivanja složenih geometrija s 3 osi, ali tada su potrebni dodatni roboti manipulatori koji će raditi sinkronizirano. Jedan manipulator koji manipulira s vodenim ili laserskim mlazom te drugi robot koji manipulira s obratkom. Kako je navedeno rješenje vrlo skupo te zahtjeva ponovno konstruiranje nekih od komponenti, u promatranom poduzeću, a tako i u ovom radu nije uzimano u obzir. Glavni fokus se stavlja na proces obrezivanja primjenom procesa strojne obrade.

Proces obrezivanja strojne obrade odvija se na glodačkim obradnim centrima, a s obzirom na geometriju i dimenzije proizvoda, istaknute u prilogu 1, potrebno je da obradni centar ispunjava sljedeće kriterije:

- Mogućnost obrade u 5 osi odnosno mogućnost obrade pod kutem.
- Dovoljno veliki hod stroja za obradu obradaka velikih dimenzija.
- Sustav ventilacije za odvodnju sitnih čestica koje se javljaju tijekom obrezivanja karbona te obrade kompozitnih materijala općenito.

Proces obrezivanja karbonskog obratka pod kutom na pet osnom glodačkom obradom centru prikazan je slikom 3.4.



**Slika 3.4 Obrezivanja karbona na pet osnom glodačkom obradnom centru [11]**

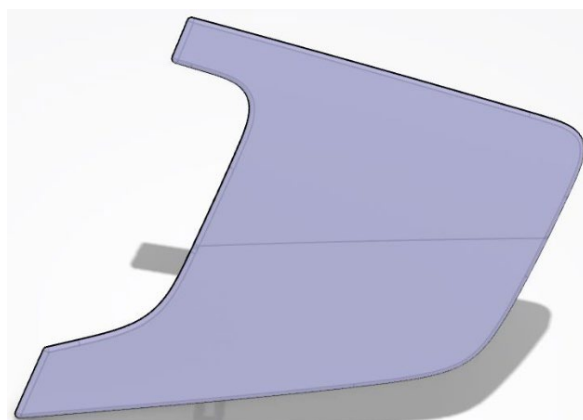
Primjer stroja koji ispunjava gore navedene kriterije potrebnog radnog hoda te mogućnosti obrade pod kutem je Belotti FLA 4026 obradni centar. Navedeni stroj, prikazan slikom 3.5, je specijaliziran za obradu i obrezivanje kompozitnih materijala, ima široku primjenu u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji te se koristi i u promatranom poduzeću za proces obrezivanja.



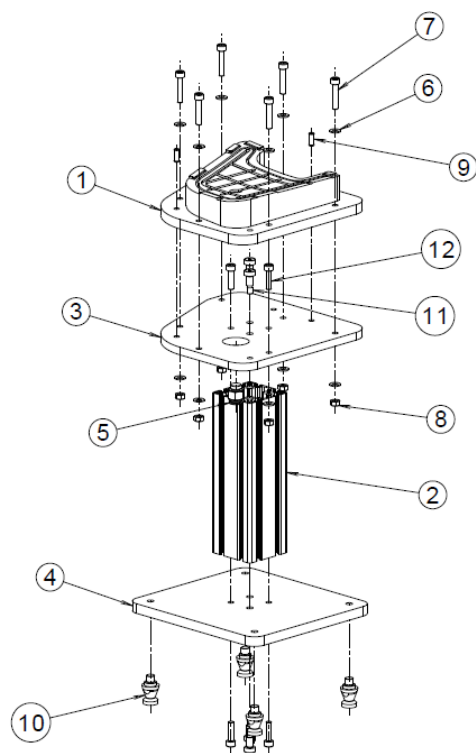
Slika 3.5 Belotti FLA 4026 pet osni obradni centar [11]

### 3.2.3. Stezne naprave

Za obrezivanje proizvoda na glodačkim obradnim centrima potrebno je, prije obrade, osigurati njihovo odgovarajuće stezanje. Kako su proizvodi, prikazani u sklopu priloga 1., karakterističnih geometrijskih oblika, primjena konvencionalnih steznih naprava poput škripaca, stega, t-vijaka i matica nije moguća. Stoga je u svrhu odgovarajućeg stezanja proizvoda potrebno konstruirati i stezne naprave koje svojom konturom prate konturu obratka. Primjer obratka na kojem se provodi proces obrezivanja dan je slikom 3.6, dok je njegova stezna naprava prikazana na slici 3.7.



Slika 3.6 Poklopac punjača Rimac Nevere



**Slika 3.7** Naprava za obrezivanje poklopca punjača

Mehanički se oblici stezanja, putem koncentrirane tlačne sile, u slučaju karbonskih dijelova izbjegavaju jer je riječ o proizvodima s tankom stijenkom. Koncentrirana tlačna sila ujedno bi značila i prisutnost mehaničkog dijela koji bi ograničavao pristup obratku tijekom procesa obrezivanja te samim time zahtijevao obradu u više faza čime se povećava vrijeme obrade, ali i smanjuje točnost. Iz navedenih se razloga umjesto mehaničkog stezanja koristi pneumatsko stezanje.

Pneumatsko se stezanje temelji na stvaranju podtlaka između obratka, prikazanog na slici 4.6, i pozicije 1 stezne naprave prikazane na slici 4.7. Iznos podtlaka je kontroliran jer prevelika razlika u odnosu na okolini, atmosferski, tlak može uzrokovati oštećenje obratka, dok premala razlika znači mogućnost pomicanja obratka tijekom obrade, a time i škartni proizvod. Kako bi se između proizvoda i navedene pozicije podtlak uopće mogao stvoriti nužno je da geometrija pozicije 1 prati geometriju obratka. Iz navedenog se da zaključiti da proizvodi različite geometrije za kvalitetno stezanje zahtijevaju različite naprave. Veliki broj proizvoda znači i veliki broj naprava.

Unatoč velikom broju naprava, točnije 123 naprave prema tablici iz priloga 1., sve konstruirane naprave funkcioniraju na isti, prethodno opisani način te se sastoje od pozicija koje obavljaju istu funkciju. Funkcije pojedinih pozicija steznih naprava dane su u tablici 3.1., a iste je

potrebno razumjeti kako bi se mogao odrediti optimalan proces skladištenja i manipulacije napravama čiji će se način izvođenja analizirati u daljnjem radu.

**Tablica 3.1 Funkcije pojedinih pozicija stezne naprave**

Pozicija	Funkcija
<b>1</b>	Pozicija koja svojom gornjom površinom prati geometriju obratka. U vanjskom kanalu pozicije nalazi se brtva koja, zajedno s geometrijom proizvoda omogućuje stvaranje podtlaka čime je osigurano kvalitetno stezanje obratka.
<b>2</b>	Ekstrudirani aluminijski profil kojim se dobiva potrebna visina obratka na stroju. Potrebno zbog ograničenja stroja u vidu mogućnost obrade pod kutem proizvoda koji se nalaze direktno na stolu stroja.
<b>3</b>	Pozicija koja omogućuje povezivanja pozicije 1 na poziciju 3. Služi kao svojevrsni adapter. Poziciju 1 nije moguće povezati direktno na poziciju 3 jer se lokacija provrta na ekstrudiranom profilu poklapa s lokacijom pozicije 1.
<b>4</b>	Pozicija koja omogućuje prihvat stezne naprave na stroj.
<b>5</b>	Prihvat za izvor podtlaka
<b>6,7,8</b>	Podloška , vijak i matica za povezivanje pozicije 1 i pozicije 3
<b>9</b>	Svornjak za osiguravanje točnosti pozicije 3 u odnosu na poziciju 1
<b>10</b>	Pinovi za pozicioniranje naprave na stroj.
<b>11,12</b>	Vijci za povezivanje pozicije 1 s ostatkom stezne naprave

#### **4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SKLADIŠTENJA I RUKOVANJA STEZNYM NAPRAVAMA**

U prošlom je poglavlju dan prikaz generalnog pristupa proizvodnji karbonskih dijelova u promatranom poduzeću počevši od faze dizajna i konstruiranja proizvoda pa sve do njegove proizvodnje pomoću konstruiranih kalupa i procesa obrezivanja. Upravo je na proces obrezivanja stavljen glavni naglasak te su definirani svi potrebni resursi za njegovu uspješno izvođenje koji uključuju sam poluproizvod dobiven iz kalupa, obradni centar te steznu napravu. Dan je popis svih dijelova koji zahtijevaju obrezivanje te je određen njihov konačan broj. Istaknuto je da svi proizvodi različite geometrije zahtijevaju svoju steznu napravu.

Ono što u prošlom poglavlju nije posebno istaknuto je da proizvodi od faze formiranja do faze obrezivanja moraju proći kroz određene logističke aktivnosti poput rukovanja materijalom i skladištenja. Slično vrijedi i za stezne naprave. Stezne naprave, kojih prema utvrđenom broju proizvoda koji zahtijevaju obrezivanje ima 123, za vrijeme dok se ne koriste na obradnom centru je potrebno negdje transportirati i uskladištiti. Drugim riječima, stezne naprave zahtijevaju svoje logističke procese. Kako poduzeće izbjegava stvaranje zaliha karbonskih proizvoda njihove logističke aktivnosti skladištenja i rukovanja ne predstavljaju toliko problem, odnosno njihovim se optimiranjem ne ostvaruju velike uštede. U drugu ruku, jednom proizvedene stezne naprave koriste se za obrezivanje svih karbonskih proizvoda te stoga zahtijevaju jasno definirano mjesto skladištenja i način rukovanja.

U sklopu ovog poglavlja analizirat će se postojeći način skladištenja i rukovanja steznych naprava, odredit će se utjecaj navedenih logističkih aktivnosti na iskoristivost opisanog obradnog centra te volumen proizvodnje. U tu će se svrhu promatrati ukupni vremenski ciklus procesa obrezivanja, ali i pojedinačna vremena. U konačnici, kao svojevrsni zaključak poglavlja, istaknut će se nedostaci uočeni u trenutnim procesima kao podloga za davanje prijedloga unaprjeđenja procesa.



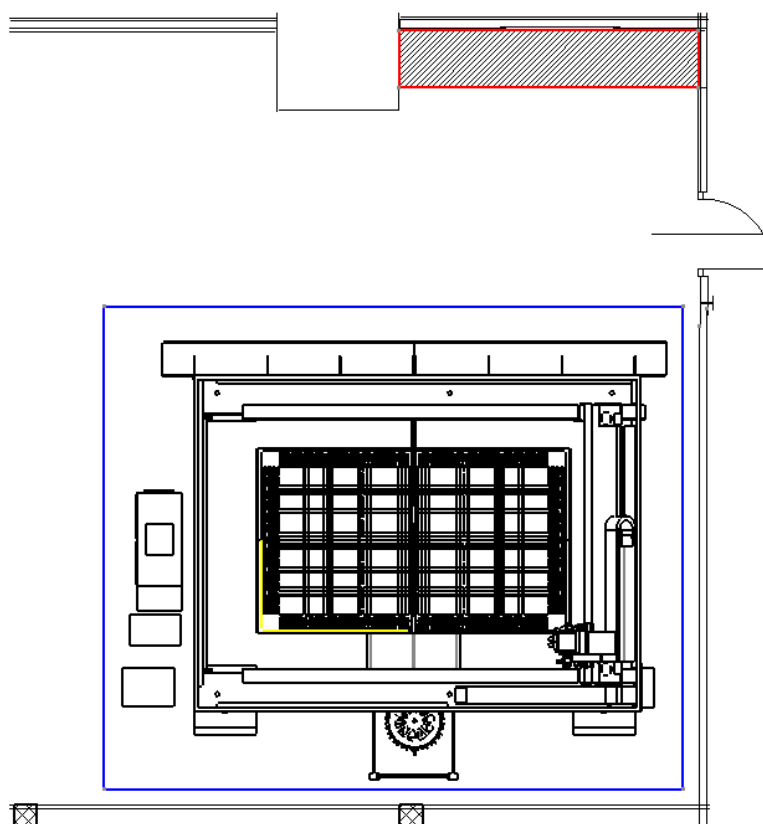
#### 4.1. Postojeći proces skladištenja

Analiza postojećeg procesa skladištenja izvest će se uzimanjem u obzir lokacije skladišta, prostornog rasporeda, kapaciteta, način rukovanja materijalom i korištene skladišne opreme. Upravo su navedene informacije, u sklopu teorijskog dijela o skladišnim sustavima, definirane kao bitne prilikom projektiranja skladišnih sustava.

Postojeće skladište steznih naprava improvizirano je skladište ograničenog kapaciteta te mu to nije prvobitna namjena. Uslijed ograničenog kapaciteta stezne se naprave skladište na dvije odvojene lokacije. S obzirom na različite lokacije i različita sredstva skladištenja svaka od lokacija analizirat će se zasebno uzimajući u obzir gore navedene informacije.

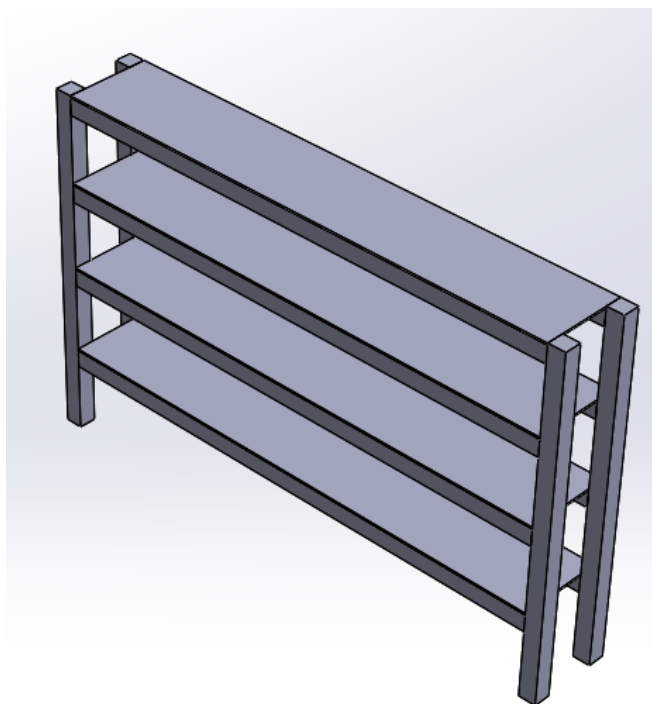
##### 4.1.1. Prva lokacija skladištenja

Prva lokacija skladištenja služi za skladištenje steznih naprava manjih dimenzija te se nalazi u proizvodnoj hali u kojoj i opisani obradni centar. Prikaz lokacije skladištenja steznih naprava u odnosu na obradni centar kao mjesto u kojem one ulaze u proizvodni proces dan je slikom 4.1.



Slika 4.1 Skladišna lokacija 1 – polični regal

Polični regal koji se koristi kao sredstvo skladištenja na prikazanoj lokaciji, označen crvenom konturom na slici 4.1, smješten je nasuprot obradnog centra označenog plavom konturom na istoj slici. Blizina skladištenja naprava mjestu njihova korištenja ima prednosti u skraćenom vremenu transporta same naprave, no s obzirom na prostorno ograničenje te dimenzije samog regala u prikazanu je proizvodnu halu moguće smjestiti samo jedan regal. Regal je jednostruke dubine od 0,5 metra, duljine 3 metra te se sastoji od 4 police postavljene na 0,5 metara razmaka. Na temelju dimenzija regala definirana je njegova skica, prikazana slikom 4.2, i određen je njegov skladišni kapacitet. S obzirom da je način rukovanja steznim napravama tj. način njihova komisioniranja ručni, prilikom rasporeda naprava na police potrebno je paziti da se naprave najmanje mase smjeste na najviše police, a s obzirom na visinu razmaka između polica na regal je moguće smjestiti naprave čija je visina najviše 490 milimetara. Prije uskladištenja, s naprava je potrebno skinuti pinove za pozicioniranje na stroj, označene kao pozicija 10 na slici 5.7, kako ne bi došlo do njihovog oštećenja. Proračun kapaciteta uzimajući u obzir navedeno dan je u nastavku.



**Slika 4.2** Polični regal

Za proračun kapaciteta prikazanog regala potrebno je definirati gabaritne mjere steznih naprava u vidu njihove duljine, širine i visine. Iste su definirane u sklopu tablice dane u prilogu 1. u stupcima „K“, „L“ i „M“ dok je u stupcu „N“ izuzeta najveća dimenzija.

Korištenjem najveće dimenzije stezne naprave definirat će se razredi steznih naprava. Rezultat takvog grupiranja su 3 razreda dimenzije steznih naprava S, M i L s граниčnim vrijednostima najveće dimenzije 600 milimetara, 1000 milimetara i 1500 milimetara.

**Tablica 4.1** Grupiranje steznih naprava u razrede prema dimenzijama

	Naziv Razreda	Raspon Razreda [mm]	Broj naprava
	S	$0 < S \leq 600$	53
	M	$600 < M \leq 1000$	50
	L	$1000 < L \leq 1500$	20
SUMA:			123

Prema dimenzijama postojećeg regala i zahtjeva da se na njega odlažu najmanje stezne naprave zbog ergonomičnosti komisioniranja zaključuje se da je na njega moguće skladištiti stezne naprave isključivo razreda S. Ovakvim načinom filtracije naprava dolazimo do ukupno 53 naprave koje je moguće skladištiti na prikazani policični regal. Međutim, kada se uzme u obzir zahtjev na visinu stezne naprave, koja maksimalno može iznositi 490 mm taj se broj dodatno skрати te se dolazi do ukupno 51 naprave.

Ukupna površina raspoloživog prostora na regalu određuje se prema jednadžbi (1):

$$P_{\text{reg}} = L \cdot D \cdot n \quad (1)$$

Gdje je:

$P_{\text{reg}}$	$\text{m}^2$	ukupna površina odlaganja
$L$	m	duljina police regala
$D$	m	dubina police regala
$n$		broj mjesta odlaganja

Za regal duljine 3 metra, dubine 0,5 metara te 4 police uzimajući u obzir i podno odlaganje dolazi se do ukupne površine odlaganja od  $7,5 \text{ m}^2$ .

Ukupna površina svih steznih naprava razreda S s visinom manjom od visine 490 mm određuje se kao suma površina svih steznih naprava koje ispunjavaju uvjet prema izrazu (2):

$$P_{\text{uk}} = \sum_i^{n=51} L \cdot \check{S} \quad (2)$$

Gdje je:

$P_{uk}$	$m^2$	površina svih stezних naprava razreda S i maksimalne visine 490 mm
$L$	m	duljina stezne naprave
$\check{S}$	m	širina stezne naprave
$n$		broj stezних naprava koje ispunjavaju uvjet

Ukupna površina 51 stezne naprave koje odgovaraju gore definiranom uvjetu iznosi 10,86 m<sup>2</sup>

Ukupna površina odlaganja na regal  $P_{reg}$  manja je od površine svih stezних naprava razreda koje zadovoljavaju navedeni uvjet  $P_{uk}$ , tj. vrijedi  $P_{reg} < P_{uk}$  pa se zaključuje da se na prikazani regal ne mogu skladištiti sve naprave koje spadaju u razred S te istovremeno imaju maksimalnu visinu 490 mm.

Shodno zaključku da na prikazani regal ne stanu sve stezne naprave njihov je broj potrebno dodatno smanjiti. Kao kriterij na temelju kojeg će se pojedine naprave eliminirati odabran je kriterij njihovih duljina i širina. Eliminirat će se naprave koje zadovoljavaju sljedeće uvjete:

$$L > 500 \text{ mm} \text{ i } \check{S} > 500 \text{ mm}$$

pri čemu je logika odlučivanja da se na regalu ne žele skladištiti naprave čije su obje dimenzije veće od dubine regala. Na taj se način sprječava da stezne naprave vire van predloženog mjesta odlaganja. Ovakvim se kriterijem broj naprava smanjio na 42, a ukupna potrebna površina na 6,63 m<sup>2</sup>.

Ukupna površina odlaganja na regal  $P_{reg}$  veća je od površine svih stezних naprava  $P_{uk2}$  čime se dolazi do zaključka da se na prikazani regal mogu skladištiti 42 stezne naprave uz odgovarajuće naslagivanje. Kako se naprave kontinuirano koriste u proizvodnom procesu u realnim uvjetima one nemaju uvijek istu skladišnu lokaciju na regalu već se lokacije mijenjaju. Pojedinačni raspored naprava na poličnom regalu stoga se neće analizirati u sklopu ovog rada.

Kao zaključak ove skladišne lokacije dati će se konačan popis naprava koje se na njoj skladište, te će se istaknuti uočeni nedostaci postojećeg načina skladištenja kao osnova za davanje prijedloga unaprjeđenja. Popis naprava koje se skladište na ovoj lokaciji dan je tablicom 4.2.

Tablica 4.2 Popis steznih naprave sa prve skladišne lokacije

Naziv stezne naprave	Naziv stezne naprave
FRONT TOW COVER	MG Y- MOUTING BRACKET
MG WING MOUNT LH	MG Y+ MOUTING BRACKET
MG WING MOUNT RH	MG BONNET LOCKING BRACKET LH
MG REAR TOW RING COVER	MG BONNET LOCKING BRACKET RH
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	ACCELERATOR PEDAL ATTACHMENT BRACKET
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	MG CHARGER MOUNT PLATE
MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	MG ARMREST UPHOLSTERY CARRIER CARBON COVER
MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	MG FRONT BEZEL STEERING WHEEL
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	MG SHROUD WING PILLAR LH
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	MG SHROUD WING PILLAR RH
MG MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL LH	MG CARRIER FOR DC/DC CONVERTER AND BATTERY HEATER
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT LH
REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT RH
MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL RH	MG LH HIGH SPEAKER BOX
MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	RH HIGH SPEAKER BOX
MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	CUP HOLDER CARRIER
SERIES-HVAC BRACKET	MG ARMREST LID FRAME CARBON COVER
MG TRUNK LATCH COVER	MG ARMREST FRAME
MG STEERING COLUMN MASK	MG ARMREST FRAME CARBON COVER
MG STEERING COLUMN COVER MASK	MG PASSENGER LH CARBON SEAT COVER
MG INNER SKIN LID CHARGING SOCKET	MG PASSENGER RH CARBON SEAT COVER

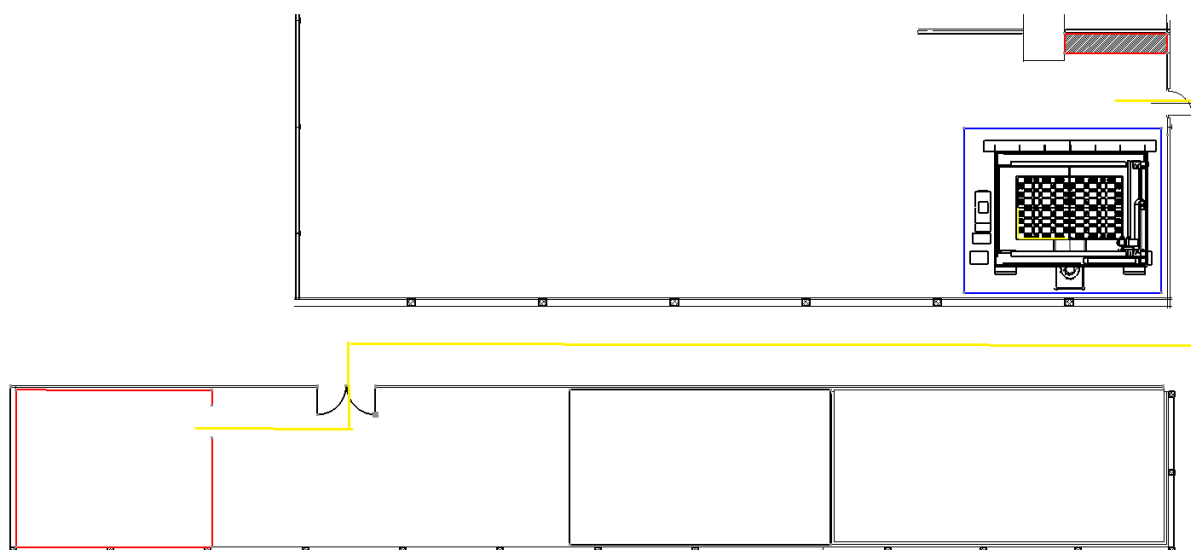
Uočeni nedostaci opisanog načina skladištenja su:

- Ručni način komisioniranja ograničava mogućnost skladištenja većih naprava.
- Skladištenje naprava na police označava potrebu za skidanjem pinova za pozicioniranje na stroj što je dodana faza u procesu uskladištenja i iskladištenja svake od naprave te utječe na vrijeme izvođenja ovih radnji.
- Stezne naprave ne skladište se uvijek na istu lokaciju na regalu što može uzrokovati komisioniranje pogrešne naprave ili dulji ciklus potrage za ispravnom napravom na regalu.
- Unatoč tome što je regal jednostruke dubine naprave, različite naprave se skladište jedna ispred druge što znači potrebu za njihovim pomicanjem tijekom komisioniranja te utječe na vrijeme komisioniranja.

- Trenutni način skladištenja ne pruža nikakvu zaštitu za poziciju 1 stezne naprave koja je ključna za ostvarivanje kvalitetnog stezanja na stroju.

#### 4.1.2. Druga lokacija skladištenja

Druga lokacija skladištenja služi za skladištenje preostalih steznih naprava te se nalazi u odvojenoj proizvodnoj hali u odnosu na obradni centar. Prikaz lokacije skladištenja steznih naprava u odnosu na obradni centar kao mjesto u kojem one ulaze u proizvodni proces dan je slikom 4.3.



Slika 4.3 Skladišna lokacija 2 – podno skladište

Podno skladište označeno je crvenom konturom na slici 4.3, dok je transportni put od mjesta skladištenja do obradnog centra, označenog plavom konturom, označen žutom linijom. Već se prikazanim uočava glavni nedostatak u vidu vremena transporta steznih naprava do stroja. Površina prostora koji se može koristiti za skladištenje preostalih steznih naprava iznosi približno 60 m<sup>2</sup>.

Potrebna površina za skladištenje preostale 72 stezne naprave računa se kao suma površina svake pojedine stezne naprave prema jednadžbi (3):

$$P_{uk2} = \sum_{i=1}^{n=72} L \cdot \check{S} \quad (3)$$

Gdje je:

$P_{uk2}$	$m^2$	površina svih preostalih stezних naprava
$L$	$m$	duljina stezne naprave
$\mathring{S}$	$m$	širina stezne naprave
$n$		broj stezних naprava

Površina potrebna za skladištenje preostale 72 stezne naprave iznosi  $42 m^2$ .

Ukupna površina odlaganja na podno skladište  $P_{pod}$  veća je od površine svih stezних naprava  $P_{uk3}$  čime se dolazi do zaključka da se na dani prostor mogu skladištiti 72 stezne naprave uz odgovarajuće slaganje. Iz izračunatih se vrijednosti primjećuje i da preostali raspoloživ prostor nije dovoljan za postojanje transportnih puteva između svih stezних naprava. Nepostojanje transportnih puteva između stezних naprava ujedno znači i teži pristup pojedinim naprava i potrebe za pomicanjem drugi naprava što značajno može produljiti vrijeme komisioniranja naprava.

Shodno navedenom identificirani su određeni nedostaci opisanog načina skladištenja koji se u određenoj mjeri poklapaju s nedostacima navedenim na prvoj skladišnoj lokaciji. Isti su istaknuti u nastavku, a poslužit će kao osnova za davanje prijedloga poboljšanja. Nedostaci su:

- Lokacija skladišta u odnosu na obradni centar označava duži transport što utječe na iskoristivost stroja, a s obzirom na veću masu naprava zahtjeva i odgovarajuća transportna sredstva.
- Karakteristike stezних naprava onemogućuju direktno naslagivanje jedne na drugu što ima za posljedicu nemogućnost iskorištenja prostora po visini i zahtjeva veliku površinu prostora.
- Zahtijevani prostor u odnosu na raspoloživi prostor onemogućuje postojanost transportnih puteva između pojedinih stezних naprava što znači potrebu za rukovanjem napravama iako one nisu potrebne u proizvodnji. Nepotrebno rukovanje napravama uzrokuje produljenje ciklusa izmjene naprave te riskira njihovo oštećivanje.
- Nedostatak transportnih puteva ograničava komisioniranje naprava na ručno komisioniranje.
- Komisioniranje većih naprava zahtjeva prisutnost više radnika, a to utječe i na radna mjesta koja nisu vezana za promatrani proces obrezivanja.

- Stezne naprave ne skladište se uvijek na istu lokaciju što može uzrokovati komisioniranje pogrešne naprave ili dulji ciklus potrage za ispravnom napravom.
- Skladištenje naprava izravno na pod označava potrebu za skidanjem pinova za pozicioniranje na stroj što je dodana faza u procesu uskladištenja i iskladištenja svake od naprave te utječe na vrijeme izvođenja ovih radnji.
- Trenutni način skladištenja ne pruža nikakvu zaštitu za poziciju 1 stezne naprave koja je ključna za ostvarivanje kvalitetnog stezanja na stroju.

## 4.2. Postojeći način rukovanja steznim napravama

U teorijskom dijelu rukovanja materijalom navedeno je da komisioniranje predstavlja skup aktivnosti za pripremu materijala u skladištu, raspodjelu i otpremu korisnicima. Priprema materijala u skladištu u promatranom se procesu može poistovjetiti s identifikacijom i izuzimanjem željene stezne naprave sa skladišnih lokacija, dok se dio otpreme korisnicima može poistovjetiti s njezinim transportom do obradnog centra. Stoga je u promatranom procesu moguće govoriti o procesu komisioniranja.

Razlika u odnosu na uobičajeni proces komisioniranja je u tome što dobavom stezne naprave do stroja proces rukovanja ne staje te je istu potrebno postaviti na stol stroja. U slučaju postavljanja naprave na stroj više se ne može govoriti o procesu komisioniranja. Proces komisioniranja i transport do obradnog stroja predstavljaju tipične aktivnosti rukovanja materijalom, dok se sam proces postavljanja naprave na stol stroja, iako jest aktivnost rukovanja materijalom, češće tretira kao dio procesa proizvodnje, a ne logistike. Iz navedenih će se razloga proces rukovanja steznim napravama podijeliti na dva segmenta. Zasebno će se promatrati rukovanje steznom napravom od mjesta skladištenja do obradnog centra, a zasebno postavljanje na stol stroja.

### 4.2.1. Rukovanje steznim napravama do stroja

Rukovanje steznim napravama do stroja smatrat će se procesom komisioniranja iz navedenih razloga. S obzirom na čimbenike koji utječu na proces komisioniranja, navedene u teorijskom poglavlju o rukovanju materijalom, i trenutni način skladištenja u poduzeću, a koji je opisan u prethodnom dijelu ovog poglavlja, zaključuje se da je jedini način komisioniranja steznih naprava ručni uz moguću primjenu transportnih sredstava poput industrijskih kolica za prijevoz naprava.



Glavni razlozi za takav zaključak su:

- Skladištenje direktno na pod i police regala bez upotrebe sredstava za oblikovanje jediničnih tereta poput paleta, sanduka i stalaka.
- Nedovoljna površina podnog skladišta za postojanje transportnih puteva kojima bi se, pomoću transportnih sredstva, moglo pristupiti pojedinim napravama.

Kao posljedica ručnog rukovanja steznih naprava do stroja javlja se duže vrijeme komisioniranja naprave i dodatno se utječe na umornost radnika uslijed neergonomičnost operacije. Navedeno je posebice istaknuto prilikom komisioniranja naprava većih dimenzija koje su smještene na drugoj lokaciji skladištenja i koji zahtijevaju prisutnost više radnika.

Postojeći proces skladištenja se promatrao sa stajališta kapaciteta pojedinih skladišnih lokacija, a proces komisioniranja promatrat će se kroz vrijeme komisioniranja i transporta. Vrijeme komisioniranja i transporta definirati će se kao suma vremena koji su radniku potrebni za izvođenje sljedećih operacija:

1. vrijeme identifikacije potrebne stezne naprave
2. vrijeme pomicanja steznih naprava koje onemogućuju pristup željenoj napravi
3. vrijeme izuzimanja željene naprave iz skladišne lokacije
4. vrijeme transporta izuzete naprave do obradnog centra.

Vremena poput identifikacije potrebne naprave i vrijeme pomicanja steznih naprava ovise o radnikovom poznavanju naprava, ali i, kako naprave nemaju fiksnu lokaciju na kojoj se nalaze, o trenutnom rasporedu u skladištu. Iz navedenih razloga vrijeme komisioniranje i transporta nije moguće egzaktno odrediti već će se za njegovo određivanje koristiti kombinacija mjerenja vremena komisioniranja i transporta i podjele naprava u razrede prema njihovoj najvećoj dimenziji koja je dana tablicom 4.1. Uz mjerenje i navedenu podjelu za određivanje vremena komisioniranja i transporta autor će se voditi sljedećom logikom:

- Naprave razreda S najmanje su naprave te ih je stoga radniku najteže uočiti što će uzrokovati najveće vrijeme identifikacije naprave. Nakon identifikacije potrebne naprave, naprave iz razreda S imaju najmanje vrijeme pomicanja steznih naprava koje onemogućuju pristup jer nije potrebno izmaknuti toliko naprava koliko u slučaju razreda L da bi došlo do njezinog izuzimanja. Navedeno daje najmanje vrijeme pomicanja i vrijeme izuzimanja naprave iz skladišne lokacije. Naprave razreda S također imaju i najkraće vrijeme transporta s obzirom da ne zahtijevaju primjenu

transportnih sredstava niti prisutnost više radnika, već ih je moguće jednostavno odnijeti do obradnog centra. Naprave razreda S nalaze se na obje skladišne lokacije pa je i taj faktor potrebno uzeti u obzir. Prva skladišna lokacija imat će značajno manje vrijeme komisioniranja u odnosu na drugu skladišnu lokaciju zbog manjeg broja naprava koji se na njoj nalazi što omogućuje lakšu identifikaciju, kraće vrijeme pomicanja i izuzimanja, dok blizina prve skladišne lokacije utječe na manje vrijeme transporta do obradnog centra.

- Naprave razreda L najveće su naprave i brojčano ih je najmanje stoga ih je radniku najlakše uočiti što uzrokuje najkraće vrijeme identifikacije. Nakon identifikacije potrebno je pomaknuti najveći broj naprava da bi došlo do njezina izuzimanja što utječe na vrijeme pomicanja. Osim vremena pomicanja, u odnosu na grupu naprava S, rastu i vrijeme izuzimanja te vrijeme transporta do obradnog centra. Često zahtjeva prisutnost većeg broja radnika i industrijskih kolica što još produljuje vrijeme komisioniranja.
- Naprave razreda M će po vremenu komisioniranja i transporta biti između naprava razreda S i razreda L.

Mjerenjem vremena komisioniranja i transporta za nekoliko naprava iz različitih razreda utvrđena je raspodjela vremena prema tablici 4.3.

**Tablica 4.3 Vrijeme komisioniranja i transporta u ovisnosti o razredu stezne naprave**

Razred Naprave	Skladišna lokacija	Izmjereno vrijeme, min
S	Polični regal	3
S	Podno skladište	10
M	Podno skladište	13
L	Podno skladište	18

Vrijeme komisioniranja i transporta bitno je odrediti jer proces komisioniranja steznih naprava obavlja isti radnik koji upravlja obradnim centrom. Navedeno znači da u trenutku obavljanja procesa komisioniranja nema obrade na obradnom centru, odnosno da obradni centar stoji što ekonomski nije isplativo. Trenutni iznosi vremena komisioniranja i transporta posljedica su trenutnog načina skladištenja, čime se dolazi do zaključka da optimizacijom skladištenja je moguće utjecati na vrijeme komisioniranja i transporta, a samim time i na iskoristivost stroja i volumen proizvodnje.

#### 4.2.2. Rukovanje steznim napravama na stroju

Rukovanje steznom napravom na stroju ne predstavlja logistički proces već proces vezan uz proizvodnju. Unatoč tome analizirat će se u sklopu ovog rada jer uključuje rukovanje steznom napravom koje su predmet analize i utječe na iskoristivost stroja. Vremena izvođenja ostalih procesa poput postavljanja proizvoda na steznu napravu i stezanje, vrijeme ciklusa obrade i dr. ovom se analizom neće uzimati u obzir, iako utječu na iskoristivost stroja, jer predstavljaju čiste proizvodne procese čije se poboljšanje ostvaruje metodama poput optimizacije programa numeričko upravljanoj stroja i optimizacijom koncepta steznih naprava. Navedene optimizacije se koriste metodama različitim u odnosu na metode korištene u ovom radu te su zasebna tematika.

Proces rukovanja steznim napravama na stroju promatrat će se kroz vrijeme postavljanja naprave na stol stroja. Vrijeme postavljanja definira se kao zbroj vremena potrebnog radniku za izvođenje sljedećih operacija:

1. postavljanje stezne naprave na stol stroja i fiksiranje T-vijcima
2. centriranje položaja stezne naprave po x i y osi
3. određivanje nul-točke stezne naprave kao nul-točke obratka.

Iako proces centriranja stezne naprave i određivanja nul-točke stezne naprave spada u proizvodne procese uzima se u obzir kao proces rukovanja napravom jer zahtjeva pomicanje naprave. Na ovo je vrijeme moguće utjecati ispravnim pozicioniranjem.

Princip određivanja vremena sličan je principu određivanja vremena komisioniranja i transporta te se sastoji od grupiranja steznih naprava u grupe prema njihovoj dimenziji te mjerenja vremena postavljanja za naprave iz različitih grupa. Rezultat ovakvog načina određivanja vremena dan je tablicom 4.4.

**Tablica 4.4 Vrijeme rukovanja u ovisnosti o razredu stezne naprave**

Razred Naprave	Izmjereno vrijeme postavljanja, min
S	15
M	17
L	20

Naprave razreda L pretežito zbog svoje mase zahtijevaju najduže vrijeme postavljanja. Naprave je potrebno podići iznad visine stola obradnog centra za što je s obzirom na ručnu manipulaciju potrebno više radnika. Upravo ovaj razred naprava predstavlja najveći problem

pri njihovoj manipulaciji što u slučaju manipulacije do stroja, što u slučaju manipulacije na stroju. Iz navedenog je razloga njih potrebno posebno razmatrati prilikom razmatranja različitih poboljšanja procesa. Može se ustanoviti da je trenutni način rukovanja napravama kod stroja, tj. njihovog postavljanja i skidanja sa stola stroja karakteriziraju sljedeći problemi:

- Prvi problem kojeg je potrebno riješiti, a koji je već istaknut, je potreba za stezanjem naprave na stol stroja pomoću T – vijaka što utječe na vrijeme postavljanja. Na vrijeme utječe i potreba za centriranjem naprave svaki puta kada se ona postavi na stol stroja što u određenim slučajevima može zahtijevati ponovno podizanje i spuštanje naprave.
- Drugi problemi koji se razmatra je pristup stolu stroja. Uslijed konstrukcije samog obradnog centra, prikazanog slikom 4.5, direktan pristup stolu stroja nije moguć, već je naprave moguće dostaviti tek do vrata obranog centra uslijed vodilica vrata postavljen na pod hale. Vrata obradnog centra su udaljena od stola stroja približno jedan metar. Taj metar udaljenost ne predstavlja problem kod manipulacije napravama razreda S koje su manjih težina, ali značajno utječe na proces prilikom rukovanja napravama razreda M i L.

#### 4.3. Izračun karakterističnih vremena

Dosad je u sklopu poglavlja prikazano kako karakteristike steznih naprava utječu na način njihova skladištenja s obzirom na raspoloživi prostor i sredstva skladištenja. Posljedica trenutnog načina skladištenja i rukovanja manifestira se kroz vrijeme komisioniranja i transporta i vrijeme postavljanja koja su definirana mjerenjem za različite grupe steznih naprava i različite skladišne lokacije. Međutim, primjenom do sad određenih vremena nisu u obzir uzete sve operacije koje utječu na određivanje iskoristivost stroja što je konačni cilj ovog poglavlja. Definiranje potrebnih vremena te njihov pregled dan je u nastavku.

Vremenska iskoristivost stroja definirat će se kao omjer vremena obrade na stroju i ukupno raspoloživog vremena stroja na bazi jedne smjene. Kako bi mogli definirati iskoristivost stroja potrebno je odrediti:

1. vrijeme postavljanja proizvoda na napravu
2. vrijeme obrade (obrezivanja) odnosno vrijeme u kojem postoji kontakt reznog alata, glodala, i obratka
3. vrijeme vizualne kontrole.

### 4.3.1. Vrijeme obrezivanja

Vrijeme obrezivanja određuje se na temelju duljine linije obrezivanja te prosječne brzine obrezivanja prema izrazu (4):

$$t_o = \frac{l}{v} \quad (4)$$

Gdje je:

- $t_o$  s procijenjeno vrijeme obrezivanja
- $l$  mm duljina linije obrezivanja određena na temelju CAD modela gotovog proizvoda
- $v$  mm/s prosječna brzina obrezivanja određena iskustveno za materijal proizvoda

Bitno je napomenuti da vrijeme trajanja operacije obrezivanja određene na ovaj način je samo približno te da nisu uzeti u obzir faktori poput vrijeme zakretanja pete osi stroja, vrijeme ispuhivanja odvojenih čestica i slično. Točno vrijeme trajanje operacije obrezivanje može se odrediti na temelju numeričkog programa, ali za potrebe analize vrijeme procijenjeno na prethodno definirani način je dovoljno precizno. Vremena obrezivanja određena su na prethodno opisani način za proizvode čiji je popis dan u sklopu priloga 1. Za lakše razumijevanje redova veličine vremena obrezivanja definirat će se podjela proizvoda prema sljedećem kriteriju:

- Grupa A – dijelovi s vremenom obrezivanja do 5 minuta.
- Grupa B – dijelovi s vremenom obrezivanja između 5 i 10 minuta.
- Grupa C – dijelovi s vremenom obrezivanja između 10 i 15 minuta.
- Grupa D – dijelovi s vremenom obrezivanja iznad 15 minuta.

Navedeni kriterij daje i dobar prikaz geometrijske složenosti proizvoda u smislu da složeniji proizvodi imaju dulje vrijeme obrezivanja. Rezultat ovakvog grupiranja dan je tablicom 4.5.

**Tablica 4.5 Grupe proizvoda po vremenu obrezivanje**

Grupa Proizvoda	Procijenjeno Vrijeme Obrezivanja, min	Broj dijelova
A	$t \leq 5$	41
B	$5 < t \leq 10$	51
C	$10 < t \leq 15$	11
D	$t > 15$	20
	<b>8,2</b>	<b>123</b>

Konkretne vrijednosti procijenjenog vremena obrezivanja za svaki proizvod zasebno moguće je vidjeti u tablici u prilogu 1.

#### 4.3.2. *Vrijeme postavljanja proizvoda i vrijeme vizualne kontrole*

Vrijeme postavljanja proizvoda na napravu funkcija je veličine proizvoda i njegove geometrijske složenosti. Što je proizvod veći i geometrijski složeniji to je i njegovo postavljanje na napravu dulje. Ova operacija zahtjeva od radnika postavljanje proizvoda na napravu, pregledavanje ispravnosti nasjedanja proizvoda na napravu duž linije stezanja te stezanje otvaranjem ventila izvora zraka. Linija stezanja svojom geometrijom u većini slučajeva prati liniju obrezivanja pa će se, uz provedena mjerenja, definirana podjela proizvoda u razrede, prikazana tablicom 4.5, koristiti i za definiranje vremena postavljanja proizvoda na napravu.

Vrijeme vizualne kontrole je operacija koja zahtjeva vizualnu provjeru kvalitete obrezanog ruba. Kao i u slučaju vremena postavljanja funkcija je veličine proizvoda pri čemu proizvodi s većom linijom obrezivanja zahtijevaju dulje vrijeme kontrole. Ovom se operacijom osigurava pravovremeno identificiranje potrošenosti alata i sprječava stvaranje škartnih proizvoda. Uz mjerenje, za određivanje ovog vremena koristit će se definirane grupe proizvoda.

Vremena postavljanja proizvoda i vizualne kontrole u ovisnosti o grupi proizvoda prikazani su tablicom 4.6.

**Tablica 4.6** Vrijeme postavljanja proizvoda i vrijeme vizualne kontrole u ovisnosti o grupi proizvoda

Grupa Proizvoda	Vrijeme Postavljanja Proizvoda, min	Vrijeme Vizualne Kontrole, min
A	2	1
B	5	1.5
C	7	2
D	10	4.5

#### 4.3.3. *Pregled utvrđenih vremena i izračun vremena ciklusa*

Postupkom grupiranja steznih naprava prema njihovim dimenzijama u razrede S,M i L, grupiranjem proizvoda prema vremenu trajanja obrezivanja u grupa A, B, C i D te mjerenjem vremena izvođenja pojedinih operacija utvrđena su sva relevantna vremena za izračun vremena ciklusa kao sume svih vremena pri čemu je:

- Vremenom komisioniranja i transporta, u ovisnosti o lokaciji skladištenja i veličini (razredu) stezne naprave, uzeto u obzir izuzimanje steznih naprava iz skladišnih lokacija te transport do obradnog centra.
- Vremenom postavljanja, u ovisnosti o razredu stezne naprave, uzeto u obzir vrijeme postavljanja naprave na stroj.
- Vremenom postavljanja proizvoda na napravu, u ovisnosti o veličini i geometrijskoj složenosti proizvoda (prikazano u obliku grupa proizvoda), uzeto u obzir vrijeme postavljanja proizvoda i stezanje na napravu.
- Vremenom obrezivanja, na temelju duljine linije obrezivanja i prosječne brzine obrezivanja, u obzir uzet postupak strojne obrade.
- Vremenom vizualne kontrole uzet u obzir postupak kontrole kvalitete obrezanog ruba.
- Vremenom skidanja naprave s obradnog centra uzeto u obzir vraćanje stroja u početno stanje tj. njegovu pripremu za novu proces obrezivanja. Mjerenje je pokazalo da okvirno iznosi 25% vremena postavljanja pa se njegov izračun neće posebno isticati, ali će se uzeti u obzir kod izračuna vremena ciklusa.

Vrijeme ciklusa definira se kao vrijeme potrebno za izvođenje svih prethodno definiranih operacija prema izrazu (5):

$$t_{uk} = t_{kt} + t_p + t_{pp} + t_o + t_{vk} + t_s \quad (5)$$

Gdje je:

$t_{uk}$	s	vrijeme ciklusa
$t_{kt}$	s	vrijeme komisioniranja i transporta
$t_p$	s	vrijeme postavljanja
$t_{pp}$	s	vrijeme postavljanja proizvoda na steznu napravu
$t_o$	s	vrijeme obrezivanja
$t_{vk}$	s	vrijeme vizualne kontrole
$t_s$	s	vrijeme skidanja naprave

Izračunata vrijednost vremena ciklusa za svaki proizvod dana je tablično u prilogu 1. Vrijeme ciklusa se kreće u rasponu od 26,13 minuta do 82 minute.

#### 4.4. Iskoristivost stroja i volumen proizvodnje

U ovom će se potpoglavlju prikazati kakav utjecaj definirana vremena imaju na iskoristivost stroja i volumen proizvodnje pri čemu je bitno imati na umu da dijelovi na proces obrezivanja dolaze nasumično te se uvijek obrezuje samo jedan komad svakog proizvoda kako bi se izbjeglo stvaranje zaliha. Za potrebe analize iskoristivost promatrat će se rubni uvjeti, tj. najbolji i najgori slučaj sa stajališta broja obrađenih dijelova gledajući period od jedne smjene.

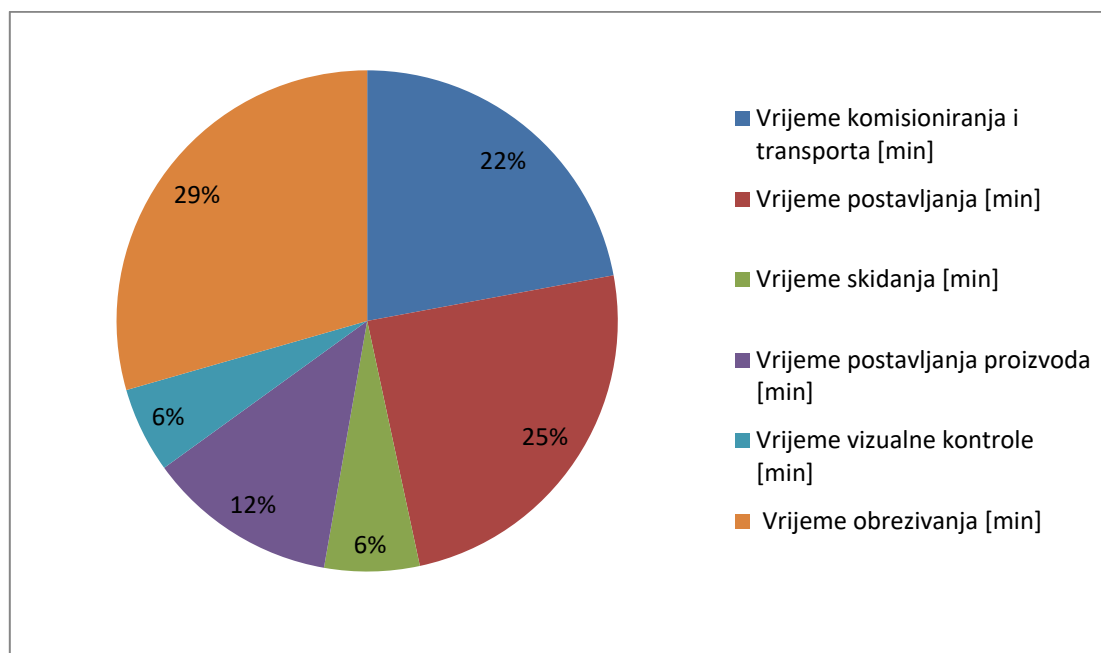
Minimalni broj obrađenih komada javlja se u slučajevima kada na proces obrezivanja stignu dijelovi s maksimalnim iznosom vremena ciklusa. Popis dijelova s maksimalnim iznosom vremena ciklusa a koji se daju obraditi u jednoj smjeni od 7 sati efektivnog rada dan je tablicom 4.7.

**Tablica 4.7 Proizvodi s maksimalnim iznosom vremena ciklusa**

Naziv	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
PLATE B ASY	18	20	5	10	4.5	22	79.5
MG LH DOOR TRIM PANEL	18	20	5	10	4.5	24.5	82
MG RH DOOR TRIM PANEL	18	20	5	10	4.5	24.5	82
SERIES-LH DOOR PANELS	18	20	5	10	4.5	24.5	82
SERIES-RH DOOR PANELS	18	20	5	10	4.5	24.5	82

Suma vremena ciklusa za prikazane proizvode iznosi 407,5 minuta što, s obzirom na vremena ciklusa ostalih proizvoda, znači da je u danu moguće obraditi samo 5 prikazanih proizvoda. Suma vremena obrezivanja za iste proizvode iznosi 120 minuta, odnosno 120 minuta od 420 minuta, koliko je raspoloživo u jednoj smjeni, se troši na obradu što iznosi približno 28,57 %. Preostali dio vremena troši se na druge aktivnosti pri čemu najveći udio otpada na vrijeme komisioniranja i transporta, vrijeme postavljanja i vrijeme skidanja naprave koji su izravna posljedica trenutnog načina skladištenja i manipulacije napravama. Razdioba vremena za promatrani slučaj dana je slikom 4.4.





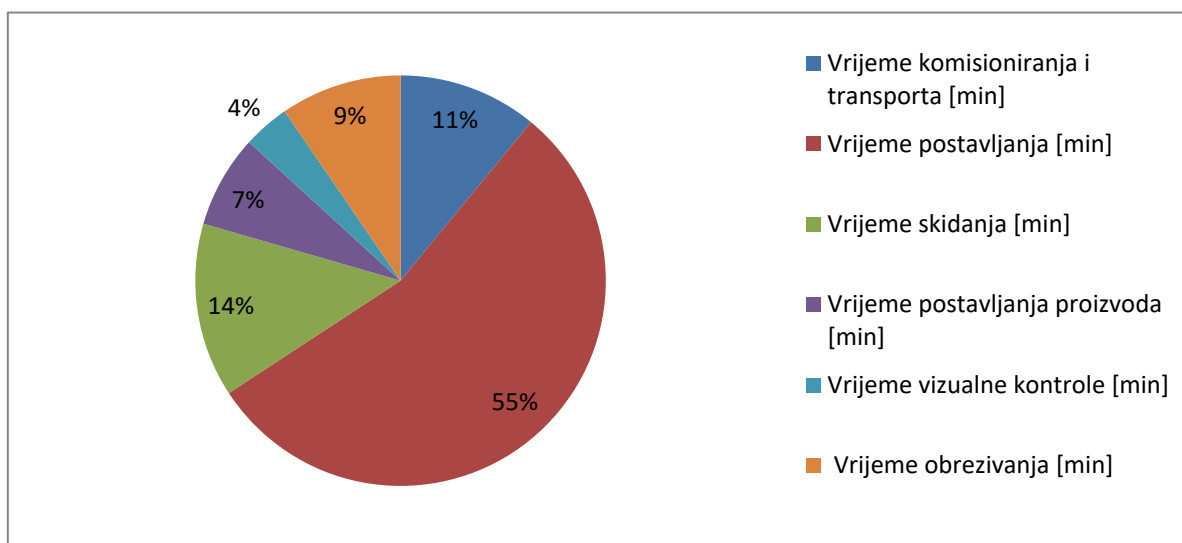
**Slika 4.4** Raspodjela vremena ciklusa za slučaj minimalnog broja obrađenih komada

Maksimalan broj obrađenih komada javlja se u slučajevima kada na proces obrezivanja stignu dijelovi s minimalnim iznosom vremena ciklusa. Popis dijelova s minimalnim iznosom vremena ciklusa, a koji se stignu obraditi u jednoj smjeni od 7 sati efektivnog rada dan je tablicom 4.8.

**Tablica 4.8** Proizvodi s minimalnim iznosom vremena ciklusa

Naziv	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
MG REAR TOW RING COVER	3	15	3.75	2	1	1.375	26.125
FRONT TOW COVER	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5
MG WING MOUNT LH	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5
MG WING MOUNT RH	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	3	15	3.75	2	1	2.5	27.25
REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	3	15	3.75	2	1	2.5	27.25
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	3	15	3.75	2	1	2.75	27.5
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	3	15	3.75	2	1	2.75	27.5
MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	3	15	3.75	2	1	3	27.75
MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	3	15	3.75	2	1	3	27.75
MG TRUNK LATCH COVER	3	15	3.75	2	1	3.125	27.875
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	3	15	3.75	2	1	3.25	28
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	3	15	3.75	2	1	3.25	28
MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	3	15	3.75	2	1	3.25	28
MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	3	15	3.75	2	1	3.25	28

Suma vremena ciklusa za prikazane proizvode iznosi 410,5 minuta što, s obzirom na vremena ciklusa ostalih proizvoda, znači da je u danu moguće obraditi 15 prikazanih proizvoda. Suma vremena obrezivanja za iste proizvode iznosi 39,3 minute, odnosno 39,3 minute od 420 raspoloživih minuta se troši na obradu što iznosi približno 9,35 %. Preostali dio smjene se troši na druge aktivnosti pri čemu najveći udio otpada na vrijeme komisioniranja i transporta, vrijeme postavljanja i vrijeme skidanja koji su izravna posljedica trenutnog načina skladištenja i manipulacije napravama. Razdioba vremena ciklusa za promatrani slučaj dan je slikom 4.5.



Slika 4.5 Raspodjela vremena ciklusa za slučaj maksimalnog broja obrađenih komada

#### 4.5. Zaključak provedene analize

Analizirani su najbolji i najgori slučaj sa stajališta broja obrezanih proizvoda te je za oba slučaja dana raspodjela vremena ciklusa. Na temelju analize i raspodjele vremena može se zaključiti:

- Najmanji broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni je 5 komada.
- Najveći broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni je 15 komada.
- U slučaju obrade 5 komada 28,57 % raspoloživog vremena jedne smjene troši se na obradu pa se za iskoristivost stroja može reći da iznosi približno 29 %.
- U slučaju obrade 15 komada 9,35 % raspoloživog vremena jedne smjene troši se na obradu pa se za iskoristivost stroja može reći da iznosi približno 9 %.

- Stvarna iskoristivost stroja kreće se u rasponu od 9 % do 29 %, a broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni od 5 do 15 komada.
- Mali udio vremena obrezivanja unutar jednog ciklusa uzrok je male iskoristivost stroja.
- U oba granična slučaja najveći dio raspoloživog vremena se troši na komisioniranje, transport i rukovanje napravama što je posljedica trenutnog načina skladištenja i rukovanja steznim napravama.
- Najveće povećanje broja obrezanih dijelova i iskoristivosti stroja može se ostvariti smanjivanjem vremena rukovanja te vremena komisioniranja i transporta.

## 5. PRIJEDLOZI UNAPREĐENJA PROCESA

Analizom trenutnog načina izvođenja procesa obrezivanja karbonskih dijelova i mjerenjem vremena trajanja pojedinih operacija određena je iskoristivost korištenog obradnog centra i volumen proizvodnje. Pregledom vremena izvođenja pojedinih operacija uočeni su nedostaci postojećeg načina izvođenja u operacijama komisioniranja i rukovanja napravama te su iste identificirane kao operacije koje je, za povećanje iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje, potrebno unaprijediti.

U sklopu ovog će se poglavlja razmatrati načini poboljšanja izvođenja identificiranih operacija i to kroz sljedeće aspekte:

1. poboljšavanja procesa skladištenja primjenom automatiziranog skladišnog sustava
2. poboljšavanja načina rukovanja i transporta steznih naprava do stroja
3. poboljšavanja načina rukovanja napravom kod stroja.

Svaki će od istaknutih načina poboljšavanja biti analiziran u narednim potpoglavljima.

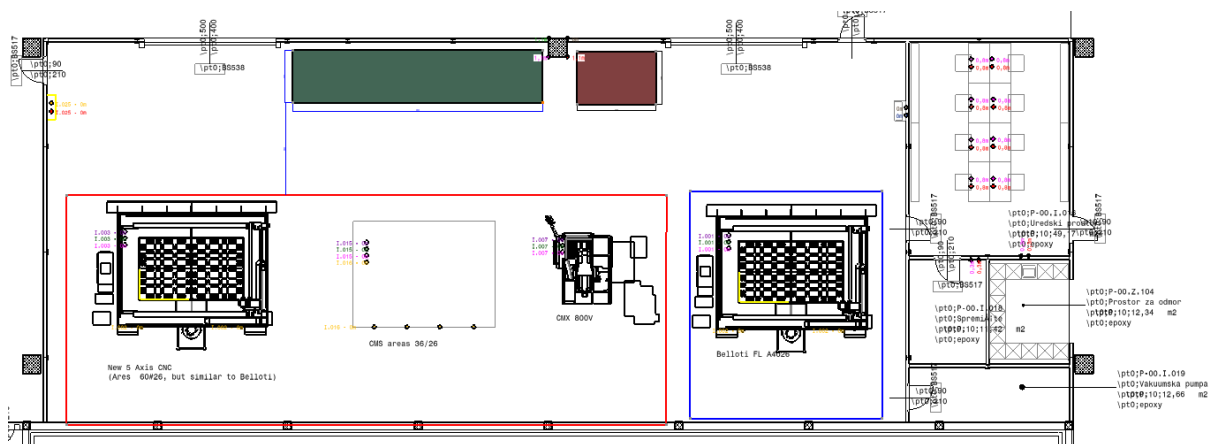
### 5.1. Prijedlozi poboljšanja procesa skladištenja

S obzirom da se stezne naprave trenutno skladište na dvije odvojene lokacije, prvi logični prijedlog poboljšanja je razmotriti mogućnost skladištenja naprava na zajedničkoj lokaciji unutar proizvodne hale u kojoj se nalazi obradni centar. Kako proizvodna hala u kojoj se obradni centar trenutno nalazi nema prostornog kapaciteta, a u drugu proizvodnu halu nije moguće postaviti obradni centar zbog njegovih dimenzija i zahtjeva temeljenja, poduzeće razmatra preseljenje stroja na novu lokaciju koja je u fazi izgradnje kao jedno od mogućih rješenja. I na novoj lokaciji postoji prostorno ograničenje, pa je cilj odrediti koliko je prostora potrebno za skladištenje steznih naprava, te kojim se sredstvom skladištenja mogu eliminirati nedostaci trenutnog procesa skladištenja.

Kao poznate ulazne varijable za rješavanje danog problema uzimaju se:

- Površina i prostorni raspored nove proizvodne hale.
- Pozicija obradnog centra koja je definirana uslijed zahtjeva temeljenja te ventilacijskog sustava stroja.
- Površine steznih naprava.

Slika 5.1 prikazuje prostorni raspored nove proizvodne hale pri čemu je obradni centar koji se koristi za obrezivanje karbona prikazan plavom konturom, dok su crvenom konturom prikazani drugi strojevi za obradu kompozitnih dijelova ili predviđeno mjesto za nove strojeve. Zeleno i smeđe obojeno područje predstavlja gabaritne mjere raspoloživog mjesta skladištenja. Zeleno definirano područje je 9 metara duljine i 2,5 metra širine, crveno definirano područje je 3 metra duljine i 2,5 metra širine. Može se ustanoviti da raspoloživa površina za smještanje steznih naprava iznosi 30 m<sup>2</sup> uz raspoloživu visinu od 6 metara.



**Slika 5.1** Površina i prostorni raspored nove proizvodne hale

Poznavanje raspoloživog prostora i karakteristika steznih naprava u vidu njihovi dimenzija te pregledavajući nedostatke trenutnog načina skladištenja mogu se definirati svojevrsni uvjeti koje skladišno sredstvo mora ispunjavati. Definirani uvjeti, dani u nastavku, potom će se koristiti pri traženju skladišnog rješenja dostupnog na tržištu.

- Maksimalna visina sustava iznosi 6 metara. Prednost se daje sustavima koji su građeni kao modularni zbog mogućnost njihovog nadograđivanja te varijabilnih gabaritnih mjera.
- Poželjno je da je visina između polica sustava varijabilna kako bi se one mogle prilagoditi visini steznih naprava koje se na njima skladište.
- Poželjno je da sustav ima veliku nosivost kako bi se omogućilo skladištenje teških naprava.
- Poželjan pristup rada sustava je roba čovjeku kako bi se izbjegla potreba za ručnim komisioniranjem i dodatnim transportnim sredstvom poput viličara koji bi se koristio za skidanje naprava s većih visina.

- Poželjna je mogućnost pregrađivanja između steznih naprava ili drugi način označavanja lokacije naprave kako bi se osiguralo da je lokacija naprave fiksna. Navedena funkcija nije uvjet.
- Poželjno je da se naprave nisu u doticaju s drugim tvarima kako bi se osigurala dodatna zaštita za pozicije na koje nasjedaju proizvodi tijekom stezanja. Navedena se funkcija može ostvariti zastorima ili drugim oblikom odvajanja sustava od okoline.
- Poželjna je mogućnost skladištenja steznih naprava bez skidanja pinova za pozicioniranje.
- Poduzeće razmatra kupnju još jednog obradnog centra za obradu kompozitnih dijelova, koji je prema slici 6.1, postavljen na drugoj strani hale u odnosu na postojeći. Poželjna je mogućnost pozicioniranja skladišta uz minimizaciju transportnog puta do oba stroja.
- Poželjna je fleksibilnost sustava radi moguće promjene njegove namjene u budućnosti.

### 5.1.1. Vertikalni podizni modul

Skladišni sustav koji je dostupan kao gotovo rješenje, a zadovoljava većinu definiranih uvjeta je Kardex Shuttle. Kardex Shuttle, prikazan slikom 5.2, je vertikalni podizni modul. Sastoji se od dvije paralelne kolone s policama na koje se skladišti roba te središnjeg prolaza u koji je smješteno dizalo. Dizalo omogućuje transport polica do otvora za komisioniranje i tako osigurava princip rada roba čovjeku.



Slika 5.2 Kardex Shuttle skladišni sustav [12]

Kardex Shuttle se proizvodi u tri varijante koje se međusobno razlikuju po nosivosti police (tablara). Unatoč tome u jednom se sustavu mogu kombinirati police različite nosivosti te je visina između samih polica varijabilna. Sustav omogućuje skladištenje robe visine do 730 mm. Ostale tehničke karakteristike definirane su od strane proizvođača i prikazane su na slici 5.3.

VANJSKE DIMENZIJE	DIMENZIJE TABLARA	NOSIVOST TABLARA
dužina: 1.580 – 4.380 mm	dužina: 1.250 – 4.050 mm	250 – 1000 kg
dubina: 2.312 – 4.292 mm	dubina: 610 – 1.270 mm	
visina: 2.550 – 30.050 mm	visina: 50 – 100 mm	

**Slika 5.3 Tehničke karakteristike Kardex Shuttle skladišnog sustava [12]**

Uslijed fleksibilnosti dimenzija u svim osima ovaj se sustav lako integrira u većinu proizvodnih okruženja pri čemu štedi na površini zbog vrlo dobrog iskorištenja prostora po visini. Nudi sigurno skladištenje robe te ergonomično komisioniranje. Prema potrebi moguće je sustav nadograditi uređajima za automatsko komisioniranje i rukovanje materijalom poput robota, ali i povezati ga sa sustavom konvejera.

### **5.1.2. Određivanje potrebnih karakteristika vertikalnih podiznih modula**

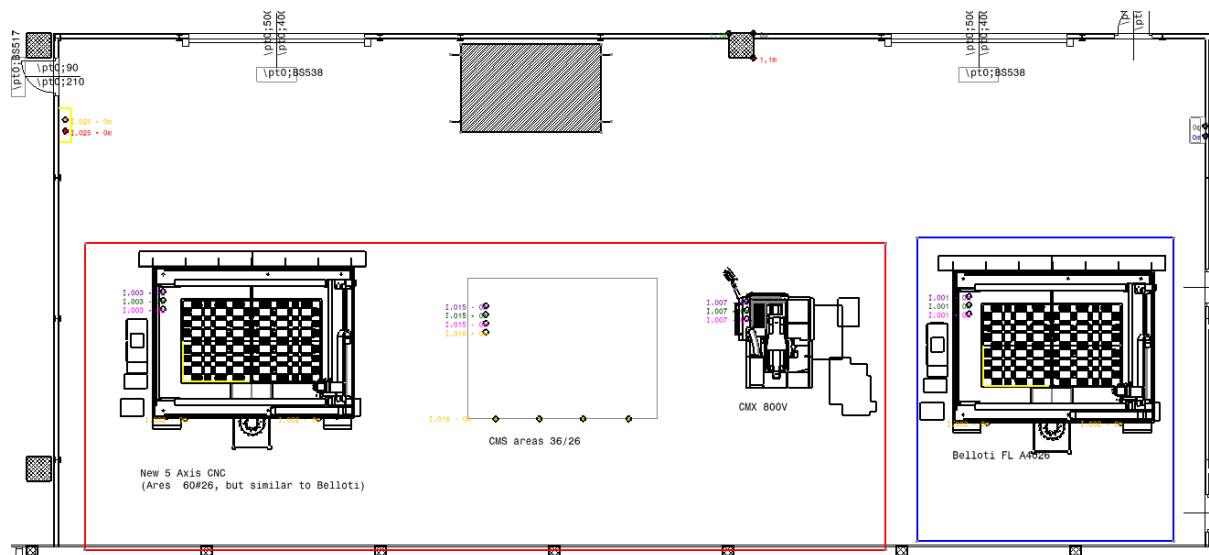
Usporedbom vanjski dimenzija definiranih od strane proizvođača i definiranog raspoloživog prostora jasno je da je u proizvodnu halu moguće postaviti više Kardex Shuttle sustava. Uzimajući u obzir tehničke karakteristike sustava, raspoloživi prostor unutar proizvodne hale i dimenzije steznih naprava potrebno je provjeriti koliko je takvih sustava potrebno za skladištenje svih naprava te stanu li oni u raspoloživi prostor. Zbog masa većih steznih naprava razmatrat će se Kardex Shuttle 700 koji ima mogućnost skladištenja do 725 kilograma po polici.

Pri analizi kreće se od naprave koje spadaju u razred L jer se očekuje da će, unatoč najmanjem broju ovih naprava, njih biti najzahtjevnije efikasno uklopiti u raspoloživi prostor uslijed njihovih gabaritnih dimenzija. Razmišljanja prilikom dimenzioniranja Kardex Shuttle sustava su sljedeća:

- Naprave razreda L uvjetuju visinu razmaka između polica Kardex sustava sa 700 milimetara razmaka, dok naprave razreda S u najnepovoljnijem slučaju, kojeg ujedno ima i najmanje, zahtijevaju razmak između polica od 600 milimetara. Nije efikasno skladištiti naprave s velikim razlikama u visini pa se kao prvi kriterij raspodjele naprava po policama odabire karakteristika visine.
- Naprave razreda L uvjetuju dubinu polica od 1200 milimetara, dok naprave razreda S uvjetuju dubinu polica od 600 milimetara u najgorem slučaju. Zaključuje se da nije efikasno skladištiti naprave razreda S i razreda L na iste police uslijed razlike u potrebnoj dubini, ako se želi ostvariti da nema potrebe za pomicanjem jedna naprave kako bi došlo do komisioniranja druge. Kako svaka naprava ima karakteristične dimenzije navedeni kriterij će se teško ostvariti. Stoga se s ciljem maksimalnog iskorištenja sustava te minimizacije potrebnog prostora i veličine investicije prihvaća da će u određenim slučajevima komisioniranja biti potrebno pomaknuti stezne naprave ako iste smetaju pri komisioniranju. Pri tome će se svjesno produljiti vrijeme komisioniranja.
- Dubina polica od 1200 milimetara, prema slici 5.3, označava vanjsku dubinu sustava od 4000 milimetara što je više od raspoložive dubine prostora od 2500 milimetra. Za skladištenje naprava razreda L je moguće odabrati drugo sredstvo skladištenja, ali za iskorištenje visine prostora ono će zahtijevati transportno sredstvo poput viličara ili kрана i bit će manje fleksibilno od razmatranog podiznog modula. Iz tog će se razloga Kardex sustav postaviti tako da je otvor za komisioniranje naprava okomit na duži zid prostorije. Vanjske mjere sustava iznose 2500 x 4000 x 6000 milimetara pri čemu dimenzije označavaju redom dužinu, dubinu i visinu sustava. U istom su sustavu dužina i dubina polica 2200 x 1200 milimetara prema tehničkim specifikacijama uz varijabilan razmak između polica uz maksimalnu vrijednost od 730 milimetara.
- Uslijed veće mase naprava razreda L cilj je izbjegavati skladištenje više od dvije na istu policu.
- Sustav je dimenzioniran s obzirom na stezne naprave razreda L pa će se njima dati prednost prilikom definiranja potrebnog broja i razmaka između polica. U slučaju da sve naprave ne stanu u ovako dimenzionirani sustav za preostale stezne naprave dimenzionirat će se još jedan Kardex Shuttle skladišni sustav odgovarajućih tehničkih karakteristika.



Prikaz prijedloga pozicioniranja skladišnog sustava s obzirom na zahtjev skraćivanja transportnog puta do oba stroja te definirane gabaritne mjere dan je slikom 5.4. Šrafirana površina označava prijedlog pozicioniranja podiznog modula.



**Slika 5.4** Prijedlog pozicioniranja Kardex Shuttle podiznog modula

Kako bi se provjerilo stanu li u sustav, dimenzioniran prema vanjskom raspoloživom prostoru i dimenzijama naprava, sve stezne naprave napravljena je raspodjela naprava po policama. Raspored naprava po policama dan je u prilogu 2, dok je zaključak analize dan u nastavku. Bitno je napomenuti da prikazani raspored nije optimalan te da bi se daljnjom optimizacijom rasporeda naprava po policama one mogle još bolje iskoristiti te njihov broj smanjiti.

Za skladištenje svih steznih naprava analiziran kapacitet jednog Kardex Shuttle podiznog modula vanjskih dimenzija 2500 x 4000 x 6000 milimetara te dimenzija polica 1200 x 2200 milimetara. Sustav zahtjeva 22 police postavljene s varijabilnim razmakom definiranim tablicom 5.1. Iskoristivost polica kreće se od 73 % do 95 %. Kako se u podiznom modulu koriste dva reda polica, jedna visine 6000 milimetara, a druga visine 6000 milimetara umanjena za visinu otvora za komisioniranje koji s obzirom na visinu steznih naprava ne mora biti veći od 1000 milimetara,, zaključuje se da je ukupna visina polica u podiznom modulu iznosi približno 11 000 milimetara. Suma razmaka između polica, prema danom neoptimiranom rasporedu slaganja prikazanom tablicom 5.1, iznosi 9730 milimetara, dok visina 22 zahtjevane police iznosi 1100 milimetara. Kako je raspoloživa visina polica u podiznom modulu od 11 000 milimetara veća od sume razmaka između polica i visina polica koja iznosi 10 830 milimetara potvrđuje se mogućnost skladištenja svih steznih naprava u jednom ovako dimenzioniranom podiznom modulu.

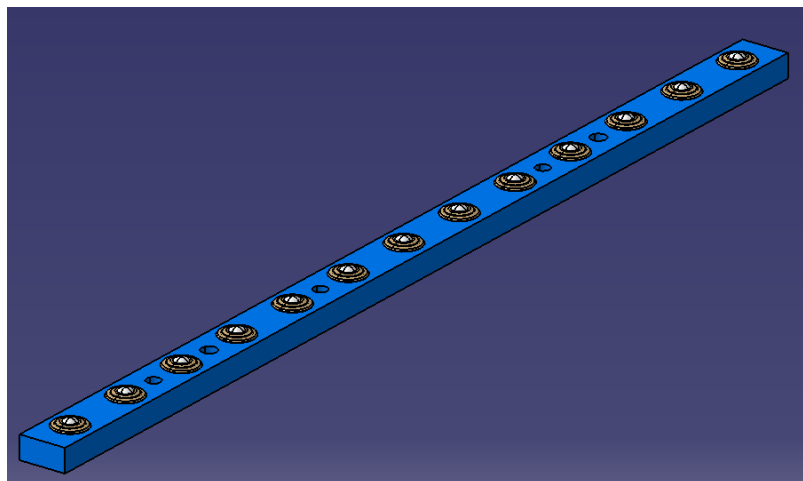
**Tablica 5.1 Dimenzioniranje Kardex Shuttle 700 podiznog modula**

<u>Broj police</u>	<u>Visina steznih naprava</u>	<u>Broj naprava na polici</u>	<u>Postotak popunjenosti</u>
1	240	4	84.19%
2	300	8	82.98%
3	700	7	79.63%
4	670	3	90.98%
5	560	7	79.25%
6	560	6	82.79%
7	520	6	94.70%
8	520	6	87.00%
9	520	6	85.04%
10	520	6	83.00%
11	520	6	88.83%
12	510	6	84.18%
13	460	6	72.59%
14	430	5	79.81%
15	420	4	81.84%
16	400	4	79.73%
17	380	5	88.92%
18	340	4	77.63%
19	340	4	82.43%
20	250	7	79.88%
21	280	7	77.19%
22	290	6	96%

Nedostatak ovako dimenzioniranog podiznog modula je skladištenje naprava razreda S na police prilagođene napravama razreda L što označava da će u određenim trenucima postojati potreba za pomicanjem naprava pri komisioniranju. Iako se ta potreba optimalnim rasporedom naprava može minimizirati, korisno je u fazi dimenzioniranja sustava predvidjeti mogućnost rješavanja tog problema.

Sustav koji istovremeno olakšava pomicanje naprava ako one nisu potrebne te komisioniranja teških naprava pri čemu eliminira potrebu za podizanjem naprava i njihovim guranjem po policama je valjčani sustav. Sustav valjaka, sličan prikazanom na slici 5.5, postavlja se direktno na police Kardex sustava pri čemu je razmak između pojedinih valjaka varijabilan i ovisi o dimenzijama naprava koje se skladište na promatranjoj polici. Ovakav sustav omogućava jednostavno „rolanje“ naprava po policama bez njihova oštećenja te

olakšava komisioniranja teških naprava. U slučaju korištenja ovakvog sustava potrebno je postaviti i dodatne osigurače s prednje i stražnje strane polica kako ne bi došlo do njihova neželjena pomicanja prilikom podizanja i spuštanja unutar Kardex sustava. Dodatna prednost prikazanog sustava je to što pruža udaljenost naprava od polica Kardex sustava što znači da se pinovi za pozicioniranje sa samih naprava ne trebaju skidati prije skladištenja.



**Slika 5.5 Sustav valjaka**

Drugi način koji olakšava probleme pomicanja u danom trenutku nepotrebnih naprava i olakšava komisioniranje naprava razreda L prikazan je slikom 5.6.



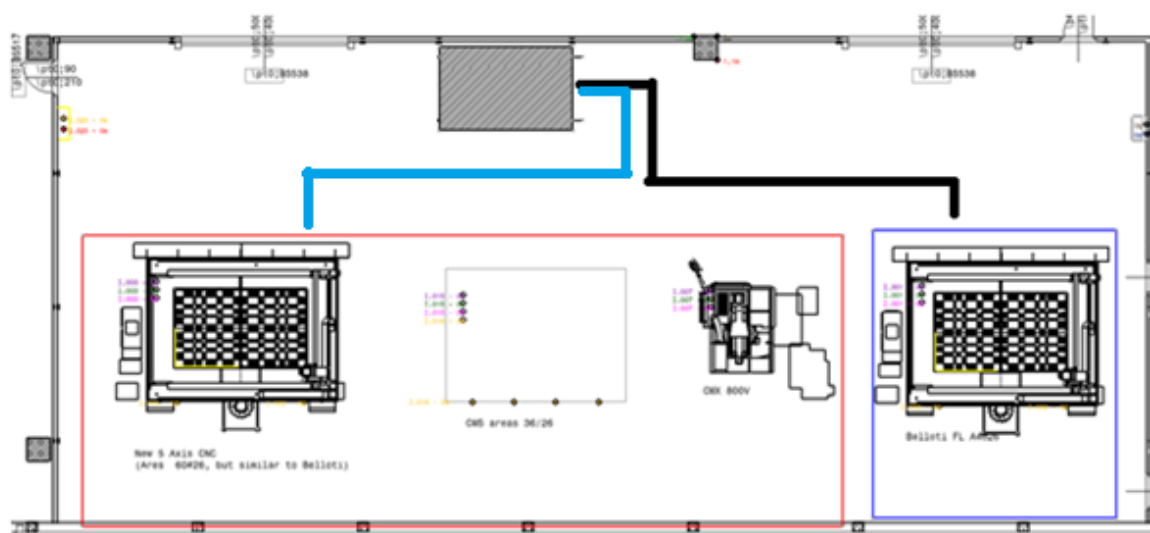
**Slika 5.6 Kardex sustav za izvlačenje [13]**

Za razliku od prvo prikazanog rješenja, ovo je gotovo Kardex rješenje koje može biti izvedeno kao ručno ili automatsko. Omogućuje izvlačenje police s napravama izvan samog podiznog modula i tako olakšava daljnje rukovanje. Nedostatak je što zauzima dodatan vanjski prostor, ali kako je raspoloživi prostor, prikazan slikom 5.4 dovoljan ovo nije eliminirajući faktor te se uzima u obzir kao moguće rješenje.

## 5.2. Prijedlozi poboljšanja načina rukovanja i transporta naprava do stroja

Definirana pozicija i vrsta skladišnog sredstva te položaj obradnih centara, kao lokacije do koje je stezne naprave potrebno dostaviti, omogućuje davanje prijedloga poboljšanja procesa rukovanja i transporta naprava. Kao i u slučaju skladištenja, transportni će se proces promatrati sa stajališta naprava razreda L koje, zbog njihove dimenzije i mase, predstavljaju najgori slučaj.

Prilikom razmatranja procesa transporta krenut će se od transportnog puta kojeg je potrebno ostvariti. Transportni put prikazan crnom bojom na slici 5.7 predstavlja transportni put kojeg je potrebno ostvariti do postojećeg stroja, dok plava boja predstavlja transportni put kojeg će biti potrebno ostvariti ako se poduzeće odluči investirati u dodatni obradni centar.



Slika 5.7 Transportni put od skladišta do obradnog centra

Transport se u prikazanom sustavu može ostvariti sredstvima prekidnog toka, ali i sredstvima neprekidnog toka. Sredstva neprekidnog toka, poput sustava konvejera, neće se razmatrati s obzirom da planirani raspored proizvodne hale istima nije prilagođen, a i ne postoje zahtjevi za volumenom proizvodnje koji bi opravdali njihovu investiciju. U daljnjem će se dijelu stoga razmatrati samo sredstva prekidnog toka i to podna industrijskim sredstva i granici.

### 5.2.1. Podna industrijska vozila

S obzirom na transportnu udaljenosti od skladišta do obradnog centra od 20-tak metara te maksimalne mase naprava od 350 kilograma predlaže se primjena ručnih industrijskih vozila. Predloženi vertikalni podizni modul omogućuje komisioniranje na ergonomsko definiranoj visini i postavljanje naprava izravno na police bez upotreba paleta. Uslijed ovih karakteristika iz razmatranja ispadaju ručni viličari te se kao transportno sredstvo predlažu ručna kolica.

Stezne se naprave izuzimaju sa skladišne lokacije s ergonomično definirane visine, a potrebno ih je dostaviti do stola stroja obradnog centra koji se nalazi na drugačijoj visini. Kako bi se, uslijed razlike u visini skladišne lokacije i stola obradnog centra, izbjegla potreba za dodatnom manipulacijom korisno je da su ručna kolica izvedena s mogućnošću regulacije visine odnosno uz mogućnost podizanja i spuštanja tereta. Slika 5.8 prikazuje primjer ručnih hidrauličkih kolica koja ispunjavaju dani zahtjev.



**Slika 5.8 Ručna hidraulička kolica**

Prilikom odabira kolica bitno je paziti na sljedeće karakteristike:

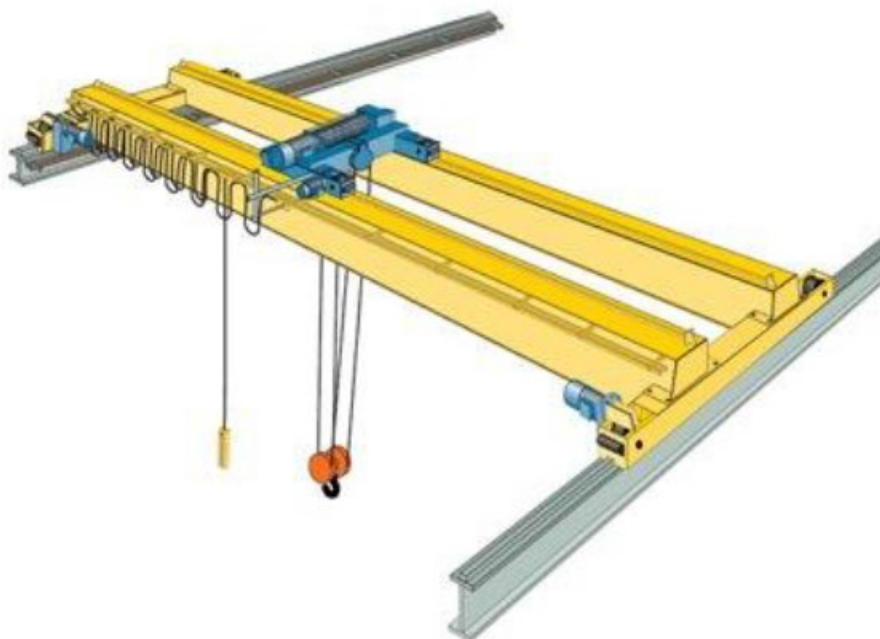
- Nosivost kolica od minimalno 500 kilograma. Određeno na temelju maksimalne težine naprava i faktora sigurnosti.
- Dimenzije stola kolica 1400 x 1000 milimetara. Određeno na temelju dimenzija najveće stezne naprave.

- Maksimalna ostvariva visina mora biti veća od visine stola obradnog centra.
- Minimalna ostvariva visina mora biti manja od visine ergonomske definiranog otvora podiznog modula.

Prednost ručnih hidraulički kolica je fleksibilnost, jednostavnost primjene, ne zahtijeva investiranje u prilagodbu proizvodne hale. Jedini troškove su troškovi kolica koji se kreće do nekoliko stotina eura. Nedostatak je to što bi se kolica morala doraditi s obzirom da se na prikazanim ne može ostvariti udaljenost od stola kolica do donje ploče stezne naprave potrebna za pinove za pozicioniranje.

### 5.2.2. Granici

Na temelju oblika transportnog puta i masa steznih naprava od svih granika, opisanih u teorijskom dijelu rada, razmatrati će se mogućnost primjene mosnog granika kao prijedlog načina izvođenja transporta.



Slika 5.9 Mosni granik [6]

Mosni se granici mogu se koristiti za transport steznih naprava isključivo u slučaju kada je Kardex podizni modul opremljen Kardex sustavom za izvlačenje. U protivnom je potrebno dodatno sredstvo na koje će se stezna naprava odložiti nakon komisioniranja iz podiznog modula, a prije podizanja s vitlom granika što nije efikasno ni sa stajališta prostora ni sa stajališta manipulacije. Također, konstrukcija samog obradnog centra onemogućuje direktno

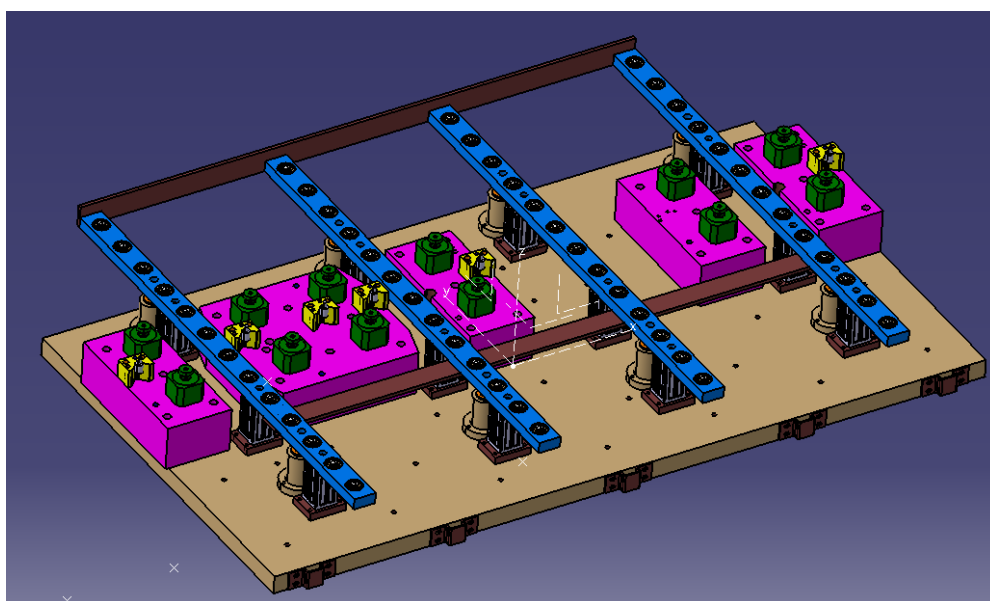
spuštanje staznih naprava na stol stroja. Iz tog bi se razloga naprave morale prvo odložiti na pomoćno sredstvo pa tek s njega na stol stroja, što predstavlja dodatnu operaciju u procesu. Nadalje, mosni granik zahtjeva stazu koja je ugrađena u samu proizvodnu halu ili samostalnu konstrukciju koja dodatno zauzima prostor, a koji u trenutnom planu izrade nije predviđen. Granik omogućava transport puno težih tereta od promatranih steznih naprava, a kako je cijela proizvoda hala namijenjena proizvodnji kompozitnih dijelova, koje u pravilu karakterizira mala masa, postavlja se pitanje isplativost investicije.

Sukladno navedenom može se zaključiti da ne postoji opravdanost investicije u mosni granik te da je efikasnije kao sredstvo transporta koristiti modificirana ručna hidraulička kolica.

### 5.3. Prijedlozi poboljšanja procesa rukovanja napravom kod stroja

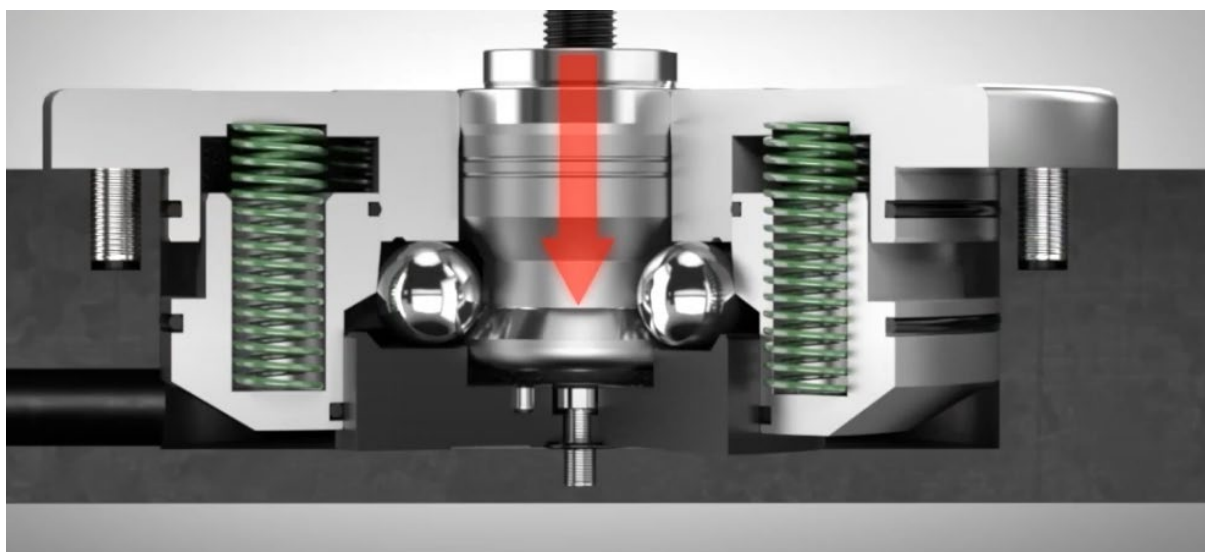
S obzirom na specifičnost problema rukovanja napravama na stroju prijedlog poboljšanja ovog procesa razvijen je interno u poduzeću Rimac Automobili te nije dostupan na tržištu kao gotovo rješenje. U daljnjem će se radu rješenje problema rukovanja napravama na stroju nazivati sustav brze izmjene naprava.

Sustav brze izmjene naprava je mehaničko pneumatski sustav koji omogućuje jednostavno manipuliranje napravama na stroju. Mehanički dio sustava, prikazan slikom 5.10, ima funkciju osigurati poziciju stezne naprave na stolu obradnog centra bez potrebe za dodatnim fiksiranjem korištenjem T – vijaka i matica, ali i omogućiti lakšu manipulaciju.



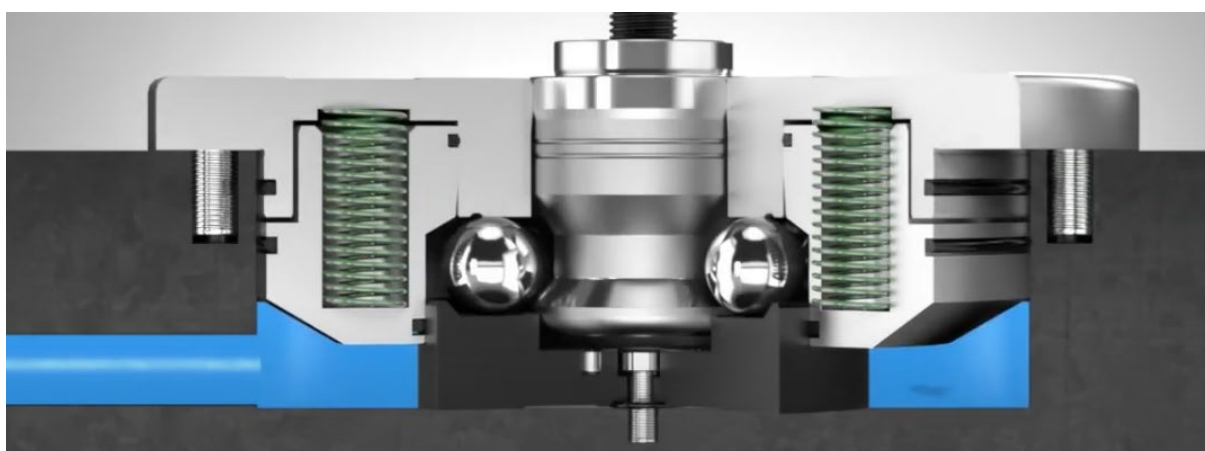
Slika 5.10 Sustav brze izmjene naprava

Umjesto fiksiranja vijcima, sustav za izmjenu steznih naprava koristi „Zero Point System – ZPS“. U ZPS pozicije, označene zelenom bojom na slici 5.10, nasjedaju pinovi za pozicioniranje postavljene na stezne naprave čime se osigurava pozicija stezne naprave. Istovremeno uz pozicioniranje, ZPS služi i za stezanje steznih naprava koje je izvedeno na pneumatskom principu i puno je brže od stezanja vijcima. Slika 5.11 prikazuje normalno stanje ZPS-a kada je postavljena stezna naprava. Opruge uzrokuju tlačnu silu na metalne pribornice koje potom pritišću metalne kuglice. Metalne kuglice djeluju na pin za pozicioniranje na način da ga pritišću prema dolje čime se osigurava potrebna sila stezanja.



Slika 5.11 Presjek „Zero Point System“ – postavljena stezna naprava [14]

Za skidanje steznih naprava potrebno je eliminirati silu stezanja što se ostvaruje primjenom zraka prema slici 5.12.

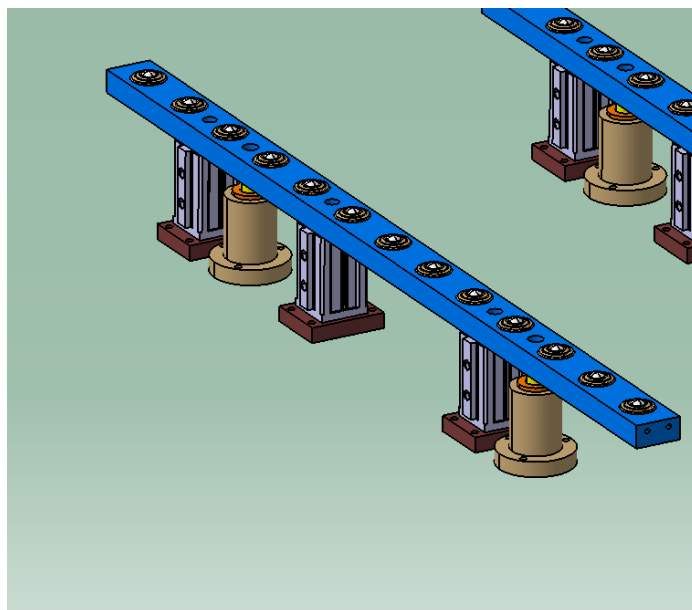


Slika 5.12 Presjek „Zero Point System“ – skidanje stezne naprave [14]



Komprimirani zrak ulazi u prostor prirubnica i tlačno ih pritišće uslijed čega dolazi do sabijanja opruga. Sabijanjem opruga prestaje pritisna sila između metalnih kuglica i pinova za pozicioniranje čime se ujedno eliminira i sila stezanja. Primjena ZPS-a omogućuje konstantnu poziciju prilikom svakog postavljanja i skidanja naprave čime se rješava potreba za centriranjem položaja stezne naprava po x i y osi, ali i određivanje nultočke stezne naprava. Uslijed velike preciznosti pozicioniranja, nul-točka steznih naprava uvijek se nalazi na istom mjestu u odnosu na nul-točku stroja što s trenutno izvedenim načinom stezanja nije slučaj. Na ovaj se način umanjuje vrijeme rukovanja i samim time poboljšava postojeći proces rukovanja.

Za lakšu manipulaciju napravama, koja se primjenom sustava brze izmjene svodi na spuštanje stezne naprave na ZPS tako da pinovi za pozicioniranje uđu u provrt ZPS-a te podizanje naprava u slučaju skidanja sa stroja, zadužen je dio sustava brze izmjene naprava prikazan slikom 5.13.



**Slika 5.13** Sustav podizanja i spuštanja steznih naprava

Ovaj se dio sustava sastoji od sljedećih komponenti:

- Valjčanog sustava, prikazanog plavom bojom, koji omogućuje klizanje stezne naprave.
- Cilindričnih valjaka prikazanih svjetlo smeđom bojom koji osigurava točnost vođenja valjčanog sustava.
- Pneumatskih podizача prikazanih sivom bojom koji pretvaraju tlak zraka u mehaničku silu potrebnu za podizanje valjčanog sustava.

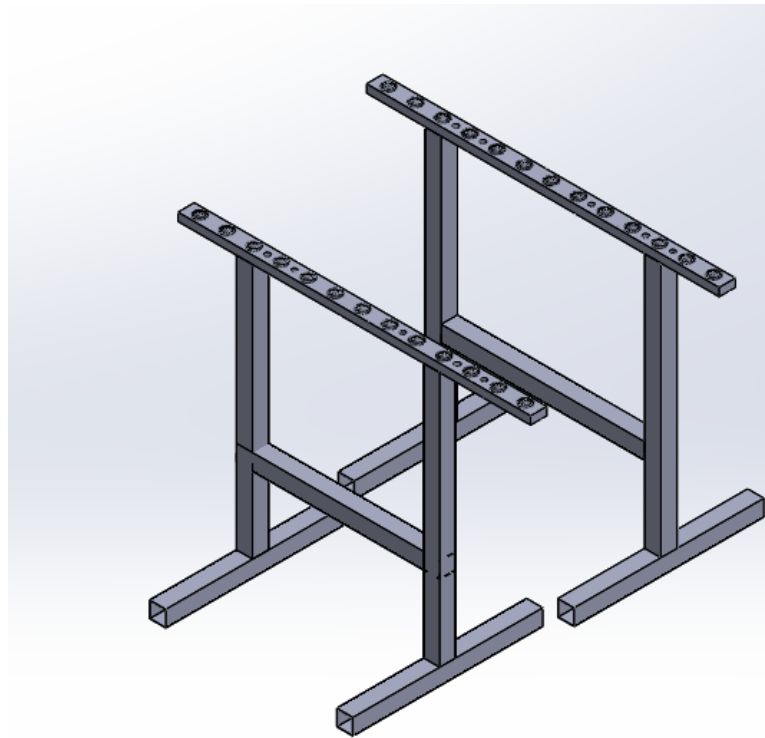
Kombinacija ovih pozicija omogućuje podizanje i spuštanje steznih naprava kojim se upravlja otvaranjem i zatvaranjem ventila komprimiranog zraka što značajno olakšava manipulaciju napravama na stroju.

Integracija dva opisana sustava u sustav brze izmjene naprava znači da se proces izmjene naprava sastoji od:

- Podizanja valjčanog sustava otvaranjem ventila za dovod komprimiranog zraka do pneumatskih podizača.
- Postavljanja stezne naprave na valjčani sustav.
- Guranje stezne naprave po valjčanom sustavu dok se pozicije pinove ne poklope s pozicijama provrta ZPS-a. Kao pomoć pri određivanju točne pozicije koriste se žute pozicije sa slike 5.10 koje fizički sprječavaju guranje naprava dalje od potrebnog.
- Otvaranje ventila za dovod komprimiranog zraka do ZPS-a čime se omogućuje ulazak pinova za pozicioniranje u ZPS.
- Spuštanja valjčanog sustava zatvaranjem ventila za dovod komprimiranog zraka do pneumatskih podizača.
- Zatvaranje ventila za dovod komprimiranog zraka do ZPS-a čime se ostvaruje sila stezanja.

Vidljivo je da se cijela manipulacija napravama na stroju koja uključuje podizanje, pozicioniranje i spuštanje svodi na regulaciju protoka zraka primjenom ručnih ventila te guranja naprava po valjčanom sustavu. Uz navedeno ostvaruje se konstantnost pozicioniranja i izbjegava potreba za ponovnim centriranjem naprava kod njihovog postavljanja. Navedene prednosti značajno smanjuju vrijeme rukovanja napravama.

Drugi problem spomenuti u analizi trenutnog načina izvođenja procesa je pristup stolu stroja koji je ograničen uslijed vodilica vrata obradnog centra. Kako vodilice sprječavaju ulazak transportnih sredstava do stola stroja nužno je od transportnog sredstva do stola ostvariti svojevrsno mosno rješenje po kojem će stezne naprave kontrolirano klizati. Potrebno je imati na umu da stezne naprave imaju postavljene pinove za pozicioniranje što sužava izbor. Mosno rješenje mora imati samostojeću konstrukciju te duljinom odgovarati udaljenosti od vodilica vrata do stola stroja, visinom visini podignutog valjčanog sustava, a po širini mora biti fleksibilno s obzirom na različite širine naprava. Prijedlog jednostavnog mosnog rješenja koje zadovoljava uvjete prikazano je na slici 5.14.



**Slika 5.14 Jednostavno mosno rješenje za prijenos naprava**

Rješenje se sastoji od valjčanog sustava koji omogućuje klizanje naprave do stola stroja i dva odvojena dijela pa se udaljenost između tračnica može regulirati ovisno o steznoj napravi koja se koristi za stroju. Glavne prednosti rješenja su jednostavnost izrade i korištenja te niski troškovi izrade.

## 6. ANALIZA PROMJENA U PROMATRANOM PROCESU

U ovom će se poglavlju dani prijedlozi integrirati u kompletan proces koji bi se trebao izvoditi na lokaciji nove proizvodne hale kao dio procesa obrezivanja. Odredit će se utjecaj prijedloga poboljšanja na vremena komisioniranja i rukovanja te na iskoristivost stroja i volumen proizvodnje.

### 6.1. Izgled procesa obrezivanja nakon implementacije predloženih rješenja

Proces obrezivanja započinje komisioniranjem potrebne stezne naprave iz Kardex Shuttle vertikalnog podiznog modula, a sastoji se od:

1. Odabira police na kojoj se nalazi stezna naprava kroz sučelje vertikalnog podiznog modula.
2. Izuzimanja željene stezne naprave s police kroz otvor za komisioniranje. Pomicanje steznih naprava s polica, u slučaju da je ono potrebno, ostvaruje se jednostavnim klizanjem naprava po definiranom valjčanom sustavu do pomoćnog sredstva odlaganja postavljenog pokraj skladišnog sustava. U slučaju da potrebe za pomicanjem nema, klizanjem naprave po valjčanom sustavu stezna se naprava prebacuje na modificirana ručna hidraulička kolica.
3. Transportiranja steznih naprava ručnim hidrauličkim kolicima do vrata obradnog centra i fiksiranja pozicije kolica kočnicom.
4. Podizanja valjčanog sustava otvaranjem ventila za dovod komprimiranog zraka do pneumatskih podizača.
5. Ručnog prenošenja steznih naprava razreda S do sustava brze izmjene naprava, ili primjene mosnog rješenja za prijenos naprava razreda M i L do valjčanog sustava brze izmjene naprava.
6. Guranja stezne naprave po valjčanom sustavu dok se pozicije pinova ne poklope s pozicijama provrta ZPS-a.
7. Otvaranja ventila za dovod komprimiranog zraka do ZPS-a čime se omogućuje ulazak pinova za pozicioniranje u ZPS.

8. Spuštanja valjčanog sustava zatvaranjem ventila za dovod komprimiranog zraka do pneumatskih podizača.
9. Zatvaranja ventila za dovod komprimiranog zraka do ZPS-a čime se ostvaruje sila stezanja.
10. Postavljanja proizvoda na steznu napravu.
11. Stezanja proizvoda na napravu stvaranjem podtlaka.
12. Strojne obrade.
13. Vizualne kontrole kvalitete nakon završene obrade.
14. Vraćanja stroja u početno stanje skidanjem proizvoda s naprave, skidanjem naprave sa stroja i transportom stezne naprave do vertikalnog podiznog modula primjenom ručnih kolica. Vraćanje stroja u početno stanje omogućuje pokretanje novog procesa obrezivanja.

U ovako prikazanom procesu, a u odnosu na trenutni način izvođenja procesa, korišteni su predloženi Kardex Shuttle vertikalni podizni modul kao skladišno sredstvo, modificirana ručna hidraulička kolica kao transportno sredstvo, mosno rješenje za prijenos naprava razreda M i L do stola stroja te sustav brze izmjene naprava kao rješenja za olakšanu manipulaciju napravama kod stroja.

## **6.2. Određivanje vremena potrebnih za izračun iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje**

Kako bi vremena komisioniranja i transporta te vrijeme postavljanja nakon implementacije predloženih rješenja bila usporediva s istim vremenima trenutnog načina izvođenja procesa potrebno je da ona uzimaju u obzir izvođenje istih aktivnosti. Tako je u ovom slučaju s:

- Vremenom komisioniranja i transporta uzeto u obzir vrijeme izuzimanja stezne naprave iz Kardex Shuttle skladišnog sustava te vrijeme transporta do obradnog centra. Vrijeme izuzimanja stezne naprave obuhvaća vrijeme potrebno operateru da koristeći informacijski sustav vertikalnog podiznog modula odabere potrebnu steznu napravu, vrijeme potrebno da polica s odabranom napravom dođe do otvora za komisioniranje te vrijeme potrebno radniku da napravu postavi na transportna kolica. Bitno je napomenuti da vrijeme potrebno da polica s odabranom napravom dođe do otvora za komisioniranje ovisi o samom sustavu te njegovim motorima te autoru rada

nije u potpunosti poznato. Iz navedenog će se razloga taj dio vremena komisioniranja i transporta procijeniti te uzeti s dozom rezerve. Vrijeme transporta odredit će se na temelju prosječne brzine hoda čovjeka uz određeni faktor sigurnosti. Ovako definirano vrijeme komisioniranja i transporta uzima u obzir prve tri operacije definiranog procesa obrezivanja nakon implementacije poboljšanja i poklapa se s aktivnostima uzetim u obzir vremenom komisioniranja i transporta kod trenutnog načina izvođenja procesa.

- Vremenom postavljanja uzeto u obzir vrijeme postavljanja naprave na stroj opisanih u sklopu 4, 5, 6, 7, 8, i 9 operacije definiranog procesa. Ovdje je zgodno za primijetiti da vrijeme postavljanja više ne ovisi o razredu stezne naprave nego je jednakog iznosa za sve razrede. Navedeno se javlja kao posljedica eliminacije potrebe za podizanjem naprava odnosno kao posljedica načina rukovanja napravama koje se sastoji od otvaranja i zatvaranja ventila, a koje je jednako za sve naprave.
- Vremenom postavljanja proizvoda na napravu, u ovisnosti o veličini i geometrijskoj složenosti proizvoda (prikazano u obliku grupa proizvoda), uzeto u obzir vrijeme postavljanja proizvoda i stezanje na napravu. Uzima u obzir operacije 10 i 11. Na ovo vrijeme poboljšanja procesa nisu imala utjecaja pa će se biti jednaka vremenima trenutnog načina izvođenja procesa.
- Vremenom obrezivanja, na temelju duljine linije obrezivanja i prosječne brzine obrezivanja, u obzir uzet postupak strojne obrade. Uzima u obzir operaciju 12. Na ovo vrijeme poboljšanja procesa nisu imala utjecaja pa će se biti jednaka vremenima trenutnog načina izvođenja procesa.
- Vremenom vizualne kontrole uzet u obzir postupak kontrole kvalitete obrezanog ruba. Na ovo vrijeme poboljšanja procesa nisu imala utjecaja pa će se biti jednaka vremenima trenutnog načina izvođenja procesa. Uzima u obzir operaciju 13.
- Vremenom skidanja uzeta u obzir operacija 14. Ovo je vrijeme približno jednako vremenu komisioniranja i transporta pa će se kao vrijeme vraćanja stroja u početno stanje, definirano kao vrijeme skidanja, uzeti vrijeme komisioniranja i transporta.

### 6.2.1. Vrijeme komisioniranja i transporta

Vrijeme komisioniranja i transporta određivat će se prema (6):

$$t_{kt} = t_{KS} + t_t \quad (6)$$

Gdje je:

$t_{kt}$	s	vrijeme komisioniranja i transporta
$t_{KS}$	s	vrijeme od odabira stezne naprave do postavljanja naprave na kolica – određeno na temelju procjene
$t_t$	s	vrijeme transporta od vertikalnog podiznog modula do vrata obradnog centra – određeno na temelju izraza (7)

Vrijeme od odabira stezne naprave do postavljanja naprave na kolica uzeti će se obzirom na dimenzije naprava jer, u određenim slučajevima ipak postoji potreba za izmicanjem jedne naprave kako bi došlo do komisioniranje druge, a kao što je ustanovljeno, to vrijeme je ipak veće kod većih naprava. Ipak postojanjem valjčanog sustava izmicanje steznih naprava značajno je olakšano. Procijenjena vrijednost vremena  $t_{KS}$  dana je tablicom 6.1.

**Tablica 6.1 Procijenjena vrijednost vremena  $t_{KS}$**

Razred Naprave	Procijenjeno vrijeme, min
S	2
M	4
L	6

Vrijeme transporta:

$$t_t = \frac{s}{v_h} \quad (7)$$

Gdje je:

$t_t$	s	vrijeme transporta od vertikalnog podiznog modula do vrata obradnog centra
$s$	m	prosječna udaljenost koju radnik treba prijeći prilikom transporta steznih naprava
$v_h$	m/s	prosječna brzina kretanja čovjeka prilikom transporta – 0,5 m/s

Vrijeme transporta je uzeti će se neovisno o veličini stezne naprave s obzirom na isti način transporta te istu udaljenost od 20 metara, određenu prema slici 5.7, iznosi 40 sekundi. Vrijeme komisioniranja i transporta stoga se kreće od 2,7 minuta za naprave razreda S do 6,7 minuta za naprave razreda L.

### 6.2.2. Vrijeme postavljanja

Već je utvrđeno da je ovo vrijeme jednako za sve razrede stezne naprave što se javlja kao posljedica načina rukovanja. U pravilu ovo je vrijeme vrlo malo jer zahtjeva od operatera tek pozicioniranje stezne naprave njezinim klizanjem po valjčanom sustavu sve dok se pinovi za pozicioniranje ne poklope s provrtima ZPS-a što je ograničeno mehanički. Osim klizanja naprava, uključuje rukovanje sustavom brze izmjene naprava kroz ručne pneumatske ventile što zahtjeva nekoliko sekundi. Stoga će se vrijeme rukovanja uzeti s iznosom od 2 minute koji uzima u obzir i faktor sigurnosti.

### 6.3. Iskoristivost stroja i volumen proizvodnje

U ovom će se potpoglavlju prikazati kako vremena komisioniranja i transporta te vrijeme postavljanja, do čijih je smanjenja došlo implementacijom danih prijedloga poboljšanja, utječu na iskoristivosti stroja i volumena proizvodnje. Analiza će se ponovno provesti analizom rubnih uvjeta sa stajališta broja obrađenih dijelova gledajući period od jedne smjene.

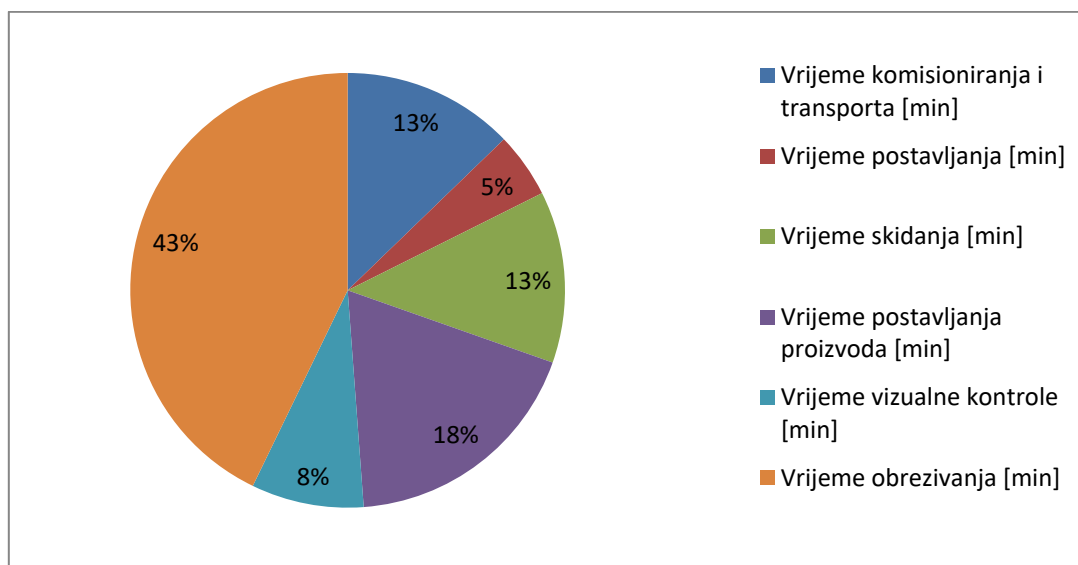
Minimalni broj obrađenih komada javlja se u slučajevima kada na proces obrezivanja stignu dijelovi s maksimalnim iznosom vremena ciklusa. Popis dijelova koji se daju obraditi u jednoj smjeni, u slučaju minimalnog broja obrađenih komada, dan je tablicom 6.2.

**Tablica 6.2 Proizvodi u slučaju minimalnog broja obrađenih komada**

Naziv	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
MG REAR TOW RING COVER	2.67	2	2.67	2	1	1.375	11.71
FRONT TOW COVER	2.67	2	2.67	2	1	1.75	12.08
MG WING MOUNT LH	2.67	2	2.67	2	1	1.75	12.08
PLATE C ASY	6.67	2	6.67	10	4.5	22	51.83
PLATE B ASY	6.67	2	6.67	10	4.5	22	51.83
MG LH DOOR TRIM PANEL	6.67	2	6.67	10	4.5	24.5	54.33
MG RH DOOR TRIM PANEL	6.67	2	6.67	10	4.5	24.5	54.33
SERIES-LH DOOR PANELS	6.67	2	6.67	10	4.5	24.5	54.33
SERIES-RH DOOR PANELS	6.67	2	6.67	10	4.5	24.5	54.33
MG CENTRE RADIATOR FAN HOLDING SHROUD	4.67	2	4.67	10	4.5	29.675	55.51

Suma vremena ciklusa za prikazane proizvode iznosi 412 minuta te je, u jednoj smjeni od 7 sati efektivnog rada u prikazanom slučaju, moguće obraditi 10 prikazanih proizvoda. Suma vremena obrezivanja za iste proizvode iznosi 177 minuta što predstavlja 43 % ukupnog raspoloživog vremena smjene. Preostali dio vremena se troši na druge opisane aktivnosti. Razdioba vremena za dani je slučaj prikazana slikom 6.1.





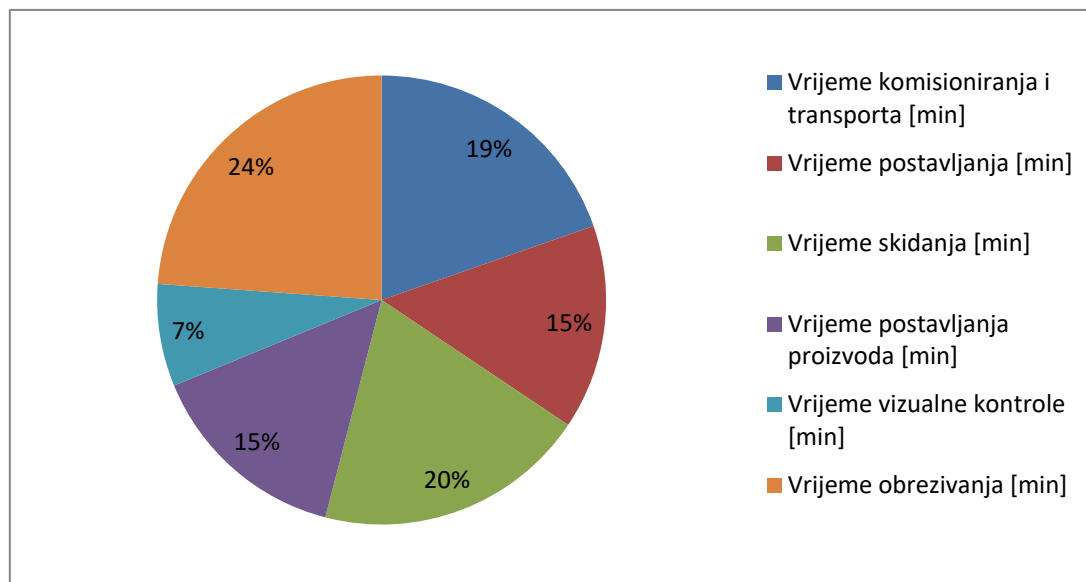
**Slika 6.1** Raspodjela vremena ciklusa za slučaj minimalnog broja obrađenih dijelova

Maksimalan broj obrađenih komada javlja se u slučajevima kada na proces obrezivanja stignu dijelovi s minimalnim iznosom vremena ciklusa. Popis dijelova s minimalnim iznosom vremena ciklusa, a koji se stignu obraditi u jednoj smjeni od 7 sati efektivnog rada dan je tablicom 6.3.

**Tablica 6.3** Proizvodi u slučaju maksimalnog broja obrađenih komada

Naziv	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
MG REAR TOW RING COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.38	11.71
FRONT TOW COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG WING MOUNT LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG WING MOUNT RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.50	12.83
REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.50	12.83
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.75	13.08
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.75	13.08
MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.00	13.33
MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.00	13.33
MG TRUNK LATCH COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.13	13.46
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG SHROUD WING PILLAR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG SHROUD WING PILLAR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG INNER SKIN LID CHARGING SOCKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.50	13.83
MG LH HIGH SPEAKER BOX	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.67	14.00
RH HIGH SPEAKER BOX	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.68	14.01
MG STEERING COLUMN COVER MASK	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
MG Y- MOUTING BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
MG ARMREST LID FRAME CARBON COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
ACCELERATOR PEDAL ATTACHMENT BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.80	14.13
MG CARRIER FOR DC/DC CONVERTER AND BATTERY HEATER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.00	14.33
MG MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDE PANEL LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.18	14.51
MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDE PANEL RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.18	14.51
MG STEERING COLUMN MASK	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71
MG Y+ MOUTING BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71
MG ARMREST LID FRAME	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71

Suma vremena ciklusa za prikazane proizvode iznosi 407 minuta te je u jednoj smjeni od 7 sati efektivnog rada moguće obraditi 30 prikazanih proizvoda. Suma vremena obrezivanja za iste proizvode iznosi 97 minuta što predstavlja 24 % ukupnog raspoloživog vremena smjene. Preostali dio vremena se troši na druge opisane aktivnosti. Razdioba vremena za dani je slučaj prikazana slikom 6.2.



**Slika 6.2** Raspodjela vremena ciklusa za slučaj maksimalnog broja obrađenih dijelova

#### 6.4. Zaključak druge provedene analize

Nakon implementacije predloženih prijedloga rješenja napravljena je procjena vremena i analizirani su najbolji i najgori slučaj sa stajališta broja obrezanih proizvoda te je za oba slučaja dana raspodjela vremena ciklusa. Na temelju analize i raspodjele vremena može se zaključiti:

- Najmanji broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni je 10 komada što je 100 % više u odnosu na trenutni način izvođenja procesa
- Najveći broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni je 30 komada što je 100 % više u odnosu na trenutni način izvođenja procesa.
- U slučaju obrade 10 komada 43 % raspoloživog vremena jedne smjene troši se na obradu pa se za iskoristivost stroja može reći da iznosi približno 43 %.
- U slučaju obrade 30 komada 24 % raspoloživog vremena jedne smjene troši se na obradu pa se za iskoristivost stroja može reći da iznosi približno 24 %.

- Stvarna iskoristivost stroja kreće se u rasponu od 24 % do 43 %, a broj obrezanih proizvoda u jednoj smjeni od 15 do 30 komada.
- U oba granična slučaja, nakon implementacije predloženih rješenja, najveći dio raspoloživog vremena se troši na obrezivanje proizvoda što je svakako pozitivno dok preostale aktivnosti oduzimaju manji dio vremena.
- Daljnje povećanje iskoristivosti stroja moguće je ostvariti optimizacijom vremena procesa obrezivanja, vremena postavljanja proizvoda na napravu, ali i daljnjim poboljšavanjem procesa komisioniranja i rukovanja. Vrijeme komisioniranja i transporta može se dodatno skratiti uvođenjem radnika koji bi obavljao dostavu naprava prema unaprijed definiranom redoslijedu obrada. Uvođenje dodatnog radnika za transport imalo bi utjecaja i na smanjenje vremena skidanja s obzirom da ono uzima u obzir dostavu naprava od stroja do vertikalnog podiznog modula. Navedena mogućnost u sklopu rada nije dalje analizirana, ali za potrebe daljnje optimizacije procesa svakako ju je potrebno uzeti u obzir kao jednu od mogućnosti.

## 7. ZAKLJUČAK

Automobilska industrija jedna je od ključnih industrijskih grana te je izuzetno kompetitivna. Kontinuirano ulaganje u vlastite procese i inovacije ključ su uspjeha. Novac je za sva poduzeća ograničen resurs pa je prije ulaganja potrebno provesti različite analize poput analize izvodljivosti i analize isplativosti, ali i analize trenutnog stanja.

Upravo s ciljem poboljšanja procesa u sklopu rada je dan teorijski uvod u područje tehničke logistike. Glavni je naglasak stavljen na logističke aktivnosti skladištenja i rukovanja materijalom u sklopu kojih su istaknuta sredstva raspoloživa na tržištu te prednosti i nedostaci istih.

Nadalje u sklopu rada je opisan proces obrezivanja, kao jedna od faza proizvodnje karbonskih dijelova, koji će se na temelju promatranja načina izvođenja i danog teorijskog uvoda u područje tehničke logistike nastojati poboljšati.

Kako bi se identificirale operacije procesa obrezivanja, čijim se poboljšanjem najviše može utjecati na povećanje iskoristivosti stroja na kojem se obrezivanje provodi i volumena proizvodnje, napravljena je analiza postojećeg stanja. Naglasak je stavljen na analizu skladištenja i rukovanja steznim napravama koje su jedan od potrebnih resursa za izvođenje samog obrezivanja. Na temelju mjerenja i grupiranja steznih naprava u grupe dobiven je rezultat analize. Analiza je pokazala da je stroj vrlo malo iskorišten te da se najveće povećanje volumena proizvodnje može ostvariti poboljšanjem procesa skladištenja i rukovanja napravama kao procesima koji oduzimaju najviše vremena u ukupnom ciklusu proizvodnje.

Na temelju nedostataka trenutnog načina izvođenja procesa, formirani su svojevrsni zahtjevi na temelju kojih su potom dani prijedlozi unapređenja procesa. Proces obrezivanja promatran je s aspekta skladištenja, rukovanja napravama od skladišnog sredstva do stroja te rukovanja napravama na stroju. Za svaki od navedenih aspekata potom su dani prijedlozi poboljšanja.

U konačnici integracijom odabranih prijedloga u jedan proces ponovno je provedena analiza iskoristivosti stroja i izračunat volumen proizvodnje. Rezultat analize je pokazao da je, uz investiciju u vertikalni podizni modul kao predloženo sredstvo skladištenja, hidraulička kolica kao transportno sredstvo te sustav brze izmjene naprava za manipulaciju napravama na stroju, moguće osigurati povećanje volumena proizvodnje od 100%.

Analizom je također pokazano da je daljnje povećanje iskoristivost stroja i povećanje volumena proizvodnje moguće ostvariti optimizacijom procesa obrezivanja, skraćanjem vremena postavljanja poluproizvoda na steznu napravu te daljnjim poboljšavanjem procesa komisioniranja i rukovanja. Kako prva dva navedena procesa nisu vezani uz logističke aktivnosti već zahtijevaju optimizaciju CNC programa i promjenu koncepta steznih naprava oni nisu dalje analizirati. Volumen proizvodnje bi se, kao što je navedeno, mogao povećati i daljnjim skraćanjem vremena komisioniranja i transporta te vremena postavljanja koja predstavljaju logističke procese, ali s obzirom na potrebe poduzeća vezanih na volumen proizvodnje karbonskih dijelova ona nisu dalje analizirana.

## LITERATURA

- [1] Waters, D. Logistics An Introduction to Supply Chain management. New York: Palgrave; 2006.
- [2] Mentzer TJ. Supply Chain Management. SAD: Sage Publications;
- [3] Crandall ER, Crandall RW. Principles of Supply Chain Management. CRC Press; 2009.
- [4] Blackstone JH, editor. Association for Supply Chain Management Dictionary. 13th Edition. SAD: University of Georgia; 2010.
- [5] Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP): <https://cscmp.org/>, Pristupljeno: 04. travnja 2022.
- [6] Đukić, G. Predavanja iz kolegija Tehnička logistika. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2018.
- [7] Oluić, Č. Skladištenje u industriji: Rukovanje materijalom, Fakultet strojarstva i brdogradnje, Zagreb, 1997.
- [8] Đukić, G. Predavanja iz kolegija Logistički menadžment. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2021.
- [9] Oluić, Č. Transport u industriji: Rukovanje materijalom, Fakultet strojarstva i brdogradnje, Zagreb, 1991.
- [10] Rimac Automobili: <https://www.rimac-automobili.com/media/press-releases/rimac-nevera-takes-the-hypercar-market-by-storm/>, Pristupljeno: 05. svibnja 2022.
- [11] Obrezivanje karbona: <https://www.belotti.com/en/product/fla-series/>, Pristupljeno: 11. lipnja 2022.
- [12] Kardex Shuttle skladišni sustav: <https://www.primatlogistika.hr/hr/proizvodi/skladisni-uredaji-i-sustavi/automatizirani-skladisni-uredaji-kardex/vertikalni-podizni-moduli-kardex-shuttle>, Pristupljeno: 16. lipnja 2022.
- [13] Kardex Shuttle skladišni sustav: <https://www.kardex.com/en/products/shuttle-vertical-lift-modules>, Pristupljeno: 16. lipnja 2022.
- [14] Zero Point System: [https://www.fresmak.com/wp-content/uploads/FRESMAK\\_0\\_MAK\\_Zero\\_Point\\_Clamping.pdf](https://www.fresmak.com/wp-content/uploads/FRESMAK_0_MAK_Zero_Point_Clamping.pdf), Pristupljeno: 17. lipnja 2022.
- [15] Čatić, I. Proizvodnja polimernih tvorevina, Biblioteka Polimerstvo – Serija zelena – Knjiga 6, Zagreb, 2006.

- [16] Sanjay KM. Composites Manufacturing Materials, Product and Process Engineering, CRC Press LLC, 2002.
- [17] Bullen G. Successful Composites Technology Transfer: Applying NASA Innovations to Industry, SME, Michigan

## **PRILOZI**

- I. Popis dijelova za obrezivanje – Tablični prikaz
- II. Raspored steznih naprava po policama Kardex Shuttle sustava – Tablični prikaz
- III. Vremena ciklusa nakon implementacije predloženih rješenja – Tablični prikaz
- IV. CD-R disk



**PRILOG I. Popis dijelova za obrezivanje – Tablični prikaz**

Naziv proizvoda	Duljina x Širina x Visina proizvoda [mm]	Duljina linije obrezivanja [mm]	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]	Duljina stezne naprave [mm]	Širina stezne naprave [mm]	Visina stezne naprave [mm]	Najveća dimenzija naprave [mm]	Razred naprava
MG REAR TOW RING COVER	90x90x10	150	3	15	3.75	2	1	1.375	26.125	290	290	210	290	S
FRONT TOW COVER	60x50x43	300	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5	260	250	243	260	S
MG WING MOUNT LH	60x60x45	300	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5	260	260	245	260	S
MG WING MOUNT RH	60x60x45	300	3	15	3.75	2	1	1.75	26.5	260	260	245	260	S
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	177x56x29	600	3	15	3.75	2	1	2.5	27.25	380	260	230	380	S
REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	177x56x29	600	3	15	3.75	2	1	2.5	27.25	380	260	230	380	S
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	140x140x135	700	3	15	3.75	2	1	2.75	27.5	340	340	335	340	S
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	140x140x135	700	3	15	3.75	2	1	2.75	27.5	340	340	335	340	S
MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	150X135X51	800	3	15	3.75	2	1	3	27.75	350	335	250	350	S
MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	150X135X51	800	3	15	3.75	2	1	3	27.75	350	335	250	350	S
MG TRUNK LATCH COVER	200x80x80	850	3	15	3.75	2	1	3.125	27.875	400	280	280	400	S
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	170x170x62	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	370	370	260	370	S
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	170x170x62	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	370	370	260	370	S
MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	190X170X50	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	390	370	250	390	S
MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	190X170X50	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	390	370	250	390	S
MG SHROUD WING PILLAR LH	285x190x45	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	485	390	245	485	S
MG SHROUD WING PILLAR RH	285x190x45	900	3	15	3.75	2	1	3.25	28	485	390	245	485	S
MG INNER SKIN LID CHARGING SOCKET	216x203x18	1000	3	15	3.75	2	1	3.5	28.25	420	405	220	420	S
MG LH HIGH SPEAKER BOX	312x185x120	1067	3	15	3.75	2	1	3.6675	28.4175	510	390	320	510	S
RH HIGH SPEAKER BOX	312x185x120	1070	3	15	3.75	2	1	3.675	28.425	510	390	320	510	S
MG STEERING COLUMN COVER MASK	150X140X210	1100	3	15	3.75	2	1	3.75	28.5	350	340	410	410	S
MG Y- MOUTING BRACKET	235x158x50	1100	3	15	3.75	2	1	3.75	28.5	440	360	250	440	S
MG ARMREST LID FRAME CARBON COVER	317x226x43	1100	3	15	3.75	2	1	3.75	28.5	520	430	250	520	S
ACCELERATOR PEDAL ATTACHMENT BRACKET	260x180x170	900	3	15	3.75	2	1	3.8	28.55	460	380	370	460	S
MG CARRIER FOR DC/DC CONVERTER AND BATTERY HEATER	290x222x35	1200	3	15	3.75	2	1	4	28.75	490	430	240	490	S
MG MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL LH	175x122x100	1270	3	15	3.75	2	1	4.175	28.925	375	320	300	375	S
MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL RH	175x122x100	1270	3	15	3.75	2	1	4.175	28.925	380	320	300	380	S
MG STEERING COLUMN MASK	205x155x138	1350	3	15	3.75	2	1	4.375	29.125	405	355	338	405	S
MG Y+ MOUTING BRACKET	235x158x50	1350	3	15	3.75	2	1	4.375	29.125	440	360	250	440	S
MG BONNET LOCKING BRACKET LH	260x150x107	1500	3	15	3.75	2	1	4.75	29.5	460	350	310	460	S
MG BONNET LOCKING BRACKET RH	260x150x107	1500	3	15	3.75	2	1	4.75	29.5	460	350	310	460	S
MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT LH	300x270x115	1700	3	15	3.75	5	1	5.25	33	500	470	315	500	S
MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT RH	300x270x115	1700	3	15	3.75	5	1	5.25	33	500	470	315	500	S
MG PASSENGER LH CARBON SEAT COVER	360x150x120	2000	3	15	3.75	5	1	6	33.75	560	350	320	560	S
MG PASSENGER RH CARBON SEAT COVER	360x150x120	2000	3	15	3.75	5	1	6	33.75	560	350	320	560	S
MG ARMREST UPHOLSTERY CARRIER CARBON COVER	270x233x92	1700	3	15	3.75	5	1.5	5.75	34	470	450	300	470	S
MG CHARGER MOUNT PLATE	265x215x73	1830	3	15	3.75	5	1.5	6.075	34.325	470	420	270	470	S
MG ARMREST FRAME	315x275x180	1900	3	15	3.75	5	1.5	6.25	34.5	520	480	380	520	S
MG ARMREST FRAME CARBON COVER	327x269x100	2100	3	15	3.75	5	1.5	6.75	35	530	470	300	530	S
MG ARMREST LID FRAME	392x230x90	1350	10	15	3.75	2	1	4.375	36.125	600	430	290	600	S
CUP HOLDER CARRIER	306x245x203	2600	3	15	3.75	5	1.5	8	36.25	510	450	400	510	S
MG GLOVEBOX LID SERIES-GLOVEBOX LID	432x295x135	1600	10	15	3.75	2	1	5	36.75	630	500	340	630	S
MG FRONT BEZEL STEERING WHEEL	272X200X100	2500	3	15	3.75	5	2	8.25	37	475	400	300	475	S
SERIES-HVAC BRACKET	184x120x160	3400	3	15	3.75	5	1.5	10	38.25	390	320	360	390	S
MG PASSENGER FOOTREST	420x250x5	1400	13	17	4.25	2	1	4.5	41.75	620	450	205	620	M
MG LH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	360X365X36	1600	10	15	3.75	5	1.5	5.5	40.75	560	565	236	565	S
MG RH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	360X365X36	1600	10	15	3.75	5	1.5	5.5	40.75	560	565	236	565	S
MG RH BLADE REAR BOX	377x372x145	2056	10	15	3.75	5	1	6.14	40.89	580	580	350	580	S
MG BLADE REAR BOX	377x372x145	2200	10	15	3.75	5	1	6.5	41.25	580	580	280	580	S
MG BLADE REAR BOX VISUAL CARBON	377x372x145	2200	10	15	3.75	5	1	6.5	41.25	580	580	350	580	S
MG BOTTOM COVER REAR WING	425X128X22	700	13	17	4.25	2	1	2.75	40	625	330	220	625	M
PFO_MG FRONT MIDDLE DUCT PARTITION	493x37x18	1200	13	17	4.25	2	1	4	41.25	700	240	220	700	M
MG FRONT LICENSE PLATE	530X140X13	1500	13	17	4.25	2	1	4.75	42	730	340	220	730	M

Naziv proizvoda	Duljina x Širina x Visina proizvoda [mm]	Duljina linije obrezivanja [mm]	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]	Duljina stezne naprave [mm]	Širina stezne naprave [mm]	Visina stezne naprave [mm]	Najveća dimenzija naprave [mm]	Razred naprava
MG PASSENGER FOOTREST MOUNTING DEVICE	415X250X17	3200	13	17	4.25	7	2	10	53.25	615	450	220	615	M
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER MIDDLE	570x29x24	1500	13	17	4.25	2	1	4.75	42	770	230	230	770	M
MG REAR SIDE BLADE INNER SKIN LH	500x310x35	2700	13	17	4.25	5	1	7.75	48	700	510	235	700	M
REAR SIDE BLADE INNER SKIN RH	500x310x35	2700	13	17	4.25	5	1	7.75	48	700	510	235	700	M
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE LH	365x333x7	2783	10	15	3.75	5	2	8.9575	44.7075	570	540	210	570	S
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE RH	365x333x7	2783	10	15	3.75	5	2	8.9575	44.7075	570	540	210	570	S
BOTTOM PLATE PDU ASY	480x270x55	2600	13	17	4.25	5	1	7.5	47.75	680	470	250	680	M
MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - LEFT CARRIER	610x180x70	2000	13	17	4.25	5	1	6	46.25	810	380	270	810	M
MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - RIGHT_CARRIER	610x180x70	2000	13	17	4.25	5	1	6	46.25	810	380	270	810	M
MG REAR SUSPENSION COVER LH	700x169x65	2400	13	17	4.25	5	1	7	47.25	900	370	270	900	M
MG REAR SUSPENSION COVER RH	700x169x65	2450	13	17	4.25	5	1	7.125	47.375	900	370	270	900	M
MG RH AIRBAG COVER	575x165x80	1300	13	17	4.25	2	1	4.25	41.5	775	365	280	775	M
MG LH AIRBAG COVER	575x165x80	1300	13	17	4.25	2	1	4.25	41.5	775	365	280	775	M
MG SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE LH	570x150x80	1680	13	17	4.25	5	1	5.2	45.45	770	350	280	770	M
SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE RH	570x150x80	1680	13	17	4.25	5	1	5.2	45.45	770	350	280	770	M
MG LH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	580X130X80	2100	13	17	4.25	5	2	7.25	48.5	780	330	280	780	M
MG RH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	580X130X80	2100	13	17	4.25	5	2	7.25	48.5	780	330	280	780	M
MG REAR COOLING PUMPS CARRIER	780x515x80	3850	13	17	4.25	7	2	11.625	54.875	980	715	280	980	M
SIDEPANEL RADIATOR FRAME LH	480X330X82	4400	13	17	4.25	10	4.5	15.5	64.25	680	530	282	680	M
SIDEPANEL RADIATOR FRAME RH	480X330X82	4400	13	17	4.25	10	4.5	15.5	64.25	680	530	282	680	M
MG FRONT RADAR BRACKET	490x180x105	1600	13	17	4.25	2	1	5	42.25	690	380	300	690	M
MG PASSANGER SIDE CARRIER	730x280x100	2000	13	17	4.25	5	1	6	46.25	930	480	300	930	M
MG TRUNK UPPER GLUED PART	770x110x100	2100	13	17	4.25	5	1	6.25	46.5	970	310	300	970	M
MG CENTRE RADIATOR FAN HOLDING SHROUD	850x540x110	10070	13	17	4.25	10	4.5	29.675	78.425	950	740	280	950	M
MG HVAC INTAKE DUCT - UPPER HALF	445x150x120	1700	13	17	4.25	5	1	5.25	45.5	650	350	320	650	M
MG DRIVER LH CARBON SEAT COVER	595x160x125	2000	13	17	4.25	5	1	6	46.25	795	360	320	795	M
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET LH	375x350x307	3390	10	15	3.75	7	2	10.475	48.225	580	550	510	580	S
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET RH	375x350x307	3390	10	15	3.75	7	2	10.475	48.225	580	550	510	580	S
MG DRIVER RH CARBON SEAT COVER	595x160x125	2000	13	17	4.25	5	1	6	46.25	795	360	320	795	M
MG DASHBOARD STRUCTURAL FRAME	750x229x123	2300	13	17	4.25	5	1	6.75	47	950	430	330	950	M
MG REAR SIDE BLADE LH	500X300X132	1700	13	17	4.25	5	2	6.25	47.5	700	500	332	700	M
MG REAR SIDE BLADE RH	500X300X132	1700	13	17	4.25	5	2	6.25	47.5	700	500	332	700	M
MG SIDEPANEL RADIATOR DUCT LH_VISUAL CARBON	485x360x145	2115	13	17	4.25	5	1	6.2875	46.5375	685	560	345	685	M
SIDEPANEL RADIATOR DUCT RH_VISUAL CARBON	485x360x145	2115	13	17	4.25	5	1	6.2875	46.5375	685	560	345	685	M
MG FRONT LICENSE PLATE BODY	525x135x150	2350	13	17	4.25	5	1	6.875	47.125	725	335	350	725	M
MG CRAVATE COVER LH	630X105X150	2500	13	17	4.25	5	3	9.25	51.5	830	305	350	830	M
MG CRAVATE COVER RH	630X105X150	2500	13	17	4.25	5	3	9.25	51.5	830	305	350	830	M
HOUSING COVER PDU ASY	550x345x145	4420	13	17	4.25	7	2	13.05	56.3	750	550	350	750	M
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT OUTLET	805x510x150	5046	13	17	4.25	7	2	14.615	57.865	1000	710	350	1000	M
MG UPPER FRONT END COVER DUCT	770x490x160	3950	13	17	4.25	7	2	11.875	55.125	970	700	360	970	M
MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [1]	655x490x240	7070	13	17	4.25	10	4.5	22.175	70.925	855	700	440	855	M
MG LH DOOR ARMREST CARRIER BASE	915x450x180	2100	18	20	5	5	1	6.25	55.25	1120	650	380	1120	L
MG RH DOOR ARMREST CARRIER BASE	915x450x180	2100	18	20	5	5	1	6.25	55.25	1120	650	380	1120	L
MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [3]	655x490x240	7070	13	17	4.25	10	4.5	22.175	70.925	855	700	440	855	M
MG LEFT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	1167x482x202	3000	18	20	5	5	1	8.5	57.5	1370	680	400	1370	L
MG RIGHT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	1167x482x202	3000	18	20	5	5	1	8.5	57.5	1370	680	400	1370	L
MG SIDEPANEL OUTER SKIN LH	830x580x290	3750	13	17	4.25	7	2	11.375	54.625	1030	800	500	1030	M
MG FRONT COVER FRONT BUMPER	880x720x120	3000	18	20	5	5	2	9.5	59.5	1080	920	320	1080	L
SIDEPANEL OUTER SKIN RH	830x580x290	3780	13	17	4.25	7	2	11.45	54.7	1030	800	500	1030	M
MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [2]	565x490x340	2900	13	17	4.25	5	1	8.25	48.5	765	690	540	765	M
TUNNEL CONSOLE	900x290x220	4100	18	20	5	7	2	12.25	64.25	1100	490	420	1100	L
MG TOP COVER DASHBOARD	1220x325x125	4200	18	20	5	7	2	12.5	64.5	1420	525	325	1420	L
MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [4]	565x490x340	2900	13	17	4.25	5	1	8.25	48.5	765	690	540	765	M
MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [5]	706x518x340	6400	13	17	4.25	10	4.5	20.5	69.25	906	718	540	906	M
MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [7]	706x518x340	6400	13	17	4.25	10	4.5	20.5	69.25	906	718	540	906	M

Naziv proizvoda	Duljina x Širina x Visina proizvoda [mm]	Duljina linije obrezivanja [mm]	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]	Duljina stezne naprave[ mm]	Širina stezne naprave [mm]	Visina stezne naprave [mm]	Najveća dimenzija naprave [mm]	Razred naprava
MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [8]	690x517x481	3450	13	17	4.25	5	1	9.625	49.875	900	720	680	900	M
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-FRONT HALF	1036x540x287	5252	18	20	5	10	4.5	17.63	75.13	1240	740	490	1240	L
PLATE A ASY	1160x610x20	5353	18	20	5	10	4.5	17.8825	75.3825	1350	810	220	1350	L
MG CENTRE RADIATOR BOTTOM SIDE AIR OUTLET DUCT	900x590x80	5688	18	20	5	10	4.5	18.72	76.22	1100	800	280	1100	L
MG BODY INTERIOR CEILING CARRIER	1271x992x450	6200	18	20	5	10	4.5	20	77.5	1470	1200	650	1470	L
MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [6]	690x517x481	3450	13	17	4.25	5	1	9.625	49.875	890	717	681	890	M
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-REAR HALF	1020x540x206	6600	18	20	5	10	4.5	21	78.5	1200	750	410	1200	L
MG TRUNK	1185x895x330	6812	18	20	5	10	4.5	21.53	79.03	1385	110	530	1385	L
SERIES-TAILGATE INNER SEALING PANEL	1070x870x8	7000	18	20	5	10	4.5	22	79.5	1270	1070	210	1270	L
PLATE C ASY	1075x352x175	7000	18	20	5	10	4.5	22	79.5	1200	550	380	1200	L
PLATE B ASY	1160x360x15	7000	18	20	5	10	4.5	22	79.5	1350	560	220	1350	L
MG LH DOOR TRIM PANEL	1220x550x300	8000	18	20	5	10	4.5	24.5	82	1420	750	500	1420	L
MG RH DOOR TRIM PANEL	1220x550x300	8000	18	20	5	10	4.5	24.5	82	1420	750	500	1420	L
SERIES-LH DOOR PANELS	1220x550x300	8000	18	20	5	10	4.5	24.5	82	1420	750	500	1420	L
SERIES-RH DOOR PANELS	1220x550x300	8000	18	20	5	10	4.5	24.5	82	1420	750	500	1420	L

## Prilog II. Raspored steznih naprava po policama Kardex Shuttle sustava – Tablični prikaz

Polica	Visina police	Naziv naprave	Površine stezne naprave	Ukupna površina steznih naprava	Postotak polica popunjen
1	240	MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE LH	0.3078	2.22	84.19%
		MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE RH	0.3078		
		SERIES-TAILGATE INNER SEALING PANEL	1.3589		
		MG FRONT LICENSE PLATE	0.2482		
2	300	MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - RIGHT_CARRIER	0.3078	2.19	82.98%
		MG REAR SUSPENSION COVER RH	0.333		
		MG REAR SUSPENSION COVER LH	0.333		
		MG TRUNK LATCH COVER	0.112		
		MG SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE LH	0.2695		
		SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE RH	0.2695		
		MG RH AIRBAG COVER	0.282875		
		MG LH AIRBAG COVER	0.282875		
3	700	ACCELERATOR PEDAL ATTACHMENT BRACKET	0.1748	2.10	79.63%
		CUP HOLDER CARRIER	0.2295		
		MG TRUNK	0.15235		
		MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [8]	0.648		
		MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [6]	0.63813		
		MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	0.1156		
		MG STEERING COLUMN MASK	0.143775		
4	670	MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET LH	0.319	2.40	90.98%
		MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET RH	0.319		
		MG BODY INTERIOR CEILING CARRIER	1.764		
5	560	MG MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL LH	0.12	2.09	79.25%
		MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL RH	0.1216		
		MG BONNET LOCKING BRACKET LH	0.161		
		MG BONNET LOCKING BRACKET RH	0.161		
		MG HVAC INTAKE DUCT - UPPER HALF	0.2275		
		MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [5]	0.650508		
		MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [7]	0.650508		
6	560	MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [2]	0.1989	2.19	82.79%
		MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [4]	0.196		
		TUNNEL CONSOLE	0.196		
		RH HIGH SPEAKER BOX	0.539		
		MG PASSENGER LH CARBON SEAT COVER	0.52785		
		MG PASSENGER RH CARBON SEAT COVER	0.52785		
7	520	MG LH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	0.2574	2.50	94.70%
		MG RH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	0.2574		
		MG FRONT RADAR BRACKET	0.2622		
		MG DASHBOARD STRUCTURAL FRAME	0.4085		
		MG ARMREST FRAME	0.2496		
		SERIES-RH DOOR PANELS	1.065		
8	520	MG ARMREST LID FRAME	0.258	2.30	87.00%
		MG ARMREST UPHOLSTERY CARRIER CARBON COVER	0.2115		
		MG FRONT BEZEL STEERING WHEEL	0.19		
		MG DRIVER LH CARBON SEAT COVER	0.2862		
		MG DRIVER RH CARBON SEAT COVER	0.2862		
		SERIES-LH DOOR PANELS	1.065		
9	520	MG REAR TOW RING COVER	0.0841	2.25	85.04%
		MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER MIDDLE	0.1771		
		HOUSING COVER PDU ASY	0.4125		
		MG CRAVATE COVER LH	0.25315		
		MG CRAVATE COVER RH	0.25315		
		MG RH DOOR TRIM PANEL	1.065		
10	520	MG WING MOUNT LH	0.0676	2.19	83.00%
		MG REAR SIDE BLADE LH	0.35		
		MG REAR SIDE BLADE RH	0.35		
		MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	0.1156		
		MG FRONT LICENSE PLATE BODY	0.242875		
		MG LH DOOR TRIM PANEL	1.065		
11	520	MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	0.0988	2.35	88.83%
		REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	0.0988		
		MG TRUNK UPPER GLUED PART	0.3007		
		MG LH HIGH SPEAKER BOX	0.1989		
		SIDEPANEL OUTER SKIN RH	0.824		
		MG SIDEPANEL OUTER SKIN LH	0.824		
12	510	MG CARRIER FOR DC/DC CONVERTER AND BATTERY HEATER	0.2107	2.22	84.18%
		MG SHROUD WING PILLAR LH	0.18915		
		MG SHROUD WING PILLAR RH	0.18915		
		MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	0.11725		
		MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [3]	0.5985		

Polica	Visina police	Naziv naprave	Površine stezne naprave	Ukupna površina steznih naprava	Postotak polica popunjen
		MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-FRONT HALF	0.9176		
13	460	PFO_MG FRONT MIDDLE DUCT PARTITION	0.168	1.92	72.59%
		FRONT TOW COVER	0.065		
		MG WING MOUNT RH	0.0676		
		MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	0.11725		
		MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-REAR HALF	0.9		
		MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [1]	0.5985		
14	430	MG INNER SKIN LID CHARGING SOCKET	0.1701	2.11	79.81%
		MG Y- MOUTING BRACKET	0.1584		
		MG RH DOOR ARMREST CARRIER BASE	0.728		
		MG RIGHT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	0.9316		
		MG STEERING COLUMN COVER MASK	0.119		
15	420	MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT RH	0.235	2.16	81.84%
		MG GLOVEBOX LID SERIES-GLOVEBOX LID	0.315		
		MG UPPER FRONT END COVER DUCT	0.679		
		MG LEFT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	0.9316		
16	400	MG BLADE REAR BOX_VISUAL CARBON	0.3364	2.10	79.73%
		MG RH BLADE REAR BOX	0.3364		
		MG LH DOOR ARMREST CARRIER BASE	0.728		
		PLATE C ASY	0.704		
17	380	MG TOP COVER DASHBOARD	0.7455	2.35	88.92%
		MG SIDEPIANEL RADIATOR DUCT LH_VISUAL CARBON	0.3836		
		SIDEPIANEL RADIATOR DUCT RH_VISUAL CARBON	0.3836		
		MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT OUTLET	0.71		
		SERIES-HVAC BRACKET	0.1248		
18	340	SIDEPIANEL RADIATOR FRAME RH	0.3604	2.05	77.63%
		MG ARMREST FRAME CARBON COVER	0.2491		
		MG PASSANGER SIDE CARRIER	0.4464		
		MG FRONT COVER FRONT BUMPER	0.9936		
19	340	MG REAR COOLING PUMPS CARRIER	0.7007	2.18	82.43%
		MG CENTRE RADIATOR BOTTOM SIDE AIR OUTLET DUCT	0.88		
		SIDEPIANEL RADIATOR FRAME LH	0.3604		
		MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT LH	0.235		
20	250	MG PASSENGER FOOTREST	0.279	2.11	79.88%
		MG PASSENGER FOOTREST MOUNTING DEVICE	0.27675		
		MG BOTTOM COVER REAR WING	0.20625		
		MG REAR SIDE BLADE INNER SKIN LH	0.357		
		REAR SIDE BLADE INNER SKIN RH	0.357		
		MG LH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	0.3164		
		MG RH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	0.3164		
21	280	PLATE A ASY	1.0935	2.04	77.19%
		MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	0.1443		
		MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	0.1443		
		MG Y+ MOUTING BRACKET	0.1584		
		MG ARMREST LID FRAME CARBON COVER	0.2236		
		MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	0.1369		
		MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	0.1369		
22	290	PLATE B ASY	0.756	2.62	96.00%
		BOTTOM PLATE PDU ASY	0.3196		
		MG CHARGER MOUNT PLATE	0.1974		
		MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - LEFT CARRIER	0.3078		
		MG BLADE REAR BOX	0.3364		
		MG CENTRE RADIATOR FAN HOLDING SHROUD	0.703		

Prilog III. Vremena ciklusa nakon implementacije predloženih rješenja – Tablični prikaz

Naziv proizvoda	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
MG REAR TOW RING COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.38	11.71
FRONT TOW COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG WING MOUNT LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG WING MOUNT RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	1.75	12.08
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.50	12.83
REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.50	12.83
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.75	13.08
MG UPPER SHELL SIDE MIRROR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	2.75	13.08
MG DRIVER LH CARBON TOP SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.00	13.33
MG DRIVER RH CARBON TOP SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.00	13.33
MG TRUNK LATCH COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.13	13.46
MG REAR WHEEL ARCH VANE RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG REAR WHEEL ARCH VANE LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG SHROUD WING PILLAR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG SHROUD WING PILLAR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG LOWER SHELL SIDE MIRROR RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.25	13.58
MG INNER SKIN LID CHARGING SOCKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.50	13.83
MG LH HIGH SPEAKER BOX	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.67	14.00
RH HIGH SPEAKER BOX	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.68	14.01
MG STEERING COLUMN COVER MASK	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
MG Y- MOUTING BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
MG ARMREST LID FRAME CARBON COVER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.75	14.08
ACCELERATOR PEDAL ATTACHMENT BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	3.80	14.13
MG CARRIER FOR DC/DC CONVERTER AND BATTERY HEATER	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.00	14.33
MG MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.18	14.51
MTG FOR REAR MOTOR PUMP ON SIDEPANEL RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.18	14.51
MG STEERING COLUMN MASK	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71
MG ARMREST LID FRAME	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71
MG Y+ MOUTING BRACKET	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.38	14.71
MG BONNET LOCKING BRACKET LH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.75	15.08
MG BONNET LOCKING BRACKET RH	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	4.75	15.08
MG GLOVEBOX LID SERIES-GLOVEBOX LID	2.67	2.00	2.67	2.00	1.00	5.00	15.33
MG BOTTOM COVER REAR WING	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	2.75	17.08
PFO_MG FRONT MIDDLE DUCT PARTITION	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.00	18.33
MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT LH	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	5.25	18.58
MG FRONT BUMPER-SIDE AIR INTAKE DUCT RH	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	5.25	18.58
MG RH AIRBAG COVER	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.25	18.58
MG LH AIRBAG COVER	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.25	18.58
MG PASSENGER FOOTREST	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.50	18.83
MG FRONT LICENSE PLATE	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.75	19.08
MG REAR CLIP BRACKET FOR REAR BUMPER MIDDLE	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	4.75	19.08
MG LH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	5.50	19.33
MG RH BLADE A PANEL (for Visual carbon)	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	5.50	19.33
MG PASSENGER LH CARBON SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	6.00	19.33
MG PASSENGER RH CARBON SEAT COVER	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	6.00	19.33
MG FRONT RADAR BRACKET	4.67	2.00	4.67	2.00	1.00	5.00	19.33
MG RH BLADE REAR BOX	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	6.14	19.47
MG ARMREST UPHOLSTERY CARRIER CARBON COVER	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	5.75	19.58
MG BLADE REAR BOX	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	6.50	19.83
MG BLADE REAR BOX_VISUAL CARBON	2.67	2.00	2.67	5.00	1.00	6.50	19.83
MG CHARGER MOUNT PLATE	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	6.08	19.91
MG ARMREST FRAME	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	6.25	20.08
MG ARMREST FRAME CARBON COVER	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	6.75	20.58
CUP HOLDER CARRIER	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	8.00	21.83
MG SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE LH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	5.20	22.53
SIDEPANEL MONOCOQUE FLANGE RH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	5.20	22.53
MG FRONT BEZEL STEERING WHEEL	2.67	2.00	2.67	5.00	2.00	8.25	22.58
MG HVAC INTAKE DUCT - UPPER HALF	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	5.25	22.58
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE LH	2.67	2.00	2.67	5.00	2.00	8.96	23.29
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT INTAKE RH	2.67	2.00	2.67	5.00	2.00	8.96	23.29
MG DRIVER LH CARBON SEAT COVER	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.00	23.33
MG DRIVER RH CARBON SEAT COVER	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.00	23.33
MG PASSANGER SIDE CARRIER	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.00	23.33
MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - LEFT CARRIER	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.00	23.33
MG BODY INTERIOR A-PILLAR TRIM - RIGHT_CARRIER	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.00	23.33
MG TRUNK UPPER GLUED PART	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.25	23.58
MG SIDEPANEL RADIATOR DUCT LH_VISUAL CARBON	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.29	23.62
SIDEPANEL RADIATOR DUCT RH_VISUAL CARBON	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.29	23.62

Naziv proizvoda	Vrijeme komisioniranja i transporta [min]	Vrijeme postavljanja [min]	Vrijeme skidanja [min]	Vrijeme postavljanja proizvoda [min]	Vrijeme vizualne kontrole [min]	Vrijeme obrezivanja [min]	Vrijeme ciklusa [min]
SERIES-HVAC BRACKET	2.67	2.00	2.67	5.00	1.50	10.00	23.83
MG DASHBOARD STRUCTURAL FRAME	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.75	24.08
MG FRONT LICENSE PLATE BODY	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	6.88	24.21
MG REAR SUSPENSION COVER LH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	7.00	24.33
MG REAR SUSPENSION COVER RH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	7.13	24.46
MG REAR SIDE BLADE LH	4.67	2.00	4.67	5.00	2.00	6.25	24.58
MG REAR SIDE BLADE RH	4.67	2.00	4.67	5.00	2.00	6.25	24.58
BOTTOM PLATE PDU ASY	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	7.50	24.83
MG REAR SIDE BLADE INNER SKIN LH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	7.75	25.08
REAR SIDE BLADE INNER SKIN RH	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	7.75	25.08
MG LH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	4.67	2.00	4.67	5.00	2.00	7.25	25.58
MG RH AIRBAG COVER UNDERSTRUCTURE	4.67	2.00	4.67	5.00	2.00	7.25	25.58
MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [2]	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	8.25	25.58
MG FRONT WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [4]	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	8.25	25.58
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET LH	2.67	2.00	2.67	7.00	2.00	10.48	26.81
MG FRONT-SIDE RADIATOR AIR DUCT OUTLET RH	2.67	2.00	2.67	7.00	2.00	10.48	26.81
MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF LH [6]	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	9.63	26.96
MG REAR WHEEL ARCH LINER REAR HALF RH [8]	4.67	2.00	4.67	5.00	1.00	9.63	26.96
MG LH DOOR ARMREST CARRIER BASE	6.67	2.00	6.67	5.00	1.00	6.25	27.58
MG RH DOOR ARMREST CARRIER BASE	6.67	2.00	6.67	5.00	1.00	6.25	27.58
MG CRAVATE COVER LH	4.67	2.00	4.67	5.00	3.00	9.25	28.58
MG CRAVATE COVER RH	4.67	2.00	4.67	5.00	3.00	9.25	28.58
MG LEFT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	6.67	2.00	6.67	5.00	1.00	8.50	29.83
MG RIGHT REAR AIR DUCT TOP OUTLET	6.67	2.00	6.67	5.00	1.00	8.50	29.83
MG PASSENGER FOOTREST MOUNTING DEVICE	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	10.00	30.33
MG SIDEPANEL OUTER SKIN LH	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	11.38	31.71
SIDEPANEL OUTER SKIN RH	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	11.45	31.78
MG FRONT COVER FRONT BUMPER	6.67	2.00	6.67	5.00	2.00	9.50	31.83
MG REAR COOLING PUMPS CARRIER	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	11.63	31.96
MG UPPER FRONT END COVER DUCT	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	11.88	32.21
HOUSING COVER PDU ASY	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	13.05	33.38
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT OUTLET	4.67	2.00	4.67	7.00	2.00	14.62	34.95
TUNNEL CONSOLE	6.67	2.00	6.67	7.00	2.00	12.25	36.58
MG TOP COVER DASHBOARD	6.67	2.00	6.67	7.00	2.00	12.50	36.83
SIDEPANEL RADIATOR FRAME LH	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	15.50	41.33
SIDEPANEL RADIATOR FRAME RH	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	15.50	41.33
MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [5]	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	20.50	46.33
MG REAR WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [7]	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	20.50	46.33
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-FRONT HALF	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	17.63	47.46
PLATE A ASY	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	17.88	47.72
MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF LH [1]	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	22.18	48.01
MG FRONT WHEEL ARCH LINER FRONT HALF RH [3]	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	22.18	48.01
MG CENTRE RADIATOR BOTTOM SIDE AIR OUTLET DUCT	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	18.72	48.55
MG BODY INTERIOR CEILING CARRIER	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	20.00	49.83
MG CENTRE RADIATOR AIR DUCT INTAKE-REAR HALF	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	21.00	50.83
MG TRUNK	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	21.53	51.36
PLATE B ASY	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	22.00	51.83
PLATE C ASY	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	22.00	51.83
SERIES-TAILGATE INNER SEALING PANEL	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	22.00	51.83
MG LH DOOR TRIM PANEL	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	24.50	54.33
MG RH DOOR TRIM PANEL	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	24.50	54.33
SERIES-LH DOOR PANELS	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	24.50	54.33
SERIES-RH DOOR PANELS	6.67	2.00	6.67	10.00	4.50	24.50	54.33
MG CENTRE RADIATOR FAN HOLDING SHROUD	4.67	2.00	4.67	10.00	4.50	29.68	55.51