

# Proračun i prikaz radnih parametara idealnog sustava za upravljanje teretom

---

**Posavec, Nikola**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:549303>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
Stručni studij Mehatronike

Nikola Posavec

**Proračun i prikaz radnih parametara  
idealnog sustava za upravljanje teretom**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
dr. sc. Vladimir Tudić

Karlovac, 2016



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

Usmjerenje: MEHATRONIKA

Karlovac, 01.11.2015.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:

NIKOLA POSAVEC

Matični broj:

0112610030

Naslov:

PRORAČUN I PRIKAZ RADNIH PARAMETARA IDEALNOG  
SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE TERETOM

Opis zadatka:

Za potrebe Završnog rada izraditi proračun i prikaz radnih parametara idealnog sustava za upravljanje teretom na primjeru regulacije tereta korištenjem auto-dizalice tvrtke LIEBHERR. Navesti najznačajnije dijelove i cjeline naznačenog sustava. Osim naznačenog sustava upravljanja teretom navesti druge sustave upravljanja auto-dizalice. Predmetni opis mora dati predodžbu o načinu rada teleskopa i vitla iz kabine. Potrebno je proračunati radne parametre sustava kao i granice stabilnosti sustava s obzirom na zadane uvjete tereta i radna ograničenja radijusa i dometa pokretnog teleskopa. Opisati sve senzore koji se koriste u sustavu upravljanja teretom i senzore položaja kao bitne elemente sustava upravljanja. Također potrebno je izraditi i prikazati algoritme upravljanja u FBD formatu. Program za simulaciju načina upravljanja i prikaza vrijednosti procesnih parametara načiniti u Logo!SoftComfort V7.03. proizvođača SIEMENS.

Koristiti stručnu literaturu, tehničke propise, dokumentaciju proizvođača opreme. Kao podlogu za rad koristiti skice, sheme i druge dokumente sličnih projektnih zadataka. Za potrebe vjernog opisa rada sustava i radnih funkcijskih grupa o načinu rada teleskopa i vitla iz kabine koristiti radne upute tvrtke LIEBHERR. Redovito održavati konzultacije s mentorom te rad uskladiti s Pravilnikom o pisanju Završnih i Diplomskih radova Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:

01.11.2015.

Rok predaje rada:

07.01.2016.

Predviđeni datum obrane:

15.01.2016.

Mentor:

dr. sc. Vladimir Tudić, v. pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Marijan Brozović, v. pred.

# PREDGOVOR

## **Izjava**

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

## **Zahvala**

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Vladimiru Tudiću na savjetima, konzultacijama i pomoći pri izradi ovog završnog rada. Hvala svima koji su mi bili podrška tijekom studiranja, posebno mojoj obitelji, prijateljima i kolegama.

## SAŽETAK

U ovom radu dan je proračun i simulacija radnih parametara idealnog sustava za upravljanje teretom u Logo!SoftComfort programu. Na temelju proračuna stabilnosti dani su primjeri izračuna maksimalne nosivosti u odnosu na poziciju u kojoj se gornje postrojenje dizalice nalazi koji su zatim prikazani grafom. Također, dan je opis mobilne auto-dizalice LTM 1090-4.1 tvrtke LIEBHERR s gornjih i doljnjim radnim postrojenjem, LICCON sustavom za upravljanje teretom i sigurnosti od preopterećenja i TELEMATIK sustavom za izvlačenje teleskopa. Sve to dizalicu čini jednu od najsigurnijim i najjednostavnijim građevinskim strojem za upravljanje.

## SUMMARY

In this paper are given the calculations and simulations of working parameters for ideal weight controlling system with Logo!SoftComfort software. With the basic stability equations, examples of maximum weight calculations are given and compared with the position of the superstructure and then they are shown with graphs. Also, descriptions of crane chassis, superstructure, LICCON controlling and overload protection system and TELEMATIK system for controlling the telescope boom for LTM 1090-4.1 mobile crane of LIEBHERR company are given in this paper. All of that makes the mobile crane one of the most safety and simple construction machine for operating.

# SADRŽAJ

|  |     |
|--|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....                             | I   |
| PREDGOVOR.....   | II  |
| SAŽETAK.....   | III |
| SADRŽAJ.....   | IV  |
| 1. UVOD.....   | 1   |
| 1. Opis auto-dizalice.....                             | 2   |
| 1.1. Struktura auto-dizalice.....                      | 2   |
| 1.1.1. Donje i gornje postrojenje.....                 | 2   |
| 1.1.2. Dodatak na teleskopsku ruku.....                | 4   |
| 1.2. Karakteristike auto-dizalice LTM 1090.....        | 6   |
| 1.2.1. Donje postrojenje.....                          | 6   |
| 1.2.2. Donje postrojenje.....                          | 7   |
| 1.2.3. Pomoćna oprema.....                             | 9   |
| 1.2.4. Opterećenje po osovini.....                     | 9   |
| 2. Operativne postavke.....                            | 11  |
| 2.1. Ovjes.....  | 11  |
| 2.1.1. Osovine vozila su amortizirajuće.....           | 11  |
| 2.1.2. Ovjes osovina je blokiran.....                  | 11  |
| 2.2. Diferencijal.....                                 | 12  |
| 2.2.1. Otvoreni diferencijal.....                      | 12  |
| 2.2.2. Blokirani diferencijal.....                     | 12  |
| 2.3. Upravljanje.....                                  | 13  |
| 2.3.1. Način upravljanja prilikom cestovne vožnje..... | 14  |
| 2.3.2. Radijus način upravljanja.....                  | 15  |
| 2.3.3. Paralelni način upravljanja.....                | 15  |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.3.4. | Rubni način upravljanja.....                          | 15 |
| 2.3.5. | Neovisni način upravljanja .....                      | 15 |
| 2.4.   | Retarder.....   | 15 |
| 2.4.1. | ZF AS Tronic prijenosni sustav.....                   | 16 |
| 2.4.2. | Tempomat.....   | 17 |
| 2.4.3. | Temposet .....  | 17 |
| 3.     | Upravljački sustavi .....                             | 17 |
| 3.1.   | LICCON upravljački sustav.....                        | 18 |
| 3.1.1. | Program početnih postavki .....                       | 19 |
| 3.1.2. | Radni program .....                                   | 20 |
| 3.1.3. | Program za upravljanje teleskopom .....               | 21 |
| 3.1.4. | Program za limitaciju radnog područja .....           | 22 |
| 3.1.5. | Program za prikaz potpornih sila.....                 | 23 |
| 3.2.   | TELEMATIK sustav za izvlačenje teleskopa.....         | 24 |
| 4.     | Senzori za upravljanje teretom .....                  | 25 |
| 4.1.   | Senzor težine/napetosti .....                         | 25 |
| 4.2.   | Induktivna sklopka.....                               | 26 |
| 4.3.   | Senzor kuta .....                                     | 26 |
| 4.3.1. | Rotacijski enkoder .....                              | 27 |
| 4.3.2. | Hidraulički senzor s njihalom za mjerenje kuta .....  | 27 |
| 4.4.   | Senzor duljine .....                                  | 28 |
| 4.5.   | Senzor tlaka.....                                     | 30 |
| 4.6.   | Senzor za mjerenje pozicije gornjeg postrojenja ..... | 31 |
| 4.7.   | Senzor za mjerenje broja okretaja vitla.....          | 31 |
| 4.8.   | Senzor nagiba.....                                    | 32 |
| 4.9.   | Pedala senzor .....                                   | 32 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.10.  | Limitator dizanja .....   | 33 |
| 5.     | Statički proračun stabilnosti i opterećenja.....                | 34 |
| 5.1.   | Statički proračun stabilnosti.....                              | 34 |
| 5.1.1. | Statički proračun stabilnosti .....                             | 36 |
| 5.2.   | Proračun opterećenja na klip vanjskog cilindra .....            | 40 |
| 6.     | Matematički račun i prikaz radnih točaka .....                  | 42 |
| 6.1.   | Matematički račun .....   | 42 |
| 6.2.   | Prikaz radnih točaka.....                                       | 49 |
| 7.     | Simulacija rada idealnog sustava u FCD (SIEMENS Logo!Soft)..... | 53 |
| 7.1.   | Uvod u Logo!Soft Comfort.....                                   | 53 |
| 7.2.   | Izrada programa .....   | 54 |
| 7.3.   | Logo!Soft funkcije za izradu programa .....                     | 61 |
| 7.3.1. | Analogni ulaz.....  | 61 |
| 7.3.2. | Digitalni ulaz .....  | 63 |
| 7.3.3. | Analogan uspoređivač .....                                      | 63 |
| 7.3.4. | Logički funkcijski blok I .....                                 | 64 |
| 7.3.5. | Logički funkcijski blok ILI.....                                | 64 |
| 7.3.6. | Izlaz .....   | 65 |
| 7.3.7. | Blok za tekst poruke .....                                      | 65 |
| 8.     | ZAKLJUČAK.....  | 67 |
|        | LITERATURA .....  | 68 |
|        | POPIS SLIKA .....   | 69 |
|        | POPIS TABLICA:.....   | 71 |



## 1. UVOD

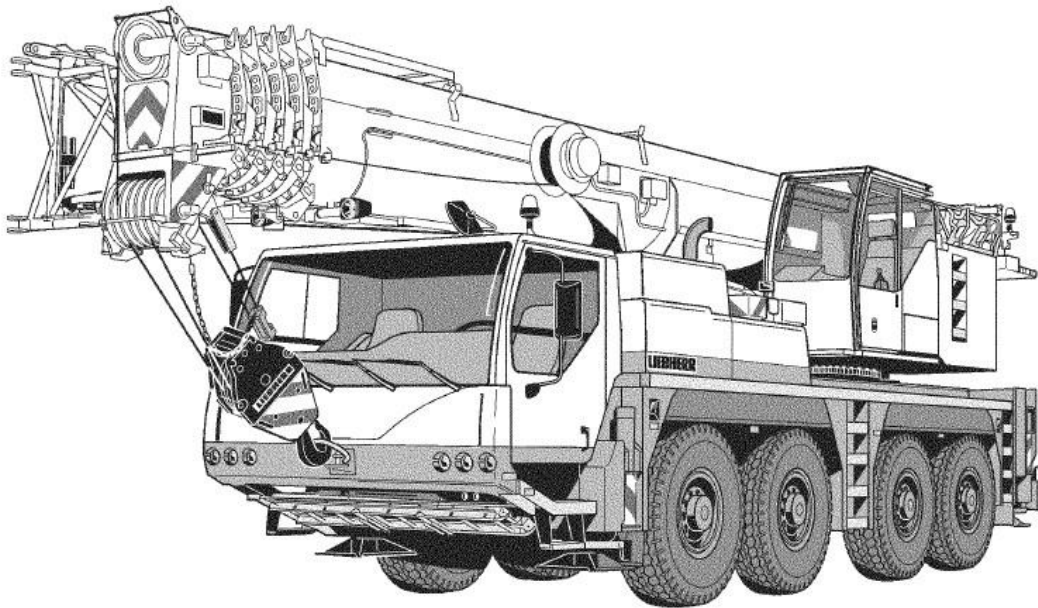
Teško je zamisliti izgradnju visokih i čvrstih poslovnih ili privatnih objekata ili sredstva na lakše ili teže dostupnim mjestima bez suvremenih građevinskih strojeva.

Izgradnja jednog suvremenog objekta ili sredstva, osim niza stručnih timova, zahtjeva i lako upravljive i dinamične strojeve koji mogu pružiti siguran i brz način rada. U građevinskom okruženju stroj koji ima svrhu upravljanja masivnim teretom i na teško dostupnim mjestima je dizalica. Dizalica je u mogućnosti vrlo jednostavnim načinom upravljanja podići masivan teret koji ljudska snaga ne može i postaviti ga na mjesto po želji ili potrebi. Masa tereta s kojom dizalica može upravljati ovisi o karakteristikama i dizajnu same dizalice.

Zbog sve veće dinamične potrebe izvođenja građevinskih radova izumljena je auto-dizalica koja omogućava brzo djelovanje na različitim građevinskim terenima. Auto-dizalica za sve vrste terena, osim karakteristika upravljanja teretom, u mogućnosti se transportirati u najkraćem vremenu i pri tome obaviti koristan rad u najkraćem vremenskom roku na bilo kojoj vrsti terena. Da bi dizalica bila spremna za upravljanje teretom, osim transporta, potrebno ju je pripremiti za rad. Pripremanje dizalice, kako bi se njome upravljalo teretom, jedna je od ključnih postupaka za sigurnost. Postavljanje dizalice podrazumijeva horizontalno i vertikalno izvlačenje stabilizatora tako da kotači nemaju dodir s tlom a dizalica se nalazi u stabilnom stanju.

Upravljanje teretom s auto-dizalicom obavlja se iz kabine koja se nalazi na gornjem postrojenju auto-dizalice. Upravljanje auto-dizalicom tijekom vožnje obavlja se iz kabine koja se nalazi na donjem postrojenju auto-dizalice. Također, oba načina upravljanja mogu se vršiti i daljinskim putem.

Dakle, suvremena auto-dizalica za sve vrste terena sastoji se od mehaničke, elektroničke, električne, pneumatske, hidraulične i programske tehnologije za upravljanje kojom upravlja stručna osoba unutar dizalice ili izvana putem daljinskog upravljanja.



Slika 1. Predodžba LTM 1090-4.1 LIEBHERR auto-dizalice

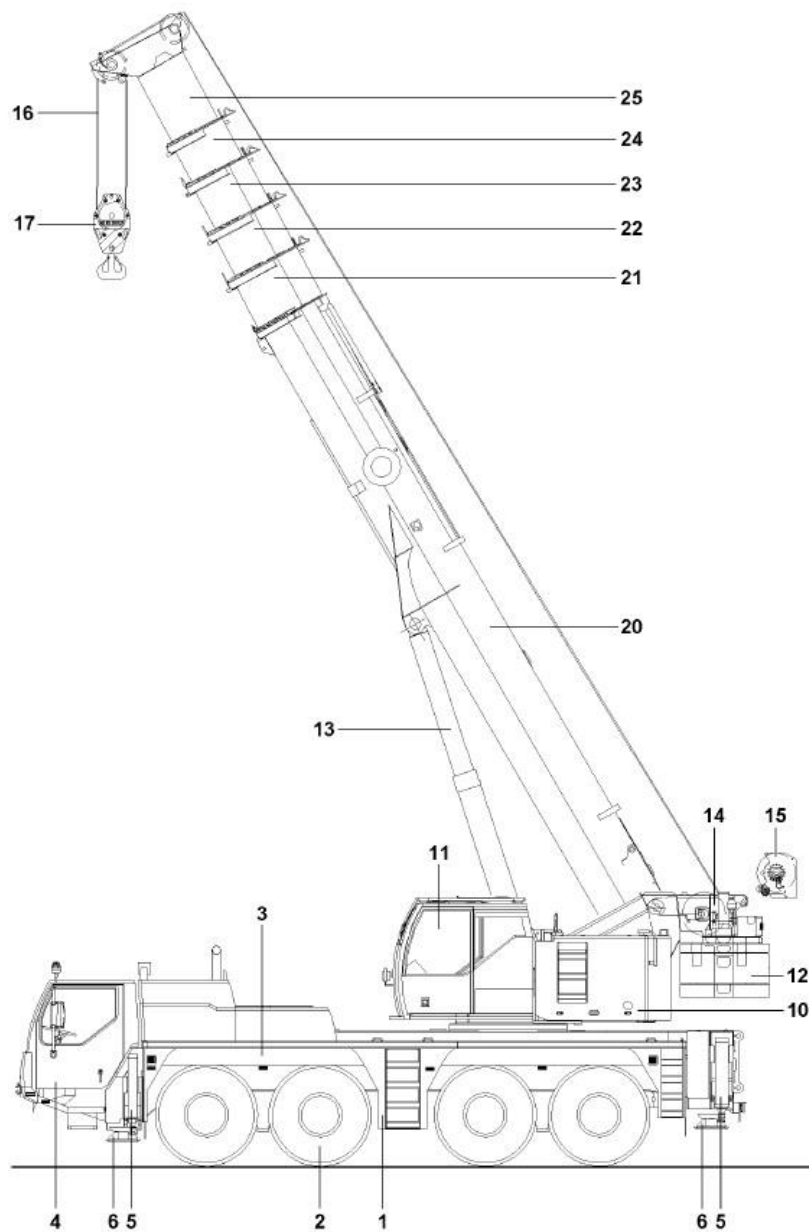
## 1. Opis auto-dizalice

### 1.1. Struktura auto-dizalice

Auto-dizalica tvrtke Liebherr se sastoji od gornjeg i donjeg postrojenja. Donje postrojenje podrazumijeva sve što je montirano na šasiju dizalice a gornje postrojenje sve što je montirano na rotator. Rotator auto-dizalice je reduktorski mehanizam pomoću kojeg se ostvaruje rotacijsko gibanje gornjeg postrojenja u odnosu na donje. Na taj način rotator daje jedan stupanj slobode gibanja teleskopske ruke.

#### 1.1.1. Donje i gornje postrojenje

Gornje i donje postrojenje auto-dizalice tvrtke Liebherr predloženo je slikom 2. Teleskopska ruka može imati ekstenziju koja je upravljiva hidraulički ili ručno.



Slika 2. Predodžba strukture auto-dizalice

Struktura auto-dizalice LTM 1090 sastoji se od:

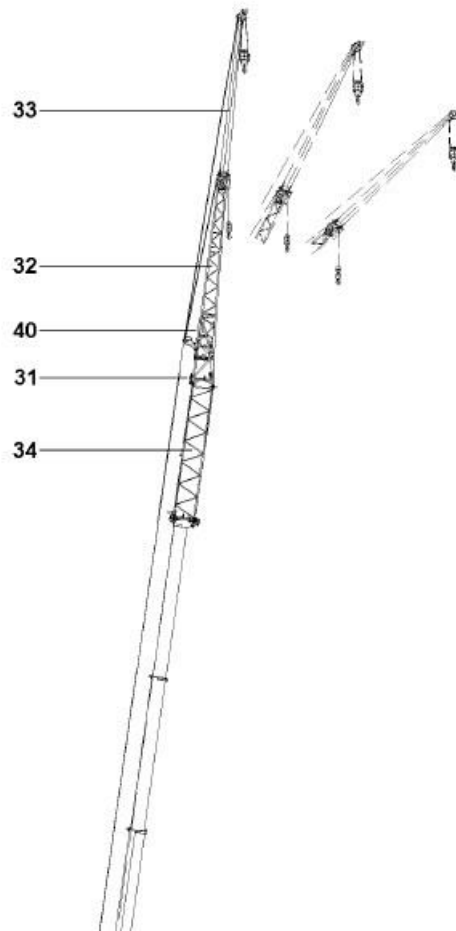
- Šasije dizalice
1. 4-osovinska šasija
  2. Gume
  3. Pogonski motor
  4. Kabina
  5. Stabilizatori (s cilindrima za potporu)

## 6. Potporne ploče

- Nadgrađa
  10. Motor gornjeg postrojenja
  11. Kabina
  12. Protu-utezi (tegovi)
  13. Cilindar za podizanje teleskopa
  14. Vitlo
  15. Vitlo 2
  16. Sajla za teret
  17. Kućište kuke s kukom
- Teleskopske ruke
  20. Pivot sekcija
  21. Sekcija 1
  22. Sekcija 2
  23. Sekcija 3
  24. Sekcija 4
  25. Sekcija 5
  26. Sekcija 6

### 1.1.2. Dodatak na teleskopsku ruku

Kao montirani dodatak na teleskopsku ruku, JIB s ekstenzijom daje dodatne prednosti auto-dizalici (Slika 3.). Takva ekstenzija daje dizalici dodatne mogućnosti povećavajući radni radijus dizalice te dodatno ograničavajući nosivost dizalice. Također, s takvom ekstenzijom moguć je rad na teže dostupnim mjestima jer osim veće duljine ruke, JIB je moguće postaviti pod određeni kut tako da ruka pri vrhu ima obrnuti oblik slova V.



Slika 3. Predodžba JIB dodatka s ekstenzijom

Komponente dodatka na teleskopsku ruku sastoje se od:

- Sklopivi JIB
  - 31. Adapter
  - 32. Pivot sekcija
  - 33. Krajnja sekcija
- Sklopivi JIB s ekstenzijom
  - 31. Adapter
  - 32. Pivot sekcija
  - 33. Krajnja sekcija
  - 34. Ekstenzija teleskopske ruke
- Sklopivi JIB s hidrauličkim podešavanjem
  - 31. Adapter
  - 32. Pivot sekcija

33. Krajnja sekcija

40. Cilindar za upravljanje

- Sklopivi JIB s ekstenzijom hidraulički podesiv

31. Adapter

32. Pivot sekcija

33. Krajnja sekcija

34. Ekstenzija teleskopske ruke

40. Cilindar za upravljanje

## 1.2. Karakteristike auto-dizalice LTM 1090

### 1.2.1. Donje postrojenje

- Okvir

Okvir ove dizalice proizveden je unutar tvrtke Liebherr i optimiziran je po masi. Ima strukturu kutije koja je otporna na distorziju te izrađena od sitno-zrnatog konstrukcijskog čelika visoke čvrstoće.

- Potpore

Dizalica ima 4 potporne točke (stabilizatore) koji su se u mogućnosti izvlačiti i uvlačiti horizontalno i vertikalno. Stabilizatori imaju mogućnost automatskog izravnjanja dizalice te ručno s prikazom nagiba dizalice na LICCON elektroničnom ekranu. Okolno mjesto stabilizatora ima mogućnost osvjetljenja.

- Motor

Diesel motor sa šest cilindra koji je proizveden unutar tvrtke Liebherr. Model motora je D 864 TI A7 a vrsta hlađenja motora je vodeno hlađenje. Elektroničko upravljanje motora je s DATA BUS tehnologijom.

Specifikacije: 350 kW (476 PS) na 1900 rpm; okretni moment: 2228 Nm na 1100-1500 rpm; kapacitet spremnika goriva: 400l.

- Prijenosni sustav

Automatizirani ZF prijenosni sustav s 12 brzina AS-TRONIC. Ima ugrađeni retarder koji je direktno vezan s prijenosom.

- Osovine s 8x8 pogonskim sustavom

Sve 4 osovine su varene i izrađene od sitno-zrnatog čelika visoke čvrstoće. Sve osovine su upravljive. Osovine 2,3 i 4 su planetarne osovine s diferencijalnim zaključavanjem.

- Ovjes

Sve osovine imaju hidro-pneumatski ovjes s mogućnošću hidrauličkog zaključavanja.

- Gume

8 guma dimenzija 385/95 R 25.

- Upravljanje

ZF servocom prijenosnik upravljača , hidraulički dvojni krug s hidrauličkim servomehanizmom i pomoćnom pumpom volana koja je napajana osovinom. Upravljanje u korespondenciji s EC-propisom 70/311/EEC.

- Kočioni sustav

Svi kotači regulirani su servo kočenjem na komprimirani zrak sa sustavom dvojnog kruga te su sve osovine opremljene kočnicama s diskovima. Kočnica s diskovima djeluje opružnim opterećenjem na kotače prve, druge i četvrte osovine. Retarder se koristi kao usporivač pomoću motora kao ispušno preklopno kočenje s Liebherr pomoćnim sustavom za kočenje ZBS. Intarder je integriran u prijenos.

- Kabina

Prostrana kabina izrađena od čelika, na koju je nanesen sloj laka otpornog na koroziju. Vibracije se ublažuju hidraulički. Zvučna i toplinska izolacija unutar kabine a unutrašnja oplata je prema EC propisima. Također ima i zaštitno staklo, instrumental tablu za upravljanje i reguliranje te se odlikuje udobnošću.

- Električni sustav

Moderna DATA BUS tehnologija, 24 [V] DC, dvije baterije od koje je svaka po 170 [Ah]. Sustav rasvjete je u skladu s Njemačkim StVZO (Federal Motor Vehicle Safety Standards).

#### 1.2.2. Donje postrojenje

- Okvir

Okvir ove dizalice proizveden je unutar tvrtke Liebherr i optimiziran je po masi. Ima strukturu kutije koja je otporna na distorziju te izrađena od sitno-zrnatog konstrukcijskog čelika visoke čvrstoće. Spoj s tri reda rotirajućih prstena se koristi kao spoj na šasiju omogućavajući nesmetanu rotaciju.

- Motor

Vrsta motora je diesel s četiri cilindra kojeg proizvodi tvrtka Liebherr. Model motora je D934 LA6 a hlađenje je izvedeno vodom. Specifikacije: 129 [kW] na 1800 rpm; maksimalni okretni moment: 815 Nm na 1500 rpm. Kapacitet spremnika goriva je 250 l.

- Hidrauličko upravljanje teretom

Hidraulička pumpa napajana diesel motorom s jednim aksijalnim klipom te servo upravljanjem i servo pumpom, jedna dvostruka zupčasta pumpa. Cijeli hidraulički prostor obložen je tako da se povećava otpornost na buku.

- Upravljanje

Elektronički upravljački sustav LICCON (PLC upravljanje). Četverosmjerna palica (joystick) koja je samo-centrirajuća. Kontinuirano upravljanje varijablama svih pomaka dizalice ručnim podešavanjem aksijalne pumpe upravljačem, dodatnom regulacijom brzine kroz regulaciju broja okretaja Diesel motora.

- Reduktor vitla

Liebherr vitlo za sajlu s ugrađenim planetarnim zupčanikom i opružno opterećenim kočionim sustavom. Reduktor je upravljan preko otvorenog hidrauličkog kruga.

- Reduktor cilindra za podizanje tereta

Diferencijalni cilindar s ventilom za sigurnosnu provjeru.

- Reduktor rotatora

Planetarni zupčanik, opružno opterećena stop kočnica, reduktor rotatora je napajan otvorenim hidrauličkim krugom kao i napetim hidrauličkim krugom.

- Kabina

Galvanizirani konstrukcijski čelik sa sigurnosnim staklom, upravljački i operacijski instrumenti. Kabina se odlikuje udobnošću te se može nagnuti prema natrag.

- Sigurnosna oprema

LICCON sustav za sigurnost od preopterećenja, sustav za testiranje, limitatori za podizanje tereta, sigurnosni ventili za sprečavanje štete hidrauličkih cijevi.

- Teleskopska ruka

Otpornost na udubljenja i iskrivljenja od sitno-zrnate strukture čelika visoke čvrstoće sa ovalnim profilom, jedna pivot sekcija i 5 teleskopskih sekcija. Sve teleskopske sekcije se izvlače hidraulički, ovisna jedna o drugoj. Teleskopski upravljački sustav brzog ciklusa je TELEMATIK sustav. Dužina teleskopske ruke je od 11.1 [m] do 50 [m].

- Protu-utezi

6.7 [t]

- Električni sustav



Moderna DATA BUS tehnologija, 24 [V] DC, dvije baterije od kojih svaka ima 170 [Ah].

### 1.2.3. Pomoćna oprema

- Sklopivi JIB

10.5 [m] do 19 [m] dužine, može biti instaliran na kut od 0°, 20° ili 40°. Može sadržavati hidraulički cilindar za podešavanje tog kuta.

- Ekstenzija

Rešetkasta sekcija 7 [m] dužine kao rezultat 7 [m] daljnje točke pivota za sklopivi JIB.

- Vitlo 2

Za dvije operacije kuke ili upravljanja kuke sa sklopivim JIB-om ako je glavna sajla za podizanje tereta ostala provučena.

- Dodatni protu-utezi

14.3 [t] od sveukupne mase protu-utega od 21 [t]

- Gume

8 guma. Veličina: 445/95 R25 i 525/80 R25.

- 8x8 pogonski sustav

Prva osovina također može biti onemogućena od pogona. Prva osovina je planetarna osovina s mogućnošću diferencijalnog zaključavanja.

### 1.2.4. Opterećenje po osovini

Prema prometnim pravilima auto-dizalica mora ispunjavati uvjete opterećenja po osovini kada se nalazi na javnim cestama. Da bi se zadovoljio uvjet od 12 [t] po osovini, dizalicu se mora pripremiti prema uvjetima koje prikazuju tablice.

Kako bi se izbjegle opasnosti tokom kočenja, senzor za mjerenje nosivosti protu-utega šalje podatke u upravljačko računalo kako bi se, na temelju nosivosti, reducirala sila kočenja jer u ovisnosti o težini dizalice sila kočenja može biti premala ili prevelika.

U slučaju kada nema protu-utega na šasiji tada ne smije biti protu-utega ni na nosaču gornjeg postrojenja.

Tabela 1. Uvjet opterećenja I

| Postavke UVJETA 1                               |          |
|---|----------|
| <b>Protu-utezi<br/>gornjeg<br/>postrojenja:</b> | Vitlo II |

|                               |                                   |          |          |          |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| <b>Protu-utezi na šasiji:</b> | Nema protu-utega                  |          |          |          |
| <b>dodatno:</b>               | Kućište kuke s kukom i 3 kolotura |          |          |          |
| <b>bez:</b>                   | JIB sekcije                       |          |          |          |
| <b>Ukupna nosivost:</b>       | <b>Osovina</b>                    |          |          |          |
|                               | 1                                 | 2        | 3        | 4        |
|                               | 10.4 [t]                          | 10.6 [t] | 10.4 [t] | 10.4 [t] |
| <b>41.8 [t]</b>               |                                   |          |          |          |

Tabela 2. Uvjet opterećenja II

| <b>Postavke UVJETA 2</b>                |   |        |          |          |
|---|---|--------|----------|----------|
| <b>Protu-utezi gornjeg postrojenja:</b> | 0,7 [t] + 1,8 [t]                                     |        |          |          |
| <b>Protu-utezi na šasiji:</b>           | 2,7 [t]   |        |          |          |
| <b>dodatno:</b>                         | JIB sekcijom, kućište kuke s kukom i jednim koloturom |        |          |          |
| <b>Ukupna nosivost:</b>                 | <b>Osovina</b>  |        |          |          |
|   | 1   | 2      | 3        | 4        |
|   | 12 [t]  | 12 [t] | 11,7 [t] | 11,7 [t] |
| <b>47.4 [t]</b>                         |   |        |          |          |

Tabela 3. Uvjet opterećenja III

| <b>Postavke UVJETA 2</b>                |                   |
|---|-------------------|
| <b>Protu-utezi gornjeg postrojenja:</b> | 0,7 [t] + 1,8 [t] |
| <b>Protu-utezi na šasiji:</b>           | 2,7 [t] + 1,5[t]  |

|                         |                                   |        |          |          |
|-------------------------|-----------------------------------|--------|----------|----------|
| <b>dodatno:</b>         | Kućište kuke s kukom i 3 kolotura |        |          |          |
| <b>bez:</b>             | JIB sekcije                       |        |          |          |
| <b>Ukupna nosivost:</b> | <b>Osovina</b>                    |        |          |          |
|                         | 1                                 | 2      | 3        | 4        |
| <b>47.4 [t]</b>         | 11,8 [t]                          | 12 [t] | 11,8 [t] | 11,8 [t] |

## 2. Operativne postavke

Auto-dizalica tvrtke Liebherr svojim modernim operativnim postavkama omogućava efikasno djelovanje i jednostavno upravljanje u vožnji ili teretom. To predstavlja sofisticiraniji sustav upravljanja koji je proizvod same tvrtke. Neke od operativnih postavki su: blokiranje diferencijala, blokiranje ovjesa, tempomat, temposet i sl.

### 2.1. Ovjes

Ovisno o zahtjevima na radnom mjestu ili u vožnji, sustav ovjesa osovina mora biti odgovarajuće postavljen.

#### 2.1.1. Osovine vozila su amortizirajuće

Auto-dizalica mora imati sustav ovjesa osovina uključen kako bi se mogla prilagoditi uvjetima vožnje s terenom a to znači da osovine moraju biti amortizirajuće u sljedećim situacijama:

- za vrijeme vožnje na javnim cestama
- za vrijeme vožnje po radnom mjestu (van-cestovnu vožnju)

Sustav ovjesa osovina ne smije se uključivati dok sva četiri kotača nisu spuštena na zemlju jer može doći do oštećenja ovjesa.

#### 2.1.2. Ovjes osovina je blokiran

Auto-dizalica mora imati blokiranje osovina kako bi se izbjeglo prekomjerno naginjanje (prevrtanje) ili oštećenje ovjesa što znači da moraju biti blokirane:

- za vrijeme vožnje s odgovarajućom opremom auto-dizalice (dodatak teleskopske ruke)

- kod operacije dizalice "freestanding with tires" (u vožnji s teretom)
- kod stabilizacije dizalice (postavljanje dizalice u radni položaj - nivelacija)
- kod ručnog podešavanja razine visine dizalice

## 2.2. Diferencijal

Vozilo je opremljeno sa sustavom zaključavanja diferencijala, koji se može uključiti prilikom van-cestovne vožnje, po bankini ili po zimskim uvjetima. S uključenim sustavom za zaključavanje diferencijala, brzina vožnje je ograničena do 40 km/h. Uključivanje ovog sustava moguće je kada se dizalica nalazi u nepokretnom stanju.

### 2.2.1. Otvoreni diferencijal

Ovom operativnom postavkom diferencijal raspodjeljuje jednaki moment na desni i lijevi kotač osovine s diferencijalom.

Kada vozilo ostvaruje radijus gibanja tada diferencijal kotaču bliže centru omogućava veću brzinu od kotača koji se nalazi dalje od centra ali i dalje s istom raspodjelom momenta. Međutim, taj slučaj ne rješava problem kada lijeva i desna guma prelaze preko podloga različitih koeficijenata trenja. Ako se desna guma nalazi na ledu a lijeva guma na betonu tada je potrebna manja sila da bi se savladalo trenje između leda i gume. S jednakom raspodjelom momenta lijevi kotač bi savladao silu trenja između leda i gume prije desnog kotača koji treba savladati silu trenja između gume i betona. U tom slučaju desni kotač bi mirovao dok bi se lijevi počeo gibati a to bi rezultiralo jednakoj situaciji kao da automobil skreće u desni zavoj. U tom slučaju auto neočekivano skreće.

### 2.2.2. Blokirani diferencijal

Ovom operativnom postavkom diferencijal raspodjeljuje moment na lijevi i desni kotač po potrebi odnosno uvjetima vožnje.

Blokiranje diferencijala dolazi do izražaja kada kotač koji se nalazi na podlozi koja zahtjeva veći moment da bi održao konstantnu putanju ili u slučaju proklizavanja npr. kada jedan kotač zaglibi u grabi.

Do trenutka kada se dosegne sila savladavanja trenja na ledu moment je raspodijeljen podjednako. U trenutku kada se sila savladavanja povećava, moment se nastoji raspodijeliti na kotač koji još tu silu nije savladao. Na taj način održava se jednaka

brzina na oba kotača. S ovom tehnologijom moguće je postići veću snagu na kotače za razliku od otvorenog diferencijala.

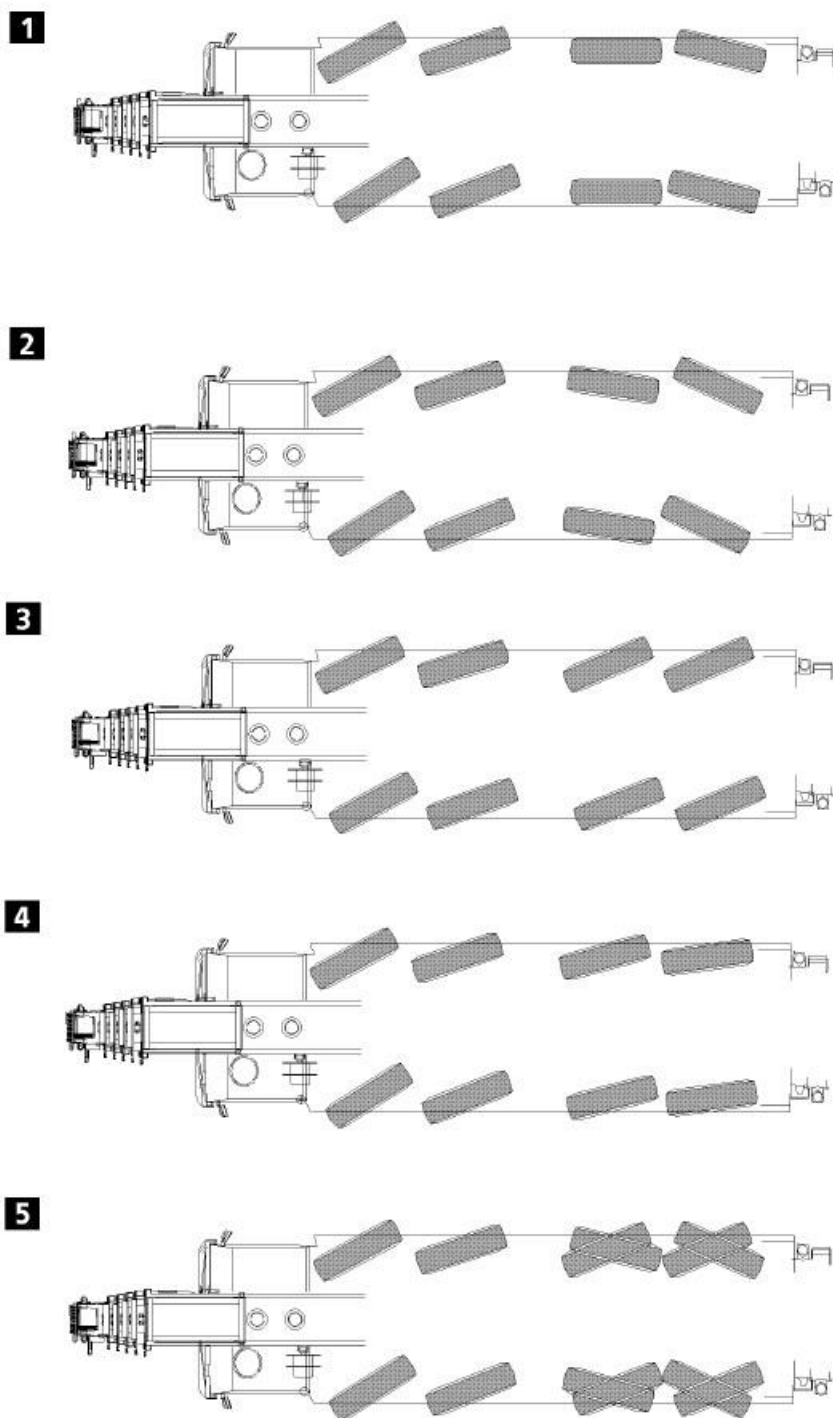
Na auto-dizalici ovu operativnu postavku moguće je upotrijebiti prilikom van-cestovne vožnje, po bankini ili po zimskim uvjetima. S uključenom operativnom postavkom za zaključavanje diferencijala brzina vožnje je ograničena na 40 km/h. Uključivanje blokiranje diferencijala je moguće kada se dizalica nalazi u nepokretnom stanju.

### 2.3. Upravljanje

Zbog svoje veličine i slabije dinamike u odnosu na automobile upravljanje dizalice je kompleksnije od upravljanja automobilom. U slučaju greške ili kvara upravljača, maksimalna brzina vožnje automatski se limitira na 40 [km/h] tako da je nemoguće postići brzinu veće od te. Međutim, ako se greška pojavi dok se dizalica nalazi u vožnji brzina auto-dizalice se limitira na trenutnu brzinu vožnje a kada se smanji na 40 [km/h] ili manje tada se postavi konačna limitacija na maksimalnu brzinu od 40 [km/h]. Taj način sprječava naglo smanjivanje brzine s trenutne na maksimalno limitiranu brzinu tokom vožnje.

Postoji pet načina upravljanja auto-dizalicom:

- način upravljanja prilikom cestovne vožnje (Slika 4.1)
- radijus način upravljanja (Slika 4.2)
- paralelni način upravljanja (Slika 4.3)
- rubni način upravljanja (Slika 4.4)
- neovisni način upravljanja (Slika 4.5)



Slika 4. Predodžba upravljanja auto-dizalicom

### 2.3.1. Način upravljanja prilikom cestovne vožnje

Način cestovne vožnje upravljanja je prema zadanom postupku. U ovom načinu upravljanja stražnje osovine upravljanja su upravljane u ovisnosti upravljanja prednjih osovina. Kut upravljanja druge i treće osovine je smanjen s povećanjem brzine vozila.

Iznad brzine od otprilike 30 km/h, stražnje se osovine resetiraju i vraćaju u nulti položaj (kut od 0°) - poravnavaju se.

#### 2.3.2. Radijus način upravljanja

U punom načinu upravljanja, stražnje upravljane osovine upravljane su u ovisnosti o naporu upravljanja prednjih osovina tako da vozilo nastoji održati što manji radijus okretanja. Maksimalna brzina vožnje limitirana je na 20 km/h.

#### 2.3.3. Paralelni način upravljanja

U ovom načinu upravljanja stražnje osovine su namještene u istom smjeru kao i prednje osovine. Maksimalna brzina vožnje u ovom načinu limitirana je na 20 km/h.

#### 2.3.4. Rubni način upravljanja

U ovom načinu upravljanja, stražnje osovine su zaključane u ovisnosti o prednjim na način da je bočna stražnja strana uvijek u ravnini u trenucima skretanja. Najbolji način opisa ovog načina upravljanja je izlazak vozila s parkirnog mjesta čiji je jedan bok uz zid.

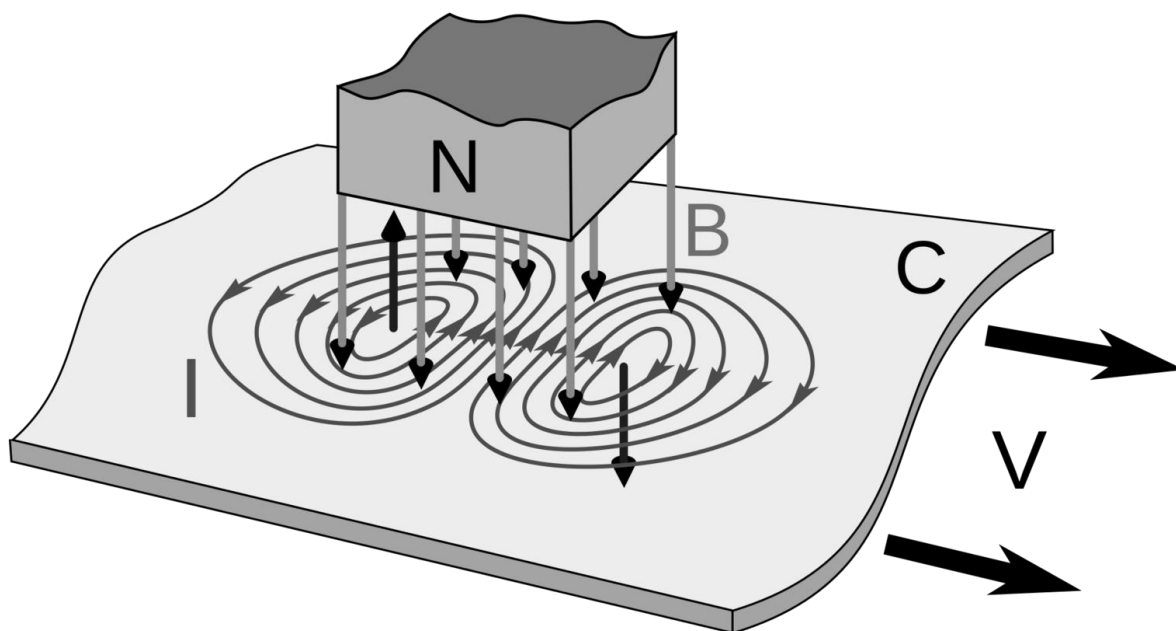
#### 2.3.5. Neovisni način upravljanja

U ovom načinu upravljanja, stražnje upravljane osovine upravljane su neovisno o naporu prednjih upravljanih osovina tako da su zaključane u paralelu u istom smjeru te tako omogućava položaj u svim smjerovima. Maksimalna brzina u ovom načinu upravljanja limitirana je na 20 km/h.

### 2.4. Retarder

Usporivač (retarder) se sastoji od kočenja motorom i Eddy current kočionim sustavom. Retarder može biti upravljan samo u slučaju kada je rad motora uključen a kada se aktivira nije moguće ubrzavati. Čak i po lošim cestovnim uvjetima pažljivo korištenje retardera omogućava usporavanje auto-dizalice. Osjetljiva upotreba retardera prema predviđenim načinima putovanja smanjuje troškove održavanja kočnica s oblogama kao i operativne troškove.

Eddy current sustav radi na principu elektromagnetske indukcije i Eddy struje koju proizvodi promjenjivi magnetski tok, kojeg stvara elektromagnet ili permanentni magnet, kroz nemagnetični vodljivi materijal. Ta struja proizvodi vlastiti magnetski tok čija resultantna sila djeluje na silu koja ju je proizvela tako da ju smanjuje. Na taj način ostvaruje se usporavanje odnosno suprotstavljanje sile sili koja je proizvodi.



Slika 5. Predodžba Eddy current kočionog sustava

Ovakav najjednostavniji sustav sastoji se od magneta s polovima i metalnog vodljivog materijala (ploča) koji se giba u magnetskog polju proizvedenog magnetom. Kako se ploča pomiče magnetsko polje se mijenja. Na dijelu ploče ispod vodećeg ruba magneta magnetsko polje kroz ploču se povećava kako magnet dolazi u interakciju s pločom. Takvo polje inducira tok električne struje u smjeru suprotnog kazaljke na sat po zakonu indukcije. Ta struja naziva se Eddy current. Ispod pratećeg ruba magneta, magnetsko polje kroz ploču se smanjuje inducirajući struju usmjerenu u smjeru kazaljke na sat. Svaka od ovih struja stvara vlastito magnetsko polje koje proizvodi silu otpora gibanju. Te sile usmjerene su u smjeru magnetskog polja te se tako opiru gibanju ploče. Na taj način dobiven je efekt usporavanja na principu Eddy struje.

#### 2.4.1. ZF AS Tronic prijenosni sustav

ZF AS Tronic je polu-automatski/ručni prijenosni sustav koji se ponaša kao automatski prijenosni sustav s mogućnošću promijene na ručni prijenos brzina pomoću operativne tipke.

Dakle, ZF AS Tronic se može koristiti u dva operativna načina rada a to su: automatskom ili ručnom. Mjenjač se sastoji od 12 brzina za usmjerenje prema naprijed i dvije brzine za unatrag. Trenutna brzina može se iščitati na ekranu.



Prilikom davanja kontakta automatski način rada prijenosnog sustava je automatski uključen. U neutralnom i rikverc načinu uvijek je uključen ručni način rada prijenosnog sustava

Neke od prednosti ZF AS tronic prijenosnog sustava su:

- sustav automatskog prijenosa s mogućnošću promjene na ručni način
- veća razina sigurnosti u vožnji - ugodnija vožnja
- veća štednja goriva
- vrhunska pouzdanost i dug vijek trajanja
- reducirano trošenje kvačila
- ZF-interder (usporavanje vozila)

#### 2.4.2. Tempomat

Koristeći sustav tempomata moguće je limitirati brzinu vožnje iznad 20 km/h. Korištenje tempomata omogućeno je prekidačem ručicom a postavljenu brzinu moguće je očitati na ekranu na kojem je i postavljena oznaka t nakon uključjenja tempomata. Tempomat se u pravilu koristi u uvjetima na cesti koji zahtijevaju konstantnu brzinu. Postoji mogućnost da neće moći održavati brzinu na uzbrdicama i nizbrdicama. Kada je tempomat uključen potrebno je maknuti stopalo s papučice gasa.

#### 2.4.3. Temposet

Temposet omogućava limitiranje brzine vožnje od 10 km/ na dalje. Korištenje temposeta omogućeno je prekidačem ručicom a postavljenu brzinu moguće je očitati na ekranu na kojem je i postavljena oznaka S nakon njegovog uključjenja. Kako bi se uključio temposet trebaju biti ispunjeni sljedeći uvjeti:

- automatski način rada mjenjačke kutije je uključen
- brzina vožnje je veća od 10 km/h

### 3. Upravljački sustavi

LTM 1090 auto-dizalica tvrtke Liebherr sadrži dva ključna sustava za upravljanje teretom: LICCON upravljački sustav i TELEMATIK sustav za izvlačenje sekcija teleskopa.

### 3.1. LICCON upravljački sustav

LICCON (Liebherr Computer CONtrol) upravljački sustav je upravljački sustav za upravljanje i nadzor (praćenje) auto-dizalice. Uz funkciju zaštite od preopterećenja (load moment limitation LMB) postoje mnogi aplikacijski programi koji se mogu koristiti za upravljanje i nadziranje pokreta dizalice.

Trenutno, LICCON upravljački sustav uključuje sljedeće aplikacijske programe:

- program početnih postavki - "Set up" program
- radni program - "Crane operation" program
- program za upravljanje teleskopom - "Telescoping" program
- program za limitaciju radnog područja - "Working range limitation" program
- program za prikaz potpornih sila - "Support force monitoring" program

Iz aplikacijskih programa se može direktno pristupiti postavkama omjera pomaka palice i brzine upravljanja. Električne i elektroničke komponente donjeg i gornjeg postrojenja povezani su putem tehnologije za prijenos podataka sabirnicom (Liebherr System Bus - LSB).

Sustav za zaštitu od preopterećenja je moguće pratiti na LICCON ekranu. LICCON upravljački sustav radi na principu uspoređivanja trenutnog opterećenja s maksimalno dopuštenim opterećenjem u skladu s grafikonom opterećenja i namatanja sajle.

Trenutno opterećenje je određeno bilježenjem promjenjivih vrijednosti. Opterećenje na dizalici rezultira momentom sile tereta i momentom sile teleskopske ruke. To se iskazuje kao sila na vanjskom teleskopskom cilindru koja se mjeri (očitava) pomoću senzora za mjerenje pritiska u vanjskom teleskopskom cilindru.

Sila momenta teleskopa dobiva se računom podataka sa senzora koji mjeri kut ruke, senzora koji mjeri dužinu ruke, iz podataka o masi teleskopske ruke za postavljene operativni način rada., sa senzora koji mjeri masu tereta i drugih.

Radius ruke dobiva se računom vrijednosti senzora za mjerenje kuta ruke, senzora za mjerenje dužine ruke i geometrijskih podataka za postavljene operativni način rada. Taj račun također uzima u obzir i izvijanje ruke prilikom vlastitog opterećenja i opterećenja teretom.

Trenutno opterećenje dobiva se računom ukupnog opterećenja, sile momenta teleskopa i radijusa na kojem se teleskop nalazi.

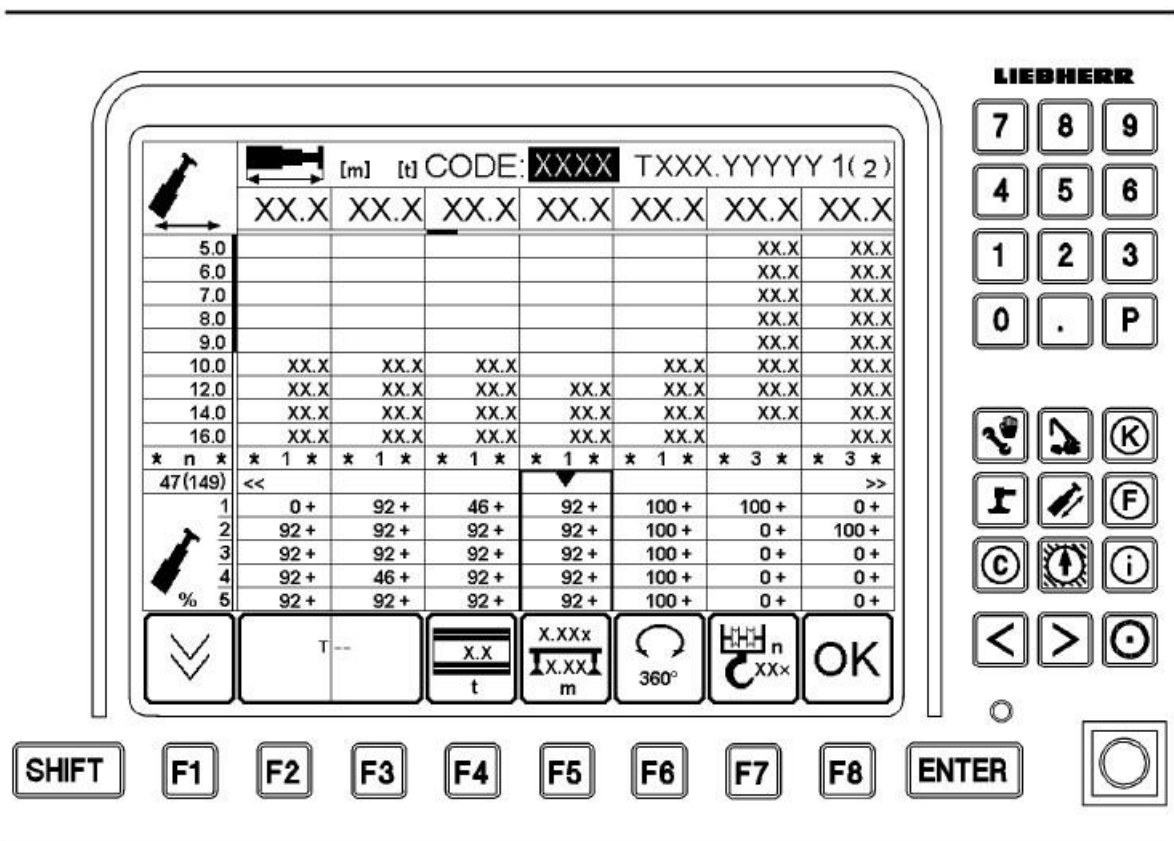
Podaci dizalice kao što su grafikoni opterećenja, mase teleskopa i geometrijskih podataka pohranjeni su u centralnoj memoriji podataka LICCON upravljačkog sustava. Maksimalno opterećenje prema grafikonu opterećenja i namotaja sajle se konstantno određuje za postavljenu konfiguraciju dizalice, za postavljeni namotaj sajle i za izračunati radijus rada, baziran na grafikonu opterećenja.

Trenutno i maksimalno opterećenje prema grafikonu opterećenja se uspoređuju. Kada se približe navedenom ograničenju unaprijed je dano upozorenje. Ako je taj limit prekoračen, aktivira se sustav za preopterećenje i svi pokreti dizalice koji povećavaju moment sile tereta su isključeni.

Sustav za zaštitu od preopterećenja ne može detektirati sva stanja sam od sebe. Informacije koje unosi operater također ulaze u račun opterećenja ovisno o položaju teleskopa. Primjeri tih informacija i postavki su dodatna opterećenja ovjesa, grubo upravljanje palicom, podizanje tereta pod kutom, upravljanje dizalicom na velikom nagibu, urušavanje tla i sl.

#### 3.1.1. Program početnih postavki

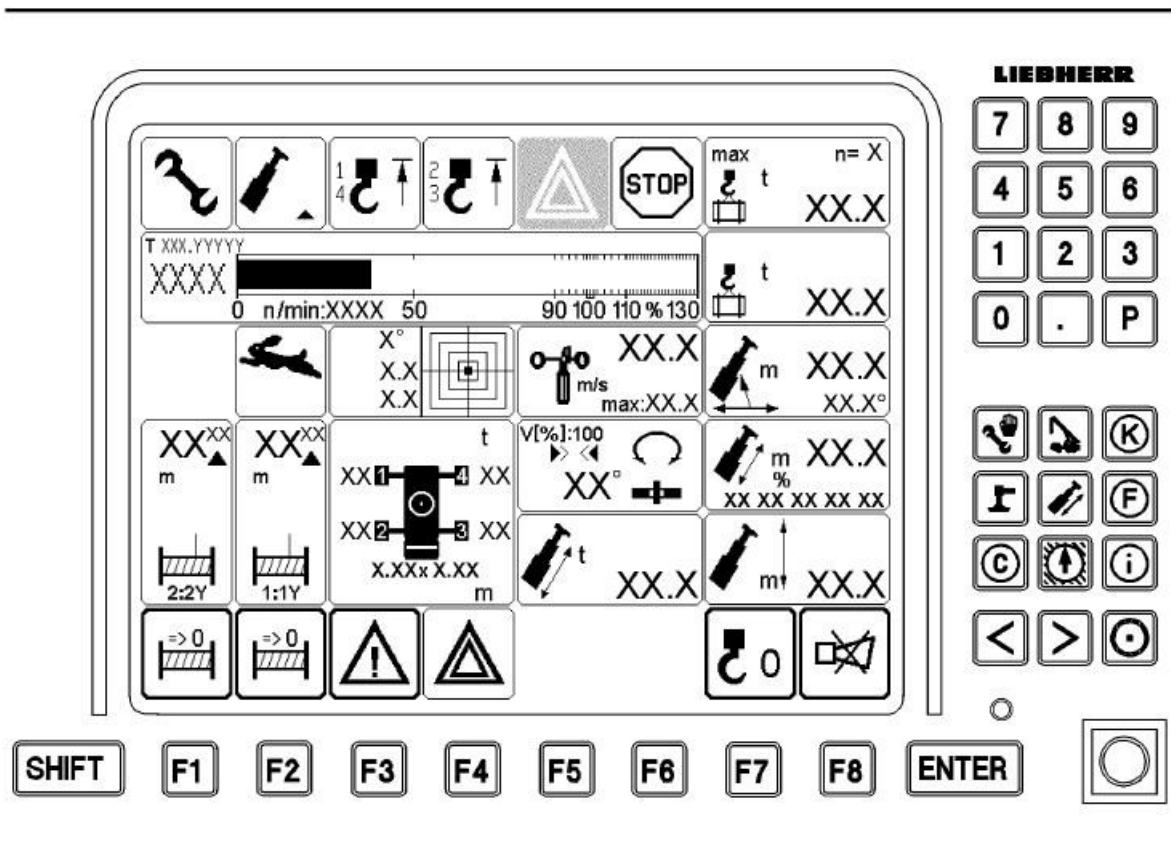
Nakon uključjenja LICCON upravljačkog sustava i pravilnog kompletne procedure pokretanja, konfiguracijski se program pojavljuje automatski. U programu početnih postavki moguće je vidjeti grafikon programiranih vrijednosti nosivosti u ovisnosti od radnog radijusa i dužini izvučenog teleskopa.



Slika 6. Predodžba programa početnih postavki

### 3.1.2. Radni program

LICCON program za rad dizalice asistira operatera prikazujući mu jasne podatke na monitor za upravljanje dizalicom. Zvučni signal prati sve kritične prikaze. Ovisno o opremi, opseg ostalih ikona može biti uključeno i dodatno prikazan, ili na zahtjev operatera ili automatski u slučaju problema. Također upozorava operatera o stanju skorog preopterećenja. U slučaju preopterećenja i mnogih grešaka, koje mogu biti opasne, sustav se gasi.

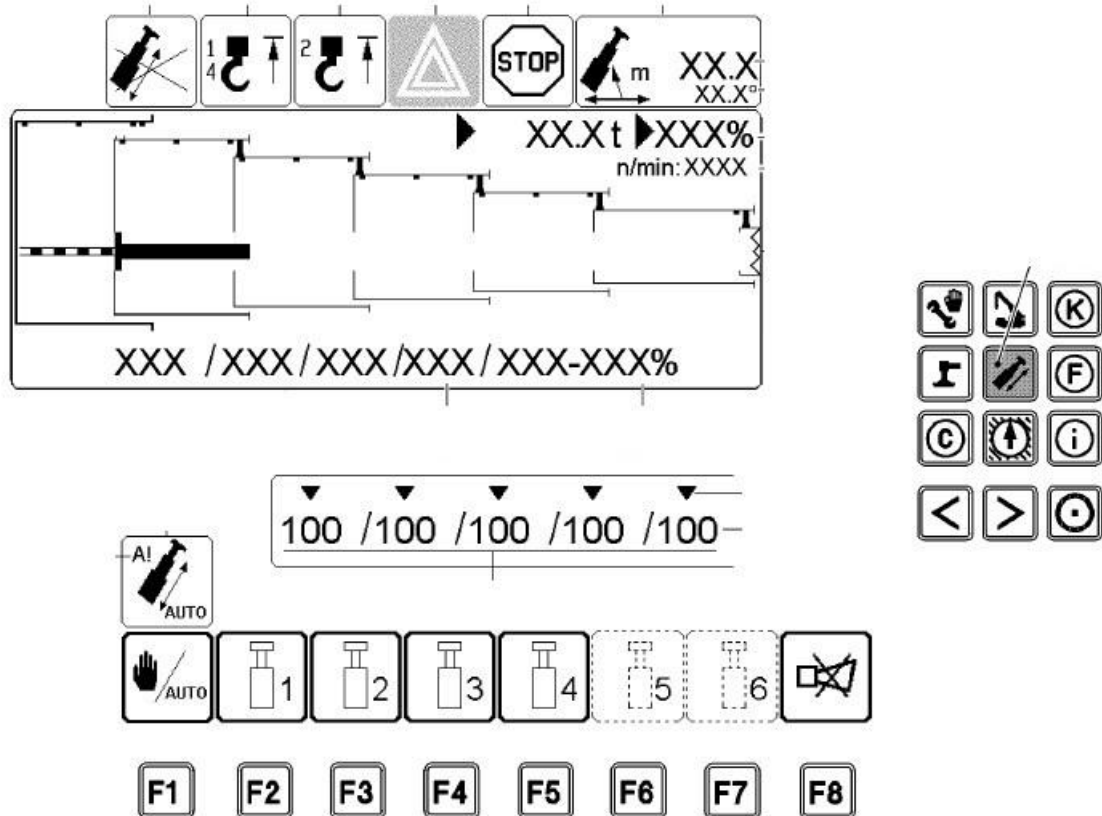


Slika 7. Predodžba radnog programa

### 3.1.3. Program za upravljanje teleskopom

Teleskopski ekran prikazuje operatoru zaključavanje pojedine sekcije, poziciju pojedine sekcije i stanje izvlačenja teleskopskog cilindra u dinamičkom prikazu. Ovaj teleskopski sustav je inovacija tvrtke LIEBHERR i naziva se TELEMATIK sustav. Kod ovog sustava svaka sekcija se izvlači jedna po jedna. Sekcija se zaključava na cilindar koji se potom izvlači i kada postigne krajnji položaj on se zaključava u tom položaju a pri tome se cilindar otključava i vraća u početni položaj. Zatim se zaključava druga sekcija za cilindar koji potom izvlači tu sekciju.

Drugi način upravljanja teleskopom koji posjeduju neke vrste LIEBHERR tvrtke je zajedničko izvlačenje teleskopa. Dakle svaki od teleskopa se izvlači na istu duljinu.

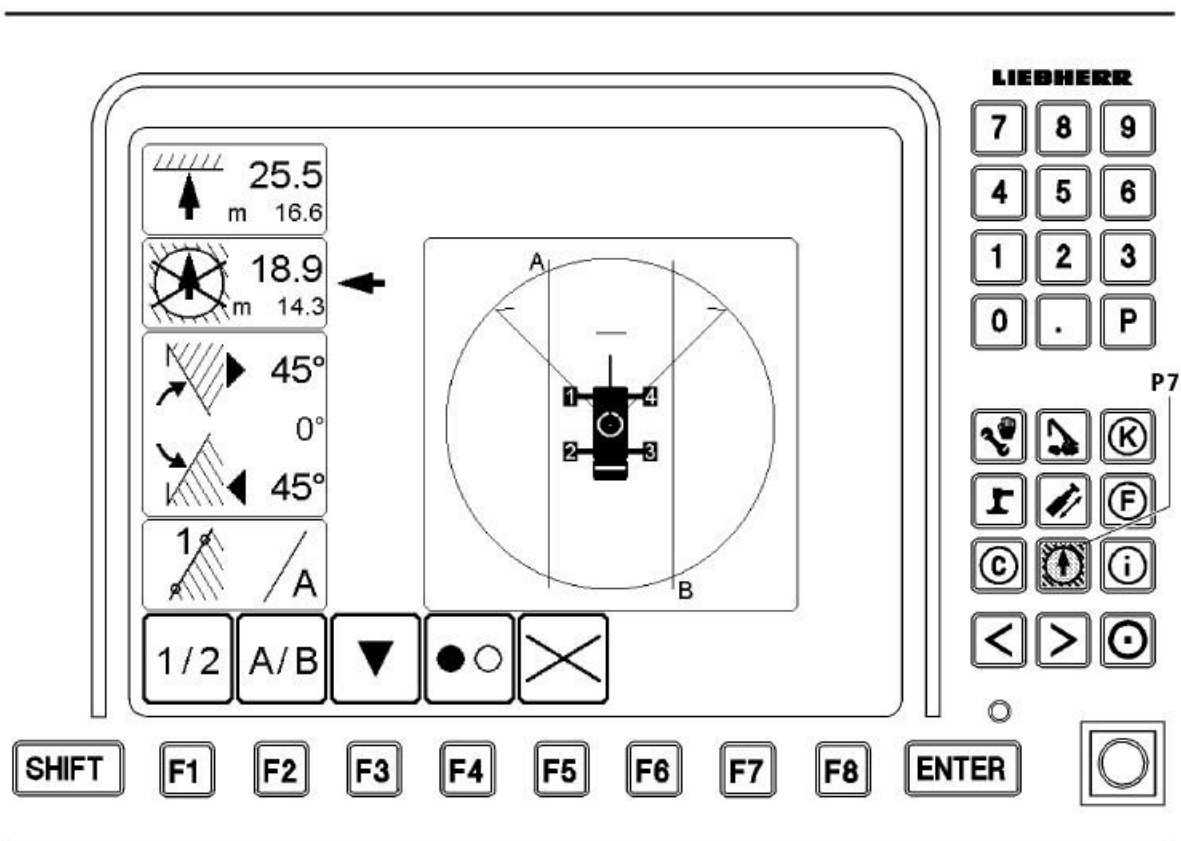


Slika 8. Predodžba teleskopskog programa

#### 3.1.4. Program za limitaciju radnog područja

Program za limitaciju radnog područja omogućava da se ručno postavi radno područje u LICCON upravljački sustav određenim parametrima tako da se pri tome poštuje taj prostor rada na način da joj je omogućen rad samo u tom prostoru.

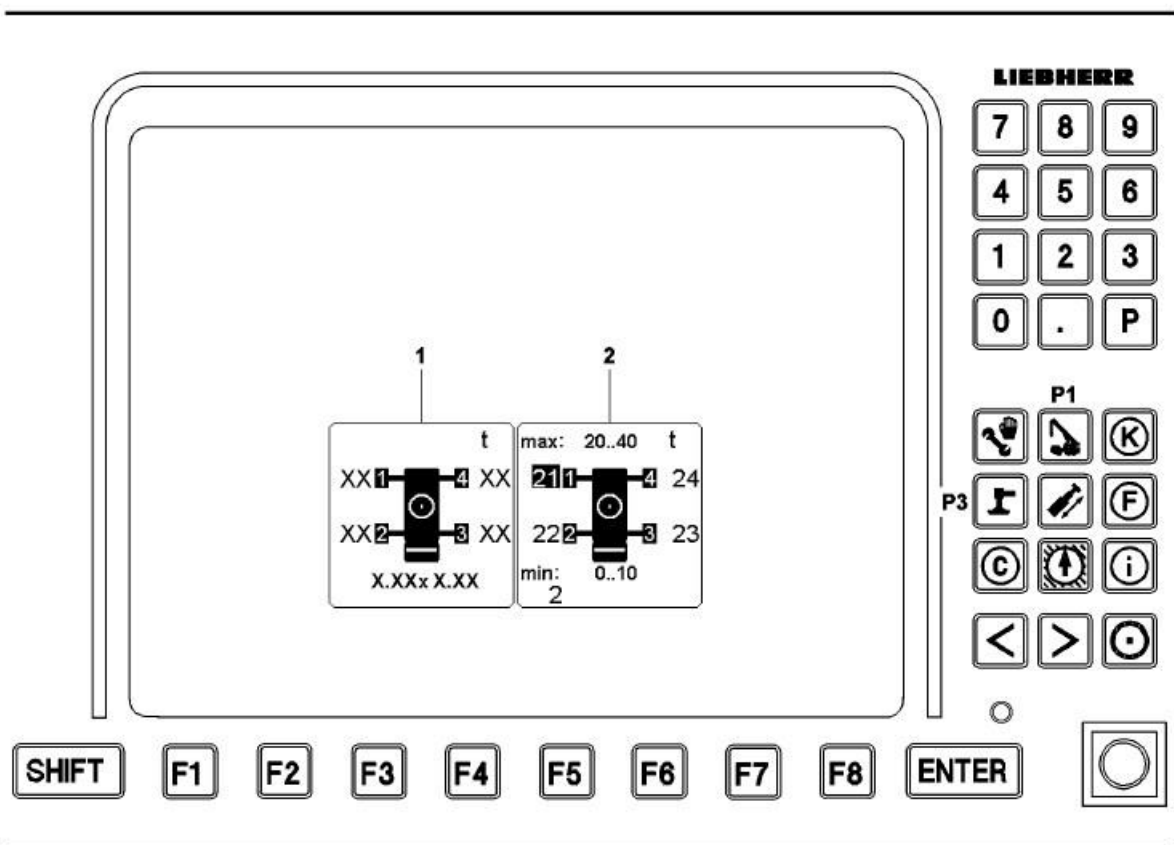
Ovim programom zadaje se limit duljine glave kolotura, radijus teleskopa, točka rotatora desne i lijeve strane, rubni limit i sl. Nakon unosa svih parametra moguće je vidjeti grafički prikaz dopuštenog prostora rada dizalice.



Slika 9. Predodžba programa za limitaciju radnog područja

### 3.1.5. Program za prikaz potpornih sila

U ovom programu moguće je pratiti dopušteno opterećenje po svakom stabilizatoru kao i trenutno opterećenje stabilizatora koje se prikazuje na LICCON ekranu.



Slika 10. Predodžba programa za prikaz potpornih sila

### 3.2. TELEMATIK sustav za izvlačenje teleskopa

TELEMATIK automatski upravljački sustav teleskopske ruke se sastoji od:

- teleskopskog cilindra s dvostrukim djelovanjem
- hidraulički upravljanim hvataljkama za zaključavanje
- zaključavanje sekcija teleskopa hidrauličkim upravljanjem

Hvataljke i pinovi sekcija teleskopa su mehanički međusobno povezani a to znači da sekcija teleskopa može biti simultano otključana samo kada je hvataljka te sekcije zaključana na cilindar. Kroz automatski proces zaključavanja i otključavanja operator dizalice ne mora voditi brigu o zaključavanju i otključavanju teleskopa i sekcija.

Sljedeći procesi se provode u sustavu:

- zaključavanje i otključavanje teleskopskog cilindra
- zaključavanje i otključavanje pinova sekcija teleskopa
- slijed izvlačenja sekcija kako bi se postiglo željeno krajnje stanje



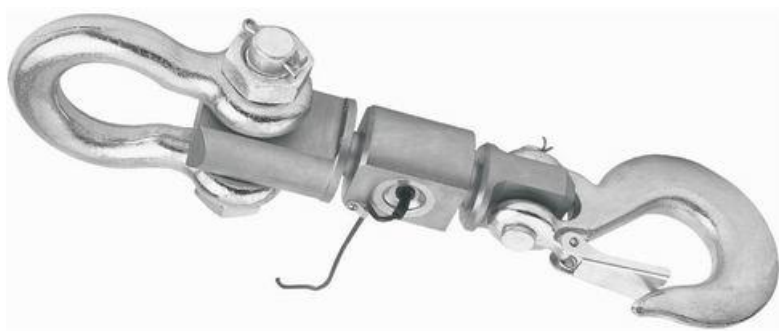
Ovaj automatski proces će se provoditi sve dok se upravlja palicom iz kabine. Palica određuje smjer i brzinu pokreta sekcije. U ovom slučaju operator cijelo vrijeme ima kontrolu nad dizalicom. Smjer teleskopskog cilindra određen je LICCON upravljačkim sustavom.

## 4. Senzori za upravljanje teretom

Upravljački senzori, osim radnih karakteristika, moraju pružati relevantne podatke i u najtežim uvjetima rada. Nakon svoje montaže prolaze kroz niz testnih programa kako bi zadovoljili sve uvjete rada s dizalicom. Senzori na dizalicama se ne kalibriraju već se zamjenjuju u slučaju greške ili kvara. U ovom poglavlju dan je kratki opis nekih od senzora koje koristi tvrtka Liebherr na svojim dizalicama.

### 4.1. Senzor težine/napetosti

Senzor težine odnosno napetosti je transduktor koji se koristi za stvaranje električnog signala čija je vrijednost direktno proporcionalna sili koja se mjeri. Tipovi ovog senzora mogu biti hidraulički, pneumatski ili temeljeni na naprezanju sloja vodljivog materijala (električnog otpornika) koji se pri opterećenju rasteže i mijenja vrijednost električnog otpora.



Slika 11. Predodžba senzora težine

Senzor za mjerenje sile koja djeluje na kolotur ima konstrukciju pina koji spaja kolotur s konstrukcijom ruke. Namotaj sajle preko kolotura i njeno opterećenje na kolotur prenosi na ovaj senzor te se time može odrediti sila u zglobu ili deformacija materijama prilikom opterećenja.



Slika 12. Predodžba senzora za mjerenje opterećenja kolotura

#### 4.2. Induktivna sklopka

Induktivna sklopka radi na principu induciranog magnetskog polja. Kada se metalni objekt približi magnetskom polju koji stvara induktivni senzor na vrhu svojom zavojnicom dio te energije prijelazi na objekt. Ta energija zapravo je izražena Eddy strujom koja se troši na zagrijavanje objekta. Na taj način, induktivni senzor je izgubio dio energije pa se amplituda (titranje senzora) smanjila. Na kraju, oscilacije su se smanjile do točke kada Schmitt Trigger unutar senzora detektira to smanjenje u odnosu na prije. To je trenutak kada je definitivno potvrđena prisutnost objekta u blizini pa senzor daje signal o prisutnosti nekog metalnog objekta.



Slika 13. Predodžba induktivne sklopke

#### 4.3. Senzor kuta

Za mjerenje kuta teleskopa se upotrebljavaju dvije vrste senzora a to su rotacijski enkoder i hidraulički senzor s njihalom.

#### 4.3.1. Rotacijski enkoder

Postoje dva tipa rotacijskih enkodera a to su apsolutni rotacijski enkoder i inkrementalni rotacijski enkoder. Apsolutni enkoder zadržava informaciju o trenutnoj poziciji. Ta funkcija omogućava dizalici da pamti stanje kuta teleskopa nakon isključenja napajanja. Inkrementalni enkoder bilježi promjene u poziciji ali nije u mogućnosti pamtiti relaciju između svog stanja i pozicije teleskopa.



Slika 14. Predodžba rotacijskog enkodera

#### 4.3.2. Hidraulički senzor s njihalom za mjerenje kuta

Ovaj senzor se sastoji od ulja, njihala i elektronike unutar kućišta koje je hermetički zatvoreno. Vrijednost kuta pretvara u elektronički signal koji je direktno proporcionalan kutu nagiba. Ima programiranu vrijednost referentne pozicije.



Slika 15. Predodžba senzora kuta s njihalom

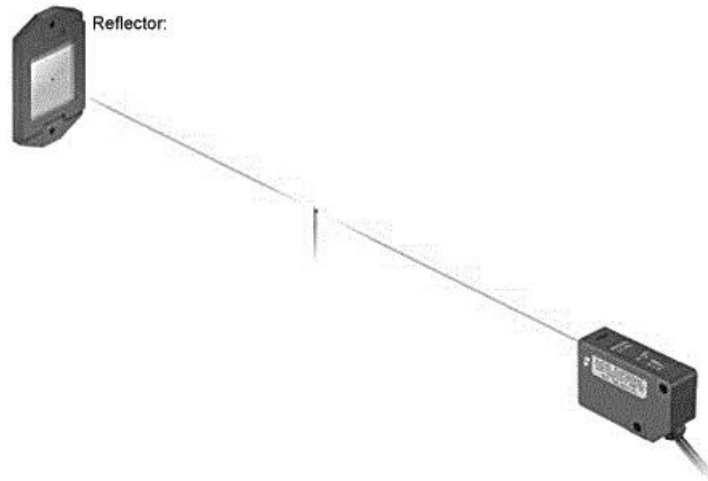
#### 4.4. Senzor duljine

Za mjerenje duljine izvlačenja i uvlačenja teleskopskih sekcija kao i hidrauličkih stabilizatora koristi se senzor duljine.



Slika 16. Predodžba senzora duljine s enkoderom

Kao senzor duljine koristi se senzor čiji je princip rada baziran na rotacijskom enkoderu s kolotutom i sajlom koja se izvlači i navlači na kolotur. Kolotur je preko ležaja vezan na enkoder koji mjeri kut a na temelju kuta se određuje duljina. Druga vrsta senzora za mjerenje duljine je laserski senzor s laserom i reflektorom za određivanje duljine. Laser odašilje svjetlosni signal koji se reflektira objektom (reflektorom) stabilizatoru koji se izvlači. Nakon određenog vremena svjetlosni signal se vrati s pomakom u vremenu (vremenska faza). Na taj način određuje se duljina između objekta i izvora.



Slika 17. Predodžba laserskog senzora duljine

#### 4.5. Senzor tlaka

Senzor za mjerenje tlaka mjeri tlak najčešće plinova ili tekućina. Tlak je izraz sile koja je potrebna da bi se zaustavilo širenje tekućine a matematički izraz tlaka definira se kao sila koja djeluje na površinu. Senzor za mjerenje tlaka najčešće se ponaša kao transduktor - generira signal kao funkciju nametnutog pritiska. Generirani signal je električnog oblika.

Na dizalicama, senzori za mjerenje tlaka korišteni su da zabilježe sljedeće tlakove:

- tlak cilindra koji prima opterećenja tereta
- tlak u pumpi/tlak opterećenja pumpe
- tlak na stabilizatorima
- tlak vitla
- tlak u cilindru za izvlačenje i uvlačenje teleskopa



Slika 18. Predodžba tlačnog senzora

Ovaj senzor je membranskog tipa koji se uglavnom sastoji od mjerne membrane koja određuje fizičku vrijednost (silu) i prosljeđuje ovaj signal u električnom obliku. Glava senzora za mjerenje tlaka uključuje temperaturni senzor za kompenzaciju svih temperaturno vezanih efekata. Temperatura mjerne glave se uzima u obzir prilikom određivanja tlaka.

Oznaka 750/750 [bar] na specifikacijama senzora naznačuje maksimalnu vrijednost koja se može izmjeriti koristeći analogni/digitalni raspon.

#### 4.6. Senzor za mjerenje pozicije gornjeg postrojenja

Ova vrsta senzora potrebna je kako bi se odredila pozicija gornjeg postrojenja prilikom rotacije rotatora. Senzor mjeri okretni kut u odnosu na šasiju koji je Potreban u računu korisne nosivosti. Takav senzor radi na principu rotacijskog enkodera.

#### 4.7. Senzor za mjerenje broja okretaja vitla

Ova vrsta senzora koristi se da bi se izračunao apsolutni broj okretaja vitla. Osim što broji broj okretaja vitla služi i kao sigurnosni senzor koji šalje signal u slučaju kada je sajla u potpunosti odmotana s vitla tako da se vitlo isključi. Takav senzor radi na principu rotacijskog enkodera.

#### 4.8. Senzor nagiba

Senzor nagiba se koristi kako bi se odredio nagib dizalice u načinu rada dizalice na stabilizatorima. Određuje se nagib s obzirom na centar zupčanika rotatora u pozitivnom i negativnom smjeru osi dizalice. Šasija dizalice mora biti stabilizacijski centrirana za siguran rad tokom upravljanja teretom.



Slika 19. Predodžba senzora za mjerenje nagiba

#### 4.9. Pedala senzor

Svrha pedala senzora je primiti upravljačke signale i proslijediti ih preko sabirnice.

Pedala senzori koriste se za sljedeća upravljanja:

- kao papučica gasa za regulaciju brzine motora
- kao papučica kočnice za kočenje rotatora
- kao nožna papučica za upravljanje operacijama teleskopa
- kao nožna pedala za vožnju dizalica gusjenica



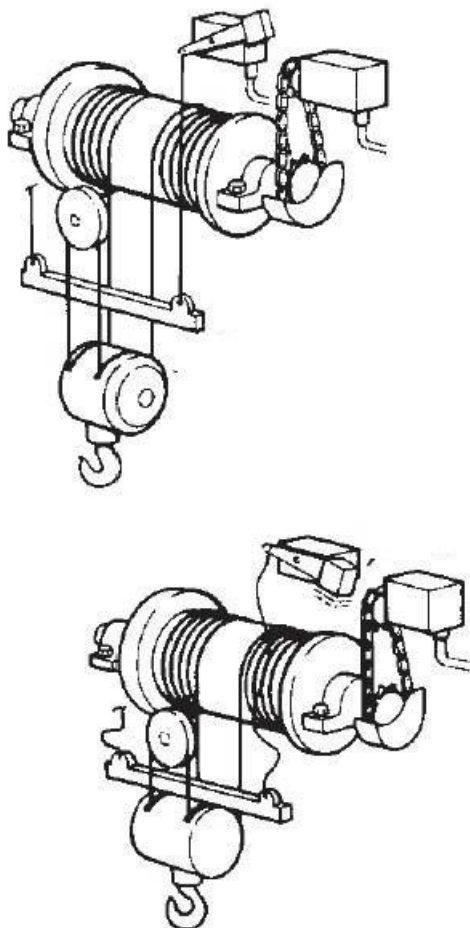
Slika 20. Predodžba pedala senzora



Pedala senzori su opremljeni sa dva identična sustava za mjerenje, od kojih oba mjere kut pedale. Ti sustavi za mjerenje nisu mehanički (nema kontakta) nego su magnetski dizajnirani.

#### 4.10. Limitator dizanja

Limitator dizanja (senzor krajnjeg položaja) nadzire sigurnosni razmak između kućište kuke i koloture na glavi ruke. To sprječava kućište kuke da prilikom namotavanja sajle za podizanje tereta kuka udari u glavu teleskopske ruke. Ako je senzor krajnjeg položaja aktiviran, LICCON sustav isključi sve pokrete koje dovode do skraćivanja udaljenosti teleskopa-tereta (npr. izvlačenje teleskopa, izvlačenje cilindra za podizanje teleskopa ili okretanje vitla radi namatanja sajle). Senzor krajnjeg položaja aktiviran je ako kuka prilikom podizanja podigne kuku senzora (njegovu masu - prekidač).



Slika 21. Predodžba principa rada senzora za limitaciju dizanja tereta

Limitator dizanja koristi sajlu koja ima na vrhu oblik oka koja je u konačnici pričvršćena na prekidač u obliku štangice. Pritisak opruge unutar senzora postavlja

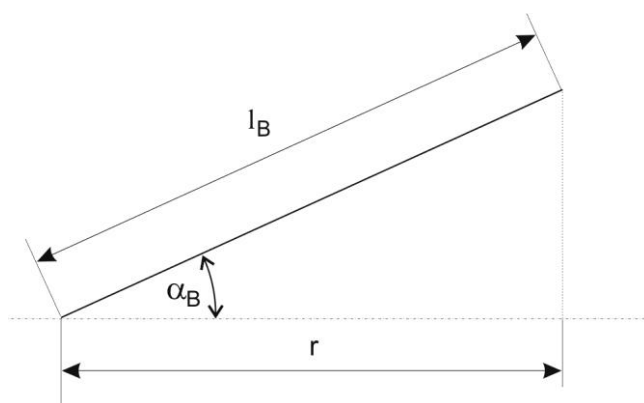
šipkasti prekidač u položaj u kojem senzor nije aktivan. Tokom povlačenja sajle s okom savladava se masa sajle a potom i opterećenje opruge što dovodi prekidač unutar senzora u krajnji položaj u kojem senzor postaje aktivan - uključen. Mehanički prekidač je aktiviran pomoću prekidača u obliku štangice i spojen na Liebherr sustav sabirnice LSB. Spoj na sustav sabirnice za prijenos podataka je preko elektroničkog sučelja koji uključuje mikroprocesor. Dodatno, može također analizirati signale koje prima od senzora za vitlo koji je montiran na vrhu ruke.

## 5. Statički proračun stabilnosti i opterećenja

U ovom poglavlju bit će obrađen statički proračun stabilnosti i opterećenja na vanjski cilindar koji nosi teleskop za idealan sustav dizalice. Zanemarena su sva izvijanja, sve što utječe izvan sustava, realna odstupanja i sl.

### 5.1. Statički proračun stabilnosti

Statičkom načinu proračuna stabilnosti idealnog sustava pristupit ćemo tako da promatramo sve tri ravnine dizalice kao modela. Nacrt dizalice određuje ravnina (x,z), bokocrt (y,z) a tlocrt (y,x). U tlocrtu (ravnina y,x) izračunavamo vrijednosti projekcije radnog radijusa ravnine (x,z) i (y,z). Radni radijus ravnine (y,x) je zapravo realni radni radijus koji se određuje na temelju kuta i duljine teleskopa. Na taj način smo u mogućnosti odrediti radni radijus preostale dvije ravnine u odnosu na položaj teleskopa u 3d modelu. Statičkim računom dobivamo maksimalnu nosivost za svaku od te dvije ravnine i mogućnost predodžbe prevrtanja dizalice oko jedne ili dvije točke.



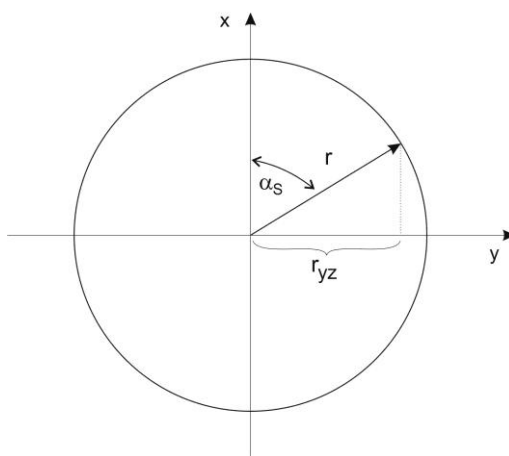
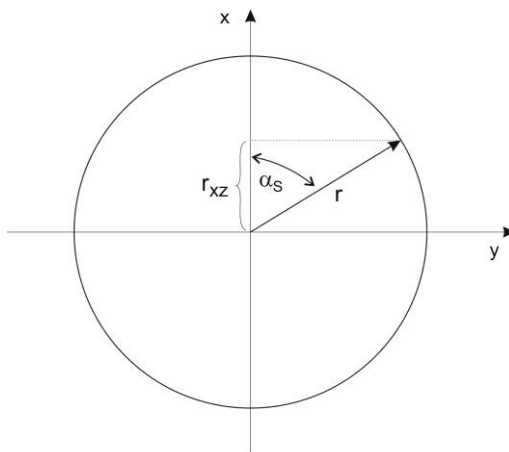
Slika 22. Predodžba teleskopa u ravnini i njegovih parametara:  $l_B$ -duljina teleskopa,  $r$ -radni radijus,  $\alpha_B$ -kut teleskopa.

Slika 22. prikazuje teleskop duljine  $l_B$  na kutu  $\alpha_B$  čiji je radni radijus  $r$  radni radijus ravnine (y,x). Iz ovoga možemo uočiti da je radni radijus neke ravnine funkcija kuta i duljine teleskopa. Ta funkcija dobiva se pomoću geometrijskih funkcija:

$$\cos \alpha_B = \frac{r}{l_B} \quad (1)$$

Na temelju ove jednadžbe možemo odrediti radni radijus r:

$$r = \cos \alpha_B l_B \text{ [m]} \quad (2)$$



Slika 23. Predodžba radnog radijusa (x,z) i (y,z) ravnine: r-radni radijus,  $r_{xz}$ -radni radijus (x,z) ravnine,  $r_{yz}$ -radni radijus (y,z) ravnine,  $\alpha_S$ -kut gornjeg postrojenja.

Slika 23. prikazuje stvarni radni radijus koji je projekcija duljine teleskopa na (y,x) ravninu, kut pod kojim se nalazi gornje postrojenje a to ujedno određuje poziciju teleskopa u prostoru i projekcije radnog radijusa na ostale dvije ravnine. Da bi odredili statički proračun stabilnosti u svakoj ravnini potreban nam je radni radijus te ravnine. Radni radijus (x,z) ravnine se određuje pomoću geometrijskih funkcija:

$$\cos \alpha_S = \frac{r_{xz}}{r} \quad (3)$$

Iz ove jednadžbe možemo odrediti projekciju radnog radijusa u (x,z) ravnini:

$$r_{xz} = \cos \alpha_S r [m] \quad (4)$$

Ako jednadžbu (2) upotrijebimo u jednadžbi (4) dobiva se nova jednadžbu:

$$r_{xz} = |\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B [m] \quad (5)$$

Na temelju jednadžbe (5) možemo vidjeti da je projekcija stvarnog radnog radijusa u (x,z) ravnini funkcija kuta gornjeg postrojenja i kuta teleskopa što ga stvara vanjski cilindar  $r_{xz}=f(\alpha_S, \alpha_B)$ . Na isti način se određuje radni radijus (y,z) ravnine:

$$\sin \alpha_S = \frac{r_{yz}}{r} \quad (6)$$

Iz ove jednadžbe možemo odrediti projekciju radnog radijusa u (y,z) ravnini:

$$r_{yz} = \sin \alpha_S r [m] \quad (7)$$

Ako jednadžbu (2) upotrijebimo u jednadžbi (7) dobiva se nova jednadžba:

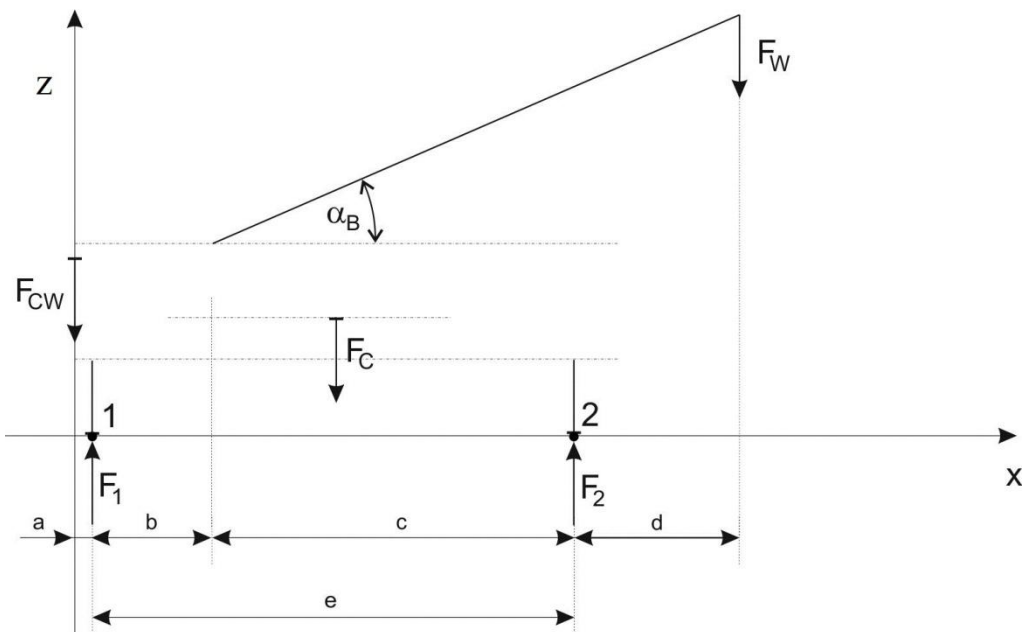
$$r_{yz} = |\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B [m] \quad (8)$$

Na temelju jednadžbe (8) možemo uočiti da je projekcija stvarnog radijusa u (y,z) ravnini funkcija kuta gornjeg postrojenja i kuta teleskopa što ga stvara vanjski cilindar -  $r_{yz}=f(\alpha_S, \alpha_B)$ .

Pošto jednadžba (5) i (8) skupa opisuju realno stanje teleskopa u prostoru na temelju drugog Newtonovog zakona možemo izračunati stvarnu stabilnost sustava kao krutog tijela tako da svaku ravninu promatramo zasebno.

#### 5.1.1. Statički proračun stabilnosti

Slika 24. prikazuje sustav projekcije svih sila koje djeluju na kruto tijelo u (x,z) ravnini. Kada smo tijelo odvojili od okoline i nadomjestili silama koje iz okoline djeluju na njega dobivamo sustav sila kao što je prikazan na slici 24.



Slika 24. Predodžba sustava projekcije sila u  $(x,z)$  ravnini:  $F_{CW}$ -težina protu-utega,  $F_W$ -težina tereta,  $F_C$ -težina dizalice,  $\alpha_B$ -kut teleskopa,  $F_1$ -prva potporna sila,  $F_2$ -druga potporna sila

Takav sustav promatramo u dva slučaja:

- **Prvi slučaj ( $270^\circ < \alpha_s < 90^\circ$ ) - prevrtanje oko točke 2**

Prvi slučaj je kada se dizalica prevrće oko točke 2 odnosno kada je kut gornjeg postrojenja  $270^\circ \leq \alpha_s < 90^\circ$  a sila u točki dva jednaka nuli ( $F_1 = 0$  [N]).

Da bi saznali maksimalno opterećenje s kojim dizalica može upravljati bez prevrtanja oko neke točke koristit ćemo drugi Newtonov zakon. Drugi Newtonov zakon nalaže da je suma svih sila i momenata nekog tijela jednaka nuli. Pošto je jedna od nepoznatih sila ( $F_1$ ) jednaka nuli preostaju nam dvije nepoznanice  $F_2$  i  $F_W$ .

Također, reakcije u osloncima nas ne zanimaju (sile koje se javljaju na stabilizatorima) tako da ćemo za prvi slučaj postaviti jednadžbu sa sumom svih momenata oko točke 2 (točka oko koje pretpostavljamo da se dizalica prevrće). Moment se definira kao sila na nekom kraku pa prema svim prethodnim uvjetima dobivamo sljedeću jednadžbu:

$$F_C \frac{e}{2} + F_{CW}(a + e) - F_W(r_{XZ} - c) = 0 \quad (9)$$

Ako jednadžbu (9) malo presložimo dobivamo novu jednadžbu:

$$F_W = \frac{2F_{CW}(a + e) + F_C e}{2(r_{XZ} - c)} \text{ [N]} \quad (10)$$

Ovaj tip jednadžbe je općeniti. Naime, u nazivniku vrijednost može postići vrijednost koja ide u minus i u tom slučaju sila je usmjerena u suprotnom smjeru međutim masa je uvijek pozitivna vrijednost pa dobiva apsolutni izraz. Pri tome moramo samo paziti na koji način se ta masa mora postaviti na krak sile koju proizvodi.

Pošto sila mase daje ubrzanje na temelju tog zakona možemo izraziti sljedeću jednadžbu:

$$F_W = Wg \text{ [N]} \quad (11)$$

Ako jednadžbu (10) upotrebljavamo u jednadžbi (11) tada dobivamo novu jednadžbu koja, nakon što je malo presložimo, izgleda ovako:

$$W_{XZ} = \left| \frac{2F_{CW}(a + e) + F_C e}{2g(r_{XZ} - c)} \right| \text{ [kg]} \quad (12)$$

Iz jednadžbe (12) možemo vidjeti da opterećenje ovisi o projekciji radnog radijusa (x,z) ravnine za koju smo postavljali uvjet ravnoteže. Ako jednadžbu (5) upotrijebimo u jednadžbi (12) dobivamo proširenu jednadžbu jednadžbe (12):

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_C e + 2F_{CW}(a + e)}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - c)} \right| \text{ [kg]} \quad (13)$$

Iz jednadžbe (13) možemo vidjeti da maksimalno opterećenje u (x,z) ravnini ovisi o kutu gornjeg postrojenja, kutu teleskopa i naravno duljini teleskopa uz sve ostale parametre.

- **Drugi slučaj ( $90^\circ < \alpha_S < 270^\circ$ ) - prevrtanje oko točke 1**

Drugi slučaj je kada se dizalica prevrće oko točke 1 odnosno kada je kut gornjeg postrojenja  $90^\circ \leq \alpha_S < 270^\circ$  a sila u točki 2 jednaka nuli ( $F_2 = 0 \text{ [N]}$ ).

Na temelju iste analogije prethodnog slučaja izrazit ćemo maksimalno opterećenje u (x,z) ravnini. Pomoću jednadžbe sume momenata oko točke 1 dobivamo sljedeću jednadžbu:

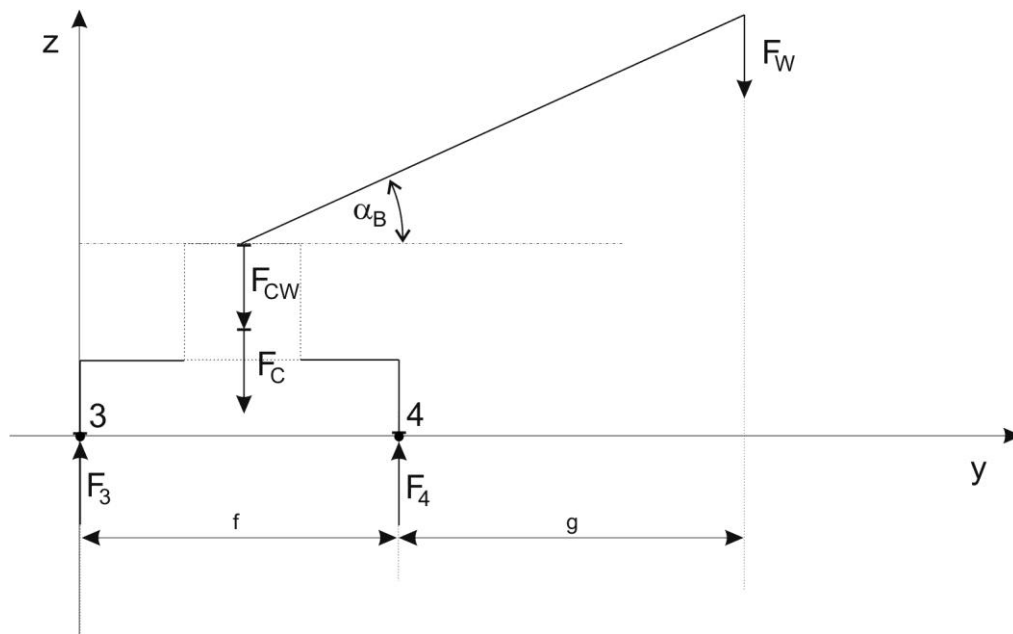
$$F_{CW}a - F_C \frac{e}{2} + F_W(r_{XZ} - b) = 0 \quad (14)$$

Ako jednadžbu (14) malo presložimo dobivamo novu jednadžbu:

$$F_W = \frac{F_C e - 2F_{CW}a}{2(r_{XZ} - b)} \quad (15)$$

Ako izraze (5) i (11) upotrijebimo u jednadžbi (15) i malo je presložimo dobivamo jednadžbu za maksimalno opterećenje drugog slučaja:

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_C e - 2F_{CW}a}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - b)} \right| \quad (16)$$



Slika 25. Predodžba sustava projekcije sila u  $(y,z)$  ravnini:  $F_{CW}$ -težina protu-utega,  $F_W$ -težina tereta,  $F_C$ -težina dizalice,  $\alpha_B$ -kut teleskopa,  $F_3$ -treća potporna sila,  $F_4$ -četvrta potporna sila

Slika 25. prikazuje sustav projekcije svih sila koje djeluju na kruto tijelo u  $(y,z)$  ravnini. Kada smo tijelo odvojili od okoline i nadomjestili silama koje iz okoline djeluju na njega dobivamo sustav sila kao što je prikazan na slici. Takav sustav promatramo u dva slučaja:

- **Prvi slučaj ( $0^\circ < \alpha_S < 180^\circ$ ) - prevrtanje oko točke 4**

Prvi slučaj je kada se dizalica prevrće oko točke 4 odnosno kada je kut gornjeg postrojenja  $270^\circ \leq \alpha_S < 90^\circ$  a sila u točki 3 jednaka nuli ( $F_3 = 0$  [N]).

Istom principom kao i do sada postavljamo uvjet ravnoteže uz zadane uvjete za ovaj slučaj pa dobivamo jednadžbu:

$$F_{CW} \frac{f}{2} + F_C \frac{f}{2} - F_W \left( r_{YZ} - \frac{f}{2} \right) = 0 \quad (17)$$

Ako jednadžbu (17) malo presložimo dobivamo novu jednadžbu:

$$F_W = \frac{f(F_{CW} + F_C)}{2r_{YZ} - f} \quad (18)$$

Ako izraze (8) i (11) upotrijebimo u jednadžbi (18) i malo je presložimo dobivamo jednadžbu za maksimalno opterećenje drugog slučaja:

$$W_{yz} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| \quad (19)$$

Iz jednadžbe (19) možemo vidjeti da maksimalno opterećenje u (y,z) ravnini također ovisi o kutu gornjeg postrojenja, kutu teleskopa i naravno duljini teleskopa uz sve ostale parametre što ga povezuje s (x,z) ravninom odnosno daje mogućnost da sustav promatramo kao 3d sustav.

- **Drugi slučaj ( $180^\circ < \alpha_S < 360^\circ$ ) - prevrtanje oko točke 3**

Drugi slučaj je kada se dizalica prevrće oko točke 3 odnosno kada je kut gornjeg postrojenja  $180^\circ \leq \alpha_S < 360^\circ$  a sila u točki 4 jednaka nuli ( $F_4 = 0$  [N]).

Istim principom kao i do sada postavljamo uvjet ravnoteže uz zadane uvjete za ovaj slučaj pa dobivamo jednadžbu:

$$F_C \frac{f}{2} + F_{CW} \frac{f}{2} - F_W (r_{YZ} - \frac{f}{2}) = 0 \quad (20)$$

Ako jednadžbu (20) malo presložimo dobivamo novu jednadžbu:

$$F_W = \frac{f(F_C + F_{CW})}{2r_{YZ} - f} \quad (21)$$

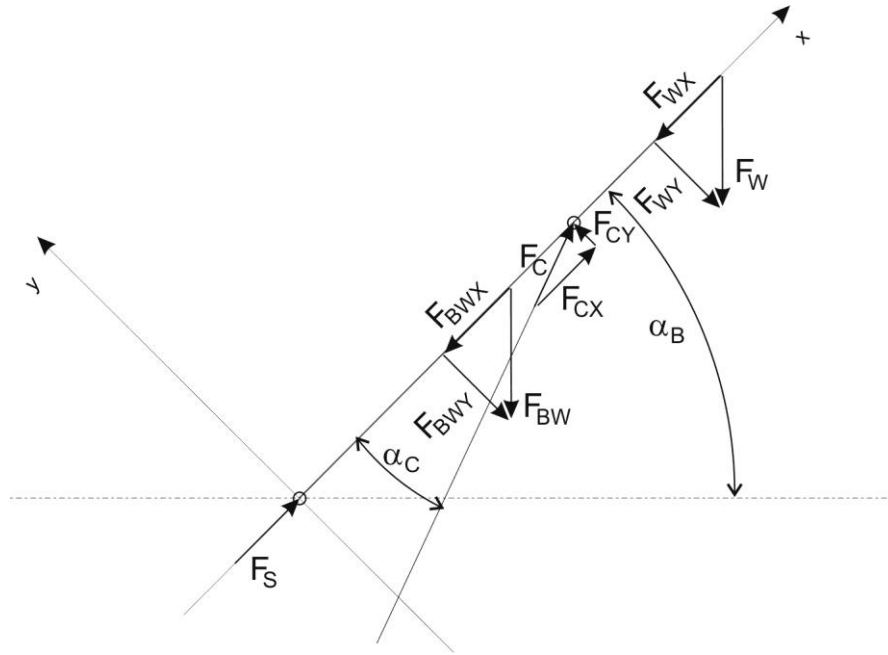
Ako izraze (8) i (11) upotrijebimo u jednadžbi (21) i malo je presložimo dobivamo jednadžbu za maksimalno opterećenje drugog slučaja:

$$W_{YZ} = \left| \frac{f(F_C + F_{CW})}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| \quad (22)$$

## 5.2. Proračun opterećenja na klip vanjskog cilindra

Proračunu opterećenja na nosivi cilindar pristupit ćemo tako da ga promatramo u jednoj ravnini. Pomoću statičkog proračuna provjerit ćemo ovisnost tlaka o opterećenju teleskopa kojeg pumpa mora savladati da bi se teleskop podizao.





Slika 26. Predodžba sustava projekcije sila teleskopa:  $F_C$ -sila cilindra,  $F_W$ -težina tereta,  $F_B$ -težina teleskopa,  $F_S$ -potporna sila,  $\alpha_B$ -kut teleskopa,  $\alpha_C$ -kut cilindra

Slika 26. prikazuje sustav projekcije svih sila koje djeluju na kruto tijelo u (x,y) ravnini. Kada smo tijelo odvojili od okoline i nadomjestili silama koje iz okoline djeluju na njega dobivamo sustav sila kao što je prikazan na slici.

U ovom sustavu, sile  $F_S$  i  $F_C$  su nepoznanice. Pošto nas sila u osloncu (zglobu)  $F_S$  ne zanima za ovaj sustav, postaviti ćemo jednadžbu za zbroj svih momenata oko te točke:

$$F_{CY}l_C - F_{BWY}\frac{l}{2} - F_{WY}l = 0 \quad (23)$$

Upotrebom geometrijskih funkcija prema slici dobivamo sljedeće izraze:

$$\sin \alpha_C = \frac{F_{CY}}{F_C} \quad (24)$$

$$\cos \alpha_B = \frac{F_{BWY}}{F_{BW}} = \frac{F_{WY}}{F_W} \quad (25)$$

Preslagivanjem jednadžbi (24) i (25) dobivamo sljedeće izraze:

$$F_{CY} = F_C \sin \alpha_C \quad (26)$$

$$F_{BWY} = F_{BW} \cos \alpha_B \quad (27)$$

$$F_{WY} = F_W \cos \alpha_B \quad (28)$$

Upotrebom jednadžbi (26), (27) i (28) dobivamo novu jednadžbu:

$$F_C \sin \alpha_C l_C - F_{BW} \cos \alpha_B \frac{l}{2} - F_W \cos \alpha_B l_B = 0 \quad (29)$$

Preslagivanjem jednadžbe (29) dobivamo silu koja djeluje na vanjski cilindar teleskopa:

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C} \quad (30)$$

Ovaj izraz nam pokazuje da sila koja djeluje na klip vanjskog cilindra ovisi o kutu cilindra i teleskopa. Sila koja djeluje na neku površinu daje nam vrijednost tlaka. Pošto sila  $F_C$  djeluje na površinu klipa vanjskog cilindra kojeg pumpa mora savladati da bi podigli teleskop tada će taj tlak iznositi:

$$p_P = \frac{F_C}{A_P} \quad (31)$$

gdje je  $A_P$  površina klipa a  $p_P$  tlak koji djeluje na klip vanjskog cilindra za podizanje teleskopa.

## 6. Matematički račun i prikaz radnih točaka

U ovom poglavlju promatrat ćemo određene vrijednosti i na temelju rezultata prikazati radne točke grafikonom.

### 6.1. Matematički račun

Na osnovu jednadžbi ( ) i ( ) potrebni su nam osnovni parametri koji opisuju konstrukciju dizalice. Svi osnovni parametri uzeti su proizvoljno i teže realnim vrijednostima koje opisuju dizalicu LTM 1090-4.1 tvrtke Liebherr. Prema slici i slici približne vrijednosti osnovnih parametra su:

$a = 0,5$  [m];  $b = 2,8$  [m];  $c = 5,7$  [m],  $e = 8,5$  [m];  $f = 7$ [m];  $F_C = 440$  [kN];  $\alpha_C = 30^\circ$ ;  $F_{BW} = 60$  [kN];  $A_P = 0,0314$  [m<sup>2</sup>];  $l = 11,2$  [m];  $l_C = 7$  [m]

#### • Primjer 1.

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa. U ovom slučaju dizalica se može prevrnuti samo u ravnini (x,z) tako da upotrebljavamo jednadžbu ( ).

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 40$  [m],  $\alpha_S = 35^\circ$  i  $\alpha_B = 40^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 35^\circ$  koristimo jednadžbe (12) i (19):

$$W_{xz} = \left| \frac{F_C e + 2F_{CW}(a + e)}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - c)} \right| [kg]$$

$$W_{yz} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| [kg]$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 35| \cos 40 \times 40 - 5,7)} \right| = \left| \frac{3740}{380,63} \right| = 9,83 \text{ [t]}$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 35| \cos 40 \times 40 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{276,16} \right| = 11,15 \text{ [t]}$$

Maksimalno dopušteno opterećenje u (x,z) ravnini da ne dođe do prevrtanja iznosi 9,83 [t] a u (y,z) ravnini 11,15 [t]. To znači da dizalica u ovakvom stanju ima maksimalnu nosivost od 9,83 [t]. U slučaju da je nosivost veća od 11,15 [t] dizalica će se prevrnuti u obje ravnine a to će rezultirati prevrtanjem oko jedne točke stabilizacije. U području od 9,83 do 11,15 tona dizalica se prevrće samo u (x,z) ravnini (prema naprijed).

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (31) i (30):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_Wl_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 40 (60 \times 11,2 + 2 \times 96,43 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{6424,36}{7} = 917,77 \text{ [kN]}$$

$$p_P = \frac{917,77}{0,0314} = 292,34 \text{ [bar]}$$

- **Primjer 2.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 20 \text{ [m]}$ ,  $\alpha_S = 70^\circ$  i  $\alpha_B = 60^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 70^\circ$  koristimo jednadžbe (12) i (19):

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_C e + 2F_{CW}(a + e)}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - c)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 70| \cos 60 \times 20 - 5,7)} \right| = \left| \frac{3740}{-44,73} \right| = |-83,61| = 83,61 \text{ [t]}$$

Primijetimo da u ovom slučaju imam minus u apsolutnoj vrijednosti a to nam govori da je sila usmjerena suprotno. U tom slučaju da bi došlo do prevrtanja oko te točke teret bi morali rinuti u suprotnom smjeru što znači da u (x,z) ravnini možemo podizati bilo koju masu i neće doći do prevrtanja u toj ravnini. To nam govori da do prevrtanja možda može doći samo na bočnu stranu dizalice:

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 70| \cos 60 \times 20 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{276,16} \right| = 115,7 \text{ [t]}$$

Ovdje vidimo da nam je maksimalna nosivost ograničena samo (y,z) ravninom te podizanje tereta za ovakav primjer mase iznad 115,7 tona bi dovelo do prevrtanja dizalice na bok.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 60 (60 \times 11,2 + 2 \times 96,43 \times 20)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{1300,3}{7} = 185,76 \text{ [kN]}$$

$$p_P = \frac{185,76}{0,0314} = 59,16 \text{ [bar]}$$

- **Primjer 3.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 40 \text{ [m]}$ ,  $\alpha_S = 145^\circ$  i  $\alpha_B = 40^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 115^\circ$  koristimo jednadžbe (16) i (19):

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_{CE} - 2F_{CW}a}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - b)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{yz} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 145| \cos 40 \times 40 - 2,8)} \right| = \left| \frac{3740}{437,53} \right| = 8,55 \text{ [t]}$$

Primijetimo da smo u primjeru jedan imali isti položaj gornjeg postrojenja u odnosu na prednji kraj dizalice. Za isti položaj u odnosu na stražnji kraj dizalice u (x,z) ravnini možemo podići teret za nešto više od tonu manje mase. To je i logično jer je centar rotacije gornjeg postrojenja na manjem kraku u odnosu na stražnji kraj nego na prednji kraj dizalice.

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 145| \cos 40 \times 40 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{276,16} \right| = 11,15 \text{ [t]}$$

Primijetimo da se u (y,z) ravnini nije ništa promijenilo u odnosu na primjer (). Projekcija radnog radijusa je ostala ista i vrijedi ista jednačba tako da je rezultat ostao nepromijenjen.

U ovom slučaju maksimalna nosivost se ograničava na 8,55 tona. Sve preko toga dovodi do prevrtanja dizalice.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednačbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 40 (60 \times 11,2 + 2 \times 83,88 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{5655,25}{7} = 807,89 [kN]$$

$$p_P = \frac{807,89}{0,0314} = 257,29 [bar]$$

- **Primjer 4.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 50 [m]$ ,  $\alpha_S = 160^\circ$  i  $\alpha_B = 15^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 160^\circ$  koristimo jednačbe (16) i (19):

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_{CE} - 2F_{CW}a}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - b)} \right| [kg]$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| [kg]$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 160| \cos 15 \times 50 - 2,8)} \right| = \left| \frac{3740}{835,49} \right| = 4,48 [t]$$

Primijetimo da je ovaj puta teleskop na  $15^\circ$ , a gornje postrojenje skoro pa okomito na stražnji kraj. U tom položaju maksimalnu nosivost u (x,z) ravnini nam je 4,48 [t] što znači da sa spuštanjem teleskopa se smanjuje i maksimalna nosivost a povećava tlak na cilindar. Podizanjem teleskopa smanjuje se tlak na klip vanjskog cilindra a povećava maksimalna nosivost ali jer u tom slučaju dio opterećenja preuzima konstrukcija same dizalice do trenutka kada sila na kraku ne može savladati moment za prevrtanje pa u tom trenutku maksimalnu nosivost ograničava konstrukcija dizalice (stabilizatori, sile koje opterećuju spojeve itd.).

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 160| \cos 15 \times 50 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{255,42} \right| = 12,06 \text{ [t]}$$

Za ovakav položaj dizalice maksimalna nosivost je ograničena na 4,48 tona.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 15 (60 \times 11,2 + 2 \times 118,3 \times 50)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{12076}{7} = 1725,14 \text{ [kN]}$$

$$p_P = \frac{1725,14}{0,0314} = 549,4 \text{ [bar]}$$

- **Primjer 5.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 25 \text{ [m]}$ ,  $\alpha_S = 230^\circ$  i  $\alpha_B = 65^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 160^\circ$  koristimo jednadžbe (16) i (22):

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_{CE} - 2F_{CW}a}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - b)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| \text{ [kg]}$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 230| \cos 65 \times 25 - 2,8)} \right| = \left| \frac{3740}{78,31} \right| = 47,76 \text{ [t]}$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 230| \cos 65 \times 25 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{90,13} \right| = 34,17 \text{ [t]}$$

Za ovakav položaj dizalice maksimalna nosivost je ograničena na 34,17 tona. Kada bi htjeli podignuti teret  $34,17 \leq W \leq 47,76$  tada bi se dizalica prevrnula u (y,z) ravnini. U slučaju upravljanja teretom većim od 47,76 tona u ovom položaju dizalica bi se prevrnula oko jedne točke stabilizacije odnosno došlo bi do prevrtanja oko obje ravnine.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 65 (60 \times 11,2 + 2 \times 335,2 \times 50)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{14450,16}{7} = 2064,3[kN]$$

$$p_P = \frac{1725,14}{0,0314} = 657,48 [bar]$$

- **Primjer 6.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 40 [m]$ ,  $\alpha_S = 270^\circ$  i  $\alpha_B = 20^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 270^\circ$  koristimo samo jednadžbu ():

$$W_{yz} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| [kg]$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times 440}{9,81 \times (2 \times |\sin 270| \cos 20 \times 40 - 7)} \right| = \left| \frac{3080}{600,13} \right| = 5,13 [t]$$

Za ovakav položaj dizalice maksimalna nosivost je ograničena na 5,13 tona samo jednom ravninom. Teret je nakrenut na stranu tako da ne postoji nikakva šansa prevrtanja dizalice u drugoj ravnini.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 20 (60 \times 11,2 + 2 \times 50,33 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{4415,05}{7} = 630,7[kN]$$

$$p_P = \frac{630,7}{0,0314} = 200,86 [bar]$$

- **Primjer 7.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $F_{CW} = 60 [kN]$ ,  $l_B = 40 [m]$ ,  $\alpha_S = 270^\circ$  i  $\alpha_B = 20^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 270^\circ$  koristimo samo jednadžbu ():

$$W_{yz} = \left| \frac{f(F_{CW} + F_C)}{g(2|\sin \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - f)} \right| [kg]$$

$$W_{YZ} = \left| \frac{7 \times (440 + 60)}{9,81 \times (2 \times |\sin 270| \cos 20 \times 40 - 7)} \right| = \left| \frac{3500}{600,13} \right| = 5,83 [t]$$

Za ovakav položaj dizalice u odnosu na prošli primjer bez protu-utega maksimalna nosivost je ograničena na 5,83 tona također samo jednom ravninom. U ovakvom položaju protu-utezi od približno 6 tona daju nam mogućnost veće nosivosti za otprilike 0,7 [t]. Teret je nakrenut na stranu tako da ne postoji nikakva šansa prevrtanja dizalice u drugoj ravnini.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 20 (60 \times 11,2 + 2 \times 57,19 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{4930,76}{7} = 704,39 [kN]$$

$$p_P = \frac{704,39}{0,0314} = 224,33 [bar]$$

- **Primjer 8.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $F_{CW} = 60$  [kN],  $l_B = 40$  [m],  $\alpha_S = 0^\circ$  i  $\alpha_B = 20^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 0^\circ$  koristimo samo jednu jednadžbu ():

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_C e + 2F_{CW}(a + e)}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - c)} \right| [kg]$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5 + 2 \times 60 \times 9}{2 \times 9,81 \times (|\cos 0| \cos 20 \times 40 - 5,7)} \right| = \left| \frac{4820}{625,64} \right| = 7,7 [t]$$

Za ovakav položaj dizalice u odnosu na prošli primjer bez protu-utega maksimalna nosivost je ograničena na 7,7 tona također samo jednom ravninom. Teret je prema naprijed tako da ne postoji nikakva šansa prevrtanja dizalice u drugoj ravnini.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$



$$F_C = \frac{\cos 20 (60 \times 11,2 + 2 \times 75,54 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{6310,22}{7} = 901,46[kN]$$

$$p_P = \frac{901,46}{0,0314} = 287,93 [bar]$$

- **Primjer 9.**

Promatramo ovisnost opterećenja u odnosu na kut teleskopa.

Za ovaj primjer promatrat ćemo opterećenje za:  $l_B = 40 [m]$ ,  $\alpha_S = 0^\circ$  i  $\alpha_B = 20^\circ$ .

Pošto nam je  $\alpha_S = 0^\circ$  koristimo samo jednu jednadžbu ():

$$W_{XZ} = \left| \frac{F_C e + 2F_{CW}(a + e)}{2g(|\cos \alpha_S| \cos \alpha_B l_B - c)} \right| [kg]$$

$$W_{XZ} = \left| \frac{440 \times 8,5}{2 \times 9,81 \times (|\cos 0| \cos 20 \times 40 - 5,7)} \right| = \left| \frac{3740}{625,64} \right| = 5,98 [t]$$

Za ovakav položaj dizalice u odnosu na prošli primjer bez protu-utega maksimalna nosivost je ograničena na 5,98 tona također samo jednom ravninom. Za razliku od prošlog primjera s protu-utezima, u ovom primjeru nekorisćenje protu-utega smanjuje nosivost za otprilike 1,7 [t] što je skoro duplo više nego u drugoj ravnini. Teret je prema naprijed tako da ne postoji nikakva šansa prevrtanja dizalice u drugoj ravnini.

Da bi izračunali pritisak koji je pumpa trebala savladati da podigne teleskop na tu visinu pri maksimalnoj nosivosti koristimo jednadžbu (30) i (31):

$$F_C = \frac{\cos \alpha_B (F_{BW}l + 2F_W l_B)}{2l_C \sin \alpha_C}$$

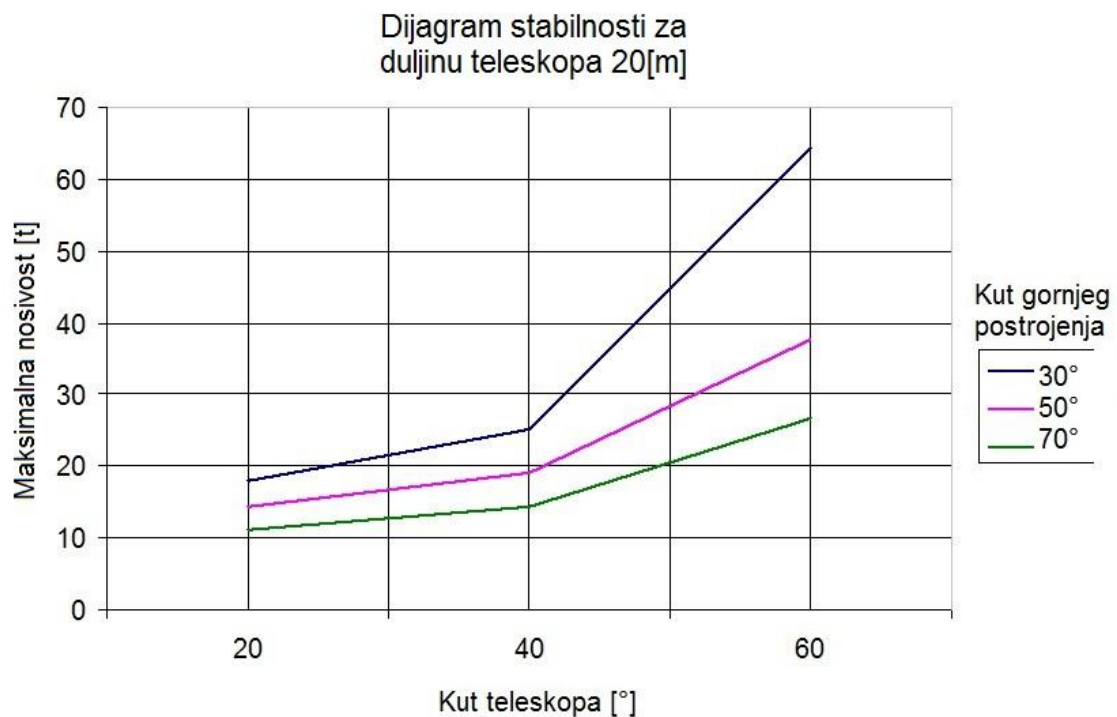
$$p_P = \frac{F_C}{A_P}$$

$$F_C = \frac{\cos 20 (60 \times 11,2 + 2 \times 58,64 \times 40)}{2 \times 7 \times \sin 30} = \frac{5039,76}{7} = 719,97[kN]$$

$$p_P = \frac{719,97}{0,0314} = 229,84 [bar]$$

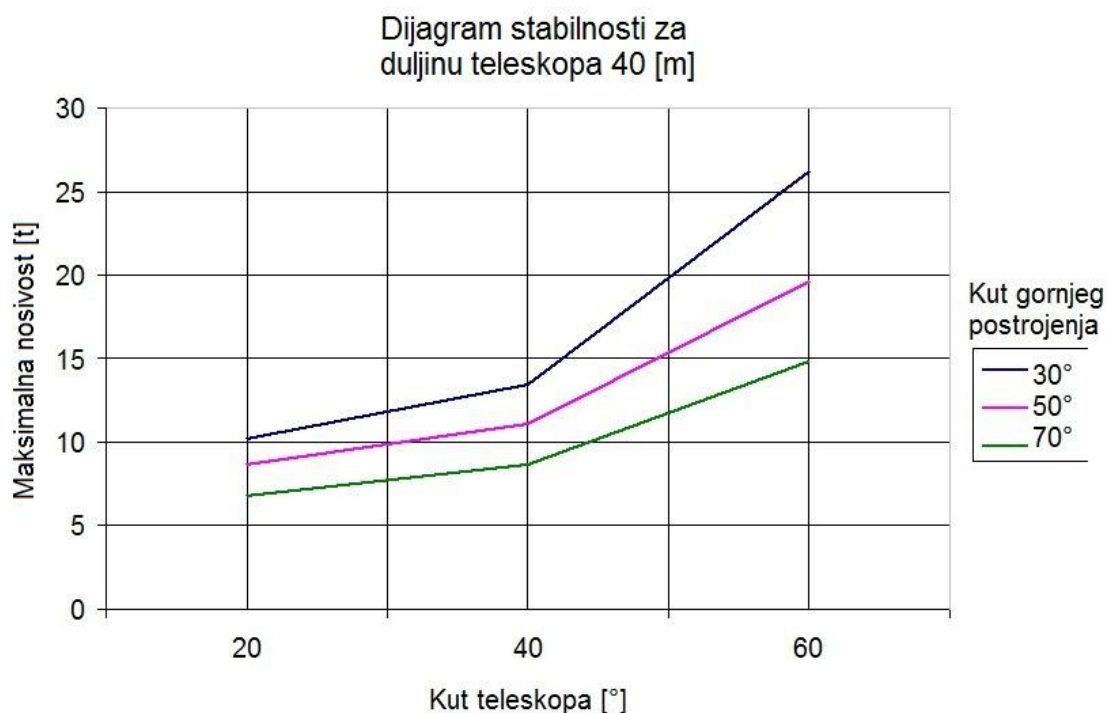
## 6.2. Prikaz radnih točaka

Proračunima s upotrebom svih jednadžbi za stabilnost sustava i tlaka koji se javlja na klipu vanjskog cilindra dobiven je niz vrijednosti koje ćemo prikazati grafovima.



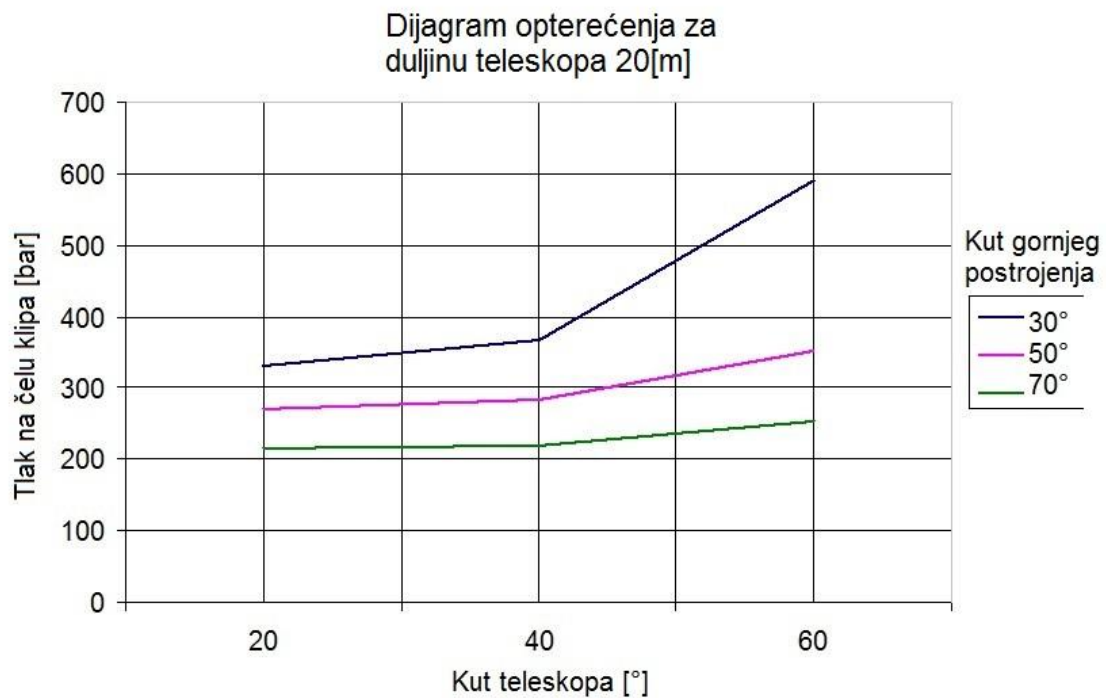
Slika 27. Predodžba dijagrama nosivosti za duljinu teleskopa 20[m]

Na slici 27. je vidljivo da porastom kuta teleskopa raste i maksimalna nosivost koja opisuje stabilnost sustava. Što je kut gornjeg postrojenja veći, a to znači da se teleskop okreće na bok dizalice, to je maksimalna nosivost manja za istu duljinu teleskopa i kuta teleskopa. Međutim kako kut teleskopa u toj točki raste, maksimalna nosivost može nadmašiti vrijednost maksimalne nosivosti za manji kut gornjeg postrojenja i manji kut teleskopa.



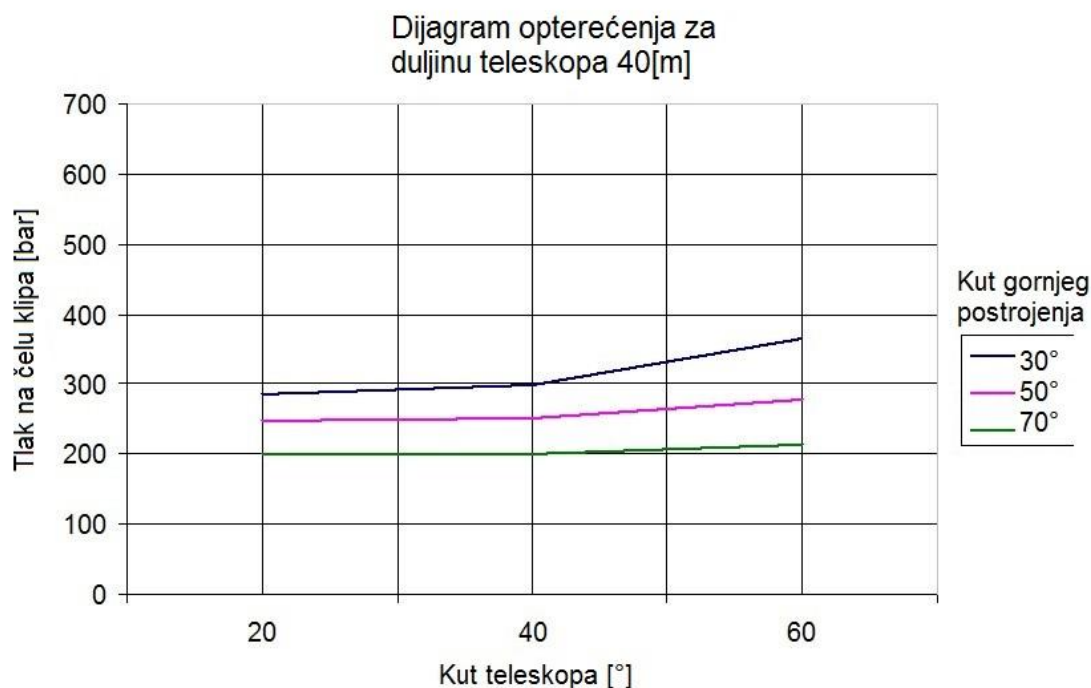
Slika 28. Predodžba dijagrama stabilnosti za duljinu teleskopa 40[m]

Iz slike 28. možemo također zaključiti da maksimalna nosivost koja određuje stabilnost dizalice raste s porastom kuta teleskopa te se smanjuje s porastom kuta gornjeg postrojenja. U odnosu na sliku 22. možemo uočiti da duljina teleskopa također utječe na maksimalnu nosivost stabilnosti dizalice. Vidljivo je da porastom duljine teleskopa za isti kut teleskopa i kut gornjeg postrojenja vrijednost maksimalne nosivosti pada. Naime, logično je i u realnim uvjetima da sila na većem kraku izaziva veći moment. To sve vrijedi dok je kut teleskopa i kut gornjeg postrojenja fiksni, međutim mijenjanjem kutova moguće je za veću duljinu teleskopa ostvariti manji krak pa podići veći teret što se da uočiti na slici 23. i 22.



Slika 29. Predodžba opterećenja klipa za duljinu teleskopa 20[m]

Iz slike 29. možemo uočiti da tlak ovisi i o kutu teleskopa i kutu gornjeg postrojenja kao i duljini teleskopa. To sve određuje maksimalnu nosivost stabilnosti a taj teret djeluje na čelo klipa vanjskog cilindra. Iz slike je vidljivo da porastom kuta teleskopa raste i tlak na čelu klipa. Naime, što je kut teleskopa manji to je i tlak manji što odgovara realnosti jer će veći dio sile preuzeti krajnji zglob teleskopa dok će cilindar služiti kao neka vrsta točke oslonca. Daljnjim računom može se ustanoviti da tlak postigne svoj maksimum te porastom kuta teleskopa njena vrijednost ponovno počinje padati. To također odgovara realnosti jer tada veći dio težine preuzima zglob koji "nosi" teleskop dok cilindar služi kao neka vrsta naslona teleskopu.



Slika 30. Predodžba opterećenja klipa za duljinu teleskopa 20[m]

Iz slike 29. i 30. možemo zaključiti da duljina teleskopa utječe na tlak klipa. Što je duljina teleskopa veća to je tlak na čelo klipa manji.

Ovakvi prikazi dijagrama nam daju u vidu kako se stroj ponaša za vrijeme svoga rada kada je u pitanju njegova stabilnost.

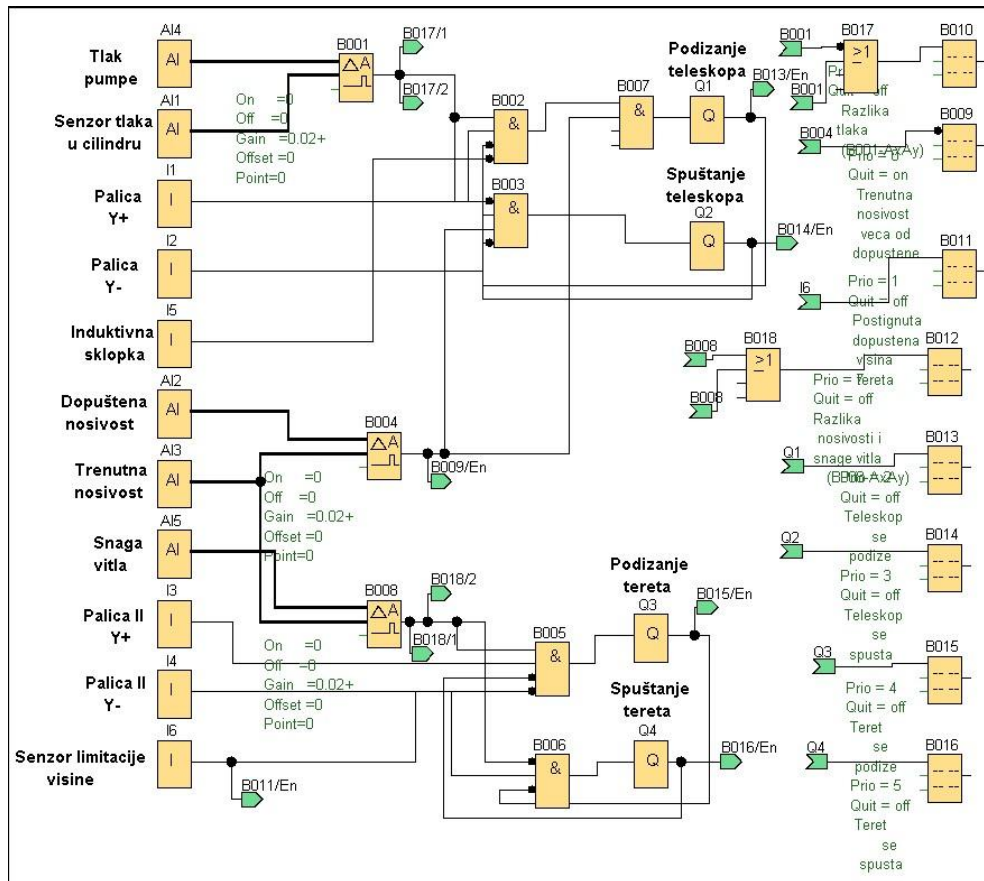
## 7. Simulacija rada idealnog sustava u FCD (SIEMENS Logo!Soft)

### 7.1. Uvod u Logo!Soft Comfort

Logo!Soft Comfort je program koji se koristi za programiranje Logo! upravljačkog modula koji je podržan na WINDOWS operativnom sustavu a prednosti su mu van mrežna izrada programa za aplikacije, simulacija sklopa na osobnom računalu i provjera ispravnosti, izrada i ispis shema sklopa, memoriranje programa na tvrdi ili neki drugi disk kao i mogućnost prijenosa programa. Uz to sve pruža udobno, efikasno i pregledno programiranje. Izrada upravljačkih programa svodi se na „drag and drop“ što znači odabir gotovih funkcija s lista te njihov prijenos i povezivanje u skladu s električnom shemom.

## 7.2. Izrada programa

Osmišljen je takav algoritam rada koji vrijedi za idealni sustav upravljanja teleskopom bez regulacije. Sustav upravljanja sadrži upozorenja, prikaz tih upozorenja, nadzor i informacije o stanju.

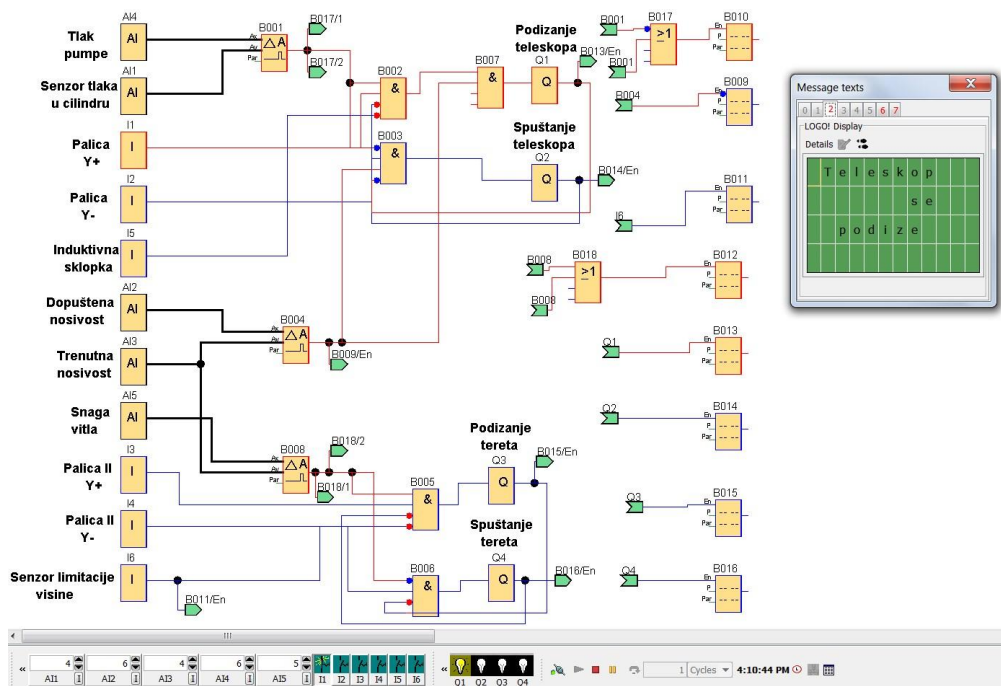


Slika 31. Predodžba sheme upravljanja teretom

Ovaj sustav upravljanja mjeri tlak pumpe i uspoređuje ga s mjerenom vrijednosti senzora koji mjeri tlak klipa u vanjskom cilindru. Kada je tlak pumpe veći tada je moguće teleskop podizati u zrak a to se ostvaruje dvo-osnom palicom prema Y+ smjeru. Dok taj uvjet nije zadovoljen, tlak u cilindru je premali da svlada tlak koji je prouzročena teretom tako da se teleskop ne može podizati. Kada je tlak s druge strane cilindra manji od tlaka koji je prouzročena teretom, tada je omogućeno spuštanje tereta koje se zadaje palicom (senzor) prema Y- smjeru. Kada se vanjski cilindar izvuče tik do kraja, induktivna sklopka šalje signal i onemogućeno je daljnje podizanje teleskopa. U drugom slučaju, ako je dopuštena nosivost manja od trenutne tada je također onemogućeno upravljanje teleskopom zbog narušavanja stabilnosti dizalice, pa je teret

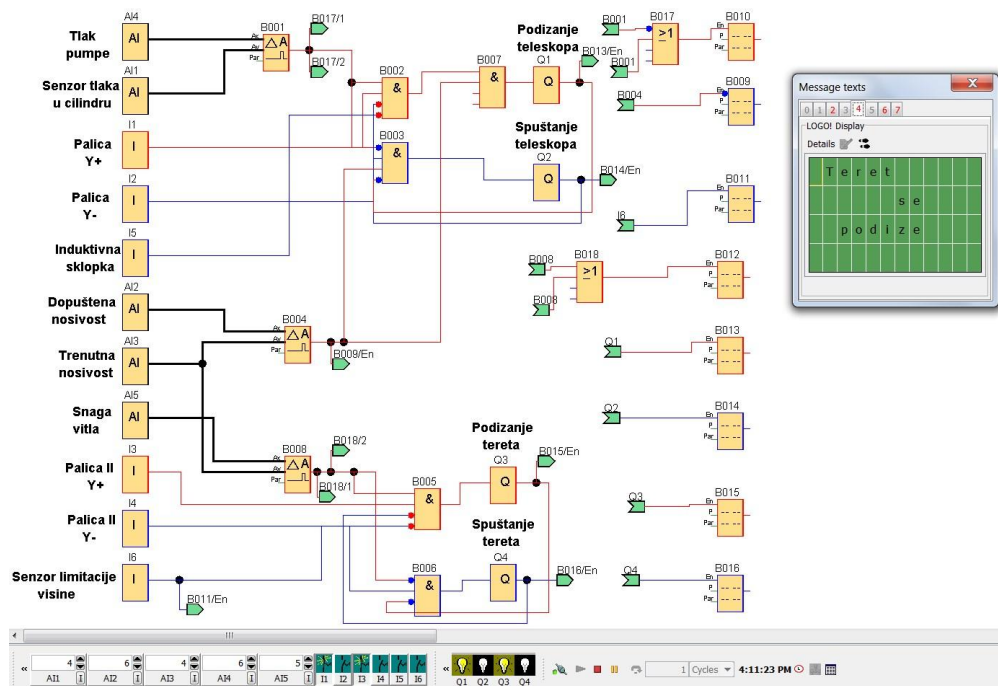
moгуće samo spustiti. Kada je teret spušten i ostvarena je pozitivna razlika u dopuštenoj i trenutnoj nosivosti tada je opet moguće pomjerati teleskop.

Postoje situacije kada teleskop može savladati težinu tereta ali vitlo ne. Zbog toga mora postojati i pozitivna razlika između vrijednosti snage vitla i nosivosti da bi vitlo moglo navlačiti sajlu a samim time podizati teret u zrak. Ako to nije omogućeno, može doći do pucanja sajle ili do pucanja unutar mehanizma. Također, gornja granica podizanja tereta vrši se preko senzora za limitaciju visine tereta a sve to prati nadzorni sustav i dojavljuje operateru.



Slika 32. Predodžba prvog stanja programa

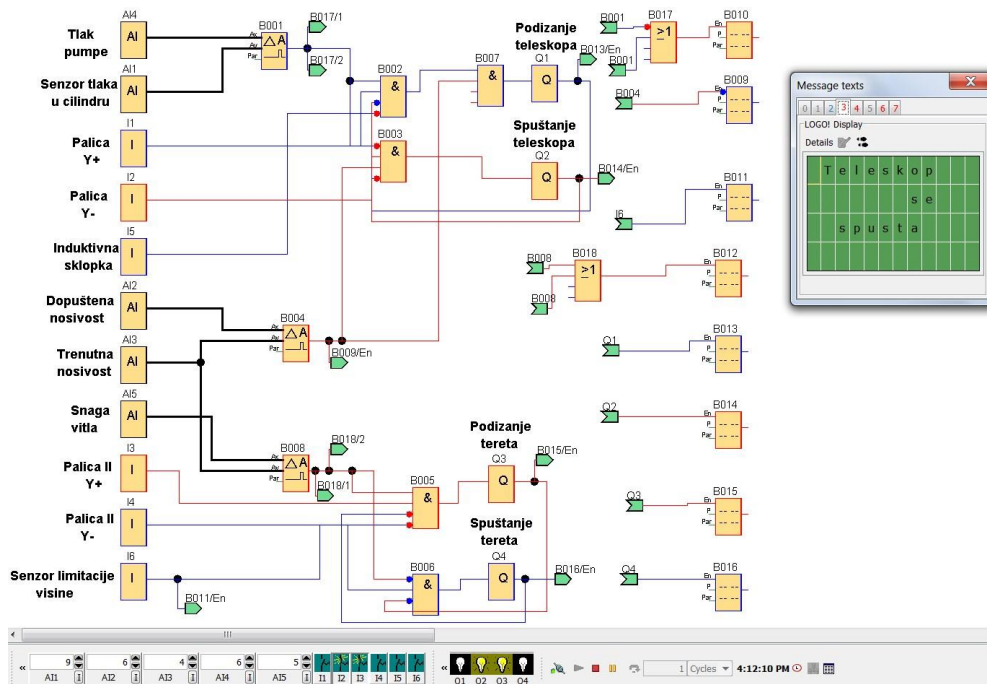
Slika 32. zorno prikazuje da je tlak pumpe veći od tlaka prouzročen teretom, palicom dan signal da se teleskop može podizati i na ekran se ispisuje poruka da se teleskop podiže dok je taj uvjet zadovoljen. Dvije poruke cijelo vrijeme su praćene na ekranu a izvještavaju o razlici tlakova i snage vitla s nosivosti kako bi operater imao sve pod kontrolom. Također, da bi ovaj uvjet bio zadovoljen, sa slike je vidljivo da je također dopuštena nosivost u pozitivnoj razlici s trenutnoj nosivosti.



Slika 33. Predodžba drugog stanja programa

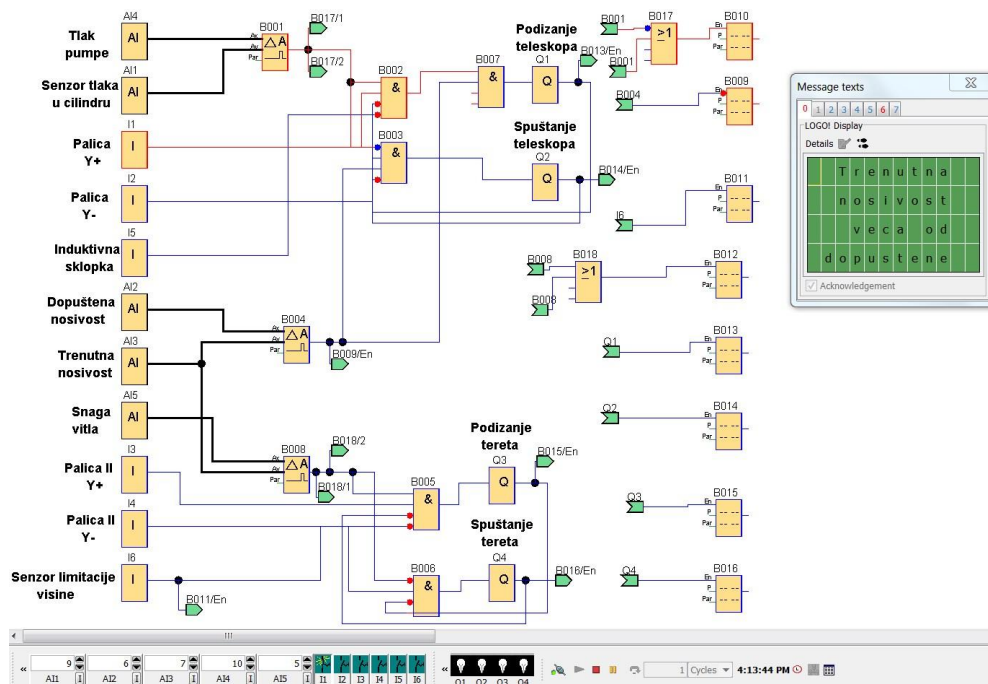
Slika 33. prikazuje da osim što se u isto vrijeme može podizati teleskop može se podizati i teret što je u realnosti također moguće. Da bi to bilo omogućeno mora biti zadovoljen uvjet pozitivne razlike između snage vitla i trenutne nosivosti koje vitlo mora savladati. Prema slici može se uočiti da spuštanje i podizanje tereta u isto vrijeme nije moguće.





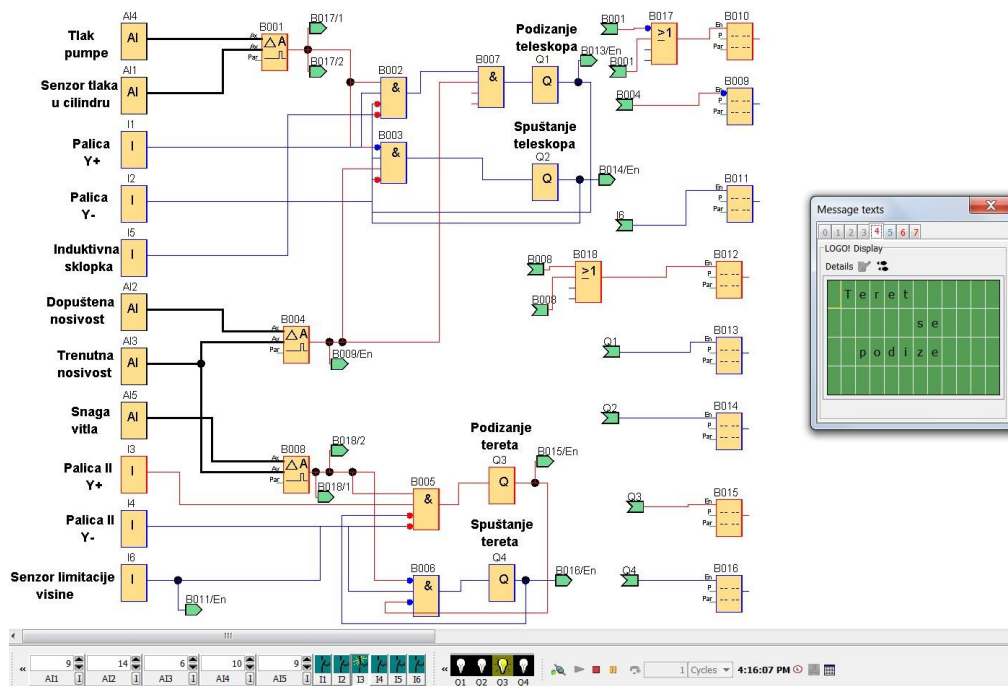
Slika 34. Predodžba trećeg stanja programa

Slika 34. prikazuje spuštanje teleskopa u isto vrijeme dok se teret podiže. Da bi se teleskop spušta tlak u cilindru sa strane tereta mora biti veći od tlaka s druge strane. Kada je taj uvjet zadovoljen teret se spušta tako da se to signalizira palicom. Treba uočiti da je u realnosti moguće i regulirati brzinu spuštanja i podizanja kao i teleskopa tako i tereta. Sve dok je zadovoljen uvjet spuštanja tereta, teret se spušta bez obzira na spuštanje ili podizanje teleskopa.



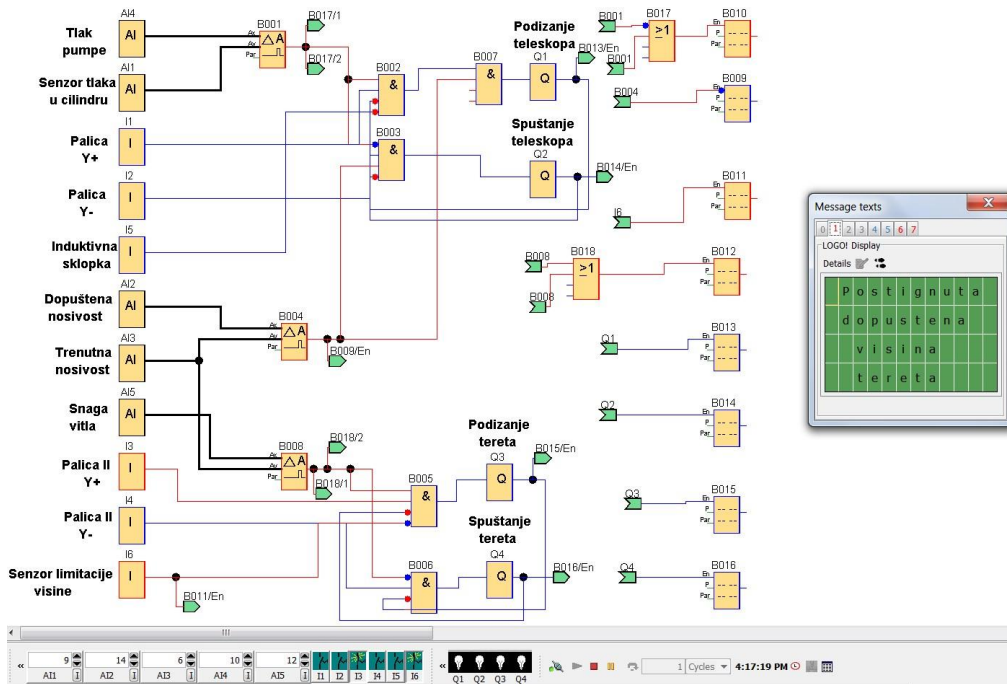
Slika 35. Predodžba četvrtog stanja programa

Slika 35. prikazuje situaciju kada je trenutna nosivost veća od dopuštene. U tom slučaju onemogućeno je daljnje upravljanje teleskopom zbog daljnjeg narušavanja stabilnosti sustava. U tom slučaju potrebno je spustiti teret i postići uvjet za ponovno upravljanje teleskopom. To upozorenje ima najveću važnost i čim se dogodi takva situacija pale se alarmi i prikazuje na ekranu poruka. Bez obzira na teleskop, teretom je i dalje moguće upravljati jer njegova visina ne narušava stabilnost sustava.



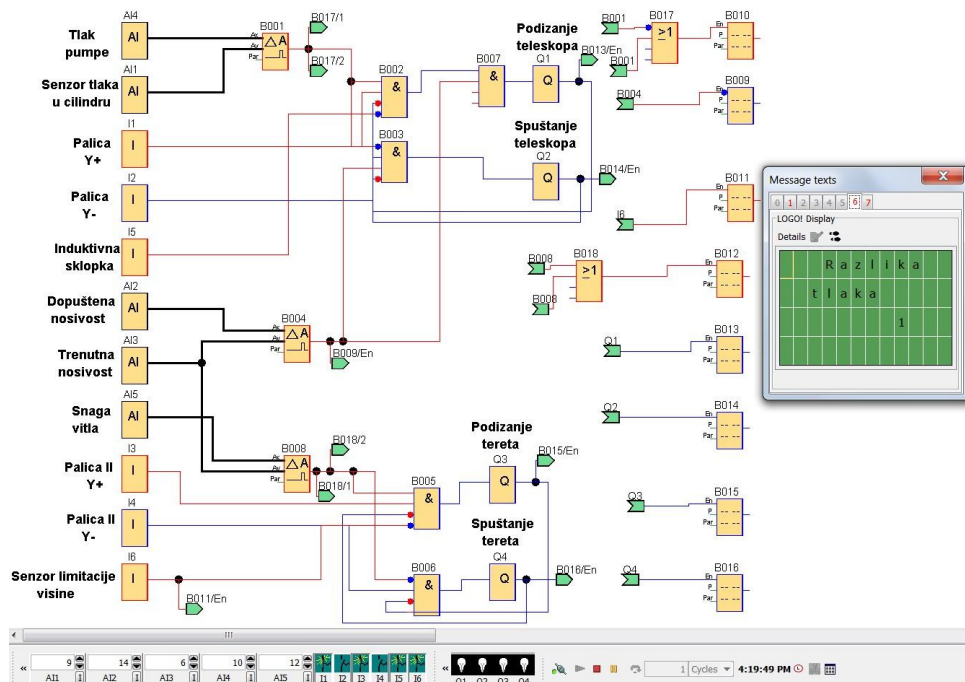
Slika 36. Predodžba petog stanja programa

Slika 36. prikazuje situaciju kada se podiže teret. Teleskop miruje ali je i omogućeno upravljanje teleskopom. Da bi se teret mogao podizati, snaga vitla mora biti u mogućnosti savladati nosivost tereta. Kada je taj uvjet postignut palicom za upravljanje šalje se signal i teret se podiže. Također, važno je napomenuti da se u realnosti može regulirati brzina podizanja i spuštanja tereta. Teret se podiže do točke kada se pali senzor limitacije visine tereta ili prestane upravljati palicom za podizanje tereta.



Slika 37. Predodžba šestog stanja programa

Slika 37. prikazuje limitaciju visine podizanja tereta. Tokom podizanja tereta, teret je podignut do najviše točke a to je upravljačko računalo obavijestilo senzor za limitaciju visine tereta. Kako teret ne bi udario koloture i naštetio stabilnosti i konstrukciji dizalice, taj senzor prilikom uključivanja šalje signal upravljačkom računalu koji zatim ne dopušta daljnje podizanje tereta kao što je prikazano slikom. Teret više nije moguće podizati već samo spuštati. Teleskopom se i dalje može normalno upravljati bez obzira na signal tog senzora.



Slika 38. Predodžba sedmog stanja programa

Slikom 38 je prikazano praćenje informacija o tlakovima ali i svim ostalim bitnim parametrima tokom upravljanja dizalicom. Da bi operater bio u mogućnosti pratiti realno stanje dizalice tokom upravljanja za to se brine LICCON upravljački sustav koji je osnova sve LIEBHERR dizalice. Ovaj primjer programa za upravljanje je samo predodžba kako jedan kompleksni sustav daje jako veliku sigurnost i mogućnosti što ga čini moćnim za upravljanje uz potpunu jednostavnost. Da bi operater bio u stanju poduzeti sve za svoju sigurnost upravljački sustav mu mora to pružiti na najjednostavniji način pa koliko on bio kompleksan unutar kutije. Za daljnju nadogradnju ovakvog programa može se dodati i sustav za izvlačenje teleskopa kao i praćenje opterećenja same konstrukcije (stabilizatori itd.) kao i programa za limitiranje radnog područja i sl.

### 7.3. Logo!Soft funkcije za izradu programa

#### 7.3.1. Analogni ulaz

Analogni signal je neka fizikalna vrijednost koja, unutar nekog raspona, može poprimiti bilo koju vrijednost unutar definiranog radnog područja. Razlika između analognog i

digitalnog signala je u tome što digitalno signal može poprimiti samo vrijednost 1 ili 0 (uključen ili isključen).

LOGO! modul može očitavati te vrijednosti u električnom obliku napona od 0 [V] do 10 [V] ili struje od 0 [mA] do 20 [mA] na jednom analognom ulazu.

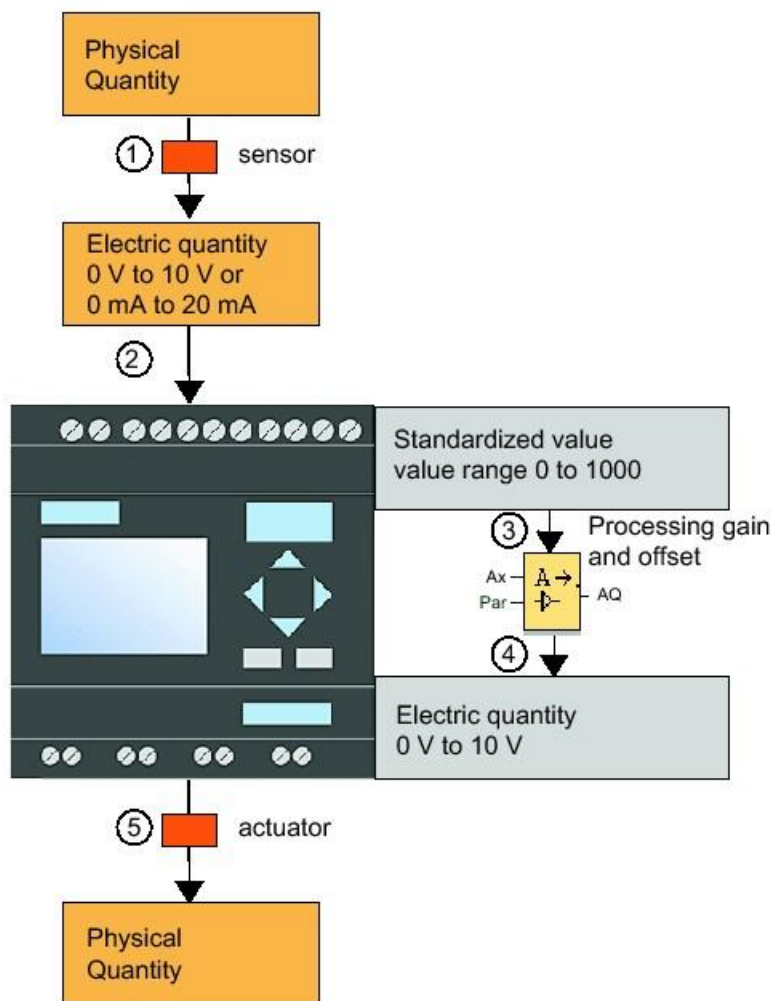
To znači da sve ostale fizikalne vrijednosti (tlak, brzina, temperatura itd.) moraju biti nekako pretvorene u električni signal u skladu s radnom karakteristikom mjernog osjetila tj. parametrom osjetljivosti **k** (Processing Gain) i pomakom nulte točke **I** (Offset). Signal osjetila unutar binarnog FSD programa (Function Blok Dijagram) dobiva diskretno digitalno stanje postizanjem nekog zadanog praga (engl. Treshold Triger - uključnog za "1" i isključnog za "0") unutar mjernog područja osjetila. Kada LOGO! to očita u električnom obliku, daljnjim procesuiranjem pretvara tu vrijednost u standardiziranu vrijednost u rasponu od 0 do 1000. Ta vrijednost zatim je korištena u programu kao ulazna vrijednost specijalne funkcije.

Kako bi aplikacija usvojila standardiziranu vrijednost, LOGO! koristi specijalnu analognu funkciju da bi izračunao analognu vrijednost uzimajući u obzir odstupanja i pojačanja.

S LOGO! također se može pretvoriti analogna vrijednost natrag u električnu. Tada napon može opet usvojiti vrijednost u rasponu od 0 do 10 [V] na izlazu.

Koristeći taj napon, LOGO! može regulirati vanjski aktuator koji pretvara napon u neku od fizikalnih veličina.

Taj poredak rada može se vidjeti na slici 39.



Slika 39. Predodžba principa rada analognog ulaza

### 7.3.2. Digitalni ulaz

Digitalni ulazi mogu poprimiti samo vrijednosti 0 ili 1. Na taj način detektira se stanje da li nešto radi ili ne. LOGO! pruža do 24 digitalna ulaza.

### 7.3.3. Analogan uspoređivač

Funkcijski blok čita vrijednost signala na analognom ulazu Ax. Ta vrijednost je pomnožena s vrijednosti parametra A (gain). Parametar B (offset) je dodan kao zbroj ovom umnošku. Izlaz Q je uključen ili isključen ovisno o razlici vrijednosti Ax i Ay. Također, moguće je namještanje kašnjenja uključivanja ili isključivanja izlaza ovog funkcijskog bloka koristeći on delay i off delay.

#### 7.3.4. Logički funkcijski blok I

Izlaz logičkog funkcijskog bloka I je uključen samo kada su svi ulazi također uključeni.

Ulaz koji nije korišten smatra se da je uključen (dodijeljena mu je logička 1).

| Input 1 | Input 2 | Input 3 | Input 4 | Output |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0       | 0       | 0       | 0       | 0      |
| 0       | 0       | 0       | 1       | 0      |
| 0       | 0       | 1       | 0       | 0      |
| 0       | 0       | 1       | 1       | 0      |
| 0       | 1       | 0       | 0       | 0      |
| 0       | 1       | 0       | 1       | 0      |
| 0       | 1       | 1       | 0       | 0      |
| 0       | 1       | 1       | 1       | 0      |
| 1       | 0       | 0       | 0       | 0      |
| 1       | 0       | 0       | 1       | 0      |
| 1       | 0       | 1       | 0       | 0      |
| 1       | 0       | 1       | 1       | 0      |
| 1       | 1       | 0       | 0       | 0      |
| 1       | 1       | 0       | 1       | 0      |
| 1       | 1       | 1       | 0       | 0      |
| 1       | 1       | 1       | 1       | 1      |

Slika 40. Predodžba logičke tablice bloka I

Logička tablica za funkcijski blok I je prikazana slikom 40.

#### 7.3.5. Logički funkcijski blok ILI

Izlaz logičkog funkcijskog bloka je uključen ako je samo jedan od ulaza tog bloka također uključen (nosi logičku jedinicu na izlazu u ulaz ovog bloka). Ulazi koji ostanu nekorišteni smatraju se u logičkoj nuli.

Prikaz logičke tablice ovog funkcijskog bloka dan je slikom 41.



| Input 1 | Input 2 | Input 3 | Input 4 | Output |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| 0       | 0       | 0       | 0       | 0      |
| 0       | 0       | 0       | 1       | 1      |
| 0       | 0       | 1       | 0       | 1      |
| 0       | 0       | 1       | 1       | 1      |
| 0       | 1       | 0       | 0       | 1      |
| 0       | 1       | 0       | 1       | 1      |
| 0       | 1       | 1       | 0       | 1      |
| 0       | 1       | 1       | 1       | 1      |
| 1       | 0       | 0       | 0       | 1      |
| 1       | 0       | 0       | 1       | 1      |
| 1       | 0       | 1       | 0       | 1      |
| 1       | 0       | 1       | 1       | 1      |
| 1       | 1       | 0       | 0       | 1      |
| 1       | 1       | 0       | 1       | 1      |
| 1       | 1       | 1       | 0       | 1      |
| 1       | 1       | 1       | 1       | 1      |

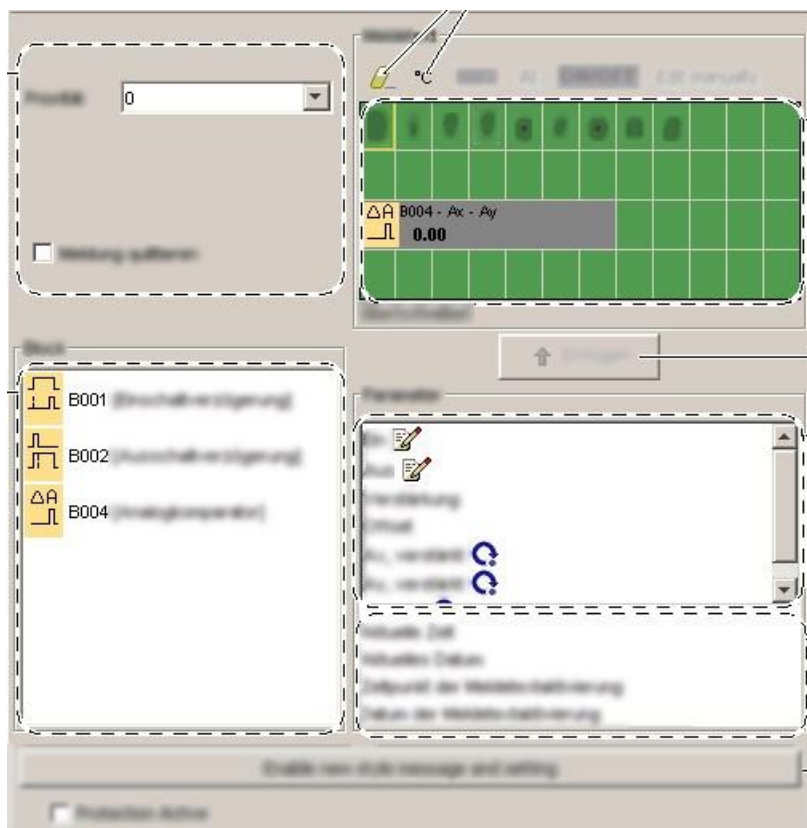
Slika 41. Predodžba logičke tablice bloka ILI

### 7.3.6. Izlaz

Blokovi za izlaz predstavljaju izlazni priključak na LOGO! modulu. Može se koristiti i do 16 izlaza. Izlaz uvijek nosi signal programskog kruga prije njega - program upravlja izlazom.

### 7.3.7. Blok za tekst poruke

Ovaj blok pruža mogućnost ispisa poruke kada na ulazu poprimi logičku jedinicu. Moguće je postaviti prioritete prema važnosti uključivanja poruka u ovisnosti o programu.



Slika 42. Predložba ekrana za podešavanje poruka

Slika 42. prikazuje područja namještanja ovog bloka. Može se odabrati pojedini blok te ispisati neke od njenih parametra ili funkcija. U području teksta moguće je upisati tekst koji se prikazuje u trenutku uključivanja bloka. U to područje također je moguće ubaciti neki parametar kojeg obrađuje neki drugi blok. Na slici su također prikazane ostale funkcije ovog bloka.

## 8. ZAKLJUČAK

Zadatak završnog rada bio je izraditi proračun i prikaz radnih parametara idealnog sustava za upravljanje teretom. Riječ je o opisu rada kompleksnog sustava ili dijela nekog kompleksnog stroja ili uređaja. Točnije, primjenom inženjerskih vještina i znanja stečenim tijekom studija omogućen je opis jednog takvog kompleksnog sustava kao što je dizalica.

Dizalica za rad koristi mehaničke, elektroničke, električne, hidraulične, pneumatske i programske sustave koji tokom rada skupa surađuju tako da kompleksan stroj čine što učinkovitijim i boljim za rad. To znači da svi ti elementi su povezani i na temelju logike koja im je dana programiranjem, iza kojeg se krije kompleksan matematički proračun i inženjerska procjena, čine dizalicu maksimalno upotrebljivom.

U ovom završnom radu pokazano je kako maksimalna nosivost ovisi o nizu uvjeta i tehničkih faktora kao što je snaga vitla, tlak pumpe, izdržljivost stabilizatora i sl. ali ima i vremenskih i drugih utjecajnih faktora na koje ne možemo utjecati. Zbog toga je važno dizalicu učiniti što sigurnijim strojem za upravljanje i po teškim uvjetima a to zahtjeva upotrebu moderne tehnologije, inovacije u sustavima upravljanja i naprednom edukacijom zaposlenika.

U ovom radu opisani sustav za upravljanje je samo dio cijelog sustava koji opisuje upravljanje i regulaciju auto-dizalice. Osim navedenog sustava postoje još sustavi za upravljanje teleskopom, nadzor i praćenje, sigurnosni sustav, sustav za upravljanje programima dizalice itd. Isti je izrađen u skladu s temom rada i daje predodžbu o načinu rada teleskopa i vitla iz kabine. Proračunom su dobiveni radni parametri kao i granice stabilnosti sustava s obzirom na zadane uvjete i radna ograničenja. Također je dokazano da proračunata stabilnost nije jedina koja utječe na maksimalnu nosivost dizalice već i ostali konstrukcijski elementi iz razloga što i na kraku manjem od točke prevrtanja opterećenje može biti proizvoljno veliko. U tom slučaju naznačeno je kako konstrukcija mora biti čvrsta i izdržati velike sile opterećenja što dovodi do potrebe da se upotrebljavaju materijali najboljih karakteristika.

Opisani su senzori koji se koriste u sustavu upravljanja teretom i senzori položaja kao bitni elementi sustava upravljanja. Također su prikazani algoritmi upravljanja u FBD formatu načinjeni u programu Logo!SoftComfort V7.03. proizvođača SIEMENS za simulaciju načina upravljanja i prikaza vrijednosti procesnih parametara. Za potrebe vjernog opisa rada sustava i radnih funkcijskih grupa korištena su radne upute tvrtke LIEBHERR.

## LITERATURA

- [1] WIKIPEDIA, The Free Encyklopedia (2004).Eddy current [online].Dostupno na:[https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy\\_current](https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_current) [15.12.2015.]
- [2] WIKIPEDIA, The Free Encyklopedia (2012).ZF AS Tronic [online].Dostupno na:[https://en.wikipedia.org/wiki/ZF\\_AS\\_Tronic](https://en.wikipedia.org/wiki/ZF_AS_Tronic) [17.12.2015.]
- [3] WIKIPEDIA, The Free Encyklopedia (2006).Inductive sensor [online]. Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Inductive\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Inductive_sensor) [21.12.2015.]
- [4] CAMILLE BAUER (2013). KINAX N702:Inclination transmitter with oil-damped pendulum system [online]. Dostupno na:<http://brj.dk/wp-content/uploads/2013/09/KINAX-N702-data-sheet-english1.pdf> [21.12.2015.]
- [5] Liebherr-Werk Ehingen GmbH. Mobile crane with telescopic boom 1090-4.1. Operating manual. Ehingen/Donau
- [6] Slika 5. Dostupno na:[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c6/Eddy\\_currents\\_due\\_to\\_magnet.svg/2000px-Eddy\\_currents\\_due\\_to\\_magnet.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c6/Eddy_currents_due_to_magnet.svg/2000px-Eddy_currents_due_to_magnet.svg.png) [22.12.2015.]
- [7] Slika 11. Dostupno na:<http://image.made-in-china.com/2f0j00keJQjANqMTcg/Crane-Scale-Load-Cell-ET-1A-.jpg> [22.12.2015]
- [8] Slika 12. Dostupno na:<https://www.gulfmech.com/wp-content/uploads/2015/02/LCM-LPM-LR.jpg>[27.12.2015.]
- [9] Slika 13. Dostupno na:<http://www.sickinsight-online.de/wp-content/uploads/2013/02/Imp-High-Pressure.jpg> [27.12.2015.]
- [11] Slika 15. Dostupno na:[https://www.gossenmetrawatt.com/resources/pa/kinax\\_n702ssi/pb.jpg](https://www.gossenmetrawatt.com/resources/pa/kinax_n702ssi/pb.jpg) [28.12.2015.]
- [12] Slika 16. Dostupno na:<http://www.fernsteuergeraete.de/en/product-range/rope-length-transmitter.html> [28.12.2015.]
- [13] Slika 18. Dostupno na:[http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/7048-2388433.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/7048-2388433.jpg) [29.12.2015.]
- [14] Slika 19. Dostupno na: [http://www.meas-spec.com/uploadedImages/Sensor\\_Types/Position/Products/IMG\\_PositionSensor\\_NS\\_15DPG2\\_RXG.jpg](http://www.meas-spec.com/uploadedImages/Sensor_Types/Position/Products/IMG_PositionSensor_NS_15DPG2_RXG.jpg) [29.12.2015.]

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| SLIKA 1. PREDODŽBA LTM 1090-4.1 LIEBHERR AUTO-DIZALICE .....                | 2  |
| SLIKA 2. PREDODŽBA STRUKTURE AUTO-DIZALICE .....                            | 3  |
| SLIKA 3. PREDODŽBA JIB DODATKA S EKSTENZIJOM .....                          | 5  |
| SLIKA 4. PREDODŽBA UPRAVLJANJA AUTO-DIZALICOM .....                         | 14 |
| SLIKA 5. PREDODŽBA EDDY CURRENT KOČIONOG SUSTAVA .....                      | 16 |
| SLIKA 6. PREDODŽBA PROGRAMA POČETNIH POSTAVKI .....                         | 20 |
| SLIKA 7. PREDODŽBA RADNOG PROGRAMA.....                                     | 21 |
| SLIKA 8. PREDODŽBA TELESKOPSKOG PROGRAMA .....                              | 22 |
| SLIKA 9. PREDODŽBA PROGRAMA ZA LIMITACIJU RADNOG PODRUČJA .....             | 23 |
| SLIKA 10. PREDODŽBA PROGRAMA ZA PRIKAZ POTPORNIH SILA .....                 | 24 |
| SLIKA 11. PREDODŽBA SENZORA TEŽINE.....                                     | 25 |
| SLIKA 12. PREDODŽBA SENZORA ZA MJERENJE OPTEREĆENJA KOLOTURA .....          | 26 |
| SLIKA 13. PREDODŽBA INDUKTIVNE SKLOPKE .....                                | 26 |
| SLIKA 14. PREDODŽBA ROTACIJSKOG ENKODERA .....                              | 27 |
| SLIKA 15. PREDODŽBA SENZORA KUTA S NJIHALOM .....                           | 28 |
| SLIKA 16. PREDODŽBA SENZORA DULJINE S ENKODEROM .....                       | 29 |
| SLIKA 17. PREDODŽBA LASERSKOG SENZORA DULJINE .....                         | 30 |
| SLIKA 18. PREDODŽBA TLAČNOG SENZORA.....                                    | 31 |
| SLIKA 19. PREDODŽBA SENZORA ZA MJERENJE NAGIBA .....                        | 32 |
| SLIKA 20. PREDODŽBA PEDALA SENZORA .....                                    | 32 |
| SLIKA 21. PREDODŽBA PRINCIPA RADA SENZORA ZA LIMITACIJU DIZANJA TERETA..... | 33 |
| SLIKA 22. PREDODŽBA TELESKOPA U RAVNINI I NJEGOVIH PARAMETARA.....          | 34 |
| SLIKA 23. PREDODŽBA RADNOG RADIJUSA (X,Z) I (Y,Z) RAVNINE .....             | 35 |
| SLIKA 24. PREDODŽBA SUSTAVA PROJEKCIJE SILA U (X,Z) RAVNINIA.....           | 37 |
| SLIKA 25. PREDODŽBA SUSTAVA PROJEKCIJE SILA U (Y,Z) RAVNINI .....           | 39 |
| SLIKA 26. PREDODŽBA SUSTAVA PROJEKCIJE SILA TELESKOPA .....                 | 41 |
| SLIKA 27. PREDODŽBA DIJAGRAMA NOSIVOSTI ZA DULJINU TELESKOPA 20[M] .....    | 50 |
| SLIKA 28. PREDODŽBA DIJAGRAMA STABILNOSTI ZA DULJINU TELESKOPA 40[M].....   | 51 |
| SLIKA 29. PREDODŽBA OPTEREĆENJA KLIPA ZA DULJINU TELESKOPA 20[M].....       | 52 |
| SLIKA 30. PREDODŽBA OPTEREĆENJA KLIPA ZA DULJINU TELESKOPA 20[M].....       | 53 |
| SLIKA 31. PREDODŽBA SHEME UPRAVLJANJA TERETOM.....                          | 54 |
| SLIKA 32. PREDODŽBA PRVOG STANJA PROGRAMA .....                             | 55 |
| SLIKA 33. PREDODŽBA DRUGOG STANJA PROGRAMA .....                            | 56 |
| SLIKA 34. PREDODŽBA TREĆEG STANJA PROGRAMA .....                            | 57 |
| SLIKA 35. PREDODŽBA ČETVRTOG STANJA PROGRAMA .....                          | 58 |
| SLIKA 36. PREDODŽBA PETOG STANJA PROGRAMA .....                             | 59 |
| SLIKA 37. PREDODŽBA ŠESTOG STANJA PROGRAMA.....                             | 60 |

|   |    |
|---|----|
| SLIKA 38. PREDODŽBA SEDMOG STANJA PROGRAMA .....        | 61 |
| SLIKA 39. PREDODŽBA PRINCIPA RADA ANALOGNOG ULAZA ..... | 63 |
| SLIKA 40. PREDODŽBA LOGIČKE TABLICE BLOKA I .....       | 64 |
| SLIKA 41. PREDODŽBA LOGIČKE TABLICE BLOKA II .....      | 65 |
| SLIKA 42. PREDODŽBA EKRANA ZA PODEŠAVANJE PORUKA .....  | 66 |

## POPIS TABLICA:

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| TABELA 1. UVJET OPTEREĆENJA I.....    | 9  |
| TABELA 2. UVJET OPTEREĆENJA II.....   | 10 |
| TABELA 3. UVJET OPTEREĆENJA III ..... | 10 |