

Modeliranje hidrauličkog sustava kiper prikolice

Jandel, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:012695>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-28**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Jandel

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Mihael Cipek, dipl. ing.

Student:

Ivan Jandžel

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se svojoj obitelji, prijateljima i Karlu Martiću na potpori te svom mentoru doc.dr.sc. Mihaelu Cipeku na podršci, savjetima i pomoći prilikom pisanja završnog rada.

Ivan Janđel



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
 Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija mehatronika i robotika



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Jandel**

JMBAG: **0035239832**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Modeliranje hidrauličkog sustava kiper prikolice**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Modelling a hydraulic system of a tipper trailer**

Opis zadatka:

Kiper prikolice koriste se u poljoprivredi, šumarstvu i građevinarstvu, za transport uglavnom sipkog tereta poput građevinskog materijala ili građevinskog otpada i šute. Za podizanje okvira prikolice koristi se hidraulički sustav u kojem se kao aktuator koristi teleskopski cilindar. Ovaj zadatak predlaže modeliranje kiper prikolice i njenog hidrauličkog pogonskog sustava. U zadatku je potrebno:

- dati pregled primjene raznih varijanti kiper prikolica
- izraditi računalni model jedne odabrane varijante kiper prikolice
- predložiti, dimenzionirati i modelirati hidraulički sustav podizanja okvira prikolice
- provesti računalne simulacije
- na temelju rezultata dati zaključak i prijedloge za eventualna poboljšanja.

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

Zadatak zadan:

24. 4. 2024.

Datum predaje rada:

2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

doc. dr. sc. Mihael Cipek

Predsjednik Povjerenstva:

izv. prof. dr. sc. Petar Čurković

SADRŽAJ

1. UVOD	11
1.1 Povijesni razvoj.....	11
2. POSTOJEĆE IZVEDBE KIPER PRIKOLICA.....	12
2.1 Podjela prikolica	12
2.1.1 Prema tipu istovara	12
2.1.2 Prema nosivosti	12
2.2 Kiper prikolice sa tržišta	13
2.2.1 Pronar	13
2.2.2 Farmtech	14
2.2.3 Hittner	15
3. IZRADA RAČUNALNOG MODELA PRIKOLICE	16
3.1 Solidworks	16
3.1.1 Sanduk.....	16
3.1.2 Šasija	18
3.1.3 Sklop osovine i kotača	19
3.2 Prikaz kipanja.....	20
3.3 Pretpostavljane tehničke karakteristike modelirane prikolice	22
4. HIDRAULIČKI SUSTAV KIPER PRIKOLICE	23
4.1 Dinamika sustava za kipanje straga	23
4.2 Dinamika sustava za bočno kipanje	24
4.3 Proračun cilindra	25
4.4 Odabir komponenti	25
4.4.1 Teleskopski hidraulički cilindar.....	25
4.4.2 Razvodni ventili	28
4.4.3 Filter.....	29
4.4.4 Nepovratni ventil	30
4.4.5 Ventil za ograničenje tlaka.....	31
4.4.6 Programibilni logički kontroler.....	32
4.4.7 Induktivni senzor	33
4.4.8 Granični prekidač.....	34
4.4.9 Senzor elongacije cilindra.....	35
4.5 Hidraulička shema	36
5. SIMULACIJA SUSTAVA	39
5.1 Model elevacije sanduka.....	39

5.2 Simulacija stražnjeg kipanja	40
5.3 Simulacija bočnog kipanja	43
5.4 Diskusija rezultata i moguće poboljšanje	44
6. ZAKLJUČAK	45
LITERATURA	46
PRILOZI	47

POPIS SLIKA

Slika 1: Pronar T654 [5]	13
Slika 2: Farmtech ZDK 800 [6]	14
Slika 3: Hittner PH 4,5 [7]	15
Slika 4: Sanduk kiper prikolice.....	16
Slika 5: Sanduk od ispod.....	17
Slika 6: Mehanizam otvaranja stražnje stranice.....	17
Slika 7: Mehanizam za otvaranje bočnih stranica.....	18
Slika 8: Šasija.....	18
Slika 9: Osovina sa kotačima i oprugama.....	19
Slika 10: Bočno kipanje	20
Slika 11: Kipanje straga	21
Slika 12: Bokocrt sanduka	23
Slika 13: Nacrt kaveza	24
Slika 14: Karakteristične dimenzije [12]	26
Slika 15: Razvodni ventil 2/2 [14]	28
Slika 16: Filter ulja [15].....	29
Slika 17: Simbol filtera ulja sa nepovratnim ventilom [15].....	30
Slika 18: Poprečni presjek nepovratnog ventila [16].....	30
Slika 19: Graf protok-tlak nepovratnog ventila [16].....	31
Slika 20: Ventil za ograničenje tlaka [17].....	32
Slika 21: PLC Siemens SIMATIC S7-1200 [18].....	33
Slika 22: Induktivni senzor Panasonic PNP GX-H12A-P [19]	34
Slika 23: Granični prekidač RM U1Z [20]	34
Slika 24: Senzor elongacije cilindra [21].....	35
Slika 25: Hidraulička shema	36
Slika 26: Shema spajanja PLC-a.....	37
Slika 27: PLC program	38
Slika 28: Simulink model.....	39
Slika 29: Promjena protoka i s obzirom na kut alfa.....	40
Slika 30: Promjena sile cilindra u odnosu na kut alfa.....	41
Slika 31: Promjena tlaka s obzirom na kut alfa	42
Slika 32: Promjena protoka s obzirom na kut alfa.....	43

Slika 33: Promjena sile s obzirom na kut alfa.....	43
Slika 34: Promjena tlaka s obzirom na kut alfa	44
Slika 35: Podsustav x to alfa_deg	48
Slika 36: Podsustav izračuna sile F.....	48
Slika 37: Podsustav izračuna protoka	49
Slika 38: Podusustav izračuna tlaka.....	50

POPIS TABLICA

Tablica 1: Tehničke karakteristike Pronar T654/1 [5].....	13
Tablica 2: Tehničke specifikacije Farmtech ZDK 800 [6]	14
Tablica 3: Tehničke karakteristike Hittner PH 4,5 [7].....	15
Tablica 4: Odabrani dijelovi za osovinu [9]	19
Tablica 5: Tehničke karakteristike prikolice.....	22
Tablica 6: Tehničke karakteristike teleskopskog cilindra [12].....	27
Tablica 7: Izračun tlaka kod stražnjeg kipanja	27
Tablica 8: Izračun tlaka kod bočnog kipanja	27
Tablica 9: Karakteristike razvodnog ventila [14]	29
Tablica 10: Tehničke karakteristike filtera ulja [15].....	30
Tablica 11: Tehničke karakteristike nepovratnog ventila. [16]	31
Tablica 12: Tehničke karakteristike ventila za ograničenje tlaka [17]	32
Tablica 13: Tehničke karakteristike Siemens SIMATIC S7 1200 [18].....	33
Tablica 14: Tehničke karakteristike induktivnog senzora Panasonic PNP GX-H12A-P [19].	34
Tablica 15: Tehničke karakteristike graničnog prekidača [20].....	35
Tablica 16: Tehničke karakteristike senzora elongacije [21]	35

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

01_200824_IJ Jednoosovinska prikolica s trostranim klanjem

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jednica	Opis
A	m^2	površina cilindra
b	$N*s/m$	koeficijent viskoznog trenja
d	mm	promjer cilindra
F_C	N	silna cilindra
h_S	m	visina sanduka
J_{O1}	$kg*m^2$	dinamički moment tromosti oko točke O1
l_1	m	udaljenost cilindra od osi rotacije
l_2	m	udaljenost uporišta cilindra od osi rotacije
l_C	m	duljina cilindra
l_S	m	duljina sanduka
m	kg	masa punog sanduka
p	bar	tlak hidrauličkog sustava
Q	L/min	protok hidrauličkog sustava
V_C	L	volumen cilindra
x	m	izvučenost cilindra
α	deg	kut elevacije

SAŽETAK

Hidraulička kiper prikolica je prikolica sa sandukom koji pomoću teleskopskog cilindra ostvaruje nagib za kipanje sipkog tereta što je korisno za široke primjene u poljoprivredi, građevini, šumarstvu itd. U ovom radu dan je pregled kiper prikolica, prijedlog komponenti za upravljanje elevacijom te prikaz izrađenog 3D modela pomoću programa Solidworks. Napravljen je matematički model za elevaciju te je provedena simulacija pomoću programa Matlab – Simulink.

Ključne riječi: Kiper prikolica, hidraulički sustav, računalno modeliranje, simulacija.

SUMMARY

Hydraulic tipper trailer is a trailer with box that is elevated using telescopic cylinder acquiring needed angle for tipping. Its use is found in many purposes for agronomy, civil and forestry. In this paper is provided an overview of market for tipping trailers, proposal of components for elevation control and overview of 3D model using Solidworks. Mathematical models were given for the case of elevating and simulation was conducted using Matlab – Simulink

Key words: Tipper trailer, hydraulic system, computer modeling, simulation.

1. UVOD

Kiper prikolice danas se koriste u raznim područjima, najčešće u poljoprivredi, građevini i šumarstvu. Razlog tome je njihova praktičnost, tj. jednostavno rješenje problema istovara sipkog tereta. U poljoprivredi se koriste za transport proizvoda poput krumpira, kukuruza, pšenice, zobi i sl. U građevini kiper prikolice koriste se za prijevoz građevinskog materijala (cement, šljunak, pijesak, cigla...) ili za odvoz građevinskog otpada ili šute.

Danas kiper prikolice postoje u različitim varijantama izvedbi. Postoje izvedbe sa jednom, dvije ili tri osovine. Osim po broju osovina s obzirom na potrebnu nosivost, prikolice se razlikuju i po mogućnosti istovara. Pojedine prikolice mogućnost istovara imaju samo na stražnju stranicu, dok postoje izvedbe i sa istovarom na bočne stranice (obje ili samo jednu, ovisno o proizvođaču). Istovar se ostvaruje uz pomoć hidrauličkog sustava koji pomoću hidrauličkog cilindra podiže sanduk čime se postiže dovoljna kosina za istovar [1].

1.1 Povijesni razvoj

Smatra se da je razvoj kiper prikolice započeo krajem 19. stoljeća na području zapadne Europe za poljoprivrednu primjenu. 1884. napravljen je prvi model kojem je istovar bio omogućen preko poluge i vitla. Kasnije 1886. Thornycroft je razvio prva kiper kolica pogonjena parnim strojem. Prve motorizirane verzije pojavile su se 1910.-ih, a kasnije sanduci s hidrauličkim podizanjem čiji razvoj je značajno napredovao zbog potreba u prvom svjetskom ratu [2,3].

1924. tvrtka Meiller je napravila prvu kiper prikolicu sa mogućnošću trostranog istovara [4].

2. POSTOJEĆE IZVEDBE KIPER PRIKOLICA

Ovisno o namjeni kiper prikolice se razlikuju u izvedbi. S obzirom na nosivost postoje izvedbe sa jednom ili više osovina. Osim broja osovina značajna razlika je u mogućnosti istovara. Na primjer prikolice sa stražnjim istovarom su odlične za većinu primjena, ali kad dođe do ograničenog prostora ili potrebe da se teret istovari npr. uz cestu dolazi do potrebe za bočnim istovarom. Zbog toga postoje prikolice sa samo stražnji istovarom, sa stražnjim i bočnim u jednu stranu te sa istovarom na tri strane (stražnju, lijevu i desnu).

2.1 Podjela prikolica

Kiper prikolice najčešće razlikujemo prema tipu istovara i nosivosti.

2.1.1 Prema tipu istovara

Prema tipu istovara razlikujemo prikolice sa stražnjim istovarom, bočnim istovarom te trostranim istovarom (stražnja i obje bočne strane). Prikolice sa stražnjim istovarom su primjenjive u slučaju kada se teret istovaruje na određeno mjesto bez nekih većih prostornih ograničenja. Za slučajeve kada teret treba istovariti uzdužno npr. uz cestu služe prikolice s bočnim istovarom. Prikolice s trostranim istovarom su najprimjenjivije, ali su skuplje.

2.1.2 Prema nosivosti

S obzirom na potrebnu nosivost i stabilnost postoje izvedbe s različitim brojem osovina. S povećanjem potrebne nosivosti broj osovina raste te postoje izvedbe sa jednom, dvije i tri osovine.

Osim po broju osovina razlikujemo poluprikolice i prikolice sa šasijom. Poluprikolice nemaju prednju osovinu te se oslanjaju na vučno vozilo, dok se prikolice sa vlastitom šasijom ne oslanjaju na vučno vozilo.

Prikolice se prema kapacitetu dijele na:

Manje: nosivost do 5 tona

Srednje: nosivost od 5 do 15 tona

Veće: nosivost veća od 15 tona

Također važno je uzeti i vrstu tereta pri odabiru materijala. Čelične prikolice pružaju veću izdržljivost i otpornost na oštećenja dok su aluminijske lakše od čeličnih što je prednost ukoliko nema potrebe za robusnošću.

2.2 Kiper prikolice sa tržišta

U nastavku su dane specifikacije i kratak opis za nekoliko traktorskih prikolica dostupnih na tržištu.

2.2.1 Pronar

Pronar je tvrtka osnovana 1988. koja proizvodi strojeve i opremu za poljoprivredu, komunalne usluge i transportnu industriju. Također je jedan od svjetskih proizvođača kotača, pneumatskih i hidrauličkih sustava, osovina, čeličnih profila i plastičnih komponenti za iste [5].

Na slici 1 vidljiva je Pronar-ova izvedba traktorske jednoosovinske poluprikolice. Predviđena je za poljoprivredne namjene. Tehničke karakteristike su navedene u tablici 1.



Slika 1: Pronar T654 [5]

Tablica 1: Tehničke karakteristike Pronar T654/1 [5]

Nosivost [kg]	3500
Masa prazne prikolice [kg]	1490
Volumna zapremnina [m ³]	6,2
Dimenzije sanduka [mm]	4824x2045
Visina sanduka [mm]	500+500
Najveća brzina [km/h]	30
Vrsta kipanja	trostruko
Potrebna snaga traktora [HP/kW]	31,2/23
Kut nagiba (unazad/bočno) [°]	50/46

2.2.2 Farmtech

Slovenska tvrtka koja je osnovana prije 30ak godina sa sjedištem u Ljutomeru. Bavi se proizvodnjom raznih proizvodnih strojeva za poljoprivredu. Na slici 2. je prikazana Farmtech-ova izvedba traktorske dvoosovinske prikolice predviđene za poljoprivredne namjene. Tehničke karakteristike nalaze se u tablici 2 [6].



Slika 2: Farmtech ZDK 800 [6]

Tablica 2: Tehničke specifikacije Farmtech ZDK 800 [6]

Nosivost [kg]	5600
Masa prazne prikolice [kg]	2400
Volumna zapremnina [m ³]	10
Dimenzija sanduka [mm]	4510x2060
Visina sanduka [mm]	500+500
Potrebna snaga traktora [HP/kW]	48/36
Kut nagiba (unazad/bočno) [°]	45/45

2.2.3 Hittner

Tvrtka Hittner osnovana je 1987. pod imenom Metalservis u Bjelovaru te 1990. počinje sa uslugama za industriju i proizvodnjom poljoprivredne mehanizacije. Na slici 3. nalazi se njihova izvedba jednoosovinske traktorske poluprikolice [7].



Slika 3: Hittner PH 4,5 [7]

Tablica 3: Tehničke karakteristike Hittner PH 4,5 [7]

Nosivost [kg]	4500
Volumna zapremnina [m ³]	2,13
Dimenzije sanduka [mm]	2920x1820
Visina sanduka [mm]	400
Najveća dopuštena brzina [km/h]	30

3. IZRADA RAČUNALNOG MODELA PRIKOLICE

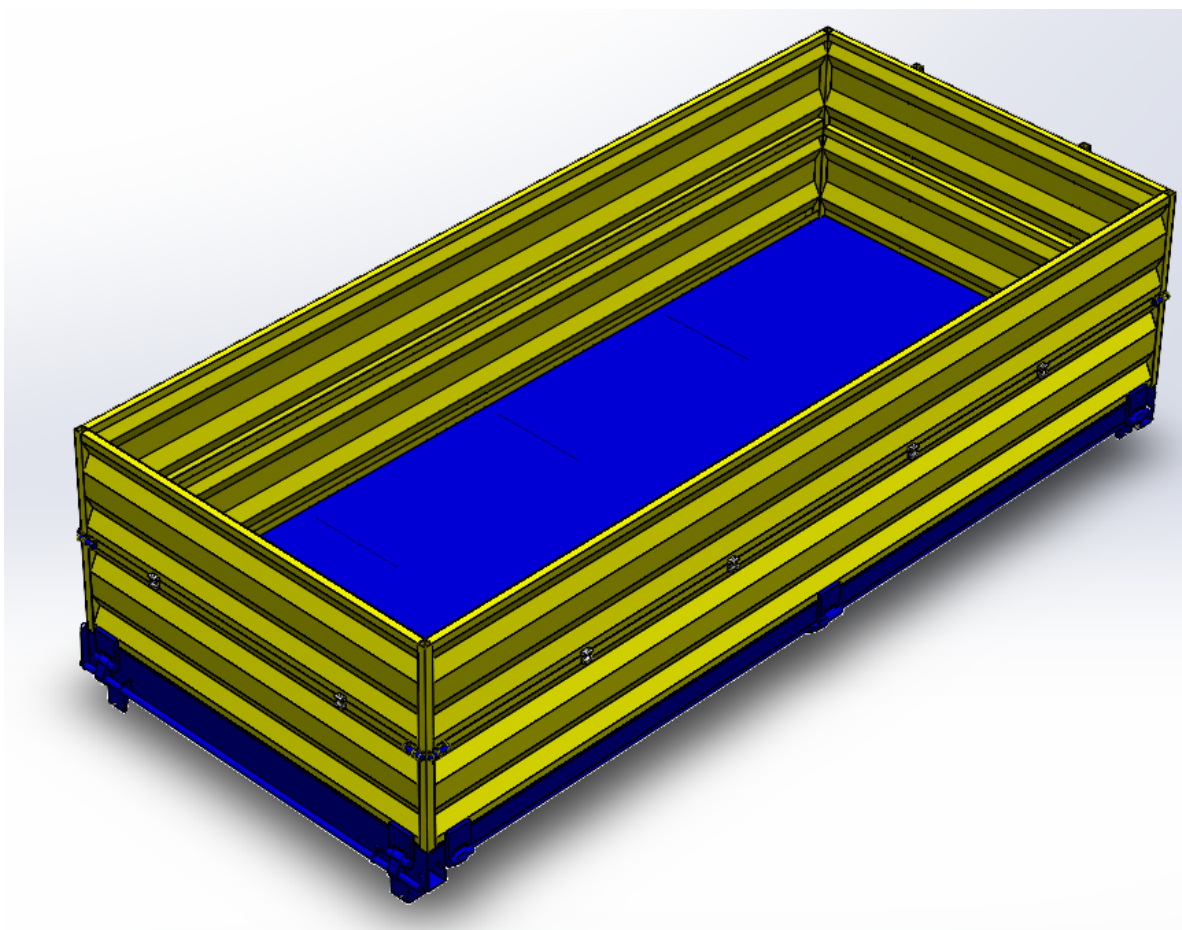
Svrha izrade 3D modela u ovom radu je okvirno dobiti dimenzije potrebne za projektiranje hidrauličkog sustava. 3D model napravljen je po uzoru na prikolicu Farmtech EDK800. Izrada samog modela napravljena pomoću programa Solidworks.

3.1 Solidworks

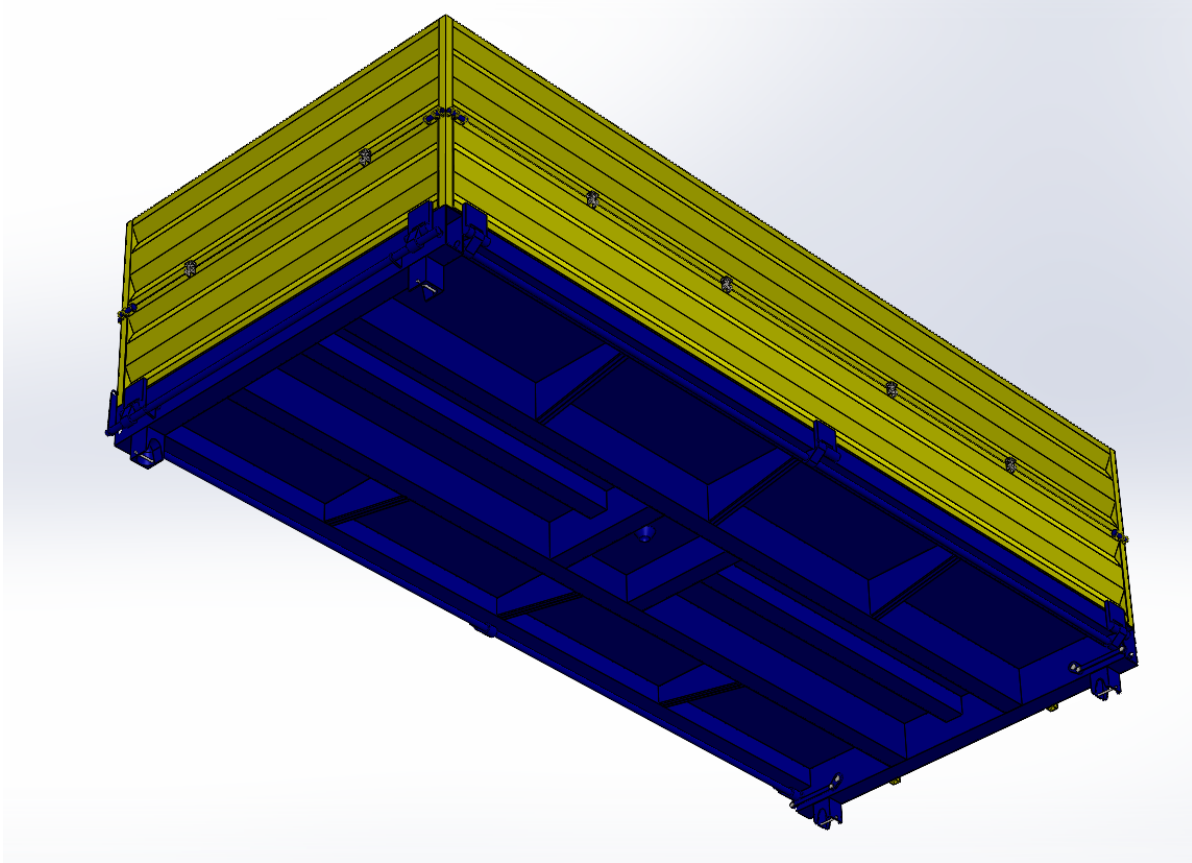
Solidworks je program razvijen od tvrtke Dassault Systems te se široko koristi u industriji, posebno u R&D-u. Pogodan je za izradu 3D modela te omogućava jednostavnu izradu tehničke dokumentacije za iste [8].

3.1.1 Sanduk

Na slikama 4 i 5 prikazan je 3D model sanduka sastavljen od poda, ojačanje poda te stranica.

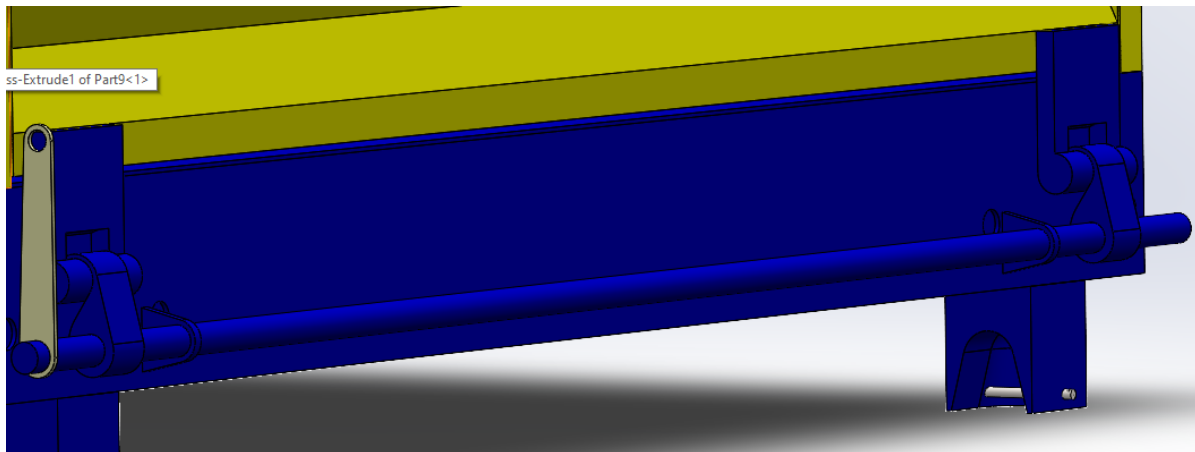


Slika 4: Sanduk kiper prikolice



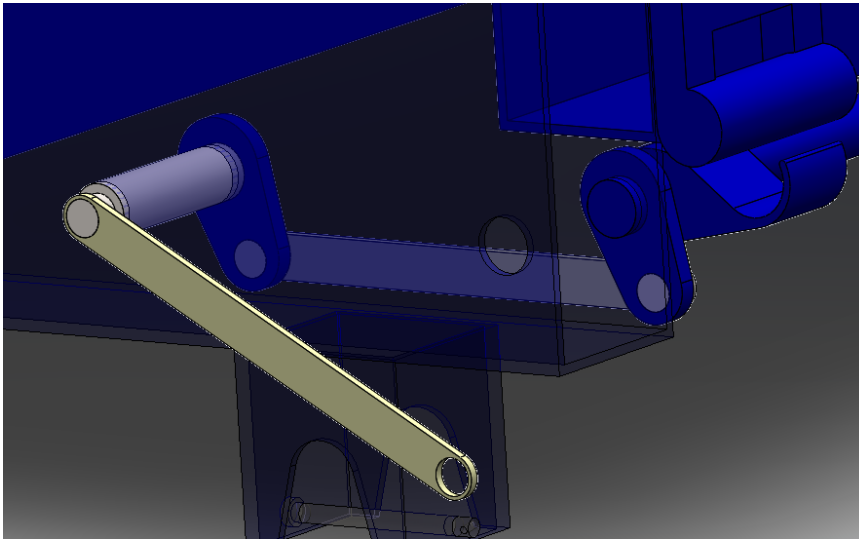
Slika 5: Sanduk od ispod

Na slici 6 prikazan je mehanizam oslobađanja stražnje stranice kako bi se ona otvorila pri istovaru. Pomicanjem poluge zakreće se vratilo koje povezuje kuke koje pridrđavaju stranice.



Slika 6: Mehanizam otvaranja stražnje stranice

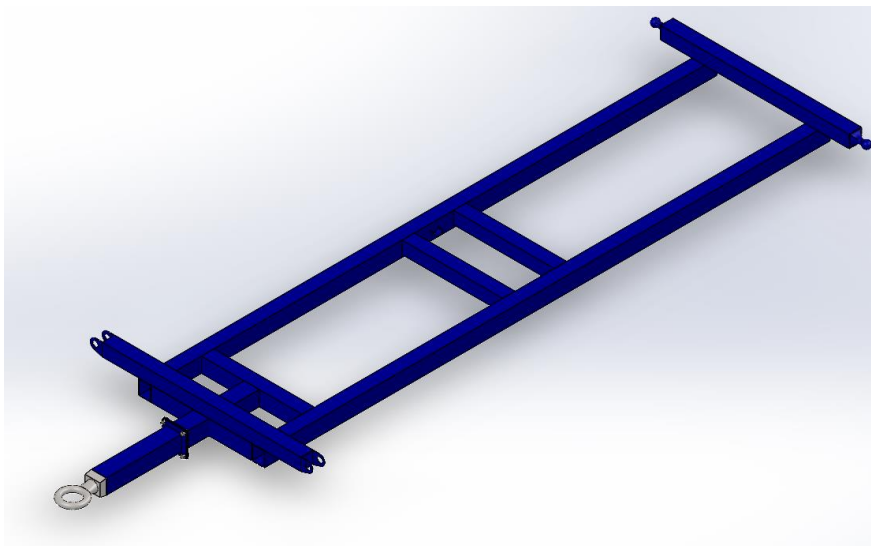
Slika 7 prikazuje mehanizam za otvaranje bočne stranice koji radi na istom principu, ali malo prilagođenom radi prostornog ograničenja.



Slika 7: Mehanizam za otvaranje bočnih stranica

3.1.2 Šasija

Šasija je ključan nosivi dio prikolice jer povezuje ostale dijelove (sanduk, osovinu, traktor...). Prikazana je na slici 8.



Slika 8: Šasija

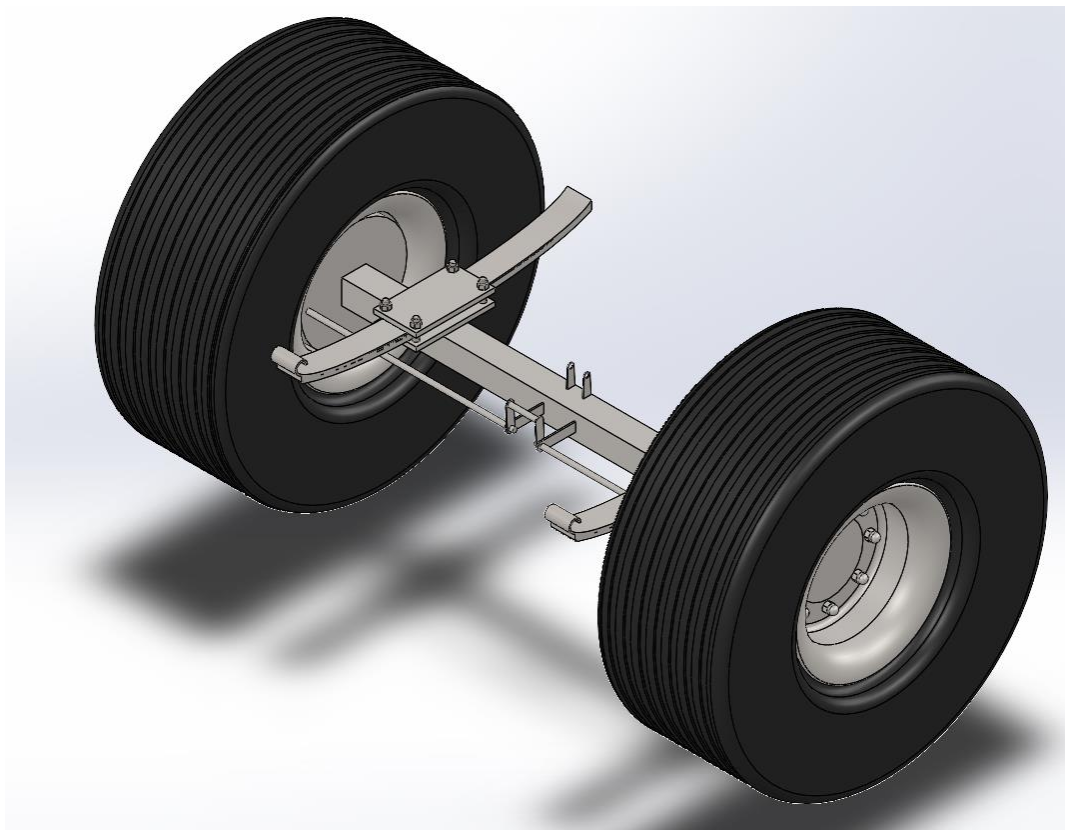
3.1.3 Sklop osovine i kotača

Dijelovi osovine i kotači odabrani su iz kataloga tvrtke Cayirova [9]. Osovina dolazi sa ugrađenim ležajevima i bubanj kočnicama. Dodatno su izabrani naplatci, gume, lisnate opruge te kočni cilindar.

Tablica 4: Odabrani dijelovi za osovину [9]

Dio osovine:	Broj u katalogu:	Nosivost:	Dimenzije:
Osovina	101150	8,8 t	1650x80 mm
Lisnata opruga	108686	5 t	955x30 mm
Naplatci	111341	/	20.00x22,5
Gume	112340	5,6 t	600/50-22,5
Kočni cilindar	107420	/	Ø45x250 mm

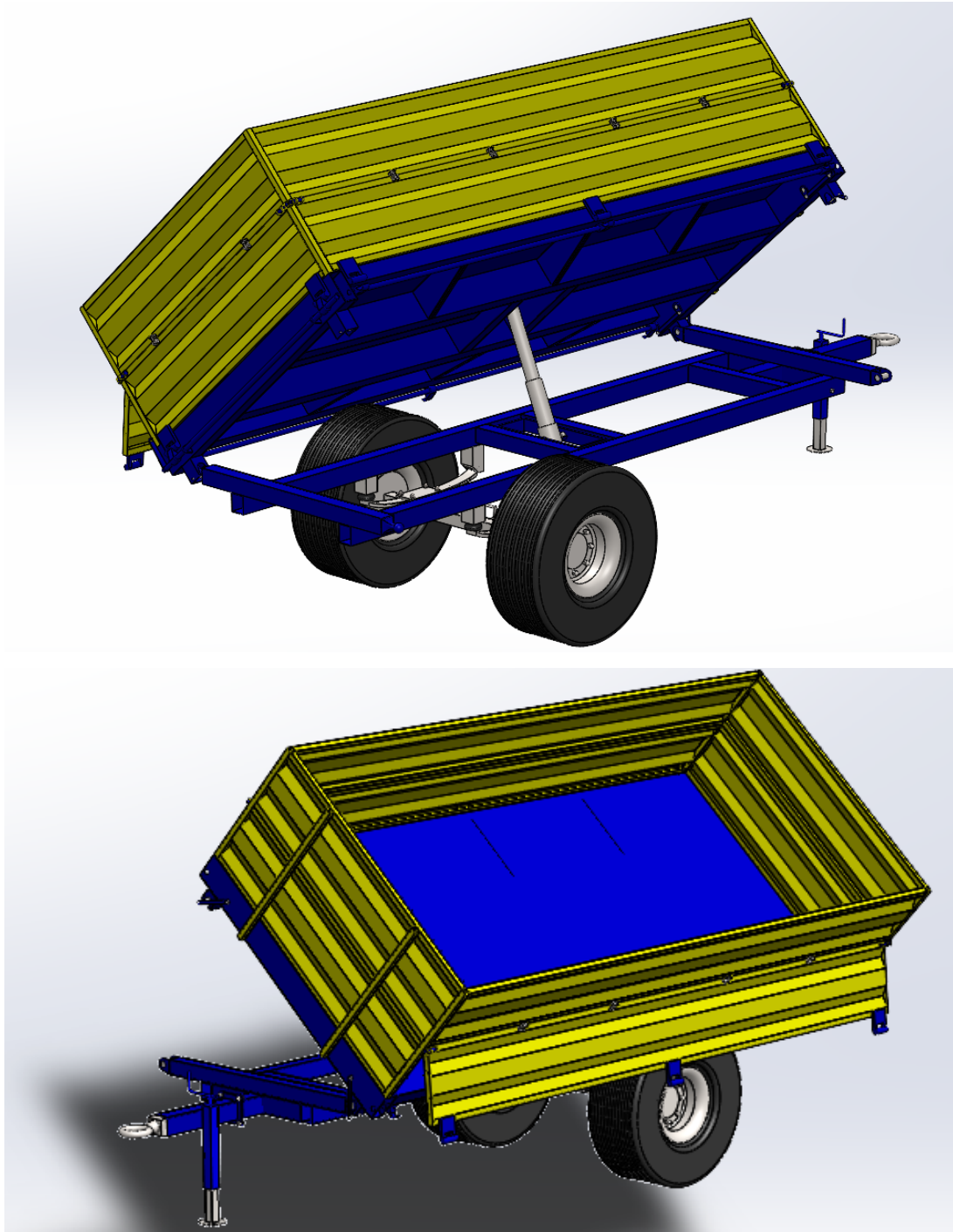
Osovina sa svim dijelovima bez cilindra prikazana je na slici 9. Lisnate opruge pričvršćene su sa dvije ploče koje su stisnute sa četiri M16 vijka. Na šasiju se opruga pričvršćuje svornjakom s jedne strane, a na drugu je oslonjena.



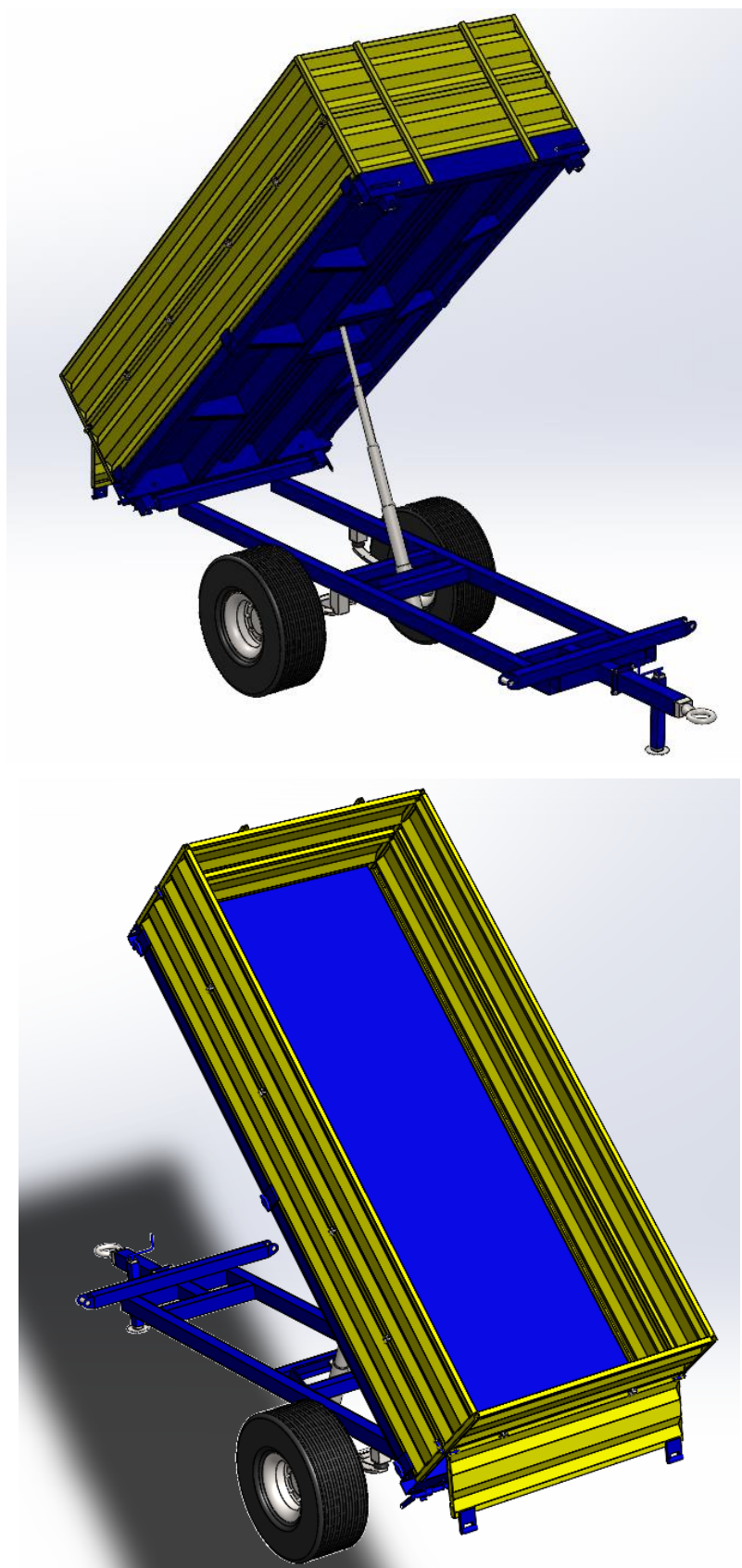
Slika 9: Osovina sa kotačima i oprugama

3.2 Prikaz kipanja

Na slici 10 prikazano je bočno kipanje. Prikolica ima mogućnost kipanja na obje bočne strane te na stražnju stranu što je prikazano na slici 11. Odabir strane kipanja provodi se tako da se uklone klinovi sa strane koja se želi podići te se preko poluga otvore stranice na koje se kipa.



Slika 10: Bočno kipanje



Slika 11: Kipanje straga

3.3 Pretpostavljane tehničke karakteristike modelirane prikolice

Kao što je već spomenuto prikolica je modelirana prema prikolici Farmtech EDK800, ali je zbog sigurnosti nosivost smanjena te su neki dijelovi čije informacije nisu bile dostupne izvučeni iz Cayirova kataloga [9]. Odabrani materijal za izradu je čelik S335JR.

Tablica 5: Tehničke karakteristike prikolice

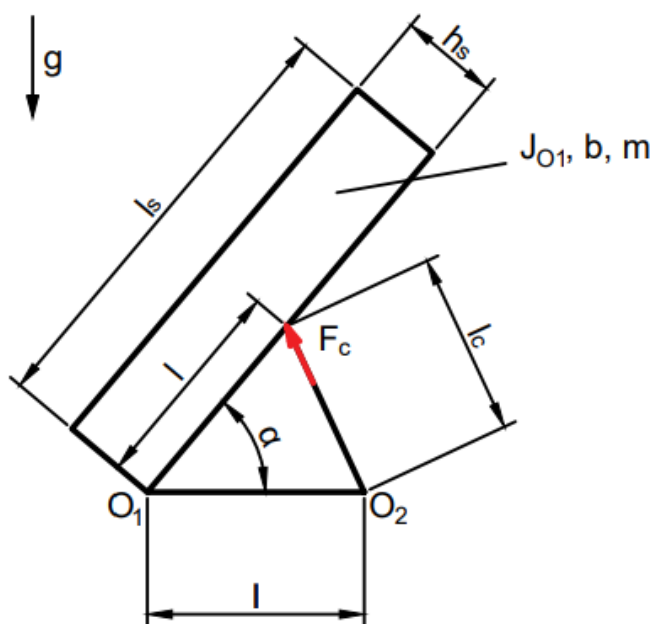
Nosivost [kg]	6000
Masa prazne prikolice [kg]	2100
Dimenzije sanduka [mm]	4500x2200
Visina stranica sanduka [mm]	500+500
Volumen sanduka [m ³]	9,9
Kut nagiba sanduka (bočno/unazad) [°]	45/50

4. HIDRAULIČKI SUSTAV KIPER PRIKOLICE

Hidraulički sustav kiper prikolice je sam po sebi poprilično jednostavan. Prije projektiranja sustava važno je znati dimenzije s kojima sustav treba raditi. Važne dimenzije su navedene u prethodnom poglavlju u tablici 5. Osim njih važna je i udaljenost cilindra od oslonca oko kojeg sanduk rotira. U slučaju stražnjeg kipanja, ta udaljenost je 2 200 mm, a u slučaju bočnog 850 mm. Također važno je odrediti potrebnu duljinu i promjer cilindra.

4.1 Dinamika sustava za kipanje straga

Slika 12 prikazuje shematski prikaz sanduka s naznačenim duljinama i kutovima potrebnim za određivanje sile koja djeluje na cilindar prilikom procesa kipanja straga. Dimenzije prikolice su dane u tablici 5.



Slika 12: Bokocrt sanduka

Duljine l označavaju udaljenost hvatišta sile cilindra. Jednake su te iznose 2,2 m.

Jednadžba ravnoteže:

$$F_c \cdot \left(\frac{\sin(\alpha) \cdot l^2}{\sqrt{2 \cdot l^2 \cdot (1 - \cos(\alpha))}} \right) = J_{01} \cdot \ddot{\alpha} + b \cdot \dot{\alpha} + m \cdot g \cdot \frac{l_s}{2} \cdot \cos(\alpha) \quad (1)$$

Pri samom početku podizanja sanduka kut, brzina te ubrzanje jednaki su nuli. Maksimalno opterećenje sastoji se od mase samog sanduka 1 500 kg te mase tereta koja je maksimalna dozvoljena 6 000 kg. Iz jednadžbe (1) dobije se iznos sile koji cilindar mora ostvariti, a iznosi 75,2 kN.

Duljina cilindra za stražnji istovar računa se izrazom:

$$l_c = \sqrt{2 \cdot l^2 \cdot (1 - \cos \alpha)} \quad (2)$$

Maksimalna duljina je u trenutku kada je cilindar maksimalno izvučen, tj. kut α je jednak 50° .

Potrebna duljina cilindra za stražnji istovar je 1 860 mm.

Dinamički moment tromosti sanduka računa se prema izrazu:

$$J_x = \int_m d_x^2 \cdot dm \quad (3)$$

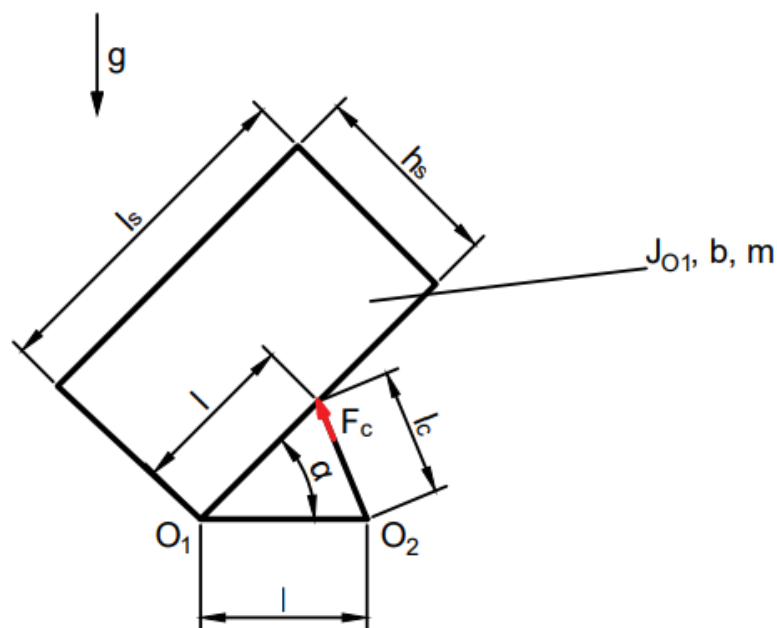
Zbog jednostavnosti pretpostavka je da su teret i sanduk jednaki te da je gustoća mase sanduka jednako rasprostranjena te vrijedi:

$$J_{O1} = m \cdot \frac{l_s + h_s}{3} \quad (4)$$

Dinamički moment iznosi 53 125 m²kg

4.2 Dinamika sustava za bočno klanje

Slika 13 prikazuje shematski prikaz sanduka s naznačenim duljinama i kutovima potrebnim za određivanje sile koja djeluje na cilindar prilikom procesa bočnog klanja.



Slika 13: Nacrt kaveza

Oznake l jednako kao i za stražnje klanje prikazuju hvatište sile cilindra te iznose 0,852 m

Budući da je geometrija za klanje straga i s boka jednaka, osim razlike u duljinama, F_c se računa prema jednadžbi (1). F_c za bočno klanje iznosi 86,36 kN

Isto vrijedi i za izračun duljine cilindra, koju računamo prema (2), i dinamičkog momenta koji računamo prema (4). Slijedi da je duljina cilindra jednaka 652 mm za $\alpha=50^\circ$ te iznos dinamičkog momenta sanduka $12\,500\text{ m}^2\text{kg}$

4.3 Proračun cilindra

Potrebno je proračunati potreban promjer cilindra za izračunato opterećenje. Budući da je cilindar više opterećen pri bočnom kipanju, proračunava se za silu od 86,36 kN. Tlak traktorske hidraulike kreće se od 180 do 240 bara [10,11]. Površina poprečnog presjeka izražava se formulom za tlak od 180 bar:

$$A = \frac{F}{p} \quad (5)$$

Najmanja površina cilindra iznosi $47,94\text{ cm}^2$ te se iz nje dobije potreban promjer cilindra preko formule:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (6)$$

Najmanji promjer cilindra koji zadovoljava iznosi 78,13 mm. Odabire se cilindar jednakog ili većeg promjera kako bi tlak bio manji ili jednak 180 bara.

4.4 Odabir komponenti

Budući da je prikolica namijenjena za traktore, hidraulički sustav je zapravo nadogradnja na već postojeći traktorski hidraulički sustav. Uglavnom hidraulički sustav se sastoji od: spremnika za ulje, pumpe, ventila za rasterećenje, nepovratnog ventila s oprugom, razvodnika 2/2, filtra te teleskopskog cilindra.

4.4.1 Teleskopski hidraulički cilindar

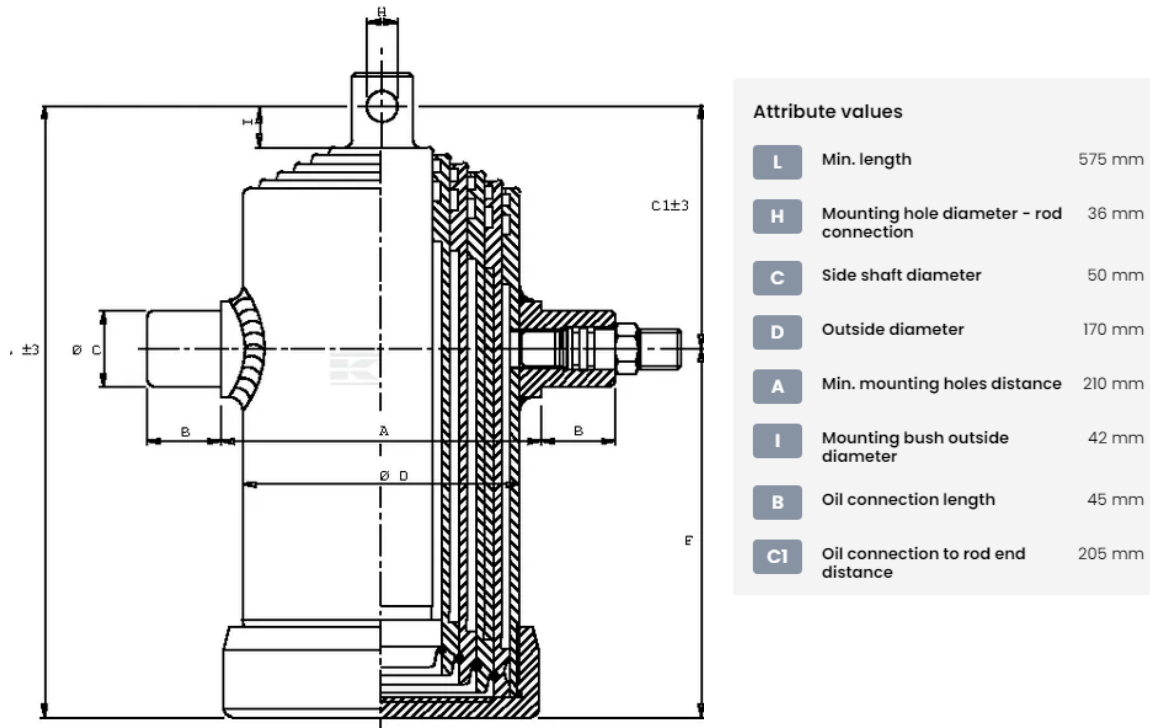
Hidraulički cilindar je hidraulična komponenta ključna za sustav te se najprije odabire upravo on. Pomoću njega ostvaruje se linearni pomak sa silom pretvorbom protoka i tlaka u isti, tj. pretvorba hidrauličke energije fluida u mehanički rad. Proračunom se određuje potrebna veličina cilindra:

- Minimalni hod: 1860 mm
- Minimalni promjer: 78,13 mm
- Maksimalni tlak: 180 bar

Prema broju priključaka razlikuju se jednoradni i dvoradni cilindri, za potrebe kiper prikolice dovoljan je jednoradni cilindar, povrat cilindra ostvaruje se težinom sanduka. Postoje jednostupanjski i višestupanjski (teleskopski) cilindri. U ovom radu odabran je teleskopski

cilindar koji omogućuje značajno veći hod cilindra od jednostupanjskog jednoradnog cilindra. U katalogu navedene su granične vrijednosti duljina i opterećenja za svaki stadij.

Za ovaj rad odabran je cilindar proizvođača Di Natale Bertelli, tip TC4051F jer je pogodan zbog svoje male duljine od 575 mm te velikog hoda od 2120 mm [12]. Karakteristike bitne za proračun nalaze se u tablici 6 i slici 14.



Slika 14: Karakteristične dimenzije [12]

Tablica 6: Tehničke karakteristike teleskopskog cilindra [12]

Tehničke karakteristike		TC4051F				
Volumen cilindra	L	20,6				
Maksimalni tlak	bar	180				
Stadij	/	I	II	III	IV	V
Promjer	mm	145	126	107	88	68

Zbog rotacije sanduka mijenja se udaljenost njegovog težišta od oslonca te kut nagiba. Stoga je potrebno proračunati tlak za svaki stadij cilindra. Tlak se računa prema formuli (5), kut prema (2), a sila prema formuli (1). Sila je računata bez uzimanja brzine u obzir. Brzina je sama po sebi mala (<1 m/s), te još pomnožena sa koeficijentom viskoznog faktora trenja b (koji se kreće između 10^{-2} Ns/m i 10^{-1} Ns/m) [13], kao rezultat ne čini primjetnu razliku u proračunu. U tablicama u nastavku prikazan je sažet prikaz opterećenja za svaki stadij.

Tablica 7: Izračun tlaka kod stražnjeg kipanja

Stadij	Mjerna jedinica	I	II	III	IV	V
Elongacija	mm	0	424	848	1272	1696
Kut alfa	deg	0	11,08	22,22	33,61	45,34
Sila cilindra	N	75 200	80 200	77 100	71 700	63 800
Promjer	mm	145	126	107	88	68
Površina	cm ²	165,05	124,63	89,87	60,79	36,30
Tlak	bar	45,58	64,38	85,80	118,03	175,87

Tablica 8: Izračun tlaka kod bočnog kipanja

Stadij	Mjerna jedinica	I	II
Elongacija	mm	0	424
Kut alfa	deg	0	28,82
Sila cilindra	N	86 326	93 240
Promjer	mm	145	126
Površina	cm ²	165,05	124,63
Tlak	bar	52,30	74,82

Kao što je vidljivo iz tablica tlak u ni jednom stadiju ne prelazi najveći dopušteni tlak od 180 bara, čak ni pri površini manjoj od izračunate najmanje površine. To je posljedica smanjenja sile unatoč rotaciji sanduka. Prosječan protok koji je potreban da bi se ostvarila najveća elongacija u željenom vremenu računa se putem izraza:

$$Q_c = \frac{V_c}{t} \quad (7)$$

V_c označava volumen cilindra, a t je željeno trajanje potpunog izvlačenja cilindra.

Izračunati protok iznosi 30,9 L/min te predstavlja efektivni protok koji treba dovoditi cilindru. Zbog gubitaka i mogućih puštanja ulja na spojevima, taj protok mora biti veći.

4.4.2 Razvodni ventili

Razvodni ventili koriste se unutar hidrauličkih kontrolnih sustava za preciznu modulaciju i upravljanje sustavom. Povezuje hidraulički pogonski element, tj. pumpu i hidrauličke izlazne uređaje. Upravljanje ili regulacija se vrši aktivacijom ventila. To je moguće ručnim ili automatiziranim djelovanjem. Time se prilagođava ulaz i izlaz iz ventila ovisno o vrsti. Razlikuju se prema broju vodova protoka spojenih na ventil, broju položaja te vrsti konstrukcije mehanizma klipa cilindra ili vrsti funkcije. Dije se još na ventile za regulaciju smjera, protoka i tlaka.

Razvodni ventil služi za pokretanje, zaustavljanje ili regulaciju aktuatora, a to postiže preusmjeravanje protoka pod tlakom.

Za ovaj sustav odabran je razvodnik 2/2 SD2E-B2/H 2I12 proizvođača AGRO HYTOS [14].

Razvodnik je prikazan na slici 15.



Slika 15: Razvodni ventil 2/2 [14]

Tehničke karakteristike razvodnika prikazane su u tablici 9.

Tablica 9: Karakteristike razvodnog ventila [14]

Tehničke karakteristike		SD2E-B2
Maksimalni protok	L/min	55
Maksimalni tlak	bar	350
Temperaturni raspon fluida	°C	-30...+80
Temperaturni raspon okoliša	°C	-30...+80
Maksimalna frekvencija	h ⁻¹	15 000
Radni napon	V	21,6
Tolerancija napona	%	± 15

Maksimalni tlak i protok sustava manji su od maksimalnih dopuštenih za razvodni ventil te on zadovoljava. Također radni napon odgovara PLC-ovom izlazu od 24V.

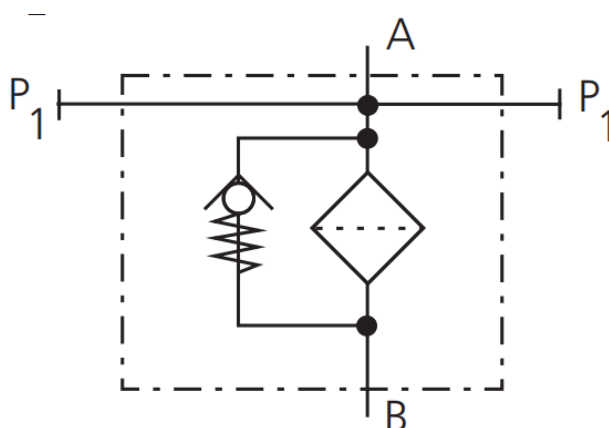
4.4.3 Filter

Uloga filtera je održavanje čistoće fluida filtracijom nečistoća uzrokovanih trošenjem komponenti. Kao i svaki filter sastoji se od sitnih mrežica koje na sebe hvataju nečistoće te propuštaju samo čisto ulje. Čistoćom ulja produljuje se vijek trajanja komponenti te se sprječavaju problemi poput blokade ventila, curenja te otkazivanje komponenti.

Izabran je filter D 090-156, proizvođača AGRO HYTOS, koji se postavlja u povratni vod sustava [15]. Na slici 16 prikazan je filter i njegov simbol na slici 17.



Slika 16: Filter ulja [15]



Slika 17: Simbol filtera ulja sa nepovratnim ventilom [15]

Izabran je filter veće filtracijske površine čime se postiže dulje vrijeme rada prije potrebne zamijene. Također sa većom površinom postiže se manji pad tlaka. Tehničke karakteristike prikazane su u tablici 10.

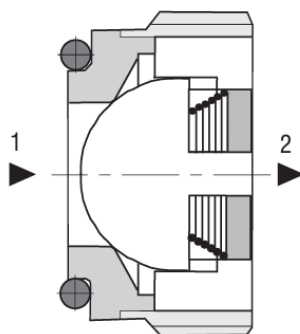
Tablica 10: Tehničke karakteristike filtera ulja [15]

Tehničke karakteristike		D 090-156
Nominalni protok	L/min	60
Pad tlaka	bar	0,12
Kapacitet prljavština	g	17

4.4.4 Nepovratni ventil

Nepovratni ventil je jednostavan hidraulički element koji sprječava protok fluida u jednom smjeru, dok u drugom predstavlja minimalan otpor. U sustavu se koristi kao zaštita od povratnog protoka ulja, tj. zadržavanja pozicije cilindra u slučaju pada tlaka pumpe.

Izabran je nepovratni ventil tvrtke AGRO HYTOS, tip VJ01-10/S [16]. Poprečni presjek ventila prikazan je na slici 18.



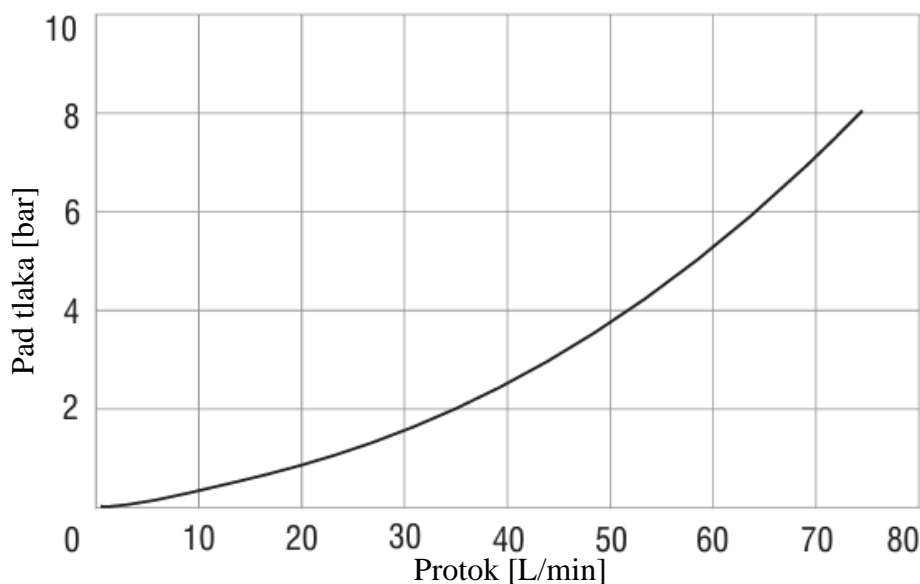
Slika 18: Poprečni presjek nepovratnog ventila [16]

U tablici 11. nalaze se tehničke karakteristike nepovratnog ventila.

Tablica 11: Tehničke karakteristike nepovratnog ventila. [16]

Tehničke karakteristike		VJ01-10/S
Maksimalni protok	L/min	80
Maksimalni tlak	bar	350
Tlak otvaranja	bar	0,5
Temperaturni raspon	°C	-30...+100
Pad tlaka	bar	1,1

Zadovoljene su karakteristike maksimalnog tlaka i protoka. Gubitak hidrauličkog tlaka prikazan je grafom na slici 19.

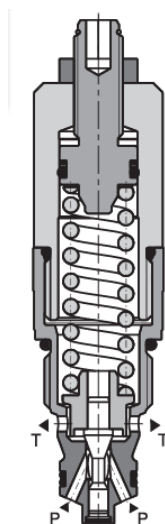


Slika 19: Graf protok-tlak nepovratnog ventila [16]

4.4.5 Ventil za ograničenje tlaka

Ventil za regulaciju tlaka koristi se za održavanje, tj. ograničavanje tlaka hidrauličkog sustava. Najčešća konstrukcijska izvedba je sa tanjurastom pločicom i oprugom. Ostale konstrukcijske izvedbe mogu biti sa stošcem, kuglom ili polukuglom. Ventil služi kao zaštita od preopterećenja. Željeni tlak se regulira zatezanjem opruge.

Izabran je ventil tvrtke AGRO HYTOS, tip SR1A-B2 [17]. Na slici 20 prikazan je ventil za ograničenje tlaka.



Slika 20: Ventil za ograničenje tlaka [17]

U tablici 12 prikazane su tehničke karakteristike ventila.

Tablica 12: Tehničke karakteristike ventila za ograničenje tlaka [17]

Tehničke karakteristike		SR1A-B2
Maksimalni protok	L/min	60
Maksimalni tlak	bar	420

4.4.6 Programibilni logički kontroler

Programibilni logički kontroler (PLC) je računalo koje se koristi za industrijsku automatizaciju. Mogu se automatizirati za neki proces, funkciju stroja ili čak cijelu proizvodnu liniju.

PLC radi na način da dobiva informacije od povezanih senzora ili drugih ulaznih jedinica. Zatim te informacije obrađuje i ovisno o programiranim parametrima uključuje ili isključuje izlaze. Program se piše pomoću funkcijskog bloka (FBD-a), ladder dijagrama ili strukturne liste. Odabir načina programiranja ovisi o osobnoj preferenciji s obzirom da se taj program na kraju prevodi na strojni jezik te nema nekih ograničenja među njima.

Za ovaj sustav odabran je Siemens SIMATIC S7-1200 [18]. Prikazan je na slici 21, a njegove bitnije karakteristike u tablici 13.



Slika 21: PLC Siemens SIMATIC S7-1200 [18]

Tablica 13: Tehničke karakteristike Siemens SIMATIC S7 1200 [18]

Tehničke karakteristike	S7-1200
Broj digitalnih ulaza	8
Broj digitalnih izlaza	6
Broj analognih ulaza	2
Napajanje	24V DC
Memorija (RAM)	150 KB

4.4.7 Induktivni senzor

Induktivni senzor je blizinski senzor za detekciju metala. Radi na principu generiranja magnetskog polja koje se omete prisutnošću nekog metala. Detekcijom promjene magnetskog polja senzor preklapa svoje kontakte te ovisno o mirnom ili radnom kontaktu daje izlaz kao logičku "1" ili "0". Izabran je senzor Panasonic PNP GX-H12A-P [19]. Senzor je prikazan na slici 22, a njegove tehničke karakteristike u tablici 14.



Slika 22: Induktivni senzor Panasonic PNP GX-H12A-P [19]

Tablica 14: Tehničke karakteristike induktivnog senzora Panasonic PNP GX-H12A-P [19]

Tehničke karakteristike	PNP GX-H12A-P
Radni napon	12-24 V DC
Izlaz	PNP
Domet	4 mm
Zaštita	IP68
Radna temperatura	-25...70 °C

4.4.8 Granični prekidač

Granični prekidači su kao što sam naziv govori prekidači koji su postavljeni na način da se aktiviraju kada se dosegne granični položaj. U ovom slučaju koriste se prekidači sa sajlom za krajnje položaje izvlačenja. Za uvučeni položaj može se koristiti prethodno naveden induktivni senzor. Za granični prekidač odabran je RM U1Z proizvođača Bernstein. [20]. Prekidač je prikazan na slici 23, a tehničke karakteristike u tablici 15.



Slika 23: Granični prekidač RM U1Z [20]

Tablica 15: Tehničke karakteristike graničnog prekidača [20]

Tehničke karakteristike	RM U1Z
Maksimalni napon	250 V AC
Maksimalna struja	10 A
Sila aktiviranja	91-175 N

4.4.9 Senzor elongacije cilindra

Za mjerenje elongacije postoje posebni linearni enkoderi sa žicom koji se montiraju s vanjske strane na cilindar ili se ugrađuju u cilindar prilikom proizvodnje. Izvlačenjem žice dobije se apsolutni iznos elongacije cilindra. Za ovu primjenu bolje rješenje je da senzor ugradi u cilindar kako nebi došlo do oštećenja ili smetnji unatoč okolini. Izvedba sa elongacijskim senzorom je nešto skuplja od izvedbe sa graničnim prekidačima, ali bi to bilo pouzdanije rješenje. Predložen je enkoder SGH25 proizvođača SIKO [21]. Senzor je prikazan na slici 24, a njegove tehničke karakteristike u tablici 16.



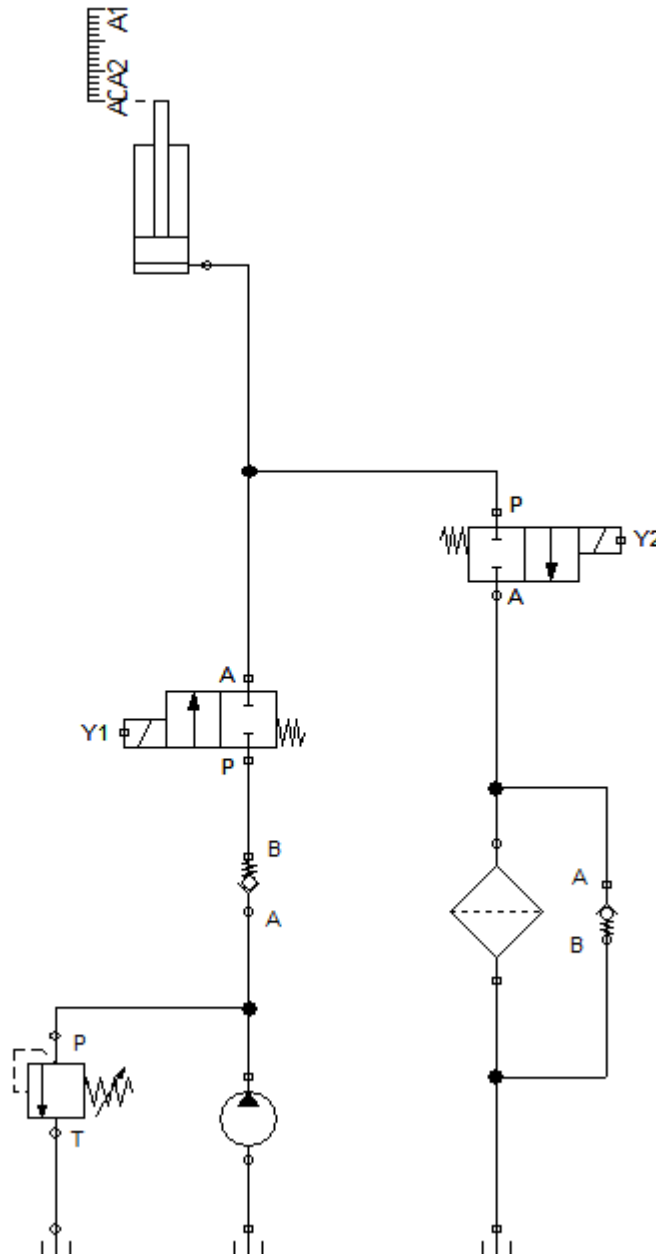
Slika 24: Senzor elongacije cilindra [21]

Tablica 16: Tehničke karakteristike senzora elongacije [21]

Tehničke karakteristike	SGH25
Mjerni raspon	0-2500 mm
Maksimalni tlak	450 bar
Radni napon	24V DC
Izlazni napon	0-10 V DC
Preciznost	±0.15 mm

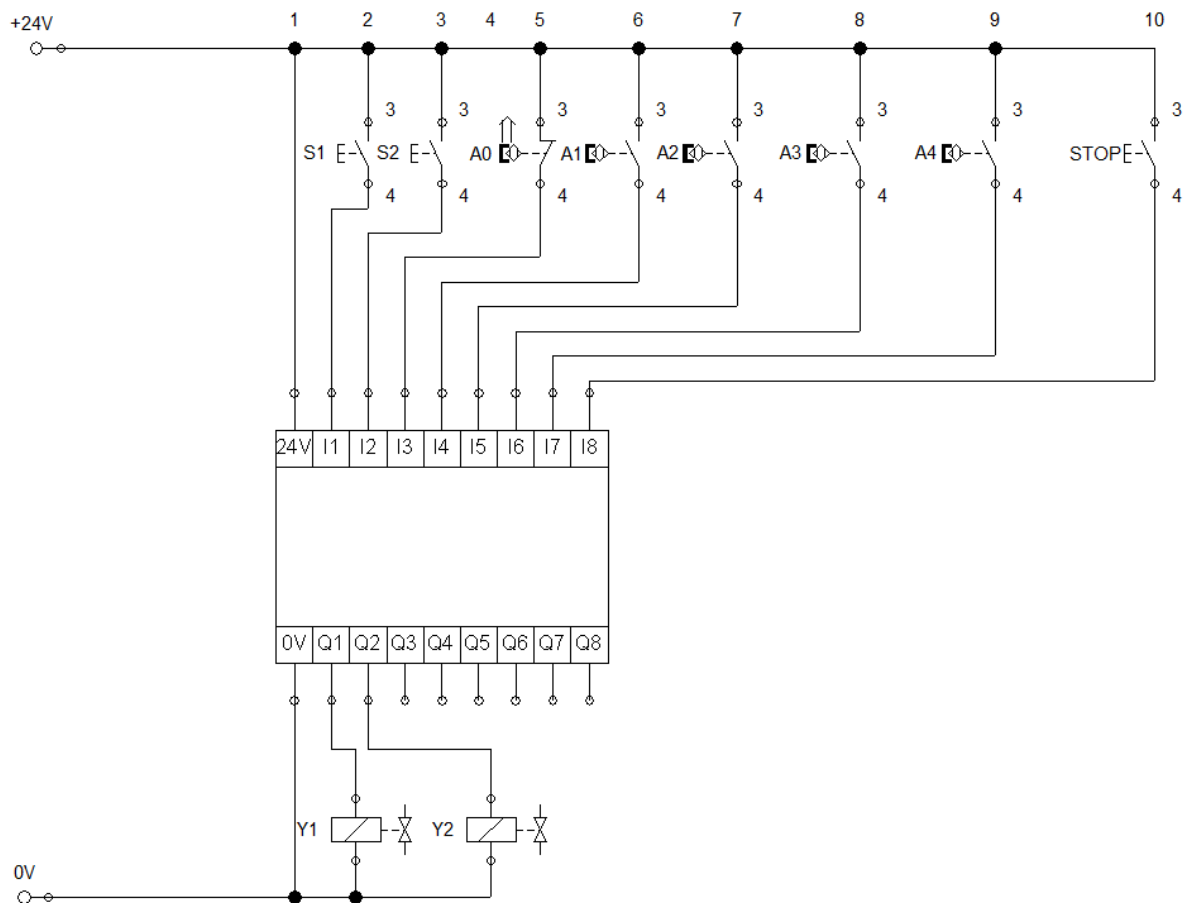
4.5 Hidraulička shema

Hidraulička shema izrađena je pomoću programa tvrtke FESTO, FluidSim. FluidSim je program za simulaciju hidrauličkih i elektrohidrauličkih sustava. Hidraulička shema se sastoji od spremnika, pumpe, sigurnosnog ventila, dva nepovratna ventila, filtera ulja te dva 2/2 razvodnika. Također za ovaj sustav predviđen je PLC kojim je riješena logika sustava. Hidraulička shema na slici 25 sastoji se od jednoradnog cilindra, dva 2/2 razvodnika aktivirana hidraulički preko solenoida Y1 i Y2, nepovratnog ventila, filtera, pumpe te sigurnosnog ventila.



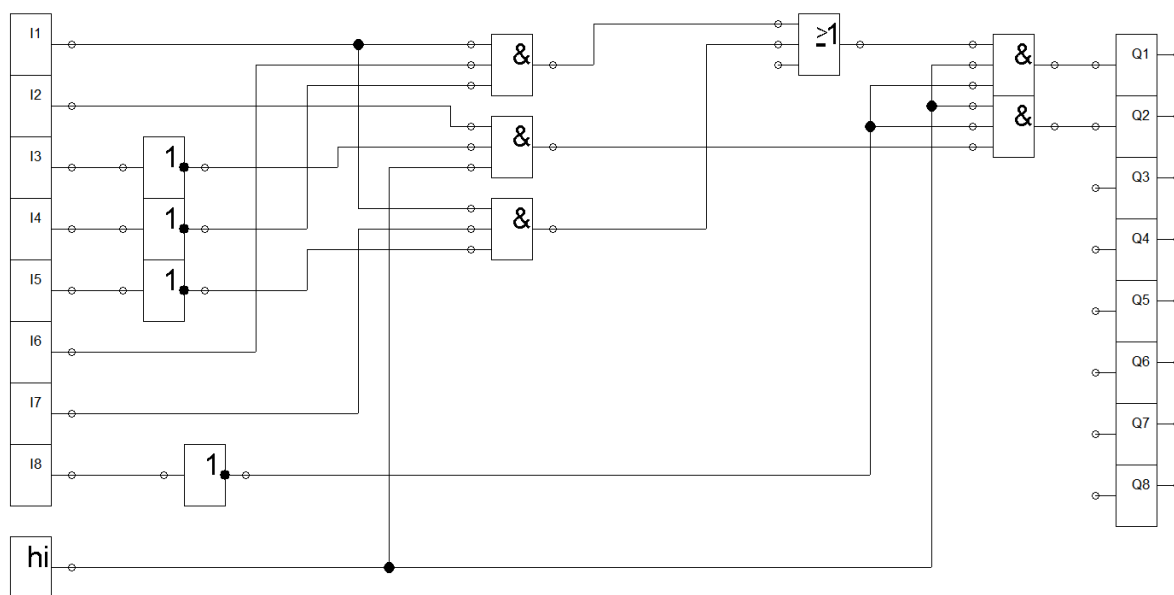
Slika 25: Hidraulička shema

Slika 26 prikazuje električku shemu spajanja PLC-a. Tipkalo S1 aktivira podizanje sanduka, a tipkalo S2 spuštanje. Kontaktni reed relej A0 je granični kontakt koji detektira je li sanduk do kraja spušten. Granični kontakti A1 i A2 detektiraju izvučenost cilindra do graničnog položaja za kipanje straga (A1) ili na bok (A2). A3 i A4 su senzori koji detektiraju koji klinovi su izvađeni, za kipanje straga ili na bok. Ovisno o njima određuju koji je krajnji položaj izvučenog cilindra (A1 ili A2). STOP je sigurnosna gljiva koja kada se aktivira zaustavlja sustav.



Slika 26: Shema spajanja PLC-a

Na slici 27 prikazan je PLC program napravljen pomoću funkcijskih blok dijagrama. Korišteni su blokovi logičkih funkcija AND, OR i NOT.



Slika 27: PLC program

Logički ulaz I1 očitava stanje tipkala S1 koje služi za pokretanje izvlačenja cilindra. Logički ulaz I2 očitava stanje tipkala S2 koje pokreće uvlačenje cilindra. Ulazi I3, I4, I5 očitavaju signale graničnih kontakata A0 (potpuno uvučeni položaj), A1 (krajnji izvučeni položaj stražnjeg kipanja) i A2 (krajnji izvučeni položaj bočnog kipanja). Logički ulazi I6 i I7 očitavaju stanje senzora A3 (izvučeni klinovi za stražnje kipanje) i A4 (izvučeni klinovi za bočno kipanje). Na logički ulaz I8 spojena je sigurnosna gljiva koja odmah zaustavlja trenutno aktivnog procesa.

Za stražnje kipanje uvjeti koje program provjerava su: pritisnuto tipkalo S1, neaktivan granični kontakt A1 te izvučenost klinova za stražnje kipanje (A3). Ukoliko su svi uvjeti zadovoljeni, preko izlaza Q1 aktivira se solenoidni ventil Y1 koji aktivira razvodnik te cilindar kreće sa izvlačenjem do graničnog položaja gdje se zaustavlja.

Za bočno kipanje je princip isti osim što su uvjeti očitavani sensorima A2 i A4.

Spuštanje cilindra započinje pritiskom tipkala S2 koje preko izlaza Q2 aktivira solenoidni ventil Y2 koje aktiviranjem razvodnika spušta cilindar. Spuštanje je završeno aktiviranjem senzora A0.

Za izvedbu sa elongacijskom trakom eliminirali bi se granični kontakti A0, A1 i A2 te bi se preko analognog ulaza očitavala elongacija. Pomoću funkcija <, >, = bi se postavili daljnji uvjeti za podizanje i spuštanje.

5. SIMULACIJA SUSTAVA

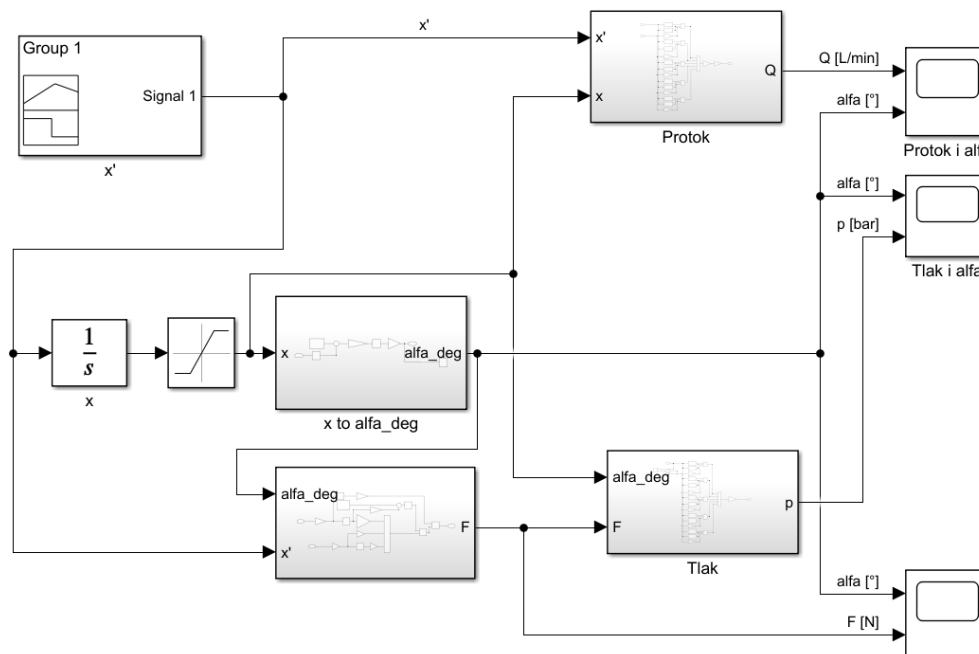
Kako bi se moglo približno odrediti ponašanje sustava u stvarnosti, provode se računalne simulacije. Iako su uvedene određene pretpostavke i pojednostavljena zbog malih brzina kod procesa kipanja ne očekuju se velika odstupanja od stvarnog ponašanja.

Simulacija je izrađena pomoću Matlab-ovog programa Simulink. Izabran je Simulink umjesto FESTO FluidSim-a jer on može preciznije definirati model. Za ovaj slučaj potrebna je promjenjiva sila koja djeluje na cilindar, što je posljedica promjene kuta djelovanja, prema (1). Simulacija je izrađena u dva dijela: stražnje i bočno kipanje.

Simulink je grafičko programsko okruženje koje je integrirani dio programa Matlab. Služi za modeliranje, simulaciju i analizu dinamičkih sustava. Njegovo sučelje se sastoji od grafičkih blok dijagrama i knjižnica blokova. Primijenjen je u automatskom upravljanju i digitalnoj obradi signala više varijabilnih sustava te njihovoj simulaciji bez nužnog pisanja programskog koda.

5.1 Model elevacije sanduka

Sustav je izrađen prema jednadžbi (1), a potrebna geometrija je računata prema izrazu (2). Sustav je isti za stražnje i bočno kipanje, jedina razlika su iznosi parametara što se odražava na rezultate. Slika 28. prikazuje model u Simulinku-u.



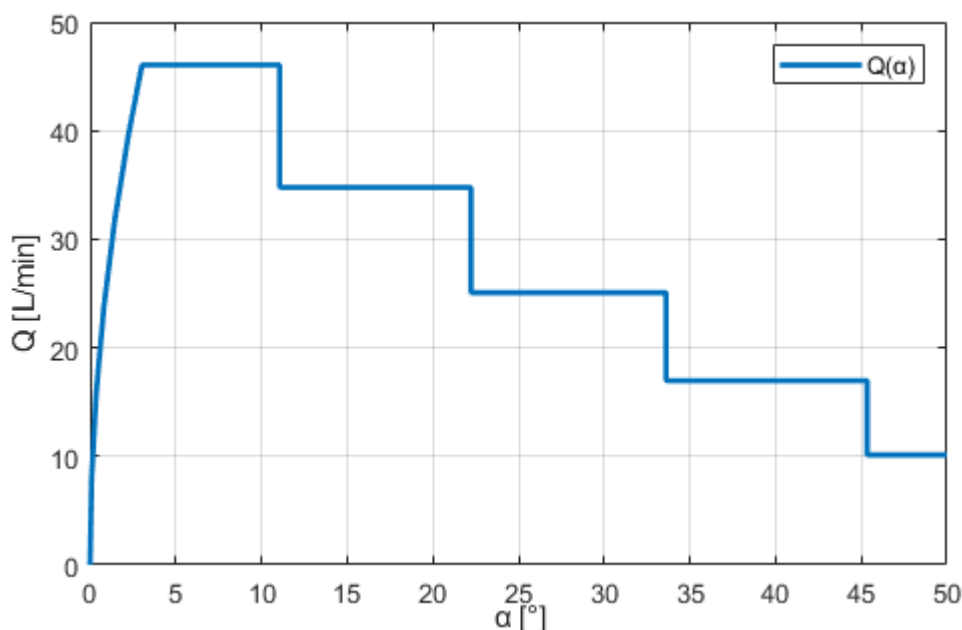
Slika 28: Simulink model

Kao ulaz sustava pretpostavljena je brzina koja iz mirovanja linearno ubrzava prvih 5 sekundi do 0,0465 m/s te ostaje konstantna. Iznos je dobiven mjerenjem vremena kivanja sličnih kiper prikolica. Brzina mora biti jednolika kako bi upravljanje bilo predvidivo. Da bi se postigla takva brzina, potrebno je regulirati protok na traktorskoj hidrauličkoj pumpi.

Integriranjem brzine preko geometrije dobije se izvučenost cilindra x . Pomoću nje određuje se u kojem je stadiju cilindar. Ovisno o stadiju u kojem je cilindar u podsustavu protok brzina x' množi se sa površinom trenutnog stadija. Time se dobije protok Q . Podsustav x to α_{deg} preko kosinusovog poučka računa kut elevacije koji u sljedećem podsustavu prema jednadžbi (1) računa silu F . Podsustav tlak preko elevacije jednako kao i u protoku određuje u kojem stadiju se nalazi cilindar. Ulaznu silu F dijeli sa površinom stadija cilindra te kao rezultat dobiva tlak u sustavu.

5.2 Simulacija stražnjeg kivanja

U ovom dijelu prikazani su dijagrami protoka, tlaka, sile i kuta alfa u ovisnosti o vremenu. Na slici 29 uočljivo je kako je potrebno regulirati protok hidrauličke pumpe da bi brzina ostala konstantna.

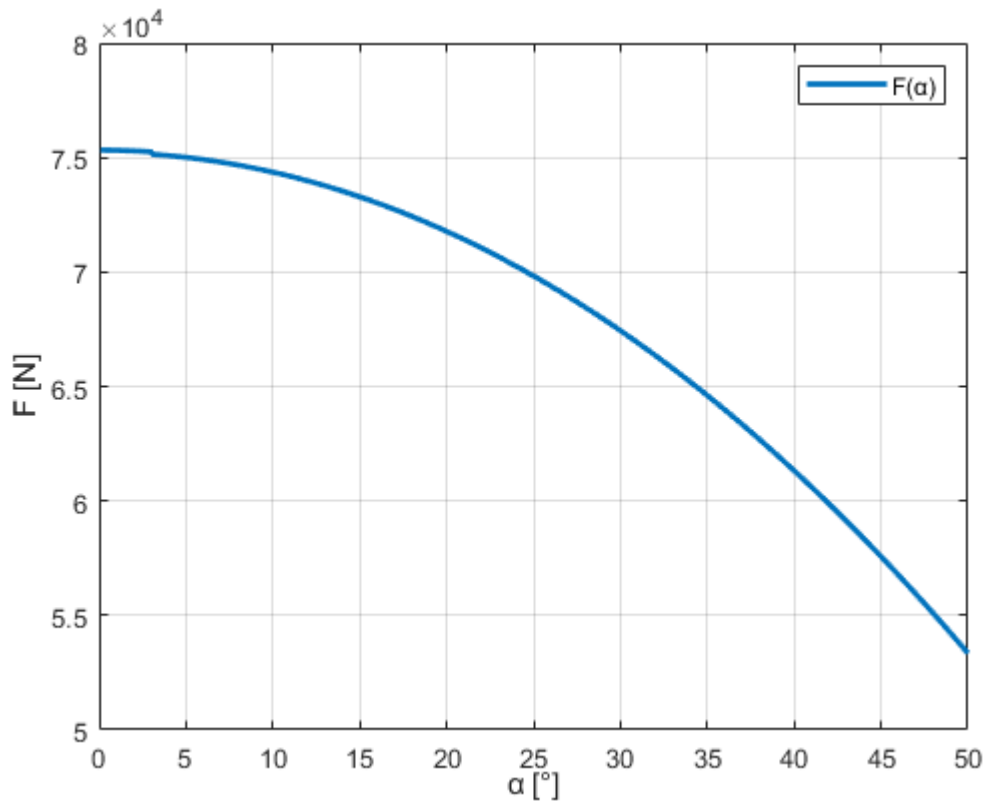


Slika 29: Promjena protoka i s obzirom na kut alfa

Iz grafa se može vidjeti u prvih 5 sekundi kako cilindar ubrzava linearno te kako se Q linearno prati porast brzine. Kut alfa je u prvih par sekundi krivulja 2. reda, te kad se brzina prestane mijenjati promjena kuta se linearizira.

Na grafu gdje su uočljivi nagli padovi protoka. To su mjesta na kojima se počinje izvlačiti sljedeći segment teleskopskog cilindra. Smanjenjem presjeka, za održavanje konstantne brzine, smanjuje se i protok.

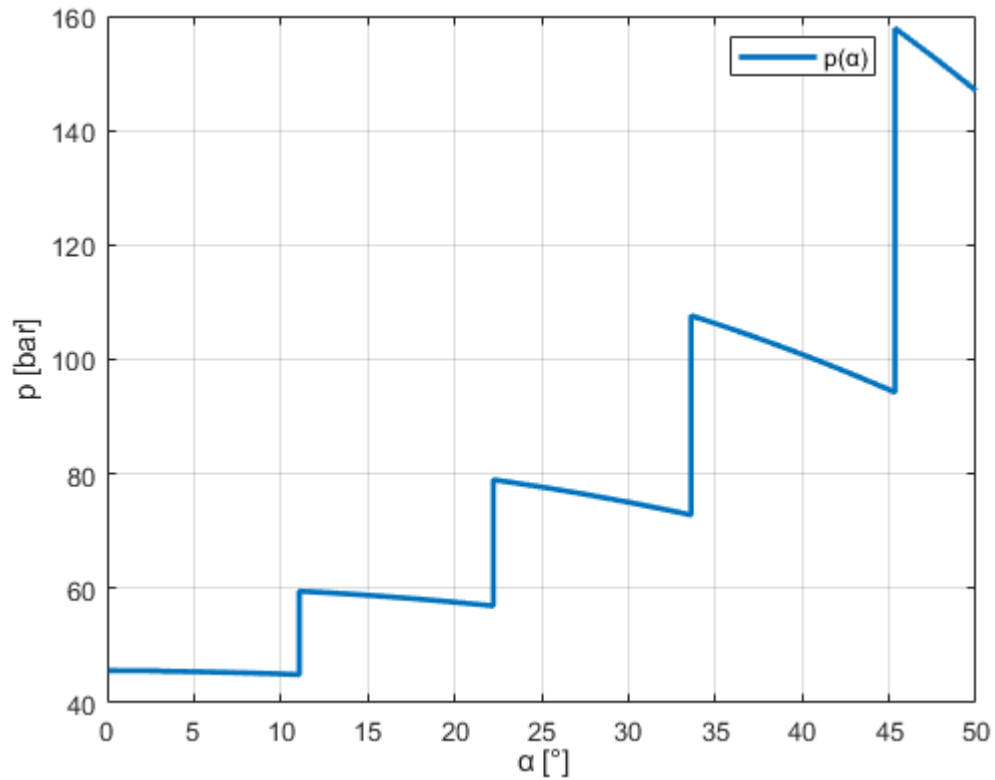
Na slici 30 prikazani su grafovi iz kojih se vidi kako kut alfa utječe na promjenu sile cilindra.



Slika 30: Promjena sile cilindra u odnosu na kut alfa

Uočljivo je da sa porastom kuta alfa se smanjuje iznos sile koja djeluje na cilindar. Sila pada u ovisnosti funkcije $\cos(\alpha)$ budući da su brzina i akceleracija konstantni nakon 5s.

Nadalje bitno je provjeriti kako se ponaša tlak sustava. To je vidljivo na slici 31.

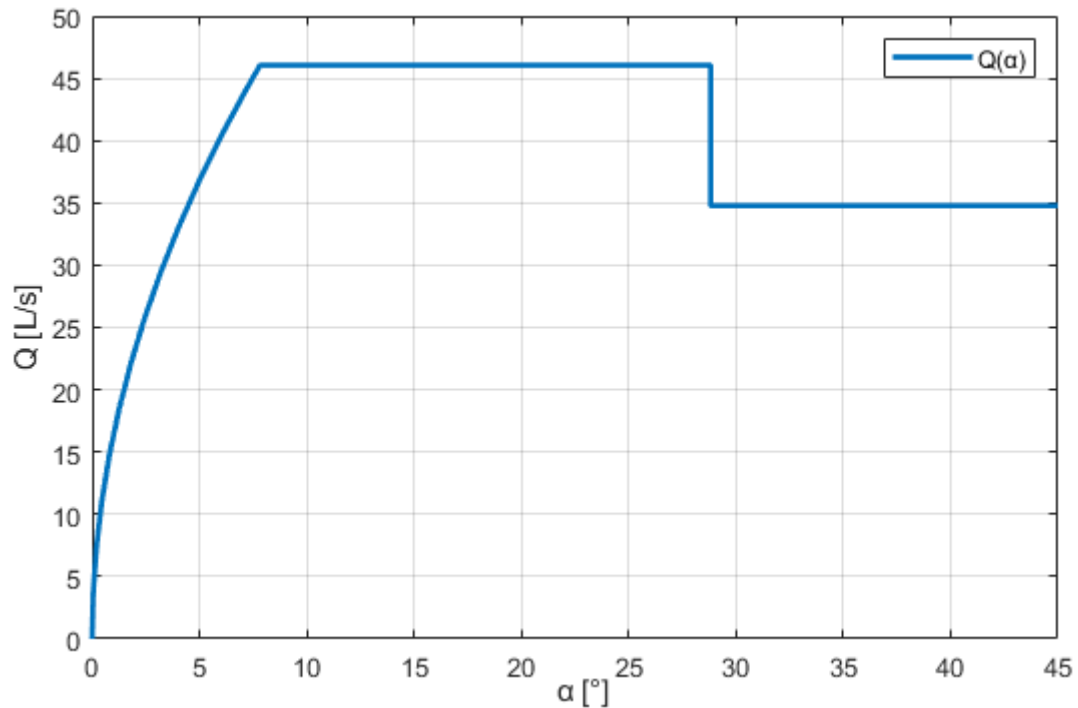


Slika 31: Promjena tlaka s obzirom na kut alfa

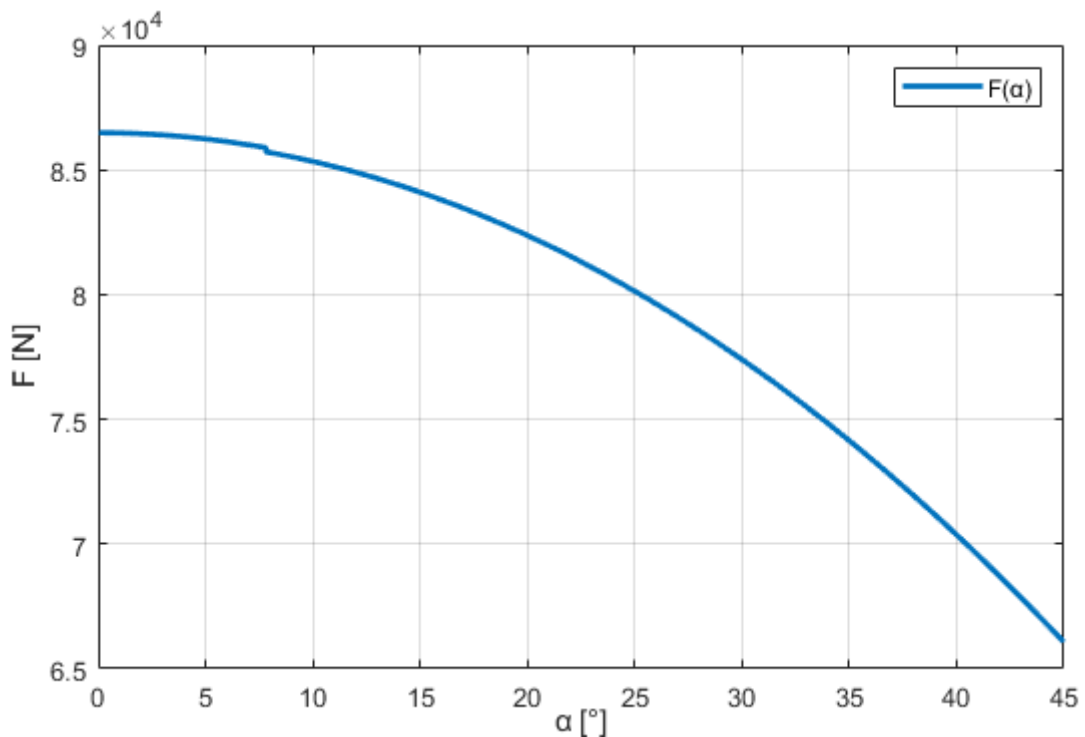
Krivulja tlaka prati krivulju sile, ali su uočljivi nagli porasti tlaka. Uzrok tomu je smanjenje površine cilindra uz ne značajnu promjenu sile. Moguće je uočiti pet segmenata u grafu što odgovara korištenom pet segmentnom teleskopskom cilindru.

5.3 Simulacija bočnog kpanja

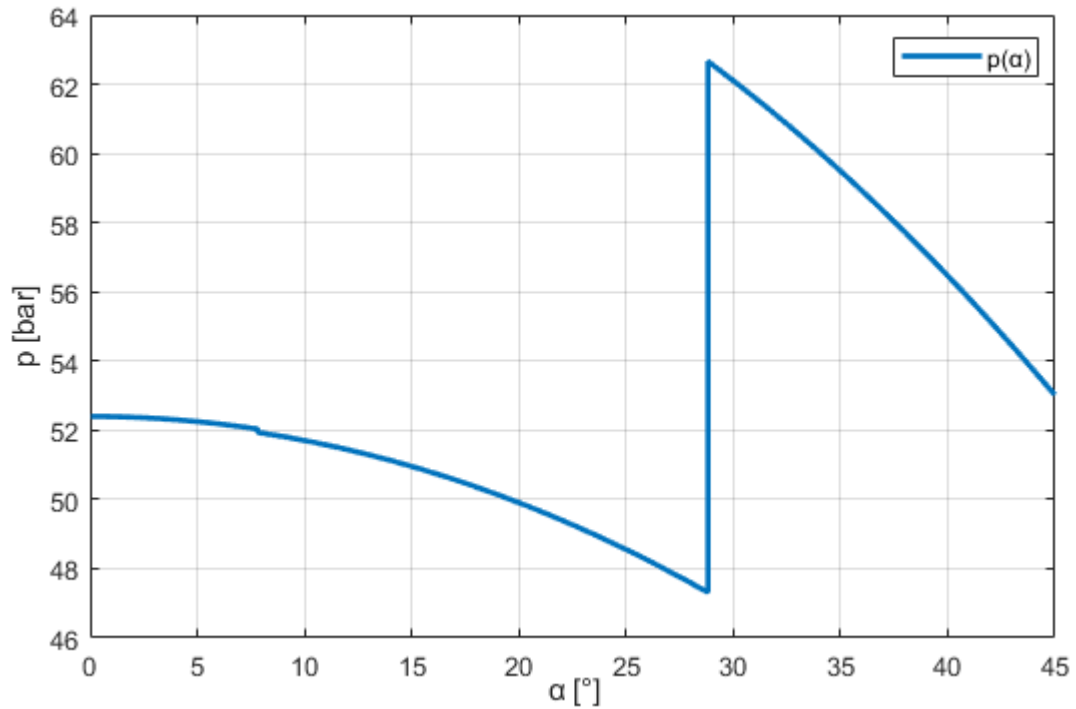
Budući da je model za stražnje i bočno kpanje u potpunosti jednak, osim iznosa parametara, očekuju se grafovi istih oblika.. U nastavku su prikazani grafovi:



Slika 32: Promjena protoka s obzirom na kut alfa



Slika 33: Promjena sile s obzirom na kut alfa



Slika 34: Promjena tlaka s obzirom na kut alfa

5.4 Diskusija rezultata i moguće poboljšanje

Kod oba procesa kivanja uočljivo je da protok zbog teleskopskog cilindra nije konstantan. Sustav bi se mogao poboljšati dodavanjem hidropneumatskog akumulatora odgovarajućeg volumena koji bi mogao usrednjiti potreban protok za kivanje te omogućiti proces kivanja u slučaju kada nema napajanja iz hidrauličkog agregata.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dan pregled primjene raznih varijanti kiper prikolica. Za jednu odabranu varijantu izrađen je računalni 3D model te je na temelju dinamike izvršen proračun potrebne sile za hidraulički cilindar. Izvršen je odabir odgovarajućeg hidrauličkog cilindra te je definiran potreban hidraulički sustav koji bi omogućio podizanje okvira prikolice za kipanje. Provedene su računalne simulacije stražnjeg i bočnog procesa kipanja. Rezultati simulacija su potvrdili da je izbor hidrauličkog cilindra odgovarajući i da ni u jednom trenutku predloženi hidraulički sustav nije bio preopterećen.

Iako su rezultati simulacije zadovoljavajući i očekivani, važno je uzeti u obzir da bi se realan sustav mogao ponašati nešto drugačije zbog uvedenih pretpostavki. Sljedeći korak istraživanja bio bi konkretan proračun šasije i izrada eksperimentalnog modela kojim bi se utvrdila točnost rezultata simulacije.

LITERATURA

- [1] <https://fliegl-baukom.de/en/> (27.7.2024.)
- [2] "An Automobile Dust-Cart". The Automotor and Horseless Carriage Journal, October 1897, p24
- [3] Wood, Donald (2001). Dump Trucks. 729 Prospect Ave. Osceola, WI 54020: MBI Publishing Company. pp. 6–9.
- [4] <https://www.meiller.com/en/company/about-meiller/> (8.8.2024.)
- [5] <https://pronar.pl/en/us/> (27.7.2024.)
- [6] <https://www.farmtech.eu/#/> (27.7.2024.)
- [7] <https://hittner.hr> (27.7.2024.)
- [8] <https://www.solidworks.com/> (11.8.2024.)
- [9] <https://www.cayirova.com.tr/tr-TR/Documentation/kataloglar/5> (8.8.2024.)
- [10] <https://www.zetor.com/> (16.8.2024.)
- [11] <https://www.deere.hr/hr/> (16.8.2024.)
- [12] <https://www.kramp.com/> (20.8.2024.)
- [13] S. Baskar, G. Sriram, S. Arumugam. Experimental Analysis on Tribological Behavior of Nano Based Bio-Lubricants using Four Ball Tribometer,
- [14] <https://www.argo-hytos.com/products/valves/directional-control-valves/sd2e-b2.html> (22.8.2024.)
- [15] https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Datasheet_D090_D100_20.05_EN_US.pdf (22.8.2024.)
- [16] <https://www.argo-hytos.com/products/valves/check-valves/vjo1-10s.html> (22.8.2024.)
- [17] <https://www.argo-hytos.com/products/valves/pressure-control-valves/sr1a-b2.html> (22.8.2024.)
- [18] <https://www.conrad.hr/hr/p/siemens-6es7212-1af40-0xb0-6es72121af400xb0-plc-kompaktna-cpu-jedinica-1737463.html#productDownloads> (22.8.2023.)
- [19] <https://www.conrad.hr/hr/p/panasonic-induktivni-blizinski-prekidac-12-x-7-1-mm-pnp-gx-h12a-p-505728.html> (22.8.2024.)
- [20] <https://www.bernstein.eu/en/products#/details/product/rope-pull-switches-standard/Rope%20pull%20switch%20RM> (30.8.2024)
- [21] <https://www.siko-global.com/en/product-detail-page/sgh25> (22.8.2024.)

PRILOZI

I. Matlab parametri

Stražnje kipanje:

$$l_1=2.2$$

$$l_2=2.2$$

$$l_c=1.86$$

$$J=53125$$

$$b=0.05$$

$$l_s=4.5$$

$$m=7500$$

$$g=9.80665$$

$$A_1=165.05$$

$$A_2=124.63$$

$$A_3=89.86$$

$$A_4=60.79$$

$$A_5=36.3$$

II. Matlab parametri

Bočno kipanje:

$$l_1=0.852$$

$$l_2=0.852$$

$$l_c=0.652$$

$$J=12500$$

$$b=0.05$$

$$l_s=2$$

$$m=7500$$

$$g=9.80665$$

$$A_1=165.05$$

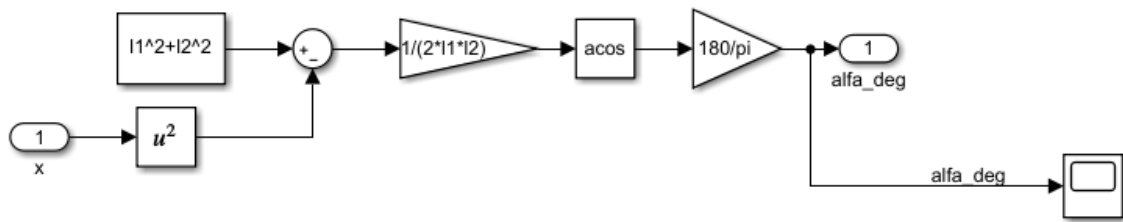
$$A_2=124.63$$

$$A_3=89.86$$

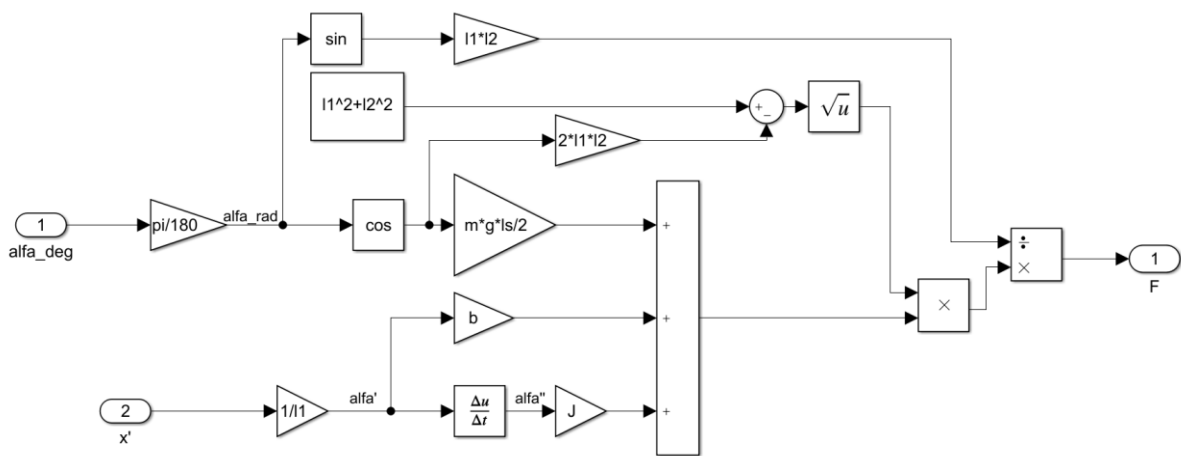
$$A_4=60.79$$

$$A_5=36.3$$

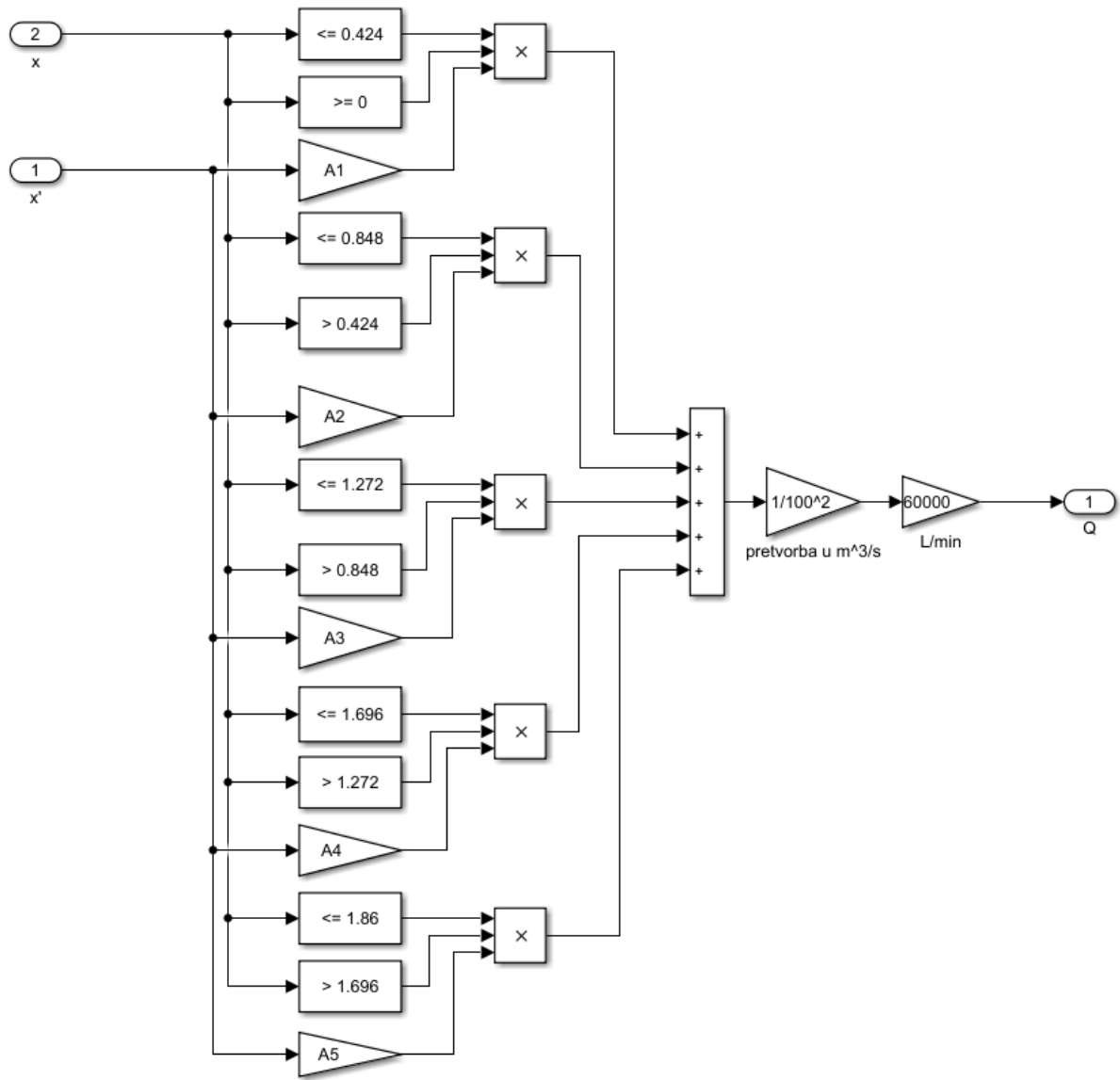
II. Simulink podsustavi



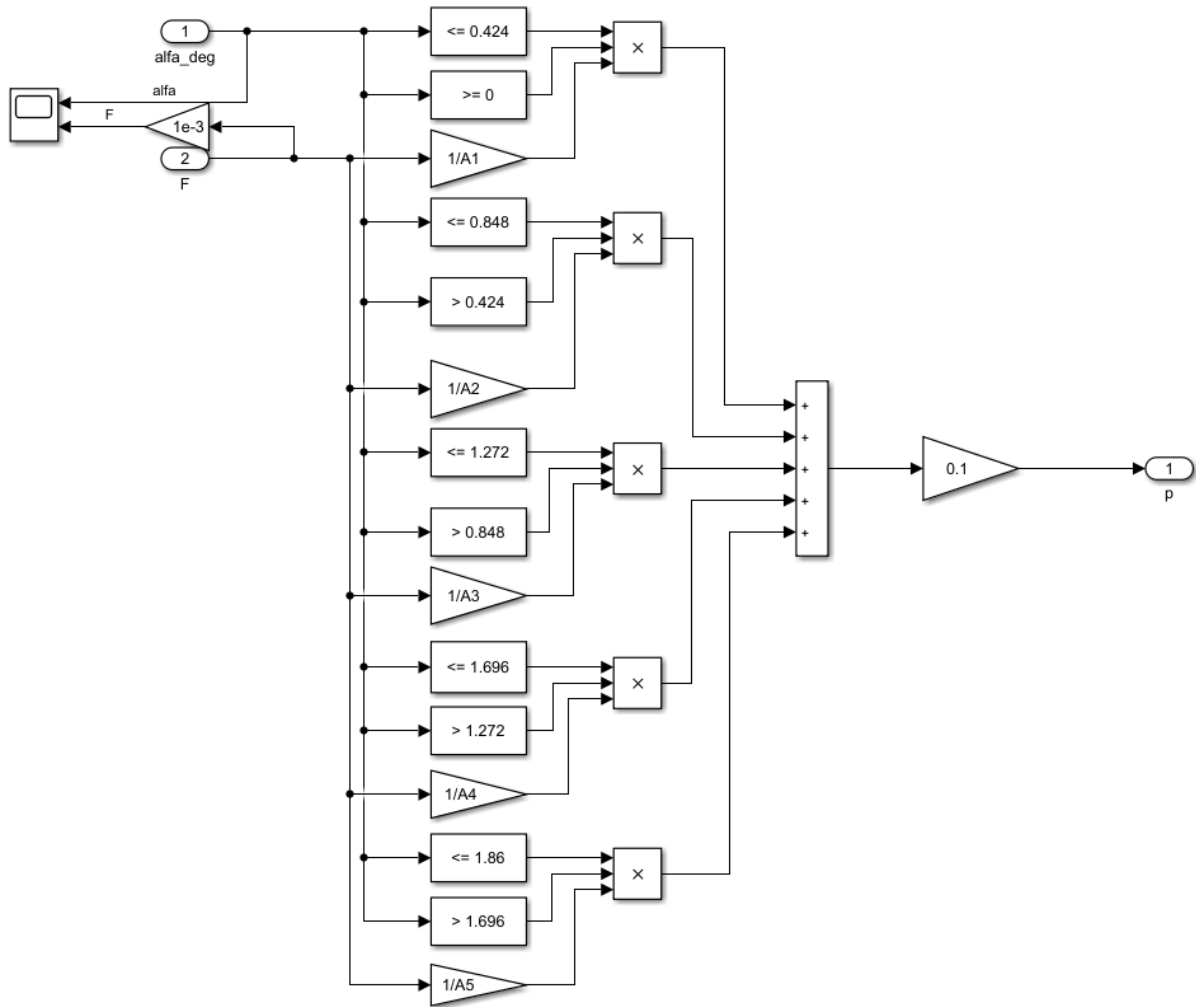
Slika 35: Podsustav x to alfa_deg



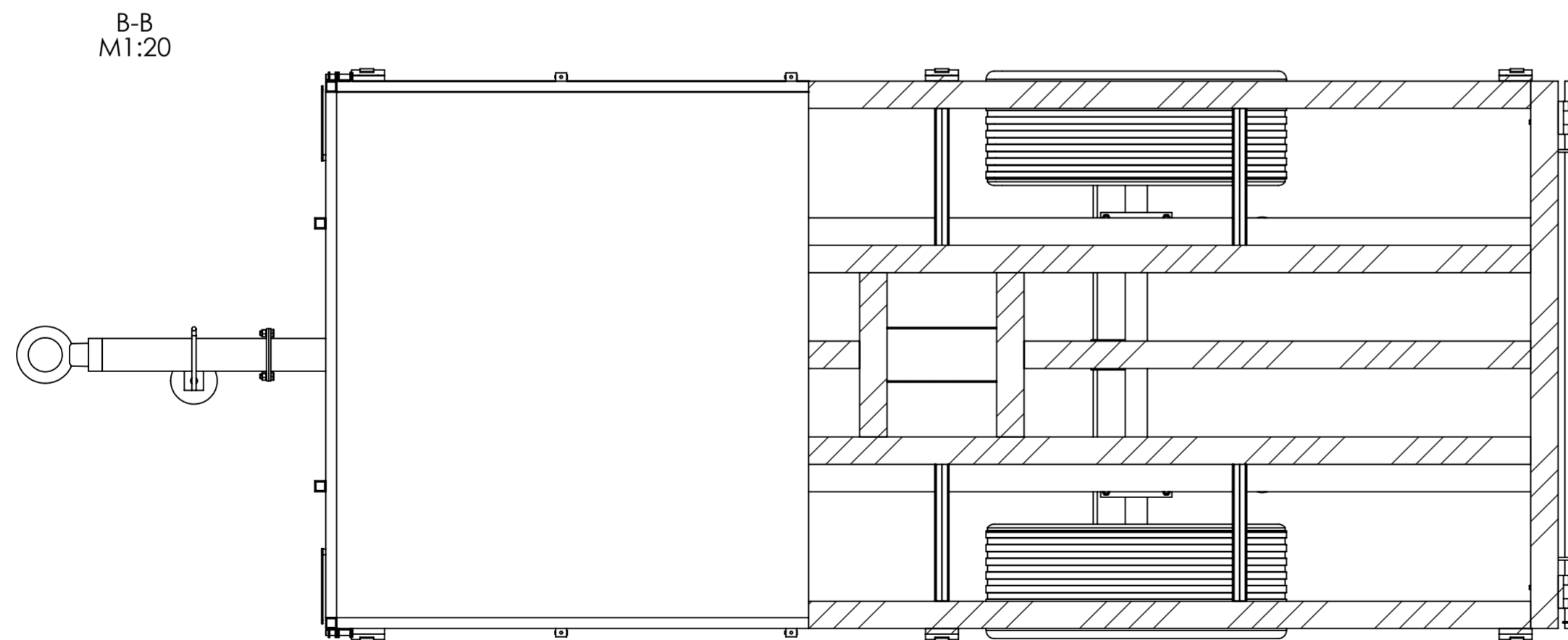
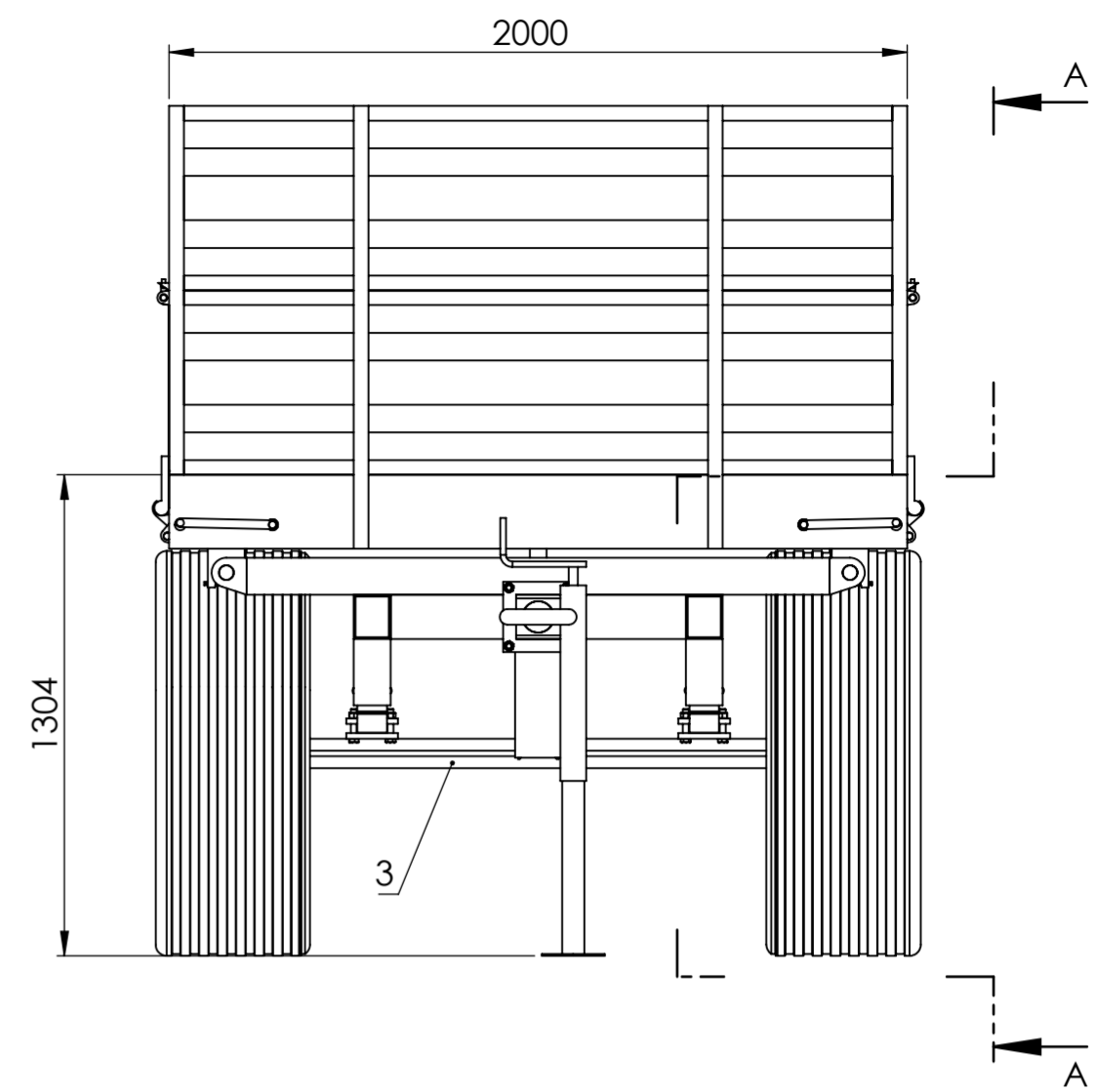
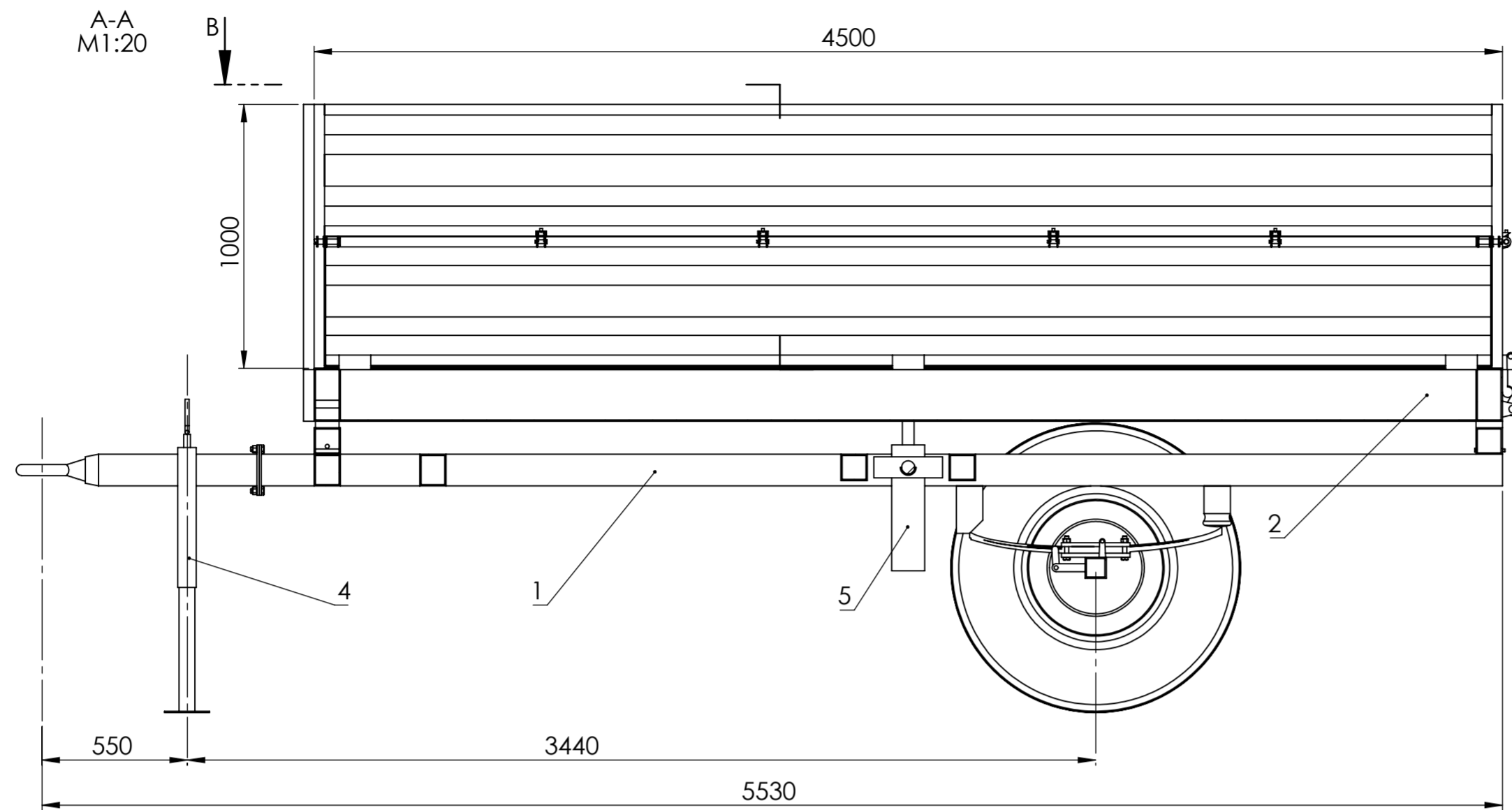
Slika 36: Podsustav izračuna sile F



Slika 37: Podsustav izračuna protoka



Slika 38: Podusustav izračuna tlaka



5	Teleskopski cilindar	1			Di Natale Bertelli	
4	Potporna noga	1			Cayirova 122310	
3	Osovina	1		S335JR	2070x1100x1100	307kg
2	Sanduk	1		S335JR	4500x2000x1200	1500kg
1	Šasija	1		S335JR	5530x1780x255	300kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
Projektirao		20.8.24.	Ivan Jandel			
Razradio		20.8.24.	Ivan Jandel			
Crtao		20.8.24.	Ivan Jandel			
Pregledao			Mihael Cipek			
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:			
			R. N. broj:			
Napomena:						Kopija
Materijal:		Masa: 2100kg	ZAVRŠNI RAD			
Mjerilo originala		Naziv: Jednoosovinska prikolica s trostranim kipanjem		Pozicija:	Format: A2	
M1:20		Crtež broj: 01_200824_IJ				Listova: 1
						List: 1