Samoutovarna traktorska prikolica za drvene trupce s gonjenim kotačima

Hojsak, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:761239

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Dario Hojsak

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Rudolf Tomić, dipl. ing.

Student:

Dario Hojsak

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Dario Hojsak** Mat. br.: 0035196755

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Samoutovarna traktorska prikolica za drvene trupce s gonjenim kotačima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Self-loading tractor lumber trailer with a drive axle**

Opis zadatka:

Samoutovarne traktorske prikolice su danas jedan od standardnih alata u eksploataciji šumskog dobra. Glavna namjena im je transport drvenih trupaca s mjesta sječe do stovarišnog mjesta koja služe kao međuskladište sirovine (drvenih trupaca) prije transporta do mjesta konačne prerade. Da bi se takvim specijaliziranim prikolicama mogao vršiti transport po teškom šumskom terenu, okvir i podvozje (osovine) moraju biti robusne izvedbe i moraju omogućiti dobro praćenje podloge po kojoj se vozni slog (traktor i prikolica) kreće. Kako bi se povećala pokretljivost voznog sloga, na prikolicu se ugrađuju dodatni pogonski sustavi koji omogućuju da se po potrebi poveća broj pogonskih osovina voznog sloga.

U okviru diplomskog rada potrebno je:

- Napraviti pregled uobičajenih izvedbi samoutovarnih traktorskih prikolica za drvene trupce tehničke kategorije R3 (zbroj najvećih tehnički dopuštenih osovinskih opterećenja prelazi 3500 kg, ali ne prelazi 21000 kg) po najvećoj tehnički dopuštenoj masi i tehničkim rješenjima s kojima se pokušala povećati pokretljivost i uporabljivost prikolice.
- Definirati listu zahtjeva za samoutovarnu traktorsku prikolicu za drvene trupce s gonjenim kotačima i odabrati projektne parametre zasnovane na analizi postojećih rješenja.
- Predložiti više varijanti rješenja te ih vrednovati i usporediti prema kriterijima koji se odnose na eksploatacijske značajke, pouzdanost i proizvodnu cijenu.
- Odabranu varijantu rješenja razraditi pri čemu je potrebno odabrati odgovarajuće kupovne komponente i sustave koji se ugrađuju na prikolicu, dimenzionirati nosive elemente prikolice i proračunski provjeriti kritična mjesta nosive strukture prikolice.
- Izraditi 3D CAD računalni model prikolice i pripadajuću tehnički dokumentaciju.

Pri izradi rada se treba pridržavati uobičajenih pravila za izradu diplomskog rada. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
27. rujna 2018.	29. studenog 2018.	5., 6. i 7. prosinca 2018.

Zadatak zadao: Predsjednica Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Rudolf Tomić Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koriste**ć**i znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se Doc. dr. sc Rudolfu Tomiću na ukazanom povjerenju, strpljenju i pruženim savjetima tijekom izrade rada.

Isto tako, zahvaljujem se svojoj obitelji, djevojci i svim prijateljima na pruženoj podršci tijekom proteklih godina studiranja.

Dario Hojsak

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. PREGLED ŠUMSKIH PRIKOLICA I DIZALICA 2

2.1. Podjela prikolica 5

2.1.1. Prikolice za prijevoz komadnog tereta 5

2.2. Zahtjevi na samoutovarnu šumsku prikolicu 6

2.3. Dizalica za podizanje tereta 7

3. ANALIZA TRŽIŠTA 10

3.1. Ponuda tržišta 10

3.1.1. Ponuda prikolica bez vlastitog pogona 10

3.1.1.1. Pronar T644/1 traktorska prikolica 11

3.1.1.2. BMF traktorska prikolica 11

3.1.1.3. Hittner šumarska prikolica 13

3.1.2. Ponuda prikolica s vlastitim pogonom 14

3.1.2.1. Krpan traktorska prikolica 16

3.1.2.2. Projernac traktorska prikolica 17

3.1.3. Tablična usporedba prikolica različitih proizvođača 19

3.2. Pregled primjenjivanih materijala u izradi prikolica 19

3.2.1. Konstrukcijski čelici 19

3.2.1.1. Svojstva konstrukcijskih čelika 19

3.2.2. Čelici povišene čvrstoće 20

3.2.2.1. WELDOX 700 čelik povišene čvrstoće 21

4. MOGUĆA KONCEPCIJSKA RJEŠENJA 22

4.1. Traženje rješenja za izvršenje određenih funkcija 22

4.2. Morfološka matrica 23

5. ANALIZA SILA NA TRAKTOR 28

5.1. Vanjske sile koje djeluju na traktor 28

5.1.1. Otpor uspona, Wu 28

5.1.2. Otpor kotrljanja Wk 30

5.2. Transport tereta vučnim traktorom i prikolicom 31

5.3. Usporedba bez pogonske osovine i s pogonskom osovinom na prikolici 32

5.3.1. Osovina bez pogona 32

5.3.2. Pogonska osovina ... 33
5.4. Analiza vučnih sila traktora ... 33
6. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA PRIKOLICE ... 38
6.1. Odabir standardnih dijelova i sklopova ... 38
6.1.1. Hidromotori ... 39
6.1.2. Naplatci ... 42
6.1.3. Gume ... 43
6.1.4. Radna kočnica ... 45
6.1.5. Svjetlosna signalizacija ... 46
6.1.5.1. Pozicijska, kočna svjetla, pokazivači smjera i svjetla za reg. oznaku ... 46
6.1.5.2 Kadiopteri ... 47
6.1.5.3. Električna utičnica za osvjetljenje ... 48
6.1.5.4. Sigurnosni reflektirajući trokut za spora vozila ... 48
6.1.7. Razvodni ventil ... 49
6.1.8. Dizalica za utovar višemetrica ... 51
6.1.8.1. Hidraulična shema dizalice za utovar ... 54
6.1.9. Proračun hidraulične pumpe ... 55
6.1.9.1. Pogon hidraulične pumpe ... 58
6.1.10.Shema hidrauličnog sustava ... 60
6.2. Oblikovanje i proračun nestandardnih dijelova ... 61
6.2.1. Opterećenja na šasiju okomito na uzdužnu os ... 61
6.2.1.1. Vučna spojnica ... 63
6.2.1.2. Stabilizator za prikolicu ... 65
6.2.2. Vučne sile i otpori vožnje ... 66
6.2.3. Proračun nosivih elemenata ... 67
6.2.3.1 Proračun uzdužnih RHS profila ... 68
6.2.3.2. Proračun ruda ... 69
6.2.4. Proračun zavara ... 70
6.2.4.1. Zavar spoja prirubne ploče i kvadratnog profila ruda ... 70
6.2.5. Određivanje opterećenja i proračun vertikalnog nosača ... 72
6.2.6. Proračun svornjaka grede ovjesa ... 74
6.2.7. Proračun kliznih ležajeva ... 76
6.2.8. Proračun čahure grede ovjesa ... 77

6.2.9. Proračun hidrocilindra za pomicanje osovine 80

7. PRIKAZ KONAČNOG RJEŠENJA 82

8. ZAKLJUČAK 84

9. LITERATURA 85

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikolica iz samogradnje 2
Slika 2. Prikolica s hidrauličnom dizalicom u primjeni 3
Slika 3. Suvremena samoutovarna šumska prikolica s traktorom [3] 4
Slika 4. Samoutovarna šumska prikolica u radu [3] 4
Slika 5. Dizalica sa sastavnim dijelovima [4] 8
Slika 6. Prikaz toka energije kroz hidraulički sustav [5] 9
Slika 7. Pronar traktorska prikolica [6] 11
Slika 8. BMF traktorska prikolica [7] 12
Slika 9. Hittner H-10 traktorska prikolica [8] 13
Slika 10. Hidromotor na šumarskoj prikolici [3] 14
Slika 11. Black Bruin B200 hidromotor za prikolice [3] 15
Slika 12. Pogon kotača oblikom preko pneumatika 16
Slika 13. Krpan traktorska prikolica [9] 16
Slika 14. Projernac HD22184 traktorska prikolica [10] 18
Slika 15. Feritno-perlitna mikrostruktura sitnozrnatog čelika [11] 20
Slika 16. Funkcijska struktura 23
Slika 17. Sile otpora koje djeluju na vozilo prilikom uspona 29
Slika 18. Oblici kretanja kotača po podlozi [14] 30
Slika 19. Fizikalne karakteristike u kontaktu pneumatik – podloga [17] 30
Slika 20. Prikaz vučenog kotača [19] 33
Slika 21. Prikaz vučenog kotača [19] 33
Slika 22. Sile kod uspona traktora s priključkom prikolice na poteznici [16] 34
Slika 23. Black Bruin hidromotor [20] 39
Slika 24. Glavni dijelovi hidromotora [20] 40
Slika 25. Princip rada hidromotora [20] 41
Slika 26. Odabrani naplatak [21] 43
Slika 27. Izgled odabrane gume [22] 44
Slika 28. Bubanjska kočnica u sklopu s hidromotorom [24] 45
Slika 29. Black Bruin bubanjska kočnica [24] 45
Slika 30. Slika kombiniranog signalizacijskog uređaja [23] 47
Slika 31. Odabrani prednji kadiopter [23] 47
Slika 32. Odabrani stražnji kadiopter [23] 48
Slika 33. Električna utičnica [23] 48

Slika 34. Reflektirajući trokut za spora vozila [23] 49
Slika 35. Razvodni ventil [26] 49
Slika 36. Shema spajanja ventila s hidromotorima [26] 50
Slika 37. Palms 670 dizalica [27] 51
Slika 38. Podizna snaga na različitim udaljenostima [27] 52
Slika 39. Radno područje dizalice [27] 53
Slika 40. Dimenzije dizalice Palms [27] 53
Slika 41. Hidraulična shema dizalice [27] 54
Slika 42. Mjerna skica odabrane hidraulične pumpe 56
Slika 43. 3D CAD model pumpe 57
Slika 44. Mjerna skica adaptera 58
Slika 45. PTO adapter 58
Slika 46. PTO izlaz na traktoru [34] 59
Slika 47. Tipovi PTO izlaza [35] 59
Slika 48. Shema hidrauličnog sustava 60
Slika 49. Dijagram uzdužnog opterećenja šasije 62
Slika 50. Mjerna skica vučnog oka [29] 64
Slika 51. 3D CAD model vučnog oka 64
Slika 52. Odabrani stabilizator s mjernom skicom [21] 65
Slika 53. Šasija prikolice 67
Slika 54. Odabrani profil šasije 68
Slika 55. Odabrani profil ruda 70
Slika 56. Sile koje djeluju na prirubnu ploču 71
Slika 57. Presjek zavara prirubne ploče i kvadratnog profila 71
Slika 58. Prikaz opterećenja vertikalnih nosača 72
Slika 59. Presjek vertikalnog nosača 73
Slika 60. Opterećenje svornjaka grede ovjesa 74
Slika 62. Opterećenje ležajeva grede ovjesa 76
Slika 63. Opterećenje čahure grede ovjesa 77
Slika 64. Opterećenja za izračun sile trenja 80
Slika 65. Mjerna skica hidrocilindra [33] 81
Slika 66. 3D prikaz prikolice s prednje strane 82
Slika 67. 3D prikaz prikolice sa stražnje strane 83
Slika 68. 3D prikaz prikolice s bočne strane 83

POPIS TABLICA

Tablica 1. Zahtjevi na samoutovarnu šumsku prikolicu 6
Tablica 2. Tehničke karakteristike prikolice Pronar T644/1 [6] 11
Tablica 3. Tehničke karakteristike prikolice BMF 81 + dizalice BMF 835 [7] 12
Tablica 4. Raznovrsnost ponude BMF proizvođača prikolica i dizalica [7] 13
Tablica 5. Tehničke karakteristike prikolice Hittner H-10 [8] 14
Tablica 6. Tehničke karakteristike prikolice Krpan GP 8 D + dizalice GD 6,4 K [9] 17
Tablica 7. Raznovrsnost ponude Krpan proizvođača prikolica [9] 17
Tablica 8. Tehničke karakteristike prikolice Projernac HD22184 [10] 18
Tablica 9. Usporedba različitih prikolica 19
Tablica 10. Mehanička svojstva Weldox 700 čelika [13] 21
Tablica 11. Potrebne funkcije 24
Tablica 12. Morfološka matrica 24
Tablica 13. Ocjenjivanje koncepata 27
Tablica 14. Tehničke karakteristike hidromotora [20] 41
Tablica 15. Dodatni potrebi elementi uz hidromotor [20] 42
Tablica 16. Zahtjevi za naplatak 42
Tablica 17. Tehničke karakteristike naplatka [21] 43
Tablica 18. Zahtjevi za gume 44
Tablica 19. Tehničke karakteristike odabrane gume [22] 44
Tablica 20. Tehničke karakteristike kočnice [20] 46
Tablica 21. Tehničke specifikacije ventila [26] 49
Tablica 22. Tehničke karakteristike dizalice [27] 52
Tablica 23. Tehnički zahtjevi za hidromotor 56
Tablica 24. Tehničke karakteristike odabrane pumpe 57
Tablica 25. Tipovi i dimenzije izlaznih vratila 60
Tablica 26. Mehanička svojstva čelika S355JR [28] 61
Tablica 27. Tehničke karakteristike vučnog oka [29] 64
Tablica 28. Tehničke karakteristike stabilizatora [21] 65
Tablica 29. Tehničke karakteristike profila RHS 200x100x8 [30] 68
Tablica 30. Tehničke karaktersitike profila SHS 180x8 [30] 69
Tablica 31. Tehničke karakteristike hidrocilindra [33] 81
Tablica 32. Tehničke karakteristike prikolice 82

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

001_2018_DH	Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima
002_2018_DH	Šasija – zavarivački
003_2018_DH	Greda ovjesa
004_2018_DH	Nosač grede ovjesa
005_2018_DH	Rudo
006_2018_DH	Zaštita
007_2018_DH	Štica

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
a	mm	debljina zavar
A	mm^2	površina poprečnog presjeka
D	cm^3/okr	radna zapremnina hidromotora
f_k	-	faktor otpora kotrljanja
F_A	N	vertikalna sila na vučnom oku
F_B	N	vertikalna sila na osovinu
F_K	N	sila otpora kotrljanja, sila na prikolicu uslijed djelovanja težine prikolice s teretom
F_{tr}	N	sila trenja
F_S	N	vertikalna sila u stabilizatoru
F_u	N	sila otpora uspona
F_V	N	vučna sila
F_{vij}	N	sila u vijku
G_{pr}	N	težina pune prikolice
G_{UK}	N	ukupna težina
h	mm	duljina zavara
l	mm	dimenzija prikolice
m_{pr}	kg	masa prazne prikolice
$m_{ša}$	kg	masa šasije bez osovine
m_{te}	kg	masa tereta
m_{uk}	kg	ukupna masa
M	Nm	moment savijanja
q	N/m	opterećenje šasije po dužnom metru
R_e	MPa	granica elastičnosti materijala
$R_{p0.2}$	MPa	konvencionalna granica elastičnosti materijala
W	mm^3	moment otpora presjeka
γ	^{o}	kut nagiba nizbrdice
μ	-	faktor trenja
σ_{dop}	MPa	dopušteno normalno naprezanje
σ_{ekv}	MPa	ekvivalentno (reducirano) naprezanje
σ_f	MPa	naprezanje na savijanje
σ_v	MPa	naprezanje na vlak
τ_{dop}	MPa	dopušteno smično naprezanje
τ	MPa	smično naprezanje

SAŽETAK

Ovim radom napravljen je pregled uobičajenih izvedbi samoutovarnih traktorskih prikolica za drvene trupce tehničke kategorije R3 (zbroj najvećih tehnički dopuštenih osovinskih opterećenja prelazi 4500 kg, ali ne prelazi 21000 kg). Zatim smo definirali listu zahtjeva za samoutovarnu prikolicu i odabrani su projektni parametri zasnovani na analizi postojećih rješenja. Odabrano je najprikladnije rješenje prema kriterijima koji se odnose na eksploatacijske značajke, pouzdanost i proizvodnu cijenu.

Samoutovarne traktorske prikolice su danas jedan od standardnih alata u eksploataciji šumskog dobra. Glavna namjena im je transport drvenih trupaca s mjesta sječe do stovarišnog mjesta koja služe kao međuskladište sirovine (drvenih trupaca) prije transporta do mjesta konačne prerade. Da bi se takvim specijaliziranim prikolicama mogao vršiti transport po teškom šumskom terenu ovi radom prikolica je dimenzionirana tako da su okvir i podvozje (osovine) robusne izvedbe i omogućuju dobro praćenje podloge po kojoj se vozni slog kreće (traktor i prikolica). Kako bi se povećala pokretljivost voznog sloga, na prikolicu je ugrađen dodatni pogonski sustav koji omogućuje da se po potrebi poveća broj pogonskih osovina voznog sloga.

Odabrana varijanta rješenja je razrađena, te je izrađena tehnička dokumentacija.

Ključne riječi: prikolica, šuma, hidromotor, dizalica, traktor.

SUMMARY

In this thesis, a review of commonly designed self-loading tractor trailers for wooden logs in R3 technical classes (the sum of technically maximum permissible loads lies between 4500 and 12000 kg) has been represented. Afterwards, a list of demands for the self-loading tractor trailer has been defined altogether with chosen project parameters based on analysis of the existing solutions. Taking into the account criteria such as exploitation features, reliability and production cost, the most suitable solution has been chosen.

Self-loading tractor trailers are nowadays one of the standard tools used in exploitation of forest goods. Their main purpose is the transport of wooden logs from harvesting location to warehouse location which is used as intermediate storage (of wooden logs) before transport to the location of the final processing stage. In order to complete a successful transportation on heavy forest ground with these specialized trailers, the trailer in this thesis is dimensioned in a way that the frame and chassis are robust and therefore enabling good tracking of the surface on which the assembly (tractor and the trailer) is moving. In order to achieve an increased movability of the assembly, an additional powertrain has been implemented in the design of the trailer which enables an additional number of shafts in the system, if necessary.

The selected version of the solution has been elaborated and the supporting technical documentation has been presented.

Key words: *trailer, forest, hidromotor, crane, tractor.*

1. UVOD

U današnje vrijeme, ali i u prošlosti, bavljenje šumarstvom u Republici Hrvatskoj ima veliki značaj i tradiciju, razlog tome je ponajviše zbog bogatih resursa vezanim uz šume na ovim prostorima. Cilj nam je poznavati šume i šumske ekosustave, te znati njima gospodariti kako bi nam bili na opću korist pojedinca ali i samog društva.

Nekada su se za potrebe u šumarstvu i prijevozu drva koristile životinje, no pred kraj 60-ih godina prošlog stoljeća počela je primjena tzv. traktorskih skupova. Pod pojmom traktorski skup podrazumijeva se poljoprivredni traktor sa šumskom prikolicom i ugrađenom dizalicom. Traktorski skup je jeftinije vozilo od specijaliziranih šumskih vozila, što izravno utječe na smanjenje troška po jedinici proizvoda.

Danas traktorske prikolice pridonose većoj iskoristivosti traktora i postaje ključan segment koji je potreban svakom traktoru. Traktorske prikolice se uvelike koriste u šumarstvu, poljoprivredi, građevinarstvu, rudarstvu.., te kao takve zauzimaju sve šire mjesto korištenja. Razlog tome je što specijalizirana vozila za prijevoz različitih sirovina i materijala mogu biti veoma skupa, dok se prikolica kao priključak za traktor može nesmetano odvojiti od traktora i sam traktor koristiti u druge namjene.

Traktorske prikolice su često korištene iz razloga što su u prednosti u odnosu na grupe ostalih prikolica za vuču osobnim i teretnim vozilima. Prednost polazi iz činjenice da su traktorske prikolice prilagođene za upotrebu na prometnicama ali su namijenjene i u upotrebi na zahtjevnom šumskom terenu. Traktorske prikolice su prilikom svoje eksploatacije podvrgnute veoma zahtjevnim terenima, a samim time i opterećenjima. Važno je da prikolica bude robusna i pravilno dimenzionirana da se može nositi sa svim zahtjevima za koje je namijenjena i da u konačnici krajnji korisnik bude zadovoljan.

Ovim radom bit će detaljno prikazano dimenzioniranje i sama konstrukcijska izvedba prikolice za odabranu nosivost. Kod koncipiranja zahtjeva i potreba najviše pažnje će biti usmjereno na što veću iskoristivost traktora i mogućnosti same prikolice uz zadovoljavanje Pravilnika o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama.[1] kako bi se prikolica mogla homologirat i koristiti na prometnicama. Pravilnikom o utvrđivanju sukladnosti traktora za poljoprivredu i šumarstvo NN 1/16 i 60/16 [2], odabrana prikolica podliježe kategoriji R3 koja obuhvaća prikolice kod kojih zbroj tehnički dopuštenih masa po osovini prelazi 3500 kg, ali nije veći od 21000 kg.

2. PREGLED ŠUMSKIH PRIKOLICA I DIZALICA

Traktorske prikolice najčešće se u upotrebi koriste za prijevoz drvene građe i drva za ogrijev. Prikolice za prijevoz drva možemo često vidjeti na cestama u područjima gdje postoji tradicija i potreba obavljanja šumarskih poslova sječe i transporta drvenih višemetrica i drva za ogrjev. U našim krajevima za potrebe domaćinstva popularna je i samogradnja traktorskih prikolica za prijevoz metrica za ogrjev. Takve prikolice najčešće su izrađene od 2 uzdužno postavljena U profila i nekoliko poprečnih. Šasija je na kraju zavarena na osovinu najčešće od nekog gospodarskog vozila N1 (ili N2) kategorije, za manje dimenzije prikolica koristi se zadnja osovina automobila.



Slika 1. Prikolica iz samogradnje

Jasno je da u velikim šumarskim pogonima ili u većim obiteljskim gospodarstvima potreba za profesionalnom opremom velika. Razlog tome je potrebna visoka učinkovitost u obavljanju posla u što kraćem vremenu, takvi korisnici odluče se za kupnju samoutovarne šumske prikolice za prijevoz višemetrica[1]. U alpskim i brdovitim krajevima gdje dolazi do ekstremnog terena potrebna je još posebnija i zahtjevnija oprema u obavljanu željenog posla, pa se stoga oprema za šumarstvo neprestano razvija kako bi se ubrzao i olakšao rad. Brži rad doprinosi i manjim troškovima u eksploataciji i većim dobicima u proizvodnji drvene građe.

[1] višemetrica – trupci stabala

Početkom 90-tih godina počinje intenzivno traženje optimalnog traktorskog skupa. Na temelju toga ljudi su bili primorani osmisliti nešto što je bilo jeftino i funkcionalno kako bi mogli prevoziti veće količine višemetrica. Na slici 2. možemo vidjeti samogradnju traktorske prikolice s hidrauličkom dizalicom.



Slika 2. Prikolica s hidrauličnom dizalicom u primjeni

Mehaničke dizalice na šumskim poluprikolicama zamjenjuju hidrauličnim dizalicama, čime se omogučuje dizanje težih višemetrica te ergonomski povoljnije hidraulično, a poslije i elektrohidraulično upravljanje. Prikazane prikolice iz samogradnje bile su preteće današnjih. Na slici 3. i slici 4. možemo vidjeti jednu suvremenu traktorsku prikolicu u eksploataciji.



Slika 3. Suvremena samoutovarna šumska prikolica s traktorom [3]



Slika 4. Samoutovarna šumska prikolica u radu [3]

2.1. Podjela prikolica

Službena podjela traktorskih prikolica u RH definirana je Pravilnikom o utvrđivanju sukladnosti traktora za poljoprivredu i šumarstvo NN 74/11 [1]. U praksi traktorske se prikolice dijele prema broju osovina i namjeni. Prema broju osovina traktorske prikolice su najčešće jedno ili dvoosovinske uz dodatak tzv. tandem prikolica koje se spajaju jedna za drugom u tzv. vozni slog. Prema namjeni traktorske prikolice dijele se na:

- traktorske prikolice za prijevoz rastresitog tereta,
- traktorske prikolice za prijevoz komadnog tereta.

Kako se u ovom radu govori o šumskim prikolicama, odnosno prikolicama za prijevoz komadnog tereta, nećemo detaljnije proučavati prikolice za prijevoz rastresitog tereta.

2.1.1. Prikolice za prijevoz komadnog tereta

Za razliku od prikolica za prijevoz rastresitog tereta prikolice iz ove skupine su relativno jednostavnog izgleda no, iako najčešće imaju manje konstrukcijskih dijelova, nikako se ne može tvrditi kako su zbog toga i jednostavne za konstruiranje i izradu. Zbog uvjeta korištenja, koji su kod ove grupe prikolica često teški terenski uvjeti ove prikolice ispunjavaju vrlo visoke zahtjeve na sigurnost i stabilnost pri upotrebi u stanju potpune nosivosti. Traktorske prikolice za prijevoz komadnog tereta koje su najčešće u upotrebi koriste se za prijevoz drvene građe, drva za ogrjev, baliranog otkosa i za prijevoz stoke na manje udaljenosti.

Prikolica za prijevoz višemetrica predstavlja najzastupljeniju skupinu traktorskih prikolica za prijevoz komadnog tereta. Takve prikolice vrlo su česta pojava na područjima gdje postoji tradicija i potreba obavljanja šumarskih poslova sječe i transporta drvenih trupaca i drva za ogrjev.

2.2. Zahtjevi na samoutovarnu šumsku prikolicu

Svaka samoutovarna šumska prikolica mora zadovoljiti neke zahtjeve. Neki od najčešće traženih zahtjeva samoutovarnih šumskih prikolica su prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Zahtjevi na samoutovarnu šumsku prikolicu

Redni broj	Zahtjevi	Opis
1.	Rudo s mogućnošću hidrauličkog pomicanja	Rudo se može pomicati u uzdužnoj osi, radi smanjenja kruga okretanja, odnosno radi bolje manevarske sposobnosti.
2.	Potporne noge (stabilizatori)	Služe kao oslonci kako bi se prilikom utovara prikolice dobila bočna stabilnost.
3.	Hidraulična dizalica za utovar s mogućnošću okretanja oko vertikalne osi	Mogućnost okretanja dizalice oko vlastite osi za 370°, najčešće se odabire nosivosti dizalice na dosegu od 4 m.
4.	Gume sa što više platana	Veći broj platana doprinosi većoj nosivosti i čvrstoći gume, što je bitno kod nepovoljnih radnih uvjeta u kakvim se nalaze šumske prikolice.
5.	Mogućnost kombiniranja štica	Time dobivamo više mogućnosti prijevoza tereta različite duljine uz istu stabilnost i učinkovitost.
6.	Kočioni sustav	Postoje dva sustava, to je sustav s zračnim kočnicama ili hidrauličke kočnice, prema analizi odabire se adekvatan.

Redni broj	Zahtjevi	Opis
7.	Mogućnost pomicanja osovine	Mijenja raspodjelu opterećenja u osloncima (traktor – osovina prikolice) i manevarske mogućnosti. Duljina tereta je definirana dopuštenim prevjesom.
8.	Prilagodljivo podvozje	Podvozje se lako prilagođava svim neravninama na lošem terenu, te omogućava lakšu prohodnost.
9.	Zaštita u slučaju pomicanja tereta	Prilikom kočenja na prednju zaštitu prema [28] djeluje sila od 0.8 G [N], dok na bočne štice prilikom vožnje u zavoju djeluje sila od 0.5 G [N].
10.	Svijetlosna oprema	Neophodna je kako bi prikolica bila u mogućnosti proći tehnički pregled, te se u konačnici naći u prometu.

Prema Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama [2] definirano je koje sve uređaje prikolica treba sadržavati da bi se mogla atestirati. To je definirano kroz nekoliko stavaka i članaka navedenog dokumenta. Pa će se i na temelju toga odabrati različiti uređaji kako bi se prikolica mogla u konačnici i atestirati za sudjelovanje u prometu.

2.3. Dizalica za podizanje tereta

Dizalica na prikolici bi se koristila za podizanje i spuštanje tereta. Teret bi bilo potrebno podići s razine poda, okrenuti i spustiti u teretni prostor prikolice. Najpopularnije rješenje na šumskim prikolicama jest upotreba okretne zglobne dizalice koja se pričvršćuje na trup prikolice.

Osnovni dijelovi dizalice su:

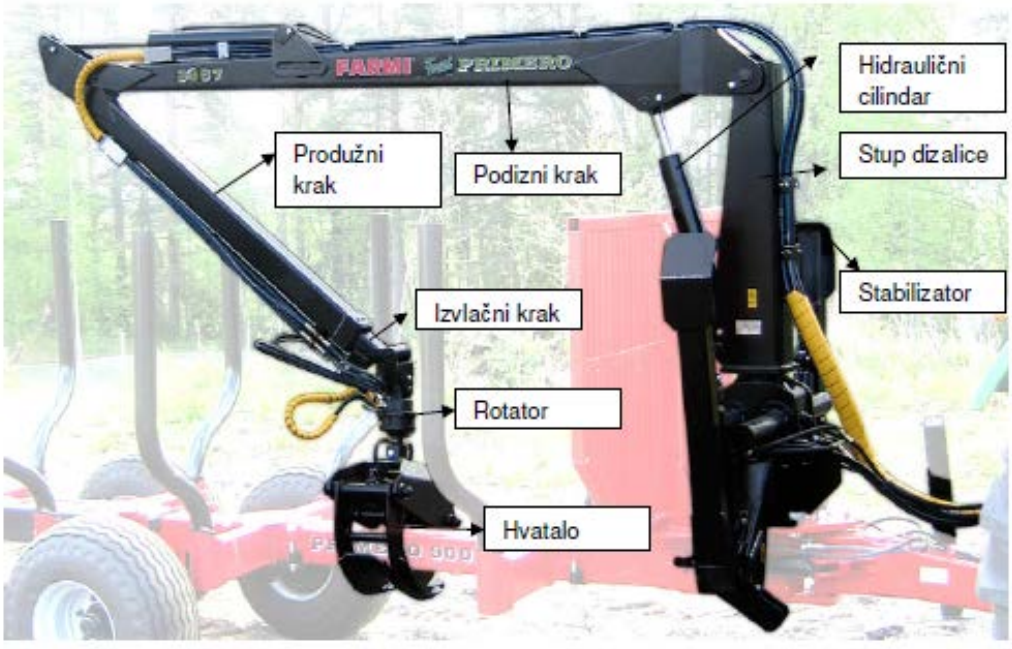
- okretni stup,
- produžni krak,
- podizni krak,
- izvlačni krak,
- hvatalo,
- rotator.

Okretni stup, kao što i sam naziv kaže, služi uglavnom za okretanje same dizalice za određeni kut. Dno okretnog stupa je nazubljeno s vanjske strane te se naslanja na nazubljenu letvu. Pomicanjem nazubljene letve u lijevu ili desnu stranu pod utjecajem tlaka ulja u hidrauličkom cilindru okreće se i stup dizalice.

Podizni je krak dio dizalice koji se nastavlja na okretni stup i služi za podizanje samoga tereta. Podizni se krak pokreće s dva hidraulička cilindra koja se nalaze na okretnom stupu dizalice.

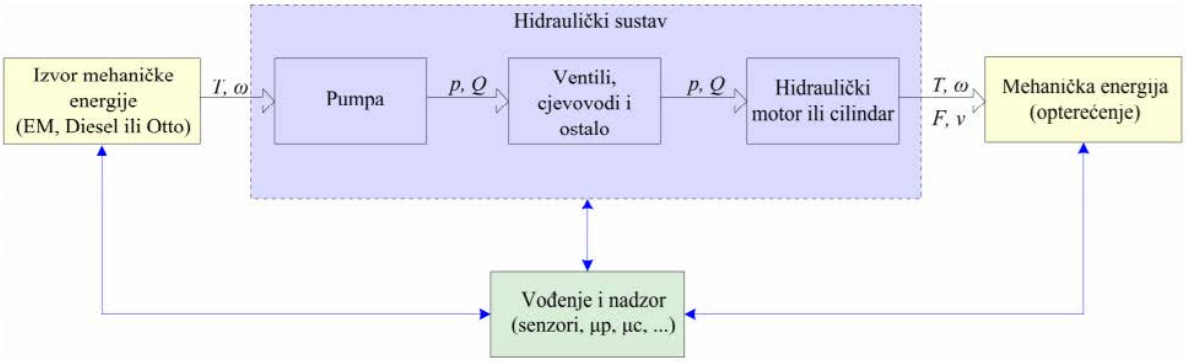
U nastavku podiznog kraka nalazi se produžni krak koji se također pokreće na isti način. Kod pojedinih tipova dizalice u produžnom se kraku nalazi izvlačni krak. Njegovim se izvlačenjem pomoću hidrauličkih cilindara omogućuje veći doseg dizalice.

Na kraju se dizalice nalazi rotator i hvatalo. Rotator je hidromotor koji omogućuje okretanje hvatala oko svoje osi. Otvaranje i zatvaranje hvatala također je omogućeno hidrauličkim cilindrima. Na slici 5. prikazana je dizalica sa sastavnim dijelovima koji su opisani ranije.



Slika 5. Dizalica sa sastavnim dijelovima [4]

Hidraulička pumpa se pogoni preko PTO (Power take off) izlaza na traktoru, uz pomoć kardanskog vratila, koji je preko transmisije povezan s motorom traktora. Hidraulička pumpa stvara tlak ulja u zatvorenom sustavu te se ulje pod tlakom provodi hidrauličkim vodovima do hidrauličkih cilindara ili hidromotora te se njihovim radom pokreće pojedini dio hidrauličkih cilindara, odnosno dizalice.



Slika 6. Prikaz toka energije kroz hidraulički sustav [5]

Na shemi na slici 6. se može uočiti da na početku postoji izvor mehaničke energije (u pravilu elektromotor ili motor s unutarnjim izgaranjem daju okretni moment koji pokreće pumpu), te na kraju niz pretvorbe energije završava ponovo mehaničkom energijom (hidraulički motor ili cilindar daju okretni moment ili silu koja pogoni neki teret). Stoga je očito da hidraulički sustav ima ulogu prijenosnika energije, koji svoju primjenu nalazi zbog niz dobrih svojstava koje pri tom prijenosu energije ima.

Moderni hidrauličkim sustavima radni tlak je na 200 bar, te se radni fluid na željeno mjesto dovodi djelovanjem razvodnika. Razvodnici su ventili koji otvaraju, zatvaraju i usmjeravaju fluid („razvode“ ga).[5]

3. ANALIZA TRŽIŠTA

Analiza tržišta uvelike je bitna, dovodi do procjene djelotvornosti tržišnog natjecanja, odnosno do procjene vrste, veličine i kvalitete konkurencije. Svatko tko želi imati konkurentan proizvod, vrlo dobro mora poznavati kretanja na tržištu u kojem želi predstaviti taj proizvod. O važnosti razmišljanja o konkurenciji i potencijalnim kupcima vrlo je važno voditi brigu iz razloga jer će oni biti ti krajnji korisnici koji će kupiti i koristiti gotov proizvod.

Potrebna je i analiza tržišta prodaje, moramo iznimno dobro proučiti kako bi smo znali postoji li uopće potražnja za proizvodom koji namjeravamo ponuditi, kakve su navike naših potencijalnih kupaca, koliki im je broj, može li on biti konstantan te koje bi im mogućnosti i cijena proizvoda bila prihvatljiva.

U nastavku rada će se prikazati rješenja samoutovarnih traktorskih prikolica tehničke kategorije R3 (zbroj najvećih dopuštenih osovinskih opterećenja prelazi 3500 kg, ali ne prelazi 21000 kg) koje su dostupne na tržištu, te detaljnom pretragom postojećih napraviti pregled s obzirom na ponudu tržišta.

3.1. Ponuda tržišta

Na tržištu postoji nekoliko proizvoda koji djelomično zadovoljavaju postavljene zahtjeve. Postoji nekoliko dobavljača opreme za traktore i traktorskih prikolica, ali niti jedan proizvod ne zadovoljava sve postavljene zahtjeve u prethodnom poglavlju. Ovisno o zemljama gdje je šumarstvo razvijenije i zastupljenije, ponuda je mnogo bolja, te je i više zahtjeva zadovoljeno. Krajnji korisnici ovakvih proizvoda su većinom obiteljska gospodarstva i mali šumarski obrti koji proizvode građu i drva za ogrijev.

3.1.1. Ponuda prikolica bez vlastitog pogona

Prikolice bez vlastitog pogona najučestalije su na ovim prostorima. Razlog tome je puno jednostavnija konstrukcija i puno manje ugrađenih dijelova i sklopova na prikolicu, isto tako samo mali broj proizvođača ima u ponudi prikolice s vlastitim pogonom. Takve prikolice najviše ovise o vučnim karakteristikama traktora na koji su spojene, za velike terete potrebni su traktori velike mase i snage, dok kod prikolica s vlastitim pogonom masa i snaga traktora nisu presudne za njezinu učinkovitost. U nastavku će se prikazati neki modeli prikolica bez vlastitog pogona koji su dobavljivi u Republici Hrvatskoj ali i u susjednim zemljama.

3.1.1.1. Pronar T644/1 traktorska prikolica

Pronar T644/1 traktorska prikolica za trupce s utovarnim kranom je proizvod poljske tvrtke Pronar Ltd, te je dobavljiva u Hrvatskoj od generalnog zastupnika. Jednoosovinska prikolica dolazi s ugrađenim utovarnim kranom za podizanje trupaca (višemetrica). Tvrtka ima samo jedan model šumske prikolice, ne bave se samo proizvodnjom takvih prikolica, već u svom asortimanu imaju prikolice i za prijevoz nekomadnog tereta.



Slika 7. Pronar traktorska prikolica [6]

Prikolica prikazana na slici 7. posjeduje tehničke karakteristike prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Tehničke karakteristike prikolice Pronar T644/1 [6]

Nosivost	8000 kg
Masa prazne prikolice	4200 kg
Utovarni volumen	10,5 m^3
Najveća nosivost krana na max. radnom promjeru	450 kg
Kut zakretanja ruda	+,- 24°

3.1.1.2. BMF traktorska prikolica

BMF traktorska prikolica dolazi u više serija s različitim nosivostima, koje je također moguće kombinirati s različitim dizalicama ovisno o potrebama korisnika. Takav pristup na tržištu je veoma dobar jer kupac ima na odabir više mogućnosti kod odabira prikolice koja će najbolje

zadovoljavati njegove potrebe. Generalni zastupnik za prodaju BMF prikolica nalazi se u Sloveniji.



Slika 8. BMF traktorska prikolica [7]

Prikolica prikazana na slici 8. posjeduje tehničke karakteristike prikazane u tablici 3.

Tablica 3. Tehničke karakteristike prikolice BMF 81 + dizalice BMF 835 [7]

Nosivost	8000 kg
Masa prazne prikolice	2495 kg
Utovarni volumen	9,8 m^3
Najveća nosivost krana na max. radnom promjeru	605 kg
Kut zakretanja ruda	+,- 40°

Tablicom 4. bit će prikazan raspon nosivosti i raznovrsnost ponude navedenog proizvođača prikolica i ostale opreme za šumarstvo.

Tablica 4. Raznovrsnost ponude BMF proizvođača prikolica i dizalica [7]

Raspon nosivosti	7 – 13 t
Masa prazne prikolice (bez dizalice)	535 – 1250 kg
Utovarni volumen	7 - 12 m^3
Najveća nosivost dizalice na max. radnom promjeru	508 – 605 kg
Maksimalni radni promjer	4,1 – 8,35 m
Masa dizalice	395 – 1095 kg

3.1.1.3. Hittner šumarska prikolica

Hittner je dobro poznati proizvođač na našem tržištu. Specijalizirani su za proizvodnju traktora i traktorskih priključaka i svih vrsta rezervnih dijelova za traktore. U ponudi imaju šumarsku prikolicu bez vlastitog pogona s mogućnošću ugradnje hidrauličnog utovarnog krana. Prikazana prikolica je jedina u njihovoj lepezi proizvoda.



Slika 9. Hittner H-10 traktorska prikolica [8]

Prikolica prikazana na slici 9. posjeduje tehničke karakteristike prikazane u tablici 5.

Tablica 5. Tehničke karakteristike prikolice Hittner H-10 [8]

Nosivost	10000 kg
Masa prazne prikolice	1630 kg
Utovarni prostor	2920 mm x 1820 mm
Površina utovarnog prostora	2,32 m^2
Sistem kočenja	Hidraulični

3.1.2. Ponuda prikolica s vlastitim pogonom

Prikolice s vlastitim pogonom tek počinju dolaziti na tržište. U skupu s traktorom imaju puno bolje vučne karakteristike od prikolica bez vlastitog pogona. Razlog boljih osobina prikolica je taj što prohodnost i vučna karakteristika više nisu isključivo vezani za traktor, naime sada i prikolica sudjeluje u tome. Pogon se vrši na 2 ili 4 kotača na osovini. Najbolja stvar u vezi prikolica s vlastitim pogonom je ta što nam za iste količine prevezenih višemetrica u odnosu na prikolice bez vlastitog pogona treba traktor manje mase i snage. Traktor manje snage direkno utječe i na manju potrošnju goriva i ujedno se smanjuje razina štetnih emisija tijekom izgaranja u motoru s unutrašnjim izgaranjem.

Postoje dvije različite izvedbe prikolica s vlastitim pogonom. Naime, pogon kotača na osovini može se vršiti pomoću hidromotora koji je prikazan na slici 10. ili pomoću oblika kroz ureze na pneumaticima što je vidljivo na slici 12.



Slika 10. Hidromotor na šumarskoj prikolici [3]

Black Bruin B200 hidromotori za ugradnju na kotače namijenjeni za generiranje vučne sile na prikolicama i radnoj opremi. Motori su izuzetno pogodni za poljoprivredne, šumske i zemljane primjene.

Kada se strojevi kreću cestom, motori se mogu sigurno osloboditi, budući da se slobodno rotiraju bez aktivne hidraulike.



Slika 11. Black Bruin B200 hidromotor za prikolice [3]

Prednost ugradnje hidromotora na šumskoj prikolici naspram pogona kotača preko oblika je u tome što je hidromotor kompaktan, ne dolazi do ubrzanog trošenja gume, što je najveći nedostatak pogona oblikom preko pneumatika. Proizvođači hidromotora nude i dodatak s kočnicama pa je i u tome prednost hidromotora. Kompaktnost i duži vijek trajanja su od najveće važnosti u ekstremnim uvjetima.



Slika 12. Pogon kotača oblikom preko pneumatika

3.1.2.1. Krpan traktorska prikolica

Krpan ima široku paletu proizvoda za šumarstvo, ističe se po veoma širokom rasponu mogućnosti odabira nosivosti, kranova, te dodataka na prikolicu. U našem području najzastupljeniji je za različite proizvode za potrebe u šumarstvu te je i izravna konkurencija novim proizvodima u tom području. Cjelokupna proizvodnja i razvoj smješten je u Sloveniji, te su lako dobavljivi proizvodi i dijelovi.



Slika 13. Krpan traktorska prikolica [9]

Prikolica prikazana na slici 13. posjeduje tehničke karakteristike prikazane u tablici 6

Tablica 6. Tehničke karakteristike prikolice Krpan GP 8 D + dizalice GD 6,4 K [9]

Nosivost	8000 kg
Masa prazne prikolice	2500 kg
Dužina / širina	5980 mm / 2165 mm
Najveća nosivost krana na max. radnom promjeru	800 kg
Kut zakretanja poteznice	+,- 40°
Pogon na 2 ili 4 kotača na osovini	opcija

Krpan posjeduje široku paletu nosivosti prikolica. Ovisno o željama i potrebama korisnika mogu se odabrati prikolice od 8 do 15 t, u raznovrsnost ponude Krpan proizvođača prikazana je u tablici 7.

Tablica 7. Raznovrsnost ponude Krpan proizvođača prikolica [9]

Raspon nosivosti [kg]	8000	10000	12000	15000
Masa prazne prikolice (s dizalicom)	1355	1660	1980	2785
Dužina utovara [mm]	3700 / 4300	3955 / 4735	4305 / 5080	4550 / 5350
Najveća nosivost dizalice na max. radnom promjeru [kg]	730	800	810	
Maksimalni radni promjer [m]	6,4	7,4	8,6	
Masa dizalice [kg]	1145	1516	1620	

3.1.2.2. Projernac traktorska prikolica

Projernac je slovenski proizvođač dodatne opreme za traktore i građevinske strojeve. U ponudi imaju prikolicu s vlastitim pogonom na 2 kotača na osovini i predstavljaju ju kao prikolicu za ekstremne terene. Po želji naručitelja moguća je izvedba sa ili bez hidrauličkog krana. Prikolica se prodaje pod nazivom Projernac HD22184.



Slika 14. Projernac HD22184 traktorska prikolica [10]

Prikolica prikazana na sliki 14. posjeduje tehničke karakteristike prikazane u tablici 8.

Tablica 8. Tehničke karakteristike prikolice Projernac HD22184 [10]

Nosivost	18000 kg
Brzina pogona na prikolici	14,4 km/h
Dužina / širina	3150 mm / 2230 mm
Kut zakretanja poteznice	nedostupno
Pogon na osovini	opcija

3.1.3. Tablična usporedba prikolica različitih proizvođača

U tablici 9. napravljena je tablična usporeba analiziranjih proizvođača.

Tablica 9. Usporedba različitih prikolica

Proizvođač prikolice	**Pronar**	**BMF**	**Hittner**	**Krpan**	**Projernac**
Model	T644/1	BMF 81	H - 10	GP8D	HD22184
Nosivost [kg]	8000	8000	10000	8000	18000
Masa prikolice [kg]	4200	2495	1630	2500	4300
Utovarni volume [m^3]	10,5	9,8	6,2	12	6
Zakretno rudo [°]	-	-	-	+/-40°	-
Pomično podvozje	-	-	-	+	-
Pogon kotača	-	-	-	+	+
Hidraulički upravljana osovina	-	-	-	-	+

3.2. Pregled primjenjivanih materijala u izradi prikolica

3.2.1. Konstrukcijski čelici

U izradi prikolica i njezinih sastavnih dijelova koriste se konstrukcijski čelici. Konstrukcijski čelik je ugljični čelik (obični ili plemeniti) s udjelom ugljika, manjem od 0,6 % (maseni udio) ili legirani čelik (uglavnom s manganom, silicijem, kromom, niklom, volframom). Upotrebljavaju se za izradu čeličnih konstrukcija, sastavnih dijelova strojeva, aparata i različitih uređaja. Razlikuju se obični (ugljični ili niskolegirani) čelici za opću masovnu upotrebu i plemeniti (rafinirani) ugljični ili legirani čelici za dijelove s većim zahtjevima (dijelovi strojeva itd.). [11]

3.2.1.1. Svojstva konstrukcijskih čelika

Činjenica da danas postoji više od 2500 vrsta čelika uvelike otežava ispravan izbor pri projektiranju. Zahtjevi su postavljeni za otpornost, uporabljivost i trajnost gotovih proizvoda.

Od konstrukcijskih čelika se traže sljedeća svojstva [12]:

1. **Mehanička svojstva** – visoka granica razvlaèenja (elastičnosti) povezana s dovoljnom plastičnom deformabilnošću, dovoljno visoka granica puzanja i čvrstoća pri povišenim

temperaturama, dovoljna žilavost i ćvrstoća pri normalnim, sniženim i niskim temperaturama i dovoljna dinamička izdržljivost

2. **Otpornost na trošenje** – znači što manji gubitak mase, odnosno što manju promjenu stanja površine zbog međusobnog djelovanja dijelova u dodiru.

3. **Otpornost na koroziju** – dobra korozijska postojanost u atmosferi ili u agresivnim medijima, kao i otpornost na oksidaciju pri visokim temperaturama.

4. **Tehnološka svojstva** – rezljivost, zavarljivost, oblikovljivost. Dobro poznavanje svojstava karakterističnih za pojedinu skupinu čelika je svakako preduvjet za njihovu pravilnu primjenu.

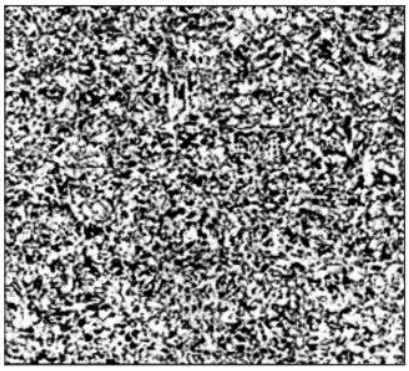
3.2.2. Čelici povišene čvrstoće

Najčešće korišteni čelici u izradi prikolica su čelici povišene ili visoke čvrstoće. Ova skupina konstrukcijskih čelika ima više vrijednosti granice razvlačenja (elastičnosti) i vlačne čvrstoće.

Primjenom ovih čelika se smanjuju nosivi presjeci kod jednakih opterećenja, odnosno smanjuju se masa i volumen konstrukcije, a to ujedno dovodi do smanjenja ukupnih troškova materijala.

Kod razvoja ove vrste čelika zadržava se tzv. plastična rezerva, pa u slučaju preopterećenja prije dolazi do plastične deformacije, a ne do iznenadnog loma.

Ovdje je bitno napomenuti da novi načini proizvodnje termomehanički valjanih sitnozrnatih čelika u kvalitetnim razredima omogućuju izvrsna mehanička svojstva, tj. mali pad granice razvlačenja s povećanjem debljine. Takvi čelici, u praksi poznati pod komercijalnim nazivom (Hardox, Domex, Strenx, Weldox), posjeduju izuzetno svojstvo zavarljivosti koje je, uz navedena visoka mehanička svojstva posljedica novog načina proizvodnje visokokvalitetnih čelika s malim udjelom legirajućih elemenata i općenito malom vrijednosti ekvivalenta ugljika gdje im vlačna čvrstoća u prosjeku iznosi $R_m = 800 – 900$ N/mm^2. [11]



Slika 15. Feritno-perlitna mikrostruktura sitnozrnatog čelika [11]

3.2.2.1. WELDOX 700 čelik povišene čvrstoće

Sve veći zahtjevi ekonomičnosti izrade zavarenih čeličnih konstrukcija zahtjevaju primjenu suvremenih kvalitetnih i specijalnih čelika. Takvi čelični proizvodi su i švedske tvrtke SSAB Oxelősund AB, s lepezom čelika komercijalnog naziva Weldox čelici. Zahvaljujući velikoj otpornosti na habanje, visokoj granici tečenja, od 290 do 1100 MPa, te žilavosti i na -60 ºC , ovi čelici mogu da zadovolje veoma visoke zahtjeve.

Weldox čelici koriste se na mjestima gdje dolazi do izrazitog habanja, najčešće je korišten na dijelovima dizalice za utovar višemetrica kao što je hvatalo (grajfer) i krakovima dizalice.

Tablica 10. Mehanička svojstva Weldox 700 čelika [13]

Debljina, s [mm]	**Granica razvlačenja, $R_{p0,2}$ [Mpa]**	**Vlačna čvrstoća, R_m [Mpa]**	**Istezljivost, A [%]**	**Tvrdoća po Brinellu [HB]**
4 – 53	700	780 – 930	14	260 – 310
(53) – 100	650	780 – 930	14	260 – 310
(100) – 160	650	710 – 900	14	240 – 290

4. MOGUĆA KONCEPCIJSKA RJEŠENJA

Iz grube funkcionalne strukture tehničkog sistema, razradom i analizom podsistema stvara se mogućnost pronalaženja više varijanata rješenja, te se uz optimizaciju odabire jedno rješenje kao konačna funkcionalna struktura prikolice. To se može ostvariti razlaganjem i spajanjem pojedinih parcijalnih funkcija, mjenjanjem redoslijeda i načina spajanja te pomicanjem granica sistema. Budući da variranje strukture inicira mogućnost dobivanja različitih rješenja, razrada funkcionalne strukture predstavlja prvi korak prema pronalaženju optimalnog rješenja.

4.1. Traženje rješenja za izvršenje određenih funkcija

Na ovom nivou koncepcijske razrade može se za svaku parcijalnu funkciju pronaći nekoliko principa rješenja. Ovako dobiveni principi rješenja međusobnim kombiniranjem daju koncepcijske varijante, od kojih svaka tako formirana varijanta mora realizirati ukupnu funkciju.

U prvoj fazi konkretizacije traže se mogući radni principi (principi djelovanja). Radni princip, pomoću kojeg se utvrđuje mogućnost izvršenja parcijalne funkcije, uglavnom sadrži, fizikalni događaj za taj princip djelovanja. Najprije treba pronaći odgovarajuće fizikalne principe, za izvršenje pojedinih parcijalnih funkcija, a tada slijedi kombiniranje principa u jedan ili veći broj radnih principa. U ovoj fazi, pronađeni principi djelovanja moraju biti takvi, da u sljedećoj fazi projektiranja i oblikovanja predstavljaju jednoznačnu osnovu za tu fazu. Principi rješenja ne vode samo k jednom rješenju, već prema većem broju rješenja , koji se mogu dobiti varijacijama parcijalnih funkcija. Pri tome, za izvršenje neke parcijalne funkcije, može biti djelotvoran veći broj fizikalnih efekata, na jednom ili većem broju nosioca funkcije.

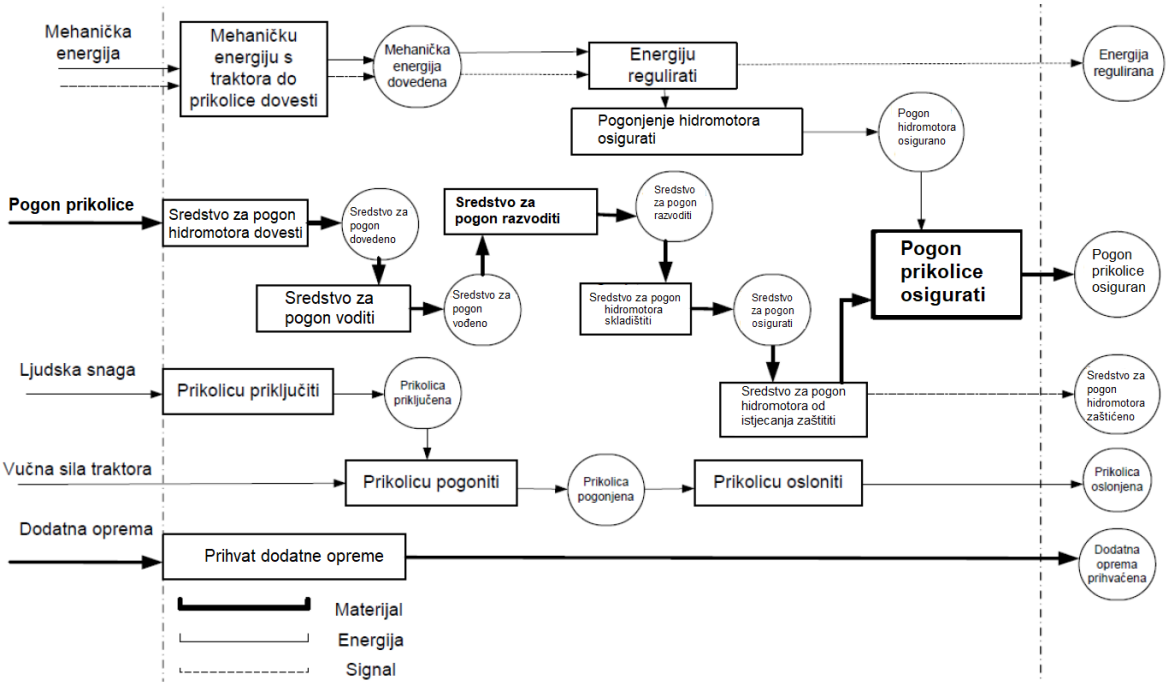
Za traženje i pronalaženje potrebnih rješenja parcijalnih funkcija raspolažemo različitim metodama, počevši od konvencionalnih intuitivnih i dr. Razlike između metoda su u specifičnosti pojednih metodičkih postupaka, pa su tako i same metode za traženje rješenja prilagođene svim njihovim specifičnostima. Treba napomenuti da se pojedine metode međusobno ne isključuju, već naprotiv, one se dopunjuju i prožimaju.

4.2. Morfološka matrica

Za izradu morfološke tablice prethodno je potrebno napraviti točnu analizu problema, razradu ukupne funkcije, te formirati funkcionalnu strukturu s većim brojem parcijalnih funkcija.

Parcijalne funkcije se postavljaju vertikalno u morfološku tablicu, a horizontalno se daju moguća rješenja, odnosno nosioci ili principi rješenja za pojedine parcijalne funkcije.

Kombinacijom parcijalnih principa rješenja u morfološkoj tablici nastaju različite moguće varijante rješenja.



Slika 16. Funkcijska struktura

Teoretski broj mogućih rješenja je ogroman što otežava izbor najprikladnije varijante, a pojedine kombinacije se fizički uopće ne mogu realizirati. Preporuča se za praksu, da se najprije započne s izbacivanjem neprikladnih principa rješenja za pojedine parcijalne funkcije. Nakon toga treba početi s kombiniranjem preostalih principa rješenja po kriteriju međusobne snošljivosti, a vodeći računa da se tako nastale varijante mogu tehnološki izvesti.

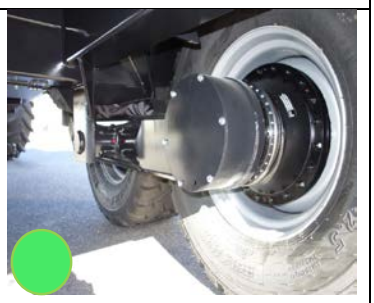
U tablici 11. prikazane su sve potrebne funkcije koje je potrebno riješiti na prikolici.

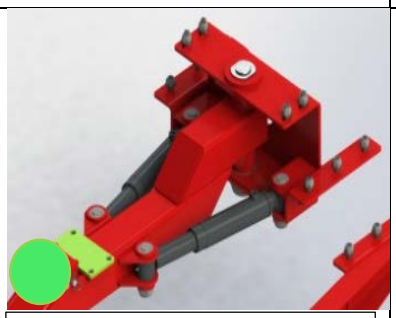
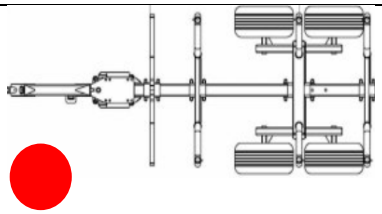
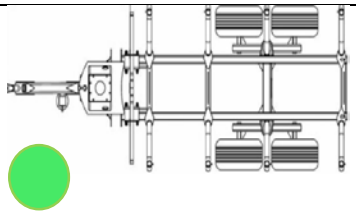
Tablica 11. Potrebne funkcije

1.	Pogon prikolice
2.	Utovar
3.	Priključak prikolice s traktorom
4.	Izvedba ruda
5.	Izvedba podvozja
6.	Konstrukcija podvozja
7.	Prihvat krana na prikolicu
8.	Vrsta kočnica

U tablici 12. će biti prikazani principi rješenja na osnovu potrebnih funkcija koje su prikazane u tablici 11.

Tablica 12. Morfološka matrica

Parcijalne funkcije	**Principi rješenja**		
	1	**2**	**3**
Pogon prikolice	 Pogon oblikom preko pneumatika	 Kardansko vratilo + diferencijal	 Hidromotor
Utovar	 Okretna hidraulička dizalica s hvatalom	 Dizalica samo s mogućnošću dizanja	 Podizni uređaj na hidraulici

Parcijalne funkcije	**Principi rješenja**		
	1	**2**	**3**
Priključak prikolice s traktorom	 Okretni priključak	 Fiksan priključak	 Priključak za autoprikolice
Izvedba ruda	 Okretno rudo	 Fiksno rudo	 Izvlačno rudo
Izvedba podvozja	 Podvozje s pomičnom osovinom	 Podvozje s fiksnom osovinom	
Konstrukcija podvozja	 Jedan uzdužni profil	 Dva uzdužna profila	

Parcijalne funkcije	**Principi rješenja**		
	1	**2**	**3**
Prihvat krana na prikolicu	 Vijčani spoj	 Zavareni spoj	
Vrsta kočnica	 Disk kočnice	 Bubanj kočnice	

Koncept 1
Koncept 2

Kombinacijom različitih rješenja za svaku od navedenih funkcija iz tablice 12. stvorena su dva koncepta koja će se vrednovati te će biti donesen zaključak o odabranom konceptu. Predloženi koncepti će biti ocjenjeni prema kriterijima kao što su:

- tehnološka zahtjevnost izvedbe,
- dostupnost kupovnih komponenti i sirovine,
- udio standardnih strojnih dijelova,
- cijena kupovnih komponenti i sirovina,
- zahtjevnost montaže u gotov proizvod,
- kompleksnost konstrukcije,
- udio nestandardnih rezervnih dijelova.

Koncepti će biti ocjenjeni u tablici ocjenama od 1 (loše) do 5 (odlično). Odluka o odabiru najboljeg koncepta bit će donesena na temelju ukupnog zbroja ocjena za sve kriterije za pojedini koncept.

Tablica 13. Ocjenjivanje koncepata

Kriteriji ocjenjivanja	**K1**	**K2**
Tehnologija izrade	5	3
Dostupnost dijelova	4	4
Korištenje normiranih dijelova	4	5
Cijena dijelova	4	2
Trošak izrade	3	4
Kompliciranost izvedbe	4	2
Dostupnost rezervnih dijelova	5	2
Ukupna ocjena:	29	22

Na temelju ocjenjivanja i analize koncepata u tablici 13. Kao najbolje rješenje uzima se koncept K1. Odabrani koncept je bolje rješenje iz razloga što jednostavnija tehnološka izvedivost, veći je udio standardnih dijelova te se samim time smanjuju troškovi izrade i zahtjevnost montaže u gotov proizvod, te je konstruktoru potrebno manje vremena za konstruiranje gotovog proizvoda.

5. ANALIZA SILA NA TRAKTOR

Sile koje djeluju na traktor značajne su iz razloga što se na temelju toga mogu proračunati neki nosivi dijelovi skupa traktora s prikolicom. Prikolica je pomoću vučnog oka spojena s traktorom, te na temelju toga vidimo da sile koje djeluju na traktor usko su povezane i s prikolicom. Taj dio analize sila na traktor još više dolazi do izražaja ako se analizira prikolica s gonjenim kotačima kao što je vidljivo u ovom radu.

U općem slučaju sile koje djeluju na vozilo mogu se podijeliti na unutrašnje i vanjske sile otpora. Pod unutrašnjim silama otpora podrazumijevaju se sve sile koje djeluju pri prijenosu snage od motora do kotača, kako sile inercije, tako i sile trenja elemenata transmisije. Stoga se ove sile otpora zovu i unutrašnjim silama. Njihovo djelovanje može se dovoljnom preciznošću aproksimirati stupnjem djelovanja. U daljnjem prikazu i zadatku ta sila će se uzimati kao efektivna sila vuče, odnosno ona koja se dobije na pogonskim kotačima.

5.1. Vanjske sile koje djeluju na traktor

Vučna sila djeluje u smjeru kretanja traktora, a pojavljuje se kao reakcija obodnih sila kotača na mjestu dodira pogonskih kotača i podloge. Na vozilo u kretanju djeluju vanjski otpori koji nastaju od oblika putanje vozila. Zbog male vrijednosti tih otpora, zbog malih brzina, njihov utjecaj se ne uzima u obzir. U ovom radu bit će obrađene vanjske sile otpora koje imaju najveći utjecaj na traktor u kretanju. Kretanju traktora s prikolicom po cesti suprotstavljaju se mnogi otpori među kojima su najznačajniji [14]:

- otpor uspona (nagiba), W_u
- otpor sile inercije, W_i
- otpor kotrljanja, W_k
- otpor zraka, W_z

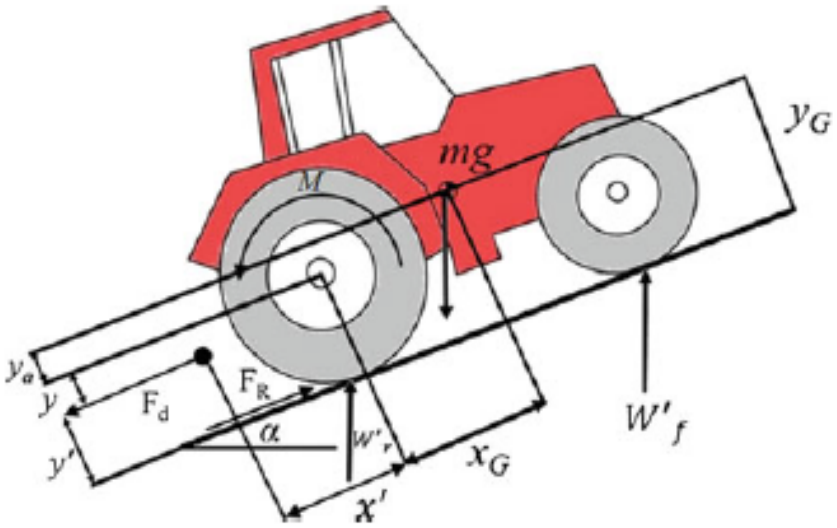
Otpor zraka i otpor kotrljanja su uvijek prisutni, pri čemu je otpor zraka pri malim brzinama zanemariv, a otpori uspona i otpor sile inercije se pojavljuju u određenim uvjetima.

Najprisutniji otpor prilikom kretanja traktora je otpor uspona i otpor kotrljanja te će on biti pobliže objašnjeni.

5.1.1. Otpor uspona, Wu

Vozilo prilikom kretanja po cesti nailazi na uspone i padove zbog konfiguracije terena kojim trasa ceste prolazi. Silu težine vozila, potrebno je razložiti na komponente. Prva komponenta

djeluje na pravcu okomito na podlogu, dok druga komponenta djeluje paralelno sa podlogom. Sila koja je paralelna s podlogom predstavlja otpor vozila na usponu. Na slici 17 prikazan je raspored sila koje djeluju na traktor koji se kreće u usponu.



Slika 17. Sile otpora koje djeluju na vozilo prilikom uspona

Sila otpora uspona ili nagiba je sila koja se suprotstavlja pri usponu ili pomaže pri padu ceste kretanju vozila. Sila otpora uspona *W*u utrošak je vučne sile koji je potreban da se na cesti duljine *L* podigne vozilo težine *G* za visinsku razliku *Δh*. Njezina vrijednost računa se prema izrazu (1) [14]:

$$W_u = G \cdot \frac{\Delta h}{L} = G \cdot \sin\alpha \ \left[\mathrm{N}\right], \qquad \textbf{(1)}$$

gdje je:

α - kut uzdužnog nagiba ceste [°],

G - ukupna težina vozila [N],

Δh - visina težišta [m] ,

L – udaljenost između kotača [m].

Nagib ceste izražava se u postocima (%), a označava se malim slovom (*u*). Jedna kateta pravokutnog trokuta jednaka je 100, a druga je jednaka nagibu te dobivamo izraz [3]:

$$\sin\alpha = tg\alpha = \frac{u}{100}. \qquad \textbf{(2)}$$

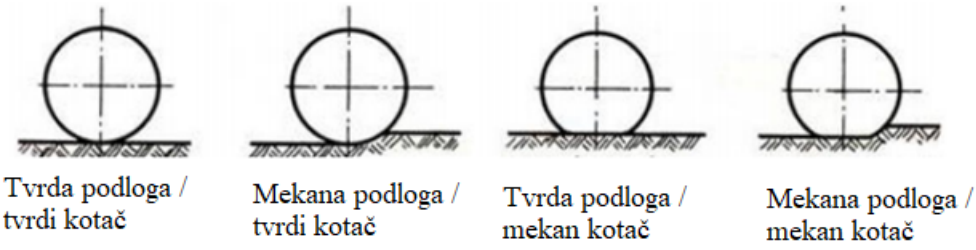
Gdje je: u – uzdužni nagib ceste [%].

Konačna formula (2) za otpor nagiba, predznak (+) ako je cesta u usponu, a predznak (-) ako je u padu glasi [6]:

$$W_u = \pm G \cdot \frac{u}{100} \ [\mathrm{N}]. \tag{3}$$

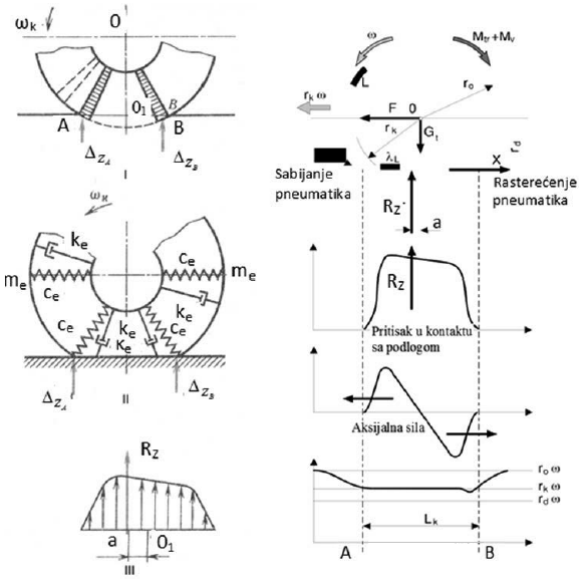
5.1.2. Otpor kotrljanja Wk

Sila otpora kotrljanja kotača po podlozi ovisi o vrsti kotača te vrsti kvalitete podloge po kojoj se kotač kreće. Razlikujemo četiri vrste kotrljanja koji su prikazani na slici 18.



Slika 18. Oblici kretanja kotača po podlozi [14]

Analiza fizičkih parametara kontakta pneumatika i podloge pokazuje da je kontakt veoma kompleksan i zahtjeva studiozna istraživanja, ali i pretpostavke pojava koje je teško fizički definirati. Jedan model radijalnih deformacija i otpora elementarnih normalnih reakcija, prikazan je na Slika 19.



Slika 19. Fizikalne karakteristike u kontaktu pneumatik – podloga [17]

5.2. Transport tereta vučnim traktorom i prikolicom

Prilikom transporta tereta vučnim traktorom s prikolicoma javljaju se još dodatni otpori na samoj prikolici te nam je iz tog razloga potreban traktor veće snage, ali i mase kako bi stvorio dovoljno veliku vučnu silu.

Kod transporta tereta traktorom s prikolicom javljaju se sljedeći otpori [18]:

1.Otpor kotrljanja, F_k

$$F_k = G_s \cdot f_k \cdot \cos\alpha + z \cdot (G_{np} + G_{sp}) \cdot f_k \cdot \cos\alpha \,. \quad \textbf{(4)}$$

Gdje je:

G_s - težina vučnog traktora [N],

z - broj prikolica koje vuče traktor,

G_{np} - težina tereta natovarenog na prikolicu [N],

G_{sp} - težina prikolice [N],

f_k - faktor otpora kotrljanja.

2. Otpor uspona, Wu

$$F_u = G_s \cdot \sin\alpha + z \cdot (G_{np} + G_{sp}) \cdot \sin\alpha \quad \textbf{(5)}$$

3. Otpor ubrzanja (inercije), W_b

$$F_a = a \cdot \left[m_s + z \cdot \left(m_{np} + m_{sp} \right) \right] \cdot \beta = \frac{v_k}{t_k} \cdot \left(\frac{G_s + z \cdot (G_{np} + G_{sp})}{g} \right) \cdot \beta \,. \quad \textbf{(6)}$$

Gdje je:

a - ubrzanje [m/s],

m_s - masa vučnog traktora [kg],

β - faktor uvećanja kojim se uzima u obzir inercijski moment rotacijskih masa,

v_k – brzina konstantnog kretanja vozila [m/s],

t_k – vrijeme potrebno da dostigne brzinu $v_{k.}$

4. Otpor strujanja zraka

Obično se zanemaruje za brzine ispod 20 km/h, kojima se vučni traktor s prikolicom.

$$F_z = \rho_z \cdot c_w \cdot \frac{(v + v_o)^2}{2} \cdot A \,. \quad \textbf{(7)}$$

Gdje je:

c_w – koeficijent otpora zraka,

v – brzina kretanja vozila [m/s],

ρ_z - gustoća zraka [kg/m^3],

A – površina nalijetanja zraka [m^2],

v_o – brzina vjetra [m/s].

Ukupni otpori koji se javljaju prilikom kretanja traktora i prikolice su otpor kotrljanja, otpor ubrzanja, otpor uspona, otpor vjetra.

$$F_{uk} = F_k + F_u + F_a + F_z \quad \textbf{(8)}$$

Pošto su brzine transporta manje od 20 km/h otpori ubrzanja i otpori zraka se zanemaruju tako da se najčešće koristi samo:

$$F_{uk} = F_k + F_u . \quad \textbf{(9)}$$

Da bi traktor mogao savladati sve ove otpore potrebno je da je zadovoljen uvjet koji govori da vučna sila mora biti veća ili jednaka ukupnih otpora koji se javljaju.
Može se definirati kao:

$$P_v \geq F_{uk} . \quad \textbf{(10)}$$

5.3. Usporedba bez pogonske osovine i s pogonskom osovinom na prikolici

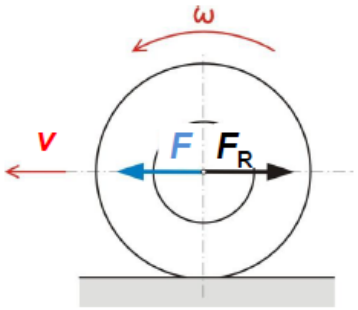
Postoje dvije osnovne funkcije kotača na osovinama:

a) pokretni oslonac vozila,

b) pretvaranje mehaničke energije motora u rad potreban za savladavanje otpora vožnje.

5.3.1. Osovina bez pogona

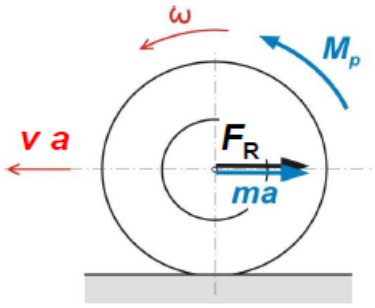
Kod prikolica s klasičnom osovinom bez pogona imamo slučaj da se na njoj nalaze samo vučeni kotači. Vučeni kotač je pokretni oslonac vozila, kotrlja se prisilno. Potrebna sila F se prenosi na osovinu kotača, nema momenta M.



Slika 20. Prikaz vučenog kotača [19]

5.3.2. Pogonska osovina

Kod pogonske osovine pokretni oslonac vozila je pogonski kotač koji osigurava kretanje vozila, te se javlja pogonski moment M_p na osovini koji savladava otpore vožnje i silu inercije.



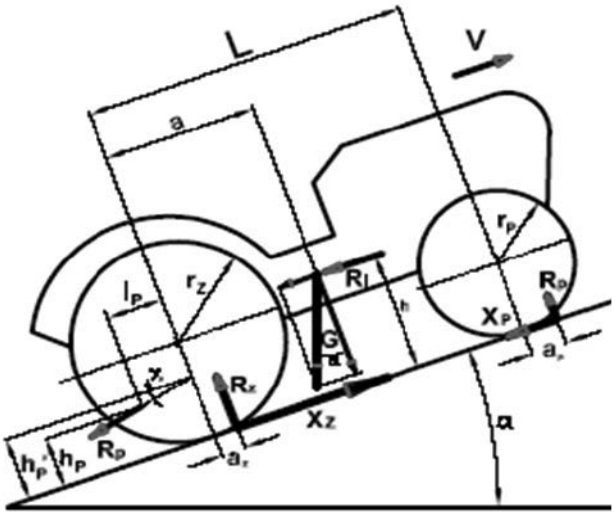
Slika 21. Prikaz vučenog kotača [19]

Na temelju prikazanih otpora vožnje traktora s prikolicom i usporedbe pogonske osovine zaključiti da je za jednaki teret potreban traktor puno manje snage ako postoji pogonska osovina na prikolici.

Pri samoj kupovini odabiremo traktor manje snage te možemo tu razliku uložiti u pogonsku prikolicu, dobitak nam je taj da imamo manju potrošnju goriva i puno veću prohodnost i trakciju.

5.4. Analiza vučnih sila traktora

Da bi se u osnovi sagledala analiza pojava vučnih sila i njihovih reakcija u pojedinim uvjetima eksploatacije, najpogodnije je sagledavanje kretanja traktora na usponu.



Slika 22. Sile kod uspona traktora s priključkom prikolice na poteznici [16]

Promatrajući opći slučaj kretanja traktora s prikolicom koji se kreće pod kutem α u odnosu na horizontalnu ravninu, sa zadnjim vodećim i prednjim vođenim kotačima. Teoretski polumjeri pneumatika su označeni, zadnji sa (r_z) i prednji sa (r_p).

Pri kretanju traktora na usponu na kontaktnoj površini djeluju sljedeće sile i otpori [16]:

1. Težina traktora (G_z), djeluje u centru težišta mase traktora, definirana je pomoću dvije koordinate, uzdužnom (a_t) i vertikalnom *(*H_t). Prva definira razmak od centra težišta do osi vodećeg kotača, a druga definira udaljenost od centra težišta pa do kontaktne površine.
2. Normalne reakcije podloge, (R_z), na vodećem kotaču i (R_p) na vođenom. Reakcija (R_p) djeluje na udaljenosti (a_z), a reakcija (R_p) na udaljenosti (a_p), u odnosu na os kotača.
3. Tangencijalne sile djeluju paralelno s površinom puta, i to pogonska sila koja izaziva kretanje (X_z), djeluje na udaljenosti *(*r_z), od osi vodećeg kotača, a sila otpora kretanju (X_p), djeluje u suprotnom smjeru od pogonske sile, na udaljenosti (R_p), od osi vodećeg kotača.
4. Vučni otpor (R_k), djeluje na vučnoj poteznici traktora na visini (H_k), od površine puta, pod kutem (γ_p), u odnosu na površinu podloge.
5. Ukupna sila inercije (*R*i), javlja se pri kretanju traktora, odnosno rotaciji masa rotirajućih dijelova transmisije.
6. U pravcu kretanja, odnosno ravnini djelovanja tangencijalnih sila inercije rotirajućih dijelova transmisije, momenti stvoreni tim silama inercije i otporom zraka, zbog malih

brzina kretanja, nemaju značajniji utjecaj na opća vučno – dinamička svojstva traktora, pa se njihov utjecaj može zanemariti. Taj utjecaj je puno značajniji pri analizi dinamike kretanja motornih vozila, gdje su i brzine kretanja puno veće, od brzina kretanja traktora.

Pri kretanju, vučnoj sili traktora, suprostavlja se sila otpora na poteznici R_P koja djeluje u pravcu vučne sile. Točka na poteznici na kojoj se priključuje prikolica zove se točka viješanja. Njena visina iznad površine puta je $h_p^{'}$, pod kutem γ_p, i definirana je odnosom:

$$h_p^{'} = h_p + l_p \cdot tg\gamma_p, \qquad \textbf{(11)}$$

l_p - je uzdužna udaljenost od točke djelovanja na poteznici (točka vješanja) prikolice.

Kut γ_p se smatra pozitivnim u trenutku kada je linija vučnog otpora okrenuta prema dole u odnosu na kontaktnu površinu i kotača traktora koji se u trenutku kretanja mogu prikazati kao M_f, pa se dobiva izraz koja određuje reakciju R_P. Iz prikazane sheme se vidi da normalna reakcija podloge R_P, djelovanjem na prednje kotače, a postavljanjem jednadžba momenta svih sila koje deluju na traktor, u odnosu na točku O_2. Jer pogonska tangencijalna sila X_z, presjeca os pogonskog kotača normalom na površinu podloge, pa jednadžba ravnoteže ima sljedeći oblik:

$$R_p\left(L + a_p\right) + R_z \cdot a_z + G \cdot \sin\alpha \cdot h + P \cdot h + R_p \cdot \cos\gamma_p \cdot h_p^{'} - G \cdot \cos\alpha \cdot a_t = 0, \qquad \textbf{(12)}$$

gdje je: L - osni razmak između kotača prednjeg i zadnjeg mosta. Zamjenom u jednadžbi $R_z \cdot a_z$ i $R_p \cdot a_p$ odgovarajućim momentima otpora M_{fz} i M_{fp}, kotrljanja vodećih i vođenih kotača i sređivanjem $M_{fz}+M_{fp}$ koji predstavljaju odgovarajući moment otpora kotrljanja traktoru, koji se u uvjetima kretanja usvaja kao M_f, pa se dobiva izraz koji određuje reakciju R_P:

$$R_p = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot a_t - (G \cdot \sin\alpha + R_f) \cdot h - R_p \cdot h_p^{'} - M_f}{L}. \qquad \textbf{(13)}$$

U ovim i daljim analizama usvaja se da je $\cos\gamma_p=1$. Normalna reakcija podloge R_z može se odrediti izjednačavanjem projekcija aktivnih sila na poprečnu ravninu normalnu na površinu podloge:

$$R_p + R_z = G \cdot \cos\alpha + R_p \cdot \sin\gamma_p. \qquad \textbf{(14)}$$

Ako se svugdje umjesto reakcije R_P zamjeni njeno značenje iz prethodnog izraza, dobiva se sljedeći izraz:

$$R_z = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot (L - a_t) + (G \cdot \sin\alpha + R_i) \cdot h - R_p \cdot h_p^{'} + M_f}{L} \cdot R_p \cdot \sin\gamma_p. \qquad \textbf{(15)}$$

Ako se promatra kretanje na nagibu, tako da kut α ima negativno značenje i član $G\cdot\sin\alpha$, u izrazu ima znak minus. Sila inercije R_i također može imati različite predznake. Pri blokiranom kretanju (naprimjer u slučaju kočenja), imat će negativan predznak. Pri konstantnom kretanju traktora s prikolicom na horizontalnoj podlozi, reakcije R_P i R_z imaju sljedeće značenje.

$$R_p = \frac{G\cdot a_t - R_p\cdot h_p' - M_f}{L}, \qquad \textbf{(16)}$$

$$R_z = \frac{G\cdot(L-a_t) + R_p\cdot h_p' + M_f}{L} + R_p\cdot\sin\gamma_p. \qquad \textbf{(17)}$$

Reakcije R_P i R_z koje djeluju na kotače traktora u stacionarnom stanju, bez prikolice, na horizontalnoj podlozi, nazivaju se statičkim reakcijama i označavaju se sa R_{Pst} i R_{Zst}. Izjednačavanjem predhodnih jednadžba s nulom svih sila i momenata anuliraju se članovi koji su korelativni sa kretanjem traktora, pa se dobiva:

$$R_{p_{st}} = G\cdot\frac{a_t}{L}, \qquad \textbf{(18)}$$

$$R_{z_{st}} = G\cdot\frac{L-a_t}{L}. \qquad \textbf{(19)}$$

Izračunavanjem vrijednosti reakcija R_p i R_z koje djeluju na prednje i zadnje kotače traktora pri različitim uvjetima eksploatacije, pokazuju da one nisu konstantne, već se tokom kretanja mjenjaju. Ako se traktor kreće bez prikolice ili ako je linija otpora paralelna površini puta, te promjene reakcija R_P i R_z uspostavljaju i rezultat preraspodjele normalnih opterećenja između prednjih i zadnjih kotača. Smanjenje opterećenja na prednjim kotačima izaziva povećanje opterećenja na zadnjim kotačima i obratno. Suma R_P+R_z postaje:

$$R_P+R_z = G\cdot\cos\alpha\,. \qquad \textbf{(20)}$$

Pri nagibu linije otpora u odnosu na površinu puta, promjene reakcija R_P i R_z ne uzrokuju značajno preraspodjele normalnih opterećenja između kotača, već i kao rezultat toga, u tom slučaju je:

$$R_p + R_z = G\cdot\cos\alpha + R_p\cdot\sin\gamma_p\,. \qquad \textbf{(21)}$$

Nagib linije otpora kretanju pokazuje također utjecaj na intenzivnosti preraspodjele normalnih opterećenja na kotačima kao i pri veličini nagiba pri postojanju dodatne visine prihvatne točke poteznice prikolice $hp'\neq hp$.

Za bolje sagledavanje o tome kako se raspodjeljuju normalne reakcije između prednjih i zadnjih kotača, pri različitim uvjetima kretanja sa mogućnošću uspoređivanja utjecaja izmjerenih veličina R_P i R_z, pogodna je sljedeća analiza.

Ako se odnos R_P/G nazove - koeficijentom opterećenja prednjih kotača, a odnos R_z/G - koeficijentom opterećenja stražnjih kotača i označe sa λ_p i λ_z., njihove vrijednosti se mogu odrediti po različitim metodama proračuna reakcija R_P i R_z, pa pri razmatranju kretanja traktora s prikolicom na horizontalnoj podlozi koeficijenti λ_p i λ_z imat će sljedeće značenje:

$$\lambda_p = \frac{a_t}{L} - \frac{R_p \cdot h_p' + M_f}{G \cdot L} = \lambda_{pst} - \frac{R_p \cdot h_p' + M_f}{G \cdot L}, \tag{22}$$

$$\lambda_z = \frac{L - a_t}{L} + \frac{R_p \cdot (h_p' + L \cdot \sin\gamma_p) + M_f}{G \cdot L} = \lambda_{zst} + \frac{R_p \left(h_p' + L \cdot \sin\gamma_p\right) + M_f}{G \cdot L}. \tag{23}$$

U prikazanim jednadžbama $\lambda_{pst} = \frac{a_t}{L}$, $\lambda_{zst} = \frac{L - a_t}{L}$, definiraju koeficijente opterećenja prednjih i stražnjih kotača, pri statičkom položaju.

6. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA PRIKOLICE

Prethodnim analizama i na temelju prikupljenih informacija te donesenih zaključaka pristupit će se konstrukcijskom oblikovanju i proračunu traktorske prikolice. Prije nego što pristupimo proračunu glavnih nosivih dijelova prikolice, odabrat ćemo normirane dijelove različitih proizvođača koji zadovoljavaju sve potrebne zahtjeve. Odabirom standardnih dijelova smanjit će se troškovi proizvodnje, te će se izbjeći potrebna atestiranja prikolice za registraciju. Svi ugrađeni standardni dijelovi imaju potrebnu dokumentaciju (ateste) koja dokazuje da zadovoljavaju sve kriterije koji su potrebni da bi se prikolica mogla registrirati.

Gotovi dijelovi koji će se ugrađivati na prikolicu odabrat će se iz kataloga europskih proizvođača ili proizvođača koji imaju proizvodnju izvan Europe, ali njihovi dijelovi su lako dobavljivi od lokalnih distributera.

6.1. Odabir standardnih dijelova i sklopova

Odabrani standardni dijelovi i sklopovi koji će se koristiti prilikom konstruiranja samoutovarne traktorske prikolice s gonjenim kotačima:

- hidromotori,
- naplatci,
- gume,
- radna kočnica,
- parkirna kočnica,
- poteznica,
- svjetlosna signalizacija,
- stabilizator za prikolicu,
- dizalica,
- hidraulički cilindar za pomicanje osovine,
- hidraulički cilindar za zakretanje ruda,
- uljna pumpa
- razvodni ventil.

6.1.1. Hidromotori

Jedan od razloga stavljanja hidromotora na šumsku prikolicu je povećanje prohodnosti. Osim povečanjem prohodnosti traktori koji imaju prikolicu s gonjenim kotačima nemaju potrebe za tako velikom masom i snagom kao što bi to bilo potrebno kod traktora koji koristi konvencionalnu prikolicu bez gonjenih kotača. Isto tak kod odabira hidromotora pazilo se da iznos tehnički dopuštenih masa po osovini bude zadovoljen prema zadanom zadatku i kategoriji prikolice. Ciljana kategorija prikolice je kategorija traktorske prikolice R3 (zbroj najvećih dopuštenih osovinskih opterećenja prelazi 3500 kg, ali ne prelazi 21000 kg), što je definirano pravilnikom o utvrđivanju sukladnosti traktora za poljoprivredu i šumarstvo.

Kao polazna stavka prilikom proračuna konstrukcije i odabira sklopa osovine usvojena je nosivost prikolice od 8000 kg. Ako se tome pribroji i masa nosivog okvira koja je na temelju sličnih prikolica procijenjena na 3000 kg s dizalicom za dizanje tereta. Na temelju zadane nosivosti i pretpostavke mase prikolice s dizalicom možemo dobiti ukupno opterećenje po kotaču.

Sam hidromotor predstavlja i nosivi dio na koji se pričvršćuje naplatak s gumom, te će on preuzeti na sebe tzv. osovinsko opterećenje.

Ukupno opterećenje po kotaču, odnosno hidromotoru u ovom slučaju iznosi $m_{uk} \approx 3000\,\text{kg}$.

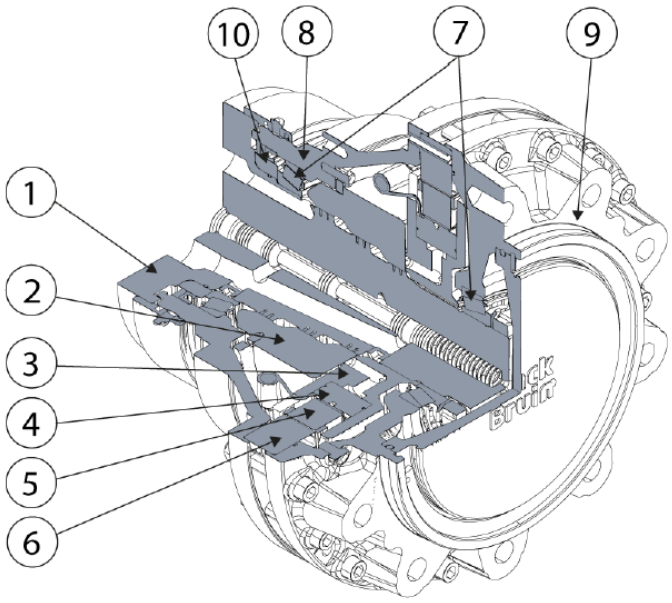
Prema tome odabrani su hidromotori tvrtke Black Bruin sa sjedištem u Finskoj, baš taj proizvođač je izabran iz razloga što se hidromotori mogu vrlo jednostavno i učinkovito kombinirati s različitim izvedbama kočnica, te što je jednostavno rukovanje i ugradnja.

Na slici 23. prikazan je Black Bruin hidromotor.



Slika 23. Black Bruin hidromotor [20]

Hidromotori se sastoje od puno različitih dijelova koji su međusobno povezani u skladnu i funkcionalnu cijelinu, a veoma bitna značajka im je kompaktnost i pouzdanost. Na slici 24. prikazani su glavni dijelovi Black Bruin hidromotora.



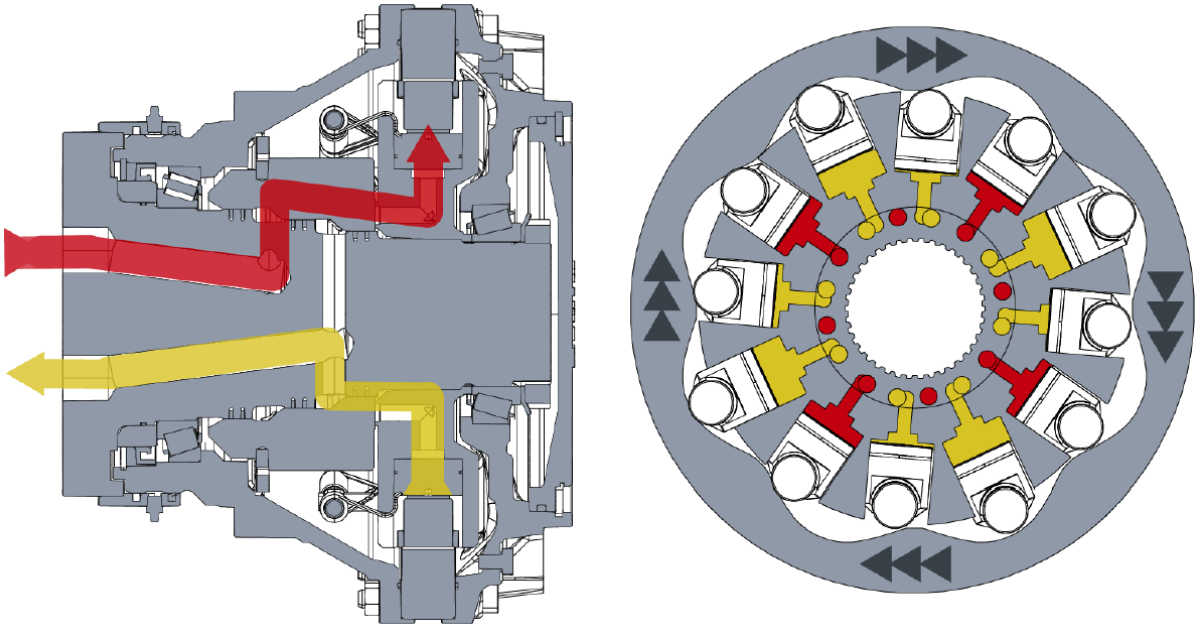
1. Vratilo
2. Distribucijski ventil
3. Blok motora
4. Klip
5. Bregasti valjci
6. Prsten valjaka
7. Ležajevi
8. Kučište
9. Glavina
10. Brtva vratila

Slika 24. Glavni dijelovi hidromotora [20]

Hidromotori serije B200 imaju rotirajuće kućište, što znači da osovina motora i blok motora ostaju na mjestu dok motor radi.

Rotacija motora postiže se unosom tlačnog hidrauličkog fluida kroz vratilo motora do razvodnog ventila. Distribucijski ventil usmjerava protok na klipove koji su na udaru snage. Pritisak gura klipove i bregaste valjke prema van, odnosno prema prstenu bregastog vratila na kućištu.

Valni oblik bregastog prstena pretvara silu u zakretni moment. Kada klipovi dođu do kraja svog hoda, ventil za usmjeravanje zatvara protok prema klipovima i pomiče klipove na povratni hod. Prsten bregastog vratila gura klipove natrag u blok cilindra koji ih priprema za slijedeći ciklus. Princip rada hidromotora prikazan je na slici 25.



Slika 25. Princip rada hidromotora [20]

Za odabrani Black Bruin hidromotor tehničke karakteristike bit će prikazane tablici 14.

Tablica 14. Tehničke karakteristike hidromotora [20]

Maksimalni moment	5570 Nm
Maksimalni moment na 100 bar	1590 Nm
Maksimalna radna snaga	50 kW
Maksimalna brzina vrtnje	500 o/min
Maksimalni radni tlak	350 bar
Maksimalni protok	200 l/min
Maksimalni opterećenje	5400 kg
Masa	92 kg
Masa s bubanjskom kočnicom	156 kg

Upravljanjem hidromotora vrši se pomoću posebnog sustava koji je razvijen od strane istog proizvođaća, upravljanje je veoma jednostavno, te se na temelju jednog pritiska na tipku pokreću hidromotori. Dodatni sustavi koji se koriste kod hidromotora, te tvore jednu cjelinu prikazani su u tablici 15.

Tablica 15. Dodatni potrebi elementi uz hidromotor [20]

1	2	3
		
Ventil • Prebacivanje motora na radni način ili prazan hod • Promjena smjera vožnje • Odabir brzohodnog ili sporohodnog režima rada • Visina tlaka (snage)	**Kontrolna jedinica** • Kontrola sistemskih funkcija • Kontrola ventila • Kontrola visine tlaka pomoću senzora	**Display** • Korisničko sučelje • Informiranje korisnika o trenutnom stanju sustavu prilikom rada

6.1.2. Naplatci

Nakon odabira hidromotora, koji su jedni od ključnih dijelova, slijedi odabir naplataka koji se ugrađuju na same hidromotore te s gumama čine cjelinu kotača.

U tablici 16. prikazani su svi poznati zahtjevi koje odabrani naplatak s gumom mora.

Tablica 16. Zahtjevi za naplatak

Nosivost po kotaču [kg]	3000
Razmak rupa [mm]	8 x 105
Promjer naplatka [“ (zoll)]	16

Prema prikazanim zahtjevima u tablici 16. odabire se naplatak tvrtke Cayrova [21] serijske oznake 111281, tehničke karakteristike prikazane su u tablici 17., a naplatak je prikazan na slici 26.

Tablica 17. Tehničke karakteristike naplatka [21]

Nosivost [kg]	3500
Oznaka naplatka	1111281
Razmak rupa [mm]	8 x 105
Središnji provrt [mm]	221
Širina naplatka [mm]	407
Promjer naplatka [" (zoll)]	17
Konstrukcija naplatka	dvodijelni, čelik
Debljina naplatka [mm]	10
Preporučen model gume	5.00/50-17



Slika 26. Odabrani naplatak [21]

6.1.3. Gume

Nakon odabira naplatka, potrebno je odabrati odgovarajuće zahtjeve koje guma mora ispunjavati. Na temelju odabranog naplatka birat će se guma koja zadovoljava zahtjevanu nosivost.

U tablici 18. prikazani su zahtjevi koje guma mora zadovoljiti.

Tablica 18. Zahtjevi za gume

Nosivost gume [kg]	3500
Ugradbeni promjer [“ (zoll)]	17
Potrebna dimenzija gume (ISO 4251-1:2005)	5.00/50-17

Guma mora osim prikazanih zahtjava zadovoljiti i rad na različitim podlogama, pod različitim opterećenjima i nagibima.

Na temelju zahtjeva iz tablice 18. odabrana je guma FLOTATION 648 proizvođača BKT. Guma posjeduje posebni dizajn gaznoga sloja koji omogućava prevoženje vrlo velikih tereta pri niskom tlaku, istodobno jamči smanjenje zbijanja tla i sprečavanje propadanje gume.

Tablica 19. Tehničke karakteristike odabrane gume [22]

Nosivost [kg]	3500
Oznaka gume	FLOTATION 645
Dimenzije (ISO 4251-1:2005)	5.00/50-17
Konstrukcija gume	dijagonalna – 10 platana
Radijus usred statičkog opterećenja [mm]	416
Opseg kotrljanja [mm]	2750
Promjer gume [mm]	945
Širina u presjeku [mm]	510



Slika 27. Izgled odabrane gume [22]

Izabrana guma prikazana na slici 27. zadovoljava sve postavljene zahtjeve iz tablice 18.

6.1.4. Radna kočnica

Radna kočnica djeluje u sklopu zajedno s hidromotorom, te se na postojeći hidromotor ugradi bubanjska kočnica.



Slika 28. Bubanjska kočnica u sklopu s hidromotorom [24]

Odabrani kočioni sklop koji možemo vidjeti na slici 29. sastoji se od dva glavna dijela. Kako se radi o tzv. bubanj kočnici ti dijelovi su radni mehanizam i bubanj s kočionom površinom. Radni mehanizam na sebi ima kočione obloge koje u kontaktu s kočionom površinom bubnja stvaraju trenje i na taj način koče vozilo.

Bubanj, za razliku od radnog mehanizma, obavlja više različitih zadaća. Kao što je ranije navedeno, na bubnju se nalazi kočiona površina na koju se upiru kočione obloge. Trošak bubanjskih kočnica je relativno nizak, a kočiona snaga je znatno veća.



Slika 29. Black Bruin bubanjska kočnica [24]

Prednost bubanjskih kočnica je i u tome što su zatvorene, te ne može doći do kontakta s prljavštinom i vodom, kako se takve vrste prikolica koriste u teškim uvjetima rada, takva izvedba je od velike koristi. U tablici 20. prikazane su tehničke karakteristike odabranih kočnica.

Tablica 20. Tehničke karakteristike kočnice [20]

Tip kočnice	mehanička
Maksimalni moment kočenja [Nm]	13500
Masa [kg]	62

6.1.5. Svjetlosna signalizacija

Prema Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama [2] definirano je koje sve uređaje za označavanje vozila i davanje svjetlosnih znakova prikolica treba sadržavati da bi se mogla atestirati. To je definirano kroz nekoliko stavaka i članaka navedenog dokumenta.

Na temelju važećeg Pravilnika [2] odabrati će se uređaji za označavanje vozila i davanje svjetlosnih znakova. Uređaji će biti odabrani iz kataloga proizvođača homologirane opreme te vrste. Svi odabrani proizvodi zadovoljavaju potrebne norme na domaćem i europskom tržištu. Uređaji koje prikolica mora sadržavati:

- stražnja pozicijska svjetla,
- kočna svjetla,
- katadiopteri,
- sigurnosni trokut za spora vozila,,
- pokazivači smjera i
- svjetlo za osvjetljavanje stražnje registarske pločice.

6.1.5.1. Pozicijska, kočna svjetla, pokazivači smjera i svjetla za reg. oznaku

Za obavljanje funkcije stražnjeg pozicijskog svjetla, kočnog svjetla, pokazivača smjera, svjetla za osvjetljavanje registarske oznake i kadioptera koje prikolica mora sadržavati odabran je proizvod koji, atestiran u jednom kućištu, sadrži sve navedene uređaje. Proizvod je odabran iz kataloga tvrtke Golmax oznake 15015. Dva takva uređaja bit će ugrađena na stražnjoj ploči sa signalizacijskim uređajima tako da zadovoljavaju uvjete ugradnje. Dimenzije uređaja su 220 x 105 x 62 mm. Na slici 30. prikazana je izgled signalizacijskog uređaja.



Slika 30. Slika kombiniranog signalizacijskog uređaja [23]

6.1.5.2 Kadiopteri

Prema [2] članak 37. priključno vozilo iz ovog rada mora na svojem trupu imati ugrađena dva prednja i dva stražnja katadioptera (reflektora). Istim člankom definiran je oblik, pozicija i veličina katadioptera te je u skladu s odredbama iz spomenutog članka izvršen odabir katadioptera tvrtke Golmax. Odabrani su prednji katadiopteri pravokutnog oblika, bijele boje, tip 58001-U.



Slika 31. Odabrani prednji kadiopter [23]

Za stražnje katadioptere odabrani su katadiopteri proizvođača Golmax tip 51040. Odabrani katadiopter je u obliku trokuta, crvene boje prikazan na slici 32.



Slika 32. Odabrani stražnji kadiopter [23]

6.1.5.3. Električna utičnica za osvjetljenje

Da bi ostvarili električni kontakt od stražnjeg dijela traktora do uređaja za označavanje vozila i davanje signalizacijskih znakova potrebna je električna utičnica. Pomoću električne utičnice je vrlo jednostavno priključiti, ali i otpojiti kabel kojim se dovodi električna energija od traktora do svjetlosnih uređaja na prikolici.

Proizvod je izabran iz kataloga tvrtke Golmax [23] oznake 75000 te je prikazan na slici 33.



Slika 33. Električna utičnica [23]

6.1.5.4. Sigurnosni reflektirajući trokut za spora vozila

Na prikolicu mora biti ugrađen sigurnosni reflektirajući trokut na stražnjoj strani vozila. Proizvod je izabran iz kataloga tvrtke Golmax oznake 00065 te je prikazan na slici 34.



Slika 34. Reflektirajući trokut za spora vozila [23]

6.1.7. Razvodni ventil

Odabir razvodnog ventila za hidromotore od velike nam je važnosti iz razloga što se pomoću njega upravlja radom hidromotora, odabiremo smjer vrtnje, odabir praznog hoda i visine tlaka. Ventil je odabran na preporuku proizvođača. Na slici 35. možemo vidjeti odabrani ventil.



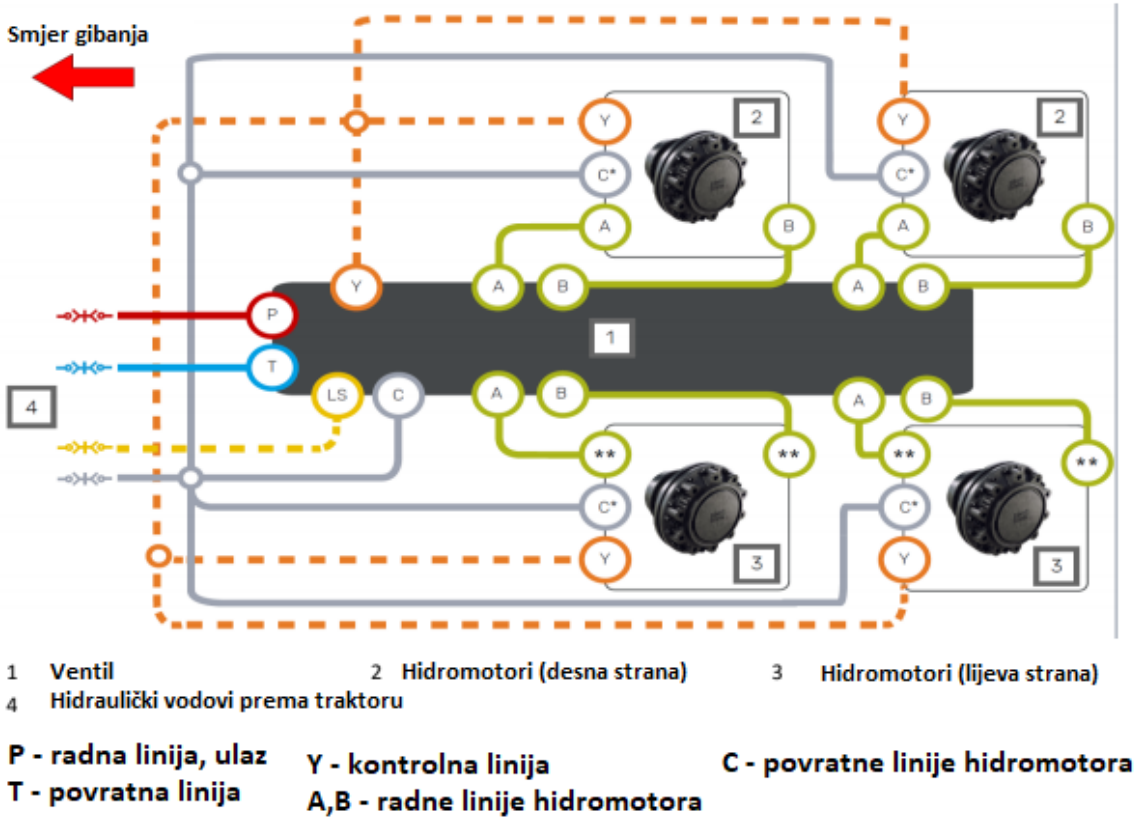
Slika 35. Razvodni ventil [26]

U tablici 21. prikazane su tehničke karakteristike ventila.

Tablica 21. Tehničke specifikacije ventila [26]

Serija ventila	CVM 120 Series
Model	CVM120-A2H0T0V12S00
Napon solenoida [V]	12 V DC
Maksimalni protok po motoru [l/min]	28,2 l/min
Masa [kg]	42,2 kg

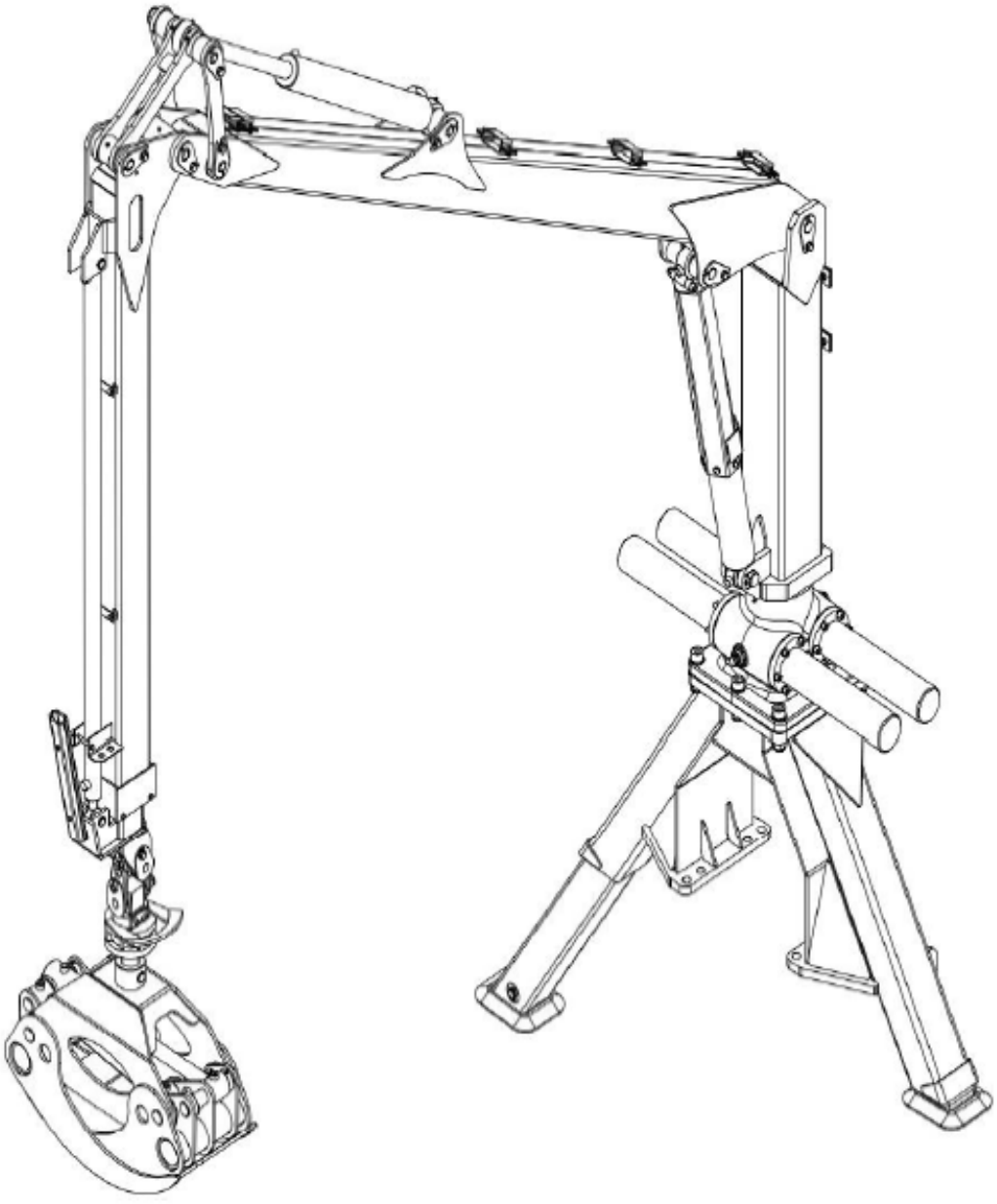
Upravljanje ventilom vrši se elektromagnetski pomoću solenoida, na slici 37. prikazana je shema spajanja ventila s hidromotorima.



Slika 36. Shema spajanja ventila s hidromotorima [26]

6.1.8. Dizalica za utovar višemetrica

Dizalica na prikolici bi se koristila za podizanje i spuštanje tereta. Teret bi bilo potrebno podići s razine poda, okrenuti i spustiti u teretni prostor prikolice. Najpopularnije rješenje na šumskim prikolicama jest upotreba okretne zglobne dizalice koja se pričvršćuje na trup prikolice.
Na slici 37. možemo vidjeti odabrani model Palms 670 dizalice za utovar tereta.

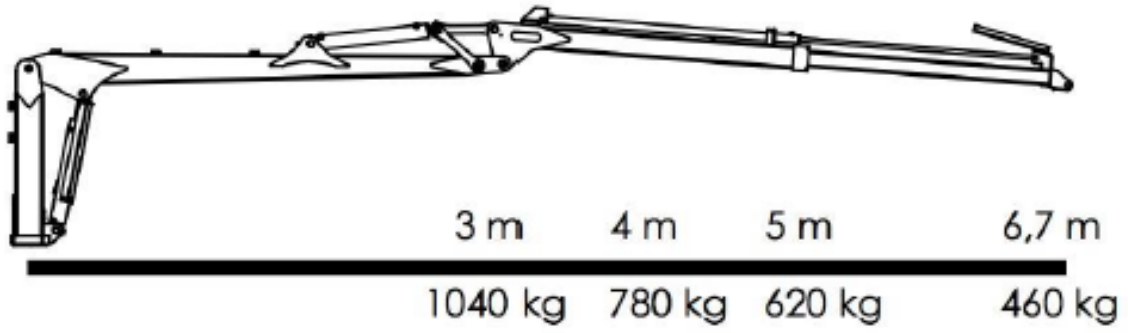


Slika 37. Palms 670 dizalica [27]

Tablica 22. Tehničke karakteristike dizalice [27]

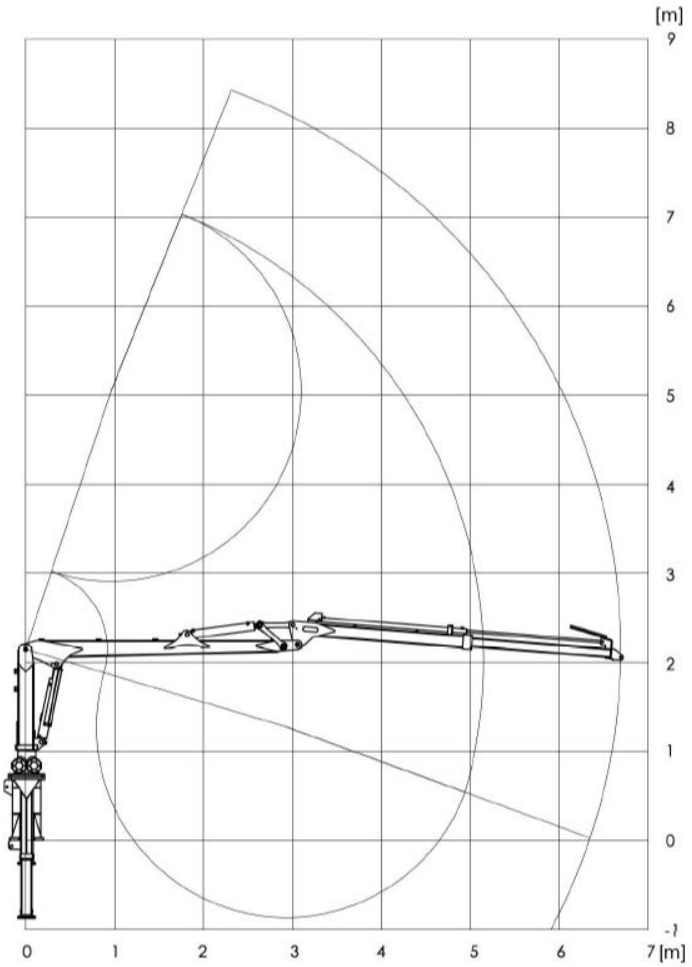
Maksimalni domet [m]	6,7 m
Moment podizanja [kNm]	42 kNm
Podizna masa na 4 m [kg]	780 kg
Podizna masa na maksimalnom dohvatu [kg]	460 kg
Volumen hvataljke [m^3]	0,17 m^3
Masa rotatora i hvataljke [kg]	79 kg
Rotacija dizalice [°]	370 °
Radni tlak [bar]	180 bar
Potreban volumni protok [l/min]	40 l/min
Ukupna masa [kg]	1100 kg

Na različitim dohvatima, masa koju dizalica može podići je različita, grafički je za odabranu dizalicu prikazano na slici 38.



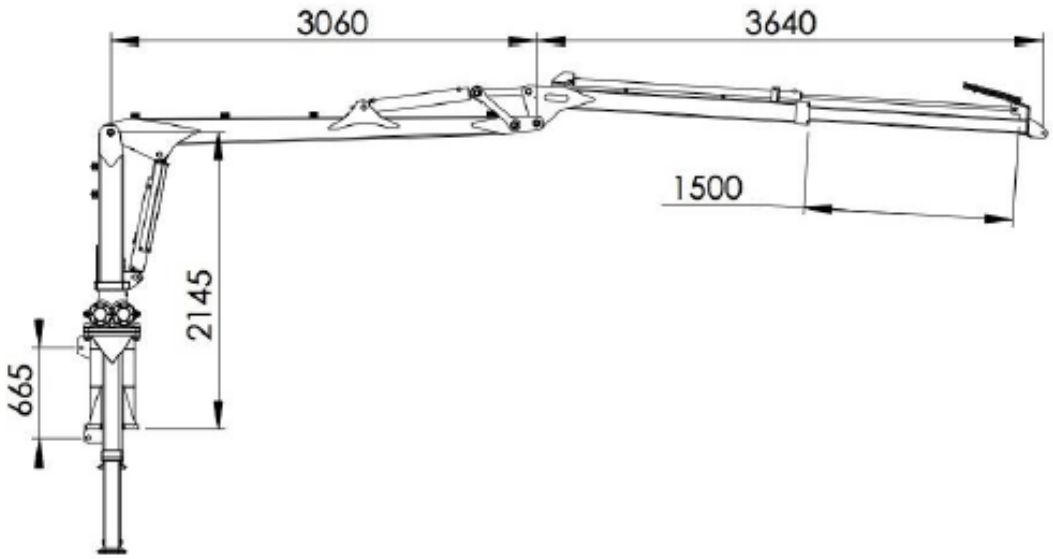
Slika 38. Podizna snaga na različitim udaljenostima [27]

Dobra strana takvih dizalica je ta što se teret može podići ili ispustiti na širokom rasponu udaljenosti, na slici 38. možemo vidjeti ovisnost kraka o masi dizanja.



Slika 39. Radno područje dizalice [27]

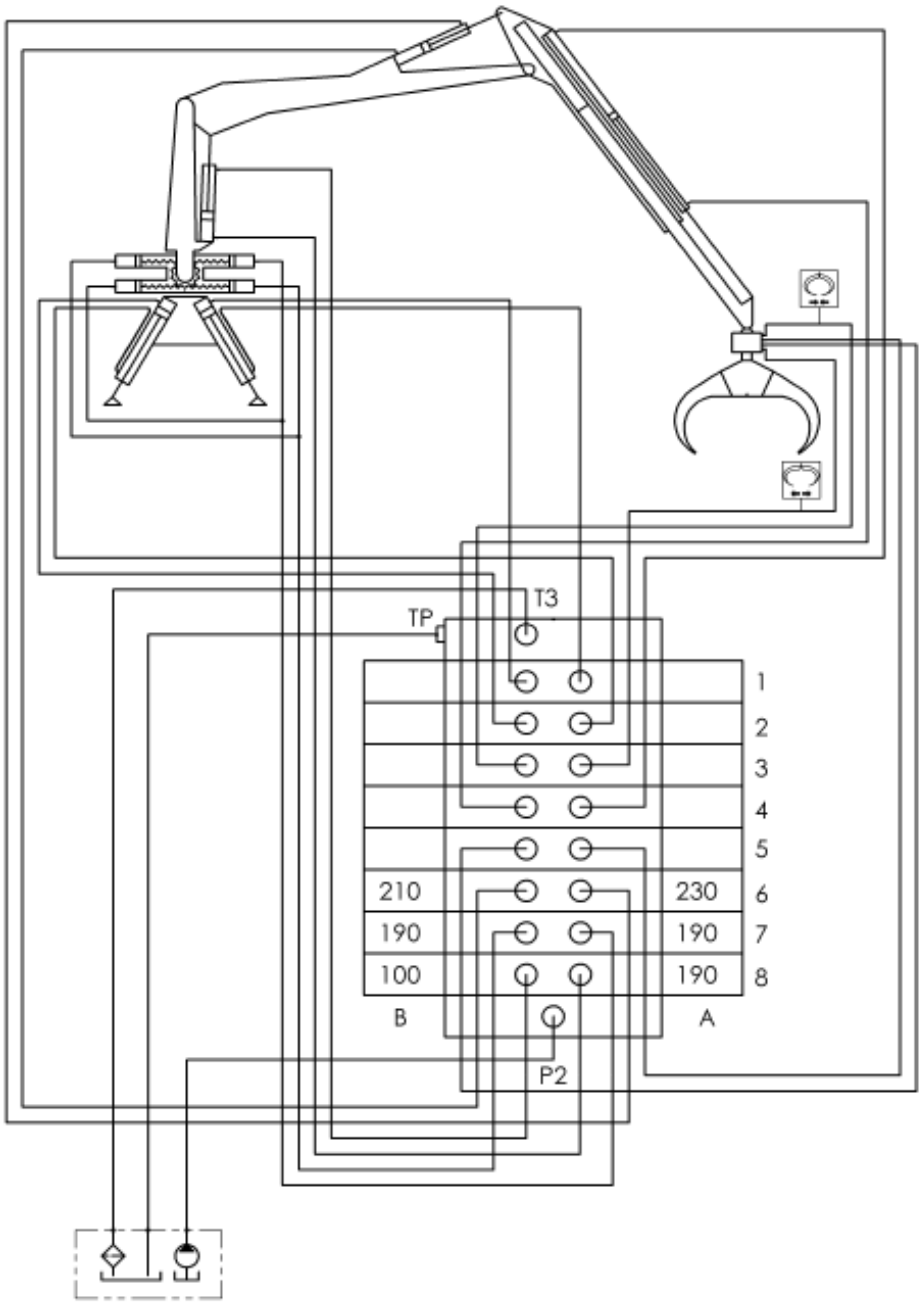
Dimenzije utovarne dizalice prikazane su na slici 40.



Slika 40. Dimenzije dizalice Palms [27]

6.1.8.1. Hidraulična shema dizalice za utovar

Kako bi smo prikazali hidraulički sustav koristimo hidrauličke sheme, na slici 41. možemo vidjeti jednu takvu shemu koja je prikazana za odabranu dizalicu Palms 670.



Slika 41. Hidraulična shema dizalice [27]

6.1.9. Proračun hidraulične pumpe

Princip rada svih volumetričkih pumpi je isti. Proces usisavanja radne tekućine i njezina tlačenja se obavlja neprestanim gibanjem radnih elemenata. Specifični protok pumpe unaprijed je definiran geometrijom radnih komora, osim ako je riječ o pumpi kod kojih se volumen komore može mijenjati. Tlak na tlačnom priključku pumpe ovisi o opterećenju hidromotora, tj. hidrauličnog cilindra i ograničen je konstrukcijskim karakteristikama hidrostatskog sustava.
Osnovni proračun hidrauličnih pumpi izvodi se prema sljedećim izrazima:

$$q = \frac{D \cdot n}{1000} \ \left[\text{l/min}\right], \tag{24}$$

gdje je:

q – protok [l/min],

D – radni volumen hidromotora [cm^3/okr],

n – broj okretaja [1/min].

Moment kojim će raditi hidromotor računa se prema izrazu []:

$$M = \frac{D \cdot \Delta p}{63} \ \left[\text{Nm}\right], \tag{25}$$

gdje je:

Δp - razlika tlaka [bar] (između ulaza i izlaza).

Na temelju konstrukcijskog ograničenja ventila (Tablica 20.) koji koristimo za upravljanje hidromotorima, maksimalni protok je $q_{\max} = 28,4$ l/min.

Koristeći izraz [24] računamo broj okretaja hidromotora:

$$q = \frac{D \cdot n}{1000} \ \left[\text{l/min}\right] \quad \Rightarrow \quad n = \frac{1000 \cdot q}{D} \ \left[1/\text{min}\right]. \tag{26}$$

$$n = \frac{1000 \cdot q}{D} = \frac{1000 \cdot 28,4}{1250} = 22,72 \text{ 1/min}. \tag{27}$$

Moment hidromotora prema izrazu [25] iznosi:

$$M = \frac{D \cdot \Delta p}{63} = \frac{1250 \cdot 180}{63} = 3571 \text{ Nm}. \tag{28}$$

Kako u hidrauličnom sustavu imamo 4 motora, ukupan protok kroz ventil koji upravlja radom hidromotora je:

$q_{\text{HM}} = 28,4 \cdot 4 = 113,6$ l/min,

gdje je:

q_{HM} - ukupni protok kroz hidromotore.

Potreban protok dizalice za utovar tereta prema Tablica 22. iznosi: $q_{diz} = 40$ l/min .

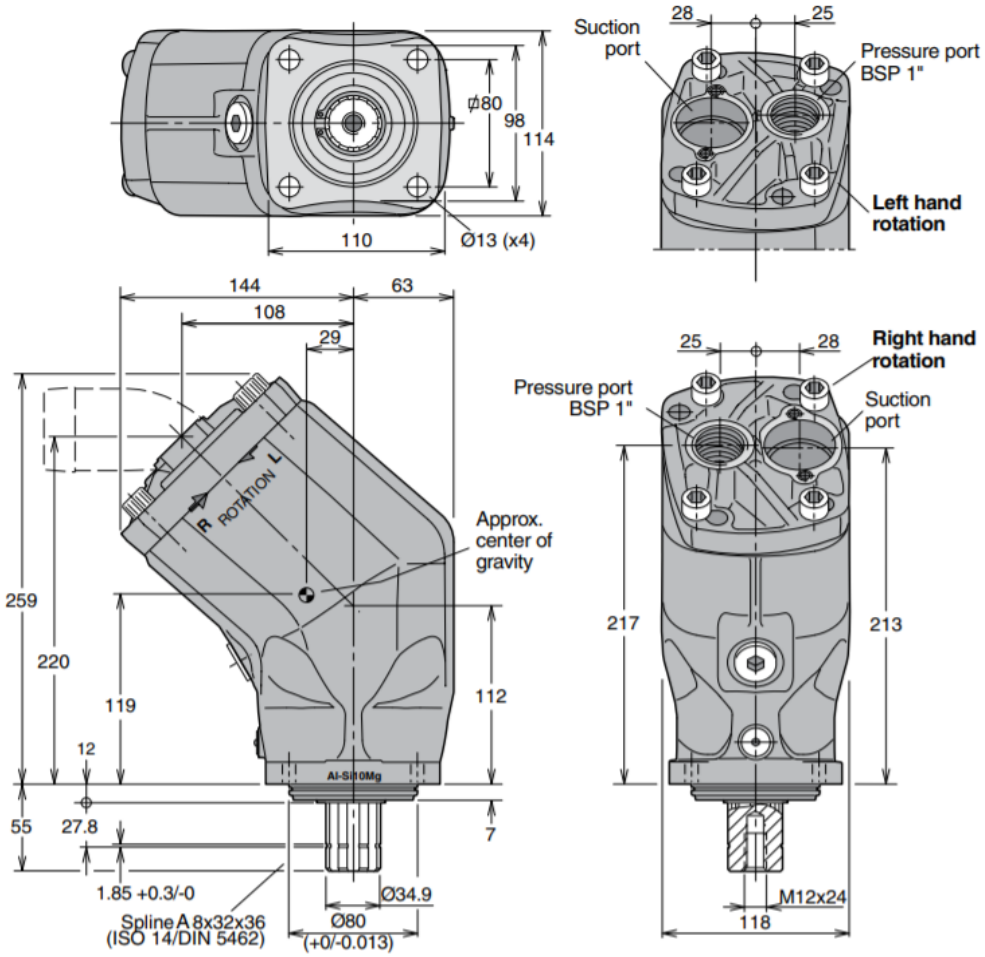
Na temelju dobivenih rezultata možemo protok pumpe nam mora biti veći od 113,6 l/min, odabiremo veći protok od dva slučaja iz razloga što se tijekom eksploatacije nikad neće koristiti istovremeno pogon prikolice i rad dizalice:

$$q_p = q_{HM} = 113,61 \text{ l/min.} \quad \textbf{(29)}$$

Tablica 23. Tehnički zahtjevi za hidromotor

Ukupan protok, $q_{uk,p}$ [l/min]	$\leq 113,61$ l/min
Potreban tlak, p_p [bar]	$p \geq 180$ bar
PTO izlaz	Tip 1, 6 zubi
Broj okretaja na ulazu	540 ili 1000 1/min

Odabrana je hidraulična pumpa proizvođača Parker model: PARKER T-121



Slika 42. Mjerna skica odabrane hidraulične pumpe

Na slici 42. možemo vidjeti odabranu hidrauličnu pumpu, a tablica 24. nam prikazuje tehničke karakteristike hidraulične pumpe.

Tablica 24. Tehničke karakteristike odabrane pumpe

Proizvođač	Parker
Model	T-121
Broj pumpe	3782121
Rotacija	Lijevo
Radni volumen [cm^3/okr]	118,5 cm^3/okr
Maksimalni protok pumpe [l/min]	190 l/min
Maksimalni tlak	350 bar

Na slici 43. prikazan nam je 3D CAD model odabrane pumpe.



Slika 43. 3D CAD model pumpe

Prema izrazu [26] uzimajući podatke iz tablice 24. izračunavamo protok pumpe pri 1000 o/min (standardna brzina vrtnje izlaznog vratila):

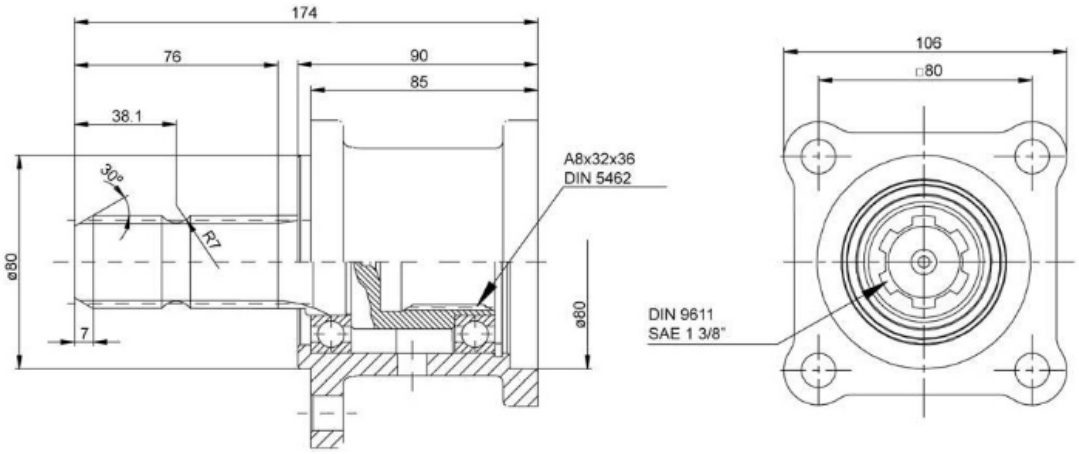
$$q_p = \frac{D \cdot n}{1000} = \frac{118,5 \cdot 1000}{1000} = 118,5 \text{ l/min} . \quad \textbf{(30)}$$

$$q_p = 118,5 \text{ l/min} \geq q_{\text{HM}} = 113,61 \text{ l/min} \quad \textbf{ZADOVOLJAVA}$$

Izlazno vratilo pumpe dimenzija je A8x32x36 koje je izrađeno prema DIN 5462 normi, a na traktoru je izlazno vratilo izrađeno prema DIN 9611, iz tog razloga potreban nam je adapter

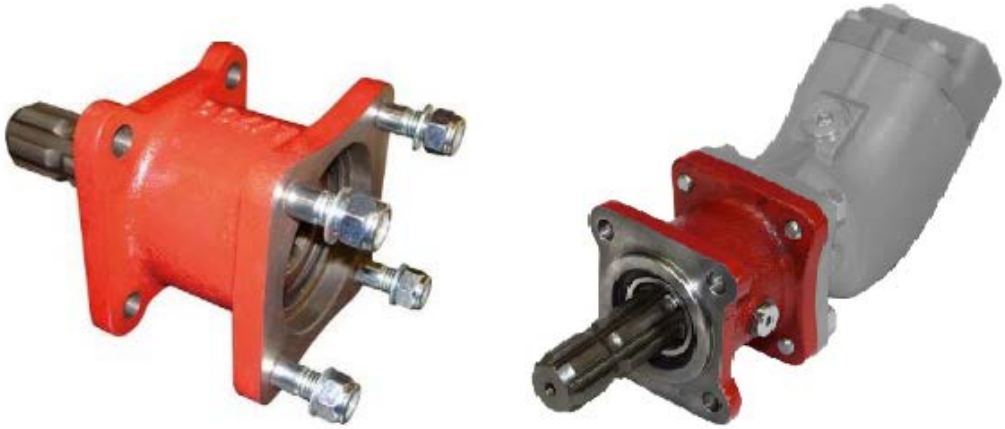
kako bi smo mogli koristiti standardno kardansko vratilo koje se spaja s traktora na hidrauličnu pumpu.

Odabran je adapter njemačkog proizvođača NFZ – Hydraulic koji je namijenjen baš u tu svrhu.



Slika 44. Mjerna skica adaptera

Na slici 44. prikazana je mjerna skica adaptera, a na prikazan je izgled odabranog adaptera.



Slika 45. PTO adapter

6.1.9.1. Pogon hidraulične pumpe

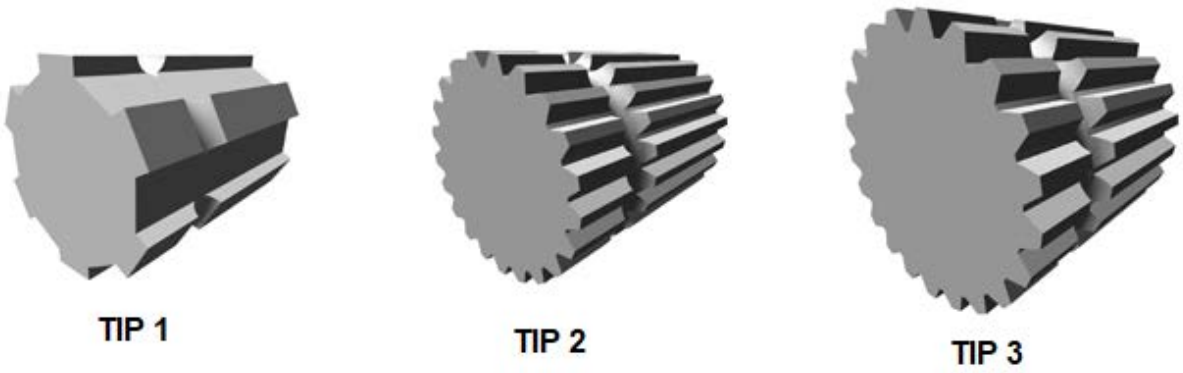
Za pogon hidraulične pumpe potreban je eksterni izvor snage. Kako bi se izbjeglo da se potrebne hidrauličke komponente pogone preko remenskog sustava motora ili da se ugrađuje dodatni diesel agregat, poželjno je da vozilo ima PTO (eng. „*Power take off*“) modul. PTO modul predstavlja mehanički izlaz (vratilo) direktno iz mjenjačke kutije traktora. Izlazno se vratilo (slici 46.) obično nalazi sa stražnje strane vozila. Broj okretaja izlaznog vratila standardiziran je normama ISO 500 i DIN 9611, a ovisno o prijenosnom omjeru dolazi u 3 različite kategorije.

Tako standard propisuje sljedeće iznose brojeva okretaja na izlazu iz PTO - a: 540 *o/min,* 720 *o/min* i 1000 *o/min* pri čemu konstrukcija vozila treba osigurati da se maksimalni broj okretaja postiže već na 75% nominalnog broja okretaja. Uključivanje i isključivanje se vrši pomoću glavne spojke mjenjačke kutije i najčešće pneumatskog ventila (može biti također mehanička varijanta ili varijanta s hidrauličkim ventilom) pomoću koje se vrši uključivanje i isključivanje PTO modula.



Slika 46. PTO izlaz na traktoru [34]

U našem slučaju odabrana je izvedba kod koje se pumpa spaja na PTO preko kardanskog vratila. Najveći broj priključaka konstruiran je da radi na 540 *o/min,* dok je kod vozila većih snaga praksa od 1000 *o/min.* Kod većine modernih vozila moguće je mijenjati željeni maksimalni broj okretaja.



Slika 47. Tipovi PTO izlaza [35]

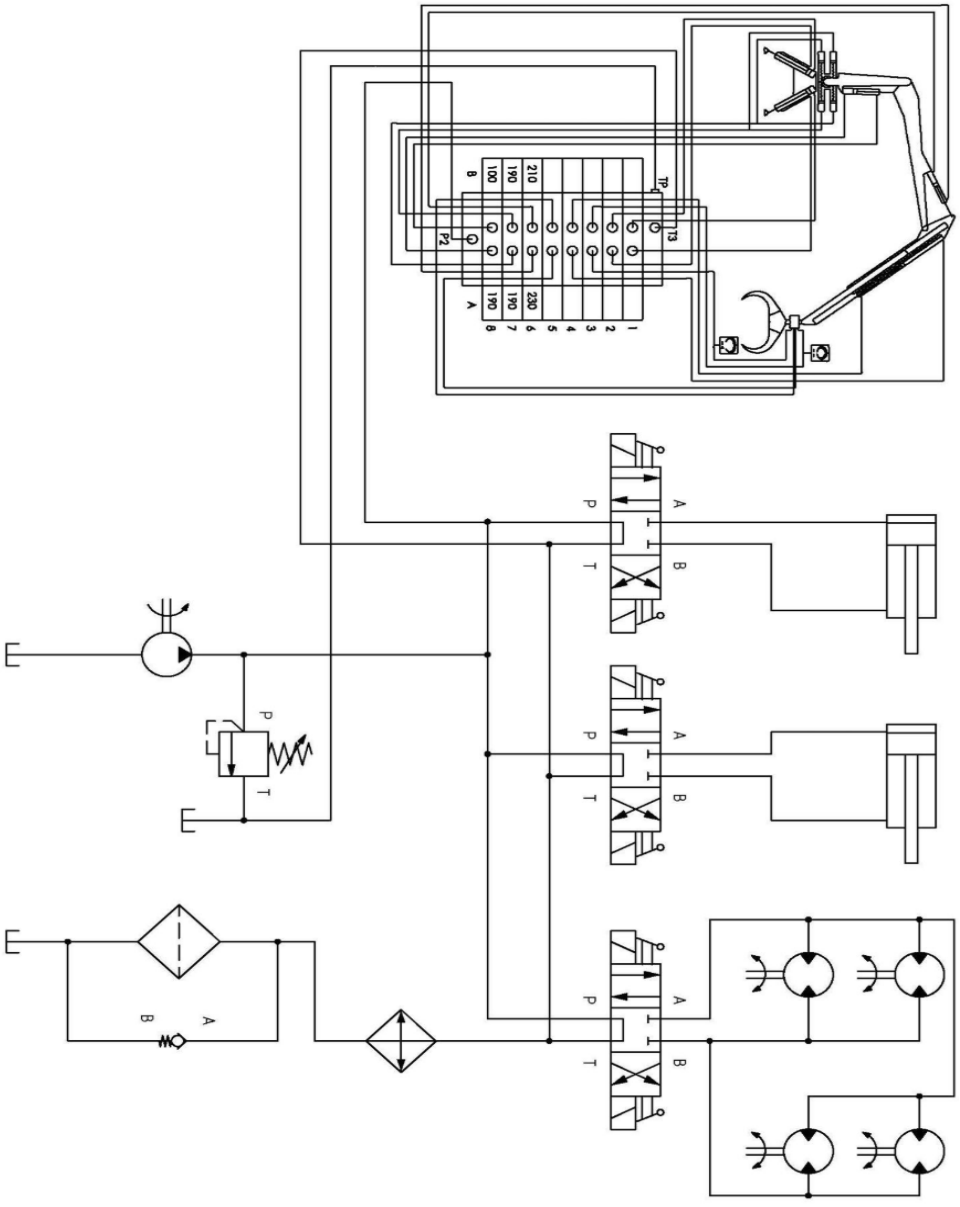
Na slici 47. prikazani su tipovi PTO izlaza, a u prikazane su tehničke karakteristike PTO izlaza.

Tablica 25. Tipovi i dimenzije izlaznih vratila

Tipovi i dimenzije izlaznih vratila			
	TIP 1	TIP 2	TIP 3
Promjer [mm]	35	35	45
Broj okretaja [1/min]	540	1000	1000
Broj zubi	6	21	20
Smjet rotacije	U smjeru kazaljke na satu s priključne strane		

6.1.10. Shema hidrauličnog sustava

Na slika slici 48. prikazana je shema kompletnog hidrauličnog sustava.



Slika 48. Shema hidrauličnog sustava

6.2. Oblikovanje i proračun nestandardnih dijelova

U ovom poglavlju biti će prikazano konstrukcijsko oblikovanje i proračun nestandardnih dijelova. Prilikom konstruiranja obraćala se pažnja da se prikolica izradi iz lako dostupnih materijala pa će se u tu svrhu koristiti opći konstrukcijiski čelik S355JR, koji je lako dobavljiv a ima zadovoljavajuća mehanička svojstva.

Odabrani čelik posjeduje iznomno dobra svojstva obradivosti odvajanjem čestica te zavarljivosti.

Prema [28] mehanička svojstva čelika S355JR prikazana su u tablici 26.

Tablica 26. Mehanička svojstva čelika S355JR [28]

Granica razvlačenja	$R_{p0.2} = 355\,\text{MPa}$
Dopušteno naprezanje na vlak/tlak	$\sigma_{dop} = 125\,\text{MPa}$
Modul elastičnosti E	$E = 210000\,\text{MPa}$

6.2.1. Opterećenja na šasiju okomito na uzdužnu os

Prikolica će biti korištena za prijevoz maksimalnog tereta mase od 8000 kg, kako se na prikolicu montira i dizalica za teret, potrebno je i njezinu masu uzeti u obzir, kao i naprezanja koja se prilikom nje javljaju.

Nakon analize sila dobije se da se po dužnom metru prikolice javljaju dva koncentrirana opterećenja, kao što je i prije navedeno, koncentrirano opterećenje tereta, te koncentrirano opterećenje dizalice.

Opterećenja iznose:

- opterećenje uslijed tereta**:** $q_t = \frac{m_t \cdot g}{l_2} = \frac{8000 \cdot 9{,}81}{4{,}4} = 17836\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$**,** **(31)**
- opterećenje uslijed dizalice: $q_d = \frac{m_d \cdot g}{l_1} = \frac{1100 \cdot 9{,}81}{0{,}5} = 21582\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$. **(32)**

Prikolicu ćemo zamisliti kao gredu na dva oslonca , kotači i vučno oko ćemo zamijeniti s osloncima, te izvršiti proračun opterećenja oslonaca pomoću uvjeta ravnoteže.

U obzir će se uzeti najgori slučaj, odnosno slučaj gdje je osovina najudaljenija od traktora.

$$\sum F_V = 0 \qquad F_A + F_B - q_1 \cdot l_1 - q_2 \cdot l_2 = 0 \tag{33}$$

$$\sum M_A = 0 \qquad F_B \cdot l_3 - q_1 \cdot l_1 \cdot (l_6 - \frac{l_1}{2}) - q_2 \cdot l_2 \cdot (l_6 - \frac{l_2}{2}) = 0 \tag{34}$$

Nakon uvrštavanja poznatih veličina:

$$\sum F_V = 0 \qquad F_A + F_B - 21582 \cdot 0,5 - 17836 \cdot 4,4 = 0 \tag{35}$$

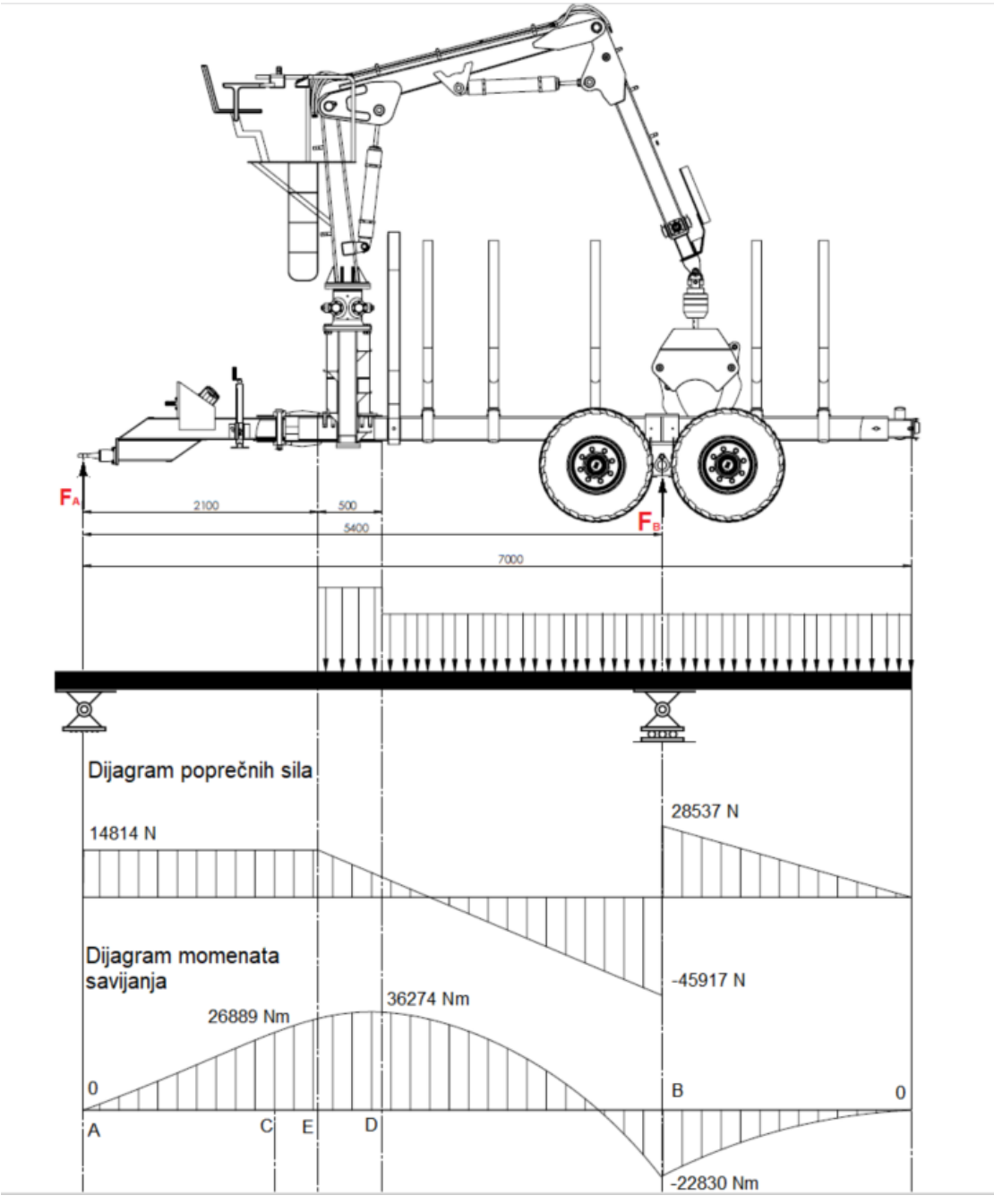
$$\sum M_A = 0 \qquad F_B \cdot 5,4 - 21582 \cdot 0,5 \cdot (2,6 - \frac{0,5}{2}) - 17836 \cdot 4,4 \cdot (2,6 + \frac{4,4}{2}) = 0 \tag{36}$$

Iz izraza (35) i (36) izračunate su sile u osloncima:

$F_A = 14814,8\,\text{N},$

$F_B = 74454,6\,\text{N}.$

Dijagram poprečnih sila i momenata prikazan je na slici 49.



Slika 49. Dijagram uzdužnog opterećenja šasije

Nakon što smo izračunali silu F_A možemo odabrati još dva standardna dijela:

1. vučna spojnica,
2. stabilizator za prikolicu.

6.2.1.1. Vučna spojnica

Nakon što smo izračunali silu F_A možemo odabrati još dva standardna dijela:

- vučna spojnica,
- stabilizator za prikolicu.

Povezivanje prikolice s traktorom i njezino oslonjenje vrši se pomoću vučne spojnice, vučna spojnica sastoji se od 3 dijela:

- vučna kuka,
- klin,
- vučno oko.

Vučna spojnica se dimenzionira i odabire prema masi vučenog vozila. Masa vučenog tereta je 8000 kg, a pretpostavljena masa prikolice je $m_{uk} \approx 3000\,\text{kg}$ te onda ukupna masa jedne vučene prikolice sa teretom iznosi $m_{uk} \approx 12000\,\text{kg}$.

Vučna kuka i klin su dijelovi koji su sastavni dio. U ovom trenutku pretpostaviti ćemo da ugrađena kuka i klin odgovaraju odabranom vučnom oku koje se ugrađuje na prikolicu iz ovog rada. Osim mase vučenog vozila pri odabiru vučnog oka potrebno je uzeti u obzir mogućnost rotacije oko uzdužne osi prikolice. Time se onemogućuje prijenos momenata torzije s prikolice kroz rudo na traktor čime se uvelike poboljšavaju terenske sposobnosti sloga vozila i smanjuje naprezanje na dijelove vučne spojnice. Osim toga, primjenom okretnog vučnog oka sprječava se prevrtanje vučnog vozila (traktora) u slučaju prevrtanja prikolice.

Prilikom odabira vučnog oka potrebni je i razmatrati vertikalno opterećenje kojim je vučno oko opterećeno. Najveća vertikalna sila na vučnom oku javlja se prilikom vožnje prikolice s maksimalnih 8000 kg tereta, a iznos te sile je $F_v = 14814\,\text{N}$.

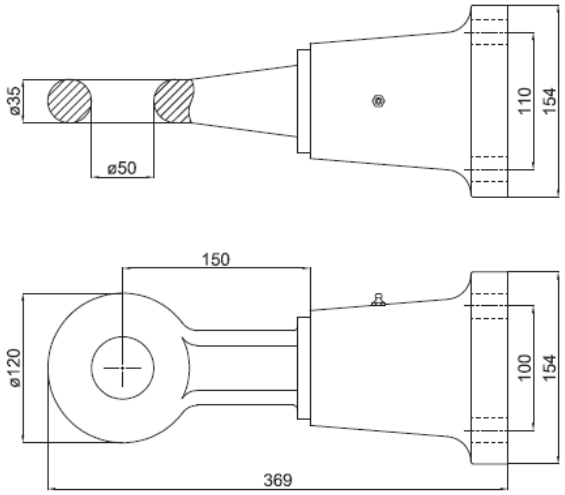
Prema prikazanim zahtjevima i potrebama odabire se vučno oko oznake Flangiano 7202 tvrtke BBM čije su tehničke karakteristike prikazane u Tablica 27.

Tablica 27. Tehničke karakteristike vučnog oka [29]

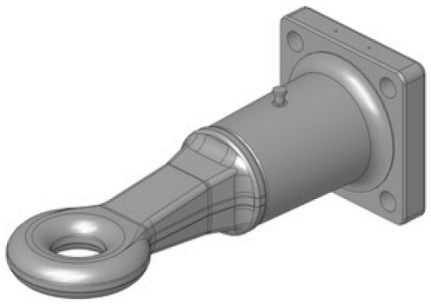
Kataloški broj	7202
Zadovoljava norme	ISO 5692-3
Dopuštena vučena masa [kg]	14000
Dopušteno vertikalno opterećenje $[\text{daN}]^{1}$	2000
Masa vučnog oka [kg]	7,5
Materijal vučnog oka	39CrNiMo3

[1] $1\,\text{daN} = 1,01972\,\text{kg}$

Proizvođač propisuje način ugradnje vučnog oka na šasiju prikolice uz pomoć četiri M16 vijka razreda čvrstoće 12.9 koji se osiguravaju momentom pritezanja u iznosu 340 Nm. Na slici 50. prikazana je skica sa svim dimenzijama potrebnima za ugradnju vučnog oka na trup prikolice.



Slika 50. Mjerna skica vučnog oka [29]



Slika 51. 3D CAD model vučnog oka

6.2.1.2. Stabilizator za prikolicu

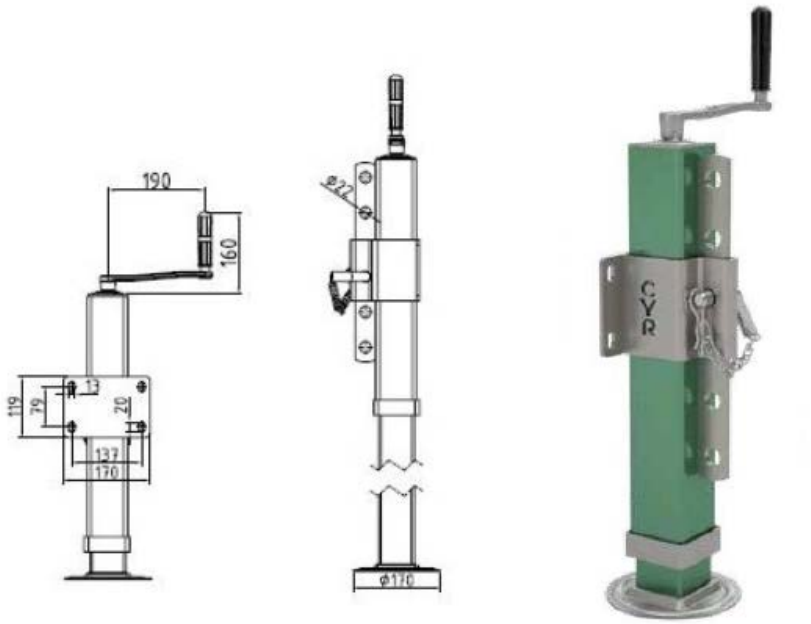
Kako bi prikolica mogla horizontalno stajati, te kako bi se što lakse priključila na traktor potrebno odabrati stabilizator koji se stavlja na rudo prikolice.

Vertikalno opterećenje na rudi prikolice je $F_v = 14814\,\mathrm{N}$, prema tome odabire se stabilizator istog proizvođača kao i naplatci , to je turski proizvođač Cayirova, a stabilizator je oznake 122131, a tehničke karakteristike prikazane su u tablici 28.

Tablica 28. Tehničke karakteristike stabilizatora [21]

Nosivost [kg]	1800
Dimenzije vanjskog profila [mm]	60 x 60
Dimenzije unutarnjeg profila [mm]	50 x 50
Minimalna dužina stabilizatora [mm]	450 mm

Na slici 52. prikazana je mjerna skica s osnovnim mjerama potrebnim za ugradnju stabilizatora.



Slika 52. Odabrani stabilizator s mjernom skicom [21]

6.2.2. Vučne sile i otpori vožnje

U ovom poglavlju prikazat ćemo slučaj vožnje prikolice po lošem (šumskom terenu), prikolica će se u svom radu voziti i po sabitim putevima, ili cestama, no kako su otpori kotrljanja i vučne sile veće na lošim cestama, razmatrat će se samo taj lošiji slučaj, a to je vožnja šumskim putevima.

U poglavlju 5.2. navedeni su otpori koji se javljaju prilikom vožnje, u našem slučaju zanima nas otpor kotrljanja, te otpor uspona, svi ostali otpori vožnje se zanemaruju iz razloga što su brzine vožnje veoma male da bi one utjecale na ostale otpore, kao što su otpor zraka.

1. Otpor kotrljanja

- na na otpore kotrljanja utječe faktor otpora kotrljanja te ukupna masa tereta i prikolice
- faktor otpora kotrljanja za livadu-oranicu prema [25] iznosi $f_k = 0,14 - 0,24$.
- odabrat će se najgori slučaj, a to je najviši faktor otpora kotrljanja od $f_k = 0,24$.

Težina koju prevozi jedna prikolica iznosi:

$$F_t = m_t \cdot g = 78840 \text{ N}. \quad \textbf{(37)}$$

Procijenjena težina prikolice s dizalicom iznosi:

$$F_{pr} \approx m_{\text{pr}} \cdot g \approx 3000 \cdot 9,81 \approx 29430\text{N}. \quad \textbf{(38)}$$

Na temelju težine koju prevozi prikolica i procjene približne težine prikolice s dizalicom možemo izračunati kolika je sila otpora kotrljanja:

$$F_k = f_k \cdot (F_{\text{pr}} + F_t) = 0,24 \cdot (29430 + 78840) = 25984,8\,\text{N}. \quad \textbf{(39)}$$

2. Otpor uspona

Prikolica će se prilikom eksploatacije kretati različitim terenima, možemo pretpostaviti da će se prikolica koristiti u iznimnim slučajevima na usponima od maksimalnih 30°.

Na temelju donešene pretpostavke možemo silu otpora uspona prema izrazu iz poglavlja 5.2., a on glasi:

$$F_u = \sin\alpha \cdot (F_{\text{pr}} + F_t) = \sin 30° \cdot (29430 + 78840) = 54135\,\text{N}. \quad \textbf{(40)}$$

3. Ostali otpori vožnje se zanemaruju

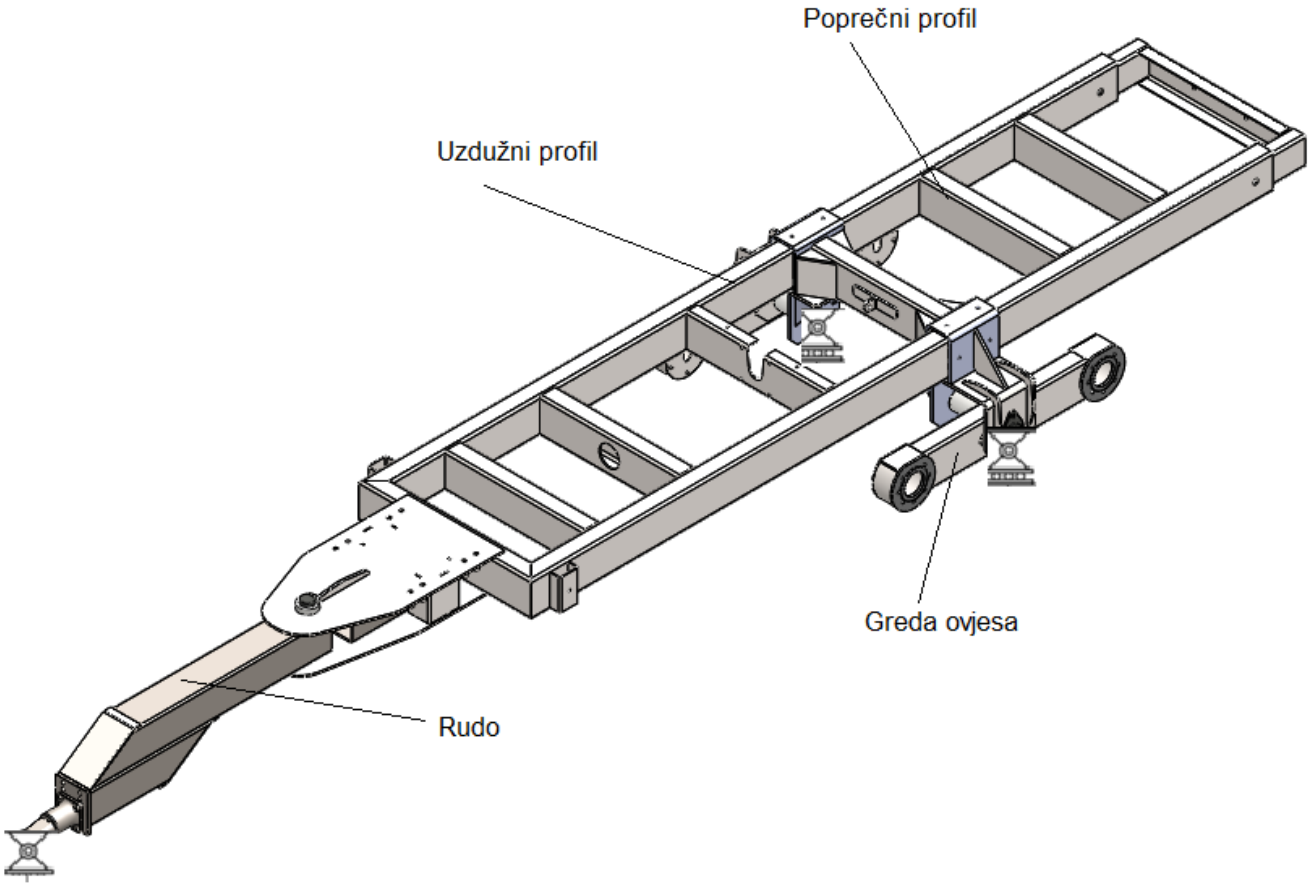
Na temelju gore opisanih i prikazanih slučajeva možemo izračunati potrebnu vučnu silu kako bi smo mogli savladati otpore vožnje, a ona iznosi:

$$F_V = F_{uk} = F_k + F_u = 25984,8 + 54135 = 80119,8\,\text{N}. \quad \textbf{(41)}$$

6.2.3. Proračun nosivih elemenata

Kako prikolica nosi teret iznad svoje uzdužne osi za očekivati je da će se u vertikalnoj ravnini javljati najveća opterećenja. Bočna opterećenja na prikolicu postoje, ali su ona zanemarivo mala u odnosu na naprezanja u vertikalnoj ravnini.

Prilikom podizanja tereta dizalicom, može doći do uvijanja šasije, ali ona su izrazito mala iz razloga što dizalica ima ugrađene izvlačne noge za stabilizaciju koje preuzimaju većinu vertikalnog opterećenja i većinu momenta torzije.



Slika 53. Šasija prikolice

6.2.3.1 Proračun uzdužnih RHS profila

Najveći moment savijanja nalazi se na mjestu D, kod prijelaza kontinuiranog opterećenja dizalice prema kontinuiranom opterećenju uslijed tereta. Uzdužni profili su opterećeni na savijanja i na vlak uzlijed vučne sile. Iznos najvećeg momenta je $M_D = 36274,44\,\text{Nm}$.

Proračunom opterećenja na savijanje odabrat će se adekvatni uzdužni profili, a računa se prema izrazu:

$$\sigma_f = \frac{f \cdot M_D}{2W} \leq \sigma_{\text{dop}} \qquad \Rightarrow \qquad W \geq \frac{M_D}{2\sigma_{\text{dop}}} = \frac{36274 \cdot 1000}{2 \cdot 125} = 145096\,\text{mm}^3\,. \tag{42}$$

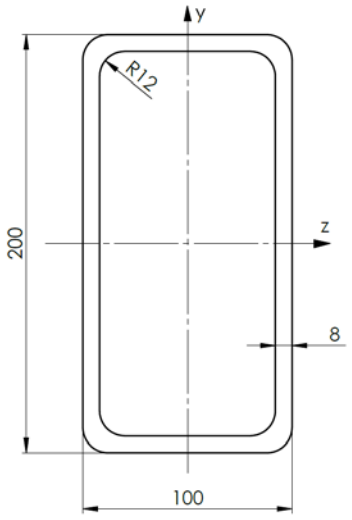
- f = 1,25 faktor preopterećenja uslijed neravnomjerne raspodjele tereta prema[28]

Moment otpora množimo s 2 iz razloga što imamo dva uzdužna profila.

Prema momentu otpora odabiremo adekvatni uzdužni profil RHS 200x100x5, čije su karakteristike prikazane u tablici 29.

Tablica 29. Tehničke karakteristike profila RHS 200x100x8 [30]

Moment otpora W_y [mm^3]	223000
Debljina stjenke t [mm]	8
Masa po metru dužine G $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right]$	35,1
Površina presjeka A [mm]	4480
Visina profila [mm]	200
Širina profila [mm]	100



Slika 54. Odabrani profil šasije

Na Slika 55. prikazan je presjek odabranog profila za šasiju RHS 200x100x8.

Nakon što je odabran profil potrebna je provjera naprezanja:

- naprezanje na savijanje:

$$\sigma_f = \frac{f \cdot M_D}{2W} = \frac{1,25 \cdot 36274 \cdot 1000}{2 \cdot 223000} = 101.66\,\text{MPa}. \quad \textbf{(43)}$$

- naprezanje na vlak uslijed vučne sile $F_V = 31941,36\,\text{N}$:

$$\sigma_v = \frac{F_V}{2A} = \frac{80119,8}{2 \cdot 4480} = 8.94\,\text{MPa}. \quad \textbf{(44)}$$

Da bi profil zadovoljavao mora ukupno naprezanje biti manje od dopuštenog:

$$\sigma_{\text{uk}} = \sigma_f + \sigma_V = 101.66 + 8.94 = 110.6\,\text{MPa}, \quad \textbf{(45)}$$

$$\sigma_{\text{uk}} = 110.6\text{MPa} \le \sigma_{\text{dop}} = 125\,\text{MPa}. \quad \textbf{ZADOVOLJAVA}$$

6.2.3.2. Proračun ruda

Rudo prikolice opterećeno je na vlak uslijed vučne sile, ali i na savijanje uslijed vožnje tereta. Najveći moment javlja se u točki C što je vidljivo na Slika 50. iz poglavlja 6.2.1., a on iznosi $M_C = 26889\,\text{Nm}$.

Rudo se bira prema opterećenju na savijanje, a računa se prema izrazu:

$$\sigma_f = \frac{f \cdot M_C}{W} \le \sigma_{\text{dop}} \qquad \Rightarrow \qquad W \ge \frac{M_C}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{26889 \cdot 1000}{125} = 215112\,\text{mm}^3. \quad \textbf{(46)}$$

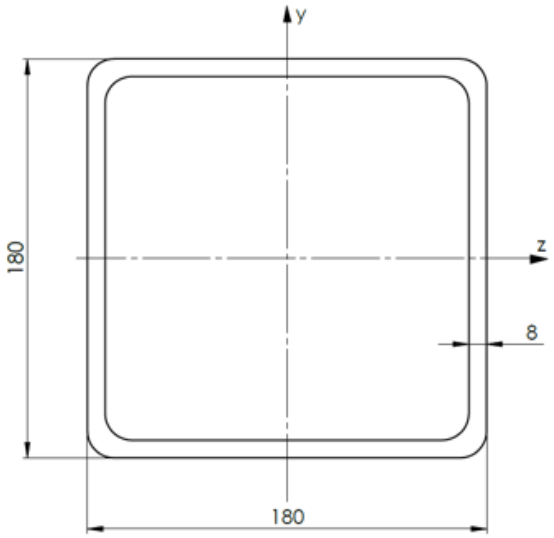
- f = 1,25 faktor preopterećenja uslijed neravnomjerne raspodjele tereta prema[10].

Prema momentu otpora odabire se profil SHS 180x8, čije su karakteristike prikazane u tablici 30

Tablica 30. Tehničke karaktersitike profila SHS 180x8 [30]

$a\,[\text{mm}]$	180
$t\,[\text{mm}]$	8
$r\,[\text{mm}]$	12
Površina presjeka $A\,[\text{mm}^2]$	5440
Masa po metru $G\,[\text{kg/m}]$	42,7
Moment inercije presjeka $I_z = I_y\,[\text{mm}^4]$	$2,66 \cdot 10^7$
Moment otpora presjeka $W_z = W_y\,[\text{mm}^3]$	$2,96 \cdot 10^5$

Na slika slici 55. prikazan je presjek odabranog profila ruda.



Slika 55. Odabrani profil ruda

Nakon što je odabran profil potrebna je provjera naprezanja:

- naprezanje na savijanje:

$$\sigma_f = \frac{f \cdot M_C}{W} = \frac{1.25 \cdot 26889 \cdot 1000}{296000} = 103.55\,\text{MPa}\,. \qquad \textbf{(47)}$$

- naprezanje na vlak uslijed vučne sile $F_V = 80119,8\,\text{N}$:

$$\sigma_v = \frac{F_V}{A} = \frac{80119,8}{5440} = 14.72\,\text{MPa}\,. \qquad \textbf{(48)}$$

Da bi profil zadovoljavao mora ukupno naprezanje biti manje od dopuštenog:

$$\sigma_{\text{uk}} = \sigma_f + \sigma_V = 103.55 + 14.72 = 118.27\,\text{MPa}\,, \qquad \textbf{(49)}$$

$$\sigma_{\text{uk}} = 118.27\,\text{MPa} \le \sigma_{\text{dop}} = 125\,\text{MPa}\,. \qquad \textbf{ZADOVOLJAVA}$$

6.2.4. Proračun zavara

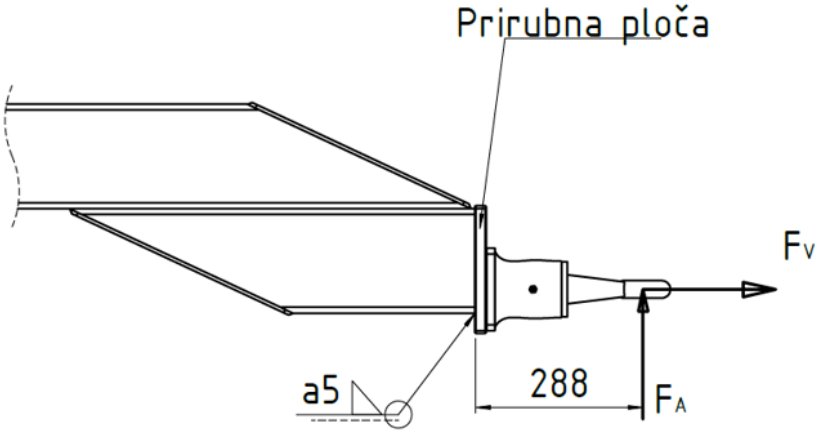
Prikolica će se izraditi od čelika S355 i svi zavari su kvalitete III, prema [31] dopušteno ekvivalentno naprezanje zavara za pretpostavljeno istosmjerno dinamičko opterećenje iznosi:

$\sigma_{\text{dop}} = 50\,\text{MPa}.$

6.2.4.1. Zavar spoja prirubne ploče i kvadratnog profila ruda

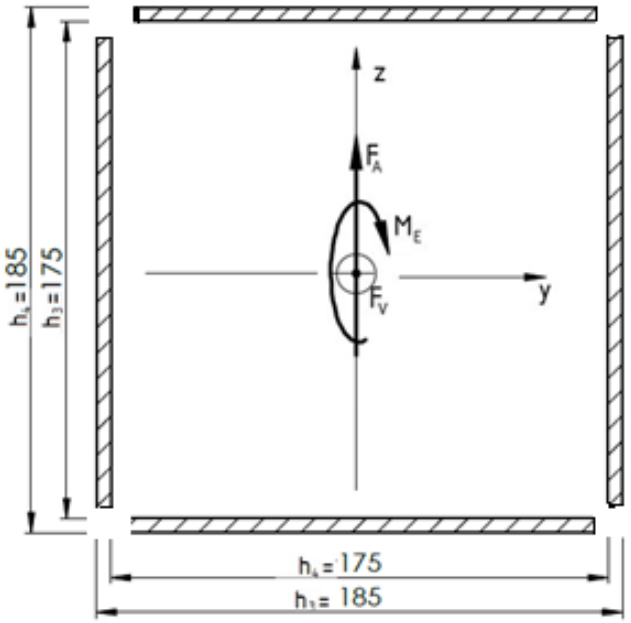
Sila F_A koja je izračunata u poglavlju 6.2.1. djeluje na smik i savijanje, dok vučna sila Fv koja je izračunata u 6.2.2. djeluje na vlak.

Na slici 56. su prikazane sile koje djeluju na prirubnu ploču.



Slika 56. Sile koje djeluju na prirubnu ploču

Zavar je izveden kao kutni, a=5, te je presjek zavara prikazan na .



Slika 57. Presjek zavara prirubne ploče i kvadratnog profila

Površina presjeka zavara prema slici 57. iznosi

$$A_{zav} = (h_3 - 2\cdot a)^2 - (h_4 - 2\cdot a)^2 = (185 - 2\cdot 5)^2 - (175 - 2\cdot 5)^2 = 3400\,\text{mm}^2, \quad \textbf{(50)}$$

$$A_{smik} = 2\cdot(h_3 - 2\cdot a)\cdot a = 2\cdot(1852 - 2\cdot 5)\cdot 5 = 1750\,\text{mm}^2. \quad \textbf{(51)}$$

Naprezanje zavara na vlak uslijed vučne sile F_V:

$$\sigma_V = \frac{F_V}{A_{zav}} = \frac{80119{,}8}{3400} = 23.56\,\text{MPa}. \quad \textbf{(52)}$$

Naprezanje zavara na savijanje uslijed vertikalne sile F_A:

$$\sigma_f = \frac{F_A \cdot l}{W_y} = \frac{14815 \cdot 288}{162041,66} = 33\,\text{MPa}\,. \quad \textbf{(53)}$$

Naprezanje na odrez uslijed sile F_A:

$$\tau_{\text{uk}} = \tau = \frac{F_A}{A_{smik}} = \frac{18593}{1750} = 10.62\,\text{MPa}\,. \quad \textbf{(54)}$$

Ukupno normalno naprezanje iznos:

$$\sigma_{\text{uk}} = \sigma_v + \sigma_f = 33 + 10.62 = 43.62\,\text{MPa} \quad \textbf{(55)}$$

Ekvivalentno naprezanje prema teoriji najveće distorzijske energije uz korekciju utvrđenu eksperimentalnim rezultatima za promatrani slučaj opterećenja glasi:

$$\sigma_{\text{ekv}} = \sqrt{\sigma_{\text{uk}}^2 + 1,8 \cdot \tau_{\text{uk}}^2}\,. \quad \textbf{(56)}$$

Nakon uvrštavanja vrijednosti dobije se iznos naprezanja:

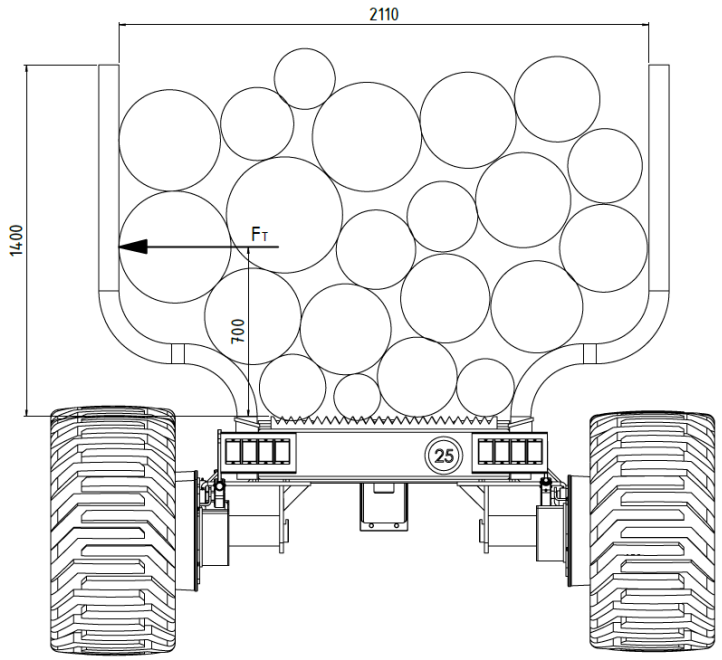
$$\sigma_{\text{ekv}} = \sqrt{33^2 + 1,8 \cdot 10.62^2} = 35,94\ \text{MPa}\,, \quad \textbf{(57)}$$

$$\sigma_{\text{ekv}} = 35,94\,\text{MPa} \le \sigma_{\text{dop}} = 50\,\text{MPa}\,. \quad \textbf{ZADOVOLJAVA} \quad \textbf{(58)}$$

6.2.5. Određivanje opterećenja i proračun vertikalnog nosača

Vertikalni nosači ili štice služe za ograđivanje teretnog prostora pri prijevozu drvenih trupaca. Vertikalni nosači će se dimenzionirati prema proračunu u nastavku.

Na slici 58. prikazano je opterećenje koje djeluje na vertikalne nosače.



Slika 58. Prikaz opterećenja vertikalnih nosača

Najveća sila koja se javlja na vertikalni nosač računa se prema izrazu :

$$F_T = 0,5 \cdot m_T \cdot g = 0,5 \cdot 8000 \cdot 9,81 = 39240 \text{ N}.$$

Gdje je:

m_T – masa tereta $[\text{kg}]$,

F_T – sila na vertikalni nosač $[\text{N}]$.

Najveći moment koji se javlja na jedan vertikalni nosač računa se prema izrazu:

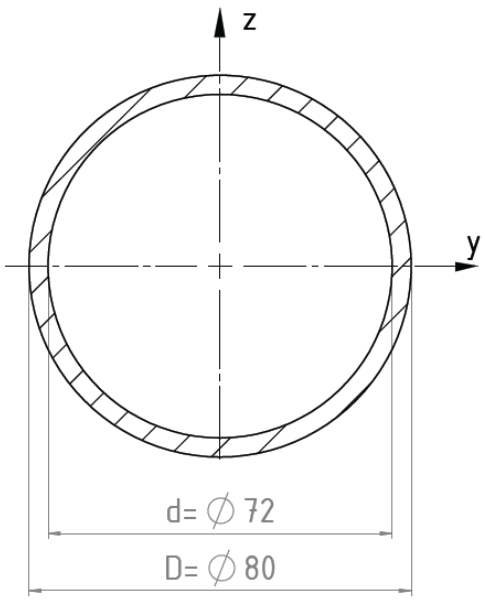
$$M_T = \frac{F_T \cdot y_T}{n} = \frac{39240 \cdot \frac{700}{1000}}{6} = 4578 \text{ Nm} \ . \qquad \textbf{(59)}$$

Gdje je:

M_T – moment na vertikalni nosač $[\text{Nm}]$,

y_T – krak sile $[\text{m}]$.

Na slici 59. je prikazan presjek vertikalog nosača.



Slika 59. Presjek vertikalnog nosača

Nakon što je odabran profil potrebna je provjera naprezanja:

- naprezanje na savijanje:

$$\sigma_f = \frac{M_T}{W \cdot n} = \frac{4578 \cdot 1000}{11004,8 \cdot 6} = 69,33 \text{MPa}, \qquad \textbf{(60)}$$

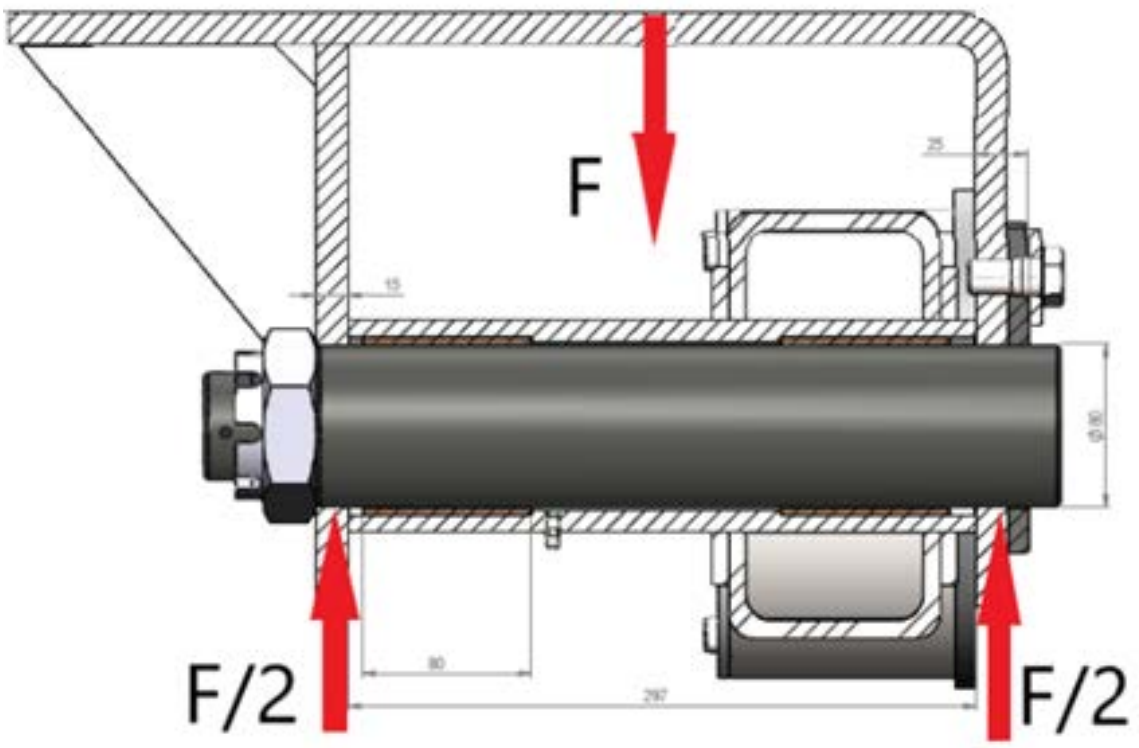
gdje je:

$$W = \frac{\left[D^4 - d^4\right] \cdot \pi}{32 \cdot D} = \frac{\left[80^4 - 72^4\right] \cdot \pi}{32 \cdot 80} = 11004{,}8 \text{ mm}^3 \quad \textbf{(61)}$$

$$\sigma_f = 69{,}33 \text{ MPa} \leq \sigma_{dop} = 125 \text{ MPa} \qquad \textbf{ZADOVOLJAVA}$$

6.2.6. Proračun svornjaka grede ovjesa

Svornjak koji koji povezuje gredu ovjesa sa šasijom prikolice oblikovan je prema cijevi i nosaču oslonca prema slici 60.



Slika 60. Opterećenje svornjaka grede ovjesa

Na prikazanom svornjaku na Slika 61. dolazi do rotacije grede oko osi svornjaka. Svornjak i nosive limove potrebno je provjeriti na dodirni pritisak, savijanje i odrez. Sila koja opterećuje spoj iznosa je:

$$F = \frac{F_B}{2} = \frac{74454{,}6}{2} = 37227.3 \text{ N}, \quad \textbf{(62)}$$

gdje je sila F_B sila u osloncu B što je prikazano na slici 49.

Površinski pritisak izračunava se:

- između svornjaka i kliznih ležajeva:

$$p_1 = \frac{F_B}{A_{proj}} = \frac{F}{2 \cdot l_1 \cdot d} \leq p_{dop}, \quad \textbf{(63)}$$

- između svornjaka i limova

$$p_2 = \frac{F_B}{A_{proj}} = \frac{F}{2 \cdot l_2 \cdot d} \leq p_{dop}. \quad \textbf{(64)}$$

Gdje je:

p_1- površinski pritisak između svornjaka i poluge, N/mm^2

p_2 – površinski pritisak između svornjaka i kućišta, N/mm^2

F – Vanjsko opterećenje svornjaka, N

A_{proj} – projekcija dodirne površine, mm^2

l_1 – širina kliznog ležaja, mm

l_2 – širina limova, mm

d – promjer svornjaka, mm

p_{dop}=24 N/mm^2 – dopušteni površinski pritisak materijala, N/mm^2.[31]

Nakon uvrštavanja vrijednosti površinski pritisak između svornjaka i kliznog ležaja iznosi

$$p_1 = \frac{F_B}{A_{proj}} = \frac{F}{2 \cdot l_1 \cdot d} = \frac{37227,3}{2 \cdot 80 \cdot 80} = 2,9 \text{ N/mm}^2 \leq p_{dop} = 24 \text{ N/mm}^2, \quad \textbf{(65)}$$

,a pritisak između svornjaka i limova iznosi:

$$p_2 = \frac{F_B}{A_{proj}} = \frac{F}{2 \cdot l_2 \cdot d} = \frac{37227,3}{2 \cdot 15 \cdot 80} = 15.51 \text{ N/mm}^2. \quad \textbf{(66)}$$

$p_2 = 15.51 \text{ N/mm}^2 \leq p_{dop} = 24 \text{ N/mm}^2.$ **ZADOVOLJAVA**

Naprezanje na smicanje u svornjaku računa se prema izrazu:

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2, \quad \textbf{(67)}$$

gdje je:

$\tau_{s,dop} = 54 \text{ N/mm}^2$ - dopušteno naprezanje na smik materijala kliznog svornjaka, N/mm^2.

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 37227,3}{\pi \cdot 80^2} = 3.7 \text{ N/mm}^2. \quad \textbf{(68)}$$

$\tau_s = 3.7\ \text{N/mm}^2 \le \tau_{\text{s,dop}} = 52\ \text{N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

Naprezanje na savijanje u svornjaku računa se prema izrazu:

$$\sigma_s = \frac{M_{s,\max}}{W_x} = \frac{4 \cdot F \cdot (l_1 + 2 \cdot l_2)}{\pi \cdot d^3} \le \sigma_{s,dop} = 52\ \text{N/mm}^2, \quad \textbf{(69)}$$

gdje je :

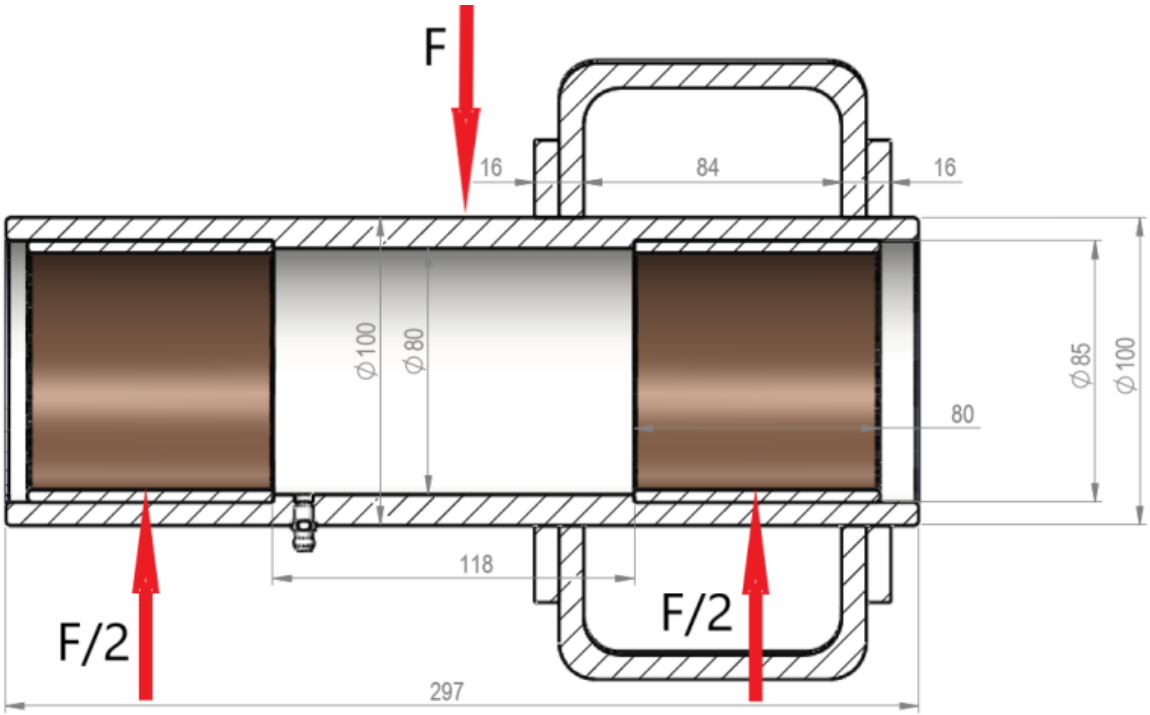
$\sigma_{s,dop}$ - dopušteno naprezanje materijala svornjaka na savijanje, N/mm^2.

$$\sigma_s = \frac{M_{s,\max}}{W_x} = \frac{4 \cdot F \cdot (l_1 + 2 \cdot l_2)}{\pi \cdot d^3} = \frac{4 \cdot 37227,3 \cdot (297 + 2 \cdot 15)}{\pi \cdot 80^3} = 30.27\ \text{N/mm}^2, \quad \textbf{(70)}$$

$\sigma_s = 30,27\ \text{N/mm}^2 \le \sigma_{s,dop} = 52\ \text{N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

6.2.7. Proračun kliznih ležajeva

Ležajevi se proračunavaju iz razloga što srednji pritisak u ležaju ne smije prijeći dopuštenu vrijednost.



Slika 61. Opterećenje ležajeva grede ovjesa

Srednja vrijednost pritiska na ležaj računa se prema izrazu:

$$p_{sr} = \frac{\frac{F_l}{2}}{d \cdot b} \le p_{\text{sr,dop}}, \quad \textbf{(71)}$$

gdje je:

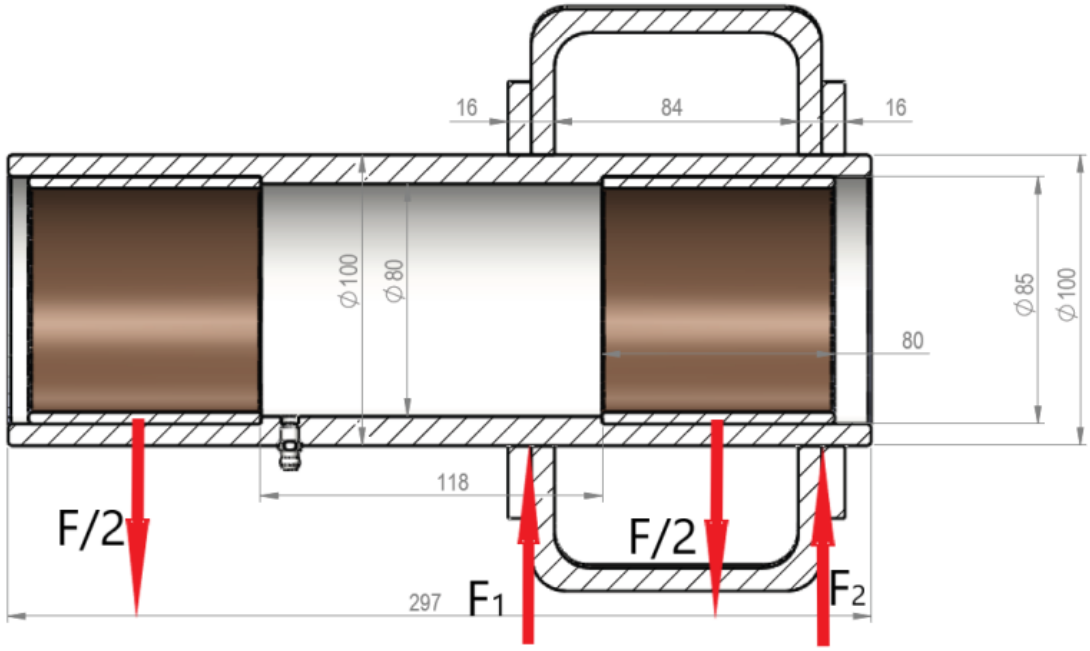
$p_{sr,dop} = 5\ \text{N/mm}^2$ - dopušteni srednji pritisak ležajnih materijala, N/mm^2 [32]

$$p_{sr} = \frac{\frac{F_l}{2}}{d \cdot b} = \frac{\frac{F/2}{2}}{d \cdot b} = \frac{\frac{37227/2}{2}}{85 \cdot 80} = 1{,}36\ \text{N/mm}^2 \le p_{sr,dop} = 5\ \text{N/mm}^2 \quad \textbf{(72)}$$

$p_{sr} = 1{,}36\ \text{N/mm}^2 \le p_{sr,dop} = 5\ \text{N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

6.2.8. Proračun čahure grede ovjesa

Na slici 61. prikazane su nam sile koje djeluju na klizne ležajeve, na temelju tih sila odredit će se sile koje djeluju na čahuru, te će se čahura provjeriti na odrez, površinski pritisak i savijanje. U ovom slučaju sile na čahuri djeluju u kontra smjer, u odnosu na sile koje smo imali kod proračuna kliznog ležaja.



Slika 62. Opterećenje čahure grede ovjesa

Na slici 60. prikazana su nam opterećenja na čahuru, te će se na temelju ove skice izračunati sile F_1 i F_2, te provjeriti čahura.

$$F = \frac{F_B}{2} = \frac{74454{,}6}{2} = 37227.3\ \text{N}, \quad \textbf{(73)}$$

gdje je sila F_B sila u osloncu B što je prikazano na slici 49.

Čahuru ćemo zamisliti kao gredu na dva oslonca, te izvršiti proračun opterećenja oslonaca pomoću uvjeta ravnoteže. Oslonci se nalaze na mjestu sila F_1 i F_2.

$$\sum F_V = 0 \qquad F_1 + F_2 - \frac{F}{2} - \frac{F}{2} = 0 \tag{74}$$

$$\sum M_1 = 0 \qquad \frac{F}{2} \cdot (\frac{297}{2} + 31,5) - \frac{F}{2} \cdot (\frac{84}{2} + 8) + F_2 \cdot (84 + 16) = 0 \tag{75}$$

Nakon uvrštavanja poznatih veličina:

$$\sum F_V = 0 \qquad F_1 + F_2 - \frac{37227}{2} - \frac{37227}{2} = 0 \tag{76}$$

$$\sum M_1 = 0 \qquad \frac{37227}{2} \cdot (\frac{297}{2} + 31,5) - \frac{37227}{2} \cdot (\frac{84}{2} + 8) + F_2 \cdot (84 + 16) = 0 \tag{77}$$

Iz izraza (75) i (76) izračunate su sile u osloncima:

$F_1 = 61424\,\text{N}$

$F_2 = -24197\,\text{N}$

Površinski pritisak izračunava se:

između čahure i limova za slučajeve sa silom F_1 i F_2.

$$p_2 = \frac{F_1}{A_{\text{proj}}} \leq p_{\text{dop}}. \tag{78}$$

Gdje je:

p_2 – površinski pritisak između čahure i limova, N/mm2

F – vanjsko opterećenje čahure, N

A_{proj} – projekcija dodirne površine, mm2

p_{dop}=24 N/mm^2 – dopušteni površinski pritisak materijala, N/mm^2.[31]

Površinski pritisak između čahure i limova za silu F_1 iznosi:

$$p_2 = \frac{F_1}{A_{\text{proj}}} = \frac{61424}{2 \cdot 16 \cdot 100} = 19,195\ \text{N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 24\ \text{N/mm}^2 \tag{79}$$

$p_2 = 19,195\ \text{N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 24\ \text{N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

Površinski pritisak između čahure i limova za silu F_2 iznosi:

$$p_2 = \frac{F_1}{A_{\text{proj}}} = \frac{24197}{2 \cdot 16 \cdot 100} = 7.56\ \text{N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 24\ \text{N/mm}^2 \tag{80}$$

$p_2 = 7,56\ \text{N/mm}^2 \leq p_{\text{dop}} = 24\ \text{N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

Naprezanje na smicanje u svornjaku za silu F_1 računa se prema izrazu:

$$\tau_s = \frac{F_1}{A} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}} \leq \tau_{\text{s,dop}} = 52\ \text{N/mm}^2, \tag{81}$$

gdje je:

$\tau_{s,dop}$ - dopušteno naprezanje na smik materijala kliznog svornjaka, N/mm^2.

$$\tau_s = \frac{F_1}{A} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{61424}{\frac{\pi \cdot 100^2}{4} - \frac{\pi \cdot 85^2}{4}} = 28{,}18 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2 \qquad \textbf{(82)}$$

$\tau_s = 28{,}18 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

Naprezanje na smicanje u svornjaku za silu F_2 računa se prema izrazu:

$$\tau_s = \frac{F_2}{A} = \frac{F_2}{\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}} \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2, \qquad \textbf{(83)}$$

gdje je:

$\tau_{s,dop}$ - dopušteno naprezanje materijala na odrez čahure, N/mm^2.

$$\tau_s = \frac{F_2}{A} = \frac{F_2}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{24197}{\frac{\pi \cdot 100^2}{4} - \frac{\pi \cdot 80^2}{4}} = 8.55 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2. \qquad \textbf{(84)}$$

$\tau_s = 8{,}55 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

Maksimalni moment savijanja iznosi $M_{s,\max} = 2438{,}3 \text{ Nm}$.

$$\sigma_s = \frac{M_{s,\max}}{W_x} = \frac{M_{s,\max}}{\pi \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{32 \cdot D}} \leq \sigma_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2, \qquad \textbf{(85)}$$

gdje je :

$$W = \frac{\pi \left(D^4 - d^4 \right)}{32 \cdot D}, \qquad \textbf{(86)}$$

$M_{s,\max} = 2438 \text{ Nm}$.

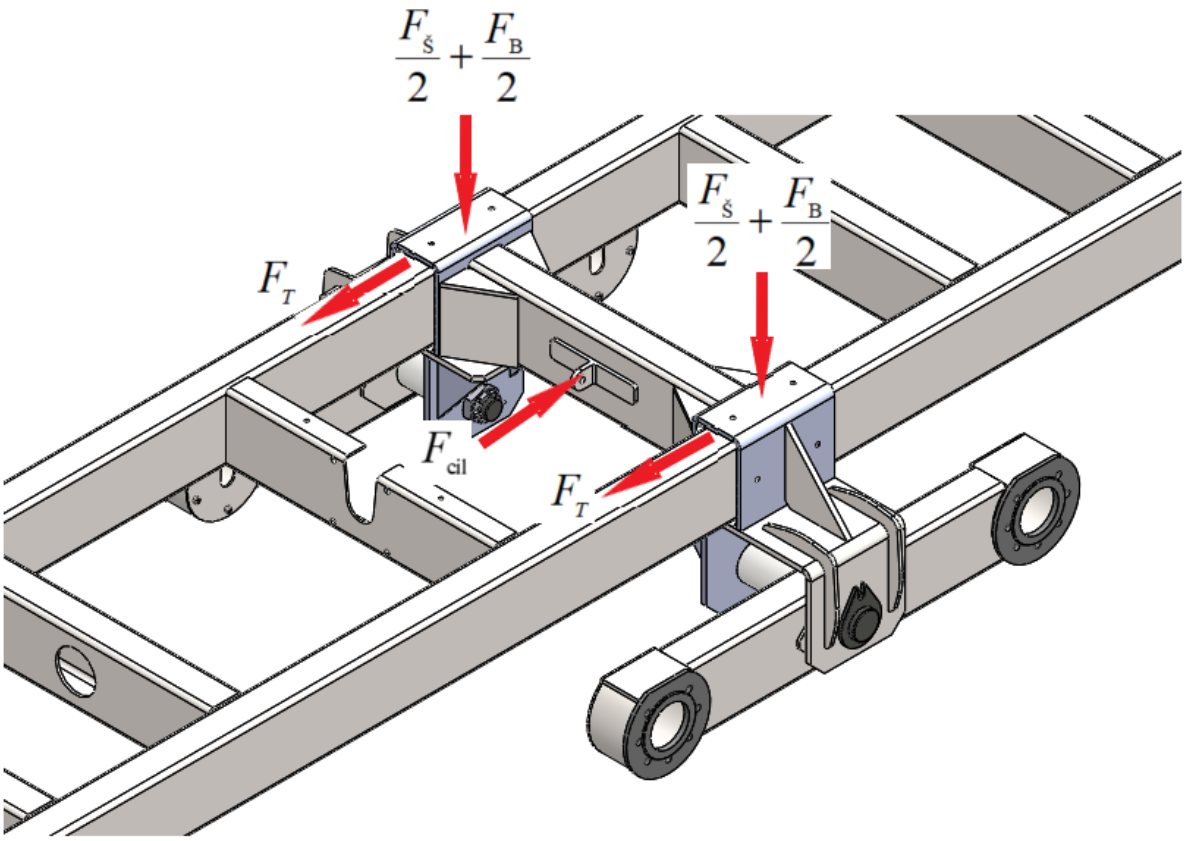
$\sigma_{s,dop}$ - dopušteno naprezanje materijala svornjaka na savijanje, N/mm^2.

$$\sigma_s = \frac{M_{s,\max}}{W} = \frac{M_{s,\max}}{\pi \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{32 \cdot D}} = \frac{2438 \cdot 1000}{\pi \cdot \frac{(100^4 - 80^4)}{32 \cdot 100}} = 42{,}06 \text{ N/mm}^2, \qquad \textbf{(87)}$$

$\sigma_s = 41{,}95 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{s,dop} = 52 \text{ N/mm}^2$. **ZADOVOLJAVA**

6.2.9. Proračun hidrocilindra za pomicanje osovine

Na mjestu dodira osovine sa šasijom stavljene su klizne ploče od teflona, te je koeficijent trenja čelik – teflon $\mu = 0{,}12$. Na slici 63. možemo vidjeti opterećenja na temelju kojih ćemo izračunati potrebnu silu u hidrocilindru.



Slika 63. Opterećenja za izračun sile trenja

Kod izračuna potrebne sile cilindra trebamo uzeti u obzir i silu otpora kotrljanja, ona je izračunata u poglavlju 5.1.2. te je iznosa $F_K = 25984$ N .

Sila trenja iznosa je:

$$F_T = \mu \cdot \frac{\frac{F_Š}{2} + \frac{F_B}{2}}{2}, \tag{88}$$

gdje je sila F_B sila u osloncu B što je prikazano na slici 49., a sila $F_š$ predstavlja težinu šasije te ona iznosi $F_š = m_š \cdot g = 831 \cdot 9{,}81 = 8152$ N .

$$F_T = \mu \cdot \frac{F_š + F_B}{4} = 0{,}12 \cdot \frac{8152 + 37227}{4} = 2722{,}74 \text{ N}. \tag{89}$$

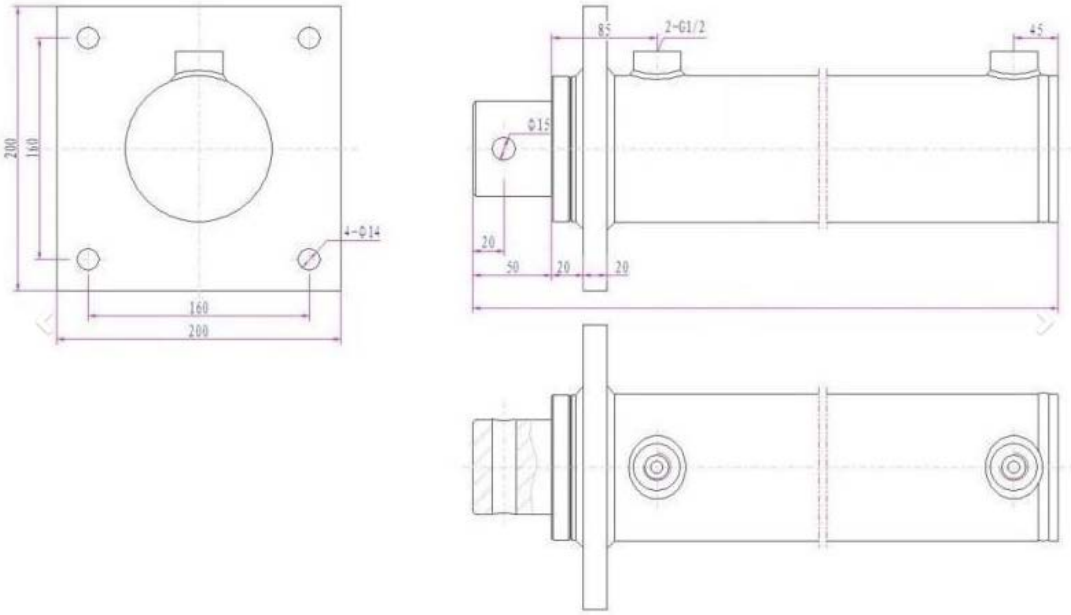
Nakon što imamo silu trenja zatim možemo izračunati silu koja je potrebna da se osovina pomiče pomoću cilindra, sila koja je potrebna u cilindru iznosa je:

$$F_{\text{cil}} = 2 \cdot F_{\text{T}} + F_{\text{K}}, \left[\text{N}\right] \quad \textbf{(90)}$$

$$F_{\text{cil}} = 2 \cdot F_{\text{T}} + F_{\text{K}} = 2 \cdot 2722,4 + 25984 = 31428,8 \text{ N}$$

Na temelju sile F_{cil} odabire se adekvatan cilindar hoda od 1050 mm.

Odabrani je hidrocilindar tvrtke ROSI Teh [33] s montažnom prirubnicom, na slici 64. vidljiva nam je mjerna skica hidrocilindra s prirubnicom.



Slika 64. Mjerna skica hidrocilindra [33]

Bitno je naglasiti da je hidrocilindar dvoradni, te se sila djelovanja može ostvariti u oba smjera, ovisno o položaju ventila.

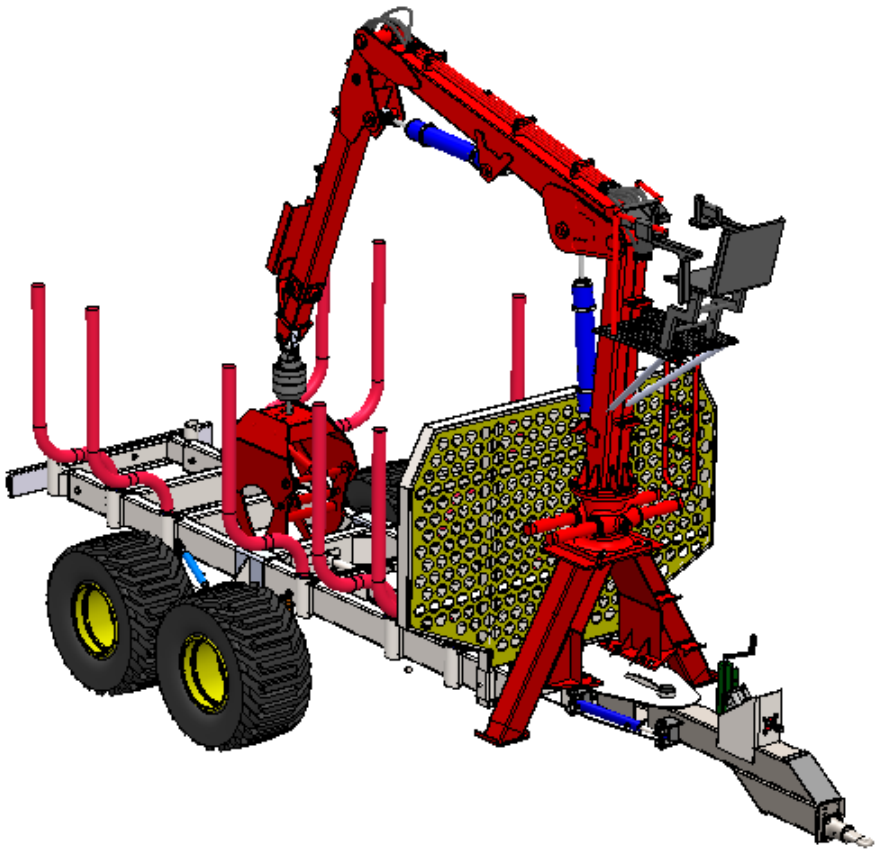
Tablica 31. Tehničke karakteristike hidrocilindra [33]

Masa [kg]	180 kg
Sila na klipnjaču kod 180 bar [N]	9000 N
Maksimalna brzina [m/s]	0,5 m/s
Hod cilindra [mm]	1050 mm

Dvoradni hidraulički cilindri vrše koristan rad u oba smjera. Za upravljanje dvoradnim cilindrom koriste se 4/2 ili 5/2 razvodnici.

7. PRIKAZ KONAČNOG RJEŠENJA

U ovom poglavlju prikazat će se konačno rješenje koje je modelirano u programskom alatu Solidworks 2016. Prikazat će se 3D prikaz i mjerne skice prikolice.

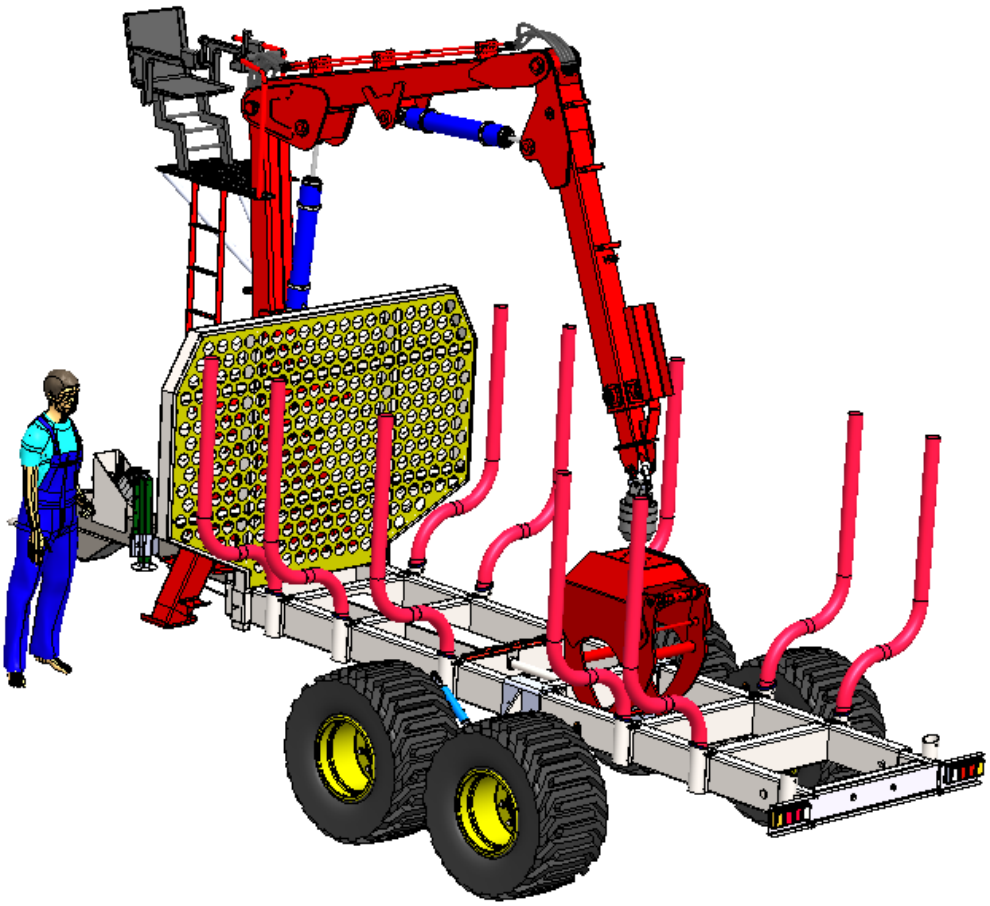


Slika 65. 3D prikaz prikolice s prednje strane

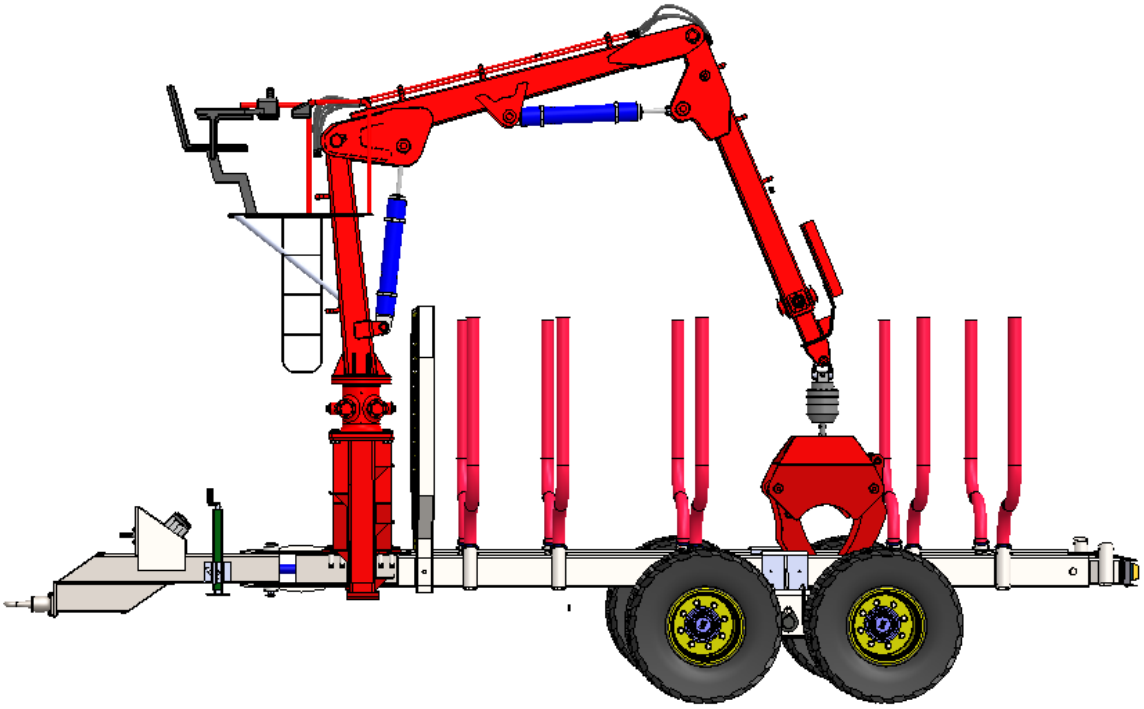
Tehničke karakteristike prikolice prikazane su u tablici 32.

Tablica 32. Tehničke karakteristike prikolice

Masa [kg]	3620 kg
Nosivost [kg]	8000 kg
Dimenzije teretnog prostora [mm]	4289/2292/1475 mm
Gabariti prikolice [mm]	7045/2619/2425 mm
Nosivost dizalice na 4 m udaljenosti [kg]	780 kg
Kut rotacije dizalice	370 °
Zakretno rudo	+/- 40 °



Slika 66. 3D prikaz prikolice sa stražnje strane



Slika 67. 3D prikaz prikolice s bočne strane

8. ZAKLJUČAK

Provedeni pregled traktorskih šumskih prikolica pokazao nam je različitost njihovih tehničkih značajki te mogućnosti njihove primjene. Uvidjeli smo kakvo je trenutačno stanje na tržištu, te je napravljena detaljna analiza pojedinih vrsta prikolica.

Fokusiralo se na prikolice s pogonskom osovinom, te njihove prednosti u odnosu na prikolicu bez pogonske osovine. Puno prednosti ima prikolica s pogonskom osovinom, ali opet kod kupovine takve prikolice treba dobro promisliti da li je isplativo, te u koje će se svrhe najviše koristiti. Takva prikolica je u startu dosta skuplja, ali uštedi se kod kupnje traktora manje snage. Ukoliko se neko gospodarstvo bavi isključivo prijevozom višemetrica u veoma teškim uvjetima, takva prikolica bi se uvelike isplatila, no ako bi se takva prikolica koristila samo par puta tokom godine, teško bi ovdje imali isplativost.Svaki kupac će na kraju na temelju svojih potreba i želja donijeti zaključak i odabrati željeni proizvod.

Konstruirana je samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima u programskom alatu Solidworks 2016. To je specijalizirana vrsta prikolica kojom se vrši transport po teškom šumskom terenu, okvir i podvozje su robusne izvedbe. Kako bi se povećala pokretljivost voznog sloga (traktor i prikolica), na prikolicu su ugrađeni dodatni pogonski sustavi koji omogućuju da se po potrebi poveća broj pogonskih osovina voznog sloga.

U sklopu izrade konstrukcije proračunati su svi bitni elementi sa stajališta nosivosti. Korišteni su standardni dijelovi i standardni profili radi što jednostavnije konstrukcije, ali i kasnije montaže.

9. LITERATURA

[1] https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-sigurnosti-prometa-na cestama/pravilnik-o-utvrdivanju-sukladnosti-traktora-za-poljoprivredu-i-sumarstvo

[2] https://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama/pravilnik-o-tehnickim-uvjetima-vozila-u-prometu-na-cestama/

[3] https://www.blackbruin.com/products/hydraulic-motors

[4] htps://sumfak.unizg.hr/en/islandora/object/sumfak%3A113/datastream/PDF/view

[5] http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf

[6] http://pronar.pl/en/produkt/forestry-trailer-pronar-t6441/

[7] https://www.bmf.ee/products/trailers

[8] http://hittner.hr/sumski-traktori/hrvatska/sumarska-prikolica-h-10

[9] http://www.vitli-krpan.com/si/files/default/katalogi/KATALOG%202016%20SLO%20print.pdf

[10] http://projernac.si/gozdarska-prikolica/

[11] Filetin T.; Kovaèièek F.; Indof J.; Svojstva i primjena materijala. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zagreb, 2002.

[12] https://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1364382598-0-predavanje_opcicelici.pdf

[13] http://www.mtladv.com/wp-content/uploads/2016/01/weldox-700.pdf

[14] http://e-ucenje.fsb.hr/pluginfile.php/37005/mod_resource/content/1/Motorna_vozila

[15] Taghavifar H.; Mardani A..: Off-road Vehicle Dynamics_ Analysis, Modelling and Optimization, Warsaw, Poland, 2017

[16] https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0040-2176/2015/0040-21761502281P.pdf

[17] http://eprints.ugd.edu.mk/12279/7/zoran.pdf

[18] https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5167/mod_resource/content/0/kolica_i_karete.pdf

[19] e-ucenje.fsb.hr/pluginfile.php/38316 /1/Motorna_vozila_2016_05_Vucne_karakteristike.pdf

[20] https://hr.wikipedia.org/wiki/Konstrukcijski_%C4%8Delik#cite_ref-1

[20] https://www.blackbruin.com/media/black_bruin_product_manual_b200_en.pdf

[21] http://cayirova.com.tr/Uploads/Files/Documentation/cayirova-product-catalog/5a7bd4bc-3286-4f05-bb9d-fcda451c7cd5.pdf

[22] https://www.bkt-tires.com/en/pattern/flotation-648

[23] https://www.golmax.hr/svijetlosni-program/

[24] https://www.blackbruin.com/media/black_bruin_brochure_b200_series_en.pdf

[25] https://www.torqind.com/assets/Uploads/BlackBruin-BB-BBC-Hydraulic-Motors.pdf

[26] https://www.blackbruin.com/media/black_bruin_pro_manual_cvmcvuctrv2.2_en_2018-02-07.pdf

[27] http://mlarge.com/wp-content/uploads/Palms_670_EN.pdf

[28] Hoepke, E, Breuer, S.; Nutzfahrenzeugtechnik; Grundlagen, Systeme, Komponenten; ATZ/MTZ, Berlin, Germany, 2000.

[29] http://www.bbmspa.it/downloads/BBM_Occhioni.pdf

[30] http://www.staticstools.eu/

[31] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.

[32] Jelaska, D.; RADIJALNI KLIZNI LEŽAJ (Proračun), Split , *2003*

[33] http://www.rositeh.si/hidraulicni-cilindri

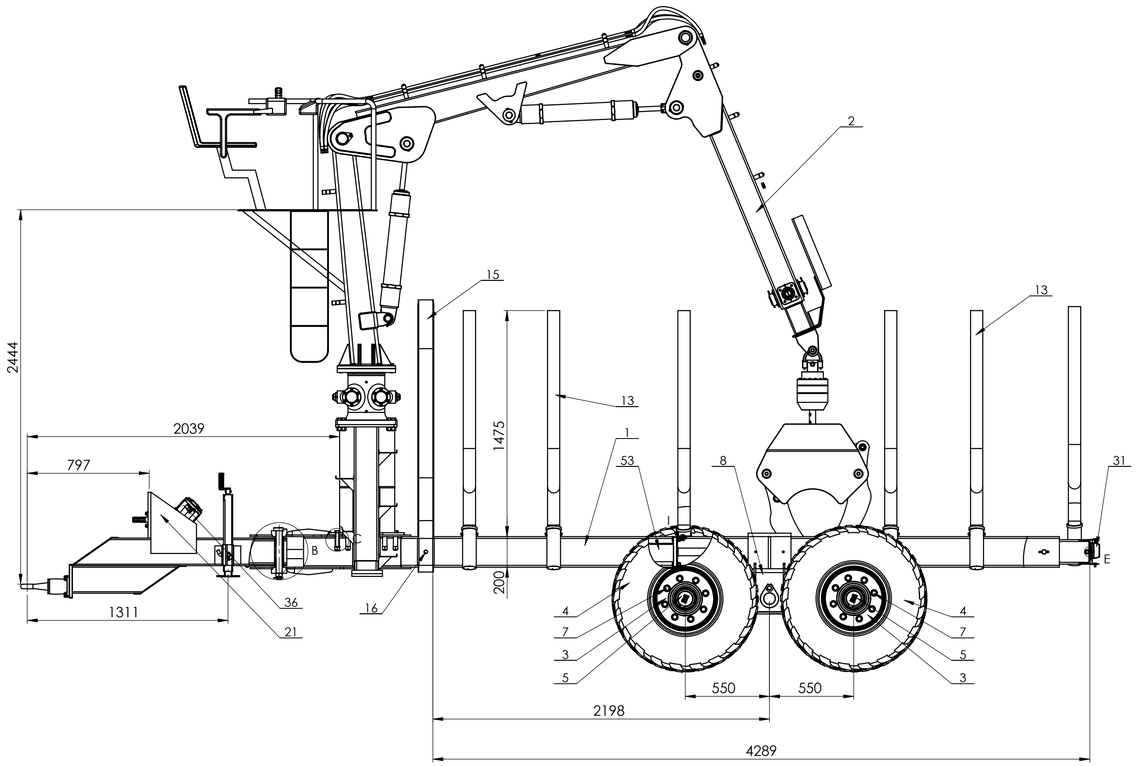
[34] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:John_Deere_3050,_three-point_linkage,_PTO_and_swinging_drawbar.jpg

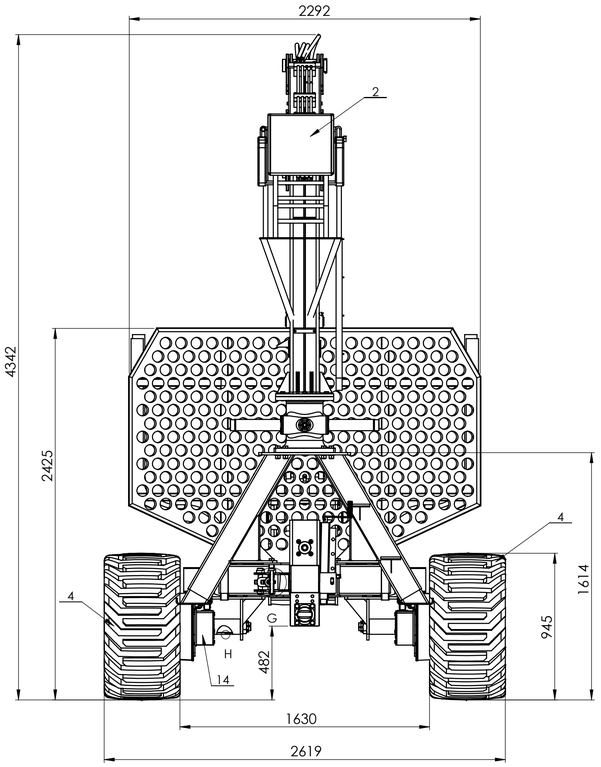
[35] http://www.tractordata.com/articles/technical/tractor-pto-types.html

PRILOZI

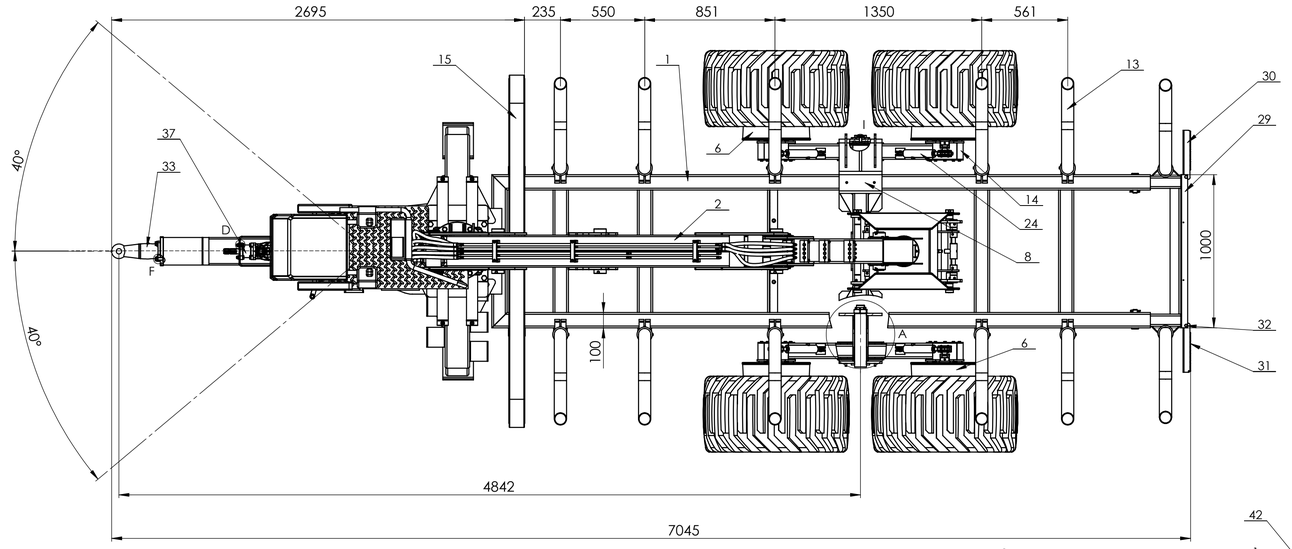
I. CD-R disc

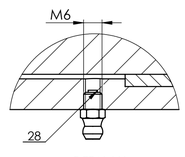
II. Tehnička dokumentacija



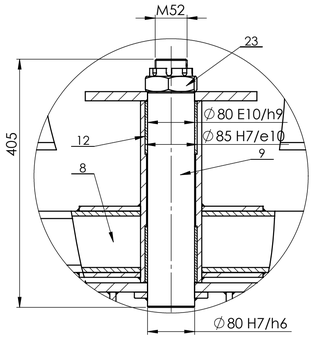


56	Podloška 17	4	DIN 125	A2	Haberkorn	-
55	Matica M16	4	DIN 933	8.8	Haberkorn	-
54	Vijak M16x35	4	DIN 934	8.8	Haberkorn	-
53	Hidrocilindar podvozja	1	1050	-	Rosi Teh	-
52	Podloška 9	1	DIN 125	A2	Haberkorn	-
51	Vijak M8x16	1	DIN 933	8.8	Haberkorn	-
50	Puškica hidrocilindra - donja	1	-	S355JR	∅50x28	0,21
49	Puškica hidrocilindra - gornja	1	-	S355JR	∅50x35	0,24
48	Čahura hidrocilindra ruda	4	-	S355JR	∅28x44x3	0,09
47	Svornjak hidrocilindra	2	-	S355JR	∅40x170	0,5
46	Hidrocilindar ruda	1	50/30		Rosi Teh	-
45	Rascjepka 3,2x50	1	ISO 1234		Haberkorn	-
44	Matica M30	1	DIN 979	10.9	Haberkorn	-
43	Puškica ruda donja	1	-	S355JR	∅40x170	0,21
42	Puškica ruda - gornja	1	-	S355JR	∅100x50	0,42
41	Svornjak ruda	1	-	S355JR	∅35x338	3,5
40	Stabilizator	1	122121		Cayrova	42
39	Vijak M12x40	4	DIN934	8.8	Haberkorn	-
38	Matica M12	4	DIN 6923	8.8	Haberkorn	-
37	Adapter		DIN 5482	-	NFZ Hydraulic	-
36	Hidropumpa	1	T-121	-	Parker	12,5
35	Podloška 17	4	DIN 934	A2	Haberkorn	-
34	Vijak M16x40	4	DIN 933	10.9	Haberkorn	-
33	Vučna spojnica	1	ISO 5692-3	39CrNiMo3	BBM	7,5
32	Svornjak 10x3,2	4	DIN 22341	-	Haberkorn	-
31	Signalizacija	2	15015	-	Golmax	-
30	Preklopni nosač svjetala	2	-	S355JR	320x242	1,1
29	Nosač svjetala	1	-	S355JR	1000x246	3,82
28	Mazalica	3	DIN 71412-AM6	-	Haberkorn	
27	Klizni ležaj	2	Iglide Z	-	IGUS	
26	Rudo	1	005_2018_DH	S355JR	1418x180x180	108
25	Svornjak	4	DIN 22341	-	Haberkorn	-
24	Hidrocilindar kočnica	4	10239	-	Rosi Teh	-
23	Matica M52	2	DIN 979	10.9	Haberkorn	-
22	Vijak M12	4	DIN 934	8.8	Haberkorn	-
21	Nosač hidro-pumpe	1	-	S355JR	800x400	16
20	Matica M20	8	DIN 934	10.9	Haberkorn	-
19	Podloška 21	8	DIN 125	A2	Haberkorn	-
18	Vijak M20x115	8	DIN 7990	10.9	Haberkorn	-
17	Čahura vijka dizalice	8	-	S355JR	∅28,5x65x3	0,16
16	Vijak M12x30	2	DIN 933	8.8	Haberkorn	-
15	Zaštita	1	006_2018_DH	S355JR	2296x1525	164
14	Greda ovjesa	2	004_2018_DH	S355JR	1200x200x100	38
13	Štica	10	007_2018_DH	S355JR	∅80x1475	15
12	Klizni ležaj	4	Iglide Z	-	IGUS	-
11	Podloška 17	2	DIN 125 DIN	-	Haberkorn	-
10	Vijak M16x35	2	933	8.8	Haberkorn	-
9	Osovina grede ovjesa	2	-	S355JR	∅80x405	13
8	Nosač grede ovjesa	2	003_2018_DH	S355JR	-	113,3
7	Vijak M20x40	32	DIN 6921	10.9	Haberkorn	
6	Bubanjska kočnica	4	-	-	Black Bruin	62
5	Hidromotor	4	B250	-	Black Bruin	92
4	Guma	4	Flotation 645	-	BKT	28
3	Naplatak	4	1111281	-	Cayrova	31
2	Dizalica Palms	1	670	-	Palms	1100
1	Šasija prikolice	1	002_2018_DH	S355JR		1046
Poz	Naziv dijela	Kom	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa (kg)

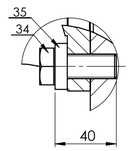




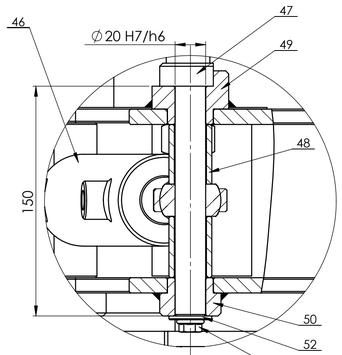
DETALJ H
MJERILO 1 : 1



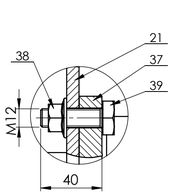
DETALJ A
MJERILO 1 : 5



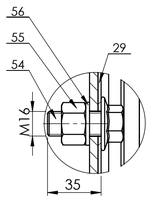
DETALJ F
MJERILO 1 : 2



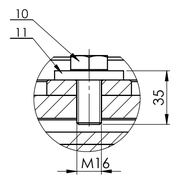
DETALJ G
MJERILO 1 : 2



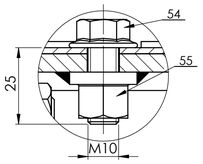
DETALJ D
MJERILO 1 : 2



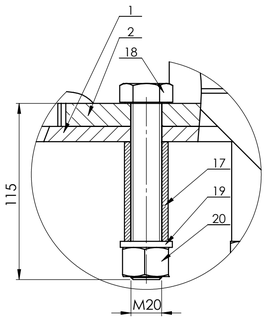
DETALJ E
MJERILO 1 : 2



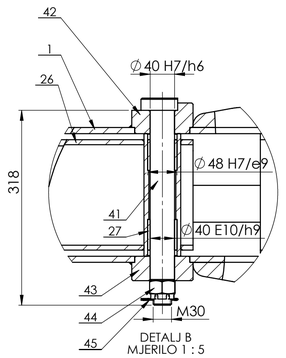
DETALJ I
MJERILO 1 : 2



DETALJ I
MJERILO 1 : 1



DETALJ C
MJERILO 1 : 2



DETALJ B
MJERILO 1 : 5

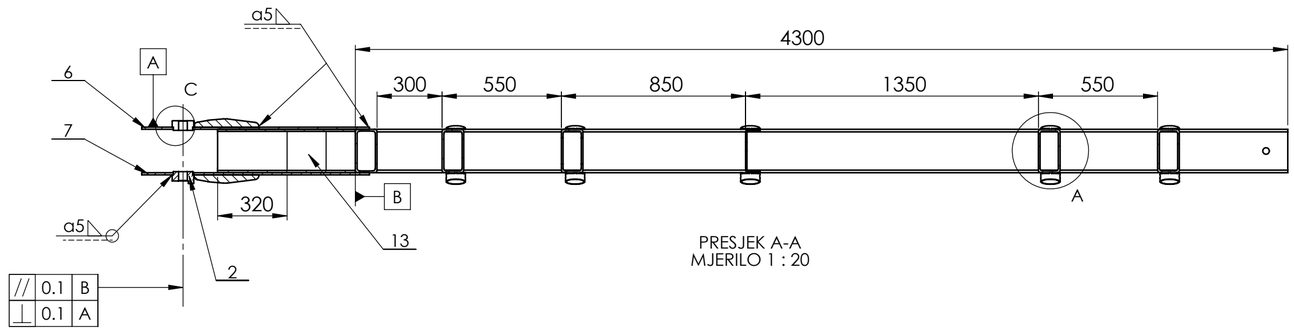
Broj naziva - code					
		Datum	Ime i prezime	Potpis	
	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak		FSB Zagreb
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak		
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak		
	Pregledao		Rudolf Tomić		

ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
∅48 H7/e6	+0,091 +0,005		R. N. broj:
∅40 H7/h6	+0,041 +0,000	Napomena:	Kopija
∅40 E10/h9	+0,212 +0,005	Materijal:	Masa: 3620 kg
∅20 H7/h6	+0,097 +0,00	Naziv: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima	Pozicija: Format: A1
∅80 E10/h9	+0,176 +0,004	Mjerilo originala 1:20	Listova: 1
∅85 H7/e10	+0,145 +0,040	Crtež broj: 001_2018_DH	List: 1

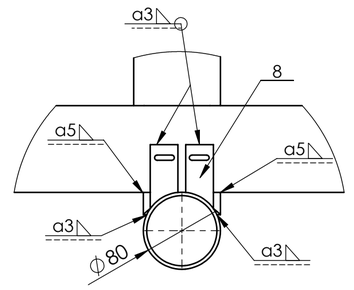
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab

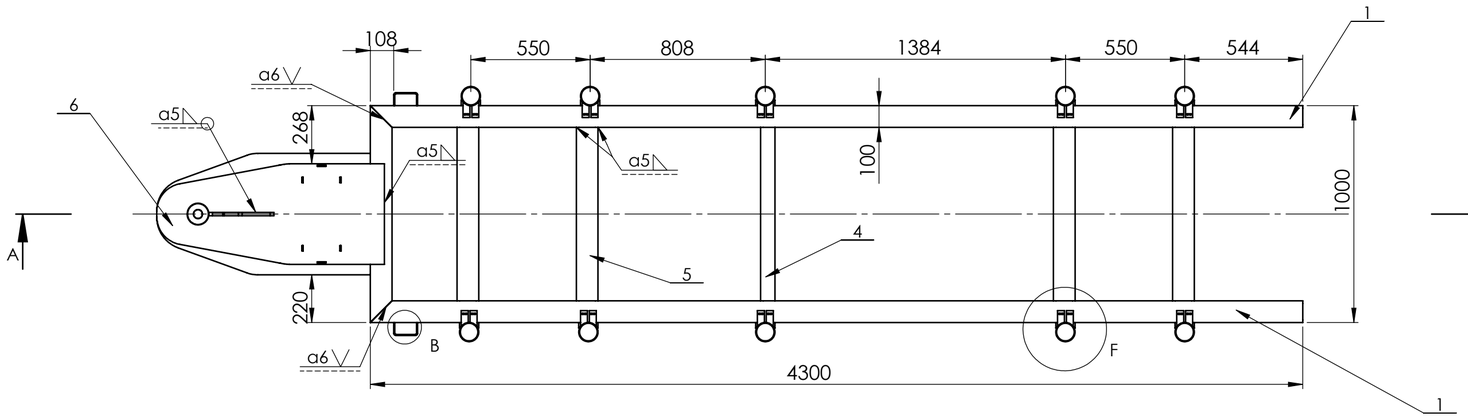
Ra 6,3

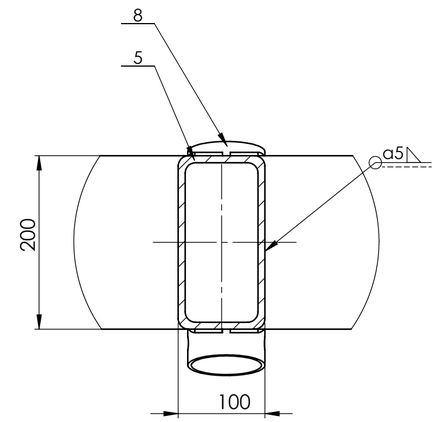


PRESJEK A-A
MJERILO 1 : 20

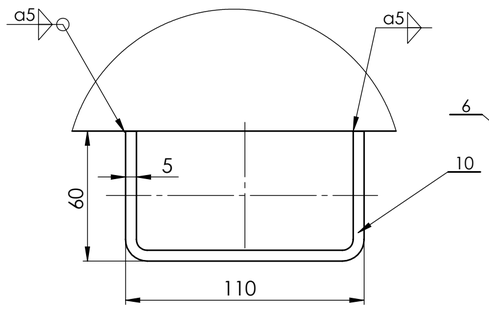


DETALJ F
MJERILO 1 : 5

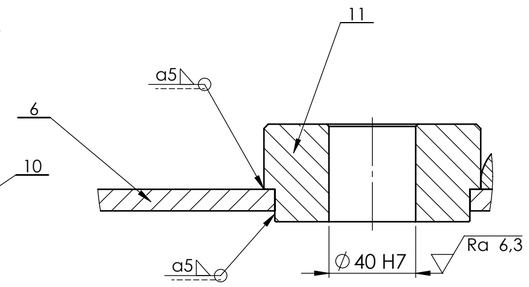




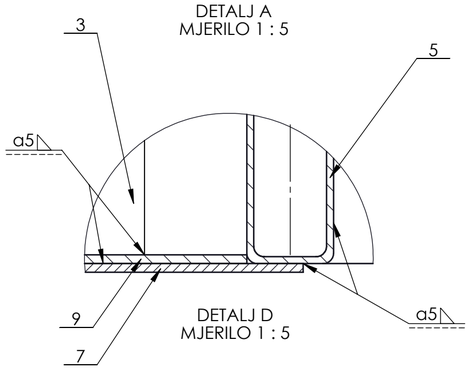
DETALJ A
MJERILO 1 : 5



DETALJ B
MJERILO 1 : 2



DETALJ C
MJERILO 1 : 2



DETALJ D
MJERILO 1 : 5

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
11	Donja puškica svornjaka	1	-	S355JR	ϕ 100x50	0,24
10	Nosač zaštite	2	-	S355JR	215x176	1,64
9	Profil SHS 200x200	1	-	S355JR	Strojopromet	36
8	Nosač štica	10	-	S355JR	Strojopromet	3,4
7	Gornji nosivi lim	1	-	S355JR	1090x560	39
6	Donji nosivi lim	1	-	S355JR	1090x465	32
5	Poprečni profil	5	-	S355JR	Strojopromet	74,9
4	Prihvatni profil hidrocilindra	1	-	S355JR	800x313	10,8
3	Lim ojačanja	2	-	S355JR	220x415	3,3
2	Gornja puškica svornjaka	1	-	S355JR	ϕ 100x50	0,21
1	Uzdužni profil RHS 200x100x8	2	-	S355JR	Strojopromer	201

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Pregledao		Rudolf Tomić	
	Mentor			

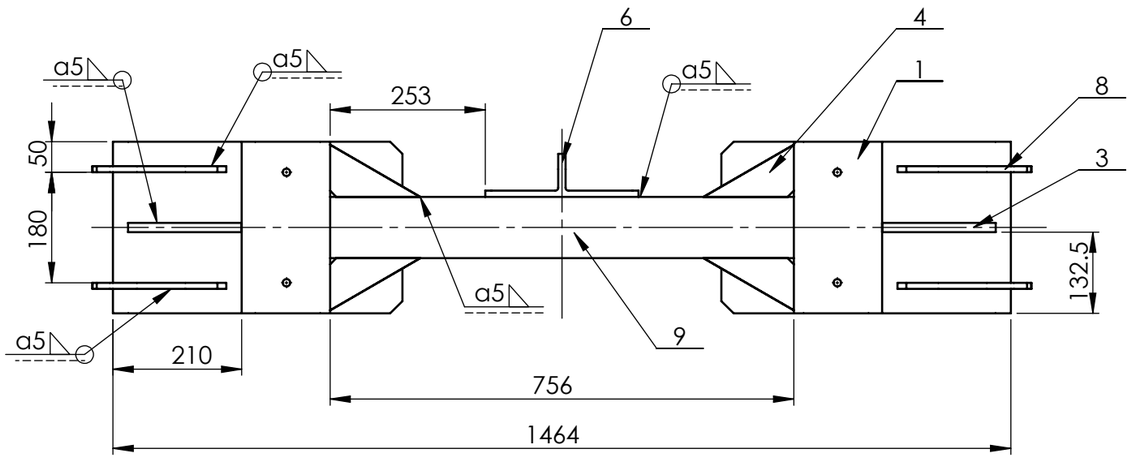
FSB Zagreb
Studij strojarstva

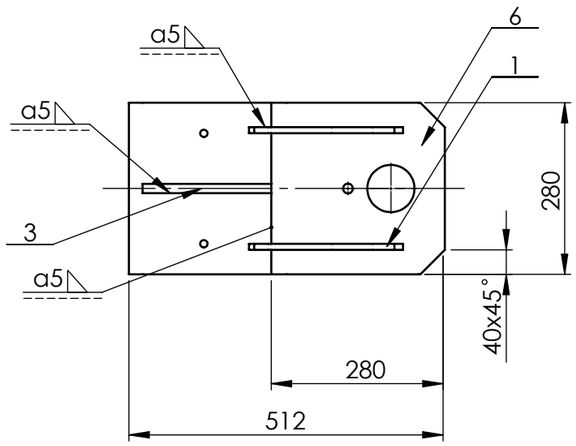
ISO - tolerancije		Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima	Objekt broj:
ϕ 40 H7	+0.025 0.000		R. N. broj:
		Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m	Smjer: Kopija
		Materijal:	Masa: 1046 kg
		Mjerilo originala 1:20	Naziv: Šasija-zavarivački; Pozicija: 1
		Crtež broj: 002_2018_DH	Format: A2; Listova: 1; List: 1

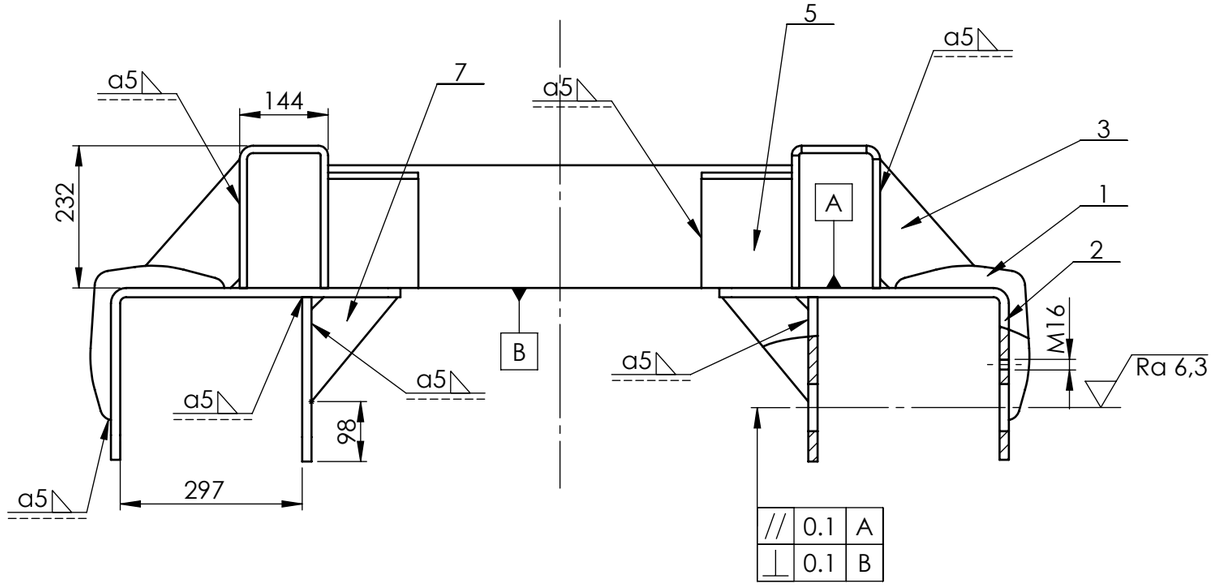
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab

Ra 6,3







Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj / Norma	Materijal	Sirove dimenzije / Proizvođač	Masa
9	Uzdužni profil RHS 200x100	1	-	S355JR	Strojopromet	28
8	U profil	2	-	S355JR	280x580	2
7	Ukruta donja	4	-	S355JR	165x170	1,8
6	Prihvat cilindra	1	-	S355JR	20,10	0,8
5	Ojačanje vertikalno	4	-	S355JR	180x170	2,2
4	Ojačanje horizontalno	4	-	S355JR	150x85	0,5
3	Ukruta	2	-	S355JR	210x185	1,35
2	L lim	2	-	S355JR	730x280	28
1	Bočna ukruta	4	-	S355JR	270x250	0,95

		Datum	Ime i prezime	Potpis
Broj naziva - code	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Pregledao		Rudolf Tomić	
	Mentor			

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m

Smjer:

Kopija

Materijal:

Masa: 113,3 kg

Mjerilo originala: 1:10

Naziv: Nosač grede ovjesa

Pozicija: 8

Format: A3

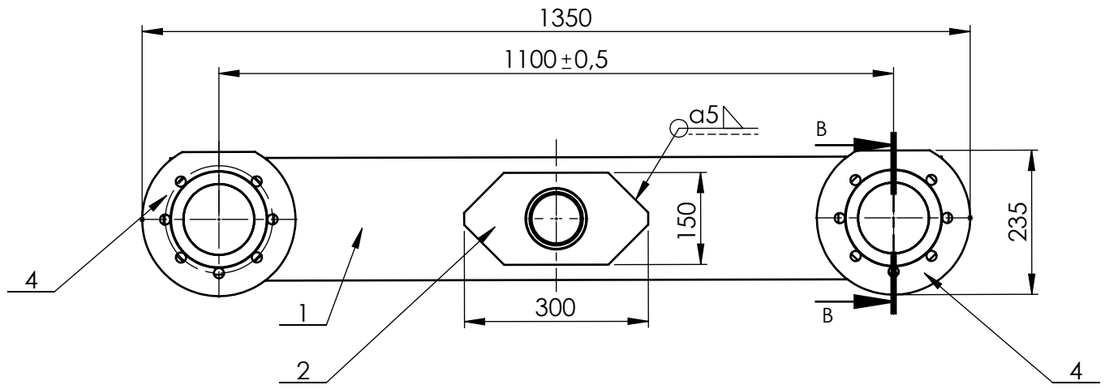
Listova: 1

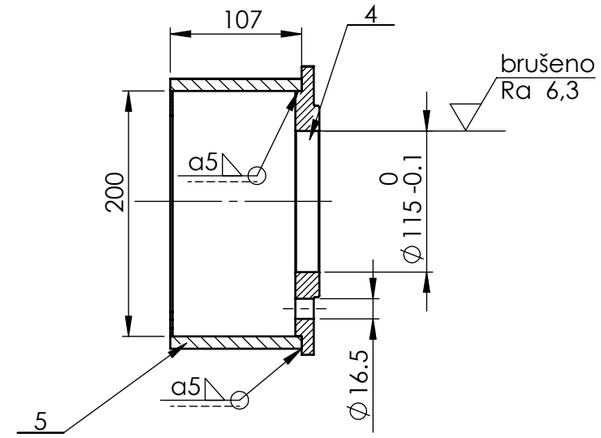
Crtež broj: 003_2018_DH

List: 1

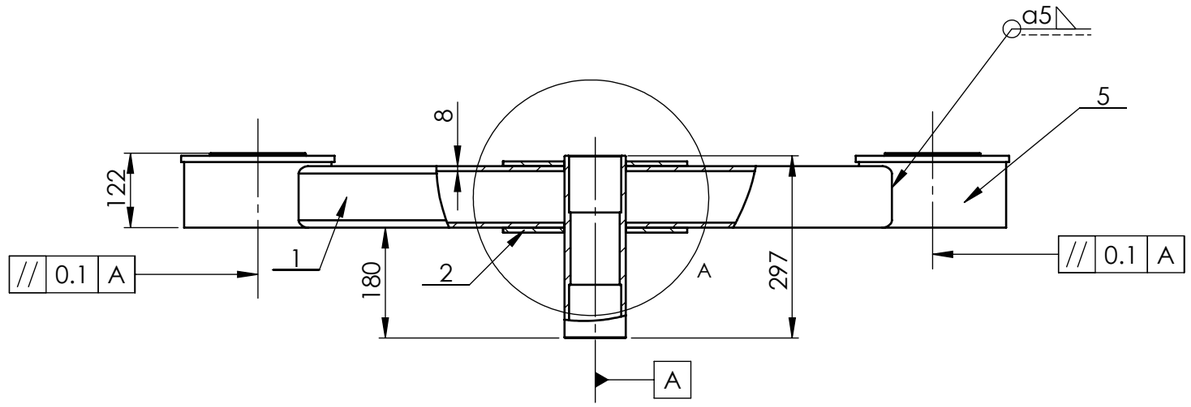
Design by CADLab

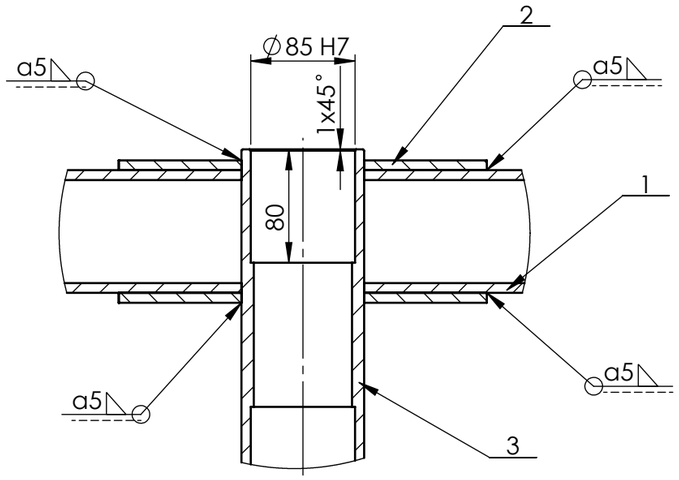
brušeno
Ra 6,3





PRESJEK B-B
MJERILO (1 : 5)





DETALJ A
MJERILO 1 : 5

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
5	Nosač prirubnice	2	-	S235JR	Ø240x10x107	8,6
4	Prirubnica	2	-	S235JR	Ø250x10	4,8
3	Čahura	1	-	S235JR	Ø85x297	5,7
2	Ukruta čahure	2	-	S235JR	300x150x8	1,8
1	Profil RHS 200x100	1	-	S235JR	Strojopromet	48

		Datum	Ime i prezime	Potpis
Broj naziva - code	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Pregledao		Rudolf Tomić	
	Mentor			

FSB Zagreb

ISO - tolerancije		
Ø85 H7	+0,035	
	+0,000	

Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m

Smjer:

Kopija

Materijal:

Masa: 84,1 kg

Naziv: Greda ovjesa

Pozicija: 14

Format: A3

Mjerilo originala 1:10

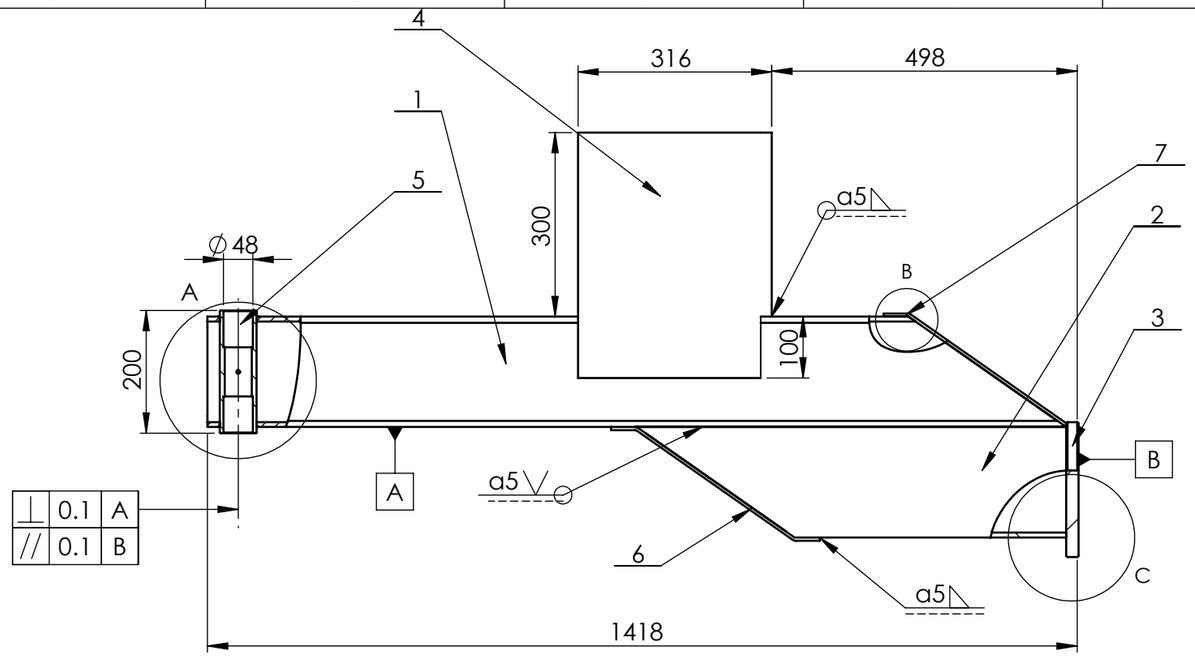
Listova: 1

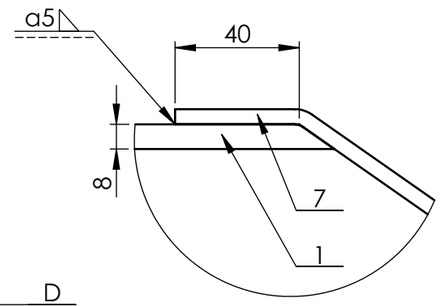
Crtež broj: 004_2018_DH

List: 1

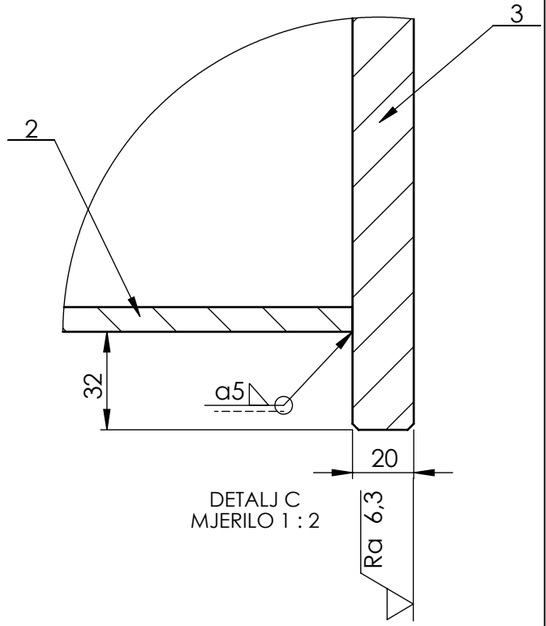
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Design by CADLab



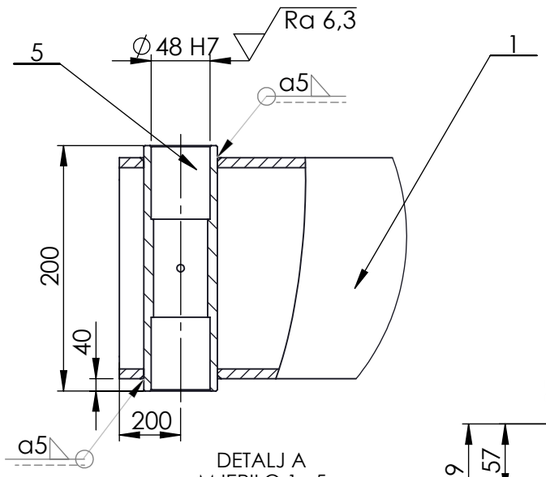


DETALJ B
MJERILO 1 : 2

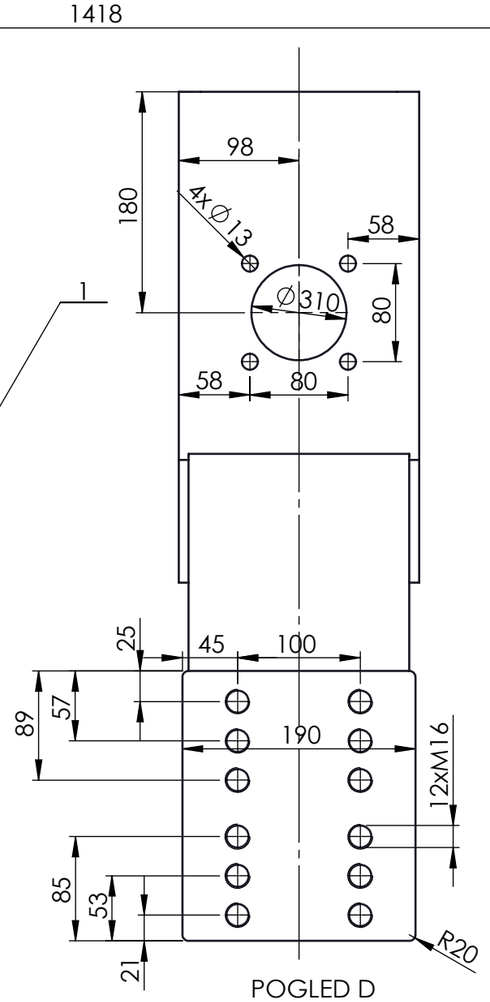


DETALJ C
MJERILO 1 : 2

Ra 6,3



DETALJ A
MJERILO 1 : 5



POGLED D
MJERILO 1:5

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
7	Lim gornji	1	-	S355JR	354x180	2,4
6	Lim donji	1	-	S355JR	397x180	2,7
5	Čahura ruda	1	-	S355JR	∅60x200	2,24
4	Nosač hidropumpe	1	-	S355JR	800x400	16
3	Prirubna ploča	1	-	S355JR	220x190	6,3
2	Profil SHS 180x180 donji	1	-	S355JR	Strojopromet	24,26
1	Profil SHS 180x180 gornji	1	-	S355JR	Strojopromet	54,71

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Pregledao		Rudolf Tomić	
	Mentor			

FSB Zagreb

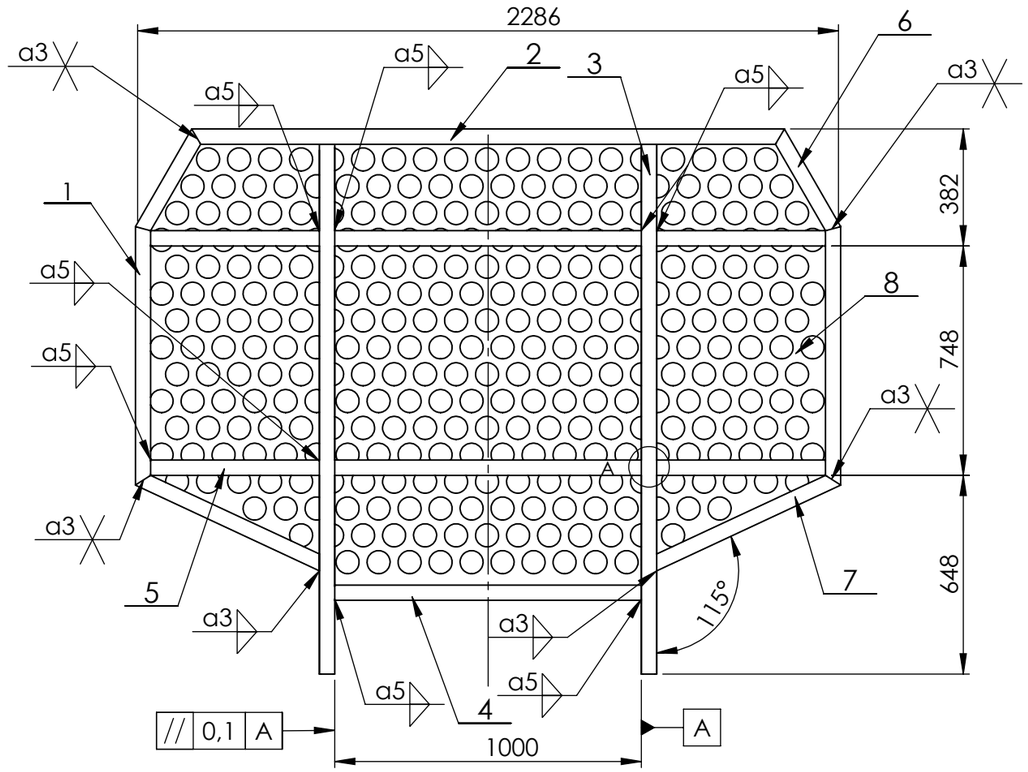
ISO - tolerancije		Objekt:	Objekt broj:
∅48 H7	+0.025	Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima	
	+0.000		R. N. broj:

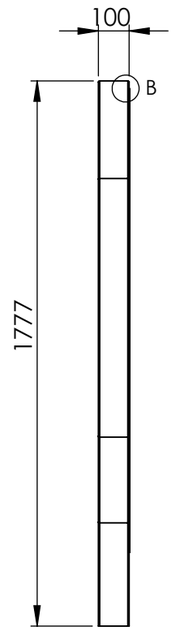
Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m	Smjer:	Kopija
Materijal:	Masa: 108 kg	

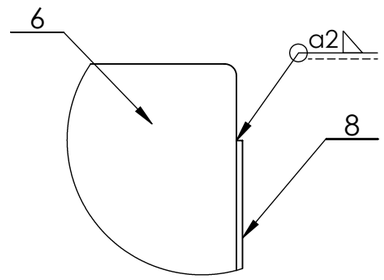
Mjerilo originala	Naziv:	Pozicija:	Format: A3
1:10	Rudo	26	Listova: 1
	Crtež broj: 005_2018_DH		List: 1

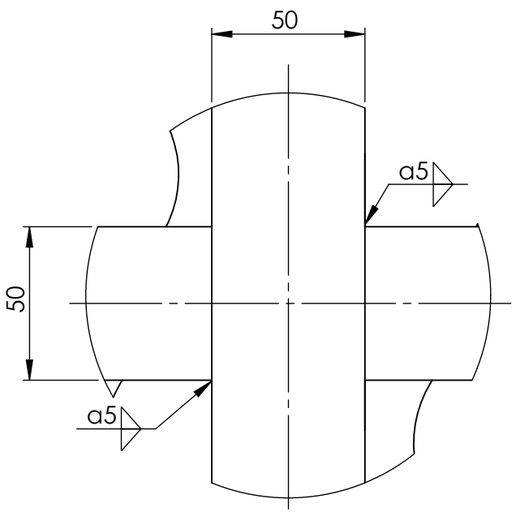
Design by CADLab

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100









DETALJ A
MJERILO 1 : 2

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
8	Zaštitni lim	2	-	S355JR	2250x1500	25
7	Profil RHS 100x50	2	-	S355JR	100x50x650	17.3
6	Profil RHS 100x50	2	-	S355JR	100x50x370	2.8
5	Profil RHS 100x50	2	-	S355JR	100x50x550	5,2
4	Profil RHS 100x50	1	-	S355JR	100x50x1050	8.85
3	Profil RHS 100x50	2	-	S355JR	100x50x1727	14
2	Profil RHS 100x50	1	-	S355JR	100x50x1924	17
1	Profil RHS 100x50	2	-	S355JR	100x50x842	7,4

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
	Pregledao		Rudolf Tomić	
	Mentor			

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m

Smjer:

Kopija

Materijal:

Masa: 164 kg

Mjerilo originala 1:20

Naziv: Zaštita

Pozicija: 152

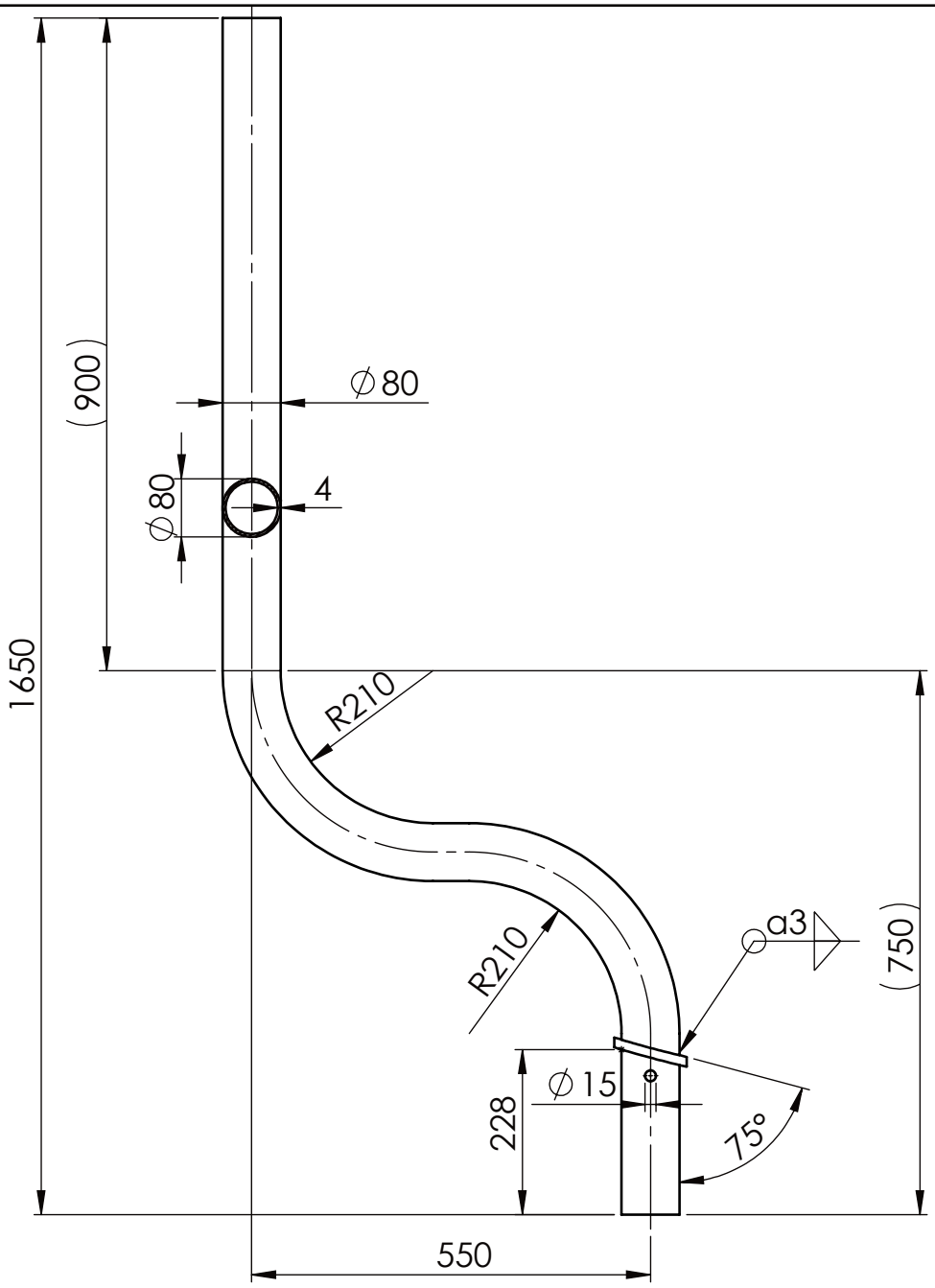
Format: A3

Listova: 1

List: 1

Crtež broj: 006_2018_DH

Design by CADLab



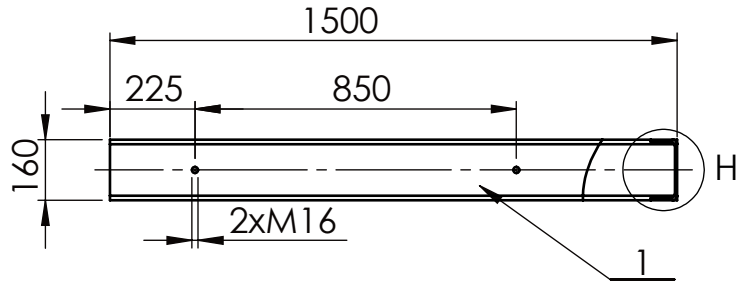
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj / Norma	Materijal	Sirove dimenzije / Proizvođač	Masa (kg)
2	Prsten	1	-	S355JR	∅110x15	0,3
1	Cijev	1	-	S355JR	Strojopromet	14,70

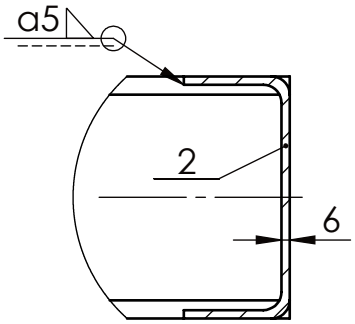
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
Pregledao		Rudolf Tomić	

FSB Zagreb

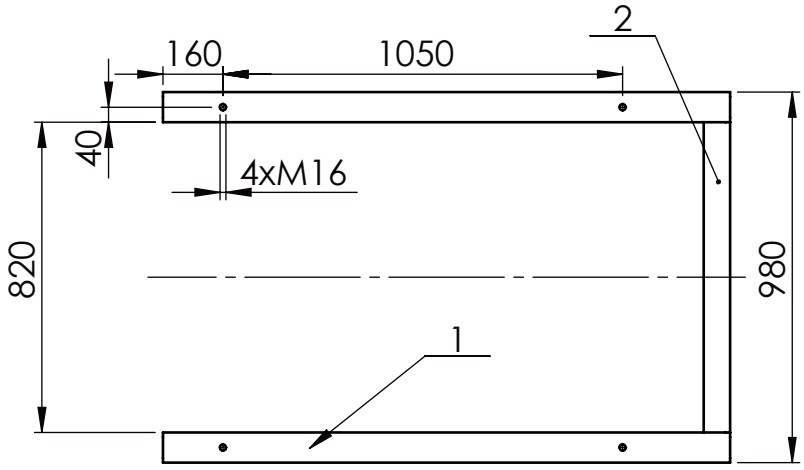
Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m	Kopija
Materijal:	Masa: 15 kg
Mjerilo originala 1:10	Naziv: Štica
	Pozicija: 15
	Format: A4
	Listova: 1
Crtež broj: 007_2018_DH	List: 1

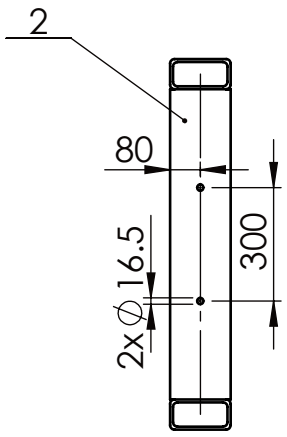
Design by CADLab





DETALJ H
MJERILO 1 : 5





Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa (kg)
2	C lim	1	-	S355JR	302x820	10,1
1	Profil RHS 160x80	2	-	S355JR	Strojopromet	41,6

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	25.11.2018	Dario Hojsak	
Razradio	25.11.2018	Dario Hojsak	
Crtao	25.11.2018	Dario Hojsak	
Pregledao		Rudolf Tomić	

FSB Zagreb

Objekt: Samoutovarna šumska prikolica s gonjenim kotačima	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena: Tolerancija slobodnih mjera prema ISO 2768 - m	Kopija
Materijal:	Masa: 51,2 kg
Mjerilo originala 1:20	Naziv: Produžetak šasije
	Pozicija:
	Format: A4
	Listova: 1
Crtež broj: 008_2018_DH	List: 1

Design by CADLab