



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

# **ATV VÕSANIIDUKI PROJEKTEERIMINE**

## **DESIGN OF ATV BRUSH CUTTER**

### **MAGISTRITÖÖ**

Üliõpilane: Morten Birk

Üliõpilaskood 211572MATM

Juhendaja: Kaimo Sonk, vanemlektor

Tallinn 2023

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“22” mai 2023 a.

Autor: Morten Birk

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“22” mai 2023 a.

Juhendaja: Kaimo Sonk

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

“22” mai 2023 a.

Kaitsmiskomisjoni esimees Martin Eerme

/ allkirjastatud digitaalselt /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Morten Birk

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „ATV võsaniiduki projekteerimine“,

mille juhendaja on Kaimo Sonk,

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
- 

22.05.2023 (kuupäev)  
Morten Birk  
/ allkirjastatud digitaalselt /

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

## Mehaanika ja tööstustehnika instituut

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Morten Birk 211572MATM

Õppekava, peeriala: MATM, Tootearendus ja tootmistehnika

Juhendaja(d): Vanemlektor, Kaimo Sonk, 6203267

Konsultant: Taavi Valentin, konstruktor

Iron Baltic OÜ, +372 653 3711, info@ironbaltic.com

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) ATV võsaniiduki projekteerimine

(inglise keeles) Design of ATV brush cutter

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida turul olemasolevaid võsaniidukeid
2. Projekteerida ATV-le võsaniiduk
3. Teostada tugevusarvutused ja hinnanguline tootmisomahind

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Turuanalüüs ja üldnõuded	Jaanuar 2023
2.	Mudeli väljatöötamine	Veebruar 2023
3.	Toote lõplik lahendus, omahinna arvutus	Märts 2023
4.	Tugevusarvutused, joonised	Aprill 2023
5.	Töö vormistamine ja koostamine	Mai 2023

**Töö keel:** Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "22" mai 2023.a

**Üliõpilane:** Morten Birk / allkirjastatud digitaalselt / "22" mai 2023.a

**Juhendaja:** Kaimo Sonk / allkirjastatud digitaalselt / "22" mai 2023.a

**Konsultant:** Taavi Valentin

**Programmijuht:** Martin Eerme / allkirjastatud digitaalselt / "22" mai 2023.a

# SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS.....	8
2.	ETTEVÕTTE TUTVUSTUS .....	9
	2.1 Ettevõtte ülevaade .....	9
	2.2 Arvestatavad trendid .....	9
3.	PROBLEEMI PÜSTITUS .....	11
	3.1 Probleemi sõnastus .....	11
	3.2 Nõuete loetelu .....	11
4.	TURUANALÜÜS .....	13
	4.1 DR Power võsalõikur .....	13
	4.2 Ron Cole-i võsalõikur .....	14
	4.3 RAMMY võsaniiduk .....	15
5.	KONTSEPTSIOONID .....	17
	5.1 Alusplaat .....	17
	5.2 Lõikekõrguse reguleerimine .....	18
	5.3 Perimeetri kaitse.....	20
	5.4 Sodi väljaviskaja.....	21
	5.5 Kontseptsioonide hindamine.....	23
6.	PROJEKTEERIMINE .....	24
	6.1 Lõiketerade kinnitamine .....	24
	6.2 Alusraami konstruktsioon.....	26
	6.3 Jõuülekanne.....	28
	6.4 Sidur.....	31
	6.5 Torurulliga lõikekõrguse reguleerimine .....	33
	6.6 Perimeetri kaitse ja toruraam .....	34
	6.7 Väljaviskesuunaja ja katteplaat .....	37
	6.8 Kinnitusraam.....	37
7.	TUGEVUSARVUTUSED .....	41
	7.1 Haake keevis.....	42
	7.2 Haake adapteri keevis .....	45
	7.3 Ülekandevõlli kontrollarvutus .....	47
8.	MAJANDUSLIK ARVESTUS .....	50
	8.1 Sisseostetud detailid .....	50
	8.2 Ostutooted.....	51
	8.3 Operatsioonide maksumus .....	52
	8.4 Toote omahinna kalkulatsioon .....	55
	KOKKUVÕTE .....	56

SUMMARY .....	57
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	58
LISAD .....	60

## **EESSÕNA**

Käesolev magistritöö on kirjutatud koostöös ettevõtte Iron Baltic OÜ-ga, kus eesmärk on laiendada tootevalikut ning valmis toodet hakata turustama sise- ja välisturul. Iron Baltic OÜ peamiseks tegevusalaks on projekteerida ning toota ATV/UTV-dele lisaseadmeid ja tarvikuid.

Autor soovib tänada lõputöö koostamisel abistanud ning toetanud Iron Baltic OÜ kollektiivi, kes aitasid kaasa projekteerimisprotsessile ning prototüübi väljatöötamisele.

# 1. SISSEJUHATUS

Lõputöö ülesande täitmiseks on autor valinud ettevõtte Iron Baltic OÜ, kelle põhitegevusalaks on projekteerida ning toota ATV ja UTV-dele lisaseadmeid ja tarvikuid. Lõputöö eesmärgiks on projekteerida ATV-le ettekinnituv võsaniiduk, kasutades tarkvara Solid Edge 2021 ja Ansys Workbench.

Võsaniiduk on ATV-le mõeldud spetsiaalne lisaseade, millega on võimalik niita muru, heina, põõsaid, võsa ja puid läbimõõduga kuni 100 mm. Võsaniiduki kinnitusraam kinnitatakse ühelt poolt ATV raami keskosale Iron Baltic-us toodetud adapteriga ning teiselt poolt haake kõrvadega võsaniiduki raami külge. Toote täpseks määratlemiseks on vaja teada erinevaid spetsifikatsioone, mis kajastuvad nõuete loetelus. Projekteerimise käigus kaalutakse läbi erinevaid ideid ning tulevikus alustab Iron Baltic toote turustamisega nii sise- kui välisturul.

Turu-uuringu käigus leiti informatsiooni tarbijate, teenuste, toodete ja konkurentide kohta. Iron Baltic OÜ esimese aasta müügiprognoos on 50 võsaniidukit, mille kliendisegmendiks on maastikusõidukite kasutajad, põllumajandusettevõtted ning kommunaalettevõtted. Võsaniiduki esimene prototüüp valmib mai 2023, mille käigus toimub toote katsetamine ning parendamine ning turule jõudmise eeldatav kuupäev august 2023. Peamiseks tulu allikaks kujuneb eksport, kuna üldine osakaal ekspordil on 95% ning üksnes 5% on jäänud Eestisse. Eeldatava eksporditulu moodustavad Euroopa, Ameerika, Austraalia ning turunduskanaliteks on edasimüüjad ja jaemüügi kliendid.

Lõputöö seletuskirja osas tutvustatakse ettevõtet, koostatakse ülesande püstitus, analüüsitakse turgu, luuakse kontseptsioonid ning antakse ülevaade projekteerimisest ja tugevusarvutustest. Majanduslikus osas leitakse kogukulu ning sellest tulenevalt tootmisomahind.



Sele 1.1. ATV maastikul [1]



## **2. ETTEVÖTTE TUTVUSTUS**

Iron Baltic OÜ on üks suurimaid rahvusvahelisi ettevõtteid, mis võimaldab maastikusõiduki võimalusi maksimaalselt ära kasutada, andes masinatele lisaväärtust ja laia kasutusala. Ettevõtte ambitsioon on olla maastikusõidukite lisavarustuse turuliider. Põhilised väärtused on hea klienditeenindus, kõrge kvaliteet, usaldusväärsus ning originaalsus.

### **2.1 Ettevõtte ülevaade**

Andrus Rints ja Tiit Norak asutasid ettevõtte Iron Baltic OÜ aastal 2006, kus algusaegadel toodeti enamasti basseine ning vähesel määral ATV-dele lisatarvikuid. Aastal 2012 võttis Iron Baltic vastu otsuse, et peamiseks tegevusalaks jääb maastikusõidukitele lisavarustuse tootmine. Ettevõtte tootmine asub aadressil Põldmäe tee 1, Vatsla, 76915 ning ladu Ranna tee 25 Tabasalu, 76901. Töötajate arv 2022 aasta seisuga oli 48, millest põhitöölisi 15, abitöölisi 18, insener-tehniline personal 14 ja teenistujaid 1. Ettevõtte käive aastal 2022 oli 10 200 000 eurot, mis on kasvanud üle 100 000 euro võrreldes 2021 aastaga. Ettevõtte tootmises teostakse mitmeid operatsioone, milleks on: CNC freesimine, CNC painutamine, plastiku painutamine, treimine, alumiiniumi lihvimine, lintlihvimine, TIG-keevitamine, MIG-keevitamine, plastiku keevitamine, saagimine, ketaslõikamine, puurimine, keermestamine, pulbervärvimine, lukksepatööd, põhjakaitsete pakkimine, pakkekastide valmistamine, kinnitusvahendite komplekteerimine, adapterite pakkimine ning koostamine.

### **2.2 Arvestatavad trendid**

Ettevõtte trendid on pidevas muutumises vastavalt tarbijate eelistustele, majanduslikele tingimustele ning tehnoloogia arengule. Iron Baltic-us valitsevate trendide astmed jaotuvad väga olulisteks ning keskmisteks. Väga olulisel kohal on digitaliseerimine, tarnekindlus, realisatsioonimüük ja keskmisel kohal rohepööre, kliima soojenemine, looduskaitse ning tarbija oskused.

Digitaliseerumise mõju seisneb eelkõige selles, kuidas klient teeb oma oste tulevikus. Pidevalt toimub ajas edasiliikumine ning seda rohkem kolib turg internetti ning tarbija teeb oma oste pigem internetis. Sellest tulenevalt müüki ja tarnet puudutav informatsioon peab kliendile olema alati kättesaadav, protsessid digitaliseeritud ning automatiseeritud. Selle parendamiseks täiustatakse pidevalt kodulehte ning võetakse kasutusele elektroonilisi müügikanaleid. Tarnekindlus on oluline tegur, kus kliendid ootavad oma toodete kiiret kohaletoometamist, mis eeldab kauba pidevat hoidmist laos. Laos hoidmisel on erinevad ohud, milleks on suured ladustamiskulud, võimalikud

tekkivad inventuuri probleemid ning suurem risk vargustele ja kahjustumisele. Selle teostamiseks vajab ettevõtte täpseid müügiprognoose, kiiret tootmisprotsessi ning vaheladude tekitamist, näiteks Ameerikasse. Realisatsioonimüüki tehes soovivad edasimüüjad kaupu realisatsiooni või pikkasi maksetähtaegasi. Ettevõttel on vajadus kaup võimalikult kiiresti maha müüa, et vältida selle väärtuse vähenemist, seega lahendusena kasutatakse faktooringuid ning teisi erinevaid finantseerimisvahendeid. Rohepöörde suundumus on olnud viimastel aegadel väga aktuaalne olnud, kuna Euroopa Liit on esitanud ettepaneku keelustada alates 2035. aastast uute bensiini- ja diiselmootoriga autode müügi, et kiirendada üleminekut elektrisõidukitele. Ettevõttele avaldab see mõju selliselt, et rohepöördest hoolivad kliendid soovivad elektrimootoriga haakeseadmeid, mida ettevõtte pole veel välja arendanud. Elektrimootoriga haakeseadmed on rasked, mis kaotab ATV/UTV-de kasutuseelised.

Kliima soojenemisel on oluline mõju talvetoote müügile, mis omakorda nõuab teiste tootegruppide arendamist. Looduskaitse põhimõtted piiravad järjest enam ATV-de kasutamist looduslikes piirkondades, seega on ettevõttel vaja suunata rohkem ressursse põllumajanduslike haakeseadmete pakkumisele. Tarbija oskuste mõju seisneb eelkõige tehnilises kompetentsis, kuna puuduvad oskused iseseisvalt seadet parandada, remontida ning hooldada. Probleemi lahendamiseks tuleks luua edasimüüjate koolitused, toimivad järelteenindused, võimalikud täpsed ning detailed komplekteerimis-, kasutus- ja hooldusjuhendid.

# IRON BALTIC



Sele 2.1. Iron Baltic OÜ logo ja ATV kopaga [2]

## 3. PROBLEEMI PÜSTITUS

### 3.1 Probleemi sõnastus

Tootearendus ja klientuur on omavahel tihedalt seotud, sest tuleb arvestada klientide soovide ja vajadustega. Aastate jooksul on tekkinud järelturg ning turumaht hakkab täituma, seega klientide hulk langeb ning tootearendusele tuleks panna igapäevaselt aina rohkem rõhku. Regulaarselt arendatakse maastikusõidukitele välja uusi tooteid või täiustatakse olemasolevaid, näiteks: erinevad aksessuaarid, põhjakaitsmed, põllumajandus-, metsandus-, jõudlus- ja talvetooted. Iron Baltic soovib laiendada oma tootevalikut, tuues välja idee projekteerida ATV-dele sobilik ettekinnituv võsaniiduk. Järgnevas seles tuuakse näide ettekinnituvast ATV multš niidukist (Sele 3.1):



Sele 3.1. ATV ettekinnituv multš niiduk [3]

### 3.2 Nõuete loetelu

Võsaniidukeid kasutatakse enamasti niitmiseks põllumajandus- ning kommunaalteenustes, kus on vaja hooldada teeservasi, kraavipervesi, lagendike, põllumaid, metsa ning aedasid. Võsaniiduki konstrueerimisel lähtutakse ettevõttes kooskõlastatud nõuete loetelus kehtestatud tingimustel ning piirangutel, mis tuuakse välja tabelis (Tabel 3.1).

Peamine nõue on konstrueerida ATV-le ettekinnituv võsaniiduk, millel peab olema kinnitusraam, mida on võimalik üles tõsta vintsiga. Ettevõtte on enamus ATV-dele projekteerinud keskkinnituvaid adaptereid, mis võimaldavad adapteri ja kinnitusraami omavahel siduda. Kinnitusraami koos niidukiga tõstab maapinnast eemale ATV küljes

olev vints, mis fikseeritakse vintsi küljes oleva haakekonksuga kinnitusraami tõstesilma külge. Kinnitusraami peab saama liigutada mugavalt 2-te erinevasse asendisse- keskele ja paremale. Niiduki konstruktsioon võiks olla tugev, vastupidav, stabiilne, kompaktne ning toote mass soovituslikult maksimaalselt 150 kg. Lõiketerade koguseks on nõutud 6 tükki, mis peavad olema võimalikult kulumiskindlad ning suutelised lõikama 100 mm läbimõõduga puid. Terade paigutus peab võimaldama lõigata vähemalt 1 meetri laiuselt ning lõikekõrgus maapinnast 90 mm, kuhu arvestatakse juurde kliirents. Kuna niitmisel tekib palju sodi, siis kliendil peaks olema võimalus paigaldada eraldi sodisuunaja, mis suunab sodi niidukist eemale. Energia allikana nõutakse Briggs & Strattoni sise põlemismootorit, kus ülekandel tuleb kasutada kiilrihmase ning võllide lahutamiseks manuaalset sidurit. Niiduki vastupidavusajaks on määratud suurim võimalik ning materjalide valik on teras (S235), alumiinium ning plastik. Eelarve maksimaalseks summaks on 1500 eurot, kuhu sisse arvestatakse materjal ja ostutooted. Toote visuaal peab olema väljapaistev, meisterlik ning kvaliteetne. Niiduk peab suutma tegema tööd maastikusel alal, taludes vihma, muda ja päikest. Ohutusnõuetes peab arvestama rangete kriteeriumitega, sest mootori töötamisel pöörlevad lõiketerad, mis võivad vigastada inimest ning ees peab olema perimeetri kaitse. Tootmise kohapealt võiks olla toode lihtsasti koostatav, sest toodetava koguse aastaproгноos on 50 tükki.

Tabel 3.1 Nõuete loetelu ja soovid

<b>Tunnus</b>	<b>Nõuded</b>	<b>Soovid</b>
ATV-le ette/taha kinnituv		Ettekinnituv
Võsaniiduki gabariidid		Võimalikult kompaktne
Võsaniiduki mass		Maksimaalselt 150 kg
Võsaniiduki konstruktsioon		Tugev, vastupidav, stabiilne
Lõiketera	MWS-i lendtera	
Terade vastupidavus	Võimalikult kulumiskindel	
Terade hulk	6 tükki	
Lõikelaius	>= kui 1 m	
Lõikekõrgus	Max. 90 mm + kliirents	
Kliirents		Suurim võimalik
Liigutatav kinnitusraam	Keskele ja paremale	
Kinnitusraami liigutamine	Võimalikult mugav	
Tõstemehhanism	Vints	
Sodi väljaviskeava	Võimalusel suletud	
Energiaallikas	Briggs & Stratton-i mootor	
Sidur	Manuaalne sidur	
Rihma valik	Kiilrihm	
Vastupidavusaeg niidukil		Suurim võimalik
Materjal	Valik: S235, Al, Pe	
Eelarve (tootmisomahind)	<= kui 2500 €	
Visuaal	Väljapaistev, meisterlik	
Keskkond	Vastupidav maastikul	
Ilmastikukindlus	Vihm, muda, päike	
Hooldusnõuded	Minimaalne hooldus	
Ohutusnõuded	Ranged, perimeetri kaitse	
Koostamine		Lihtsasti koostatav
Toodetav kogus		50 tk. aastas

## 4. TURUANALÜÜS

Turuanalüüsi eesmärk on hinnata turule sisenemise potentsiaali, kus antud juhul projekteeritud võsaniiduk peab suutma konkureerida teiste omadega. Turuanalüüsi tehes leitakse variante niidukitest, kus enamikel juhtudel kinnitub toode traktori külge või on käsitsi lükatavad (Sele 4.1). ATV-dele leidub suuremal osal turul taha kinnituvaid niidukeid, kuid lõputöö raames uuritakse ettekinnituvaid võsaniidukeid ning tuuakse välja nende toodete tugevused ja nõrkused (Tabel 4.1).



Sele 4.1. Traktorile tahakinnituv ja käsitsi lükatav võsaniiduk [4], [5]

### 4.1 DR Power võsalõikur

DR Power on Ameerikas tegutsev ettevõtte, kelle peamiseks tegevusalaks on põllumajandustehnika ning erinevate välitingimustes kasutatavate seadmete tootmine, näiteks: niidukid, leheimurid ning oksapurustid. Nende poolt välja mõeldud lahendus on erinevate puuliikide- ja võsa lõikamiseks (Sele 4.2). Toodet turustatakse ainult Ameerikas ning enamjaolt kasutavad seda loomapidajad ning looduskaitseorganisatsioonid. Võsalõikuriga on võimalik tekitada kiiresti uusi liikumisradasi metsas, lagendike loomade jahtimise jaoks ning taastada põllu- ja metsamaid. [6]



Sele 4.2 DR Power-i võsalõikur [6]

DR Power-i lahendus on konstruktsiooniliselt üsna lihtne ning visuaalne väljanägemine pigem tavapärane. Võsalõikur tõstetakse üles kinnitusraami ning vintsiga, kus üks pool kinnitusraamist kinnitatakse ATV keskele ning teine pool haagitakse lõikuri enda külge keevitatud toruga. Niidukil on kokku 5 lõiketera, millest 2 tükki paiknevad ees fikseeritult ning 3 pöörlevad keskel. Fikseeritud terad suunavad esmalt lõigatava objekti niiduki keskele ning 3 pöörlevat tera lõikavad selle puruks. Toote tugevusteks on toote lihtsus- terad ei vaja lisa energia allikat ning lihtne hooldada. Puudusena on tootel kitsas lõikelaiuse ala, kuna objekte suunatakse ainult niiduki keskele. Samuti puudub lõigatud osade suunaja ehk kui lõigata kõrgemat võsa, siis peale mahalõikamist võib lõikuri peale lõigatud osad rippuma jääda. Terasid on tootel lihtne hooldada, kuid tõenäoliselt lähevad terad peale igat kasutamist nüriks ning peale töö lõpetamist tuleb viiliga terad uuesti üle teritama.

## 4.2 Ron Cole-i võsalõikur

Ron Cole on talupidaja, kes on pärit väiksest Ameerika linnast Vici, Oklahoma-st, kus 1000 inimesega linnas tegeletakse naftatööstuse ja põllumajandusega. Ron Cole-i põllumaadel kasvas palju seedripuid ning tema eesmärk oli need hävitada võimalikult odaval viisil, luues ATV-le ettekinnituva võsalõikuri (Sele 4.3). Toote turustamine toimub Ameerikas kohalikes muruniidukite-, talupidamistarvikute-, sae- ja ehituspoodides. Toode on mõeldud kasutamiseks põllu- ja metsamaade taastamiseks, millega on võimalik efektiivselt puid maha võtta läbimõõduga kuni 100 mm. [7]



Sele 4.3. Ron Cole-i lõikur [7]

Ron Cole-i lõikur näeb välja konstruktsiooniliselt ja visuaalselt kvaliteetsem kui DR Power võsalõikur. Kinnitusraami üks pool kinnitub ATV külge ning teine pool fikseeritakse sõrme abil lõikuri külge. Kinnitusraami kõrgust saab reguleerida vintsiga, kuid puudub võimalus muuta lõikuri nurka, mistõttu hakkab probleeme tekitama kliirents, sest kinnitusraam on toodud üsna maapinna ligidale. Lõikuri ketas on viidud ATV esiosast 1500 mm kaugusele, mis annab operaatorile hea ülevaate lõikamise ajal. Ketta läbimõõt on 350 mm, millele antakse jõuülekanne Briggs & Strattoni sise põlemismootoriga. Jõuülekanne on võimalik lahutada mehaanilise siduriga, mida saab rakendada jalaga, olles ise ATV peal. Ketas ei nõua erilist hooldust, sest kui ketas läheb nüriks, on otstarbekam osta uus ketas kui hakata ketast teritama. Puudusena on tootel madal kliirents ning maastikusel alal võib kinnitusraam kändude taha kinni takerduda. Samuti lõikeketas asetseb ATV esiosast 1500 mm kaugusel, mis tekitab pika jõuõla ning maastikul sõites ei jää mehhanism stabiilsena püsima. [7]

### 4.3 RAMMY võsaniiduk

Soomes tegutsev ettevõtte RAMMY, kelle peamiseks tegevusalaks on ATV-dele ettekinnituvate lumepuhurite ja niidukite tootmine. Nende toodetud võsalõikur on mõeldud muru, heina ja kuni 100 mm puude lõikamiseks (Sele 4.4). RAMMY turustab oma tooteid Põhja-Euroopas ning nende peamine tugevus turul on pakkuda kvaliteetseid tooteid. Iron Baltic ja RAMMY konkureerivad üksteisega tugevalt, sest mõlemad ettevõtted pakuvad sarnaseid tooteid. RAMMY eelis on see, et nad suudavad hoida oma turgu Soomes, kuid see-eest on Iron Baltic-ul madalamad hinnad, laiem tootevalik ning ettevõtte rohkem tuntum kui RAMMY. [8]



Sele 4.4. RAMMY võsaniiduk [8]

RAMMY võsalõikur näeb välja võrreldes eelnevate toodetega kõige kvaliteetsem ning toote konstruktsioon on tugev. Kinnitusraam kinnitatakse ATV keskele, kus kasutatakse Iron Baltic-u keskkinnitusadaptereid, seega kui klient ostab toote, peab ta eraldi Iron Baltic-ult ostma keskkinnitusadapteri. Kinnitusraami teine pool kinnitatakse niiduki külge, kus raamile on kinnitatud 2 võlli, kuhu on võimalik haakeseadet fikseerida. Haakeseadet on võimalik liigutada keskele, vasakule, paremale ning muuta haake kõrgust, mis annab juurde kliirentsit. RAMMY kasutab ülekandel Briggs & Strattoni sise põlemismootorit ning võllidega kantakse jõud üle teradele. Pööremomendi ülekandmisel kasutatakse manuaalset sidurit, mille hoob asub mootori kõrval. Puudustena on tootel ebamugav kinnitusraami süsteem, kus haakeseadme liigutamisel pead kasutama lehtvõtmeid. Samuti puudub tootel sodi väljaviskesuunaja ava, mistõttu peab kasutaja niidukit alt pidevalt puhastama. Disainil on kasutatud esikaitsel vedru lahendust, mis on häirivalt silmatorkav ning alandab toote visuaalset väljanägemist. Lisaks RAMMY pealmise katte eemaldamine on tülikas, kuna poltidele ligipääsetavus on raskendatud. Toote tagumises osas on sodil võimalik lihtsalt pääseda rihmade ja rullikute vahele, mis võivad takistada korrektselt seadme toimimist.

Tabel 4.1 Erinevate tootjate poolt pakutavad võsaniidukid

<b>Tootja</b>	<b>Energiallikas</b>	<b>Eelised</b>	<b>Puudused</b>
DR Power	Puudub	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odav</li> <li>• Kiire lõikamisaeg</li> <li>• Kerge paigaldada ATV külge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puudub võimekus lõigata suuri puid, kõrget võsa</li> <li>• Kitsas lõikelaius</li> <li>• Terad nõuavad palju hooldamist</li> </ul>
Ron Cole	Sisepõlemismootor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hea nähtavus lõikamisel</li> <li>• Mugav mootorit seistada</li> <li>• Hästi kaitstud ülekandesüsteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ebastabiilne</li> <li>• 1 lõiketera</li> <li>• Madal kliirents</li> <li>• Keeruline opereerida</li> </ul>
RAMMY	Sisepõlemismootor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saab liigutada kinnitusraami keskele, vasakule ja paremale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kitsas kinnitus adapterite valik</li> <li>• Ebamugav kinnitusraami süsteem</li> </ul>
Iron Baltic	Sisepõlemismootor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Väljaviskesuunaja olemasolu</li> <li>• Mugav kinnitusraami paigaldamine</li> <li>• Insener-tehnilised lahendused visuaalselt esteetilised</li> <li>• Ülekandesüsteemi sodi ligipääsetavus raskendatud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suur/raske</li> </ul>



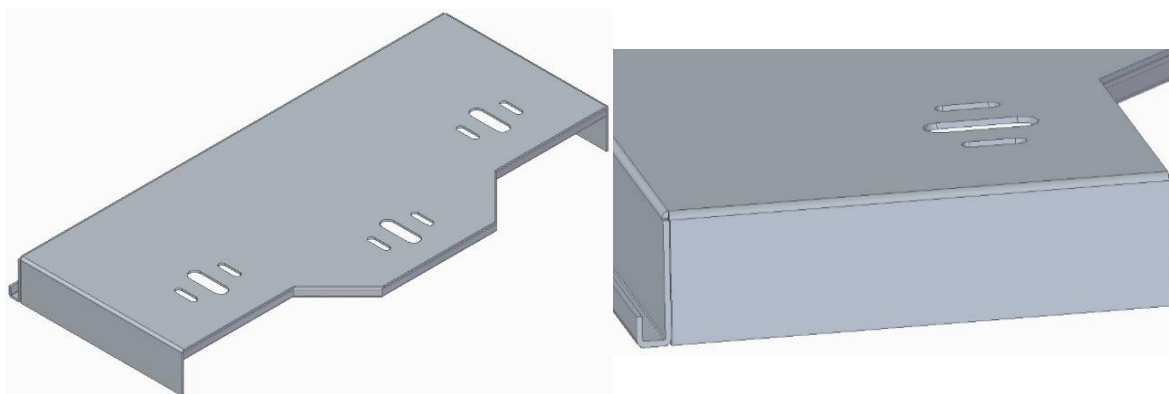
## 5. KONTSEPTSIOONID

Kontseptsioonide loomine on vajalik protsess, mis aitab leida sobivaid lahendusi ning tagada uue toote edukuse. Kontseptsioonide loomine algas ideede genereerimisest, kus saadi inspiratsiooni teiste poolt väljamõeldud võsaniidukitest. Esialgelt tehti visandeid käsitsi paberile ning seejärel loodi erinevad disainikontseptsioonid Solid Edge keskkonda. Eesmärgina töötatakse välja parim kontseptsioon ning täiendatakse selliselt, saavutatakse lõplik disain, mis vastab kõikidele nõudmistele. Eskiisid loodi raami alusplaadile, lõikekõrguse reguleerimiseks torurullile, perimeetri kaitsele ning väljaviskesuunajale.

### 5.1 Alusplaat

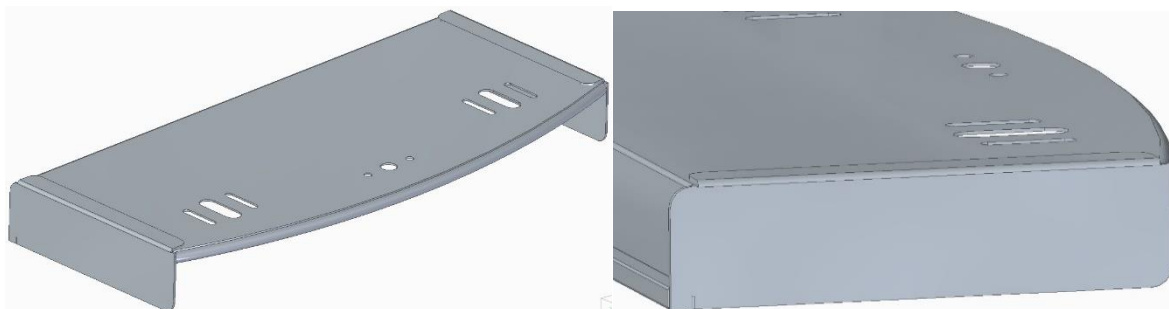
Võsaniiduki raami alusplaadi projekteerimisel arvestatakse erinevate aspektidega, mis mõjutavad masina funktsionaalsust. Võetakse arvesse, et alusplaat peab olema piisavalt stabiilne ning tugev, kuna niitmise ajal tekib suur koormus ja vibratsioon. Spetsifikatsioonide listis kajastub materjali valik, milleks on: teras (S235), alumiinium ja polüeteen. Niidukit hakatakse kasutama välitingimustes, seetõttu korrosioonikindluse suhtes oleks mõistlik valida alumiinium, kuid antud juhul on eelarve piiratud, seega valitakse raami materjaliks teras. Teras on tugev ja vastupidav materjal, mis suudab taluda erinevaid koormusi, ent kaalub rohkem kui alumiinium.

Materjali paksuseks valitakse 3 mm, millest valmistatud detaile on lihtne ja odav toota. Selliste gabariitidega materjali saab ettevõtte tootmises painutada, seega ei peaks ostma sisse painutusteenust. Alusplaat lõigatakse välja CNC laserpingiga ettevõtte Ferresto Laser ning ülejäänud operatsioonid saaks viia läbi Iron Baltic-u tootmises. Alusplaadil teostatakse kokku 5 erinevat painet ning etteotsa keevitatakse nelikanttoru ristlõikega 20x20x2 mm (Sele 5.1).



Sele 5.1. Esimene lahendus- paintutatud raam

Teises lahendusena jäetakse alusplaadi materjaliks 3 mm, kuid keevitatakse eraldi vasak ja parem küljekaitse, esiootsa ristlõikega 20x2 mm ümartoru ning tahaotsa ristlõikega 20x2 mm nelikanttoru (Sele 5.2). Keevitatud osad on pikemas perspektiivis vastupidavamad, tugevamad ja töökindlamad. Antud juhul on otstarbekam kasutada keevitatud raami, sest lõpptulemusena on hinna ja kvaliteedi suhe rohkem paigas, kui 3 mm puhul. Täpsem keevitatud raami kirjeldus kajastub projekteerimise peatükis 6.2.

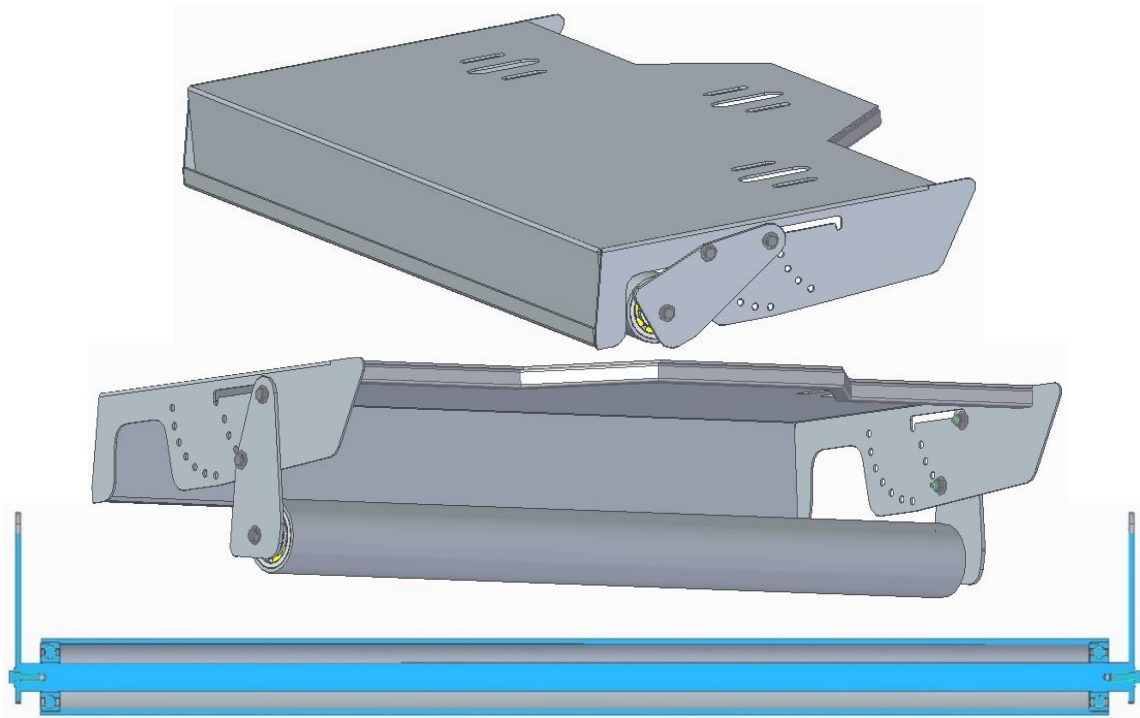


Sele 5.2. Teine lahendus- keevitatud raam

## 5.2 Lõikekõrguse reguleerimine

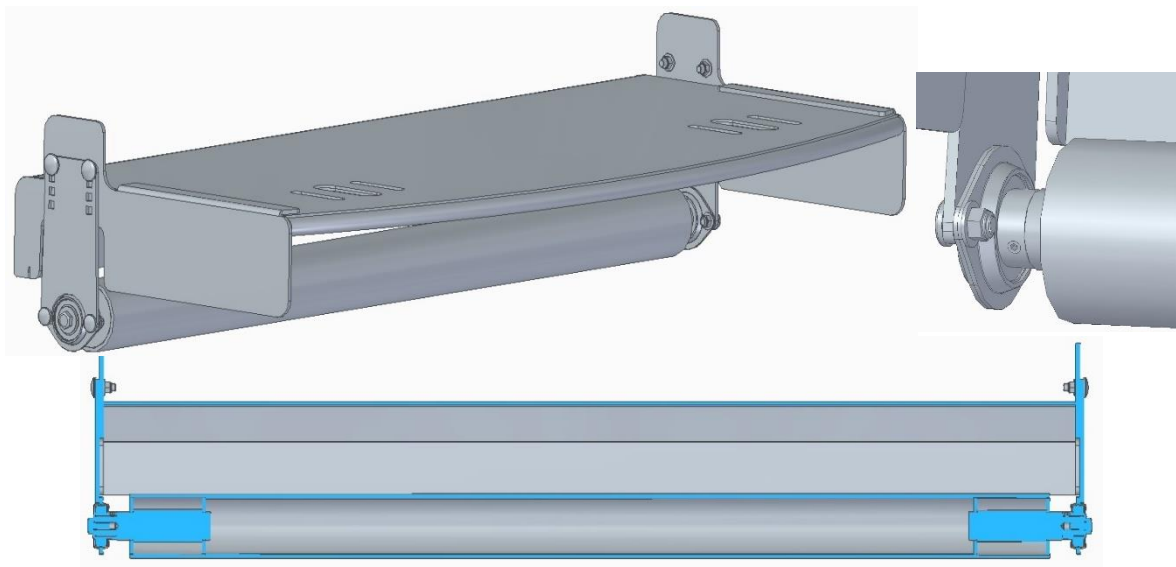
Oluline osa niiduki projekteerimisel on lõikekõrguse määramine, mis sõltub mitmest tegurist. Tuleb arvestada milline on niidetava ala tüüp ning mis võiks olla maksimaalne lõikesügavus, sest mida sügavamalt lõigata, seda võimsamat ülekannet vaja on. Samuti nõuete loetelus kajastub, et masina kasutamine toimub maastikusel alal, seega võib esineda palju erinevaid takistusi ning vajadusel peab operaatoril olema võimalikult kiire ja mugav määrata lõikekõrgust. Lõikesügavus peab olema reguleeritav kuni 90 mm tera lõikeservast, kuhu juurde arvestatakse ATV kliirents ning hinnanguline vedrustuse jäikus.

Esimese lahendusena valitakse lõikekõrguse reguleerimiseks niiduki alla alumiinium toru 80x5x1115 mm, mis on hästi lõiketöödeldav, korrosioonikindel ning kergekaaluline. Terastoru oleks vastupidavam ja tugevam, kuid pikema aja vältel hakkaks roostetama. Eskiisil on mõeldud treida alumiinium toru siseläbimõõd suuremaks, et oleks võimalik mõlemale poole sisse pressida välisläbimõõduga Ø72 mm laagrid. Kui on laagrid sisse pressitud, siis asetatakse terasvõll läbimõõduga Ø30 mm ühest otsast sisse ning viiakse kokku teisel pool sisse pressitud laagriga. Terasvõlli pikkus on 1157 mm, kuhu otstesse on keermestatud M8 avad, mis võimaldavad fikseerida võlli küljeplaadiga. Küljeplaati on võimalik nihutada süvendis ette ja taha asendisse ning määrata seal erinevaid kõrguseid, kasutades M8 polte ja nylock mutreid (Sele 5.3).



Sele 5.3. Esimene lahendus- torurull ja läbilõige

Teise lahendusena kasutatakse samade gabariitidega treitud toru, kuid laagrite sissepressimise asemel keevitatakse tsentreerimisvõllid koos tsentreerimisrõngastega torurulli külge (Sele 5.4). Tsentreerimisvõllide otsa asetatakse flantsidega laagrid, mis fikseeritakse võllile seadekruides ja otspinnast M8 poldiga. Omakorda flantsid kinnitatakse M8 puidupoltidega kinnitusplaatidele, mis võimaldavad muuta torurulli kõrgust raami suhtes ülesse ja alla. Võrreldes eelneva lahendusega on torurulli positsioone võimalik vähem muuta, kuid üldjoontes see ei muuda löikekõrguse muutmise funktsiooni. Valitakse antud lahendus, kuna tuleb soodsam, kasutajasõbralikum ja kompaktsem.

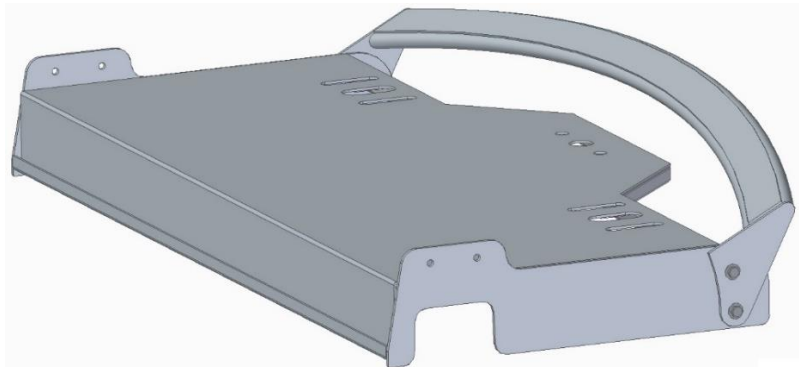


Sele 5.4. Teine lahendus- torurull, laager flantsidega ja läbilõige

### 5.3 Perimeetri kaitse

ATV võsaniidukil on ohutusnõuete all nõutud perimeetri kaitse, mille peamine eesmärk on tagada ohutus inimese ja ümbritsevale keskkonnale. Perimeetri kaitse puudumisel oleks inimesel suurem risk ennast vigastada, kuna pöörlevatele teradele oleks kergem ligi pääseda. Samuti perimeetri kaitse annab niidukiga opereerimisel kasutajale aimu, kui kaugel asub eesolev objekt, mida soovitakse lõigata. Esmalt mõeldakse, kuidas peaks eesolev perimeetri kaitse liikuma, sest kui masin läheb lõikesse, peab kaitse tõusma tööasendisse ning lõikuse lõpetamisel tagasi võtma algasendi (Sele 5.5). Kui kaitse on algasendis, siis terad ei tohiks niiduki gabariitmõõtmetest välja ulatuda, vastasel juhul ei oleks kaitsmisel mõtet.

Esimese lahendusena otsustatakse kasutada kahte painutatud toru, alusplaati, külgmisi plaate ning pukse. Perimeetri koost hakkab pöörlema ümber M10 nylock poldi ning mille liikumisteedkonda piirab puks, mis kinnitatakse raami külge M8 poldi ja nylock mutriga (Sele 5.6). Alusplaadina kasutatakse 3 mm paksust terast, külgmiste plaatidena 5 mm paksust ning ümartorusid ristlõikega 20x2 mm.

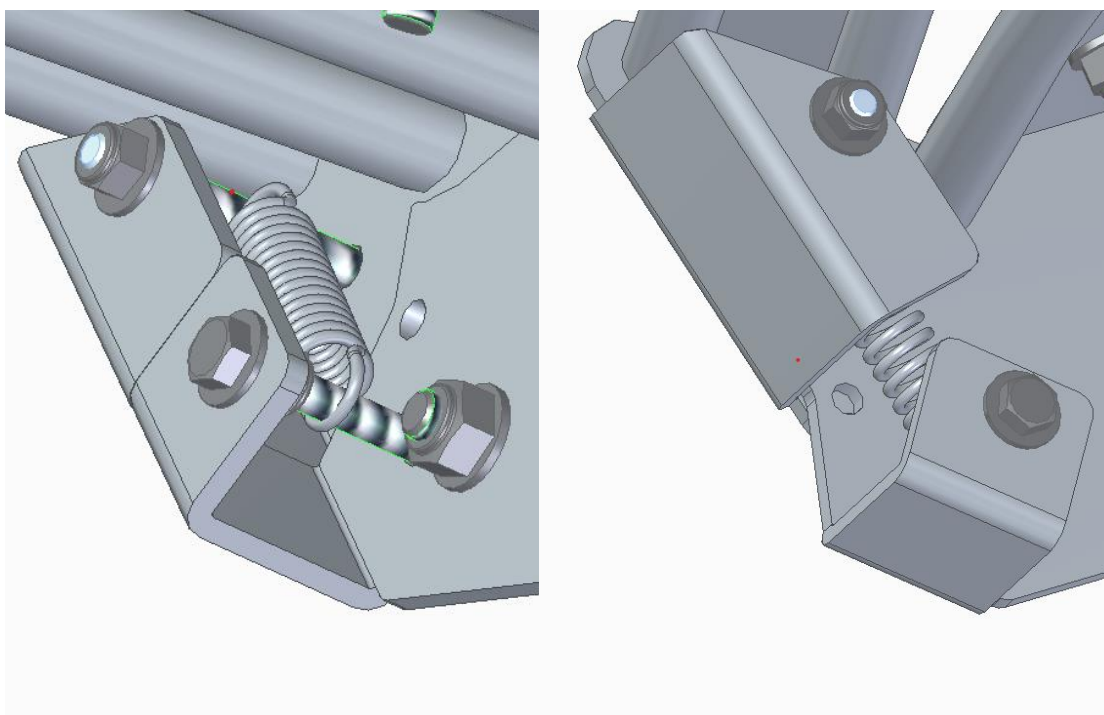


Sele 5.5. Perimeetri kaitse maksimaalses tööasendis



Sele 5.6. Esimene lahendus- puki liikumise teekond süvendis

Teise lahendusena arendatakse välja perimeetri kaitsmele vedrufunktsioon ning leitakse alternatiiv liikumistekonna piiramiseks, sest kui kasutaja peaks raami kõveraks sõitma, siis eelnevas lahenduses olev puks võib kõvera raami tõttu hakata kinni takerduma. Lisaks puksi tootmine nõuaks suuremaid kulusid, mis suurendaks lõpptoote hinda. Vedru juurde lisamine aitab absorbeerida lööke, vähendada vibratsiooni ning toetada löökkoormust. Vedru ümber projekteeritakse lisakaitse, kuna niitmisel tekkinud sodi võib sattuda vedru harude vahele, mis vähendaks vedru efektiivsust ja vastupidavust. Vedrukaitse lahendusega piiratakse ka perimeetri kaitse liikumistekonda, kus alg- ja lõppasend on raamiosade vastas. Antud lahendus on heade funktsionaalomadusega, mille toimimispõhimõtte tuuakse välja alljärgneval seel (Sele 5.7):



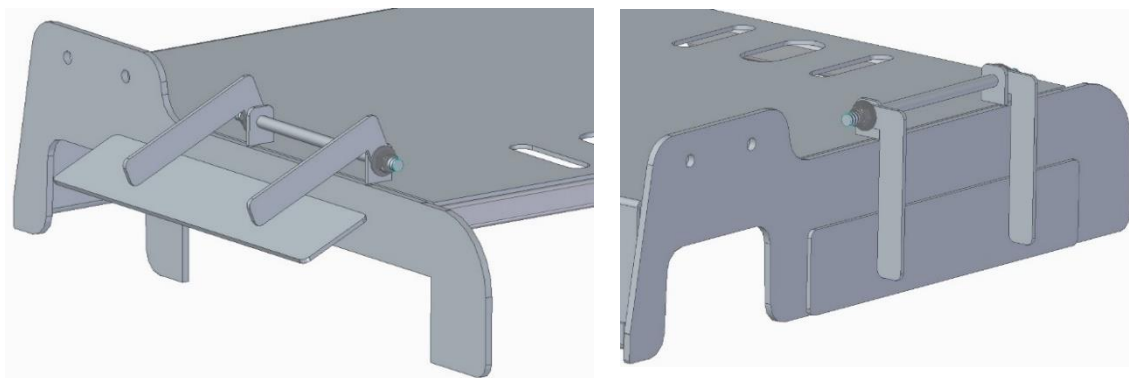
Sele 5.7. Teine lahendus- perimeetri kaitse alg- ja lõppasend

## 5.4 Sodi väljaviskaja

Hetkel maailmas toodetavatest niidukitest on välja arendatud niitmisel spetsiaalsed lisafunktsioonid, milleks on sodi multšimine, väljaviskamine ning kogumine. Tarbijate seas kasutatakse kõige rohkem küljepealt väljaviskamist, sest see on lihtne, odav ega koorma üldiselt masinat võrreldes teiste funktsioonidega. Multšimise peamine eelis on sodi mitte laiali viskamine, vaid see surutakse kasvava rohu sisse [9]. Antud juhul projekteeritakse võsaniidukit, seega ei niideta ainult rohtu, vaid ka kõrget heina, puid ning tugevat taimestikku. Sellises olukorras on mõistlik luua väljaviskeava, et vältida sodi kogunemist niiduki alla. Alla tekkinud sodi muudaks masina raskemaks, vähem efektiivsemaks ning suurendaks mootori koormust.

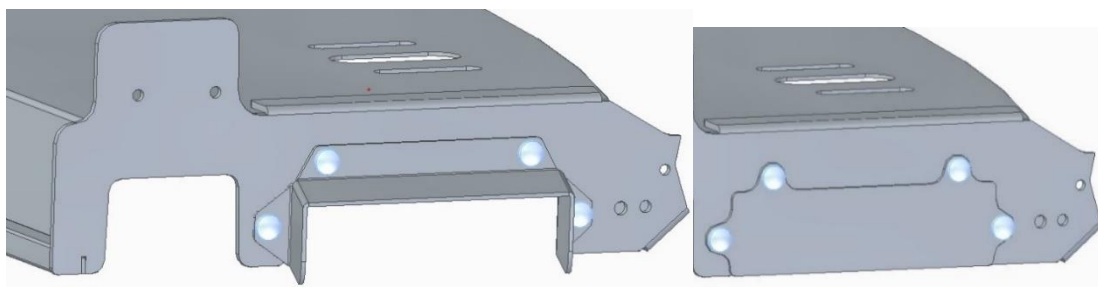
Esimese lahendusena tehakse eskiis, kus niiduki küljepeale lõigatakse ava ning seda katab katteplaat, mis raskusjõul langeb alati alla asendisse (

Sele 5.8). Kaitseplaadi külge on keevitatud 2 kõrva, mis kinnitatakse M8 nylock mutritega varda otstesse. Varras on eelnevalt lükatud läbi kahe niiduki raami peal asetseva keevitatud kõrva. Komponentide materjalina kasutatakse 3 mm paksust terast, mis vähendaks kogu niiduki massi ning oleks odav toota. Antud lahenduse puhul võib mure kohaks olla katteplaadi lahtine olek, mis võib töö käigus või transpordi ajal liikuma hakata ning pörgata pidevalt vastu raami. Ohutuse koha pealt on katteplaadi hea omadus see, et ta langeb raskusjõul tagasi, mis tähendab, et kasutajal poleks võimalik ennast sealt kaudu vigastada. Kui kasutaja soovib väljaviskeava avatuna hoida, siis ta saab katteplaadi raami peale pöörata, kuid avatuna hoides võib see ohustada ümbritsevat keskkonda.



Sele 5.8. Kaitseplaat ülemises ja alumises asendis

Teise lahendusena arendatakse välja lihtsam, odavam, ja mitmekülgsem lahendus, kus kasutajal oleks võimalus paigaldada väljaviskeavale nii katteplaat kui ka väljaviskesuunaja (Sele 5.9). Katteplaat ja väljaviskesuunaja on eraldi detailid, mida on kliendil võimalus paigaldada M8 puidupoltidega raami külge. Antud lahendus on kokkuvõtvalt parema kvaliteediga, töökindlam ning lihtsam toota. Samuti, kui kasutada väljaviskeava avatuna, siis väljaviskesuunaja aitab suunata sodi ja kive paremini kindlasse kohta, mis tekitab ümbritsevale keskkonnale vähem ohtu.



Sele 5.9. Väljaviskesuunaja ja katteplaat

## 5.5 Kontseptsioonide hindamine

Kontseptsioonide hindamist kasutatakse erinevate tootemaduste hindamiseks ja võrdlemiseks vastavalt kindlatele kriteeriumitele. Selline meetodika on vajalik, et leida kõige optimaalsem ning kõikide nõuetele vastav suund või lahendus. Hindamisel saab kindlaks teha, millised on ideede plussid ja miinused, mis omakorda aitavad viia lõpliku lahenduse valikuni. Nende lahenduste jõudmiseks loob autor tabeli, kus tuuakse välja eelnevalt loodud lahendused, kriteeriumid, hinnang ning lõplik punktisumma (Tabel 5.1). Skaala hindamisel ulatub 1-st kuni 5-ni, kus 5 on kõrgeim võimalik hinne ja 1 madalaim. Kontseptsioonide kriteeriumiteks valitakse visuaal, kvaliteet, töökindlus, tootmislihtsus ja hind.

Tabel 5.1 Hinnang lahendustele

Kriteeriumid	Alusplaat		Lõikekõrguse reguleerimine		Perimeetri kaitse		Sodi väljaviskaja	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Visuaal	4	5	4	5	4	5	3	4
Kvaliteet	3	4	2	5	2	5	3	5
Töökindlus	2	5	2	5	2	5	2	4
Tootmislihtsus	3	4	4	5	4	3	2	4
Hind	3	4	3	5	4	3	3	5
<b>Kokku</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>22</b>

Vastavalt saadud tulemustele on väljatöötatud teised lahendused saanud kõrgemad hinnangud kui esmased lahendused. Raami osas eelistatakse painutamise asemel keevitust ning selle tulemusena tõusevad ka kõikide kriteeriumite hinded. Lõikekõrguse reguleerimine on igas kategoorias maksimaalsete näitajatega, mis näitab et lahendus on soodsam, kasutajasõbralikum, kompaktsem ning funktsionaalsem. Perimeetri kaitsele on saavutatud kõrged tulemused visuaali, kvaliteedi ja töökindluse osas, kuid on langenud tootmislihtsus ja hind. Perimeetri kaitse valikul jääb olulisemateks faktoriteks töökindlus ja kvaliteet. Sodi väljaviskaja puhul on kõik kriteeriumid heade näitajatega ning erilist rolli mängib tootel lihtsus, maksumus ja mitmekülgus.

## 6. PROJEKTEERIMINE

Võsaniiduki projekteerimist alustatakse ideede analüüsimisega ja kogumisega, mis aitavad välja töötada esialgse niiduki kontseptsiooni. Eelnevalt tehakse turu-uuring ning saadakse klientide poolt informatsiooni, millised on nende vajadused ning soovid. Suurem osa klientuurist rääkisid, et turul toodetakse enamasti ATV-le tahakinnituvaid niidukeid, kuid etteotsa kinnituvatest niidukitest on tootevalik üsna väike.

Projekteerimise aluseks võetakse tabelis 3.1 olevad nõuded ja soovid, mille abil määratakse kindlaks toote tehnilised omadused ja tootmisprotsessi vajadused. Autori poolt loodud mudel koosneb 12-st keevis- ja 2-st koostamiskoostust, mis aitab luua selgema ülevaate toote struktuurist ja muudab mudeli paremini käsitsevaks. Valminud võsaniiduk ja 3D mudel tuuakse välja alljärgnevas seles (Sele 6.1):

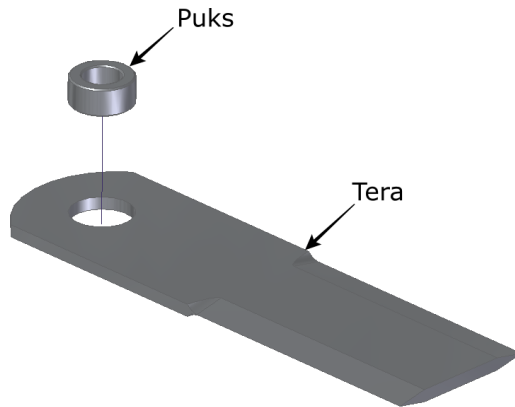


Sele 6.1. Võsaniiduk ja 3D mudel kinnitusraamiga

### 6.1 Lõiketerade kinnitamine

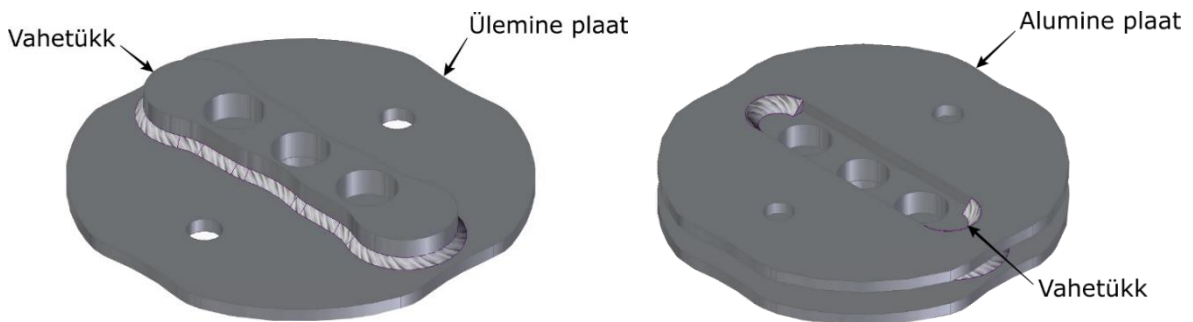
Toote modelleerimist alustatakse lõiketera sissejoonestamisest, kus nõuete loetelu alusel peab kasutatavad lõiketerad olema lendterad ning toode tuleb valida Saksamaa ettevõttest MWS Cutting Tools [10]. MWS Cutting Tools on kõrgelt hinnatud oma lõiketerade kvaliteedi, tarnetingimuste ja konkurentsivõimeliste hindade poolest. Väljavalitud lendterade gabariitmõõtmed on 175x50x4 mm, mis on valmistatud karastatud kroom-vanaadium terasest ning millele on lisatud volframkarbiid kate. Terve kooslus annab teradele suurepärase kulumis- ja korrosioonkindluse, mis suudab ära hoida deformatsiooni. Teradega tulevad kaasa puksid mõõtudega Ø20x12x9 mm, millega saab tagada kindla ja stabiilse paigalduse poltliite abil (Sele 6.2).



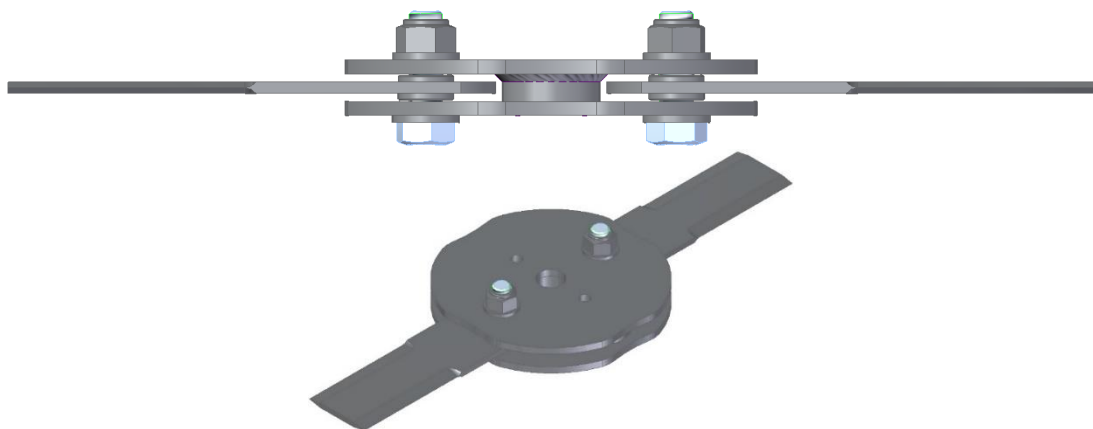


Sele 6.2. Lõiketera puksiga

Lendterade kinnitamiseks projekteeritakse 3 terahoidja keevist, kus igale hoidjale saab kinnitada 2 lõiketera. Keevis koosneb 3-st laserlõigatud komponendist: vahetükk, ülemine- ja alumine plaat, mille valmistamiseks kasutatakse terast. Ülemise- ja alumise plaadi gabariitmõõtmeteks on 148x148x5 mm ning vahetükil 132x35x10 mm. Keevis valmistatakse kindlas järjekorras, kus esimesena keevitatakse ülemine plaat ja vahetükk ning teisena vahetükk ja alumine plaat (Sele 6.3). Toote eluea pikendamiseks ja korrosiooni eest kaitsmiseks viiakse läbi galvaniseerimise protsess ettevõttes BNT Galva [11]. Tera kinnitamiseks hoidja külge kasutatakse M12x40 (DIN933) polte, Ø12/24 (DIN125) seibe ning M12 nylock muterid (DIN985) (Sele 6.4). Autori poolt valitud lahendus tagab soovitud kvaliteedi ning võimaldab hoida tootmiskulusid madalal.



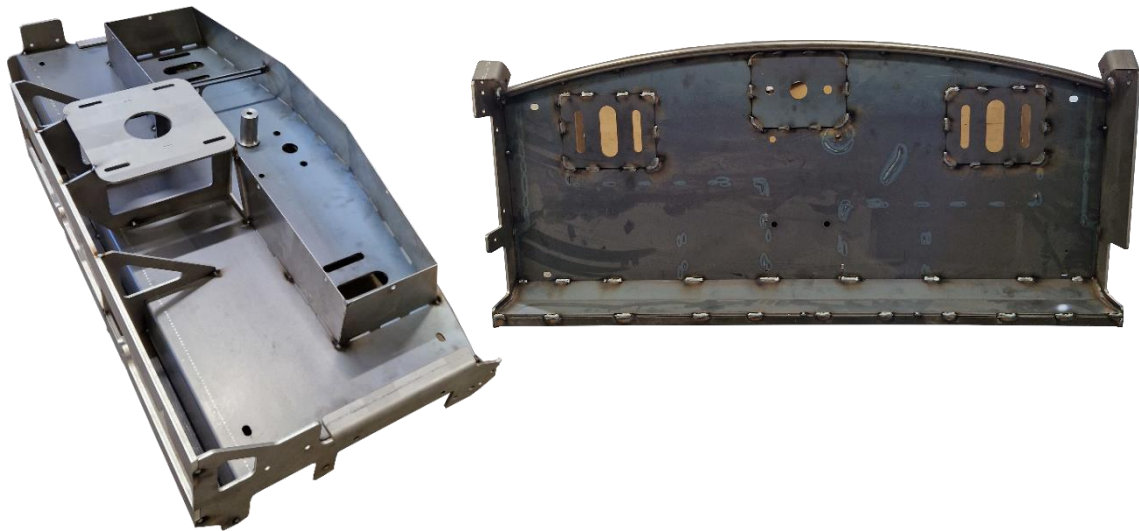
Sele 6.3. Terahoidja keevis



Sele 6.4. Koostatud terahoidja

## 6.2 Alusraami konstruktsioon

Alusraam on oluline osa tervest võsaniiduki projektist, kuhu kinnituvad kõik toote komponendid. Alusraami projekteerimisel jälgitakse, et oleks tagatud seadmele suurepärase stabiilsus ning tugev struktuur. Tugeva ja jäiga struktuuri loomiseks otsustatakse teha terasest keeviskonstruktsioon, mis koosneb 16-st erinevast detailist ning ühest alam-keeviskoostust (Sele 6.5).



Sele 6.5. Punktitud ja keevitatud alusraami konstruktsioon

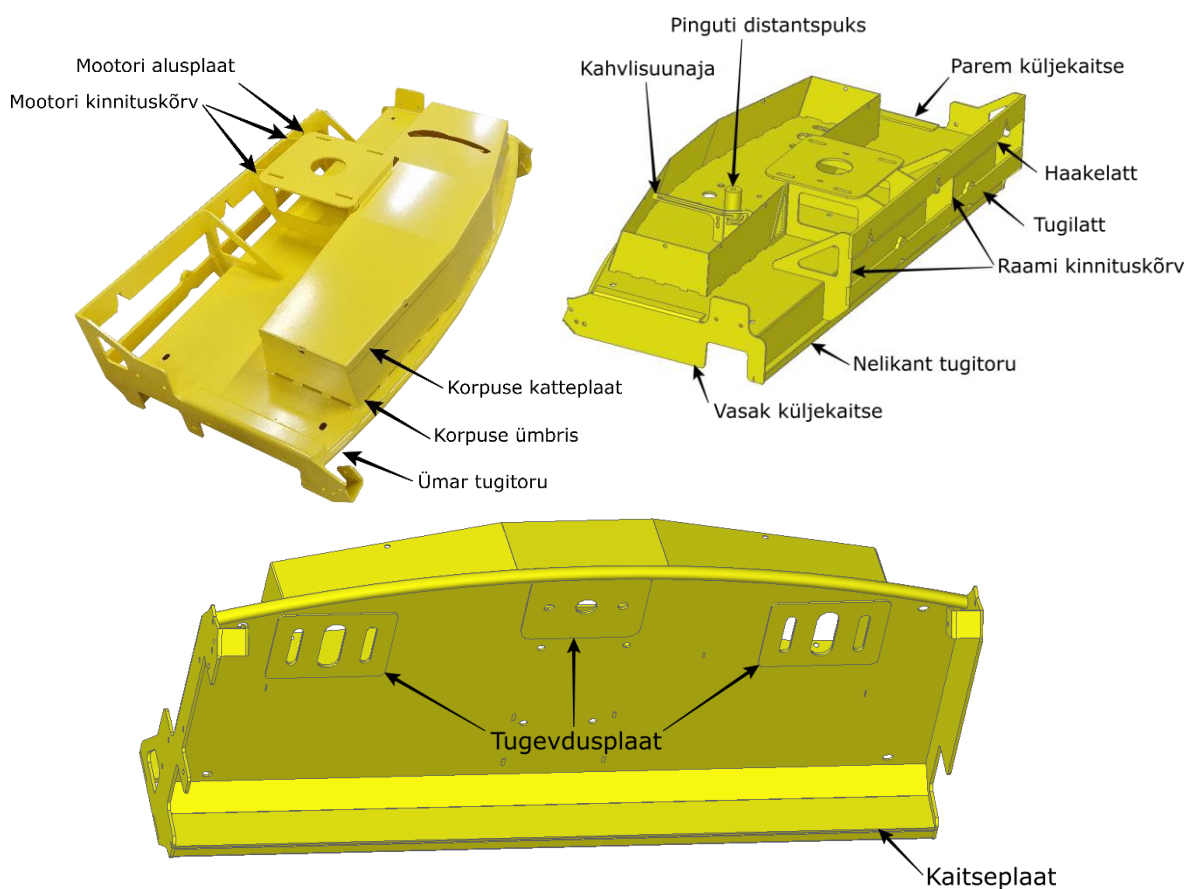
Raami alusplaadi valik tehti peatükis 5.1, kus otsustati 3 mm paksune alusplaat teha ühe paindega ning külgedele keevitada 5 mm paksused küljekaitsmed. Parema- ja vasaku küljekaitsmele laserlõigatakse avad, kuhu saab kinnitada löikekõrguse reguleerimiseks torurulli kinnitusplaadid ning perimeetri kaitse tõsteplaadid. Lisaks parema küljekaitsme külge on võimalik kinnitada katteplaat või väljaviskesuunaja, mis aitab suunata lõikuse ajal sodi niidukist eemale. Raami stabiilsuse ja jäikuse tagamiseks keevitatakse etteotsa 1205 mm pikkune 20x2 mm ristlõikega painutatud toru ning tahaotsa samade parameetritega nelikanttoru. Alusraami konstruktsiooni gabariitmõõtmed on 1215x595x269 mm.

Niiduki haakimiseks keevitatakse alusplaadi külge 229x198x5 mm raami kinnituskõrvad, kuhu omakorda keevitatakse haakelatt gabariitmõõtmetega 872x60x8 mm ning tugilatt 872x65x8 mm. Haakimise funktsioonist ja kinnitusraamist räägitakse lähemalt peatükis 6.8.

Tootmisprotsessi lihtsustamiseks on eraldi projekteeritud mootori plaadi keeviskoost gabariitmõõtmetega 326x300x158 mm, kus keevitatakse kokku mootori alusplaat ja mootori kõrvad. Alam-keeviskoostu keevitamine on vajalik, sest vastasel juhul oleks hiljem mootoriplaadi keevitamine raskendatud.

Raami pealtpoolt viimaste detailidena keevitatakse korpuse ümbrise plaadid, kahvlisuunaja ning pinguti distantspuks. Kahvlisuunaja ja pinguti distantspuksi funktsioonidest räägitakse lähemalt jõuülekanne peatükis 6.3. Korpuse ümbrise plaadid keevitatakse 1,5 mm paksusest lehtmestallist, kuhu lõigatakse Ø9 mm avad M6x13,5 tõmbemutrite kinnitamiseks. Tõmbemutrid võimaldavad korpuse katteplaati lihtsasti ja mugavalt koostada.

Keeviskoostu altpoolt toimub kaitseplaadi ning tugevdusplaadi keevitamine. Kaitseplaati gabariitmõõtmed on 1205x110x3 mm ja tugevdusplaatide mõõtmed 190x150x3 mm. Kaitseplaat tehakse ühe paindega, mis võimaldab suunata eemale erinevaid objekte ning kaitseb raami alumist osa. Tugevdusplaadid kinnitatakse laagrite toetuspindadele, vähendades seeläbi laagritele mõjuvat koormust ning tagades ka kindlama ja turvalisema kinnitusviisi. Laserlõigatud detailid tellitakse Ferresto Laserist, painutatud toru Danival MW-st ning ülejäänud tootmisprotsessid teostatakse majasiseselt [12], [13]. Peale keevitamist toimub koostu pulbervärvimine, mis annab tootele vastupidavust, suurendab kulumiskindlust ning parandab toote välisilmet. Järgneval tuuakse välja seel keeviskoostu komponendid (Sele 6.6):



Sele 6.6. Pulbervärvitud keeviskoost ja 3D mudelid

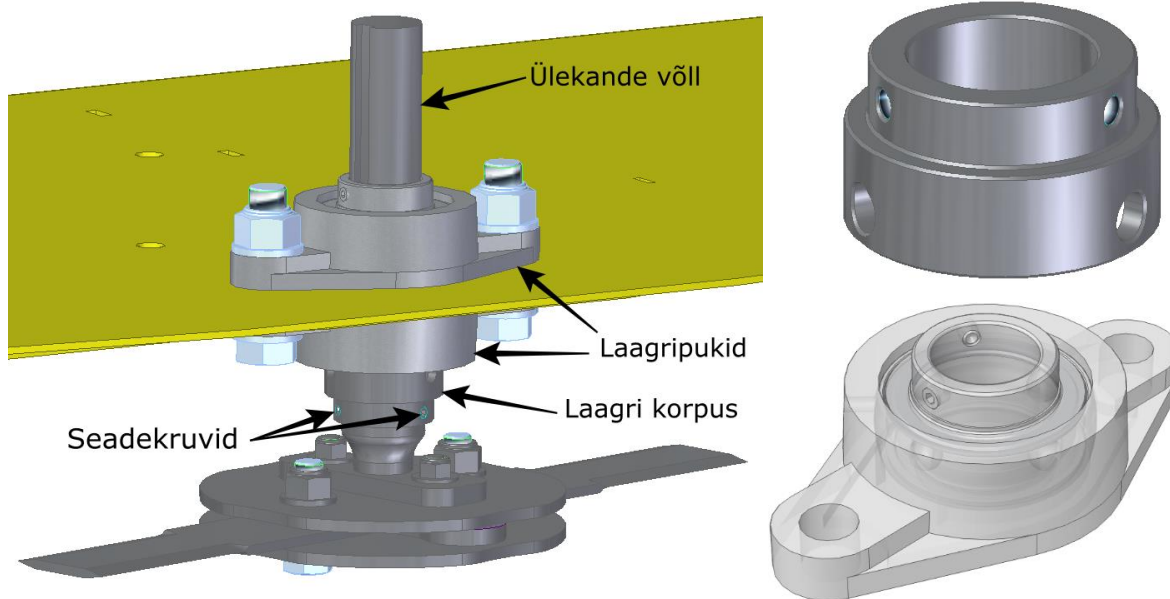
### 6.3 Jõuülekanne

Jõuülekande eesmärk on üle kanda mootorist tulev pöördemoment ülekandevõllidele, mille abil pannakse terahoidjate küljes olevad terad pöörlema. Terade pöörlemiseks projekteeritakse kolm võlli, kus üks on pikem ning kaks lühemad. Võllidele keevitatakse terade hoidiku plaat, mille abil saab terahoidjad kinnitada võllide külge. Gabariitmõõtmed terade hoidikul on 100x35x8 mm, lühikestel võllidel 188x35 mm ning pikal võllil 221x35 mm. Laserlõigatud detailid tulevad ettevõttest Ferresto Laser ning treitud detailid LRD Metall-ist [14]. Terahoidjate fikseerimiseks võllide külge kasutatakse M8x25 (DIN933) polte, Ø8/20 (SFS3738) seibe ning M8 nylock mutreid (DIN985) (Sele 6.7). Ülekandevõllide keevistele rakendatakse samuti galvaniseerimise protsess nagu ka terahoidjate keevistele.



Sele 6.7. Ülekandevõlli keevis ja terahoidjate koostud

Tagada võllidele sujuv ja vastupidav pöörlemine, kasutatakse ettevõttes laialt kasutuses olevaid Ø30 mm UCFL-206 laagripukke, mis tagavad suurepärase hinna ja kvaliteedi suhte [15]. Kuna võllid hakkavad saama niitmise ajal suurt koormust, otsustas autor igale võllile rakendada kaks UCFL-206 laagripukki. Laagripukid kinnitatakse üksteisega omavahel raami külge, kus kasutatakse M16x65 (DIN933) polte, Ø16/30 (DIN125) seibe ning M16 nylock mutreid (DIN985). Tööpiirkonna poolsed laagripukid kaetakse korpusega, mis hoiavad ära mustuse kogunemise laagrisse ning omakorda kaitsevad võlli väliste löökide eest. Laagri korpus treitakse terasest ettevõttes LRD Metall, korpuse gabariitmõõtmed on Ø50x28,5 mm ning pinnakattena lisatakse tsingikiht. Laagri korpusesse treitakse kokku 4 ava, kus kahest avast kinnitatakse laager võlli külge ning teisel fikseeritakse M6x6 mm seadekruides laagri korpus võlli külge (Sele 6.8).



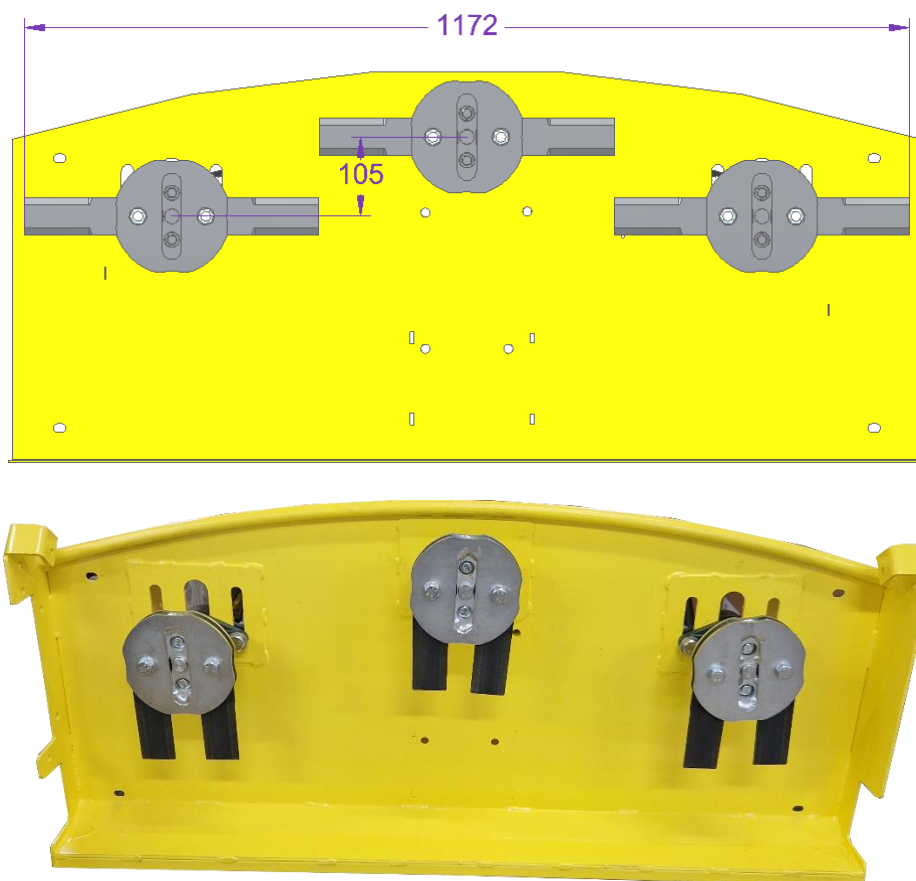
Sele 6.8. Koostatud võll, korpus ja laagripukk

Jõu ülekandmiseks võllidele valitakse Briggs & Stratton-i 3125EX sise põlemismootor [16]. Briggs & Stratton-i mootoreid kasutatakse laialdaselt ka teistel toodetel, sest nende poolt tagatakse hea kvaliteet, odavad hinnad ning kiire tarneaeg. Valitud mootori maksimaalne võimsus on 9,2 kW, kogumaht 344 cm<sup>3</sup> ning kütusemahutavus 2,6 l. Mootori võllilt edastatakse pöördemoment 1:1 ülekandega ülekandevõllidele SPZ80-1210 rihmrataste ning XPZ kiilrihmade abil [17], [18]. Rihmrataste kinnitamiseks võllidele kasutatakse Ø30 TLB1210-30MM-SS ja Ø25,4 TLB1210-1.0000-SS koonuspukse [19]. Koonuspüksid ja võllid ühendatakse omavahel 8x7 mm liistuterasega. Liistuterasa materjal tellitakse Alas-kuulist [20] ning ettevõtte siseselt saetakse liistud soovitud pikkusesse. Pikemale võllile saetakse pikem liist, kuna sinna kinnitatakse kokku kaks rihmratast. Ülemine rihmratas võtab mootori võllilt tulevat momenti kahe 900 mm pikkuse kiilrihmaga ning alumine kannab momenti edasi lähematele võllidele 1060 mm pikkuste rihmadega (Sele 6.9).



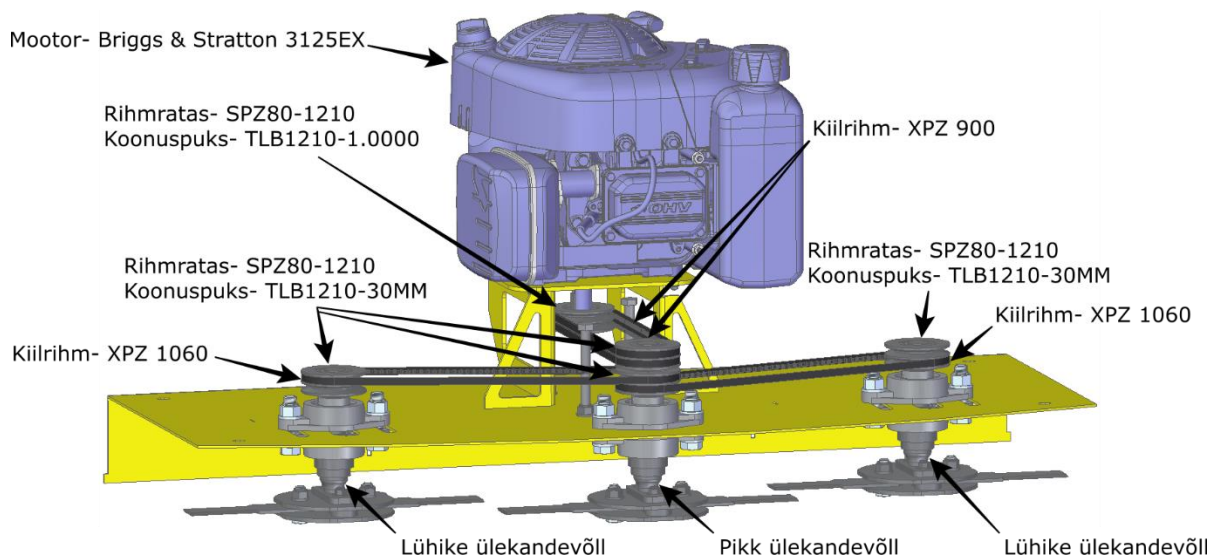
Sele 6.9. Jõuülekandega seotud komponendid

Rihmade pikkused määratakse völlide ja mootori asetusest, mis omakorda sõltub lõiketerade paiknemisest terahoidjas. Terahoidjad, lõiketerad ja völlid positioneeritakse mudelis ning jälgitakse, et terad ei hakkaks käima tööasendis üksteise vastu. Terade maksimaalseks lõikelaiuseks määratakse 1172 mm, mis vastab nõuete loetelus kehtestatud piirangutele. Keskmine terade koost fikseeritakse keskele ning tema tsentri kaugus jääb teistest völlidest 105 mm kaugusele, sest siis saab operaator lõikusesse minnes valida, millist osa võsast ta soovib lõigata (Sele 6.10).



Sele 6.10. Terade 3D mudel ja koostatud terad

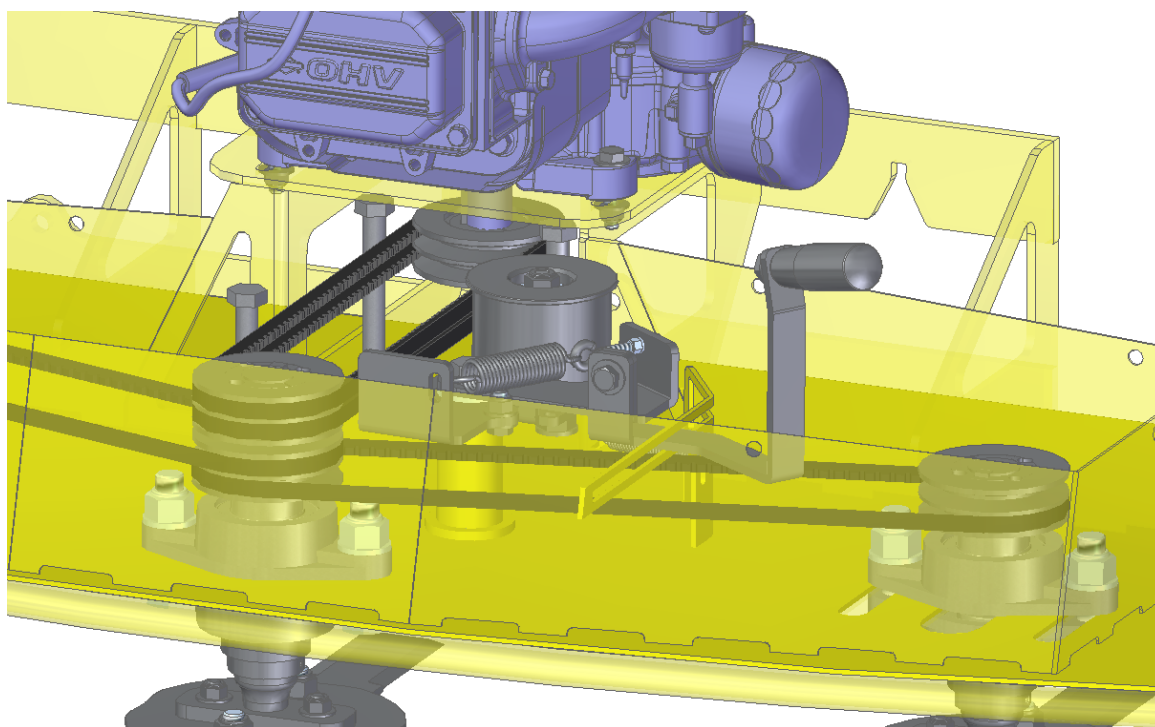
Kuna völlid asuvad terahoidjate tsentris, siis völlide tsentri kauguste järgi saadakse teada, millised peavad olema kiilrihmade pikkused. Rihma pikkuste arvutamiseks kasutatakse rihmakalkulaatorit, kus määratakse rihmrataste läbimõõt ning völli tsentrite kaugused [21]. Rihmade valik tehakse ettevõtte Memi kataloogist, kus valitakse rihmadeks XPZ 1060 ja XPZ 900, mis sobivad hästi kasutuses olevatele rihmratastele [22]. Rihma pingsuse reguleerimiseks saab nihutada lühemaid ülekandevõlle ning mootorit süvendites, samal ajal pikk ülekandevõll on fikseeritud. XPZ 900 kiilrihmade ümber asetsevad M12x130 (DIN931) poldid, mis aitavad kaasa selle, et kui peatatakse jõuülekanne, siis rihmadel poleks võimalik rihmrataste pealt maha joosta. Jõuülekanne komponentidest tuuakse täpsem ülevaade järgnevas seles (Sele 6.11):



Sele 6.11. Mootor, rihmrattad, koonuspuksid ja kiilrihmad

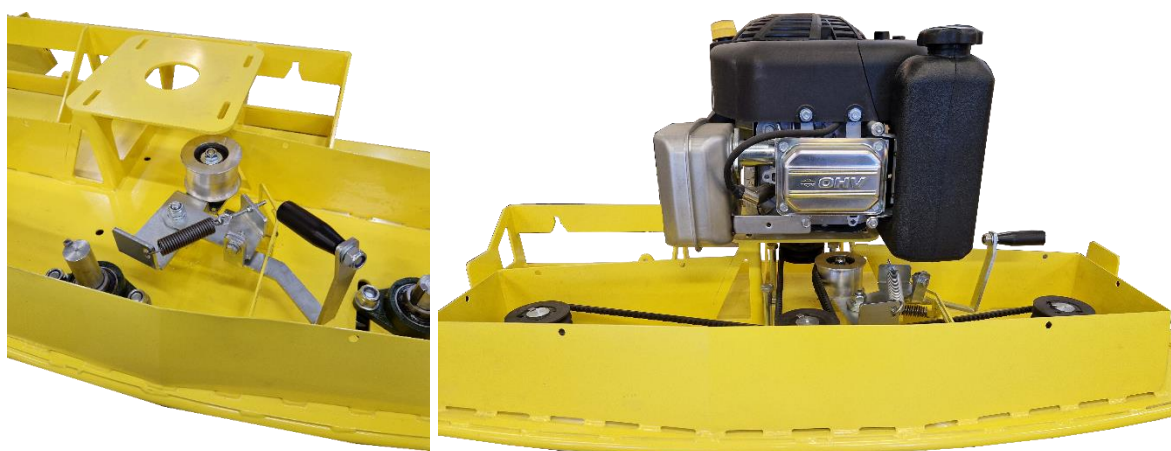
## 6.4 Sidur

Siduri eesmärk on peatada jõuülekanne ülekandevõlli ja mootori võlli vahel ning tagada sujuv ja ohutu käivitamine. Kooskõlas nõuete loeteluga projekteeritakse manuaalne sidur selliselt, et kui liigutatakse hoob fikseeritud asendisse, siis pingutusrullik pingutab rihma ning hakkab toimuma jõuülekanne mootori võllilt pikale ülekandevõllile. Siduri valmistamiseks kasutatakse laserlõigatud alusplaati, kahvlit, kahvlisuunajat, hooba, käepidet, treitud distantspukse, pingutusrullikult, vedrusid ning erinevaid kinnitusvahendeid (Sele 6.12).



Sele 6.12. Manuaalne sidur

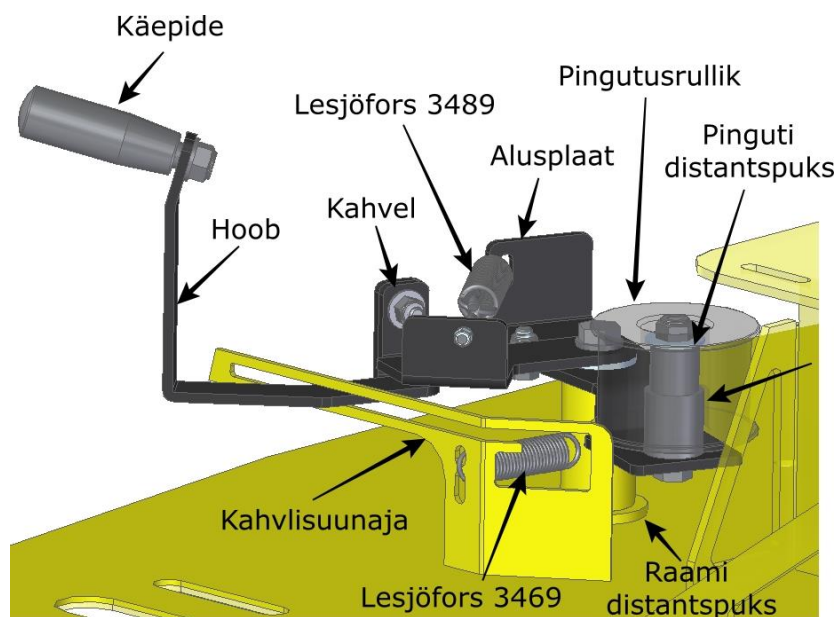
Hoob ja kahvel kinnitatakse omavahel poltliite abil, kus kasutatakse M8x25 (DIN933) polti, Ø8/20 (SFS3738) seibe ning M8 Nylock mutreid (DIN985), mis võimaldavad hooba liigutada kahvlisuunaja abil fikseeritud asendisse. Hoova külge valitakse M10 keermega käepide, mis valitakse välja Artiumist [23]. Omakorda ühendatakse kahvel ja alusplaat, mis kinnitatakse keevitatud niiduki raami distantsipuksi külge, kasutades M12x110 polti (DIN931), Ø12/37 (DIN9021) seibe ning M12 nylock mutrit (DIN985). Pingutusrulliku alusplaadi külge fikseeritakse pingutusrullik, kus kasutatakse 56,5 mm pikkust Ø30 mm rulliku distantspuksi, M10x75 (DIN931) polti, Ø10/30 mm (DIN9021) ja Ø10/20 mm (DIN125) seibe. Pingutusrulliku distantspuks projekteeritakse sellise pikkusega, et rullik oleks positioneeritud XPZ 900 rihmade keskele (Sele 6.13). Pingutusrullik valitakse eelnevalt ettevõttes kasutusel olevatest rullikutest, mida kasutatakse ka teistel toodetel.



Sele 6.13. Sidur koostatud kujul

Terve mehhanismi toimimiseks kasutatakse kahte Lesjöfors-i tõmbevedru tootekoodidega 3498 ja 3469, mis aitavad rakendada tagasitõmbavat jõudu [24]. Parameetritega 2x18x70 mm 3469 tõmbevedru eesmärk on see, et kui hoob liigutatakse neutraalsesse asendisse, siis vedru tõmbab terve liikuva mehhanismi tagasi algasendi ning ülekannet peatatakse. Vedru ühes otsas olev aas kinnitatakse kahvlisuunajale ning teine alusplaadile. Tõmbevedru 3498 parameetrid on 2,5x20x80 mm, mille ülesanne on aidata kaasa rihmade pingutamisel. Kui mehhanismi liigutades pingutusrullik läheb kontakti rihmadega, siis hakkab füüsiliselt vedru sinna poole tõmbama, kus suunast tõmmatakse hoova. Seega peab olema vedru olemas sellises pinges, kus operaator suudaks fikseerida hoova ning samal ajal oleks ka pingutusrullik piisavalt rihmade vastas. Vedru üks pool kinnitatakse alusplaadi külge ning teine pool asetatakse läbi M5x40 silmuspoldi. Silmuspoldiga on võimalik reguleerida vedru eelpingsust, kus kasutatakse kontrana M5 mutrit (DIN934) ning fikseerimiseks M5 nylock mutrit (DIN985). Siduri komponendid tuuakse välja alljärgneval seel (Sele 6.14):



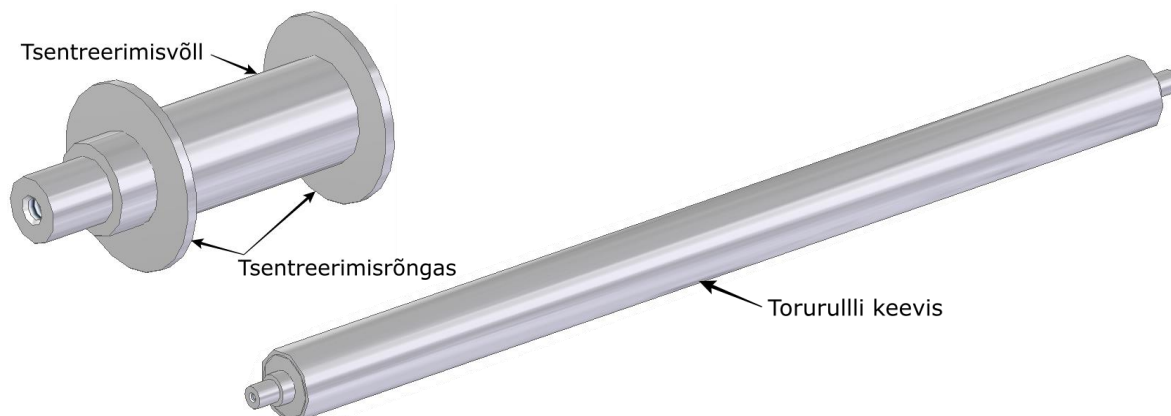


Sele 6.14. Siduri komponendid

## 6.5 Torurulliga lõikekõrguse reguleerimine

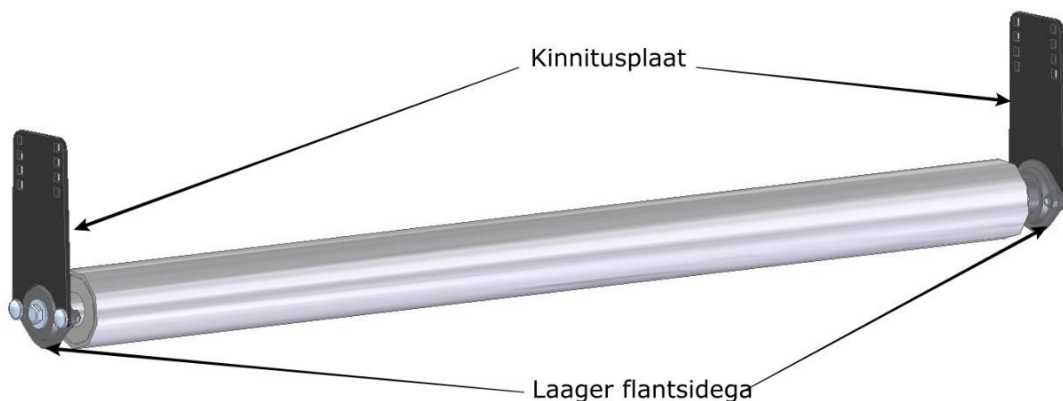
Lõikekõrguse reguleerimiseks valitakse torurulli lahendus, mis võimaldab lihtsalt ja täpselt määrata lõikekõrgust niidetava platsi suhtes. Nõuete loetelus tuuakse välja, et maksimaalne lõikesügavus võib olla 90 mm, kuhu otsa liidetakse kliirents ning vedrustuse jäikus. Lõikekõrguse reguleerimiseks kasutatakse erinevaid komponente, milleks on torurulli keeviskoost, laagrid ning kinnitusplaat.

Projekteerimise käigus valitakse torurulli materjaliks ristlõikega 80x5 mm EN 6060 T6 alumiiniumtoru, mille kogupikkus on 1140 mm. Alumiiniumtoru sisse keevitatakse alumiiniumist tsentreerimisvõllid, mille gabariitmõõtmeteks on  $\text{Ø}40 \times 143$  mm. Tsentreerimisvõllile treitakse astmed, kuhu keevitatakse omakorda  $\text{Ø}70$  mm tsentreerimisrõngad, mis võimaldavad tsentreerimisvõlli torurulli sisse paremini positioneerida. Torurulli keevis tuuakse välja alljärgneval seel (Sele 6.15):



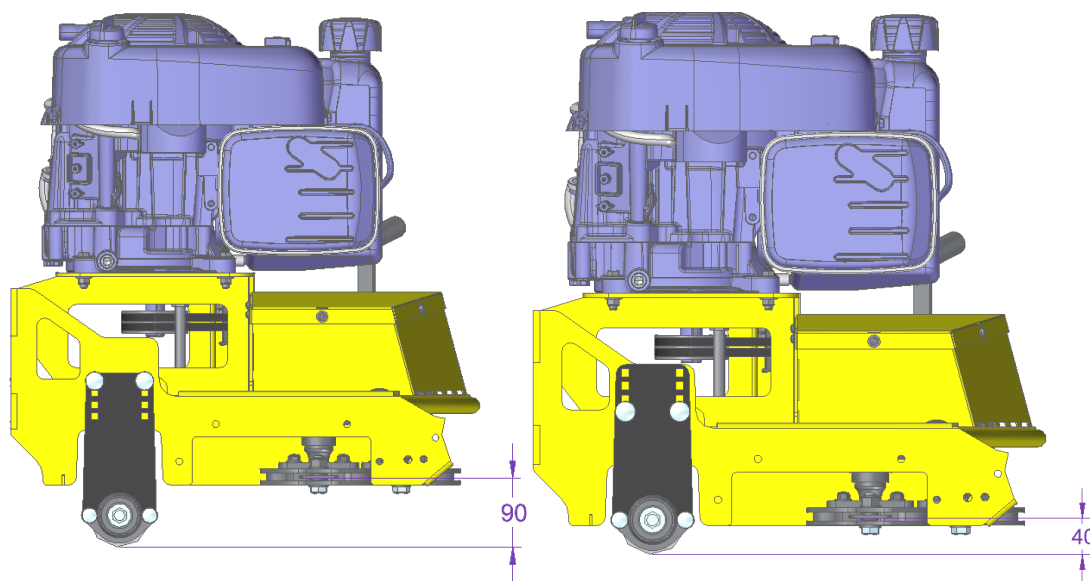
Sele 6.15. Torurulli keevis

Tsentreerimisvõllidele paigaldatakse Ø25 laagrid, mis fikseeritakse võlli külge seadekruvidega ning otspinnast M10x20 poltidega (DIN933) (Sele 6.16). Laager kinnitatakse flantside abil kinnitusplaadi külge, kus kasutatakse M8x20 puidupolte (DIN603), Ø8/20 (SFS3738) seibe ning M8 nylock mutreid (DIN985). Kinnitusplaadi gabariitmõõtmed on 190x93x5 mm, materjal teras ning pinnad pulbervärvitud.



Sele 6.16. Koostatud torurull ja laagrid flantsidega

Lõikekõrguse reguleerimiseks kinnitatakse kinnitusplaadid niiduki küljekaitsete külge, kus kasutatakse M8x25 puidupolte (DIN603), Ø8/20 mm (SFS3738) seibe ning M8 nylock mutreid (DIN985). Lõikekõrguste maksimaalne ja minimaalne asend tuuakse välja järgneval seel (Sele 6.17):

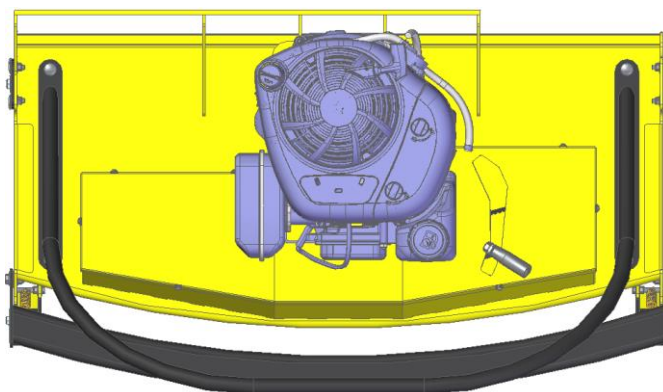


Sele 6.17. Torurulli maksimaalne ja minimaalne asend

## 6.6 Perimeetri kaitse ja toruraam

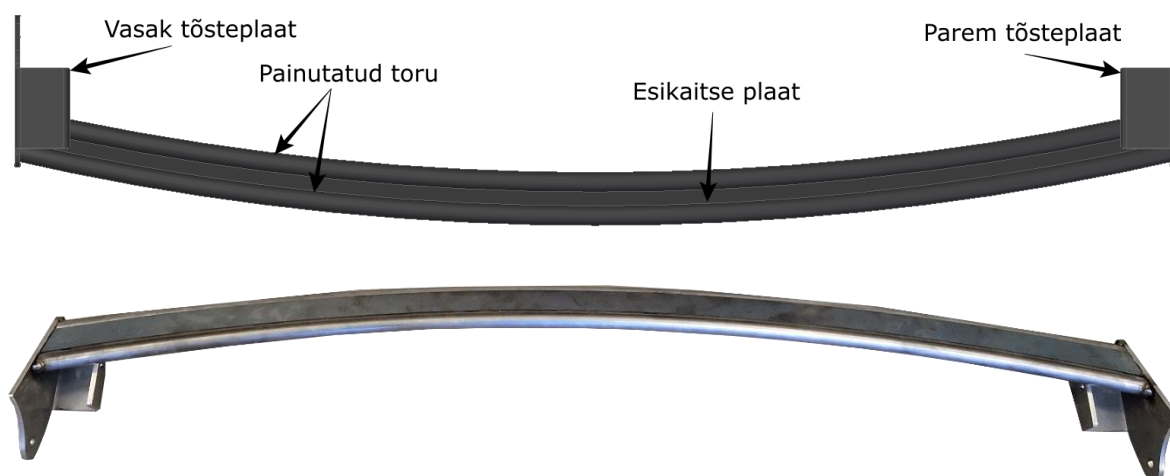
Võsaniidukile projekteeritakse perimeetri kaitse ja toruraam, mis aitavad tagada ohutust inimesele ning säilitavad seadme terviklikkust. Perimeetri kaitse ja toruraam on mõlemad terasest keeviskoostud, mis kinnitatakse pottliidete abil raami ja küljekaitsete külge. Perimeetri kaitse tööpõhimõte seisneb selles, kus esmalt

sõidetakse kaitsmega vastu lõigatavat objekti, edasi liikudes hakkab kaitse üles tõusma ning seejärel lõiketerad saavad kokku puutuda lõigatava objektiga. Kui objekt on lõigatud, langeb perimeetri kaitse raskusjõul uuesti alla ning tekkivat löökkoormust absorbeerib vedru. Ohutuse kohapealt on oluline toruraami olemus, mis fikseeritakse statsionaarselt alusraami külge ning see ulatub perimeetri kaitsme algasendiga samale joonele (Sele 6.18). Toruraami ülesanne on suunata lõigatavaid objekte niidukist ja operaatorist eemale, mis kokkuvõttes tagab ohutu töökeskkonna.



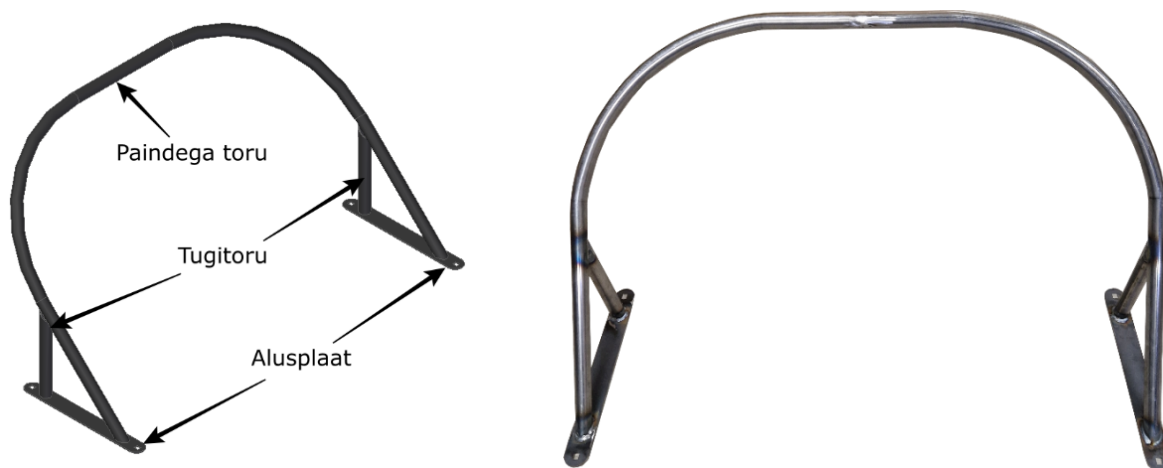
Sele 6.18. Toruraami ja perimeetri kaitse asetus pealtvaates

Perimeetri kaitse keevitatakse kokku 5 detailist, mille keevises on 2 esikaitse toru, vasak- ja parem tõsteplaat ning esikaitse plaat (Sele 6.19). Esikaitse torud on 1221 mm pikkused, ristlõikega 20x2 mm painutatud ümartorud, mis keevitatakse esikaitse plaadi külge, mille gabariitmõõtmed on 1221x135x3 mm. Vasak- ja parem tõsteplaat laserlõigatakse 5 mm paksusest S235 materjalist, mis keevitatakse omakorda painutatud ümartorude külge. Painutatud ümartorud tellitakse ettevõttest Danival MW, laserlõigatud detailid Ferresto Laserist ning painutamine, keevitamine ja pulbervärvimine toimub majasiseselt.



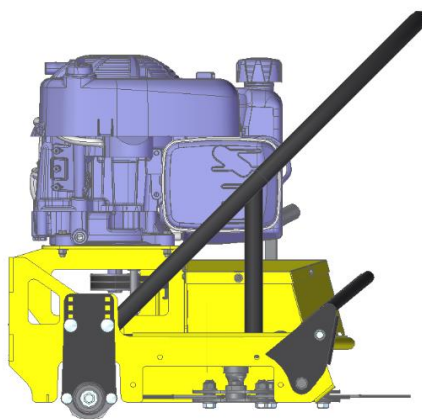
Sele 6.19. 3D mudel ja perimeetri kaitse keevis

Toruraami keevis koosneb paindega torust, 2-st tugitorust ja 2-st alusplaadist, kus materjalina kasutatakse terast (Sele 6.20). Paindega toru ja tugitorud on 30x2 mm ristlõikega ümartorud, kus painutatud torul on gabariitmõõtmeks 1110x795 mm. Tugitorude pikkuseks on 255 mm, mille toru üks ots lõigatakse 45° nurga alla, vajadusel keevitajad modifitseerivad toru, mis võimaldavad paremini tugitoru painutatud toru külge keevitada. Keevitatud toruraam pulbervärvitakse majasiseselt. Alusplaadina kasutatakse gabariitmõõtmega 395x45x3 mm, kuhu sisse on laserlõigatud puidupoltide avad ning tugitoru positsioneerimise ava.



Sele 6.20. Toruraami keevise 3D mudel ja keevitatud toruraam

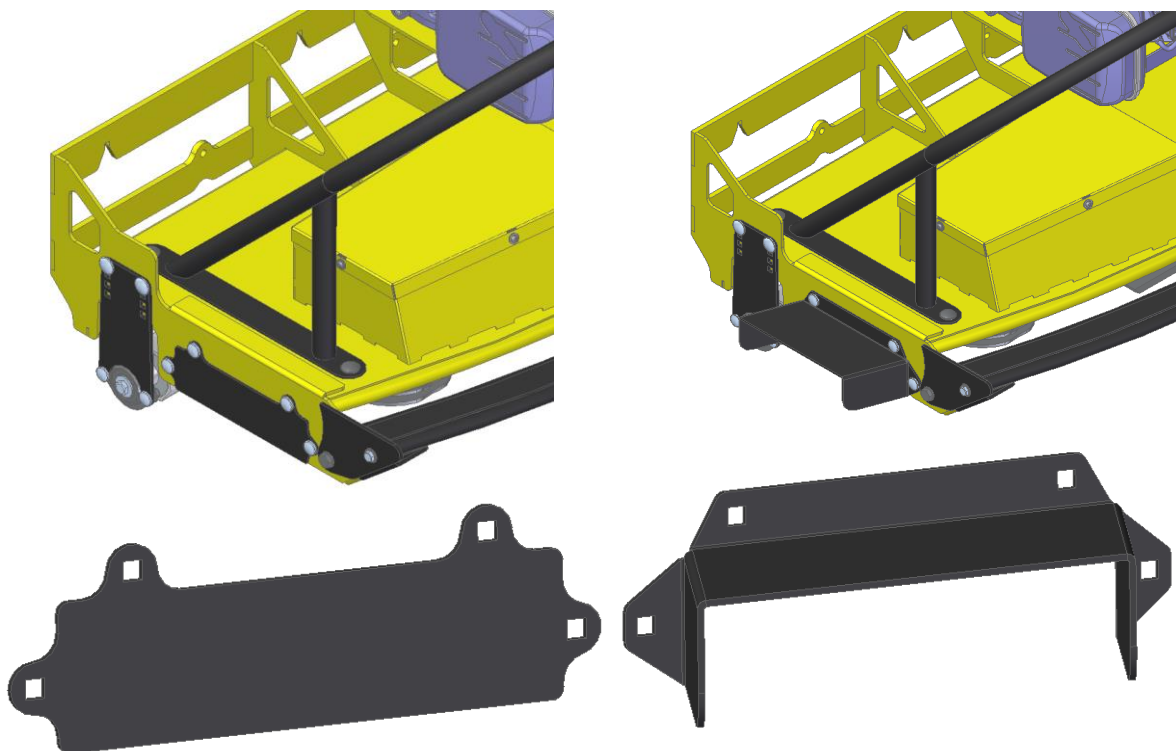
Tõsteplaatidel on laserlõigatud avad, millega kinnitatakse poldid raami külge ning samuti mõõtudega 2,5x18x63 mm Lesjöfors-i tõmbevedrud [24]. Tõsteplaadid hakkavad liikuma ümber M10x30 (DIN933) poldi telje, kus kasutatakse Ø10/20 seibe (DIN125) ja M10 nylock mutreid (DIN985). Vedru üks aas kinnitatakse tõsteplaadi külge poldidega M8x70 (DIN933), kus lisatakse Ø8/20 (SFS3738) seibid ning M8 nylock mutrid (DIN985). Teine vedru pool kinnitatakse M8x50 (DIN933) poldidega raami küljekaitsme külge, kus kasutatakse samuti Ø8/20 seibe ja M8 nylock mutreid. Toruraami keevis fikseeritakse niiduki alusplaadi külge M10x25 puidupoltidega (DIN603), Ø10/20 seibidega (DIN125) ja M10 nylock mutritega (DIN985). Järgneval seel on näidatud perimeetri kaitse maksimaalne tööasend ning löiketera paiknevus (Sele 6.21):



Sele 6.21. Perimeetri kaitse maksimaalne tööasend

## 6.7 Väljaviskesuunaja ja katteplaat

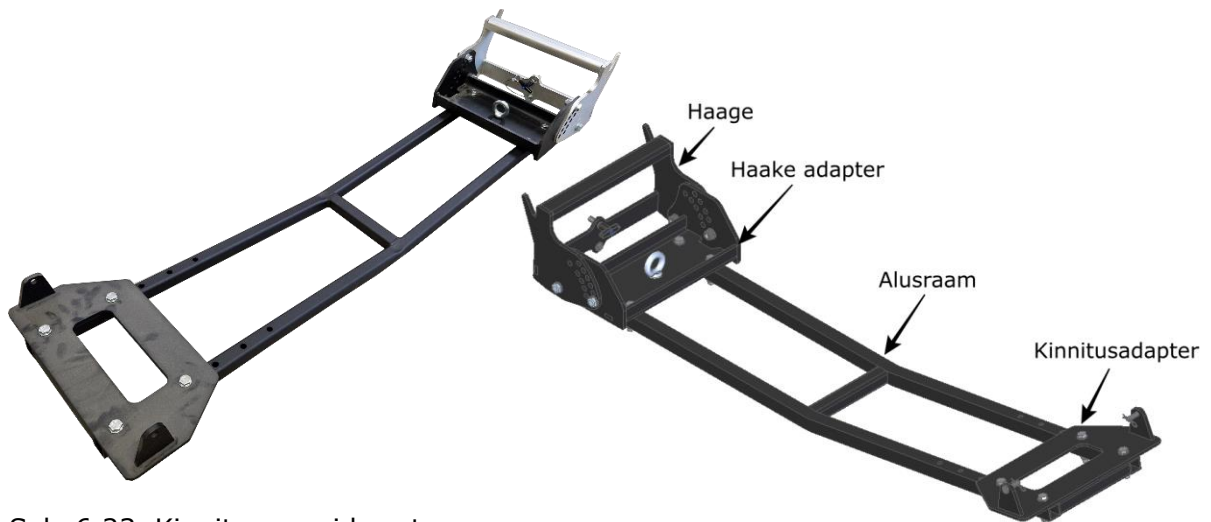
Alusraami konstruktsiooni parempoolsele küljekaitsele on laserlõigatud ava, kuhu on võimalik kinnitada väljaviskesuunaja või katteplaat. Ava eesmärk on see, et kui soovitakse sodi suunata niidukist küljepeale, siis on võimalik kasutada väljaviskesuunajat ning kui soovitakse sodi koguda, saab rakendada katteplaati (Sele 6.22). Katteplaadi ja väljaviskesuunaja laserlõigatakse 3 mm paksusest S235 materjalist ettevõttes Ferresto Laser. Väljaviskesuunaja gabariitmõõtmed on 276x100x90 mm ning katteplaadil 276x89x3 mm. Väljaviskesuunaja ja katteplaadi kinnitamiseks kasutatakse M8x25 puidupolte (DIN603), Ø8/20 mm (SFS3738) seibe ning M8 nylock mutreid (DIN985). Väljaviskesuunaja painutamine ning toodete pulbervärvimine toimub majasiseselt.



Sele 6.22. Katteplaat ja väljaviskesuunaja

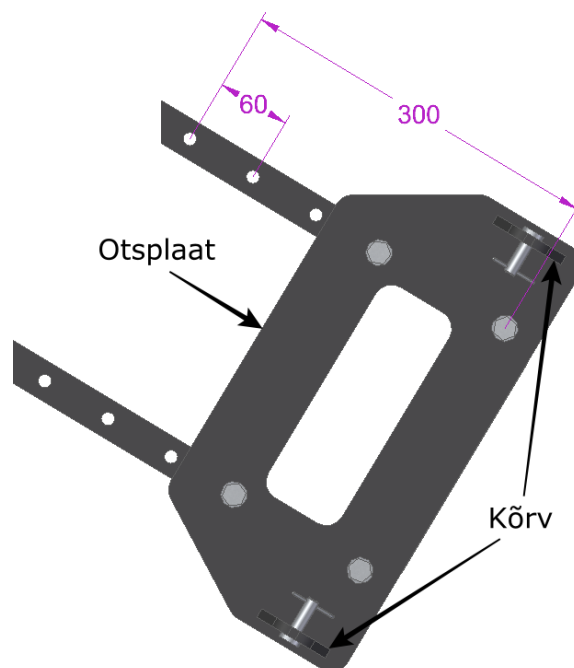
## 6.8 Kinnitusraam

Kinnitusraami projekteerimisel võetakse arvesse nõudmised, kus tõstemehhanismina kasutatakse vintsi ning peab olema tagatud mugav kinnitusraami liigutamine keskele ja paremale. Kinnitusraami koost koosneb kokku 5 erinevast keemisest, mille tulemusena on võimalik valida niidukile erinevaid kinnitusnurkasi ning tõsta seda kindlalt ja fikseeritult (Sele 6.23). Kinnitusraami taolist konstruktsiooni on varasemalt ettevõttes rakendatud teistel toodetel, kuid antud lõputöö raames tuli seda modifitseerida. Koost koosneb alusraamist, kinnitusadapterist, haake adapterist, haakest ja kinnitusvahenditest.



Sele 6.23. Kinnitusraami koost

Kinnitusraami alusraam projekteeritakse terasest ristlõikega 30x3 mm nelikanttorust, kuhu ühele poole on võimalik kinnitada universaalne kinnitusadapter ning teisele poole haake adapter. Kinnitusadapter kinnitatakse alusraami külge M10x60 (DIN931) poltidega, Ø10/20 mm (DIN125) seibidega ning M10 nylock mutritega (DIN985). Kinnitusadapteri otsplaadi gabariitmõõtmed on 400x200x6 mm ning kõrvade mõõtmed 68x65x8 mm. Kõrvade avade kaudu saab fikseerida raami kinnitusadapteri 10x40 mm tapi ja Ø2 mm nõelsplindi abil ATV keskinnitusadapteri külge, mille toote valiku leiab Iron Baltic-u koduleheküljelt [25]. Kinnitusadapterit on võimalik positioneerida 300 mm vahemikus 60 mm sammudega, mis annab võimaluse muuta võsaniiduki kaugust ATV esiosa suhtes (Sele 6.24).

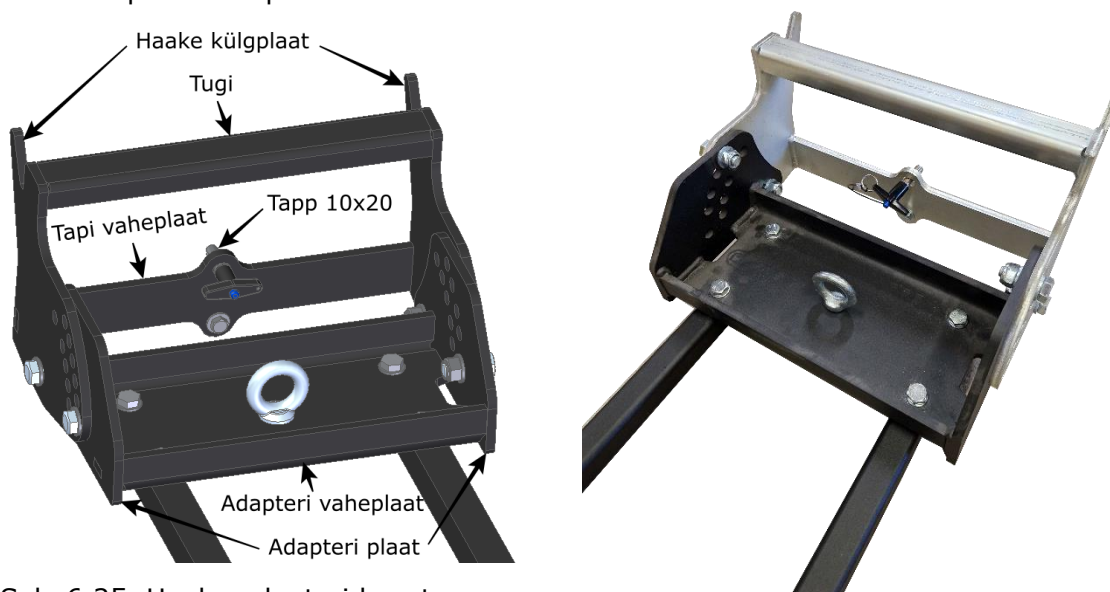


Sele 6.24. Raami kinnitusadapter

Haake adapter koosneb vaheplaadist ja haake sisemistest plaatidest, mis kinnitatakse kinnitusraami etteotsa M10x60 (DIN931) poltidega, Ø10/20 mm (DIN125) seibidega ning M10 nylock mutritega (DIN985). Vaheplaat laserlõigatakse 8 mm paksusest terasest, mille gabariitmõõtmed on 334x153x38 mm. Vaheplaadi keskele on lõigatud Ø12,5 mm ava, kuhu kinnitatakse M12 tõstesilm, mille ümber kinnitatakse ATV vintsi konks, mis tõstab üles kinnitusraami koos niiduki raamiga. Vaheplaadi külgedele on keevitatud gabariitmõõtmega 200x125x8 mm terasest adapteri plaadid, mis läbi saab kinnitada haake keevise M12x35 (DIN933) poltidega, Ø12/24 mm (DIN125) seibidega ning M12 nylock mutritega DIN985

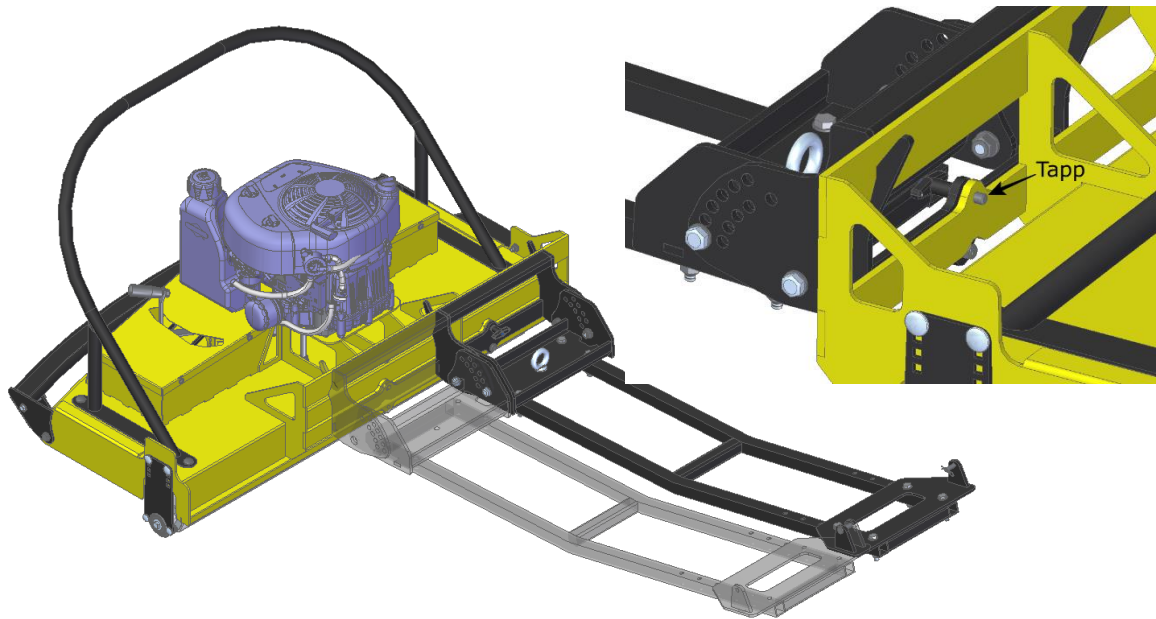
Haake keevis koosneb neljast detailist, milleks on 2 külgplaati, tapi vaheplaat ja tugi. Detailid on laserlõigatud terasest, mille haake külgplaadide gabariitmõõtmed on 230x195x8, painutatud toel 336,5x40x5 mm ning tapi vaheplaadil 352x85x8 mm. Tapi vaheplaadi keskele on lõigatud süvend ja ava, kus läbi süvendi saab kinnitada Ø10x20 tapi niiduki tugilati külge ning alumise ava kaudu saab tapi küljes oleva trossi fikseerida M8x20 poldiga, Ø8/20 mm (SFS3738) seibidega ning M8 nylock mutriga (DIN985) (Sele 6.25). Kinnitusraami kõik keevised kaetakse pulbervärviga, välja arvatud haake keevis, mis galvaniseeritakse, sest seal esineb kõige rohkem kontakti võsaniiduki raami pindadega ning seetõttu võib värv kergemini maha kuluda. Laserlõigatud detailid tellitakse ettevõttest Ferresto Laser, painutatud nelikanttorud Pistmet, galvaniseerimine toimub BNT Galva-s ning ülejäänud operatsioonid teostatakse majasiseselt.

Operaatoril on võimalik muuta kinnitusraami nurka, valides 10-ne erineva ava vahel. Nurga muutmine on projekteeritud selliselt, kus vaheplaadi poolsed poldid eemaldatakse ning haake teiselt poolt vabastatakse pinge. Pinge eemaldamisel jääb haake keevis kandma 10 mm pikkust Ø22 puksi, mis on ettevõttes laialt kasutatav standard puks M12 poldile.



Sele 6.25. Haake adapteri koost

Kinnitusraami koostu on võimalik positsioneerida niiduki raami suhtes keskele ja paremale 343 mm vahemikus, mis võimaldab operaatorel niita näiteks teeservades või kraavipervedes (Sele 6.26). Kinnitusraami asendi muutmiseks tuleb kõigepealt vabastada vints pinge alt, seejärel langeb kogu kinnitusraami mass tapi peale, mis ei võimalda kinnitusraamil maha kukkuda. Tapi käepideme otsas on nupp, mille allhoidmisel tapi teisel pool olevad kuulid saavad vabalt liikuda ning selle vabastamisel kuulid lukustavad tagasi oma kohale. Kinnitusraami kogumass on ligikaudu 25 kg, mis ei nõua operaatorel suurte raskuste tõstmist, tagades seeläbi ergonoomilisuse.



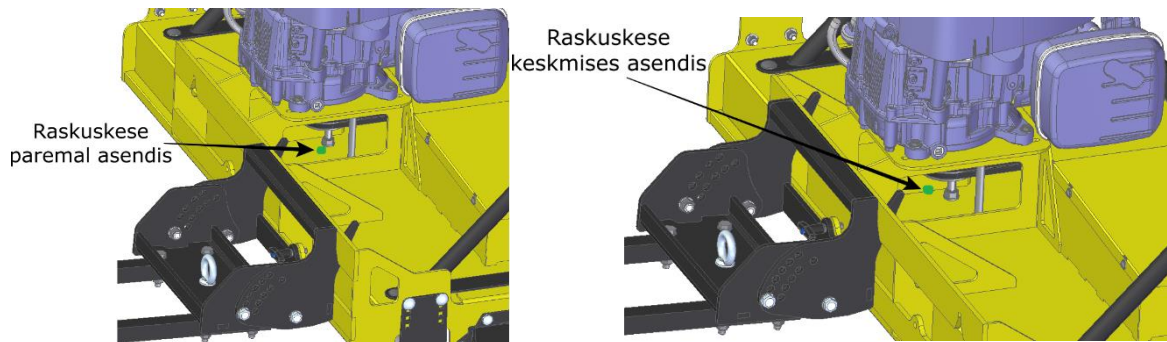
Sele 6.26. Kinnitusraami asetused ja tapi asend



## 7. TUGEVUSARVUTUSED

Tugevusarvutused viiakse läbi Ansys Workbench programmiga, kus autor otsustab teha analüüsi kinnitusraami haake- ja adapteri keevistele. Arvutustel kasutatakse lihtsustatud mudeleid, mis võimaldab paremini keskenduda olulistele teguritele ning piirkondadele.

Tugevusanalüüsid teostatakse staatilise koormuse keskkonnas, mis võimaldab hinnata struktuuride võimekust kanda koormust ilma dünaamiliste muutusteta. Mõlema keevise puhul on oluline leida võsaniiduki raskuskese, mis hakkab mõjutama kinnitusraami komponentide stabiilsust ja tasakaalu. Kinnitusraami kinnitamiseks saab kasutada kahte positsiooni, kus teise asendisse tõstmisel raskuskeskme asukoht muutub. Raskuskeskme asukohad leitakse Solid Edge keskkonnas, mis tuuakse välja alljärgneval seel roheline täpina (Sele 7.1):



Sele 7.1. Raskuskeskme asukohad- paremal ja keskel

Antud olukorras rakendatakse jõud raskuskeskmest eemale, seega tekib väändmoment ning konstruktsioon läheb tasakaalust välja. Konstruktsiooni mass on kokku 120 kg, kuid tegemist on kandva konstruktsiooniga ning sõitmise ajal niiduk rapub, siis arvestatakse varuteguriks 2 ühikut. Raskuskeskmes mõjuvat jõudu leitakse valemis (1) [26]:

$$F = 2 * m * g = 2 * 120 \text{ kg} * 9,8 \text{ N/kg} = 2352 \text{ N} \quad (1)$$

kus  $F$  – Raskuskeskmes mõjuv jõud, N;

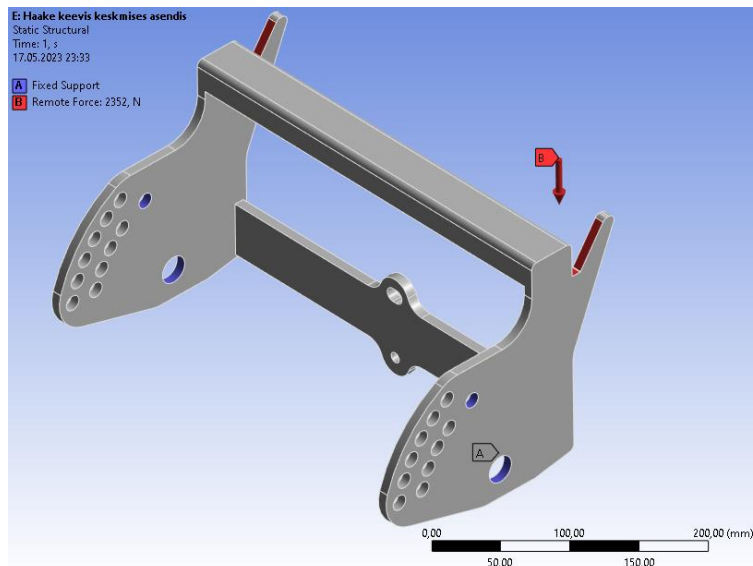
$m$  – keha mass, kg;

$g$  – raskuskiirendus, 9,8 N/kg.

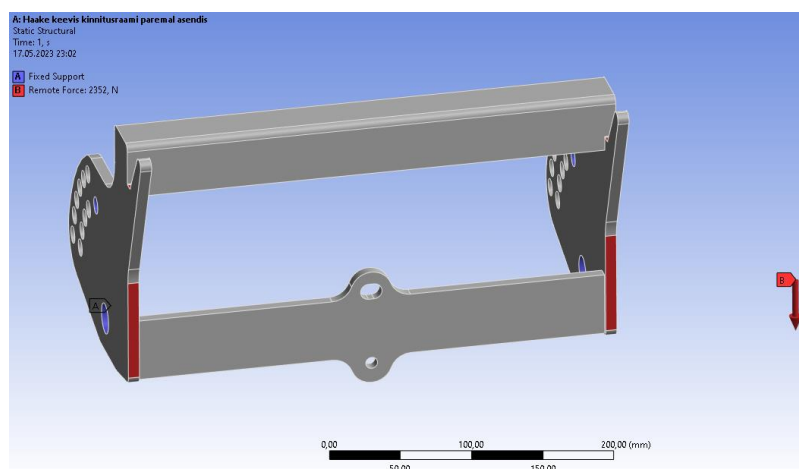
Raskuskeskmes tekkivaks jõuks on 2352 N.

## 7.1 Haake keevis

Haake keevis eraldatakse mudelist, määratakse rajatingimused ning koormatakse seda raskuskeskmes mõjuva jõuga. Haage on valmistatud terasest, mille maksimaalne voolavuspiir on 235 MPa (S235). Kinnitusraamil on kaks asendit, seega viiakse analüüsid läbi mõlemas asendis, et leida kõige kriitlisem koormuspiirkond. Rajatingimustena kasutatakse käske „remote force” ja „fixed support” (Sele 7.2, Sele 7.3). Fikseeritud tugipunktidena valitakse poldiavad (sinisega märgitud) ning jõud määratakse raskuskeskmele 2352 N (punane nool). Jõu määramiseks valitakse raskuskeskme suund ning määratakse pinnad, mis hakkavad tekitama momenti (punasega märgitud). Tulemusena leitakse mõlemas asendis tekkivad pinged ja deformatsioonid 90x suurendusega (Sele 7.4, Sele 7.5, Sele 7.6, Sele 7.7).

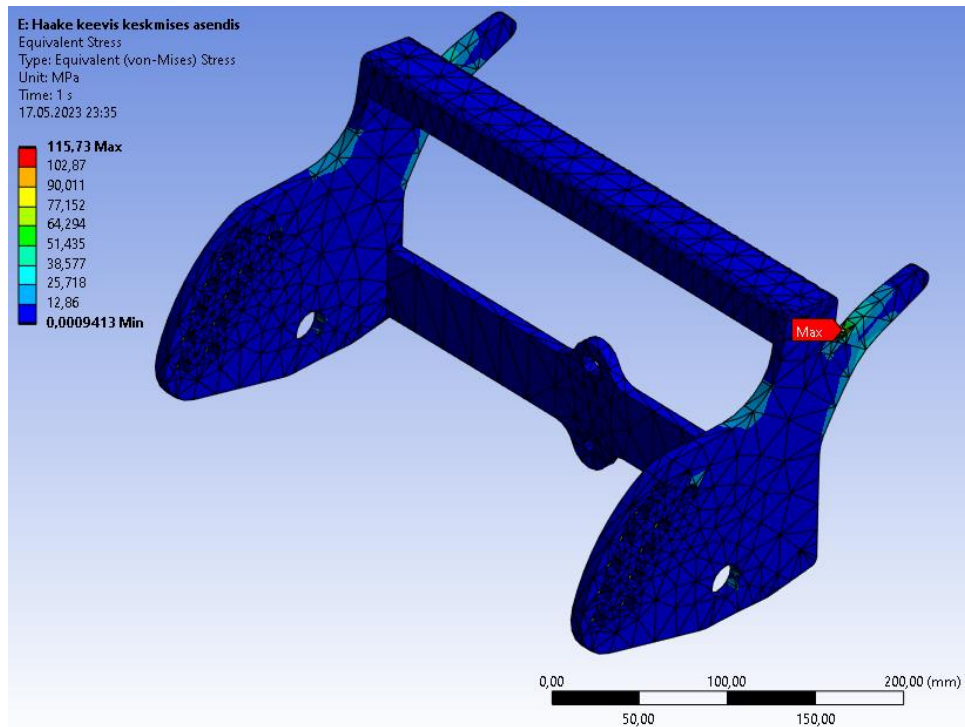


Sele 7.2. Rajatingimused kinnitusraami keskmises asendis



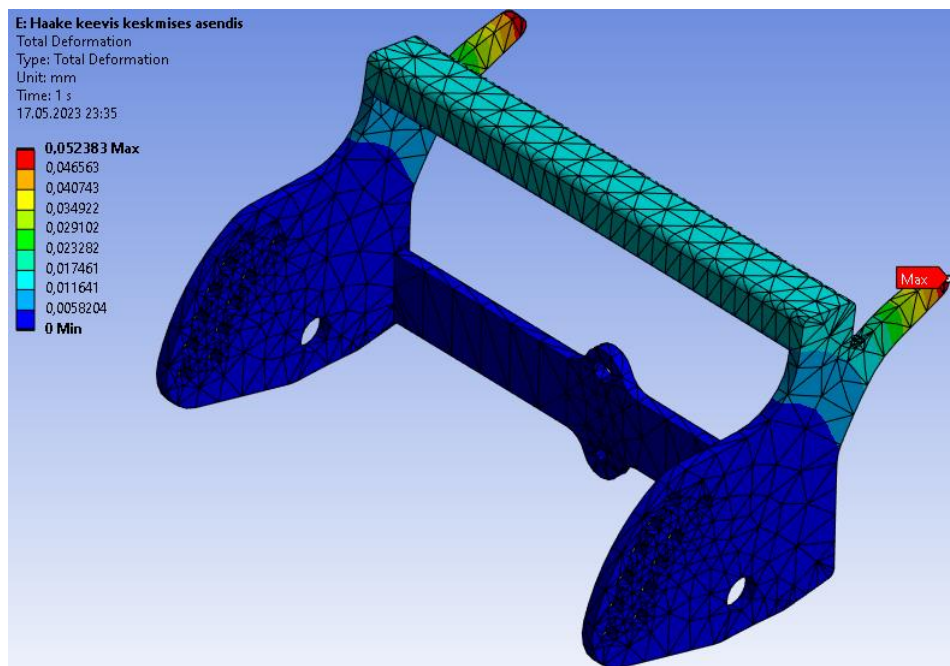
Sele 7.3. Rajatingimused kinnitusraami paremal asendis

- A – fikseeritud tugipunkt, kus poldid hoiavad haake keevist (sinisega märgitud);
- B – kinnitusraamile mõjuv jõud, 2352 N (punane nool).



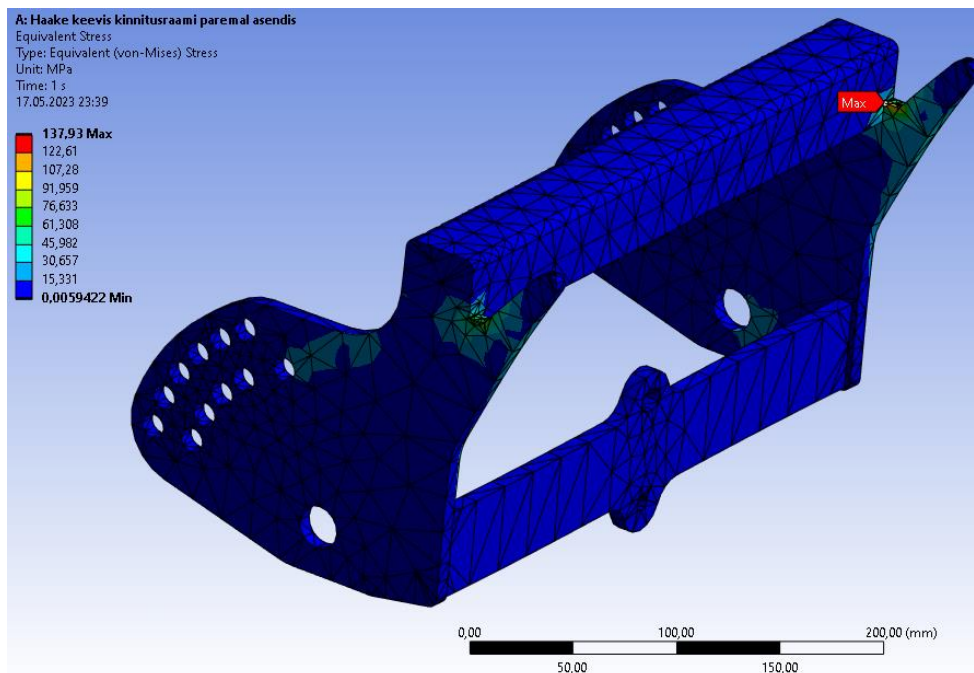
Sele 7.4. Pinged kinnitusraami keskmises asendis

Selel 7.4 nähakse, et kui kinnitusraam paigutada keskmisesse asendisse, tekivad kõige suuremad pinged haake kinnituskohtadele, mille väärtus on 115,7 MPa.



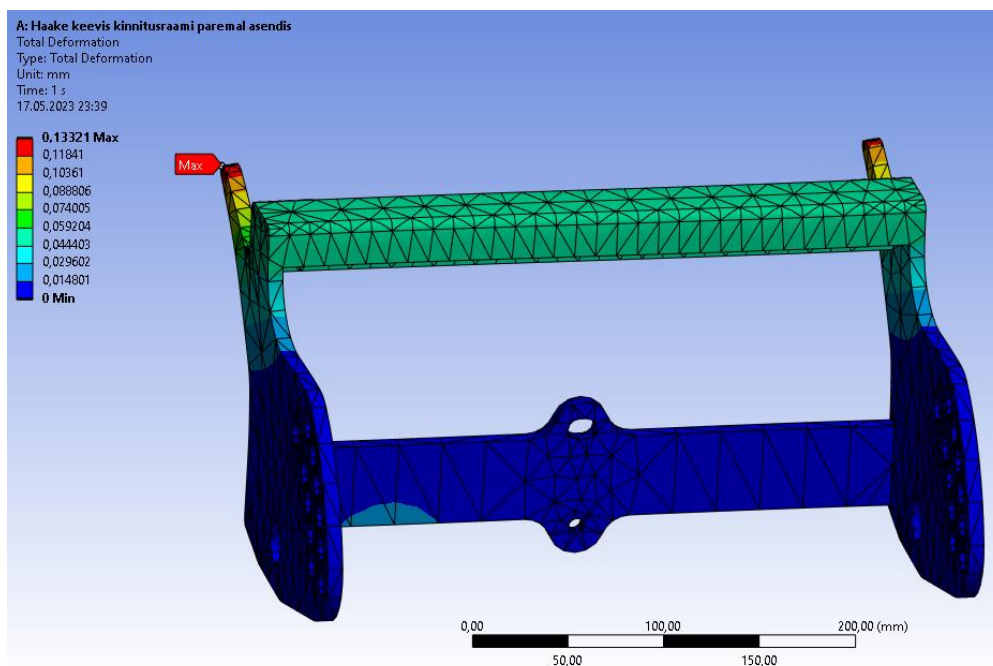
Sele 7.5. Deformatsioon kinnitusraami keskmises asendis

Selel 7.5 näeb keskmises asendis tekkivat deformatsiooni, kus küljplaatide otsad muudavad maksimaalselt 0,05 mm kuju. Kui kinnitusraam kinnitatakse keskele, siis raskuse ees ei teki täpselt võsaniiduki tsentrisse, seega küljplaatide otsad painduvad ka natukene paremale.



Sele 7.6. Pinged kinnitusraami paremal asendis

Selel 7.6 kinnitatakse kinnitusraam parempoolsesse asendisse, kus võrreldes keskmise kinnitusraami asendiga on pinged tõusnud 17% võrra ehk 137,9 MPa.



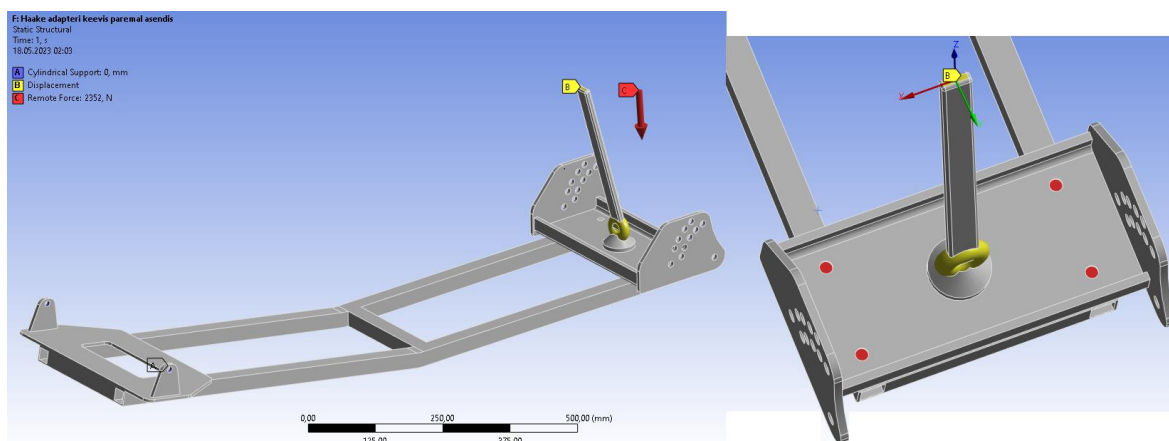
Sele 7.7. Deformatsioon kinnitusraami paremal asendis

Selel 7.7 on näha, et kui kinnitusraam paremale paigutada, tekib samuti maksimaalne deformatsioon külgsuunade otsesste ning selle väärtus tõuseb 62% ehk 0,13 mm. Paremal asendis hakkavad külgsuunade otsad painduma vasakule poole, sest nüüd jääb raskuse kinnitusraamist vasakule poole.

Analüüside tulemustest selgub, et keskele kinnitades on suurimad pinged 115,7 MPa ja deformatsioon 0,05 mm. Paremale kinnitades kasvab pinge väärtus 137,9 MPa ja deformatsioon 0,13 mm peale. Mõlemas olukorras jäävad pinged alla terase (S235) voolavuspiiri ning tekkinud deformatsioonid on väiksed, mis lõpptulemusena ei mõjuta kinnitusraami funktsionaalsust, seega loetakse analüüs edukaks.

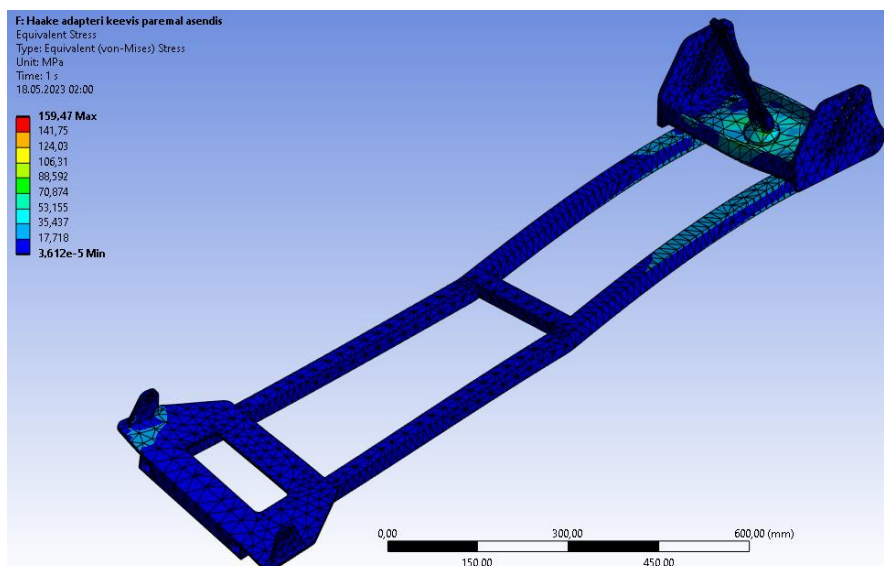
## 7.2 Haake adapteri keevis

Teine analüüs teostatakse haake adapteri keevisele, kus kasutatakse lihtsustatud kinnitusraami mudelit, eemaldades mudelist eelnevas peatükis analüüsitud haake keevis. Haake keevise analüüsid näitasid, et kõige ekstreemsem olukord tekib siis, kui kinnitusraam paigutatakse parempoolsesse asendisse, seega uues olukorras viiakse analüüsid läbi ainult kriitilises piirkonnas. Haake adapteri keevis valmistatakse terasest, voolavuspiiriga 235 MPa (S235) ning rajatingimustena kasutatakse käske „cylindrical support“, „displacement“ ja „remote force“ (Sele 7.8). Silindrilisel toel kirjeldatakse olukorda, kus tapp on fikseeritud aksiaalselt ja radiaalselt, kuid jäetud vabaks tangentsiaalne liikumine (sinisega märgitud). Z-telje suunas fikseeritakse sümmeetriatelg, mis näitab kinnitustrossi suuna nurka (kollasega märgitud). Kinnitustrossi nurgaks valitakse 15°, mis võetakse hinnanguliselt ATV-de vintsi kinnituskoha paiknemise järgi, sõltuvalt vedrustuse jäikusest ja kliirentsist. Jõud 2352 N määratakse raskuskeskmesse, kus momendi saamiseks valitakse 4 poldi pinda, mis tekitavad õla konksu ristlõikele (punasega märgitud). Tulemusena leitakse mõlemas asendis tekkivad pinged ja deformatsioonid 90x suurendusega (Sele 7.9, Sele 7.10).



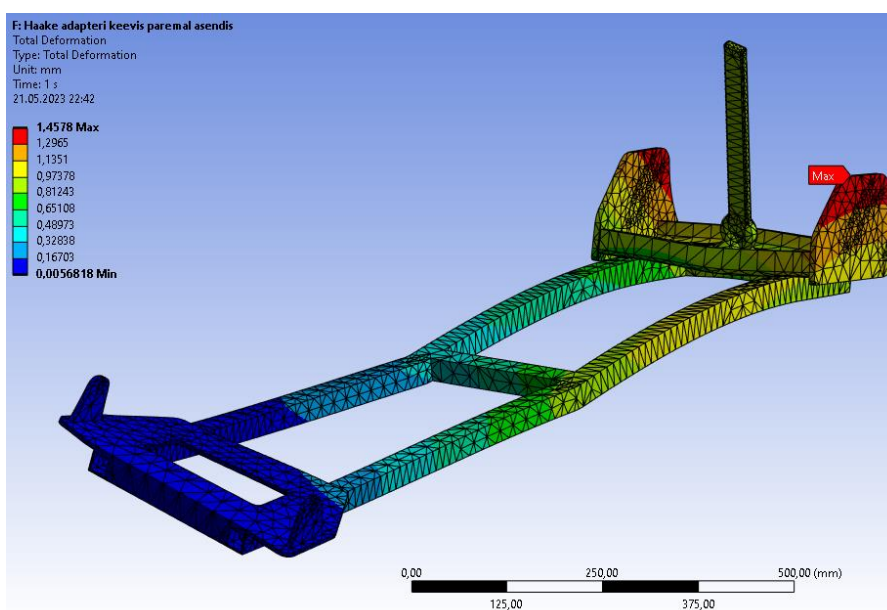
Sele 7.8. Haake adapteri rajatingimused

- A – silindriline tugi, tangentsiaalne liikumine vaba. Ühendus ATV keskkinnitus adapteri küljes (sinisega valitud pinnad);
- B – sümmeetriatelg lukustatud Z suunas ehk trossi suunas. Tross kinnitub konksuga ümber tõstesilma (kollasega valitud pinnad);
- C – kinnitusraamile mõjuv jõud, 2352 N (punasega valitud pinnad).



Sele 7.9. Pinged kinnitusraami paremal asendis

Selel 7.9 on näha, et kõige suuremad pinged tekivad tõstesilma ja vaheadapteri kinnituskoha ümbrusesse, mille maksimaalne väärtus on 159 MPa. Kui vaadata täpsemalt, siis maksimaalne pinge tekib tõstesilma pinnale, kus esineb pingekontsentraator. Antud olukorras pole vajadust võtta pingekontsentraatorit olulise tegurina, seega saab arvestada madalamate pinge väärtustega.



Sele 7.10. Deformatsioon kinnitusraami paremal asendis

Selel 7.10 on näha, et maksimaalne deformatsioon tekib 1,46 mm adapteri keevis parempoolsele külgmisele plaadile, mis jääb tolereeritud mõõtmete piirkonda, kuid tulevikus võib mõelda konstruktsiooni tugevdamisele.

Kokkuvõtvalt jäädakse analüüside tulemustega rahule, sest deformatsioonid ei mõjuta kinnitusraami korrektset toimimist ning pinged jäävad alla terase (S235) voolavuspiiri.

### 7.3 Ülekandevõlli kontrollarvutus

Autor on valinud ettevõttes laialdaselt kasutusel olevad UCFL-206 laagripukid, kuhu paigaldatakse Ø30 mm võllid. Arvutuste tulemusena leitakse kõige kriitilisemas ristlõikes tekkiv ekvivalentne paindemoment ning kontrollitakse, kas võlli läbimõõt on piisav ülekandesüsteemis töötamiseks. Ristlõike vajaliku läbimõõtu kontrollitakse valemi (2) abil, kus on võetud aluseks Tresca (III) tugevusteooria [27]:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{EKV}[S]}{\pi\sigma_Y * 10^6}}, \quad (2)$$

kus  $D$  – Võlli välisläbimõõt, 30 mm;

$M_{EKV}$  – ekvivalentne paindemoment, Nm;

$S$  – varutegur, 2;

$\sigma_Y$  – voolavuspiir, 235 MPa.

Tresca (III) tugevusteooria sisse on juba arvestatud telgtugevusmoment  $W$ , mille tingimus tuuakse välja valemis (3) [28].

$$W = \frac{\pi * D^3}{32}, \quad (3)$$

kus  $W$  – telgtugevusmoment, m<sup>3</sup>;

$D$  – võlli välisläbimõõt, m.

Ekvivalentne paindemoment  $M_{EKV}$  avaldub välja valemis (4) [27]:

$$M_{EKV} = \sqrt{M^2 + T^2}, \quad (4)$$

kus  $M$  – paindemoment ristlõikes, Nm;

$T$  – väändemoment ristlõikes, Nm.

Võlli läbimõõdu kontrollimiseks leitakse esimesena ülekantav väändemoment ristlõikes. Briggs & Stratton-i mootorite kataloogis puudub väändemomendi väärtus, kuid on antud mootori võimsus (9,2 kW) ning maksimaalne pöörde arv 3600 p/min [16]. Valemiga (5) leitakse mootori väändemoment [29]:

$$T = \frac{P}{\omega}, \quad (5)$$

$P$  – mootori võimsus, W;

$\omega$  – ülekandevõlli pöörlemisagedus, rad/s.

Väändemomendi leidmiseks pöörlemisagedus p/min teisendatakse rad/s (6) [29]:

$$\omega = n * \pi/30, \quad (6)$$

kus  $n$  – ülekandevõlli pöörlemisagedus, p/min.

Vastavalt teisendusele (6), leitakse ülekandevõlli pöörlemisagedus  $\omega$  [29]:

$$\omega = 3600 * \frac{\pi}{30} = 377 \text{ rad/s},$$

kus  $\omega$  – ülekandevõlli pöörlemisagedus, rad/s.

Teades pöörlemisagedusi rad/s, leitakse vastavalt valemile (4) ülekandevõlli väändemoment ristlõikes:

$$T = \frac{9200}{377} = 24,40 \text{ Nm}.$$

Järgneva arvutusega leitakse võlli paindemoment ristlõikes, kus momendi arvutamiseks on vaja teada paindejõudu. Paindejõu saamiseks luuakse olukord, kus võsaniiduki kasutaja sõidab ülekandevõlliga vastu jäika objekti 30 km/h. Toote spetsifikatsioonis on määratud optimaalseks lõikamiskiiruseks 8 km/h, kuid jõu leidmiseks määratakse suurem kiirus, et luua ekstreemsem olukord. Jõu saamiseks leitakse esmalt valemiga (7) kiirendus, kus arvestatakse ajaperioodi algus- ja lõppkiirust ning selle perioodi pikkust [30].

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow \frac{2,22 - 0}{1} = 2,22 \text{ m/s}^2, \quad (7)$$

kus  $a$  – kiirendus, m/s<sup>2</sup>;

$v$  – keha kiirus ajaperioodi lõpus, m/s;

$v_0$  – keha kiirus ajaperioodi alguses, m/s;

$t$  – ajaperioodi pikkus, s.

Võttes arvesse võsaniiduki massi ja raskuskeskme kiirendus, leitakse valemiga (8) ülekandevõllile tekkiv jõud, kasutades Newtoni teist seadust [31]:

$$F = m * a \Rightarrow F = 120 * 2,2 = 266,67 \text{ N}, \quad (8)$$

kus  $F$  – paindejõud, N;

$m$  – mass, 120 kg;

$a$  – kiirendus raskuskeskmest, m/s<sup>2</sup>.



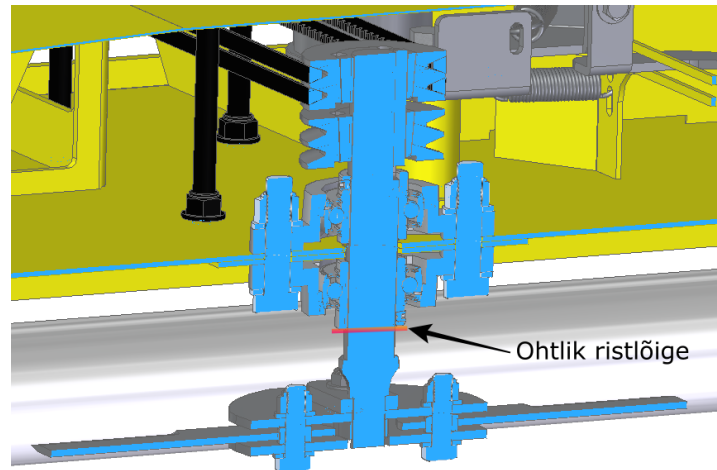
Teades völliile mõjuvat jõudu, leitakse valemiga (9) völliile tekkiv paindemoment ohtlikus ristlõikes (Sele 7.11) [32]:

$$M = F * l \Rightarrow M = 266,67 * 0,067 = 17,95 \text{ Nm}, \quad (9)$$

kus  $M$  – paindemoment ristlõikes, Nm;

$F$  – paindejõud, N;

$l$  – õlg ohtliku ristlõikeni, 0,067 m.



Sele 7.11. Ohtliku ristlõike asukoht

Vastavalt valemile (4) leitakse ekvivalente paindemoment ristlõikes:

$$M_{EKV} = \sqrt{17,95^2 + 24,40^2} = 30,29 \text{ Nm}.$$

Teades ekvivalenteset paindemomenti, kontrollitakse valemis (2) olevat seost:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{EKV}[S]}{\pi\sigma_y}} \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{32 * 30,29 * 2}{\pi * 235 * 10^6}} = 13,80 \text{ mm ehk } 30 \text{ mm} \geq 13,67 \text{ mm}.$$

Tulemusena saadakse kehtiv seos, kus  $30 \text{ mm} \geq 13,67 \text{ mm}$ . Tulemus näitab, et kui juht kiirendab 30 km/h vastu jäika objekti, siis  $\varnothing 30 \text{ mm}$  völli läbimõõt on piisav, et ei toimuks purunemist ekvivalentse paindemomendi tõttu.

## 8. MAJANDUSLIK ARVESTUS

Majanduslik arvestus on oluline osa tootearendusprotsessis, mis hõlmab erinevate majanduslike tegurite hindamist ja arvutamist. Tootmisomahinna arvutamiseks võetakse aluseks sisseostetud detailid, ostutooted, materjalid ning teostatud operatsioonid detailidele, koostudele ja keevistele. Operatsioonide hinnad tuuakse välja alljärgnevas tabelis, kus galvaniseerimise teenust ostetakse sisse ning ülejäänud teostatakse majasiseselt (Tabel 8.1):

Tabel 8.1. Operatsioonide hinnad

Operatsioon	Ostuhind	Omahind
CNC freesimine	-	28.- EUR/h
CNC painutamine	-	24.- EUR/h
Saagimine	-	20.- EUR/h
MIG keevitus	-	24.- EUR/h
TIG keevitus	-	26.- EUR/h
Koostamine	-	18.- EUR/h
Pulbervärvimine	-	58.- EUR/h
Pakkimine	-	16.- EUR/h
Galvaniseerimine	60.- EUR/h	-

### 8.1 Sisseostetud detailid

Toote valmistamise protsess algab laser-, trei- ja painutatud detailide sisseostmisega. Iron Baltic-u võimekus on painutada lehtmetaili, kuid antud juhul soovitakse painutada ümar- ja nelikanttorusi, mille tegemiseks puudub vastav painutuspink. Samuti pole ettevõttel võimalik toota ise laserlõigatud- ja treitud detaile. Sisseostetud detailid tellitakse neljast erinevast ettevõttest: Ferresto Laser, Pistmet, Danival MW ja LRD Metall. Detailide tüki- ja toote hinnad tuuakse välja alljärgnevas tabelis (Tabel 8.2):

Tabel 8.2. Laserlõigatud-, treitud ja painutatud detailid

Joonis	Nimetus	Kogus	Kokku/ det, €	Kokku/ toode, €
20.103	Puks	2	0,7	1,4
87.1203	Tugi	1	2,5	2,5
87.1204	Pikitala	2	4,2	4,2
87.1206	Adapter	1	6,7	6,7
87.1207	Kõrv	2	0,7	1,4
87.1208	Vaheplaat	1	6,7	6,7
87.1209	Haake sisemine plaat	2	3,4	6,8
92.1001	Alusplaat	1	29,3	29,3
92.1003	Raami ümar tugitoru	1	18,7	18,7
92.1004	Kaitseplaat	1	5,3	5,3
92.1005	Lühikese ülekandevõlli tugevdusplaat	2	1,4	2,8
92.1006	Pika ülekandevõlli tugevdusplaat	1	1,4	1,4
92.1007	Alusplaadi küljekaitse parem	1	11,2	11,2
92.1008	Alusplaadi küljekaitse vasak	1	8,2	8,2
92.1009	Pinguti distantspuks	1	24,5	24,5
92.1010	Raami kinnituskõrv	2	3,3	6,6
92.1011	Raami tugilatt	1	6,0	6,0

92.1012	Raami haakelatt	1	5,6	5,6
92.1013	Korpuse ümbris	1	7,9	7,9
92.1014	Korpuse ümbrise plaat parem	1	1,4	1,4
92.1015	Korpuse ümbrise plaat vasak	1	1,4	1,4
92.1016	Kahvlisuunaja	1	1,0	1,0
92.1017	Mootori kinnitusplaat	1	4,2	4,2
92.1018	Mootori kinnituskõrv parem	1	3,9	3,9
92.1019	Mootori kinnituskõrv vasak	1	3,3	3,3
92.1020	Paindega toru	1	29,1	29,1
92.1022	Toruraami alusplaat	2	1,2	2,4
92.1024	Tsentreerimisvõll	2	15,0	30,0
92.1025	Torurulli kinnitusplaat	2	1,9	3,8
92.1026	Esikaitse plaat	1	6,0	6,0
92.1027	Esikaitse tugitoru	2	18,7	37,4
92.1028	Esikaitse tõsteplaat parem	1	1,8	1,8
92.1029	Esikaitse tõsteplaat vasak	1	1,8	1,8
92.1030	Ülemine teraplaat	3	1,8	5,4
92.1031	Teraplaadi vahetükk	3	1,7	5,1
92.1032	Alumine teraplaat	3	1,7	5,1
92.1033	Pikk ülekande võll	1	47,0	47,0
92.1034	Terade hoidik	3	0,8	2,4
92.1035	Lühike ülekande võll	2	47,0	94,0
92.1036	Laagri korpus	3	15,0	45,0
92.1037	Pingutusrulliku alusplaat	1	1,7	1,7
92.1038	Pingutusrulliku kahvel	1	1,5	1,5
92.1039	Pingutusrulliku hoob	1	1,8	1,8
92.1040	Pingutusrulliku distantspuks	1	18,2	18,2
92.1041	Korpuse kate	1	6,9	6,9
92.1042	Katteplaat	1	1,4	1,4
92.1043	Väljaviske suunaja	1	2,5	2,5
92.1101	Vaheplaat tapile	1	3,6	3,6
92.1102	Haake külglplaat	2	5,2	10,4
<b>KOKKU:</b>				<b>536,7</b>

## 8.2 Ostutooted

Ostutooted sisaldavad kinnitusvahendeid, laagreid, sisepõlemismootorit, ülekande detaile, vedrusid, käepidet ja pakkematerjale. Tabelis väljatoodud tooted on tellitud ettevõtetest Baltic Bolt, Alas-Kuul, Memi, Artium ITC ja Kavial (Tabel 8.3). Esineb ka komponente, mida tellitakse välismaalt, näiteks Briggs & Strattoni mootor ja rihmrattad.

Tabel 8.3. Ostutoodete maksumus

Nimetus	Kogus	Tükihind, €	Kokku/ toode, €
Polt M8x20 DIN933	1	0,1	0,1
Polt M8x25 DIN933	7	0,1	0,7
Polt M8x40 DIN933	4	0,1	0,4
Polt M8x50 DIN933	2	0,1	0,2
Polt M8x70 DIN933	2	0,2	0,4
Polt M10x20 DIN933	2	0,1	0,2
Polt M10x30 DIN933	2	0,2	0,4
Polt M10x60 DIN931	8	0,2	1,6
Polt M10x75 DIN931	1	0,2	0,2
Polt M12x35 DIN933	4	0,2	0,8
Polt M12x40 DIN933	6	0,2	1,2
Polt M12x110 DIN931	1	0,6	0,6
Polt M12x130 DIN931	3	0,4	1,2
Polt M16x65 DIN933	6	0,6	3,6

Puidupolt M8x20 DIN603	8	0,1	0,8
Puidupolt M8x25 DIN603	4	0,1	0,4
Puidupolt M10x25 DIN603	4	0,2	0,8
Silmuspolt M5x40	1	0,2	0,2
Seadekruvi M6x6 DIN913	6	0,1	0,6
Sisekuuskant polt M6x20 ISO7380	8	0,1	0,8
Aaspolt DIN580 M12x35	1	0,6	0,6
Seib Ø5/10 DIN125	2	0,1	0,2
Seib Ø6/15 SFS3738	8	0,1	0,8
Seib Ø8/20 SFS3738	45	0,1	4,5
Seib Ø10/20 DIN125	26	0,1	2,6
Seib Ø10/30 DIN9021	5	0,1	0,5
Seib Ø12/24 DIN125	29	0,1	2,9
Seib Ø12/37 DIN9021	1	0,1	0,1
Seib Ø16/30 DIN125	12	0,1	1,2
Tõmbemutter M6x13,5	8	0,1	0,8
Mutter M5 DIN934	1	0,1	0,1
Nylock mutter M5 DIN985	2	0,1	0,2
Nylock mutter M8 DIN985	29	0,1	2,9
Nylock mutter M10 DIN985	16	0,1	1,6
Nylock mutter M12 DIN985	18	0,1	1,8
Nylock mutter M16 DIN985	6	0,1	0,6
Tapp 10x40	2	0,5	1,0
T-käepide tapp 10x20	1	2,6	2,6
Nõelsplint 2 mm DIN 11024	2	0,1	0,2
Rihma pingutusrullik	1	8,0	8,0
Laager flantsiga Ø25	2	17,2	34,4
Laager korpusega UCFL-206	6	5,3	31,8
Mootor- Briggs & Stratton, 3125EX	1	533,7	533,7
Võsaniiduki tera	6	5,5	33,0
Rihmratas- A7-2SPZ80-1210	5	2,5	12,5
Koonuspuks- TLB1210-30MM-SS	4	5,6	22,4
Koonuspuks- TLB1210-1.0000-SS	1	5,6	5,6
Kiilrihm XPZ 900	2	5,0	10,0
Kiilrihm XPZ 1060	2	6,0	12,0
Tõmbevedru 2x18x70	1	24,9	24,9
Tõmbevedru 2,5x18x63	2	0,4	0,8
Tõmbevedru 2,5x20x80	1	25,6	25,6
Käepide B1IC2410-M10x15	1	2,7	2,7
Liistuteras 6,3x6,3x50	1	0,1	0,1
Pakkematerjalid	1	10,0	10,0
<b>KOKKU:</b>			<b>807,9</b>

### 8.3 Operatsioonide maksumus

Teostatud operatsioonide maksumuse leidmiseks võetakse arvesse kaks tegurit, milleks on materjalikulu ning tööjõukulu. Tööjõukulu määratakse hinnanguliselt minutites igale detailile, koostule ja keevistele ning seeläbi arvutatakse toote maksumus, arvestades sisse koguse. Materjalid hangitakse ettevõtetelt Proplastik, Exmet, Baltic Bolt ja Metal Express. Tabelis tuuakse välja materjali maksumus, kus arvestatakse ühe toote valmistamiseks detailide kogust, parameetreid ning materjali hinda (Tabel 8.4).

Tabel 8.4. Materjali maksumus toote kohta

Joonis	Materjal	Tooriku mõõtmed, mm	Det. hulk	Mat. Hind	Det. parameetrid	Kokku/toode
87.1016	Alumiinumleht EN AW-1050	4x1500x3000	4	3,8 EUR/kg	0,050 kg	0,8 €
92.1002	Nelikanttoru S235	20x20x2000	1	1,3 EUR/m	1,205 m	1,5 €
87.1205	Nelikanttoru S235	30x30x2000	3	2,5 EUR/m	0,200 m	1,5 €
92.1021	Ümartoru S235	30x1000	2	3,0 EUR/m	0,250 m	1,5 €
92.1023	Alumiiniumtoru EN 6060 T6	80x1000	1	33,3 EUR/m	1,150 m	38,0 €
OT.34.0 0.004	Liistuteras 8x7 DIN6885	8x7x1000	3	4,2 EUR/m	0,125 m	1,5 €
<b>KOKKU:</b>						<b>44,8</b>

Ettevõtte siseselt toote valmistamiseks rakendatakse järgnevaid operatsioone: CNC freesimine, CNC painutamine, saagimine, pulbervärvimine, MIG/TIG keevitamine, koostamine ja pakkimine. Ettevõtte väliselt viiakse läbi mõndadel detailidel ja keevistel galvaniseerimise protsess, mis on antud juhul ka kõige kallima tunnihindega. Majasiseselt toimus detailide freesimine, painutamine, saagimine ning pulbervärvimine. Tabelis tuuakse detailide operatsioonide maksumus, mis teostatakse enne keeviste ja koostude valmistamist (Tabel 8.5):

Tabel 8.5. Detailide operatsioonide maksumus

Joonis	Nimetus	Kogus	Operatsioon/id	Tööjõukulu /toode, min	Kokku/toode, €
87.1016	Tsentreerimisrõngas	4	CNC freesimine	5,0	2,3
87.1203	Tugi	1	CNC painutamine	2,0	0,8
87.1205	Risttala NKT	3	Saagimine	1,5	0,5
87.1208	Vaheplaat	1	CNC painutamine	2,0	0,8
92.1001	Alusplaat	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1002	Raami NKT tugitoru	1	Saagimine	0,5	0,2
92.1004	Kaitseplaat	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1007	Alusplaadi küljekaitse parem	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1008	Alusplaadi küljekaitse vasak	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1013	Korpuse ümbris	1	CNC painutamine	3,5	1,4
92.1016	Kahvlisuunaja	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1018	Mootori kinnituskõrv parem	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1019	Mootori kinnituskõrv vasak	1	CNC painutamine	1,0	0,4
92.1021	Tugitoru	2	Saagimine	1,0	0,3
92.1023	Torurull	1	Saagimine	1,0	0,3
92.1025	Torurulli kinnitusplaat	2	Pulbervärvimine	3,0	2,9
92.1028	Esikaitse tõsteplaat parem	1	CNC painutamine	2,0	0,8
92.1029	Esikaitse tõsteplaat vasak	1	CNC painutamine	2,0	0,8
92.1036	Laagri korpus	3	Galvaniseerimine	0,5	0,5
92.1037	Pingutusruulliku alusplaat	1	CNC painutamine	2,5	1
			Galvaniseerimine	0,5	0,4

92.1038	Pingutusrulliku kahvel	1	CNC painutamine	2,0	0,8
			Galvaniseerimine	0,3	0,3
92.1039	Pingutusrulliku hoob	1	CNC painutamine	2,5	1
			Galvaniseerimine	0,2	0,2
92.1040	Pingutusrulliku distantspuks	1	Galvaniseerimine	0,2	0,2
92.1041	Korpuse kate	1	CNC painutamine	7,0	2,8
			Pulbervärvimine	40,0	38,7
92.1042	Katteplaat	1	Pulbervärvimine	3,0	2,9
92.1043	Väljaviske suunaja	1	Pulbervärvimine	7,0	6,7
OT.34.0 0.004	Liistuteras 8x7x30	2	Saagimine	1,0	0,3
OT.34.0 0.004	Liistuteras 8x7x65	1	Saagimine	0,5	0,2
<b>KOKKU:</b>					<b>69,9</b>

Tootmisprotsessi viimases osas keevitatakse, pulbervärvitakse, galvaniseeritakse, koostatakse ning pakitakse. Esmalt keevitatakse detailid kokku ning seejärel kaetakse pinnad üle galvaani või värviga. Enne pakendamist koostatakse pea- ja alamkoost selliselt, et kui toode jõuab tarbijale kohale, siis tuleb tal ainsana kinnitusraam kinnitada ATV ja võsaniiduki külge. Koostude ja keeviste valmistamise maksumus on toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 8.6):

Tabel 8.6. Koostude ja keeviste valmistamise maksumus

Joonis	Nimetus	Kogus	Operatsioon/id	Tööjõukulu /toode, min	Kokku/ toode, €
87.1204K	Kinnitusraam	1	MIG keevitus	17,5	7,0
			Pulbervärvimine	50,0	48,3
87.1206K	Adapter	1	MIG keevitus	6,0	2,4
			Pulbervärvimine	11,5	11,1
87.1208K	Haake adapter	1	MIG keevitus	8,5	3,4
			Pulbervärvimine	18,0	17,4
92.1001K	Raam	1	MIG keevitus	180,0	72,0
			Pulbervärvimine	200,0	193,3
92.1020K	Toruraam	1	MIG keevitus	4,5	1,8
			Pulbervärvimine	30,0	29,0
92.1017K	Mootori plaat	1	MIG keevitus	11,0	4,4
92.1023K	Torurull	1	TIG keevitus	11,0	4,7
92.1026K	Esikaitse	1	MIG keevitus	45,0	18,0
			Pulbervärvimine	25,0	24,1
92.1030K	Teraplaat	3	MIG keevitus	3,0	1,2
			Galvaniseerimine	1,5	1,5
92.1033K	Pikk ülekandevõll	1	MIG keevitus	0,5	0,2
			Galvaniseerimine	1,5	1,5
92.1035K	Lühike ülekandevõll	2	MIG keevitus	0,5	0,2
			Galvaniseerimine	1,5	1,5
92.1101K	Haage	1	MIG keevitus	8,5	3,4
			Galvaniseerimine	5,0	5,0
92.1000	Võsaniiduk	1	Koostamine	180,0	54,0
			Pakkimine	30,0	8,0
92.1100	Kinnitusraam	1	Koostamine	15,0	4,5
			Pakkimine	10,0	2,6
<b>KOKKU:</b>					<b>520,5</b>

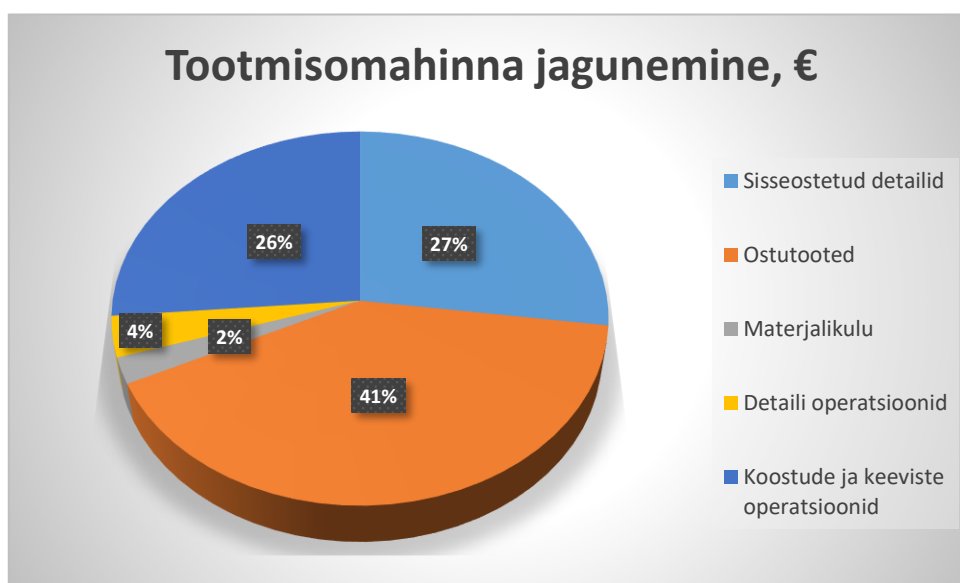
## 8.4 Toote omahinna kalkulatsioon

Toote omahinna kalkulatsioon annab selguse toote valmistamise kulude kohta ning aitab seeläbi arvutada kasumit. Tabelis tuuakse välja tootmisomahind, mille kalkulatsioonid on läbi viidud peale esimest prototüüpi (Tabel 8.7):

Tabel 8.7. Toote omahinna kalkulatsioon

Nr.	Kulu ja kulu kirjeldus	Kulu tootele, €
1	Sisseostetud detailid	536,7
2	Ostutooted	807,9
3	Materjalikulu	44,8
4	Detaili operatsioonid	69,9
5	Koostude ja keeviste operatsioonid	520,5
<b>6</b>	<b>Tootmisomahind (read 1+5)</b>	<b>≈ 1980</b>

Tootmisomahinnaks kujunes ühe toote valmistamiseks hinnanguliselt 1980 €, mis jääb nõuete loetelus toodud eelarve piiresse. Kui võsaniiduk läheb tulevikus seeriatootmisesse, siis saab hakata kulutusi jagama suuremate koguste vahel, mis vähendaks ühe toote tootmisomahinda. Järgneval seel tuuakse välja tootmisomahinna jagunemine sektordiagrammina (Sele 8.1):



Sele 8.1. Tootmisomahinna ülevaade

## KOKKUVÕTE

Lõputöö viidi läbi ettevõttes Iron Baltic OÜ, kus eesmärk oli projekteerida ATV-le ettekinnituv võsaniiduk. Võsaniiduk peab olema võimeline niitma muru, heina, võsa ja puid läbimõõduga kuni 100 mm. Toote modelleerimiseks kasutatakse programmi Solid Edge ning tugevusarvutused viiakse läbi keskkonnas Ansys Workbench. Toote väljatöötamisel lähtuti püstitatud nõuete loetelust, ettevõtte operatsioonide võimekusest, trenditest ning kvaliteetsetest projekteerimise põhimõtetest.

Projekteerimise käigus teostati konkurentsianalüüs, hinnati alternatiivseid lahendusi, viidi läbi tugevusarvutused ning lõpptulemusena modelleriti toode, mille prototüübi kokkupanek toimus mai 2023. Toode on kvaliteetne, kergesti toodetav ning välja arendatud insener-tehnilised lahendused võimaldavad tulevikus rahuldada klientide vajadused ja ootused. Lõpliku toote valmimise planeeritud kuupäev on august 2023, kus eelnevalt testitakse põhjalikult prototüüpi ning viiakse sisse parendused. Tulevikus turule sisenemiseks koostatakse tehniline dokumentatsioon ning töötatakse läbi erinevad õiguslikud ja regulatiivsed aspektid, mis hõlmavad toote sertifitseerimist ja vastavusmäärgiste taotlemist.

Konstrueeritud toode töötab võimsa Briggs & Strattoni 344 cm<sup>3</sup> mootori peal, mille maksimaalsed pöörded on 3600 p/min. Võllide peal pöörleb kokku 6 karastatud terasega lõikekera, mis moodustavad maksimaalse lõikelaiuse 1172 mm. Lõikekõrguse reguleerimiseks ning soovimatute takistuste vältimiseks saab muuta torurulli asetust 90 mm võrra, sõltuvalt ATV-de vedrustuse kõrgusest ning kliirentsist. Niiduki operaatoril on võimalik rakendada väljaviskesuunajat ning muuta mugavalt kinnitusraami asetust 343 mm laiuselt. Kinnitusraami saab kinnitada sõrmede abil ATV raami külge, kasutades Iron Baltic-u poolt toodetud keskkinnitusadaptereid, mille saadavus on olemas enamus mudelitele.

Käesolevas töös valminud ATV võsaniiduki projekt annab võimaluse ettevõttel laiendada tootevalikut ning seeläbi kasvatada klientuuri sise- ja välisturul. Majanduslikus osas tehtud arvutuste põhjal saadi esialgseks tootmisomahinnaks hinnanguliselt 1980 €, mis osutus konkurentsivõimeliseks ning võib tekitada turul uutele tulijatele kõrgemaid sisenemisbarjääre. Töö tulemusega jäädakse rahule, sest magistritöö eesmärk sai täidetud ning võsaniiduki esimene prototüüp on valminud.



## SUMMARY

The thesis was conducted at Iron Baltic OÜ with the aim of designing a detachable brush cutter for an ATV. The brush cutter should be capable of cutting grass, hay, brush, and trees with a diameter of up to 100 mm. The product modelling is done using the Solid Edge software, and the strength calculations are performed in the Ansys Workbench environment. The development of the product was based on a list of established requirements, the company's operational capabilities, trends, and high-quality design principles.

During the design process, a competitive analysis was conducted, alternative solutions were evaluated, strength calculations were performed, and as a result, a product was modelled. The assembly of the prototype took place in May 2023. The product is of high quality, easily manufacturable, and the developed engineering solutions will help meet customer needs and expectations in the future. The planned completion date for the final product is August 2023, with thorough testing and improvements made to the prototype beforehand. Technical documentation will be prepared for market entry, and various legal and regulatory aspects, including product certification and compliance markings, will be addressed.

The designed product operates with a powerful Briggs & Stratton 344 cm<sup>3</sup> engine with a maximum speed of 3600 rpm. There are a total of 6 hardened steel cutting blades rotating on the shafts, forming a maximum cutting width of 1172 mm. The tube roller position can be adjusted by 90 mm to change the cutting height and avoid obstacles, depending on the ATV suspension height and clearance. The operator of the brush cutter can apply a deflector and conveniently adjust the mounting frame position within a width of 343 mm. The mounting frame can be attached to the ATV frame using finger-fastening and Iron Baltic's central mounting adapters, available for most models.

The completed ATV brush cutter project presented in this work provides an opportunity for the company to expand its product range and thereby increase its customer base in domestic and international markets. Based on economic calculations, the initial estimated production cost was €1980, which proved to be competitive and may create higher entry barriers for new entrants in the market. The outcome of the work was successful, as the aim of the author's thesis was fulfilled, and the first prototype of the brush cutter has been completed.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „ATV Skid Plates & Accessories“, *Iron Baltic*, [Online]. Available at: <https://ironbaltic.com/eu/node/1> (vaadatud 21. mai 2023).
- [2] „2-1-Plow-Buket-Camp.jpg (700×395)“, [Online]. Available at: <https://ironbaltic.com/images/2-1-Plow-Buket-Camp.jpg> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [3] „ATV UTV front Mulcher Honda, 2.999,95 €“, *ATV UTV front Mulcher Honda*, 2.999,95 €, [Online]. Available at: <https://www.motorsportgoetz.com/ATV-UTV-front-Mulcher-Honda> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [4] „same-2.JPG (739×494)“, [Online]. Available at: <https://flint.ee/proimage/same-2.JPG> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [5] A. B. OÜ, „Võsaniiduk AS 65 SCOUT | | Avaleht“, *Tööriistakeskus*, [Online]. Available at: <https://www.tooriistakeskus.ee/product/pid/9733/bid/9754> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [6] „DR Power Unveils The TreeChopper“, [Online]. Available at: <https://www.rurallifestyledealer.com/articles/2009-dr-power-unveils-the-treechopper> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [7] „ATV-Mounted Saw Makes Land Clearing Fun“, [Online]. Available at: [https://www.farmshow.com/a\\_article.php?aid=15877](https://www.farmshow.com/a_article.php?aid=15877) (vaadatud 7. aprill 2023).
- [8] „RAMMY Brush cutter 120 ATV PRO“, *Rammy*, [Online]. Available at: <https://rammy.fi/rammy-brushcutter-120-atv-pro/> (vaadatud 7. aprill 2023).
- [9] „Multš, külgväljavise või kogumiskott? - Stokker“, [Online]. Available at: <https://www.stokker.ee/uudis/mults-kulgväljavise-voi-kogumiskott> (vaadatud 9. aprill 2023).
- [10] M. S. G. & C. KG, „MWS Schneidwerkzeuge GmbH | Startseite“, *MWS Schneidwerkzeuge*, [Online]. Available at: <https://www.premiumcuttingsolutions.com/> (vaadatud 30. aprill 2023).
- [11] L. Naber, „BNT Galva OÜ - Eesti suurim teenusepakkuja galvaaniliste pinnakatete osas“, *BNT Galva OÜ - Elektrolüütide vasetamine, tsinkimine, tinatamine*, [Online]. Available at: <https://bntgalva.ee/> (vaadatud 1. mai 2023).
- [12] „Avaleht“, *Ferresto Laser*, [Online]. Available at: <https://ferresto.ee/> (vaadatud 1. mai 2023).
- [13] „Home“, *DANIVAL MW*, [Online]. Available at: <https://www.danival.ee/en/home/> (vaadatud 7. mai 2023).
- [14] admin, „LRD Metall OÜ“, *Kvaliteetsete ja laialdase keerukusastmega detailide tootmine*, 9. juuni 2014, [Online]. Available at: <http://lrd.ee/> (vaadatud 1. mai 2023).
- [15] P. T. OÜ, „Laagripukk UCFL 206“, *PERIKO TEHNIK OÜ*, [Online]. Available at: <https://www.periko.ee/et/a/laagripukk-ucfl-206> (vaadatud 2. mai 2023).
- [16] „Engine, vertical, 12.3Hp, Powerbuilt 3125, Briggs & Stratton - Briggs & Stratton - Maykers.com“, [Online]. Available at: [https://www.maykers.com/en-dk/products/engine-vertical-12-3hp-powerbuilt-3125-briggs-stratton--MPN\\_21R8770084B5](https://www.maykers.com/en-dk/products/engine-vertical-12-3hp-powerbuilt-3125-briggs-stratton--MPN_21R8770084B5) (vaadatud 3. mai 2023).
- [17] „V-BELT TAPER-PULLEYS SPZ À MOYEU AMOVIBLE (Modèle : A7-SPZ)“, [Online]. Available at: <https://www.michaud-chailly.fr/gb/poulie-gorge-trapezoidale-spz-moyeu-amovable-a7-spz/> (vaadatud 3. mai 2023).
- [18] „Jõuülekanne – Kavial – Laagrite Maailm“, 9. märts 2023, [Online]. Available at: <https://kavial.ee/et/products/transmission/> (vaadatud 3. mai 2023).
- [19] www.vaimo.com | www.lumav.com, „Koonuspuks (62250330) 1210 d=30mm | 1210 | Koonuspuksid | Koonuspuksid | Sidurid | Alas-Kuul e-pood“, [Online]. Available at: <https://www.alas-kuul.ee/koonuspuks-62250330-1210-d-20mm-tl-1210-30> (vaadatud 3. mai 2023).
- [20] www.vaimo.com | www.lumav.com, „Liistumaterjal | Liistuteras | Masinaehituse komponendid | Alas-Kuul e-pood“, [Online]. Available at: <https://www.alas-kuul.ee/masinaehituse-komponendid/liistuteras/liistumaterjal> (vaadatud 3. mai 2023).

- [21] „Belt Length Calculator“, [Online]. Available at: <https://www.omnicalculator.com/physics/belt-length> (vaadatud 5. mai 2023).
- [22] „Tööstustarvikud jae- ja hulgimüügis“, *Memi Varustaja*, [Online]. Available at: <https://www.memi.ee/> (vaadatud 5. mai 2023).
- [23] „Artium ITC OÜ“, [Online]. Available at: <https://artium.ee/Furniture> (vaadatud 10. mai 2023).
- [24] „uusvedrukataloog.pdf“. Vaadatud: 10. mai 2023. [Online]. Available at: <https://www.alas-kuul.ee/media/wysiwyg/CMS/uusvedrukataloog.pdf>
- [25] „Search“, *Iron Baltic*, [Online]. Available at: <https://ironbaltic.com/eu/search/node/mid-mount%20adapter> (vaadatud 11. mai 2023).
- [26] „Raskusjõud“, [Online]. Available at: <https://www.valem.ee/et/raskusjoud> (vaadatud 16. mai 2023).
- [27] P. Põdra, „Tugevusõpetuse MES0240 materjalid“, [Online]. Available at: <https://www.slideserve.com/cato/tugevus-petus>
- [28] T. e-pood, „MEHAANIKAINSENERI KÄSIRAAMAT“, *TalTech e-pood*, [Online]. Available at: <https://shop.taltech.ee/en/a/mehaanikainseneri-kasiraamat> (vaadatud 19. mai 2023).
- [29] K. Sonk, „Tooteprojekti EMT0135 materjalid“,
- [30] „MÜ00. Kasulikud valemid“, *füüsikaleksikon.ee*, [Online]. Available at: <https://xn--fsikaleksikon-woba.ee/artikkel/mehaanika-naidisulesanded/me1-kinemaatika/naidisulesanded-3-mitteuhtlane-liikumine/mu0-kasulikud-valemid/> (vaadatud 19. mai 2023).
- [31] „Newtoni teine seadus ehk dünaamika põhiseadus (Mehaanika)“, [Online]. Available at: <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/1286#/section/1286> (vaadatud 19. mai 2023).
- [32] „Jõumoment“, *füüsikaleksikon.ee*, [Online]. Available at: <https://xn--fsikaleksikon-woba.ee/artikkel/joumoment-ja-impulsimoment/joumoment/> (vaadatud 20. mai 2023).

## **LISAD**

- Lisa 1. Raam- 92.1001K
- Lisa 2. Paindega toru- 92.1020
- Lisa 3. Toruraam- 92.1020K
- Lisa 4. Torurull- 92.1023
- Lisa 5. Torurull- 92.1023K
- Lisa 6. Tsentreerimisvõll- 92.1024
- Lisa 7. Teraplaat- 92.1030K
- Lisa 8. Pikk ülekandevõll- 92.1033
- Lisa 9. Pikk ülekandevõll- 92.1033K
- Lisa 10. Terade hoidik- 92.1034
- Lisa 11. Laagri Korpus- 92.1036
- Lisa 12. Pingutusrulliku alusplaat- 92.1037
- Lisa 13. Pingutusrulliku kahvel- 92.1038
- Lisa 14. Pingutusrulliku distantspuks- 92.1040
- Lisa 15. Korpuse kate- 92.1041
- Lisa 16. Haage- 92.1101K
- Lisa 17. Võsaniiduk- 92.1000
- Lisa 18. Võllide koostamine- 92.1000
- Lisa 19. Siduri koostamine- 92.1000
- Lisa 20. Rihmade koostamine- 92.1000
- Lisa 21. Raami koostamine- 92.1000
- Lisa 22. Tükitabel- 92.1000