



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**MODULAARSE JA MULTIFUNKTSIONAALSE  
LEMMIKLOOMATOOTE ARENDUS  
DEVELOPMENT OF MODULAR AND INCLUSIVE PETCARE  
DEVICE  
MAGISTRITÖÖ**

Üliõpilane: Hans Koppel  
/nimi/

Üliõpilaskood 183015MATM

Juhendaja: Toivo Tähemaa, Teadur  
/nimi, amet/

(Tiitellehe pöördel)

## **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.

"24" mai 2020

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks**

Mina, Hans Koppel (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 19.01.1995 )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Modulaarse ja multifunktsionaalse lemmikloomatoote arendus“,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Toivo Tähemaa,

(*juhendaja nimi*)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

\_\_\_\_\_ (*allkiri*)

24.05.2020 (*kuupäev*)

**Mehaanika ja tööstustehnika instituut**  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Hans Koppel, 183015 MATM (nimi, üliõpilaskood)  
Õppekava, peeriala: MATM, tootearendus ja tootmistehnika (kood ja nimetus)  
**Juhendaja(d):** Teadur Toivo Tähemaa, telefon 509 1918 (amet, nimi, telefon)  
**Konsultant:** .....(nimi, amet)  
..... (ettevõtte, telefon, e-post)

**Lõputöö teema:**

(eesti keeles) Modulaarse ja multifunktsionaalse lemmikloomatoote arendus

(inglise keeles) Development of modular and inclusive petcare device

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Teostada taustauuring, kaardistada valdkonna toodete taustsüsteem ning potentsiaal uuele tootele
2. Töötada välja kontseptsioonid toote funktsioonide teostamiseks ning valida sobiv
3. Projekteerida terviklik ja uudne toote prototüüp
4. Prototüübi komponentide tellimine ja prototüübi koostamine ning testimine

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ülesande püstitus, eesmärgi sõnastamine	16.02.2020
2.	Turu-uuring ning toote esialgse kontseptsiooni moodustamine	01.03.2020
3.	Funktsioonide ja tehniliste lahenduste analüüs	22.03.2020
4.	Ostutoodete selekteerimine, toote projekteerimine	30.04.2020
5.	Töö vormistus	24.05.2020
6.	Prototüübi koostamine	31.05.2020

**Töö keel:** Eesti

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "25" mai 2020 a

**Üliõpilane:** Hans Koppel ..... "24" mai 2020 a

/allkiri/

**Juhendaja:** Toivo Tähemaa ..... ".....".....201....a

/allkiri/

**Konsultant:** ..... ".....".....201....a

/allkiri/

**Programmijuht:** ..... ".....".....201....a

/allkiri/

# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
1. SISSEJUHATUS .....	8
2. TAUSTAUURING .....	10
2.1 Turuanalüüs .....	10
2.1.1 GoDogGo Fetch Machine G4.....	10
2.1.2 iFetch .....	11
2.1.3 Ballready.....	13
2.1.4 iDogmate .....	14
2.1.5 VARRAM Pet Fitness.....	15
2.1.6 Petnet SmartFeeder.....	16
2.1.7 Turuanalüüsi kokkuvõte .....	17
2.2 Juriidiline taust .....	18
2.2.1 Automaatse palliheitja patent [15] .....	19
2.2.2 Looma toitmiseseadme ja meetodi patent [17] .....	21
2.3 Turunõudlus .....	22
2.3.1 PetCity [18].....	23
2.3.2 Varjupaikade MTÜ [19] .....	23
2.3.3 Pesaleidja MTÜ [20].....	24
2.3.4 Lõppkasutajad .....	25
2.3.5 Nõudluse kokkuvõte .....	28
3. TOOTE KONTSEPTSIOON .....	29
3.1 Palliheitmine .....	30
3.1.1 Lineaarlöökur.....	30
3.1.2 Pöördlöökur .....	31
3.1.3 Tsentrifugaalheitur .....	32
3.1.4 Rullikheitur.....	33
3.1.5 Palliheitmehhanismide võrdlus ja valik .....	33
3.2 Toidu võimaldamine .....	35
3.2.1 Kruvidosaator .....	35
3.2.2 Pöörlev ketasosaator.....	36
3.2.3 Pöörlev klappdosaator.....	36
3.2.4 Toidujaotite võrdlus ja valik.....	37
3.3 Värske vee võimaldamine .....	38
3.3.1 Surveplaadiga kraan.....	38
3.3.2 Gravitatsiooni toimel täituv joogikauss.....	39
3.3.3 Tilaga klapp.....	39

3.3.4 Veejaotite võrdlus .....	40
3.4 Toote arhitektuur.....	40
3.4.1 Radiaalsuunas paiknevad moodulid.....	41
3.4.2 Kõrvuti paiknevad moodulid .....	42
3.4.3 Tsentraalse baasmooduli ümber paiknevad moodulid .....	43
3.4.4 Vertikaalselt paiknevad moodulid .....	44
3.4.5 Toote arhitektuuride järelused.....	45
4. TOOTE PROTOTÜÜBI PROJEKTEERIMINE .....	46
4.1 Palliviskemooduli projekteerimine .....	47
4.1.1 Pöördajamite valik.....	47
4.1.2 Palliheitemooduli abikomponendid .....	50
4.1.3 Palliheitemooduli mehaanilised komponendid .....	52
4.2 Söögimooduli projekteerimine .....	56
4.2.1 Kruvisööturi ajami valik .....	56
4.2.2 Söögimooduli mehaanilised komponendid.....	60
4.3 Joogimooduli projekteerimine.....	64
4.3.1 Veesüsteemi komponendid .....	64
4.3.2 Joogimooduli mehaanilised komponendid .....	67
4.4 Elektroonikakomponendid .....	71
4.4.1 Aku valik.....	73
4.5 Tehniliste lahenduste integratsioon .....	75
KOKKUVÕTE .....	82
SUMMARY.....	84
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	86
LISAD .....	89

## EESSÕNA

Magistritöö teema on valitud töö autori poolt vastavalt autori isiklikule pallihullule koerale, kellel autori hinnangul oleks hädasti tegevust pakkuvat toodet vaja. Lähteandmete kogumiseks uuriti turul olemasolevaid tooteid, suheldi erinevate loomapoodide ning koertega tegelevate asutustega ning korraldati laiapõhjaline tarbijaküsitlus koerteomanike seas. Uurides erinevate koeraomanike huvi säärase toote vastu nähtus, et tegemist võiks olla turul eduka tootega, millest formuleeriti lähteandmed toote projekteerimiseks ning mistõttu toote prototüübi põhjalik arendus ka ette võeti. Soovin siinkohal tänada magistritöö juhendajat Toivo Tähemaad, kes terve töö kirjutamise ning toote arendamise vältel aktiivselt ja abivalmilt kaasa mõtles ning innustas autorit toodet tõsiselt erinevates suundades arendama. Kogutud lähteandmete ja arenduse tulemusena valmis multifunktsionaalse ja modulaarse lemmikloomatootena palli heitva ning toitu ja vett serveeriva toote prototüübi teemal magistritöö.

# 1. SISSEJUHATUS

Koerad on sotsiaalsed loomad, kes sõltuvad oma peremeestest, et saada piisav kogus füüsilist aktiivsust, tähelepanu ning toitu. Üksildus ja stimuleerimatus pikema perioodi jooksul võib tekitada koertes tõsist stressi ja ärevust, mis võib väljenduda erinevat tüüpi problemaatilises käitumises või tunnustes, nagu näiteks laastav või rahutu käitumine, haukumine, kaevamine jne [1]. Paraku ei ole koera peremehel või pereliikmetel oma igapäevaste tegevuste kõrvalt alati võimalik koera eest hoolitseda, mistõttu on käesoleva magistritöö fookuseks lemmikloomi, eelkõige koeri omavatele inimestele ette nähtud toote arendus ja projekteerimine, mis võimaldaks lemmiklooma lõbustamist ning toitmist ilma inimeste pideva juuresoleku ning sekkumiseta. Töö käigus selgitatakse välja ka muud võimalikud vajalikud funktsionaalsused ja omadused, mida oleks tarvis tootesse integreerida.

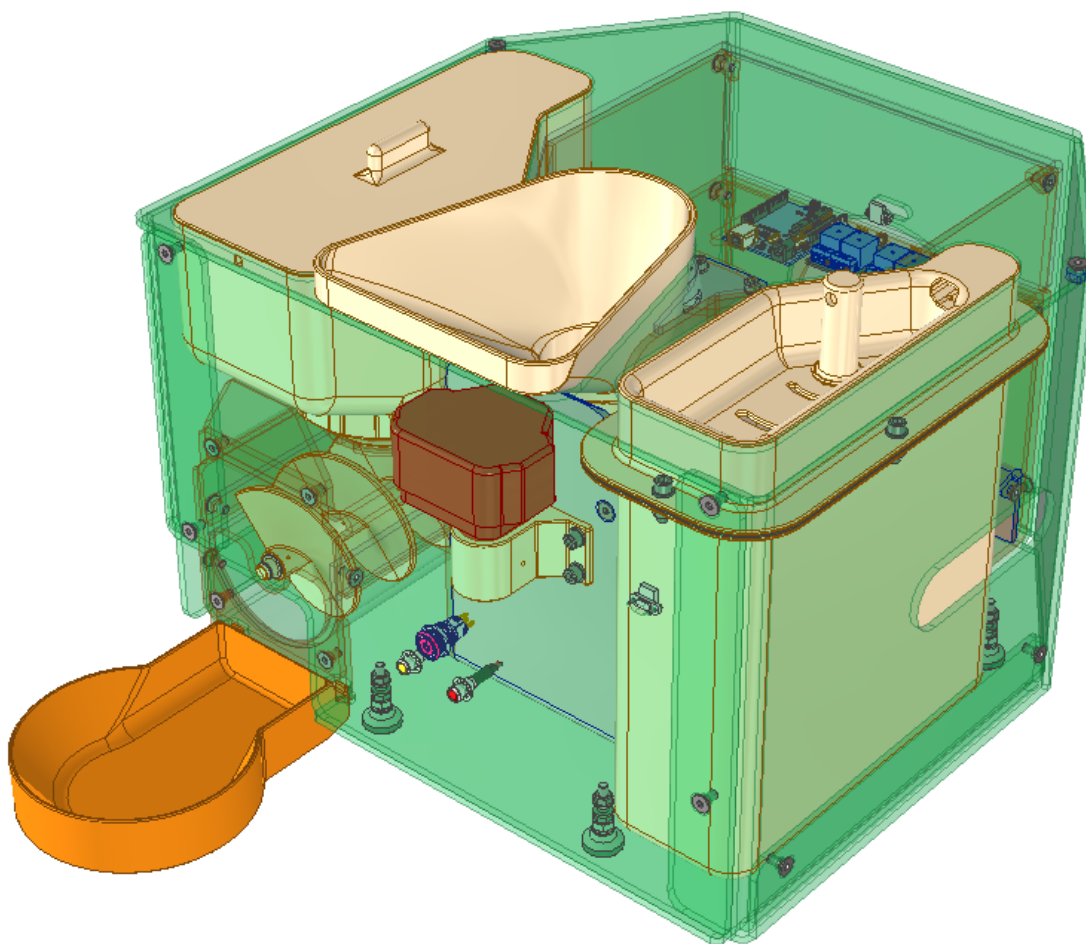
Magistritöö eesmärk on arendada ning projekteerida multifunktsionaalne ja autonoomne lemmiklooma põhivajadusi rahuldav ehk looma lõbustava ning söötva seadme prototüüp, võimaldamaks toodet omavale isikule või perele täiendavat vabadust viibida kodust lühiajaliselt eemal või tegeleda kodus millegi muu kui lemmikloomaga, samal ajal kui lemmiklooma hoiab tegevuses ning toidab automaatne seade. Samuti vähendab toote olemasolu ohtu, et koer pere äraolekul tegevusetuse tõttu esemeid hävitab, ära jookseb või muud moodi ebasoovitavalt käitub. Toote peamiseks sihtgrupiks on koera omavad isikud või pered, kus koera peetakse välitingimustes. Seetõttu on tootele esitatavad peamised nõudmised funktsionaalsuste töökindlus, ohutus, vastupidavus võimalikele väärkasutustele ning esteetiline välimus. Toote eesmärk ei ole asendada lemmikloomale pühendatavat inimlikku tähelepanu, kuid eesmärk on pakkuda lemmikloomale alternatiivset tegevust ja põhivajaduste tagamist ajal, mil inimestel ei ole võimalik koerale tähelepanu pöörata.

Prototüübi arenduse käigus uuritakse Euroopa Liidus kehtivaid direktiive ja standardeid, millele toode peaks vastama, et tagada toote ohutus ja turustamise legaalsus. Samuti uuritakse kehtivaid patente, et vältida õiguslikke vaidlusi ning ammutada tehniliste lahenduste osas ideid. Lisaks analüüsitakse turul olemasolevaid tooteid, suheldakse potentsiaalsete võtmeklientidega ning kaardistatakse lõpptarbijate ootusi, et luua alus toote arendamiseks konkreetsete parameetrite ja nõudmiste näol. Seejärel luuakse erinevaid kontseptsioone ning hinnatakse neid hindamismaatriksi ning analüütilise lähenemise abil. Toote prototüüpi projekteerides valitakse ostutooted ning projekteeritakse detailne prototüübi 3D mudel, vormistatakse seadme tootmisjoonised ning teostatakse asjakohased tugevusarvutused lõplike elementide meetodil. Töö üks



eesmärkidest on valmistada tähtsamatest funktsioonikandjatest ka füüsiline prototüüp, et katsetada arendatud printsiipide toimivust reaalsetes tingimustes.

Töö tulemusena projekteeriti tarkvara Autodesk Inventor Professional 2020 abil keskmistele kuni suurtele koortele mõeldud multifunktsionaalne ja modulaarne toode, mis rahuldab looma põhivajadusi ehk võimaldab vastavalt vajadusele toitu, joogivett ning füüsilist aktiivsust pallimängu näol. Arendustegevuse fookus ja seonduvad mõtted täpsustusid pidevalt töö käigus ning lõppresultaadina valmis rohkemate funktsionaalsustega projekt, kui algset planeeritud. Töö lisadest leiab valiku projekteeritud prototüübi tootmisjoonistest.



Joonis 1.1 – Töö tulemusena projekteeritud prototüübi 3D CAD mudel

## 2. TAUSTAUURING

Toote turule toomiseks kaardistatakse turu pakkumise ja nõudluse osa, mille järgi on võimalik hinnata toote eeldatavat edukust ning konkurentsi turul. Pakkumist uuritakse läbi turuanalüüsi ning sellega vaadeldakse turul olemasolevaid tooteid. Nõudlust uuritakse tarbijaküsitluse abil ning sellega vaadeldakse potentsiaalsete klientide ootusi toodetele ning vastuvõtlikkust pakutud tootele. Pakkumise ja nõudluse osade sisu ning nende tulemuste analüüs on lähteinfo ka toote eeldatava sihthinna määramiseks. Seejärel uuritakse kavandatava toote vaates asjakohast õiguslikku raamistikku kahes osas - uuritakse Euroopa regulatsioone ning kehtivaid patente, mis võivad seada tootele piiranguid või lisanõudeid. Kehtivaid patente on oluline arvestada ka seepärast, et vältida võimalikke tulevasi patendiriiveid ning selle tõttu tekkida võivad õiguslikke vaidlusi. Taustauuringu tulemusel valmib kavandatava toote üldine kontseptuaalne alus.

### 2.1 Turuanalüüs

Taustainfo hankimiseks teostatakse esmalt turul olemasolevaid tooteid, mis seonduvad lemmikloomade löbustamise, hoolitsuse või toitmisega. Turuanalüüsi eesmärk on saavutada ülevaade olemasolevate toodete funktsionaalsusest, et leida potentsiaal kavandatava toote turule paiskamiseks. Turuanalüüsi tulemusel valmib ka võrdlusbaas, mille põhjal on võimalik erinevaid olemasolevaid tooteid hinnata ning kavandatavale tootele vastavalt lähteandmeid, nõudeid ning ideid rakendada.

#### 2.1.1 GoDogGo Fetch Machine G4



Joonis 2.1 GoDogGo Fetch Machine G4 [2]

Hind: \$179.99 USD

Mõõtmed: 343 x 343 x 425 mm (pikkus x laius x kõrgus)

Kaal: 3,2 kg

USA pereettevõtte GoDogGo Inc. pakub seadet, mis heidab automaatselt või kaugjuhitavalt koerale palli. Seadme ülemises osas on sügavam kauss, kuhu koer palli asetab, misjärel pall liigub heitepessa, kust see sätestatud viivituse järel heidetakse kaarja trajektooriga 7 kuni 18 meetri kaugusele, olenevalt pallist ning seadistusest. Seade toetab erinevate pallide kasutamist diameetriga 45 kuni 66 millimeetrit. Seadme ostuga antakse kaasa 2 palli, kuid ettevõtte ka müüb erinevas suuruses ning erinevat sorti palle.

Seadet küll reklaamitakse kui ohutut süsteemi varustatuna turvaanduritega, et vältida koera pihta palli heitmist, kuid samas on välja toodud nõue, et koer tuleks treenida nõnda, et ta seisaks heidet oodates vähemalt 2 jala (ca 60 cm) kaugusel seadmest. Tootelehe järgi on seadme elektriliseks toimiseks 2 varianti – kas kaabliga majapidamisvoolust, mis toiteploki muundatakse 240 voldile, või akuga, mille kohta paraku rohkem infot ei ole antud. Tootest on ka pisem variant GoDogGo Jr Fetch Machine, mõeldud pisematele koertele või tubaseks kasutamiseks. Piltide põhjal võib oletada, et seadme korpus koosneb plastikdetailidest, mis võivad olla koerte närimiskiusatuste tõttu küllaltki lihtsasti kahjustatavad. Seadmele müüakse eraldi kilekatet, et hoida seadet niiskuskahjustuste eest, seega pole seade ette nähtud välitingimustes hoides vastu pidama. Seadmepõhise autonoomse ning kaugjuhitava režiimi puhul saab kaugjuhtimispuldiga sobival ajal palli heita. Autonoomse režiimi puhul on võimalik valida kolme viivituseseadistuse vahel, mis määrab ära viivituse palli sisestamisest palli heitmiseni. Toote hinna sees on 6 kuu pikkune garantiiperiood.

### 2.1.2 iFetch



Joonis 2.2 - iFetch Too [3]

Hind: \$199.99 USD

Mõõtmed: 300 x 200 x 200 mm (pikkus x laius x kõrgus)

Kaal: 5,6 kg

USA ettevõtte iFetch pakub tooteperekonda, millesse kuuluvad muuhulgas iFetch Original ning iFetch Too, millest mõlemad heidavad koerale sisestatud palli, kuid on mõeldud erineva suurusega koerte jaoks. Tegemist on populaarseima koertele mõeldud palli heitva tootega. Toote ideega tuldi välja aastal 2013, kui käivitati hooandja kampaania, mille eesmärk oli koguda \$20000 toote välja arendamiseks. 30 päevaga suudeti koguda tervenisti \$88000, kaasates 1000 annetajat.

Seade on ümaramate vormidega ning plastikkorpusega, kus peal ning küljel on suudmed. Pealmisse suudmesse sisestab koer palli, mille seade mõnesekundilise viivituse järel välja paiskab, heites palli võrdlemisi horisontaalset trajektoori mööda 3 kuni 12 meetri kaugusele, olenevalt eelnevast seadistusest. Tootega kasutamiseks on ette nähtud pallid diameetriga 63,5 mm, selleks pakub ettevõtte oma firmamärgiga tennisepalli laadseid palle ning ka tugevamaid plastikust palle. Samas on tootelehel märgitud, et kasutamiseks sobib ka tavaline tennisepall. Toote ostuga antakse kaasa 3 iFetch firmamärgiga palli.

Toote kirjelduses ei ole mainitud ohutuse teemat ega kirjeldatud, kuidas õpetada koera toodet kasutama. Tootelehe järgi on seadme elektriliseks toimimiseks 2 varianti – kas kaabliga majapidamisvoolust vastavate adapteritega 110 V ja 220 V jaoks, või akuga, mis peaks vastu pidama 300 heitetsükli. Piltide järgi võib oletada, et seadme korpus koosneb suurematest plastikdetailidest, mis võivad koerte võimalikele närimiskiusatustele siiski küllaltki hästi vastu pidada tänu kasutatud ümaratele vormidele. Toote hinna sees on 12 kuu pikkune garantiiperiood, eeldusel et seadet ei viida USA-st välja. Seadme garantii ei kata ilmaoludest tulenevaid ning loomade poolt põhjustatud kahjustusi.

Seadme Amazoni tootelehel [4] on leitavad kommentaarid toote kohta, kus mitmed kiidavad toote funktsionaalsust, kuid on ka mitmeid negatiivseid arvamusi toote töökindluse kohta. Toote peamiseks kitsaskohaks paistab olevat töökindlus, kuna mitmetel klientidel on toode vaid mõnepäevase kasutuse järel muutunud kasutuskõlbmatuks, peamiselt heitemehhanismina kasutatud kummist hammasrataste kulumise tõttu. Samuti on mitmeid kommentaare, kus kurdetakse, et tarnitud seade ei töötanud üldse või oli füüsiliselt kahjustatud.

### 2.1.3 Ballready



Joonis 2.3 - Ballready [5]

Hind: \$299.00 USD

Mõõtmed: 300 x 300 x 200 (pikkus x laius x kõrgus)

Kaal: 2,5 kg

Hooandjakeskkonnas IndieGoGo on esindatud Korea toode Ballready, mis kampaania infolehe järgi heidab koertele sisestatud palli ning premeerib palliga mängimist maiuste jagamisega. Samuti peaks toode andma koerale süüa vastavalt seadistatud toidukordadele. Toode on ette nähtud väikestele koertele. Toote ideed hakati arendama aastal 2012, aastal 2016 tuldi välja hooandjakampaaniaga, et kaasata raha – eesmärk oli kolme kuuga kaasata \$20000. Kaasata õnnestus \$20584 150 toetaja abiga, kuid kampaania lehel puudub info, mis tootest edasi sai, samuti ei ole toote kohta võimalik leida ühtegi ametlikku lehte ega müügiartiklit, mistõttu jääb mulje, et hooandjakampaania näol oli tegemist petuskeemiga. Amazonis on küll olemas toote müügileht [5], kuid toode ei ole juba aastast 2016 olnud saadaval.

Seadme korpus on külgedelt ümara, kuid pealt nõgusa vormiga plastikkest, kus peal on avaus palli sisestamiseks ning küljel avaus palli välja heitmiseks. Seadme teisel küljel on ka kauss, kuhu jagatakse maiustusi või toitu. Maiustused ja toit hoiustatakse pisikeses sahtlis, mis on toidukausi läheduses, kuid sahtel on näiliselt nõnda pisike, et suuremale koerale ei jätkuks sellest ka üheks toidukorraks. Seadme küljel on ka kolm nuppu, millega saab seadistada heitekaugust, maiustuste jagamise sagedust ning toidukordade intervalli. Toode võimaldab palli läbimõõduga 40 mm heita kuni 5 meetri kaugusele. Toote seadistuskonfiguratsioonid ei näi võimaldavat toote jätkusuutlikku autonoomset toimimist ilma kasutaja sagedase juuresolekuta toidusahtli väikese mahu tõttu. Seade töötab liitiumioonaku toimel.

Seadme Amazoni müügilehel, kust küll seadet enam võimalik tellida pole, on vaid 4 kommentaari toote kohta, millest kaks on positiivsed ning kiidavat toote mõtet ja funktsionaalsust, ülejäänud kaks laidavad toote kvaliteeti ja tõsiasja, et

heitemehhanism vaevu üldse viskab palli. Ka toote hooandjakampaania veebilehe tagasisidest nähtub, et inimestele toote idee ja kontseptsioon meeldib, mistõttu võib oletada, et kui toode oleks reaalselt leitav ning kättesaadav, siis oleks sellel ka nõudlust. Seda kinnitavad ka mõned hindavad ülevaated tootest, kus on välja toodud, et oodatakse söötmissfunktsionaalsuse lisamist ka teistele palli heitvatele toodetele [6].

#### 2.1.4 iDogmate



Joonis 2.4 - iDogmate [7]

Hind: \$199.00 USD

Mõõtmed: 340 x 340 x 249 (pikkus x laius x kõrgus)

Kaal: 4,9 kg

iDogmate on suurematele koertele mõeldud palli heitev toode. Seade võimaldab tennisepalli suurust, 63,5 mm läbimõõduga palli heita viiele erinevale kaugusele – valida saab 3, 6, 9, 12 ja 15 meetri kauguste seadistuste hulgast. Seadmel on ka juhuslik kauguse seadistus, kus heitekaugust varieeritakse juhuslikkuse alusel eelmainitud distantside hulgast. Seade on puldi abil kaugjuhitav, kuid tootelehe järgi ei ole toode autonoomselt toimiv, kuna vajab puldist opereerimist selleks, et palliheide toimuks. Seetõttu on seade küll ohutum, kuid autonoomsusfunktsiooni toode täita ei suuda. Seade töötab liitiumioonaku pealt, mille kohta lubatakse kuni tuhandet viset ühe laadimistsükli kohta. Toote hinna sees on lisaks heiteseadmele kolm ettevõtte enda kujundusega palli, liitiumioonaku, toitekaabel, toiteplokk ja kasutusjuhend.

Seade koosneb plastikkorpusest, mis erinevalt enamusest turul olevatest toodetest on kandiliste vormidega. Seadme ülaosas on kolu, kuhu koer saab lihtsasti palli sisestada, mis juhib palli heitepessa. Pall heidetakse välja seadme küljelt. Korpuse külgedel on ka pesad, mis võimaldavad toodet kergesti tõsta ning teisaldada. Toote kuju mõjub meeldivalt, kuna kandilised servad ei ole päris sirged, seega paistab toote disain viimistletud ja esteetiline. Heitemehhanism näib olevat teostatud rullikutega, kuna enne

heite toimumist on videotelt kuulda pöörete sujuvat kasvumist, mis peale heidet sujuvalt vaibuvad.

Vaadates toote arvustusi [8], on seadme toimivuse osas nii hulga pretensioone kui ka positiivset tagasisidet. Eriti palju tuuakse välja puldi madalana näivat kvaliteeti. Ka seadme suuruse osas on negatiivseid arvustusi, samas on ka arvamus, et kandilise kuju ja suuruse tõttu on toode stabiilsem. Paljudel klientidel on olnud probleeme seadme töökindlusega ning kohati on neile tarnitud katkine või mittekomplektne toode. Tuuakse ka välja, et märja või ilase palli korral ei lenda pall kuigi kaugemale ning see kipub seadet ummistama. Samuti on mõne tagasisidega öeldud, et seade suudab heita palli maksimaalselt 5 meetri kaugusele, mis on oluliselt vähem kui lubatud. Jääb selgusetuks, kas selle põhjuseks on praaktoode või on põhjused kuskil mujal. Ka tootjapoolne klienditugi on arvustuste kohaselt nigel.

### **2.1.5 VARRAM Pet Fitness**



Joonis 2.5 - VARRAM Pet Fitness robot [9]

Hind: \$99.00 USD

Mõõtmed: 165 x 127 x 103 mm (pikkus x laius x kõrgus)

Kaal: 0,5 kg

Korea ettevõtte VARRAM pakub pisemate lemmikloomadega tegelemiseks mõeldud robotit, mis sõidab mööda tuba ringi ning jaotab aeg-ajalt loomale maiuseid ning mängib erinevaid helisid. Eesmärk on mööda tuba juhuslikku trajektoori mööda ringi sõites intrigeerida loomi, pannes nad liikuma, motiveerides lisaks põnevusele maiuste jagamisega. Toode sai alguse aastal 2018 hooandjakampaania toel, mis lõppes aprillis 2019 ning millega koguti kokku \$163778 1588 toetaja kaudu. Toodet hakati tootma veebruaris 2019. Ametlikult veebilehelt on küll tooted otsas, kuid Amazonist tellides on toode saadaval ka Eestis.

Tootelehe järgi on seade juhitud nutitelefoni läbi Bluetooth 4.2 liidese ning seade toimib nii manuaalse juhtimise kui ka automaatse programmi läbi. Läbi nutitelefoni rakenduse on võimalik ka jälgida kogutud statistikat seadme toimimise kohta, andes

infot lemmiklooma aktiivsuse kohta. Seade töötab 3,7 V pingega ning 800 mAh mahutavusega liitiumpolümeeraku toimel, mis kestab neli tundi pideval toimimisel või 24 tundi ooterežiimis. Tootelehe järgi õpib seade tundma ruumi, milles see opereerib, suutes seeläbi trajektoori juhuslikult genereerida.

Seade on silinderja kujuga, mille otstes on rattad, mis seadme liikumist teostavad. Ühel toote poolel on paneel, mis näeb välja kui silmapaar, mille puhul on tõenäoliselt tegemist anduritega. Paneeli all on avaus, kust maiuseid välja poetatakse. Toote kest koosneb silikoonist põhikorpusest, millele lisandub ümber kaitsev ja vahetatav polükarbonaadist kest, mis kaitseb seadme õrnemaid osi ning on vastupidav loomade puremisele.

Amazoni tootelehe [10] tagasiside järgi on suurem osa klientidest toote funktsionaalsuse ja kvaliteediga rahul, kuid tuuakse ka välja, et toode ei sobi suurematele koertele, kes toote hammastega hõlpsasti katki ning kasutamatuks suudavad teha.

### 2.1.6 Petnet SmartFeeder



Joonis 2.6 - Petnet SmartFeeder [11]

Hind: \$99.00

Mõõtmed: 362 x 234 x 389 (kõrgus x laius x sügavus)

Kaal: 5,1 kg

Ettevõtte Petnet ainuke toode Petnet SmartFeeder on lemmikloomade, peamiselt koerte ja kasside automatiseeritud toitmiseks ette nähtud seade. Toote jagatavate portsjonite suurust ja ajastust saab nutitelefoni rakenduse abil kaugelt juhtida – seade on ühendatud juhtmevabalt internetivõrku. Seadmesse on integreeritud andur mõõtmaks toidu kogust mahutis, mille andmeid saab rakendusest jälgida, seejuures võimaldades teavitusi sätestada. Rakendus võimaldab loomale antava portsjoni suurust arvutada ka looma liigi, kaalu, vanuse ja aktiivsuse järgi, mille põhjal rakendus arvutab välja ning pakub kasutajale optimaalset kogust. Toode on juhitav ka Google Home või Amazon Alexa rakenduste võimalusi kasutades. Seadmes on võimalik hoiustada kuni 3,2 kg või



0,6 liitrit looma kuivkröbinaid. Portsjoni suurust saab varieerida vahemikus 15 kuni 355 ml. Toiduosakese suurus peab jääma vahemikku läbimõõdult 3 kuni 16 mm. Toode on mõeldud lemmikloomadele kaaluga kuni 27 kg. Toode toidab liitiumiooniaku, mis kestab kuni 2 päeva. Toode ei ole soovitatav kasutada mitme erineva looma jaoks. Seadme ostuga antakse kaasa aastane garantii ning USA piires ka klienditugi.

Seade on poolümarate vormidega ning kitsa ehitusega. Seadme eesmisel küljel on toidukauss, mille kohal on avaus, kust toitu kaussi jaotatakse. Avause kohal on juhtimisnupp ning seadme ülemises osas läbipaistev konteiner, kus hoiustatakse toitu. Toidukonteiner ja söögikauss on eemaldatavad, võimaldamaks neid hõlpsasti pesta, mis on hügieeni seisukohast oluline. Toidumahuti on iselukustuva loomalukuga ning valmistatud tugevast plastikust, vältimaks loomale ligipääsu konteineris olevale toidule.

Amazoni tootelehe [12] tagasiside seadme osas on vastakas, seejuures on negatiivseid arvustusi veidi rohkem kui positiivseid reitinguid. Valdavalt ollakse seadme mehaanika osaga rahul, kuid laidetakse seadme juhtimisrakenduse kvaliteeti ja kasutatavust. Sageli tuuakse arvustustes esile probleeme seadme ühendatavusega. Kuna seadme põhiline ülesanne on olla usaldusväärseks lemmiklooma toitjaks, on probleemid töökindlusega arusaadavalt frustrerivad ning selle toote puhul on taolisi probleeme arvustuste põhjal rohkesti.

### **2.1.7 Turuanalüüsi kokkuvõte**

Turuanalüüsist selgub, et koertele ja teistele lemmikloomadele ette nähtud tooteid on küll turul küllaldaselt, kuid peamiselt on tooted ette nähtud väiksematele koertele ja lemmikloomadele. Turul ei leidu saadaolevat toodet, mis lisaks koera lõbustamisele pakuks ka koerale ette nähtud toidukordade võimaldamist. Põhjalikumalt vaadeldi kuute toodet, mis on võrdlevate hinnanguportaalide poolt kiidetud ning esile tõstetud ning mis esindasid potentsiaali täita lemmikloomade lõbustamise funktsiooni ilma inimese pideva sekkumiseta.

Turuanalüüsis paistis teiste seast välja toode Ballready, mis on kõige kallim ning kõige laiem funktsionaalsusega, kuid mida pole realselt saada. Ka toote osas leitav vastukaja ajal, mida toodet lubati turule tuua, oli positiivses mõttes märkimisväärne. Seetõttu võib järeldada, et turul on olemas ootus ning ruum taolise toote jaoks – kui kohaldada sarnane toode veel sobivaks ka suurematele loomadele, võiks tootel olla märkimisväärne kandepind turul.

Tabel 2.1 – Turuanalüüsi kokkuvõttev ning võrdlev tabel

Toode	Hind, \$USD	Funktsionaalsus	Kuju	Mõõdud, mm	Kaal, kg	Aku kestus
GoDogGo	179.99	Palliheitmine, 7-18 m	Korpus mitmest osast,	343 x 343 x 425	3,2	Info pole saadaval
iFetch	199.99	Palliheitmine, 3-12 m	Ümar	300 x 200 x 200	5,6	300 heitetsükli
Ballready	299.00	Palliheitmine, 5 m Maiuste jagamine	Ümar	300 x 300 x 200	2,5	Info pole saadaval
iDogmate	199.00	Palliheitmine, 3-15 m Puldiga juhtimine	Kandiline	340 x 340 x 249	4,9	1000 heitetsükli
VARRAM	99.00	Liikumine Heli mängimine Maiuste jagamine	Silindriline	165 x 127 x 103	0,5	4 tundi tööaeg 24 tundi
Petnet Smart-Feeder	99.00	Automaatne toitlustamine	Piklik	362 x 234 x 389	5,1	Kuni 2 päeva

## 2.2 Juriidiline taust

Toote edukaks turustamiseks on tarvilik tagada, et toode oleks kooskõlas Euroopas kehtivate standardite ja nõuetega. Euroopas on rangelt reguleeritud raamistik veterinaarseadmetele ehk seadetele, mis seostuvad loomameditsiini, haiguste diagnoosimise või ravimisega või mis on ette nähtud loomadele sisemiseks kasutamiseks [13]. Loomadele ette nähtud muude seadmete osas konkreetset regulatsioonid puuduvad, mistõttu peavad seadmed vastama vaid masinadirektiivi nõuetele.

Loomadele tooteid pakkuvad ettevõtted USAs on täpsete regulatsioonide puudumise tõttu kohaldanud toodetele laste mänguasjadele rakenduvaid regulatsioone, et näidata hoolivust loomade suhtes. Nii Euroopas kui ka USAs on juhtumeid, kus erinevad ametid on tagasi kutsunud loomadele mõeldud tooteid, kuna need on sisaldanud loomadele ohtlikke kemikaale või osi, mis loomadele alla neelates ohtlikuks võivad osutuda.

Seetõttu on soovitatav, et loomadele mõeldud tooted on disainitud rangemaid nõudeid silmas pidades, kui seadused ja regulatsioonid otseselt nõuavad [14].

Toote ja tehnilise lahenduse välja töötamisel on tarvilik silmas pidada kehtivaid patente, kuna patendiga kaitstud lahenduse kasutamine on ebaseaduslik ning ebaeetiline, samuti võib patendirikkumine kaasa tuua õiguslikud vaidlused ja kulud. Patentidel on tavaliselt lahti seletatud ka patenteeritud toote tehniline lahendus, mistõttu võib patentide läbi töötamine osutuda kasulikuks allikaks tehniliste lahenduste genereerimisel. USAs kehtivaid patente on palju, kuid patente, mis kehtiksid ka Euroopas, on oluliselt vähem – järgnevalt on välja toodud vaid Euroopas kehtivad patendid.

### 2.2.1 Automaatse palliheitja patent [15]

Ettevõtte PetSafe palliheiteseadme kohta on kaks kehtivat patenti, millest üks kaitseb seadme viskemehhanismi tehnilist lahendust, teine seadme välimust ja kuju. Kuju kaitsev patent kehtib vaid Ameerika Ühendriikides, tehnilist lahendust käsitlev patent on kehtiv ka Euroopa Liidus ning seetõttu kohaldub patent ka Eestis. Siinkohal keskendutakse tehnilist lahendust käsitlevale patendile EP 3 206 483 B1, mis taodeldi 18.11.2015 ning sai heakskiidu 25.09.2019. Patendi pealkiri on *Automatic Ball Launcher*. Patent käsitleb loomi treenivat seadet, mis heidab automaatselt seadme pealsesse avausse sisestatud palli. Patendiga esitatakse nõudmine 20 detailsele tehnilisele lahendusele. Reserveeritud 20 detailse tehnilise lahenduse hulgas on mitmeid punkte, mis üksteisega suurel määral kattuvad.

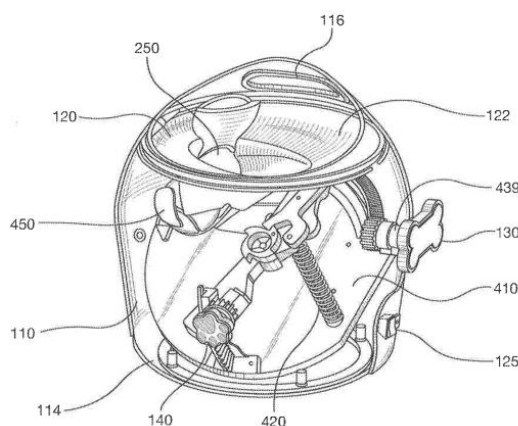


FIG. 2B

Joonis 2.7 - Patendi EP 3 206 483 B1 skeem 2B [15]

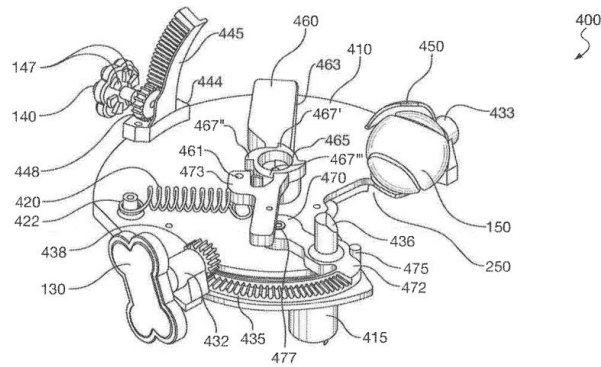


FIG. 4A

Joonis 2.8 - Patendi EP 3 206 483 B1 skeem 4A [15]

Toote korpus on pealt nõgus, moodustades leetri, mis suunab sisestatud palli heitepesa. Pealt on seadme kuju selline, et palli asetamine letrisse toimuks seadme tagantpoolt, samal ajal kui pall heidetakse välja seadme eesotsast, maandamaks riski tabada heidetud palliga mängivat looma. Heitepesa asub platvormil ehk tasapinnal, millele on ehitatud kogu heitemehhanism. Heitemehhanism koosneb haamrist, mis teostab palli lööki, vedrupingutist koos pingutusdetailiga, pöörlevast võllist ning sellele kinnitatud hammastega otsast. Seadme korpusest ulatuvad välja kaks pööratavat seadistusnuppu, millega saab seadistada palli heitekaugust ja -nurka, muutes vastavalt vedru pingutusastet ning tasapinna kaldenurka. Tasapinna tsentris asuvat võlli käitab elektrimootor koos ülekandega, mistõttu pöörleb ka võllile kinnitatud hammastega plaat, mis vabastab löökhaamri pöörlemise, mille peale vedrusse salvestatud potentsiaalne energia muundatakse löökhaamri kineetiliseks energiaks.

Patendiga reserveeritakse õigused tervikliku eelkirjeldatud tehnilise lahenduse osas. Lisaks reserveeritakse õigused eelkirjeldatud tehnilise lahenduse juurde kuuluvate detailsete tehniliste alamlahenduste osas, mille hulgas olulisemad on:

- Palli pesa jõudmist tuvastav lüliti, mis saadab signaali elektrimootorile käivitamiseks võlli pöörlemise eelnevalt seadistatud ajaks.
- Vedru kinnituslahendus, kus pöörlemise alguses vedru pingutatakse lisaks eelseadistatule, kusjuures pöörlemist üle kandev võll ulatub läbi platvormi.
- Radiaalselt võrdselt jaotatud nelja hambaga plaat, mis elektrimootori toimel pöörleb nii kaua kui on vajalik, et vabastada aktiivne hammas ning et aktiveerida järgmine hammas.
- Lökhaamri ja pingutusdetailide omavaheline asetus ning konfiguratsioon, mis tagab eelkirjeldatud löögi efekti.
- Seadistusnuppude tööprintsip, mida pöörates liigutatakse hammaslatti pidi paika eelseadistus.

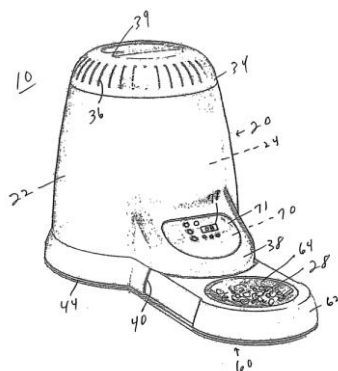
PetSafe Automatic Ball Launcher toode on PetCity regioonijuhi Margit Viilipi sõnul töökirjutamise ajal jõudmas ka Eesti turule, väidetavalt leidub ka Eesti turul arvestatav

huvi toote vastu. Kuigi töö kirjutamise ajal toodet veel Eesti veebipoodidest leida ei õnnestu, on toode Amazonis müügil hinnaga \$159.99 [16].

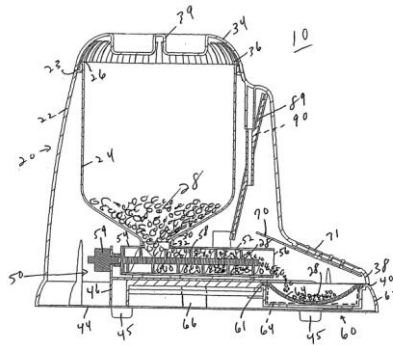
## 2.2.2 Looma toitmiseseadme ja meetodi patent [17]

Koduloomade söötmise automatiseerimiseks mõeldud toote tehnilise lahenduse ja meetodi osas on Euroopas kehtiv patent EP 1 732 381 B1. Patendist on ka teisi versioone, mis kehtestavad patenti ka mujal maailmas. Patent taodeti 21.03.2005 ning patent sai heakskiidu 31.07.2013. Patendi pealkiri on *Animal Feeding Device and Method* ning see käsitleb automatiseeritud looma toitmise funktsiooni täitvat leiutist, mis suudab individuaalseid loomi tuvastada ning neile vastavalt vajadusele söögi jagamist reguleerida, et tagada loomade dieetide ning toidurutiinide täitmine. Patendis kirjeldatud lahendus on peamiselt mõeldud loomadele, kellel on tervislikel põhjustel tarvilik rangelt jälgida toitumise koguseid ja ajastust. Patendiga esitatakse nõue 24 detailse tehnilise lahenduse osas, millest mitmed üksteisega suurel määral kattuvad.

Lahendus koosneb korpusest, kaanega mahutist ja kahe positsiooniga toidukaussist. Korpuses asetseb pisike kestaga kruvikonveier, millele toit lehtrist sisse saab joosta ning mis elektrimootori toimele pööreldes transpordib toitu sisemises asendis toidukaussi. Toidukaussile on ette nähtud kaks asendit, millest sisemises asendis on võimalik kruvikonveieriga toidukaussi täita ning selles asendis toidukauss loomale ligipääsetav ei ole. Välimises asendis on toidukauss loomale ligipääsetav, kuid selles asendis kaussi konveieriga täita pole võimalik. Välimises asendis on kauss ka eemaldatav, et seda oleks võimalik pesta. Asendite vahel liigutab toidukaussi läbi keermelati elektrimootor, samuti on asendeid võimalik käsitsi jõuga liigutada, kuigi selleks on esmalt vajalik aktiveerida vastav seadistus. Seadmesse on integreeritud raadiolaine vastuvõtja, mis tuvastab koera kantava raadiolaine saatja põhjal looma identiteedi, mille põhjal kontrolleriis seadistatud loogikat ellu viiakse.



Joonis 2.9 – Patendi EP 1 732 381 B1 skeem 2 [17]



Joonis 2.10 - Patendi EP 1 732 381 B1 skeem 4 [17]

Patendiga reserveeritakse õigused eelkirjeldatud täieliku tehnilise lahenduse osas. Lisaks reserveeritakse õigused eelkirjeldatud tehnilise lahenduse hulka kuuluvate detailsete tehniliste alamlahenduste osas, millest olulisemad on:

- Seadme ülesehitus, kus seadme korpus koosneb kahe avausega kestast, eemaldatavast toidukonteinerist ja eemaldatavat toidukaussi sisaldavast sahtlist.
- Seade tuvastab raadiosaatjate põhjal individuaalseid loomi ning olukorra tekkides ka mitme looma juuresolekut, millest lähtuvalt juhitakse toidu jagamist ja sahtli liikumist.
- Seadme korpusel asuv juhtpaneel, millest saab seadistada seadme toimimisloogikat.
- Looma automaatse toitmise meetod, mis koosneb täpsustatud protsessist ja sammudest.
- Funktsionaalsus, mis takistab mitme looma juuresolekul ligipääsu toidukaussile.

Töö koostamise ajal patendile vastavat või ligilähedast toodet turult leida ei õnnestunud.

## 2.3 Turunõudlus

Turunõudluse kaardistamiseks uuriti 7 Eestis tegutsevalt edasimüüjalt ning 8 valdkonna teenuse osutajatelt nende teadmisi olemasolevate toodete osas ning võimalikke ootusi ja hinnanguid pakutud toodete osas. Samuti kirjeldatakse potentsiaalsele võtmekliendile kavandatavat toodet, kus sisaldub palliviske- ning toitmisfunktsioon, et hinnata ekspertide vastuvõtlikkust kirjeldatud toote osas. Eesmärk on selgitada välja edasimüüjate ja tarbijate ootused valdkonna toodete suhtes ja saada indikatsioon tarbijate hinnaootuses ning hinnatundlikkuse osas, mida on võimalik kasutada toote kavandamisel ja projekteerimisel olulise sisendina. Päring saadeti kokku 15 organisatsioonile, kellest võiksid kujuneda võtmekliendid, ning vastus saadi viiest organisatsioonist, seal hulgas 2 edasimüüjalt ja 3 loomade varjupaigalt. Samuti küsitleti potentsiaalseid lõpptarbijaid eraklientide näol. Järgnevalt on välja toodud märkimisväärsamad tulemused turunõudluse uuringust, mille põhjal hinnatakse ootusi toote funktsionaalsustele, hinnale ja üldisele vastuvõtlikkusele turul.

### **2.3.1 PetCity [18]**

PetCity on Eestis tegutsev ettevõtte, mis tegeleb kõiksugu loomadele ette nähtud toodete ja teenuste müümisega. PetCity loomapoodides pakutakse tooteid koertele, kassidele, väikeloomadele, lindudele, kaladele, hobustele ning loomaomanikele. PetCity loomapoed tegutsevad üheksas Eesti piirkonnas ning kokku opereeritakse Eestis 19 poodi. Samuti tegutsevad PetCity poed Lätis (12 poodi) ja Leedus (4 poodi). PetCity osutab ka loomaarstiteenuseid loomakliinikutes – Eestis tegutseb 8, Lätis 1 ning Leedus 4 loomakliinikut. Lisaks osutab PetCity loomateenuseid groomingsalongides, lemmikloomahotellides ning treeningsaalides. PetCity veebilehel peetakse ka blogi, kus antakse nõu lemmikloomadega seonduva osas.

Uuriti PetCity loomapoode manageeriva ettevõtte Magnum Veterinaaria AS sortimendi- ja kategooriajuhi käest palli heitva ning looma toitva toote perspektiivi lähtuvalt ettevõtte kogemusest toodetega. Kinnitati, et interaktiivsed lemmikute mänguasjad on kogu maailmas kiirelt tõusev trend, ka palli viskavaid seadmeid on hiljuti palju turule ilmunud. Ka PetCity sortimenti on töö kirjutamise ajal ilmumas palli heitev ning käitumist maiuste jagamisega premeeriv seade, mis küll ei täida looma toidukordade tagamise funktsiooni. Mainiti, et Baltikumi tarbija on väga hinnatundlik ning kalleid tooteid ei ole kuigi lihtne müüa. PetCity poodides toote prooviks võtmise ning müümise otsus on suurema tõenäosusega positiivne, kui lõpphind tarbijale jääb alla 50 euro. Muus osas ei osatud hinnangut anda võimalikele soovidele funktsionaalsuse osas.

### **2.3.2 Varjupaikade MTÜ [19]**

Varjupaikade MTÜ haldab seitset loomade varjupaika üle Eesti: Läänemaa, Pärnu, Tallinna, Valga, Viljandi, Virumaa ja Võru varjupaikasad. Varjupaikade MTÜ-st suheldi telefonitsi projektijuhi Anneli Matsiga, kes on ühtlasi diplomeeritud koertekoolitaja. Järgnevalt on välja toodud telefonivestluse kokkuvõte. Projektijuht rõhutas koerte individuaalsust selle osas, mis kellelegi stressi tekitab või meelt lahutab. Korduvalt mainiti keskkonna rikastamise aspekti ning kinnitati, et kavandatav toode lemmikloomale keskkonna rikastamist ka pakub. Rõhutati, et kindlasti vajab koerale toote kasutamise õpetamine head koostööd peremehega ning paradoksaalsel kombel võib autonoomse seadme selgeks õpetamine koerale lähendada peremehe ja lemmiklooma suhet, kuna selline treening võib vajada arvestatava hulga tööd. Mainiti, et üksindusärevust taoline seade üksinda kodus oleval koeral ei paranda, küll aga võib seadme omamisel olla koerale arvestatav positiivne mõju igavusest tekkiva stressi leevendamise näol.

Funktsionaalsuse osas arvas projektijuht, et toode peaks võimaldama ka loomale värske vee pakkumist, kuna koerad kipuvad mänguhoos oma joogikausse ümber ajama, mistõttu ei pruugi neil olla võimalik enam vett kuskilt saada. Joogivee olemasolu on kriitilisem kui söögi olemasolu, seetõttu võiks joogivee pakkumine olla ka seadme funktsionaalsuses sees. Söötmise koha pealt mainiti, et kasuks tuleks, kui seade võimaldaks väikeste doseeringute kaupa koerale maiuseid jagada, kuna see lihtsustab koerale seadme kasutamise õpetamist ning motiveerib teda iseseisvalt seadmega mängima. Lisaks öeldi, et kindlasti peaks seadmel olema piirang, mis ei luba koeral pärast toidukordi pallimängimist aktiveerida, kuna vastasel korral on oht, et koera sisikond võib sõlme minna. Samuti peaks seadmel olema piirang, mis takistab koeral liiga pikka aega järjest mängimast, kuna pallihull koer ei pruugi aru saada, kui ta ennast mängimisega üle kurnab. Hinna osas arvas projektijuht, et see oleneb suuresti peremehe rahakusest ning sellest, kui palju peremees oma lemmikloomast hoolib.

### **2.3.3 Pesaleidja MTÜ [20]**

Pesaleidja MTÜ on varjupaik Tallinnas, mis keskendub kassidele varjupaiga pakkumise ning kodu leidmisega. Siiski õnnestus ühendust saada Pesaleidja MTÜ juhataja Johanna Miedeliga, kes on isiklikult koeraomanik ning omab pikka kogemust koertega tegelemisel. Tema hinnangul on toote kirjeldatud funktsionaalsus piisav ega vaja midagi rohkemat juurde, kui oli kirjeldatud. Veekausi saab eraldi panna ning kontakti hinnangul ei ole selle integreerimine seadmesse vajalik. Küll aga tõi kontakt välja, et seadme puhul on oluline panna rõhku ohutusele, kuna on oht heita pall otse looma pihta, mis võib looma vigastada ning ka tekitada kartust seadme ees. Selle tagamiseks pakkus kontakt välja, et heide võiks toimuda kaarjalt seadme ülaosast. Lisaks arvas kontakt, et seade võiks kindlasti olla juhtmevaba ehk sisaldama laetavat akut, samas ei tohiks seade olla liiga raske, kuna vastasel korral võib mõnedel kasutajatel tekkida raskusi seadme teiseldamisega.

Mõõtmete osas ei ole kontakti hinnangul konkreetseid piiranguid, kuid mida kompaktsem seade saab, seda lihtsam on leida sellele sobiv koht, kus seadet hoida ja kasutada. Suurte mõõtmetega seadmete järgi on kontakti hinnangul madalam nõudlus. Oluline on, et seade on oma olemuselt stabiilne, et jooksev ja mänguhoos koer ei saaks kergesti seadet ümber paisata. Seade võib kontakti hinnangul olla eelkõige kasulik koortehotellides või jaekasutajate kodudes, kus koerale on regulaarsemalt tarvis tegevust leida. Vähemal määral võib seadet vaja minna varjupaikades, kuna nendes on ääretult tähtis kontakt inimese ja koera vahel, mis tekib toitmisel ja mängimisel. Seadme hinnapiiriks võiks kontakti hinnangul olla vahemik 75-200 eurot, juhtmevaba ehk akuga seadme puhul oleks põhjendatud ka kõrgem hind.



## 2.3.4 Lõppkasutajad

Potentsiaalsete lõpptarbijate ehk eraklientide huvi ja ootused võivad erineda organisatsioonide esindajate hinnangutest, seetõttu postitati lõpptarbijate huvi ja nõudmiste kaardistamiseks küsitlus Facebooki gruppi Eesti koerainimesed, kus oli küsitluse teostamise ajal üle ca 38100 liiget. Küsitlus koosnes üheksast valikvastusega küsimusest, millest kõikidele peale sugu ja vanust päriivatele küsimustele sai pakkuda ka lisaks valikvastustele oma poolset vastust küsimusele. Küsitlusele vastas 24 tunni jooksul 163 inimest ning püstitatud küsimused ning saadud vastused olid järgmised:

### 1. Milline on teie kokkupuude koertega?

- Oman ise ühte koera – 58,3% vastanutest
- Oman ise mitut koera – 36,2% vastanutest
- Ei oma ise koeri, kuid tegelen aeg-ajalt koertega – 3,7% vastanutest
- Muu – 1,8% vastanutest

### 2. Millist kasvu koertega peamiselt kokku puutute?

- Puutun kokku erinevat kasvu koertega – 28,2% vastanutest
- Keskmist kasvu – 26,4% vastanutest
- Suurt kasvu – 25,8% vastanutest
- Väikest kasvu – 19,6% vastanutest

### 3. Kas olete kursis toodetega, mis võimaldavad lemmiklooma automaatselt toita?

- Jah, olen kuulnud, et sellised tooted on olemas – 69,9% vastanutest
- Ei – 20,8% vastanutest
- Jah, olen ise kokku puutunud – 6,1% vastanutest
- Jah, oman – 3,1% vastanutest

### 4. Kas olete kursis toodetega, mis võimaldavad ilma inimese juuresolekuta loomi tegevuses ja/või liikumas hoida?

- Jah, olen kuulnud, et sellised tooted on olemas – 67,5% vastanutest
- Ei – 22,7% vastanutest
- Jah, olen ise kokku puutunud – 6,1% vastanutest
- Jah, oman – 3,7% vastanutest

### 5. Kas teile pakuks huvi toode, milles on ühendatud palliviske- ja toitmisfunktsioon?

- Vajan rohkem infot – 42,9% vastanutest
- Jah, kuid sooviksin ka värsket vee jagamise funktsiooni olemasolu – 18,4% vastanutest
- Ei – 20,9% vastanutest
- Jah – 17,8% vastanutest

### 6. Mis oleks teie jaoks olulisemad omadused lemmikloomatootel, mis nii heidab palli (~10 meetri kaugusele) kui ka jaotab toidukordi (vali 3)?

- Ohutus – 58,9% vastanutest
- Töökindlus – 44,2% vastanutest
- Joogivee reservuaar ning joogikausi olemasolu – 32,5% vastanutest
- Seadme juhtmevaba toimimine – 29,4% vastanutest
- Stabiilsus (ümberlükkamatus) – 29,4% vastanutest
- Seadme juhitavus telefoniapist – 25,2% vastanutest

- Ilmastikukindlus – 22,1% vastanutest
- Suutlikkus varieerida palli viskekaugust ja -nurka – 20,2% vastanutest
- Madal hind – 19,6% vastanutest
- Väiksed mõõdud – 6,1% vastanutest
- Esteetiline välimus – 5,5% vastanutest
- Suutlikkus palli võimalikult kaugele visata – 2,5% vastanutest
- Madal kaal – 1,2% vastanutest
- Närimiskindlus (vastaja lisatud vastus) – 0,6% vastanutest
- Mitme koera puhul äratundmise funktsioon (vastaja lisatud variant) – 0,6% vastanutest

**7. Missuguse hinna eest kaaluksite kirjeldatud toote soetamist?**

- 100-149€ - 61,3% vastanutest
- 150-199€ - 14,7% vastanutest
- 200-249€ - 6,1% vastanutest
- 250-299€ - 4,4% vastanutest
- 400-499€ - 1,2% vastanutest
- Alla 100€ - 12,3% vastanutest
- 300-399€ - 0,0% vastanutest

**8. Kas olete mees või naine?**

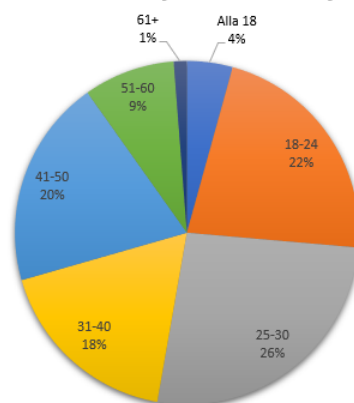
- Naine – 92,0% vastanutest
- Mees – 8,0% vastanutest

**9. Mis on teie vanus?**

- 25-30 – 26,4% vastanutest
- 18-24 – 22,1% vastanutest
- 41-50 – 19,6% vastanutest
- 31-40 – 17,8% vastanutest
- 51-60 – 8,6% vastanutest
- Alla 18 – 4,3% vastanutest
- 61+ - 1,2% vastanutest

Mõningaid vastuseid on tulemuste interpreteerimise lihtsustamiseks modifitseeritud ning sobivusel ühildatud olemasolevate vastustega, kuna küsitlusega pakutud varianti kirjutada oma vastus leidis mõningate küsimuste puhul rohkelt kasutust. Eriti palju kasutati oma pakutud varianti viienda (8%) ja seitsmenda (13%) küsimuse puhul.

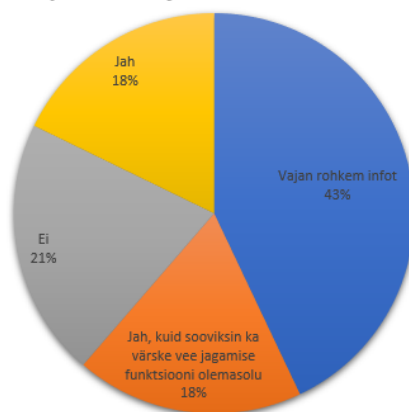
Küsitlusele vastajate vanuseline jaotus



Joonis 2.11 - Küsitletute vanuseline jaotus

Kuigi küsitlusele vastanute hulgas domineerisid naissoost isikud (92%), oli vanuseline esindatus küllaltki laiapõhjaline. Naiste domineerimist võib selgitada suurema aktiivsusega sotsiaalmeedia loomadega seotud grupis, üleüldse on naiste esindatus loomadega seotud organisatsioonides ja küsimustes oluliselt suurem kui meeste esindatus ning seda kinnitab ka antud küsitlus. Valdav enamus vastanutest on kas ise koeraomanikud või on koertega tihedalt kokku puutuvad. Koerte kasvu osas on esindatus samuti laiapõhjaline – küsitlusest ei ilmnenud koerte kasvuklassi, kellega vastanutel oleks ebaproportsionaalselt suur või väike kokkupuude.

Kas teile pakuks huvi toode, milles on ühendatud palliviske- ja toitmisfunktsioon?



Joonis 2.12 - Küsitletute huvi pakutava toote vastu

Turul olevatest toodetest on suurem osa (ca kaks kolmandikku) vastanutest kuulnud, tooteid omavaid ning otseselt kokku puutunud on vastanute seas pigem vähe (ca 10%). Pakutud toote vastu paistab küsitluse põhjal märkimisväärne huvipotentsiaal, kuna vastanutest vaid 21% ei ole üldse kirjeldatud tootest huvitatud. Paljud vastanud (43%) vajaksid rohkem infot, mis tähendab, et ka neid saab lugeda potentsiaalseteks klientideks. Kokku on potentsiaalseid kliente terveniisti 79% vastanutest, nende hulgas 18% tahaksid tootel kindlasti näha funktsiooni, mis tagab koerale puhta joogivee.

Lõpptarbivate ootustest toote vastu ilmneb, et paljudele läheb korda seadme ohutus, töökindlus, joogikausi olemasolu ning füüsikaline stabiilsus. Peamiselt on ootused seotud funktsionaalsuse ja vastupidavusega, vähem tähtsamaks peetakse toote füüsilisi omadusi. Kuigi suhteliselt vähesed (19,6% vastanutest) pidasid eraldi tähtsaks toote madalat hinda, ilmnes hinnootust eraldi uurides, et tarbijad on suhteliselt hinnatundlikud ning ootuspäraselt hinna kasvades huvi toote vastu väheneb. Üle 200€ hinnaga toote puhul on turul nõudlus piiratud, kinnitades PetCity esindaja hinnangut.

### **2.3.5 Nõudluse kokkuvõte**

Asjatundjate ja potentsiaalsete klientidega vesteldes saadud info põhjal võib järeldada, et turul leidub nõudlus seadmele, mille funktsionaalsuse hulka kuuluvad palliviskamine, toitmine, juhtmevaba opereerimine ning ka värske vee tagamine. Seadme arendamisel tuleb silmas pidada ohutuse tagamist ning seadme stabiilsust, samuti on tarvilik hinda minimaalsena hoida, et suurendada toote võimalust olla turul edukas. Kindlasti peab toode vastama Euroopas kehtivatele standarditele ja nõuetele, et vältida vaidluste, nõuete või pretensioonide tekkimist.

Küsitluse käigus avaldasid mõned küsitletud eraldi toetust kirjeldatud multifunktsionaalse seadme arendamiseks. Kõlas arvamusi, kus öeldi, et tegemist on potentsiaalselt fantastilise tootega ning isegi toote kõrge hinna juures võib leiduda jõukamast rahvastikust inimesi, kes ei pea paljaks osta oma koera jaoks mitmesaja-kuni tuhandeurone toode, kui seadme omamine tõesti lubab inimesel muretult näiteks nädalavahetuse veeta loomast eemal, ilma et peaks ülemäära muretsema, kuidas koer söönud ja liigutatud saab. Mainiti, et sellisel juhul tuleks seadmesse integreerida ka kaamera, mikrofoni ja kõlar, mille abil läbi telefoniäpi oleks võimalik ka ise veenduda, et loomaga kõik korras on, mis võiks nende hinnangul ka leevendada looma üksildustunnet. Öeldi, et ideaalis võiks taoline toode olla modulaarne.

### 3. TOOTE KONTSEPTSIOON

Lähtuvalt taustauuringu tulemustest seatakse töö eesmärgiks projekteerida seade, mis täidab nii kasutaja kui ka looma vaatevinklist kolme põhifunktsionaalsust: palliheitmine, toitmine ja värske vee tagamine. Lisaks peab seade olema selliste omadustega, mis muudaks toote ostmise ja omamise lõppkasutaja jaoks atraktiivseks. Selleks vormistatakse spetsifikatsioonina nõuete ja soovide loetelu, millest saab lähtepunkt toote tehnilisele lahendusele ning millest lähtuvalt genereeritakse lahendusi.

Tabel 3.3.1 - Toote spetsifikatsioon

Spetsifikatsioon	Projekt: Modulaarne ja multifunktsionaalne lemmikloomatoode	Nõue	Soov
Funktsionaalsus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visata palli</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ohutult teostatud pallivise</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Automaatselt juhitud, tuvastab palli</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pallide arv vähemalt 3</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Viskekaugus &gt; 10m</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Palli läbimõõt ca 65 mm, kaal ca 60 g</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Võimaldada toitu</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Toidu serverimiskogused varieeritavad</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Toidu mahutavus vähemalt 1,5 kg</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Võimaldada värsket vett</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vee pidev kättesaadavus</li> </ul>	X	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vee mahutavus vähemalt 5 l</li> </ul>		X	
Omadused	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Töökindlus</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ohutus</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juhtmevaba toimimine &gt; 48h (aku olemasolu)</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madal seeriatootte hind (&lt; 200 €)</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulaarne toote arhitektuur</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabariitmõõtmed kuni 500 x 500 x 500 mm</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tühikaal kuni 10 kg</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esteetiline välimus</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabiilsus (ümberlukkamatus)</li> </ul>		X

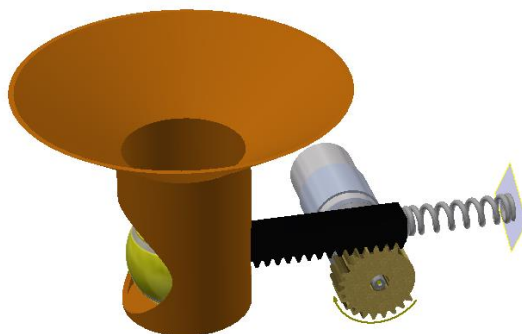
Parima võimaliku lõpptulemuse saavutamiseks kaalutakse esmalt erinevaid ideid ja viise, kuidas teostada toote funktsionaalsusi. See teostatakse läbi ajurünnaku, millega genereeritakse iga funktsiooni täitmiseks võimalikult palju erinevaid ideid, et neid kõrvutada ja hinnata. Lõpptulemusena kombineeritakse võimalikult head lahendused, mille integratsioon lõpptootesse loob eeldused tagamaks eduka tulemuse. Käesolevas peatükis keskendutakse kolme põhifunktsiooni kontseptsioonide läbi töötamisele, et jõuda parimate lahendusteni, kuna põhifunktsioonide toimimine on antud toote puhul kõige kriitilisem. Selleks kirjeldatakse pakutud funktsiooni, mida illustreerib 3D

plokkudel näitamaks funktsioonikandja üldist tööpõhimõtet, põhilisi komponente, eeldatavat üldist geomeetriat ning kuju. Ülejäänud toote omaduste tagamine oleneb põhifunktsioonide teostamiseks kasutatud lahendustest, mis määravad ära vajalikud parameetrid ja kitsendused ning millest lähtuvalt on mõistlik hiljem välja töötada terviklik toote arhitektuur.

### 3.1 Palliheitmise

Nagu eelnevalt sätestatud, on palliheite teostamise peamised nõudmised ohutus ja töökindlus, samuti võiks palliviske kaugus olla varieeritav. Ideaalis võiks palliviske funktsionaalsuse hulka kuuluda ka viskenurga varieeritavus, et tekitada ettearvatust. Järgnevalt tuuakse välja palliheitmise funktsiooni teostamiseks erinevaid kontseptuaalseid meetodeid koos kirjelduse, illustratsiooni, võimalike lahendusviiside ja lühianalüüsiga, millega hinnatakse funktsioonikandja positiivseid ja negatiivseid külgi. Tuuakse välja vaid perspektiivikamad kontseptsioonid, kuna mõnede lahenduste puhul, nagu näiteks pneumoheituri puhul, on ette näha, et need ei saa osutada kuigi edukaks. Funktsioonide hindamisest jäetakse siinkohal kõrvale mitme palli toetamine pakutud lahenduses, kuna kogujad on kõikidel süsteemidel suhteliselt sarnased ning vastav lahendus on mõistlik teostada koguja juures.

#### 3.1.1 Lineaarlöökur

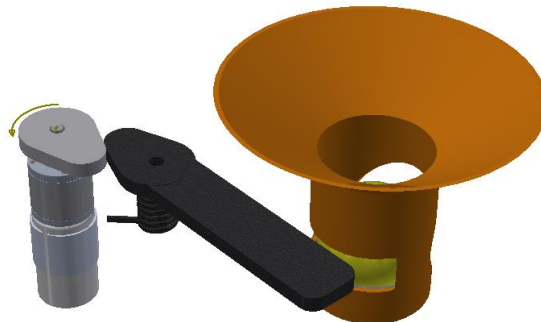


Joonis 3.1 - Lineaarliikumisega löökur

Kasutades lineaarset liikumist on võimalik pall liikuma paisata. Lineaarse liikumise teostamiseks on võimalik kasutada solenoide, kuid solenoidide liikumisulatused on väga piiratud ning ka nende jõud ei pruugi olla piisavalt suured, et tagada piisav heitekiirus palli arvestatavale distantsile toimetamiseks. Seetõttu käsitletakse siinkohal lineaarliikumise saavutamist pöörlemise toimele, liigutades hammaslatti - sellisel juhul võib probleemseks osutada kiirenduseks vajalik moment ning saavutatav lõppkiirus. Vähesese jõu ja kiiruse lahendamiseks on võimalik tekitada mehaaniline löökur tõmbe- või survevedruga, mida käitab pisem elektrimootor. Elektrimootori väljundvõlli otsa on

kinnitatud ülekanne, kus on radiaalselt paigutatud hambad koos ühe hambutu sektoriga, et võimaldada kahepoolset liikumist. Elektrimootori pöörlemisel teostatakse löökuri pingutusliikumist kuni jõutakse hammasteta sektsioonini, mille peale pingutatud löökur vabaneb, vedru potentsiaalne energia muundatakse kineetiliseks energiaks ning sellega teostatakse löökliikumine, mis palli tabades heidab palli pesast välja. Lahendust kasutades on võimalik saavutada arvestatav löögijõud, lahenduse teostamiseks on tarvilik kasutada ajamit ning mõningaid mehaanilisi komponente nagu lineaarjuhikud ning löögisummutuselemente, et tagada süsteemi töökindlus. Mehhanism vajab arvestatavalt ruumi kõikides suundades. Heitejõu varieerimist on võimalik teostada vedru positsiooni muutmisega. Heitenurga varieerimiseks tuleks tervet lineaarliikumise tasapinda liigutada, mis vajab omaette ajamit või käsitsi reguleeritavat seadistust. Kasutatav ajam peab olema täpselt juhitud, et tagada löökliikumise õigeaegne teostamine, kuid see tõstab süsteemi hinda. Asendades hammaslatt-vedrulöökur pneumo- või elektromagnettõukuriga, saab näidatud skeemi teostada ka elektrimagneetiliselt või pneumaatiliselt.

### 3.1.2 Pöördlöökur

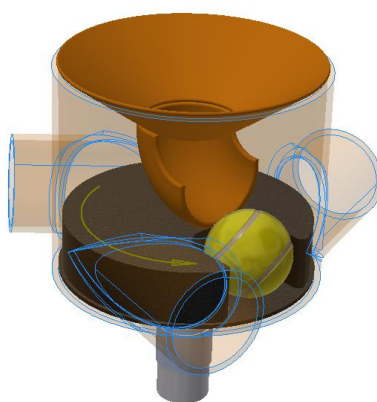


Joonis 3.2 - Pöördliikumisega löökur

Sarnaselt eelnevalt kirjeldatud automaatse palliheitja patendile on võimalik kiirendatud pöördliikumisega tekitada arvestatav löögijõud, kasutades nukkmehhanismi, väändevedru ja pöördajamit. Esimese nuki pööreldes pöörleb ka kontaktis olev teine nukk koos löökuriga, salvestades potentsiaalset energiat nuki all paiknevasse väändevedrusse. Jõudes pingutatud lõppasendisse, kaob kontakt nukkide vahel, mistõttu saab mustalt kujutatud nukk koos löökuriga vabalt liikuda ning pingutatud väändevedrusse salvestatud potentsiaalne energia muundatakse kineetiliseks energiaks, kiirendades löökurit kuni tabatakse palli. Lahendust kasutades on võimalik saavutada arvestatav löögijõud, lahenduse teostamiseks on tarvilik kasutada pöördajamit ning mõningaid mehaanilisi komponente. Heitekauguse varieerimiseks tuleb muuta vedru eelpingutust või nukkide omavahelist paiknemist. Nurga varieerimine

ilma täiendavate komponentideta on keeruline, kuna selleks tuleks kogu mehhanismi ruumis pöörata. Lahenduse teostamine on küll printsiibis suhteliselt odav, kuid kirjeldatud süsteemi töökindluse tagamiseks tuleb vältida kulumist ja väsimust, mistõttu on tarvilik lisada lõppasendi lööki pehmendavad summutid. Kasutatav ajam peab olema täpselt juhitud, et tagada süsteemi õigeaegne toimimine, kuid see tõstab süsteemi maksumust. Kuigi ülaltoodud joonisel on löökuri liikumist kujutatud horisontaaltasapinnas, saab seda teostada ka vertikaaltasapinnas, võimaldades sarnase mehhanismi kasutades jõuda katapultheiturini. Katapultheituri puhul on aga süsteemi gabariidid veidi suuremad, mis teeb sellest vähem sobivama lahenduse.

### 3.1.3 Tsentrifugaalheitur



Joonis 3.3 - Tsentrifugaalheitur

Tsentrifugaalheituri põhimõte on pöörleval anumal luugiga pesa (kujutatud mustalt), milles pall viskamise ajal asetseb. Pesa pööreldes tahab pall liikuda tsentrifugaaljõu tõttu pöölemise puutuja suunas, kuid kiirenduse ajal takistab seda liikumist solenoid või klapp. Klapi avamisel saab pall pesast välja lennata, tänu millele saab palli heita arvestatavale kaugusele, olenevalt peamiselt pöörlemiskiirusest. Lahenduse teostamiseks on vaja ajamit pöördliikumise teostamiseks ning solenoidi või muud mehhanismi, mis klappi sulgeks. Ülejäänud funktsioonikandja vajalikud mehaanikakomponendid on vaid lager ning korpus. Viskekaugus sõltub otseselt pöörete arvust ning viskesuuna varieerimiseks oleks võimalik tekitada mitu väljundkanalit, mis võib osutada ka disainiliselt moekaks lahenduseks. Taolise lahenduse teostamiseks on vaja suhteliselt täpset juhtimist, et tagada töökindlus, kuna ebatäpse juhtimise korral võib pall pessa mitte jõuda või valel ajal pesast päästmise korral puua ennast heiteavasse kinni, mis võib põhjustada süsteemi purunemise. Täpse juhtimise tagamise vajadus tõstab süsteemi teostamise hinda. Süsteem on tõenäoliselt suhteliselt tundlik palli puhtuse suhtes, määrdunud pall võib põhjustada süsteemi kulumist.



### 3.1.4 Rullikheitur



Joonis 3.4 - Rullikutega heitur

Mõningates konkureerivates toodetes, mis teostavad palli heitmist, on kasutatud kahte kõrvuti asetsevat pöörlevat rullikut. Rullikud asetsevad teineteisest sellisel kaugusel, et pall mahuks nende vahelt täpselt läbi, seejuures rullikute vahele sattudes võib palli ka veidi kokku suruda, et tagada parem haare. Kui pall satub rullikute vahele, kiirendatakse palli järsult vastavalt pöörlevate rullikute kontaktpinna joonkiirusele ning pall saab väga lühikese aja ja distantsiga võrdlemisi suure algkiiruse, mille toimele pall suhteliselt kaugele on võimalik heita. Lahenduse teostamiseks on tarvilik panna kaks rullikut pöörlema, mis tähendab, et kasutada tuleb kahte elektrimootorit või ühte elektrimootorit selliste ülekannetega, mis tagab mootorite õiges suunas pöörlemise. Lahendust kasutades on pöörlemiskiirust muutes võimalik lihtsasti varieerida palli heitekaugust. Samuti võib olla võimalik rullikute erinevate pöörlemiskiiruste korral muuta palli heitetrajektoori, kuna see tekitab pallis lisaks lineaarliikumisele ka pöörlemise ümber oma telje, mis Magnuse efekti toimele peaks palli lennutrajektoori külgsuunas mõjutama hakkama. Lahenduse teostamiseks on vaja suhteliselt vähe komponente, kuid probleemiks võib osutuda rullikute kulumine, mis ilmnes ka konkureerivate toodete näitel, ning kui pall on must, niiske või muul moel määrdunud, võib tekkida ka arvestatav oht lahenduse töökindlusele. Lahendus on suhteliselt odavalt teostatav, kuluvate elementide vahetamiseks saab kaaluda vahetatavate varuosade tagamist ning koos tootega hooldusteenuse pakkumist, mis võib osutuda ka äriselt kasulikuks.

### 3.1.5 Palliheitemehhanismide võrdlus ja valik

Kuna heitemehhanismide seast ei selgu ilma täpsustava analüüsita kindlat võitjat, kasutatakse parima funktsioonikandja välja selgitamiseks hindamismatriksit, millega võrreldakse lahendusvariantide peamiste omaduste sobivust käesolevas tootes. Et

hindamine oleks võrdne, eeldatakse kõikide süsteemide puhul täiskomplektset lahendust, kus on varieeritav nii viskekaugus kui ka viskenurk. Funktsioonikandjaid hinnatakse järgmiste kriteeriumite alusel:

- Funktsionaalsus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat võimet täita palliviskefunktsiooni võimalikult täiuslikult ning ulatuslikult.
- Töökindlus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat võimet töötada tõrgeteta ning järjepidevalt, isegi kui kasutatav pall on määrdunud.
- Ohutus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi üldist ohutust. Kuna seadme ohutus tekitatakse valdavalt edasise arenduse käigus, said kõik heitemehhanismid võrdse hinnangu.
- Hind (odav) – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat lõpphinda. Madalam hind tagab kõrgemad punktid.
- Keerukus (madal) – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat keerukust lõpptootes. Madalam keerukus tagab kõrgemad punktid.
- Ülalpidamine – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat hooldusvajadust, mis hõlmab endas võimalikke korralisi hooldusi ja kuluosade vahetamise vajadust.
- Kompaktsus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavaid ruumilisi vajadusi. Kompaktsem süsteem tagab kõrgemad punktid, kuna kompaktset süsteemi on ülejäänud tootesse lihtsam integreerida, jättes ka rohkem võimalusi ülejäänud toote projekteerimisel.
- Juhitavus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat juhitavuse teostamise lihtsust elektrikomponentide ja loogika seisukohast.
- Energiavajadus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat energiatarvet, mis on oluline aku valiku seisukohast.
- Prototüübitavus – iseloomustab kirjeldatud süsteemi eeldatavat prototüüpimise lihtsust, kasutades võimalikult lihtsaid, odavaid ja kiirelt saavutatavaid komponente ja meetodeid.

Tabel 3.2 - Heitemehhanismide võrdlusmaatriks

	Lineaarlöökur	Pöördlöökur	Tsentrifugaalheitur	Rullikheitur
Funktsionaalsus	3	2	4	5
Töökindlus	4	4	3	3
Ohutus	4	4	4	4
Hind (odav)	4	3	2	5
Keerukus (madal)	3	3	2	4
Ülalpidamine	3	2	4	3
Kompaktsus	4	2	3	5
Juhitavus	4	4	1	3
Energiavajadus	4	3	3	4
Prototüübitavus	4	3	2	5
<b>Kokku</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>41</b>

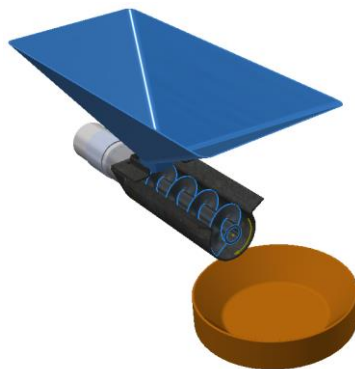
Heitemehhanismide võrdlusest selgub, et süsteemidest kõige perspektiivikam on rullikheiturina kirjeldatud süsteem. Ka lineaarlöökur on konkurentsivõimeline süsteem, kuid süsteemi nõrgaks küljeks on, et viskenurga varieerimiseks tuleb süsteemi integreerida eraldi funktsioonikandja, mis viiks süsteemi hinna ning keerukuse kõrgemaks. Samuti koosneb lineaarlöökuri baassüsteem mitmetest komponentidest, seal hulgas kuluosadest, mis teeb meetodi prototüüpimise keerukamaks.

Tsentrifugaalheitur on küll kontseptsiooniliselt hea süsteem, kuid selle realiseerimine on antud töö raamistikku arvestades liiga keeruline. Tsentrifugaalheituri kontseptsioon võiks jääda edasiste arenduste jaoks, sest lahendust realiseerides on võimalik jõuda disainiliselt väga huvitava lahenduseni, millel võiksid ka olla eeldused kujunemaks turul edukaks tooteks. Eelmainitust lähtudes valitakse käesolevas töös kasutatavaks heitemehhanismiks rullikheiturina kirjeldatud süsteem.

## 3.2 Toidu võimaldamine

Toidu võimaldamise juures on oluline tagada toiduohutus, töökindlus ning vältida koera ligipääsu toidule, mida talle konkreetsel ajahetkel ette nähtud ei ole. Lisaks on oluline tagada, et portsjonite jagamine toimuks mõõdetult ning seadistatavalt. Toidu võimaldamise kõik lahendused sisaldavad reservuaari ning toidukaussi, millest esimeses hoiustatakse toitu, mida pole veel loomale ette nähtud ning mis seetõttu peab olema loomale ligipääsmatu, ning teise jaotatakse toitu vastavalt ette nähtud kogustele ning ajatsüklikele. Toidumahuti ning toidukauss peavad olema lõpptootes eemaldatavad, et neid saaks puhastada ning hooldada, tagamaks lemmikloomale steriilsuse ja ohutuse. Järgnevalt on välja toodud mõned võimalikud kontseptuaalsed lahendusvariandid koos selgitavate illustatsioonidega.

### 3.2.1 Kruvidosaator

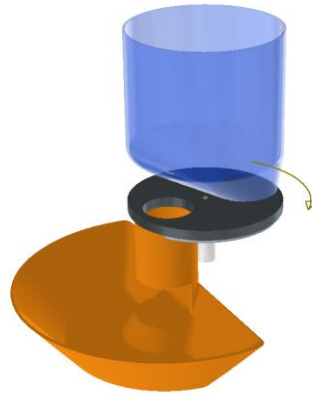


Joonis 3.5 - Kruvidosaator

Kruvisööturi lahenduse põhimõte on reservuaar, mille all paiknevast kolust pääsevad toidugraanulid kruvikonveierisse. Kruvikonveierit ajab ringi elektrimootor ning kruvi pöörlemisel liigutatakse toitu toidukausi poole. Lähtudes kruvikonveieri tootlikkuse arvutustest on võimalik üpris täpselt ja laiaulatuslikult skaleerida serveeritav toidukogus. Lahenduse teostamise peamised komponendid on elektrimootor, kruvielement ning konveieri korpus. Lahenduse teostamisel on vaja tagada, et loom ei saaks kruvi ise pöörata, sest muidu tekib loomal teoreetiline võimalus toitu jõuga

masinast kätte saada. Muus osas on lahendus ohutu ning suhteliselt odav teostada. Keerukuse ja ka maksumuse osas määravaim on tootmismeetod, millega kruvielement valmistatakse. Kruvi pöörav ajam ei pea olema väga täpselt juhitud.

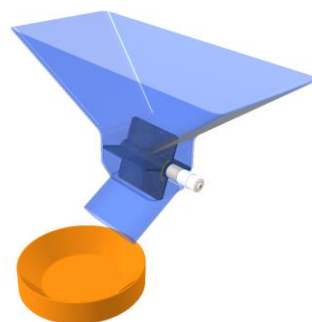
### 3.2.2 Pöörlev ketasdoosaator



Joonis 3.6 - Pöörlev ketasdoosaator

Pöörleva ketasdoosaatori lahenduse põhimõte on toidumahuti leetri all paiknev ümber oma telje pöörlev ketas, mis pööreldes toimetab iga pöördega teatud koguse toitu avausse, millest lähtub juhiktee toidukausini. Lahenduse teostamiseks on tarvis pöörlemist võimaldavat ajamit ning detaile, mis moodustavad pöörleva anuma ning juhiktee. Lahendus võimaldab keskmise täpsusega tagada koguse mõõdetavuse ja skaleeritavuse, kuna iga pöörde kohta on võimalik välja arvutada keskmine serveeritud toidukogus, mida siis pöörete arvuga on võimalik vastavalt skaleerida. Lahendust käitav ajam ei pea olema väga täpselt juhitud, kuid kodupositsioon peaks olema fikseeritud, kuna vastasel korral ei pruugi toidukogused enam väga täpsed olla. Lahenduse realiseerimiseks keerulisi detaile vaja ei ole ning seetõttu on lahenduse teostamine ka suhteliselt odav.

### 3.2.3 Pöörlev klappdoosaator



Joonis 3.7 - Pöörlev klappdoosaator

Pöörleva klappdosaatori lahenduse põhimõte on toidumahuti lehtri all paiknev pöörlev klappmehhanism, mis iga täispöörde kohta doseerib X-kujulise klapi puhul kaks mõõdetud annust toitu. Klappmehhanismi pöörlemise tekitamiseks on vaja pöördliikumist võimaldavat ajamit, lisaks on lahenduse realiseerimiseks vaja tekitada klapi keha, mis võib koosneda keevitatud või tappidega ühendatud lehtedest. Samuti on tarvilik tekitada juhiktee, mis viib toidu dosaatorist toidukaussi. Lahenduse puhul on tarvilik takistada looma ligipääsu dosaatori kehale, kuna vastasel korral võib osutuda võimalikuks dosaatorit jõuga pöörata ning seeläbi toitu seadmest kätte saada. Lahenduse teostamine on suhteliselt lihtne ning odav, serveeritav toidukogus on arvutatav ja skaleeritav vastavalt pöörete arvule keskmise täpsusega. Kuna toidumahuti peab olema eemaldatav, on vaja tagada lahenduse toimimine geomeetriselt, mis võib tõsta süsteemi keerukust.

### **3.2.4 Toidujaotite võrdlus ja valik**

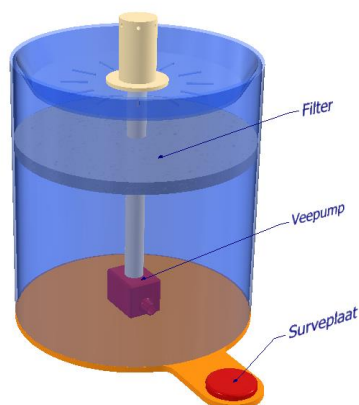
Toidu võimaldamiseks pakutud lahendustest ei esine ühelgi selgeid puudusi, mis muudaksid süsteemi selgelt ebaotstarbekaks. Kõikide lahenduste kasutamiseks on tarvilik võrdlemisi täpselt juhitava pöördajami olemasolu ning täiendavad komponendid, et realiseerida süsteemi toimivus. Ketasdosaatori puhul on tarvilik kasutada kõige rohkem komponente, samuti on selle lahenduse nõrgaks küljeks serveeritava toidukoguse võrdlemisi umbkaudne sammuviisiline skaleeritavus. Klappdosaatori kasutamisel on samuti toidukoguse skaleerimisel minimaalne samm, mille võrra on võimalik kogust varieerida. Klappdosaatori puhul võib probleemseks osutuda ka toidumahuti eemaldatavus, kuna selle tagamiseks tuleb kasutada rohkem komponente, et vältida vajadust eemaldada klappmehhanism koos mootoriga, mis elektriühenduste tõttu ei ole tõenäoliselt otstarbekas.

Sobivaimaks lahenduseks osutub kruvidosaator, kuna selle lahenduse puhul on toidu jagamise skaleeritavus kõige täpsemini ja sujuvamalt kohaldatav. Lisaks on süsteem suhteliselt kompaktne ning ka võrdlemisi madala keerukusega. Keeruliste nüanssidena tuleb lahendada kruvieleменти toodetavus, mis määrab ka suure osa süsteemi hinnast, ning toidumahuti eemaldatavus, mis peab kruviajami küljest tulema sedasi lahti, et mahutis olev toit alt välja ei saaks pääseda. Selle lahendamiseks on võimalik kasutada toidumahuti põhjas näiteks klappmehhanismi, mis kruviajamisse sisestades mehaaniliselt avaneb ning võimaldab mahuti põhjast toidul läbi vajuda.

### 3.3 Värske vee võimaldamine

Joogivee võimaldamise puhul on oluline tagada, et loomal oleks alati võimalik joogivett kätte saada, samuti peab serveeritav joogivesi olema ning püsima puhas. Arvestama peab ka individuaalsete koertega, kelledest mõned on jooksva veega väga mängulised ning seetõttu võib vabalt jooksva vee kasutamine olla ebasoovitatav. Samuti peaks toode olema sobiv ka toatingimustesse, seetõttu oleks tarvilik takistada vee jõudmist tootest väljapoole, mis võib potentsiaalselt rikkuda klientide põrandaid või muud vara. Lähtuvalt eeltingimustest on järgnevalt välja toodud mõned võimalikud lahendusvariandid värske vee võimaldamiseks.

#### 3.3.1 Surveplaadiga kraan



Joonis 3.8 - Surveplaadiga kraan

Turul on olemas koertele mõeldud tooted, kust koer saab vee kätte asetades käpad surveplaadile, mille peale seade käivitab veevoolu koerale ligipääsetavas kohas. Sellise süsteemi kasutama õppimine peaks olema enamuste koertest jõukohane ning süsteemi toimimine seeläbi tõhus. Süsteemi realiseerimiseks on vaja pumpa või muud ajamit, mis käitab vee voolu, pumpa juhib surveplaadiga seotud lüliti või andur. Pumba tõttu on süsteemi realiseerimise keerukus ja maksumus kõrgendatud, kuna pump peab tõenäoliselt asuma vee sees, mis seab spetsiifilisi nõudeid seadme tihendatusele ning elektroonika veekindlusele. Mõnede koerte puhul võib jooksva vee olemasolu muuta lahenduse kasutamatuks. Samuti on tarvilik tagada, et jooksev vesi, mida loom ära ei tarbi, jookseks reservuaari ning taas ringlusesse, seejuures on tarvilik tagada tsirkuleeritud vee puhtus, mis nõuab filtri kasutamist. Süsteemi puhul on tarvilik teostada regulaarset hooldust seoses filtrite puhastamise või vahetamisega.

### 3.3.2 Gravitatsiooni toimel täituv joogikauss



Joonis 3.9 - Gravitatsiooni toimel täituv joogikauss

Lihtsaim viis joogikausi täitmiseks on vertikaalse anuma kasutamine, mis gravitatsiooni toimel täidab joogikaussi ise. Anumasse tuleb tekitada õhuavaus nõnda, et kausi täitudes ette nähtud nivooi õhuava sulgub ning kuna õhku reservuaari enam ligi ei pääse, siis veetase joogikaussis jääb õhuavause täitumise tasemeni. Lahenduse realiseerimine on väga lihtne, odav ning hooldusvaba, kuna ajameid ega muid ostukomponente pole koostamiseks vaja, kuid lahenduse negatiivseks pooleks on joogikaussis oleva vee riknemise või saastumise võimalikkus. Ilma lisakomponente süsteemis kasutamiseta on vee puhtuse tagamine raskesti teostatav.

### 3.3.3 Tilaga klapp



Joonis 3.10 - Tilaga klapp

Sarnaselt inimeste käte pesemiseks ette nähtud anumatele, mille alumises otsas on tilaga klapp, mida liigutades klapp avaneb ning vesi gravitatsiooni jõul välja jookseb, on võimalik ka koortele samasugune süsteem projekteerida ning väheses ulatuses on sellised süsteemid juba ka turul olemas. Süsteemi kasutatavuse põhiline küsitavus seisneb individuaalsetes koertes – kõik koerad ei pruugi kunagi suuta ära õppida

sellisest süsteemist joomist. Samuti on tarvilik vesi, mida koer vee jooksmise ajal ära ei suuda tarbida, suunata turvaliselt ära nõnda, et vesi ei jõuaks arvestatavas mahus seadmest väljapoole. Seetõttu võib süsteemi kasutamisel osutada tarvilikuks lisada veemahuti alla lisareservuaar, kuhu kasutamata vesi suunatakse. Süsteemi realiseerimine on suhteliselt odav, lihtne ning hooldusvaba. Reservuaaris hoiustatud vesi püsib värskena, kuna kasutatud vett reservuaari tagasi ei viida. Sellise süsteemi puhul on vee kaod joomisel võrdlemisi suured, kuna on tõenäoline, et koer ei suuda kogu jooksvat vett ära tarbida, mis suurendab reservuaari vajalikke mõõte ning ühtlasi võib tingida arvestatava suurusega reovee mahuti vajalikkuse.

### **3.3.4 Veejaotite võrdlus**

Pakutud veejaotitest on kõik pakutud lahendused omadel tingimustel perspektiivikad – surveplaadiga kraan on kõige edasijõudnum ja targem lahendus, kuid süsteemi ehitamise maksumus ja keerukus on see-eest kõige kõrgem. Gravitatsiooni toimel täituv veekauss on kõige lihtsam ning kahtlemata ka odavaim lahendus, kuid selle lahenduse miinuseks on vee riknemise võimalikkus. Tilaga klapi lahendus on lihtne ning odav lahendus, mis tagab ka vee riknemise ära hoidmise, kuid küsitav on, kuivõrd jõukohane selle lahenduse kasutamine koertele on. Kõik pakutud veejaotid võivad mõnedele klientidele täpselt sobivaks osutada, mis võimaldab kliendile ka odavamama seadme kättesaadavuse juhul, kui ta ei pea vajalikuks kõrge kvaliteediga funktsioonikandjat.

Seetõttu on mõistlik turule paisatavates toodetes pakkuda modulaarset süsteemi, millega on võimalik tagada tarbijale orienteeritus, kuna klient saab valida missugune süsteem tema jaoks kõige kasulikum ja asjakohasem on. Käesoleva töö raames projekteeritakse moodulina kõige kvaliteetsem lahendus ehk surveplaadiga kraan, kuna see süsteem täidab kõige täiuslikumalt püstitatud tehnilisi nõudeid tootele, samuti selgub selle süsteemiga süsteemi maksimaalne hind ning vastavalt lahenduse energiavajadustele saab dimensioneerida ka aku. Kasutades lihtsamaid süsteeme langeb ka toote hind ning keerukus, sama aku kasutamisel jääb aga rohkem aku võimekusest alles teiste süsteemide teenindamiseks. Lihtsamate ja odavamate veejaotite arendamist käesolevas töös ei käsitleta, kuid see jääb edasiste arenduste teostada.

## **3.4 Toote arhitektuur**

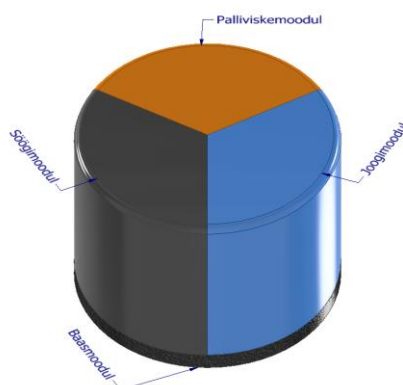
Valitud tehnilised lahendused integreeritakse modulaarsesse tootesse, mis koosneb toote baasmoodulist, rullikutega palliheitemoodulist, kruvisööturiga toidumoodulist ning käivitusnupuga joogimoodulist. Baasmoodul sisaldab toote akut ning muid elektrilisi



komponente, samuti on baasmoodul toote karkassiks, kuhu liidetakse modulaarsed süsteemid. Selline lahendus võimaldab pärast toote prototüübi koostamist teha vajadusel muudatusi igasse moodulisse iseseisvalt, tagades hooldatavuse ning edasise arendatavuse, samuti on modulaarne lahendus kasutajale vajaduste põhiselt kohandatav, andes turul tuntava eelise, kuna kohandatav lahendus võimaldab kliendil konfigurereida enda vajadustele kõige paremini vastava toote.

Kui klient peab mõnda moodulit ebavajalikuks, võimaldab modulaarne süsteem ka mõne mooduli tootest ära jätta – kasutamata mooduli saab asendada standardse katikuga säilitamiseks toote töökindlust ning välist ilmet. Baasmooduli sisse saab kuuluda ka toidukauss, kuna tegu on komponendiga, millest on toote puhul ka ilma toitlustusmoodulite kasu. Toote arhitektuuri kohta koostatakse kontseptsioonid, et hinnata erinevate lahenduste funktsionaalsust, esteetilisust ning muid potentsiaalseid positiivseid ning negatiivseid omadusi. Järgnevalt presenteeritakse võimalikke kontseptsioone koos seletava plokkudeliga, mis näitab ära kontseptuaalse moodulite paiknemise ruumis.

### 3.4.1 Radiaalsuunas paiknevad moodulid

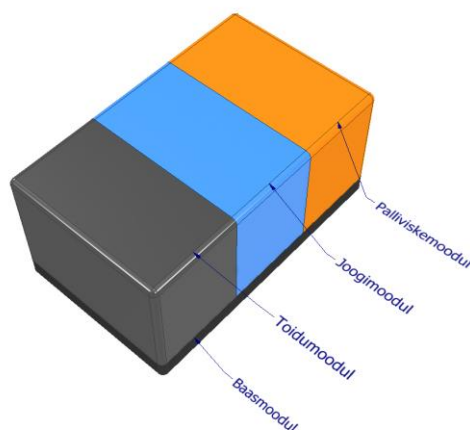


Joonis 3.11 - Radiaalsuunas paiknevad moodulid

Kontseptsiooni põhimõte on ümar baasmoodul, mille peale asetatakse ülejäänud moodulid moodustamaks radiaalse paigutuse. Selline paigutus võiks potentsiaalselt olla kõige esteetilisem, kuid negatiivseks pooleks on, et sellise paigutusega seadet ei saa paigutada näiteks ruumi nurka, sest mõni funktsioonidest jääks seetõttu kehvasti ligipääsetavaks. On raske ennustada kuivõrd määravaks selline puudus turul saada võib. Söögi- ja joogimoodul saaksid paikneda kõrvuti ning olla loomale mugavalt samast asukohast ligipääsetavad. Kui toode on täidetud söögi ja veega, on toote raskuskese eeldatavalt üsna tugevalt joogimooduli all. Sellise lahenduse puhul on võimalik mooduleid koostada ja lahti ühendada nii radiaal- kui ka vertikaalsuunas, olenevalt moodulite ehitusest.

Kontseptsiooni umbkaudne diameeter on 500 mm ning kõrgus 300 mm, mistõttu peaks seadme püsti püsimine peaks üpris hästi tagatud olema. Kompaktsuse tekitamiseks ehk mõõtude optimeerimiseks oleks tõenäoliselt vajalik moodulite omavahelisest asetusest lähtuvalt kujundada moodulid selliselt, et ruum maksimaalselt ära kasutada, mis võib tingida keeruliste kujudega moodulite korpused. Mõne mooduli puudumine ja asendamine katemooduliga ei tohiks toote esteetilisusele kuigi palju mõjuda, kui katemoodulid vastavalt projekteerida, kuigi ei pruugi olla võimalik kasutada standardset katemoodulit, mis iga mooduli kohale ka sobiks. Sellise paigutuse puhul peaks toote aku olema tasapinnaline ning aku vahetamine ei pruugi olla lihtne. Selle parendamiseks võiks toote all asuva baasmooduli asemel tsentrisse projekteerida püstise baasmooduli, mis vähendaks ka seadme kõrgusmõõtusi, kuid võib raskendada mõnede moodulite ära mahutamist.

### 3.4.2 Kõrvuti paiknevad moodulid

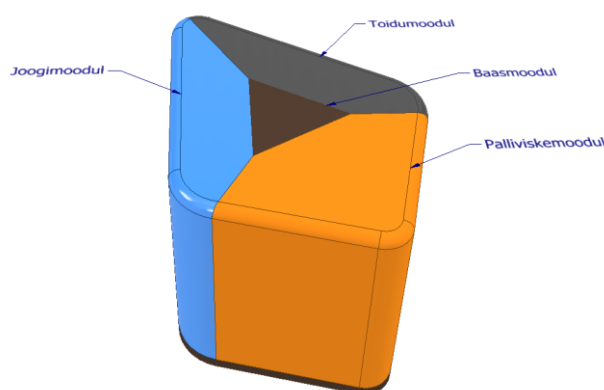


Joonis 3.12 – Kõrvuti paiknevad moodulid

Kontseptsiooni põhimõte on risttahuka kujuline asetus, mille põhjas on risttahuka kujuline baasmoodul ning selle peale kõrvuti paigutatud funktsionaalsed moodulid. Paigutuse saab teha suhteliselt esteetiliselt ning kompaktsus peaks olema hõlpsasti tagatav, kui dimensioneerida moodulid vastavalt mooduli jaoks vajalikele mõõtmetele. Selliselt on seade kasutatav, kui paigutada see näiteks seina äärde. Söögi- ja joogimoodul saaksid aetseda kõrvuti ning oleksid mugavasti ligipääsetavad. Joogimoodul peaks jääma seadme keskele, kuna tegemist on kõige raskema mooduliga – seetõttu jääks ka täidetud seadme raskuskese võrdlemisi tsentri lähedale, mis teeb seadme käsitsi teisaldamise mugavaks. Seadme umbkaudsed mõõtmed on 500 x 300 x 250 mm, mille juures oleks seadme ümberlükkamatus ka üpris hästi tagatud.

Mõne mooduli puudumisel saaks selle asendada kattermooduliga, kuid see võib seadme välimusele üpris kehvasti mõjuda, kuna arvestatavale osale seadme geometriast tekiks kasutuseta ala. Moodulid saaksid aga olla üksteisest suhteliselt vähe sõltuvad, mis tähendab, et edasisi arendusi oleks lihtsam teostada ning kompaktsust lihtsam tagada. Toote aku peaks sellise paigutuse puhul olema tasapinnaline ning aku vahetamine ei pruugi olla kuigi lihtne. Selle parendamiseks saaks baasmooduli kavandada toote taha, mis suurendaks toote sügavusgabariiti ning ebatasapinnalise baasmooduli puhul võib halvendada toote välimust, kuigi esteetilisust võib olla võimalik säilitada, kui leida baasmooduli jaoks lisaruumi joogimooduli arvelt. Selliselt saaks liita moodulid sahtlitena, mis võiks osutada üsna edukaks lahenduseks.

### 3.4.3 Tsentraalse baasmooduli ümber paiknevad moodulid



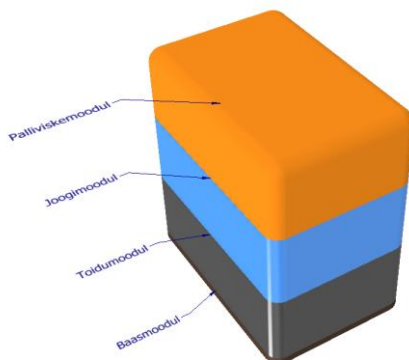
Joonis 3.13 - Tsentraalse baasmooduli ümber paiknevad moodulid

Lahenduse tuumaks on baasmoodul, mis on seadme tsentris ning ühtlasi moodustab seadme põhjatasapinna. Moodulid ühendatakse ümber tsentraalse baasmooduli, mis teeb toote arhitektuuri lihtsaks, samuti on suhteliselt lihtne osade vahetatavus ja hooldatavus. Mõne mooduli puudumisel on asendamine kattermooduliga lihtne, seejuures on võimalik vältida toote esteetilisuse suuremat vähenemist. Illustratsioonil näidatud moodulite mõõtmed on umbkaudsed ning saavad muutuda vastavalt sellele, kui palju iga moodul ruumi vajab. Eeldatavad gabariitmõõdud on 400 x 400 x 250 mm. Sellise asetusega seade ei sobi kasutamiseks toa nurgas või seina ääres, sest osad moodulid võivad sedasi jääda ligipääsmatuks.

Asetuse puhul on suhteliselt lihtne tagada seadme kompaktsust, kuna moodulite gabariitmõõtude dimensioneerimisel vastavalt vajadusele peaks olema võimalik ülejäänud toote kujundust vastavalt disainida. Seetõttu on selline asetis kõige vähem tundlik erinevate moodulite täpsetele kujudele ning muudatustele. Kuna baasmoodul asub toote keskel, on võimalik kasutada erinevat sorti akusid, sest aku ei pea olema tasapinnaline. Probleemseks võib osutada täidetud seadme raskuskese, mis asub

tõenäoliselt joogimooduli poolel ning võib raskendada seadme käsitsi transportimist. Ka seadme ümberlukkamatus peaks olema üsna hästi tagatud, kuid seda tuleb eraldi vaadelda koos raskuskeskme asukohaga.

#### 3.4.4 Vertikaalselt paiknevad moodulid



Joonis 3.14 - Vertikaalselt paiknevad moodulid

Lahendus seisneb üksteise peal paiknevatest moodulitest, mistõttu seade saaks olema kõrge ja tornja kujuga. Kontseptsiooni alustasapinnaks on baasmoodul, mille peale asetatakse järjest toidumoodul, joogimoodul ja palliviskemoodul. Sellise kontseptsiooniga seadme eeldatavad mõõdud oleksid 250 x 350 x 400 mm. Kuna seade ulatub kõrgusesse, on seadme raskuskese suhteliselt kõrgel ning seetõttu võib seadme stabiilsus ümberlukkamatuse suhtes osutada problemaatiliseks. Kuna kõik moodulid asetsevad üksteise kohal, ei tohiks teisaldatavuse vaatevinklist raskuskeskme horisontaaltasapinnas probleeme olla. Sellise asetusega seadme puhul võib osutada problemaatiliseks funktsionaalsus, kuna looma ligipääsetavus moodulitele võib olla raskendatud, samuti võib seade osutada erineva kasvuga loomadele kasutamiseks liiga kõrgeks.

Seadme kompaktsuse tagamine on suhteliselt lihtne, kuna moodulite kõrgusi saaks vastavalt vajadusele dimensioneerida. Võib osutada võimalikuks seadet ka ülevalt poolt kitsendada. Juhul, kui seadet soovitakse kasutada ilma mõne moodulita, võib osutada mooduli asendamise asendusmooduliga problemaatiliseks – selle lahendamiseks võib osutada võimalikuks mõne moodul vahelt ära jätmine, kuid selle tagamiseks tuleks hoolikalt läbi mõelda elektriühendused ning seadme juhtimine. Baasmooduli tasapinnalisuse tõttu on kasutatavate akude valik piiratud. Võimalus oleks seadme tagaosast tuua üles vertikaalne baasmooduli sektsioon, kuid see raskendaks eelmainitud moodulite vahelt ära jätmise tagamist.

### 3.4.5 Toote arhitektuuride järelused

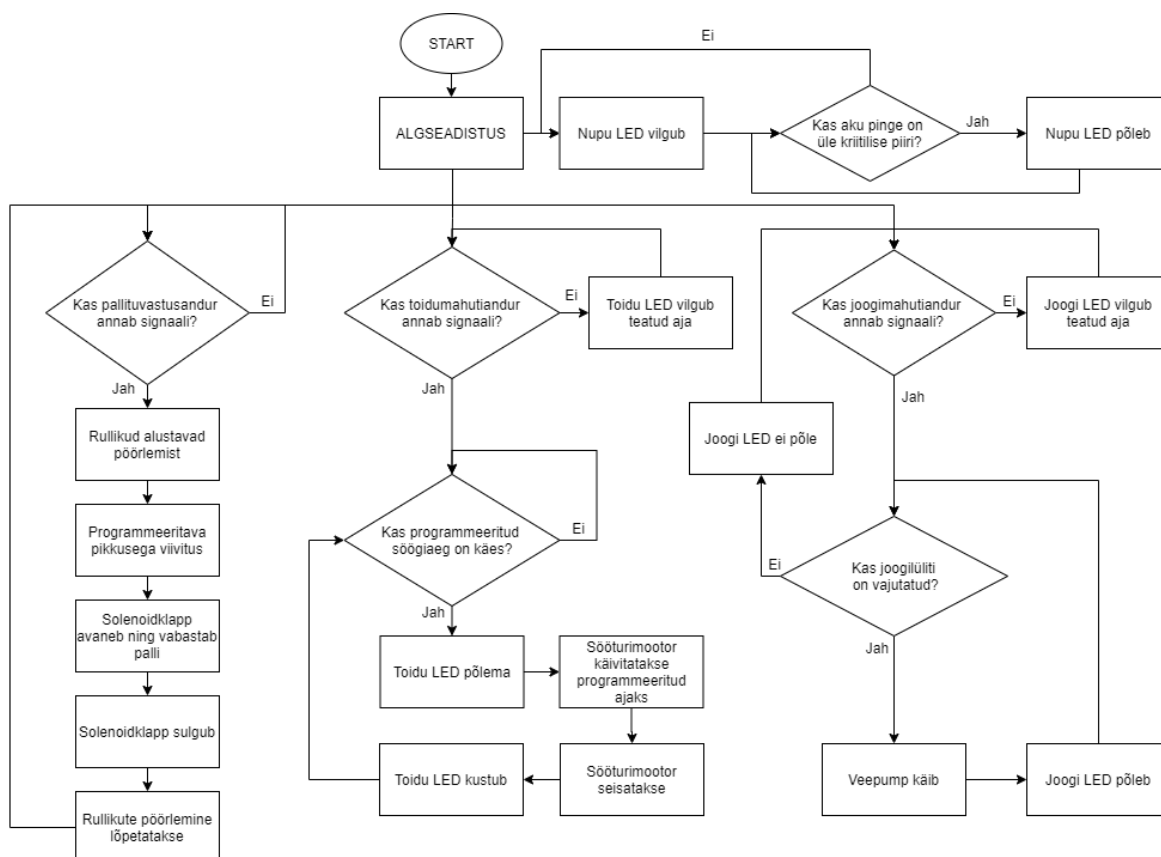
Kuna käesolevas etapis pole veel teada täpsed funktsioonikandjate kujud ja mõõdud, ei ole otstarbekas toote lõplikku kuju veel fikseerida. Küll aga tuleb silmas pidada arhitektuurilisi kontseptsioone, mille järgi edasisest arendust orienteerida. Eelmainitud arhitektuuriliste kontseptsioonide põhjal võib järelada, et tõenäoliselt tasub toode projekteerida vähemalt osaliselt vertikaalselt asetseva baasmooduliga, kuna sedasi on kõige paremini tagatav toote modulaarsus, funktsionaalsus, hooldatavus ning esteetiline välimus ka moodulite puudumise korral. Vertikaalsesse baasmoodulisse peaks integreerima ka mooduli elektriühendused – funktsioonimoodulit baasmooduli külge ühendades saavutavad moodulite vahelised klemmid kontakti ning selliselt on funktsioonimoodul ühendatud seadme voluvõrku. See tähendab, et funktsioonimoodulid on täiesti eraldiseisvad ning iseseisvalt töötavad seadmed, mis ainult klemmide ning mehaanilise ühenduse läbi täidavad tervikliku süsteemi osafunktsioone.

Ka kõrvuti paiknevate moodulite puhul saaks rakendada vertikaalse baasmooduli kontseptsiooni, projekteerides baasmoodul L-kujuliselt või tekitades lokaalse baasmooduli vertikaalse osa jaoks väljalõike näiteks veereservuaari. Esimesel juhul on tagatud elektriühendused moodulite vahel, kuid baasmoodul koosneb vaid tasapinnalistest sektsioonidest, mis seab piiranguid aku selektsioonile. Teisel juhul ei ole tagatud elektriühendus baasmooduli ja funktsioonimoodulite vahel ning elektriühenduse saavutamiseks tuleb leida alternatiivne lahendus, samuti on suurendatud seadme gabariitmõõtmed ning halvendatud seadme esteetilisus.

Valitud toote kontseptuaalseks arhitektuuriks, mille suunas edasist arendust orienteeritakse, saab tsentraalse baasmooduli ümber paiknevate moodulitega skeem, kuna selliselt on saavutatav parim kompromiss funktsionaalsuse, modulaarsuse ning esteetilisuse vahel. Seadme edasisel projekteerimisel peetakse silmas eesmärki saavutada eelistatult ümaraid vorme, kuid täpne kuju ja vormide iseloom selgub lähtuvalt funktsioonimoodulite omavahelistest dimensioonidest ja kujudest. Nagu selgus ka turu-uuringust, on olemasolevatest toodetest erinev kuju silmapaistev ning võib osutada turul väärtuslikuks omaduseks, seetõttu ei maksa hoida tagasi toote projekteerimisel julge kontseptsiooni järgimist. Kuna tegemist saab olema modulaarse tootega, saab toote lõppkuju hilisemates arendustes ka suhteliselt väikese vaevaga varieerida.

## 4. TOOTE PROTOTÜÜBI PROJEKTEERIMINE

Prototüüplahenduse puhul kasutatakse võimalikult palju ostutooteid, et tagada prototüüpimise mõistlik maksumus ning lihtsus. Seeriatootete puhul võib olla mõistlik kasutada ostutoodete asemel eritellimustena tehtud lahendusi või toota valdav osa komponente ise, kuid käesolev töö ei käsitle toote projekteerimist seeriatootete vaatevinklist. Toote prototüübi projekteerimiseks ongi esmalt mõistlik ära valida ostutooted, kuna nendest lähtuvalt võivad ilmnedä täiendavad piiranguid või nõuded seadmele, mida tuleb edasises arenduses arvestada. Samuti võib ostutoodete valik ja kättesaadavus osutada piiratuks, kuna töö kirjutamise ajal kehtib Eesti Vabariigis ning ka paljudes teistes maailma riikides eriolukord, mistõttu tarneahelad on häiritud ning toodete kättesaadavus võib olla raskendatud. Seetõttu ei pruugi muust arendusest tulenevatele nüanssidele vastavaid ostutooteid olla mõistlikel tingimustel saadaval, mistõttu teostatakse toote projekteerimine lähtudes ostutoodetest. Ostutoodete selekteerimisele järgnevalt projekteeritakse üksikute moodulite detailid, seejärel integreeritakse moodulid kompleksesse tootesse, mis on aluseks prototüübi koostamisele. Järgnevalt on presenteeritud toote eeldatav plokkskeem, mis selgitab toote üldist tööpõhimõtet läbi peamiste protsesside.



Joonis 4.1 - Prototüübi plokkskeem

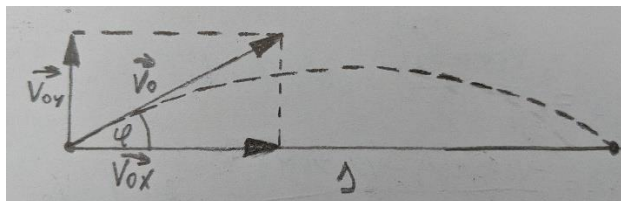
Ostutoodetest esimesena teostatakse ajamite valik, kuna tegemist on funktsiooniliselt ja maksumuselt oluliste komponentidega. Ajamite valiku teostamisega koos on tarvilik seada mõningad lähteparameetrid funktsionaalsetele elementidele, kuna ajamite arvutused sisaldavad funktsioonelementidest tulenevaid mõõtusid ja parameetreid, mis aitab ka edasisele arendusele lähtetingimusi seada. Ajamite valiku järgselt saab käsitleda abikomponente, seadme juhtimist ning toidet – nende alusel on võimalik teostada aku arvutused ja selektsioon, mis on töö oluline punkt, määrates potentsiaalselt suuna märkimisväärsele osale toote kontseptsioonist. Eelnevate etappide läbimine loob aluse elementide integratsiooniks terviklikku tootesse.

## 4.1 Palliviskemooduli projekteerimine

Palliviskemooduli eesmärk on toimetada pall läbimõõduga 67 mm vähemalt 10 meetri kaugusele, mistõttu on funktsiooni kasutamine eelkõige sobiv välitingimustes. Palli läbimõõt võib mõnevõrra erineda, olenevalt kasutatavast palli spetsifikatsioonist ning määrdumisest või kulumisest. Palli läbimõõt peab siiski jääma vahemikku 60-70 mm. Palliviskemooduli ostutoodete selekteerimise seisukohast peetakse silmas tehniliste nõuete ja soovide loetelus sätestatud parameetreid ning toote kontseptsiooniga välja pakutud lahendust. Palliviskemooduli rullikute pöörlemiseks on tarvilik kasutada pöördajameid, samuti on võimaluse korral tarvilik tagada mitme palli hoiustamise võimalus. Viimase jaoks on tarvilik valida või projekteerida komponent, mis takistaks pallide liikumist heitemehhanismini, kuid vastava signaali saabudes avaneks, lubades üks pall läbi, ning seejärel sulgudes takistades taas järgnevate pallide liikumist.

### 4.1.1 Pöördajamite valik

Palliheitmise toimimise kesksed komponendid on ajamid, mis käitavad heidet teostavate rullikute pöörlemist. Ajamid peavad tekitama pöördliikumist, ajamite kiiruse ning võimsuse dimensioneerimiseks tuleb lähtuda rullikute diameetrist. Rullikute pöörlemiskiirusest ja diameetrist sõltub palliviske algne kiirus, mis otseselt määrab ära palli heitekauguse.



Joonis 4.2 - Palliheitmise skeem

Esmalt arvutatakse palli heitekauguse põhjal välja palli vajalik algkiirus, arvestades vajalikuks viskekauguseks vähemalt 10 meetrit ning esialgu oletades, et pall heidetakse 30 kraadise nurga all. Arvutustes ei arvestata õhutakistust, mistõttu eeldatakse, et kiirus x-telje sihis on heitmisest kuni maandumiseni konstantne. Arvutuskäik on järgmine:

$$v_x = \frac{s}{t}, \text{ millest } v_x = v_0 * \cos(\phi) \text{ ning } t = \frac{v_{1y} - v_{0y}}{g} \quad (4.1)$$

$$|v_{1y}| = v_{0y} = v_0 * \sin(\phi),$$

$$\text{Järelikult } t = \frac{2 * v_0 * \sin(\phi)}{g}$$

Algsest liikumisvõrrandist avaldatuna seega

$$v_0 * \cos(\phi) = \frac{s * g}{2 * v_0 * \sin(\phi)}, \text{ millest}$$

$$v_0^2 \geq \frac{s * g}{2 * \sin(\phi) * \cos(\phi)}$$

kus  $v_x$  – Palli algkiiruse x-komponent, m/s

$s$  – palli heitekaugus, m

$t$  – palli õhus viibimise aeg, s

$v_0$  – palli algkiirus, m/s

$\phi$  – palli heitenurk, °

$v_{1y}$  – palli kiiruse y-komponent maandumisel, m/s

$v_{0y}$  – palli algkiiruse y-komponent, m/s

$g$  – gravitatsioonikiirendus, m/s<sup>2</sup>

$$\text{Avaldatuna on heite vajalik algkiirus seega } v_0 \geq \sqrt{\frac{s * g}{2 * \sin(\phi) * \cos(\phi)}}$$

Arvestades, et pall heidetakse 30 kraadise nurga all, on seega vajalik viske algkiirus

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{10 * 9,81}{2 * \sin(30) * \cos(30)}} \geq 10,64 \text{ m/s}$$

Tennisepalli heitmise matemaatilist analüüsi on käsitletud Bialystoki Tehnikaülikooli uurimistöös „Mathematical Analysis for a new tennis ball launcher“ [21]. Järgnevad ajami valiku arvutused on tehtud eelmainitud allikas kasutatud valemite põhjal, kuid veidi lihtsustatud kujul, arvestamata rullikute erinevaid pöörlemiskiirusi ning seetõttu jättes välja ka palli lennu ajal tekkiva Magnuse efekti. Arvutused teostati iteratiivselt Excelis, otsides samal ajal võimalikke sobivaid mootoreid ning katsetades erinevate rullikute diameetrite, kaalude ja pöörlemiskiiruste kombinatsioone. Arvestades, et seadme gabariite silmas pidades ei ole mõistlik kasutada rullikuid, mille diameeter on suurem kui 10 cm, saab arvutada minimaalse pöörlemiskiiruse, millele mootor vastama peab. Minimaalne mootori pöörlemiskiirus arvutatakse valemiga:

$$\omega \geq \frac{60 * v_0}{2 * \pi * r} \geq \frac{60 * 10,64}{2 * 3,14 * 0,05} \geq 2032 \text{ 1/min.} \quad (4.2)$$

kus  $v_0$  – palliheite vajalik algkiirus, m/s



$r$  – rulliku diameeter, m

Mida väiksemad on rullikud, seda väiksem on töö, mida peab tegema rullikute pöörlemise tagamiseks, seetõttu on väiksemad rullikud ka eelistatud. Lisaks on väiksemate rullikute puhul seadme kompaktsuse tagamine kahtlemata lihtsam. Iteratiivsete arvutustega koos mootorite saadavusspektri uuringuga jõuti mootorini pöörlemiskiirusega 4000 pööret minutis ning võimsusega 60W. Järgnevate arvutustega kontrollitakse mootori parameetreid, seades samas ka piirangud rullikutele.

Palli heitmiseks vajalik töö on arvatav järgmise valemiga:

$$\Delta W_r = \frac{1}{2} * I_r * (\omega_1^2 + \omega_2^2) + \frac{1}{4} * m * v_0^2 = 0,5 * 0,00008 * (4000^2 + 4000^2) + \frac{1}{4} * 0,035 * 16,8^2 = 1280 + 2,5 = 1282,5 \text{ J} \quad (4.3)$$

$$\text{millest } I_r = \frac{1}{2} * m_r * r_r^2 = \frac{1}{2} * 0,1 * 0,04^2 = 0,00008 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ning } v_0 = \frac{2 * \pi}{60} * r_r * \omega_1 = \frac{2 * 3,14}{60} * 0,04 * 4000 = 16,8 \text{ m/s}$$

kus  $\Delta W_r$  – rullikute käivitamiseks vajalik töö, J ( $\text{kg} * \text{m}^2 * \text{s}^{-2}$ )

$I_r$  – rullikute inertsmoment,  $\text{kg} * \text{m}^2$

$\omega_1$  – rulliku 1 pöörlemiskiirus, 1/min

$\omega_2$  – rulliku 2 pöörlemiskiirus, 1/min

$m$  – Palli mass, kg

$v_0$  – Palli vajalik algkiirus, m/s

$m_r$  – rulliku kaal, kg

$r_r$  – rulliku raadius, m

Ning vastavalt on ühe rulliku pöörlemiseks vajalik võimsus avaldatav valemiga

$$P_{r_1} = P_{r_2} = \frac{\Delta W_r}{2t}, \text{ millest avaldatuna on kahe heite omvaheline minimaalne aeg } t = \frac{\Delta W_r}{2 * P_{r_1}} = \frac{1282,5}{2 * 60} = 10,7 \text{ sekundit} \quad (4.4)$$

kus  $t$  – rulliku pöörlemiskiiruse saavutamiseks kuluv aeg, s

Kontrollitakse palli viskekaugust antud parameetrite juures, milleks on, tuletatuna eelmainitud valemist 4.1, 15 kraadise viskenurga puhul:

$$s = v_x * t = v_0 * \cos(\phi) * \frac{2 * v_0 * \sin(\phi)}{g} = 16,8 * \cos(15) * \frac{2 * 16,8 * \sin(15)}{9,81} = 14,4 \text{ m} \quad (4.5)$$

kus  $s$  – palli heitekaugus, m

$v_x$  – Palli algkiiruse x-komponent, m/s

$t$  – palli õhus viibimise aeg, s

$v_0$  – palli algkiirus, m/s

$\phi$  – palli heitenurk, °

$g$  – gravitatsioonikiirendus,  $\text{m/s}^2$

Viskenurka muudeti, kuna iteratiivsete arvutuste käigus selgus, et 15 kraadine viskenurk on 30 kraadi asemel piisav, väiksema nurga puhul on komplekssus väiksem. Erinevaid saadaval olevaid komponente otsides osutub sobivaks mootoriks 775 Micro DC Motor [22].



Joonis 4.3 - Elektrimootor Motor 12V 60W 775 Micro DC Motor [22]

Hind: €12.19 EUR

Mõõtmed: 66 x 42 mm

Kaal: 0,35 kg

Pinge: 12 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Voolutugevus: 0,32 A (nominaalne)

Võimsus: 60 W ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ )

Pöörlemiskiirus (maksimaalne): 4000 1/min

Nominaalne vääne:  $11,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

Rullikukoostu toetamiseks on tarvilik kasutada laagreid, et tagada pöörlemisele kindel tolerantsiga telg ning vähendada hõõrdumisi. Valituks osutub Igus ZFM 0810-05 [24] kasutamine, kuna tegemist on kõrgetele pöörlemiskiirustele vastava, vastupidava, hooldevaba ning kõrgeid koormusi taluva liugelaagriga.



Joonis 4.4 - Igus ZFM 0810-05 [24]

Hind: €2,97 EUR

Mõõtmed: 15 x 6 mm

#### **4.1.2 Palliheitemooduli abikomponendid**

Selleks, et tagada ohutus ning et heiterullikud saaksid hoogu koguda, on vajalik palli liikumist peatada või viivitada, kuni rullikud on kiiruse üles kogunud. Seetõttu projekteeritakse klapp, mis takistab palli edasist liikumist, kuni rullikud on hoo üles kogunud. Klapi avanemisega vabastatakse palli liikumine. Klapi teostamiseks on sobilik

kasutada solenoidi ning kuna töö autoril on kirjutamise ajal olemas mõned solenoidid, siis neid ka prototüübis kasutatakse, et mitte tekitada täiendavate komponentide tellimisega riske tarnete osas. Mehaanilised komponendid tuleb seega projekteerida antud solenoidi järgi, et oleks tagatud mehhanismi funktsionaalsus. Edasises arenduses võib kaaluda hoidesolenoidide või muud tüüpi lineaarajamite kasutamist.



Joonis 4.5 - Push-pull solenoid 10 mm 12 V 2,1 kg force [25]

Hind: \$3.73 USD

Mõõtmed: 60 x 15 x 13 mm

Kaal: 0,042 kg

Pinge: 12 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Lükkejõud: 20,6 N ( $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )

Käik: 10 mm

Et solenoidi ning rullikuid õigeaegselt käitada, on tarvilik lisada ka andurid, mis tuvastaksid palli sisestamise tootesse. Anduritest sobivaimad oleksid nägemisel põhinevad andurid või kontaktandurid. Nägemisel põhinevate andurite puhul oleks lihtsaim tagada, et palli mööda veeredes või pessa jõudes signaal kontrolleriini jõuaks. Teisalt on visuaalsensori miinuseks, et määrdumise või ilmastikuolude tõttu võib anduri töökindlus kannatada. Kontaktanduri puhul on keeruline tagada anduri töökindlust tavatingimustel, samas on kontaktandur ilmastikutingimustele, keskkonnale ja määrdumisele veidi töökindlam. Kasutamiseks valitakse infracasutatav visuaalsensori paar, kuna tegemist on odavate komponentidega ning nende integreerimine tootesse on lihtne.



Joonis 4.6 - Adafruit ADA2167 IR Break Beam Sensor [26]

Hind: €3.30 EUR

Mõõtmed: 20 x 10 x 10 mm

Pinge: 5 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Tagamaks ohutus on tarvilik vältida palli heitmist loomade või inimeste pihta. Selleks kasutatakse distantsandurit, mis paikneb palliheitemooduli väljundotsas, millega tuvastatakse liikumine, et oleks võimalik katkestada palliheitetsükkel ning sellega vältida ohtlikke olukordi. Kaaluti erinevaid andureid, seal hulgas liikumisandureid ja ultrahelimõõdikuid, kuid hinda, eeldatavat töökindlust ja töökaugusi arvestades osutus valituks laserdistantsandur TOF 10120, mis mõõdab objektide distantsi vahemikus 10-180 cm. Kui seadme ees miski liigub, registreerib distantsandur distantsi muutumise ning läbi juhtimissüsteemi on seeläbi võimalik heitetsükkel katkestada. Distantsanduri tööraadiused on projekti sobivad, kuna kaugemalt kui 180 sentimeetrit ei tohiks esineda märkimisväärset ohtu looma või inimese tervisele. Pikema tuvastusdistantsi puhul võib osutuda problemaatiliseks ka koera ootusärevus, mille tõttu koer võib palju ringi liikuda ning seetõttu halvata seadme toimimise, käivitades liialt tihti ohutusfunktsioon. Anduri toimimine ja sobivus lõpptootesse vajavad katsetamist.



Joonis 4.7 - Distantsandur TOF 10120 [27]

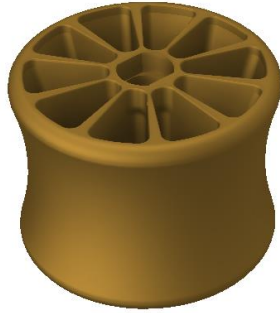
Hind: \$7.99 USD

Mõõtmed: 20 x 13,2 x 2 mm

Pinge: 3-5 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

### 4.1.3 Palliheitemooduli mehaanilised komponendid

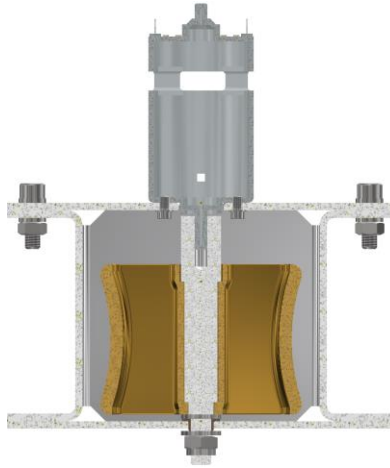
Palliheitemooduli funktsionaalsuselt olulisimateks detailideks on rullikud, mis teostavad palliviset. Vastavalt eelnevas lõigus teostatud arvutustele on heiterulliku diameeter 80 mm ning maksimaalne kaal 100 g. Parameetritest lähtuvalt projekteeriti rullik ning sõlm koos komponentidega, mis fikseerib rulliku asendi ning tagab sõlme tugevuse. Rulliku kaalu vähendamiseks teostati rulliku silinderjasse osasse väljalõiked, jättes samas alles piisavad seinapaksused, et rulliku tugevus ei kannataks. Heiterullikutele kantakse peale kumjas kiht, et tagada rullikute haare palliga ning seeläbi maksimeerida heitekaugust. Kummikihi peale kandmiseks kasutatakse kummispread või termorüüd, mida peale kahandada. Heiterulliku prototüüpimiseks kasutatakse 3D printimist, kuid lõpptoote tarvis oleks komponent mõistlik toota survevaluga, et minimeerida toote hinda.



Joonis 4.8 – Heiterullik

Rulliku paneb pöörlema elektrimootor 775 ning pöörlemise üle kandmiseks mootorivõllilt rullikule projekteeritakse alumiiniumist võll, mis ühelt poolt istub mootori väljundvõlli otsa, kusjuures võllid fikseeritakse omavahel seadekruvidega, ning teiselt poolt istub võll eelnevas sektsioonis mainitud puksi ZFM 1012-05 sisse. Puksi järgselt on võllil väliskeermega sektsioon, kuhu keeratakse nylock mutter fikseerimaks võlli aksiaalsuunaline liikumine. Võlli ja puksi vahel ning järgselt on kasutatud ka seibe, et laiendada kontaktide pindasid vältimaks intensiivset kulumist. Rullikule projekteeriti vastavalt astmed, et võlli saaks ühelt poolt terviklikult sisestada ning teisel poolel vastavalt võll ning rullik omavahel positsioneeruksid. Rullikule ning võllile projekteeriti kandiline sektsioon, et osa pöördemomendist kanduks üle juba otse sidurilt rullikule. Võll ja rullik on prototüübi tarvis ette nähtud omavahel kokku liimituks, kuna erinevate tehnoloogiatega detaile tootes on keeruline tagada vajalik täpsus, mis väldiks detailide omavahelist lõtku tangentsiaalsuunas.

Detailide ümber projekteeriti alumiiniumlehtedest koosnev korpus, mille küljed on tehtud kanditud 3 mm alumiiniumlehest ning pealis- ja alusplaat tasapinnalisest 3 mm alumiiniumlehest. Sõlme koostamiseks koostatakse esimesena külje- ja pealisplaat, kuhu sisse asetatakse rullik. Seejärel sisestatakse läbi pealmise plaadi võll ning ühendatakse need puksi ja poltimisega alumise plaadiga, kusjuures alumise plaadi juures asuvat Nylock mutrit ei tohi lõpuni pingutada, kuna sellisena pooks mutter kinni võlli pöörlemise liugelaagri suhtes. Seejärel sisestatakse mootor läbi oma pesa võlli, pingutatakse võll ümber mootori väljundvõlli ning keeratakse mootor oma pesa kinni. Koostamine on võimalik ka teises järjekorras, kus esmalt koostatakse rullik võlliga alumise plaadi külge ning mootor ülemise plaadi külge, seejärel koostatakse plaadid omavahel. Kirjeldatud koost asetatakse alusele, mis on kirjeldatud edasises töö osas, ning polditakse sobivasse positsiooni, kusjuures positsioon on jooksvalt reguleeritav, et tagada rullikutele sobiva positsiooni leitavus katsetuste käigus.



Joonis 4.9 - Heiterulliku sõlm

Rullikuteni on tarvilik pall ka toimetada, seetõttu projekteeriti juhiktee, mis tuvastab palli sattumise suudmesse, vabastab palli sobival hetkel ning juhivad palli rullikuteni. Esmalt kaaluti juhikteele ka rullikute integreerimist ning projekteeriti vastav lahendus, kuid leiti, et lahendus ei ole antud rullikutele mõjuvate jõudude jaoks piisavalt tugev. Seetõttu muudeti kontseptsiooni selliselt, et juhiktee positsioneeruks alusplaadile ning juhikteele omakorda positsioneeruks andurid ning solenoid, hoidmaks detailide arvu madalana. Juhiktee ülemisse otsa istub suue, mis sobib sinna ainult õigesse positsiooni ning juhiktee kõige madalamasse pinda projekteeriti avad, kust vesi ning pisem mustus saaks väljuda. Juhiktee kinnitub kahe M3 poldiga alusplaadile ning prototüübi tarvis detail 3D prinditakse. Seeriatootes jaoks on otstarbekas juhiktee kohandada survevalu tarvis.



Joonis 4.10 – Juhiktee

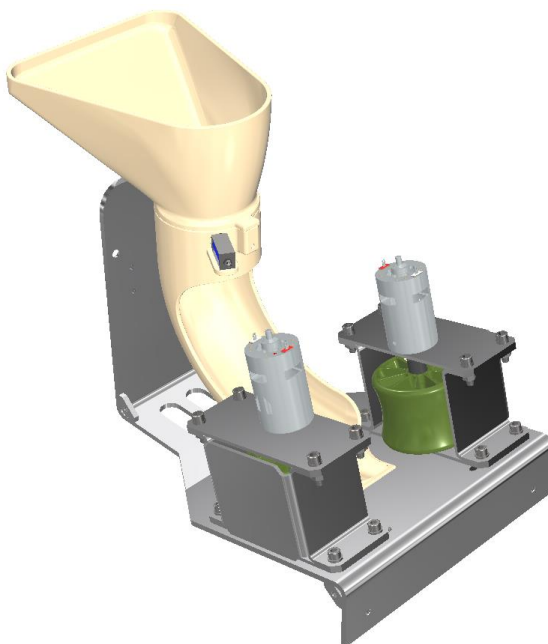
Juhikteele palli suunamiseks projekteeriti suue, mis istuks juhikteele. Suudme alumises, silinderjas osas on avad, millest pääseb läbi solenoid ning mis avavad omavahelise nähtavuse vastaspooltel asuvatele infrapunaanduritele. Suue ja juhiktee

projekteeriti selliselt, et suuet ei oleks võimalik valepidi juhiktesse sisestada, tagamaks korrekse positsiooni lihtne leidmine. Töö käigus suuet korduvalt muudeti vastavalt erinevatele kontseptsioonidele ning variantidele, mis läbi käisid. Prototüübi tarvis suue 3D prinditakse, seeriatootes oleks otstarbekas komponent toota survevaluga või vaakumvormimisega.



Joonis 4.11 – Suue

Komponente paralleelselt arendades ning terviklikku tootesse kombineerides jõuti lahenduseni, kus kõik eelmainitud mehaanilised detailid kinnituvad ühe alumiiniumist painutatud alusplaadi külge. Alusplaat positioneerib kõik palliviskemooduli komponendid ning tagab ruliikumoodulite omavahelise kauguse reguleeritavuse, et prototüüpides oleks võimalik leida optimaalne distant, millega pallivise kõige paremini toimib. Algselt planeeriti alusplaadi tootmist polükarbonaadist, kuid kuna polükarbonaadi puhul on painutusel keeruline tagada täpsust, otsustati alusplaat teha alumiiniumist, kuna suuresti just antud detaili täpsusest tuleneb mooduli koostatavus, välimus ning tugevus. Alusplaadi nurkadesse keevitatakse keermestatud avaga lehed, kuhu saavad kinnituda järgnevad korpuse detailid.



Joonis 4.12 - Palliheitemooduli funktsionaalsed elemendid

## 4.2 Söögimooduli projekteerimine

Söögimooduli projekteerimisel peetakse silmas eelnevalt valitud kontseptsiooni, kasutades kruvisööturit, mis pööreldes edastab toidu toidukaussi. Projekteerimisel on tarvilik silmas pidada püstitatud tehnilisi nõudeid ning erilist tähelepanu pöörata ohutuse ja steriilsuse aspektidele, kuna saastunud toit võib osutada koerale eluohtlikuks. Sestap on lõpptootes tarvis kasutada ohutuid materjale ning minimeerida süsteemi avatust väliskeskkonnale. Söögimooduli olulisimateks komponentideks on kruvisöötur, mis toitu koerale kättesaadavaks toimetab, ning toidumahuti. Kruvisööturi funktsionaalsuse tagamiseks on tarvilik leida sobivate ostukomponentidena ajam, mis käitaks sööturi pöörlemist, samuti laagrid, mis toestaks kruvisööturi võlli ning vähendaksid hõõret ning nõudmisi ajamile.

Kruvisööturi terviklikuks realiseerimiseks kaalutakse erinevaid variante, kuidas disainida sööturi korpus, millisel viisil istub sööturi peale toidumahuti, kuidas takistada söögi väljumist mahutist mahuti eemaldamisel ning kuidas takistada koeral mahutist otse toidu söömist. Korpuse osas kaaluti peamiselt erinevate materjalide ja detailide omavaheliste kinnituste kasutamist. Mahuti sööturi istumisel ning toidu läbivoolu reguleerimiseks kaaluti peamiselt avaneva luuk- ja klappmehhanismi vahel, millest klappmehhanism osutus mõistlikumaks väiksemate mõõtude tõttu. Takistamiseks koeral mahutist otse söömist on tarvilik mahutit kattev kaas projekteerida selliselt, et koer ise kaant eemaldada ei saaks – selleks kaaluti erinevaid pööratavaid ja libistatavaid lukustsmehhanisme, kuid otsustati prototüübi tarvis katsetada lihtsaimat lukustusprintsipi, milleks on kaane külge kuuluvad elastsed nagad, mis lukustavad kaane positsiooni mahuti peal.

### 4.2.1 Kruvisööturi ajami valik

Kruvisööturi ajami selekteerimiseks lähtutakse kruvikonveierite arvutustest, kuna kruvisööturit võib käsitleda väiksemõõdulise kruvikonveierina. Koeratoidu tüüpiline tihedus on vastavalt katsetustele  $500 \text{ kg/m}^3$  ning graanulite maksimaalsed mõõdud  $25 \times 10 \text{ mm}$  (läbimõõt  $\times$  kõrgus). Kuna erinevat kasvu koertel on väga erinevad toidukogused, tuleb ka söötur vastavalt dimensioneerida, et toit oleks skaleeritav ka väikese koera portsjonit arvestades. Minimaalse portsjoni suuruseks arvestatakse 50 grammi ning maksimaalseks 500 g vastavalt erinevat kasvu ja aktiivsustasemega koerte vajadustele [28]. Selliste kogustega on kõiki kasvu ja tüüpi koerte päevased söögivajadused kaetavad, suurema päevase toiduvajaduse puhul on otstarbekas toidukogus jaotada igal juhul mitme toidukorra vahel, kuna suurte toidukoguste kuhjamine ühte toidukorda võib omada halba mõju looma tervisele.



Ajami valik käib käsikäes kruvisööturi mõõtmete dimensioneerimisega, kuna sööturi pöörlemiskiirus ja diameeter ning vajalik võimsus ja moment on omavahel seotud. Kuna erinevate koeratoitude graanulite mõõdud ja tihedused on erinevad, arvestatakse arvutustes keskmiste väärtustega, et leida estimatsioon, mille ümber dimensioneerimine teostada. Sööturi tootlikkust on võimalik hilisemate katsetuste käigus pöörlemiskiiruse ja pöörete arvu muutmisega skaleerida. Sööturi arvutused teostatakse vastavalt KWS kruvikonveierite dimensioneerimisjuhiste [29], kus küll kõik arvutused on ette nähtud imperiaalsetes ühikutes, kuid arvutused teisendatakse ja teostatakse SI ühikutes.

Sööturi vajalik tootlikkus on arvutatav valemiga

$$CMH = \frac{m_h}{\rho} = \frac{m_s \cdot 3600}{\rho} = \frac{m_{portsjon,max}}{t} * \frac{3600}{\rho} = \frac{0,5}{10} * \frac{3600}{300} = 0,6 \text{ m}^3/h \quad (4.6)$$

kus  $CMH$  – baastootlikkus,  $\text{m}^3/h$

$m_h$  – toidu maht tunnis, kg

$m_s$  – toidu maht sekundis, kg

$\rho$  – toidu keskmine tihedus,  $\text{kg}/\text{m}^3$

$m_{portsjon,max}$  – maksimaalse serveeritava portsjoni kaal, kg

$t$  – portsjoni serveerimiseks kuluv aeg, s

Kuna sööturi pikkus on suhteliselt lühike, on otstarbekas kasutada tihedama ehk topeltsammuga kruvisööturit. Seetõttu on arvestatav tootlikkus:

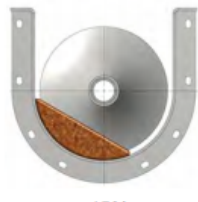
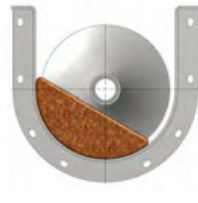
$$SC = CMH * CF = 0,6 * 2 = 1,2 \text{ m}^3/h \quad (4.7)$$

kus  $SC$  – arvestuslik tootlikkus,  $\text{m}^3/h$

$CMH$  – baastootlikkus,  $\text{m}^3/h$

$CF$  – tootlikkusfaktor

Arvestades standardseid kruvikonveierite diameetreid ning samme estimateeritakse iteratiivsete arvutustega sööturi pöörlemiskiirus ning vajalik pöörete arv. Vastavalt KWS kruvikonveierite dimensioneerimisjuhiste järgi on sööturi diameetri 4" (ca 100 mm) ning sammu 2" (ca 50 mm) korral 30% A-tüüpi täituvuse juures maksimaalseks tootlikkuseks teisendatuna meetrilisse süsteemi ca  $1,6 \text{ m}^3/h$ , mida on rohkem kui antud aplikatsioonis vaja. 30% A-tüüpi täituvus tuleneb käideldava materjali parameetritest.

Capacity Table				
Trough Loading	Screw Dia. (in.)	Max. RPM *	Capacity in ft <sup>3</sup> /hr	
			At Max. RPM	At 1 RPM
 15%	4	69	14.5	0.2
	6	60	45	0.8
	9	55	150	2.7
	12	50	323	6.5
	14	50	520	10.4
	16	45	702	15.6
	18	45	1,012	22.5
	20	40	1,248	31.2
	24	40	2,184	54.6
	30	35	3,728	106.5
	36	30	5,532	184.4
	 30% A	4	139	57
6		120	179	1.5
9		100	545	5.5
12		90	1,161	12.9
14		85	1,768	20.8
16		80	2,496	31.2
18		75	3,375	45.0
20		70	4,375	62.5
24		65	7,085	109.0
30		60	12,798	213.3
36		50	18,440	368.8

Joonis 4.13 - KWS Screw Conveyor Engineering Guide - Screw conveyor capacity table [29]

Kruvisööturi tegelik pöörlemiskiirus vajaliku tootlikkuse juures on seega

$$S = \frac{SC}{SC_{1RPM}} = \frac{1,2}{0,01} = 120 \text{ 1/min} \quad (4.8)$$

kus  $S$  – kruvisööturi vajalik pöörlemiskiirus, 1/min

$SC$  – arvestuslik tootlikkus, m<sup>3</sup>/h

$SC_{1RPM}$  – tootlikkus pöörlemiskiiruse 1 1/min juures

Ajami vajalik võimsus on arvatav valemiga  $P = \frac{FP+MP}{e} = \frac{11,0+1,8}{0,88} = 14,6 \text{ W (kg * m}^2 * \text{s}^{-3})$  (4.9)

kus  $FP = \frac{DF*HBF*L*S}{1000000} * C = \frac{12*1,7*6*120}{1000000} * 746 = 11,0 \text{ W (kg * m}^2 * \text{s}^{-3})$  (4.10)

ning  $MP = \frac{CP*MF*L}{1000000} * C = \frac{397*1*6}{1000000} * 746 = 1,8 \text{ W (kg * m}^2 * \text{s}^{-3})$  (4.11)

kus  $P$  – vajalik võimsus, W (kg \* m<sup>2</sup> \* s<sup>-3</sup>)

$FP$  – hõõrdest tulenev vajalik võimsus, W (kg \* m<sup>2</sup> \* s<sup>-3</sup>)

$MP$  – materjalist tulenev vajalik võimsus, W (kg \* m<sup>2</sup> \* s<sup>-3</sup>)

$e$  – ajami efektiivsus

$DF$  – konveieri diameetri faktor

$HBF$  – laagri faktor

$L$  – konveieri pikkus, tolli

$S$  – Konveieri pöörlemiskiirus, 1/min

$C$  – Teisenduskoefitsent hobujõust watti konverteerimisel

$CP$  – Tootlikkus, lbs/h

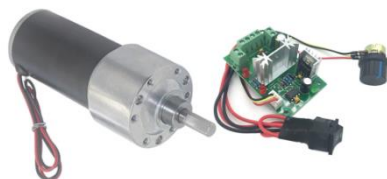
$MF$  – materjali faktor

Ajami vajalik vääne on seega arvatav valemiga

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\left(\frac{S}{30}\right)*\pi} = \frac{14,6}{\left(\frac{120}{30}\right)*3,14} = 1,16 \text{ Nm} \quad (4.12)$$

- Kus  $T$  – mootori vajalik vääne, Nm ( $\text{m}^2 * \text{kg} * \text{s}^{-2}$ )  
 $P$  – mootori võimsus, W ( $\text{kg} * \text{m}^2 * \text{s}^{-3}$ )  
 $\omega$  – Mootori pöörlemiskiirus, rad/s ( $\text{s}^{-1}$ )  
 $S$  – mootori pöörlemiskiirus, 1/min

Sobivaks ajamiseks osutub hinna ja tarnetingimuste tõttu Aliexpressist leitud mootor Permanent Magnet 12V 140RPM DC motor, mis tarnitakse koos mootori kontrolloriga, millega saab reguleerida mootori kiirust ning pöörlemissuunda. Kontrolleri olemasolu lihtsustab prototüübi katsetamist ning parendab siseturme mehhanismi paindlikkust.



**Package D :**

- Motor
- Speed Controller

Start / Stop  
 CW / CCW  
 Adjustment speed

Joonis 4.14 – Far Along DC Gear Motor 12V 140RPM [30]

Hind: \$13.51 USD

Mõõtmed: 102 x 37 mm

Pinge: 12 V ( $\text{kg} * \text{m}^2 * \text{s}^{-3} * \text{A}^{-1}$ )

Voolutugevus: 0,35 A (koormuseta); 1 A (nominaalväändel); 6,5 A (maksimaalne)

Pöörlemiskiirus (maksimaalne): 140 1/min

Nominaalne vääne: 11,2  $\text{kg} * \text{m}^{-2}$

Mootori momendi ülekandmiseks on tarvilik kasutada sidurit – sobiva sidurina valitakse Maedleri jäik sidur 60010600 [31] vastavalt siduri sisemisele diameetrile ning maksimaalsele väände.



Joonis 4.15 - Maedler 60010600 [31]

Hind: €18,60 EUR

Mõõtmed: 30 x 16 mm

Kaal: 0,047 kg

Maksimaalne vääne: 4 Nm ( $\text{m}^2 * \text{kg} * \text{s}^{-2}$ )

Sisemine diameeter: 6 mm

Kruvielemendi toestamiseks on vaja kasutada laagreid või pukse, et tagada kruvi korrektne positsioon ning vähendada hõõrdeid. Kuna ajami valikus on kasutatud laagri faktorina HBF väärtust 1,7, mis vastab pronks- või puitpinnale, on otstarbekas tänu soodsale hinnale ning lihtsusele kasutada hooldevabu liuglaagreid, millistest sobivaks osutub Igus GFM 1012-06, kuna antud sõlmes ei ole olulisi täiendavaid tehnilisi piiranguid.



Joonis 4.16 - Igus GFM 1012-06 [32]

Hind: €2,11 EUR

Mõõtmed: 16 x 7 mm

#### 4.2.2 Söögimooduli mehaanilised komponendid

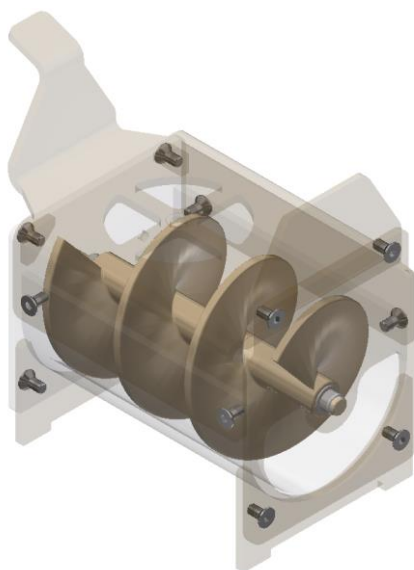
Söögimooduli keskse komponendina projekteeritakse esmalt kruvielement vastavalt eelnevatele arvutustele, millega dimensioneeriti kruvielemendi diameetriks 100 mm, pikkuseks 150 mm ning sammuks 50 mm. Kuna kruvielemendile ei mõju märkimisväärseid lokaalseid koormusi ning prototüüpimisel on eesmärk hoida elemendi keerukus minimaalsena, projekteeritakse prototüübi tarvis element koos keskse võlliga ühes tükis, selmet kasutada eraldiseisvat võlli, millele kruvileht kinnituks. Selliselt hoitakse prototüübi kruvielemendi keerukus ning hind minimaalsena, kuna on võimalik 3D printida kruvielement kahest poolest, mis seejärel plastkruvidega kokku ühendatakse. Seeriatootes tarvis on mõistlik kaaluda kruvielemendi tootmist ühes tükis survevaluga plastist või kasutada hoopis teraslehest toodetud kruvilehti, mis keevitatakse eraldiseisvale treitud võllile, nagu on kruvikonveierite puhul tööstuses tavaks.



Joonis 4.17 – Kruvielement

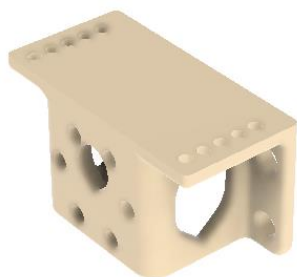
Kruvisööturile projekteeritakse süng ning ümbritsev korpus, mis moodustaks sööturi kesta kruvielemendi kinnitamiseks, mille põhi järgib kruvielemendi geomeetriat ning mille pealt oleks võimalik sööturit jooksvalt täita. Süngi ja korpuse projekteerimisel analüüsiti erinevaid kontseptsioone, et leida prototüübi tarvis parim lahendus. Kaaluti süngi projekteerimist teras- või alumiiniumtorust, millest lõigata välja osa pealispinnast ning moodustada selliselt sööturi korpus. Metallist süngile oleks olnud ka lihtne keevitada külge jalgu ja flantsse, kuid sellisel juhul ei oleks sööturi sees toimuv jäänud näha. Kaaluti ka varianti, kus toidumahuti koos oma alusega moodustab sööturi pealse korpuse, kuid sellisel juhul oleks olnud raskendatud detailide omavaheline kinnitamine ning lahendus oleks võtnud rohkem ruumi.

Otsustatakse projekteerida süng painutatud 5 mm polükarbonaadist lehest, mille painutusraadius on sarnane kruvielemendi raadiusega, ning mille servad on painutamata ning keermestatud avadega, et nendesse saaks kinnitada korpuse detailid. Põhjalaadi alla on liimitud polükarbonaadist lehed, mis täidavad süngi ning korpuse jalgade funktsiooni. Süngi külge kinnitub mitme paindega ning keermestatud avadega samast materjalist leht, moodustamaks katte kruvisööturile koos toidumahutit toetava ja positsioneeriva pesaga, kust ühtlasi pääseb läbi toit, samuti tagab kattedetail ülejäänud korpusedetailidele kinnituspunktid. Kattelehel on ka üles ulatuvad painded, mis toetavad söögimahutit. Sööturielemendi mõlemasse otsa kinnituvad otsaflantsid, mis on samuti valmistatud polükarbonaatlehtedest – flantsides on avad kruvielemendi laagrite positsioneerimiseks ning seega ka elemendi toetamiseks, samuti on sööturi väljundpoolses flantsis suurem avaus toidu väljastamiseks. Kuna kõik prototüübi korpusedetailid on valmistatud polükarbonaadist, on kruvisööturi sees toimuv prototüüpides hästi jälgitav.



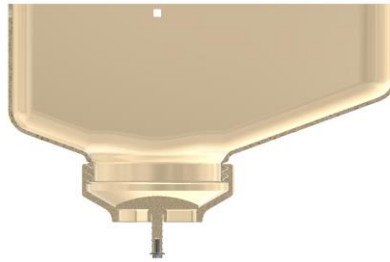
Joonis 4.18 - Kruvisööturi korpus

Kruvisööturi korpuse külge on tarvilik ühendada valitud elektrimootor, mille jaoks projekteeritakse eraldi detail, mis kinnitub sööturi korpuse külge ning kuhu omakorda kinnitub elektrimootor. Pesa ühes otsas on avad vastavalt ajami kinnitusavadele ning väljundvõllile, teises otsas avad pesa korpuse külge kinnitamiseks. Pesa külgedel on suuremad avaused, et tagada võimalikult mugav ligipääs sidurile. Pesa on pealt kaetud, ning pealmises pinnas on lisaavad, tagamaks võimalus detailile kinnitada mootori kontrolleri, kui see peaks vajalikuks osutama. Pesa pealispinna avad võivad osutada kasulikuks ka juhtmete kinnitamiseks. Prototüübi tarvis pesa 3D prinditakse, kuid seeriatootes jaoks on otstarbekas detail toota survevaluga.



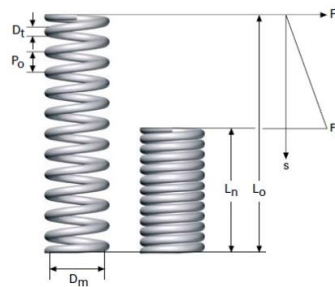
Joonis 4.19 - Kruvisööturi mootorikinnitus

Kruvisööturisse toidu ette andmiseks ning toidu mahutamiseks projekteeritakse toidumahuti. Toidumahuti peab olema eemaldatav, et võimaldada mahuti puhastamist ning mugavat täidetavust. Seetõttu on vajalik tagada, et mahutist saaks seadmesse asetatuna pääseda toit edasi sööturini, kuid eemaldamisel on vaja ligipääs takistada, kuna vastasel juhul kaasneb mahuti eemaldamisega toidu laiali pudenemine, mis on kahtlemata ebasoovitav. Seetõttu projekteeritakse lahendus, kus mahuti asetamisel sellele seadmes ette nähtud pesa avaneb mehaaniliselt klapp, mis suletud asendis takistab toidu väljapääsu mahutist. Klapp peab olema isesulguv, selle tagamiseks kasutatakse survevedru. Toidumahuti koosneb kahest osast – mahuti kestast, mille peamine funktsioon on mahutada toitu, ning külge keeratavast korgist koos vedruklapiga, mis vastavalt olukorrale takistab või võimaldab toidu väljumist mahutist. Mahutil ning korgil on vastavad keermed, mis võimaldab komponente kokku keerata. Kork omakorda koosneb korgikestast, klapist, survevedrust, seibist ning poldist. Koostatud mahuti asetamisel sööturikorpusele asetub vedruklapi polt koos seibiga pesa, mis mahuti asetamisel ette nähtud kohale avab klapi ning võimaldab toidu läbipääsu. Mahuti, kork ning klapp valmistatakse prototüüpimiseks 3D printides, et tagada komponentide lihtne valmistatavus ning kiire prototüübitavus. Seeriatootes tarvis on mõistlik komponendid toota survevaluga või vaakumvormimisega.



Joonis 4.20 – Läbilõige toidumahutist koos klapiga (suletud asend)

Vastavalt vedru jäikusele, diameetrile ning käigule osutub vedruklapile sobivaks survevedru Lesjofors 1287 [27].



Joonis 4.21 - Lesjofors 1287 [33]

Hind: €8,20 EUR

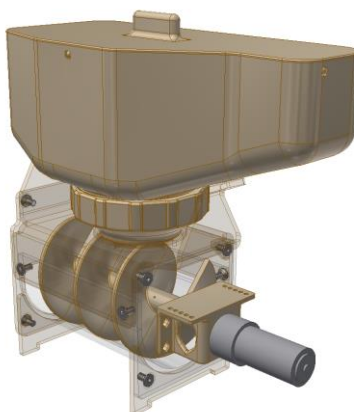
Mõõtmed: 30 x 9,5 x 0,6 mm

Jäikus:  $0,34 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1} \text{ (} kg \cdot s^{-2} \cdot m^{-3} \text{)}$

Käik: 24 mm

Materjal: Teras EN 10270-1-SM

Toidumahuti peale asetub kaas takistamaks loomal toidumahutist toitu kätte saamast ning vältimaks niiskuse või mustuse sattumist toidumahutisse. Kaanel on 4 väljaulatuvat naga raskendamaks kaane eemaldamist mahutilt. Taoline lahendus on ette nähtud tagamaks, et kaas ei oleks looma poolt eemaldatav, kuid nagade hoidmise tugevust ning efektiivsust peab katsetama, et veenduda ette nähtud töökindluses.



Joonis 4.22 – Projekteeritud toidumoodul

## 4.3 Joogimooduli projekteerimine

Joogimooduli põhilisteks ostukomponentideks on veepump, torustik ning filter. Joogimooduli mahutavus vastavalt tehnilistele algsõnadetele peab olema vähemalt 5 liitrit. Järgnevalt selekteeritakse veesüsteemi komponendid ning modelleeritakse vastavalt terviklik veeanum, kuhu komponendid asetuvad ning mis kokku moodustabki veemooduli. Tagamaks loomale mugavalt kättesaadava veejoo, hoides samas komponentide maksumust mõistlikuna, on otstarbekas tekitada tavapärase segisti keskmisele veevoolule sarnane veejuga. Tavapärase segisti veejoo vooluhulk katsetuste põhjal, kus mõõdeti liitri vee täitumisaega majapidamiskraanist, on umbkaudu 3 l/min ehk 0,18 m<sup>3</sup>/h.

Joogimooduli projekteerimisel oli peamine küsimus mahuti kuju optimeerimises, kuidas saavutada vajalik mahutavus, samas kui hoida üldseadme gabariitmõõtmed võimalikult väiksena. Kaaluti nii väga täpselt palliviskemooduli kuju kopeerivat kuju kui ka kõrgusesse ulatuvat kuju, kuid pärast erinevate variantide läbi mõtlemist ning projekteerimist otsustati säilitada kuju lihtsus ja sarnasus toidumahutiga, mis lihtsustab tervikliku seadme korpuse projekteerimist ning ühtlasi võib mõjuda esteetiliselt, kuna selliselt on seadme üldpilt sümmeetrilise lähemal. Mooduli projekteerimisel analüüsiti ka erinevaid kontseptsioone mahuti moodustamise osas – mahuti disainimine ühest, kahest või rohkemast komponendist. Otsustati jääda kahest komponendist koosneva mahuti juurde, kuna selliselt on tagatud hooldatavus, samas kui mahuti keerukus saab olla minimaalne.

### 4.3.1 Veesüsteemi komponendid

Veesüsteemi projekteerimiseks selekteeritakse esmalt veesüsteemi ostukomponendid. Arvestades süsteemi maksimaalseks tõstekõrguseks 0,5 meetrit, saab järgmiselt arvutada veepumba parameetreid [34]:

$$P_{teor} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3,6 \cdot 10^6} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,18 \cdot 0,5}{3,6 \cdot 10^6} = 0,00025 \text{ kW} = 0,25 \text{ W} \quad (4.13)$$

Kuna süsteem on lihtne, torustikus suuremaid kadusid pole ning arvutatud teoreetiline pumba võimsus on väga madal, ei ole siinkohal mõistlik teostada täiendavaid arvutusi, vaid valitakse võimalikult madala hinna ja sobiva võimsusega kättesaadav pump, mis vastab vajalikule tõstekõrgusele. Valituks osutub akvaariumitesse ette nähtud uputatav veepump, mille tootlikkus on arvutuste järgi sobiv ning toitepinge ülejäänud süsteemiga ühilduv.





Joonis 4.23 - Brushless DC 12V submersible water pump 4.2W 240 L/H [35]

Hind: \$4.19 USD

Mõõtmed: 55 x 34 x 41 mm

Kaal: 0,065 kg

Pinge: 12 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Võimsus: 4,8 W ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ )

Vooluhulk: 240 L/H

Maksimaalne tõstekõrgus: 3 m

Pumbale sobivaks voolikuks valitakse Tööriistamarketi veebilehelt happekindel voolik 8mm siseläbimõõduga, kuna vooliku mõõtmed sobituvad ülejäänud süsteemi, voolik on elastne ning materjal sobib joogivee käitlemiseks. Voolikut tarnitakse meetri pikkusena, mistõttu saab voolikut lõigata vastavalt süsteemi vajadustele õigesse pikkusesse.



Joonis 4.24 - Tööriistamarket NL71008 - Voolik happekindel 8mm 1m [36]

Hind: €2,20 EUR

Mõõtmed: 12 x 8 mm

Pikkus: 1 m

Vooliku kinnitamiseks pumba külge valitakse Tööriistamarketi veebilehelt roostevaba lõdvikuklamber, mille töövahemikku vooliku välisdiameeter sobitub. Lõdvikuklamber istub ümber vooliku ning pingutatakse pingutuskraviga, et tagada vooliku püsivus pumba huuliku ümber.



Joonis 4.25 - Tööriistamarket LSMIW113 - lõdvikuklamber 10-13,3/ 9mm [37]

Hind: €1,00 EUR

Mõõtmed: 15 x 9 mm

Pingutusmoment: 1,5 Nm ( $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ )

Vooliku ühendamiseks tüüsi külge on tarvis adapterit või liitmikku, kuhu voolik istuks ning mille saaks keermega ühendada järgmise detaili külge. Veebist otsides leitakse sobiva tootena Tööriistamarketi liitmik 12mm-3/8" male stud, millesse ühelt poolt voolik kiirkinnitusega fikseerub ning teisel pool asuva 3/8" keermega saab keerata järgmise detaili külge.



Joonis 4.26 - Tööriistamarket MWR11206 - liitmik 12mm-3/8" male stud [38]

Hind: €9,00 EUR

Mõõtmed: 28,1 x 22 mm

Vee filtreerimise seisukohast on oluline sätestada, milliseid osakesi või lisandeid veest eraldada soovitakse. Loomadele mõeldud vee filtreerimiseks on palju erinevaid võimalusi, mis annavad erinevaid tulemusi ning on omade plusside ja miinustega [39]. Peamised võimalused on süsinikfiltreerimine, destilleerimine, keraamilise filtriga filtreerimine, pöördosmoos ning ultraviolettkiirgusega puhastamine. Süsinikfiltrid on odavad ning lihtsad, kuid nende efektiivsus võib märkimisväärselt varieeruda. Destilleerimine on parasiitide hävitamise ja muu puhastamise suhtes efektiivne, kuid väga energiakulukas meetod, mis antud tootesse oma keerukuse, hinna ning energiavajaduste tõttu ei sobi. Keraamilised filtrid on väga efektiivsed, kuid suhteliselt delikaatsed ning vajavad regulaarset puhastamist või vahetamist. Pöördosmoos on väga efektiivne viis vee puhastamiseks, kuid meetodi kasutamiseks on vaja palju vett, millest enamus ei ole pärast puhastamist kasutatav. Samuti on pöördosmoosisüsteemid suhteliselt suuremõtmelised. Ultraviolettkiirgus tapab efektiivselt mikroobe, kuid ei puhasta saastunud vett, mistõttu tuleks ultraviolettsüsteemi kombineerida teiste veepuhastamissüsteemidega.

Seadmes kasutatava vee puhtus oleneb kõige enam kraanivee puhtusest, mis on eri maailma paigus väga erinev, kuid Eesti ning enamuse Euroopa tingimustes üldjuhul üsna puhas. Seetõttu on otstarbekas siinkohal tagada vaid vee puhastamine mustusest ning muudest tahketest osakestest, põhinedes eeldusel, et paaki täidetakse kraaniveega, mille omadused on lemmikloomale sobivad. Sellisel juhul ohustab vett vaid keskkonnast ja looma tegevusest tulenevad tegurid, nagu karvad, mustus, putukad ja mõned potentsiaalsed bakterid. Kuna vee puhastamine mikroorganismidest on keeruline

ning kulukas, jäetakse see siinkohal kõrvale, ning tagatakse vee puhastamine suuremast mustusest. Seetõttu osutub prototüübi tarvis valituks filtreeriv nailonist võrk 113545184025 [40], mis püüab kinni osakesed, mis on suuremad kui 48  $\mu\text{m}$ . Ruutmeetrise nailonist võrgu maksumus on \$4.99 USD.

### 4.3.2 Joogimooduli mehaanilised komponendid

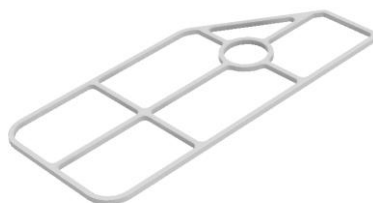
Joogimooduli kesta moodustavad omavahel kokku polditud mahuti ning kaas, millest alumine mahuti tagab vajaliku vee koguse mahutavuse, pumba asukoha ning filtripesa, ülemine kaas aga tagab mahuti täidetavuse, vee äravoolud ning pesa segisti jaoks. Lisaks projekteeritakse veesüsteemi komponentidena tihend, filtritugi ning segisti. Algselt kaaluti ka eraldi täitmist võimaldava sektsiooni loomist mahutile või kaanele, kuid sellest ideest loobuti, kuna lahendus võtaks asjatult palju ruumi ning täidetavus on läbi kaane niigi tagatud.

Esmalt projekteeritakse ülejäänud seadmesse sobituv ning kontseptsiooniga ühilduva kujuga mahuti alumine osa. Mahutina kaaluti ka ostutooteid, kuid ostutootena ei leidunud sobiva mahutavuse ning kujuga mahuteid, millega oleks olnud võimalik tagada ülejäänud komponentide paigutus. Projekteeritavas mahutis lähtutakse miinimumnõudena algparameetrites sätestatud 5 liitrisest mahutavusest, mille järgi komponent dimensioneeritakse. Mahuti põhja projekteeritakse kõrgendatud sektsioonid keermetatud avadega, kuhu kinnitub pump. Mahuti ülemise serva lähedusse projekteeritakse rant, kuhu asetub filtritugi, mis ühtlasi määrab ära filtri asukoha kõrgussihis. Ühtlasi jääb filtrirandi juurde ka ristuv sektsioon, kus filter lõppeb, et ülevoolu sattuv vesi saaks ilma filtrit läbimata mahutisse joosta. Mahuti ülemisse serva projekteeritakse kinnitusflants poldiavadega ühendamiseks mahuti kaanega. Prototüübi tarvis mahuti 3D prinditakse, kuid seeriatoote tarvis on otstarbekas mahuti toota vaakumvormimisega või survevaluga.



Joonis 4.27 – Veemahuti

Veemahutisse projekteeritud randile asetub filtritugi, mis takistab filtrit läbi vajumast. Filtritoes on ka ava, kust viiakse läbi torustikukomponendid. Prototüübi tarvis filtritugi 3D prinditakse PLA materjalist, tagades seejuures piisav materjali paksus ning printimiskvaliteet veekindluse tagamiseks, kuid seeriatoote tarvis on mõistlik filtritugi projekteerida veemahutiga ühes tükis, et vähendada komponentide arvu ning keerukust.



Joonis 4.28 – Filtritugi

Joogimooduli peale asetub flantsiga kaas, mis polditakse mahuti külge. Kaanes on kõrgendatud servad moodustamaks joogikausi ning kaane põhjas on piklikud avad, kust vesi saab läbi voolata. Piklike avade suurused vajavad prototüüpimisel katsetamist, et leida optimaalne vee äravoolu kiirus. Kõrgendatud serva ülaosas on ka suurem ava äravooluks, mis tagab vee äravoolu juhul, kui kauss täitub kriitilise nivoo. Suurem ava võimaldab veemahutit täita läbi kaane, tagades mugavuse, et mahuti täitmiseks ei pea ühtegi komponenti eemaldama.



Joonis 4.29 - Veemooduli kaas

Joogimoodulisse projekteeritakse ka tüüsi funktsiooni täitev komponent. Erinevalt standardsest segistist ei ole antud komponendi eesmärk peatada või avada veevoolu, kuna vee voolamise reguleerimine toimib läbi pumba käivitamise ja seiskamise. Lähtuvalt pumba parameetritest dimensioneeritakse tüüsi läbiv ava. Eesmärk on leida selline tüüsi ava(de) läbimõõt ja arv, et vee väljumiskiirus oleks piisav, et tekitada piisava ulatusega juga, kuid mitte liiga kiire, et pritsida vett moodulist väljapoole.

Vee voolukiirus pumba juures on arvatav järgmiselt:

$$Q = v * A \rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000067}{0,00005} = 1,34 \text{ m} * \text{s}^{-1} \quad (4.14)$$

$$\text{millest } Q = 240 \frac{\text{L}}{\text{h}} = \frac{240}{3600 * 1000} = 0,000067 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$$

$$\text{ning } A = \pi * \frac{D^2}{4} = 3,14 * \frac{8^2}{4} = 50,24 \text{ mm}^2 = 0,00005 \text{ m}^2$$

kus  $Q$  – vee vooluhulk, L/min

$A$  – torustiku ristlõike pindala, mm<sup>2</sup>

$v$  – vee voolukiirus, m/s

$D$  – ava läbimõõt, mm

Järgnevalt arvutatakse veejoa ulatus risttasapinnas eeldusel, et torustiku läbimõõt ei muutu ehk veejoa kiirus püsib konstantne:

$$\delta y = v_{0y} * t + \frac{1}{2} * a_y * t^2 \quad (4.15)$$

Kus  $\delta y$  – veejoa läbitud distants vertikaalsihis, m

$v_{0y}$  – veejoa algkiirus kõrgussihis, m\*s<sup>-1</sup>

$t$  – veejoa õhus viibitud aeg, s

$a_y$  – veejoa kiirendus kõrgussihis, m\*s<sup>-2</sup>

Juhul kui segisti avaus on paralleelselt maapinnaga, on algkiirus vertikaalsihis 0, mistõttu on veejoa õhus viibimise aeg arvutatav valemiga

$$t = \sqrt{\frac{\delta y * 2}{a_y}} = \sqrt{\frac{-0,05 * 2}{-9,81}} = 0,1 \text{ s} \quad (4.16)$$

Ning veejoa kaugusulatus horisontaaltasapinnas vastavalt

$$s = v_x * t = 1,34 * 0,1 = 0,134 \text{ m} \quad (4.17)$$

Kus  $s$  – veejoa kaugusulatus horisontaaltasapinnas, m

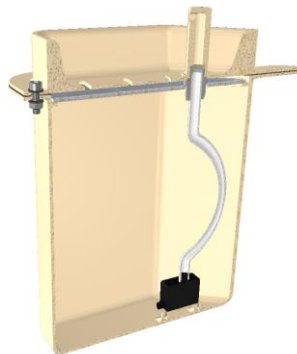
$v_x$  – veejoa algkiiruse horisontaaltasapinnaline komponent, m\*s<sup>-1</sup>

Leitud distants on disainiga kooskõlas, mistõttu saab lähtuda parameetritest, kus tüüsi ava läbimõõt on sama suur kui veetoru läbimõõt. Tüüsi projekteeritakse vastavalt ostukomponentidele selliselt, et isase keermega liitmik oleks tüüsi alumisse otsa keeratav, mistõttu tüüsi algab keermestatud avaga. Keermestatud avast jätkub veetoru siseläbimõõduga võrdne vertikaalne ava, tüüsi ülas osas veeava suund muutub sujuvalt horisontaalseks, kuni vesi pääseb tüüsi horisontaalselt välja. Prototüübi tarvis tüüsi 3D prinditakse PLA materjalist.



Joonis 4.30 - Tüüs

Joogimooduli koostamiseks kinnitatakse esmalt mahuti põhja pump, mille külge ühendatakse lõdvikuklambri abil voolik. Pumba juhtmed tuuakse välja mahuti ülaservast, kust ülejäänud joogimoodul kokku polditakse. Mahutisse asetatakse filtritugi ning mõõtu lõigatud nailonvõrgust filter, kust tuuakse läbi eelmainitud koos varuga vajalikku mõõtu lõigatud veetoru. Veetoru ülemisse otsa ühendatakse liitmik – selliselt jääb toru filtri kohale. Enne kaane peale asetamist keeratakse kõigepealt mooduli kõrval läbi kaane kokku liitmik ning tüüs, seejärel asetatakse kaas koos tihendiga mahutile ning polditakse mahuti kokku. Selliselt ongi joogimoodul koostatud, lahti võtmise käib vastupidises järjekorras.



Joonis 4.31 - Läbilõige joogimoodulist

Eelnevalt töös mainitud joogimooduli aktiveerimisnupp, mis oli ette nähtud looma poolt vajutatamaks, asendatakse samasuguse distantsanduriga, mida kasutab ka palliheitemoodul. Seda seetõttu, et kõik loomad ei pruugi olla võimelised nupu vajutamist õppima, samuti on koerte puhul teada, et nad ei pruugi olla enne huvitatud vee joomisest, kui nad näevad voolavat vett. Seetõttu otsustati kasutada distantsandurit, mis looma joogimooduli ees viibimise registreerimisel käivitab veepumba, et tuletada loomale jooksva veega joomist meelde. Selliselt tarbib süsteem küll veidi rohkem energiat, kuid see-eest ei vaja joomine looma poolt eraldi tegevuste õppimist ning sedasi on ka parem tagada, et loom ennast hüdreerituna hoiab. Distantsandur paigutatakse prototüübi korpusesse, kuna sealt on juhtmeid kõige lihtsam vedada ning sellesse andurit paigutada.



Joonis 4.32 - Joogimoodul

## 4.4 Elektroonikakomponendid

Järgnevalt selekteeritakse peamised elektroonikakomponendid lähtuvalt moodulite juhtimiseks ning funktsioneerimiseks vajalikele eeldatavatele elementidele. Kuna töö kirjutamise ajal ei ole autorini jõudnud kõik ostukomponendid ning tellitud ostukomponentide kohta on infot vähe, käsitletakse selekteeritavate ostukomponentidena peamisi teadaolevaid juhtimiseks vajalikke komponente, mis tarbivad seadmes energiat, nagu kontrollid, releed, lülitid ning indikaatorituled. Prototüüpimise käigus hangitakse vajadusel ülejäänud võimalikud vajaminevad komponendid, nagu ühendusklemmid, kondensaatorid, takistid, kaablid jms.

Esmalt teostatakse seadme kontrolleri valik, kuna sellest olenevad lähtuvad elektroonikakomponendid. Kontrolleri valikuks koostatakse sisendite-väljundite tabel, et hinnata kui mitut pesa kontrollis vaja läheb.

Tabel 4.1 - Kontrolleri sisendite-väljundite tabel

Funktsioon	Analoogsisend, tk	Digitaalne	
		Sisend, tk	Väljund, tk
Palliheite mootori kontrollimine läbi rele			1
IR andur		1	
Solenoidi kontrollimine läbi rele			1
Palliheite distantsandur	2	2	
Sööturi mootori kontrollimine läbi rele			1
Veemooduli distantsandur	2	2	
Veepumba kontrollimine läbi rele			1
Seadme on-off lüliti		1	
Söögimooduli indikaatorituli			1
Joogimooduli indikaatorituli			1
Söögimooduli lisaandur		1	
Joogimooduli lisaandur		1	
Aku pinge mõõtmine	1		
<b>KOKKU</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

Tabelist selgub, et kokku läheb vaja digitaalseid sisendeid 8 tk, digitaalseid väljundeid 6 tk ning analoogsisendeid 5 tk. Enamus kontrollritel on digitaalsed pesad programmeeritavad, ehk digitaalseid sisendeid-väljundeid füüsiliselt ei eristata, vaid need määratakse programmeerimisel. Digitaalseid pesasid läheb seega vaja vähemalt 14 tk. Prototüübi tööd juhtivaks kontrolleriiks valitakse Arduino Uno [34], kuna tegemist on soodsa ning lihtasti kasutatava kontrolleriiga, millega ka töö autoril varasem kogemus on olemas. Kontrolleriil on piisavalt digitaalseid sisendeid-väljundeid, et juhtida prototüübi tööd ning kontrolleri toite- ning väljundpinge sobitub ülejäänud prototüübi komponentidega. Controller tellitakse koos ümbrisega, mis kaitseb kontrolleriit ning lihtsustab kontrolleri paigutamist tootesse.



Joonis 4.33 - Controller Arduino Uno [41]

Hind: €20,00 EUR

Mõõtmed: 68,6 x 53,3 mm

Toitepinge: 6 – 20 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

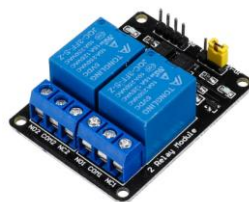
Väljundpinge: 5 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Digitaalseid I/O porte: 14

Analoogsisendeid: 6

Tarbitav vool: 45 mA

Kontrolleri abil komponentide juhtimiseks kasutatakse automaatlülititena releesid, mis vastavalt kontrolleri signaalile avavad või sulgevad elektriühendusi. Relee valitakse vastavalt juhtimis- ning läbilaskepingele ning energiasäästlikkusele, kuna paljud turul leiduvad releed on kõrge energiatarbega.



Joonis 4.34 - 5V 2-Channel Relay Module [42]

Hind: \$2.40 USD

Mõõtmed: 50 x 35 mm

Juhtimispinge: 5 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Maksimaalne juhitav pinge: 30 VDC ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Tarbitav vool: 15-20 mA



Seadme sisse ja välja lülitamiseks valitakse lukustuv LED indikaatoriga nupp. Nupp valitakse vastavalt hinnale, tarnetingimustele ning esteetilisusele, et nupp ka tootesse sobituks.



Joonis 4.35 - 12V Push Switch Self Locking [43]

Hind: \$3.52 USD

Mõõtmed: 21,3 x 14 mm

LED ping: 3 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Voolutarve: 10 mA

#### 4.4.1 Aku valik

Järgnevalt teostatakse tabeli kujul arvutus leidmaks tootes kasutatavate komponentide summaarne energiatarve, et valida sobiv aku. Selleks leitakse iga energiat tarbiva komponendi tarbitav vool amprites ning aeg, kui palju hinnanguliselt üks komponent tunnis voolu tarbib. Summaarne voolutarve tunnis leitakse seega valemiga:

$$P = n * A * t \quad (4.18)$$

kus  $P$  – Voolutarve tunnis kokku, A

$n$  – komponentide arv

$A$  – voolutugevus, A

$t$  – tööaeg tunnis, h

- Rullikumootorite puhul lähtutakse piirangust, et palliviset teostatakse maksimaalselt korra minutis, mille jooksul kumbki mootor töötab kokku 10 sekundit.
- Sööturimootori puhul lähtutakse kahest toidukorrast päevas, mille puhul mootor peab töötama kuni 10 sekundit järjest. Kuna keskmine tööaeg tunnis on väga väike, ümardatakse tulemus konservatiivsuse mõttes üles.
- Veepumba puhul lähtutakse olukorrast, kus pump töötab keskmiselt 10 sekundit igas minutis. Reaalsuses koerad kindlasti nii tihti juua ei taha, kuid kuna veepump aktiveeritakse liikumise peale, arvestatakse siinkohal maksimaalse eeldatava tööajaga.
- Solenoidi tööaeg loetakse võrdseks rullikumootorite tööajaga lähtuvalt toote tööpõhimõttest.
- Ülejäänud komponente arvestatakse pidevalt töötavaks, kuna ilma energiasäästurežiimita töötavad andurid ning muud elektrikomponendid pidevalt.

Tabel 4.2 - Voolutarvete arvutustabel

Komponent	Komponentide arv P (tk)	Voolutugevus A (A)	Tööaeg tunnis t (h)	Voolutarve tunnis kokku P (A)
Rullikumootor	2	0,32	0,167	0,107
Sööturimootor	1	1	0,001	0,001
Veepump	1	0,4	0,167	0,067
Solenoid	1	0,3	0,167	0,050
RF andurikomplekt	1	0,02	1	0,020
Kaugusandur	2	0,035	1	0,070
Kontroller	1	0,045	1	0,045
Relee	2	0,02	1	0,040
LED nupp	1	0,01	1	0,010
LED indikaator	2	0,01	1	0,020
<b>KOKKU</b>				<b>0,430</b>

Akuga prototüübi katsetamiseks oleks kättesaadavuse, lihtsuse ning praktilisuse võtmes mõistlik kasutada standardseid akusid. Üheks selliseks akutüübiks on Makita elektritööriistade akud, mis prototüübi katsetamiseks ka valitakse, kuna tegemist on soodsate akudega, mida on lihtne vahetada ja laadida ning vastavad akud on ka töö autoril projekteerimise ajal olemas. Seeriatootes kasutamiseks ei pruugi Makita akud olla kõige mõistlikum variant, kuna võib osutuda võimalikuks leida, tellida või toota ka soodsamaid ja sobivamaid akusid, samas oleks Makita akude juurde jäämine lõppkasutajale äärmiselt mugav, kuna on tõenäoline, et majapidamises taolisi akusid juba kasutusel on. Müüdava seeriatootte puhul võib osutuda küsitavaks Makita akude kasutamise sobilikkus ka autoriõiguste tõttu.



Joonis 4.36 - Joiry 12V 3,5 Ah Ni-MH Battery [44]

Hind: €19,99 EUR

Mõõtmed: 102 x 96 x 78 mm

Kaal: 581 g

Pinge: 12 V ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ )

Mahutavus: 3,5 Ah

Järgnevate arvutustega kontrollitakse valitud aku kestvust prototüübi puhul. Esiteks arvutatakse aku kestvus pideva töötamise korral, kus kõik funktsioonid on kasutuses maksimaalses ulatuses. Seejärel arvutatakse kestvus juhul, kui palliviskefunktsiooni ei kasutata.

$$\text{Aku kestvus pideva töötamise korral } t = \frac{C}{P} = \frac{3,5}{0,43} = 8,1 \text{ h} \quad (4.19)$$

$$\text{Aku kestvus pideva töötamise korral ilma palliheiteta } t = \frac{C}{P} = \frac{3,5}{0,323} = 10,8 \text{ h}$$

kus  $t$  – aku kestvus, h

$C$  – aku mahutavus, Ah

$P$  – prototüübi voolutarve, A

Arvestades olukorda, kus seadme juhtsüsteemid pidevalt töötavad, on aku kestvus kuni 11 tundi. Pideva mängimise puhul peaks aku kestma arvutuste kohaselt 8 tundi. Seetõttu on edasistesse arendustesse vajalik planeerida juhtsüsteemide kohandamine energiasäästlikuks, millega hoitakse kokku energiatarvet ning pikendatakse seeläbi oluliselt aku kestvust. Taolise juhtimissüsteemi konfigureerimine on kohandatav ka selekteeritud komponentidele, kuid seadet juhtivat tarkvara tuleb vastavalt arendada. Energiasäästlik arendus peaks lähtuma äratuspõhimõtetest, kus seadme süsteemid on üldiselt energiasäästurežiimis, kuid koera lähedust tuvastades läbi andurite äratatakse vajalikud organid üles ning viiakse sellega seade töövalmidusse. Tööaega saab pikendada ka suurema mahutavusega akut kasutades, kuid see võib tõsta toote omahinda ning seada akule täiendavaid piiranguid.

## 4.5 Tehniliste lahenduste integratsioon

Toote esialgse kontseptsiooni etapis käsitleti erinevaid kontseptsioone, kus seade koosnes kolmest funktsionaalsest moodulist ning ühest baasmoodulist, mille külge moodulid ühendati. Moodulite arenduse käigus prooviti jooksvalt erinevate kontseptsioonide realiseeritavust, katsetades erinevate kujudega ning omavahelise asetusega mooduleid. Mitmete kontseptsionaalsete iteratsioonide järel jõuti järeldusele, et baasmooduli eraldi projekteerimine ei ole prototüübi puhul otstarbekas, kuna palliviskemoodul on mõõtmetelt suurim moodul ning seejuures kuju poolest selline, kuhu mahub lisama juhtelemente, tehes palliviskemoodulist seejuures ka efektiivselt baasmooduli. Samuti, kuna palliheitemooduli puhul on tegemist tehniliselt kõige keerulisema mooduliga, kuhu on tarvis viia ka kõige rohkem juhtmeid ning elektroonikakomponente, peeti otstarbekaks teiste moodulite kuju disainida palliviskemooduli järgi ning valitud kontseptsioonile vastavalt.

Moodulite omavahelise paigutuse osas mängiti juba moodulite arenduse käigus läbi ja analüüsiti erinevaid kontseptsioone – katsetati moodulite omavahelist paigutust, kus kõik komponendid vaatasid küll ühele poole, kuid seda ca 30 kraadise nurga all üksteise suhtes. Selliselt oleksid söögi- ja joogimoodulite kujud pidanud olema ruumisäästlikkuse saavutamiseks suhteliselt keerulised, mis oleks endaga kaasa toonud teatava ebapraktilisuse moodulite käsitlemise ja hoolduse võtmes. Samuti kaaluti põhjalikult moodulite radiaalset paigutust, kuid tulenevalt palliheite- ja söögimooduli üsna piklikest mõõtudest leiti, et selline lahendus ei ole ruumikasutuselt sugugi otstarbekas, kuna nii mõnessegi kohta jäi selliselt kasutamata ruum.

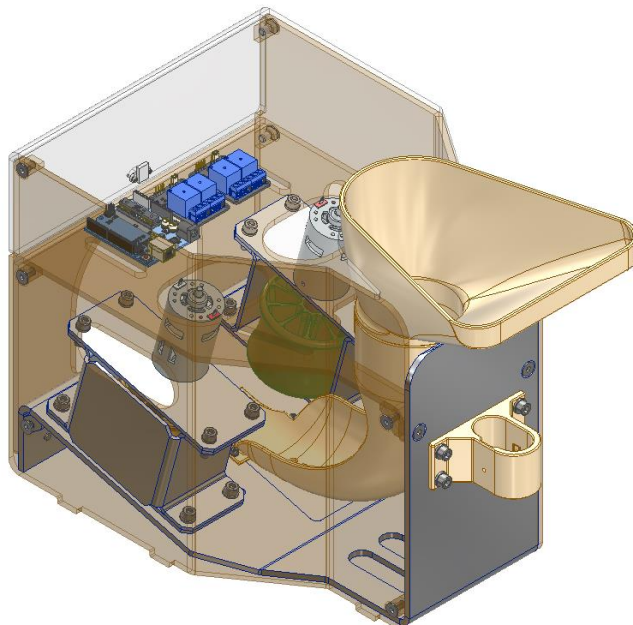
Erinevaid kontseptsioone iteratiivselt katsetades jõuti järelduseni, et kõige ruumisäästlikum, ohutum ning otstarbekam on paigutada moodulid omavahel selliselt, kus palli sisestamine, toidu serveerimine ning joomine toimub ühel pool seadet, kuid palliheide teostatakse seadme vastaspoolel. Sellisena asetsevad erinevad moodulid sisuliselt küll kõrvuti, kuid moodulitele kehtivate nõuete ning kaasnevate kujude tõttu on ruumi võimalik sellisena suhteliselt efektiivselt ära kasutada. Lisaks on sellisena toote üldise korpuse disainimine ning tootmine kõige lihtsam ning soodsam, hoides seega ka prototüübi koostamise kulud madalamana.



Joonis 4.37 - Moodulite omavaheline paigutus

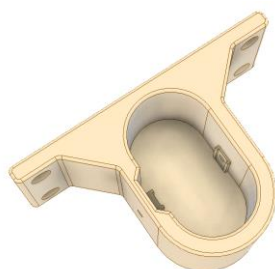
Lähtudes eelmainitust projekteeritakse palliheitemoodulile korpust, millega tagatakse palliheitemooduli funktsionaalsus kasutamaks seda ka baasmoodulina. Korpuse disainimisel kaaluti plastikkorpust, metalllehtedest koostatud korpust ning polükarbonaatkorpust. Plastikkorpuse puhul oleks prototüüpimisel peamiseks küsimuseks tõstatunud tootmistehnoloogia, kuna 3D printimiseks oleksid korpusedetailid liiga suured, mistõttu oleks detailid tulnud teostada mitmes osas. Prototüüpimiseks otsustati kasutada polükarbonaadist korpust, kuna materjali kasutades tagatakse mooduli läbipaistvus, mis on prototüüpimise faasis kasulik, sest

sellisena on mooduli sees toimuv selgelt näha ning võimalikke rikkeid on selliselt lihtsam tuvastada ning seetõttu ka kõrvaldada. Korpus projekteeritakse selliselt, et seda oleks lihtne koostada, samuti silmas pidades baasmooduli funktsionaalsusi, et tekiks ruum, kuhu paigutada kaitstud elektroonikat.



Joonis 4.38 - Palliheite-baasmoodul koos korpusega

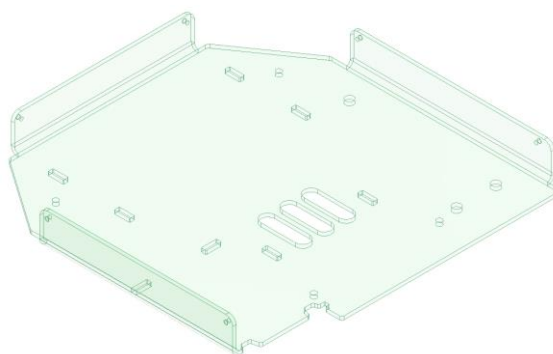
Palliheitemooduli korpus koosneb peamiselt neljast polükarbonaadist painutatud plaadist, millest kaks moodustavad korpuse küljed, üks moodustab katte mehaanikasektsioonile ning on ühtlasi alustasapinnaks elektroonikale, teine moodustab katte elektroonikasektsioonile. Korpusedetailid kinnituvad omavahel painutatud nurkadesse liimitud keermestatud plaatidesse poltimise kaudu. Sisemisele plaadile projekteeritakse keermestatud M6 avad, välimistele plaatidele projekteeritakse M6 peitpeapoltidele vastavad faasitud avad. Kuna korpuses ei ole kuskil piisavalt ruumi aku paigutamiseks, projekteeritakse ka eraldi adapter akule, kuhu aku ainult õiget pidi sisestada saab. Adapteri põhjas on pilud, kust tuuakse välja klemmid, mille kaudu adapteri alt akust vool kätte on võimalik saada. Adapter kinnitub alumiiniumist põhjaplaadi külge M6 poltidega. Adapter on 3D prinditud PLA materjalist.



Joonis 4.39 - Aku adapter

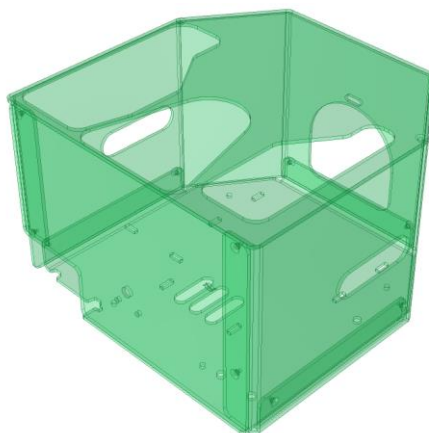
Järgnevalt projekteeritakse terviklik prototüüp, kuhu sisse kuuluvad kõik eelkirjeldatud funktsionaalsed moodulid. Selleks projekteeritakse eelnevalt kirjeldatud moodulitele korpus, kuhu erinevad moodulid sisse istuvad. Korpus peab kaitsma mooduleid suurema niiskuse ja mustuse eest, samuti kaitsma funktsionaalseid elemente võimalike närimiskahjustuste eest ning tagama igale moodulile oma kindla koha. Korpuse teostamiseks kaaluti 3D printitud pindasid, polükarbonaatlehtedest koosnevat korpust ning alumiiniumlehtedest koosnevat korpust. 3D printitud pindade jaoks on korpuse mõõtmed liiga suured, mistõttu tuleks korpus printida väga mitmetest detailidest, mis viiks korpuse maksumuse liiga kõrgeks. Alumiiniumkorpuse eeliseks oleks tugevus ja täpsus, kuid nagu ka eelnevalt mainitud, on prototüübi puhul eelistatud omaduseks võimalus näha funktsionaalseid elemente läbi korpuse töös, et tuvastada võimalikke probleeme. Seetõttu otsustatakse korpuse projekteerimisel polükarbonaatlehtedest painutatud korpuse kasuks sarnaselt palliheitemooduli korpusele.

Korpus baseerub aluslehel, kuhu kõik moodulid istuvad ning mille külge kinnituvad ka ülejäänud korpuse detailid, mistõttu on tegemist korpuse kõige olulisema komponendiga. Kuna moodulite tootes asetsemisel ei ole ümberringi ruumi palju, välditakse kinnitusvahendite kasutamist, kuna nende paigaldamine oleks ebamugav ja keerukas. Seetõttu kasutatakse prototüübis sisuliselt tappidega lahendust, kus aluslehes on iga mooduli jaoks avad, kuhu vastava mooduli juurde projekteeritud väljaulatuvad osad sisse ulatuvad, positioneerides efektiivselt moodul korpuse põhja suhtes. Nõnda on moodulite paigaldamisel põhjale hõlpsasti leitavad ette nähtud asukohad iga mooduli jaoks, tehes koostamise ning hooldamise lihtsaks ja mugavaks. Vertikaalsihis mooduleid miski ei fikseeri, kuid prototüübi jaoks ei ole see ka oluline, kuna toode ei ole ette nähtud suurte nurkade all kasutamiseks või ümber pööramiseks. Põhjaplaadile projekteeritakse ka avad vee äravoolu tagamiseks ning reguleerjalgade kasutamiseks. Reguleerjalad annavad prototüübile distantse maapinnast, raskendamaks niiskuse ja putukate sattumist seadmesse ning võimaldades samas seadet aluspinna suhtes loodida.



Joonis 4.40 - Korpuse põhjaplaat

Ülejäänud korpus projekteeritakse põhjaplaadi järgi ning analoogselt palliheitemooduli korpusele, arvestades seejuures, et moodulitele jääks piisav ruum. Korpus koosneb neljast painutatud polükarbonaatdetailist: painutatud põhjaplaadist, mitme paindega küljepaadist, tasapinnalisest esipaneelist ning tasapinnalisest pealispaneelist. Küljepaneel polditakse 6 M6 poldiga põhjaplaadi painutatud servade külge. Esipaneel kinnitub küljepaneeli külge 4 M6 poldiga. Pealispaneel kinnitub küljepaneeli külge 2 M6 poldiga. Kõik kasutatavad poldid on peitpeapoldid – kõik sisemiste lehtede avad on keermostatud, välimiste lehtede avad faasitud vastavalt, et peitpeapolt neisse ära upuks. Moodulitele ligi pääsemiseks või moodulite välja tõstmiseks tuleb eemaldada vaid pealispaneel. Pealispaneelis on väljalõiked, mis võimaldab eemaldada toidumooduli kaant, sisestada palliheitemooduli suudmesse palli, suuet eemaldada ning joogimoodulist juua. Küljepaneelis on väljalõiked palliheitemooduli ja söögimooduli tarvis, samuti on külgedel väljalõiked, mis võimaldavad toodet küljepealt tõsta. Esipaneelis on väljalõige söögimooduli tarvis, samuti avad distantsandurile ning nuppudele ja indikaatortuledele.



Joonis 4.41 - Korpusedetailid koos, ilma mooduliteta

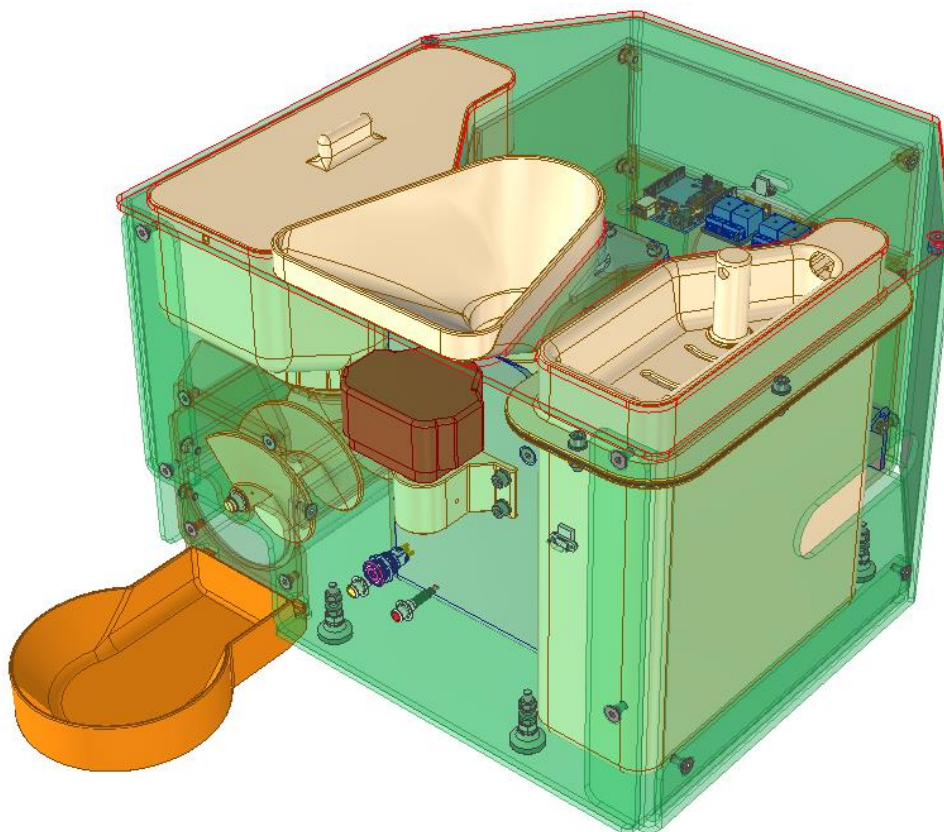
Peakoostust lähtudes projekteeritakse ka söögikauss, mis sobituks toidumooduli alla ning korpuse sisse. Toidukauss peab olema piisavalt suur mahutamaks 500 g toitu ning sobituma toidumooduli alla selliselt, et toitu ei saaks kausist mööda pudeneda. Kauss peab olema eemaldatav, kuid samas ei tohiks koer saada toidukaussi tahtmatult liigutada. Sestap projekteeritakse toidukaussile kõrvad, mis istuvad toidumooduli alla ning lukustavad toidukausi. Toidukausi paigaldamiseks ja eemaldamiseks kallutatakse toidukauss 15 kraadise nurga alla – selliselt saab toidukausi libistada toidumooduli alla või selle alt välja. Toidukauss vajub oma raskusega horisontaali ning lukustab ennast sellega toidumooduli alla, kuniks kaussi taas kallutatakse. Prototüübi toidukauss valmistatakse 3D printides PLA materjalist, kuid kausi vajab katsetamist, et selgitada välja, kas koeral on kausist mugav süüa. Lõpptoote tarvis on otstarbekas kausi valmistada plastikust kasutades survevalu. Edasistes arendustes oleks mõistlik ja

efektne välja töötada lahendus, kus toidukauss töötab toidumoodulit sulgeva klapina, takistamaks putukatel sisse ronimist, samas lihtsustades ka transportimist.



Joonis 4.42 – Toidukauss

Prototüübi esipaneelile paigutatakse käivitusnupp ning indikaatorlukesed, mille kaudu toimub seadme käivitamine ning diagnoosimine. Täiendavaid seadistusnuppe prototüübile ei projekteerita, kuna prototüübi eesmärk on tõestada kasutatud printsiipide toimivust, seadistus toimib prototüübi puhul läbi programmeeritud koodi muutmise, et leida sobivad toimimisparameetrid. Prototüübi aku vahetamiseks tuleb eemaldada palliheitemooduli suue, mis teeb ligipääsu akule hõlpsaks.



Joonis 4.43 - Toote prototüübi mudel

Järgnevalt arvutatakse prototüübi koostamise omahind, mis sätestab ka lõpliku jaetoote maksimaalse võimaliku omahinna. Arvutuses kasutatakse prototüübis kasutatavate komponentide maksumusi, lisaks on omahinna arvutuses toodud ka hinnangulised arenduskulud inseneri töötundide näol.



Tabel 4.3 - Prototüübi omahinna arvutus

Komponent	Ühiku hind, €	Ühikuid	Hind kokku, €
Mootor 775 12V 60W	12.19	2	24.38
Sidur Dillpro	4.15	2	8.30
Igus ZFM 0810-05	2.97	2	5.94
Solenoid 12V 2,1 kgf	3.43	1	3.43
Andur ADA2167	3.30	1	3.30
Andur TUF 10120	7.35	2	14.70
Mootor Far Along 140 RPM	12.43	1	12.43
Sidur 60010600	18.60	1	18.60
Igus GFM 1012-06	2.11	2	4.22
Vedru Lesjofors 1287	8.20	1	8.20
Veepump 4.2W	3.85	1	3.85
Voolik NL71008	2.20	1	2.20
Lõdvikuklamber LSMIW113	1.00	1	1.00
Liitmik MWR11206	9.00	1	9.00
Kontroller Arduino Uno	20.00	1	20.00
Relee 5V 2-Channel	2.21	2	4.42
Lüliti 12V	3.24	1	3.24
Aku Joiry 12V 3,5 Ah Ni-MH	19.99	1	19.99
Reguleerjalg GN 343.1	4.52	4	18.08
Kinnitusvahendid	6.83	1	6.83
3D prinditud detailid (PLA)	150.00	1	150.00
Alumiiniumdetailid	248.00	1	248.00
Polükarbonaatdetailid	450.00	1	450.00
Inseneri töötund	30.00	160	
<b>OMAHIND KOKKU (ilma töötundideta):</b>			<b>1040.11</b>

Omahinna arvutusest selgub, et prototüübiga seonduvad kulud, mis puudutavad ostukomponente ning toodetud detaile, on veidi üle 1000 euro. Lõpptoote jaoks on kahtlemata tarvilik omahinda saada madalamaks, et tagada tarbijale aksepteeritav jaehind. Prototüübi hinnast ca 80% (848 €) moodustavad toodetud detailid, mis on tingitud üheainsa eksemplari tootmisest. Lõpptoote jaoks on kindlasti tarvis optimeerida toodetavaid detaile – lõpptoote puhul peaks toodetavate detailide maksumus jääma alla 100 €, mis suuremate seeriade puhul on ka reaalne. Ostutoodete maksumus prototüübis oli ca 192 € - kindlasti on ka selles osas võimalik saavutada hinnavõit, kui tellida korraga rohkem ostutoodeteid suuremate seeriade jaoks. Arvestades eelmainitut on reaalne saavutada olukord, kus lõpptoote jaehind jääks alla 300 €, kui toota seerias korraga piisavalt palju tooteid. Sellise hinna juures peaks kirjeldatud funktsionaalsusega toode olema ka turul äärmiselt konkurentsivõimeline.

## KOKKUVÕTE

Töö sai alguse ideest tuua turule koertele suunatud multifunktsionaalne lemmikloomatoode, mis teostaks lisaks palliheitele ka toitmisfunktsiooni. Toote potentsiaali selgitamiseks teostati esmalt põhjalik taustauuring, millega uuriti turul olemasolevaid tooteid, et leida segment turul, kuhu toode asetuda võiks, samuti ammutati turuanalüüsist ideid toote funktsionaalsuse ning teostuse osas. Turuanalüüsi tulemustest lähtuvalt formuleeriti kavand planeeritavast tootest, mida presenteeriti potentsiaalsetele võtmeklientidele ja lõpptarbijatele tarbijaküsitluse kaudu, kaardistades tarbijate ootused ning vastuvõtlikkuse tootele. Turuanalüüsi ja tarbijaküsitluse tulemuste koos vaatlemisel selgus toote potentsiaal turul ning toote oodatav funktsionaalsus, mille järgi formuleeriti lähteparameetrid toote projekteerimiseks. Ühtlasi analüüsiti turul olevate toodete patente, et vältida potentsiaalseid õiguslikke vaidlusi, samas olid patendid ka heaks informatsiooni allikaks selle kohta, kuidas turul olevates toodetes tehniline lahendus on teostatud.

Taustauuringu tulemustele vastavalt sätestati lähteparameetritena nõuete ja soovide loetelu, millest lähtuvalt edasist toote arendust teostada. Kuna tarbijaküsitlusest selgus, et nõutud funktsionaalsus tootele oleks ka värske vee tagamine, planeeriti ka see funktsionaalsus tootesse ning otsustati, et projekteeritav toode peab olema modulaarne, täites nii palliheite, toitmise kui ka vee tagamise funktsioone. Genereeriti ideid erinevate funktsioonikandjate teostamiseks ning kaaluti ja hinnati erinevaid funktsioonikandjate kontseptsioone, et leida igale funktsioonile parim eeldatav tehniline lahendus. Siinkohal otsustati ära ka iga funktsioonikandja kontseptsioon, millega edasi minna. Samuti hinnati erinevaid terviklikke kontseptsioone, milline toote lõppkuju võiks olla, kuid kuna selles faasis polnud veel selged erinevate moodulite mõõdud ja proportsioonid, ei otsustatud veel lõplikult ära toote lõppkuju.

Seejärel teostati toote prototüübi projekteerimise faas, kus projekteeriti eelnevalt valitud kontseptsioonide põhjal tehnilised lahendused funktsioonikandjatele. Selleks selekteeriti esmalt sobivad ostutooted ning teostati seonduvad insenertehnilised arvutused, mille ümber ülejäänud tehniline lahendus projekteeriti. Tarkvara *Autodesk Inventor Professional 2020* kasutades projekteeriti toote prototüübi mudel, vormistati tootmisjoonised ning teostati ka asjakohased tugevusarvutused. Märkimisväärse ootamatu arenguna otsustati palliheitemooduli projekteerimisel, et varasem kontseptsioon, millega oli kavas projekteerida modulaarne toode ümber ühe baasmooduli, ei ole ratsionaalne ning otsustati projekteerida palliheitemoodul sedasi, et see ühtlasi täidaks baasmooduli funktsioone, olles toote keskseks mooduliks.

Töö tulemusena valmis uudse multifunktsionaalse ja modulaarse lemmikloomatoote prototüübi 3D CAD mudel koos tootmisjoonistega, samuti võeti erinevatelt tootjatelt hinnapakumised prototüübi erinevate osade valmistamiseks ning telliti ära kõik tähtsamad selekteeritud ostukomponendid. Prototüübi funktsionaalsusesse kuuluvad automaatne palliheitmine 10 meetri kaugusele, automaatne toiduserveerimismehhanism, automaatne joogivee võimaldamise süsteem koos veepuhastusfiltriga ning toote juhtmevaba toimimine. Toote tähtsamatest elementidest valmistatakse füüsilised prototüübid, et funktsionaalsusi reaalses oludes katsetada. Töö eesmärk arendada välja kontseptuaalne ja tehniline alustoote prototüüp sai täidetud, täiendavate füüsilise prototüübi katsetustega luuakse alus arendamiseks välja konkurentsivõimeline toode turule paiskamiseks.

Antud töö käsitlusest jäid välja mitmed teemad, mida lõpliku toote puhul tuleks täiendavalt kaaluda või arendada. Toote omahinda on vajalik märkimisväärset vähendada, selleks on mõistlik arendada toote korpus ning võimalikult paljud muud detailid plastikust survevaluvormitavaks. Ka mõõtmete osas on võimalik täiendavate arendustega saavutada kokkuhoidu ning see arendus peaks käima käsikäes korpusedetailide arendusega, mõeldes samas ka esteetilisele lõpptoote välimusele. Samuti peab lõpptoote korpus tagama toote ilmastikukindluse, et oleks tagatud toote töökindlus erinevates oludes. Lisaks tuleb arendada toote tarkvara tekitamiseks energiasäästurežiim, millega on võimalik toote eluiga ning sellega ka konkurentsivõimet märkimisväärselt suurendada. Lisafunktsionaalsuse ja tarkvara poole pealt tuleks edasises arenduses kaaluda ka kaamera ja mikrofoni integreerimist tootesse, lubamaks omanikul loomaga kaugelt suhelda. Täiendavate arendustega tuleks üle vaadata ka tootes kasutatavad ostutooded, selgitamaks võimalusi odavamate ostutoodete kasutamiseks või mõnede ostutoodete asendamist odavamate või efektiivsemate ise toodetud komponentidega.

## SUMMARY

The thesis was created upon an idea to bring to the market a multifunctional pet product designed for dogs, which would throw a ball as well as feed the pet. To find out whether such a product has any potential, a thorough background research was conducted, with which products already available on the market were researched to find a segment where the proposed product could fit. The market research was also used to gather ideas regarding the functionality and the technical solutions that could be integrated into the proposed product. The results of the market research were used to formulate the basis of the proposed product, which was presented to potential key customers and end users through a survey, charting the expectations and reception towards the product by the consumers. By analysing the results of the market research and the end-user survey together, the product potential on the market was estimated along with the expected functionality, which was used as an input for the source data for the design of the product. Furthermore, patents of the existing products on the market were analysed, to avoid any potential legal disputes. The patents were also a great source of information regarding the technical solutions used on the available products.

Based on the results of the background research, a list of demands and wishes towards the product was created, which were used as source parameters for the development and design of the product. Since the end-user survey concluded that having the product provide fresh water to the pet would be a welcome functionality, this was also included in the scope of the development. Furthermore, it was decided that the product should be modular, with modules carrying the functionalities of throwing the ball, feeding the pet as well as keeping the pet hydrated. Different ideas were then generated in order to find the best technical solution for performing the functionalities – the different ideas were compared and evaluated to decide on the optimum conceptual technical solution to be used for each function. Furthermore, different concepts were evaluated for the product as a whole, however as at this stage the dimensions and proportions of different modules were unclear, a final decision was not yet made in terms of the design concept regarding the shape of the whole product.

The development then began on the design of the product prototype, where the previously found optimum technical solutions were designed for performing the functions. First, suitable purchase components for the solutions were chosen along with completing the engineering calculations necessary for the selections. Thereupon a detailed technical solution for the prototype of the product was designed around the chosen components and calculations using *Autodesk Inventor Professional 2020*, along

with creating the production drawings and doing the relevant structural calculations where relevant. It is to be noted that contrary to the earlier preferred concept, where a base module was planned for the product to house the different modules, it was decided that this is not a rational solution as the ball throwing module was becoming the largest and most complex module, where the functionality of the base module could easily be integrated into without major downsides. This is why and when the ball throwing module was decided to also fill the functions of the base module, housing the automation components and the battery.

As a result of the thesis, a novel multifunctional and modular pet product 3D CAD model prototype was designed along with production drawings, also enquires were sent to producers to get price quotes regarding the production of the designed components. All the relevant purchase components were ordered and some components of the prototype were placed into production. The functionality of the prototype includes throwing the ball to a distance of 10 meters, automatically serving food and automatically providing fresh water at a wireless design, where a changeable battery is integrated to the prototype. Physical prototypes of more relevant elements of the product will be made to test the functionality in a real environment. The initial goal to develop and design a detailed prototype of the proposed product was fulfilled. Physical tests will be performed to provide a proof of concept, to establish a solid base on which to develop a competitive product to be brought on the market in the future.

There were a number of issues that remain outside of the scope of the thesis which need to be addressed during the development of the end product. The cost of the product needs to be significantly lower, for which it would be sensible to develop the housing as well as other components from injection moulded plastic. It is also possible to further optimize the dimensions of the product, which should be done along with the development of the housing while also keeping in mind the aesthetics of the end product. Furthermore, the housing of the end product should be developed as weatherproof to ensure the reliability of the product. What is more, the software of the product needs to be thoroughly developed to include an energy saving mode, with which significant gains in the lifespan and the competitiveness of the product can be achieved. Some user interface developments should also be considered, perhaps integrating a camera and microphone to allow the owner to communicate with their pets from a distance. The purchase components used in the prototype should be reconsidered during the further development since cheaper alternatives may be available, it may also be sensible to replace some of the purchase components with custom components.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

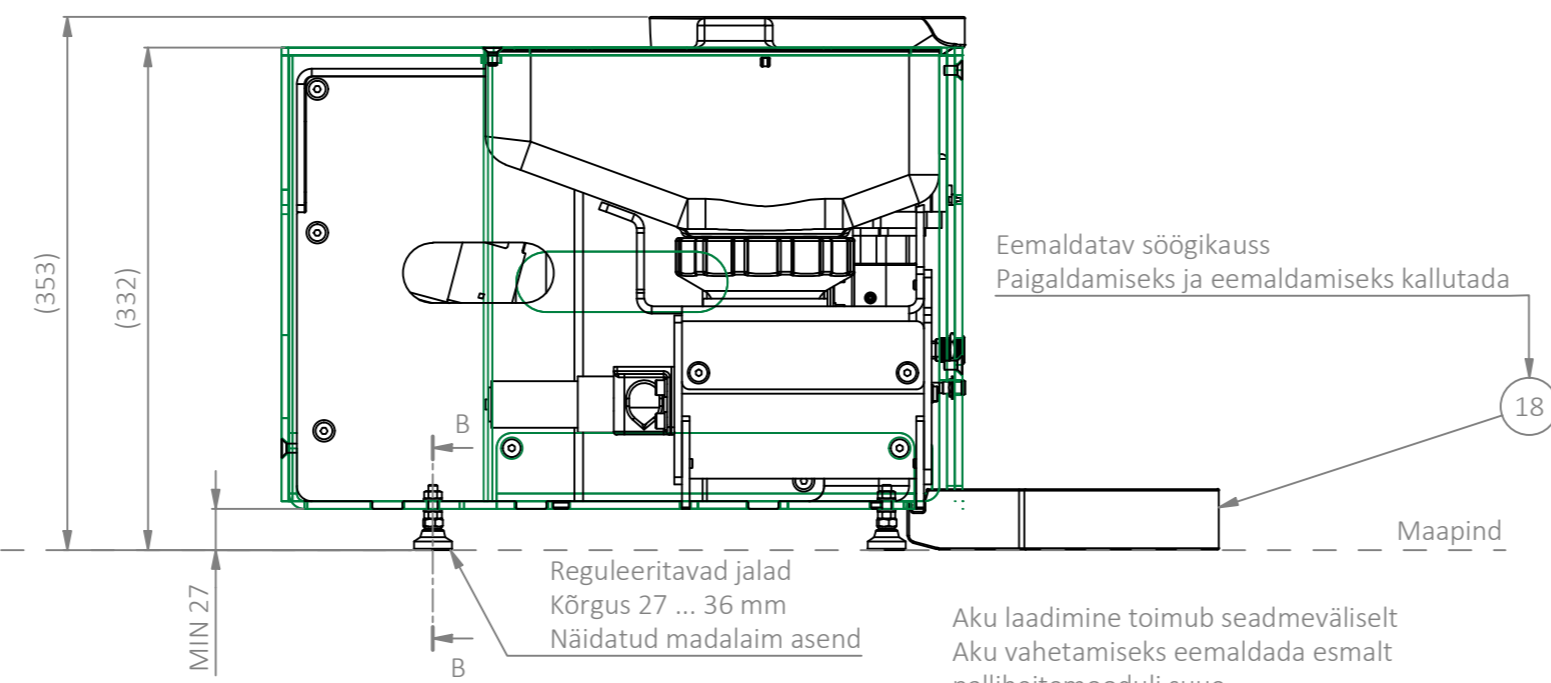
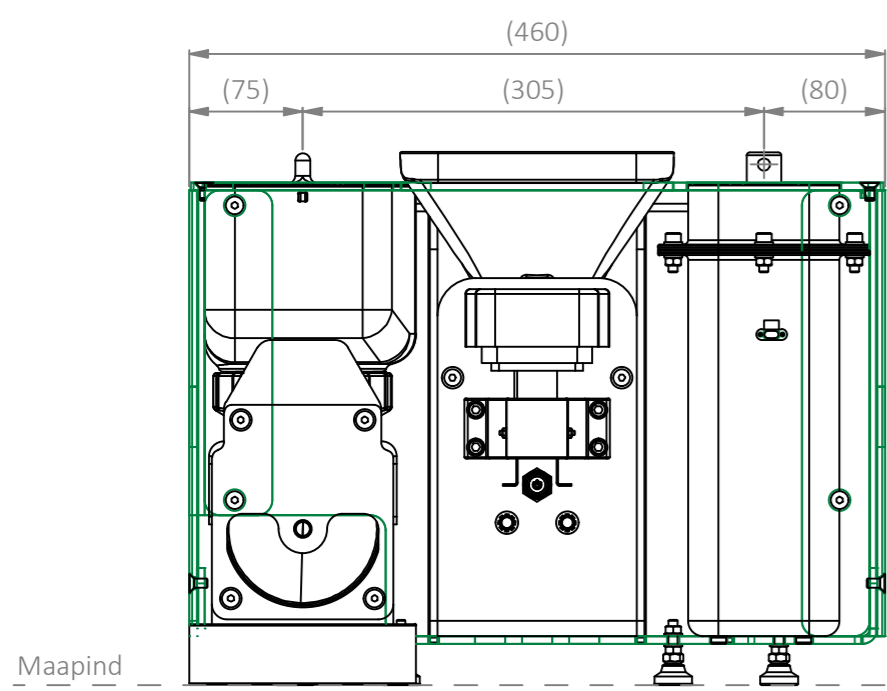
- [1] Bored Dogs: How to Recognize Doggy Boredom (and Help!) [WWW]. <https://www.rover.com/blog/bored-dog-how-to-tell-help-in/>
- [2] GoDogGo Fetch Machine G4 [WWW]. <https://godoggoinc.com/fetchmachine.html>
- [3] iFetch Too [WWW]. <https://goifetch.com/products/#ifetch-too>
- [4] iFetch Too Amazoni tooteleht [WWW]. <https://www.amazon.com/gp/product/B018HQTXB0/?tag=woofdog-20-1&th=1>
- [5] Ballready [WWW]. <https://www.indiegogo.com/projects/ballready-auto-food-dispenser-ball-launcher#/>
- [6] Woofdog Ballready Review [WWW]. <https://woofdog.org/ballready-review/>
- [7] iDogmate [WWW]. <https://idogmate.com/>
- [8] iDogmate Amazoni tooteleht [WWW]. [https://www.amazon.com/IDOGMATE-Ball-Launcher-Tennis-Thrower/dp/B071JXZB8P/ref=cm\\_cr\\_arp\\_d\\_product\\_top?ie=UTF8](https://www.amazon.com/IDOGMATE-Ball-Launcher-Tennis-Thrower/dp/B071JXZB8P/ref=cm_cr_arp_d_product_top?ie=UTF8)
- [9] Varram Pet Fitness [WWW]. <https://varram.com/collections/all/products/varram-pet-fitness?variant=20481841430616>
- [10] Varram Pet Fitness Amazoni tooteleht [WWW]. [https://www.amazon.com/VARRAM-Pet-Fitness-Robot-Interactive/dp/B07RRD3JGQ/ref=cm\\_cr\\_arp\\_d\\_bdcrb\\_top?ie=UTF8](https://www.amazon.com/VARRAM-Pet-Fitness-Robot-Interactive/dp/B07RRD3JGQ/ref=cm_cr_arp_d_bdcrb_top?ie=UTF8)
- [11] Petnet Smartfeeder [WWW]. <https://www.petnet.io/pages/smartfeeder>
- [12] Petnet Smartfeeder tooteleht [WWW]. [https://www.amazon.com/Petnet-SmartFeeder-2nd-generation-Personalized/dp/B07HPYQBTS/ref=sr\\_1\\_2?ie=UTF8&qid=1539373682&th=1](https://www.amazon.com/Petnet-SmartFeeder-2nd-generation-Personalized/dp/B07HPYQBTS/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1539373682&th=1)
- [13] Veterinary Borderline Products, Veterinary Medical Devices and In Vitro Diagnostics: Global Regulatory Overview [WWW]. <https://www.raps.org/news-and-articles/news-articles/2019/3/veterinary-borderline-products-veterinary-medical>
- [14] Pet product safety [WWW]. <https://www.intertek.com/blog/2016-09-20-pets/>
- [15] Automatic Ball Launcher patent [WWW]. <https://patentimages.storage.googleapis.com/db/ac/14/f978d6d223524c/EP3206483B1.pdf>
- [16] Petsafe Automatic Ball Launcher Amazoni tooteleht [WWW]. <https://www.amazon.com/PetSafe-PTY00-14665-Automatic-Ball-Launcher/dp/B017N6IF5U>
- [17] Animal feeding device and method patent [WWW]. <https://patentimages.storage.googleapis.com/58/73/47/4190580cde2e37/EP1732381B1.pdf>
- [18] PetCity veebileht [WWW]. <https://www.petcity.ee/>
- [19] Varjupaikade MTÜ [WWW]. <https://www.varjupaik.ee/>

- [20] Pesaleidja MTÜ [WWW]. <https://www.pesaleidja.ee/>
- [21] Matemaatiline analüüs tennisepalli heitjale [WWW]. [http://www.actawm.pb.edu.pl/volume/vol5no4/WOJCICKI\\_KULESZA\\_PUCILOWSKI\\_EN\\_2010\\_085.pdf](http://www.actawm.pb.edu.pl/volume/vol5no4/WOJCICKI_KULESZA_PUCILOWSKI_EN_2010_085.pdf)
- [22] Motor 12V 60W 775 Micro DC [WWW]. [https://www.amazon.de/dp/B082DH34TJ/ref=sr\\_1\\_14?dchild=1&keywords=gleichstrommotor+60w&qid=1585477578&sr=8-14](https://www.amazon.de/dp/B082DH34TJ/ref=sr_1_14?dchild=1&keywords=gleichstrommotor+60w&qid=1585477578&sr=8-14)
- [23] Drillpro 5mm Shank M10 Arbor [WWW]. [https://www.banggood.com/5mm-Shank-M10-Arbor-Mandrel-Adaptor-Cutting-Tool-Accessories-for-Angle-Grinder-p-1148363.html?cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/5mm-Shank-M10-Arbor-Mandrel-Adaptor-Cutting-Tool-Accessories-for-Angle-Grinder-p-1148363.html?cur_warehouse=CN)
- [24] Igus ZFM 0810-05 [WWW]. <https://www.igus.ee/product/?artnr=ZFM-0810-05>
- [25] Solenoid push-pull 10 mm DC 12 V 2.1 kg force U8R1 [WWW]. <https://www.ebay.com/itm/Solenoid-electric-solenoid-type-push-pull-10-mm-DC-12-V-2-1-kg-force-U8R1/112380383047?epid=785586878&hash=item1a2a648f47:g:PsUAAOSwub9dbotr>
- [26] IR Break Beam Sensor ADA2167 [WWW]. <https://www.adafruit.com/product/2167>
- [27] Dstantsandur TOF [WWW]. [https://www.banggood.com/TOF10120-Laser-Range-Sensor-Module-10-180cm-Distance-Sensor-RS232-Interface-UART-I2C-IIC-Output-3-5V-p-1566456.html?akmClientCountry=America&&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc\\_ods&utm\\_campaign=nancy-content-sdsrm-baby-acc-login-content&utm\\_content=nancy&gclid=Cj0KCQjwhtT1BRCiARIsAGIY51Kojyynvykht8BbjXmBdNA-lncYLyTGJF2XJqOU3bQB4nt6EQcOUsoaApIAEALw\\_wcB&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/TOF10120-Laser-Range-Sensor-Module-10-180cm-Distance-Sensor-RS232-Interface-UART-I2C-IIC-Output-3-5V-p-1566456.html?akmClientCountry=America&&utm_source=google&utm_medium=cpc_ods&utm_campaign=nancy-content-sdsrm-baby-acc-login-content&utm_content=nancy&gclid=Cj0KCQjwhtT1BRCiARIsAGIY51Kojyynvykht8BbjXmBdNA-lncYLyTGJF2XJqOU3bQB4nt6EQcOUsoaApIAEALw_wcB&cur_warehouse=CN)
- [28] Dog feeding guides [WWW]. <https://www.wellbeloved.com/dog-feeding-guides/>
- [29] Screw Conveyor Engineering Guide [WWW]. <https://www.kwsmfg.com/wp-content/themes/va/pdf/Screw-Conveyor-Engineering-Guide.pdf>
- [30] Far Along 12V 140RPM DC Gear Motor [WWW]. <https://www.aliexpress.com/item/4000004667985.html?spm=a2g0o.placeorder.0.0.6bcf321e1qxIof&mp=1>
- [31] Sidur Maedler 60010600 [WWW]. <https://www.maedler.de/Article/60010600>
- [32] Igus GFM-1012-06 [WWW]. <https://www.igus.ee/product/?artnr=GFM-1012-06>
- [33] Lesjofors 1287 [WWW]. <https://catalog.lesjoforsab.com/cs-0-6x8-85x30>
- [34] Pump Power Calculator [WWW]. [https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-power-d\\_505.html](https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-power-d_505.html)
- [35] Ultra-quiet DC 12V 4.2W 240L/H Flow Rate Waterproof Brushless Pump Mini Submersible Water Pump [WWW]. <https://www.aliexpress.com/item/4000506100665.html?spm=a2g0s.12269583.0.0.741a6823kpms2I>

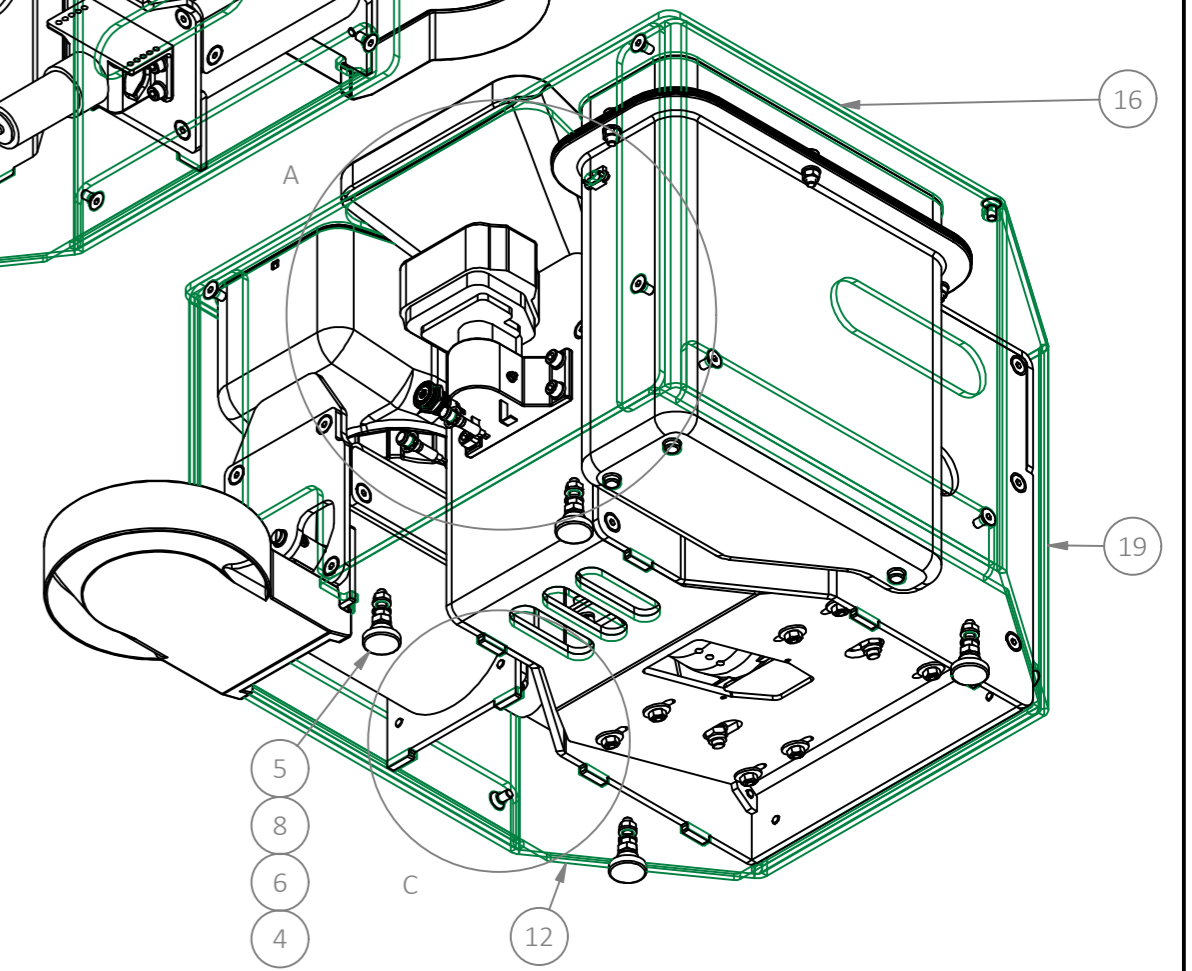
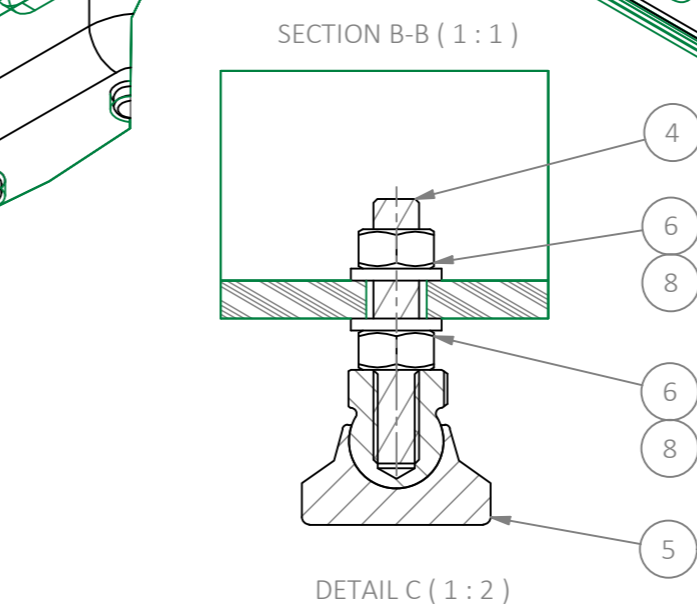
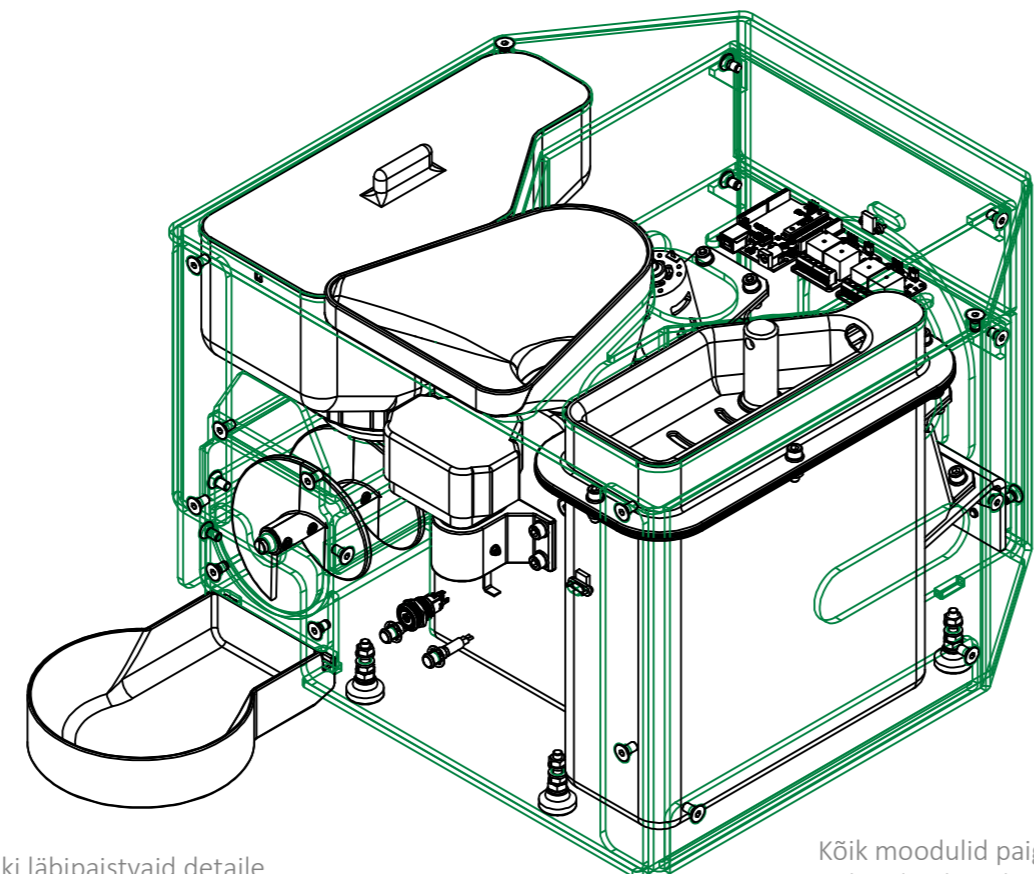
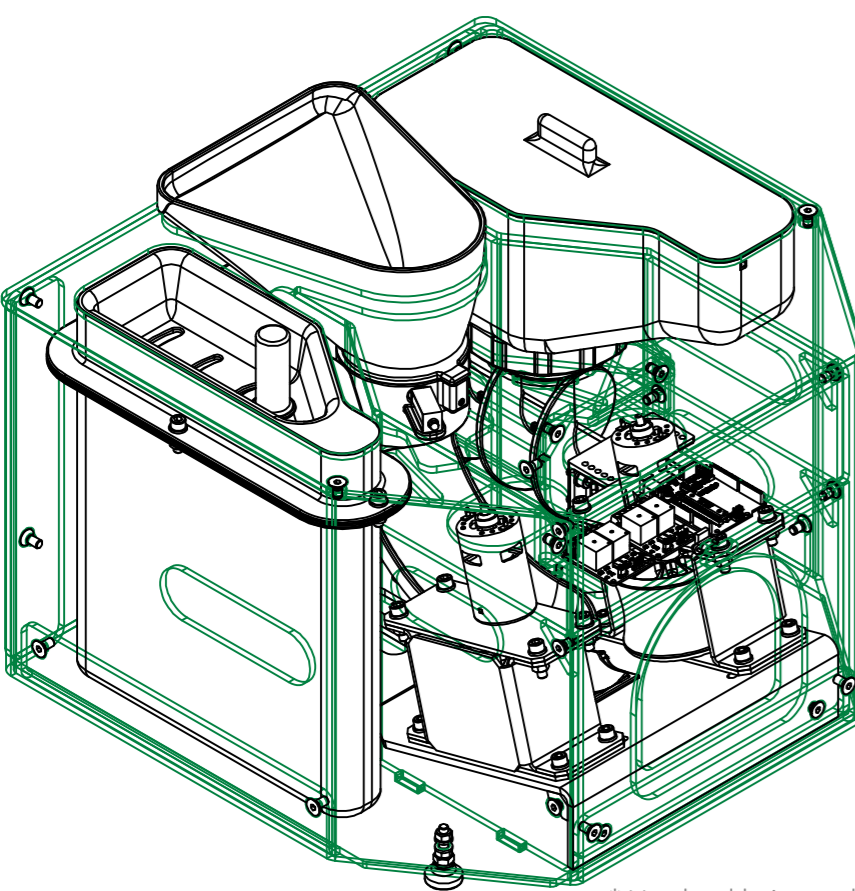
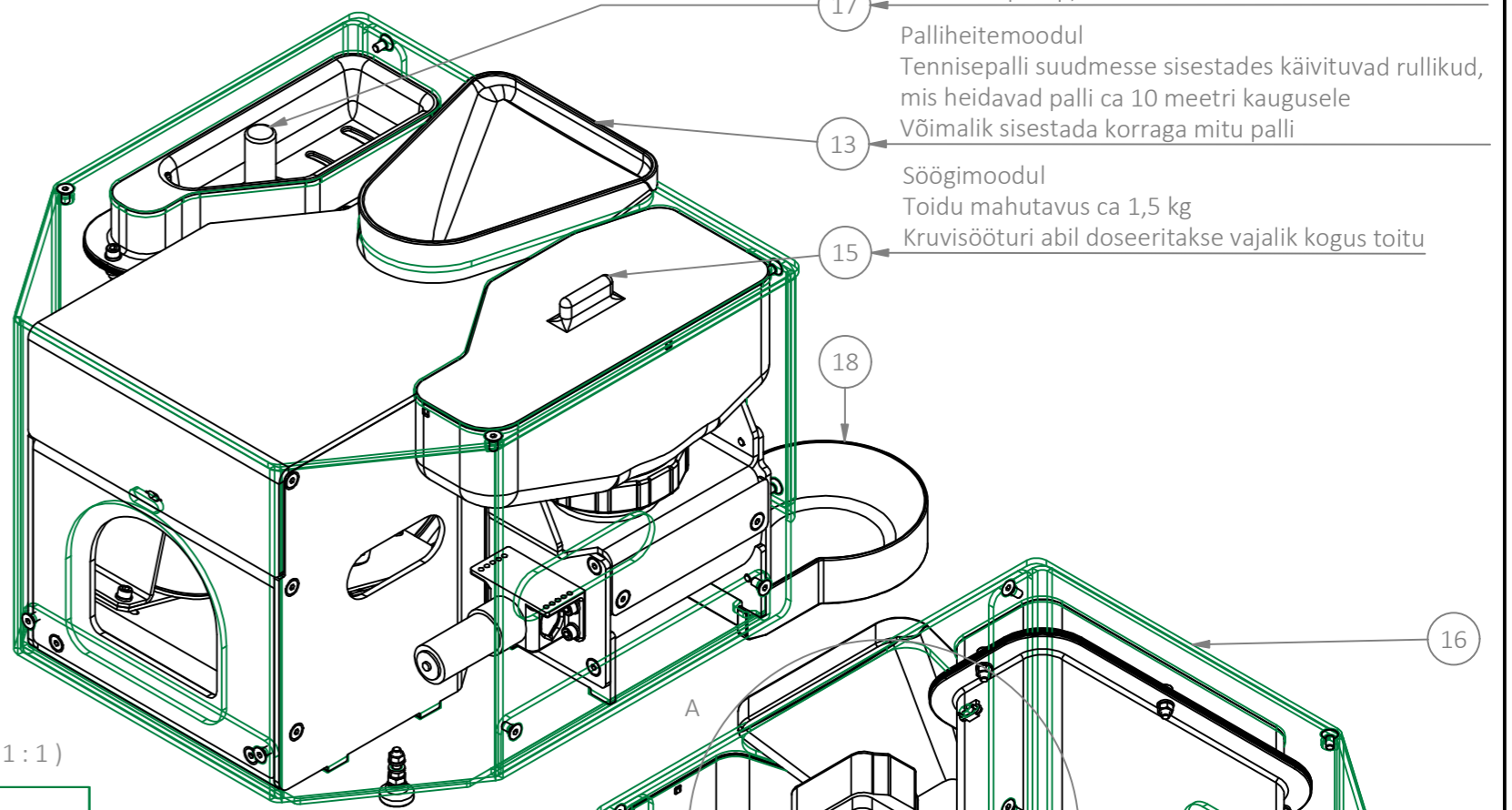
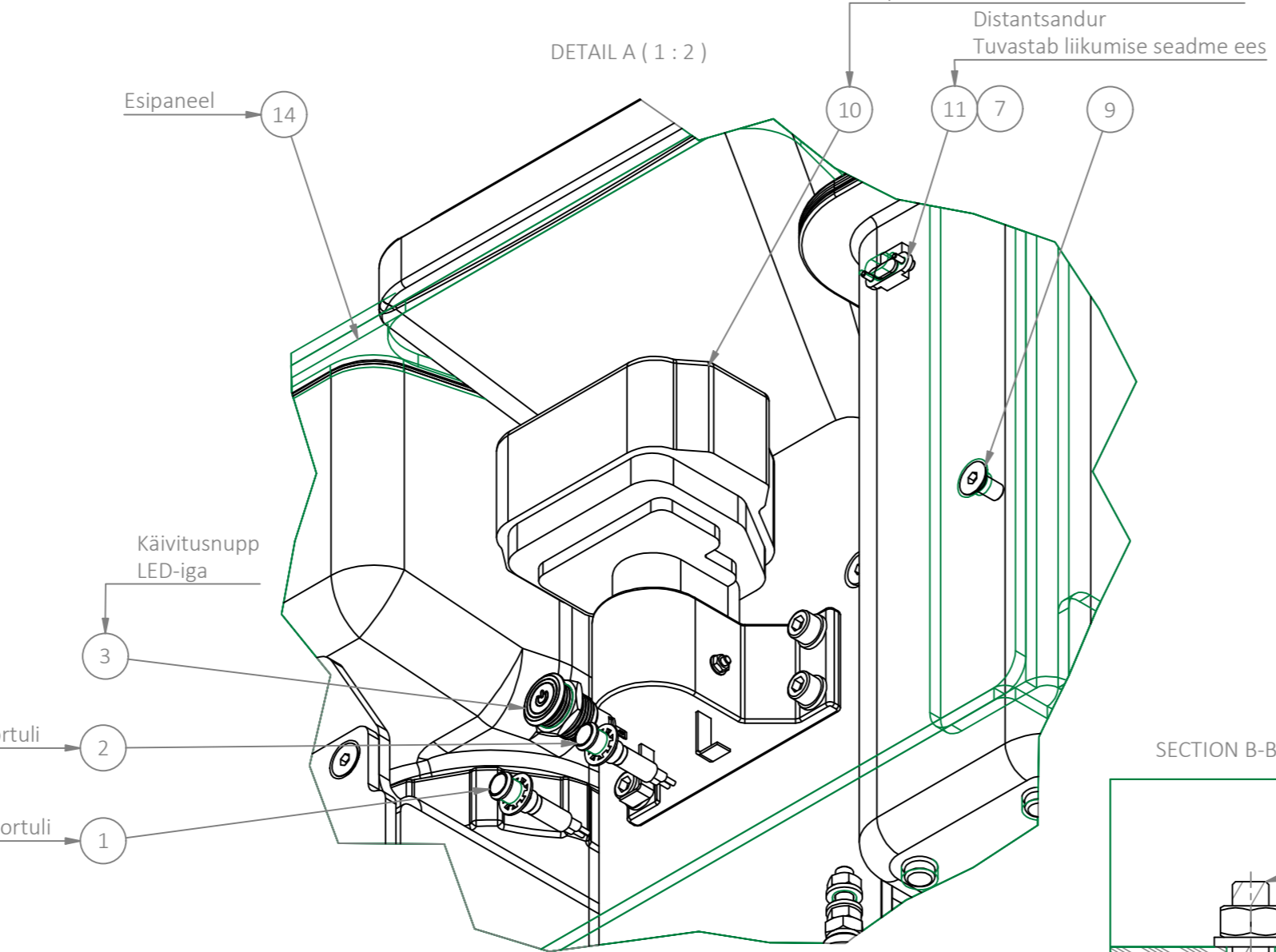
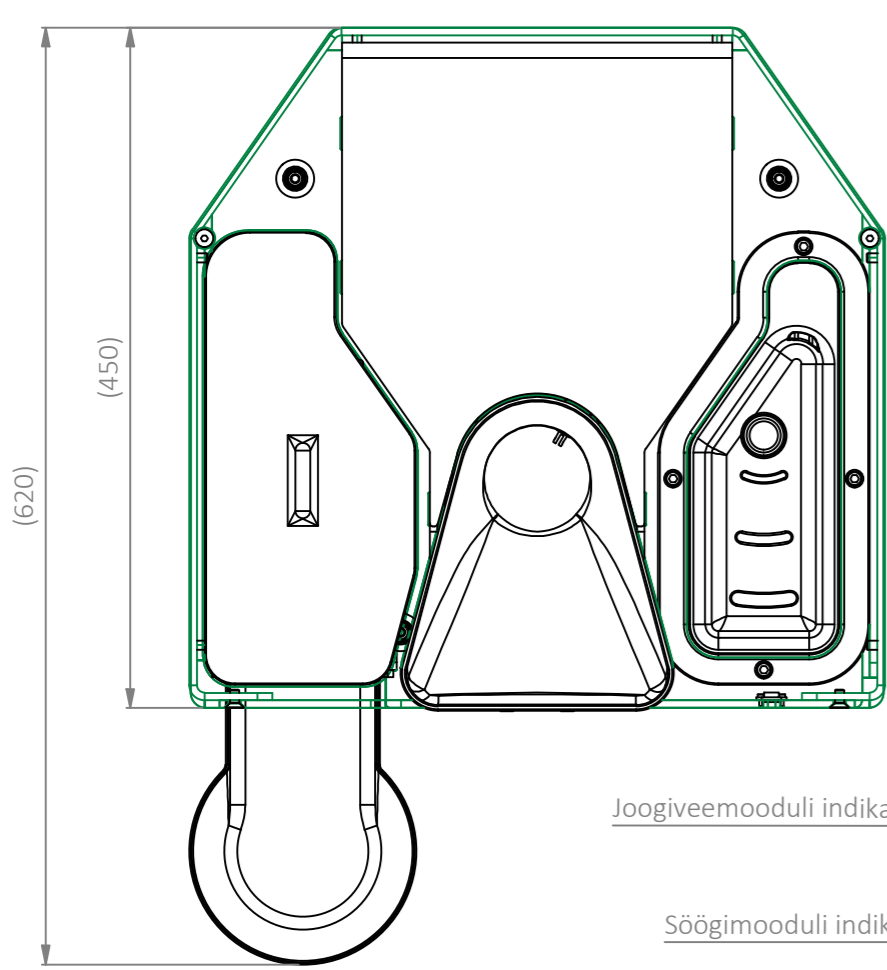
- [36] Tööriistamarket NL71008 - voolik happekindel 8mm 1m [WWW]. <https://www.xn--triistamarket-imba.ee/et/voolik-happekindel-8mm-1m>
- [37] Tööriistamarket LSMIW113 - Lõdvikuklamber 10-13,3/9mm [WWW]. <https://www.xn--triistamarket-imba.ee/et/l%C5%8Ddvikuklamber-10-133-9mm>
- [38] Tööriistamarket MWR11206 - liitmik 12mm-3/8" male stud [WWW]. <https://www.xn--triistamarket-imba.ee/et/liitmik-12mm-38-male-stud>
- [39] Water purification for animals [WWW]. <https://animalwellnessmagazine.com/water-purification/>
- [40] Nylon Filtration 300 Mesh Water Oil Filter Cloth 1m [WWW]. <https://www.ebay.com/itm/Nylon-Filtration-20-30-40-60-100-350-400-500-Mesh-Water-Oil-Filter-Cloth-1m/113545184025?hash=item1a6fd20319:m:mwOLtwOEVEBiKK0R6zSfYzg>
- [41] Yeint Arduino Uno Rev3 [WWW]. <https://www.yeint.ee/elektroonika-1/arendusvahendid/arduino/arduino-platvormid/arduino-uno-rev3#!prettyPhoto>
- [42] Banggood 5V Relay Module [WWW]. [https://www.banggood.com/5V-124816-Channel-Relay-Module-Optocoupler-For-PIC-AVR-DSP-ARM-DSP-p-1634909.html?rmmids=detail-left-hotproducts\\_\\_6&ID=528397&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/5V-124816-Channel-Relay-Module-Optocoupler-For-PIC-AVR-DSP-ARM-DSP-p-1634909.html?rmmids=detail-left-hotproducts__6&ID=528397&cur_warehouse=CN)
- [43] Banggood 12V Push Switch Self Locking [WWW]. [https://www.banggood.com/12V-Push-Switch-Self-Locking-Switch-4-Pin-Led-Push-Button-Switch-Latching-Power-Switch-Waterproof-p-1182040.html?rmmids=search&ID=229&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/12V-Push-Switch-Self-Locking-Switch-4-Pin-Led-Push-Button-Switch-Latching-Power-Switch-Waterproof-p-1182040.html?rmmids=search&ID=229&cur_warehouse=CN)
- [44] Amazon Joiry 12V 3,5Ah Ni-MH Battery [WWW]. [https://www.amazon.de/-/en/Replacement-192696-2-192698-8-192598-2-192681-5/dp/B07QV56XDM/ref=sr\\_1\\_18?dchild=1&keywords=makita%2Bakku%2B12v&qid=1587661869&sr=8-18&th=1](https://www.amazon.de/-/en/Replacement-192696-2-192698-8-192598-2-192681-5/dp/B07QV56XDM/ref=sr_1_18?dchild=1&keywords=makita%2Bakku%2B12v&qid=1587661869&sr=8-18&th=1)



**LISAD**



Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	8mm 12V LED Dash Panel Indicator Green	LED indikaator	0,0	1
2	8mm 12V LED Dash Panel Indicator Red	LED indikaator	0,0	1
3	16mm LED Power Button	Nupp	0,0	1
4	DIN 976 M6 - 35mm	Keermelatt	0,0	4
5	Elesa-Ganter GN 343.1-25-M6-KR	Reguleerjalg	0,0	4
6	ISO 4032 - M6	Hexagon nut	0,0	8
7	ISO 4762 - M2 x 6	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	2
8	ISO 7089 - 6	Washer	0,0	8
9	ISO 10642 - M6 x 12	Hexagon socket countersunk head cap screws	0,0	12
10	Joiry 12V 3,5 Ah Ni-MH	Aku	0,4	1
11	TOF 10120	Distantsandur	0,0	1
12	TTU.01.01	Painutatud polükarbonaatleht	1,3	1
13	TTU.01.01.00	Palliheitemoodul	5,6	1
14	TTU.01.02	Polükarbonaatleht	0,7	1
15	TTU.01.02.00	Söögimoodul	1,8	1
16	TTU.01.03	Polükarbonaatleht	0,6	1
17	TTU.01.03.00	Joogimoodul	1,5	1
18	TTU.01.04	3D printitud detail	0,1	1
19	TTU.01.04.00	Polükarbonaatkoost	2,1	1

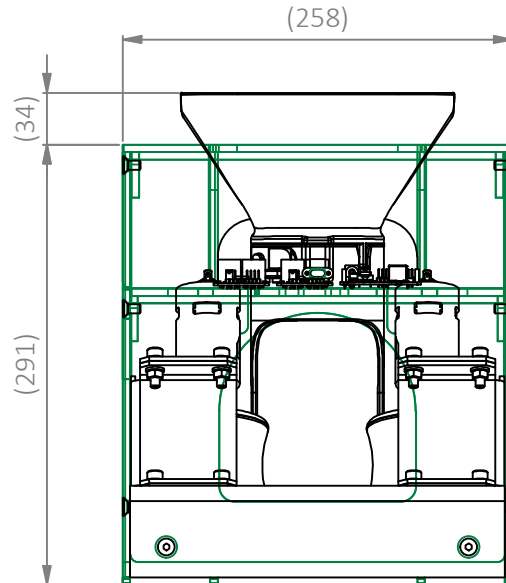
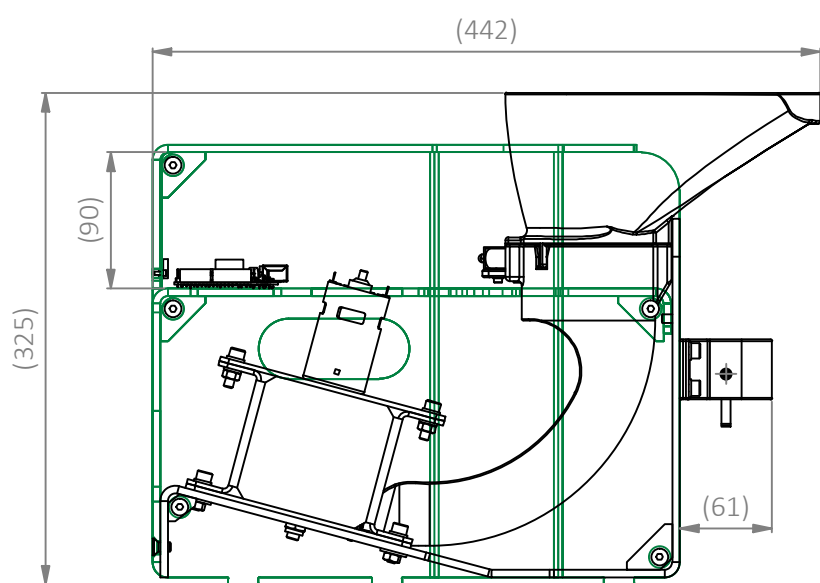


\* Vaadatel kujutatud kõiki läbipaistvaid detaile läbipaistvalt ja roheliste kontuuridega

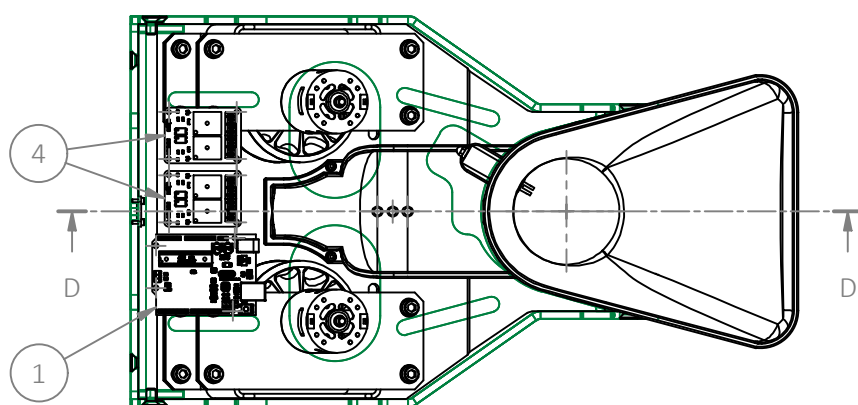
Kõik moodulid paigutuvad vastavasse pesa põhjaplaadis väljaulatuvate tappidega

\* Läbipaistvad korpusedetailid kujutatud rohelisega ning läbipaistvalt  
 \* Palliheitemooduli ja söögimooduli läbipaistvad korpused kujutatud läbipaistmatult  
 \* Palliheitemooduli olemasolu vajalik teiste moodulite toimimiseks, ülejäänud moodulid eemaldatavad

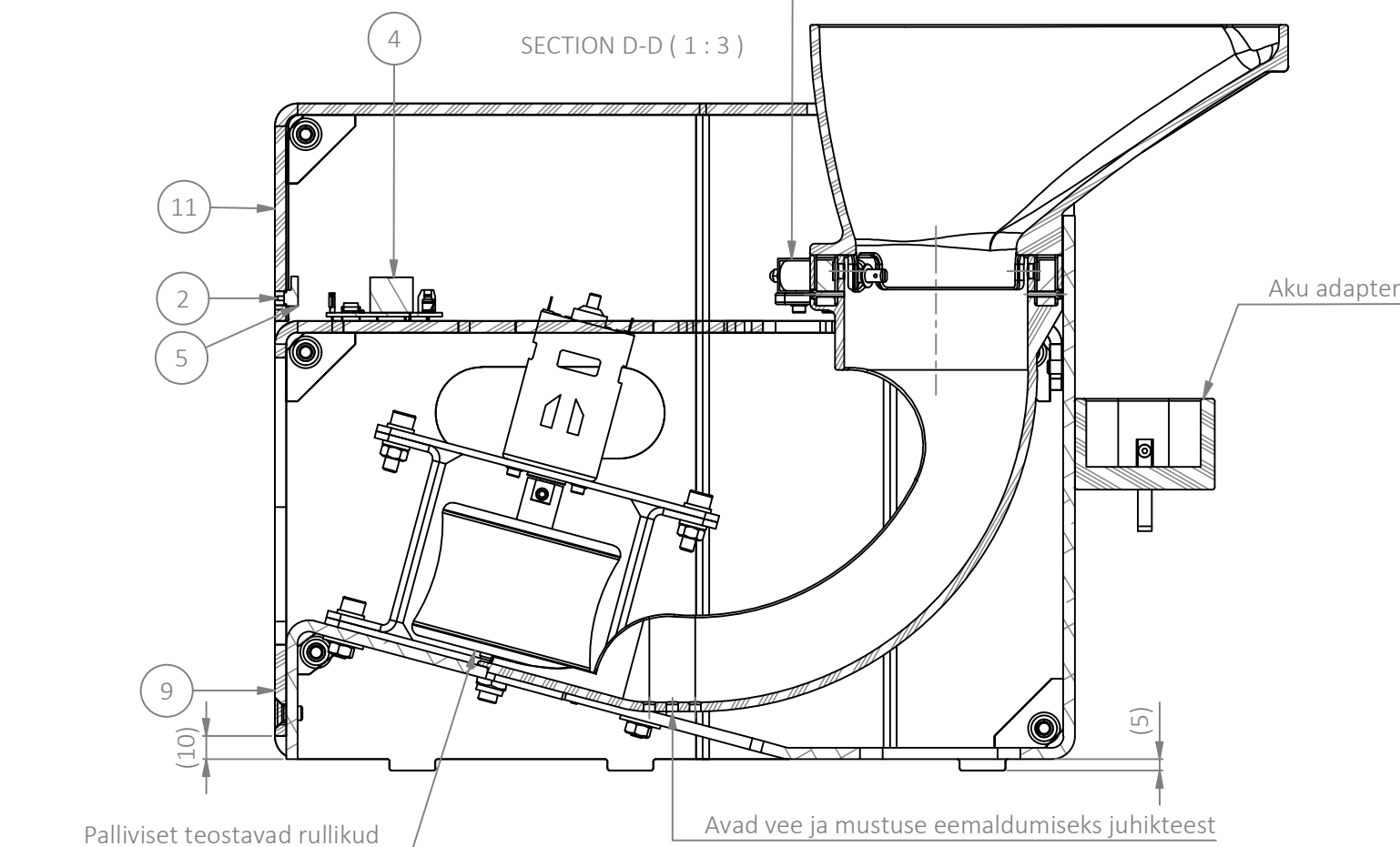
	Materjal:	Märkimata piirhälbed: IT12	Mass: 14.6 kg	Mõõt: 1 : 5
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Modulaarne ja multifunktsionaalne lemmikloomatoode	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
		Leht:	Formaat:	Tähis:
		1 / 1	A2	TTU.01.00



Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	Arduino Uno v2	Kontroller	0,0	1
2	ISO 4762 - M2 x 6	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	2
3	ISO 10642 - M6 x 12	Hexagon Socket Countersunk Head Screw	0,0	14
4	RelayBoard	Paarisrelee	0,0	2
5	TOF 10120	Distantsandur	0,0	1
6	TTU.01.01.01	Painutatud polükarbonaat	0,6	1
7	TTU.01.01.01.00	Palliheite mehaanikakoost	3,0	1
8	TTU.01.01.02	Painutatud polükarbonaat	0,6	1
9	TTU.01.01.02.00	Polükarbonaadi koost	0,5	1
10	TTU.01.01.03	3D printitud detail	0,3	1
11	TTU.01.01.03.00	Painutatud polükarbonaat	0,5	1



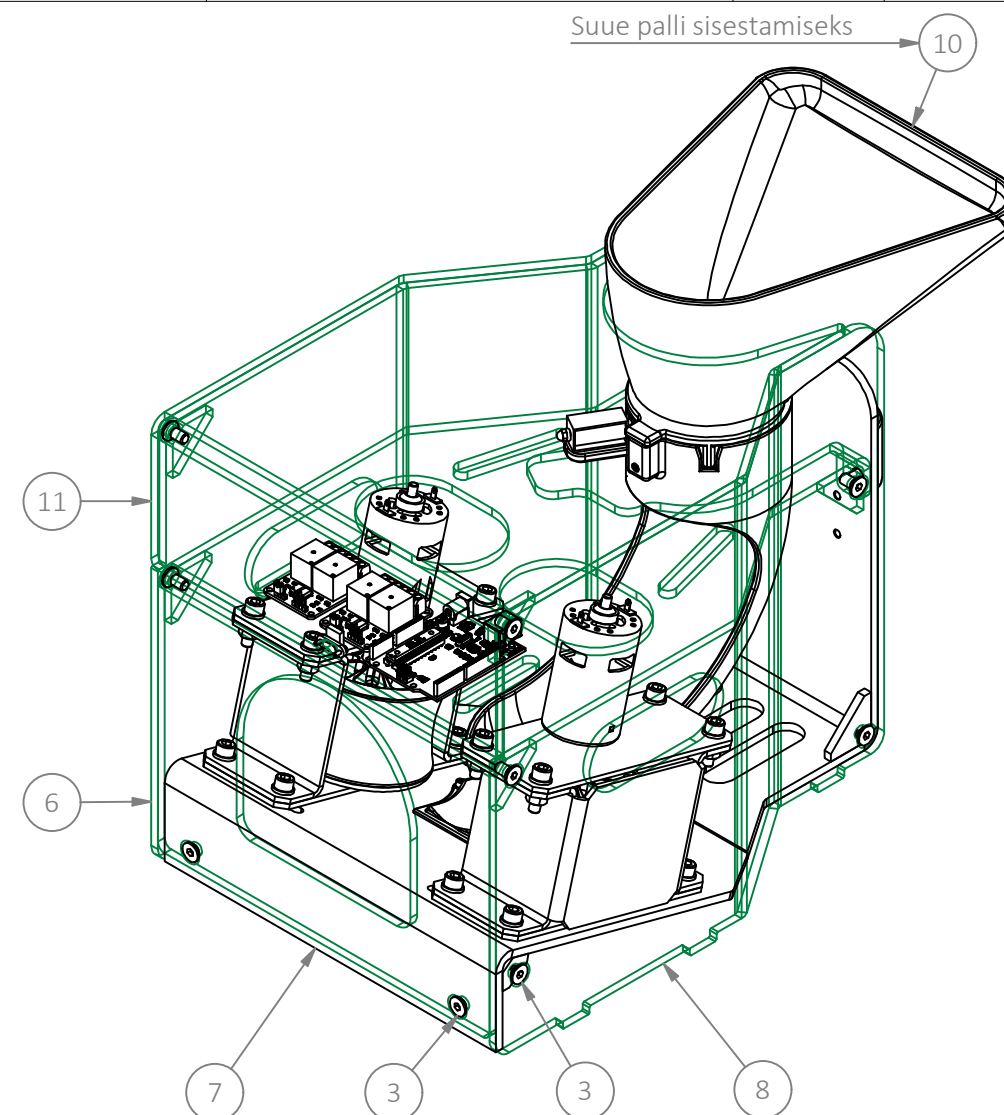
Suudmesse sisestatud pall peatatakse solenoidi juures  
Infrapunaandurid tuvastavad palli peatumise solenoidil, käivitatakse mootorid  
Solenoid avaneb, laskmaks palli läbi, kui rullikute pöörlemine on tagatud



Palliviset teostavad rullikud

Avad vee ja mustuse eemaldumiseks juhiktest

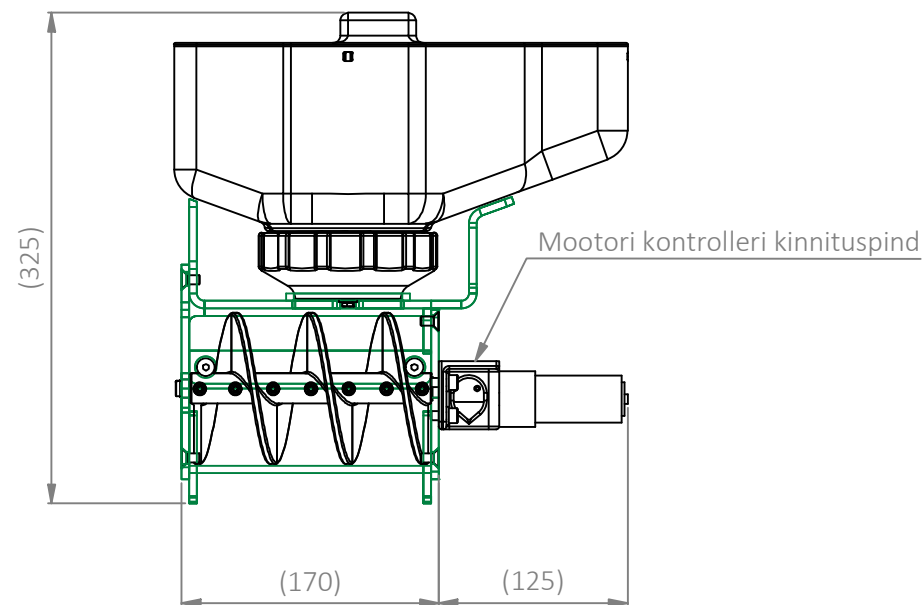
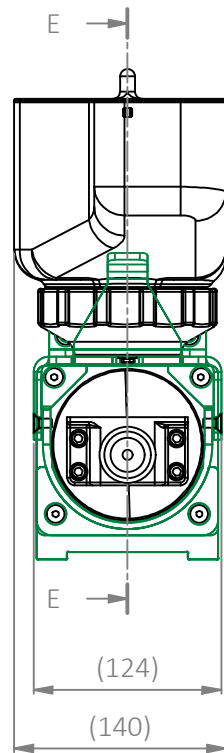
Aku adapter



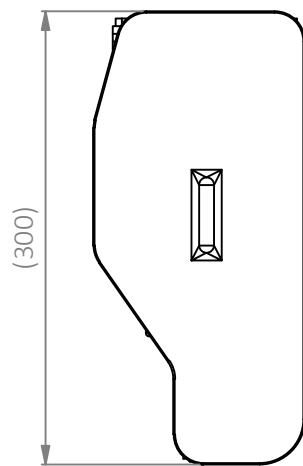
Suue palli sisestamiseks

- \* Läbipaistvad korpusedetailid kujutatud läbipaistvalt ning roheliste kontuuridega
- \* Kujutatud kontrolleri ja releede asukoht umbkaudne, täpne asukoht määrata vastavalt kaablitele
- \* Elektroonikakomponentide kinnitamiseks sobivasse asukohta kasutada distantspukse ja kahepoolset teipi

	Materjal:	Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		IT12	5.6 kg	1 : 5
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Palliheitemoodul	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	Leht:	Formaat:	Tähis:	TTU.01.01.00
	1 / 1	A3		



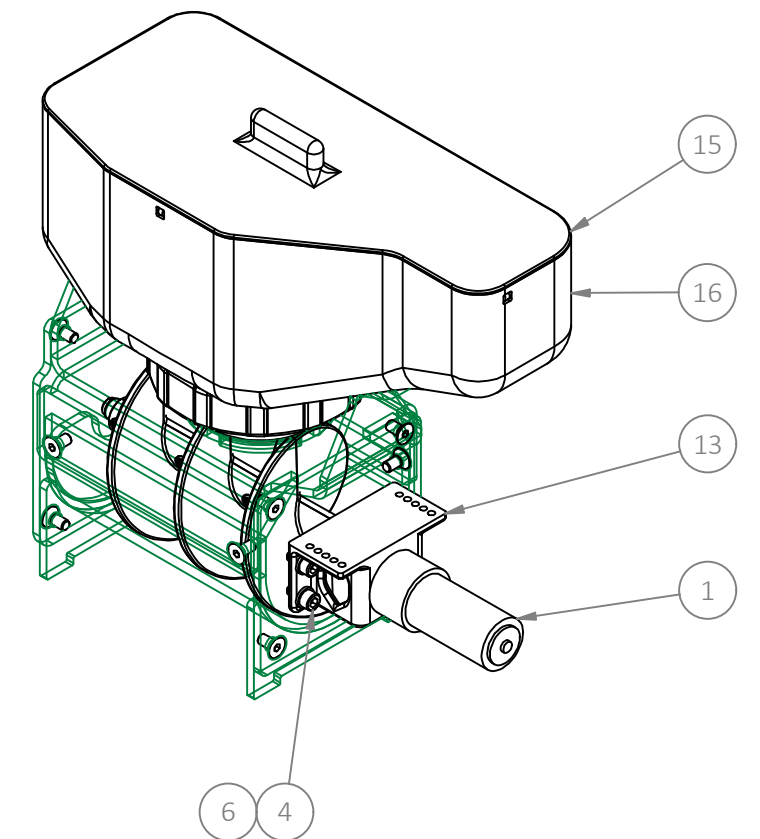
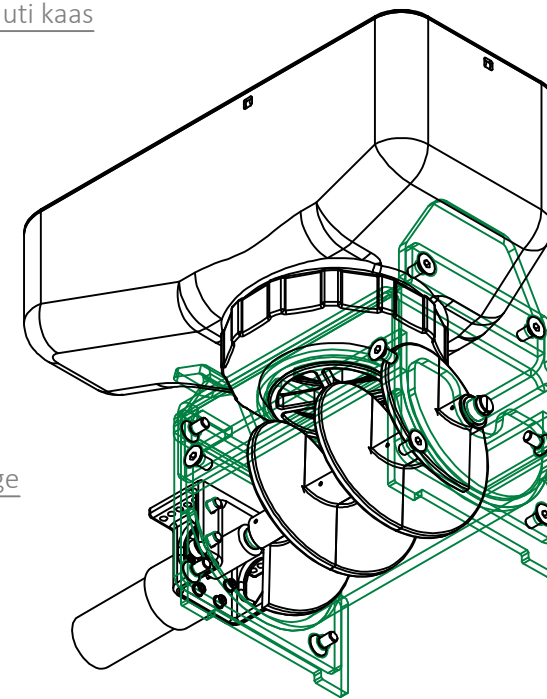
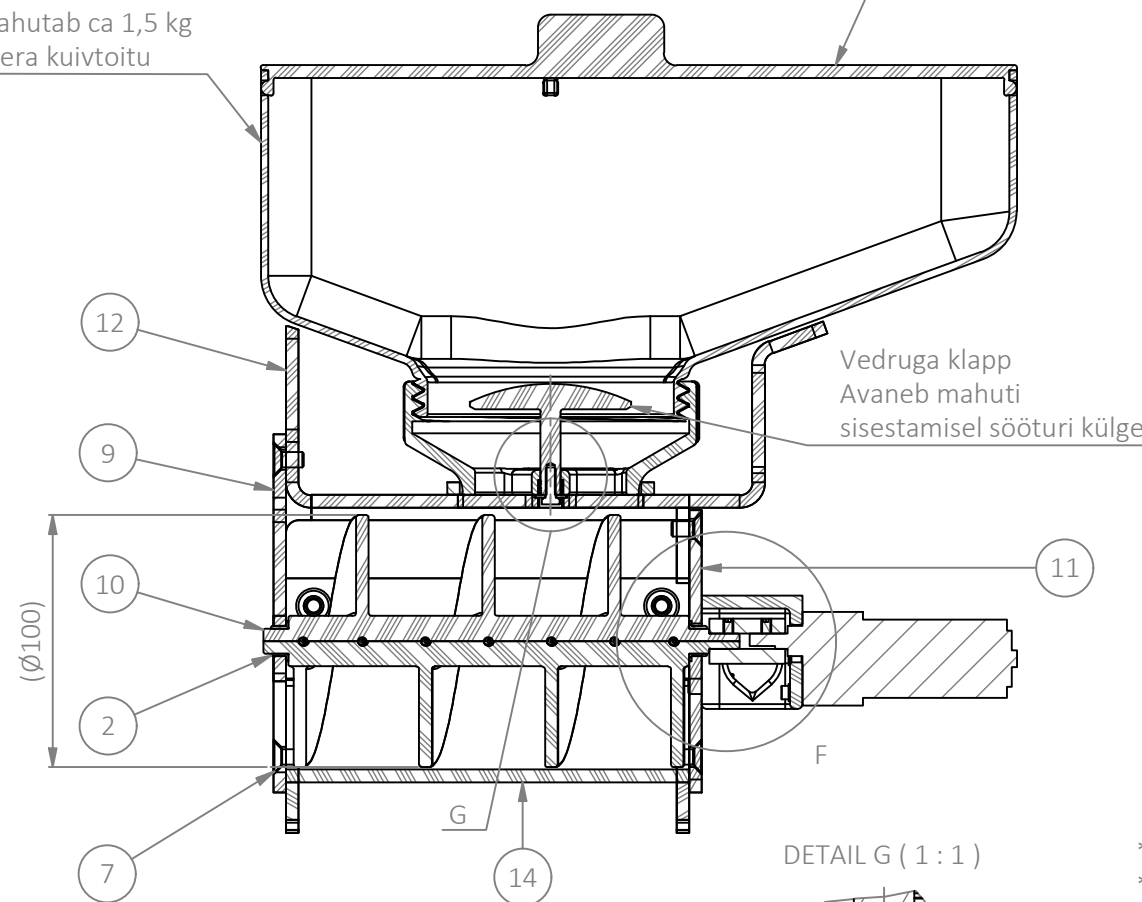
Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	Far Along DC Gear Motor 12V 140RPM	Elektrimootor	0,1	1
2	Igus GFM 1012-06	Liugelaager	0,0	2
3	ISO 4762 - M3 x 10	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
4	ISO 4762 - M6 x 12	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
5	ISO 7089 - 3	Plain washer	0,0	4
6	ISO 7089 - 6	Plain washer	0,0	4
7	ISO 10642 - M6 x 12	Hexagon socket countersunk head cap screws	0,0	12
8	Maedler 60010600	Sidur	0,1	1
9	TTU.01.02.01	Polükarbonaatleht	0,1	1
10	TTU.01.02.01.00	Kruvielemendi koost	0,2	1
11	TTU.01.02.02	Polükarbonaatleht	0,1	1
12	TTU.01.02.02.00	Polükarbonaatkoost	0,3	1
13	TTU.01.02.03	3D Prinditud detail	0,0	1
14	TTU.01.02.03.00	Polükarbonaatkoost	0,3	1
15	TTU.01.02.04	3D Prinditud detail	0,2	1
16	TTU.01.02.04.00	Mahutikoost	0,6	1



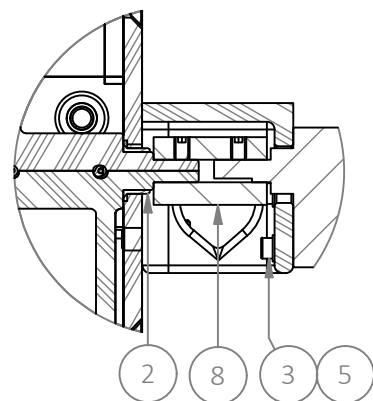
Toidumahuti  
Mahutab ca 1,5 kg  
koera kuivtoitu

SECTION E-E (1 : 3)

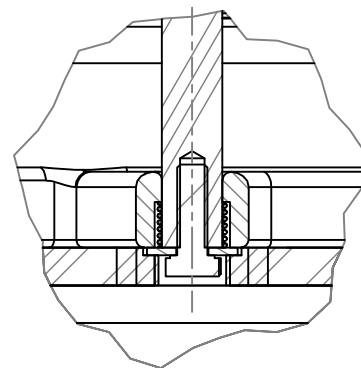
Lukustuv toidumahuti kaas



DETAIL F (1 : 2)



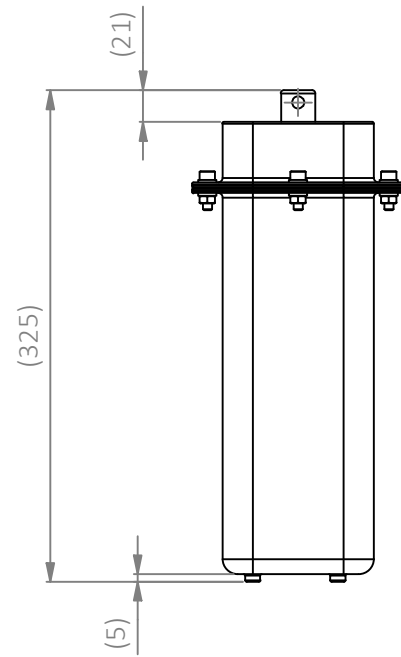
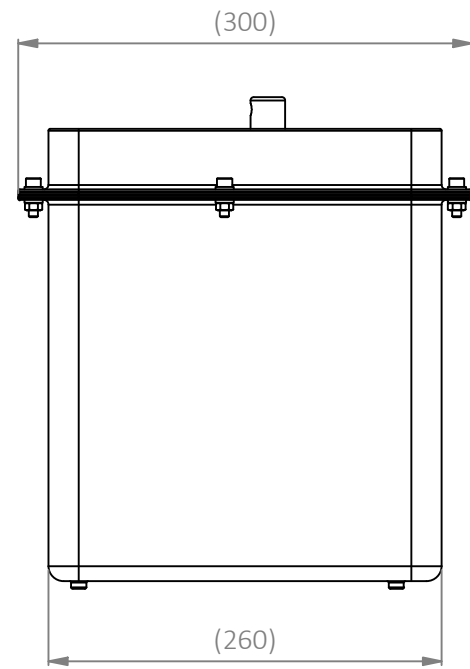
DETAIL G (1 : 1)



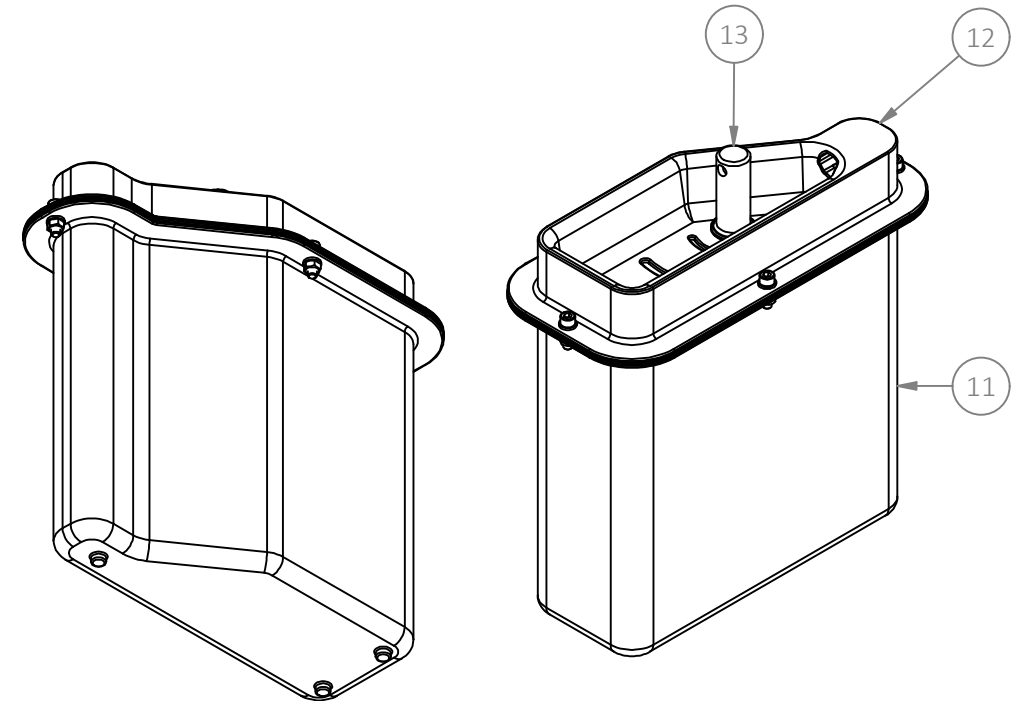
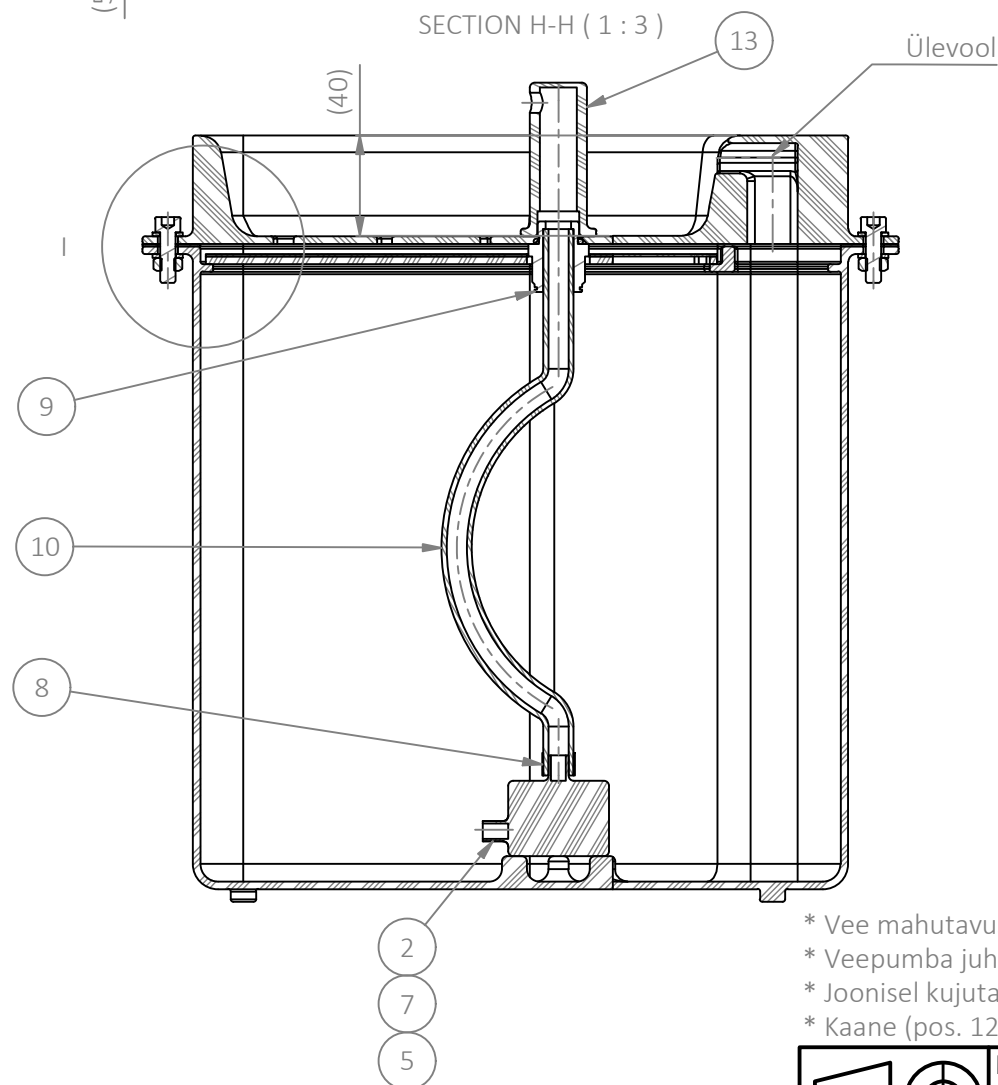
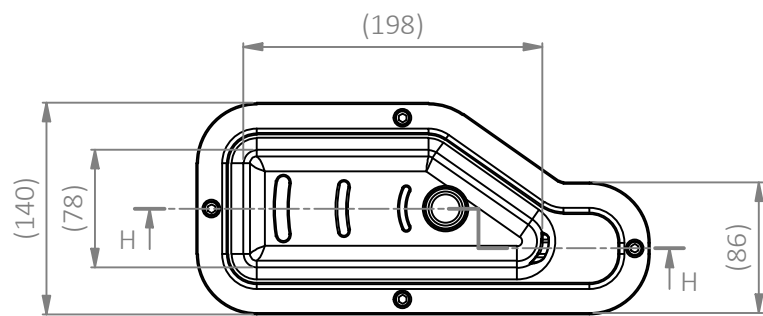
\* Toidu mahutavus: ca 1,5 kg

\* Läbipaistvad detailid kujutatud läbipaistvalt ning roheliste kontuuridega

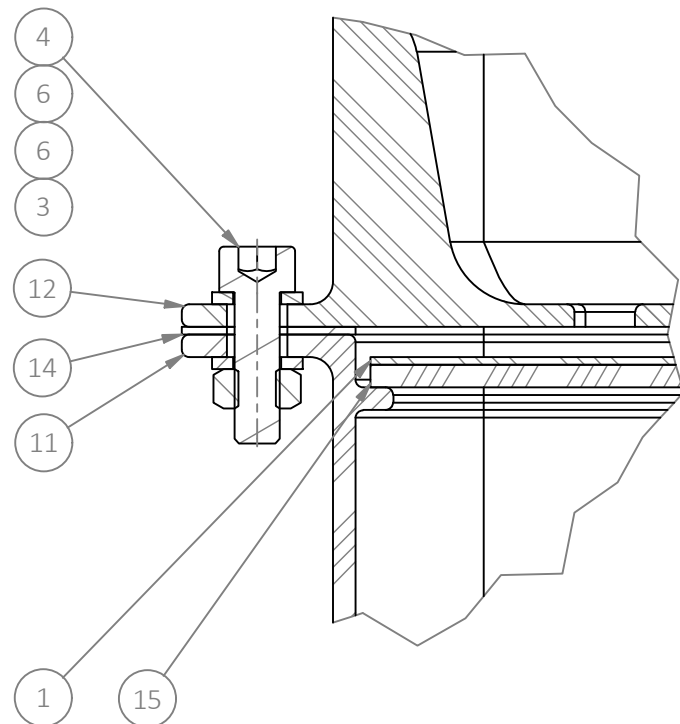
	Materjal:	Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		IT12	1.8 kg	1 : 5
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Söögimoodul	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	Leht:	Formaat:	Tähis:	
MEHAANIKA JA TÖÖSTUTEHNIKA INSTITUUT	1 / 1	A3	TTU.01.02.00	



Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	113545184025	Filtervõrk (nailon)	0,0	1
2	Brushless DC 12V submersible water pump 4.2W 240 L/H	Veepump	0,0	1
3	ISO 4032 - M6	Hexagon nut	0,0	4
4	ISO 4762 - M6 x 20	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
5	ISO 4762 A4 - M3 x 8	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	2
6	ISO 7089 - 6	Plain washer	0,0	8
7	ISO 7089 A4 - 3	Plain washer	0,0	2
8	Tööriistamarket LSMIW113	Lõdvikuklamber 10-13,3/ 9mm	0,0	1
9	Tööriistamarket MWR11206	Liitmik 12mm-3/8" male stud	0,0	1
10	Tööriistamarket NL71008	Voolik happekindel 8mm	0,0	1
11	TTU.01.03.01	3D Prinditud detail	0,9	1
12	TTU.01.03.02	3D Prinditud detail	0,4	1
13	TTU.01.03.03	3D Prinditud detail	0,0	1
14	TTU.01.03.04	Tihend (EPDM)	0,0	1
15	TTU.01.03.05	3D Prinditud detail	0,0	1

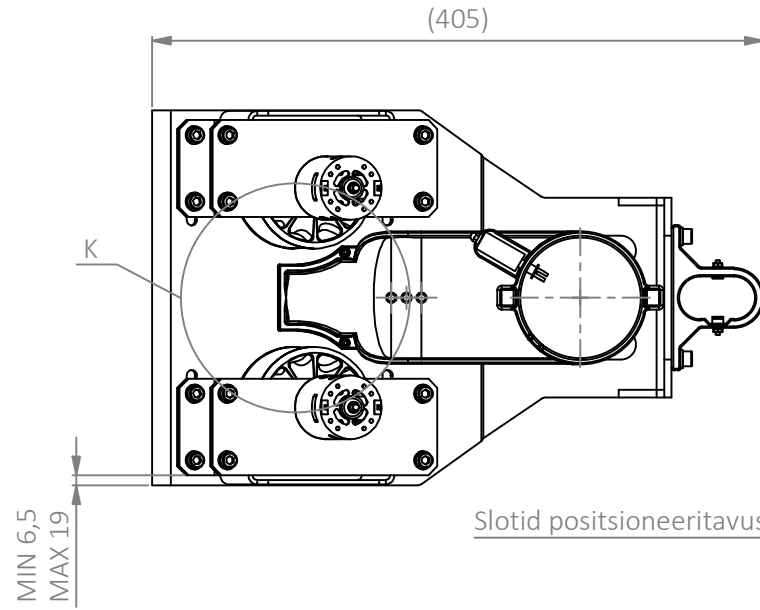
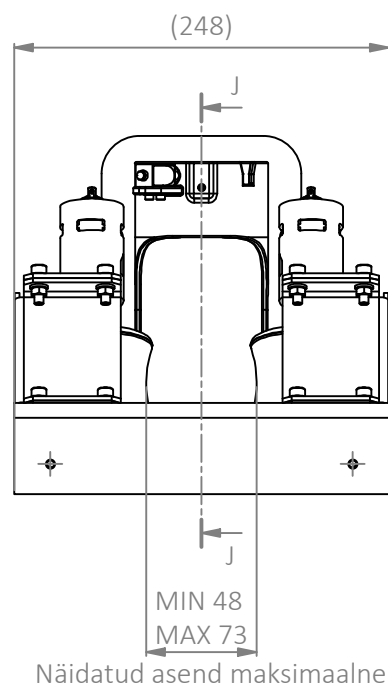
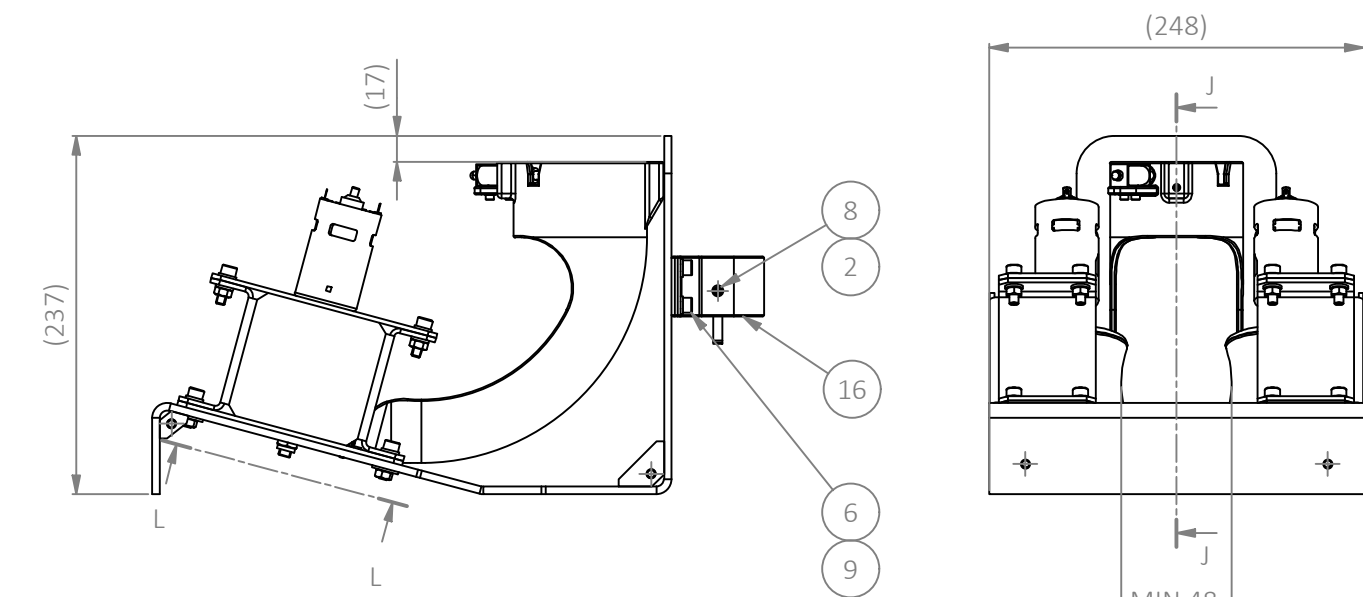


DETAIL I (1:1)

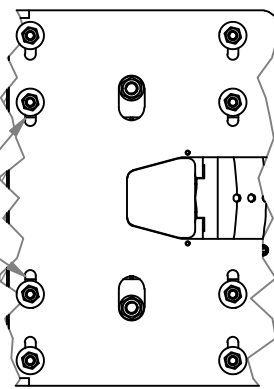


- \* Vee mahutavus: ca 5 l
- \* Veepumba juhtmed tuua välja tihendi vahelt
- \* Joonisel kujutatud vooliku kuju ja pikkus on näitlikud. Voolik lõigata sobivasse mõõtu paigaldusel.
- \* Kaane (pos. 12) paigaldamisel tuua esmalt liitmik (pos. 9) läbi kaane (pos. 12) ning keerata tüüsi (pos. 13) otsa

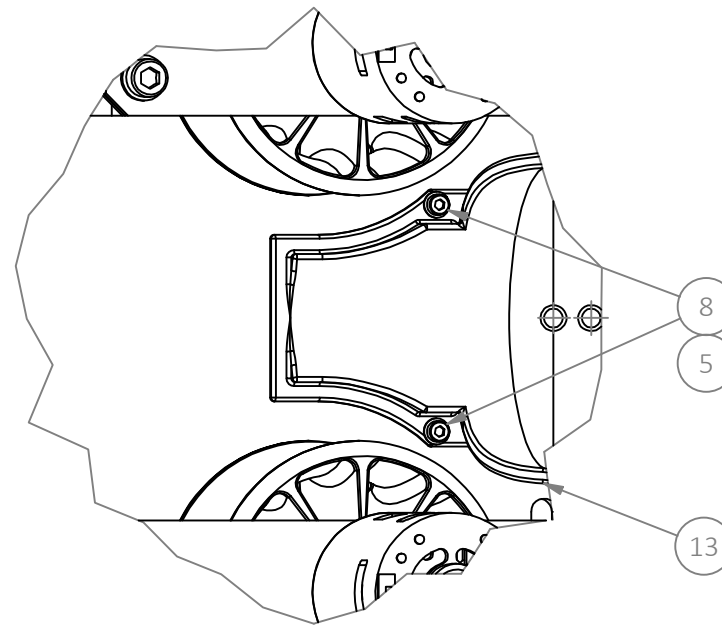
	Materjal:	Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		IT12	1.5 kg	1 : 5
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Joogimoodul	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
 MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNIKA INSTITUUT		Leht:	Formaat:	Tähis:
		1 / 1	A3	TTU.01.03.00



SECTION L-L (1 : 5)  
Vaade pööratud

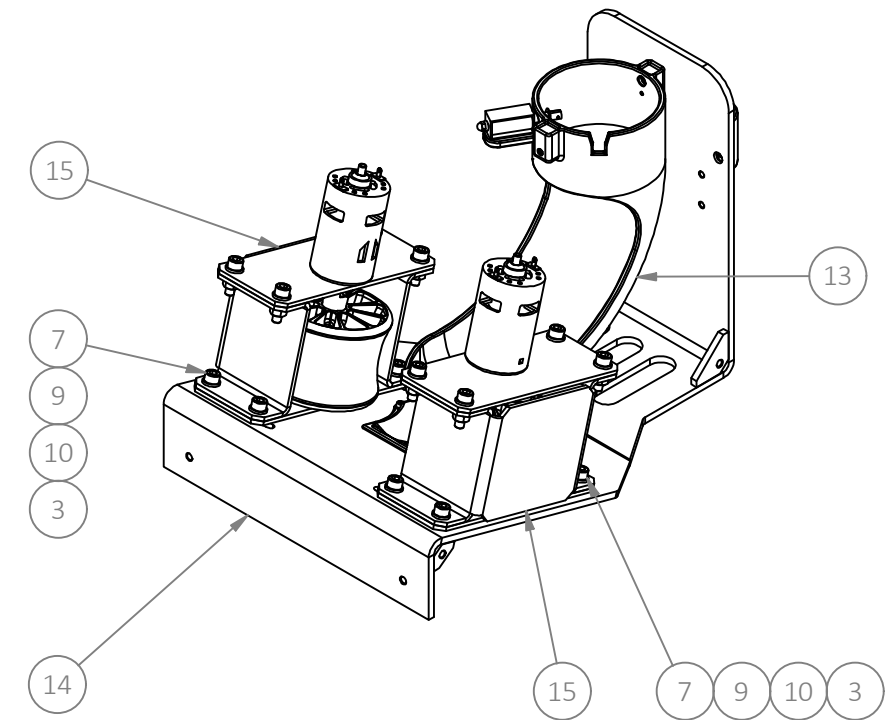
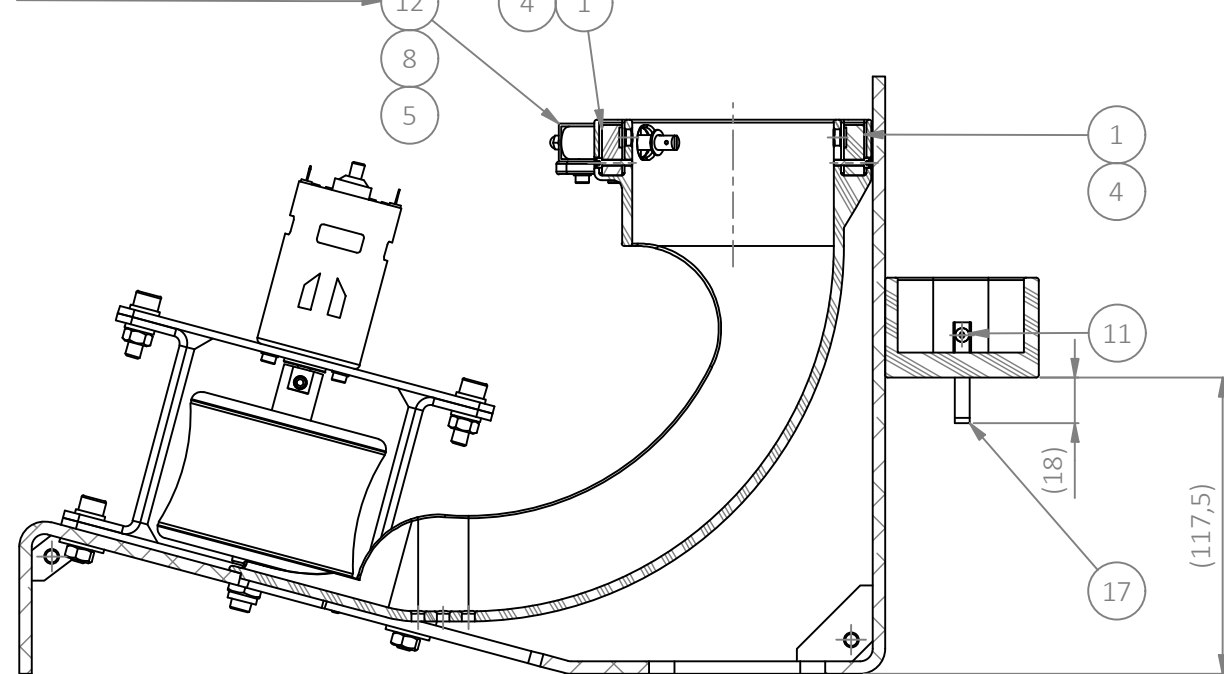


DETAIL K (1 : 2)



SECTION J-J (1 : 3)

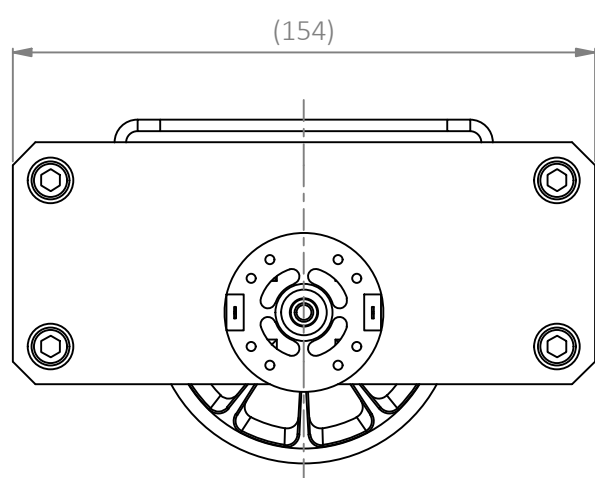
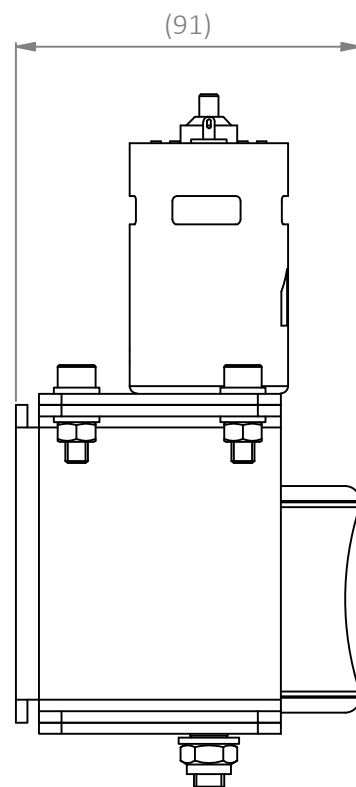
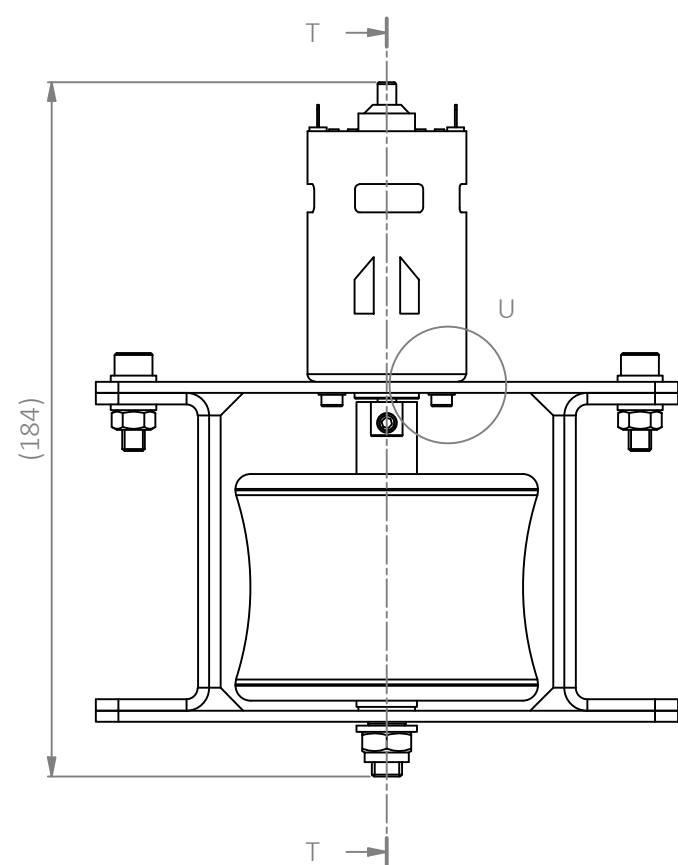
Palli stopperdussolenoid



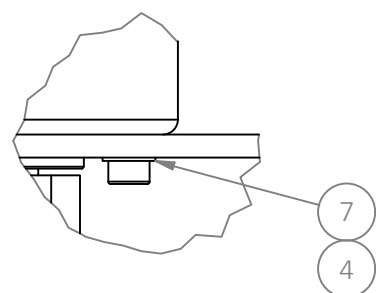
Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	Adafruit IR Break Beam sensor 3mm	Infrapunaandur	0,0	2
2	ISO 4032 - M3	Hexagon nut	0,0	2
3	ISO 4032 - M6	Hexagon nut	0,0	8
4	ISO 4762 - M2 x 12	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	2
5	ISO 4762 - M3 x 8	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
6	ISO 4762 - M6 x 12	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
7	ISO 4762 - M6 x 20	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	8
8	ISO 7089 - 3	Plain washer	0,0	6
9	ISO 7089 - 6	Plain washer	0,0	12
10	ISO 7093 A - 6	Large washer	0,0	8
11	ISO 10642 - M3 x 12	Hexagon Socket Countersunk Head Screw	0,0	2
12	Solenoid 12v 2,1 kgf	Solenoid	0,0	1
13	TTU.01.01.01.01	3D prinditud detail	0,2	1
14	TTU.01.01.01.01.00	Keeviskoost	1,4	1
15	TTU.01.01.01.02.00	Rullikuelement	0,6	2
16	TTU.01.01.01.03	3D prinditud detail	0,1	1
17	TTU.01.01.01.04	Vaskplekk	0,0	2

\* Rullikuelementide positsioonid reguleerida vastavalt heitekatsetustele

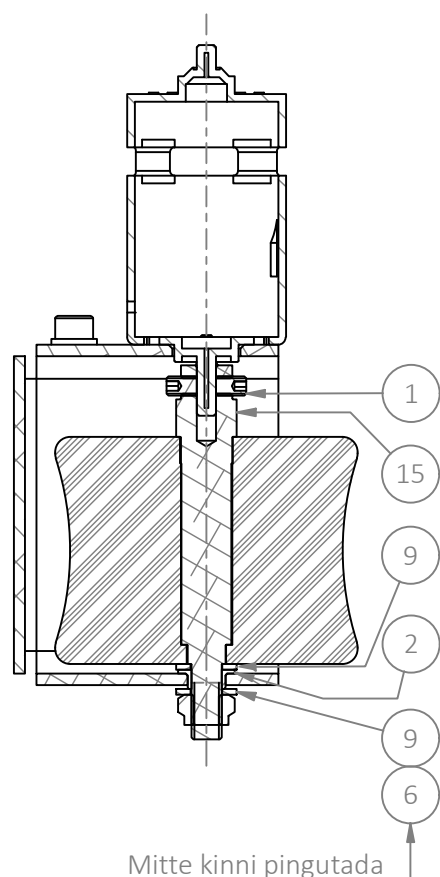
	Materjal:	Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		IT12	3.0 kg	1 : 5
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Palliheite mehaanikakoost	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	Leht:	Formaat:	Tähis:	
MEHAANIKA JA TOOSTUSTEHNIKA INSTITUUT	1 / 1	A3	TTU.01.01.01.00	



DETAIL U (1:1)



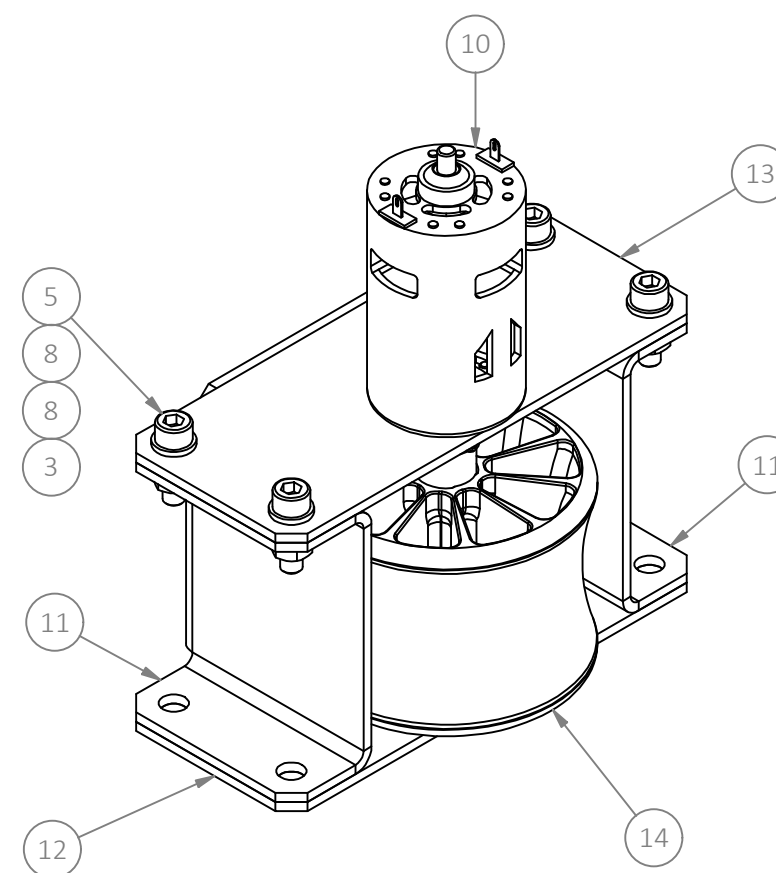
SECTION T-T (1:2)



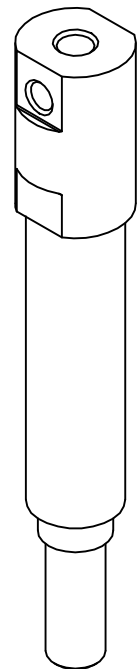
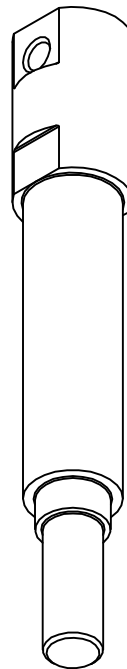
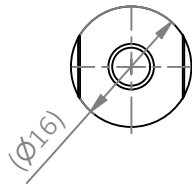
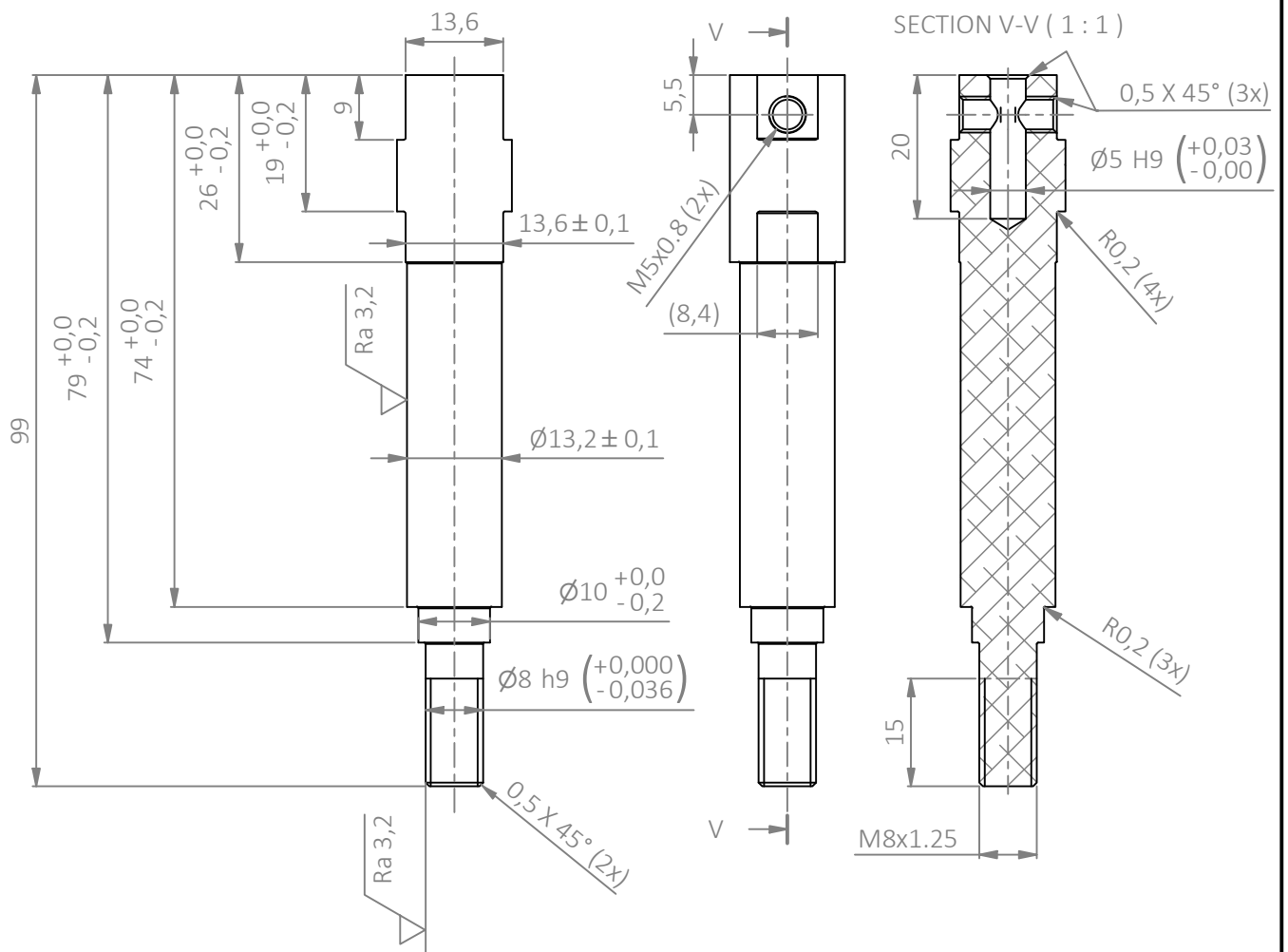
Pingutada viimasena

Mitte kinni pingutada

Pos	Tähis	Nimetus	Mass, kg	Hulk
1	DIN 913 - M5 x 8	Hexagon Socket Set Screw	0,0	2
2	Igus ZFM 0810-05	Liugelaager	0,0	1
3	ISO 4032 - M6	Hexagon nut	0,0	4
4	ISO 4762 - M3 x 6	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	2
5	ISO 4762 - M6 x 20	Hexagon Socket Head Cap Screw	0,0	4
6	ISO 7042 - M8	Prevailing torque type all-metal hexagon nuts	0,0	1
7	ISO 7089 - 3	Plain washer	0,0	2
8	ISO 7089 - 6	Plain washer	0,0	8
9	ISO 7089 - 8	Plain washer	0,0	2
10	Motor 775 12V 60W	Elektrimootor	0,0	1
11	TTU.01.01.01.02.01	Painutatud alumiiniumleht	0,2	1
12	TTU.01.01.01.02.02	Alumiiniumleht	0,1	1
13	TTU.01.01.01.02.03	Alumiiniumleht	0,1	1
14	TTU.01.01.01.02.04	3D prinditud detail	0,1	1
15	TTU.01.01.01.02.05	Alumiiniumvõll	0,0	1



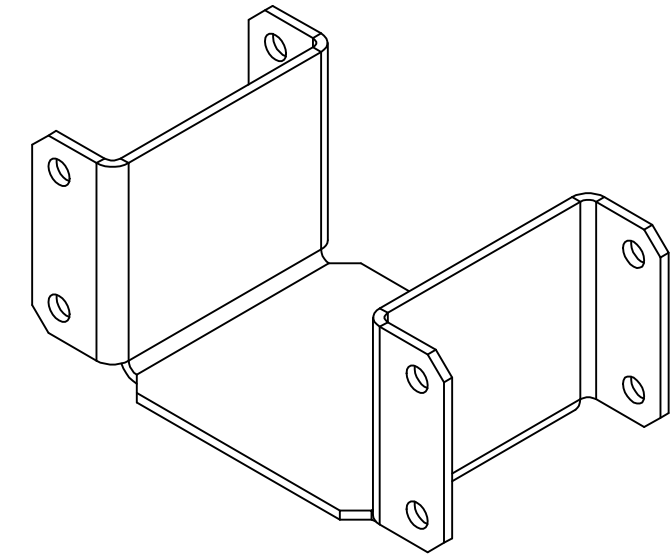
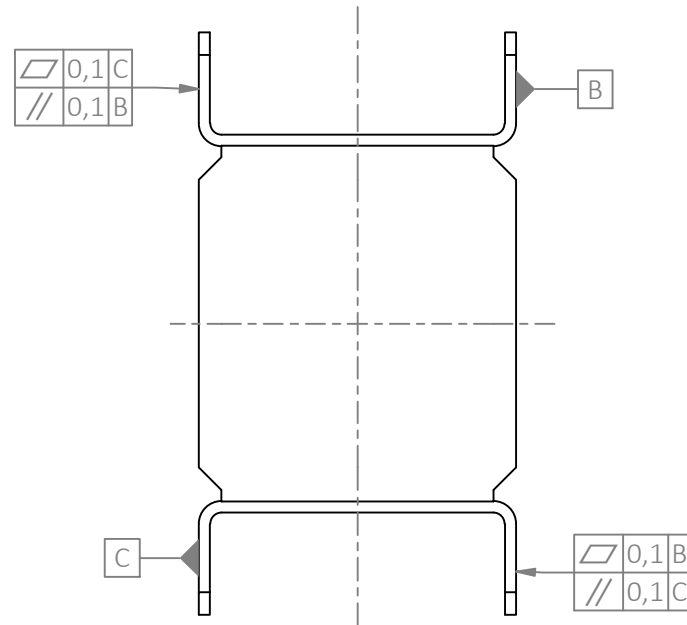
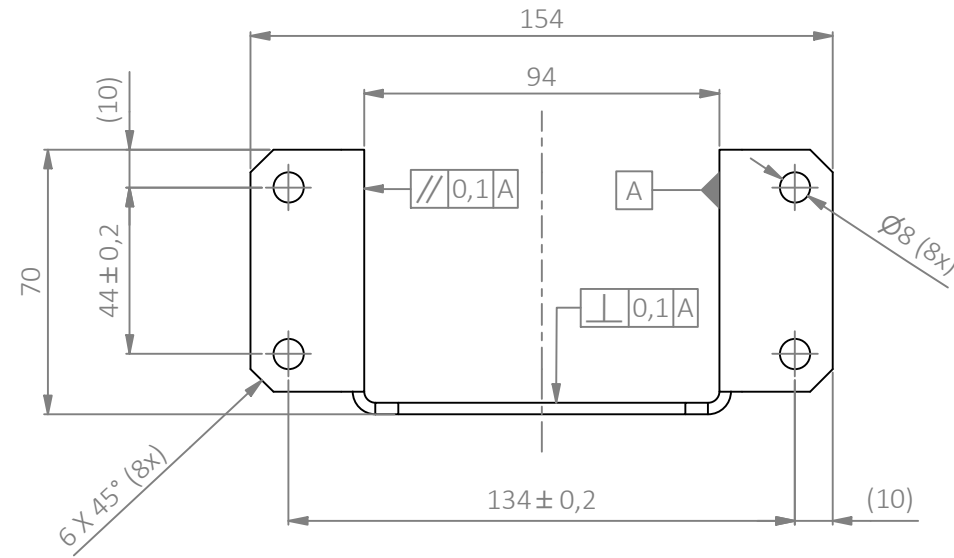
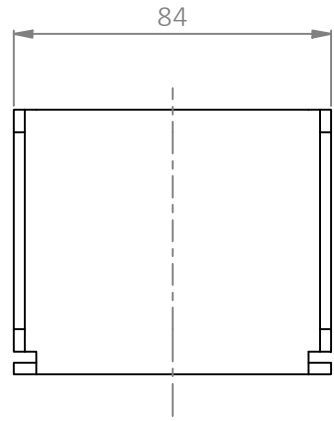
	Materjal:	Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		IT12	0.6 kg	1 : 2
Teostas:	Hans Koppel	Nimetus:	Rullikuelement	
Kontrollis:				
Kinnitas:				
		Leht:	Formaat:	Tähis:
		1 / 1	A3	TTU.01.01.01.02.00



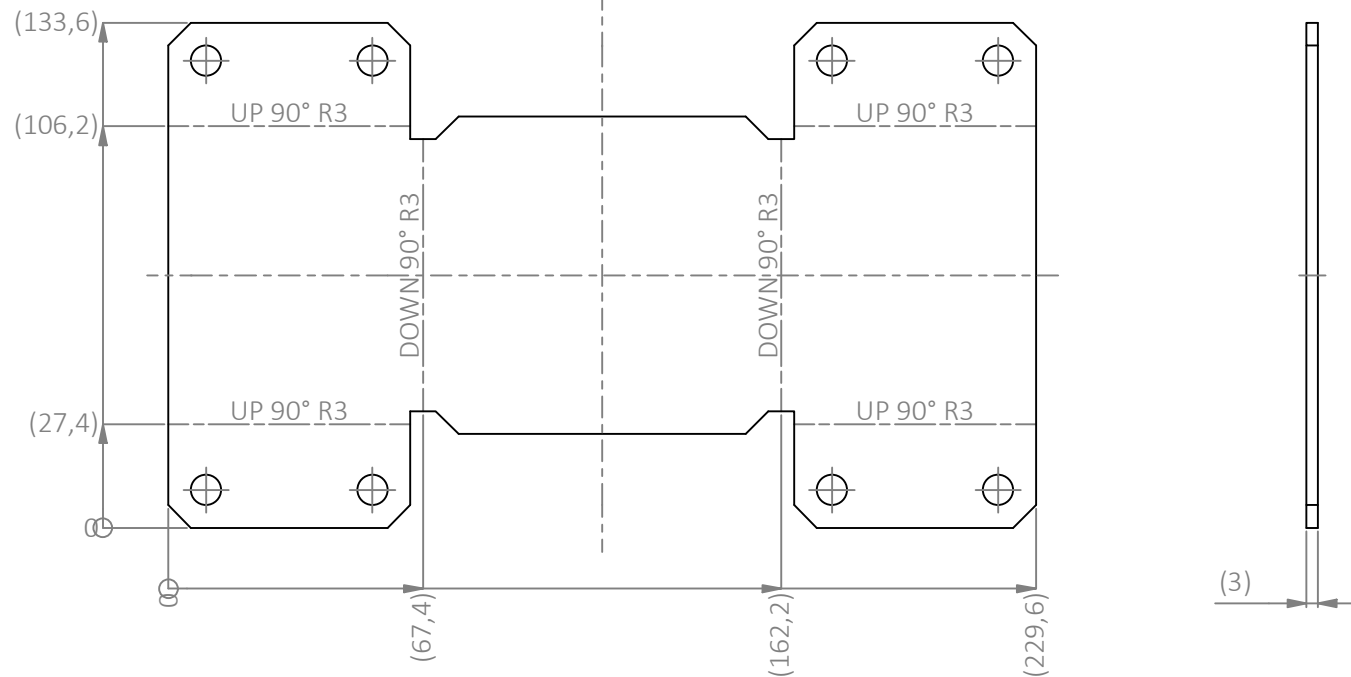
\* Kõik märkimata raadiused ja faasid 0,2 mm

	Materjal: <b>Alumiinium 6061</b>	Märkimata piirhälbed: <b>IT12</b>	Mass: 0.0 kg	Mõõt: 1 : 1
	Teostas: <b>Hans Koppel</b>	Nimetus: <b>Alumiiniumvõll</b>		
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	Leht: 1 / 1	Formaat: A4	Tähis: <b>TTU.01.01.01.02.05</b>	

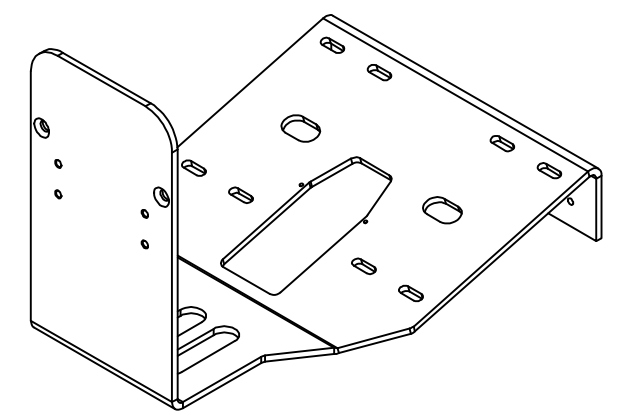
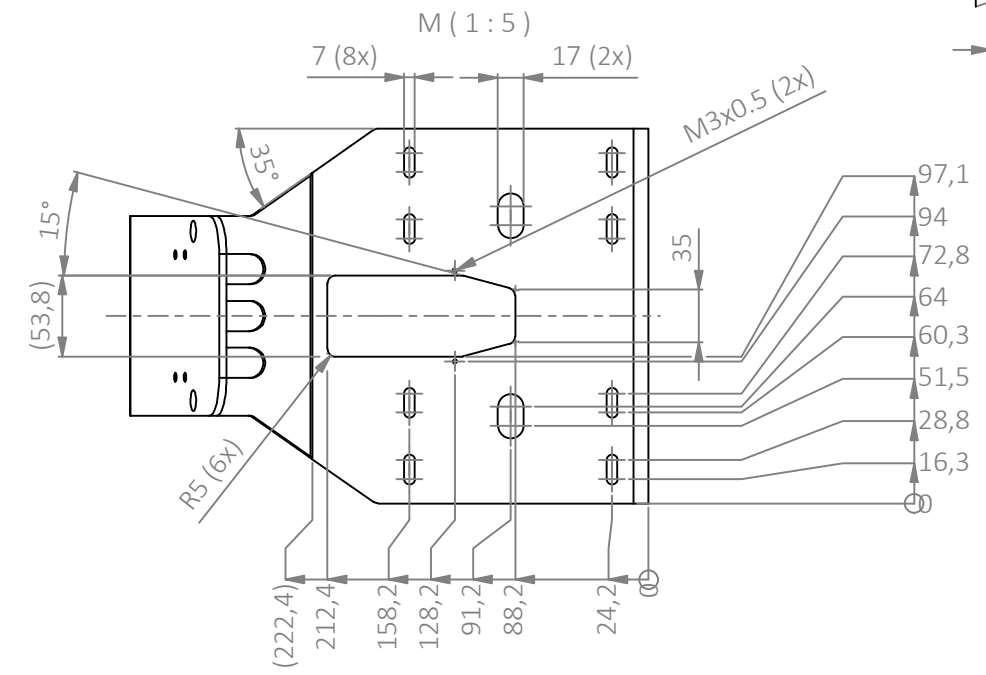
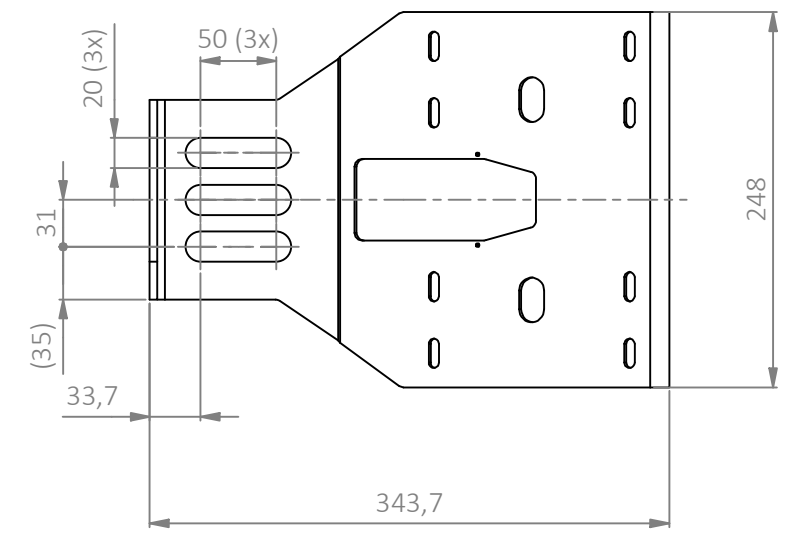
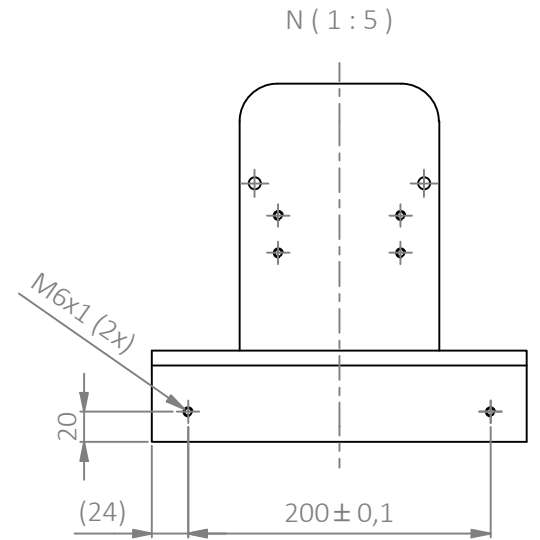
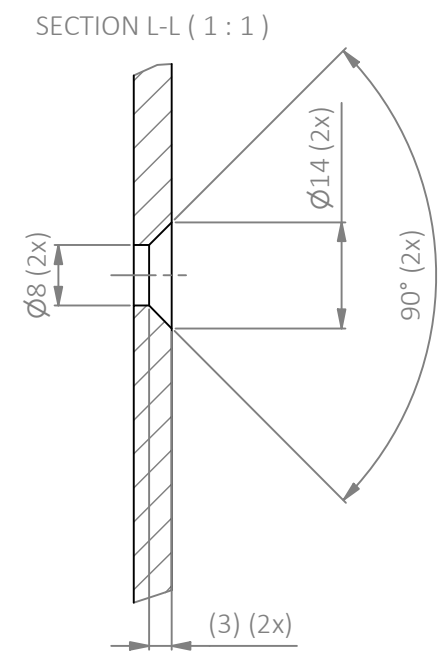
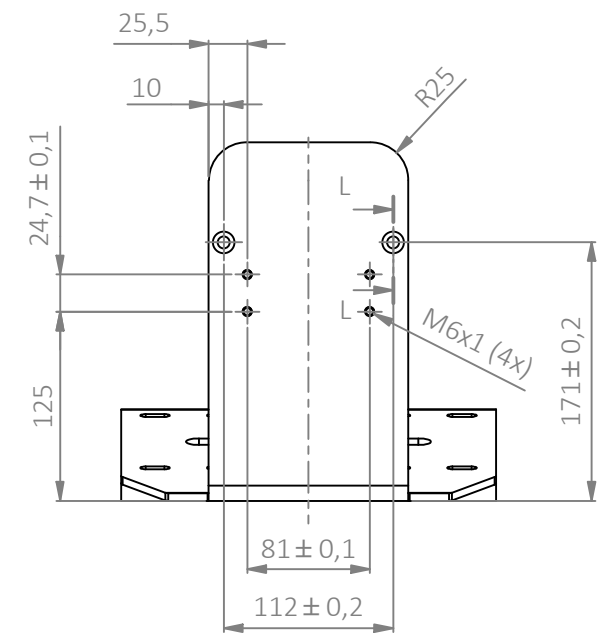
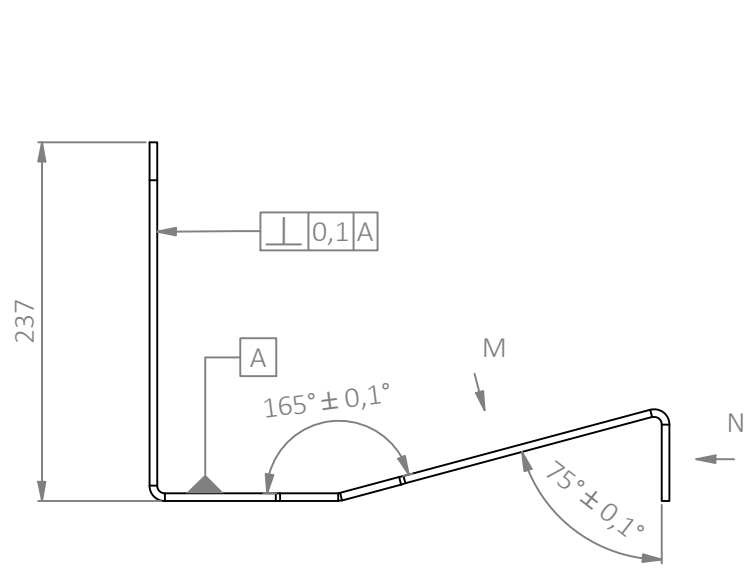




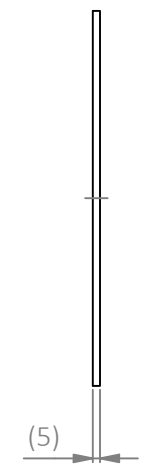
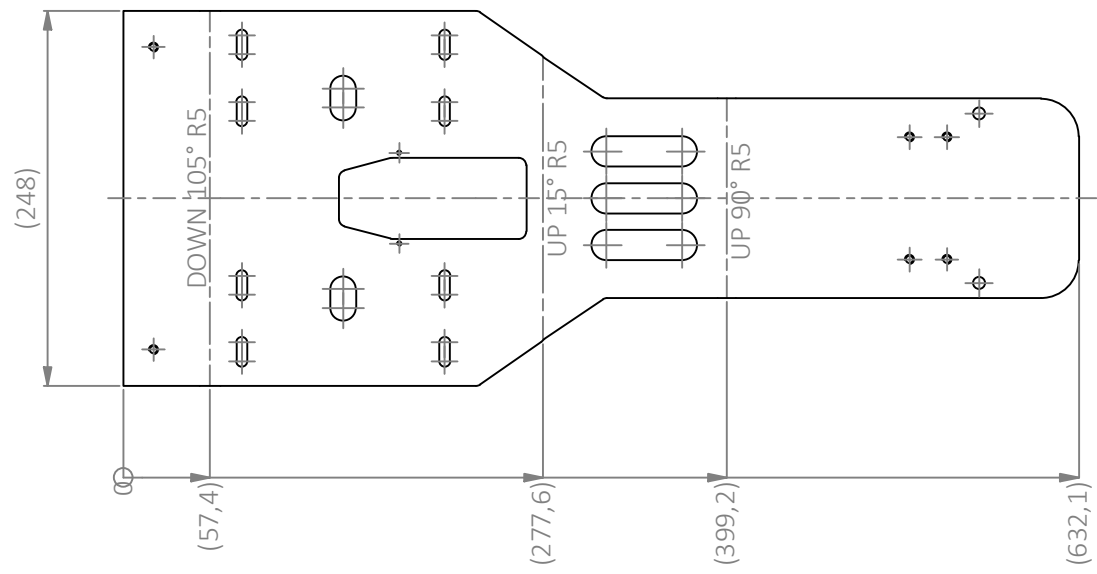
K-faktor: 0,5



	Materjal: <b>Alumiinium 6061</b>	Märkimata piirhälbed: <b>IT12</b>	Mass: 0.2 kg	Mõõt: 1 : 2
	Teostas: <b>Hans Koppel</b>	Nimetus: <b>Painutatud alumiiniumleht</b>		
Kontrollis:				
Kinnitas:				
	Leht: 1 / 1	Formaat: A3	Tähis: <b>TTU.01.01.01.02.01</b>	



K-faktor: 0,5



	Materjal: <b>Alumiinium 6061</b>	Märkimata piirhälbed: <b>IT12</b>	Mass: 1.4 kg	Mõõt: 1 : 5
	Teostas: <b>Hans Koppel</b>	Nimetus: <b>Painutatud lehtdetail</b>		
Kontrollis:				
Kinnitas:				
 MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNIKA INSTITUUT	Leht: <b>1 / 1</b>	Formaat: <b>A3</b>	Tähis: <b>TTU.01.01.02.01</b>	