



Henri Georg Kambura

SUNDVENTILATSIOONI SEADME PROJEKTEERIMINE SÕIDUAUTOLE

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Õpperühm: TT2018

Juhendaja: Vello Lillemets

Tallinn 2022

Mina Henri Georg Kambura, tõendan, et lõputöö on minu/meie kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Vello Lillemets (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega nr 1-14/59 (kuupäev digiallkirjas).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Henri Georg Kambura

(autori nimi)

Sünnikuupäev: 20.05.1998

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Sundventilatsiooni seadme projekteerimine sõiduautole“

(lõputöö pealkiri)

1. reprodutseerimiseks paber kandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISSEJUHATUS.....	5
1. PROBLEEMI PÜSTITUS.....	6
2. TOOTE SIHTRÜHM.....	7
3. OLEMASOLEVAD ALTERNATIIVID.....	8
3.1 Ventilatsiooniseade 1 <i>Auto Fan Air Vent With Strip</i>	8
3.2 Ventilatsiooniseade 2, <i>Car solar cooling fan</i>	9
3.3 Ventilatsiooniseade 3, <i>Sleepinginacar.com</i> DIY projekt.....	10
4. VENTILATSIOONISÜSTEEMI NÕUDED.....	12
5. VENTILATSIOONISEADME PROJEKTEERIMINE.....	13
5.1 Auto katuseluuk.....	13
5.2 3D mudelite loomine.....	13
5.3 Seadme detailid.....	13
5.3.1 Õhusuunaja.....	13
5.3.2 Õhukanal 1.....	14
5.3.3 Õhukanal 2.....	14
5.3.4 Ventilaatori kinnitus.....	14
6. KOMPONENTIDE VALIK.....	15
6.1 Ventilaatori valik.....	15
6.2 Ventilaatorite toide.....	15
6.2.1 Ühendamine.....	16
7. PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE 3D-PRINTERIGA.....	17
7.1 SLA.....	17
7.2 SLS.....	18
7.3 FDM.....	18
8. PROTOTÜÜBI MATERJALI VALIK.....	20
8.1 PLA.....	20
8.2 ABS.....	20
8.3 PET.....	21
9. 3D-PRINTIMINE.....	22
9.1 Printeriga Ultimaker 2 printimine.....	22

9.2	Ultimaker Cura	23
9.3	Õhusuunaja printimine	23
9.4	Pagasiruumi õhukanalite printimine.....	24
10.	PROTOTÜÜBI TESTIMINE	26
11.	VENTILATSIOONISEADME EDASINE ARENDUS	27
12.	VENTILATSIOONI SÜSTEEMI TOOTMINE	28
12.1	Plastiku survevalu.....	28
12.2	Survevalu materjali valik.....	28
12.3	Võimalikud tootjad Eestis	29
	KOKKUVÕTE.....	30
	SUMMARY	31
	VIIDATUD ALLIKAD.....	32
	LISAD.....	35

SISSEJUHATUS

Antud lõputöö käsitleb sõiduauto katuseluugi ventilatsiooniseadme tootearendust. Teema valik ning vajadus antud toote järele tekkis autoril endal läbi isikliku kogemuse suvel väljasõidul autos ööbides. Kui kõik aknad ja katuseluuk on suletud, läheb suveperioodil autos ööbides õhk väga niiskeks ja umbseks. Samas ei saa lahti jätta aknaid, sest siis leiavad oma tee autosse sääsed ja muud putukad ning vihmakorral sajab vihmavesi sisse. Sõiduautod ei ole ehitatud õhutihedaks. See tähendab, et kui auto mootor ei tööta ning ka auto ventilatsioon on välja lülitatud ja aknad kinni, siis ikkagi toimub auto salongis õhuvahetus. Antud õhuvahetus on piisav selleks, et inimesed autos ära ei lämbuks. Kui kasutada autos olevaid puhureid, siis tuleb auto mootor tööle jätta, vastasel juhul saab autoaku tühjaks. Autos magades ilma ventilatsioonita, langeb õhku kvaliteeditase auto salongis, ning autos viibimine muutub ebamugavaks.

Paljudel autodel on katuseluugil ka kallutamise funtsioon, mis avab katuseluugi väiksel määral, umbes 3-6 cm. Antud ava on kaitstud otsese vihma eest, kuid katusele langevad vihmapiisad siiski pritsivad mingil määral vett auto salongi. Antud ava ei ole piisav optimaalseks õhuvahetuseks autos ööbimise eesmärgil ning niiskustase ja umbsus autos ei parane märgatavalt. Kui antud avale lisada sundventilatsioon, mis antud ava kaudu tõmbab värsket õhku sisse ning samas puhub ka salongis olevat õhku välja, on salongis meeldiv ööbida, autos ei ole palav, õhk on värskel ning ei teki ka liigniiskusest tulenevaid probleeme.

Lõputöö eesmärk on modelleerida ventilatsiooniseade, mida on võimalik kasutada nii eraldiseisva energiaallikaga, nagu näiteks akupangaga, ning 3D-printimise tehnoloogiat kasutades prototüüp ka välja printida. Lõputöös käsitletakse lisaks sõiduauto katuseluugi ventilatsiooniseadme tootearendusele ka olemasolevaid alternatiive ning hinnatakse erinevate variantide võimalikke eeldusi ja puuduseid ning tasuvust võrreldes käesoleva ventilatsiooniseadmega. Toos käsitletakse ka toote edasist arendust, ning tootmise võimalusi.

1. PROBLEEMI PÜSTITUS

Tänapäeval on aina populaarsemaks saanud looduses aja veetmine, näiteks telkimine, matkamine, piknike pidamine ja muud sarnased looduses ajaveetmised. Lisaks reisivad inimesed aina rohkem autodega, näiteks Euroopasse. Kui on olemas universaalkerega sõiduauto või maastur, siis saab ka mugavalt autos magada. Tagumisi istmed alla lastes tekib pagasiruumiga ühtne ruum, kus madratsit sisse pannes saab magada. Autos ööbimise puhul, kui soovitakse hoida kinni auto aknaid, et vihm sisse ei sajak, siis läheb autos kiiresti umbseks. Väljahingatav veeaur kondenseerub auto akendele ning klaasid lähevad märjaks ning auto salongi tekib liigniiskus. Sellisel juhul võib autos ööbimine muutuda küllaltki ebamugavaks. Autos ööbimise tarbeks pole võimalik kasutada auto enda ventilatsiooni süsteemi, kuna pikalt selle kasutamine tõmbab auto aku tühjaks. Kui aga mootor tööle jätta, raiskab see palju mõttetult kütust ja kui auto heitgaasid peaksid salongi jõudma, tekib mürgituse oht. Lisaks eelmainitule tekitab auto mootor müra, mis segab autos ööbimist. Autor soovib kasutada auto ventileerimiseks ära auto katusealuugi kallutamisel tekkivat ava. Antud avale ventilatsiooniseadet hetkel olemas pole, ega pole võimalik ka osta. Sellest lähtuvalt otsustas autor projekteerida sundventilatsiooniseadme, mille kasutamise tulemusena on auto salongiõhk ventileeritud, värske ning autos magamise kogemus on oluliselt mugavam ja meeldivam.

2. TOOTE SIHTRÜHM

Sõiduauto ventilatsiooniseadme sihtrühmaks on soojal ajal autoga reisivad inimesed. Autoga reisimisel on mitmeid eeliseid lennuki või mõne muu transpordivahendiga reisimise ees. Autoga reisis saab oma reisi paremini planeerida ja saab ka reisida kohtadesse, kuhu pole näiteks lennu- või rongiühendust. Näiteks pakub Ergo kindlustus ööpäevaringset autoabi üle terve Euroopa: aidatakse näiteks katkise rehvi või ka otsa lõppenud kütuse puhul[1]. Autos ööbimine on hea alternatiiv telkimisele või hotellitoa võtmisele. Auto salong on ilmastiku eest oluliselt rohkem kaitstud kui telk, lisaks kui ööbitakse iga öö erinevas kohas, peab iga kord telgi kokku pakkima ja siis uues kohas jälle üles panema. Kui ööbida telgis ja öösel peaks vihma sadama, siis saab telk märjaks ja hommikul selle märjana kokku pakkimine pole üldse mugav. Autos ööbimise puhul jäävad ära telgi üles panemise- ja kokku pakkimisega esinevad probleemid nagu näiteks sobiva pinnase leidmine ja ajakulu. Lisaks on auto pagasiruumis telgi võrra rohkem ruumi, mille arvelt saab kaasa võtta muud vajalikku. Autos ööbimine on ka turvalisem kui telgis ööbimine, sest autos olles on võimalik auto ukсед lukku panna ning seeläbi ennast võõraste eest kaitsta, kuid telgil selline võimalus puudub. Autos ööbimise eelised hotellis või kämpingus ööbimise ees on, tasuta ööbimine, võimalus ööbida vabalt valitud paigas ilma ette broneerimiseta. Reisi kulu kujuneb märgatavalt väiksem eelistades autos ööbimist hotellide ja kämpingute asemel.

Trip.ee foorumis kirjutatakse, et Euroopasse reisisides on autos magamine küllaltki mugav variant. Ööbimiseks kasutatakse tihti mõne suurema tankla parklat, kus peatuvad tihtipeale ka rekad. Euroopas on tavaliselt suuremates tanklates olemas ka pesemisvõimalused, mis teeb sõiduautoga tankla parklas ööbimise veelgi mugavamaks. Päril mitmed foorumi kasutajad kirjutavad, et kahekesi autos ööbides läheb salong niiskeks ja umbseks. Soovitatakse kasutada võrke, mis sõiduauto avatud akna ette käivad ja võimaldavad väliskeskkonna õhul auto salongi pääseda. Antud võrk hoiab edukalt eemale putukad, kuid ei ole ilmastikukindel. Kui peaks hakkama vihma sadama, sajab vihm läbi võrgu otse salongi. Kui kasutada autori sundventilatsiooniseadet, siis on salongis alati õhk värskel, ning liigniiskusega probleeme ei esine[2].

3. OLEMASOLEVAD ALTERNATIIVID

Täna on turul saadaval palju erinevaid sõiduauto ventilatsiooniseadmete lahendusi. Suurem enamik on mõeldud sõiduauto küljeakendele. Katuseluugi kallutamise funktsiooni kasutavaid seadmeid turul pole. Suur osa turul olevatest ventilatsiooniseadmetest töötavad kasutades päikeseplatereisid.

Eesti turul pole saada ühtegi ventilatsiooniseadet sõiduautole, mis vahetaks salongis olevat õhku. Hiina veebipõhine jaemüügiteenus *Aliexpress.com* pakub suurt valikut ventilatsiooniseadmeid, mis kinnituvad auto küljeklaasile, kuid need kõik on mõeldud kasutamiseks päevasel ajal auto jahutamiseks päikese käes, kasutades ära päikeseenergiat. Lisaks on nende seadmete kvaliteet kaheldava väärtusega. Antud seadmed pole valmistatud autos ööbimise tarbeks, kuna nad tekitavad märgataval määral müra, mis segab looduses ööbimist ja üldist harmooniat looduskeskkonnas.

Ventilatsiooniseadet, mis oleks väga vaikne ning mille peamine eesmärk oleks sõiduauto õhu vahetus autos ööbimise tarbeks ja oleks Eestis saadaval, ei ole turul olemas.

3.1 Ventilatsiooniseade 1 *Auto Fan Air Vent With Strip*

Antud ventilatsiooniseade on mõeldud kasutamiseks sõiduauto akna küljes (Joonis 1. *Auto Fan Air Vent With Strip* [3]). Antud seadmel puudub aku või mõni muu allikas voolu saamiseks. Ainus vooluallikas on väikene päikesepaneel, mis on auto aknaklaasi küljes auto salongis sees pool. Sellise lahenduse probleemiks on see, et päikesepaneel ei tööta toonitud klaaside puhul, kuna päikeseplaterei ei saa piisavalt valgust läbi toonklaasi ning ventilatsiooniseadet ei saa kasutada ka öösel. Kõnealune seade võimaldab õhku auto salongist vaid välja tõmmata, kuid mitte välisõhku auto salongi sisse tõmmata. Seadmega tuleb kaasa plastikust riba, mille saab panna avatud akna ja aknaraami vahele. Antud riba katab kinni ventilatsiooniseadme külgedelt lahtijääva osa. Antud toote kirjelduses on öeldud, et toode ei sobi sõiduauto akendele, millel puudub raam[3].

Seade on valmistatud ABS plastikust ja on musta värvi. Toote mõõtmeid, ventilaatori pöörlemiskiirust, päikeseplaterei võimsust ning mürataset pole tootekirjelduses välja toodud. Toode on universaalne.

Antud seadet pole võimalik Eestisse tellida. Seade on müügil USA veebipoes *Walmart.com*, ning toote hinnaks on 20,69 eurot[3].



Joonis 1. *Auto Fan Air Vent With Strip* [3]

3.2 Ventilatsiooniseade 2, *Car solar cooling fan*

Car solar cooling fan on sarnaselt eelnevale ventilatsiooniseadmele mõeldud kasutamiseks sõiduauto küljeakendel ning salongi jahutamiseks päeval (Joonis 2). Seadmel on küljes päikesepatarei, mis erinevalt eelmisest seadmest asub väljaspool sõiduauto klaasi ning töötab ka toonitud klaaside puhul. Seadmel on sisseehitatud kaks 1200mAh akut. Päikesepaneeli võimsus on 4W. Seadmel on kokku kolm ventilaatorit, mis kõik puhuvad salongist õhku välja. Ventilaatorite pöörlemiskiirus on 3500RPM. Kuna ventilaatoreid on kolm ja nende pöörlemise kiirus on üsna suur, siis võib järeldada, et antud seade tekitab märgataval määral müra ja seetõttu ei sobi kasutamiseks autos ööbimise tarbeks. Kuna päikesepatareid on ventilatsiooniseadmesse sisse ehitatud ning muud võimalused seadet laadida puuduvad, on kõnealust seadet Eesti tingimustes ebamugav kasutada. Seadet on saadaval nii musta kui ka valget värvi, valmistatud ABS plastikust. Antud seadet saab Eestisse tellida läbi *Aliexpress.com* veebilehe. Toote hinnaks on 33,11 eurot ning lisanduvad saatmiskulud Eestisse[4].



Joonis 2. Car solar cooling fan [4]

3.3 Ventilatsiooniseade 3, Sleepinginacar.com DIY projekt.

Tegu on ainsa teadaoleva sundventilatsiooniseadmega, mis kasutab auto katuseluugi kallutamise funktsiooni (Joonis 3). Tegu on eraisiku Lucas Weakley oma tarbeks ehitatud, 3D-printitud ventilatsiooniseadmega. Antud ventilatsiooniseade on põhimõttelt sarnane autori omale, kui on siiski olemas selged erinevused. Esiteks on tegu prototüübiga ning antud seadet pole võimalik osta. Vihma korral ei ole ventilatsiooniseade kuidagi kaitstud veekahjude eest ning vihm langeb mööda seadet salongi. Lisaks puudub seadmeh funktsionaalsus värsket välisõhku auto salongi sisse tõmmata. Kõnealuse seadme funktsionaalsus piirdub auto salongi siseõhu välja puhumisega ning on mõeldud kasutamiseks kui auto aknad on avatud, et värsket õhku saaks akna kaudu sisse liikuda. Seade on valmistatud kasutades 3D-printerit, mis kasutab FDM printimistehnoloogiat. Materjalina on kasutatud PLA'd [5].

Seadme valmistaja on välja toonud ka järgnevad puudused, mis antud seadmeh esinevad:

- PLA materjalil on madal sulamistemperatuur, ehk pikalt päikese käes olles, kaotab seade oma kuju ja deformeerub.

- Seadme kinnitamine kastuseluugi külge polnud piisavalt kvaliteetne ning seade kippus alla kukkuma.



Joonis 3. Sleepinginacar.com DIY projekt [5]

4. VENTILATSIOONISÜSTEEMI NÕUDED

Sundventilatsioonisüsteemi projekteerides ning olemasolevate alternatiivide nõrku kohti analüüses, pani autor paika järgnevad nõuded projekteeritavale ventilatsiooniseadmele:

1. Seade peab töötama Eesti kliimas ning olema ilmastikukindel. Seade peab olema võimeline töötama ka vihmaga.
2. Õhuvahetus peab toimuma kahesuunaliselt, õhku tõmmatakse sisse ning surutakse ka autost välja.
3. Seade peab olema võimalikult vaikne, et see ei tekitaks liigset müra ega segaks autos ööbimist.
4. Seade peab voolu saama läbi USB kaabli, et see oleks võimalikult universaalne ja oleks kasutatav erinevate vooluallikatega.
5. Kinnitus katuseluugile peab olema kindel. Seade ei tohi kergesti luugi küljest alla kukkuda.

Antud nõudeid silmas pidades projekteeris autor ventilatsiooniseadme auto katuseluugile.

5. VENTILATSIOONISEADME PROJEKTEERIMINE

Projekteeritav sõiduauto ventilatsiooniseade on esimene seadme prototüüp, mis tähendab, et tulevikus saab prototüüpi enne lõplikku toodangut parendada.

5.1 Auto katuseluuk

Käesolev seade on universaalne ja mõeldud kasutamiseks kõikidel sõidukitel, millel on katuseluuk, mis avab ennast kallutades. Konkreetne seade on projekteeritud kasutades katuseluugi mõõtmeid sõiduautolt Volvo XC70. Katuseluugi kallutatud asendi mõõdud autol Volvo XC70 on järgnevad:

- Ava kõrgus 2,8cm
- Ava Laius 75cm

Antud ventilatsiooniseade sobib kõikidele katuseluukidele, millel on kallutades avamise funktsioon ning tekkiva ava laius on vähemalt 30cm ja ava kõrgus vähemalt 2,3cm.

5.2 3D mudelite loomine

3D-mudelite joonestamiseks kasutas autor CAD-programmi Solid Edge 2019. Valiku põhjuseks oli autori eelnev kogemus kõnealuse tarkvaraga. Solid Edge 2019 on Siemens Digital Industries Software-i poolt välja töötatud 3D joonestamisprogramm.

5.3 Seadme detailid

Autori projekteeritud katuseluugi sundventilatsiooniseade koosneb neljast eraldiseisvast 3D-prinditud detailist, mis on kirjeldatud alljärgnevalt koos joonisega (Joonis 4). Lisaks kasutab seade kruvisid ning ventilaatoreid (Lisa 1).

5.3.1 Õhusuunaja

Auto katuseluugi avast välja ulatuv kahe õhukanaliga õhusuunaja. Kaks õhukanalit on suunatud teineteisest eemale ning kanali otstes on üleulatuv osa, mis kaitseb kanalit vihma eest (Lisa 5).

5.3.2 Õhukanal 1

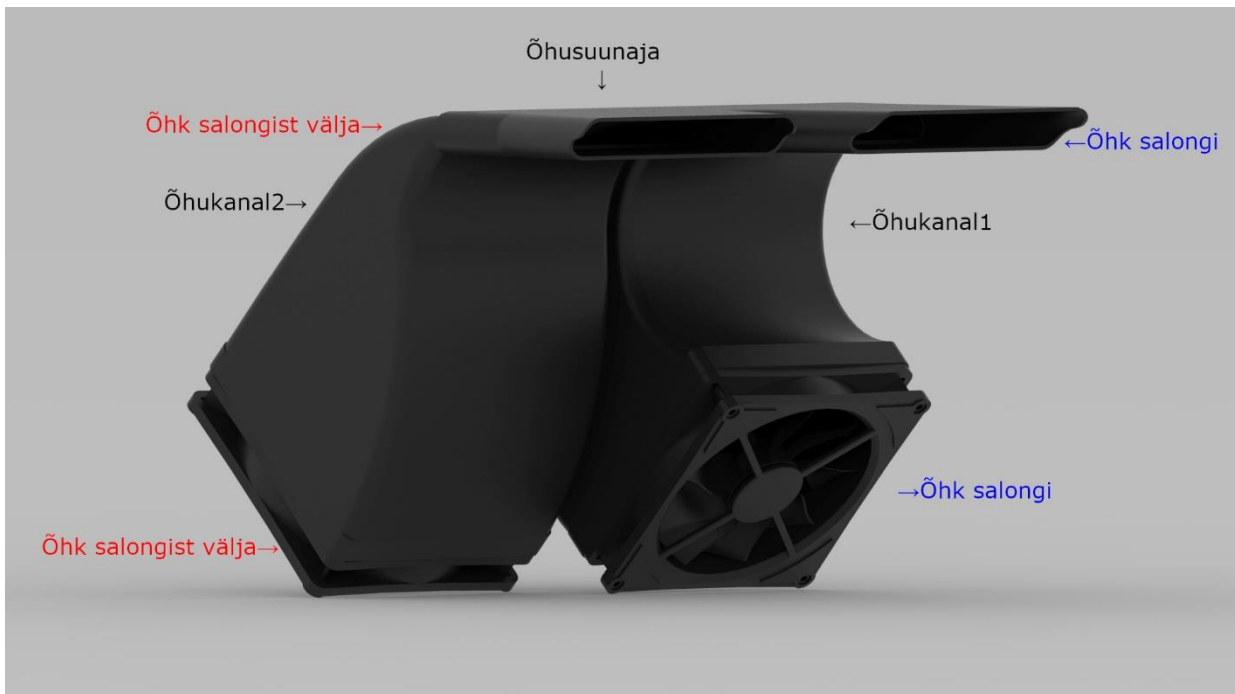
Auto pagasiruumi poole suunatud õhukanal koos ventilaatoriga, mis tõmbab õuest värske õhu läbi õhusuunaja ja puhub selle autopagasiruumi suunas, sest auto pagasiruumis ööbitakse. Õhukanalid on suunatud erinevatesse suundadesse, et ei tekiks olukorda, kus sissetõmmatud õhk kohe välja tagasi lükatakse (Lisa 2).

5.3.3 Õhukanal 2

Auto esiakna poole suunatud õhukanal koos ventilaatoriga, mis tõmbab autos olevat õhku läbi enda õhukanali õhusuunajasse, mis omakorda suunab õhu autost välja läbi katuseluugi ava (Lisa 3).

5.3.4 Ventilaatori kinnitus

Ventilaatori kinnitus plaadi külge kruvitakse nelja kruviga ventilaator. Antud deetail on vaheosa õhukanali ja ventilaatori vahel (Lisa 4).



Joonis 4. Sundventilatsiooniseade

6. KOMPONENTIDE VALIK

6.1 Ventilaatori valik

Autor otsustas sundventilatsiooniseadme projekteerimisel kasutada arvutikorpustes kasutatavaid jahutusventilaatoreid. Autor langetas valiku põhjusel, et antud ventilaatoreid on lihtne kruvidega kinnitada ja nad on väga universaalsed ja mõistlikus hinnaklassis. Ventilaatoreid valides, valis autor välja kolm ventilaatorit erinevatelt tootjatelt, mille võrdlus on kirjeldatud allolevas tabelis (Tabel 1).

Tabel 1. Lauaarvutites kasutatavate jahutusventilaatorite võrdlus

Mudel	Be Quiet! BL047 [6]	Deepcool GamerStorm TF120 S [7]	Noctua Chromax Black Swap PWM NF-A14 [8]
Mõõtmed, mm	140 x 140 x 25 mm	120 x 120 x 25 mm	140 x 140 x 25 mm
Pöörlemiskiirus, RPM	1000 RPM	1800 RPM	1500 RPM
Õhuvoog, m ³ /h	104 m ³ /h	109 m ³ /h	140.2 m ³ /h
Müratase, dBA	18,8 dBA	25,9 dBA	24,6 dBA
Hind, €	11,49 €	9,99 €	24,90 €

Valitud ventilaatoriks osutus be quiet! BL047. Ventilaatori eeliseks oli see, et tekitatav müra on oluliselt väiksem kui teistel alternatiividel. Madal müratase on projekteeritava ventilatsioonisüsteemi üks olulisemaid kriteeriume arvestades, et kõnealust ventilatsioonisüsteemi kasutatakse autos ööbimisel.

6.2 Ventilaatorite toide

Ühe ventilaatori toitevooluks on 12V DC ja amperaažiks on 0,30A. Järgnevalt leitakse ühe ventilaatori voolutarbimine valemiga:

$$P=UI$$

Arvestades, et ühe ventilaatori amperaaziks on 0,30A ning toitevooluks 12V, saadakse korrutis $0,30A \times 12V = 3,6W$. Ühe ventilaatori võimsuseks on 3,6W. Kuna seade kasutab kahte ventilaatorit, siis kahe ventilaatori voolutarbimine kokku on 7.2W.

Et seade oleks võimalikult universaalne, kasutatakse toitejuhtmeks kahemeetrist USB juhet. Antud juhtme pikkus on piisav, et ulatada mugavalt auto sigaretisüütajateni või akupangani. USB juhtme toitevooluks on 5 volti, mistõttu tuleb ventilaatori toiteks kasutada *Step-up* toitemoodulit [9]. Antud mooduli sisendvooluks on 2v-24v, ning maksimaalne väljund on 28v. Väljundpinget saab muuta mooduli küljes olevat potensioomeetrit keerates. Keerates potensioomeetrit õigesse kohta, saadakse väljundvooluks 12v. Mooduli maksimaalne amperaaz on 2 amprit, mis on kahe ventilaatori toitmiseks rohkem kui piisav. Antud mooduli hinnaks on 3 eurot. Ventilatsiooniseadme toiteks saab kasutada ükskõik millist seadet, millel on olemas USB väljund ja aku, näiteks akupank, sülearvuti või autos olevad USB pesad.

6.2.1 Ühendamine

USB juhe koosneb neljast juhtmest [10].

1. Valge - signaal +
2. Roheline – signaal –
3. Punane – 5 volti +
4. Must – neutraal

Arvutites kasutatavate ventilaatorite juhe koosneb neljast juhtmest [11].

1. Must – neutraal
2. Punane – 12 volti +
3. Kollane – signaal

Be quiet! BL047 ventilaatori juhtmed on kõik musta värvi, kuid juhtmete järjestus ei ole erinev.

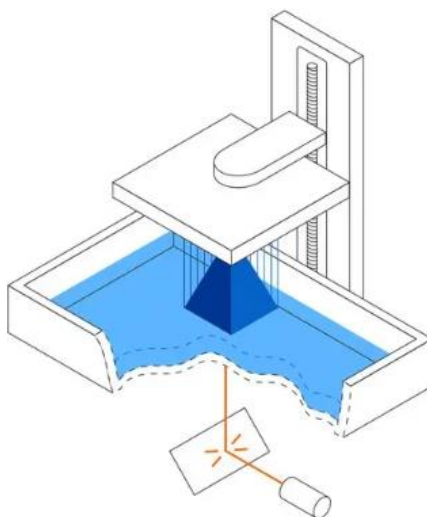
Ühendades USB juhtme punase ja musta *Step-up* toitemooduli sisendisse ja ventilaatori kaks esimest juhet mooduli väljundisse, hakkab ventilaator tööle. Kaks ventilaatorit ühendatakse omavahel kahesoonealise juhtmega.

7. PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE 3D-PRINTERIGA

Valmistatav ventilatsiooniseade on prototüüp, mistõttu sobib selle valmistamise meetodiks kõige paremini 3D-printimine. Selle tehnoloogia eeliseks teiste meetodite ees on see, et printeriga on detaile jooniste põhjal lihtne valmistada. Kui on detailidest olemas juba CAD joonised, siis saab need 3D-printerisse sisestades välja printida. Kolm enim levinud 3D-printimise tehnoloogiat plasti printimiseks on stereolitograafia (SLA), selektiivne laserpaagutamine (SLS) ja plastmass-traadi sulatamine (FDM).

7.1 SLA

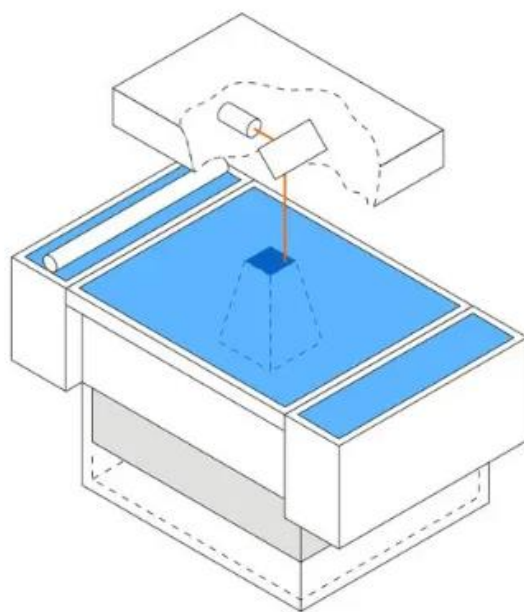
Stereolitograafia oli maailma esimene 3D-printimise tehnoloogia, mis leiutati 1980. aastatel ja on siiani üks populaarsemaid tehnoloogiaid. SLA 3D-printerid kasutavad valgusreaktiivseid termoreaktiivseid materjale, mida nimetatakse vaiguks. Kui SLA vaigud puutuvad kokku valguse teatud lainepikkustega, ühinevad lühikesed molekulaarsed ahelad, polümeeriseerides monomeere ja oligomeere tahkunud jäikadeks või paindlikeks geomeetriateks (Joonis 5). SLA-tehnoloogiaga printitud detailidel on hea lahutusvõime, teravaimad detailid ja kõigi 3D-printimistehnoloogiatest kõige parem pinna kvaliteet, kuid stereolitograafia peamine kasu seisneb selle mitmekülsuses. SLA printerid võimaldavad printida äärmiselt keerulisi kujundeid [12].



Joonis 5. SLA printer [12]

7.2 SLS

Selektiivse laserpaagutamise (SLS) 3D-printerid kasutavad polümeeripulbri väikeste osakeste tahkeks struktuuriks paagutamiseks suure võimsusega laserit (Joonis 6). Pulber hajutatakse õhukese kihina ehituskambri sees oleva platvormi peale. Printer eelsoojendab pulbri temperatuurini, mis on veidi madalam tooraine sulamistemperatuurist, mis lihtsustab laseril pulbrivoodi konkreetsete piirkondade temperatuuri tõstmist, kuna see jälgib mudeli osa tahkumist. Laser skaneerib 3D-mudeli ristlõiget, kuumutades pulbrit. See sulatab osakesed mehaaniliselt kokku, et luua üks tahke osa. Kasutamata pulber toetab osa trükkimise ajal ja kõrvaldab vajaduse spetsiaalsete tugistruktuuride järele. See muudab SLS-i ideaalseks keerukate geomeetriate jaoks, lisaks saab antud meetodiga printida mitut detaili korraga. SLS-trükiga toodetud osadel on suurepärased mehaanilised omadused ja nende tugevus sarnaneb survevaludetailide omaga [13].

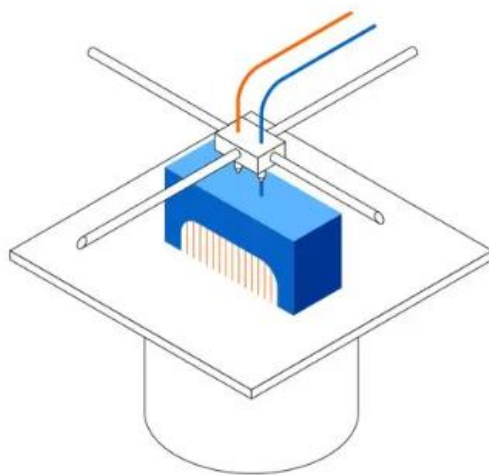


Joonis 6. SLS printer [12]

7.3 FDM

FDM printimise tehnoloogia on kõige laialdasemalt kasutatav 3D-printimise tüüp. FDM 3D-printerid ekstrudeerivad termoplastseid filamente, nagu ABS, PLA läbi kuumutatud düüsi, mis liigub nii

horisontaalselt kui ka vertikaalselt üle ehitusplatvormi, sulatades materjali, et luua 3D-objekt kiht kihi haaval (Joonis 7) [14].



Joonis 7. FDM printer [12]

Järeldus:

Autor otsustas kasutada prototüübi printimiseks FDM 3D-printerit, kuna tegu on ainukese 3D-printimistehnoloogiaga, millele on autoril juurdepääs olemas. Autor sai prototüübi printimiseks laenata Martin Tõniste 3D-printerit Ultimaker 2.

8. PROTOTÜÜBI MATERJALI VALIK

FDM printerile on saadaval paljude erinevate omaduste ja hinnaklassiga filamente. Kolm populaarsemat FDM printerite filamenti on PLA, ABS ning PET.

8.1 PLA

PLA tähistab polülaktiidhapet, mis on biolagunev ja bioaktiivne termoplastiline polüester ja on valmistatud looduslikest toodetest nagu maisitärklis, muutes selle teiste plastidega võrreldes keskkonnasõbralikumaks. Sobivad rakendused PLA-le hõlmavad, prototüüpe ja tooteid, mis ei pea taluma suuri koormusi.

PLA on vaieldamatult kõige populaarsem polümeer FDM 3D-printimiseks tänu oma äärmiselt lihtsale töötlemisele, madalate väljapressimistemperatuuride, soojendusega prindivoodi kasutamise vajaduse puudumise tõttu ning väga madalatele kuludele kg kohta. PLA on siiski väga piiratud, maksimaalse kasutustemperatuuriga umbes 40 °C kuni 50 °C. Kõrgemate temperatuuride puhul on probleemiks komponendi pehmenemine, mille tõttu kaotab printitud detail oma geomeetrilised omadused. Klassikaline näide temperatuurivahemiku mõistmiseks on päikese kätte pargitud auto sisemus, kus temperatuur tõuseb väga kiiresti. PLA filamente on saadaval väga erinevas hinnaklassides [15]. Ühe kilogrammi filamenti keskmine hind on 23 eurot [16].

8.2 ABS

ABS tähistab akrüülnitriilbutadienüstüreeni. Tegu on amorfse polümeeriga, mida kasutatakse 3D-printimisel. ABS toodetakse tavaliselt emulsiooniprotsessi kaudu kolmest komponendist. Seda kasutatakse laialdaselt paljude igapäevaste kaupade, näiteks klaviatuuriklahvide tootmisel. ABS-i kasutatakse, kui detailid vajavad lisatugevust. ABS oli standardmaterjal, kui hakati looma 3D-printerit, mis suudaks printida iseendale komponente. ABS'l on head mehaanilised omadused, mis näitavad plastilist käitumist ja vastupidavust temperatuuridele kuni 90 °C. Prinditud detaili pindu on võimalik siluda keemilise poleerimise abil tänu atsetooni toimele, mis lahustab ja jaotab materjali pinnal ümber. ABS filamente on paljudes erinevates värvides ja paljudel eri tootjate poolt saadaval [17]. Ühe kilogrammi keskmiseks hinnaks on umbes 24 eurot [18].

8.3 PET

PET tähistab polüetüleentereftalaati, mis on termoplastne polümeervaik. Seda kombineeritakse kahest monomeerist ja kasutatakse laialdaselt peaaegu kõige jaoks - pudelitest riieteni. See on materjal, millel on maailma ookeanide reostamise maine. Kuid kui seda kasutatakse tootmises ja prototüüpimises, on sellel palju eeliseid. Tegu on pooljäiga materjaliga, millel on hea löögikindlus, kuid pehmem pind, mis muudab selle kulumisaltiks. Materjalil on ka head termilised omadused, mis võimaldavad plastil tõhusalt jahtuda [17]. Üks kilogramm PET filamenti maksab keskmiselt 50 eurot[19] .

Järeldus:

Materjaliks millega prototüüp printida valis autor ABS. Materjalil on hea vastupidavus temperatuurile ning head mehaanilised omadused. Lisaks on antud materjalist prinditud detailide pindu võimalik siluda ning viimistleda, poleerides detaili atsetooniga [15].

9. 3D-PRINTIMINE

Prototüübi valmistamiseks kasutas autor Ultimaker 2 3D-printerit. Antud printer kasutab 3D-detaali printimiseks FDM printimistehnoloogiat. Alltoodud tabelis (Tabel 2) on toodud 3D-printeri Ultimaker 2 spetsifikatsioonid [20].

Tabel 2. Ultimaker 2 printeri spetsifikatsioonid

Printimisala mõõtmed	223 x 223 x 205 mm
Ühe kihi paksus	200 micron – 20 micron
Paiknemise täpsus	12.5 / 12.5 / 5 micron
Materjali paksus	1.75mm
Düüsi läbimõõt	0.4mm
Printimise kiirus	30 mm/s – 300 mm/s
Printimise alus	Kuumutatud klaas pind
Materjali tüübid	PLA/ABS/PET

9.1 Printeriga Ultimaker 2 printimine.

Printeri printimiseks valmis seadmiseks tuleb esimese asjana kanda printeri alusplaadile õhuke kiht liimi. Liimiks, mida autor kasutas oli Tesa Easy Stick pulgaliim. Antud liim on vajalik selleks, et läbi düüsi pressitav kuum materjal aluspinnale korralikult kinni jääks. Ilma liimita tuleks materjal pinna küljest lahti, ning printimine ebaõnnestuks.

Printerisse tuleb ka sisestada materjal, mida hakatakse kasutama. Enne materjali sisestamist, lõigati materjali niidi ots 45-kraadise nurga alla, et materjali printerisse sisse lükates materjal kuhugi kinni ei jääks ega takerduks. Materjal lükatakse läbi juhttoru printeri pähe, mille kaudu materjal liigub edasi kuuma düüsi. Seejärel kinnitas autor materjali ettesöötja, kus on väikene hammastega rullik, mis on

surutud vastu materjali niiti. Kui rullik hakkab ennast keerama, siis surub rullik materjali printeri juhttorru.

9.2 Ultimaker Cura

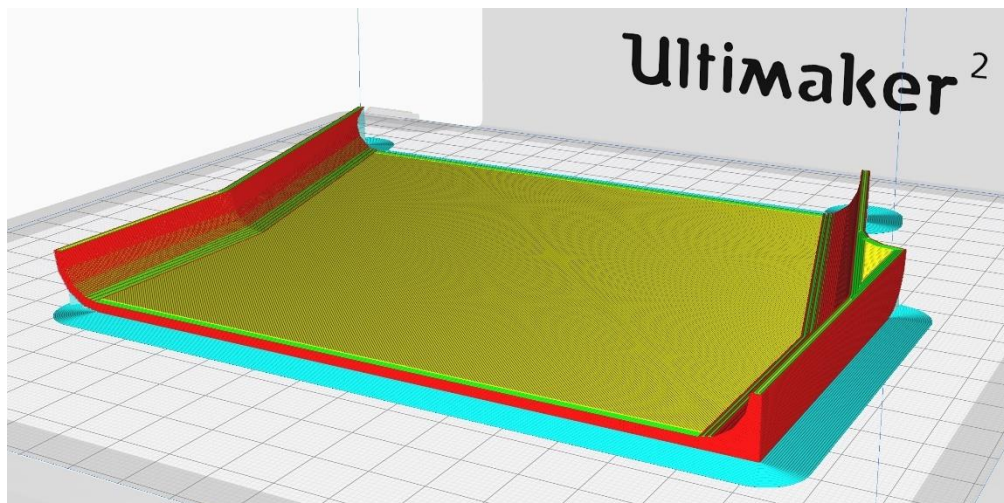
Cura on ultimaker printeri tootjapoolne soovituslik 3D-printimisprogramm, mis teeb mudelist *G code*, mis on vajalik printerile printimiseks. Antud programmi abil saab printida 3D-mudeleid ning seadistada, kuidas ja milliste seadistustega printimine toimub. Programm näitab, kuidas igat detaili kihti prinditakse. Lisaks näitab programm kui kaua võtab aega detaili printimine ja kui palju materjali selleks kulub.

9.3 Õhusuunaja printimine

Detaili laiuks on 331,4 millimeetrit ja kõrguseks 22 millimeetrit. Põhjusel, et printeri printimisala suurus on 223 x 223 x 205 millimeetrit, pole võimalik antud detaili ühes tükis välja printida. Printimise tarbeks lõigati õhusuunaja sümmeetriliselt neljaks detailiks (Joonis 8) .

Ühe detaili printimiseks kulus 3 tundi ja 30 minutit. Materjali kulu 60 grammi. Kuna kõik neli detaili on väga sarnased, siis printimiseks kulunud aeg ja kasutatud materjali hulk on kõikidel detailidel ligikaudu sama. Kokku kulus kogu õhusuunaja nelja detaili printimiseks 240 grammi filamenti, mille hinnaks tuli 5 eurot ja 80 senti.

Printeri düüsi temperatuuriks valiti 260 kraadi, printeri aluspinna temperatuuriks 90 kraadi. Printimise kiiruseks valis autor 60mm/s, kihi paksuseks 0,2mm ja seina paksuseks 2mm. Kuna kohti detailil, kus seina paksus on üle 2mm ei ole mõtet seest täis printida, tulenevalt materjali kulust, printimiskiirusest ning detaili tugevusest, valis autor täiteprotsendiks 20% ning täitemustriks *grid*. Antud mustri genereerib Cura programm ise. Kuna detaili mõned küljed on kaarekujuline, siis vajavad need printimiseks ka spetsiaalse toe printimist, sest lihtsalt õhku pole võimalik detaili printida. Vajaliku lisatoe genereerib Cura programm ise. Samu sätteid kasutati ka kõikide ülejäänud detailide printimisel.



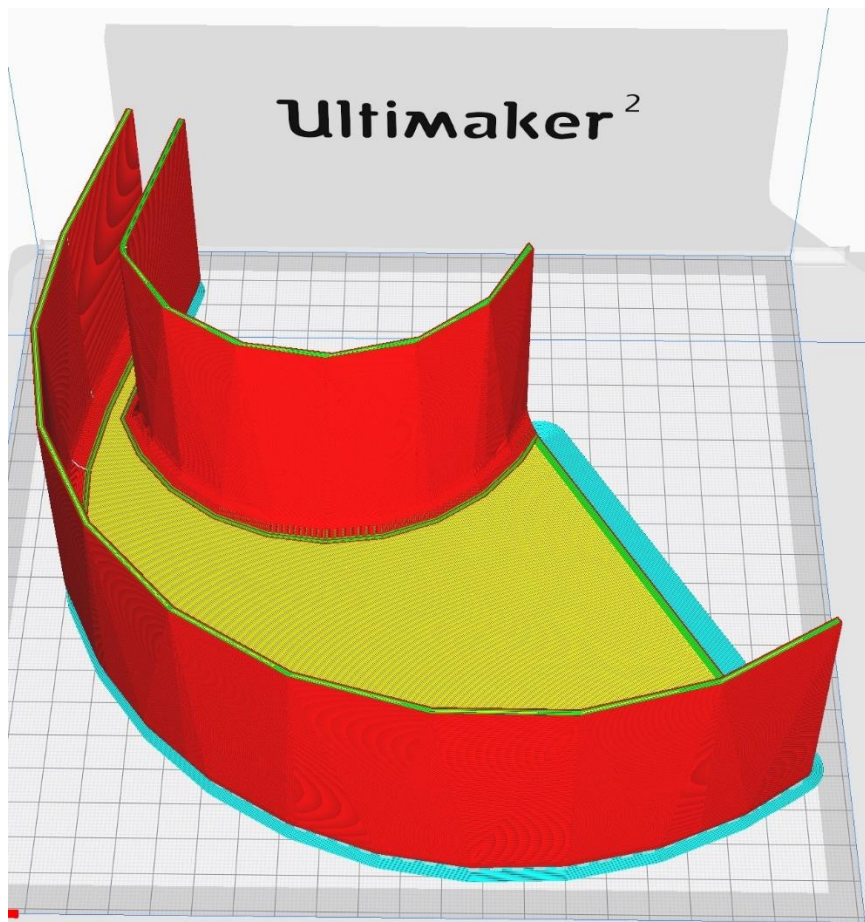
Joonis 8. Õhusuunaja detail

9.4 Pagasiruumi õhukanalite printimine

Pagasiruumi poole suunatud õhukanalit pole võimalik ühes tükis printida, kuna printeri printimisala pole piisavalt suur (Joonis 9). Mõlemad õhukanalid koosnevad kolmest detailist: ventilaatori kinnitusplaat ja kaks õhukanali poolt.

Õhukanali 1 ühe poole printimiseks kulus 15 tundi 18 minutit. Kuna printitud õhukanali pooled on põhimõtteliselt identsed, siis printimiseks kulunud materjali hulk ja aeg olid ka samad. Ühe poole printimiseks kulus 135 grammi filamenti.

Esiakna poole suunatud õhukanalit 2 pole ühes tükis võimalik printida, kuna printeri printimisala pole piisavalt suur. Nagu ka õhukanali üks puhul lõigati detail kaheks osaks, et oleks võimalik detaili printida. Printimiseks kulunud aeg oli 16 tundi 5 minutit. Ühe poole printimiseks kulus 148 grammi filamenti.



Joonis 9. Õhukanali 1 detail

Ventilaatori kinnitusplaadi printimiseks kulus 9 tundi ja 45 minutit. Materjali kulu on 90 grammi. Kogu õhukanali 1 printimiseks kuluv filamendi hulk oli 360 grammi ja õhukanali 2 printimiseks kuluv filamendi hulk on 386 grammi. Hinnaks materjali kulu poolest on õhukanalil üks 8 eurot 64 senti ja õhukanalil kaks 9 eurot 26 senti.

10. PROTOTÜÜBI TESTIMINE

Autor printis välja kolmest detailist kaks. Printimata jäi õhukanal 2, kuna laenuks saadud printeri alusplaadi temperatuuriandur läks katki ning edasi polnud võimalik printida. Kuna autoril polnud ligipääsu teistele printeritele, siis otsustas autor testida süsteemi ilma õhukanalita kaks.

Keskmisses sõiduauto salongis on umbes 3 kuni 3,4 kuupmeetrit õhku. Üks ventilaator suudab liigutada 103 kuupmeetrit õhku tunnis. Kuna üks ventilaator tõmbab õhku sisse ja teine välja, siis ilma seadme takistusega oleks auto õhuvahetus 103 kuupmeetrit õhku tunnis. Oletades, et õhukanali õhutakistus on mitte vähem kui 30%, siis oleks liigutatava õhu hulk 72 kuupmeetrit õhku tunnis, sellise kiiruse juures vahetatakse autos olev õhk välja umbes kolme minutiga.

Autor testis kõnealust sundventilatsiooniseadet erinevates ilmastikuoludes. Kui sajab vihma ja tuult ei ole, on käesolev seadet vihmavee eest küllaltki hästi kaitstud. Kui aga sajab vihma ja on tugev tuul, siis paratamatult surub tuul vee ka seadme avadest sisse. Kui vesi pääseb ventilatsiooniseadme sisse, siis sellest ei juhtu midagi. Tuleb lihtsalt seade ära kuivatada ning seda on võimalik edukalt edasi kasutada.

Prototüübi positiivseteks külgedeks on see, et autos olev õhk vahetatakse välja väga kiiresti, ning samal ajal on tekitatud müra hulk väga väike.

11. VENTILATSIOONISEADME EDASINE ARENDUS

Töö käigus tuli autor mõtetele, kuidas käesolevat seadet veelgi paremaks ja mugavamaks teha. Tuleviku perspektiivis soovib autor lisada seadmele juurde veel lisafunktsioone, mis teeksid seadme kasutamise veelgi efektiivsemaks. Seadmele võiks lisada näiteks taimerit ja auto salongi CO₂ sisalduse järgi reguleerimise funktsioonid. Taimeriga oleks võimalik seadet perioodiliselt teatud aja tagant sisse ja välja lülitada, antud aja saaks määrata seadme kasutaja. CO₂ sisalduse järgi seadme juhtimine töötaks nii, et kui autos hakkab CO₂ tase tõusma üle etteantud piirväärtuse, siis läheb ventilatsiooniseade teatud ajaks tööle, kuni autos on CO₂ tase jälle langenud. Lisaks võiks seadmega kaasa tulla kummist riba, mis kataks kinni katuseluugi ava, mis jääb mõlemale poole seadet ja mis muidu seadme kasutamise puhul lahti jääks. Õhusuunaja küljes võiks olla ka võrk, mis takistaks putukate sisenemist õhukanalitesse. Need funktsioonid tõstaksid oluliselt seadme kasutajakogemust, ning teeksid seadme üldiselt efektiivsemaks, kuna ventilaator ei pea kogu aeg töötama, säästes sellega nii energiat, ning hoides mürataseme veelgi madalamal.

12. VENTILATSIOONI SÜSTEEMI TOOTMINE

Seadme prototüüp valmistati kasutades 3D-printimise tehnoloogiat. See tehnoloogia sobib ideaalselt prototüüpimiseks, kuid kui hakata seadet suuremas mahus tootma, siis 3D-printimine pole sobilik meetod. 3D-printimine on aeglane ning detailide valmistamine võtab kümneid tunde aega. Kõige paremini sobib seadme valmistamiseks plasti survevalu.

12.1 Plastiku survevalu

Survevalu vormimine on kõige populaarsem meetod plastikdetailide valmistamiseks. Survevalumasin kasutab eritellimusel valmistatud vorme, et täita neid vastavalt spetsifikatsioonidele, luues identseid koopiaid, mida saab kohandada mitmesugustel viisidel. Tegu on väga mitmekülgse protsessiga, mis võimaldab kasutada laia valikut erinevaid materjale ja viimistlusi. Survevalumasin koosneb kolmest põhikomponendist – anum koos vajaliku materjaliga, kruvi mis liigutab materjali ja vorm. Masin kasutab plastikut kas pulbri või graanulite kujul, et luua detaile. Survevalu võib olla väga kuluefektiivne, eriti suurte tootmispartiide puhul, kuna ühe osa maksumus on suhteliselt madal. Enne tegelikku tootmist tuleb valmistada vajalik vorm, mille abil hakatakse plastikut vormima. Vormi valmistamine on keeruline ja kallis protsess, kuid kui vorm on valmis, saab seda vormi kasutada tuhandete detailide kiireks tootmiseks [21].

Plastiku survevalu sobib sõiduauto ventilatsiooniseadme valmistamiseks väga hästi, kuna on võimalik kasutada väga palju erinevaid materjale, kaasa arvatud taaskasutatud materjale. Algne investeering vormi näol on küll suur, kuid tootma hakates on ühe detaili omahind väike.

12.2 Survevalu materjali valik

Ventilatsioonisüsteemi tootmiseks otsustas autor kasutada taaskasutatud polüpropeeni. Polüpropeeni omadusteks on hea keemiline vastupidavus, hea väsimuskindlus, hea temperatuuritaluvus[22] . Taaskasutatud plastiku kasutamine survevalu tootmisel tuleb ilma kvaliteedi kadudeta. Kasutades plastiku taaskasutamist on lihtne luua materjaliringlus, kus kasutatud osad taaskasutatakse ja need pakuvad uute plastikomponentide jaoks vajalikku materjali. Taaskasutatud plasti kasutamine survevaluprotsessis ei ole mitte ainult keskkonnasõbralik, vaid vähendab ka tootja poolseid

materjalikulusid. Lisaks kõigele on taaskasutatud plasti kasutamine oluline, kuna maailma tekib aina rohkem prügi juurde ning plasti taaskasutades saame vähendada keskkonna saastumist [23].

12.3 Võimalikud tootjad Eestis

Plastmassi survevalu on kõige populaarsem meetod plastist detailide valmistamiseks. Eesti Plastitööstuse liitu kuulub kümme erinevat ettevõtet, mille tegevusalaks on plasti survevalu [24]. Võimalikke seadmetootjaid on seeläbi päris palju. Kuna ventilatsioonisüsteemi plastvalu tootmise hind koosneb väga paljudest erinevatest muutujatest, siis antud töös seda väljatoodud pole.

KOKKUVÕTE

Lõputöö käigus projekteeris autor sõiduauto katuseluugi kallutamisel tekkivale avale ventilatsiooniseadme. Töö käigus võrreldi alternatiivseid tooteid, hinnati nende kasutajamugavust ning seda kasnad sobivad kasutamiseks autos ööbimise tarbeks. Autor leidis, et hetkel sobivat seadet turul olemas ei ole ning otsustas sundventilatsiooniseadme projekteerida. Hakates projekteerima sundventilatsiooniseadet, valis autor välja sobivad komponendid, millest saaks seadme valmis komplekteerida. Töö käigus selgitas autor välja kõige sobivama prototüübi valmistamise viisi ja materjali. Prototüüp valmistati kasutades FDM tehnoloogiaga töötavat 3D-printerit, ning materjaliks kasutati ABS plastikut. Ventilatsiooniseadme ventilaatoriteks valis autor lauaarvutites kasutatavaid ventilaatorid Be quiet!. Autor projekteeris sõiduauto sundventilatsiooniseadme, mis suudab arvutuste kohaselt vahetada välja auto salongis oleva 3 kuupmeetrit õhku umbes kolme minutiga. Tulemusena prinditi projekteeritud ventilatsiooniseadme kolmest detailist, printeri rikke tõttu, välja kaks. Välja prinditud ventilatsiooniseadme katsetamise tulemusena jõuti järeldusele, et seade liigutab õhku efektiivselt ning on arvestades Eesti kliimat hea ilmastikukindlusega. Enne lõpliku toote valmimist vajab ventilatsiooniseade veel edasist arendust, et teha seade veelgi kasutajasõbralikumaks ning mugavamaks. Edasises arenduses tuleks seadmele lisada veel lisafunktsioone nagu näiteks taimer või CO2 taseme järgi juhtimine. Ventilatsiooniseadme tootmiseks sobib kõige paremini taaskasutatud polüpropeen ning seadme valmistamiseks sobib enim plastiku survevalu vormimine.

SUMMARY

Author designed and created a ventilation device for the opening created by tilting the sunroof of the passenger car.

The work compared alternative products, assessed their user comfort and whether they were suitable for car stays. The author found that there is currently no suitable device on the market and decided to design a forced ventilation device. When starting to design a forced ventilation device, the author selected suitable components from which the device could be completed. In the course of the work, the author identified the most suitable method and material for the production of the prototype. The prototype was manufactured using a 3D printer with FDM technology, and ABS plastic was used as the material. For ventilator fans, the author chose Be quiet! fans used on desktop computers. The author designed a forced ventilation device for a passenger car, which according to calculations can replace 3 cubic meters of air in the cabin of the car in about three minutes. As a result, two out of the three parts of the designed ventilation unit were printed, due to a printer failure. As a result of the testing of the printed ventilation unit, it was concluded that the device moves air efficiently and has good weather resistance given the Estonian climate. Before the final product is finished, the ventilation unit still needs further development to make it even more user-friendly and comfortable. In further development, additional functions such as timer or CO₂ control should be added to the device. Recycled polypropene is best suited for the production of a ventilation device, and plastic injection molding is most suitable for the manufacture of the device.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Liikluskindlustus | ERGO kindlustus | E-kontoris -10%“. <https://www.ergo.ee/erakliendile/liikluskindlustus> (vaadatud 16. mai 2022).
- [2] „Ihuüks Euroopa“. <https://trip.ee/foorum/uldforum/ihueeksi-euroopa> (vaadatud 16. mai 2022).
- [3] „2Pcs Solar Power Car Window Fan Auto Air Vent Cool Fan Cooler Ventilation System Radiator Fan For Universal Vehicle Auto car solar fan SUV Van Truck“, *Walmart.com*. <https://www.walmart.com/ip/2Pcs-Solar-Power-Car-Window-Fan-Auto-Air-Vent-Cool-Fan-Cooler-Ventilation-System-Radiator-Fan-For-Universal-Vehicle-Auto-car-solar-fan-SUV-Van-Truck/420106295> (vaadatud 16. mai 2022).
- [4] „33.48€ 10% OFF|Car Cooling System Solar Panel Car Window Cooler Fan Auto Air Vent Ventilation Fan Solar Radiator 3 Fans For Camper Rv Caravan - Fans & Kits - AliExpress“, *aliexpress.com*. https://www.aliexpress.com/item/4000086764769.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp= (vaadatud 16. mai 2022).
- [5] L. Weakley, „How to Stay Cool When Sleeping in a Car - Sleeping in a Car“. <http://sleepinginacar.com/how-to-stay-cool-when-sleeping-in-a-car/> (vaadatud 16. mai 2022).
- [6] „Õhkjahuti korpusele be quiet! BL047 - 1a.ee“. <https://www.1a.ee/p/ohkjahuti-korpusele-be-quiet-bl047/32jz?mtd=search&pos=regular&src=searchnode> (vaadatud 16. mai 2022).
- [7] „Õhkjahuti korpusele Deepcool GamerStorm TF120 S - 1a.ee“. <https://www.1a.ee/p/ohkjahuti-korpusele-deepcool-gamerstorm-tf120-s/7pkx?mtd=search&pos=regular&src=searchnode> (vaadatud 16. mai 2022).
- [8] „Õhkjahuti korpusele Noctua Chromax Black Swap PWM NF-A14 140mm - 1a.ee“. <https://www.1a.ee/p/ohkjahuti-korpusele-noctua-chromax-black-swap-pwm-nf-a14-140mm/18nu?mtd=search&pos=regular&src=searchnode> (vaadatud 16. mai 2022).
- [9] „Toitemoodul DC/DC step-up 2..24V/5..28 2A - Oomipood“. https://www.oomipood.ee/product/oky3501_3_toitemoodul_dc_dc_step_up_2_24v_5_28_2a (vaadatud 16. mai 2022).
- [10] M. Johann, „What Each Colored Wire Inside a USB Cord Means“, *TurboFuture*. <https://turbofuture.com/computers/Color-Coded-Wire-inside-the-USB> (vaadatud 16. mai 2022).
- [11] „Cooler Master FAQ“. <https://landing.cooler-master.com/faq/> (vaadatud 16. mai 2022).

- [12] „Stereolithography (SLA) 3D Printing Guide“, *Formlabs*. <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/> (vaadatud 16. mai 2022).
- [13] „Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing“. <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/> (vaadatud 16. mai 2022).
- [14] „3D Printing Guide: Types of 3D Printers, Materials, and Applications“, *Formlabs*. <https://formlabs.com/3d-printers/> (vaadatud 16. mai 2022).
- [15] „Guides Express guide of FDM 3D printing materials“. <https://www.treatstock.com/guide/article/118-express-guide-of-fdm-3d-printing-materials> (vaadatud 16. mai 2022).
- [16] „PLA filament Ender 3D-printerile, Sinine, 1.75mm, 1kg“. <https://www.byroomaailm.ee/pla-filament-ender-3d-printerile-sinine-1-75mm-1kg?sku=K0083063> (vaadatud 18. mai 2022).
- [17] F. Trotti, „The Ultimate Guide to Choosing the Best Material for FDM 3D Printing“. <https://www.weerg.com/en/global/blog/the-ultimate-guide-to-choosing-the-best-material-for-fdm-3d-printing> (vaadatud 16. mai 2022).
- [18] „ABS filament PrimaValue 3D printerile, Punane, 1.75mm, 1kg“. <https://www.byroomaailm.ee/abs-materjal-3d-printerile-primavalue-punane-1-75mm-1kg?sku=K0080300> (vaadatud 18. mai 2022).
- [19] „PETG filament Ultimaker 3D-printerile, Sinine, 2.85mm 750g“. <https://www.byroomaailm.ee/petg-filament-ultimaker-3d-printerile-sinine-2-85mm-750g?sku=K0086373> (vaadatud 18. mai 2022).
- [20] „The Ultimaker 2 specifications“, *Ultimaker Support*. <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/articles/360011850620-The-Ultimaker-2-specifications> (vaadatud 16. mai 2022).
- [21] „Injection Molding: What It Is, How It Works, Who Is It For - 3ERP“. <https://www.3erp.com/blog/injection-molding-what-it-is-how-it-works-who-is-it-for/> (vaadatud 16. mai 2022).
- [22] „Polypropylene (PP)“. <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/PP.aspx> (vaadatud 16. mai 2022).
- [23] „Growth of recycled plastics in injection moulding“, *Tex Plastics*, 26. august 2019. <https://www.tex-plastics.co.uk/moulded-plastic-parts/2019/08/26/growth-of-recycled-plastics-in-injection-moulding> (vaadatud 16. mai 2022).

[24] „Survevalu Archives“, *Eesti Plastitööstuse Liit*. <https://www.plast.ee/field-of-activity/survevalu/>
(vaadatud 16. mai 2022).

LISAD

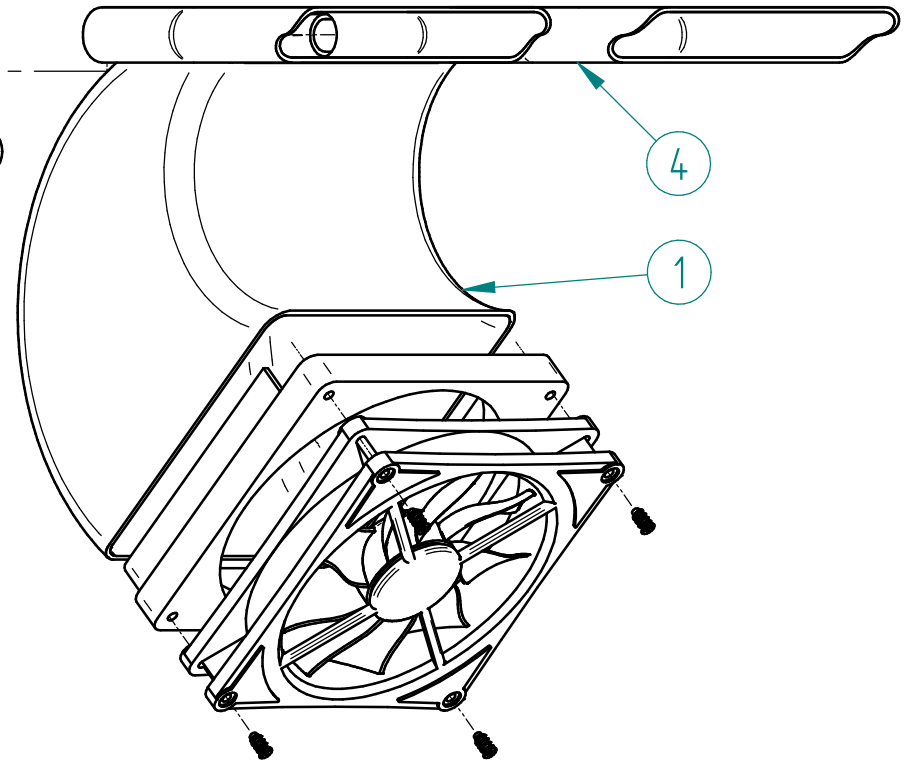
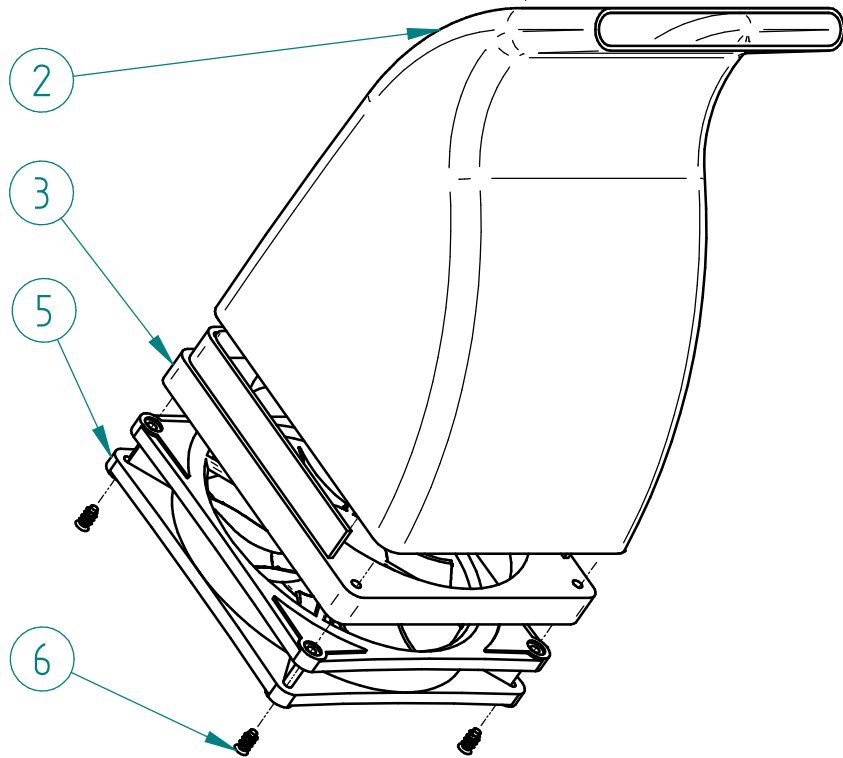
Lisa 1. Sundventilatsioon, TJ01.00.00

Lisa 2. Õhukanal 1, TJ01.00.01

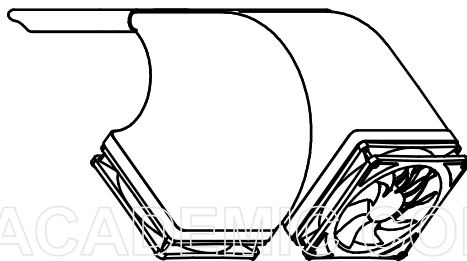
Lisa 3. Õhukanal 2, TJ01.00.01

Lisa 4. Ventilaatori kinnitus, TJ01.00.03

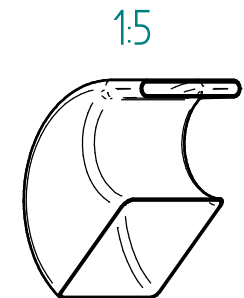
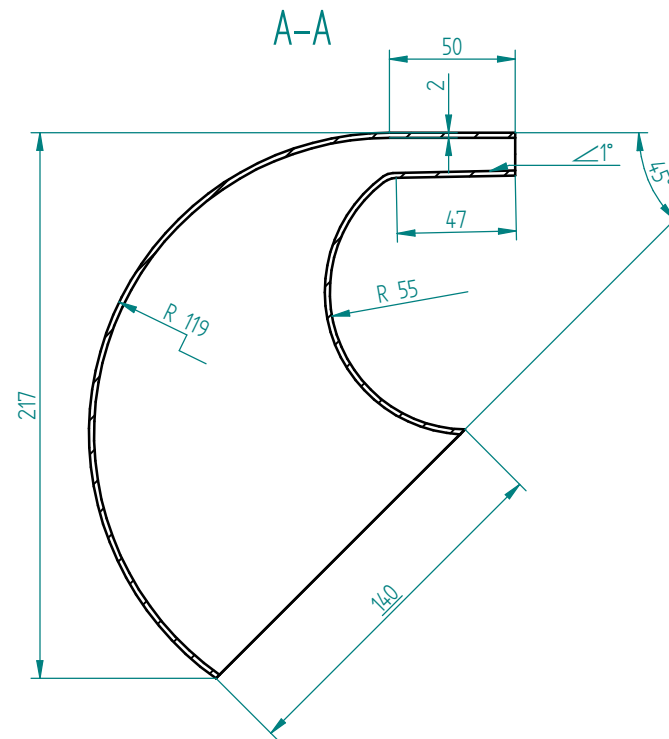
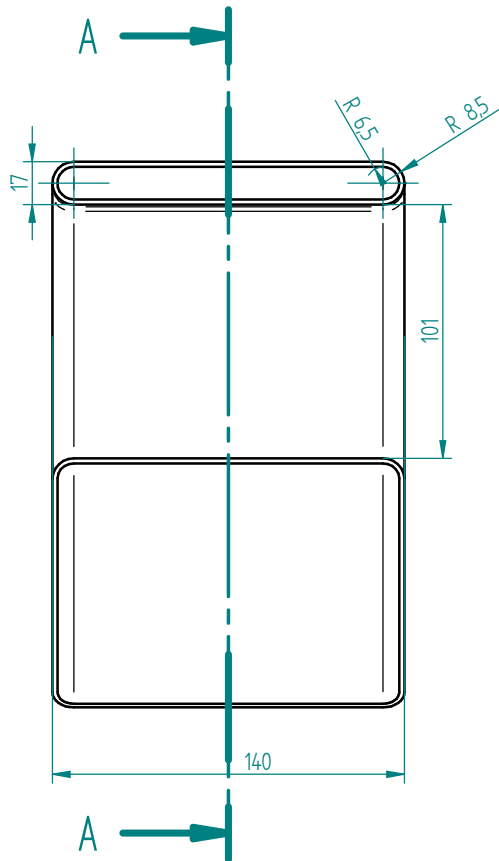
Lisa 5. Õhusuunaja, TJ01.00.04



1:5

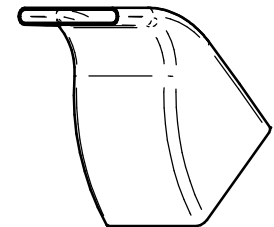
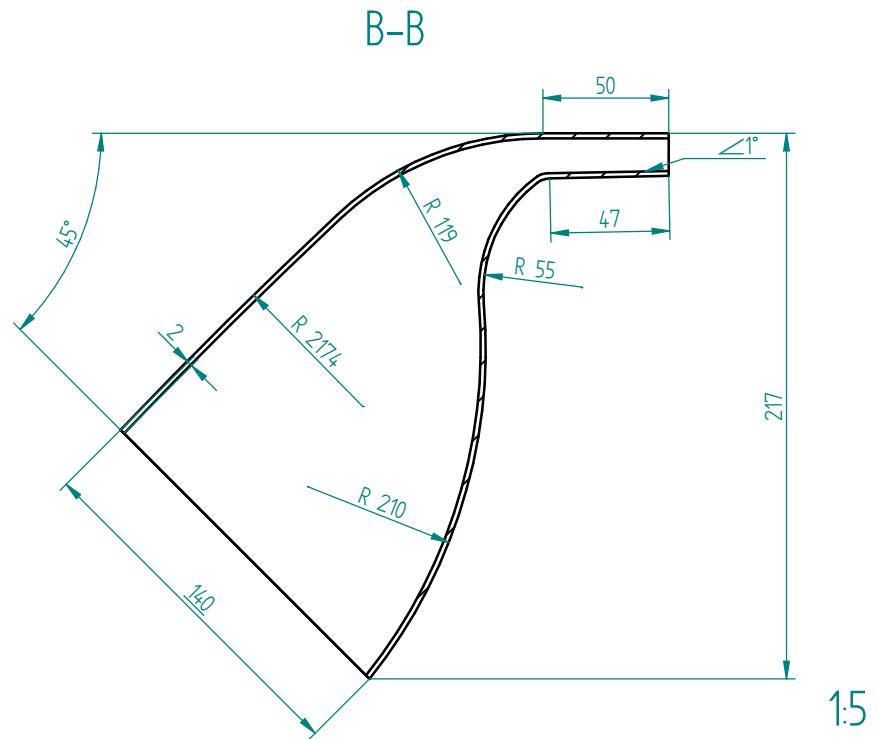
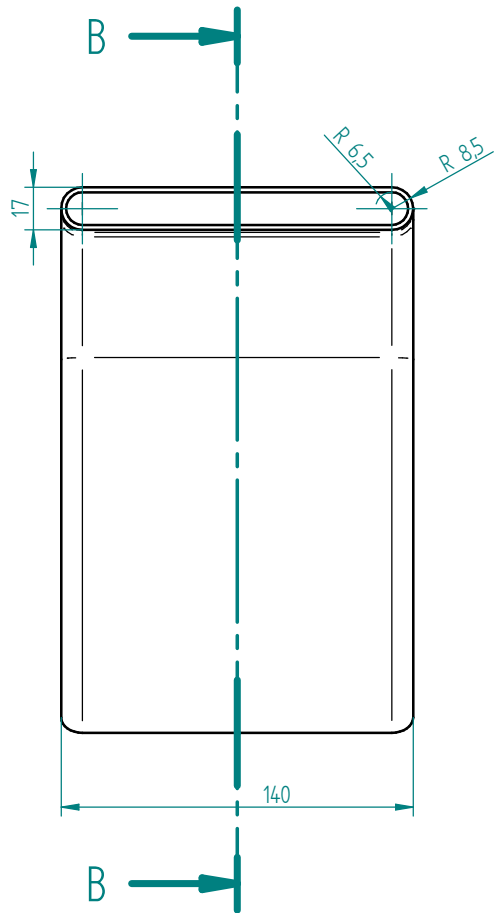


6	Kruvi M5x10mm, Alumiinium 1060		8	
5	Ventilaator 140mm, ABS plastik		2	
4	Õhusuunaja, ABS plastik	TJ01.00.04	1	
3	Ventilaatori kinnitus, ABS plastik	TJ01.00.03	2	
2	Õhukanal2, ABS plastik	TJ01.00.02	1	
1	Õhukanal1, ABS plastik	TJ01.00.01	1	
Osa	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus
	Materjal:	Markimata piirhälbed:	Mass: 1.158	Mööd: 12
Teostas	H.G.Kambura	Nimetus:	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis	V.Lillemets	Sundventilatsioon		
Kinnitas				
TTK TT81		Leht: 1/5	Tähis: TJ01.00.00	Formaat: A3



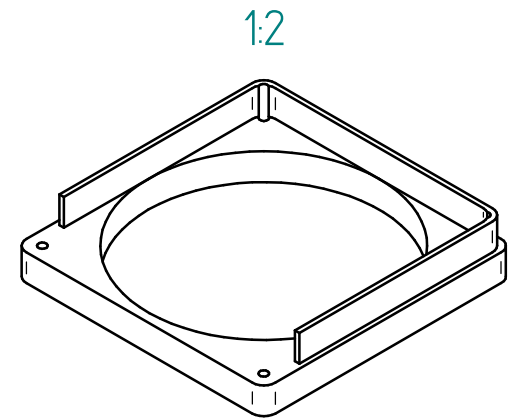
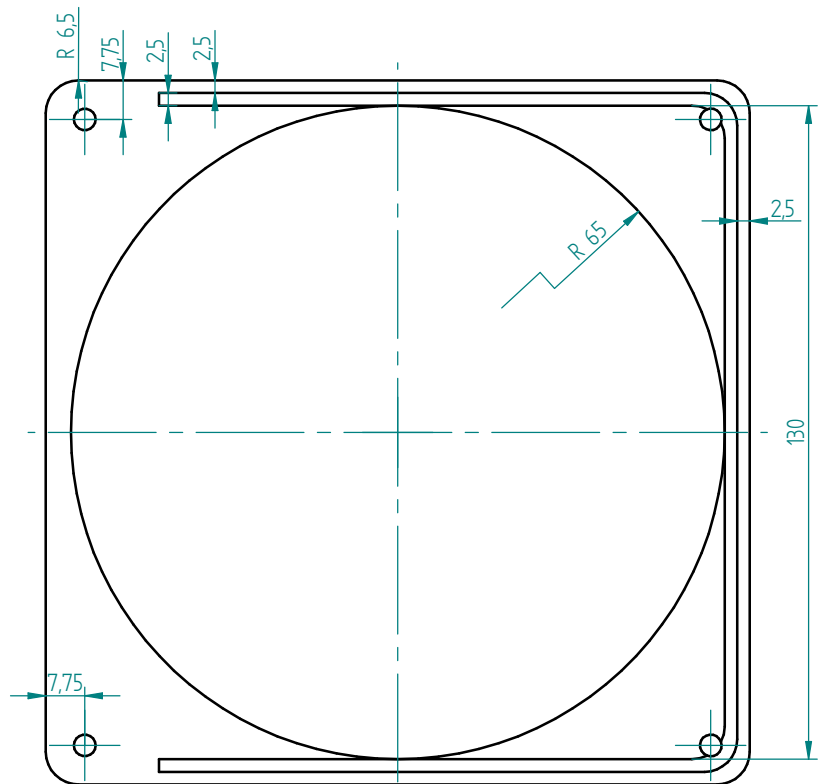
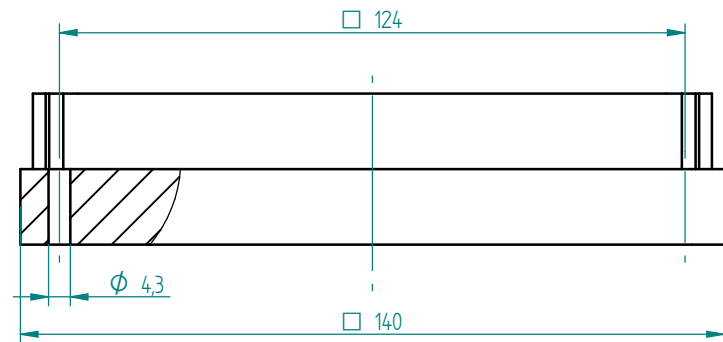
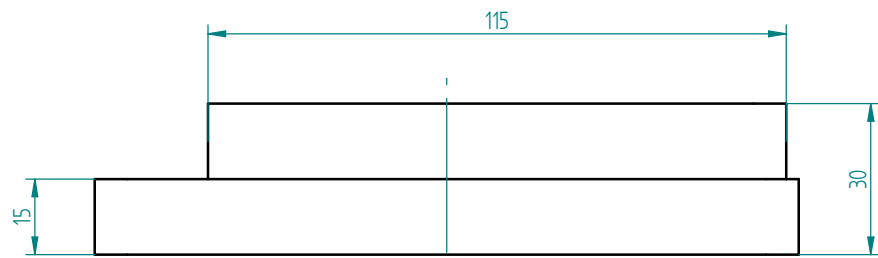
	Materjal: ABS plastik		Markimata piirhälbed: ISO 129	Mass: 0.360	Mööd: 12
	Teostas: H.G.Kambura	Nimetus: Õhukanal1	Faili nimetus: Joonised.dft		
Kontrollis: V.Lillemets					
Kinnitas:					
TTK TT81		Leht: 2/5	Tahis: TJO1.00.01	Formaat: A3	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



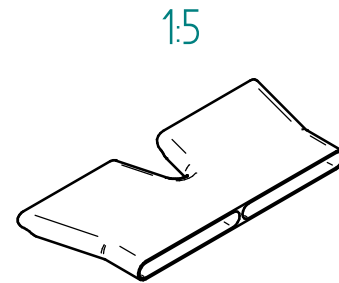
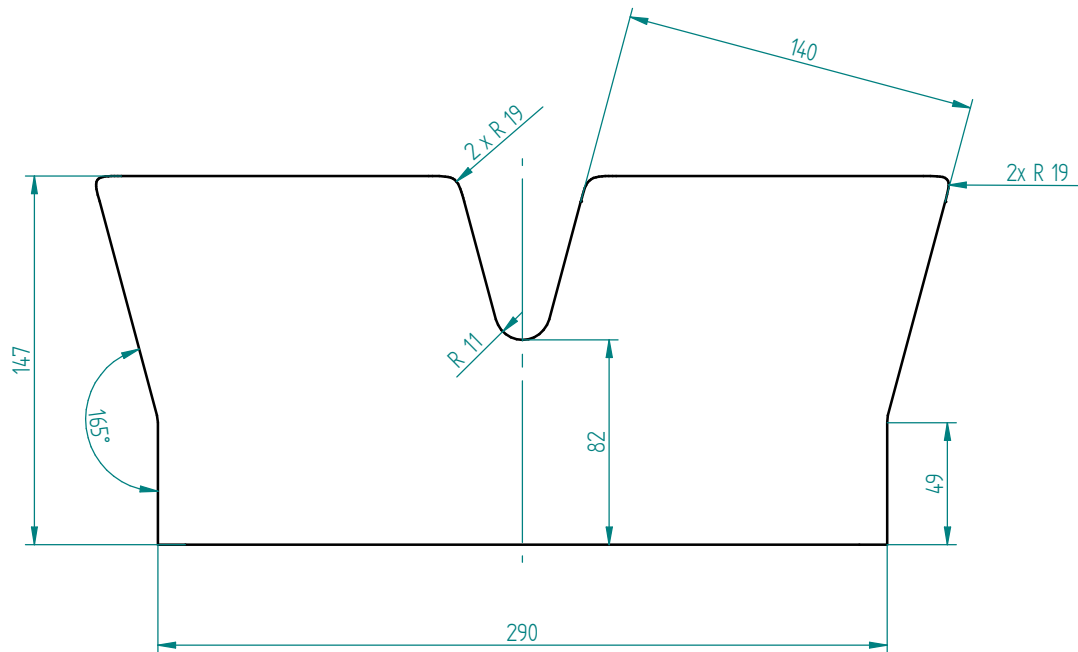
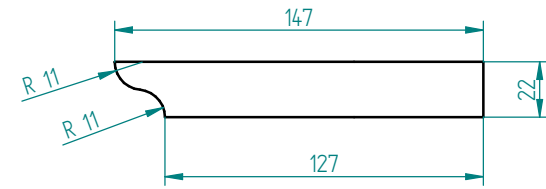
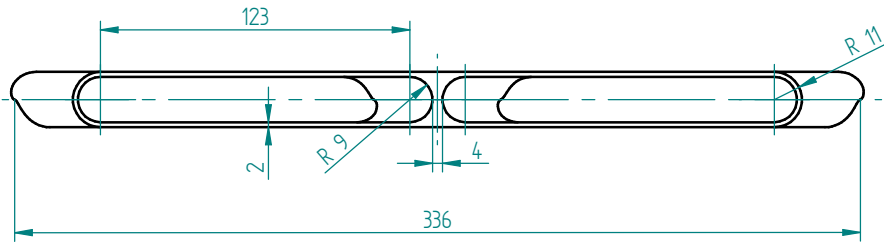
	Materjal: ABS plastik	Markimata piirhälbed: ISO 129	Mass: 0.386	Mööd: 12
Teostas	H.G.Kambura	Nimetus: Õhukanal2	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis	V.Lillemets			
Kinnitas				
TTK TT81		Leht: 3/5	Tahis: TJ01.00.02	Formaat: A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Materjal: ABS plastik	Markimata piirhälbed: ISO 129	Mass: 0.090	Mööd: 1.1
Teostas	H.G.Kambura	Nimetus: Ventilaatori kinnitus		Faili nimetus: Joonised.dft
Kontrollis	V.Lillemets			
Kinnitas				
TTK TT81		Leht: 4/5	Tahis: TJ01.00.03	Formaat: A3



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Materjal: ABS plastik	Markimata piirhalded: ISO 129	Mass: 0.240	Mööd: 12
Teostas	H.G.Kambura	Nimetus: Õhusuunaja	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis	V.Lillemets			
Kinnitas				
TTK TT81		Leht: 5/5	Tahis: TJ01.00.04	Formaat: A3