

## Prostatan hoitoon käytettävän lääketieteellisen instrumentin suunnittelu

Pekka Lindqvist

Opinnäytetyö, AMK

5/2024

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Konetekniikka

Kunnossapito

Tekijä(t) Lindqvist, Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2024
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: kyllä
Työn nimi <b>Prostatan hoitoon käytettävän lääketieteellisen instrumentin suunnittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
Työn ohjaaja(t) Miikka Parviainen		
Toimeksiantaja(t) KT-Plan Oy, Seppo Haavisto		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä oli tarkoituksena suunnitella uudella metodilla toimiva prostatan hoitoon käytettävä lääketieteellinen instrumentti. Instrumentilla hoidetaan laajentunutta eturauhasta pistämällä sitä kuumennetulla terällä, joka siten denaturoi eturauhasen soluja terän ympäriltä. Denaturoituminen tarkoittaa solurakenteen rikkoutumista ja sen biologisten toimintojen lakkautumista. Elimistö poistaa itse kuolleet solut, ja jäljelle jää pienentynyt eturauhanen. Hoitomuoto on tarkoitettu vaihtoehtoisena ratkaisuna esimerkiksi eturauhasen poistolle. Instrumentti perustuu lämmön käyttöön, samoin kuin muut vastaavat instrumentit, jotka myös pienentävät eturauhasta. Kuumennusmetodi on tosin uusi. Työ tehtiin insinööritoimisto KT-Plan Oy:n ja Keksijä Seppo Haaviston toimeksiantona.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin suunnittelu- ja kehitystyönä käyttäen paperisia luonnoksia ja 3D-mallintamalla laite SolidWorks-ohjelmalla. Laitteen toimintaperiaatteen keksijä ja hahmotelmien laatija Seppo Haavisto antoi myös vaatimuksia laitteen suhteen ja tarkasti niiden toteutumisen.</p> <p>Laite koostuu pääasiassa kolmesta osasta: Kahva- ja runko-osasta, instrumentin kärkipuikosta, ja metallisesta terästä ja sen holkista. Nämä kolme osaa tuli olla irrotettavat toisistaan, ja terän ja puikon oli määrä olla vaihdettavia osia.</p> <p>Suunnittelutyö pohjautui laitteen toimintavaatimuksien lisäksi myös yleisiin muotinvalmistustekniikoihin ja niiden asettamiin kappaleisiin kohdistuviin rajoituksiin.</p> <p>Lopputuloksena oli tarkoitus tehdä 3D-mallit sekä piirustukset. Laitteesta myös tehtiin prototyypimalli 3D-tulostamalla.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )  prostata, eturauhanen, instrumentti		
Muut tiedot		

Author(s) Lindqvist, Pekka	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2024 Language of publication: Finnish
	Number of pages 27	Permission for web publication: yes
Title of publication <b>Design of a medical instrument for treating prostata hyperplasia</b>		
Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Miikka Parviainen		
Assigned by KT-Plan Oy, Seppo Haavisto		
Abstract  <p>The objective of the bachelor's thesis was to design a medical instrument for treatment of enlarged prostate. Heat is generated on the instrument's metallic blade, which causes the cells around the blade in the prostate to denaturalize. Denaturalization means that the tissue structure breaks down and loses its biological functions. The human body then removes the dead cells, resulting in smaller prostate. This treatment is meant as an alternative to others, such as the removal of the prostate. The instrument depends on generating heat, similar to other instruments meant for prostate reducing. Although, the method for heat generation is different. The thesis was assigned by an engineering company KT-Plan Oy and the inventor Seppo Haavisto. The thesis was conducted as a product designing and development process using paper sketches and 3D-modeling the instrument on Solid-Works-program. A prototype was also created using 3D-printing. The instrument's method of operation's inventor and the creator of the sketches, Seppo Haavisto, also gave instructions and demands regarding the instruments design. The instrument's main components are the handle and frame part, the head peg, and the metallic blade and its socket. These three parts are detachable, and the head peg and the blade part are to be replaceable.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Prostata, prostate, medical instrument		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Johdanto.....	2
2	Tuotekehitys.....	3
	2.1 Opinnäytetyötä edeltävä tuotekehitys .....	6
	2.2 Opinnäytetyöstä poisrajatut tuotekehityksen alueet .....	6
3	Prototyypin luominen .....	4
	3.1 3D-tulostaminen.....	4
	3.2 Muottivalu .....	5
4	Tulokset .....	6
	4.1 Suunnitteluprosessi .....	6
	4.2 Muottien käytön huomioonotto suunnittelussa.....	7
	4.3 Kärkikappaleen toimintaperiaate.....	7
	4.4 Kärkikappaleen suunnittelu .....	9
	4.5 Runko-osan toimintaperiaate .....	10
	4.6 Runko-osan suunnittelu .....	12
5	Prototyyppi.....	14
	5.1 Runko-osa .....	15
	5.2 Kahva .....	15
	5.3 Kärkikappale .....	16
	5.4 Muut osat .....	16
6	Johtopäätökset ja pohdinta .....	19
	Lähteet.....	21

# 1 Johdanto

Erilaisten koneiden ja laitteiden suunnittelu on keskeinen osa konetekniikkaa. Konetekniikan sovellusalueita on runsaasti. Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella laite vaihtoehtoiseen hoitomuotoon. Perinteisesti suurentunutta eturauhasta eli Prostata Hyperlasiaa hoidetaan vielä monesti eturauhasen poistolla, mikä aiheuttaa monia haitallisia sivuvaikutuksia. Haittavaikutuksiin lukeuvat mm. virtsankarkailu ja impotenssi. Tästä syystä olisi hyödyllistä olla myös vaihtoehtoisia hoitoja suurentuneen eturauhasen hoitamiseen. Myös muita eturauhasen pienentämiseen perustuvia hoitoja on jo olemassa.

Laitteen toimintaperiaate perustuu lämpöön, joka johdetaan kohdesoluihin instrumentin sisällä olevan metalliliuskan avulla. Metalliliuskan pää on myös terävä, jotta se tunkeutuu solukon läpi paremmin. Laitteen toimintaperiaate muistuttaa esimerkiksi RF-ablaatiota joka tunnetaan englanniksi myös nimellä Transurethral needle ablation tai lyhennettynä TUNA. Tässä metodissa hoitoteho perustuu radioaaltoihin, eikä toisin kuin suunnitellussa laitteessa.

Opinnäytetyö tehtiin KT-Plan Oy:n toimitusjohtajan Kalervo Tikkamäen toimeksiantona keksijä Seppo Haavistolle. Seppo Haavisto oli keksinyt uuden toimintaperiaatteen suurentuneen eturauhasen hoitoon ja laatinut laitteesta hahmotelmia paperille käsin, mutta tarvitsi apua laitteen tarkemmassa suunnittelussa ja sen toteuttamisessa kolmiulotteisena. Esimerkiksi runko täytyi suunnitella kokonaan. 3D-mallia tarvittiin myös 3D-tulostetun prototyypin valmistamiseen. Prototyyppi tulostettiin Pohjoisen Keski-Suomen ammattiopiston 3D-tulostimella Äänekoskella.

KT-Plan Oy on Jyväskylässä sijaitseva insinööritoimisto. Yrityksen toimeenkuvaan kuuluvat erilaiset suunnittelupalvelut kuten teräsrakenteiden suunnittelu, konesuunnittelu, työkalusuunnittelu, putkistosuunnittelu sekä lujuuslaskennat. Tyypillisiä suunnittelutöitä ovat erilaiset kylmät varasto- ja suojarakennukset, esimerkiksi teollisuushallivarastot ja osittain avoimet katokset. KT-Plan Oy:n pääasialliset suunnitteluohjelmistot ovat CATIA, Auto-Cad, Inventor, SolidWorks,

ANSYS, Tekla Structures sekä Jigi. Yrityksen liikevaihto oli 418 000 euroa vuonna 2019 ja se työllisti 5 henkilöä. Vuonna 2020 liikevaihto oli 122 000 euroa ja se työllisti 2 henkilöä. (KT-Plan Oy.) Yrityksen toimistotilat sijaitsevan Jyväskylässä osoitteessa Vasarakatu 22. Yritys myös vuokraa jyväskylässä sijaitsevaa teollisuushallia esimerkiksi yritysten käyttöön, joka soveltuu muun muassa tuotantotilaksi.

Opinnäytetyön päätavoitteet ovat:

- Suunnitella ja 3D-mallintaa laite kokonaisuudessaan, niin että halutut komponentit mahtuvat laitteen sisään ja suorittavat toimintonsa.
- 3D-mallintaa laitteen komponentit niin, että ne voisi 3D-tulostetun prototyypin lisäksi sarjatuottaa muovivalulla.
- Saada 3D-tulostettua havainnollistava prototyyppi.

## 2 Tuotekehitys

Tuotekehityksen tarkoituksena on luoda joko uusi tai paranneltu tuote. Prosessiin kuuluu useita eri vaiheita, sisältäen tuoteidean etsimisen, tiedonselvityksen liittyen markkinoihin ja kehitysnäkymiin, tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpiirustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. (Jokinen 2010.)

Työn toimeksiantaja Seppo Haavisto oli tehnyt tuoteidean ja tiedonselvityksen markkinoihin itse projektin aluksi. Näitä asioita ei siten ole tehty opinnäytetyön projektin aikana. Seppo Haavisto on kokeillut laitteen toimintaperiaatetta, ja todennut sen toimivaksi. Testi suoritettiin kuolleeseen eläinkudokseen. Joistain laitteen osista Seppo Haavisto oli luonut yksinkertaiset luonnokset, mutta muuten luonnoksia tehtiin myös projektin aikana.

Opinnäytetyön piiristä rajattiin pois varsinaisten työpiirustusten tekeminen sekä käyttöohjeiden laatiminen. Nämä olisivat vaatineet täysin valmiin laitteen elektrooniikkaosineen ja tämä laajuus olisi vienyt liian paljon aikaa. Tuotantomenetelmien kehitystä oli ainakin osittain mukana muottivalamisen rajoitteiden huomioonottamisen muodossa, mutta tämä vaatisi kokonaisuudessaan vielä enemmän jatkotyötä.

Tässä työssä keskityttiin yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Yksityiskohtainen suunnittelu sisältää kaikki suunnitteluvaiheet, jotka tarvitaan lopullisen tuotteen

valmistukseen. Valmis suunnitelma esitetään perinteisesti teknisenä piirustuksena, mutta nykyään 3D-tiedostot ovat myös yleistyneet. (Liimatainen 2022.)

Mielestäni luodut 3D-mallit antavat tässä projektissa kappaleiden monimutkaisuuk-  
sien vuoksi paremman kuvan kuin perinteiset piirustukset.

### **3 Prototyypin luominen**

Prototyyppi tarkoittaa esimerkiksi laitteesta luotua mallikappaletta, jonka tarkoituk-  
sena on testata laitteen toimivuutta ennen sarjatuotannon ja myynnin aloittamista.  
Prototyypin valmistus on olennainen osa tuotekehitysprosessia. (Tuominen 2023.)

Prototyypin luominen aloitetaan taustatutkimuksesta. Tässä vaiheessa voidaan poh-  
tia, onko valmistettava laite tarpeeksi innovatiivinen tai onko se toimintaperiaattee-  
taan toimiva. Seuraavaksi voidaan luoda hahmotelmia, joiden etuna on nopeus ja  
edullisuus. Hahmotelmien perusteella voidaan alkaa luoda virtuaalimallia, ja pohti-  
maan materiaalivalintoja. Tämän jälkeen voidaan arvioida, tarvitaanko prototyypin  
luomisessa ulkopuolista apua. Esimerkiksi fyysisten kappaleiden luomisessa voidaan  
turvautua ulkopuolisiin valmistajiin. Valmiin prototyypin ei tarvitse olla täysin toimiva  
laite, vaan tärkeintä on, että se osoittaa edes idean toimivuuden. Valmista prototyyp-  
piä voidaan lopuksi testata, ja tarvittaessa aikaisempia vaiheita voidaan toistaa pa-  
rempien lopputulosten saavuttamiseksi. (How To Create a Working Prototype in 7  
Steps (Plus Benefits) 2023.)

#### **3.1 3D-tulostaminen**

3D-tulostaminen eroaa perinteisistä valmistusmetodeista, sillä siinä ei poisteta mate-  
riaalia, vaan sitä lisätään. 3D-tulostettavasta asiasta luodaan ensin kolmiulotteinen  
malli, joka sitten käsitellään 3D-tulostimelle käyvään muotoon. Käsittely sisältää esi-  
merkiksi tiedostotyyppin muuttamisen STL muotoon, käymällä malli läpi niin sanottu-  
jen “vuotavien” kohtien varalta ja niiden paikkaamisen, sekä käsittelyn jollain Slicer-  
ohjelmalla. Tiedostotyyppin muuttaminen STL muotoon on yleensä hyvin yksinker-  
taista, sillä yleensä mallinnusohjelmissa tiedoston pystyy tallentamaan STL muotoon  
suoraan. (A Beginner’s Guide to 3D Printing 2024.)

Virheet mallinnuksessa tai tiedostotyyppin konversiossa tapahtuvat muutokset voivat aiheuttaa niin sanottuja "vuotavia" kohtia, eli mallissa on tahaton reikä, joka johtaa mallin vääryymmärtämiseen 3D-tulostuksen kannalta. Slicer-ohjelmat yleensä huomaavat nämä virheet. (Zuza 2018.) Tulostettava kappale voi myös sen muodosta riippuen tarvita tukirakenteita eli "supportteja". Slicer-ohjelmat voivat luoda näitä automaattisesti riippuen asetuksista. Myös erinäisiä asetuksia 3D-tulostuksesta voidaan määritellä, esimerkiksi käytettävää lämpötilaa tai tulostuskerrosten paksuutta, joka vaikuttaa tulosteen tarkkuuteen ja yksityiskohtiin. (3D Printing Settings and Parameters 2024.)

Viimeisenä vaiheena ennen tulostustiedoston eli gcode:n luomista tehdään ns. "slaisaus", eli toimenpide, jonka mukaan Slicer-ohjelmat ovat saaneet kutsumanimensä. Ohjelma jakaa mallin useisiin eri kerroksiin pystysuunnassa, ja tämän jälkeen luo tulostusreitit jokaiselle kerrokselle. (3D Printing Software 2024.) Lopullinen tiedosto voidaan siirtää 3D-tulostimeen joko USB-kaapelilla, internetin välityksellä, muistitikulla tai -kortilla (What is a 3D Printer: Working Method, Components & Characteristics, 2024).

Jos 3D-tulostimeen on yhteys USB-kaapelilla, voidaan tulostus aloittaa tietokoneen välityksellä. Käytettäessä muistitikkaa tai -korttia, tulostus käynnistetään valitsemalla 3D-tulostimen valikoista haluttu kappale tallennusvälineestä ja valitsemalla tulostus. Tästä eteenpäin tulostusprosessi on automaattinen, eikä välttämättä vaadi ihmisen läsnäoloa. Tulostusta olisi kuitenkin hyvä valvoa, mutta tämä voidaan tehdä etänä käyttämällä esimerkiksi webbikameraa. (Dwamena 2021.) Ongelmatilanteissa voidaan tulostus keskeyttää joko tulostimen valikoista, etäyhteydellä tai sulkemalla laitteen virta. (Ben 2023.)

Ongelmatilanteet johtavat yleensä tulostuksen uudelleenaloitukseen, sillä virheiden korjaaminen on yleensä liian hankalaa. On hyvin yleistä, että kappaleen onnistunut tulostus vie useamman yrityksen. (Jacob 2023.)

## 3.2 Muottivalu

Valamisessa muottiin kaadetaan sulaa materiaalia, kuten metallia. Tämän jälkeen materiaalin annetaan jäähtyä kiinteäksi, ja muotti joko rikotaan tai poistetaan,

riippuen muottityypistä. Kertamuotit ovat nimensä mukaan kertakäyttöisiä, ja vastaavasti kestromuotteja voi käyttää useita kertoja, jopa tuhansia kertoja. Valmiista kappaleesta tulee vielä poistaa valukkeet, eli täyttyneet kanavat, joita pitkin sulaa materiaali on kaadettu muotin sisään. (Keskinen 1991, 11.)

Tässä opinnäytetyössä sarjatuotannon valmistustavaksi on valittu ruiskuvalaminen, sillä se soveltuu muoveihin ja on paras tehokkuudessa. Ruiskuvalussa nimensä mukaisesti ruiskutetaan sulaa muovia koneistettuun kestromuottiin. Prosessi on koneistettu ja siten usein hyvinkin nopea. (Purtsi 2022, 7.)

Prosessi alkaa sulkemalla muotti. (Arffman 2018, 15.) Kappaleen valmistukseen käytettävä materiaali eli muovi sulatetaan sähkövastusten lämmöllä. Lisäksi kuumenemiseen vaikuttaa raaka-aineeseen kohdistuva kitka. (Arffman 2018, 10.) Sula muovi annostellaan muottiin ruuvikuljettimella (Arffman 2018, 9). Muotti voi olla vesi- tai öljyjäähdytetty kovettumisen nopeuttamiseksi (Arffman 2018, 32). Kun kappale on jäähtynyt tarpeeksi, muotti avautuu ja kappale joko tippuu pois tai esimerkiksi teollisuusrobotti poimii ja siirtää sen eteenpäin (Ruiskupuristus eli ruiskuvalu, 2024).

## 4 Tulokset

Työ toteutettiin tuotekehitysprojektina. Tuotekehitysprojektissa on tarkoitus kehittää valmiista tuoteideasta lopullinen, toimiva tuote.

### 4.1 Suunnitteluprosessi

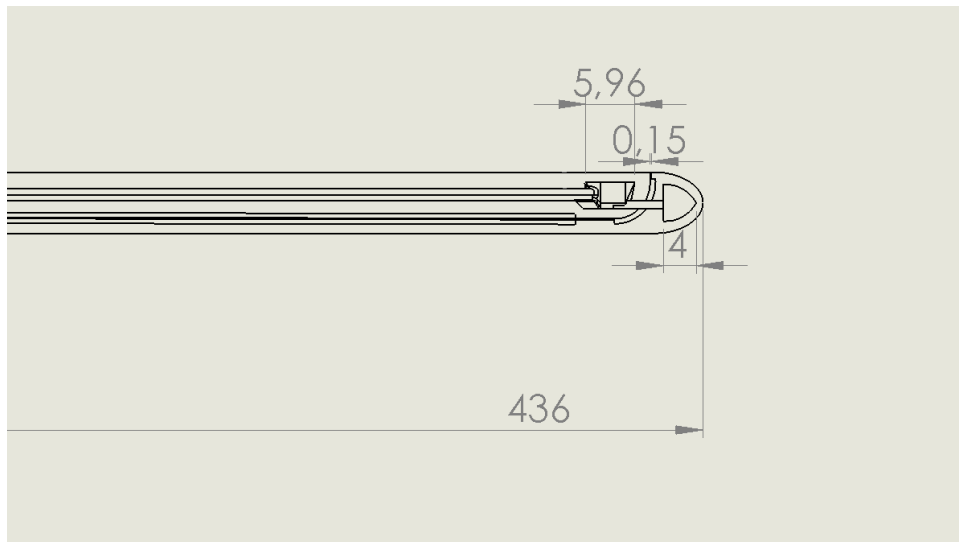
Suunnittelutyön pohjana toimivat laitteen toimintamekanismin keksijän Seppo Haaviston käsin tehdyt hahmotelmat. Hahmotelmissa näkyi kärkikappaleen muoto ja läpileikkaus, sekä runkolaitteen mekanisme. Tämän lisäksi luonnosteltiin myöhemmin vielä lisälaitteita instrumenttia varten, joiden tarkoituksena on antaa tukea operaation aikana. Suunnittelutyö toteutettiin SolidWorks-ohjelmistolla, sekä apuna käyttäen myös omia käsin tehtyjä hahmotelmia paperille. Haavisto antoi projektin edetessä palautetta ja lisävaatimuksia.

## 4.2 Muottien käytön huomioonotto suunnittelussa

Koska lopullinen laite on tarkoitus sarjatuottaa muovivalulla muotteihin, täytyy se ottaa huomioon myös suunnitteluprosessissa. Oikean muotoinen kappale irtoaa muotista helposti ja vahingoittumatta. Kappaleen kaltevuutta, jolla tämä saadaan aikaan, kutsutaan hellitykseksi. (Keskinen 1991, 16.) Jotta valamalla saisi aikaan muotoja joita ei saa pelkästään muoteilla, tarvittaisiin keernoja, eli erillisiä muotin osia jotka lisätään muottiin sen kokoamisvaiheessa. (Keskinen 1991, 20.) Keernoja ei kuitenkaan päätetty käyttää, jotta muotti ja valaminen olisi yksinkertaisempi. Tämä toi omia rajoitteita kappaleen muotoon ja haasteita mallintamiseen. Yksinkertaiset, vain kahdesta kappaleesta muodostuvat muotit kuitenkin mahdollistavat myös monimutkaisiakin muotoja. (Järvelä ym. 2000, 113)

## 4.3 Kärkikappaleen toimintaperiaate

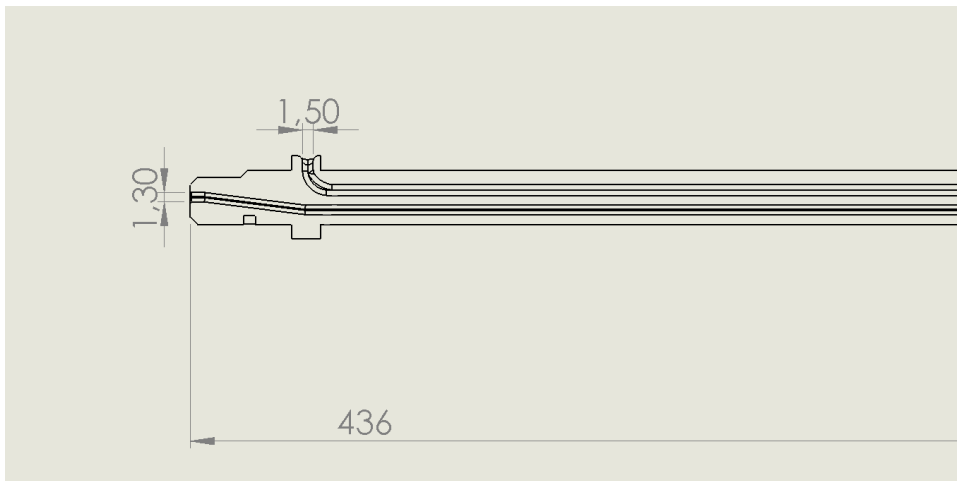
Kärkikappale sisältää metallisen terän, jolla operaatio suoritetaan. Kärjen sisällä on myös ultraäänisondi, jonka tarkoituksena on saada paikkatietoa, jotta laite saadaan oikeaan kohtaan. Instrumentti pujotetaan lähelle eturauhasta virtsaputkea myöten. Terää pujotetaan ulos muovisesta instrumentista eturauhaseen sopiva määrä, jonka jälkeen sitä kuumennetaan. Luonnollista kehonlämpötilaa huomattavasti korkeampi lämpötila aiheuttaa ympäröivissä eturauhasen soluissa denaturaatiota. Tämän jälkeen lämmitys lopetetaan, ja terä vedetään sisälle instrumenttiin. Tämän jälkeen koko instrumentti vedetään pois, ellei prosessia tarvitse käyttää eturauhaseen laajemmin. Elimistö poistaa denaturoituneet solut, mikä johtaa eturauhasen pientymiseen. Instrumentissa on kaksi onkaloa, jossa toisessa kulkee itse terä, ja toisessa on sisällä tarvittavat sähköjohdot pään havaintolaitteille. Kärkikappale kiinnittyy ja lukittuu runkokappaleeseen. Kuviossa 1 on esiteltyä kärkikappaleen pää ja kuvioissa 2 ja 3 kärkikappaleen tyvi.



Kuvio 1. Kärkikappaleen pää mitoilla.



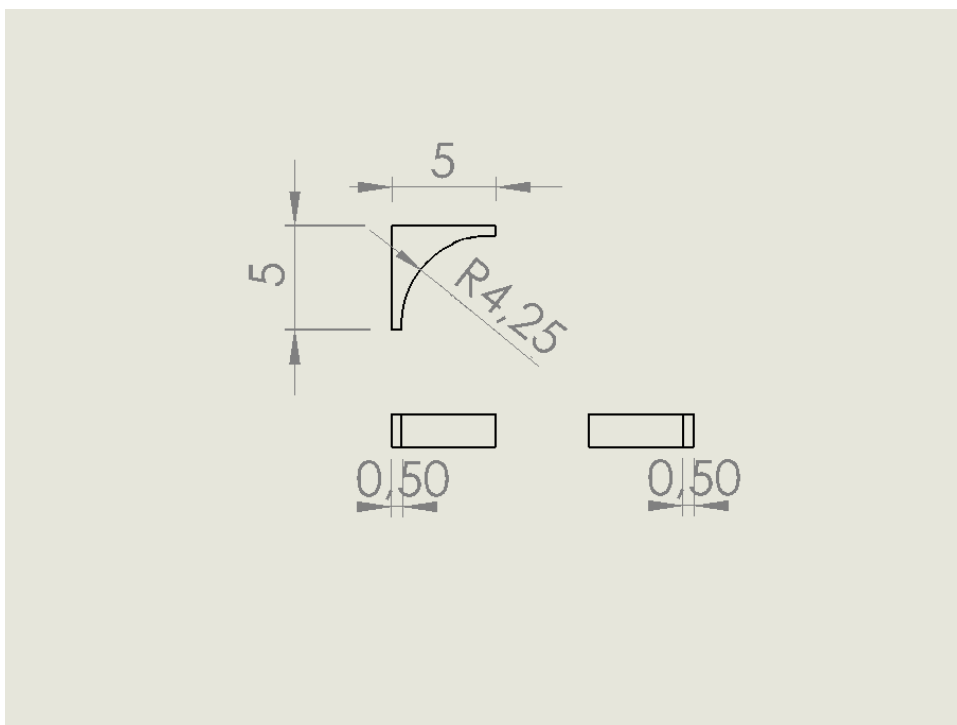
Kuvio 2. Kärkikappale tyven päädystä kuvattuna, mitoilla.



Kuvio 3. Kärkikappaleen tyvi, sivulta kuvattuna, mitoilla.

#### 4.4 Kärkikappaleen suunnittelu

Kärkikappaleen suunnittelussa oli omat haasteensa, sillä tila oli erittäin puutteellinen, ja laitteen kärkeen piti saada mahtumaan useampi komponentti. Tilaa piti olla itse terälle, ultraäänisondille, ja mahdollisesti vielä kameralle. Terän piti myös kääntyä instrumentin päässä, mikä toi omat haasteensa, sillä terä helposti pureutuu muoviseen runkoon. Tämän takia käännöskohtaan lisättiin metallinen kappale, joka sekä ohjaa terää että kestää sen toisin kuin muovi (ks. kuvio 4).

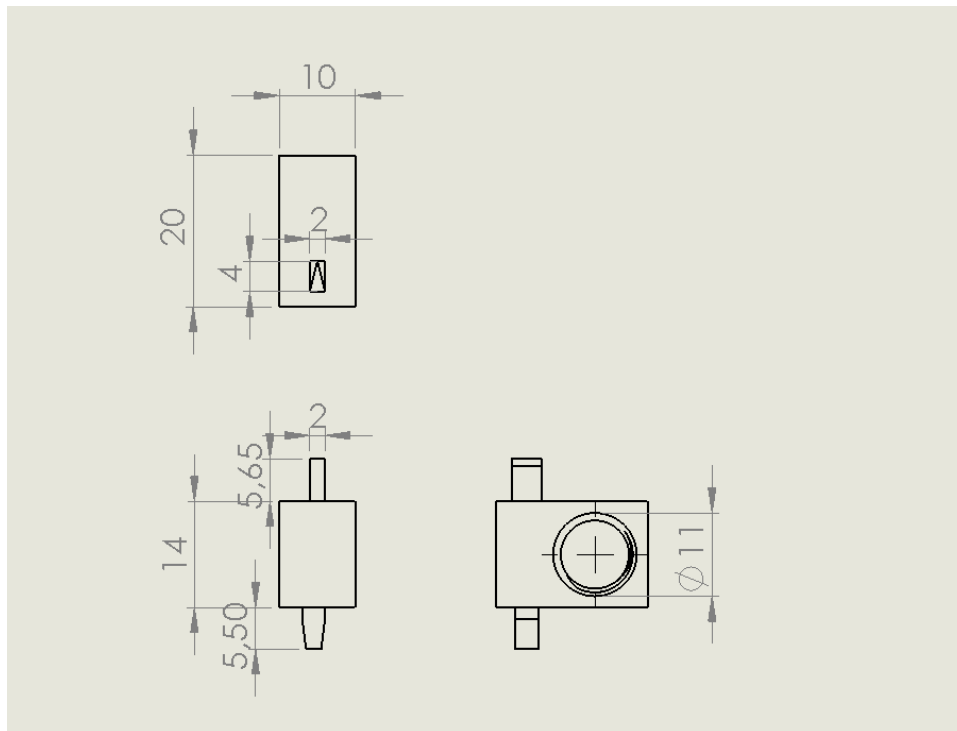


Kuvio 4. Kärkikappaleen metallikappale, mitoilla.

Ultraäänisondille piti myös suunnitella ja mallintaa oikean kokoisen ontelon lisäksi tasainen tarttumapinta, johon se kiinnitetään. Ultraäänisondille ja kameralle piti myös suunnitella ja mallintaa kanavat, joita pitkin niiden kaapelit kulkevat.

#### 4.5 Runko-osan toimintaperiaate

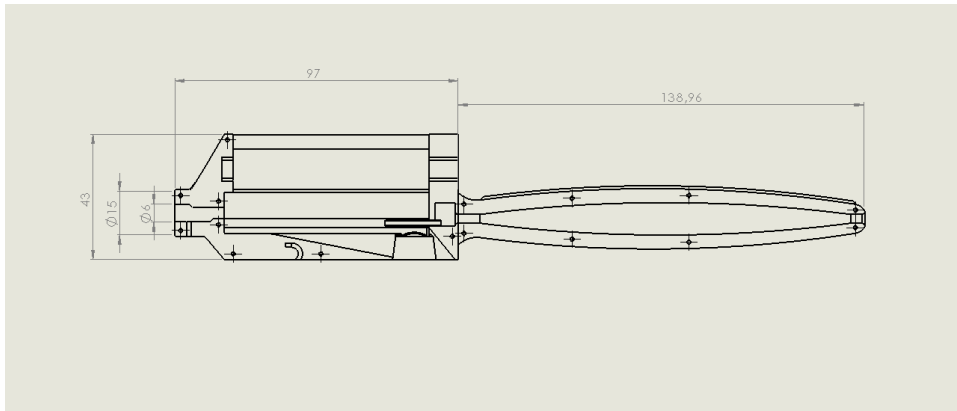
Runko-osa koostuu kahvasta, sekä varsinaisesta rungosta, joka sisältää liukuvat osat kärkiosaa varten. Kahvan sisällä kulkevat virtajohdot holkkiosaa varten. Rungon keskellä on liukuva osa, johon terän peräpää on kiinnittynyt. Liukuva osa eli holkkipala kulkee urissa, joissa on myös kuparilaatat kuljettamaan sähkövirtaa holkkiosaan johon terä on kiinnitetty. Kahvan sisällä kulkevat sähköjohdot on yhdistetty näihin kuparilaattoihin. Runko-osan yläosassa on mitta-asteikko ja indikaattori, joka kulkee liukuosan mukana. Indikaattori esitellään Kuviossa 5, ylimmässä näkymässä, 4mm x 2mm nuoli.



Kuvio 5. Kappale, jonka läpi kierretanko kulkee.

Tämän tarkoituksena on osoittaa laitteen käyttäjälle, kuinka paljon terää on työnnetty ulos instrumentin päästä. Runko-osan peräpäässä, kahvan juuren yläpuolella on pyöritettävä säädin, joka pyörittää rungon sisällä olevaa akselia, joka

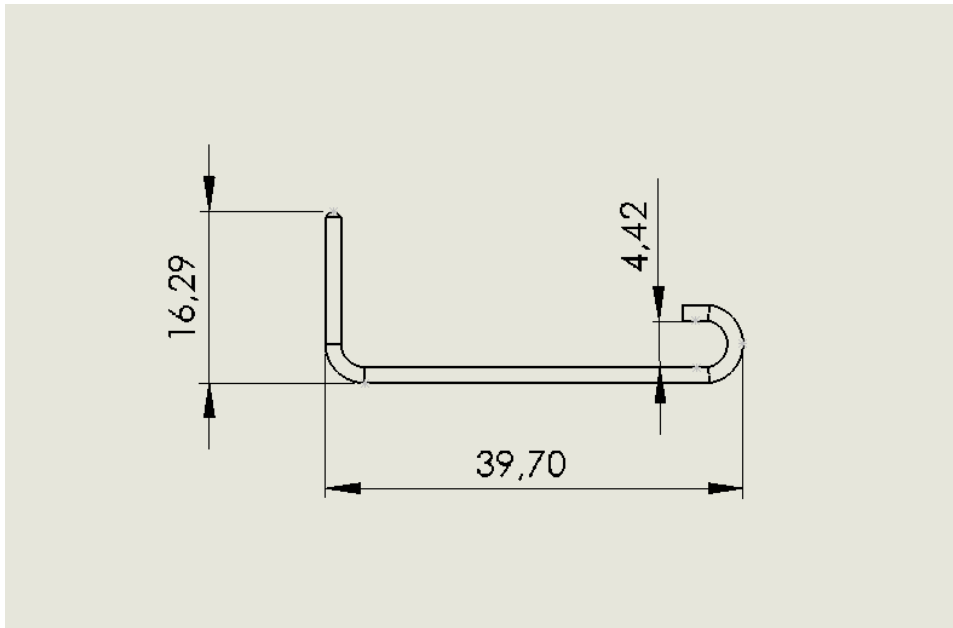
taas saa liukuosan liikkumaan eteen- ja taaksepäin. Kuparilaatoista toiden on uran koko pituudelta, mutta toinen on vain osapituudelta, jolloin holkkiosa saa virtaa vain terän ollessa ulkona tietyn pituuden.



Kuvio 6. Runko ja kahva sivulta, mitoilla.

Runko-osa tuli myös suunnitella niin, että sen yläosa erosi muodoltaan alaosasta, jotta käyttäjän olisi helpompi hahmottaa miten päin laite on. Alaosa laajenee pohjaa kohden, kun taas yläosassa on kapeneva huippu. Kahvan muodoksi valittiin yksinkertainen pyöreä, etu- ja takapästä kapeneva putki. Kahvaan myös lisättiin yläpuolelle pieni harjanne, tämäkin helpottamaan hahmottamaan sitä miten päin laite on käyttäjän kädessä.

Yksi vaihtoehto kärkiosan kiinnitysmekanismissa oli Seppo Haaviston ehdottama yksinkertainen jousilukitusmekanismi (Kuvio 7.). Tämä valittiin lopulliseksi ratkaisuksi, sillä erilaisten jousimekanismien tarkempi vertailu ja suunnittelu olisi vienyt liikaa aikaa. Tässä on kuitenkin mahdollinen jatkokehityskohde.



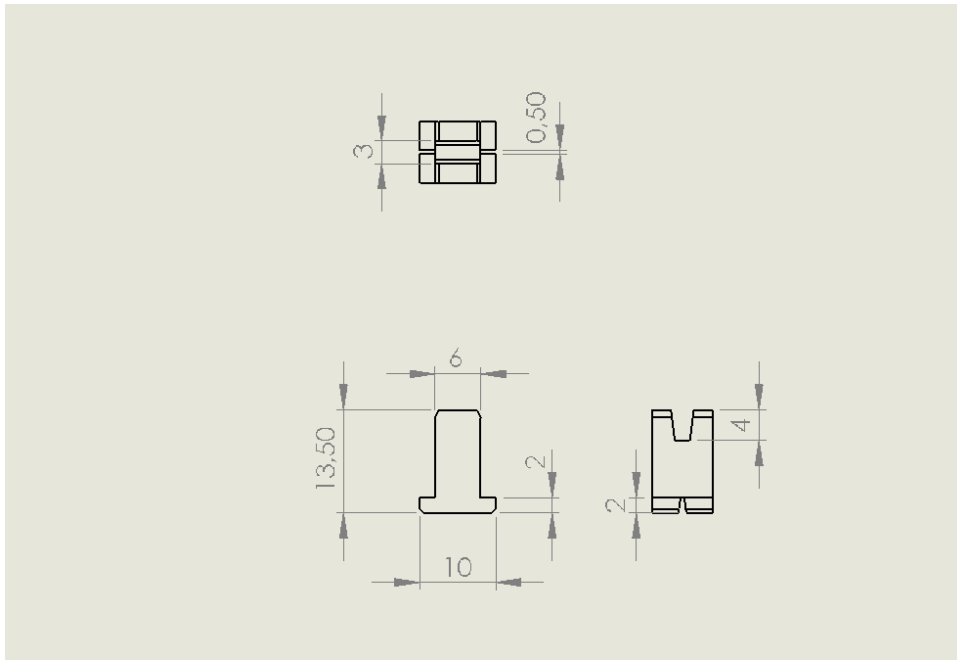
Kuvio 7. Lukitusjousi.

Pohjaan lisättiin reikä, jonka kautta terä ja holkki saadaan ujutettua paikalleen uraan sormeaa käyttäen. Laitteen yläosassa on mitta-asteikko, joka osoittaa kuinka paljon terä on liikkunut ulos instrumentin kärjestä. Pyöritettävän akselin ympärillä on osa, jonka yläosassa on merkitsin mitta-asteikkoa osoittamassa. Sama osa on yhteydessä liikkuvaan kappaleeseen, jossa terä on kiinni.

#### 4.6 Runko-osan suunnittelu

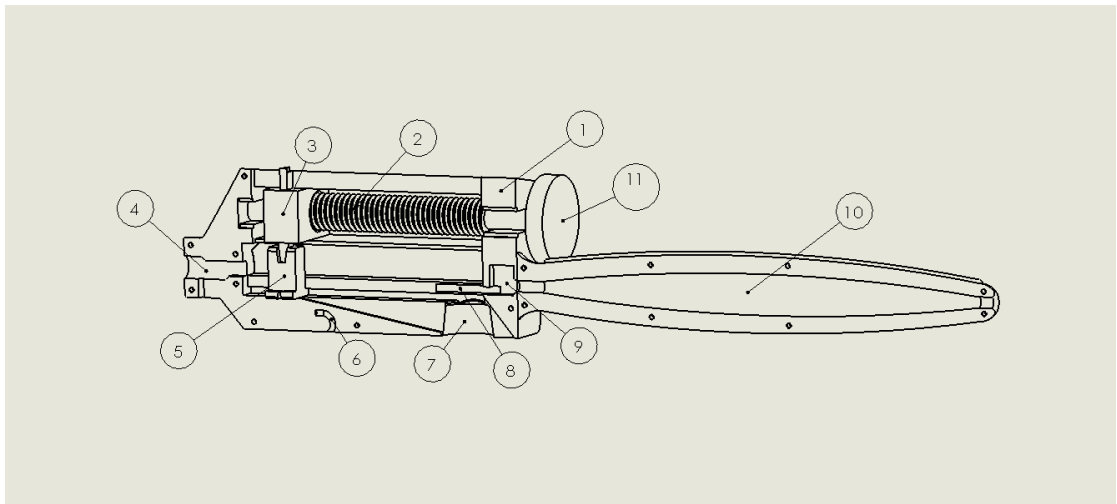
Rungon muodon suunnittelussa suuri tekijä oli saada siitä sen muotoinen, että käyttäjä aina tietäisi missä asennossa se on. Tämä tarkoitti sitä, että runko olisi epäsymmetrinen. Rungon alaosasta tehtiin tasainen, jotta se pysyisi pystyssä esimerkiksi pöydällä. Yläosasta taas suunniteltiin kapeneva, jotta rungon asennon olisi käyttäjän helppo havaita. Runko piti myös suunnitella kahtena kappaleena, sillä sarjatuotettu versio olisi tarkoitus valmistaa valamalla, ja tämä tekee kappaleen muodoille rajoituksia.

Rungon pohjaan myös tuli suunnitella aukko (Kuvio 9, kohta 7.), jota kautta voidaan asentaa paikoilleen instrumentin metallinen terä ja sen holkki (Kuvio 8.).



Kuvio 8. Metallisen terän holkki, joka liukuu urissa.

Aukon (Kuvio 9, kohta 7.) kautta saadaan ensin terä sisään kärkikappaleeseen, ja lopuksi holkki menee aukon läpi paikoilleen omille kiskoille, joissa on myös kupariset sähköjohtimet. Sähkövirta ei siis voi kulkeutua holkkiosaan ellei se ole oikealla kohdallaan.



Kuvio 9. Rungon ja kahvan puolikkaat sekä liikkuvat komponentit.

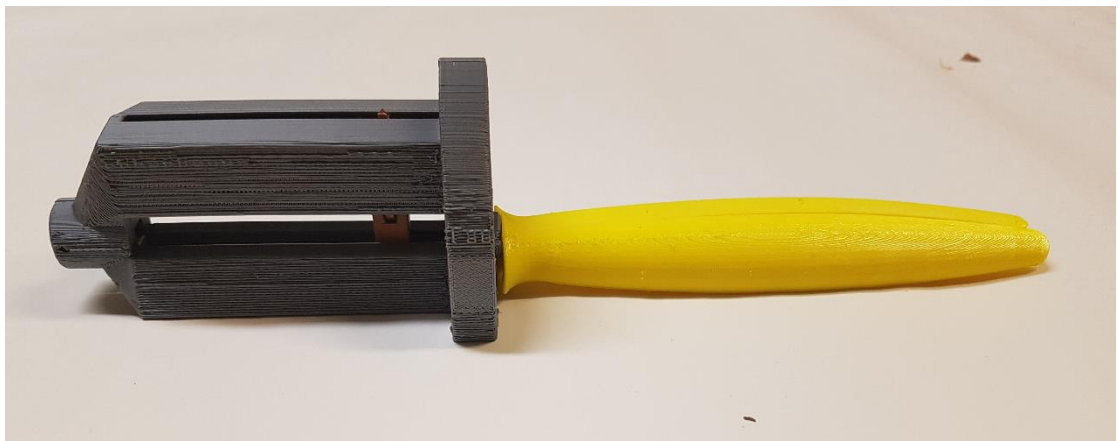
1: Laitteen runko

2: Kierretanko, joka liikuttaa kappaletta numero 3.

- 3: Kierretangossa oleva pala, jossa on mitan osoitinnuoli ja johon terän holkkipala liitetään.
- 4: Laitteen päässä oleva pyöreä aukko, johon puikkosondi liitetään. Kiinnitetään ja lukitaan jousilangalla alapuolelta.
- 5: Liikkuva terän holkkipala. Terä on tässä palassa kiinni. Holkkipala saa sähkövirtansa urissa olevien kiskojen (8) avulla.
- 6: Lukitusjousen kiinnityskohta rungossa.
- 7: Pohjan aukko, jota kautta terä ja sen holkki asennetaan paikoilleen uriinsa.
- 8: Kupariset kiskot, jotka johtavat sähkövirtaa holkkipalaan 5. Kiskot ovat eri mittaiset eri puolilla, ja niiden tarkoitus on johtaa sähkövirtaa holkkipalalle ainoastaan tietyillä terän asennoilla.
- 9: Rungon sisällä oleva ontto tila, jossa kahvan (10) kautta tulevat sähköjodot kiinnittyvät kuparikiskoihin.
11. Kierretangon (2) perässä ulkona oleva säädin, jota pyörittämällä terä saadaan liikkumaan eteen ja taakse.

## 5 Prototyyppi

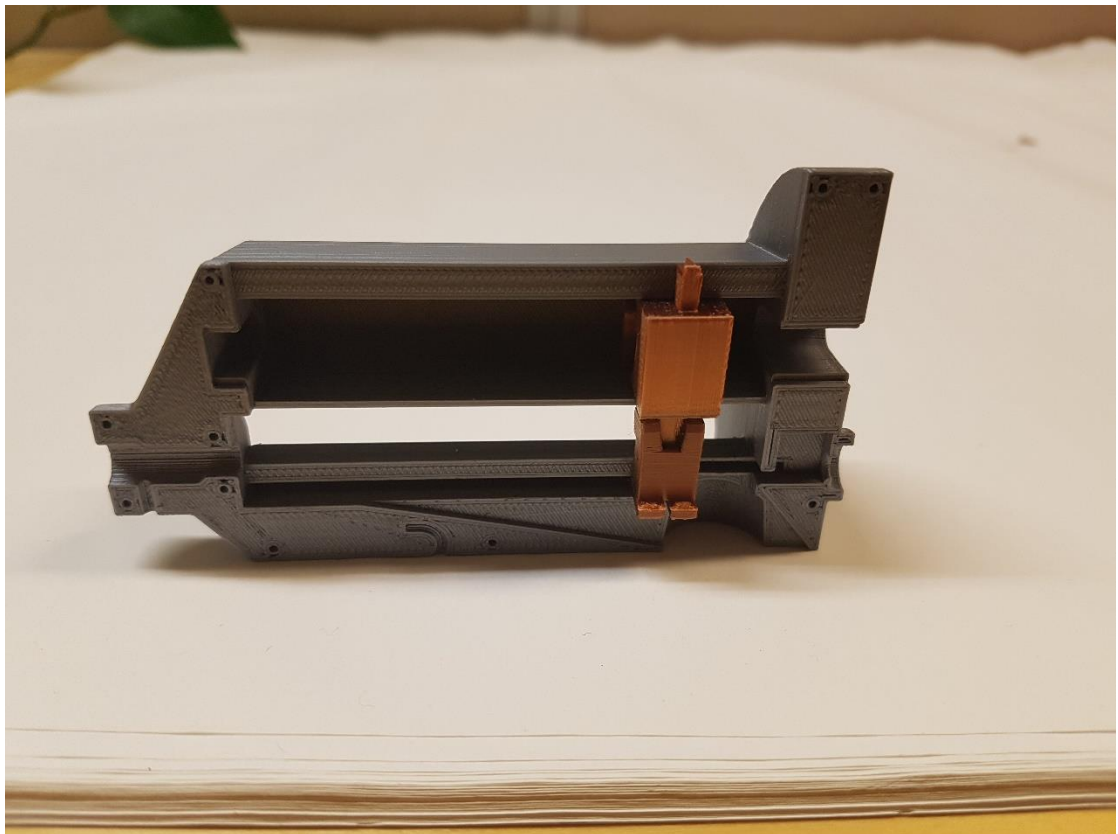
Laitteesta valmistettiin prototyyppikappale 3D-tulostamalla. Valmistettu prototyyppi ei ole toimiva laite, vaan sen tarkoitus oli antaa enemmänkin fyysistä ja konkreettista käsitystä laitteen mekaanisesta toiminnasta ja ergonomiasta. Prototyyppissä ei ole elektroniikkaosia, eikä laitteen kärkikappaletta.



Kuvio 10. Koottu prototyyppi

## 5.1 Runko-osa

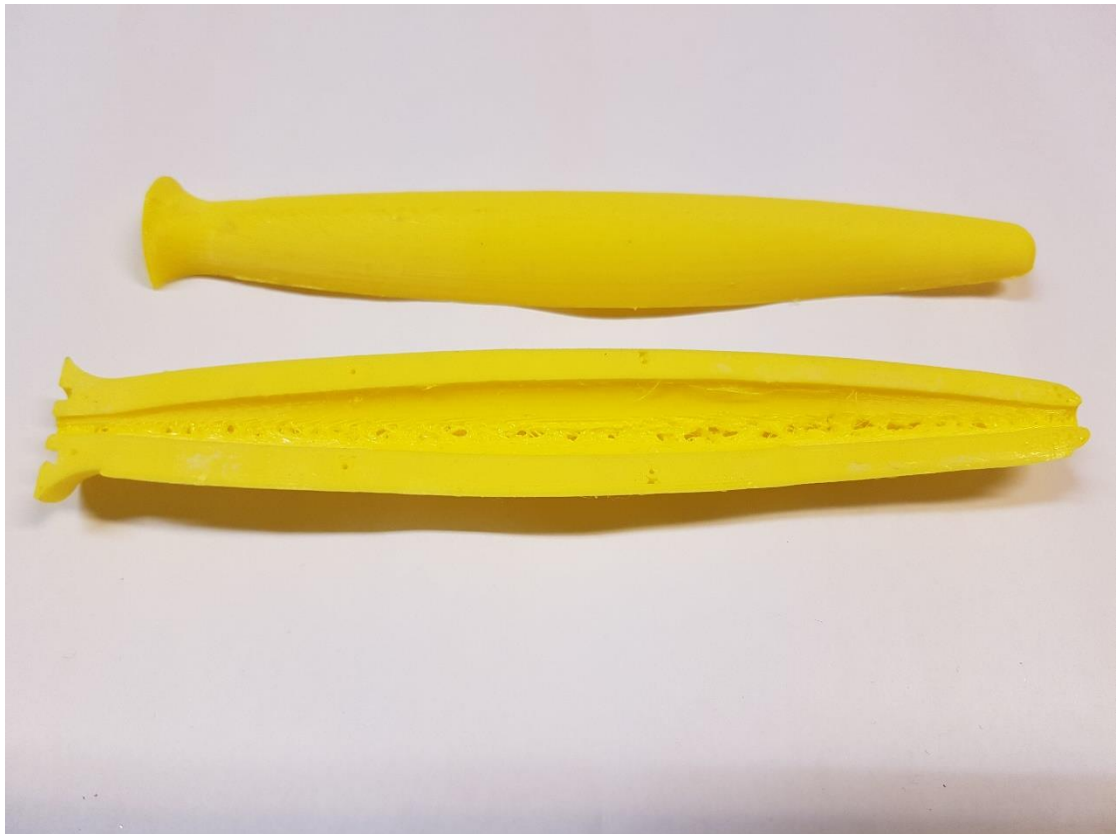
Runko-osa 3D-tulostettiin kahdessa osassa sen pituuden vuoksi. Pääasiallinen runko ja kahva erotettiin toisistaan 3D-mallissa, ja tulevaan liitoskohtaan mallinnettiin kiinnityskohdat, jotka prototyyppi olisi helpompi koota. Osat olivat myös pituussuunnassa halkaistu kahtia, koska malli esitti valukappaleita. Vain prototyyppi oli tarkoitus tehdä 3D-tulostamalla. Myös itse rungon sisään asennetaan valmistuksen jälkeen vielä osia, joten sitä ei voi valmistaa yhtenä kappaleena.



Kuvio 11. Toinen rungon puolikas, sekä liikkuvat osat paikoillaan.

## 5.2 Kahva

Kahva olisi mahdollista valmistaa yhtenä kappaleena, mutta senkin halkaiseminen kahtia helpotti 3D-tulostusta. Näin saadaan tasaiset pinnat tulostusalustaa vasten, ja myös paljon pienempi ala tarvitsee tukia tulostuksen aikana.



Kuvio 12. Ontto kahva.

Kahva on ontto koska se sisältää onkalon sähköjohtoille, jotka kulkevat sen kautta laitteen rungon sisälle. Laite saa virran sähköjohtoja pitkin jotka tulevat kahvan perästä, missä ne ovat mahdollisimman vähän käyttäjän tiellä.

### 5.3 Kärkikappale

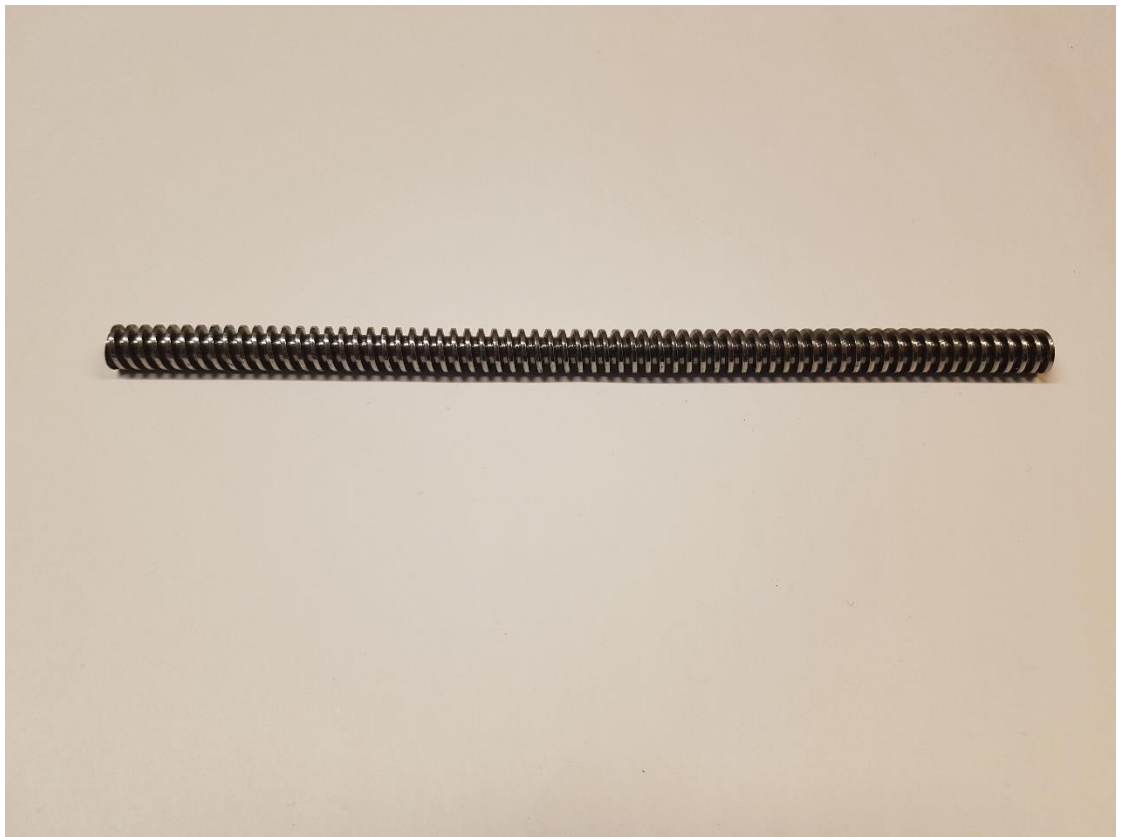
Kärkikappaleesta oli myös tarkoitus valmistaa prototyyppikappale, mutta 3D-tulostus ei ollut saatavilla olevilla laitteilla mahdollista, sillä kappale oli liian pitkä mahtuakseen tavalliselle tulostusalustalle. Myös oman 3D-tulostimen hankintaa harkittiin toimeksiantajan tiloihin, mutta tämän tielle tulivat kustannuskysymykset. Lopulta päädyttiin luopua tämän osan prototyypistä.

### 5.4 Muut osat

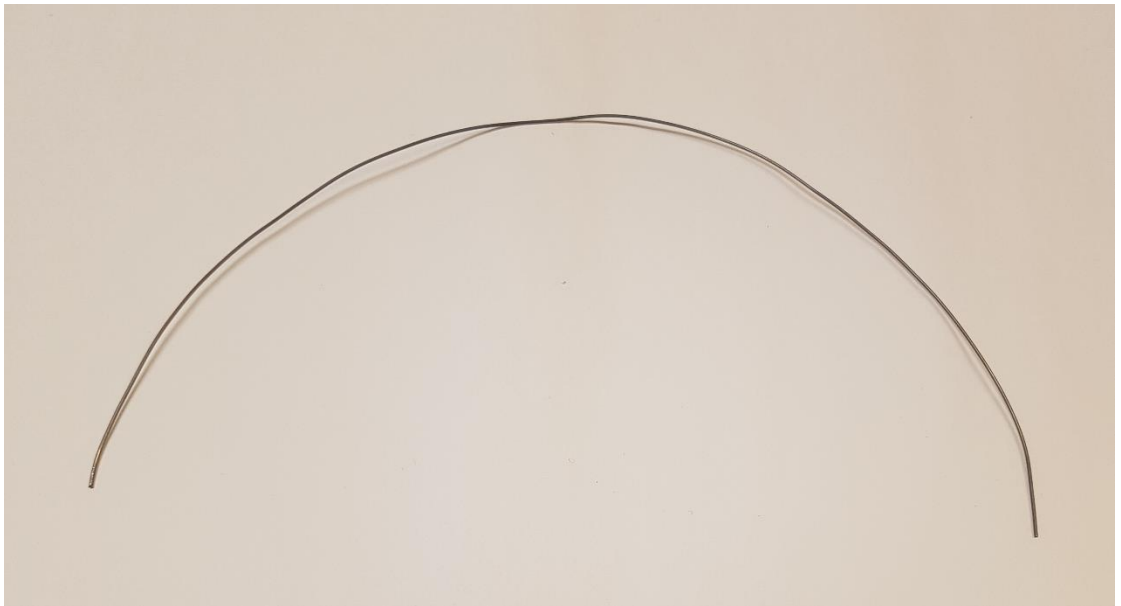
Muita osia olivat kierretanko, jota ei 3D-tulostettu sillä se on yleinen teräsosa. Terän holkista myös tehtiin mallintava kappale, joka ei kuitenkaan toimi käytännössä sen ollessa kokonaan muovista, eikä siten toimi elektronisesti. Terästä on myös teräslanka prototyypiksi. Kierretankoon tuleva liikkuva osa myös 3D-tulostettiin.



Kuvio 13. Kierretangon kappale ja terän holkki.



Kuvio 14. Kierretanko



Kuvio 15. Teräslanka



Kuvio 16. Säädin.

## 6 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella 3D-malli sekä prototyyppikappale Seppo Haaviston keksintöidealle. Suunnittelun lopputuloksena tavoitteet saatiin toteutettua eli luotiin valmiit 3D-mallit ja fyysiset muoviosien prototyypit.

Laitetta ei ole testattu ihmisillä tai millään simulaatiolla, sillä kaikkia tarvittavia osia ei vielä ole. Esimerkiksi elektroniikka puuttuu kokonaan. Oikea testaus olisi muutenkin pitkä ja vaikea prosessi. Laitetta on kuitenkin testattu ergonomian kannalta, eli miten hyvä sitä on pidellä kädessä, ja kuinka helppoa terän holkin asettaminen on. Valmista muottia ei myöskään suunniteltu, sillä sen toteuttaminen rajattiin opinnäytetyön ulkopuolella. Laite kuitenkin mallinnettiin niin, että muotti olisi mahdollisimman helppo tehdä. Tämä olisi kuitenkin oma jatkoprojektinsa.

Prototyyppiä ei olla testattu itse toimintaperiaatteen ja operaation kannalta. Laitteen käyttöergonomiaa kuitenkin testattiin. Laite koostuu myös useammasta kappaleesta, joten myös osien toisiinsa liittämistä ja teräosan asennusta ja poistamista pystyi testaamaan. Laite on tuntuu olevan sopivan kokoinen käteen, ollen tarpeeksi pienikokoinen jotta sen käsittely on helppoa ja tarkkaa. Laitteen epäsymmetrinen muoto helpottaa käsitystä sen asennosta käyttäjänsä kädessä. Tämä oli tarkoituksenmukaista jo suunnitteluvaiheessa ennen mallintamista, joten tämä tavoite saavutettiin. Laite kuitenkin vaatisi vielä paljon testausta toimivana prototyyppinä, mutta tämä ei ollut opinnäytetyön resursseilla mahdollista.

Opinnäytetyön mallinnuksen aikana Seppo Haavisto kertoi lisävaatimuksia laitteen suhteen, ja nämä toteutettiin itsenäisellä ideoinnilla. Suuntaa antavat mitat oli annettu laitteelle, mutta niitäkin joutui työn kuluessa muuttamaan. Työ oli suurimmin osin itsenäistä työskentelyä, ja ajoittain työn edistystä seurattiin ja kommentointiin, sekä kerrottiin parannusehdotuksia ja vaadittavia lisäominaisuuksia tuli myös ilmi. Vaikka ohjaus oli tarpeellista, se toi mukanaan myös omia haasteitaan. Lähinnä siinä muodossa, että jo suunniteltuja komponentteja ja mallinnuksia joutui useaan otteeseen muuttamaan ja parantamaan. Vaikka työ suurimmaksi osaksi oli itsenäistä suunnittelua, myös rajoitteita oli.

Kokonaisuutena opinnäytetyö mahdollisti perehtymisen yhteen konetekniikan sovellusalaan, ja osoitti 3D-tulostuksen hyödyt tuotekehitysprosessissa ja prototyypin

luomisessa. 3D-tulostaminen on verrattaen nopea tapa tehdä prototyyppikappale. Valmiista 3D-mallista valmiiseen kappaleeseen kestää parhaassa tapauksessa vain tunteja. Yhdessä 3D-mallinnuksen kanssa onkin mahdollista tehdä tehokkaasti muutoksia suunniteltavaan kappaleeseen, sillä muutettua mallia pääsee nopeasti kokeilemaan ja arvioimaan. Vaikka itse 3D-tulostin ei olisikaan kovin tarkka, sillä ei ole niin suurta merkitystä, koska prototyypin ei tarvitse olla viimeistelty.

## Lähteet

3D Printing Settings and Parameters, 2024. Viitattu 1.4.2024.  
<https://www.raise3d.com/academy/3d-printing-settings-and-parameters/>

3D Printing Software, 2024. Viitattu 1.4.2024.  
<https://www.raise3d.com/academy/3d-printing-software/>

Arffman, Valtteri, 2018. Ruiskuvaluprosessin parametrien vaikutus laaduntuottokykyyn. Viitattu 2.4.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805097325>

Denaturoituminen. Viitattu 4.11.2021.  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Denaturoituminen>

Dwemena, Michael, 2021. How to Monitor/Control Your 3D Printer Remotely for Free. Viitattu 1.4.2024. <https://3dprinterly.com/how-to-monitor-control-your-3d-printer-remotely-for-free/>

How To Create a Working Prototype in 7 Steps (Plus Benefits), 2023. Viitattu 16.4.2024. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/how-to-create-prototype>

How to Use a 3D Printer: A Beginner's Guide to 3D Printing, 2024. Viitattu 1.4.2024.  
<https://www.raise3d.com/academy/a-beginners-guide-to-3d-printing/>

Jokinen, Tapani, 2010. Tuotekehitys. Viitattu 15.4.2024.  
<https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/18edc1b1-02df-47af-994a-fedb63c997f6/content>

Järvelä, Pertti, Syrjälä, Kai & Vastela, Martti, 2000. Ruiskuvalu. 3. p. Tampere: TTKK-PAINO

Keskinen, Raimo, 1991. Muotinvalmistustekniikka

Liimatainen, Atte, 2022. Nostoapulaitteen suunnittelu. Viitattu 18.4.2024.  
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205179802>

Purtsi, Juhana, 2022. RUISKUVALUMUOTIN SUUNNITTELU – POM-kiekko. Viitattu 2.4.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022121930897>

Rf-ablaatio. Viitattu 4.11.2021. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rf-ablaatio>

Ruiskupuristus eli ruiskuvalu, 2024. Viitattu 2.4.2024.  
<https://suomenmuovituote.fi/tuotanto/ruiskupuristus-ruiskuvalu/>

The Ultimate Guide to the Failure Rate of 3D Printing. Viitattu 1.4.2024.  
<https://www.3d-printed.org/what-is-the-failure-rate-of-3d-printing/>

Transurethral needle ablation of the prostate. Viitattu 4.11.2021.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Transurethral\\_needle\\_ablation\\_of\\_the\\_prostate](https://en.wikipedia.org/wiki/Transurethral_needle_ablation_of_the_prostate)

Tuominen, Eetu, 2023. Radiolaitteen prototyypin kehitys. Viitattu 16.4.2024.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/807718/Tuominen\\_Eetu.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/807718/Tuominen_Eetu.pdf)

What is a 3D Printer: Working Method, Components & Characteristics, 2024. Viitattu 1.4.2024. <https://www.raise3d.com/academy/what-is-3d-printer/>

Zuza, Mikolas, 2018. How to repair corrupted 3D models for printing. Viitattu 1.4.2024. [https://blog.prusa3d.com/repair-3d-models-errors\\_7529/](https://blog.prusa3d.com/repair-3d-models-errors_7529/)