

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Into Tuutijärvi

TÄKYRAKSIHUPPUAIHIO

Opinnäytetyö
Tammikuu 2020

**OPINNÄYTETYÖ****Tammikuu 2020****Konetekniikan koulutus**

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä

Into Tuutijärvi

Nimeke

Täkyraksihuppuaihio

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön pohjana toimi tekijän intohimo kalastusta ja vieheenrakennusta kohtaan sekä halu oppia eri valmistustekniikoista myös itse tekemällä käytännön kautta. Markkinoilla oli olemassa vastaaventyypisiä tuotteita, mutta kanssaharrastajien kanssa keskustelemalla vaikuttaisi siltä, että tässä opinnäytetyössä tehdyille pelkistetyille tuotteelle on kysyntää. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää mahdollisimman yksinkertainen puolivalmisteinen täkyraksihuppu.

Opinnäytetyössä perehdytään oman tuotteen pohjalta tuoteideaan, tuotesuunnitteluun, prototyypin valmistukseen, työkalun valmistukseen ja ongelmien ratkaisemiseen tuotantotyökaluun liittyen. Lopuksi käsitellään valmiista tuotteesta saatua loppukäyttäjien palautetta.

Kautta historian kalastajilla on ollut tarve vaikuttaa omiin pyyntivälineisiin ja -menetelmiin muokkaamalla jo valmiina olevia välineitä tai rakentamalla ne itse alusta loppuun saalis määrän parantamiseksi. Tässä opinnäytetyössä kehitelty tuote on puolivalmiste, jota jatkojalostamalla kalastusharrastajat voivat itse vaikuttaa tuotteen lopullisiin ominaisuuksiin ulkonäön ja toimivuuden kannalta.

Kieli

suomi

Sivuja 37

Liitteet 4

Liitesivumäärä 6

Asiasanat

ruiskuvalu, koneistaminen, täkyraksihuppu



THESIS

January 2020

**Degree Programme in Mechanical
Engineering**

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600 (switchboard)

Author

Into Tuutijärvi

Title

Blank Bait Holder

Abstract

This thesis was inspired by the author's passion for fishing and lure building and desire to learn about different manufacturing processes by making the lures oneself in practice. There were similar products available but by discussing with other fishing enthusiasts it appears that there would be a niche for this kind of simplified product. The goal of the thesis was to develop as simple semi-finished blank bait holder as possible.

In this thesis the product idea, product design, making the prototype and the manufacturing tool and problem solving regarding the manufacturing tool are discussed. Feedback from the end users is also addressed at the end of the thesis.

The fishermen throughout the history have had a basic need to be able to have an effect on their fishing gear and methods by customizing the gear already available or building it from start to finish. The product developed during this thesis is a semi-finished product on which by completing the final appearance and functionality the fishing enthusiasts can leave a handprint of their own.

Language

Finnish

Pages 37

Appendices 4

Pages of Appendices 6

Keywords

injection molding, machining, bait holder

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Teoria.....	7
2.1	Koneistaminen	7
2.1.1	Poraus	7
2.1.2	Jyrsintä	7
2.1.3	NC–työstö.....	8
2.1.4	Hionta ja tasohionta	9
2.2	Kipinätyöstö ja lankasahaus	10
2.3	Tuotesuunnittelu ja muotoilu	10
2.3.1	Tuotesuunnittelu	11
2.3.2	3D-CAD/CAM	12
2.4	Muovituotteen valmistusmenetelmät.....	12
2.4.1	Ruiskuvalu	13
2.4.2	Tyhjiömuovaus.....	14
2.4.3	3D–tulostus.....	14
3	Projektin toteutus	15
3.1	Tuotekehitys ja suunnittelu	15
3.1.1	Tuotteen ominaisuudet ja vaatimukset	15
3.1.2	Siiman lukitus.....	16
3.1.3	Muotin muokkaaminen omalle tuotteelle.....	17
3.2	Materiaalin valinta.....	18
3.2.1	Polystyreeni, PS ja SB.....	19
3.2.2	Akryylinitriilibutadieenistyreeni, ABS	20
3.2.3	Polykarbonaatti, PC	20
3.3	Muovien teknisten ominaisuuksien vertailu.....	21
4	Ruiskuvalumuotin testaus ja käyttö.....	23
4.1	Ruiskuvalujakso.....	23
4.2	Toimenpiteet muotille ennen koeajoa	25

4.3	Koeajot	26
4.3.1	Oikeiden työstöparametrien asettaminen	26
4.3.2	ABS LUCKY MP-220 NATURAL (valkoinen huppu)	27
4.3.3	ABS STAREX CT-0520T (kirkas huppu)	28
4.3.4	KUMHO ABS 750SW (valkoinen huppu)	30
4.3.5	LG MABS TR557 (kirkas huppu)	31
4.4	Kustannuslaskelmat.....	32
5	Loppukäyttäjien palaute	33
5.1	Numeroarviointiosan keskiarvo.....	33
5.2	Sanallisen palautteen yhteenveto	34
6	Lopuksi	34
	Lähteet.....	37

Liitteet

Liite 1	Loppukäyttäjien palautelomake
Liite 2	Muotinosien nimet
Liite 3	Muotin päämitat
Liite 4	Tuotteen mitat

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aihe tuli omasta kalastusharrastuksesta ja halusta kehittää pieni täkyraksihuppuaihio vetouisteluun. Tavoitteenani oli tehdä toimiva ruiskuvalu-muotti omalle tuotteelle. Opinnäytetyössä käyn läpi tuotteen valmistukseen liitty-vän työkalun valmistuksen eri vaiheita ja työmenetelmiä, joilla saadaan muokat-tua vanhasta ruiskuvalu muotista toisenlaiselle tuotteelle soveltuva valmistustyökalu. Lisäksi perehdyn ruiskuvaluprosessiin oman muotin johdatuk-sella.

Täkyraksihuppua käytetään vetouistellessa luonnollisella tai keinotekoisella täky-kalalla. Raksihupun tehtävä on pitää täkykala ja koukut rigattuna eli yhteen nivot-tuna vieheenä ja antaa täkykalalle halutunlainen uinti.

Ruiskuvalu muotin rungon sain Pohjois-Karjalan Aikuiskoulutuskeskukselta, jossa se oli ollut opetuskäytössä, mutta tilojen siivouksen yhteydessä se olisi mennyt romuttamoon. Muotti oli täysin toimiva, ja siinä oli mukana kaikki tarpeellinen. Ai-noastaan muotti oli suunniteltu erilaiselle tuotteelle.

Suoritin opintoihini kuuluvan työharjoittelun Pohjois-Karjalan Aikuiskoulutuskes-kuksella, jolloin muottirunko tuli minulle niin sanotusti palkkana. Teoriaosiossa käydään läpi koneistamista, tuotteen suunnittelua ja muovituotteen valmistusta. Toteutuksessa kerrotaan, miten teoriassa selitetyt menetelmiä sovellettiin, jotta saatiin aikaan tarkoitukseen sopiva valmistustyökalu. Opinnäytetyön loppupuol-lella käsittelen loppukäyttäjiltä saatua palautetta valmiista tuotteesta.

2 Teoria

2.1 Koneistaminen

Metallista työkappaletta muovattaessa eri muotoihin poistamalla siitä paloja tai lastuja, tarkoitetaan sillä metallin työstöä. Muovaaminen voi tapahtua joko käsin tai koneellisesti. Metallia työstettäessä koneellisesti puhutaan koneistamisesta. Koneistamiseksi määritellään sellainen työstö, missä terällä irrotetaan työkappaleesta ainetta mekaanisesti: jyrshintä, sorvaus, hionta, poraus ja sahaus. (Maaranen 2007, 12.)

Koneistamistapoja on monia. Teoriaosiossa selostetaan sellaiset osa-alueet, joita on sovellettu muottirungon muokkaamiseen halutunlaiseksi.

2.1.1 Poraus

Poraamisessa käytetään työkaluna yleisimmin kierukkaporaa. Poraustapahtumassa pyörivä terä syötetään työkappaleeseen. Tällä tavoin saadaan aikaiseksi lieriömäinen epätarkka reikä. Jos reiältä vaaditaan tarkkuutta, se joudutaan työstämään uudelleen väljentimellä ja kalvaimella. Poraaminen on tehokkain materiaalin poistomuoto koneistuksessa. Muita poraamisen kaltaisia työvaiheita ovat upottaminen ja kartioupottaminen ja kierteyttäminen. (Maaranen 2007, 42-65.)

Nykypäivänä pyritään tekemään mahdollisimman monta työvaihetta samalla kiinnityksellä ajan säästön vuoksi. Tästä syystä työstökeskukset hoitavat jyrshinnan ohella myös poraamisen, kalvaamisen ja niin edelleen.

2.1.2 Jyrshintä

Jyrshminen on lastuava työstömenetelmä, jossa pyörivää jyrshinterää käytetään materiaalin irrottamiseen työkappaleesta. Työkappale on kiinni jyrshinkoneen pöydässä, esimerkiksi koneruuvipuristimessa tai kiinnitysraudoilla. Jyrshinkoneessa

syöttöliikkeet (x-suunta ja y-suunta) ovat pöydänliikkeitä. Terän pyöritys ja syvyys-suunta (z-suunta) ovat karan liikkeitä. (Maaranen 2007, 173.)

Jyrsinkone on konepajan monipuolisin kone. Sillä pystytään valmistamaan muun muassa tasomaisia tai käyriä pintoja, uria, viisteitä, upotuksia sekä hammastuksia. Tänä päivänä monimutkaisten 3D-muotojen valmistaminen on tullut mahdolliseksi tietokoneohjauksen (CNC) myötä. Lisäksi jatkuvasti kehittyvät terämateriaalit helpottavat työstökoneella kappaleiden valmistusta.

2.1.3 NC-työstö

NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
CNC	Computer Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
DNC	Distriputed Numerical Control, tietojen siirto työstökoneelle ilman välittävää tietovälinettä

NC-työstökone ei eroa lastuamisteknisesti oleellisesti manuaalikoneesta, sillä niissä käytetään samoja työstöarvoja ja työvälineitä. Suurin ero on ohjaustapa: manuaalikonetta ohjaa ihminen ja NC-konetta tietokone. Vaikka NC-koneen liikkeet ovat automaattisia, on työstöohjelma laadittava etukäteen siten, että työvälineet, työstöradat ja työstöarvot ovat käytettävässä ohjelmassa oikein. (Maaranen 2007, 249.)

Koneistuksen automatisoinnilla saavutetaan seuraavanlaisia etuja:

- Työstöajat lyhenevät. Varsinkin monimutkaisten kappaleiden ollessa kyseessä.
- Työkappaleiden ja työkalujen asetusajat lyhenevät. Voidaan valmistella seuraava kappale koneistukseen edellisen ollessa valmistumassa. Työkalut voidaan vaihtaa koneen ulkopuoliseen makasiiniin.
- Hukkakappaleiden määrä vähenee. Toimiva ohjelma toimii aina samalla tavalla ja toistaa kappaleen yhä uudelleen. Toimiva työstöohjelma poissulkee inhimilliset erehdykset.
- Ohjelma säilyy tallennettuna, jolloin tuotteen muuttaminen on helppoa.

- Kappaleen suunnittelun mahdollistuminen tietokoneella, minkä yhteydessä yleensä valmistuu NC–työstöohjelma kappaleen valmistusta varten.
- Tuotanto tehostuu ja kilpailukyky paranee, kun yksi koneistaja voi hoidella useampaa NC–koneetta ajettaessa sarjatuotantoa.
- Työkappaleiden läpimenoaika lyhenee, jolloin materiaaleihin sidottu pääoma pienenee.
- Yksitoikkoiset ja vaaralliset työt voidaan suorittaa koneella. (Maaranen 2007, 249-250.)

Automatisoinnista aiheutuu myös haittoja. NC–koneiden hankintahinta on korkea. Monimutkaiset ohjausjärjestelmät ovat herkkiä häiriöille, ja niiden korjaus on kallista. Työstökone ei myöskään tuota korjauksen aikana. Automatiikka vähentää työvoiman tarvetta, mutta luo osaltaan uusia työtehtäviä. (Maaranen 2007, 250.)

2.1.4 Hionta ja tasohionta

Hionta on yksi lastuamisen työstön osa-alueista. Hionnassa työstettävän kappaleen pinnasta poistetaan ainetta yleisimmin pyörivän hiomalaikan avulla. Hiomalaikka sisältää pieniä hiontajyväsiä, mitkä on sidottu yhteen hiomalaikaksi sideaineella. Suurin ero muihin lastuaviin työstömenetelmiin on se, että hiomalaikassa on huomattavasti suurempi määrä lastuavia teriä eli hiomajyväsiä. Jokaisessa hiomajyväsessä on useita leikkaavia särmiä, jotka irrottavat ainetta työkappaleesta. (Maaranen 2007, 67.)

Tasohionta on hiontamenetelmä, jossa valmistetaan tasomaisia ja suoria pintoja. Tyypillisiä tasohiottavia kappaleita ovat erilaiset suorat ja laattamaiset koneen osat ja karkaistut levyt, joilta vaaditaan hyvää mittatarkkuutta, suoruutta ja hyvää pinnanlaatua. (Maaranen 2007, 78.)

Hionnan käyttöalueita ovat:

- koneistettujen osien mittaan hiominen ja pinnanlaadun parantaminen
- työkalujen ja terien teroitushionta
- purseiden ja särmien poisto koneistetusta kappaleesta

- levy- ja teräsrakenteiden sekä valukappaleiden rouhinta-, sovitus- ja puhdistushionta. (Maaranen 2007, 67.)

2.2 Kipinätyöstö ja lankasahaus

Kipinätyöstöä käytetään, kun työstettävä kappale on vaikean muotoinen tai työstettävä materiaali on muutoin vaikeasti työstettävissä perinteisillä lastuavilla menetelmillä. Kipinätyöstössä johdetaan sähkövirta elektrodista työkappaleeseen väliaineen läpi. Tämä sähkövirta aiheuttaa kipinäntiä, minkä avulla työkappaleesta poistetaan ainetta, jonka väliaineena toimiva neste kuljettaa/huuhtelee pois. Elektrodin tulee olla hyvin sähköä johtavaa ainetta, esimerkiksi kuparia. Lisäksi työstettävän kappaleen pitää myös johtaa sähköä. Kipinätyöstön eri osalujuita ovat upotus, lävistys, kaiverrus, leikkaus eli lankasahaus sekä hionta. (Maaranen 2007, 322.)

Lankasahauksessa elektrodina toimii jatkuvasti työkappaleen läpi kulkeva kupari- tai messinkilanka. Tällä tavoin estetään langan ylikuumentuminen, joka johtaisi langan katkeamiseen. Lankasahauskoneet ovat yleensä numeerisesti ohjattuja, jolloin sillä pystytään tekemään tarkkoja ja monimutkaisia muotoja. Lankasahausta käytetään yleisesti teollisuudessa työkalun valmistuksessa. Lankasahausta voidaan verrata vannesahaukseen, sillä erolla, että lanka lävistää vain kertaalleen työkappaleen, eikä kierrä yhä uudelleen leikkuutapahtumassa, vaan poistuu sitä myöten käytöstä. (Maaranen 2007, 323.) Ruiskuvalumuotin valmistuksessa lankasahausta käytetään ulostyöntimien reikien valmistukseen, reikien ja sovitusten tekoon ja työkappaleen muotoiluun karkaisun jälkeen.

2.3 Tuotesuunnittelu ja muotoilu

Kattavaan tuotesuunnitteluun kuuluu tekninen suunnittelu, mekaniikka- ja sähkösuunnittelu sekä muotoilu. Teknisessä suunnittelussa pyritään saamaan aikaan toiminnoiltaan toimiva tuote. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelussa otetaan huomioon tuotteen turvallisuus ja kestävyysasiat. Muotoilulla pyritään luomaan tuotteesta visuaalisesti ja ergonomisesti toimiva tuote. (Kurri 1999, 68.)

Tuotekehityksessä on pyrkimyksenä luoda uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Alkuideoista 3 %, aloitetuista projekteista 13 % ja markkinoilla olevista tuotteista 50 % johtavat kannattavaan tuotantoon. Tästä syystä tuotekehityksellä on tärkeä rooli teolliseen ja myös käsityövaltaiseen tuotantoon liittyen.

Tuotesuunnittelu voidaan jakaa karkeasti viiteen eri osaan:

1. idea
2. prototyypin valmistus
3. valmis tuote kokeiluun
4. tuotanto ja markkinointi
5. jälkityö. (Kurri 1999, 68.)

2.3.1 Tuotesuunnittelu

Nykyaikaisessa yrityksessä tuotesuunnittelu tehdään CAD–ohjelmistolla (Computer Aided Design). CAD–ohjelmistolla mallinnetaan ja suunnitellaan tuotteen muodot, mitat ja kokonpanon osat. CAD–mallinnuksien pohjalta luodut kuvat siirretään CAM–ohjelmaan (Computer Aided Manufacture), jossa luodaan työstökoneille sopivat ohjelmat esimerkiksi valmistustyökalun osien valmistamista varten. Perusolettamukseltaan muovituotteen suunnittelu ei eroa paljoakaan esimerkiksi metallituotteen suunnittelusta. (Kurri 1999, 69-70.)

Muovituotteen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon, miten ne käyttäytyvät eri olosuhteissa, mitä vaatimuksia materiaalilta vaaditaan esimerkiksi pinnoituksen suhteen ja millä tavalla muovimateriaalia aiotaan muovata valmiiksi tuotteeksi. Erikoisosaamista muovituotteen suunnittelussa vaaditaan muovityökalun suunnittelussa. Suurin osa muovituotteista valmistetaan sarjatuotantona, jolloin työkalun toimivuudella ja tarkoituksenmukaisuudella on suuri merkitys. (Kurri 1999, 69-70.)

Yleisesti luullaan, että tuotteen muotoilu liittyy vain tuotteen ulkonäköön. Käsitys ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan tuotteen muotoilu vaikuttaa suorasti tai epäsuorasti moniin seikkoihin. Muotoilulla on suuri vaikutus tuotteen käytettävyyteen, valmistettavuuteen ja markkinointiin. Muotoilussa tulee ottaa huomioon kaikki

tuotesuunnittelun eri osa-alueet ja valita, millä lailla nämä vaikuttavat tuotteen ominaisuuksiin ja käytettävyyteen. Yksinkertaisen tuotteen ollessa kyseessä suunnittelija tai muotoilija vastaa yleensä yksin tuotteen muotoilusta, ominaisuuksista ja esteettisyydestä. (Kurri 1999, 69-70.)

2.3.2 3D-CAD/CAM

3D-CAD/CAM-tekniikka on helpottanut vaikeiden kaksoiskaarevien pintojen valmistusta työstökoneella. Ennen nämä pinnat on valmistettu kopiotyöstökoneella esimerkiksi käsin valmistetusta puumallista kopioimalla sen muoto haluttuun kappaleeseen. Tämä menetelmä on hidas ja työläs. Kopiotyöstön on korvannut 3D-CAD/CAM-järjestelmä, missä CAD-osiossa luotu pinta-/muotoinformaatio voidaan siirtää edelleen CAM-järjestelmään. CAM-järjestelmässä luodaan työstöradat, joiden avulla pystytään valmistamaan kyseinen kappale. (Laakso 1998, 208.)

Monimutkaisen muotokokonaisuuden ollessa kyseessä saattaa aiheutua ongelmia. Ongelmat ovat usein datan hajoaminen, tai CAD:issa mallinnettuihin pintoihin ilmestyy epäjatkuvuuskohtia tai reikiä. Tästä syystä suunnittelijat ja työkalunvalmistajat pyrkivät käyttämään samaa CAD/CAM-ohjelmistoa. Tällä vähennetään tiedonsiirrosta johtuvia ongelmia, ja myös muun tuotetiedon kuin geometrian siirtäminen osapuolten välillä on mahdollista. Ohjelmien ei tarvitse olla välttämättä saman valmistajan ohjelmia. Toimivuuden varmistamiseksi riittää, kunhan ohjelmien valmistajat ovat tehneet keskinäistä tuotekehitystä järjestelmiensä yhteen sopimiseksi. Tällainen tuotekehityksen tulos on muun muassa SolidWorks CAD-ohjelma ja MasterCAM työstöratujen luontiohjelma. (Laakso 1998, 208-209.)

2.4 Muovituotteen valmistusmenetelmät

Tässä osiossa kerrotaan teoriassa kolme opinnäytetyössä käytettyä muovin muovausmenetelmää. Ruiskuvalu liittyy valmistamaani ruiskuvalumuottiin, tyhjiömuovaus ja 3D-tulostus prototyyppien valmistamiseen.

Tulevaisuudessa ja tekniikan kehittyessä 3D–tulostus voisi olla yksi varteenotettavia tuotantomenetelmiä. Jo nykyisellä tekniikalla 3D–tulostuksella voi tehdä tehokkaasti pieniä sarjoja.

2.4.1 Ruiskuvalu

Tuotantomenetelmänä ruiskuvalu on Suomessa suhteellisen uusi. Suomen ensimmäinen ruiskuvaluyritys Sarvis Oy aloitti toimintansa 1940-luvulla. Ensimmäiset suomessa valetut ruiskuvalutuotteet olivat nappeja, kampoja ja taloustarvikkeita. 1940-luvulla koneet olivat käsikäyttöisiä, mutta tekniikka kehittyi nopeasti koneiden osalta. 1950-luvulla siirryttiin mäntäpuristeisista koneista kierukkaruuvirakenteisiin, ja jo 1960-luvulla ruiskuvalukoneisiin tuli mukaan elektroninen ohjaus. 1970-luvulla markkinoille tulivat ensimmäiset mikroprosessoriohjatut koneet. 1980-luvulla tehtiin ensimmäiset johteettomat koneet ja 1990-luvulla kehitettiin täyssähköinen, CNC–ohjattu ruiskuvalukone. Nykyajan tuotanto on hyvin pitkälle automatisoitua ja vaativatkin kappaleet pystytään valmistamaan kerralla valmiiksi kehittyneiden muottiratkaisujen ansiosta. (Kurri 1999, 71-72.)

”Lyhyesti määriteltynä ruiskuvalu on valmistusmenetelmä, jossa täysin automatisilla tietokoneohjatuilla koneilla ja oheislaitteilla valmistetaan erilaisia kestopuo- visia kappaleita” (Kurri, Malen, Sandell & Virtanen 1999, 72). Ruiskuvaluprosessissa muovimateriaali lämmitetään homogeeniseksi massaksi sulatussylinderissä sähkön ja kierukkaruuvien pyörimisestä aiheutuvan kitkan avulla. Sulanut massa ruiskutetaan nopeasti korkean paineen alaisena tasalämpöiseen eli temperoituun muottiin. Muotissa massa jähmettyy, jolloin muotti voidaan avata ja kappale työntää ulos tietyn jäähdytysajan kuluttua. (Kurri ym. 1999, 72.)

Ruiskuvalukoneet, -muotit ja niiden oheislaitteet ovat kalliita, mutta muovimateriaali on edullista. Ruiskuvalu sopii valmistusmenetelmänä suurten sarjojen valmistamiseen, tai jos kyseistä tuotetta ei pystytä muuten valmistamaan. (Kurri ym. 1999, 72.)

2.4.2 Tyhjiömuovaus

Tyhjiömuovaus on yksi muovien lämpömuovauksen osa-alue. Yleisesti lämpömuovauksessa jatkojalostetaan lämmittämällä, taivuttamalla ja alipaineen avulla puolivalmisteita, pääasiassa muovilevyjä halutunlaisiksi. (Kurri ym. 1999, 122.)

Tyhjiömuovauksessa muovilevy asetetaan muotin päälle ja lämmitetään se, minkä jälkeen levy imetään alipaineella muotin pintaa vasten. Näin saadaan aikaan haluttu muoto levyyn muotin pinnasta. Tyhjiömuovaus on hyvä ja halpa keino valmistaa prototyyppisiä, ei mittatarkkoja tuotteita ja sellaisia tuotteita, joiden valmistusmäärät eivät ole kovin suuria. Tyhjiömuovaamalla valmistettu tuote on yleensä puolivalmiste, joka pitää viimeistellä käsityönä. Tämä lisää tuotteen kustannuksia. (Kurri ym. 1999, 122-123.)

2.4.3 3D-tulostus

3D-tulostus on materiaalia automaattisesti lisäävä menetelmä. Siinä 3D-tulostin luo fyysisen mallin digitaaliseen dataan perustuen. Yleisimmin käytetty teknologia FFF (Fused Filament Fabrication) on erittäin yksinkertainen: 3D-tulostin rakentaa kappaleen kerros kerrokselta ja siten saa aikaan kappaleen muodon. Eli laite sulattaa muovifilamenttia, joka pusertuu suuttimesta ja materiaalin jäähtyessä kerrokset ”liimautuvat” toisiinsa. (Josef Průša, Martin Bach 2019, 5.)

3D-tulostuksen hyviä puolia prototyypin rakennuksessa ovat lähes rajattomat mahdollisuudet muotojen ja rakenteiden suhteen sekä teknologian kehittymisen myötä laitteiden saatavuus, käytettävyys ja hinta ovat tulleet käyttäjäystävälliseksi myös harrastelijoille. Suuri etu on se, että 3D-mallinteesta pystytään tulostamaan suoraan valmis tuote. Huonoa puolena voidaan nähdä kappaleen valmistuksen hitaus sekä korkeampi hinta verrattuna ruiskuvaluun. Myös pinnanlaatu on 3D-tulosteissa epätasaisempi ilman jatkokäsittelyä (kuva 1).



Kuva 1. Ruiskuvalettu ja 3D-tulostetut huput (Kuva: Into Tuutijärvi).

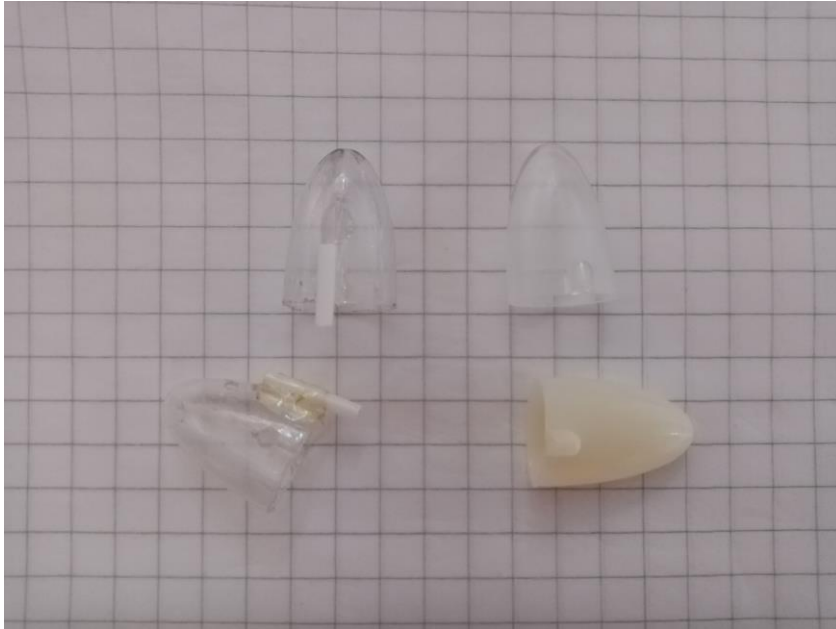
3 Projektin toteutus

3.1 Tuotekehitys ja suunnittelu

3.1.1 Tuotteen ominaisuudet ja vaatimukset

Projektin alusta lähtien oli selvää, että tuotteen tulee olla symmetrinen ja muodoiltaan yksinkertainen (liite 4). Muotoja haettiin jo markkinoilla olevista tuotteista, mutta mallia yksinkertaistettiin ja tuotteen pituutta lisättiin ja muita mittoja pienennettiin. Pituuden lisäämisellä haetaan voimakkaampaa uintia ja lisätukea täykalan kiinnitykseen, yksinkertaisella muodolla mahdollisimman helppoa ratkaisua ajatellen valmistustyökalua ja loppukäyttäjää. Tuote on tarkoitettu varustettavaksi 10-12 cm täykalalla, minkä mukaan tuotteen mitat määriteltiin (liite 4).

Tyhjiömuovaamalla tehtyjen prototyyppien (kuva 2) antaman positiivisen kokemuksen mukaan mitat valittiin prototyyppien mukaisiksi. Vetopisteiden reiät jätettiin tarkoituksella pois tuotteesta (kuva 3). Tämä tekee tuotteesta erilaisen, kuin mitä markkinoilla tällä hetkellä on, sillä hyvin monet raksihupuilla kalastavat poraavat omat vetoreikänsä huppuihin ja maalaavat huput uudestaan. Tuote on tarkoitettu juuri tällaiseen "tee se itse"-käyttötarkoitukseen.



Kuva 2. Prototyypit ja valmiit tuotteet (Kuva: Into Tuutijärvi).



Kuva 3. Tuote täykykalalla rigattuna (Kuva: Into Tuutijärvi).

3.1.2 Siiman lukitus

Markkinoilla olevissa hupuissa on olemassa kahdenlaista siimanlukitusratkaisua. Yhdessä ratkaisussa siima lukitaan muovisen ulokkeen ja silikoniletkun väliin (kuva 4) ja toisessa ratkaisussa siima kulkee kartioreiän läpi, mihin se lukitaan työntämällä hammastikku kartioreikään (kuva 5).



Kuva 4. Silikoniletkulukitus (Kuva: Into Tuutijärvi).



Kuva 5. Hammastikkulukitus (Kuva: Into Tuutijärvi).

Prototyyppien, muilta uistelijoilta saatujen mielipiteiden ja oman mieltymyksen perusteella valitsin tuotteeseeni kartioreikä-hammastikku lukituksen. Tämän kaltaisen lukituksen hyviä puolia ovat varma pito ja helppo toteutus.

3.1.3 Muotin muokkaaminen omalle tuotteelle

Pohjois-Karjalan Aikuiskoulutuskeskukselta saatu muotti oli valmistettu pienelle kotelarakenteelle. Muotin elementtien koko on 156mm x 156mm (kuva 6). Muotin kiinteällä puolella oli sulkupinnasta koholla olevat muodot ja liikkuvalla puolella sulkupinnan alapuolella olevat muodot. Muotissa oli mukana kaikki tarpeelliset osat, paitsi ulostyöntötapit. Muotin osat ovat nimetty liitteessä 2.

Omaa tuotetta varten muottiin tehdyt muutokset:

- 3D-suunnitteluohjelmalla mallinnettiin muotin kiinteä ja liikkuva puoli. Sen jälkeen suunniteltiin, mistä pisteestä otetaan mitat muutoksiin, jotta kaikki osat osuvat kohdilleen.

- Kaikki muotin koneistukset tehtiin Aikuiskoulutuskeskuksen koneilla. Ohjelmat suunniteltiin MasterCamX4 työstörajon suunnitteluohjelmalla.
- Liikkuvan puolen muodot lankasahattiin pois (liite 2).
- Lankasahattujen pesien tilalle koneistettiin ja hiottiin uudet keernat. Ne luokitettiin paikalleen pinnatapeilla tukilevyn ja muotolevyn välistä. Keernat antavat tuotteen sisämuodon. Keernoihin porattiin ja kalvattiin ulostyöntötapin ohjaavat pinnat (liite 2).
- Ulostyöntöpaketti muokattiin uusien keernojen mukaiseksi ja siiman kartiotikkulukituksen tekevät ulostyöntötapit hiottiin tarkoituksenmukaisiksi.
- Kiinteällä puolella kohollaan olevat muodot hiottiin pois. Muotojen tilalle koneistettiin pesät, jotka antavat tuotteen ulkomuodon (liite 2).
- Muotin osia ei karkaistunut ajan säästämisen ja tuotteen todennäköisesti pienen menekien takia.
- Muotissa tuotteen pintaan vaikuttavat osat kiillotettiin käsin.



Kuva 6. Muotin liikkuva ja kiinteä puoli (Kuva: Into Tuutijärvi).

3.2 Muovimateriaalin valinta

Seuraavassa osiossa käydään läpi kolmen hyvin yleisen muovilaadun ominaisuudet. Esitellyt ominaisuudet ovat kuitenkin vain suuntaa antavia, sillä esimerkiksi hauraasta polystyreenistä on myös jalostettu iskunkestäviä lajikkeita. Tästä syystä ennen ruiskuvalun aloittamista tulee aina selvittää, soveltuuko kyseinen raaka-aine tuotteen vaatimuksiin.

Tuotteen materiaalilta vaadittavat ominaisuudet:

- helppo maalata, lakata, liimata ja pinnoittaa elektrolyttisesti
- helppo ruiskuvalaa
- hyvät mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus, jäykkyys ja iskusitkeys
- hyvä saatavuus
- sään- ja vedenkesto
- läpinäkyvyys
- liuotinhenteisten maalien ja lakkojen soveltuvuus pinnoitukseen.

Yleisesti ABS–muovi soveltuu tuotteeseeni parhaiten, koska se on helppo maalata, liimata ja pinnoittaa elektrolyttisesti eli kromata. ABS–muovi on lisäksi helppo ruiskuvalaa ja siinä on hyvät mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus jäykkyys, iskusitkeys ja hyvä pinnanlaatu.

3.2.1 Polystyreeni, PS ja SB

Polystyreeni on jokaiselle tuttu lasinkirkas muovi. Polystyreeniä alettiin valmistamaan 1930-luvun alussa. Tuolloin PS:lle löytyi heti käyttöä, sillä se oli helposti työstettävää, edullista, ja sillä pystyttiin käyttämään lasia korvaavana materiaalina. 1940-luvulla polystyreeniin jalostettiin tekokumi butadieenin kanssa kapolymeri SB, joka oli tarpeeksi sitkeää käytettäväksi massatuotteissa. Myöhemmin iskulujasta polystyreenistä SB tuli yleisin materiaali kertakäyttöisiin ruokapakkauskuksiin ja -purkkeihin. (Muovifakta Oy 2008, 57.) Polystyreenin yleisimmät käyttökohteet ovat pakkaukset, kertakäyttöastiat, elektronisten laitteiden kuoret, henkarit ja CD–levyjen kotelot. (Muovifakta Oy 2008, 59.)

Polystyreenin ominaisuuksia ovat:

- läpinäkyvyys ja lasinkirkkaus
- jäykkyys ja pintakovuus
- hauraus
- herkkyys kemikaaleille ja UV-säteilylle
- markkinoilla hyvin sulajuoksevia laatuja, joista voidaan valmistaa helposti ohutseinämäisiä kappaleita
- olemassa on myös iskulujia laatuja riippuen butadieenikumin määrästä

- iskuluja SB ei ole läpinäkyvää
- hinta: 1.4- 1.6€/kg (Muovifakta Oy 2008, 58-60.)
- pinta menee harmaaksi liuotinhenteisillä lakoilla, kuten polykarbonaatilla kuvassa 7.

3.2.2 Akrylinitriilibutadieenistyreeni, ABS

ABS-muovi kehitettiin 1940-luvulla. ABS on akrylinitriilin, butadieenin ja styreenin kopolymeeri. Raaka-aineen ominaisuuksia voidaan muuttaa lähtökomponenttien avulla laajalla alueella. ABS-muovin käyttökohteita ovat Legopalikat, auton näkyvät muoviosat, kodinkoneiden kuoret ja vesihanojen kromatut muoviosat. (Muovifakta Oy 2008, 68.), (Järvelä ym. 1999, 23.)

ABS-muovin ominaisuuksia ovat:

- helppo sulatyöstää
- edustava pinnanlaatu
- helppo jatkojalostaa: liimaus, hitsaus, maalaus, ja elektrolyyttinen pinnoitus mahdollista
- hyvä yhdistelmä mekaanisia ominaisuuksia, kuten lujuus, jäykkyys ja iskusitkeys
- saatavissa useina eri lajikkeina ominaisuuksien tarpeen mukaan
- hinta: 2,0 -2,6€/kg (Muovifakta Oy 2008, 67.), (Järvelä ym. 1999, 23.)
- pinta jää kirkkaaksi lakatessa (kuva 7).

3.2.3 Polykarbonaatti, PC

Polykarbonaatti kehitettiin 1950-luvulla. Se on erittäin sitkeä ja lasinkirkas materiaali. PC tunnetaan iskusitkeänä materiaalina, jonka iskusitkeys on loveamattomana tunnetuista muoveista suurin. Sitä voidaan muunnella lisäaineita seostamalla asetettuja vaatimuksia vastaavaksi, esimerkiksi UV-suojaus tai palosuojaus. Polykarbonaatin käyttökohteita ovat levyt, tangot, CD/DVD-levyt, ikkunat ja elektronisten laitteiden kuoret. (Muovifakta Oy 2008, 78-80.), (Järvelä ym. 1999, 33.)

Polykarbonaatin ominaisuuksia ovat:

- luja, kova, jäykkä, sitkeä
- läpinäkyvä
- lämmönkestävyys
- erittäin korkea iskutkeys
- pieni muottikutistuma
- hyvä säänkestävyys
- vaikea ruiskuvalaa
- huono kemikaalin ja naarmuuntumisen kesto
- hinta: 3,0-3,50€/kg (Muovifakta Oy 2008, 79-80.), (Järvelä ym. 1999, 33.)
- pinta menee harmaaksi lakatessa (kuva 7).



Kuva 7. Lakattuina harmaa (PC) ja kirkas (ABS) pinta (Kuva: Into Tuutijärvi).

3.3 Muovien teknisten ominaisuuksien vertailu

Seuraavassa taulukossa 1 vertaillaan edellä läpikäytyjen muovien teknisiä ominaisuuksia. Taulukosta käy helposti ilmi muovien tekniset eroavaisuudet. Taulukon jälkeen on kerrottu selitykset vertailtaville arvoille.

Taulukko 1. Muovien ominaisuuksia (Muovifakta Oy 2008, s. 60, 67 & 79.)

Muovi		PS	ABS	PC
Kauppanimi		Styron 678E	Cycolac GPM 5500	Lexan 123R
Tiheys	g/cm ³	1,05	1,05	1,2
1. Veden imeytyminen vedessä	%		1	0,35
2. Vetokimmokerroin	MPa	3500	2300	2300
3. Vetolujuus	MPa	43	70	63
4. Myötövenymä	%	-	10	6
5. Murtovenymä	%	13	20	10
6. Iskulujuus	KJ/m ²	-	-	ei murru
7. Lovi-iskulujuus +23°C	KJ/m ²	-	18	35
Lovi-iskulujuus -20°C	KJ/m ²	-	10	10
8. Vicat B - pehmenemispiste (50N)	°C	86	98	140

Selitykset taulukon 1 arvoille:

1. Veden imeytyminen vedessä: (ISO 62) Mukainen arvo, joka ilmoittaa, kuinka paljon 1mm paksuinen veteen upotettu muovikappale imee itseensä kosteutta +23°C lämmössä.
2. Vetokimmokerroin: Kun kappaletta venytetään vetokokeessa nopeudella 1mm/min, voima-venymäkäyrän 0,05-0,25% välisen venymän kulmakerroimesta saadaan vetokimmokerroin. Se kuvastaa muovin jäykkyyttä.
3. Vetolujuus: Ilmoitetaan voimana joko murtumisen tai myötörajan kohdalla. Haurilla <10% venyillä muoveilla vetonopeus 5mm/min ja vetolujuus on ilmoitettu murtopisteessä. Sitkeillä muoveilla vetonopeus 50mm/min ja vetolujuus on ilmoitettu myötörajalla. (PS=hauras, ABS&PC=sitkeitä.)
4. Myötövenymä: Raja, jossa kappaleen muodonmuutos ei enää palaudu ennalleen.
5. Murtovenymä: Kappaleen murtuessa myödon jälkeen puhutaan murtovenymästä. Myötö- ja murtovenymämittauksissa venymän vetonopeudet määräytyvät kuten vetolujuusmittauksessa.

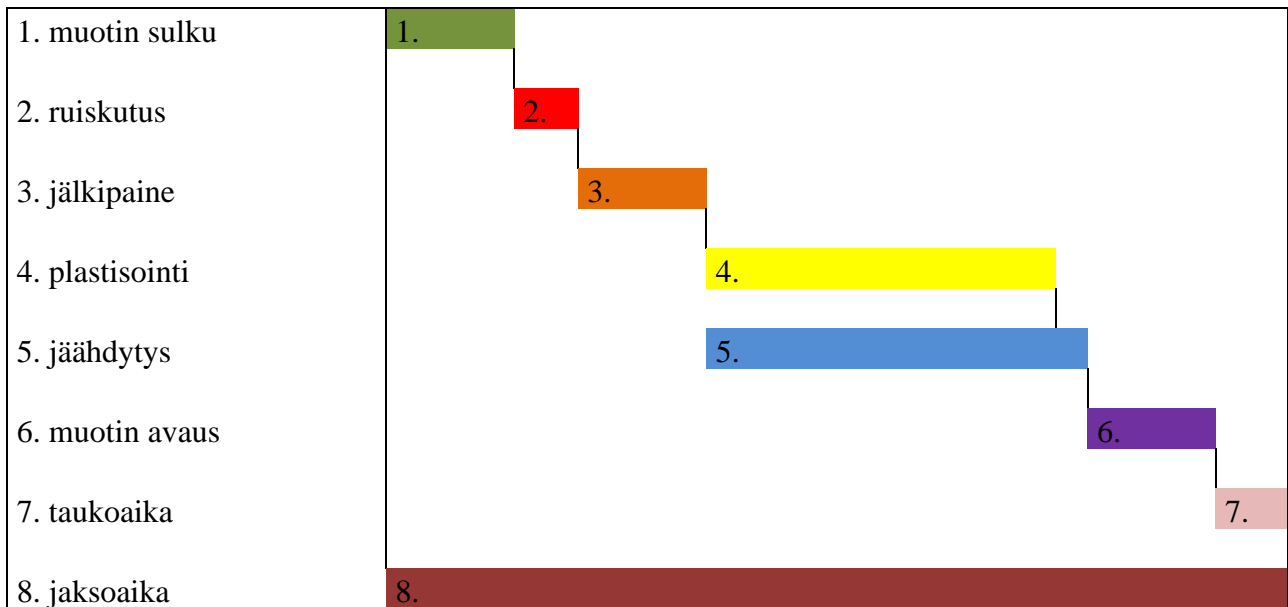
6. Iskulujuus: (SFS ISO179/1eU) Charby-menetelmän mukainen heiluritesti 4mm paksulle kappaleelle (ABS 60 KJ/m² ja PS 25KJ/m²), sitkeät aineet mitataan lovi-iskulujuustestillä.
7. Lovi-iskulujuus +23°C ja lovi-iskulujuus -20°C: (SFS ISO 179/1eA) Tehdään kuten iskulujuustesti, mutta iskukohdan vastapuolelle jyrsitään koe-kappaleeseen 0.25mm:n säteinen v-muotoinen lovi.
8. Vicat B -pehmenemispiste (50N): Kertoo lyhytaikaisesta lämmönkestävyydestä. Testissä painetaan kappaleeseen kärjen pinta-alaltaan 1mm² olevaa naulaa samalla kappaleen lämpöä nostaen. Vicat-arvo on se lämpötila, jossa naula tunkeutuu muoviin 1mm syväälle. (Muovifakta Oy 2000, 77-82.)

4 Ruiskuvalumuotin testaus ja käyttö

4.1 Ruiskuvalujakso

Ruiskuvaluprosessilla ja sen hallinnalla on suuri vaikutus tuotteen laatuun ja ominaisuuksiin. Hyvin tehty muotti on prosessissa tärkeä, mutta väärällä prosessilla voidaan pilata tuotteen laatu. Ruiskuvalujakso voidaan jakaa vaiheisiin, jotka seuraavat toisiaan, mutta toisaalta tapahtuvat myös limittäin. Karkeasti ruiskuvalujakso voidaan jakaa kolmeen osaan: muotin sulkeminen, täyttyminen ja avautuminen sekä ulostyöntö. Alla oleva kuvaaja esittää ruiskuvalujakson hienojakoisemmin. (Järvelä ym. 1999, 47.)

Taulukko 2. Jaksoajan jakautuminen eri vaiheisiin (Järvelä ym. 1999, 47.)



Selitykset taulukon 2 käsitteille:

1. Muotin sulku: Alussa nopea, hidastuen loppua kohti. On syytä käyttää muotin sulkemisen varmistusta vahinkojen ehkäisemiksi, sillä roska/tuote on saattanut jäädä muotin väliin. Samaan jaksoon kuuluu myös ruiskutusyksikkö eteen –toiminto, mutta tätä ei aina tarvita, esimerkiksi kuumakanavamuotissa. Taakse viennillä ehkäistään muovimassan jäähtyminen suuttimessa.
2. Ruiskutus: Muotin sulkeuduttua ja ruiskutusyksikön ollessa muotissa kiinni voidaan aloittaa muovimassan ruiskutus. Ruiskutus kestää sekunnin kymmenesosista muutamaan sekuntiin riippuen kappaleen muodosta ja koosta. Ruiskutusvaiheen arvoilla on suuri merkitys kappaleen laatuun, eritoten pinnanlaatuun. Muottipesästä täytetään tällä vaiheella noin 95%.
3. Jälkipaine: Tämän vaiheen aikana ruiskuvalukoneen ruuvin liike on hidas. Tarkoituksena on täyttää loput muotin tilavuudesta, mikä jäi ruiskutuksen aikana täyttämättä ja kompensoida muovin muottikutistumaa. Jälkipaine vaikuttaa suuresti mittatarkkuuteen, muovinsisäisiin jännityksiin ja kappaleen painoon. Jälkipaineen jälkeen voidaan koneen suutin irrottaa muotin suuttimesta; ruiskutusyksikkö taakse.

4. Annostus ja plastisointi: Tässä jaksossa ruiskuvalukone plastisoi (massan juoksevaan olotilaan saattaminen) uuden annoksen sylinteriin. Optimaalinen plastisointijakso kestää lähes yhtä kauan, kuin jäähdytysjakso.
5. Jäähdytys: Muovimassan jäähtyminen alkaa välittömästi, kun se kohtaa kylmän muottipinnan, mutta varsinainen jäähdytys alkaa jälkipaineen päätyttyä. Muovien ruiskutuslämpötilat ovat suhteellisen korkeita (150...450°C) ja massan lämpötilan tulee laskea 60...200°C:seen ennen kuin muovikappale on jähmettynyt tarpeeksi muotista poistettavaksi. Tästä syystä jäähdytys hallitsee yleensä ruiskuvalukappaleiden jaksoaika.
6. Muotin avaus ja kappaleen ulostyöntö: Kun kappale on tarpeeksi jäähtynyt muotissa, muotti avataan ja kappale poistetaan muotista. Ulostyöntö tapahtuu joko avauksen aikana tai muotin avauksen pysähtyttyä. Tämän jälkeen voidaan aloittaa uusi ruiskuvalujakso, jos taukoaikaa ei tarvita.
7. Tauko aika: Tauko aikaa tarvitaan, jos kappale ei irtoa muotista ulostyöntämällä; kappaleen poisto käsin, tai jos muottiin asetetaan inserttejä, jotka jäävät valettavan kappaleen sisään. Tämän jälkeen uusi ruiskuvalujakso alkaa muotin sulkemisella. (Järvelä ym. 1999, s. 47-49.)

Ruiskuvalukappaleiden taloudellinen valmistaminen edellyttää, että jakso aika on mahdollisimman lyhyt. Jaksoajan lyhentämistä kuitenkin rajoittaa se, että tuotteelta vaaditut laatuominaisuudet täytyvät.

4.2 Toimenpiteet muotille ennen koeajoa

Muotille on tehtävä tietyt tarkastukset ja toimenpiteet aina ennen koeajon tai tuotannon aloittamista. Näin vältetään muotin rikkoontumiselta, laadun vaihtelulta ja tapaturmilta.

Suoritettavat perustoimenpiteet ennen muotin käyttöönottoa:

1. Muotinpuoliskojen sovitus: Tarkistetaan kiinnitykset ja sulkupintojen sovitus. Poissuljetaan mahdollinen kolari. Ulostyönnön ja pakkopalautuksen toiminnan tarkastus.
2. Muotin osien puhdistaminen rasvasta ja liasta.
3. Muotin kokoaminen: Oikeat kiristysmomentit, tiivisteiden asennus ja kokoonpanon varmistus. Liikkuviin osiin kevyt voitelu.
4. Koekäyttö: Suuttimen toiminnan testaaminen (lämpötilanmittaus), tuntoelinten toiminnan tarkastus, liikkuvien keernojen toiminnan tarkastus, temperoinnin toiminnan ja tiiveyden tarkastus.
5. Muotin asentaminen ruiskuvalukoneeseen: Temperoinnin letkutusten asettaminen, oikeat liikeparametrit koneeseen (avaus, ulostyöntö ja sulku).

4.3 Koeajot

Ensimmäiset koeajot suoritettiin syksyllä 2011 Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulun ruiskuvalukoneella Engel ES 200/75 HL. Syksyllä 2019 mahdollistui suorittaa toiset koeajot Karelia AMK:n ruiskuvalukoneella KraussMaffei Multinject KM80-160/55CZ käyttäen eri materiaaleja.

4.3.1 Oikeiden työstöparametrien asettaminen

Työstöparametreja lähdettiin asettamaan raaka-ainetoimittajan suosittelemien arvojen pohjalta. Raaka-ainetoimittajan antamat arvot ovat kuitenkin vain suuntaa antavia ja työstöarvoja pitää hienosäätää ruiskuvalukonekohtaisesti.

Ruiskuvalua aloitettaessa näistä asioista lähdetään liikkeelle:

- Arvion perusteella vajaatäytöstä täyteen pesään.
- Ruiskutusaine 30% koneen maksimipaineesta.
- Jäähtymisaikaa sopivasti seinämävahvuudesta ja materiaalista riippuen.
- Kokeilemalla testaushavaintojen perusteella asetetaan työstöparametrit tuotantoon sopiviksi ja tuotteelle vaadittavien laatuominaisuuksien mukaisesti.

- Jos tuotteen virheet johtuvat muotista tai sen toiminnasta, pitää muottia muokata, jotta saavutetaan tavoiteltu laatu ja jaksoaika.

Jokaisen materiaalin kohdalla koeajoissa ilmeni hyvin samankaltaisia ongelmia. Näistä ongelmista ja niiden ratkaisuksista on kerrottu toteutuneiden työstöarvotaulukoiden jälkeen. Suurin osa ongelmista johtui muotin rakenteesta.

4.3.2 ABS LUCKY MP-220 NATURAL (valkoinen huppu)

Syksyllä 2011 valkoisen täkyraksihupun materiaalina oli valkoinen ABS. Ruiskuvalukoneena oli Engel ES 200/75 HL. Taulukossa 3 käy ilmi toteutuneet työstöarvot.

Taulukko 3. Toteutuneet työstöarvot Engel.

raaka-aineen kuivaus	3h/80°C
sulkuvoima	200 kN
muotin temperointi	60°C
sulatussylinderin lämmöt	235, 235, 230, 230°C
ruiskutusaine	max. 170bar
ruiskutusnopeus	14mm/s
ruiskutusaika	1.18s
Jälkipaineen vaihtomatka	4,5mm
tyyny	3,2mm
jälkipaine aika	3s
jälkipaine huippu	616bar massan painetta
vastapaine	3bar
annosmatka	9,6mm
niisto	2mm
jäähdytysaika	8s
iskunpaino	3,09g
iskuntilavuus	6cm ³
jaksoajaksi muodostui puoli- automaatti ajossa	20s

Koeajossa esiintyneet ongelmat:

1. Tuotteen kiinni jääminen toisesta pesästä kiinteälle puolelle.
2. Reikä tuotteessa, ilmanpoisto-ongelma.
3. Palojälki tuotteissa.
4. Tuote ei irtoa ulos työnnettäessä.
5. Vuoto temperoinnissa.

Ongelmanratkaisu:

1. Jälkipaineajan nosto, jälkipaineen nosto, jäähdytysajan pidentäminen ja pidätysuran lisääminen keernaan.
2. Ruiskutusnopeuden pienentäminen, jälkipaineajan lisääminen, muottilämpötilan nostaminen ja jälkipaineen korottaminen.
3. Ruiskutusnopeuden pienentäminen.
4. Tuotteen poistaminen käsin (puoliautomaattiajo).
5. Temperoinnin tulppauksen ja tiivistyksen uusiminen.

4.3.3 ABS STAREX CT-0520 T (kirkas huppu)

Syksyllä 2011 kirkkaan täkyraksihupun materiaalina oli kirkas ABS. Ruiskuvalukoneena oli Engel ES 200/75 HL. Taulukossa 4 käy ilmi toteutuneet työstöarvot.

Taulukko 4. Toteutuneet työstöarvot Engel.

raaka-aineen kuivaus	3h/80°C
sulkuvoima	150 kN
muotin temperointi	75°C
Sulatussylinterin lämmöt	240, 245, 240, 240°C
ruiskutusaine	max. 170bar
ruiskutusnopeus	12mm/s
ruiskutusaika	3.55s
jälkipaineen vaihtomatka	4,5mm
tyyny	3,2mm
jälkipaine aika	1.2s
jälkipaine huippu	659bar massan painetta

vastapaine	3bar
annosmatka	9,6mm
niisto	2mm
jäähdytysaika	5s
iskunpaino	3,16g
iskuntilavuus	6cm ³
jaksoajaksi muodostui puoliautomaatti ajossa	17s

Koeajossa esiintyneet ongelmat:

1. Tuotteen kiinni jääminen toisesta pesästä kiinteälle puolelle.
2. Reikä tuotteessa, ilmanpoisto ongelma.
3. Palojälki tuotteissa.
4. Tuote ei irtoa ulostyönnössä.

Ongelmanratkaisu:

1. Jälkipaineajan nosto, jälkipaineen nosto, jäähdytysajan pidentäminen ja keernaan pidätysura. Kiinteän puolen pesän kiillottaminen, ilmanpoistourat tukilevyyn, koska muoto ulottuu sinne saakka.
2. Ruiskutusnopeuden pienentäminen, jälkipaineajan lisääminen, muottilämpötilan nostaminen ja jälkipaineen korottaminen.
3. Ruiskutusnopeuden pienentäminen.
4. Tuotteen poistaminen käsin (puoliautomaattiajo). Oikea ratkaisu olisi holkkipukkauksen toteuttaminen muotissa.

4.3.4 KUMHO ABS 750SW (valkoinen huppu)

Syksyllä 2019 valkoisen täkyraksihupun materiaalina oli valkoinen ABS. Ruiskuvalukoneena oli KraussMaffei Multinject KM80-160/55CZ. Taulukossa 5 käy ilmi toteutuneet työstöarvot.

Taulukko 5. Toteutuneet työstöarvot KraussMaffei.

raaka-aineen kuivaus	3h/80°C
sulkuvoima	200 kN
muotin temperointi	60°C
sulatussylinterin lämmöt	235, 235, 225, 220°C
ruiskutusaine	max. 94bar
ruiskutusnopeus	20mm/s
ruiskutusaika	0.54s
Jälkipaineen vaihtomatka	5mm
tyyny	2,5mm
jälkipaine aika	3s
jälkipaine huippu	500bar massan painetta
vastapaine	0bar
annosmatka	13mm
niisto	3mm
jäähdytysaika	8s
iskunpaino	3,1g
iskuntilavuus	6cm ³
jaksoajaksi muodostui puoli-automaatti ajossa	25s

Koeajossa esiintyneet ongelmat:

1. Tuotteen kiinni jääminen toisesta pesästä kiinteälle puolelle.
2. Tuote ei irtoa ulos työnnettäessä.

Ongelmanratkaisu:

1. Jälkipaineajan nosto, jälkipaineen nosto, jäähdytysajan pidentäminen ja keernaan pidätysura.
2. Tuotteen poistaminen käsin/paineilman avulla (puoliautomaattiajo).

4.3.5 LG MABS TR557 (kirkas huppu)

Syksyllä 2019 kirkkaan täkyraksihupun materiaalina oli kirkas MABS. Ruiskuvalukoneena oli KraussMaffei Multinject KM80-160/55CZ. Taulukossa 6 käy ilmi toteutuneet työstöarvot.

Taulukko 6. Toteutuneet työstöarvot KraussMaffei.

raaka-aineen kuivaus	2h/85°C
sulkuvoima	200 kN
muotin temperointi	60°C
sulatussylinterin lämmöt	210, 195, 190, 180°C
ruiskutusaine	max. 94bar
ruiskutusnopeus	20mm/s
ruiskutusaika	0.51s
Jälkipaineen vaihtomatka	6mm
tyyny	2,4mm
jälkipaine aika	3s
jälkipaine huippu	500bar massan painetta
vastapaine	20bar
annosmatka	15mm
niisto	1mm
jäähdytysaika	8s
iskunpaino	3,4g
iskuntilavuus	6cm ³
jaksoajaksi muodostui puoliautomaatti ajossa	25s

Koeajossa esiintyneet ongelmat:

1. Tuotteen kiinni jääminen toisesta pesästä kiinteälle puolelle.
2. Tuote ei irtoa ulos työnnettäessä.

Ongelmanratkaisu:

1. Jälkipaineajan nosto, jälkipaineen nosto, jäähdytysajan pidentäminen ja keernaan pidätysura.
2. Tuotteen poistaminen käsin/paineilman avulla (puoliautomaattiajo).

4.4 Kustannuslaskelmat

Ruiskuvalumuotin kustannuksissa ei ole huomioitu koneistamista, sillä suoritin sen itse Pohjois-Karjalan Aikuiskoulutuskeskuksen konekalustolla. Omalle ajalle en ole laskenut rahallista arvoa muotin valmistuksen suhteen, sillä tein sen opintoihin liittyen. Tuotannon osalta järkevintä on vuokrata Karelia AMK:n ruiskuvalukonetta, ja olla itse käyttämässä konetta.

Valumateriaalin keskimääräinen hinta pienerissä: 5€/kg.

Ruiskuvalumuotin osien kustannukset:

- Ulostyöntötapit:	45,02€
- Suutin:	29,75€
Yhteensä:	74,77€

Tuotannon kustannukset alv0%:

- Asetuskulut:	80€
- Ruiskuvalukoneen vuokra:	25€/h
- Materiaali/h:	2,50€
- Oma tuntipalkka	18€/h
- 8 tunnin ajo muotilla:	80€+200€+20€+144€= 444€
- 8h ajo+Alv24%:	551€

Muotin tuotantokapasiteetti:

- Jaksoaika: 20s
- Pesäluku: 2
- Tuoteluku/h: 360 kpl

Muotin tuotantokapasiteetti 8h: $360\text{kpl} \times 8 = 2880\text{kpl}$

- Tuotantokustannukset/kpl: $551\text{€} / 2880\text{kpl} = 0,19\text{€} / \text{kpl}$
- Useamman päivän mittaisissa ajoissa asetuskulut (80€) jäävät pois, jolloin myös tuotantokustannukset tippuvat: $471\text{€} / 2880\text{kpl} = 0,16\text{€} / \text{kpl}$

5 Loppukäyttäjien palaute

Markkinoin huppujani eri kalastusaiheisilla foorumeilla. Kauppojen yhteydessä kerroin tuotteen olevan aiheena opinnäytetyöhöni ja toimitin sähköisesti palautelomakkeen. Palautetta sain takaisin viideltä henkilöltä. Palautelomakkeessa oli numeroarviointiosa, ja sanallinen osa (liite 1).

5.1 Numeroarviointiosan keskiarvo

Kyselylomakkeessa pyysin antamaan numeron, ”Mikä kuvastaa mielipidettäsi” seuraavasti: 1=ei, 2 =jokseenkin eri mieltä, 3= en osaa sanoa, 4=samaa mieltä, 5=täysin samaa mieltä. Saamastani palautteesta laskin keskiarvot.

1. Tuote on helposti maalattavissa/lakattavissa.
4,8
2. Tuote on hinnoiteltu oikein (1€/kpl).
4,6
3. Samanlaista tuotetta ei ole markkinoilla (maalaamaton ja reiätön).
4,2
4. Olen tyytyväinen tuotteeseen.
4,4

5. Tuote soveltuu käyttötarkoitukseensa.

4,8

6. Ostaisin samanlaisen tuotteen myös kaupasta.

4,4

5.2 Sanallisen palautteen yhteenveto

Vastauksien perusteella loppukäyttäjät olivat yhtä mieltä materiaalivalinnasta sen maalausominaisuuksien vuoksi. Liuotinohenteiset maalit, kynsilakat ja spraymaalit tarttuvat hyvin tuotteeseen ja sen pinnoittaminen myös teippaamalla koettiin helpoksi. Lisäksi valmiiden vetoreikien puuttuminen ja symmetrinen muotoilu koettiin hyväksi ominaisuudeksi viritettävyyden kannalta. Suurimmaksi heikkoudeksi muodostui tuotteen pieni koko. Toisaalta tämä oli myös vahvuus, koska markkinoilla ei ole pelkästään pienelle täkykalalle soveltuvia huppua. Puuttuvaksi ominaisuudeksi koettiin myös sekä silikoniletkulla että hammastikulla tapahtuvaa siiman lukitusta, joka osassa markkinoilla olevista täkyraksihupuista löytyy.

6 Lopuksi

Nykyaikaisessa vapaa-ajan kalastuksessa on harrastajille tullut tarve muokata ja vaikuttaa itse tuotteeseen haluamallaan tavalla, joten tuote on myyntikunnossa puolivalmis. Tämänkaltaista tuotetta en ole vielä löytänyt markkinoilta, vaan alan harrastajat ovat muunnelleet jo valmiita tuotteita mieleisikseen. Tarkoituksena oli luoda pelkkä täkyraksihupun runko ilman pintakäsittelyjä ja muita ominaisuuksia itserakentelijoille. Lisäksi raksihuppu on muodoiltaan symmetrinen, jolloin itserakentelijat voivat muokata uintia helposti haluamallaan tavalla.

Tuotteelle odotetut markkinat ovat kuitenkin Suomessa kohtuullisen pienet, joten pyrin valmistamaan ruiskuvalumuotin mahdollisimman alhaisin kustannuksin kierrätysosista. Tästä syystä päädyin puoliautomaticoituun muottiin, jossa kappa-

leen irrotus hoidetaan manuaalisesti. Mikäli myyntierät olisivat merkittävästi suurempia, olisi kannattavaa sijoittaa muotin karkaisuun sekä muotin automatisointiin, lähinnä holkkipukkaukseen.

Tuotteesta olen valmistanut lämpömuovaamalla prototyyppejä, joita testasin vuoden 2010 ajan. Johtopäätelminä testauksesta päätin valmistaa työkalun, jolla saan tehtyä raksihuppua sarjatuotantona. Ainoa oikea menetelmä tähän oli ruiskuvalumuotin rakentaminen kappaleen symmetrisyyden ja laadun varmistamiseksi.

Tuotetta lähdettiin suunnittelemaan jo olemassa olevien tuotteiden pohjalta niitä yksinkertaistaen ja tiettyjä ominaisuuksia lisäten/pois jättäen. Tarkoituksena oli saada aikaan symmetrinen ja muodoltaan yksinkertainen tuote. Prototyypin pohjalta saatujen tietojen mukaan valittiin tuotteen päämitat prototyypin pohjalta. Jo aluksi oli selvää, että tuotteen muovimateriaalin tulee olla helposti pinnoitettavaa ja sitä pitäisi pystyä kromaamaan, maalamaan ja lakkaamaan. Tämä johti ABS-muovin valintaan mahdollisista yleisimmin käytetyistä materiaaleista.

Valmiin muottirungon saaminen ilmaiseksi ja koevalujen suorittaminen koululla mahdollistivat projektini toteutumisen opiskelijan matalalla budjetilla. Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin aikaiseksi vaadittujen ominaisuuksien mukainen tuote muotteineen. Loppukäyttäjiltä saamani palautteen perusteella olen tyytyväinen lopputulokseen.

Koevalut suoritettiin Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulun ruiskuvalukoneella syksyllä 2011. Kirkasta ja valkoista raksihuppua valettiin molempia noin tuhat kappaletta. Vuosien 2011-2017 aikana olen myynyt kaikki raksihuput ja kerännyt lisää vapaamuotoisia käyttäjäkokemuksia. Saamani palautteen mukaan tuotteella olisi lisämenekkiä. Suurin asiakaskunta on Etelä-Suomen ja Etelä-Ruotsin suurien järvien alueilla. Syksyllä 2019 suoritin laajemman koeajon Karelia AMK:n koneella, yhteensä noin 11000kpl.

Joulukuussa 2019 ostin 3D-tulostimen. Jatkossa tulen valmistamaan kooltaan suurempia täkyraksihuppuja saman mallin pohjalta 3D-tulostamalla. Loppukäyttäjiltä saadun palautteen mukaan niille on menekkiä. Uutta ruiskuvalumuottia suurempikokoisille tuotteille ei näillä näkymin ole järkevää tehdä, tuotteen marginaalisen menekin takia, ja muiden valmistajien valmiita tuotteita on jo saatavilla isommassa koossa.

Lähteet

Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela, M. 1999. Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.

Kurri, V., Malen, T., Sandell, R & Virtanen, M. 1999. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Laakso, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikkonen H. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Helsinki: WSOY

Maaranen, K. 2004. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY

Muovifakta Oy. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Muovifakta Oy. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Průša, J., Bach, M. 2019. Basics of 3D Printing with Josef Prusa. Prusa Research s.r.o.

Loppukäyttäjien palautelomake

Kysely puolivalmiste täkyraksihupusta opinnäytetyötäni varten

Vastaa kirjoittamalla numero, mikä kuvastaa mielipidettäsi.

1=ei, 2 =jokseenkin eri mieltä, 3= en osaa sanoa, 4=samaa mieltä, 5=täysin samaa mieltä

1. Tuote on helposti maalattavissa/lakattavissa.
2. Tuote on hinnoiteltu oikein.
3. Samanlaista tuotetta ei ole markkinoilla (maalaamaton ja reiätön).
4. Olen tyytyväinen tuotteeseen.
5. Tuote soveltuu käyttötarkoitukseensa.
6. Ostaisin samanlaisen tuotteen myös kaupasta.

Seuraaviin kysymyksiin sanallinen vastaus

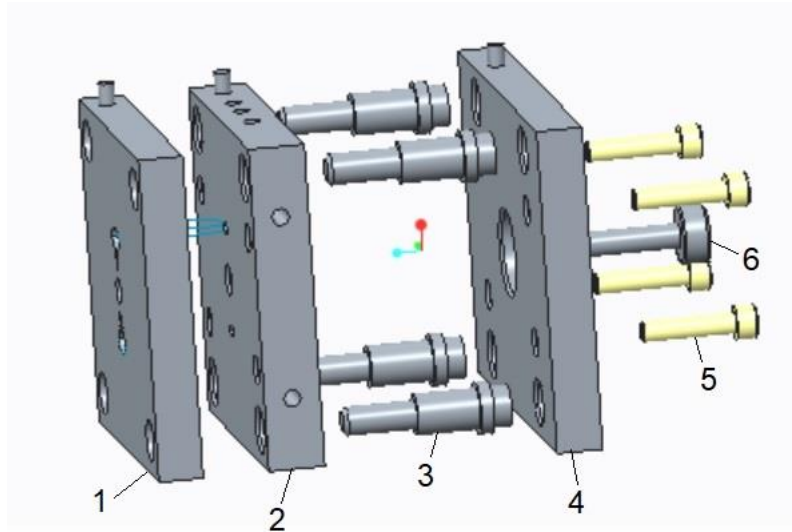
1. Miten tuotetta tulisi mielestäsi kehittää?
2. Mitkä ovat tuotteen hyvät ominaisuudet?
3. Mitkä ovat tuotteen huonot ominaisuudet?
4. Millä tavalla maalaat ja lakkaat hupun?
5. Mitä täkyä käytät hupussa?
6. Oletko saanut saalista hupuilla?
7. Vapaa sana. Muuta kommentoitavaan tuotteesta?

Suuret kiitokset vastauksistasi!

-Into Tuutijärvi-

Muotinosien nimet

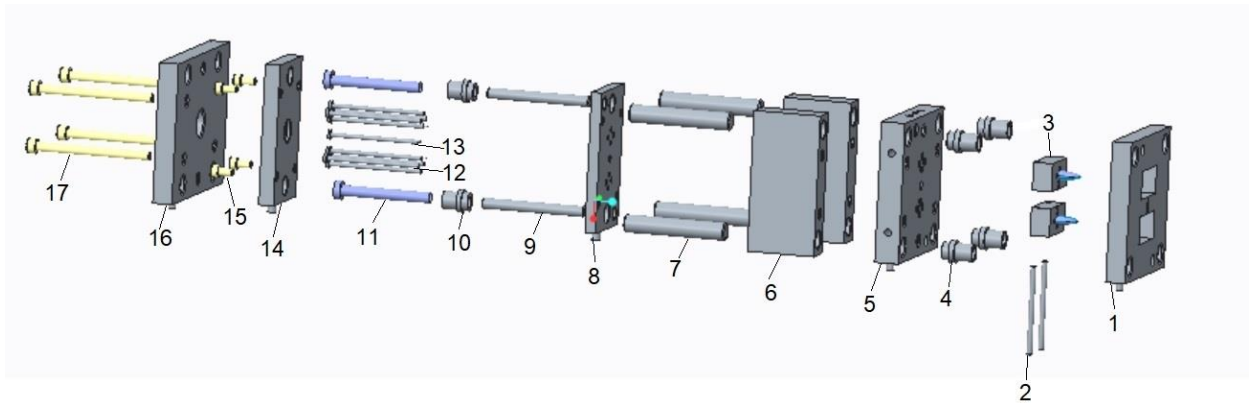
Kiinteän puolen osat räjäytyskuvana



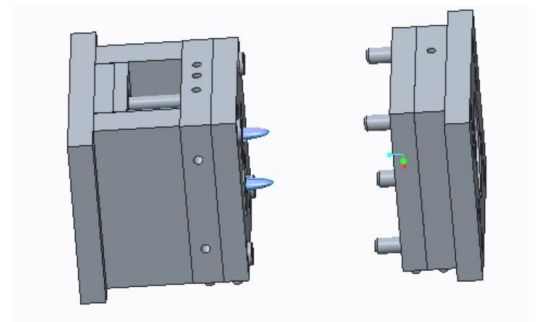
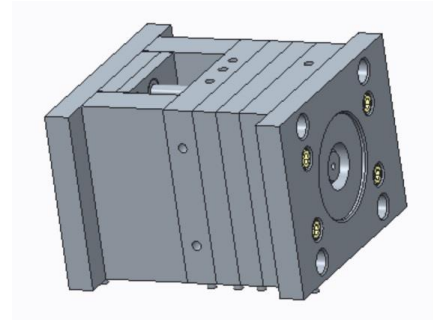
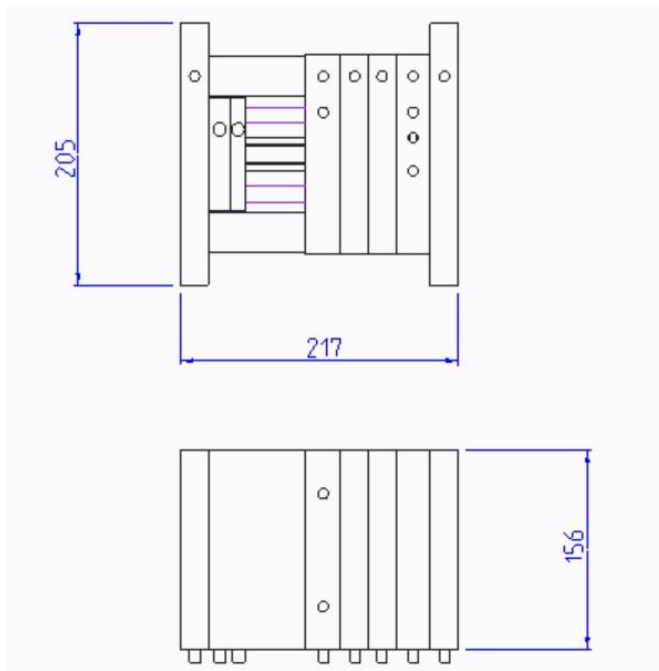
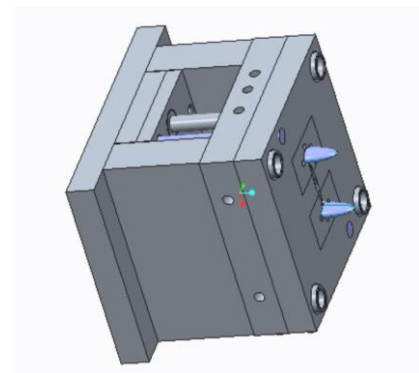
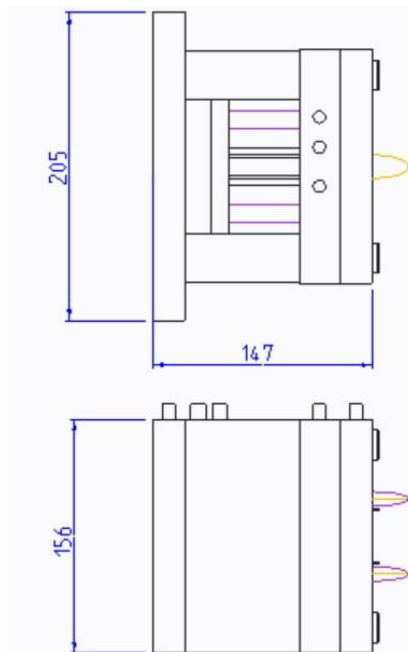
1. Muottilevy (tuotteen ulkopuolen muodot)
2. Lämpölevy/tukilevy (muotin temperointi)
3. Ohjaustapit
4. Kiinnityslevy/takalevy
5. Kiinteän puolen kokoonpanopultit
6. Suutin

Muotinosien nimet

Liikkuvan puolen osat räjäytyskuvana

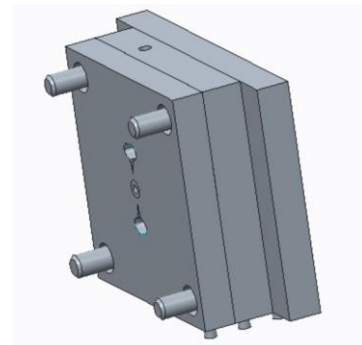
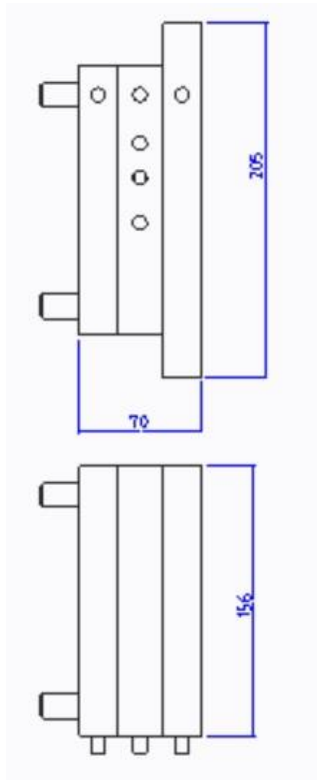


1. Muottilevy
2. Pinnatapit (keernojen lukitus)
3. Keernat (tuotteen sisäiset muodot)
4. Ohjausholkit
5. Lämpölevy/tukilevy (muotin temperointi)
6. Tukipalat
7. Ohjaustapit
8. Ulostyöntöpaketin etulevy
9. Ulostyöntöpaketin ohjaustapit
10. Ulostyöntöpaketin ohjausholkit
11. Ulostyöntöpaketin pakkopalauttimet
12. Ulostyöntötapit
13. Valukanavan ulostyöntötappi
14. Ulostyöntöpaketin takalevy
15. Ulostyöntöpaketin kokoonpanopultit
16. Kiinnityslevy/takalevy
17. Liikkuvan puolen kokoonpanopultit

Muotin päämitat**Muottikokoonpanon päämitat****Liikkuvan puolen päämitat**

Muotin päämitat

Kiinteän puolen päämitat



Tuotteen mitat

