

Lähivalmistusoppimisympäristön suunnittelu

Opinnäytetyö

Sami Ahonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Ahonen, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Lähivalmistusoppimisympäristön suunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Henell Antti, Parviainen Miikka		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän aikuisopisto		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Lähivalmistusoppimisympäristön suunnittelun tavoitteena oli kartoittaa lähivalmistuksen nykytila ja tulevaisuuden tarpeet. Sen perusteella suunniteltiin lähivalmistusoppimisympäristö, joka palvelee sekä alueen yrityksiä 3D-pikavalmistuksen saralla ja muodostaa pedagogisesti järkevän oppimisympäristön.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään erilaisiin 3D-tulostusmenetelmiin sekä niiden käyttämiin tekniikoihin. Lisäksi käsitellään 3D-pikavalmistuksessa tarvittavia ohjelmistoja.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään lävitse uuden 3D-pikavalmistus kurssin suunnittelu siihen liittyvine pedagogisine ratkaisuineen. Kurssin suunnittelussa käytetään avuna myös työelämälle tehtyjä kyselyitä.</p> <p>Opinnäytetyön Lopputuloksena saatiin suunniteltua lähivalmistusoppimisympäristö ja siihen liittyvä 3D-pikavalmistuskurssi. Lisäksi muodostettiin hankintaehdotus 3D-laitteistolle, mitä tullaan tarvitsemaan lähivalmistusoppimisympäristössä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D-pikavalmistus, Oppimisympäristö, 3D-tulostus		
Muut tiedot		

Author(s) Ahonen, Sami	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 43	Permission for web publication: x
Title of publication Planning of near side production learning environment		
Degree programme Bachelor of Engineering		
Supervisor(s) Henell Antti, Parviainen Miikka		
Assigned by Jyväskylä Institute of Adult Education		
Abstract <p>Objective planning of near side production learning environment was to find out near side productions present state and needs. On basis of findings there has been made plans for near side production learning environment, which serves companies nearby and creates a learning environment including pedagogy.</p> <p>In this thesis different 3D manufacturing methods are introduced. Also programs needed on 3D-printing are covered.</p> <p>In this thesis has been gone through how to design a new 3D-rapid manufacturing course with including its pedagogy. In help of design there has been a questionnaire to industries nearby</p> <p>End result in this thesis is a new near side production learning environment where can be used a new 3D-rapid manufacturing course. Also end result were purchase requisition for new 3D-manufacturing equipment needed in near side production learning environment.</p>		
Keywords/tags (subjects) Learning environment, 3D-rapid manufacturing, 3D-printing		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Jyväskylän aikuisopisto.....	5
2	Tutkimusmenetelmät.....	6
2.1	Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus.....	6
2.2	Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus	7
3	Ainetta lisäävät valmistusmenetelmät.....	7
3.1	Ainetta lisäävän valmistuksen historia.....	7
3.2	Ainetta lisäävien laitteistojen erilaiset tyypit.....	8
3.2.1	Sidosaineen ruiskutus.....	8
3.2.2	Suorakerrostusmenetelmät.....	9
3.2.3	Materiaalin pursotus	10
3.2.4	Materiaalin ruiskutus.....	11
3.2.5	Jauhepetimenetelmä.....	12
3.2.6	Laminointi.....	13
3.2.7	Nesteen fotopolymerisointi.....	14
3.2.8	Hybridilaserpäälystyskoneet	15
3.3	Tulostuksen ohjelmistot.....	16
3.3.1	3D-mallinnus.....	16
3.3.2	3D-tulostusohjelmistot.....	16
4	Koulutussuunnittelu (Opetussuunnitelma ja menetelmät).....	17
4.1	Uusi opetussuunnitelma	17
4.2	Pedagogiset menetelmät	18
4.2.1	Tiimioppiminen.....	20
4.2.2	Projektioppiminen	20
4.2.3	Oppimisympäristö	20
5	Työn toteutus	21

	2
5.1 Uuden 3D-pikavalmistuskurssin suunnittelu	21
5.2 Tarvekartoitus	22
5.3 3D-tulostimien kartoitus	22
6 Työn tulokset.....	23
6.1 Kyselytutkimuksen tulokset.	23
6.2 3D-pikavalmistuskurssi.....	25
6.2.1 Kurssin rakenne	26
6.2.2 3D-pikavalmistuskurssin ohjelmistot.....	27
6.2.3 Oppimistehtävät	27
6.2.4 Kurssin arviointi	29
6.3 Hankintaehdotus	29
6.4 Oppimisympäristö	31
7 Johtopäätökset ja pohdinta	33
Lähteet.....	34
Liitteet	36
Liite 1. 3D-pikavalmistus tutkinnonosa	36
Liite 2. 3D-pikavalmistus tutkinnonperusteet	38
Liite 3. Koneistuspiirustus lisäpainolle	43

Kuviot

Kuvio 1. Jyväskylän aikuisopisto lukuina 2016	6
Kuvio 2. Ainetta lisäävä valmistus	7
Kuvio 3. Sidosaineen ruiskutus	9
Kuvio 4. Suorakerrostusmenetelmät	10
Kuvio 5. Materiaalin pursotus	11
Kuvio 6. Materiaalin ruiskutus	12
Kuvio 7. Jauhepetimenetelmä	13
Kuvio 8. Kappaleen valmistus DMG LASERTEC 65 3D koneella	16
Kuvio 9. Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon rakenne	17
Kuvio 10. Oletteko harkinneet 3D-pikavalmistus laitteistojen hankkimista?	24
Kuvio 11. Millä aikataululla olette harkinneet 3D-pikavalmistuslaitteistojen hankkimista?	24
Kuvio 12. Minkä materiaalia käyttävän 3D-pikavalmistuslaitteiston hankkimista olette suunnitelleet?	24
Kuvio 13. Mihin meidän tulisi panostaa 3D-pikavalmistus koulutuksessa?	24
Kuvio 14. Mitä muuta meidän tulisi huomioida 3D pikavalmistus tutkinnon osan koulutusta suunnitellessamme?	25
Kuvio 15. Harjoitustyön 3D-malli	27
Kuvio 16. Valmis 3D-tuloste	28
Kuvio 17. Harjoitustyö Spinneri.....	28
Kuvio 18. Oppimisympäristön paikka.....	31
Kuvio 19. Oppimisympäristön layout	32

Taulukot

Taulukko 1. Laitteistotyyppit ISO/ASTM 52900:2015 mukaan	8
Taulukko 2. Vapaasti valittavat tutkinnon osat.....	18
Taulukko 3. 3D-tulostimien vertailu.....	23
Taulukko 4. 3D-pikavalmistus osioiden kestot.....	26
Taulukko 5. 3D-tulostimien pisteytystaulukko.....	30

Käytetyt lyhenteet

2D	Two dimensional
3D	Three dimensional
ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
AM	Additive manufacturing
CAD	Computer aided design
CAM	Computer aided manufacturing
PLA	Polylactid acid
PVA	Polyvinyl acetate

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan 3D-lähivalmistuksen nykytilanne yleisesti sekä selvitetään keskisuomalaisten konepajayritysten tarvetta 3D-tulostukseen. Näiden selvitysten pohjalta on tarkoitus suunnitella Jyväskylän aikuisopistolle lähivalmistusoppimisympäristö pedagogisine ratkaisuineen. Lähivalmistusoppimisympäristön kehittämiseen tulee tarve uusiutuvan opetussuunnitelman myötä, johon yhdeksi tutkinnon osaksi tulee 3D-pikavalmistus. Tutkinnon osaan tehdään toteutussuunnitelma ja tutkinnon osan toteuttamiseksi tarvitaan 3D-tulostuslaitteistoja.

Opinnäytetyössä tarkastellaan myös erilaisia 3D-tulostuslaitteistotyyppisiä ja niiden toimintaperiaatteita. 3D-tulostuslaitteistotyyppien tarkastelun lisäksi tarkastellaan markkinoilla olevia 3D-tulostimia. 3D-tulostimien tarkastelun perusteella pystytään valitsemaan aikuisopiston käyttöön parhaiten soveltuva laitteisto. Laitteistojen ohella tarkistamme myös 3D-pikavalmistukseen käytettäviä ohjelmistoja.

1.1 Jyväskylän aikuisopisto

Jyväskylän aikuisopisto on alueellisesti aktiivinen ja valtakunnallisesti merkittävä toimija, jolla on vuosikymmenien kokemus koulutuksen ja työelämäpalvelujen järjestämisestä. Jyväskylän aikuisopistolla oli vuonna 2016 9471 opiskelijaa. Opiskelijoita on sekä lyhytkoulutuksissa että ammatillisissa näyttötutkinto koulutuksissa. Jyväskylän aikuisopistossa suoritettiin vuonna 2016 2296 tutkintoa. Tutkinnoista oli 794 perustutkintoja, 398 ammattitutkintoja ja 332 erikoisammattitutkintoja. Näiden kokotutkintojen lisäksi suoritettiin 751 osatutkintoa ja 27 nuorten tutkintoa. (ks. kuvio 1)

JYVÄSKYLÄN AIKUISOPISTO LUKUINA 2016



Kuvio 1. Jyväskylän aikuisopisto lukuina 2016

Jyväskylän aikuisopisto on osa Jyväskylän koulutuskuntayhtymää. Jyväskylän aikuisopistolla oli 223 henkilöä töissä vuoden 2016 lopussa. Heistä 184 henkilöä oli opetushenkilöstöä ja 39 hanke- ja tukihenkilöstöä. (Jyväskylän aikuisopisto, tilinpäätös- ja toimintakertomus 2016 2017)

2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytettiin sekä laadullista että määrällistä tutkimusmenetelmää.

2.1 Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus

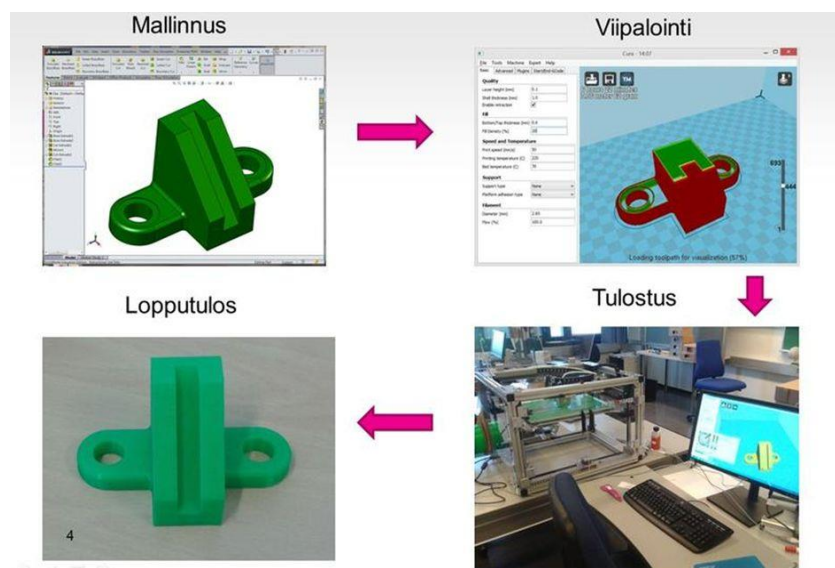
Laadullisena tutkimusmenetelmä käytettiin haastattelututkimusta. Haastattelu tutkimuksen muotona käytettiin ei-strukturoitua asiantuntijahaastattelua. Haastattelu tehtiin työpajatyöskentelyn yhteydessä, jolloin 3D-pikalvalmistusta käsiteltiin laajemaltakin kuin haastattelussa olisi normaalisti tehty.

2.2 Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus

Määrällisenä tutkimusmenetelmänä käytettiin kyselytutkimusta. Määrällinen tutkimusmenetelmä eli kvantitatiivinen menetelmä on tutkimustapa, jossa tietoa tarkastellaan numeerisesti (Vilka 2007, 14).

3 Ainetta lisäävät valmistusmenetelmät

Ainetta lisäävässä valmistusmenetelmässä on periaatteena, että ainetta lisätään valmistettavaan kappaleeseen kerroksittain. Valmistusprosessissa mallinnetaan ensin kolmiulotteinen malli, joka viipaloidaan kerroksiin käyttäen siihen soveltuvaa ohjelmaa. Tämän jälkeen kappale voidaan tulostaa 3D-tulostimella. (ks. kuvio 2.) (<http://alvo.savonia.fi/tietopankki>)



Kuvio 2. Ainetta lisäävä valmistus (Savonia-ammattikorkeakoulu n.d.)

3.1 Ainetta lisäävän valmistuksen historia

Ainetta lisäävän valmistuksen historia ylettyy aina vuoteen 1980 asti, jolloin japanilainen tohtori Kodama teki ensimmäisen patenttihakemuksen AM-laitteistosta. Ensimmäinen

mäiset kaupalliset AM-laitteistot valmistettiin kuitenkin vasta vuonna 1987 3D Systems Corporationin toimesta. Ensimmäiset AM-laitteistot olivat valmistettu käyttäen allasvalopolymerisaatio menetelmää. AM-laitteistojen kehitys oli alkuaikoina hidasta ja AM-laitteistot alkoivat yleistyä vasta 2000-luvulla. Alkuaikoina kaikki markkinoilla olevat AM-laitteistot olivat kalliita ja vasta vuonna 2007 AM-laitteiston hinta saatiin laskettua alle 10 000 dollariin. Nykyään AM-laitteistoja saa jo muutamalla sadalla eurolla. (<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>)

3.2 Ainetta lisäävien laitteistojen erilaiset tyypit

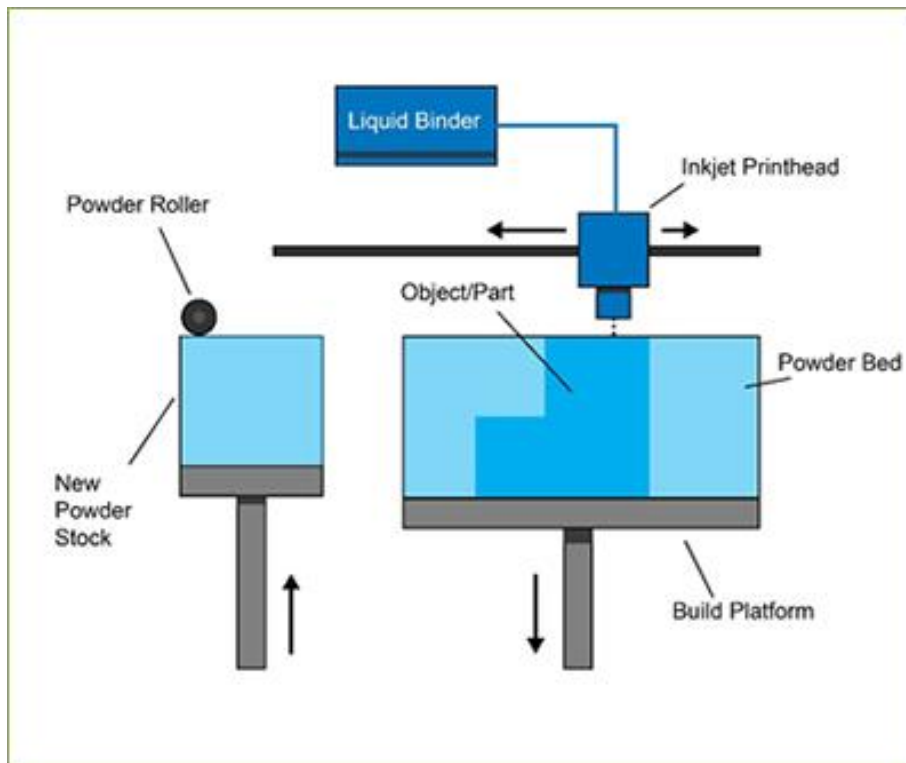
AM-laitteistotyyppit on jaoteltu ISO/ASTM yhteisstandardi ISO/ASTM 52900:2015 ”Additive manufacturing -- General principles – Terminology” : mukaan seitsemään eri kategoriaan. Kategorioilla ei ole vielä vakiintunutta suomenkielistä termistöä. Savonia-ammattikorkeakoulu on julkaissut sivuillaan (<http://alvo.savonia.fi/tietopankki/metodit>) suomenkielisen termistön, jota käytän opinnäytetyössäni. (ks. taulukko 1.)

Taulukko 1. Laitteistotyyppit ISO/ASTM 52900:2015 mukaan

binder jetting	Sidosaineruiskutus
directed energy deposition	Suorakerrostusmenetelmät
material extrusion	Materiaalin pursotus
material jetting	Materiaalin ruiskutus
powder bed fusion	Jauhepetimenetelmät
sheet lamination	Laminointi
vat photopolymerization	Nesteen fotopolymerisointi

3.2.1 Sidosaineen ruiskutus

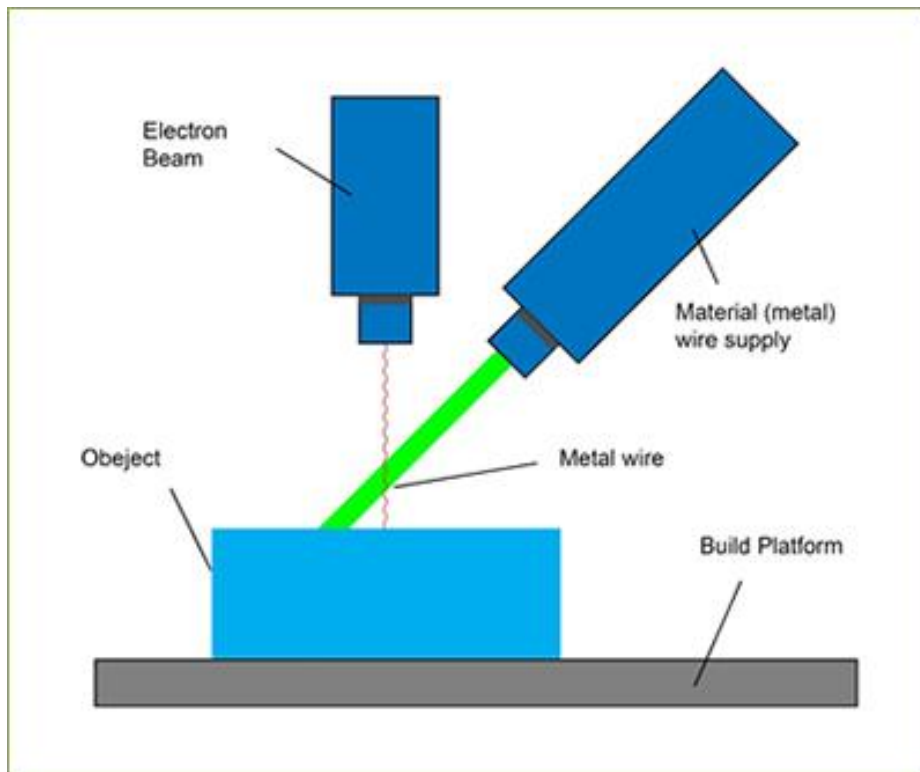
Sidosaineen ruiskutuksessa käytetään jauhemaista perusainetta. Perusaineeseen ruiskutetaan nestemäistä sidosainetta, joka reagoi perusmateriaalin kanssa. Sidosaineen ruiskutuksen peruseräite on sama kuin normaalissa mustesuihkutulostimessa, paitsi jokaisen tulostuskerroksen välillä lisätään uusi jauhekerros, johon ruiskutuspää käy ruiskuttamassa sideainetta. (What is Binder Jetting? n.d.)



Kuvio 3. Sidosaineen ruiskutus (Loughborough University n.d.)

3.2.2 Suorakerrostusmenetelmät

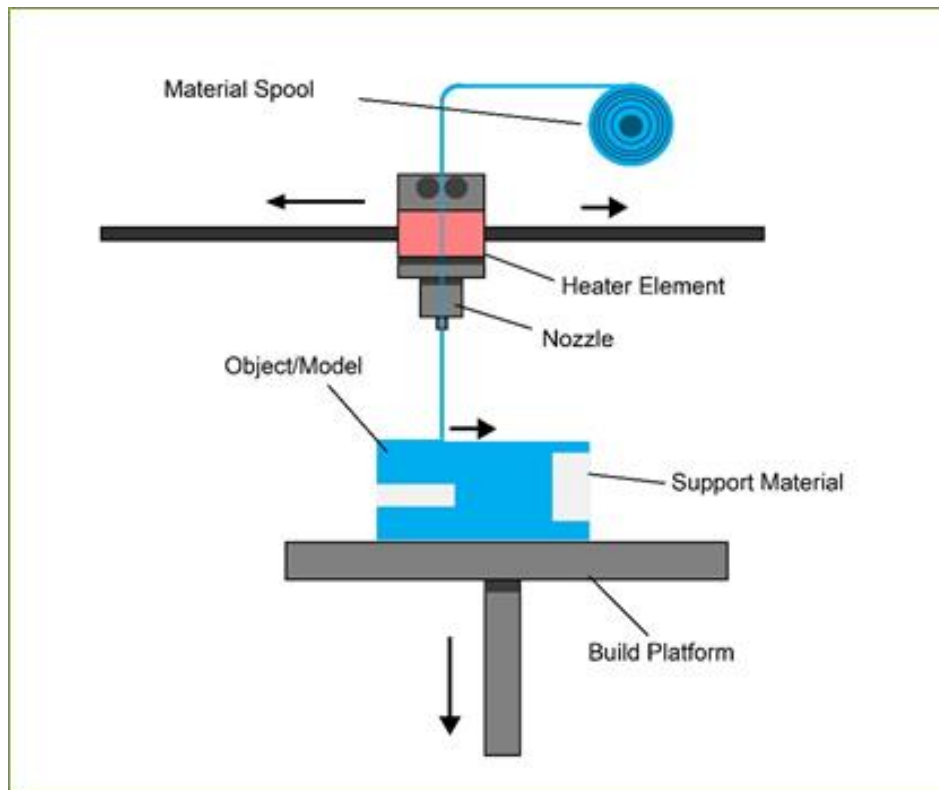
Suorakerrostusmenetelmässä laite koostuu suuttimesta, joka on yleensä kiinnitetty moniakseliseen käsivarteeseen, joka voi olla esimerkiksi robotti tai työstökone. Suuttimesta annostellaan uutta materiaalia joko jauheena tai lankana. Sen jälkeen materiaali sulatetaan yleensä laserilla. Materiaali sulatetaan kohdistetusti kappaleen pintaan, johon se kiinnittyy ja muodostaa uutta kappaletta. (About Additive Manufacturing 2016 n.d.)



Kuvio 4. Suorakerrostusmenetelmät (Loughborough University n.d.)

3.2.3 Materiaalin pursotus

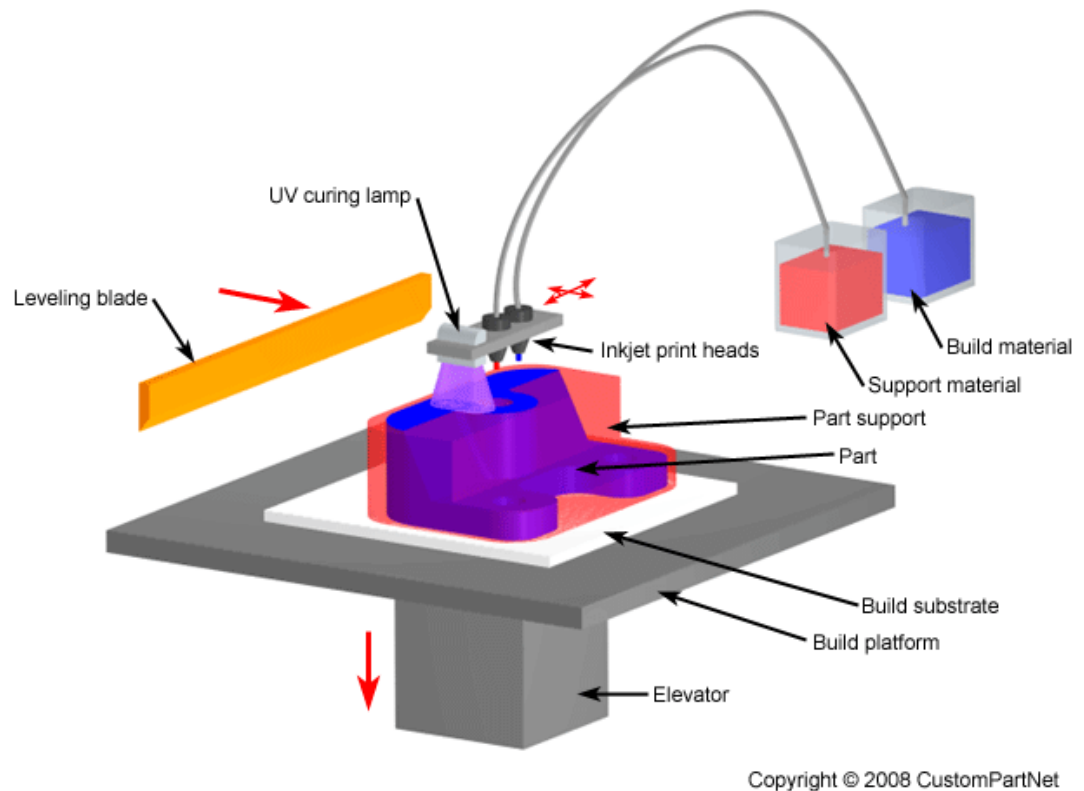
Materiaalin pursotus menetelmää käytetään yleisesti edullisissa kotikäyttöön tarkoitetuissa 3D-tulostimissa laitteiston yksinkertaisuuden takia. Laitteisto muistuttaa toiminnaltaan kuumaliimapistooleita. Laitteistossa muovimateriaalia syötetään suuttimen läpi, jossa se lämmitetään sulamispisteeseen. Suutinta liikutetaan valmistettavan kappaleen päällä kerroksittain ohjattua rataa ohjelmoidusti, jolloin kappale valmistuu. (Material Extrusion 2016.)



Kuvio 5. Materiaalin pursotus (Loughborough University n.d.)

3.2.4 Materiaalin ruiskutus

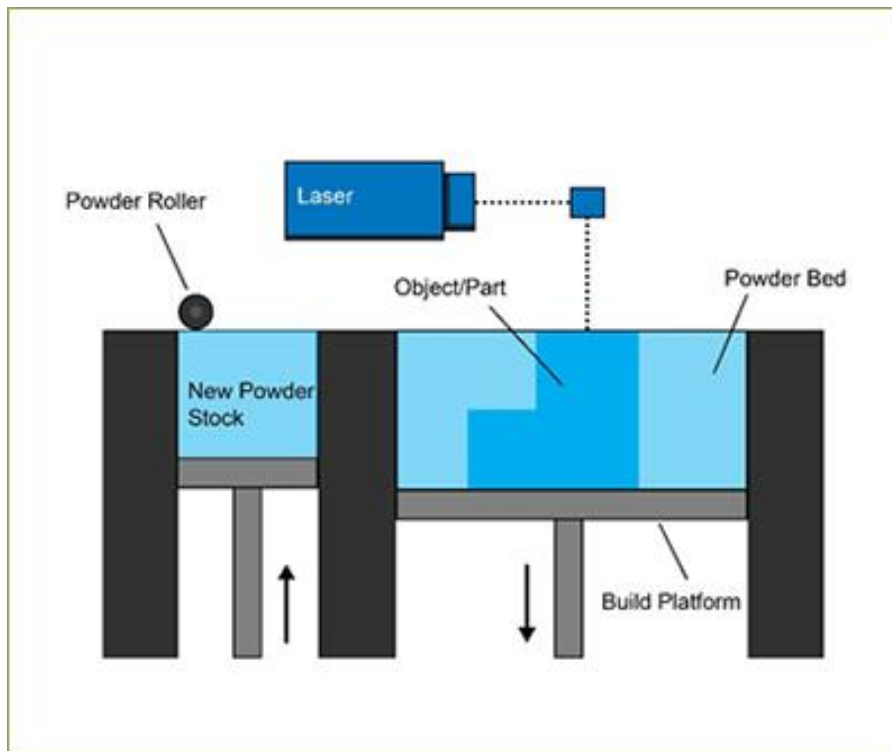
Materiaalin ruiskutusmenetelmässä materiaalia suihkutetaan pienen suuttimen läpi, vähän saman tyypisesti, kuin mustesuihkutulostimella. Suihkutettu materiaali kovetetaan sen jälkeen käyttämällä UV-valoa. Materiaalia suihkutetaan ohjelmoidusti kerroksittain, jolloin muodostuu kolmiulotteinen kappale. (What is 3D printing? 2016.)



Kuvio 6. Materiaalin ruiskutus (custompartnet.com n.d.)

3.2.5 Jauhepetimenetelmä

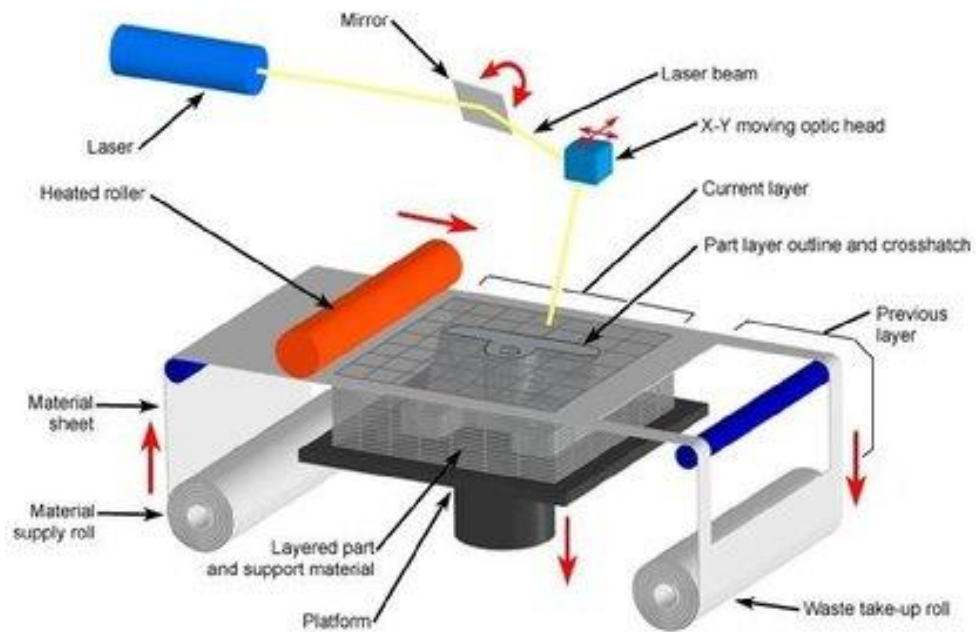
Jauhepetimenetelmässä käytetään suuritehoista laseria, jolla kovetetaan jauhe-
maista ainetta. Aine voi olla muovia, lasia, keraamia tai metallia. Laser kohdistetaan
selektiivisesti kerroksittain ohjelmoidun radan mukaisesti. Aina, kun yksi kerros on
muodostettu, lasketaan tasoa alaspäin ja levitetään uusi kerros jauhetta. Kovettuma-
tonta jauhetta ei poisteta tässä vaiheessa, vaan se jää tukemaan valmistuvaa kappa-
letta. (About Additive Manufacturing 2016)



Kuvio 7. Jauhepetimenetelmä (Loughborough University n.d.)

3.2.6 Laminointi

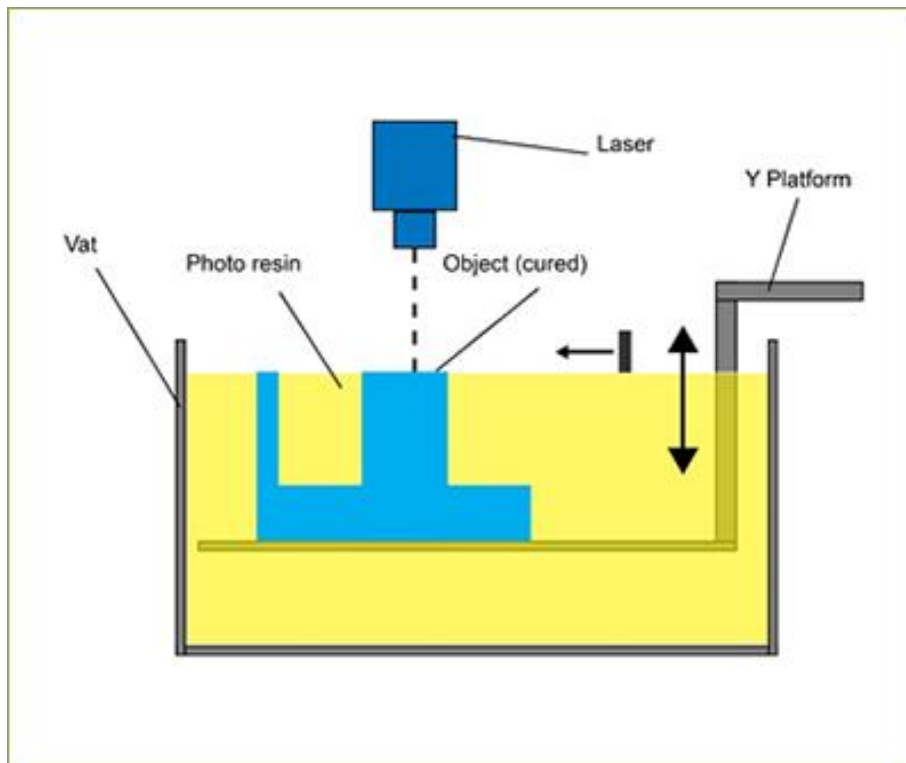
Laminointiprosessissa tehdään kappale kerroksittain leikkaamalla kappaleen ulko- ja sisämuoto kalvosta tasoittain. Yleisesti laminointiprosessissa rakennetaan kappale muovikalvosta, jota pinotaan päällekkäin. Muovikalvoa syötetään rullalta leikkuualueelle, jossa se leikataan edellisen kerroksen päälle joko käyttäen laseria tai veistä. Materiaali, jota ei käytetä poistetaan työskentelyalueelta. Kerrokset liimataan toisiinsa käyttäen lämmitettyä telaa, joka aktivoi lämpöön reagoivan liiman materiaalissa. Muovin sijasta materiaalina voi olla myöskin paperi. (Additive manufacturing processes n.d.)



Kuvio 6. Laminointi (University of Twente n.d.)

3.2.7 Nesteen fotopolymerisointi

Nesteen fotopolymerisoinnissa käytetään lasersädettä kovettamaan valoherkkää polymeeriä. Valoherkkää polymeeriä laitetaan työskentelyalueelle altaaseen, johon kohdistetaan lasersäde. Lasersäde kovettaa halutut kohdat polymeeristä. Sen jälkeen työskentelytasoa lasketaan kerrosvahvuuden verran alaspäin ja uusi kerros valoherkkää polymeeriä lasketaan altaaseen. Prosessia toistetaan, kunnes kappale on valmis. (What is Additive Manufacturing? n.d.)

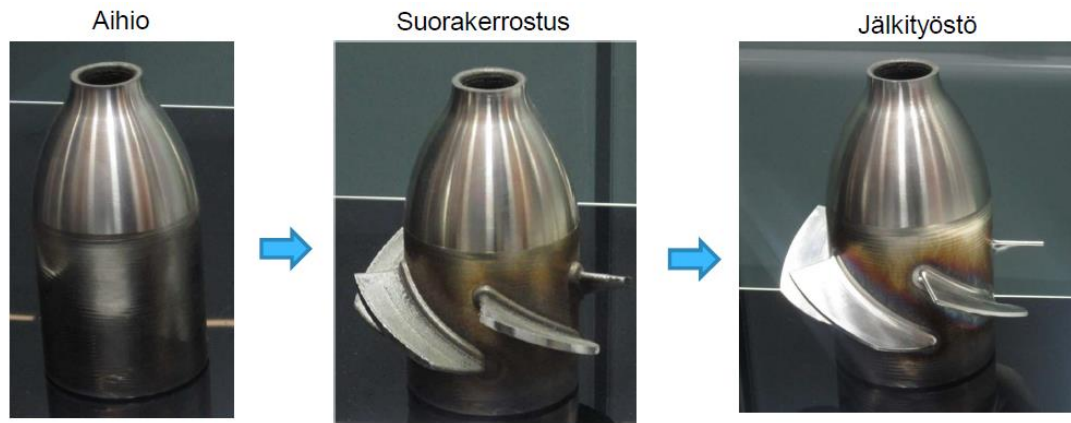


Kuvio 7. Nesteen fotopolymerisointi (Loughborough University)

3.2.8 Hybridilaserpäälystyskoneet

Markkinoille on tullut viime aikoina isoilta metallityöstökonevalmistajilta hybridi-laserpäälystyskoneita. Hybridilaserpäälystyskoneen toiminta perustuu normaaliin 5-akseliseen työstökoneeseen, johon on lisätty laserpäälystysyksikkö. Laserpäälystysyksikön toiminta perustuu kuitulaseriin, jolla sulatetaan jauheena ruiskutettu lisäaine olemassa olevan kappaleen pintaan. Kun työkappaleeseen on suorakerrostettu lisää materiaalia, voidaan se jälkikäsitellä koneistamalla haluttuun tarkkuuteen ja pinnanlaatuun (ks. kuvio 8).

Markkinoilta saatavia koneita ovat esimerkiksi MAZAK INTEGREG i-400AM ja DMG LASERTEC 65 3D. Koneiden yleistymistä hidastaa niiden huomattavan kallis hinta. Esimerkiksi DMG LASERTEC 65 3D koneen lähtöhinta on yli 500 000 euroa.



Kuvio 8. Kappaleen valmistus DMG LASERTEC 65 3D koneella (Tuominen 2015)

3.3 Tulostuksen ohjelmistot

3D-pikavalmistus tarvitsee erilaisia ohjelmistoja, jotta voidaan ensin muodostaa 3D-malli ja rakentaa siitä tarvittava koodi kappaleen valmistamiseksi.

3.3.1 3D-mallinnus

3D-mallinnukseen on olemassa hyvinkin laaja kirjo erilaisia ohjelmistoja, aina ilmaisesta mallinnusohjelmasta raskaisiin 3D-suunnitteluohjelmistoihin. 3D-mallinnusohjelmistojen toimintatapa on hyvin saman tyyppinen riippumatta ohjelmistosta. Ensin piirretään 2D-muoto, josta pursotetaan tai tehdään pyöräyttämällä solidi eli 3D-malli. Tätä perustana olevaa mallia sitten muokataan joko lisäämällä siihen uusia pursotuksia tai leikkaamalla kappaletta. Ohjelmistoista löytyy myös paljon erilaisia viimeistely-, reiän- teko-, viisteytys ja pyöristystyökaluja.

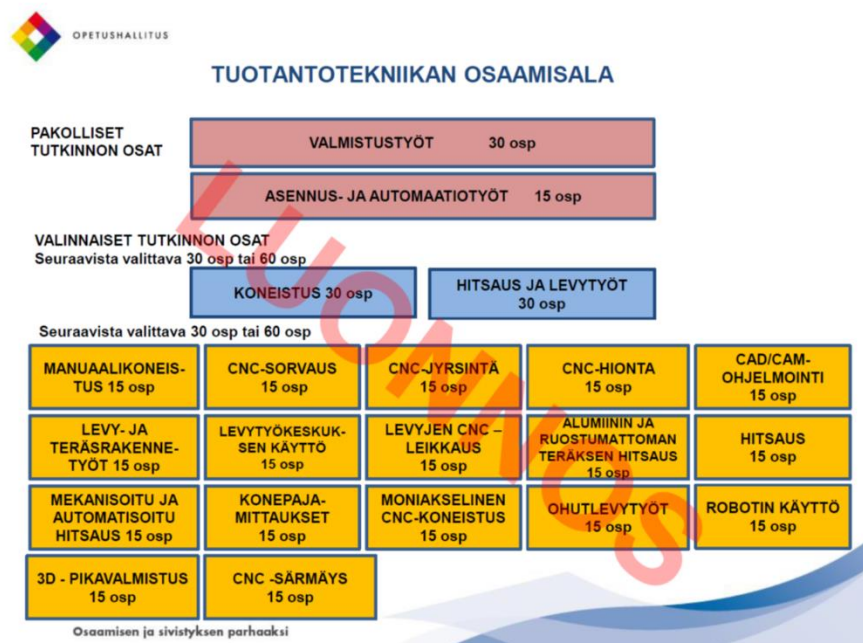
3.3.2 3D-tulostusohjelmistot

3D-tulostusohjelmistoilla käsitellään 3D-malli tulostimen ymmärtämään muotoon. Pääperiaatteena tulostusohjelmistoissa on ensin "slicer"-ohjelmisto, joka nimensä mukaisesti viipaloi 3D-mallin tulostettaviin kerroksiin ja samalla rakentaa mallin sisään tukirakenteen, annettujen parametrien mukaan. Tukirakenne tehdään mallin sisään sen vuoksi että pelkän kuoren tulostaminen tekisi kappaleesta heikon ja taas täysin umpinaisen kappaleen tulostaminen ei ole taloudellisesti yleensä järkevää. 3D-tulostusohjelma muodostaa sitten 3D-tulostimen ymmärtämän koodin.

4 Koulutussuunnittelu (Opetussuunnitelma ja menetelmät)

4.1 Uusi opetussuunnitelma

Nykyinen kone- ja metallialan perustutkinto uudistuu huomattavasti syksyllä 2017. Sen tulee korvaamaan kone- ja tuotantotekniikan perustutkinto, joka tulee astumaan voimaan 1.8.2017. Tuotantotekniikan osaamisalalla tulee huomattavia muutoksia verrattuna vanhaan valmistustekniikan osaamisalaan, minkä uusi osaamisala korvaa. Tutkinnon pakollisissa osissa tulee korostumaan tietokonepohjainen valmistus ja numeerisesti ohjatut koneet. Opetussuunnitelman uudistuksessa tulee myös uusia osaamisaloja valinnaisiin tutkinnon osiin (ks. kuvio 9). Jotta Jyväskylän aikuisopisto voi tulevaisuudessa kouluttaa koko tutkinnon, joudumme lisäämään tutkinnon osien tarjontaan. Pakollisten ja valinnaisten tutkinnon osien lisäksi on suoritettava kaksi tai neljä vapaa valintaista tutkinnon osaa, riippuen siitä suorittaako yhden vai kaksi valinnaista tutkinnon osaa. Koneistuksen suuntautumisissa suoritetaan normaalisti pakolliset tutkinnon osat ja sen lisäksi koneistuksen valinnainen tutkinnon osa. Tämän lisäksi on ollut tarjolla neljä vapaasti valittavaa tutkinnon osaa.



Kuvio 9. Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon rakenne (Opetushallitus)

Taulukossa 2. esitellään nykyiset ja tulevat Jyväskylän aikuisopiston tarjoamat vapaasti valittavat tutkinnon osat tuotantotekniikan osaamisalalla.

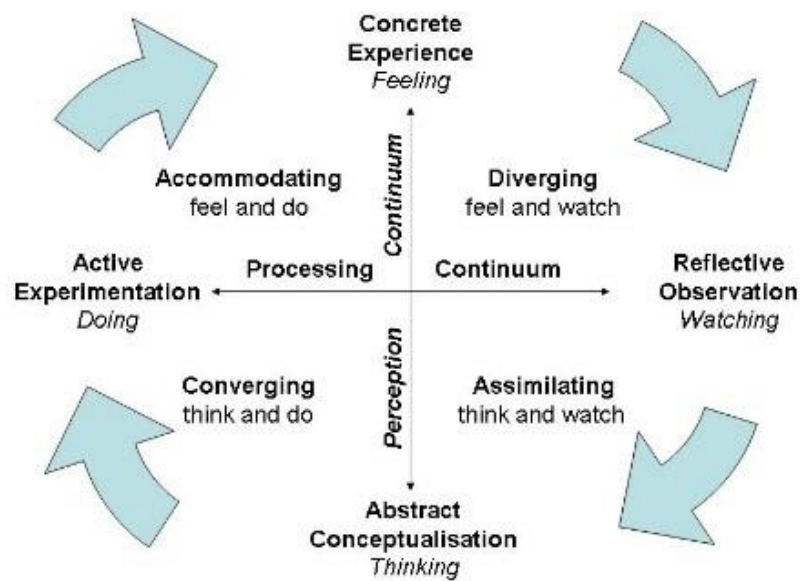
Taulukko 2. Vapaasti valittavat tutkinnon osat

Vapaasti valittavat tutkinnon osat		
	Nykyiset	Uudet
1	CNC-sorvaus	CNC-sorvaus
2	CNC-jyrsintä	CNC-jyrsintä
3	2D-CAD/CAM	CAD/CAM-ohjelmointi
4	3D-CAD/CAM	3D-Pikavalmistus

Uudessa opetussuunnitelmassa 2-D ja 3-D CAD/CAM-ohjelmointi yhdistyvät yhdeksi tutkinnon osaksi. Tilalle lähdettiin miettimään uutta tutkinnon osaa. Alan tulevaisuuden näkymien vuoksi koettiin tärkeäksi 3D-pikavalmistuksen lisääminen vapaasti valittavien tutkinnon osien tarjontaan.

4.2 Pedagogiset menetelmät

Kun opiskelijoille pyritään opettamaan uutta asiaa, on valittava millä menetelmällä se voitaisiin tehdä tehokkaasti. Nykytilanteessa on pidettävä vielä kustannuksetkin kunnossa. Tällöin on lähdettävä miettimään, millä pedagogisilla menetelmillä se voidaan toteuttaa. Oppiminen itsessään on uuden asian omaksumista ja sen soveltamista käytäntöön. Käytännön oppimisessa voidaankin käyttää hyväksi Kolbin kokemuksellisen oppimisen mallia (ks. kuvio 10).



Kuvio 10. Kolbin kokemuksellinen oppiminen (Kolb 1984)

Kokemuksellisessa oppimisessä oppimisprosessi on jaettu neljään eri vaiheeseen, jotka painottavat oppimista eri tavoin (Kupias 2001, 16).

1. Välitön omakohtainen kokemus (concrete experience)
2. Kriittinen pohdiskeleva havainnointi eli reflektointi (reflective observation)
3. Abstrakti käsitteellistämisvaihe (abstract conceptualisation)
4. Aktiivisen ja kokeilevan toiminnan vaihe (active experimentation)

Eri vaiheissa voidaan käyttää erilaisia pedagogisia menetelmiä, joilla opetusta saadaan vietyä tehokkaasti eteenpäin. Kolbin kokemuksellinen oppimisen kehässä lähdetään liikkeelle omakohtaisesta kokemuksesta, eli lähdetään kokeilemaan tehdä jotain. Tämän jälkeen päästään kriittisen pohdiskelun vaiheeseen, jossa reflektoidaan, mitä tuli tehtyä. Abstraktissa käsitteellistämisvaiheessa opitaan siitä, mitä ollaan tehnyt. Aktiivisen ja kokeilevan toiminnan vaiheessa tehdään sitä, mitä on opittu ja sovelletaan opittuja asioita käytäntöön. Tämän jälkeen palataan kehässä taas vaiheeseen yksi ja syvennetään opittuja asioita joka kierroksella.

4.2.1 Tiimioppiminen

Tiimioppimisessa opiskelijaryhmä ottaa oppimisen vastuun itsellensä opettajan siirtyessä valmentajan rooliin. Tiimioppimisessa opiskelijat jaetaan ryhmiin, joille itselleen annetaan vastuu oppimisen läpiviennistä. Tiimien kanssa tehdään suunnitelma, kuinka opintoja viedään eteenpäin ja mitkä ovat tiimin tavoitteet. Tiimeille annetaan yksilöllisiä tehtäviä, jotka tiimit tekevät yhdessä. Tiimioppimisessa tulee kiinnittää huomiota tiimien rakentamiseen, jotta niihin saadaan erilaisia jäseniä. Tämä edesauttaa tiimin oppimista. Opettajan tehtävänä on tukea ja ohjata tiimiä oppimisen matkalla. Opettajan on myöskin varmistuttava, että tiimillä on käytettävissä tarvittavat resurssit.

4.2.2 Projektioppiminen

Projektioppiminen perustuu perinteisen opettajajohtoiseen opettamisen sijasta tiimin yhteistoiminnalliseen oppimiseen (Vesterinen 2001). Projektioppimisessa opiskelijatiimille annetaan tehtäväksi toteuttaa konkreettinen asiakokonaisuus. Projektille tulee asettaa selkeä tavoite ja aikataulu sen toteuttamiseksi. Projektioppimisessa opettaja toimii enemmänkin ohjaajana, joka ohjaa tiimiä oikeaan suuntaan toteuttamisessa ja tiedon hankkimisessa, sen sijaan että antaisi valmiita vastauksia.

4.2.3 Oppimisympäristö

Oppimisympäristö koostuu monesta eri tekijästä: tiloista, laitteista, virtuaalisista tiloista sekä opettajan ja oppilaiden välisestä dialogista, että toimintakäytännöistä. Oppimisympäristöksi määritellään myös välineet, palvelut ja materiaalit, joita opiskelussa käytetään. Oppimisympäristöjä voi olla avoimia tai suljettuja riippuen siitä, mitä ollaan oppimassa. Opettaja ohjaa ja valvoo oppimista suljetussa oppimisympäristössä. Opiskelijalla on enemmän vastuuta omasta oppimisestaan avoimessa oppimisympäristössä. (Jyrhämä, Hellström, Uusikylä & Kansanen 2016, 178.)

5 Työn toteutus

5.1 Uuden 3D-pikavalmistuskurssin suunnittelu

Uuden 3D-pikavalmistuskurssin suunnittelu tuli ajankohtaiseksi, koska kone- ja metallitekniikan opetussuunnitelma uudistuu syksyllä 2017 kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnoksi ja 3D-pikavalmistus tulee yhdeksi uudeksi toteutettavaksi kurssiksi perustutkintokoulutukseemme.

Kurssin suunnittelu aloitettiin tutustumalla uudistuviin tutkinnon perusteisiin osallistamalla niiden luontiin Opetushallituksen työpajoissa. Työpajoissa pääsin myös haastattelemaan tarkemmin työpajaan osallistuneita Opetushallituksen ja tulevaisuustyöryhmän jäseniä. Heiltä sain erittäin hyvää informaatiota, mikä on teollisuuden tulevaisuuden näkymä 3D-pikavalmistuksen osalta.

3D-pikavalmistuskurssia lähdettiin miettimään työryhmässä, joka koostui Jyväskylän koulutuskunta yhtymän kone- ja metallialan opettajista. Työryhmässä oli mukana sekä Jyväskylän aikuisopiston että Jyväskylän ammattiopiston kouluttajia, koska Opetushallituksen suunnittelema koulutuksen reformi tulee yhdistämään aikuis- ja nuorisopuolen koulutuksen ainakin osittain.

Kurssin suunnittelussa lähdettiin opetussuunnitelman perusteista, jotka määrittelevät kurssin osaamisperustan. Osaamisperustan perusteella lähdettiin suunnittelemaan, kuinka kurssi tulisi toteuttaa, jotta opiskelijat voisivat saavuttaa tarvittavan osaamisen. Kurssin suunnittelussa otettiin kantaa myös siihen minkälaisilla laitteistoilla ja ohjelmistoilla saavutettaisiin tarvittava osaaminen sekä selvitettiin, mitä osaamista opettajilta jo löytyy.

Kurssia suunnitellessa mietittiin opetussuunnitelman painopistealueittain, kuinka tuntijako tullaan tekemään eri painopistealueille. Painopisteiksi suunnittelussa määriteltiin opetussuunnitelman mukaisesti 3D-mallinnus, 3D-mallien korjaaminen, 3D-radan valmistus 3D-tulostimelle, 3D-tulostimen asetus ja 3D-tulostus.

5.2 Tarvekartoitus

Teimme 3D-pikavalmistukseen liittyvän tarvekartoituksen lähialueemme pienille ja keskisuurille koneistusyrityksille. Kartoitus toteutettiin sähköisenä kyselynä joulukuussa 2016. Sähköinen kysely tehtiin käyttämällä Microsoft Office 365 Forms -ohjelmistoa. Kyselystä haluttiin tehdä mahdollisimman yksinkertainen ja nopea vastata, joten laitoimme siihen vain oheiset viis kysymystä.

1. Oletteko harkinneet 3D-Pikavalmistus laitteistojen hankkimista?
2. Millä aikataululla olette harkinneet 3D-pikavalmistuslaitteistojen hankkimista?
3. Minkä materiaalia käyttävän 3D-pikavalmistuslaitteiston hankkimista olette suunnitelleet?
4. Mihin meidän tulisi panostaa 3D-pikavalmistus koulutuksessa?
5. Mitä muuta meidän tulisi huomioida 3D pikavalmistus tutkinnon osan koulutusta suunnitellessamme?

Kysely lähetettiin 34 lähialueen pienelle tai keskisuurelle konepajateollisuuden yritykselle. Yritykset valittiin sen perusteella, kenen kanssa Jyväskylän aikuisopistolla on eniten yhteistyötä, liittyen esim. työssäoppimiseen.

5.3 3D-tulostimien kartoitus

Opinnäytetyössä kartoitettiin markkinoilla olevia 3D-tulostimia liittyen hankintaehdotukseen. Tulostimia kartoitettiin etsimällä niiden maahantuojien ja valmistajien nettisivuja internetistä sekä vieraillemalla alihankintamessuilla, missä oli useampia maahantuojia esittelemässä laitteistojaan. 3D-tulostimista löytyy laitteistoja alkaen hintaluokasta 500 euroa. Tällä rahalla saa hyvin rajoitetuilla ominaisuuksilla varustetun 3D-tulostimen. Toisessa päässä hintaskaalaa ovat hybridilaitteistot, jotka ovat integroitua työstökoneeseen, joilla voi tulostaa metallia ja viimeistellä kappaleen samalla laitteistolla. Rajasimme kartoitusta laitteistoihin, joiden hintaluokka on alle 10 000 euroa.

Kartoitimme samalla, mitä 3D-tulostimia on jo käytössä Jyväskylän koulutuskuntayhtymän eri yksiköissä, koska niitä ei ole rekisteröity mihinkään tarkemmin. Laitteiston määrittelyä varten lainasin myös Jämsän ammattiopistosta, joka kuuluu myös Jyväskylän koulutuskuntayhtymään, yhden 3D-tulostimen testaamista varten.

Taulukko 3. 3D-tulostimien vertailu

Tulostin	Minifactory Innovator	Stratasys Mojo	Prenta Duo XL	Massportal pharaoh ED30
Tulostusalue X, Y, Z mm	320 x 260 x 305	127 x 127 x 127	400 x 200 x 200	210 x 210 x 300
Tulostusma- teriaali	ABS,PLA,Nylon	ABS	PLA, ABS, PVA	PLA, ABS, PVA
Aktiivihiihi- suodatus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei, vain tuule- tus
Tukimateri- aali	Kyllä	Kyllä	Kyllä	KYLLÄ
Tulostusoh- jelmisto	Repetier host 3D	Mojo Print Wizard	Simplify 3D	Simplify 3D
Valmistu- maa	Suomi	USA	Suomi	Latvia
Hinta	6 300 €	8 950 €	5 990 €	5 000 €

(Lähde: 3D-tulostimen valmistajien tarjoukset ja kotisivut.)

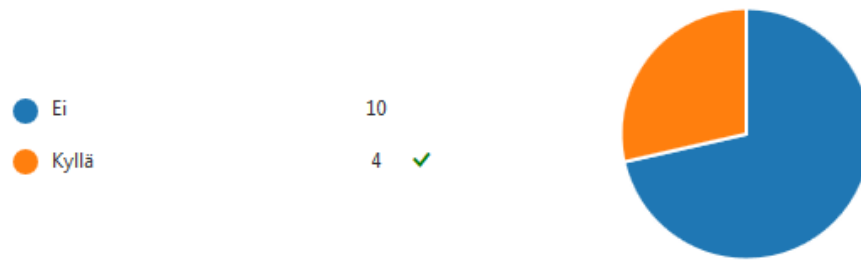
3D-tulostimien vertailutaulukosta nähdään, että monet valmistajat tarjoavat hyvin saman tyyppisiä 3D-tulostimia varsin kilpailukykyiseen hintaan. 3D-tulostimista on hyvin hankala löytää eroja pelkillä teknisillä tiedoilla.

6 Työn tulokset

Työn tuloksiksi saatiin valmisteltua uuden 3D-pikavalmistus kurssin toteutussuunnitelma ja siihen tarvittavan 3D-tulostimen hankintaehdotus.

6.1 Kyselytutkimuksen tulokset.

Kyselyyn vastasi 14 yritystä 37 kyselyyn osallistuneesta yrityksestä ja kyselyn vastausprosentiksi saadaan 38 % prosenttia. Vastausprosentti on kohtuullinen, mutta kertoo myös osaltaan, että 3D-tulostuksella ei nähdä vielä yritysten kannalta isoa kaupallista potentiaalia.



Kuvio 10. Oletteko harkinneet 3D-pikavalmistus laitteistojen hankkimista?



Kuvio 11. Millä aikataululla olette harkinneet 3D-pikavalmistuslaitteistojen hankkimista?



Kuvio 12. Minkä materiaalia käyttävän 3D-pikavalmistuslaitteiston hankkimista olette suunnitelleet?



Kuvio 13. Mihin meidän tulisi panostaa 3D-pikavalmistus koulutuksessa?

2 Vastaukset

"Yhdistelmäkoneiden huomioiminen(materiaalia lisäävät/lastuavat)"

"3D tulostuksen kustannusten analysointia hinnoittelua varten"

Kuvio 14. Mitä muuta meidän tulisi huomioida 3D pikavalmistus tutkinnon osan koulutusta suunnitellessamme?

Kyselyn tuloksista voidaan tehdä havaintoja, että 3D-tulostusta ei olla vielä ottamassa käyttöön pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Vastanneista yrityksistä 10 on harkinnut hankkivansa 3D-tulostimen. 3D-tulostimen hankinnasta kiinnostuneista yrityksistä kolme aikoo hankkia 3D-tulostimen kolmen vuoden sisällä ja yksi 3-5 vuoden sisällä. Kuusi yritystä aikoo hankkia 3D-tulostimen myöhemmin, kuin viiden vuoden sisällä.

3D-tulostusmateriaaleista kiinnostavat eniten muovimateriaalit ja metallimateriaalit. Muovimateriaalia tulostavan 3D-tulostimen on harkinnut hankkivansa viisi yritystä ja metallimateriaaleja tulostavan 3D-tulostimen hankkimista on harkinnut neljä yritystä.

3D-pikavalmistuksenkurssin pääpainoalueet jakautuivat hyvinkin tasan annettujen vaihtoehtojen kesken. Seitsemän yritystä piti tärkeimpänä keskittymisen laitteiston ohjelmointiin. Sekä laitteiston käyttöön, että 3D-mallien luontia ja käsittelyä piti tärkeimpänä kuusi yritystä.

6.2 3D-pikavalmistuskurssi

3D-pikavalmistuskurssin toteutus suunnitelman rakentaminen muodostui yhdeksi tärkeimmäksi osioksi tämän opinnäytetyön tuloksista. Kurssia rakennettaessa tuli ottaa huomioon lähialueen yrityksille tehdyn tutkimuksen tulokset sekä uuden opetus suunnitelman vaatimukset.

Koulutuksen suunnittelussa on lähdetty kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon perusteista, jotka määrittelevät osaamisen, mikä on saavutettava kurssilla (ks. Liite 2). Tutkinnon perusteet määrittelevät tarvittavan osaamistason, mikä kurssilla on saavutettava. Osaaminen on osoitettava tutkintotilaisuudessa, jossa valmistetaan kappale käyttäen 3D-tulostinta. Kappaleen vaativuudesta sanotaan seuraavasti kone-

ja tuotantotekniikan perustutkinnon perusteissa: ” *Valmistettavat tuotteet tai kappaleet on oltava muodoltaan riittävän monipuolisia tai konstruktion sellainen, ettei niitä kannata perinteisillä menetelmillä valmistaa*” (Opetushallitus, 2017)

6.2.1 Kurssin rakenne

Uudistuva kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon perusteiden ja yrityksille suoritettun kyselyn perusteella kurssin suunnittelussa lähdettiin ajatuksesta, että kurssilla tullaan käyttämään muovin tulostukseen tarkoitettuja 3D-tulostimia. Muovia käyttävien 3D-tulostimien käyttöä puoltaa myös se seikka, että muovia tulostavien 3D-tulostinten hinta on alhainen.

Taulukko 4. 3D-pikavalmistus osioiden kestot

Tutkinnon osa	Alaotsikko	Opetusaihe	Lähi	Etä
3D-Pikavalmistus 50 pv 15 op	Teoria	3D-mallinnus	15	6
		3D-mallien korjaaminen	5	4
		3D-radon valmistus tulostimelle	2	
	Käytäntö	3D-tulostimen asetus	3	
		3D-tulostus	15	0
			40	10

Kuten taulukosta 4 selviää, on kurssi jaettu teoria- ja käytäntöosiin ajallisesti. Käytännössä kurssia suoritettaessa käytäntö- ja teoriaopetus tulevat kulkemaan käsikädessä eli teoriaa ja käytäntöä tullaan sekoittamaan tarpeen mukaisesti. Kurssin laajuus on 15 opintopistettä, joka tarkoittaa Jyväskylän aikuisopiston lukujärjestyksessä noin 50 opiskelijatyöpäivää.

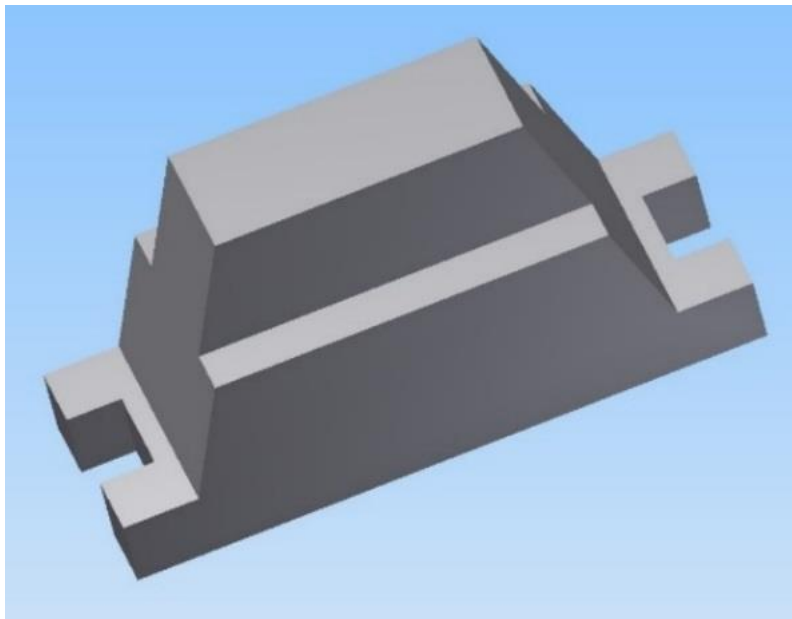
Koulutuksessa ryhmä tullaan jakamaan oppimistiimeihin, jolloin oppimistiimeille voidaan jakaa omia tehtäviä. Oppimistiimien tehtävien etenemistä seurataan ja tiimejä ohjataan tarvittaessa. 3D-pikavalmistuksessa oppimistiimeille tullaan antamaan valmiita kappaleita, jotka tiimit tulevat mallintamaan ja valmistamaan tehdyn mallin perusteella.

6.2.2 3D-pikavalmistuskurssin ohjelmistot

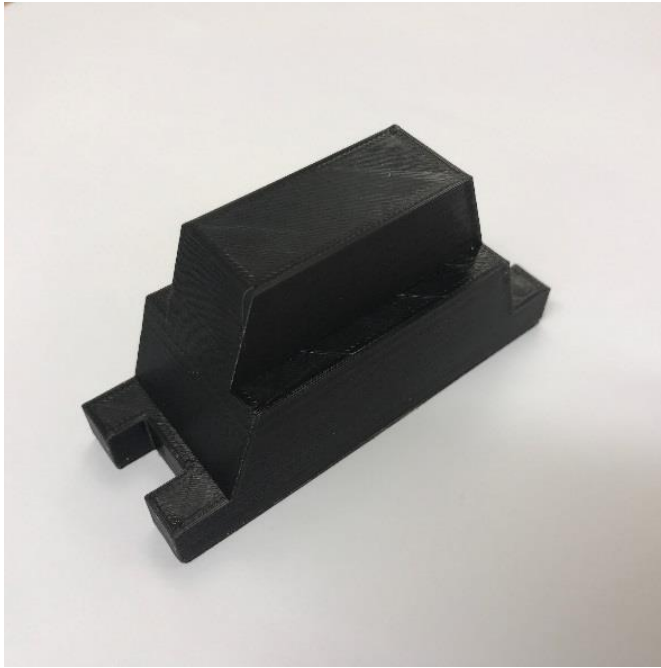
3D-pikavalmistuksessa tarvitaan ohjelmistoja sekä mallintamiseen ja että 3D-radon luomiseen tulostimelle. Ohjelmistoissa ollaan päädytty käyttämään jo oppilaitoksesta löytyvää 3D-mallinnusohjelmaa, Autodesk Inventor 2018-ohjelmistoa. 3D-radon luontiin tullaan käyttämään 3D-tulostimen mukana tulevaa ohjelmistoa, joka takaa parhaimman yhteensopivuuden käytettävän 3D-tulostimen kanssa. Tässä tapauksessa käytettävä ohjelmisto on Repetier-Host for Minifactory. Oppimisympäristössä on käytössä myös muita ohjelmistoja tai oppimisalustoja, kuten Optima, Microsoft Office ja Pro-NC Edu 13, jotka osaltaan tukevat oppimista.

6.2.3 Oppimistehtävät

Oppimistehtävissä lähdetään ensin ohjatusti piirrettävistä harjoituksista, kohti itse suunniteltavia harjoitustöitä. Ensimmäisetkin harjoitukset tullaan valmistamaan 3D-mallista 3D-tulosteeksi asti (ks. Kuvio 15 ja 16). Näin heti alusta saadaan koko prosessi haltuun ja voidaan ohjeistaa opiskelijoita itsenäiseen työskentelyyn.



Kuvio 15. Harjoitustyön 3D-malli



Kuvio 16. Valmis 3D-tuloste

Kun osaaminen sekä mallinnuksessa että 3D-tulostuksessa kasvaa siirrytään itse suunniteltuihin osiin. Harjoitustöissä tulee käyttää osaamistaan laajasti, myös osaamistaan kurssin ulkopuolelta. Alla esimerkkinä harjoitustyö Spinneri (ks. Kuvio 17), jossa joutuu käyttämään aiemmin koulutuksessa hankittua osaamista laakerin mitoituksessa ja asennuksessa sekä lisäpainojen koneistuksessa. Samalla, kun mallintaa 3D-tulostettavan osan, on tehtävä myös koneistuspiirustus lisäpainojen koneistamiseksi (liite 3).



Kuvio 17. Harjoitustyö Spinneri

6.2.4 Kurssin arviointi

Valmistavassa koulutuksessa arviointi tapahtuu vain antamalla ”Osallistunut”-merkintä. Osallistunut merkinnän saamiseksi tulee opiskelijan suorittaa kaikki annetut oppimistehtävät hyväksytysti.

6.3 Hankintaehdotus

Kyselyn perusteella olemme tulleet siihen tulokseen, että perustason 3D-tulostimen käyttö antaisi parhaimman vastineen investoinnille tällä hetkellä. Myöskin 3D-pika-valmistuskurssin toteuttamiseen perustason 3D-tulostimet ovat riittäviä. Kuitenkin, jotta voisimme palvella Jyväskylän alueen yrityksiä hieman laajemmin, olemme harjoittelemassa, että hankkisimme kombinaation eritasoisia 3D-tulostimia oppilaitoksellemme.

Vertailimme eri tulostimen valmistajien 3D-tulostimia ja niistä kaikista löytyy yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. 3D-tulostimen valinta tehtiin tekemällä valintaulukot, jossa eri alueet pisteytettiin asteikolla 1-5, jossa yksi on huonoin arvosana ja viisi paras. Pisteytys on tehty taulukosta 2 löytyvien arvojen perusteella. Tulostusalueen pisteytys on tehty käyttäen isoimman tulostusalueen tilavuutta ja sitä on verrattu prosenttilukuina muihin. 3D-tulostusmateriaalissa pisteytys on annettu sen mukaan, kuinka montaa eri materiaalia 3D-tulostin pystyy tulostamaan. Aktiivihiihtisuodatukselta on saanut viisi pistettä, jos sellainen on. 3D-Tulostin jossa on vain tuuletus, sai kaksi pistettä. Tukimateriaalista, tulostusohjelmistosta ja valmistusmaasta kaikki 3D-tulostimet saivat täydet pisteet, koska erot ovat vain nimellisiä. Hinta pisteytettiin siten että, halvin sai täydet pisteet ja kallein yhden pisteen. Muut 3D-tulostimet pisteytettiin hinnan suhteessa halvimpaan ja kalleimpaan.

Taulukko 5. 3D-tulostimien pisteytystaulukko

Tulostin	Minifactory Innovator	Stratasys Mojo	Prenta Duo XL	Massportal pharaoh ED30
Tulostusalue X, Y, Z mm	5	1	3	3
Tulostusma- teriaali	5	2	5	5
Aktiivihii- suodatus	5	5	5	2
Tukimateri- aali	5	5	5	5
Tulostusoh- jelmisto	5	5	5	5
Valmistu- maa	5	5	5	5
Hinta	3	1	4	5
Yhteispis- teet	33	24	32	28

Pisteytystaulukon perusteella eniten pisteitä sai Minifactoryn Innovator 3D-tulostin, niukalla yhden pisteen erolla Prenta Duo XL 3D-tulostimeen. Valinta on tehtävä näiden kahden 3D-tulostimen välillä.

Päädymme ehdottamaan, että hankimme kolme kappaletta kotimaisen Minifactoryn valmistamia 3D-tulostimia, niistä saadun hyvän palautteen ja oman käyttökokemuksemme perusteella. Minifactorylla on myös nettipohjainen opiskeluympäristö Minifactory Kampus, jota voidaan käyttää myös opetustarkoituksessa apuna. Minifactoryn etuna on, että heiltä löytyy myös halvempi perustason 3D-tulostin Minifactory 3, joita jo löytyykin Jyväskylän koulutuskuntayhtymästä. Meillä oli lainassa koulutuskuntayhtymän Minifactory 3 3D-tulostin, jonka 3D-tulosteiden laatu on riittävä perustason laitteelle. Kuitenkin tulemme laittamaan hankintaehdotukseen, että hankimme

pääasiassa Minifactoryn Innovator 3D-tulostimia, jotka ovat täysin koteloituja ja muutenkin paremmin varusteltuja. Minifactory Innovatorin yksi etu on myös, että se pysyy toimimaan stand alone laitteena ja ei välttämättä tarvitse tietokonetta vierelleen toimiakseen.

Minifactory Innovator maksaa noin 6 300 euroa ja se on rakenteeltaan täysin koteloitu ja varustettu aktiivihilisuodatuksella, jolloin siitä ei pääse haitallisia muovi-höyryjä ympäristöön. Täysin koteloitu rakenne tekee siitä turvallisen käyttää oppilaitosympäristössä.

Lisäksi tulemme ehdottamaan, että hankimme Minifactory Innovator 3D-tulostimien lisäksi kaksi kappaletta Minifactory 3 3D-tulostimia, yksinkertaisimpien harjoitusten tekemiseen.

6.4 Oppimisympäristö

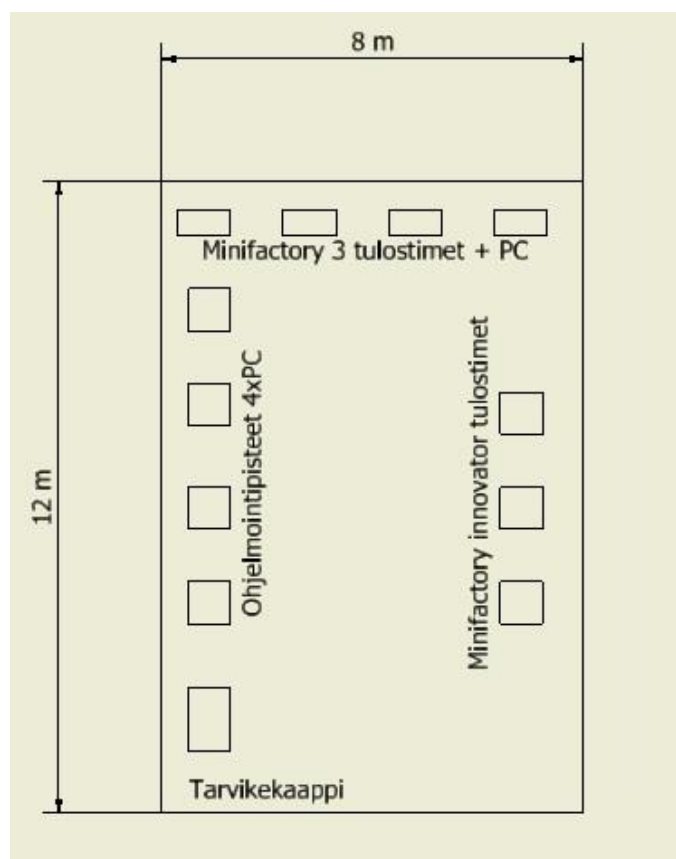
Oppimisympäristöön on tulossa yllä olevan hankintaehdotuksen mukaisesti kolme Minifactory innovator 3D-tulostimia sekä kaksi kappaletta minifactory 3 3D-tulostimia. Lisäksi tulemme siirtämään kaksi jo Jyväskylän koulutuskuntayhtymässä olemassa olevaa minifactory 3-tulostinta oppimisympäristöön. Oppimisympäristö luodaan Jyväskylän aikuisopiston koneistussaliin, josta asennusosasto siirtyy pois (ks. kuvio 18).



Kuvio 18. Oppimisympäristön paikka.

Niiden lisäksi oppimisympäristöön panostetaan luomalla uusille laitteistoille ja niiden tarvitsemille tarvikkeille oma erillinen tilansa. Uudessa tilassa pystytään mallintamaan ja valmistamaan kurssilla tehtäviä kappaleita. Oppimisympäristössä tullaan käyttämään eri ohjelmistoja monipuolisesti, joka asettaa omat vaatimuksensa tilaan hankittaviin tietokoneisiin.

Fyysisestä oppimisympäristöstä tehdään sijoittelultaan väljä, jotta työskentely onnistuu usealta ryhmältä yhtä aikaa. Oppimisympäristöön tulee 3D-tulostimien lisäksi kahdeksan tietokonetta, joista neljä on sijoitettu Minifactory 3 3D-tulostimien yhteyteen ja neljä omiin työpisteisiinsä (Kuvio 19).



Kuvio 19. Oppimisympäristön layout

Oppimisympäristöön kuuluvat myös käytettävät ohjelmistot ja oppimisalustat, jotka ovat asennettuina kaikille tietokoneille. Tämä varmistaa sen, että tilaa ja laitteita voidaan käyttää tehokkaasti.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyössä saatiin valmisteltua sen tavoitteiden mukaisesti 3D-tulostimen hankintaehdotus sekä määriteltyä 3D-pikavalmistuskurssin perusrakenne. Molemmat osiot tulevat vielä tarvitsemaan tarkempaa suunnittelua ennen niiden toteuttamista.

Hankinnan toteuttamista määrää oppilaitoksemme hankintasäännökset. Teemme ensin hankintaehdotuksen johtoryhmälle ja sen jälkeen kilpailuttamaan eri 3D-tulostien hankinnat, kunnallisten hankintasäännösten mukaisesti.

3D-pikavalmistuskurssi tulee vaatimaan ensin yllämainitun laitteiston hankkimisen ja sen jälkeen laitteiston käyttöönoton ennen koulutuksen alkamista. Myös kurssilla käytettävien kappaleiden suunnittelu on tehtävä ennen ensimmäisen kurssin aloittamista.

Lähteet

About Additive Manufacturing. 2016. Artikkelel Loughborough Universityn sivuilla. Viitattu 18.8.2016. www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditive-manufacturing/directedenergydeposition/.

Additive manufacturing processes. N.d. Artikkelel University of Twenten sivuilla. Viitattu 18.8.2016. www.utwente.nl/ctw/opm/research/design_engineering/rm/Additive%20Manufacturing/overview-of-additive-manufacturing-processes/.

History of 3D-printing. N.d. Artikkelel 3D-printing Industry sivuilla. Viitattu 18.8.2016. <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>.

Inkjet Printing. N.d. Artikkelel Custompart.net sivuilla. Viitattu 2.2.2017. <http://www.custompartnet.com/wu/ink-jet-printing>.

ISO/ASTM 52900:2015(en). 2015. Additive manufacturing — General principles — Terminology. Geneva: International Organization for Standardization. Viitattu 18.3.2017. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-1:v1:en>.

Jyrhämä, R., Hellström, M., Uusikylä, K. & Kansanen, P. 2016. Opettajan Didaktiikka. Jyväskylä: PS-kustannus.

Kolb, D. 1984. Experiential learning: experience as the source of learning and development. Prentice Hall. New Jersey.

Kupias, P. 2001. Oppia opetusmenetelmistä. Helsinki: Educa-Instituutti.

Material Extrusion. 2016. Artikkelel Virginia Polytechnic Institute and State Universityn sivuilla. Viitattu 18.8.2016. www.me.vt.edu/dreams/material-extrusion/.

Opetushallitus. 2016. Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinto, tutkinnon perusteet. Viitattu 28.3.2017. https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/esitys/1978990/naytto/tutkinnon_osat/2095799.

Partanen, J. 2009. Välähdyksiä yksilön oppimisesta. Partus Oy. Jyväskylä.

Tietopankki 3D-tulostuksesta. N.d. Savonia-ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 15.4.2017. <http://alvo.savonia.fi/tietopankki>.

Tuominen, J. 2015. Metallipinnoitus – pinnoitusmenetelmien mahdollisuudet ainetta lisäävässä valmistuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto.

Vesterinen, P. 2001. Projektiopiskelu ja –oppiminen ammattikorkeakoulussa. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 189. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa Määrällisen tutkimuksen perusteet. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki.

What is 3D printing? 2016. Artikkelel 3D printing.com sivuilla. Viitattu 18.8.2016. 3dprinting.com/what-is-3d-printing/.

What is Additive Manufacturing?. N.d. Artikkelel Amazing's additivemanufacturing.com sivuilla. Viitattu 18.8.2016. additivemanufacturing.com/basics/.

What is Binder Jetting?. N.d. Artikkelel The ExOne Companyn sivuilla. Viitattu 18.8.2016. www.exone.com/Resources/Technology-Overview/What-is-Binder-Jetting.

Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinto 135 op**Kone- ja metalliala****3D-pikavalmistus 15 op**

pakollinen

valinnainen X

Tutkinnon osa	Alaotsikko	Opetusaihe	Lähi	Etä
3D Pikavalmistus 50 pv 15 op	Teoria	3D Mallinnus	15	3
		3D Mallien korjaaminen	5	2
		3D Radan valmistus tulostimelle	2	2
		3D Tulostimen asetus	3	
		3D Tulostus	15	3
			40	10

1. 3D-pikavalmistus

1.1. Tavoite opintojaksolle

- hahmottaa 3D mallinnuksen periaatteet
- oppii luomaan 3D mallin käyttäen siihen soveltuvaa ohjelmistoa
- oppii lukemaan ja analysoimaan 3D malleja eri formaateissa
- oppii korjaamaan 3D mallissa olevia vikoja ja pintoja
- oppii 3D tulostuksen periaatteet ja niissä käytettävät materiaalit
- oppii valmistamaan monimuotoisia kappaleita 3D tulostimella

1.2 Sisältökuvaus

- 3D mallintaminen ohjelmistoilla (Esim. Inventor, SolidWorks)
- 3D Mallien korjaaminen
- 3D CAD/CAM liittyen 3D valmistukseen
- 3D kappaleiden valmistaminen
- Mittaustekniikka
- Materiaalioppi

1.3 Oppimismenetelmät ja pedagogiset ratkaisut

Toiminnallisuus lähiopetuksessa, työssä oppiminen, oppimistiimityöskentely ja oppimistehtävät, etäopiskelu, verkko-oppiminen, oivallusten synnyttäminen ja kokemuksellinen oppiminen tiimissä.

1.4 Oppimisympäristöt



Opintojakson kuvaus, tuotekortti

14.5.2017

Luokkaympäristö, sähköiset oppimisalustat, BYOD (bring your own device), toiminnalliset oppimisympäristöt, työsalinympäristö, työssäoppimispaikat.

1.6 Osallistumismerkinnän saamisen / opintojaksopalautteen perusteet

Aktiivinen osallistuminen lähiopetukseen, tiimityöskentelyyn sekä oppimistehtävien tekeminen, palautus ja hyväksytyt suorittaminen.

1.7 Kohderyhmäkuvaus

Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon opiskelijat, jotka valitsevat valinnaiseksi tutkinnon osakseen 3D-pikavalmistuksen.

Henkilöille joita kiinnostaa 3D-mallintaminen ja 3D-pikavalmistus, riippumatta pääasiallisen tutkinnon suuntautumisesta.

1.8 Kouluttajat jotka ko. opintojaksoa toteuttavat

Sami Ahonen, Juha Eronen, Juha Haimakka, Pekka Rautio



Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinto



/ Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinto / Tutkinnon osat / 3D-pikavalmistus

3D-pikavalmistus

Koodi: 101105

Ammattitaitovaatimukset

Opiskelija tai tutkinnon suorittaja osaa

- lukea ja tulkita valmistuksessa tarvittavia konepiirustuksia ja niiden merkintöjä
- teknisen laskennan ja trigometrian niin hyvin, että pystyy laskemaan funktiolaskimella mittoja sekä kulmia konepiirustuksista
- käyttää 3D CAD/CAM-ohjelmaa ja mallintaa monimuotoisia 3D- kappaleita umpi- ja kuoripiirteisinä
- CAM- ohjelmoinnin ja valita sekä rajata oikeat muodot tarvittavien työratojen valmistusta varten 3D- muodosta
- poistaa grafiikasta turhia muotoja ja paikata esim. formaattikäännöksestä johtuvia aukkoja tilavuusmalleissa
- käyttää apuna piirustustasoja ja siirtää mallinnetun kappaleen nollapistettä
- käyttää ja tarvittaessa vaihtaa tyypillisiä tallennus- ja tiedonsiirtoformaatteja
- varmistaa postprocessorin oikean toiminnan ennen tiedonsiirtoa ja valmistusta
- tiedonsiirron tietokoneelta kannettavilla massamuisteilla ja ohjelmistoilla datakaapelilla tai langattomasti
- käyttää materiaali- ja työkalukirjastoa ja luoda niihin uusia tietoja
- valita valmistukseen sopivat työkalut ja -menetelmät käyttötarkoituksen mukaan, sekä asettaa oikeat valmistuksessa tarvittavat arvot ja paksuudet eri materiaalien mukaan
- skaalata, peilata ja muuttaa mittakaavoja 3D- mallissa
- valita sopivat työvarat viimeistelyä varten ja viimeistellä kappaleen asiakkaalle kelpaavaksi tuotteeksi
- simuloida ja tarkistaa työradat ennen siirtoa valmistavalle koneelle ja tarvittaessa korjata radassa olevat virheet
- valmistaa 3D- kappaleita ottaen huomioon koneen ominaisuudet
- tulostaa konepajapiirustukset mallintamastaan kappaleesta
- tunnistaa käytettävien materiaalien ominaisuudet ja käyttökohteet (muovit, keraamit, metallit, pulveriseokset ja sidosaineet)
- tunnistaa valmistuksessa käytettävät eri konetyypit, ainetta lisäävien ja poistavien valmistusmenetelmien erot ja käyttökohteet (laminointi/kalvotus, langat/pursotus ja sintraus/pulverit)
- mitata ja täyttää mittauspöytäkirjan valmistamastaan kappaleesta
- tehdä valmistuksessa myöhemmin mahdollisesti tarvittavat dokumentit ja ohjeet
- valmistuksessa tarvittavien materiaalien ja työkalujen oikean käytön ja säilytyksen
- toimia työssään turvallisesti, kustannustehokkaasti ja taloudellisesti, sekä raportoida työskentelyä haittaavista häiriöistä ja työturvallisuuteen liittyvistä asioista
- tehdä perushuollot, tarkistukset ja pienemmät kunnostukset käyttämillensä koneille
- vastata työnsä laadusta valmistaa kuvien mukaisia kappaleita, jotka voidaan toimittaa asiakkaalle tai jatkojalostukseen

- oikean jälkikäsitteilyjen esim. tukirakenteiden- ja jäysteenpoiston, sekä pinnoittamisen ja lämpökäsittelyjen vaikutukset valmistamansa kappaleen materiaalille ja muodolle
- mitata kaikilla konepajoissa yleisesti olevilla mekaanisilla mittavälineillä erilaisia mittoja 0,02 mm tarkkuudella, sekä mitata kulmia ja muotoja
- ymmärtää kalibroinnin ja puhtauden merkityksen ja osaa tarkistaa mittavälineen, käyttää ja säilyttää mittoja oikein sekä osaa huoltaa mittavälineitä
- englanniksi alalla tarvittavan sanastoa niin että selviytyy työtilanteista ja pystyy hyödyntämään työssään vieraskielistä materiaalia



Arviointi

1. Työprosessin hallinta

Suunnitelmallinen työskentely

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • tarvitsee ohjausta
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • etenee työssään itsenäisesti, mutta tarvitsee ohjausta alkuun pääsyssä tai työvaiheista toiseen siirryttäessä
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • työskentelee suunnitelmallisesti

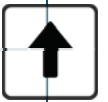
Työkokonaisuuden hallinta

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • tarvitsee työntelemiseen ohjausta
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • toimii itsenäisesti
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • työskentelee suunnitelmallisesti ja itsenäisesti

Aloitekyky ja yrittäjäyys

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • työskentelee vastuuntuntoisesti
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • työskentelee motivoituneesti ja yritteliäästi
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • on aktiivinen ja aloitteellinen

2. Työmenetelmien, -välineiden ja materiaalin hallinta

Kappaleen valmistus 3D-pikavalmistustilanteilla ja viimeistelytyöt

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • laittaa koneen käyttökuntoon ja käynnistää valmistuksen
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • mallintaa ja valmistaa kappaleita 3D-mallinnuslaitteilla
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • toteuttaa tuotteen viimeistelytyöt ja tarvittavat pintakäsittelyt niin, että valmis tuote voidaan toimittaa asiakkaalle

3D-mallintaminen

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • hyödyntää valmista 3D-tiedostoa valmistuksessa
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • muokkaa ja korjaa 3D-tiedostoa
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • luo itsenäisesti 3D-mallin, korjaa sen virheet ja vaihtaa tarvittaessa tiedostoformaattia

3. Työn perustana olevan tiedon hallinta**Teknologia ja tietotekniikka**

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • omaa riittävät tietotekniset valmiudet
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • omaa hyvät tietotekniset valmiudet
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • omaa erittäin hyvät tietotekniset valmiudet

Matematiikan ja luonnontieteiden taidot

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> • osaa kappaleen geometrian luonnissa tarvittavan perusmatematiikan
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> • toteuttaa tarvittavat laskelmat
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> • kykenee toteuttamaan mittauksissa ja korjaustoimenpiteissä tarvittavan matematiikan

3D-pikavalmistus menetelmien ja niissä käytettävien materiaalien tuntemus



Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> tuntee muutamia pikavalmistusmentelmiä ja pystyy luettelemaan niissä käytettäviä materiaaleja
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> tuntee yleisimmät pikavalmistusmenetelmät ja niissä käytettävät materiaalit
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> tuntee yleisimmät pikavalmistusmenetelmät ja kullenkkin menetelmällä sopivat yleisimmät materiaalit

4. Elinikäisen oppimisen avaintaidot

Terveys, turvallisuus ja toimintakyky

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> noudattaa työturvallisuusmääräyksiä ja 3D-pikavalmistuskäytön käyttöturvallisuusohjeita työskentelee ergonomisesti
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> varmistaa kaikissa tilanteissa 3D-pikavalmistuskäytön toiminnan turvallisuuden
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> huolehtii työympäristön työsuojelusta

Oppiminen ja ongelmanratkaisu

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> tarvitsee ohjausta ja esimerkkejä
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> ratkaisee ongelmia avustettuna
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> ratkaisee työhön liittyviä ongelmia itsenäisesti

Vuorovaikutus ja yhteistyö

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none"> kysyy neuvoa tarvittaessa
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none"> toimii vuorovaikutteisesti
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none"> keskustelee kehittävästi työstä

Ammattietiikka

Tyydyttävä T1	<ul style="list-style-type: none">• varmistaa ennen toimenpiteitä, että koneen särkymisvaaraa ei ole.
Hyvä H2	<ul style="list-style-type: none">• siistii laitteiston jatkokäyttöä varten.
Kiitettävä K3	<ul style="list-style-type: none">• työskentelee huolellisesti ja tarkasti.



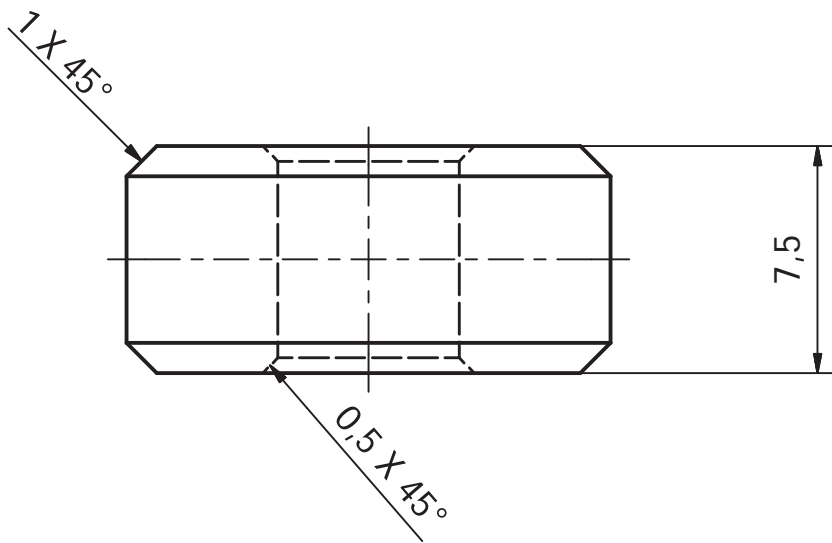
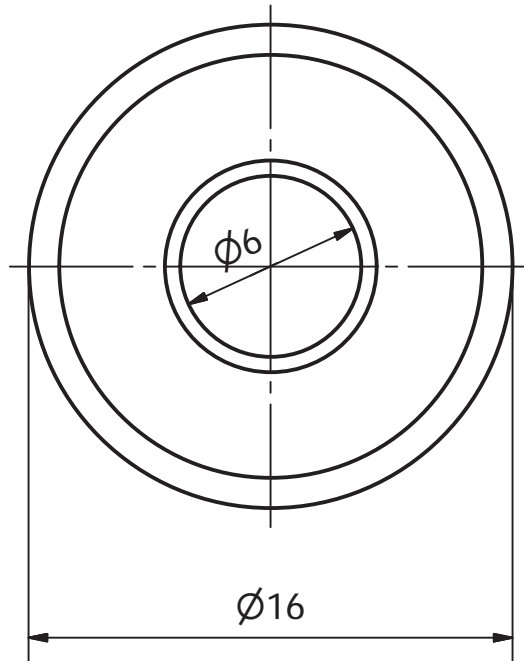
Ammattitaidon osoittamistavat

Opiskelija tai tutkinnon suorittaja osoittaa osaamisensa ammattiosaamisen näytössä tai tutkintotilaisuudessa tekemällä työpiirustuksen tai muiden dokumenttien perusteella kappaleen 3D-mallinnuksen ja valmistuksessa tarvittavat työradat CAD/CAM-ohjelmalla, sekä siirtämällä valmiin ohjelman työkoneelle työpaikalla. Suorittajan tulee myös osata tulostaa mallintamastaan kappaleesta konepajapiirustukset mitoituksineen. Valmistuksessa käytettävä kone voi olla tyypiltään 3D- printteri, lasersintrauslaitteisto ja keraamikalkvokone tai joku muu näihin laitteisiin verrattavissa oleva kone. Tuotevalmistus osoitetaan vain yhdellä laitteistolla, mutta muutkin menetelmät on tunnettava hyvin. Valmistettavat tuotteet tai kappaleet on oltava muodoltaan riittävän monipuolisia tai konstruktion sellainen, ettei niitä kannata perinteisillä menetelmillä valmistaa.

Työtä tehdään siinä laajuudessa, että osoitettava osaaminen vastaa kattavasti tutkinnon perusteissa määrättyjä ammattitaitovaatimuksia, arvioinnin kohteita ja kriteereitä.

Ammattiosaamisen näyttöä tai tutkintotilaisuutta voidaan jatkaa toisessa työpaikassa/työkohteessa tai ammatillisessa peruskoulutuksessa koulutuksen järjestäjän osoittamassa muussa paikassa niin, että osaamisen osoittamisen kattavuus varmistuu.

Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittavaa osaamista ei voida työtä tekemällä ammattiosaamisen näytössä tai tutkintotilaisuudessa kattavasti osoittaa, sitä täydennetään muulla osaamisen arvioinnilla.



KPL	OSAN NIMI			MATERIAALI		
3	Spinnerin_paino			Messinki		
Designed by Sami Ahonen	Checked by	Approved by	Date	Date		
				10.5.2017		
			Yleistoleranssi ISO 2768-m			
			Spinnerin_paino		Edition	Sheet 1 / 1