



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MALLIPOHJAISEN TUOTEMÄÄRITTELYN MAHDOLLISUUDET

Case Ponsse Oyj

TEKIJÄ:

Joni Kauppinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Joni Kauppinen	
Työn nimi Mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollisuudet. Case Ponsse Oyj	
Päiväys 28.9.2020	Sivumäärä/Liitteet 32/2
Ohjaaja(t) Harri Komulainen, Olli Kananen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ponsse Oyj	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin mallipohjaista tuotemäärittelyä. Vaikka itse tuotesuunnittelu tehdään 3D-ympäristössä, valmistuskuvat ovat silti vielä poikkeuksetta 2D-kuvamuodossa. 3D-mallia, jossa on valmistustieto sisälletty suoraan malliin, kutsutaan lyhyemmin MBD lyhenteellä. Opinnäytetyö tehtiin Ponsse Oyj:llä, jonka kotipaikka on Pohjois-Savossa Vieremän kunnassa. Ponsse Oyj valmistaa tavaralajimenetelmään perustuvia metsäkoneita ja tarjoaa yrittäjiä tukevia palveluita, esimerkiksi huoltopalveluita ja käyttökoulutuksia. Tarkoituksena oli selvittää, mitä hyötyjä saataisiin, jos valmistustieto liitettäisiin osaksi 3D-mallia ja piirustuksista luovuttaisiin.</p> <p>Aluksi tutkittiin nykyistä suunnitteluprosessia ja sitä, miten piirustukset päätyivät Ponsse Oyj:n osavalmistukseen. Lisäksi toteutettiin kysely suunnittelijoille ja osavalmistukseen. Kyselyllä selvitettiin nykyistä tilannetta, ajankäyttöä piirustuksia tehtäessä ja, sitä oltaisiinko mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn valmiita tarvitessa. Lisäksi mietittiin, miten mallipohjaisen tuotemäärittelyn saisi osaksi nykyistä prosessia, käyttäen aineistona erikoistumisprojekteista saatuja tuloksia.</p> <p>Kyselyn avulla selvisi, että suunnittelijat käyttävät keskimäärin noin tunnin työaikaa kymmenen osaa käsittävän hitsauspiirustuksen tekemiseen. Moni mielsi piirustusten tekemisen osittain turhauttavaksi, koska se ei ole lisäarvoa tuottavaa työtä. Mallipohjaista tuotemäärittelyä oltaisiin myös mielellään ottamassa käyttöön, jos ohjelmistot ja mittojen lisääminen malliin olisi toimivaa. Osavalmistuksessa olisi myös kiinnostusta katsoa mittoja suoraan 3D-mallista, joissa olisi valmistustieto. 3D-mallin pitäisi olla helposti katseltava, laitteen ja ohjelmiston, jolla sitä käytettäisiin, pitäisi olla helppokäyttöisiä. Mallissa pitäisi olla myös osaluettelo, josta osan valitsemalla korostuisi kyseinen osa mallissa. Mielestäni jatkotutkimuksissa kannattaisi selvittää, millä ohjelmilla ja laitteilla saataisiin MBD-mallit tuotantoon.</p>	
Avainsanat tekninen piirustus, suunnittelu, suunnittelumenetelmät	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Joni Kauppinen	
Title of Thesis Potential of Model-based Product Specification. Case Ponsse Plc	
Date 28.09.2020	Pages/Appendices 32/2
Client Organisation /Partners Ponsse Oyj	
<p>Abstract</p> <p>The thesis deals with model-based product definition, MBD. Now, design work is done in a 3D environment and product manufacturing pictures are made in 2D format. A 3D model with manufacturing information directly attached to the model is called MBD. The thesis was made for Ponsse Plc. The purpose of the thesis was to find out the about the benefits of MBD if manufacturing information is put into a 3D model and 2D drawings would be abandoned.</p> <p>First, the current design process was examined and a survey was conducted to designers and to part manufacturing people. The survey included questions about the current situation, time spent on making drawings, willingness to start using MBD and if MBD could be integrated into the current process.</p> <p>The results of the survey showed that designers use on average about an hour of working time for making a ten-part welding drawing. Many designers find making 2D drawings pointless because it does not add value. MBD would be a success if the software was easy to use and dimension easy to add. The model should also include a part list, which would be linked to the model. The next step in this process should be the selection of the MBD program and equipment.</p>	
<p>Keywords design methods, design, technical drawing</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	PONSSE OYJ	7
3	TEKNINEN PIIRTÄMINEN JA TUOTETIETOJÄRJESTELMÄT	9
3.1	Konepiirustukset ja muutoksen hallinta.....	9
3.2	Tuotetietojärjestelmät, PDM	10
4	MALLIPOHJAINEN TUOTEMÄÄRITTELY.....	11
4.1	Hyödyt.....	11
4.2	Haitat ja ongelmat	13
4.3	Tiedostomuodot.....	13
4.4	Standardit	15
4.5	Toimintamallit yrityksissä.....	15
4.6	Mallipohjainen yritysmalli ja tuotetiedon hallinta	16
5	TYÖN TOTEUTUS JA NYKYTILAN SELVITYS.....	18
5.1	Prosessi tuotekehityksessä	18
5.2	Kyselytutkimus	19
6	TYÖN TULOKSET JA ANALYSOINTI.....	21
6.1	Kyselytutkimuksen tekeminen ja toteuttaminen	21
6.2	Tulosten analysointi	23
6.2.1	Suunnittelijoille suunnattu kysely	24
6.2.2	Osavalmistukseen suunnattu kysely.....	27
6.3	Mallipohjainen tuotemäärittely osana nykyprosessia	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
8	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	33
	LIITE 1: KYSELY SUUNNITTELIJOILLE	
	LIITE 2: KYSELY OSAVALMISTUKSELLE	

TERMISTÖN SELITTEET

CAD = Tietokoneavusteinen suunnittelu

EXTRANET = Toimittajaportaali (Ponsse Oyj)

MBD = Mallipohjainen tuotemäärittely

MBE = *Model-based enterprise*, yritys, joka käyttää malliperusteista tuotemäärittelyä jokaisessa prosessiaan, mm. suunnittelussa, tuotannossa, hankinnassa, laadussa ja jälkimarkkinoinnissa

PDM = *Product data management*, tuotetiedon hallinta

PMI = Tuotetta määrittävät attribuutit, mitat, toleranssit ja pinnan ominaisuuksien merkinnät. (Ei geometriatietoa.)

SFS = Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tutkia mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollisuuksia Ponsse Oyj:n tuotekehityksessä ja osavalmistuksessa. 3D-mallit ovat vallanneet mekaniikkasuunnittelun jo 40 vuoden ajan, ja on olemassa viitteitä siitä, että myös valmistustiedon lisääminen voitaisiin tehdä sujuvasti mallin puolelle. Yleensä uusia toimintatapoja tai työtapoja otetaan käyttöön vain silloin, kun sillä todetaan olevan yritykselle lisäarvoa tuottavia ominaisuuksia. Tässä tapauksessa se voisi olla ajansäästö, aiempaa parempi laatu ja parempi tiedonhallinta. Valmistustiedon lisäämistä 3D-malliin on tarkoitus tutkia tarkemmin kyseisessä työssä ja selvittää, mitä hyötyjä mallipohjainen tuotemäärittely tarjoaisi Ponsse Oyj:llä käytännössä.

Pääpaino opinnäytetyössä on tutkia mallipohjaisen tuotemäärittelyllä saatavia hyötyjä ja mahdollisuuksia. Ponsse Oyj:llä tehdään metsäkoneita, joihin tulee paljon alihankintana osia ja osakokonaisuuksia. Oma osavalmistusta on pääasiassa koneiden rungoissa ja harvesteripäiden runkorakenteissa. Kokoonpano tehdään kokonaan omassa tehtaassa Vieremällä. Opinnäytetyössä myös tutkitaan nykyinen suunnitteluprosessi osavalmistukseen asti sekä mietitään millä tavoin olisi mahdollista ottaa mallipohjainen tuotemäärittely osaksi nykyistä prosessia. Lisäksi työn aikana tehdään kysely suunnittelijoille ja osavalmistukseen, jotta saadaan käytännön tietoa siitä, miten nykyinen prosessi toimii ja oltaisiinko mallipohjaisesta tuotemäärittelystä kiinnostuneita.

Mallipohjainen tuotemäärittely ei vielä ole rantautunut Suomeen suuremmin, mutta sitä käytetään jo maailmalla muutamissa isommissa yrityksissä. Yleisesti ottaen vie aikaa, että 2D-piirustuksista päästäisiin mahdollisesti eroon tai tarkemmin sanottuna niistä luovuttaisiin, koska ne ovat olleet pitkään osa suomalaista konepajateollisuutta. On tärkeää tässä vaiheessa tutkia, mitä mahdollisuuksia uusi käytäntö ja työtapo toisivat ja se luo mahdollisuuksia tehostaa tulevaisuudessa yritysten prosesseja. Työ myös tukee mainiosti omaa kehittymistäni työssäni, koska saan kokemusta mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollisuuksista.

2 PONSSE OYJ

Ponsse Oyj on Pohjois-Savossa sijaitseva yksi maailman suurimmista tavaralajimenetelmään perustuvien metsäkoneiden valmistajista. Yrityksen toimintaan kuuluvat metsäkoneiden myynti, tuotanto ja huolto. Yrityksen perusti Einari Vidgrén vuonna 1970 Vieremällä ja alkuaikoina oli paljon vastoinkäymisiä ja raha oli tiukassa. Metsäkoneitakin valmistui ensimmäisen vuosikymmenen aikana vain 50 kpl. Kun tultiin 1980-luvulle, otettiin metsäkoneiden kehityksessä huima harppaus eteenpäin. Vuonna 1983 esiteltiin täysin uusi kuormatraktori, Ponsse S15, jonka jälkeen Ponssen huomasivat myös kilpailijat ja asiakkaat. Koneessa oli käytetty rungossa osittain alumiinia, joka takasi ylivoimaiset maasto-ominaisuudet keveytensä ansiosta. Vuonna 1987 tuli ensimmäinen harvesteri, Ponsse HS15 ja vuotta myöhemmin tulivat ensimmäiset omaa tuotantoa olevat mittalaitteet. (Ponsse Oyj 2020.)



Vieremä, 1970

KUVA 1. Kuvassa näkyy Ponsse PAZ Vieremällä vuonna 1970 (Ponsse Oyj 2020-09-21.)

Yrityksen missiona on menestyä asiakkaiden ja kumppaneiden kanssa kestävässä kehityksessä mukaisilla innovatiivisilla puunkorjuu ratkaisulla. Visiona on olla toimialan ehdottomasti halutuin yhteistyökumppani. Paljon myös puhutaan Ponsse hengestä ja sillä tarkoitetaan muun muassa nöyryyttä ja sisukkuutta työn teossa, sekä lupsakkuutta ja reilua meininkiä. (Ponsse Oyj 2020.)

Vuonna 2019 yrityksen liikevaihto oli 667,4 miljoonaa euroa. Tutkimuksen ja tuotekehityksen osuus liikevaihdosta oli 3 %. T&K henkilöstöstä 46 % keskittyy nykyään automaatioon. Kokonaishenkilöstö määrä yrityksessä oli vuoden 2019 lopussa 1 764 henkilöä. Tästä tuotekehityksessä työskenteli 161 henkilöä. Kokonaishenkilöstö määrä on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden aikana paljon, 939 henkilöllä. Myös samassa ajassa liikevaihto on noussut 405 miljoonaa euroa. (Ponsse Oyj 2020.)

Kuten edellä mainittua, Ponsse valmistaa tavaralajimenetelmään perustuvia metsäkoneita. Tavaralajimenetelmällä tarkoitetaan sitä, että puut korjataan metsässä siihen tarkoitettulla koneilla. Tavaralajimenetelmää sanotaan vastuulliseksi metsähoidoksi, koska se on tehokas ja ympäristöystävällinen. Tavaralajimenetelmää on ajateltu yleensä maailmalla pohjoismaisena puunkorjuumenetelmänä. (Ponsse Oyj 2020.)

Korjuukaluston muodostaa tavaralajimenetelmässä kuormatraktori ja harvesteri. Harvesterilla kaadetaan ensin puu, jonka jälkeen se karsitaan oksista. Samalla myös runko katkotaan puunkäyttäjän tavaralajiksi. Puunkäyttäjä on yleensä metsäyhtiö, joka ostaa puut. Tavaralajilla taas tarkoitetaan erilaisiin käyttötarkoituksiin meneviä runkoja, muun muassa kuitupuu, pikkutukit, vaneritukit, sahatukit ja bioenergia. Kuormatraktorilla lopuksi kerätään harvesterin kaatamat rungot tien varteen omiin pinoihinsa. Näistä pinoista puutavara-auto käy hakemassa puut lopuksi tehtaalte. (Ponsse Oyj 2020.)

3 TEKNINEN PIIRTÄMINEN JA TUOTETIETOJÄRJESTELMÄT

Jos halutaan selkeästi ja tehokkaalla tavalla esittää jonkin teknisen laitteen valmistukseen tarvittava tieto, on tähän keksitty avuksi tekninen piirtäminen. Tekninen piirtäminen jaetaan myös eri osa-alueisiin, koska eri toiminta ympäristöt asettavat omia erityisvaatimuksia piirustuksille. Näitä osa-alueita ovat konerakennuksessa käytettävät konepiirustukset, sähkötekniikassa käytetään sähköpiirustuksia ja rakennusten, siltojen, sekä vastaavien rakennelmien piirustuksista käytetään nimitystä rakennuspiirustukset. (Pere 2016, 1.)

Piirustuksen tärkein tehtävä on määrittää yksikäsitteisesti esittämänsä laite, osa tai asia. Piirustuksessa ei saa olla ollenkaan mahdollisuutta väärintulkita muotoja, mittoja, pinnankarheuksia, toleransseja tai pintakäsittelyyn liittyviä tietoja. Väärintulkitseminen saattaa aiheuttaa tuotteen virheelliseen valmistukseen ja kriittisessä rakenteessa vakavan hengenvaaran laitteen käyttäjälle tai sivulliselle. Tämän takia on erityisen tärkeää, että ennalta sovittuja pelisääntöjä noudatetaan erityisen tarkasti ja johdonmukaisesti. Piirustuksille on asetettu kaksi perusvaatimusta yksikäsitteisyys ja selvyys. (Pere 2016, 1 – 2.)

3.1 Konepiirustukset ja muutoksen hallinta

Konepiirustukset voidaan ryhmitellä esitystavan, sisällön ja käyttötarkoituksen mukaisesti. Esitystavan mukaisessa jaossa on luonnokset ja piirustukset. Luonnokset ovat käsivaraisesti tehtyjä ja väliaikaisesti käytettäviä piirustuksia, ennen kuin niistä tehdään lopullisesti valmiit tarkemmat piirustukset. Piirustukset ovat taas jäljennöskelpoisia ja ne ovat täysin valmiita käytettäväksi. (Pere 2016, 1 – 2.)

Sisällön mukaisessa jaossa on osien piirustukset, kokoonpanopiirustukset ja toimintakaaviot. Näistä yleisin on osien piirustukset, joissa kuvataan yksittäisen esineen/osan valmistukseen tarvittava tieto, jolla valmistukseen koulutetut ammattihenkilöt osaavat valmistaa tuotteen täsmälleen sellaiseksi, kuin suunnittelija on sen määrittänyt. Kokoonpanopiirustuksessa voidaan esittää kokonainen valmiste, laite tai kokoonpanoryhmä koottuna. Esimerkiksi jos on kyseessä metsäkone, joudutaan siitä laatimaan useita kokoonpanopiirustuksia. Toimintakaaviot, tai tarkemmin kaaviopiirustukset, erotetaan sisällön puolesta omaksi ryhmäksi. Näissä piirustuksissa ei esitetä esineen geometrisia muotoja vaan osa, laite tai laiteyhdistelmiä esitetään kaaviomaisesti. Kaaviopiirustuksissa käytettävät tunnukset ovat ennalta sovittuja, ja konerakennuksessa esitetään esimerkiksi hydraulikkajärjestelmien asennuspiirustukset näin. (Pere 2016, 3.)

Yksi tärkein syy tiedonhallintajärjestelmien käytölle on muutoksenhallinnasta aiheutuvat tiedostonhallinta. Yleisesti, kun Cad-mallia laaditaan, siitä tehdään useita välitallennuksia. Kun malli on valmis, se julkaistaan ja lukitaan valmiiksi. Aina kun alkuperäistä mallia kopioidaan, tulee sillä olla juokseva numero tai vastaavasti kirjain. Tätä myös kutsutaan termillä revisio. Revision tulee aina olla vaihtokelpoinen alkuperäisen osan kanssa (Pere 2016, 37.)

3.2 Tuotetietojärjestelmät, PDM

Tuotetiedon hallinta toteutetaan yleensä aina erilaisten tietojärjestelmien avulla. Tuotetiedon hallinnassa on kyse kokonaisuuden hallinnasta. Nimikkeistö on pääasiassa tuotetiedon hallinnassa. Se on systemaattinen ja standardoitu tapa identifioida, koodata ja nimetä fyysinen tuote, tuotteen osa tai komponentti, materiaali tai palvelu. Myös dokumentit tunnustetaan nimikkeistön avulla (Sääksvuori ja Immonen 2002, 18 – 19.)

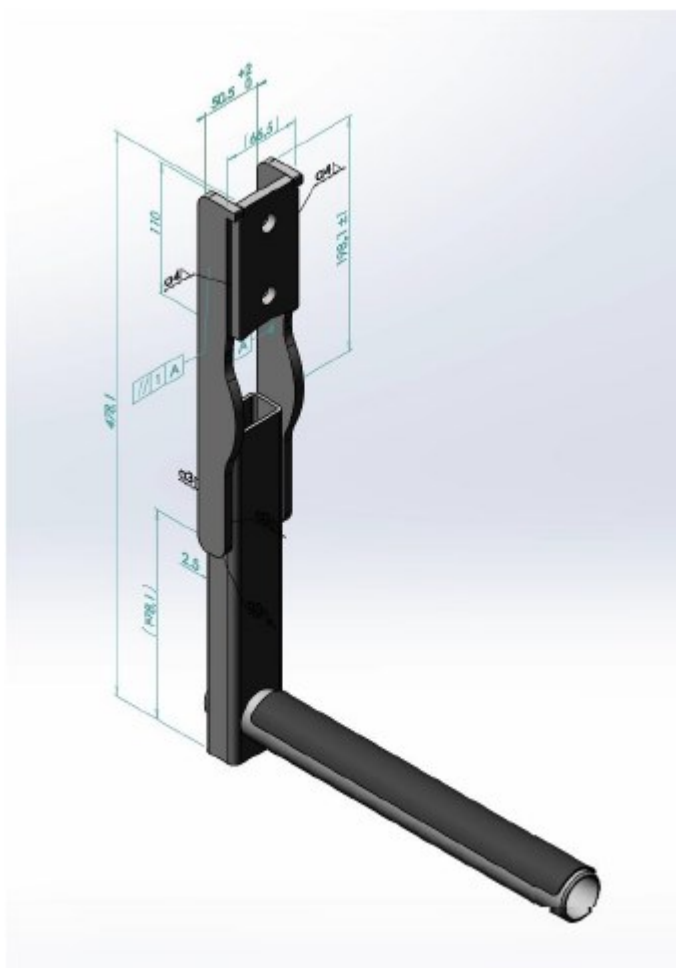
Parhaassa tilanteessa Product data management -järjestelmä kattaa yrityksen koko yrityksen tietojärjestelmän, mutta usein se kattaa vain esimerkiksi tuotekehityksen. Voidaan myös ajatella, että PDM:n tehtävänä on luoda mahdollisuus yhdistää eri tietojärjestelmät, prosessit ja automaattiosarakkeet. Yksi PDM:n tärkeimpiä ominaisuuksia on hallita IT-järjestelmäkirjon synnyttämää kokonaisuutta (Sääksvuori ja Immonen 2002, 20 – 21.)

Suunnittelu ja tuotekehitys ovat yleisesti olleet tuotetiedon hallinnan tärkeimpiä sovellusalueita. Esimerkiksi dokumenttien hallinta on suunnittelun ja tuotekehityksen kannalta erityisen tärkeää. Yleensä suunnittelun luoma tietomäärä on hyvin suuri ja myös suunnitteluun tarvittava tietomäärä on suurta. On tärkeää, että kaikki se tieto on ajantasaista ja saatavilla mahdollisimman nopeasti, vaativat kehittyneitä tietojärjestelmiä. Näitä tietoja voivat olla suunnittelu, kokoonpano- ja työpiirustukset, lujuuslaskelmat, testaustiedot ja osaluettelot (Sääksvuori ja Immonen 2002, 43)

Vähiten tuotetiedon hallintaa on hyödynnetty tuotannossa. Toisaalta PDM-järjestelmä voisi rakentaa tuotannon ja suunnittelun välille kestävänsillan. On olemassa PDM-järjestelmissä jo nykyään työkaluja, joilla suunnittelijoiden on helppo tiedottaa tuotannolle vaihdetuista komponenteista, tehdyistä muutoksista ja uusien piirustusversioiden käyttöön otosta. Vastavuoroisesti tuotanto voisi vaatia muutoshallintatyökalun avulla suunnittelumuutoksia, jotta parannetaan tuotteen valmistettavuutta ja asennettavuutta (Sääksvuori ja Immonen 2002, 43.)

4 MALLIPOHJAINEN TUOTEMÄÄRITTELY

Mallipohjaisella tuotemäärittelyllä (MBD) tarkoitetaan, että tuotetiedot määritellään täydellisesti 3D-mallin avulla käyttämättä ollenkaan erillisiä piirustuksia osan valmistamiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki osan valmistamiseen tarvittava tieto löytyy 3D-mallista. Näitä tietoja ovat esimerkiksi mitat, toleranssit, pintakäsittely ja pinnankarheusmerkit. Myös erilaisia kuvantoja voidaan tehdä, samoin myös räjäytyskuvia kokoonpanoista. Malliin pystytään myös tarvittaessa lisäämään dokumentti esimerkiksi erillisestä ohjeesta tai lujuuslaskennasta. Kuvassa 2 on esitetty MBD-malli, jossa on tietoa hitsaus vaiheesta. (Rapinoja 2016, 6.)



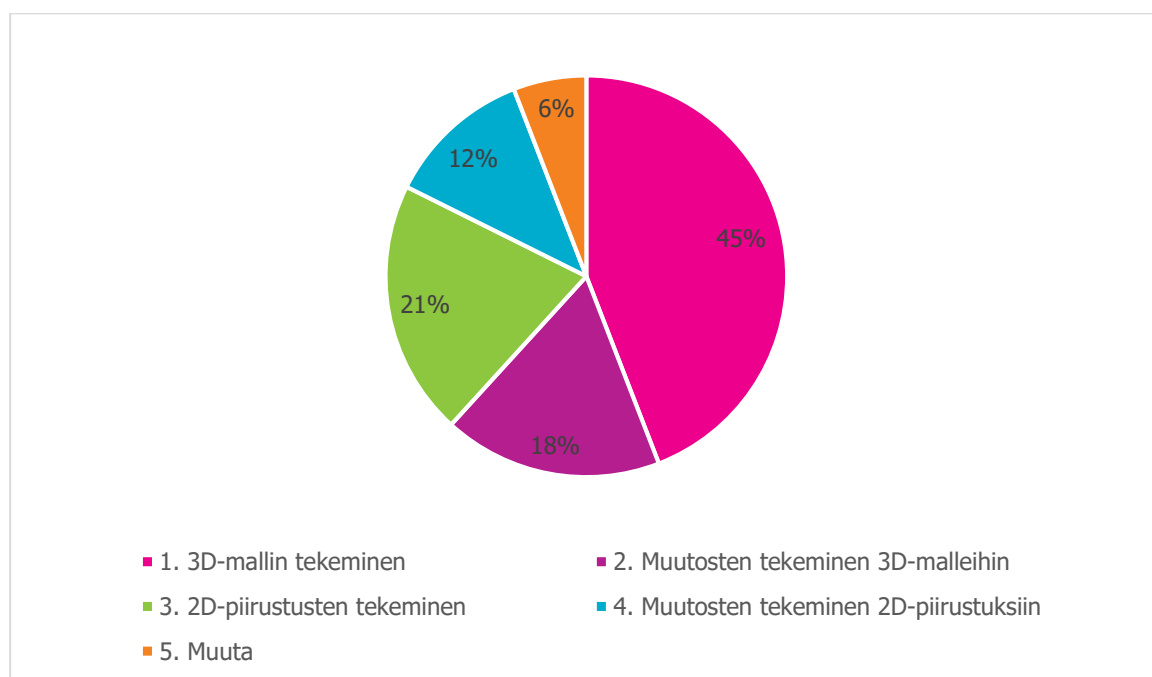
KUVA 2. 3D-malli, jossa on tuotetietoa. (Kauppinen 2020-09-14)

4.1 Hyödyt

Muutosten tekeminen on huomattavasti helpompaa mallipohjaisessa tuotemäärittelyssä. Aina, jos tehdään malliin muutoksia, joudutaan nykyään päivittämään myös piirustuksia, jotta ne tulevat ajan tasalle. Mutta kun ne jäävät pois, jää myös yksi virhemahdollisuus pois. Tuotannossakin voidaan hyödyntää mallissa olevaa tuotetietoa. Esimerkiksi ainetta poistavien valmistusmenetelmien kohdalla

voidaan hyödyntää mallissa olevia mitta merkintöjä työstöradan tekemisessä. Toisin sanoen käytännössä voisi olla mahdollista ladata malli suoraan koneistuskeskukseen, ja ohjelmisto osaisi tehdä mallissa olevan tuotetiedon mukaan tuotteen (Rapinoja 2016, 7 – 8.)

Yksi hyöty mallipohjaisesta tuotemäärittelystä on siitä saatava ajansäästö. Käytännössä 2D-piirustusten tekeminen on hukkaan käytettyä työaika. On tutkittu, että suunnittelijat käyttävät jopa 33 % ajastaan 2D-piirustusten luomiseen ja muokkaamiseen. Myös 2D-piirustusta luettaessa voidaan helposti sortua lukuvirheisiin ja piirustuksissa saattaa olla myös suunnittelijoiden tekemiä virheitä. Jos tämä aika saataisiin säästettyä, vapautuisi suunnittelijoilta paljon työaika tekemään sellaisia asioita, joilla saadaan lisäarvoa tuotteisiin. Kuvasta 3 nähdään, miten suunnittelija käyttää aikaa eri työvaiheissa (Rapinoja 2016, 8.)



KUVIO 1. Suunnittelijan käyttämä työaika. (Nguyen 2020)

On myös huomattava, että mallipohjaisessa tuotemäärittelyssä on vain yksi tiedosto, jossa on 3D-malli ja valmistustieto, jolloin on vain yksi tieto, johon luottaa. Lopulta se johtaa automaatioon ja poistaa inhimilliset virheet, sekä nopeuttaa valmistusprosessia ja säästää kustannuksia. Se myös parantaa laadunvarmistuskykyä, koska tällöin poistuvat korjausvirheet, epäselvyydet ja tulkintavirheet piirustuksista (Nguyen 2020.)

4.2 Haitat ja ongelmat

MBD-mallin tekeminen on erilaista kuin 2D-piirustusten. Mittojen lisääminen 3D-ympäristöön vaatii suunnittelijoilta uuden oppimista, jotta sen kaikki mahdollisuudet saadaan käyttöön. Myös toimittajaverkostossa tarvitaan kykyä vastaan ottaa MBD-tietoa. Se vaatii heiltä prosessien, työntekijöiden koulutusta ja uusien ohjelmistojen käyttöön ottamista (Nguyen, 2020.)

Ajatellaan, että valmistusprosesseissa on kyse toistettavuudesta ja ennen kaikkea vakaudesta. Eli jos valmistusprosessi toimii, sitä ei kannata korjata tai yrittää korjata. Yleensä muutos on aina vaikeaa, sekä haastavaa ja on luonnollista vastustaa kaikkea uutta. Jos ei ole tulossa selkeää direktiiviä tai ohjeistusta, eikä esimerkiksi MBD:n oppimista kannusteta kenenkään toimesta, jää siihen siirtyminen kauaksi tulevaisuuteen. Varsinkin, jos ilman sitäkin päästään samoihin tuloksiin (Nguyen, 2020.)

Niillä, joilla on jo MBD käytössä tuotannossa onnistuneesti, eivät mielellään jaa julkisesti siitä saatuja tuloksia kovinkaan tarkasti. Tämä siksi, että tällä he saavat säilytettyä saavutettua kilpailuetua. Lopujen lopuksi yrityksillä on kyse kilpailusta markkinoilla ja kilpailuetua ei haluta paljastaa. Tuloshan tästä on se, että ei saada konkreettista tietoa hyödyistä ja saadaan väärinkäsityksiä, joka johtaa hitaampaan käyttöönottoon ja se taas vaikuttaa MBD-ohjelmistotyökalujen kehitykseen (Nguyen, 2020.)

4.3 Tiedostomuodot

Aina tarvitaan tietty tiedostomuoto, jota yritys käyttää pääasiassa tiedoston säilyttämiseen ja lähettämiseen. Käytännössä yritysten välillä tiedostosiirto jakautuu kahteen osioon, kyky vastaanottaa tietty tiedostoformaatti ja kyky hyödyntää siirretty tieto. Se, voiko yritys ottaa vastaan tiettyä tiedostoformaattia, tarkoittaa sitä, tukeeko yrityksen käytössä olevat ohjelmistot kyseistä tiedostoformaattia. Hyödyntämisellä taas tarkoitetaan sitä, pystyykö yritys täysimääräisesti käyttämään tiedostoa eri prosesseissa ilman manuaalisia vaiheita (Rapinoja 2016, 10.)

Muottiteollisuudessa ollaan tällä hetkellä Suomen kärkeä 3D-mallien hyödyntämisessä. Siellä muotti yleensä suunnitellaan ja valmistetaan pitkälti pelkästään käyttäen 3D-mallia. Mutta MBD/PMI-malleja ei hyödynnetä täysin, ja esimerkiksi pinnanlaadun tiedot voidaan antaa erillisenä tekstidokumenttina. Myös laadunvarmistuksessa käytettäviä mittausraportit tehdään yleensä 2D-piirustuksissa olevien mittojen avulla (Rapinoja 2016, 10.)

Kuvassa kolme on lueteltu yleisimmät tiedostomuodot. Natiivimuodolla tarkoitetaan CAD-sovellusten omia ohjelmistokohtaisia tiedostomuotoja. STEP on lyhenne sanoista *Standard for the Exchange of Product model data*. Suomeksi se tarkoittaa *standardia tuotemallitietojen vaihtoon*. STEP määritellään standardissa ISO 10303 ja se koostuu useammasta standardista, joista eniten käytetään mekaniikkasuunnittelussa STEP AP 203, AP 214 ja AP 242. Viimeksi mainittu AP 242 (ISO 10303-242) yh-

distää aikaisemmat standardit AP 203 ja AP 214. Kyseiseen standardiin on myös tehty uusia määrittäjäksiä 3D PMI -merkintöjen tukemiselle. Kyseessä ei ole kovin vanha standardi se on julkaistu vuonna 2014. Kaksi vanhempaa standardia ei tue PMI-tiedonsiirtoa. Uuteen STEP-formaattiin voidaan määrittää 3D-mallin kokoonpanorakennetta, 3D-osien geometriaa, PMI 3D -toleransseja ja merkintöjä sekä attribuuttitietoa. (Rapinoja 2016, 11 – 12.)

Siirrettävä tieto	Tiedonsiirtoformaatti					
	Natiivi	STEP AP 242	STEP AP 203/214	JT	Edrawing	3D-PDF
3D-malli (natiivi tai tarkka geometria)	X	X	X	X		
3D-malli (katseltava)				X	X	X
Piirrehistoria	X					
Mitoitus	X	X		X	X	x
Toleranssit	X	X		X	X	x
Annotaatiot	X	X		X	X	x
Kokoonpanot	X	X	X	X	X	x
Tallennetut kuvannot	X			X	X	x
Leikkauskuvannot	X			X	X	x
Räjätyskuvannot	X			X	X	x
Attribuutit/metadata	X	X		X	X	X
Osaluettelot	X				X	X
Liitetiedosto						X
Video (kokoonpano/toiminto)	X				X	

KUVA 3. Tiedostomuodot (Rapinoja 2016)

Siemens PLM on kehittänyt JT 3D -formaatin tuotteen tiedonsiirtoon ja visualisointiin. Siitä on julkaistu ISO-standardi 14306:2012. Kyseessä on myös yleisformaatti PLM-tiedon välittämiseen. Formaattissa voidaan myös valita, että siirretäänkö pelkkä fasettimalli, tarkka 3D-geometria vai kumpikin. Mallin pystyy aukaisemaan katseltavaksi ilmaisella ohjelmalla (Rapinoja 2016, 11 – 12.)

Edrawings on Dassault Systemes -yhtiön kehittämä tiedostoformaatti. Kyseessä on katseluformaatti, jossa on mukana mallin geometria, PMI-tieto, kuvannot, osaluettelo, mallin rakenne, räjäytyskuva ja mahdollisesti kokoonpano-ohje videona. Ohjelmalla pystyy mittaamaan mallista, sekä se tukee monia tunnettuja tiedostomuotoja (Rapinoja 2016, 11 – 12.)

Adobe on kehittänyt 3D PDF -tiedostoformaatin, jossa on mahdollista esittää PMI- ja 3D-malli kuvantotietona. Tiedoston liitteeksi voidaan myös liittää 3D-mallista natiivimuotoinen tai STEP muotoinen malli. Myös mittapöytäkirja ja valmistusohjeistus on mahdollista liittää tiedostoon. (Rapinoja 2016, 12)

4.4 Standardit

ISO-standardit ovat olleet osana teknistä tuotedokumentointia jo aina vuodesta 1940 lähtien. Tarkoitus on ohjata esittämistapoja, esimerkiksi viivatyyppejä ja niiden leveyksiä, sekä leikkaussääntöjä ja projektioita. Myös mitoitusta ja tolerointia myös säännöstellään ISO-standardeilla. Tulevaisuutta ajatellen ISO-standardeilla on tärkeä rooli mallipohjaisessa tuotemäärittelyssä. Suomessa kannattaa teollisuudessa olla hereillä ja ottaa käyttöön heti alkuvaiheessa ISO-standardin mukaiset MBD-säännöt. Huomion arvoista on se, ettei CAD-järjestelmissä ole vielä automatisoitu mitoitamista ja tolerointia. Joten on erityisen tärkeää ottaa niiden ISO-standardin mukaiset perussäännöt hallintaan (Rapinoja 2016, 17.)

Kunnes aletaan ottamaan käyttöön mallipohjaista tuotemäärittelyä yrityksessä, on silloin otettava alusta asti huomioon perusstandardi SFS_ISO 167992, tekninen tuotedokumentointi. Myös on huomioitava Standardi SFS-EN SO 1101, jossa määritellään geometriset toleranssit, sekä niiden käyttöä koskevat säännöt. Viimeisessä painossa on otettu jo huomioon mallipohjaista tuotemäärittelyä. On myös huomattava, että peruselementit liittyvät olennaisesti geometrisiin tolerointiin, jolloin on otettava huomioon myös standardi SFS-EN ISO 5459 (Rapinoja 2016, 17.)

4.5 Toimintamallit yrityksissä

Yrityksillä on olemassa erilaisia toimintamalleja, miten piirustuksia ja 3D-malleja käytetään niiden kaikissa toiminnoissa. Kuvassa 4 selvennetään näitä eri tasoja. Ensimmäisenä olevaa 2D-piirustuksiin perustuvaa toimintamallia on käytetty yritysmaailmassa siitä asti, kun konepiirustuksia on tehty. Käytännössä tasolla yksi piirrettiin piirustus käsin ja se toimitettiin osan valmistajalle tai vaihtoehtoisesti alkuperäisestä tehtiin kopio ja se toimitettiin valmistajalle (Rapinoja 2016, 7.)

Kun 3D-suunnittelu ohjelmistot alkoivat yleistyä 1980-luvulla, vuonna 1982 perustetun Autodeskin ohjelman suosio räjähti erityisesti käsiin. Ohjelmiston hinta oli vain 1.000 dollaria ja se toimi sen aikaisissa henkilökohtaisissa (PC) tietokoneissa hyvin. Se edes auttoi yrityksiä siirtymään toimintamalleissa tasolle kaksi, jossa suunnittelu tehtiin 3D-mallien avulla ja siitä tuotetaan 2D-piirustus (Hietikko 2009, 14.)

1. 2D-piirustuksiin perustuva toimintamalli

- Master 2D-piirustus

2. 3D-malliin perustuva toimintamalli

- 3D CAD-malli + Master 2D-piirustus

3. Malliperustainen määrittely

- Master 3D CAD-malli ja 3D-annotaatiot
- 2D-piirustuksia tehdään vain poikkeuksena

4. Mallipohjainen yritysmalli (MBE, Model based Enterprise)

- Master 3D CAD-malli sisältäen täydellisen 3D-annotaation
- Käytetään kaikissa yrityksen prosesseissa

KUVA 4. Yrityksen toimintamalleja (Rapinoja 2016)

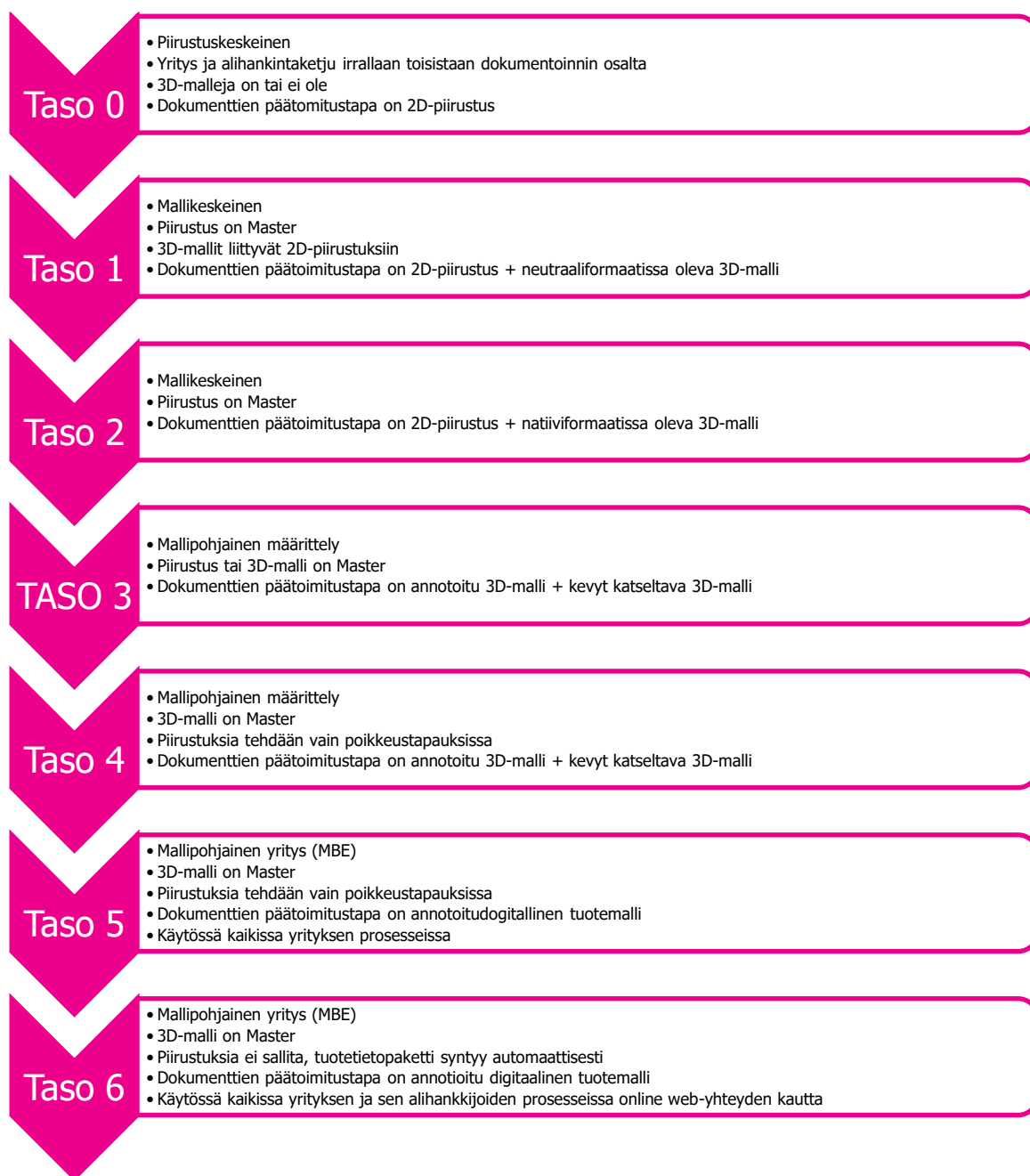
Kolmas taso painottuu enemmän jo 3D-mallin ympärille, jolloin 2D-piirustuksia ei juurikaan enää tehdä. Viimeisellä tasolla ollaan pelkästään 3D-mallin ympärillä, eikä 2D-piirustuksia enää sallita. Tästä tasosta käytetään myös lyhennettä MBE, mallipohjainen yritysmalli. Silloin hyödytään parhaiten MBD:stä, koska mallissa olevia 3D-merkintöjä käytetään yrityksen jokaisessa prosessissa. Silloin kaikilla on saatavilla oikea ja ajantasainen versio tuotetiedosta käytettävissään (Rapinoja 2016, 7.)

4.6 Mallipohjainen yritysmalli ja tuotetiedon hallinta

Kun yritys hyödyntää 3D-mallia jokaisessa prosessissa tuotteen elinkaaren aikana, käytetään siitä termiä MBE, Model Based Enterprise. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että kun suunnittelija tekee tuotteesta 3D-mallin ja lisää siihen kaiken valmistustiedon, hyödynnetään kyseistä mallia koko valmistusprosessin ajan ja myös jälkimarkkinoinnissa. Voidaan myös sanoa, että luodaan tieto kerran ja käytetään sitä kaikissa toiminnoissa jatkossa tuotteen elinkaaren ajan.

Mallipohjaisen tuotemäärittelyn yksi tarkoitus on yhdistää kaikki tuotteeseen liittyvä tieto yhdeksi helpommin hallittavaksi kokonaisuudeksi. Kun kaikki tieto on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi, saavutetaan sillä huomattavia etuja. Esimerkiksi kun on olemassa vain yksi kokonaisuus, sen ajan tasalla pitäminen on helppoa ja inhimillisten virheiden mahdollisuus saadaan pienennettyä huomattavasti. Se myös helpottaa piirustusten ylläpitämistä paljon. Kun päivitetään tuotannossa olevaa nimeä, tarvitsee päivittää pelkästään 3D-mallia, jolloin päivittyvät myös valmistustiedot mallissa. Tällöin ei tarvitse erikseen päivittää muutosta piirustuksen puolelle (Rapinoja 2016, 8.)

Aikaisemmin esitin yritysten neljä erilaista yritysten toimintamallia. Samaan liittyy myös dokumenttien käsittely yrityksissä. Sitä on kuvattu kuvassa 5, jossa esitetään yrityksissä tapahtuvaa dokumenttiä eri tasoissa. Tasolla 0 ollaan täysin piirustuskeskeisiä ja siitä alaspäin laskiessa mennään lähemmäksi mallipohjaista yritystä.



KUVA 5. Dokumentointiin liittyvät tasot (Rapinoja 2016)

5 TYÖN TOTEUTUS JA NYKYTILAN SELVITYS

Työn tarkoituksena on selvittää mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollisuudet osana toimeksiantajan tuotekehitystä ja osavalmistusta. Ensin selvitetään nykytila ja sen jälkeen mietitään hyötyjä ja mahdollisuuksia siirtyä mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn. Lopuksi myös tutkitaan lyhyesti, että miten mahdollisesti MBD saataisi osaksi nykyistä prosessia. Apuna tähän selvitykseen tullaan käyttämään koulussa toteutettuja erikoistumis- projektien aineistoja ja tein kyselyn toimeksiantajan tuotekehityksen ja menetelmäkehityksen suunnittelijoille. Kysely järjestettiin myös osavalmistuksen työntekijöille eri kysymyksillä.

On tärkeää selvittää ensiksi nykytila, jotta pystytään tiedostamaan kehittämisen tarpeet. Jotta nykytilan selvityksestä saatiin selkeä, selvitin esimerkkinä yhden Ponsse kuormatraktorin eturungon valmistuksen kokonaisprosessia suunnittelijalta valmiiksi koneistetuksi tuotteeksi. Valitsin kyseisen rungon sen takia, koska sillä on suuri vuosituotantomäärä ja kyseinen runko hitsataan, koneistetaan ja maalataan valmiiksi tuotteeksi toimeksiantajan omassa osavalmistuksessa Vieremällä. Rungon kaikki levyleikkeet tulevat alihankinnasta valmiiksi mittoihin särmättynä ja leikattuna. Nykytilan selvitystä tukee myös edellä mainittu kysely suunnittelijoille ja osavalmistukselle. Sillä saatiin kerättyä arvokasta tietoa tämänhetkisestä tilanteesta.

5.1 Prosessi tuotekehityksessä

Suunnittelija tekee ensin suunnittelutyön, jossa mallinnetaan valmistettava tuote 3D-ympäristössä. Sen jälkeen tuotetaan tuotteen valmistamiseen tarvittava dokumentaatio, jonka avulla tuote valmistetaan. Nykyisin prosessi alkaa siitä, että kun suunnittelu on valmistunut 3D-ympäristössä, avataan 3D-mallille nimike PDM-tuotetietojärjestelmään, jonka käyttöliittymä on integroitu suunnitteluohjelmistoon. Tämän jälkeen avataan 2D-piirustustiedosto 3D-mallille.

Kun mallille avataan uutta 2D-piirustusta, käytetään valmiita toimeksiantajan omia piirustus pohjia. Näihin valmiisiin pohjiin on määritetty esimerkiksi tarkat paikat nimikkeen tunnukselle, osaluettelolle ja materiaalille. Jokaisella nimikkeelle tulee määrittää rakenteeseen materiaali, josta se valmistetaan ja siten saadaan automaattisesti piirustus pohjaan merkintä materiaalista.

Tämän jälkeen suunnittelija ottaa mallista tarvittavan määrän kuvantoja, joiden avulla saadaan mahdollisimman selvästi näytettyä tuotteen valmistajalle, millainen tuotteesta pitäisi tulla. Kuvantoihin mitoitetaan valmistusta ajatellen selkeimmät ja tärkeimmät mitat, sekä tuotteen toiminnallisuutta varten oleelliset mitat tarvittaessa toleroidaan. Kun piirustus on valmis, se vapautetaan PDM-järjestelmään, jolloin siitä muodostuu myös PDF-tiedosto. Tämän jälkeen myös 3D-malli vapautetaan PDM-järjestelmään nimikkeen alle, jolloin piirustus ja 3D-malli ovat yhden nimikkeen alla natiivitiedostomuodossa. Kun 3D-malli vapautetaan, siitä myös luodaan nimikkeen alle STEP-tiedosto, jota käytetään mm. alihankinnassa. Eli nimikkeen alla on natiivimuodossa piirustus ja 3D-malli, sekä

STEP-muodossa malli ja piirustus PDF-muodossa. On myös huomattava, että piirustus ja 3D-malli ovat linkitettyjä toisiinsa, jolloin kun muutos tehdään 3D-malliin, päivittyy se myös piirustukseen, kunhan piirustusta käytetään muokattavana PDM-järjestelmän kautta yhtä aikaa 3D-mallin kanssa. Tässä piileekin vaarana se, että jos tekee muutoksen vain 3D-mallin puolella ja unohtaa käyttää piirustusta muokattavana PDM-järjestelmästä, päivitys näkyy vain 3D-ympäristössä, eikä se päivity tuotantoon meneviin piirustuksiin. Tässä voisi myös käydä toisinkin päin, eli tehdään muutos vain 2D-piirustukseen, mutta silloin ajantasainen tieto ei näy 3D-suunnittelu-ympäristössä.

Kun kaikista tarvittavista osista on piirustukset valmiina, laitetaan muutosilmoitus työkalulla uusi runkonimike eteenpäin. Muutosilmoitustyökalun prosessin avulla hallitaan toimeksiantajalla uuden nimikkeen tuomista tuotantoon. Prosessin aikana uuden nimikkeen tiedot menevät hankintaan, jossa kilpailutetaan tarvittavien osien valmistajat. Alihankkijat saavat nimikkeen tiedot ja sen avulla pystyvät Extranetin kautta lataamaan nimikkeen piirustuksen PDF-tiedoston ja STEP-mallin. Extranet on toimeksiantajan selainpohjainen palveluportaali alihankintaverkostoon. Sen avulla hoidetaan tiedotusta ja yhteyden pitoa alihankkijoihin.

Kun osien toimitusaikataulu on sovittu, tuotantoon saatto määrittää uuden runkonimikkeen tuotantoon ottamisen, jolloin sitä aletaan valmistaa toimeksiantajan osavalmistuksessa. Eli käytännössä määritetään metsäkone, mistä lähtien uutta runkoa aletaan valmistamaan. Kun kyseinen koneen runko tulee työn alle, päivittyy siihen tuoterakenteeseen kuuluvat piirustukset tuotantotauluun. Toisin sanoen tuotanto saa sitä kautta PDF-muodossa rungon 2D-piirustukset.

5.2 Kyselytutkimus

Jotta saataisi peruskäsitys toimeksiantajan suunnittelijoilta, miten tuttua mallipohjainen tuotemäärittely on, päätettiin opinnäytetyössä tehdä kysely. Kyselytutkimuksessa tarkoituksena on myös kerätä tietoa nykytilasta ja halutaanko omaa työskentelyä mahdollisesti kehittää mallipohjaista tuotemäärittelyä silmällä pitäen. Tavoitteena on myös saada tietoa, kuinka paljon suunnittelija käyttää ajallisesti aikaa piirustusten tekemiseen. Tehdään myös oma kysely toimeksiantajan osavalmistukseen, jotta saataisi tietoa nyky menetelmistä ja kartoitetaan mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollisuuksia.

Kyselytutkimus on hyvä keino tietyissä tilanteissa kerätä tietoa eri ilmiöistä. Yleensä kyselytutkimuksessa tutkija esittää vastaajalle kysymyksiä kyselylomakkeen välityksellä. Itse kyselylomake on mittausväline. Yleensä kyselytutkimus määritellään määrälliseksi tutkimukseksi, jossa sovelletaan tilastollisia menetelmiä. Kyselyssä kysymykset ovat sanallisessa muodossa, mutta vastauksia saatetaan ilmaista numeerisesti, jolloin itse kyselyaineistot ovat yleensä pelkästään lukuja ja numeroita. Jos vastauksia tarvitsee antaa sanallisesti, niin annetaan täydentäviä tietoja tai vastauksia kysymyksiin, joihin olisi mahdoton tai vaikea vastata numeroina (Vehkalahti 2014, 11.)

Kyselylomake on tärkeässä roolissa kyselytutkimuksessa, koska mittaus tapahtuu ainoastaan siitä saatavan tiedon kautta. Vastaajan täytettyä kyselylomake ja kun se on laitettu eteenpäin, ei siihen enää pysty tekemään muutoksia. Tällöin on tärkeä hahmotella ja suunnitella kyselylomake hyvin.

Voidaan ajatella, että koko tutkimuksen onnistuminen on kiinni kyseisestä lomakkeesta. (Vehkalahti 2014, 20)

Kun kysely on tarkoitus järjestää nettimuodossa ja kyselyn linkki lähetetään sähköpostissa, on tärkeä tuoda kyseisessä sähköpostissa julki tutkimuksen perustiedot. Siinä on oltava, mistä tutkimuksessa on kyse, kuka sitä tekee, miten kyseiset vastaajat ovat päätyneet postituslistalle ja mihinkä tuloksia tullaan käyttämään lopulta. Voidaan siis sanoa, että saatekirje on tutkimuksen julkisivu. On tärkeää panostaa saatekirjeeseen, koska sen perusteella vastaaja tekee päätöksen kyselyyn vastaisesta. Vaikka itse kysymykset olisivat loistavia ja aihe olisi kaikkia kiinnostava, voi kyselyn tulokset jäädä huonoiksi ilman hyvää saatekirjettä. (Vehkalahti 2014, 47 – 48.)

6 TYÖN TULOKSET JA ANALYSOINTI

Kun kysely saatiin päätökseen, käytiin kyselyn tulokset läpi. Kysymysten vastausten pohjalta, nykytilanselvityksen ja erikoistumisprojektin tietojen avulla tehtiin johtopäätöksiä. Näiden johtopäätösten avulla saadaan tietoa, miten mallipohjainen tuotemäärittely voisi olla osana nykyprosessia ja mitä hyötyjä siitä saisi.

6.1 Kyselytutkimuksen tekeminen ja toteuttaminen

Kysely järjestettiin suunnittelijoille ja osavalmistuksen työntekijöille. Koska samat kysymykset eivät välttämättä olisi toimineet kummallakin, päädyttiin kyselylomakkeita tekemään kaksi erillistä. Kysymyksiä mietittiin toimeksiantajan tuotekehityksen kehitysinsinöörin kanssa yhteistyössä. Kysymysten tuli olla sellaisia, että niistä saataisi mahdollisimman paljon hyödyllistä tietoa, jotta se kohdentuisi hyvin opinnäytetyön tarkoitusta varten. Lopuksi kysymykset katsottiin vielä läpi tuotekehityksen suunnittelu- ja kehityspäällikön ja peruskonetiimin esimiehen kanssa. Sieltä tuli vielä hyviä parannuksia liittyen kysymysten muotoiluun ja tietoon, jota kysymyksillä halutaan kerätä.

Kyselylomake päätettiin määrittää siten, että kaikkiin kysymyksiin annettiin mahdollisuus kolmen tai neljän eri valinnan tekemiseen, jolloin tulokseksi saatiin numeroita. Numerot ovat siitä hyviä, että kyselytutkimuksen tuloksia on helppo analysoida ja verrata muihin tutkimuksiin. Myös jokaiseen kysymykseen täytyi antaa sanallinen vastaus, joka antaa kyselytutkimuksesta tärkeää yksityiskohtaisempaa tietoa. Vaarana tietenkin on, että tämä saattaa karsia vastaajia, koska se koetaan työläämmäksi kuin pelkkien valmiiden vastausten antaminen.

Kysely toteutettiin täysin nettiversiona Webropol-kyselypalvelun avulla. Kyselylinkki lähetettiin sähköpostiviestin avulla kohderyhmille. Sähköpostiviestissä kerrottiin, miksi kyseinen kysely on järjestetty. Viestissä myös kerrottiin, että kyselyn tuloksia tullaan hyödyntämään tässä opinnäytetyössä. Taulukoon 1 on koottu kysytyt kysymykset. Lisäksi lopuksi kysymyksen vieressä on määritelty, mitä kysymyksellä halutaan tietää ja selvittää.

TAULUKKO 1. Kysymykset suunnittelijoille.

Kysymys	Mitä kysymyksellä on tarkoitus selvittää
1. Tiedätkö mitä mallipohjaisella tuotemäärittelyllä (MBD) tarkoitetaan?	Tällä kysymyksellä on tarkoitus saada peruskäsitys siitä, miten tiedossa kyseinen työmenetelmä on.
2. Koetko 2D-kuvan tekemisen 3D-mallista ylimääräisenä työnä?	Selvitetään, miten suunnittelijat tällä hetkellä mieltävät 2D-piirustuksen tekemisen. Onko se mielekästä ja koetaanko se tarpeellisena.
3. Koetko, ettet pysty 2D-kuvan välityksellä kertomaan riittävän hyvin, miten osa tulisi valmistaa?	Tärkeä kysymys siinä mielessä, että pystyykö suunnittelija omasta mielestä tekemään sellaisen 2D-piirustuksen, että tuote olisi valmistettävissä.
4. ESIMERKKI: Kuinka kauan käytät keskimäärin aikaa n.10 komponenttia sisältävän 2D hitsauskuvan tekemiseen?	Kysymyksen muotoiltua mietittiin kauan ja lopuksi päädyttiin tekemään se esimerkin kautta. Tavoitteena on saada aika-arvioita siitä, miten suunnittelijat käyttävät aikaa työssään 2D-piirustusten tekemiseen.
5. Olisitko valmis siirtymään 3D-mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn?	Tavoite saada suunnittelijoilta tietoa siitä, miten he suhtautuvat MBD:hen ja saada tietoutta siitä, ollaanko valmiita ottamaan uutta työtäpää/menetelmää vastaan.

Kuten edellä mainitsin, oli osavalmistukselle tarkoitus tehdä omat kysymykset. Kysely toteutettiin myös nettipohjaisena ja toimitin kyselyn linkin osavalmistuksen hitsauksen esimiehelle, joka aikoi toimittaa linkin oikealle kohderyhmälle. Taulukossa 2 on määritelty sen kyselyn kysymykset, sekä tarkennettu mitä kysymyksillä halutaan selvittää.

TAULUKKO 2. Kysymykset osavalmistukselle.

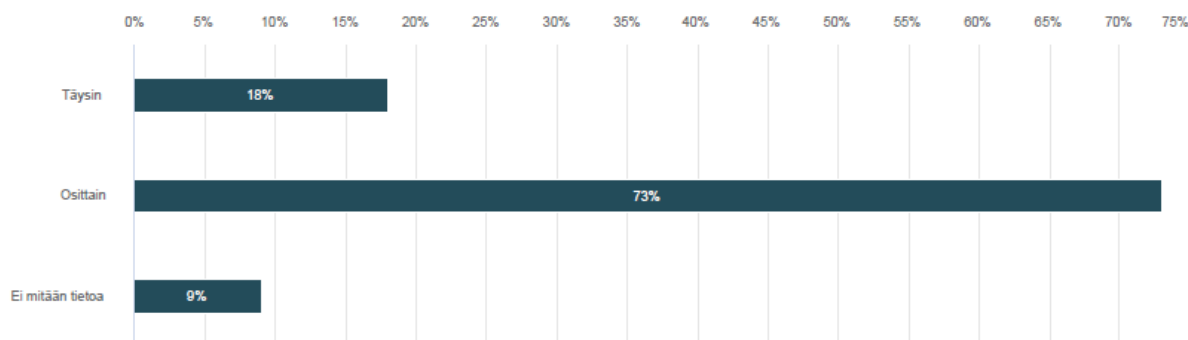
Kysymys	Mitä kysymyksellä on tarkoitus selvittää
1. Käytetäänkö työssäsi apuna 2D-kuvia?	Selvitetään, kuinka paljon 2D-piirustuksia käytännössä käytetään ja käytetäänkö paljon vielä sellaista tapaa, että tehdään asioita muistista.
2. Onko 2D-kuvat helposti luettavissa / ymmärrettävissä?	Selvitetään, onko suunnittelijoiden tekemät piirustukset helposti ymmärrettäviä, sekä koetaanko paperiset 2D-piirustukset hyväksi.
3. Tarkasteletko työssäsi 3D-mallista esimerkiksi mittoja?	Selvitetään, millä tavalla tällä hetkellä 3D-malleja hyödynnetään osavalmistuksessa. Tämä antaa hyvää kuvaa nykyisestä menetelmästä.
4. Jos 3D-malliin määriteltäisiin valmistukseen tarvittava tieto, olisitko valmis luopumaan 2D-kuvien käytöstä työssäsi? Valitse vaihtoehto ja perustele vastauksesi	Tavoite on saada ennakkokäsitystä siitä, millä tavalla muutokseen suhtauduttaisi, jos 2D-piirustukset jäisi pois ja siirryttäisi käyttämään 3D-mallia.
5. Kirjoita vapaasti mielipiteesi nykykäytännöstä. Kuten onko 2D-kuvat ymmärrettävissä ja pitääkö 3D mallia käyttää usein apuna?	Tavoite on saada mielipiteitä nykykäytännöistä ja sitä kautta saadaan selville kehityssuuntaa mihinkä tilannetta haluttaisi viedä.

6.2 Tulosten analysointi

Tarkoitus on käydä kysymysten tulokset läpi ja analysoida siitä tietoja verraten jo olemassa oleviin tietoihin, jotka on esitetty opinnäytetyön teoriaosuudessa. Suunnittelijoille lähetettyyn kyselyyn vastasi yhteensä 11 henkilöä, jolloin vastausprosentiksi muodostui 31,4 %. Osavalmistukselle lähetettyä kyselyn saajien kokonaismäärä ei tullut tietoon, joten vastausprosenttimäärää ei saatu laskettua. Vastauksia tähän kyselyyn tuli 5 kpl.

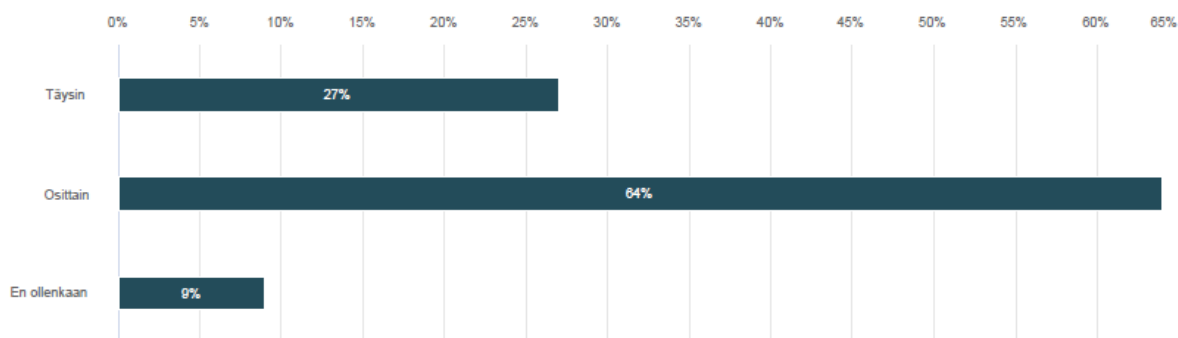
6.2.1 Suunnittelijoille suunnattu kysely

Ensimmäisen kysymyksen tulokset näkyvät kuviossa yksi. Kuten kuvioista yksi nähdään, suunnittelijoilla on osittainen käsitys siitä, mitä MBD:llä tarkoitetaan. Avoimissa vastauksissa korostui se, että tiedetään hyvällä tasolla mitä MBD:llä tarkoitetaan, mutta käytännössä siitä ei ole paljoa vielä kokemusta. Vastauksissa korostuu se, ettei nykyisessä työssä ole saanut mahdollisuutta päästä kokeilemaan mallipohjaista tuotemäärittelyä. Tuli myös esille, että suurin osa tiesi sen tarkoittavan, ettei enää tarvita 2D-piirustusta vaan pelkkä 3D-malli riittää.



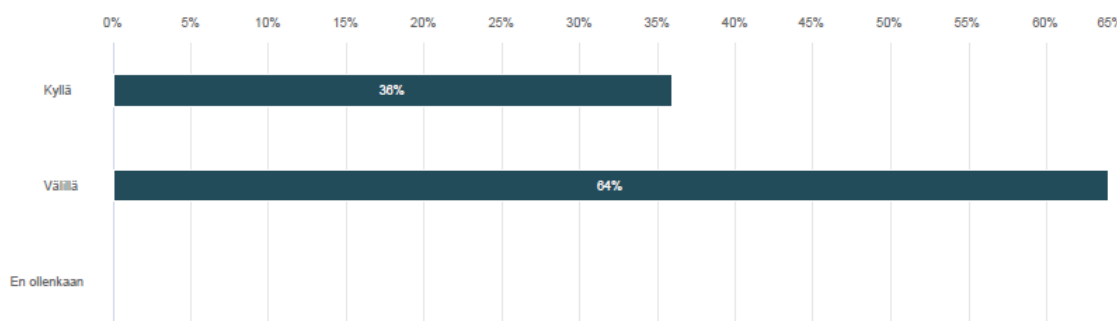
KUVIO 2. Ensimmäisen kysymys "Tiedätkö mitä mallipohjaisella tuotemäärittelyllä (MBD) tarkoitetaan?" (Kauppinen 2020-11-15)

Toisen kysymyksen vastaustulos näkyy kuvioista kaksi. Vastausjakama vertautui hyvin ensimmäisen kysymyksen kanssa. Ehkä ei ole osattu mieltää tilannetta sellaiseksi, että voitaisiin pärjätä ilman 2D-piirustuksia ja tehtäisiin mitoitus pelkästään 3D-mallissa. Myös se varmasti vaikuttaa vastausten kallistumiseen vaihtoehtoon *osittain*, koska ei ole vielä kokemusta MBD-mallien tekemisestä. Tällöin siitä saatavia hyötyjä ei välttämättä vielä tiedetä. 2D-kuvan tekeminen koetaan kuitenkin osittain ylimääräisenä.



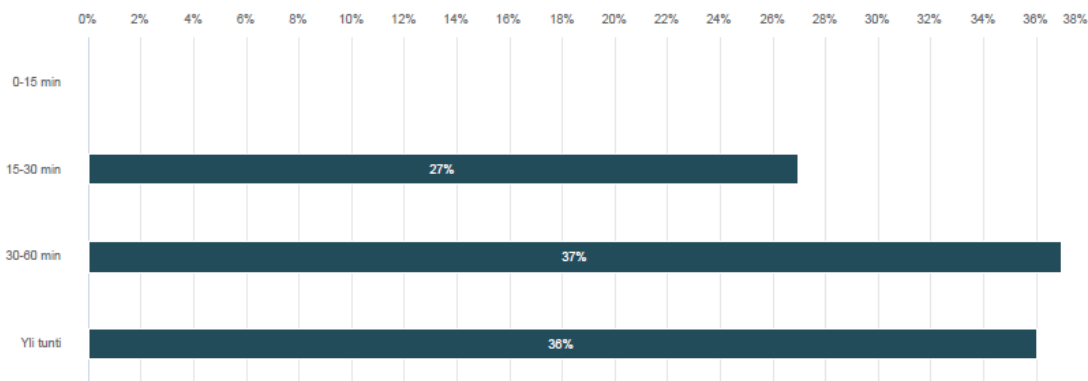
KUVIO 31. Toinen kysymys "Koetko 2D-kuvan tekemisen 3D-mallista ylimääräisenä työnä?" (Kauppinen 2020-11-15)

Kolmannen kysymyksen vastauksissa nähdään hyvin se, että on välillä hankala tuottaa laadukkaita 2D-piirustuksia. Omassa työkokemuksessa olen huomannut hankaluuksia varsinkin monta osaa (yli 30 kpl) käsittävän hitsauskuvan piirtämisessä. Varsinkin on hankalaa tehdä piirustuksesta sellainen, että sen ymmärtää tuotteen valmistaja yksiselitteisesti. Kuten teoriaosuudessa mainittu, pitäisi piirustuksen olla yksiselitteinen. Vastauksia oli tähänkin kysymykseen annettu sanallisesti ja niistä kävi ilmi, että isommissa hitsauskappaleissa tarvitaan monesti monta eri kuvantoa ja monta erillistä sivua piirustuksia. Eri sivuille joudutaan monesti laittamaan esimerkiksi paikoittavat mitat, hitsausmerkinät ja GPS-toleroinnit. Valuista tuli kommenttia, että niissä ymmärrettävissä syistä joutuu välttämättä käyttämään 3D-mallia jo nykyiselläänkin.



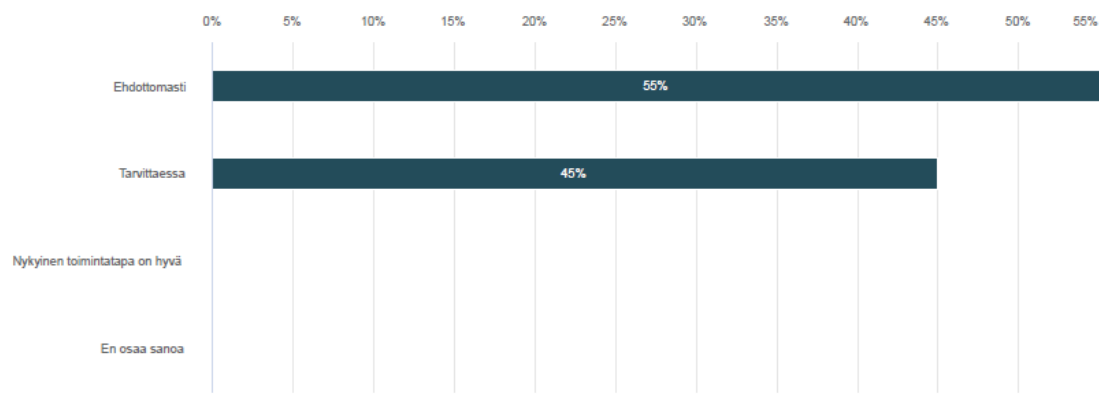
KUVIO 4. Kolmas kysymys ”Koetko, ettet pysty 2D-kuvan välityksellä kertomaan riittävän hyvin, miten osa tulisi valmistaa?” (Kauppinen 2020-11-15)

Esimerkin kautta haluttiin selvittää sitä, millaista suunnittelijan ajan käyttö on 2D-piirustuksia tehtäessä. Yllättävän paljon tuli hajontaa vastaajien välillä, kuten kuviosta 5 voidaan huomata. Tässä on myös hyvä muistaa se, että suunnittelijan työkokemuksen määrä on suuressa roolissa. Ensimmäinen valinta ei saanut yhtään vastausta, joten suunnittelijat käyttävät vähintään 15 min aikaa kymmenen komponenttia sisältävään piirustukseen. Hajontaa voi selittää myös se, että hitsauskokoontajia on montaa erilaista, jolloin ajallisesti eroa syntyy myös sen takia. Joissakin kokoonpanoissa ei välttämättä tarvita tarkkoja GPS-tolerointeja, joiden tekeminen on monesti aikaa vievää. Vaikutusta on varmasti myös suunnittelijan omalla työkokemuksella, yleensä kokeneempi suunnittelija tekee piirustuksia varmalla rutiinilla ja varsinkin, jos työskennellään omalla erikoistumisalueella, on piirustuksen tekeminen paljon helpompaa.



KUVIO 5. Neljäs kysymys ”ESIMERKKI: Kuinka kauan käytät keskimäärin aikaa n.10 komponenttia sisältävän 2D hitsauskuvan tekemiseen?” (Kauppinen 2020-11-15)

Viidennessä kysymyksessä kysyttiin halukuuta siirtyä mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn. On huomattava, että kukaan kyselyyn vastaajissa ollut sitä mieltä, että nykyiset toimintatavat olisivat hyvät. Eli tästä on hyvin pääteltävissä se, että kehitystä halutaan tapahtuvan tällä osa-alueella. Pidän vastauksia myönteisinä siinä mielessä, että halutaan lähteä oppiaan uutta. Tämä edes auttaa mallipohjaisen tuotemäärittelyn mahdollista käyttöön ottamista tulevaisuudessa.

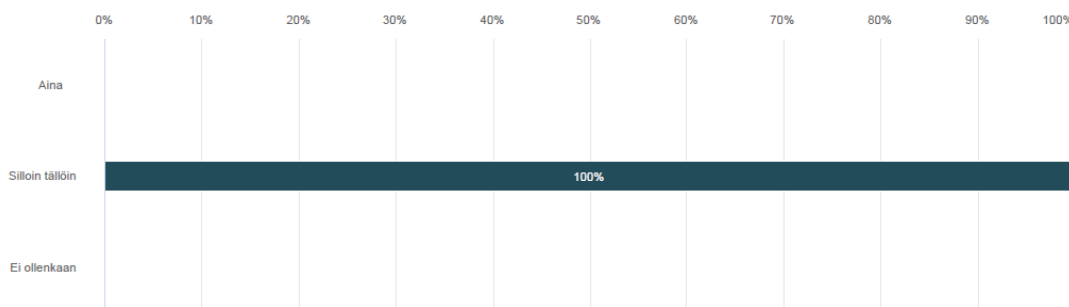


KUVIO 6. Viides kysymys ”Olisitko valmis siirtymään 3D-mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn?” (Kauppinen 2020-11-15)

Viimeinen kysymys oli vapaamuotoinen, jossa pyydettiin kommentoimaan, miten täysin 3D-mallipohjainen tuotemäärittely toimisi verrattuna nykyiseen toimintatapaan omassaan työssä. Kysymyksissä pohdittiin paljolti sitä, että onko alihankinnassa valmiutta muutokseen. Myös ajansäästö nousi esille, saataisi ajankäyttöä enemmän tuotteeseen arvoa tuottavaan tekemiseen.

6.2.2 Osavalmistukseen suunnattu kysely

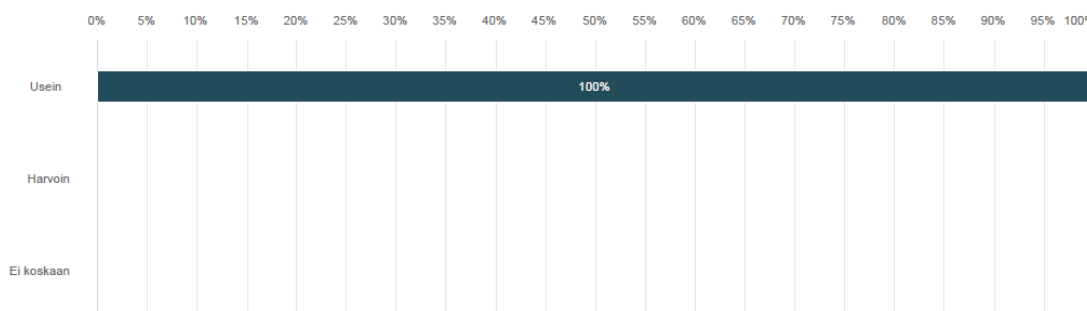
Osavalmistukselle tehdyssä kyselyssä ensimmäisenä kysyttiin 2D-kuvien käyttämisestä työskennel-lyssä. Vastaajista kaikki olivat sitä mieltä, että niitä käytetään silloin tällöin. Tässä huomataan sitä, että paljon on myös muistinvaraista tekemistä, jolloin välttämättä aina ei katsota piirustuksia. On myös huomioitava, että samalla hitsaajalla saattaa olla samoja runkonimikkeitä peräkkäin työn alla.



KUVIO 7. Ensimmäinen kysymys ”Käytetäänkö työssäsi apuna 2D-kuvia?” (Kauppinen 2020-11-15)

Toisella kysymyksellä haettiin tietoa piirustusten luettavuudesta toimeksiantajalla. Selvitettiin siis, miten laadukkaasti ja selvästi piirustukset on tehty, jotta niistä saadaan valmistettua valmis tuote. Vastaajista kaikki olivat sitä mieltä, että piirustukset ovat helposti luettavia ja ymmärrettäviä. Tämä kertoo hyvin sen, että nykyinen toimintatapa on hyvin toimiva sen suhteen toimeksiantajalla, että 2D-piirustukset ovat yksiselitteisiä.

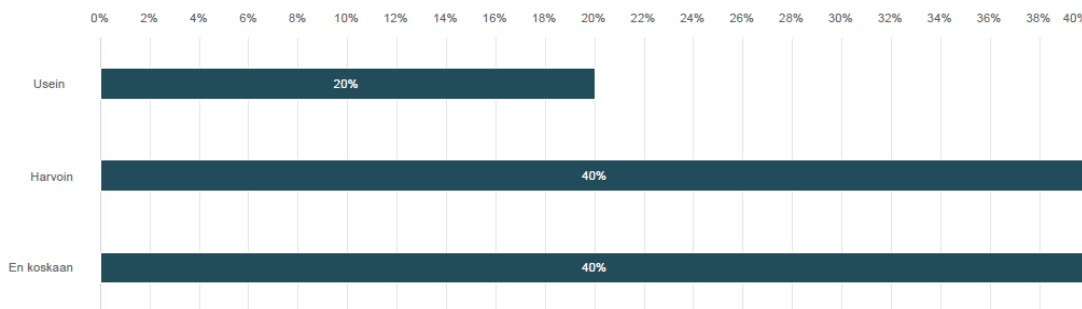
Vastaajien määrä: 5



KUVIO 8. Toinen kysymys ”Onko 2D-kuvat helposti luettavissa / ymmärrettävissä?” (Kauppinen 2020-11-15)

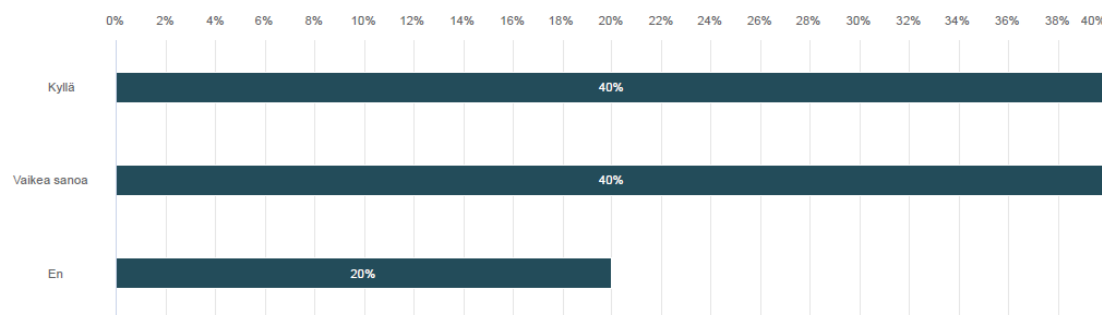
Kysymyksellä kolme selvitettiin nykyisellään 3D-mallien käyttöä. Tätä kysymystä voidaan vähän vertailla kysymyksen kaksi kanssa siten, että vaikka nykyisellään piirustukset ovat selkeitä ja ymmärrettäviä, käytetäänkö 3D-malleja esimerkiksi silloin, jos piirustuksesta puuttuu tarvittava mitta? Kaksi

vastaajista ei ollut katsonut 3D-malleista ollenkaan mittoja, joten se puoltaa sitä, että 2D-kuvat ovat hyvin tehtyjä.



KUVIO 9. Kolmas kysymys ”Tarkasteletko työssäsi 3D-mallista esimerkiksi mittoja?” (Kauppinen 2020-11-15)

Neljännellä kysymyksellä selvitettiin sitä, että ollaanko 2D-kuvista valmiita luopumaan, jos 3D-mallissa olisi tuotteen valmistamiseen riittävä tieto esitetty. Tässäkin vastaukset jakautuvat paljon ja oli jopa yksi sitä mieltä, että ei olisi valmiutta. Tähän oli avoimeen kenttään perusteluksi jätetty, että 2D-kuvan ymmärtää paremmin, kuin 3D-malliin tehdyn mitoituksen. Myös kaksi vastausta oli annettu vaikea sanoa vaihtoehdolle. Siihen oli perustelluksi sanottu esimerkkinä se, että jos samantyyppistä tuotetta tehdään monta peräkkäin, voi paperilappu toimia muistilappuna. Siitä on nopea etsiä tietoa, kun esimerkiksi koneelta olisi turhauttavaa etsiä piirustusta nopeaa katselua varten. Tämä korreloi hyvin sitä, että ohjelmistojen ja laitteitten olisi oltava mahdollisimman helppokäyttöisiä ja tietoa olisi järjestelmistä saatava helposti ja nopeasti. Myös MBD-mallin olisi oltava selkeä lukuinen, niin että siinä olevat merkinnät olisivat helposti katsottavissa.



KUVIO 10. Neljäs kysymys ”Jos 3D-malliin määriteltäisiin valmistukseen tarvittava tieto, olisiko valmis luopumaan 2D-kuvien käytöstä työssäsi?” (Kauppinen 2020-11-15)

Viimeisessä kysymyksessä pyydettiin vapaamuotoista vastausta nykykäytännöistä. Esimerkkinä, että ovatko 2D-kuvat ymmärrettävissä ja pitää monesti käyttää 3D-mallia apuna. Tähän tuli kaksi vastausta. Paperiversio kuvissa haastavana koettiin, että niissä ei pysty zoomaamaan, joten mittatiedot näkyvät hyvin pieninä. 3D-malleista katsotaan juuri puuttuvia mittoja.

6.3 Mallipohjainen tuotemäärittely osana nykyprosessia

Työn tarkoituksena on myös selvittää, miten mahdollisesti mallipohjainen tuotemäärittely saataisi osaksi nykyistä prosessia. Selvitys rajattiin koskemaan suunnittelua ja toimeksiantajan osavalmistusta. Tutkimusta myös tehtiin koulun erikoistumisprojekti kurssien aikana, joiden tietoa käytetään tässä selvityksessä. Niissä selvitettiin, miten nykyisellä ohjelmistolla onnistui mallipohjaista tuotetietoa sisältävän mallin tekeminen ja esittäminen tuotannossa, sekä alihankinnassa.

Kokeilu tehtiin yhdellä runkonimikkeellä, jonka 3D-malliin lisättiin tuotetieto hitsausvaiheesta. 3D-malli tehtiin SolidWorks-ohjelmistolla, johon saatiin maksullinen MBD-lisäosa kokeilua varten. Kyseisellä lisäosalla voidaan lisätä kaikki valmistusinformaatio 3D-ympäristössä. Siinä pystytään myös tekemään helposti template-pohjia, joita pystytään muokkaamaan halutunlaiseksi, esimerkiksi määrittämään layoutin, lisäämään logon, 3D-katseluikkunan ja käyttämään metatietoa. SolidWorks MBD tukee myös yleisimpiä formaatteja, esimerkiksi 3D-PDF ja eDrawings (AIPworks 2019.)

MBD-mallin tekeminen haastavuus yllätti, koska mittoja on paljon isossa runkonimikkeessä. Kokeuksen puute MBD-mallin tekemisessä ei auttanut tässä. Myös tapa millä tein mallin, eli olemassa olevan 2D-piirustuksen pohjalta lisäämällä mittoja 3D-ympäristöön, ei välttämättä ole se paras tapa. Paras tapa olisi aloittaa tyhjästä ja miettiä mitat malliin siten, miten ne valmistuksen kannalta olisivat parhaiten esillä. Itse mittojen näkyvyyden parantamista sai hallittua annotations-tasoilla, joihin pystyi määrittämään mitkään mitat niissä mallin katselun aikana näkyi.

Koska nykyisellään tuotannossa käytetään vain 2D-piirustuksia, täytyi mallille saada sen käyttöön soveltuva laitteisto. Kokeilua varten tuotantoon saatiin Samsung S2 Tab -tabletti, joka oli rungon mukana koko valmistuksen ajan. Ongelmia ilmeni paljon yhteensopivan ohjelmiston löytämisestä tabletin ja SolidWorks-ohjelmiston välille. Ensimmäinen vaihtoehto oli testata eDrawingsin mobiiliversiota tabletilla. SolidWorksilla tehtiin kokeilutiedosto kahdessa eri tiedostoformaattissa. STEP-tiedostona ja eDrawings-tiedostona. Kokeilua yritettiin myös tehdä 3D-PDF:nä, mutta 3D-mallia ei saatu tabletilla näkymään, vaikka tiedostoa kokeiltiin monilla eri ilmaisilla ohjelmistoilla.

Kuitenkin edellä mainituista tiedostoista parhaiten lopulta toimi STEP-tiedosto. Siinäkin oli omat ongelmansa, esimerkiksi osaluettelo ei ollut interaktiivinen, eli siitä ei pystynyt valitsemaan nimikettä ja se olisi korostunut mallissa. Tätä ominaisuutta kaivattiin varsinkin osavalmistuksesta. Lisäksi toivottiin sitä, että mallissa olevien mittojen näkyvyyttä voisi muuttaa valmistuksen etenemistä ajatellen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ajan vapautuminen muihin arvoa tuottaviin työtehtäviin on mahdollisesti yksi mahdollisesti tärkeimpiä hyötyjä mitä mallipohjaisesta tuotemäärityksestä saisi. Kuten suunnittelijoille suunnatussa kyselyssä selvisi, käyttää suunnittelija keskimäärin kymmenen osaa sisältävän hitsauskuvan piirtämiseen noin 60 minuuttia. Kyselyn tuloksista tuli myös ilmi turhautumista, koska käytännössä 2D-kuvan tekeminen on ylimääräistä työtä.

Kuitenkin olisi hyvä lisäksi vielä tutkia, miten paljon aikaa MBD-mallin tekeminen suunnittelijoilta veisi. Koska nyt saaduista tuloksista ei voida vielä suoraan sanoa, että jos mallipohjainen tuotemääritys otetaan käyttöön toimeksiantajalla, saadaan suunnittelijoiden työaikaa vapautettua sama määrä, minkä verran 2D-kuvan piirtämiseen menee. Olisi hyvä lisäksi tehdä tutkimusta, miten paljon aikaa käytetään 3D-mallinnuksen jälkeen valmistustiedon lisäämiseen 3D-malliin. Tällöin voitaisiin verrata tuloksia ja tehdä päätelmiä, kuinka paljon todellinen hyöty on. Mutta on kuitenkin muistettava, että ajan säästö ei välttämättä ole se ainoa syy tai hyöty, miksi mallipohjaiseen tuotemääritykseen kannattaisi siirtyä. Syy tai hyöty voi yhtä hyvin olla ajan säästön lisäksi parempi laatu, virheiden minimointi ja tehokkaampi läpimeno aika tuotteella.

Kyselytutkimuksen perusteella oltaisiin valmiita jo siirtymään suunnittelijoiden osalta mallipohjaiseen tuotemääritykseen. Tämä toki vaatisi siihen tarkoitukseen ohjelmat, jotka toimisivat valmistustiedon lisäämisessä 3D-mallin hyvin. Nykyisellä suunnitteluohjelmistolla ja tietojärjestelmällä tämä ei välttämättä ole vielä tällä hetkellä mahdollista, koska esimerkiksi ei saada tarvittavalla tavalla toimivaa MBD-mallia tuotantoon näytettäväksi esimerkiksi tabletin avulla. Toisaalta on mietittävä sitä, että onko mahdollisesti tabletti se laitteisto, millä MBD-mallia käytettäisiin lopulta tuotannossa. Osavalmistuksenkin vastauksissa oli vähän myönteistä suhtautumista mallipohjaiseen tuotemääritykseen, kuten sanottua MBD-mallin pitäisi olla selkeä ja helppokäyttöinen.

Itse tutkimusprosessin olisi myös voinut toteuttaa kenties toisella tapaa. Kyselylläkin saatiin tuloksia, mutta olisiko kenties yksilölliset haastattelut toimineet paremmin. Tällöin keskustelussa olisi ollut vuorovaikutusta, jolloin olisi pystytty tekemään syventäviä kysymyksiä. Tämä olisi mielestäni voinut toimia varsinkin osavalmistuksen henkilöille paremmin, koska haastattelut olisi voinut tapahtua tuotannon tiloissa, siellä missä itse työ tapahtuu. Tällöin olisi paljon konkreettisemmin saatu tietoa millä tavalla MBD-mallin olisi voinut esittää, niin MBD-mallinkin, kuin laitteiston osalta.

Kuten mainittu, tarvitaan todennäköisesti laajempi testaus eri ohjelmistoilla yhdessä osavalmistuksen kanssa, jotta voitaisiin harkita mallipohjaista tuotemääritystä. On pystyttävä täysin osoittamaan se, että ohjelmistojen ja laitteiden välinen toiminta sujuu joustavasti, eli kun suunnitteluohjelmalla tehdään MBD-malli, on sitä kyettävä katsomaan helposti esimerkiksi tuotannossa tabletilla tai muulla siihen soveltuvalla laitteella. Mallin käyttäminen pitää olla jouhevaa ja mittojen on oltava selkeästi esillä. Myös osaluettelon on oltava sellainen, että kun siitä valitaan osa, korostuu se 3D-mallissa. 3D-mallia on pystyttävä leikkaamaan ja siitä on pystyttävä ottamaan puuttuvia mittoja. 3D-mallin olisi pystyttävä tekemään omia merkintöjä ja huomiota.

Jos ajatellaan laajempaa kokonaisuutena, voisi mallipohjaisesta tuotemäärittelystä olla paljon hyötyä myös toimeksiantajan muissa prosesseissa. Esimerkiksi, kokoonpanojen ohjeistusten tekeminen tuotantoon voisi olla helpompaa havainnollisen 3D-mallin avulla. Myös hankinnassa voitaisi hyvin hyödyntää pelkkiä 3D-malleja, ja olisiko hankintainsinöörin helpompi kenties arvioida tuotteen hintaa 3D-mallin kautta. Myös muutosprosesseissa olisi helpompi käsitellä vain yhtä 3D-mallia, jolloin jäisi piirustusten takia yksi mahdollinen virheenmahdollisuus pois.

Tällä hetkellä toimeksiantajalla ollaan mielestäni tasolla yksi, kun mietitään dokumentointiin liittyviä tasoja, jotka näkyvät kuvassa kuusi. Tason yksi mukaan olla mallikeskeisiä, eli suunnittelu tehdään 3D-malleilla ja lopulta 2D-piirustuskin tehdään mallin avulla. Kuitenkin piirustus on se määräävä tekijä, eli tuote valmistetaan aina piirustuksen avulla, lukuun ottamatta esimerkiksi valuja. Alihankintaan tuotteista toimitetaan aina 2D-piirustus, sekä STEP-malli. Minusta toimeksiantajalla voisi miettiä siirtymistä eteenpäin dokumentointiin liittyvissä tasoissa, mielestäni taso kolme olisi hyvin mahdollinen saavuttaa pitkällä tähtäimellä. Silloin ollaan mallipohjaisessa määrittelyssä, mutta kuitenkin sallitaan piirustusten tekeminen.

8 POHDINTA

Aiheena mallipohjainen tuotemäärittely oli laaja ja mielenkiintoinen. Lisäksi siitä saatu tieto ja ymmärrys auttavat varmasti tulevaisuudessa omassa työskentelyssä. Mielestäni kannattaa ehdottomasti tulevaisuudessa lähteä kehittämään toimeksiantajalla tuotekehityksessä valmistustiedon lisäämistä 3D-malliin. Tämän mielestäni voisi tehdä esimerkiksi asteittain siten, että ottaisi mallipohjaisen tuotemäärittelyn osaksi runkoja ja myöhemmässä vaiheessa lähtisi kehittämään sitä alihankintaverkostoon päin. Omana projektina olisi hyvä selvittää millä ohjelmistoilla ja laitteilla onnistuisi osavalmistuksessa 3D-mallin käsittely, jossa on valmistustieto. Tällöin toimeksiantajalla saataisi yksi askel lähemmäksi malliperustaista yritysmallia. Tähän olisi hyvä yhdistää tutkielma PDM-järjestelmän toimivuudesta pelkän MBD-tiedon kanssa.

Lisäksi kun mallipohjainen tuotemäärittely parantaisi tehokkuutta, se myös parantaisi laatua. Ylipääntään nykyään yrityksissä kiinnitetään laaduntuoottamiseen huomiota. Hyvä laatu helpottaa kokoonpanoa, koska osien käydessä paikoilleen vähentyy ei arvoa tuottava toiminta. Toimeksiantajalla vaaditaan hyvää laatua tälläkin hetkellä alihankinnalta ja osavalmistuksesta. Mielestäni mallipohjainen tuotemäärittely ja sitä kautta tuleva malliperusteinen yritysmalli tukisi loistavasti tätä. Tällöin pystyttäisi toimeksiantajan jokaisessa prosessin vaiheessa käyttämään havainnollistavaa 3D-mallia, jossa on merkittynä valmistustietoa. Ajatellaan kokonaisprosessia mallipohjaisen yrityksen näkökannalta. Suunnittelija tekee koneistettavasta osasta 3D-mallin, jossa on valmistustieto. Tämän jälkeen hankintainsinööri ostaa katsomalla 3D-mallia nimikkeen. Ennen hankintainsinööri katsoi pelkästään 2D-kuvaa ja teki hankintapäätöksen sen avulla.

Kunnes alihankinta yritys on selvillä, saa alihankinta yritys MBD-mallin ladattua ja syöttää sen suoraan koneistuskeskukseen, jossa osa koneistetaan. Tämän jälkeen 3D-mittalaite kuvaa osan ja vertaa sitä MBD-malliin ja lisäksi mittaohjelma osaa lukea mallista tarvittavat mittauskohdat. Alihankinnassa tämä prosessi voitaisi kenties automatisoida kokonaan. Lopuksi osa toimitetaan toimeksiantajalle ja asennetaan paikalleen, ilman asennusongelmia. Prosessista on hävinnyt epävarmuustekijöitä pois ja myös työajan käyttöä on saatu tehostettua jokaisessa työvaiheessa.

Ehkä tärkein kysymys toimeksiantajalla on tällä hetkellä mallipohjaisen tuotemäärittelyn suhteen se, että millä tavoin tätä voisi lähteä kehittämään eteen päin. Tässä opinnäytetyössä saatiin mielestäni esille se, että mallipohjaisesta tuotemäärittelystä on saatavissa hyötyä. Kuten todettua, yritykset eivät lähde tekemään muutoksia, jos se ei tuota lisäarvoa tuotteelle ja sitä kautta taloudellista hyötyä. Vaatii suuria investointeja lähteä mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn, niitä ovat esimerkiksi laitteisto, ohjelmistot ja lisenssit. Lisäksi on koulutettava suuri määrä henkilökuntaa omaksumaan uudet työskentelytavat. Mutta kuitenkin, lopulta saadaan tehostettua joka osa-alueella toimintaa mallipohjaisella tuotemäärittelyllä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AIPWORKS, 2019. Model Based Definition MBD on ratkaisu piirustuksettomaan valmistukseen [verkkajulkaisu]. Aipworks. [Viitattu 2020-09-28.] Saatavissa: <https://aipworks.fi/solidworks/tuotteet/model-based-definition/>

HIETIKKO, Esa 2009. SolidWorks – Tietokoneavusteinen suunnittelu 2009. 3. painos. Books on Demand.

KAUPPINEN, Joni 2020-09-14. 3D-malli, jossa tuotetietoa [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Joni Kauppinen sähköiset kokoelmat

NGUYEN, Jimmy 2020. MBD (Model-Based Definition): 2020 Edition [verkkajulkaisu]. Capvidia Blog. [Viitattu 2020-09-21.] Saatavissa: <https://www.capvidia.com/blog/mbd-model-based-definition-in-the-21st-century>

PERE, Aimo 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Hannun Tasapaino Oy.

PONSSE OYJ 2020b. Yleistä Ponssesta [verkkoaineisto]. Ponsse Oyj. [Viitattu 2020-09-21]. Saatavissa: <https://www.ponsse.com/fi/yhtio/ponsse#/>

PONSSE OYJ 2020a. Tavaralajimenetelmät [verkkoaineisto]. Ponsse Oyj. [Viitattu 2020-09-21]. Saatavissa: [https://www.ponsse.com/fi/tuotteet/tavaralajimenetelm%C3%A4#/#/](https://www.ponsse.com/fi/tuotteet/tavaralajimenetelm%C3%A4#/)

PONSSE OYJ 2020c. Yritysesittely. PowerPoint-esitys asiakkaille. [Viitattu 2020-09-21.] Saatavissa: Vieremä: Ponsse Oyj

RAPINOJA, Jukka-Pekka 2016. Malliperustaisen tuotemäärittelyn (MBD) mahdollisuudet [verkkajulkaisu]. METSTA ry. [Viitattu 2020-09-21.] Saatavissa: http://www.sfs.fi/files/8302/MBD_Raportti_2016.pdf

SÄÄKSVUORI, Antti ja IMMONEN, Anselmi 2002. Tuotetiedonhallinta PDM. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino OY.

VEHKALAHTI, Kimmo 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät [verkkajulkaisu]. Finn Lectura. [Viitattu 2020-09-21.] Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305021/Kyselytutkimuksen-mittarit-ja-menetelmat-2019-Vehkalahti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LIITE 1: KYSELY SUUNNITTELIJOILLE

Jonin opparikysely

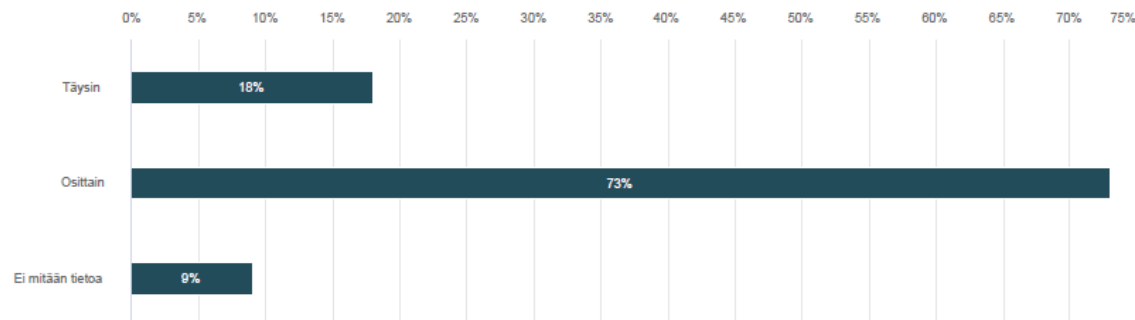
Perusraportti

Mallipohjainen tuotemäärittely

Vastaajien kokonaismäärä: 11

1. Tiedätkö mitä mallipohjaisella tuotemäärittelyllä (MBD) tarkoitetaan?Valitse vaihtoehto ja kerro lyhyesti tietämyksesi asiasta

Vastaajien määrä: 11



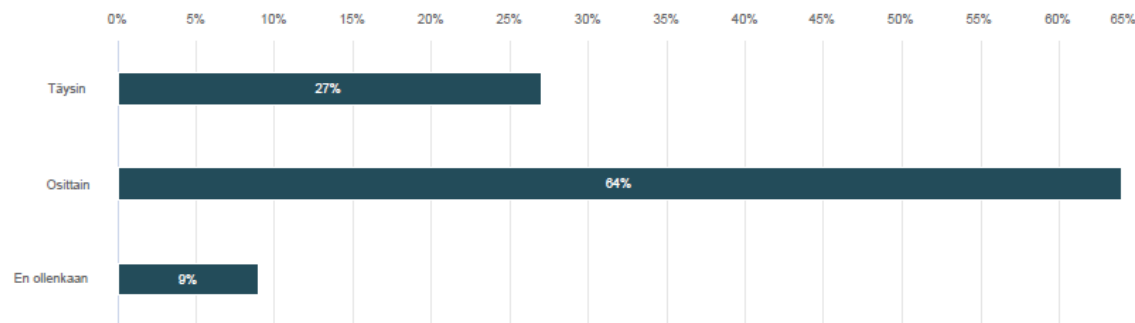
	n	Prosentti
Täysin	2	18,18%
Osittain	8	72,73%
Ei mitään tietoa	1	9,09%

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Osittain	Koulussa mainittiin asiaa suppeasti. Pidetään Savonialla vielä tulevaisuuden juttuna.. Valmistuin 2019..
Osittain	Pääpiirteittäin
Osittain	Ei ole käytännön kokemusta MBD:stä.
Osittain	Käsitykseni mukaan MBD ajatuksena 3D-malliin upotetaan kaikki tarvittava tieto kappaleen/tuotteen osalta.
Osittain	Tuotetiedon / kappaleen kaikki mitat ja valmistuksen kannalta oleellinen tieto löytyy 3d-mallista
Osittain	Tuotteen kaikki tiedot (materiaalit, mitat, toleranssit, yms) määritetään suoraan 3D-malliin.
Osittain	Kaikki tieto on 3D-mallissa eikä 2D -piirustusta tarvita
Osittain	Ei tarvita 2d piirustusta
Täysin	ei tarvitse 2d kuvaa
Täysin	Tuotteen valmistus ja laadunvarmistus perustuu pelkästään 3D-malliin ilman 2D-piirustuksia.

2. Koetko 2D-kuvan tekemisen 3D-mallista ylimääräisenä työnä?Valitse vaihtoehto ja perustele vastauksesi

Vastaajien määrä: 11



	n	Prosentti
--	---	-----------

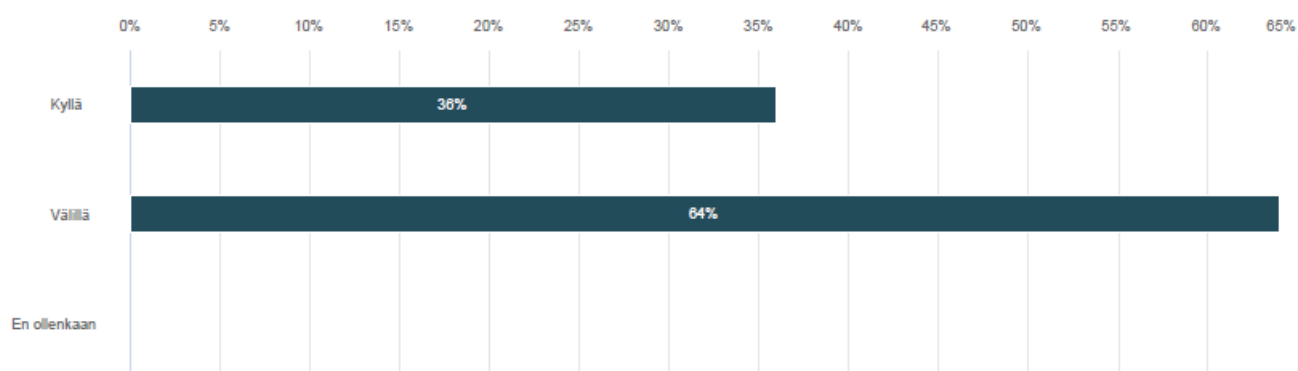
	n	Prosentti
Täysin	3	27,27%
Osittain	7	63,64%
En ollenkaan	1	9,09%

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Osittain	monesti kaiken vois esittää 3d kuvan perusteella
Osittain	Yksinkertaisten levyleikkeiden sekä latasta valmistettavien yksinkertaisten osien kuvien teko turhauttavaa.
Osittain	2D-kuvien piirtäminen vie aikaa ja ovat työläitä etenkin jos valmista mallia revisoidaan. Muutoksien tiedot välitettävä kaikille ja olemassa oleva riski ettei piirustusta päivitetä.
Osittain	PDM-esityksissä sivuttiin metallisia 3D-malleja, joita alihankkijatkin voisivat käyttää
Osittain	Varsinkin muottituotteissa koen sen ylimääräisenä työnä, koska valmistajat eivät juuri tarvitse 2D-kuvaa. Tarvittavat tiedot voitaisiin merkitä myös 3D-malliin. Tosin tämä lisää työtä myös 3D-mallin puolella, kun sinne aletaan lisäämään informaatiota.
Osittain	Esim levityskuva usein turha, toimittaja tekee oman
Osittain	Solidworksin piirustus työkalu on kömpelö varsinkin ohutlevy tuotteissa
Täysin	Lisäksi riski että kuva jää päivittämättä.
Täysin	Koen 2d-kuvan täysin turhaksi.
Täysin	Koska kaikki tieto on mahdollista liittää jo 3D-malliin, tuntuu kahden dokumentin ylläpito ja tekeminen usein turhalla.
En ollenkaan	Nykyisillä suunnittelutyökaluilla 2D-piirustuksen tekeminen ja hallinta on jopa helpompaa kuin saman tiedon määrittäminen 3D-malliin

3. Koetko, ettei pysty 2D-kuvan välityksellä kertomaan riittävän hyvin, miten osa tulisi valmistaa?Valitse vaihtoehto ja perustele vastauksesi

Vastaajien määrä: 11



	n	Prosentti
Kyllä	4	36,36%
Väillä	7	63,64%
En ollenkaan	0	0%

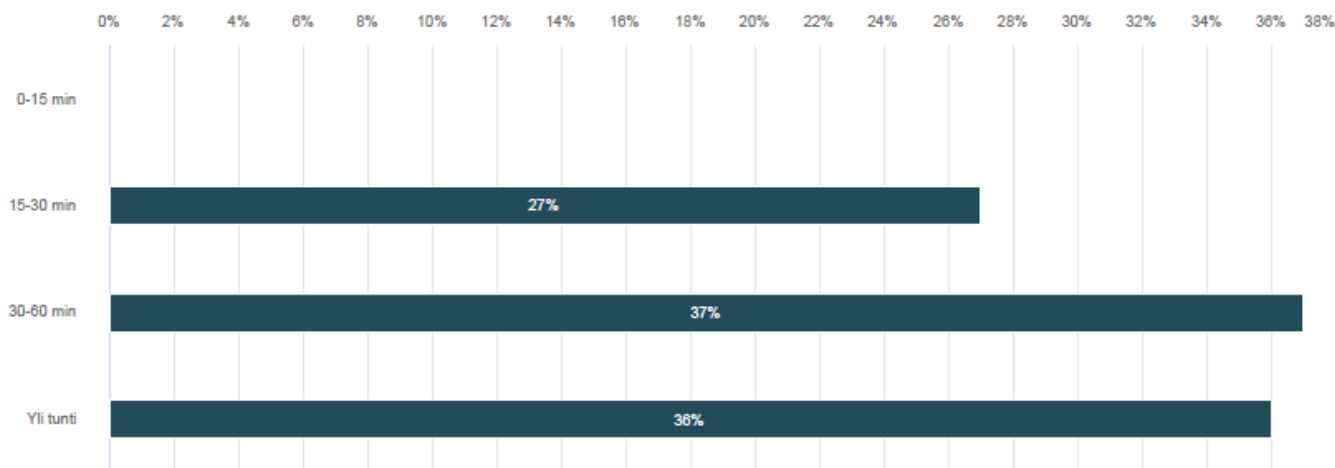
Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä	valuissa 3d malli pakollinen
Kyllä	en pysty kertomaan riittävän hyvin, miten osa tulisi valmistaa
Kyllä	Voi olla niin monimutkainen osa että vaikea saada 2d:nä kuvattua. Tai sitten pitää olla monta kuvantoa
Kyllä	Toleroinnit/GPS välillä haastavia että saa tarkoittamansa kerrottua piirustuksen avulla
Väillä	Monimutkaisten hitsauskoontien ja koneistuksien kuvissa joutuu käyttämään monia kuvantoja ja kokonaisuudesta tulee sekava.
Väillä	Vaati monimutkaisessa/ suuressa kappaleessa monta sivua piirustusta jos kaikki haluaa esittää selvästi
Väillä	Monimutkaisemmissa muodoissa 2D-kuvantoja joutuu liittämään useita, jotta muoto on riittävän selkeästi esitetty.
Väillä	Suurimman osan saa selitettyä, välillä joutuu ottamaan omituisia leikkauskuvantoja yms.
Väillä	Varsinaisesti se ei ole ongelma, etteikö pystyisi kertomaan miten osa valmistetaan, mutta monesti siihen menee aikaa kun täytyy miettiä että onhan kaikki kuvannot ja mitat varmasti kuvassa.

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Välillä	Joidenkin monimutkaisten osien geometria on haastava määrittää 2D-kuvassa. Vaatii paljon työtä.
Välillä	Kappaleet, joihin hitsataan paljon, ovat hankalia. Myös kappaleen sisäpuliset hitsit ovat hankala esittää. Myös moneen suuntaan taivutetut ohutevyosat ovat piirustuksessa joskus hankalia.

4. ESIMERKKI: Kuinka kauan käytät keskimäärin aikaa n.10 komponenttia sisältävän 2D hitsauskuvan tekemiseen?

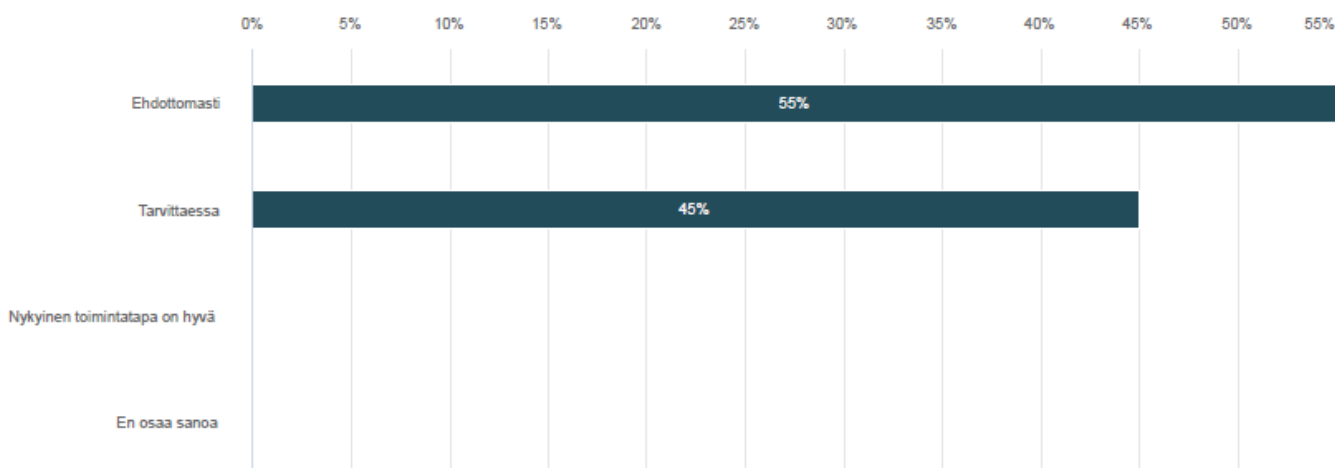
Vastaajien määrä: 11



	n	Prosentti
0-15 min	0	0%
15-30 min	3	27,27%
30-60 min	4	36,37%
Yli tunti	4	36,36%

5. Olisitko valmis siirtymään 3D-mallipohjaiseen tuotemäärittelyyn?

Vastaajien määrä: 11



	n	Prosentti
Ehdottomasti	6	54,55%
Tarvittaessa	5	45,45%
Nykyinen toimintatapa on hyvä	0	0%
En osaa sanoa	0	0%

6. Kerro vapaasti mielipiteesti siitä miten täysin 3D-mallipohjainen tuotemäärittely toimisi verrattuna nykyiseen toimintatapaan omassa työssäsi?

Vastaajien määrä: 8

Vastaukset
Jos oletuksena on, että kaikki alihankkijat pystyvät tulkitsemaan 3D mallipohjaisen tuotemäärittelyn mukaan tehtyjä malleja, niin toimisi omassa työssä erittäin hyvin. Tuotannonkehitys hoitaa oston myös itse, joten prosessi nopeutusi huomattavasti, kun ei tarvitsisi erikseen tuottaa kullekin tekijälle kuvia haluamissaan formaateissa. Myös GPS tolerointi helpottuisi ja pystyttäisiin helpommin tulkitsemaan. Muutenkin nykyisen järjestelmään ajon jumppa on vähintäänkin tuskaista, niin hyvä jos siltäkin osin työmäärä vapautuisi suunnitteluun.
Turha työ ei tuo mitään lisäarvoa tuotteeseen, kuluja kylläkin.
Ei ole kokemusta täysin 3d-mallipohjaisesta tuotemäärittelystä, en kykene vertaamaan nykyiseen toimintatapaan.
Ideana erittäin hyvä ja jatkokehitys mahdollisuuksia useisiin toimintoihin. Esim koneistuksessa voitaisiin tuoda 3D-malli suoraan työstökoneelle ja siitä tehdä ohjelmia. Hitsausroboteilla mahdollisesti sama. Nykytilanteessa työstökoneiden ohjelmat luodaan CAM-ohjelmistossa, jossa hyödynnetään 3D-mallin muotoja, muttei se ota huomioon toleransseja jne.
Voisi olla parannus. Enemmän aikaa itse suunnittelun kun 2D-kuvavaihe jää pois.
Uskoisin, että se tehostaisi työn tekoa. 2D-piirustukset laaditaan kaikista osista vaikka jo tällä hetkellä valmistajat hyödyntävät ja tarvitsevat joskus vain 3D -mallin. Monia valtavia projekteja toteutetaan jo MBD:llä. Varmasti metsäkoneetkin onnistuisi.
Jos tällä säästyy aikaa ja työ helpottuu, niin ehdottomasti tämä käyttöön. Onko kaikilla sidosryhmillä valmiudet tähän vielä.
Ei toimisi kovinkaan hyvin nykyisillä suunnittelujärjestelmillä. Valmistustiedon sisältävä 3D-malli on yhtä työläs tehdä kuin 2D-piirustus. Lisäksi tiedonsiirto 3D-mallien ja 3D-mittauksen välillä ei toimi tällä hetkellä!!

LIITE 2: KYSELY OSAVALMISTUKSELLE

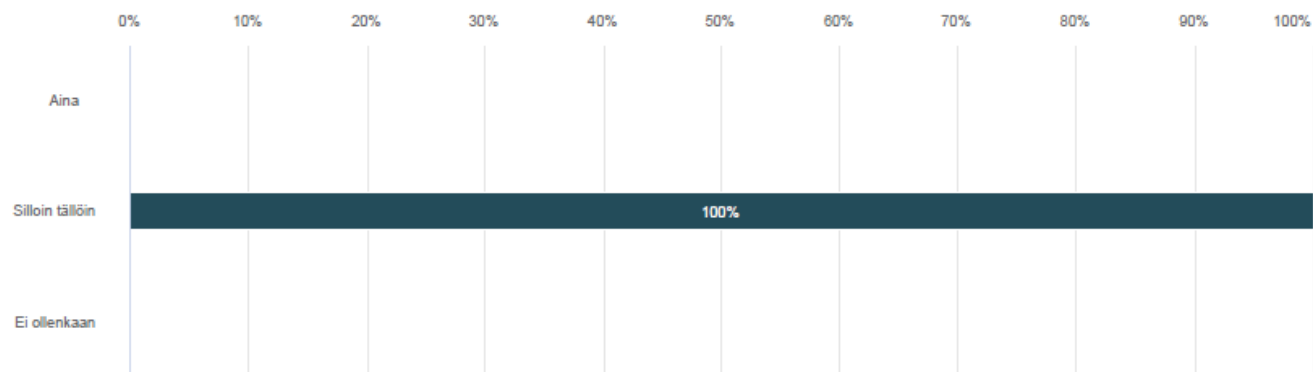
Perusraportti

Mallipohjainen tuotemäärittely

Vastaajien kokonaismäärä: 5

1. Käytetäänkö työssäsi apuna 2D-kuvia?

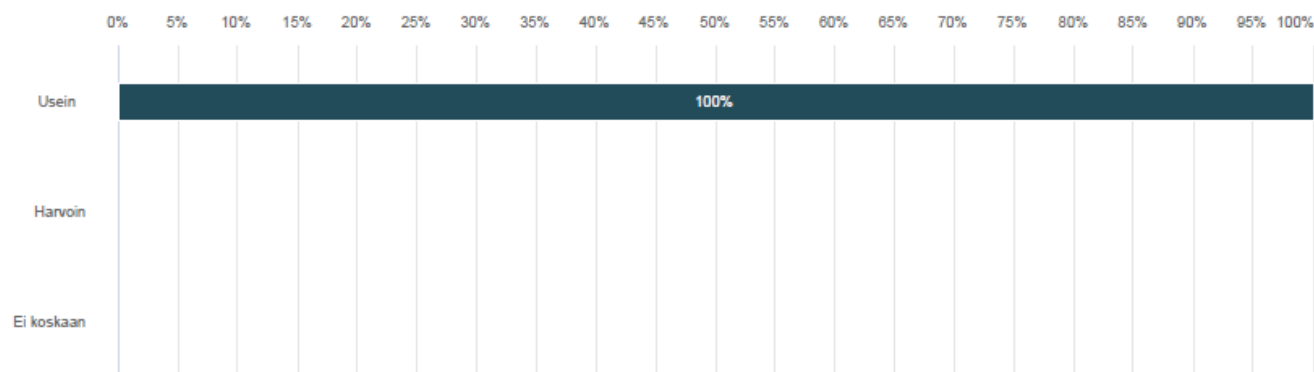
Vastaajien määrä: 5



	n	Prosentti
Aina	0	0%
Silloin tällöin	5	100%
Ei ollenkaan	0	0%

2. Onko 2D-kuvat helposti luettavissa / ymmärrettävissä?

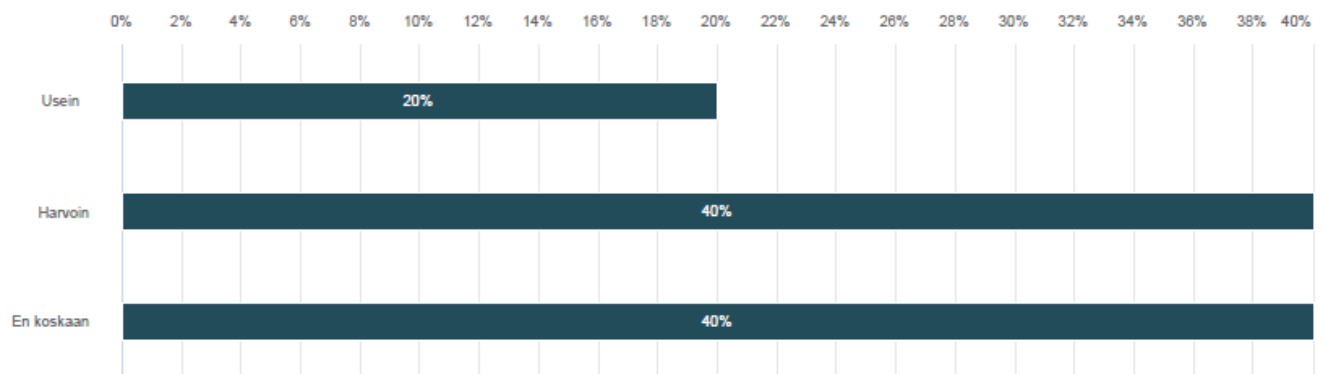
Vastaajien määrä: 5



	n	Prosentti
Usein	5	100%
Harvoin	0	0%
Ei koskaan	0	0%

3. Tarkasteletko työssäsi 3D-mallista esimerkiksi mittoja?

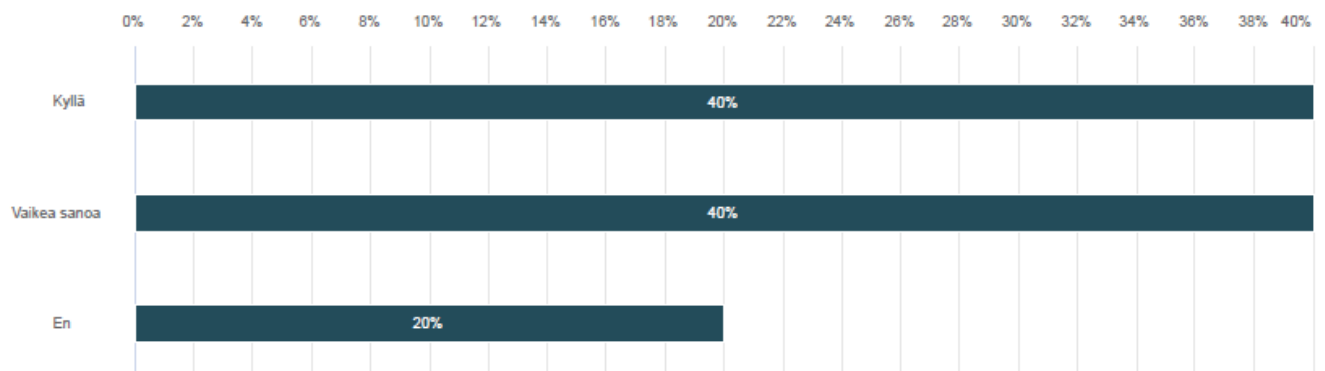
Vastaajien määrä: 5



	n	Prosentti
Usein	1	20%
Harvoin	2	40%
En koskaan	2	40%

4. Jos 3D-mallin määriteltäisiin valmistukseen tarvittava tieto, olisitko valmis luopumaan 2D-kuvien käytöstä työssäsi? Valitse vaihtoehto ja perustele vastauksesi

Vastaajien määrä: 5



	n	Prosentti
Kyllä	2	40%
Vaikea sanoa	2	40%
En	1	20%

Avoimeen tekstikenttään annetut vastaukset

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä	3D-mallista selviää selkeämmin mistä kohtaa mittoja on otettu kun kuvaa voi pyöritellä ja kikkailla edessä olevia komponentteja pois.
Kyllä	jos käyttö onnistuu tarvittavan sujuvasti ja helposti.
Vaikea sanoa	paperi lappu on kätevämpi siinä vaiheessa kun tuotteita tehdään useita peräkkäin toimii ikään kuin muisti lappuna turhauttaa etsiä joka kerta koneelta pikaista vilaisua varten
En	2d ymmärtää paremmin

5. Kirjoita vapaasti mielipiteesi nykykäytännöstä. Kuten onko 2D-kuvat ymmärrettävissä ja pitääkö 3D mallia käyttää usein apuna?

Vastaajien määrä: 2

Vastaukset

2D-kuvat ovat melko hyvin ymmärrettävissä. Haastavaa siitä tekee jos ei pysty zoomaamaan (paperiversiot). 3D-mallista katson yleensä niitä mittoja, joita ei 2D-kuvista löydy suoraan.

3d mallia harvemmin on mahdollista käyttää niin paljon apuna kuin tarvitsisi. (lähinnä vuorovastaavien kanssa puuttuvia mittoja trms ottaessa) 2d kuvat on helposti ymmärrettäviä, mutta vievät paperisina paljon tilaa, sekä joitain haluttuja mittoja puuttuu (ja turhia tilalla). tosin pelkkä 3d kuvan pyörittelymahdollisuus ilman minkäänlaista mitta/työväihe/huomio erittelyä ei itsessään ole kovin tarpeellinen.