



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# VALUTUOTTEIDEN SUUNNITTELU- JA HYVÄKSYNTÄPROSESSI

Ponsse Oyj

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jari Ålander	
Työn nimi Valutuotteiden suunnittelu- ja hyväksyntäprosessi	
Päiväys	7.9.2019
Sivumäärä/Liitteet	49/15
Ohjaaja(t) Arto Kaurala, Mikko Nissinen, Pentti Halonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ponsse Oyj	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi metsäkoneiden valmistaja Ponsse Oyj. Ponsse Oyj on maailman johtavia metsäkonevalmistajia. Yrityksen valmistusmenetelmissä on siirrytty yhä enemmän valamalla valmistettaviin tuotteisiin ja komponentteihin. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimiva prosessikuvaus Ponsse Oyj:lle valujen suunnitteluun, hankintaan ja hyväksyntään ennen niiden sarjatuotannon aloittamista. Nykytilaa tutkiessa selvisi, ettei yrityksellä ole käytössä selkeää prosessikuvausta valamisesta. Käytännössä kaikki sidosryhmät ovat toimineet erillään tietämättä tarkasti, mitä prosessin muissa vaiheissa on tehty tai tullessaan tekemään.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin aluksi prosessikuvauskaavio, joka otsikoitiin eri vaiheille ja toiminnoille yhteistyössä niiden sidosryhmien kanssa, joille vaiheet kuuluvat. Työssä otsikot avattiin vaihe vaiheelta ja selvitettiin, kuinka prosessi etenee ja mitä otsikoiden vaihekuvaus sisältää käytännössä ja teoriassa. Otsikoinnin avaamisen tarkoitus on saada kaikille prosessiin kuuluville sidosryhmille selkeä kuva, mitä missäkin vaiheessa tullessaan tekemään.</p> <p>Opinnäytetyössä tehdyn prosessikuvausten ja sen sisällön tarkoituksena on toimia työkaluna ja oppaana sekä uusille että nykyisille työntekijöille. Prosessikaavio sisältöineen liitetään Ponsse Oyj:n Confluence -dokumentointi tietokantaan. Tavoitteena on tehdä myös yrityksen muille prosesseille vastaavanlainen kaaviotyökalu, jotta prosesseista saadaan nopeampia ja avoimempia.</p>	
Avainsanat prosessikuvaus, kaavio, valmistusmenetelmä, sidosryhmät, confluence	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jari Ålander			
Title of Thesis Design and approval process for casting products			
Date	7.9.2019	Pages/Appendices	49/15
Supervisor(s) Arto Kaurala, Mikko Nissinen, Pentti Halonen			
Client Organisation /Partners Ponsse Plc			
<p>Abstract</p> <p>Ponsse Plc, which is one of the market leaders in forest machine manufacturing, commissioned the thesis. The company has increasingly started to use casts in the manufacturing processes of products and components. The aim of the thesis was to create a working process description of the casting for Ponsse Plc's planning, procurement and approval before launching them in serial production. When examining the current state, it was found that the company did not have a clear process description of the casting. Practically all stakeholders have acted separately without knowing exactly what has been or will be done in other stages of the process.</p> <p>First, a process description diagram was made and then titled for the different phases and functions in collaboration with the stakeholders that are responsible for each phase. In the thesis, the titles were opened stage by stage and examined how the process progresses and what the stage descriptions of the titles include in practice and in theory. The purpose of opening the main titles was to give a clear picture of what will be done in each stage of the process to all the stakeholders involved in the process.</p> <p>The process description and its contents are designed to serve as a tool and guide for new and existing employees. The process diagram and its contents are appended to the Ponsse Plc's Confluence documentation database. A further aim is to make a similar diagram tool for other processes in the company to make the processes more open and faster.</p>			
<p>Keywords process description, diagram, manufacturing process, stakeholder, Confluence</p>			

## SISÄLTÖ

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 PONSSE OYJ .....	8
2.1 Historia .....	8
2.2 Nykytilanne .....	8
3 VALAMINEN .....	9
3.1 Valamisen tunnusomaisia piirteitä .....	9
3.2 Valumenetelmät.....	10
3.3 Valimoprosessi.....	11
4 PROSESSIKUVAUS .....	13
4.1 Confluence .....	13
5 TARVEKARTOITUS.....	14
5.1 Volyymi ja hinta-arvio .....	14
6 ALUSTAVAN GEOMETRIAN MALLINNUS.....	15
6.1 3D-mallinnus .....	15
6.2 Materiaali .....	15
6.3 Laatuvaatimukset.....	16
7 TOIMITTAJIEN KARTOITUS JA VALINTA.....	17
7.1 Tiedopyyntö .....	18
7.2 RFP.....	18
7.3 Tarjouspyyntö .....	18
7.4 Tarjous .....	18
8 GEOMETRIAN MALLINNUS .....	21
8.1 Jakotaso.....	21
8.2 Päästö/hellitys .....	22
8.3 Pyöristykset.....	23
8.4 Täyttö .....	23
9 GEOMETRISET TOLERANSSIT JA STANDARDIT .....	24
10 REFERENSSIPISTEIDEN MÄÄRITYS.....	25

11 LUJUUSLASKENTA / OPTIMOINTI .....	26
11.1 FEM .....	27
11.2 Topologia optimointi .....	27
12 VALUSIMULOINTI.....	28
13 KOEVALUT JA HYVÄKSYNTÄ.....	29
13.1 Raportointi .....	29
14 POHDINTA.....	30
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	31

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

**3D Three dimensional**

Kolmiulotteinen grafiikka

**CAD Computer aided design**

Tietokoneavusteinen suunnittelu

**DCT Dimensional casting tolerance**

Valukappaleiden mittatoleranssi

**EXTRANET**

Toimittajaportaali (Ponsse Oyj)

**FEA Finite Element Analysis**

Elementtimenetelmällä suoritettu laskenta

**FEM Finite Element Method**

Elementtimenetelmä

**GCTG Geometrical casting tolerance grade**

Valukappaleiden geometrinen toleranssiaste

**IFS Industrial and Financial Systems**

Toiminnanohjausjärjestelmä

**ISO International Organization for Standardization**

Kansainvälinen standardisoimisjärjestö

**NNS Near net shape**

Muodonanto menetelmä

**PDM Product data management**

Tuotetiedon hallinta

**PPM Parts Per Million**

Prosentin ja promillen suhteellinen suhdeyksikkö

**RFI Request for Information**

Tietopyyntö

**RFP Request for Proposal**

Ehdotuspyyntö

**RFQ Request for quotation**

Tarjouspyyntö

**RMA Required machining allowance**

Tarvittava työstövara

**STEP Standard for the Exchange of Product Model Data**

Kansainvälinen standardi hyödyntää tuotetietojen kuvauksia käsite 3D mallien tasolla

## 1 JOHDANTO

Ponsse Oyj:llä on siirrytty vaikeasti hitsattavien ja suuren volyymin omaavien tuotteiden valmistuksessa valutuotteisiin hitsattujen rakenteiden sijaan. Valamisen etuina hitsattuihin rakenteisiin ovat jouhevammat muodot ja valmistettavuus, koska liitoskohtia on vähemmän. Valutuotteen rakenne on myös mahdollistanut tuotteiden koon ja painon pienentymisen sekä mahdollistanut tuotteen sisällä kulkevien rasiuskertymien vähentymisen. Valutuotteet asettavat tiettyjä haasteita muotoilun suhteen, koska valutuote on suunniteltava niin, että sen homogeenisyys säilyy ja tuote on toiminnallisuudeltaan vähintäänkin yhtä hyvä tai parempi kuin hitsattu rakenne. Ponsse Oyj:llä on käytössä pallografiittirautavaluja ja teräsvaluja. Pallografiittirautavaluja käytetään kohteissa missä vaaditaan lujuutta ja sitkeyttä. Esimerkkinä kuormaimen pylvään kääntöpesä, tilitin jalustat, karsimaterät sekä mittapyörän rungot. Hitsaamalla liitettäviin kokoonpanoihin käytetään pääsääntöisesti teräsvaluja. Esimerkkinä nosturin hitsauskokoonpanossa pylvään, puomin, sekä jatkeiden päätykappaleissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on saada Ponsse Oyj:lle yhtenäinen prosessikuvaus, jossa käydään vaiheittain läpi, mitä kaikkea valujen suunnittelutyössä, hankinnassa ja valujen hyväksynnässä pitää ottaa huomioon ja kuinka valutuotetta lähdetään kehittämään ja optimoimaan yhteistyössä valimon ja muiden sidosryhmien kanssa. Opinnäytetyössä tehdään prosessikaavio ja etsitään prosessin eri vaiheet omille sidosryhmätasolle Ponsse Oyj:n omaan confluence tietokantaan. Näiden etsiköiden alle kerätään opinnäytetyössä tarkempaa tietoa kunkin vaiheen yksityiskohdista. Myös Ponsse Oyj:llä jo hyväksi havaittuja menetelmiä ja vaiheita tuodaan esille ja päivitetään ne vastaamaan tämän päivän tarpeita prosesseissa.

Tämä opinnäytetyö on osa Ponsse Oyj:n jatkuvaa tuotekehitystyötä, jonka tavoitteena on vastata metsäkoneille asetettujen teknisten- ja asiakasvaatimusten kasvuun. Aiheen valintaan vaikuttivat sen tarpeellisuus, haasteellisuus ja mahdollisuus oppia uutta, erityisesti valutuotteiden suunnittelusta, hankinnasta ja hyväksyntäprosessista.

## 2 PONSSE OYJ

Ponsse Oyj on tänäpäivänä maailman johtavia metsäkonevalmistajia. Ponsse Oyj on metsäkonevalmistaja, joka on erikoistunut tavaralajimenetelmään perustuvien metsäkoneiden tuotantoon, myyntiin, huoltoon ja tietojärjestelmiin. Tavaralajimenetelmässä rungot katkotaan käyttötarkoitusta varten sopiviin mittoihin jo metsässä. Asiakaslähtöisyys on avainasemassa ohjaamassa toimintaa Ponsse Oyj:llä, jossa otetaan huomioon metsäkoneyrittäjien toiveet ja tarpeet. (Ponsse Oyj 2019.)

### 2.1 Historia

Einari Vidgrenin perusti Ponsse Oy:n metsäkonetehtaan Vieremän kylälle vuonna 1970 tarpeesta saada luotettava ja kestävä metsäkone kovaan puunkorjuu käyttöön. Einari Vidgren valmisti ensimmäisen protokoneen vuonna 1969 mallimerkinnältään Dino. Ensimmäisen sarjavalmistetun metsätraktorin valmistus aloitettiin vuoden 1971 kevätpuolella ja se valmistui syksyllä 1971. Mallisarja sai nimekseen Paz (Kuva 1). Tuotantomäärä ensimmäisen vuosikymmenen aikana olinoi 50 Paz- kuormatraktoria. Ponsse listautui Helsingin pörssiin vuonna 1995. (Ponsse Oyj 2019.)



KUVA 1. Paz-metsäkone savotalla vuonna 1971 (Ponsse Oyj:n kuva-arkisto.)

### 2.2 Nykytilanne

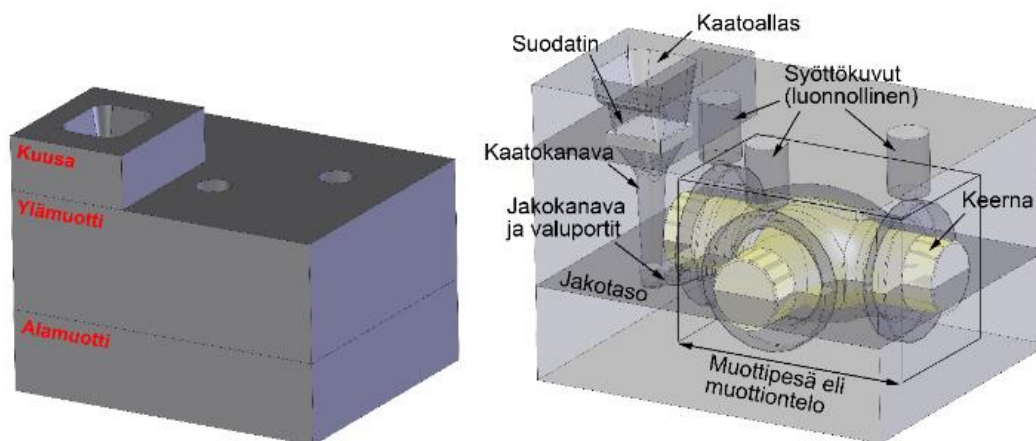
Ponssen kotipaikka on edelleen samalla paikalla kuin perustamisvuonna 1970 Vieremän kylällä. Metsäkoneyrittäjänä aloittanut Einari Vidgrénin perhe on yhä mukana Ponssen jokapäiväisessä toiminnassa. Tänäpäivänä metsäkoneita valmistuu tehtaalta vuodessa noin 1250 kappaletta ja Ponsse Oyj työllistää yli 1700 henkilöä ympäri maailmaa. (Ponsse Oyj 2019.)



### 3 VALAMINEN

Ennen valujen suunnitteluprosessia on hyvä tietää, mitä itse valaminen on. Valaminen itsessään on prosessi, jossa tuotetaan sulasta materiaalista halutunlainen tuote. Valumenetelmiä ja prosesseja on lukuisia ja valmistettava tuote yleensä rajaakin valimoita suunnitteluvaiheessa pois tarjouskyselyistä.

Valaminen on valmistusmenetelmä, jossa muotoa vastaava muottiontelo (kuva 2) täytetään sulalla metallilla ja annetaan jäähmettyä siinä. Näin saadaan halutun muotoinen ja kokoinen valukappale. (Ihalainen ym. 2011, 66.)



KUVA 2. Muotin päärakenneosat ja niiden nimitykset (Meskanen ja Höök 2016, 6.)

Valaminen on niin sanottu NNS (*Near Net Shape*) -valmistusmenetelmä. Valaminen on energiatehokas valmistustapa verrattuna levyjen, putkien ja profiilien tuotannossa ja metalliosien valmistuksessa niistä hitsaamalla, koska energiaa ei enää sulattamisen jälkeen tarvita antamaan kappaleelle sen vaatimia muotoja ja ominaisuuksia. (Meskanen s. a.)

#### 3.1 Valamisen tunnusomaisia piirteitä

Valamisella on seuraavia tunnusomaisia piirteitä, jotka varmistavat sen vankan aseman valmistusmenetelmien joukossa:

- Valaminen on lyhin tie raaka-aineesta valmiiksi tai lähes valmiiksi tuotteeksi.
- Kehitetty valumenetelmiä yksittäis- että sarjatuotantoon.
- Valukappaleen koko asettaa vain vähän rajoituksia valamiselle.
- Muoto asettaa kappaleelle vain vähän rajoituksia.
- Missä rasiukset ovat suurimmillaan, valamalla voidaan saada vahva rakenne sellaisiin kohtiin kappaletta.
- Voidaan saavuttaa erinomaiset mitta- ja muototarkkuusvaatimukset.
- Valetuilla kappaleilla voidaan saavuttaa hyvä värähtelyjen vaimennuskyky.
- Lähes kaikkia metalleja ja metalliseoksia on mahdollista valaa.
- Ainutlaatuiset tribologiset sovellukset ja soveltamismahdollisuudet

- Lähes valmiisiin mittoihin valettu tuote tarvitsee vain vähän jatkojalostusta
- Asennus tarve ja kustannukset vähenevät, kun useita osia ja toimintoja voidaan integroida yhdeksi valukomponentiksi.
- Valumetallien kierrätettävyys on hyvä. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki ja Sihvonen 2011, 66; Meskanen s. a.).

### 3.2 Valumenetelmät

Valumenetelmät voidaan ryhmitellä monin eri tavoin. Hyvin yleisesti käytetty jako perustuu valumuotin käyttökertoihin, joiden perusteella valumenetelmät jaetaan kerta- ja kestopuottimenetelmiin. Kertamuotteja, kuten kuvassa 3 käytetään hiekkavalussa ja valettaessa keraamisiin tai kipsimuotteihin. Yleisimmin käytetyt valumenetelmät perustuvat hiekkavaluun. Muissa menetelmissä sen sijaan käytetään kestopuotteja (kuva 4). (Ihalainen ym. 2011, 76.)



KUVA 3. Hiekkamuotin puoliskot (Reliance foundry 2019.)



KUVA 4. Kestomuotti (Western mold engineering s.a.)

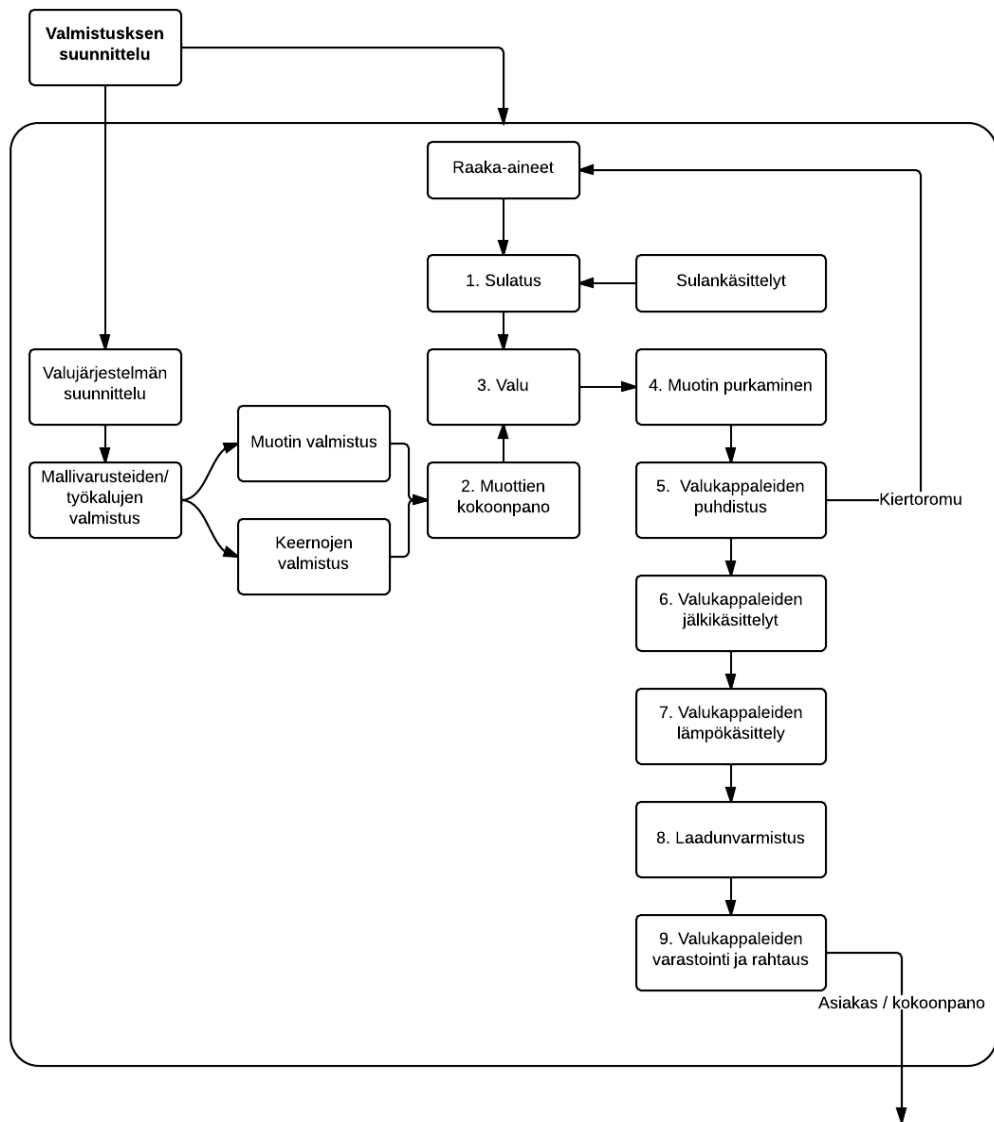
*Oheinen valmistusmenetelmien vertailutaulukko 1 vertaa erilaisia piirteitä toisiinsa valmistusmenetelmään ja kappaleeseen liittyvien ominaisuuksien osalta. Vertailu on ohjeellinen, sillä kappaleen muodolla ja koolla on usein merkittävä vaikutus tehtävään vertailuun. Mitä vähemmän on tähtiä ruudussa, sitä edullisempi, lyhyin, parhain sekä laajin vertailtu piirre on valmistusmenetelmässä. Taulukossa esitetyt kipsivalu, paine-valu ja kokillivalu soveltuvat vain kevytmetallikappaleiden valmistamiseen. (Sacotec 2019.)*

TAULUKKO 1. Valmistusmenetelmien vertailutaulukko (Sacotec 2019.)

		VALMISTUSMENETELMÄÄN LIITTYVÄÄ										KAPPALEESEEN LIITTYVÄÄ					
		Prosessi	Yksikkö-kust. Pieni kpl	Yksikkö-kust. Iso kpl	Yksikkö-kust. proto	Työkalu kust. Sarjavalm.	Työkalu-kust. proto	Toimitus-aika protot	1. sarja protojen jälkeen	R-aine-valikoima	Sarja-koko-skaala	Suunn. Vapaus	Päästö-kulma	Mitta-tarkkuus	Kappale-koko skaala	Pinnan-laatu	Seinä-mä-vahvuus skaala
VALUMENETELMÄT	Kertamuotti	TARKKUUS-VALU	*	**	**	***	EI/*	**	***/*	*	*	**	EI	**	**	**	**
		KUORI-MUOTTI	***	**	****	**	**	***	**	*	**	***	KYLLÄ	**	***	**	**
		HIEKKA-VALU	-	*	**	*	EI/*	**	***	*	**	**	KYLLÄ	****	***	****	***
		KIPSIVALU	**	***	**	*	EI/*	**	**	****	***	**	EI	***	***	**	***
	Kestomuotti	PAINEVALU	*	*	-	****	****	***	****	****	***	****	Kyllä	*	***	*	***
		KOKILLI-VALU	-	**	****	**	**	***	**	****	**	***	KYLLÄ	**	***	***	**
MUUT MENETELMÄT	TAKOMINEN	-	**	-	****	****	****	****	***	**	****	KYLLÄ	***	***	***	***	
	PULVERI-METALL.	*	-	-	****	****	****	*	***	**	***	EI	*	****	*	***	
	KONEISTUS	**	***	**	*	EI/*	**	**	**	**	***	EI	*	*	*	*	
	3D-METAL PRINTTI	***	****	*	EI	EI	*	****	****	****	*	EI	**	****	***	****	
	* = edullisin/lyhyin/parhain/laajin....**** = kallein/pisin/huonoin/suppein....																

### 3.3 Valimoprosessi

On hyvä ymmärtää ennen valmistuslähtöistä suunnittelua, mitä valimossa tapahtuu valimoprosessin aikana. Valimoprosessin aikana suunnitellusta valutuotteesta tuotetaan halutun muotoinen. Tuotteen lopullisen muodon aikaan saamiseksi on useita eri valumenetelmiä. Jokaista menetelmää yhdistää se, että prosessi alussa raaka-aineet sulatetaan ja prosessi päättyy valutuotteiden viimeistelyyn. Prosessiin vaikuttaa valimon koko ja minkä tyyppisiin raaka-aineisiin tai muotinvalmistusmenetelmiin se on erikoistunut. (Honkavaara 2017, 14.) Kuviossa 1 on esitetty yksinkertaistettu kuvaus valimoprosessista.



KUVIO 1. Yksinkertaistettu valimoprosessi (Honkavaara 2017.)

## 4 PROSESSIKUVAUS

Prosessikuvaus päätettiin tehdä Ponsen confluence tietokantaan, koska se sisältää sopivat työkalut ja pohjat prosessikuvaukselle. Prosessikuvaus kaavio sisältää eri toimintojen osastot ja niille kohdenetut prosessit. Kaavion otsakkeet ovat linkkejä, joista avautuu tarkempi kuvaus prosessin toiminoista ja menetelmistä.

Prosessin kehittämisessä prosessikuvaus on tärkeässä osassa. Prosessikuvausten tarve lähtee usein tarpeesta kehittää toimintoja. Prosesseja kuvattaessa tavoite on jatkuva parantaminen, sekä toimintojen selkeyttäminen eri sidosryhmille. (Juhta 2002, 3-4.)

Prosessikuvausten on tuotava toimintaan hyötyjä, sekä olla tarkoituksenmukaisia. On tunnistettava prosessit, jotta voidaan valita ne prosessit, joille kuvausta vaaditaan. Tämän jälkeen päätetään prosessin kuvaustaso ja käyttötarkoitus, sekä laaditaan prosessille perustiedot. (Juhta 2002, 3-4.)

### 4.1 Confluence

Confluence on organisaatiowikiohjelmisto yrityksen sisäiseen projektinhallintaan ja dokumentointiin. Confluence wikiin voi luoda erillaisia työtiloja ja kaaviopohjia, joista tieto on helposti saatavilla. (Ambientia 2019.)

## 5 TARVEKARTOITUS

Valujen suunnittelun alkuvaiheissa on syytä tehdä kattava tarvekartoitus ja miettiä perustelut, miksi tuote kannattaisi valmistaa valamalla. Tarvekartoituksessa selvitetään valamalla valmistettavan tuotteen hyödyt verrattuna muuhun valmistusmenetelmään. Jos esimerkiksi tuotteen valmistettavuus ja laatu paranevat, on perusteltua siirtyä valamalla valmistettavaan tuotteeseen.

### 5.1 Volyymi ja hinta-arvio

Tarvekartoituksessa kiinnitetään huomiota tuotteen menekkiin vuositasolla. Suuren volyymin omaavilla valutuotteilla yleensä hinta on kilpailukykyinen muihin valmistusmenetelmiin verrattuna. Pienen vuosimenekin tuotteilla on harkittava tarkoin, onko järkevää siirtyä muista valmistusmenetelmistä valamalla tehtävään tuotteeseen, koska pienissä valusarjoissa hinta voi yksittäisellä tuotteella korkea. Pienen volyymin tuotteissa on perusteltua siirtyä valamalla valmistettavaan tuotteeseen, jos laatu paranee merkittävästi ja hinta on muilla valmistusmenetelmillä kalliimpaa. Hinta-arvio onkin syytä tehdä heti suunnittelun alkuvaiheessa, koska hinta voi olla ratkaisevassa roolissa siinä, millä valmistusmenetelmällä tuotetta on järkevä valmistaa.

## 6 ALUSTAVAN GEOMETRIAN MALLINNUS

Valujen budjettitarjouskyselyjä varten tehdään alustava 3D-malli CAD ohjelmistolla ja valupiirustus tuotteesta, mistä selviää kappaleen päämitat, paino, haluttu materiaali sekä alustavasti vaaditut tarkastukset sarjatuotannossa ja koevaluissa.

3D-mallinnuksen aluksi tuotteelle avataan nimike. Nimike voi olla yrityksen omaan tietokantaan määriteltä koodi. Nimikekuvaus kannattaa tehdä mahdollisimman paljon lopputuotetta kuvaavaksi sen toiminta ominaisuuksiltaan.

### 6.1 3D-mallinnus

3D-mallinnuksella voidaan eri ohjelmistojen avulla tehdä virtuaalinen malli suunniteltavalle tuotteelle. 3D-mallinnusta käytetään monilla eri toimialoilla, kuten virtuaalitodellisuudessa, videopeleissä, 3D-tulostuksessa, markkinoinnissa, TV- ja elokuvissa, tieteellisessä ja lääketieteellisessä kuvantamisessa ja tietokoneavusteisessa CAD / CAM-suunnittelussa. (Rouse 2016.)

Valujen 3D-mallia suunnitellessa on hyvä määritellä riittävä määrä aputasoja, koordinaatistoja, akseleita sekä pisteitä. Nämä muodostuvat koneistettavien pintojen, päämittojen, sekä määräävien piirteiden mukaan. Sitomalla aputasoihin muotojen piirteet, pysyy 3D-tiedosto ja piirrepuu paremmin hallinnassa ja muuttamalla vain aputasojen paikoituksia voi mittoja tarvittaessa muokata helposti jälkikäteen. (Honkavaara 2014, 37.)

### 6.2 Materiaali

Koska kaikki metallit ovat valettavissa ja erillaisia valumateriaaleja on valtavasti, niin ei ole itsestään selvää mikä on sopivin materiaali suunnitellulle tuotteelle. Koska valumateriaaleja on paljon, niin myös ominaisuuksia on runsaasti. Vaadittavat materiaalin ominaisuudet määrittelevät valettavan tuotteen asettamat vaatimukset käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi jos tuotteelta vaaditaan lujuutta ja sitkeyttä, kulumiskestävyyttä, kuuman ja tulenkestävyyttä tai korroosionkestävyyttä, niin tuotteen vaatimukset määrittävät sopivan materiaalin, mutta rajaa osan käytettävistä valimoprosesseista pois. (Eljaala 2018, 7.)

Haasteelliseksi valumateriaalin valinnasta tekee se, ettei ole yhtä ja ainoaa oikeaa valumateriaalia, joka olisi kustannustehokas ja täyttäisi vaatimukset, jotka tuote määrittelee. Kannattaa olla ajoissa valimoon yhteydessä ja tiedustella materiaalista, joka sopisi tuotteelle ja vastaisi parhaiten tuotteen käyttötarkoitusta. Valimolla voi olla myös omia ulkopuolisia materiaaleja, joita ei ole standardoitu. Kaikki valimot eivät vala kaikkia materiaalseoksia, eikä heillä välttämättä ole käytössä haluttua valumenetelmää. (Honkavaara 2014, 14.)

Yleinen periaate on käyttää valurautoja niissä osissa, joita ei tarvitse hitsata hinnan ja valettavuuden takia. Valuteräsosia käytetään kappaleissa, joita on tarve hitsata. Terästen valettavuus on huomattavasti valurautaa heikompaa. Materiaaleja valittaessa on huomioitava, että materiaalien ominaisuudet vaihtelevat seinämävahvuuden mukaan. Lisäksi valurautastandardissa *SFS-EN 1563. Valut. Pallografiittivaluraudat* on kerrottu myös oikeasta valukappaleesta otettujen näytteiden lujuusarvot, jotka ovat hieman koesauvoja alemmat.

### 6.3 Laatuvaatimukset

Budjettitarjouskyselyyn liitettävään piirustukseen merkitään alustavat laatuvaatimukset. Laatuvaatimukset tulee määritellä mahdollisimman hyvin vastaamaan tuotteen vaatimuksia, mutta vaatimuksia voidaan tarkentaa myöhemmin lopullisissa piirustuksissa. Laatuvaatimukset ovat standardien määrittelemiä, joten omia ei saa keksiä. Tarjouskyselyssä voi tulla valimoilta tarkentavia kyselyjä ja omia toiveita joidenkin laatuvaatimusten täyttymiseksi. Valimojen tarjouksissa on huomioitu laatuvaatimukset, eli jos laatuvaatimukset ovat korkeat on myös hinta korkeampi.



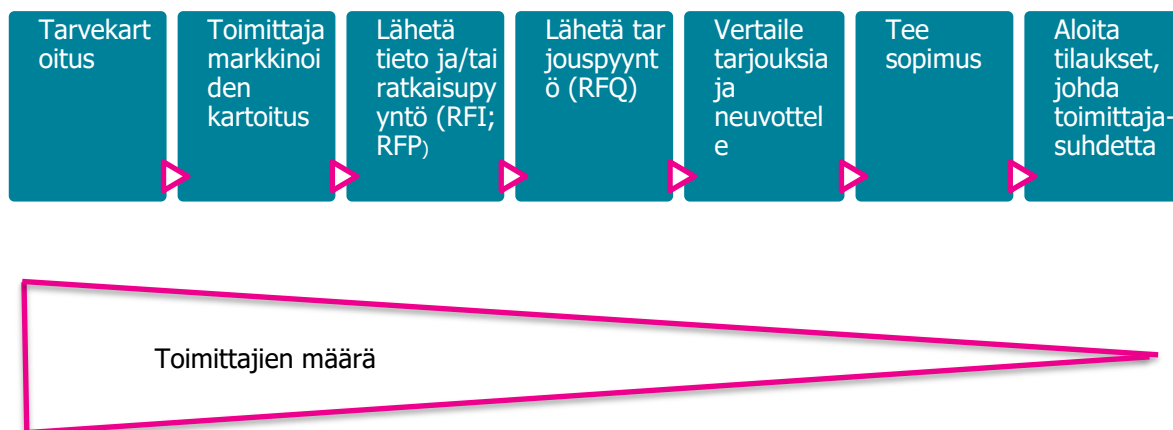
## 7 TOIMITTAJIEN KARTOITUS JA VALINTA

Hankintaprosessin kriittisin vaihe on kartoittaa kysynnän ja tarpeen määrä. Siinä määritellään mitä tarvitaan, missä muodossa, kuinka usein ja miten toimitettuna. Valmistavassa yrityksessä, suorien hankintojen tarvekartoitus on suhteellisen helppo määrittää, koska komponenttien ja raaka-aineiden tarve liittyy suoraan valmistukseen ja tuotteisiin. (Logistiikanmaailma 2019.)

Toimittajamarkkinoita voi kartoittaa esimerkiksi alan messutapahtumissa ja seminaareissa, myös internet on hyvä työkalu kartoitukseen. Toimittajien kartoituksen keskeisiä seikkoja ovat tarjonta, keskinäinen vertailu, kilpailutilanne toimittajien kesken, laajuus ja rajoitteet tarjonnalle sekä markkinaja-kauma toimittajien kesken. (Logistiikanmaailma 2019.)

Hankintaprosessissa on varmistettava, että hankintojen suorittaminen on systemaattista ja hankintaprosessi huomioi kohdeyrityksen kokonaisedun. Vaiheet hankintaprosessissa ovat kaikille hankittaville tuotteille ja tuoteryhmille samat, mutta tuoteryhmien ja hankintakategoriakohtaisten ominaispiirteiden perustella eri vaiheiden yksityiskohtainen sisältö vaihtelee. (van Weele 2010, 29.)

*Hankintaprosessi on systemaattinen tapa lähestyä toimittajamarkkinoita, joka tähtää siihen, että yritykselle valitaan mahdollisimman sopiva toimittaja tai toimittajat yrityksen tarvitsemien tuotteiden, raaka-aineiden, komponenttien, osa-kokoonpanojen ja palveluiden osalta. Hankintaprosessiin kuuluu useita eri vaiheita, kuten tarpeen kartoitus, tietopyyntö ja tarjouspyyntö, tarjousten vertailu ja analysointi sekä neuvottelu (Kuvio 2; Logistiikanmaailma 2019.)*



KUVIO 2. Hankintaprosessi (Ålander 2019.)

## 7.1 Tiedopyyntö

RFI tiedopyyntö lähetetään valituille potentiaalisille toimittajille kartoituksen perusteella ja se pohjautuu toimittajavalintakriteereihin, joita on pohdittu etukäteen. Tietopyyntö voi sisältää asioita tarjottavista tuotteista, laatu-, ympäristö- ja erillaiset ISO-sertifioinnit sekä asiakasreferenssit. Tietopyynnöllä voi myös kysyä esimerkiksi toiminnan laajuudesta, toimitusketjusta, taloudellisesta tilanteesta, tuotekehityksen toiminnasta sekä henkilöstön koulutustasosta. (Logistiikanmaailma 2019.)

## 7.2 RFP

RFP ei sisällä hintatiedustelua, vaan se on tiedon ja ideoinnin hakua. Valituilta toimittajilta pyydetään ideoita ja ehdotuksia, miten tuotekokonaisuus tai palvelu olisi parhaimmin toteutettavissa. Toimittajilta saatujen ehdotuksien perusteella voidaan kehittää tarjouspyyntöä ja tarvemäärittelyä. RFP myös paljastaa sen, ketkä toimittajista olisivat kyvykkäimpiä ja halukkaimpia tuottamaan tarvittavaa tuotetta tai palvelua. (Logistiikanmaailma 2019.)

## 7.3 Tarjouspyyntö

Tarjouspyyntö lähetetään niille toimittajille, jotka eivät karsiutuneet edeltävissä vaiheissa pois kilpailusta. Tarkka kuvaus halutun tuotteen- tai palvelun sisällöstä tarjouspyynnössä helpottaa toimittajien tarjouksien tekemistä ja myöhempiä neuvotteluja. Tarjouspyyntöön liitetään usein myös tiedoksi ja hyväksyttäväksi yrityksen omat ostoehdot. Tarjouspyyntöön tehdään myös rajoituksia. Tiukasti rajatulla tarjouspyynnöllä jätetään toimittajille vain vähän liikkumavaraa, jolloin tarjousten vertaileminen on helpompaa. Tiukalla rajoituksella saadaan rajattua myös toimittajien määrää kilpailussa. Jos tarjouspyyntö on liian löysä, voi tulla paljon erillaisia tarjouksia mikä voi hankaloittaa vertailua. (Logistiikanmaailma 2019.)

## 7.4 Tarjous

Tarjouksessa tulee esittää tarkat kaupan ehdot, hinta, toimitusaika, maksuehdot, toimituslausekkeet, sopimuksen voimassaoloaika, tuotetiedot sekä vastaukset tarjouspyynnössä esitettyihin kysymyksiin. Mahdolliset näytteet, referenssit ja esitteet voi lisätä liitteeksi. Toimittajat laativat tarjouksen yleensä niin, että se täyttää ostajan määrittelemät minimivaatimukset esimerkiksi laadulle. Ostajan tulee huomioida hankitaoimessaan, ettei tavoitteena ole paras vaan riittävä laatu. (Logistiikanmaailma 2019.)

### 7.4.1 Tarjousten vertailu ja neuvottelu

Taulukossa 2 on valintakriteereitä, joita on perinteisesti pidetty valitakriteereinä tarjousten vertailussa. Nämä soveltuvat vain kaikkein yksinkertaisimpien tuotteiden hankintaan. Laatu ja sen tekijät eivät riitä enää valinnan kriteereiksi nykyaikaisessa hankinnassa. On tärkeää myös selvittää koko-

naiskustannukset hankinnalle ja toimituksille, joihin vaikuttavat hinnan lisäksi rahtimaksut, valuuttakurssit, tullimaksut, takuut, käyttöönottokustannukset, varastot, laadun tarkastukset sekä maksu- ja toimitusehdot. (Logistiikanmaailma 2019.)

TAULUKKO 2. Hankinna valintakriteerit (Logistiikanmaailma 2019.)

Valintakriteeri	Painoarvo	Yritys A	Yritys B	Yritys C
Hinta	50	38	40	45
Toimitusaika	30	28	25	30
Laatu	20	20	18	17
Yhteensä	100	86	83	92

## 7.5 Tilaus

Tilauksessa ilmenee tuotteen tai palvelun toimituksen tarkat vaatimukset. Tilauksen sisällöstä ilmenee tilausnumero, hinta, maksuehdot, määrä, toimitusaika, tuote- tai palvelukuvaus, toimituslauseke sekä laskutus- ja toimitusosoite. Tilauksen saatuaan, toimittaja lähettää usein tilausvahvistuksen ostajalle. On tärkeää, että tilaustiedot ovat tarkat, koska tietoja tarvitaan logistisessa prosessissa, kuten tuotteen vastaanotossa. Jos tuotteessa havaitaan virheitä tai puutteita vastaanotossa, on syytä reklamoida välittömästi toimittajaa ja sopia yhteistyössä jatkotoimenpiteistä. (Logistiikanmaailma 2019.)

## 7.6 Toimittajasuhteiden johtaminen

Teollisuusyrityksillä on yleensä useita toimittajia. Vain pieni osa näistä on yrityksen liiketoiminnalle merkittäviä. Noin 20 % kaikista yrityksen toimittajista vastaa noin 80 % yrityksen spendista eli rahasta, jota tavaroiden ja palveluiden hankintaan kulutetaan. Yrityksen kannalta on hyvä luokitella toimittajat arviointikriteeristön mukaan, joihin voi kuulua muun muassa toimittajan yritykselle toimitamien tavaroiden, raaka-aineiden ja palveluiden vuotuinen spendi (toimitusmäärä x hinta). (Logistiikanmaailma 2019.)

*Kun toimittajat arvioidaan jonkun yhteisesti sovitun kriteeristön mukaan, saadaan käsitetyt, ketkä toimittajista ovat ostavan yrityksen näkökulmasta kumppanitoimittajia, avaintoimittajia, ensisijaisia toimittajia, hyväksytyjä toimittajia tai satunnaisia toimittajia. Nimikkeet voivat vaihdella yrityksestä riippuen, englanniksi puhutaan avaintoimittajista "key supplier" nimikkeellä, kun taas ensisijainen toimittaja on "preferred supplier", kumppaniin viitataan yleensä termillä "partner". (Logistiikanmaailma 2019.)*

Nyrkkisääntönä toimittajasuhteiden johtamiselle on se, ettei kannata investoida liikaa aikaa ja rahaa satunnaisiin tai hyväksytyjen toimittajien johtamiseen. Partneri- ja avaintoimittajia pitää ja kannattaa johtaa huolellisesti ja systemaattisesti, koska heidän kanssaan voidaan olla tekemisissä päivittäin. (Logistiikanmaailma 2019.)

Suorituskyvyn arviointi on tärkeä osa toimittajasuhteen johtamista. Säännölliseen arviointiin kuuluu muun muassa toimitusvarmuuden, laatuasioiden sekä varastotasojen läpikäynti. Yritykset voivat yhteistyössä luoda omia mittareita mittaamaan esimerkiksi läpimenoaikaa ja varastonarvoa. Mitattavia ja seurattavia asioita voivat olla myös yhteiset ideat ja innovaatiot, joihin on syytä kiinnittää huomiota toimittajasuhteiden johtamisessa. Liiketoiminnan ympäristövaikutukset ja vastuullisuus ovat asioita, joihin yritykset yhä useammin nykyään kiinnittävät huomiota. (Logistiikanmaailma 2019.)

Toimitusvarmuus voidaan laskea seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Toimitusvarmuus} = \frac{L}{K} * 100$$

L= ajoissa toimitetut tilaukset

K= kaikki jakson aikana olleet tilaukset

Toimittajien laadun suorituskyky (PPM) voidaan laskea kaavalla:

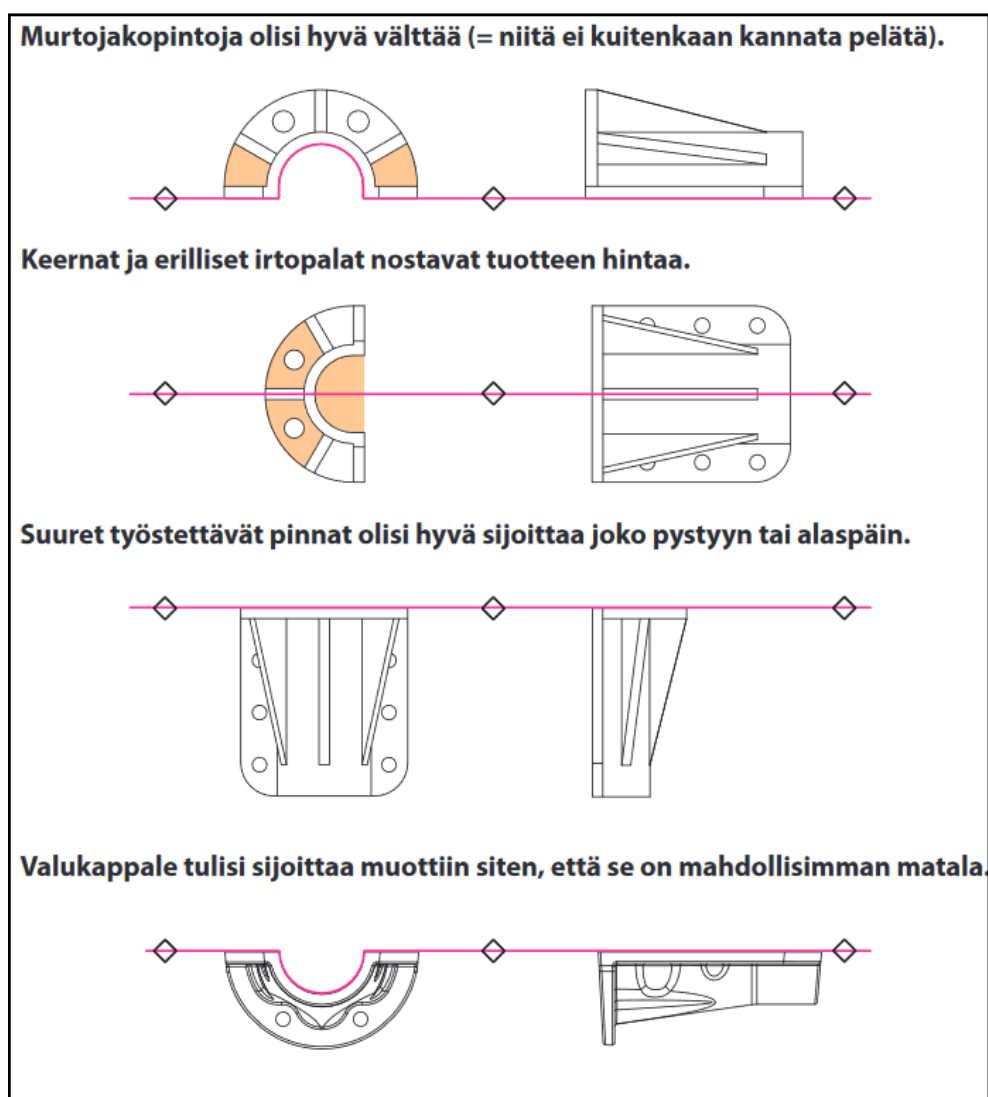
$$\text{Laadun PPM} = \frac{\text{Poikkeamien kokonaismäärä}}{\text{Toimitetut kappaleet}} * 1000000$$

## 8 GEOMETRIAN MALLINNUKSEEN

Tuotteen lopullisen geometrian mallinnus tehdään 3D CAD ohjelmistolla yhteistyössä valitun valimon kanssa. Mallinnuksessa tehdään lopullinen muotoilu kappaleelle ja lisätään jakotasot, hellitykset, pyöristykset, työvarat mahdollisille koneistuksille ja syötöt. Tuotteen mallinnuksen apuna voidaan käyttää myös topologia optimointi ohjelmistoja. Kun tuote on saanut lopullisen muotonsa, valimon insinöörit tekevät tarvittavat valusimuloinnit.

### 8.1 Jakotaso

Lopullisessa mallinnuksessa perustana toimii jakotaso (kuva 8), joka myös määrittelee valuasennon tuotteelle. Jakotaso on muottipuoliskojen välinen kosketuspinta. Jakotasosta jää valutuotteeseen pysyvä muoto, joten sen sijoittelulla voi olla merkitystä kappaleen ulkomuotoihin. Ihanteellisin jakotasomuoto kustannuksiltaan ja valmistettavuudeltaan olisi suora jakopinta, mutta joissakin tapauksissa joudutaan käyttämään murtojakopintoja, jotka ovat valmistettavuudeltaan kalliimpia toteuttaa. (Honkavaara 2014, 38.)



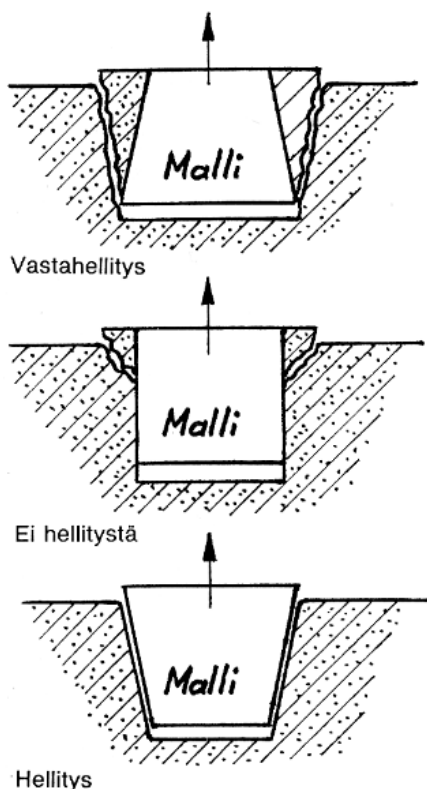
KUVA 8. Esimerkkejä jakotasoille ja valuasennoille (Honkavaara 2019.)

## 8.2 Päästö/hellitys

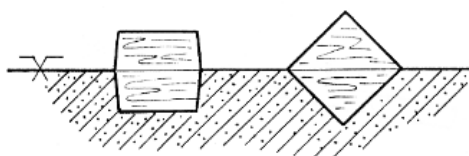
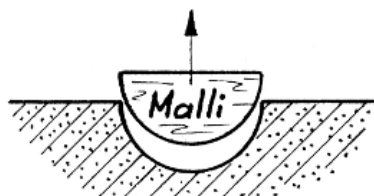
Kun jakotaso ja valuasento on sovittu valmistavan valimon kanssa, tuotteeseen lisätään hellitykset. Hellitykset kannattaa suunnitella yhteistyössä valimon kanssa. Hellityksille on olemassa standardit eri valumenetelmille ja esimerkiksi hiekkavaluille on standardi *SFS-EN 12890 Valut. Valumallit, mallivaruusteet ja keernalaatikot hiekkamuottien ja keernojen valmistamista varten*. Liitteessä 5 on tämän standardin määritykset hellityksille.

Päästöllä, jota myös kutsutaan hellitykseksi, tarkoitetaan pystysuorien pintojen kaltevuutta jakotsoon nähden. Hellitykset sijoitellaan siten, että ne ovat yhdensuuntaisia irroitussuunnan kanssa. Hellitykset vaikuttavat valukappaleen mittoihin joko suurentamalla tai pienentämällä sitä, joten suunnittelussa nämä vaikutukset tulee ottaa huomioon. (Niemi 2010, 1.)

Kuvissa 9 ja 10 on esimerkkejä vasta – ja luonnollisista hellityksistä. Vastahellityksessä joudutaan muotti rikkomaan ennen kuin kappale saadaan irroitettu. Luonnollisissa hellityksissä kappaleen muoto on sellainen, ettei hellityksiä tarvitse erikseen mallintaa esimerkiksi lieriöt ovat sellaisia, tai kappaleen valuasento saadaan määriteltyä niin, ettei hellityksiä tarvita. (Niemi 2010, 1.)



KUVA 9. Hellitykset (Niemi & Keskinen 2015.)



KUVA 10. Luonnolliset hellitykset (Niemi & Keskinen 2015.)

### 8.3 Pyöritykset

Mallinnuksen viimeisimpiä vaiheita ovat pyörityksien lisääminen 3D malliin. Pyörityksillä saadaan kappaleeseen jouhevat muodot ja tasaisempi valun jähmettyminen. Terävien kulmien pyöristäminen ehkäisee niissä jännityshuippuja, jotka voivat aiheuttaa murtumia ja halkeilua. Mahdollisuuksien mukaan pyöritykset kannattaa suunnitella samankokoisiksi ja mahdollisimman suuriksi, mikäli tuotteen sallii. (Honkavaara 2014, 46.)

### 8.4 Täyttö

Jottei ilmataskuja synny ja kaikki kanavat täyttyvät, on sulan metallin virrattava sopivalla nopeudella pyörteettömästi täyttöjärjestelmän kaikissa kohdissa. Täyttöjärjestelmä on muotoiltava ja mitoitettava valitun valutavan, valumateriaalin ja määriteltyjen laatuvaatimusten mukaisesti. Oikein suunniteltu täyttöjärjestelmä virtausopillisesti ja valuaika ovat suunnittelun perusteina, jotta määritelty valuaika ja laatu saavutettaisiin. Täyttökupu on oltava helposti poistettavissa kappaleesta joko hiomalla tai koneistamalla. (Niemi 2010, 2-3.)

Nykyään täyttöjen paikat määritellään yhteistyössä valimon kanssa. Simulointi ohjelmistoilla voi tarkkaan määritellä täyttöjen optimaalisimmat paikat valukappaleissa. Ohjelmistoilla voi myös tarkastella sulan etenemistä muotissa tietyllä hetkellä ja havaita mahdolliset ilmataskut.

## 9 GEOMETRISET TOLERANSSIT JA STANDARDIT

Valutoleransseilla määritellään mitta-alue, jonka sisälle mittamuutokset mahtuvat kappaleessa. Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon toleranssit ja työvarat, koska niillä on vaikutusta määriin mittoihin kappaleessa. Valutapahtumassa kappale pyrkii kutistumaan jäähtyessään, joten mittamuutokset on hyvä ennakoida jo suunnitteluvaiheessa valitsemalla riittävän väljä yleistoleranssi kappaleelle ja merkitä eromitat niille mitoille, joissa vaaditaan erityistä mittatarkkuutta. (Honkavaara 2014, 42.)

Jos suunnittelussa ei oteta huomioon toleransseja ja työvaroja, on koneistusvaiheessa riskinä, että kappaletta koneistetaan liikaa toleranssin ylärajalta ja liian vähän toleranssin alarajalta. Tällöin kappaleiden susitus riski on suuri. Työvarojen ja toleranssien mitoituksessa on myös huomioitava kappaleen pyöritykset ja hellitykset ja niiden vaikutukset. (Honkavaara 2014, 42.)

Liitteessä 6-8 on standardin *SFS-EN ISO 8062-3 +AC* yleistoleranssit valukappaleille. Standardi määrittellee valukappaleille pituus – ja seinämävahvuus toleranssit DCT ja geometriset toleranssiasteet GCTG. Standardi myös määrittelee valukappaleille työstövarat RMA.



## 10 REFERENSSIPISTEIDEN MÄÄRITYS

Referenssielementtien valinta perustuu useimmiten osan kiinnitykseen tai osan ohjaukseen valmistusprosessissa. Käytännössä usein myös jo tuotannossa olevien osien vastaavat referenssipistejärjestelmät ja niiden valmistuksessa käytettävä valmistusprosessit. Referenssipisteet määrittelevät pitkälle minkälaista menetelmää valmistusprosessissa tulee käyttää. Tämän perusteella tuotannon menetelmäsuunnittelu on tärkeä sidosryhmä.

Kaikki edellämainitut toimenpiteet suoritetaan samoista määritellyistä pisteistä. Kun mitataan ja kiinnitetään kappale määritellyistä pisteistä, on se yksiselitteinen ja virheet saadaan helpommin selville.

## 11 LUJUUSLASKENTA / OPTIMOINTI

Lujuusoppi ja lujuuslaskenta ovat jatkuvan aineen mekaniikkaan kuuluva fysiikan ala, jotka tutkivat kiinteiden kappaleiden käyttäytymistä ulkoisten ja sisäisten kuormien vaikuttaessa niihin. Lujuuslaskennalla saadaan varmistuksia tuotteiden toiminnallisuuteen ja turvallisuuteen, sekä voidaan optimoida tuotteiden valmistuskustannuksia. Yleisimpiä laskentakohteita ovat kantavat rakenteet, liikkuvat koneet ja koneenosat, painelaitteet, sekä muovi- ja komposiittirakenteet. Paikalliset vaatimukset ja säädökset on otettava huomioon lujuuslaskennassa. Lujuuslaskennalla voidaan välttyä parhaassa tapauksessa useiden prototyyppien valmistamiselta ja testaamiselta, jotka lisäävät kustannuksia ja ovat aikaa vievää. (Enmac 2019.)

## 11.1 FEM

FEM elementtimenetelmä on väline, jolla ratkaistaan jonkin kenttäsuureen (*field quantity*) numeerinen arvo, kuten siirtymä, jännitys, lämpötila, virtaustila jne. Elementtimenetelmä on alun perin lähinnä insinöörien kehittämä työväline siirtymien ja jännitysten laskentaan mekaniikassa. Tyypillisesti haetaan korkeinta arvoa jollekin suurelle tai suureen gradientille. Välineellä saadaan vain numeerinen ratkaisu määrätyle mallille, ei yleistä ratkaisua joka pätsi yleisesti jollekin ongelmatyypille. Ratkaisu on aina approksimatiivinen.

FEM elementtimenetelmä voidaan karkeasti kuvata mallintamistekniikaksi, joka leikkaa rakenteen useisiin äärellisiin elementteihin. Yksittäisten elementtien käyttäytyminen kuvataan yksinkertaisilla matemaattisilla malleilla, esim. oletetaan vakiovenymä yhden elementin alueella ja muodostetaan siitä algebrallinen yhtälö. Yksittäiset elementit kytketään sitten toisiinsa solmuilla (*nodes*) verkoksi (*mesh*) elementtejä. Tuloksena saadaan algebrallisten yhtälöiden joukko, josta ratkaistaan tuntemattomat suureet. Yhtälöiden lukumäärä nousee varsin suureksi pienilläkin malleilla, joten tietokoneen käyttö on pakollista.

FEM elementtimenetelmän suurin vahvuus on sen monipuolisuus. Tutkittavalla rakenteella voi olla mielivaltaisen muoto, sekä mielivaltaiset tuennat ja kuormitukset. Menetelmän soveltajan näkökulmasta nämä muodostetaan esikäsitteilyllä, joka on tyypillisesti CAD ohjelmisto. Elementtimenetelmällä mallia ratkaistaessa tarvitaan matriisilaskentaa, numeerista integrointia, yhtälöiden ratkaisua ym., joka tehdään esikäsitteilyssä annettujen parametrien ohjaamana ratkaisijassa. Jälkikäsitteilyssä tehdään tulosten listaukset ja graafiset kuvaukset.

## 11.2 Topologia optimointi

Topologia optimointi on tunnetumpi 3D tulostuksen osa-alueena suunnittelussa, mutta tätä voidaan hyödyntää myös valettavissa ja myös jopa hitsattavissa tuotteissa. Optimoinnilla tarkoitetaan sitä, että suunniteltu tuote optimoidaan materiaalin määrän ja muotojen osalta niin, että kuitenkin suunnitellut päämitat, toimintaperiaate ja lujuus säilyvät tai jopa paranevat. Optimoimalla tuote voidaan saada merkittäviä etuja painon ja hinnan suhteen. (Hietikko & Urpilainen 2016, 4-8.)

## 12 VALUSIMULOINTI

Valusimulointiohjelmistoilla pyritään pääsemään vanhoista perinteisistä menetelmistä eroon, jossa valumenetelmää joudutaan hienosäätämään valmistamalla ensin koevalut tuotteesta ja tekemällä vaaditut tarkistukset. Jos tarkistuksessa ilmenee virheitä ja puutteita tai tuote ei vastaa asiakkaan laatuvaatimuksia, tehdään tarvittavat muutokset ja valetaan uusi koesarja. Tämä menetelmä on kuitenkin hyvin kallista ja aikaa vievää.

Valusimuloinnissa saadaan erillaisten valusimulaatio-ohjelmistojen avulla informaatiota valujen jokaisesta kohdasta, mikä muilla keinoin on kallista, erittäin vaikeaa tai jopa mahdotonta. Simuloinnilla saadaan esille mahdolliset virhepaikat, kuten erityyppisiä huokoisuuksia, pintaoksideja, mukana olevaa ilmaa ja romahtaneita kuplia, lämpörasituksia ja muodonmuutoksia.

## 13 KOEVALUT JA HYVÄKSYNTÄ

Valutuotteet tarkastetaan valimossa asiakkaan tilauksessa esitettyjen vaatimuksien mukaisesti. Vähimmäisvaatimuksena usein esitetään, että valutuotteen on vastattava mitoiltaan ja muodoiltaan piirustuksissa määrättyjä toleransseja. Tuotantomenetelmät on otettava huomioon valutuotteessa, esimerkiksi onko kyseessä kestopuotti, hiekkamuotti vai keraaminen muotti, koska CT- toleranssi-vaatimukset poikkeavat eri tuotantomenetelmillä.

Valutuotteen materiaalin on vastattava standardissa tai muussa erittelyssä annettuja arvoja kemiallisen analyysin ja mekaanisten ominaisuuksien osalta. Valuraudoilta useinmiten vaaditaan lisäksi, että valumateriaalin mikrorakenne vastaa standardissa annettuja arvoja. Näiden toteutumisen välineenä tarvitaan käsittelyjä, joko prosessissa tai sen lisäksi. Näillä on vaikutusta toimitusaikaan, kustannuksiin ja valmistusprosessiin.

Valimo tekee tarkistukset vaatimuksien mukaisesti ja tekee niistä mittausraportit, jotka liitetään PDM järjestelmään mallin ja piirustuksen liitteeksi. Jos tuotteeseen tehdään muutoksia, on tarkistukset tehtävä uudelleen niiltä osin mitkä suunnittelija määrittelee.

### 13.1 Raportointi

Valutoimittaja tekee raportin kaikista mittauksista ja tarkistuksista. Raportista tulee ilmetä mittauslaitteisto, mittaustulokset, mittaaja ja materiaalianalyysi sekä muut vaaditut tarkistukset ja tarkistusten menetelmät.

- Mitat (3D- kuvaus)
- Pinnanlaatu (Scrata/BNIF, VD)
- Sisäiset virheet (NDT- tarkastukset: DRT, UT, MT)
- Materiaali (Sula-analyysi, rakenne, vetosauvat, kovuus)

## 14 POHDINTA

Ennen opinnäytetyön aloittamista tein nykytilatutkimuksen, jossa selvisi, ettei yrityksellä ole käytössä selkeää prosessikuvausta valujen suunnitteluprosessiin. Opinnäytetyön aluksi piti tiedostaa, mitä toimintojen osa-alueita prosessikuvaukseen vaaditaan. Haastatteluissa ja palaverissa sain muodostettua prosessikaavion otsikkotasolle yrityksen confluence tietokantaan, josta se on helposti kaikkien prosessin sidosryhmien saatavilla.

Opinnäytetyössä keräsin otsikoiden alle selventäviä kuvauksia eri vaiheista prosessissa. Tietoa oli suhteellisen hyvin saatavilla, mutta sen tiedon suodattaminen kaikkien aineistojen seasta, joka palvelisi Ponsse Oyj:tä parhaiten oli haastavaa. Aineistoja tutkimalla huomasin eron teorian ja käytännön välillä. Ponsse Oyj:llä on kuitenkin vakiintuneita toimintamalleja ja niitä ei haluttu lähteä muuttamaan. Näin ollen tietyissä asioissa piti haastatella yrityksen omia asiantuntijoita, jotta yritykselle tarpeellinen ja oikea asia saatiin työhön mukaan. Koska prosessikuvauksen on tarkoitus toimia oppaana uusille ja nykyisille työntekijöille, pidin otsikoinnin alle tulevan tietomateriaalin mahdollisimman selkeänä ja ymmärrettävänä lukijalle.

Tavoitteena olisi, että Ponsse Oyj:llä laajennettaisiin prosessikuvauksia ja kaavioita muillekin osa-alueille, jotta saataisiin yhtenäinen toiminta yrityksen sisälle. Näin varmistettaisiin prosessien sujuva läpimeno, sekä avoimuus. Lisäksi kaavioihin voisi lisätä henkilötietoja eri prosessin vaiheille, jotta epäselvissä tilanteissa olisi heti saatavilla yhteyshenkilö, joka voisi selvittää asiaa.

Myös tiedottamista tulisi lisätä prosessien aikana. Esimerkiksi tarjouskyselystä tulleista tarjouksista olisi hyvä myös tiedottaa tuotteen suunnittelijaa, koska suunnittelija omalla työllään voi vielä vaikuttaa tuotteen kustannuksiin merkittävästi lopullisessa suunnittelussa.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AMBIENTIA GROUP Oy 2019. Confluence [verkkajulkaisu]. Ambientia.fi [viitattu 2019-07-05.] Saatavissa: <https://www.ambientia.fi/palvelut/confluence/>

ELJAALA, Markku 2018. Valusuunnittelun parhaat käytännöt [verkkajulkaisu]. Docplayer.fi [viitattu 2019-05-21.] Saatavissa: <https://docplayer.fi/104976780-Valusuunnittelun-parhaat-kaytannot.html>

ENMAC 2019. Lujuuslaskenta [Verkkajulkaisu]. Enmac. [Viitattu 2019-08-15.] Saatavissa: <https://enmac.fi/fi/lujuuslaskenta/>

HONKAVAARA, Tapani 2017. Valutuotteiden valmistuslähtöinen suunnittelu tuotesuunnittelijan näkökulmasta [verkkajulkaisu]. Aalto-yliopisto [viitattu 2019-05-18.] Saatavissa: <https://aalto-doc.aalto.fi/handle/123456789/29018>

HONKAVAARA, Tapani 2014. Valutuotteiden suunnitteluopas [verkkajulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-05-14.] Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/valutuotteiden\\_suunnitteluopas.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/valutuotteiden_suunnitteluopas.pdf)

HIETIKKO, Esa, URPIAINEN, Arto 2016. Topologian optimointi ohjelmistovertailu [verkkajulkaisu]. Savonia.fi [viitattu 2019-07-09.] Saatavissa: [https://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/tki\\_ja\\_palvelut/julkaisut/topologiaohjelmistovertailu.pdf](https://portal.savonia.fi/amk/sites/default/files/pdf/tki_ja_palvelut/julkaisut/topologiaohjelmistovertailu.pdf)

IHALAINEN, Erkki, AALTONEN, Kalevi, AROMÄKI, Mauri ja SIHVONEN, Pentti 1985. Valmistustekniikka. 14. painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

JUHTA 2002. Prosessin kuvaaminen [verkkodokumentti]. JHS 152. [Viitattu 2019-08-25.] Saatavissa: [docs.jhs-suositukset.fi > jhs-suositukset > JHS152 > JHS152](https://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS152/JHS152)

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Hankintaprosessi [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-21.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tarjous [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tarjous/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tarjouspyyntö [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tarjouspyynto/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tarjousten vertailu ja neuvottelu [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tarjousten-vertailu-ja-neuvottelu/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tarvekartoitus [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tarvekartoitus/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tietopyyntö [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tietopyynto/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Tilaus [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/tilaus/>

LOGISTIIKANMAAILMA 2019. Toimittajamarkkinat [verkkodokumentti]. Logistiikanmaailma. [Viitattu 2019-05-26.] Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/toimittajamarkkinat/>

MESKANEN, Seija s. a. Valimotekniikan perusteet [verkkajulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-05-18.] Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp\\_johd\\_johdanto.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_johd_johdanto.pdf)

MESKANEN, Seija, HÖÖK, Tuula 2016. Valimotekniikan perusteet [verkkajulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-05-25.] Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp\\_menet\\_kertamuotti.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_menet_kertamuotti.pdf)

NIEMI, Pekka 2010. Päästö [verkkójulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-07-10.] Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN\\_valunsuunnittelu\\_08.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN_valunsuunnittelu_08.pdf)

NIEMI, Pekka 2010. Muotin valujärjestelmä [verkkójulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-08-14.] Saatavissa: <https://docplayer.fi/42955045-19-muotin-valujarjestelma.html>

NIEMI, Pekka, KESKINEN, Raimo 2015. Hellitys [verkkójulkaisu]. Valuatlas.fi [viitattu 2019-07-10.] Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN\\_muotinvalmistustekniikka\\_5.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/PN_muotinvalmistustekniikka_5.pdf)

PONSSE OYJ 2019. Yrityksen www -sivu. [Viitattu 2019-05-12.] Saatavissa: <https://www.ponsse.com/fi/yhtio/ponsse#/>

PONSSE OYJ 2019. Yrityksen www -sivu. [Viitattu 2019-05-12.] Saatavissa: <https://www.ponsse.com/fi/yritys/historia/1970-luku#/>

RELIANCE FOUNDRY 2019. What is Sand Casting? [Verkkójulkaisu]. Reliance-foundry.com [viitattu 2019-05-22.] Saatavissa: <https://www.reliance-foundry.com/blog/sand-casting#gref>

ROUSE, Margaret 2016. 3D modeling [verkkójulkaisu]. Whatis.com [viitattu 2019-05-23.] Saatavissa: <https://whatis.techtarget.com/definition/3D-modeling>

SACOTEC COMPONENTS OY 2019. Valmistusmenetelmien vertailutaulukko [verkkójulkaisu]. Sacotec.fi [viitattu 2019-05-22.] Saatavissa: <http://www.sacotec.fi/teraksen-valmistusmenetelmia/>

van Weele, Arjan 2010. Purchasing and Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice. 5. painos. UK: Thomson.

SFS-EN ISO 12890 2000. Valut. Valumallit, mallivarusteet ja keernalaatikat hiekkamuottien ja keernojen valmistamista varten. Vahvistettu 2000-08-21. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

WESTERN MOLD ENGINEERING s.a. Permanent mold [verkkójulkaisu]. Westernmoldengineering.com [viitattu 2019-05-22.] Saatavissa: <http://www.westernmoldengineering.com/permanent-mold>