



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**ESKO AURA**  
**TEHOELEKTRONIKKALAITTEEN TUOTTEISTAMINEN**  
Diplomityö

Tarkastaja: professori Teuvo Suntio  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
automaatio-, kone ja  
materiaalitekniikan  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa  
3.10.2012.

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

**AURA, ESKO:** Taajuusmuuttajan välipiirin virkistyslaitteen tuotteistaminen

Diplomityö, 57 sivua, 0 liitesivua

Joulukuu 2012

Pääaine: Tehoelektroniikka

Tarkastaja: professori Teuvo Suntio

Avainsanat: Tuotteistaminen, elektrolyyttikondensaattori, taajuusmuuttaja, tuotekehitysprosessi

Tämä diplomityö on tehty Etteplan Design Center Oy:lle Hyvinkäällä. Työssä tutkittiin jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan elektrolyyttikondensaattoreiden virkistyslaitteen tuotteistamista.

Tutkimuksen aineistona käytettiin yrityksen työntekijöiden kokemuksia eri projekteista sekä yhdisteltiin usean eri toimipisteen käytäntöjä uudella tavalla. Tiedon keräämisessä käytettiin työntekijöiden haastatteluja ja aikaisempien projektien yhteydessä syntynyttä aineistoa.

Tuotteistaminen käsittää kaikki toimenpiteet, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja markkinoille tuomiseen. Siihen kuuluu esimerkiksi laadunhallinta, dokumentointisuunnitelma, työmenetelmät ja tuotekuvaukset. Suurin osa tuotteen elinkaaren kustannuksista syntyy suunnitteluvaiheessa, minkä vuoksi sen mahdollisimman tehokkaalla toiminnalla voidaan pienentää tuotekehityksen kustannuksia.

Tuotteen tuotekehitysprosessi käsittää suuren määrän erilaisia työvaiheita, katselmointeja, dokumenttien laadintaa, iteraatiokierroksia ja testaamisia. Selkeästi määritelty ja kuvattu tuotekehitysprosessi toimii tuotekehityksen yleiskaavana. Se auttaa tuotekehitysprosessin koordinoinnissa ja määrittää jokaisen työntekijän roolin tuotekehityksessä.

Työssä luotiin Etteplanin tuotekehitysprosessin mallintava prosessimalli, jonka tarkoituksena on toimia esitutkimuksena myöhemmin alkavalle virkistinlaitteen tuotekehitysprojektille. Virkistinlaitteen lisäksi prosessimallia on tarkoitus hyödyntää myös yrityksen prosessien parantamiseen. Luotu prosessikuvaus esittää tuotekehitysprosessin tärkeimmät vaiheet, virstanpylväät ja tuotekehitysprosessin aikana syntyvät dokumentit. Prosessikuvaus tehtiin mahdollisimman kattavaksi ilman, että se olisi kuitenkaan liian monimutkainen.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

**AURA, ESKO:** Productization of a power electronic device

Master of Science Thesis, 57 pages, 0 Appendix pages

December 2012

Major: Power Electronics

Examiner: Professor Teuvo Suntio

Keywords: Productization, electrolytic capacitor, inverter, product development process

This master's thesis was done for Etteplan Design Center Oy in Hyvinkää. Study was to examine productization of electrolytic capacitor reforming device.

Experiences from previous projects and practices in various offices were used as data for this thesis and they were combined in a new way. Data was collected by interviews and by going through material from previous projects.

Productization includes all steps that are needed for manufacturing and launching a product. It includes for example quality control, documentation plan, working methods and product descriptions. Most of product life cycle costs come in designing phase and that is why managing the designing phase as efficiently as possible can radically reduce the product development costs.

Product development process consists of large amount of different steps, reviews, documentation, iteration rounds and testing. Clearly defined and described product development process works as a general guideline for product development. It helps to coordinate new product development process and determines role for each worker in it.

The purpose was to create process model that shows Etteplans product development process. This model is supposed to work as a preliminary study for the beginning product development project. Process model is also meant to be used for improving processes inside the company. Created process description shows the most important phases of new product development process, its review points and the documents it should produce. Process description was meant to be as comprehensive as possible without being too complicated.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on kirjoitettu Tampereen teknillisen yliopiston tehoelektronikan laitokselle. Työn tekemisessä oli rutosti hinkkaamista ja olen onnellinen voidessani saattaa nyt tuon työn päätökseen. Tahdon kiittää Teuvo Suntiota työn tarkastamisesta ja ohjaamisesta koulun puolelta sekä Timo Vallgrenia ohjaamisesta Etteplan Oyj:n puolelta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työhön osallistuneita Etteplan Oyj:n työntekijöitä. Haluan kiittää myös perhettäni, läheisiäni sekä tyttöystävääni, jotka ovat myös olleet tukenani.

---

Esko Aura

## SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	i
Abstract .....	ii
Alkusanat.....	iii
Sisällys .....	iv
Termit ja niiden määritelmät.....	v
1 Johdanto .....	1
2 Virkistinlaite.....	2
2.1 Virkistinlaitteen kehittämisen taustat .....	3
2.2 Virkistinlaitteen tuotekehityksen toteuttaminen .....	6
3 Tuotteistaminen.....	8
3.1 Tuotekehitysprosessi .....	9
3.1.1 Tuotekehityksen prosessimalli.....	9
3.2 Tuotekehitysprojektin vaiheet.....	13
3.2.1 Projektin suunnittelu .....	14
3.2.2 Asiakastarpeiden tunnistaminen .....	16
3.2.3 Tuotespesifikaatioiden laatiminen .....	18
3.2.4 Tuotekonseptin luominen .....	20
3.2.5 Prototyyppi.....	22
3.2.6 Testaaminen.....	23
3.3 Riskien hallinta.....	26
3.4 Standardit ja direktiivit.....	27
3.5 Tuotekehitystyön tulosten suojaaminen .....	28
3.5.1 Patentti .....	29
3.5.2 Hyödyllisyysmalli.....	29
3.5.3 Mallisuoja .....	30
3.5.4 Tavaramerkki .....	30
3.6 Tuotannosuunnittelu.....	31
3.6.1 Tuotannon hinnan arviointi.....	32
4 Tuotekehityksen prosessikuvaus .....	33
4.1 Projektin myynti.....	34
4.2 Projektin asettaminen .....	35
4.3 Projektin suunnittelu .....	37
4.4 Projektin toteuttaminen .....	39
4.4.1 Elektroniikkasuunnittelu .....	39
4.4.2 Ohjelmistosuunnittelu .....	41
4.4.3 Mekaniikkasuunnittelu.....	43
4.5 Systemin integrointi .....	44
4.6 Systemin verifiointi .....	46
4.7 Projektin lopetus.....	47
5 Yhteenveto .....	49
Lähteet.....	50

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AC	Vaihtojännite (Alternating Current)
DC	Tasajännite (Direct Current)
QFD	Laatukaavio (Quality Function Deployment)
WBS	Työnositus (Work Brakedown Structure)
DFM	Tuotannonsuunnittelu (Design for Manufacturing)
DFT	Testaussuunnittelu (Design for Testing)
BOM	Osaluettelo (Bill of Materials)
IP	Laitteen tiiviysluokka (International Protection)
FMEA	Vikatilanteiden ja vaikutusten analysointi (Failure Mode and Effect Analysis)
RPN	Riskin prioriteettinumero (Risk Priority Number)

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan välipiirin virkistyslaitteen tuotteistamista. Taajuudenmuuttajan välipiiri koostuu elektrolyyttikondensaattoreista, joiden oksidikerros heikkenee, mikäli niitä ei käytetä pitkään aikaan. Tällöin kondensaattorin elektrodien välissä ei ole enää eristemateriaalia, vaan se on oikosulussa. Tämän vuoksi taajuusmuuttajien kondensaattoreita on elvytettävä ennen niiden käyttöönottoa.

Tuotteistaminen voidaan määritellä monin eri tavoin. Se voi olla asiakkaan saamien palveluiden määrittelyä ja spesifioimista tai uuden tuotteen, palvelun sopeuttamista markkinakelpoiseksi tai palvelujen kehittämistä vastaamaan asiakkaan tarpeita. Tuotteistamisen kulmakiviä ovat asiakkaan toiveiden ja vaatimusten perusteella luodut tuotteen spesifikaatiot. Tuotespesifikaatiot toimivat tuotekehityksen ohjeena koko tuotekehitysprosessin läpi. (Kajaanin AMK kotisivut 2012)

Tuote voidaan nähdä tuotteistetuksi, mikäli se voidaan myydä eteenpäin niin, että joku muu sen pystyy valmistamaan. (Sipilä 1996) Tuotteistaminen käsittää kaikki toimenpiteet, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja markkinoille tuomiseen. Tuotteistetun tuotteen tuotekehitysprosessi on selkeästi määritelty ja tuotteistettu tuote on kattavasti dokumentoitu. Tuotekehitysprosessin tulee vastata mahdollisimman tarkasti asiakkaan tarpeita. Selkeästi ennakkoon suunniteltu tuotekehitysprosessi pienentää epäonnistumisen mahdollisuutta uuden tuotteen tuomisessa markkinoille sekä pienentää tuotekehityskustannuksia.

Tuotteistaminen kokonaisuutena on erittäin laaja kokonaisuus. Tässä työssä pääpainona on itse tuotekehitysprosessin sekä siihen liittyvän dokumentoinnin kattava kuvaaminen. Työn tulosten on tarkoitus toimia esitutkimuksena virkistinlaitteen tuotekehityksiprojektille helpottamaan sen tuotteistamista ja tuotekehitysprosessin läpiviemistä.

Työn alussa esitellään tuotteistettava tuote sekä käsitellään tuotteistamisen teoriaa ja siihen liittyviä termejä. Tuotekehitysprosessin kuvaamiseen liittyy eri tuotekehitysvaiheiden tunnistaminen, niiden sisäänmenojen ja ulostulojen määrittäminen sekä suunnittelun tulosten välitarkastelupisteiden ja dokumentoinnin suunnittelemisen.

## 2 VIRKISTINLAITE

Diplomityön tarkoituksena on tuotteistaa jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan välipiirin elektrolyyttikondensaattoreiden virkistyslaite, jota kutsutaan työssä lyhyesti virkistyslaitteeksi. Kuvassa 2.1 on havainnollistettu laitteen mahdollista ulkonäköä. Laitteen on tarkoitus olla työmiehen mukana kulkeva työkalu, jolla elektrolyyttikondensaattoreiden virkistäminen sujuu vaivattomasti ja turvallisesti. Laitteen luonne mukana kannettavana työkaluna asettaa sen suunnittelun suhteen erinäisiä rajoitteita. Sen on muun muassa oltava tarpeeksi kevyt ja fyysisiltä mitoiltaan tarpeeksi pieni, jotta sen siirtäminen paikasta toiseen sujuisi ilman ongelmia.



*Kuva 2.1. Havainnekuva virkistinlaitteesta*

Laitteeseen voi kuulua kuvan 2.1 mukaisesti kantokahva helpottamaan sen kuljettamista. Siihen kuuluu myös kaksivärinäyttö, josta näkyvät asetetut ohjeet, jotka syötetään erillisten painonappien avulla. Tuote käyttää normaalia verkkosähköä, jonka se muuttaa halutun suuruiseksi tasajännitteeksi.

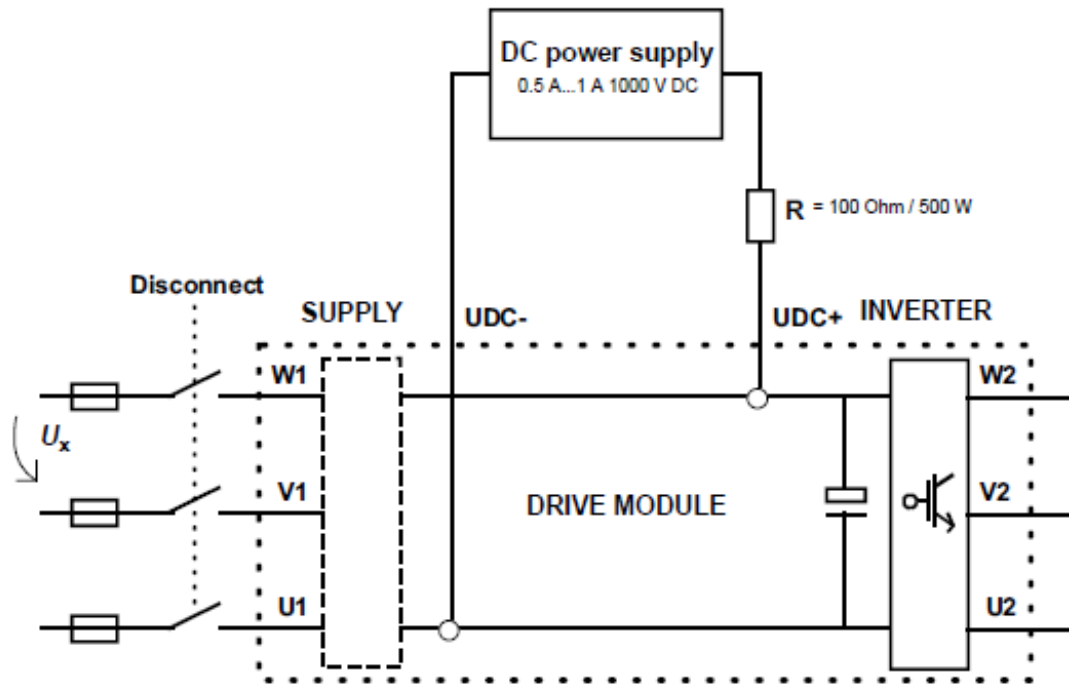


## 2.1 Virkistinlaitteen kehittämisen taustat

Mikäli elektrolyyttikondensaattori on pitkään käyttämättä (>6kk), sitä ei saa kytkeä suoraan jännitelähteeseen, sillä silloin sen oksidikerros on häipynyt. Tämä johtuu siitä, että kerroksen ylläpitoon tarvitaan vuototasavirtaa. Jotta elektrolyyttikondensaattoreita voidaan käyttää pitkän seisontajakson jälkeen, on ne ensin reformoitava varaamalla niitä muutaman kilo-ohmin vastuksen kautta syöttöjännitteestä noin 10 minuutin ajan. (Volotinen 1997) Reformoinnissa vuotovirta pienenee oksidikerroksen paikkautuessa pysyvään arvoonsa.

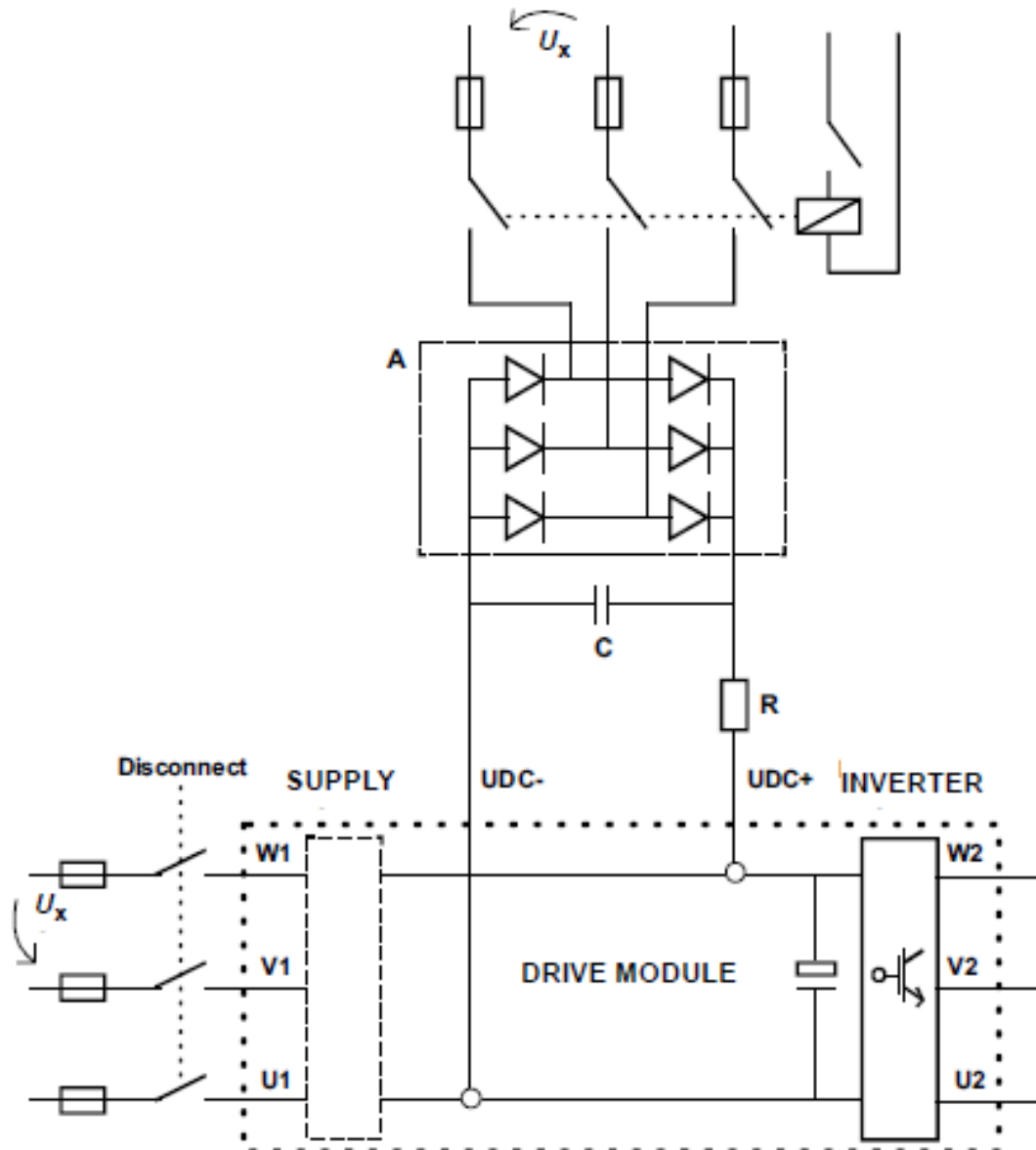
Elektrolyyttikondensaattorit ovat erittäin yleisessä käytössä maailmalla ja niiden reformointitarve pitkän seisontajakson jälkeen on yleinen ongelma teollisuudessa. Maailman suurimmalla taajuusmuuttajavalmistajalla ABB:lla on ohjeistus (ABB 2009) siitä, että jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan välipiirin elektrolyyttikondensaattorit on elvytettävä, mikäli taajuusmuuttaja on ollut käyttämättömänä yli vuoden. ABB tarjoaa ohjeistuksessaan kaksi vaihtoehtoista topologiaa välipiirin elvyttämiseen, riippuen taajuusmuuttajan käyttämättömänäoloajasta.

Ensimmäinen ABB:n tarjoama tapa elvyttää taajuusmuuttajan välipiirin elektrolyyttikondensaattorit, mikäli taajuusmuuttaja on ollut käyttämättömänä alle kaksi vuotta, on käyttää erillistä DC jännitelähdettä, mistä syötetään tasavirtaa taajuusmuuttajan välipiiriin vastuksen kautta (kuva 2.2). Ulostulovirran tulee olla elvytyksen aikana maksimissaan 500mA ja ulostulojännitteen 1,35 kertainen taajuusmuuttajan nimelliseen AC jännitteeseen nähden. Kytkenässä käytetään ulkoista vastusta virran rajoittamiseen, mitä ei kuitenkaan tarvita, mikäli jännitelähteessä on säädettävä virtarajoitus.



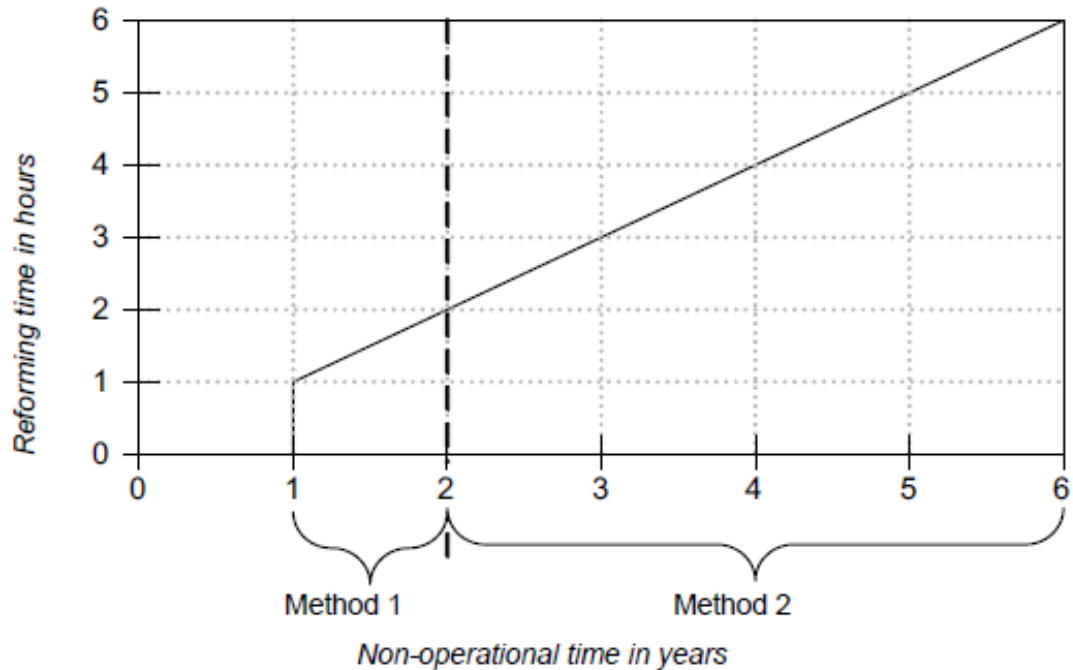
**Kuva 2.2. Jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan välipiirin kondensaattoreiden elvyttäminen, mikäli laite on ollut käyttämättä alle kaksi vuotta (ABB 2009)**

Toinen ABB:n tarjoama tapa välipiirin kondensaattoreiden elvyttämiseen on tarkoitettu jännitevälipiirillisille taajuusmuuttajille, jotka ovat olleet käyttämättömänä yli kaksi vuotta tai kauemmin. KytKentä koostuu kytkimestä, diodeilla muodostetusta tasasuuntaussillasta, kondensaattorista sekä sarjavastuksesta.



**Kuva 2.3. Kytentä jännitevälipiirillisen taajuusmuutajan välipiirin elektrolyyttikondensaattoreiden elvyttämiseen, mikäli laite on ollut käyttämättä yli kaksi vuotta (ABB 2009)**

Kuvassa 2.4. on esitetty ABB:n (ABB 2009) ohjeistama kondensaattoreiden elvyttämiseen tarvittava aika suhteessa aikaan, jonka ne ovat olleet käyttämättöminä. Kuvaajan x-akselilla on aika käyttämättömänä vuosina ja y-akselilla suositeltu elvytysaika tunteina. Tämän lisäksi x-akseli on jaettu kahteen osaan sen mukaan, kumpaa elvytysmenetelmää suositellaan käytettäväksi.



**Kuva 2.4. Jännitevälipiirillisten taajuusmuuttajien kondensaattoreiden elvytysajat (ABB Oy 2009)**

Ohjeissaan ABB tarjoaa vain teoreettisia ratkaisuita siihen, että kuinka välipiirin kondensaattorien elvytys teoriassa voidaan toteuttaa. Koska ongelmaan ei ole olemassa suoraan siihen tarkoitettua laitetta, joutuvat taajuusmuuttajien käyttäjät tekemään omia sovelluksiansa kondensaattoreiden virkistämiseksi. Tämä on aikaa vievää ja hankalaa eikä ratkaisujen toimivuudesta ole aina taetta. Virkistuksen toteuttamisen vaikeus voi myös aiheuttaa sen laiminlyömiä, mistä voi seurata taajuusmuuttajan rikkoutuminen.

Virkistinlaitteen on tarkoitus olla ratkaisu tähän ongelmaan ja tarjota helppo ja turvallinen tapa virkistää taajuusmuuttajan välipiirin kondensaattorit. Virkistinlaitteen on tarkoitus toimia kuvan 2.2 ratkaisun tapaisena DC jännitelähteenä, johon voidaan ohjelmoida tarvittava virkistysjännite sekä virkistysaika sen perusteella, kauan taajuusmuuttaja on ollut käyttämättömänä.

## 2.2 Virkistinlaitteen tuotekehityksen toteuttaminen

Etteplan on insinööritoimisto, joka tarjoaa asiakkaille ratkaisuja heidän suunnitteluongelmiinsa. Virkistinlaite toteutetaan asiakkaan toimeksiannosta asiakkaan tarpeiden mukaan. Jotta tuote olisi mahdollista myydä ja toimittaa asiakkaalle on se kuitenkin ensiksi tuotteistettava.

Virkistinlaitteen suunnittelu on laaja kokonaisuus, johon kuuluu sekä elektroniikkasuunnittelua, ohjelmistosuunnittelua että mekaniikkasuunnittelua. Tämän lisäksi tuotekehitysprosessiin kuuluvat taustalla olevat hallinnolliset prosessit, jotka hoitavat projektin aikataulutuksen, tehtävien jaon, valvonnan ja tiedon välittämisen asiakkaalle. Jotta kokonaisen laitteen kehittäminen onnistuisi, tulee eri suunnitteluosastojen toimia saumattomasti yhteen.

Lopputyön tulokset toimivat esitutkimuksena virkistinlaitteen tuotekehitykselle. Lopputyön tarkoituksena on mallintaa virkistinlaitteen tuotekehitysprosessi ja dokumentit, joiden tarvitsee syntyä suunnittelun tuloksena. Tuloksia on tarkoitus käyttää hyödyksi virkistinlaitteen tuotekehityksen aikana sen tuotteistamiseen. Tuotekehitysprosessin tuloksena tulisi olla toimiva prototyyppi ja tarpeeksi kattava dokumentointi, jotta tuote voidaan myydä eteenpäin niin, että joku muu voi sen valmistaa.

### 3 TUOTTEISTAMINEN

Tuotteistamisella ei ole vain yhtä ainoaa tai yhtä oikeaa sisältöä. Useimmiten sillä tarkoitetaan tuoteyksikön tuottamien ja asiakkaan saamien palvelujen paketointia. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2012) Jaakkola et al (2009) määrittelee palvelun tuotteistamisen tarkoittavan palvelun standardoimista tuotteen kaltaiseksi, täysin vakioituksi hyödykkeeksi. Sipilän (1996) mukaan asiantuntijapalvelujen tuotteistaminen on asiakkaalle tarjottavan palvelun määrittelyä, suunnittelua, kehittämistä, kuvaamista ja tuottamista siten, että palvelun asiakashyödyt maksimoituvat ja asiantuntijayrityksen tulostavoitteet saavutetaan. Muita mahdollisia tuotteistamisen määritelmiä ovat: (Kajaaniin AMK 2012)

- organisaation tuottamien ja asiakkaan saamien palvelujen määrittelyä, täsmentämistä ja spesifioimista
- uuden tuotteen tai palvelun sopeuttamista markkinakelpoiseksi
- osaamisen valjastamista asiakastarpeita vastaavaksi
- palvelujen kehittämistä vastaamaan asiakkaan tarpeita
- tuotteistuksen avulla syntyvä tuote voi olla yksittäinen palvelu tai toimenpide

Tuotteistetun tuotteen tuotekehitysprosessi on selkeästi määritelty, mikä nopeuttaa tuotteen kehittämistä ja minimoi epäonnistumisen riskejä. (Kajaanin AMK 2012) Tuotteistuksen keskeisenä tavoitteena on parantaa oman työn tuottavuutta ja asiakashyötyjä. Tuotteistaminen merkitsee suunnitelmallisempaa toimintaa ja resurssien keskittämistä. (Sipilä 1996) Se helpottaa tuotekehitysprosessin hahmottamista ja tuotekehitystiimin toimintaa selkiyttämällä asioiden välisiä yhteyksiä sekä riippuvuussuhteita. Toimiva tuotekehitysprosessi välittää myös ammattimaisemman kuvan yrityksen toiminnasta asiakkaalle.

Tuotteistaminen käsittää kaikki toimenpiteet, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja markkinoille tuomiseen. Siihen kuuluu esimerkiksi laadunhallinta, dokumentointisuunnitelma sekä työmenetelmät ja tuotekuvaukset. Suurin osa tuotteen elinkaaren kustannuksista syntyy suunnitteluvaiheessa, minkä vuoksi vaiheen mahdollisimman tehokkaalla toiminnalla voidaan pienentää tuotekehityksen kustannuksia. Tuotekuvaus selkiyttää tuotteen ominaisuuksia. Se voi toimia myös tuotesuunnittelumallina. Sipilä (1996) määrittelee tuotekuvauksen tekniseksi ja markkinoinnilliseksi spesifikaatioksi tuotteesta ja sen kehittamisestä. Siinä kuvataan tuotteen markkinat, kohderyhmät, asiakashyödyt, tuotteen sisältö ja versiot,

toimitusehdot, tuotekehityskustannukset ja taloudelliset tulostavoitteet. Tuotekuvaus on investointisuunnitelma.

Voidaan sanoa, että tuote on tuotteistettu, kun se on mahdollista myydä eteenpäin niin, että joku muu voi sen helposti valmistaa. (Sipilä 1996) Jotta tämä toteutuisi, tulee tuotteen valmistamisen kaikki vaiheet olla dokumentoitu ja tuotekehitysprosessi määritelty. Dokumentoinnin tulee olla kattava, mutta se ei kuitenkaan saa olla liian raskas, jolloin se helposti ylittää ihmisten omaksumiskyvyn ja kuormittaa työorganisaatiota liikaa.

### **3.1 Tuotekehitysprosessi**

Prosessi on sarja askelia, jotka muuntuvat sarjaksi sisääntuloja ja ulostuloja. Tuotekehitysprosessi on sarja vaiheita tai aktiviteetteja, jotka yrityksen on tehtävä kaupallistaakseen tuotteen. Monet näistä vaiheista ovat enemmänkin älyllisiä, kuin fyysisiä. (Ulrich et al. 2008)

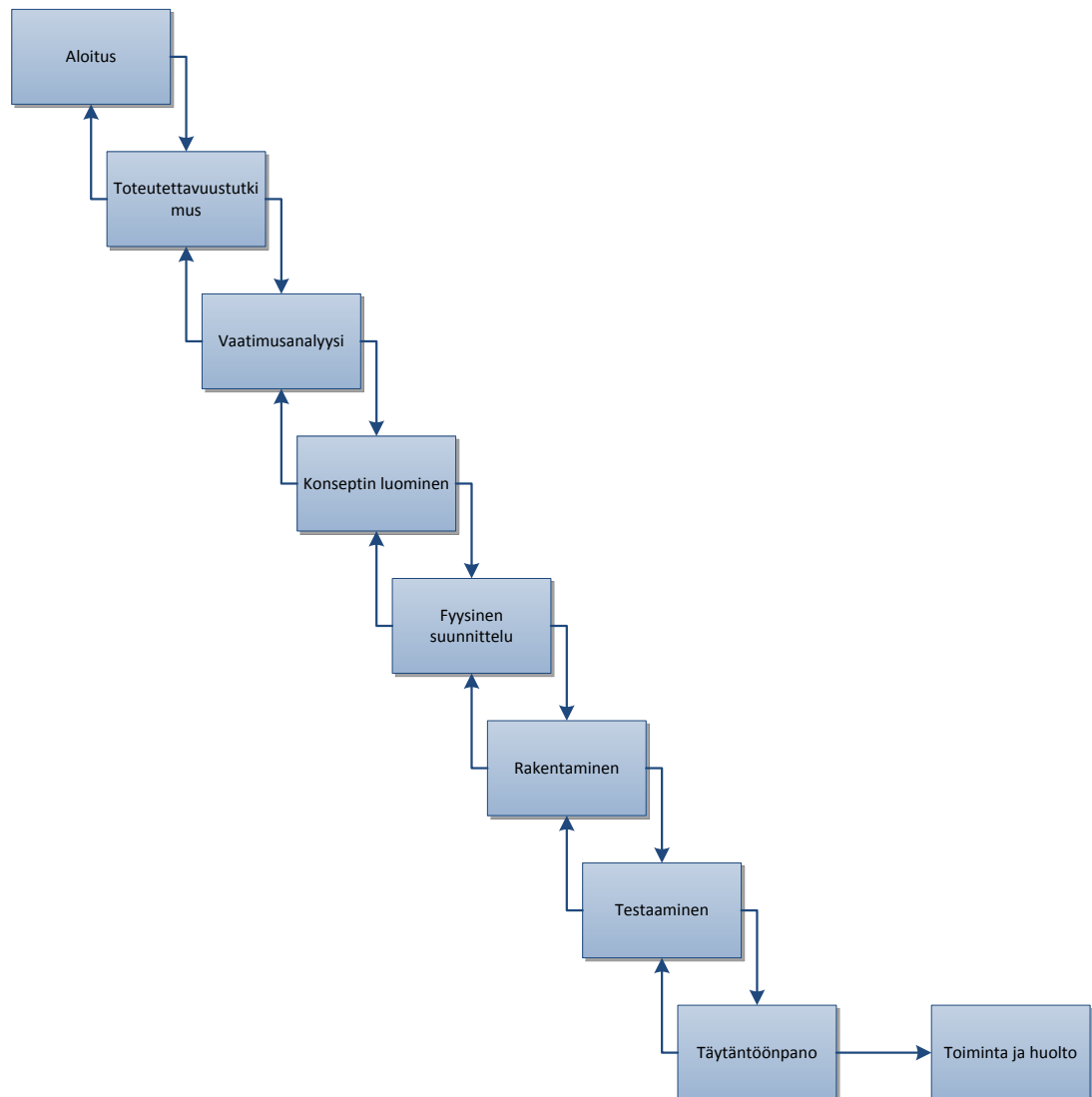
Selkeästi määritelty tuotekehitysprosessi toimii tuotekehityksen yleiskaavana. Se auttaa tuotekehitysprosessin koordinoinnissa ja määrittää jokaisen työntekijän roolin tuotekehityksessä. Tuotekehitysprosessi on sarja virstanpylväitä, jotka vastaavat kunkin vaiheen valmistumisesta. Näiden virstanpylväiden ajoitus ankkuroi koko projektin aikataulun. Se auttaa myös johtoa määrittämään mahdolliset ongelmakohdat vertaamalla todellisia tapahtumia suunnitelmiin. (Ulrich et al. 2008)

Välimaa et al. (2008) mukaan tuotekehitystoiminta lähtee aina asiakastarpeista. Tarve synnyttää uusia ideoita uusiksi tuotteiksi ja tuoteparannuksiksi. Parhaiden ideoiden kannattavuus selvitetään esitutkimuksella, jonka aikana tuotteen konsepti selvitetään ja tuote määritellään. Tuotteen määrittämisä kutsutaan tuotespesifikaatioiksi ja ne toimivat tuotekehitysprosessissa ohjenuorana.

#### **3.1.1 Tuotekehityksen prosessimalli**

Tuotekehitysprosessi voidaan kuvata usealla eri tavalla. Yksinkertaisimmillaan tuotekehitysprosessin kuvaus voi olla lista eri vaiheista, niiden sisäänmenoista ja ulostuloista sekä tarvittavasta dokumentoinnista. Tuotekehitys voidaan kuitenkin mallintaa myös graafisesti. Graafinen kuvaus auttaa hahmottamaan nopeasti prosessin päävaiheet ja niiden väliset riippuvuussuhteet. Yksi yleinen tapa kuvata tuotekehitysprosessia on niin sanottu vesiputousmalli, josta esimerkki on nähtävissä kuvassa 3.1. Kuvan prosessikuvauksesta on hahmotettavissa yleisimmät tuotekehitysprosessiin kuuluvat vaiheet. Se kuitenkin kuvaa vain suunnitteluprosessin vaiheita eikä ota kantaa esimerkiksi taustalla oleviin hallinnollisiin prosesseihin. Vesiputousmalli on syntynyt jo vuonna 1970, jolloin se luotiin tuomaan järjestystä aiempaan kaotoiseen tuotekehitysprosessiin ja se on laajalti käytössä vielä nykyäänkin.

(Weaver 2004) Siinä tuotekehitysprosessi lähtee liikkeelle kaikkein ylimmästä laatikosta ja etenee aina eteenpäin alempana olevaan laatikkoon. Eteneminen seuraavaan vaiheeseen on sallittua vain, mikäli kaikki edellisen vaiheen osa-alueet ovat suoritettuina. Todellisuudessa kuitenkin vaiheissa on aina päällekkäisyyksiä. Jos jossain vaiheessa havaitaan virheitä, joudutaan tekemään korjauksia tuotteeseen ja jatkamaan prosessia sen jälkeen. Yhtään vaihetta ei kuitenkaan lähtökohtaisesti toisteta, ellei tuotteeseen jouduta tekemään radikaaleja korjauksia. (Weaver 2004)

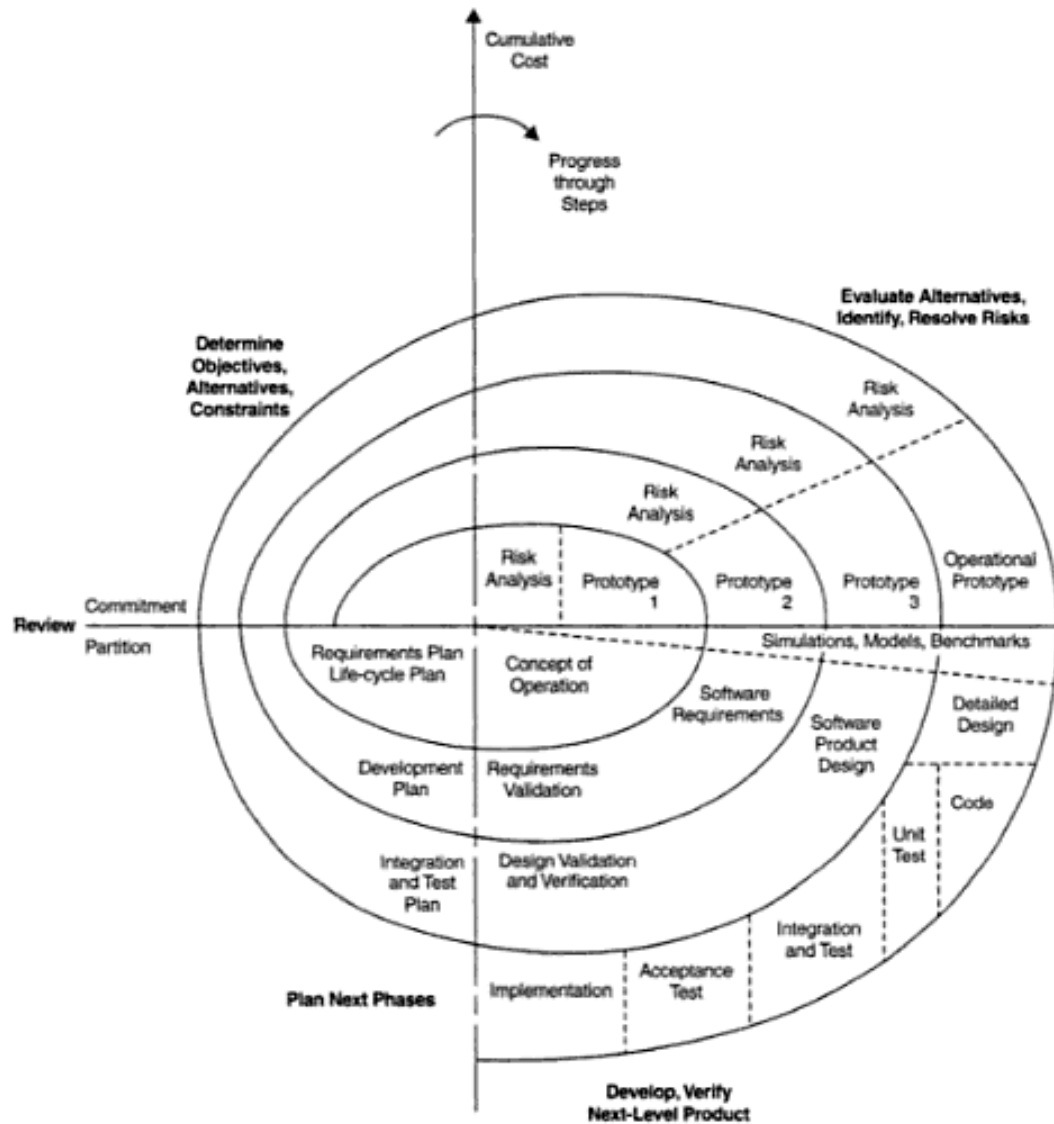


**Kuva 3.1. Vesiputousmalli (mukailtu Weaver 2004)**

Toinen mahdollinen tuotekehitysprosessin kuvaamistapa on niin sanottu spiraalimalli (kuva 3.2). Sen on kehittänyt Boehm vuonna 1988 ja sitä kutsutaankin keksijänsä mukaan jossain yhteyksissä Boehmin spiraaliksi. Boehm (1998) itse sanoo spiraalimallin suurimmaksi eroksi muihin malleihin sen riskilähtöisen lähestymistavan dokumenttilähtöisen lähestymistavan asemasta. Se ottaa iteratiivisen lähestymismallin tuotekehitykseen. Spiraalimallissa hahmotellaan ensimmäiseksi korkean tason vaatimukset, joita sitten testataan rakentamalla prototyyppi. Prototyyppi katselmoidaan,

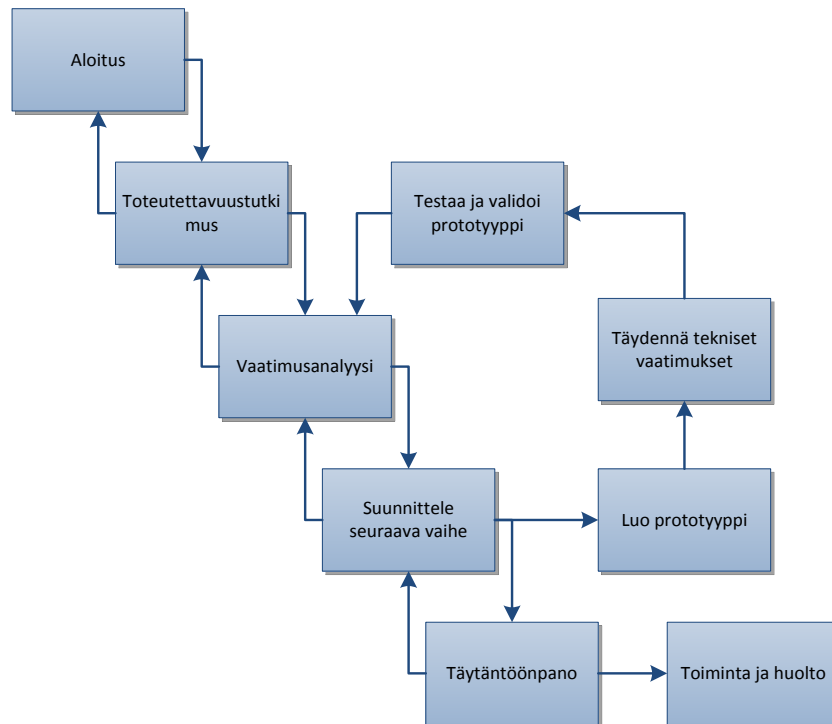


vaatimuksia selkeytetään tai muutetaan ja saadaan näin uudet muutetut vaatimukset. Kierrettä jatketaan kunnes käyttäjät hyväksyvät tuotteen. Jokaisen iteraatiokierroksen jälkeen, joka on koko projektin pienempi osa, tuote lähestyy sen lopullista muotoa. Spiraalimallia voidaan käyttää koko systeemin suunnittelussa tai vain jossain sen osaluueessa, kuten käyttöliittymän suunnittelussa, missä vaatimukset on usein vaikea ilmaista ilman fyysistä mallia, jota työstää. (Weaver, P. 2004)



**Kuva 3.2. Spiraalimalli (Boehm 1988)**

Todellisuudessa monet tuotekehitysprosessit ovat eri mallien yhdistelmiä. Malleja voidaan yhdistää esimerkiksi käyttämällä vesiputousmallia aikaisissa tuotekehitysprosessin vaiheissa ja spiraalimallia fyysisessä suunnittelussa sekä tuotteen rakennusvaiheessa. Hybridimalli (kuva 3.3) tuo tavallaan vesiputousmallin ja spiraalimallin parhaat puolet yhteen. Se varmistaa, että vaatimukset on analysoitu ja dokumentoitu kunnolla, ja nämä antavat tukevan perustan mitä vasten voidaan rakentaa ja testata tuotetta.

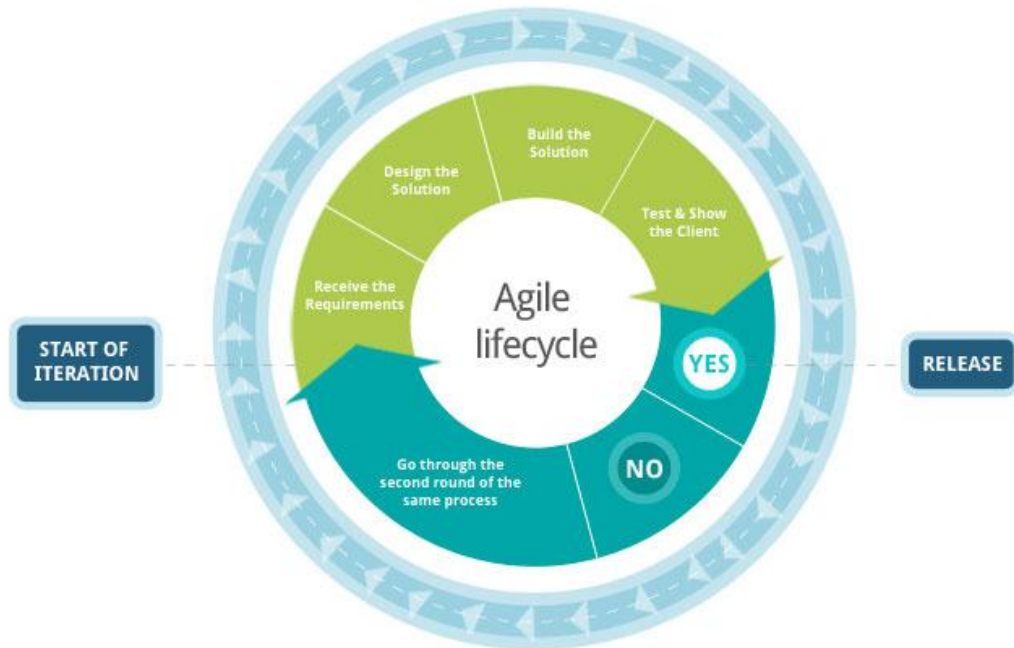


**Kuva 3.3. Hybridimalli (mukailtu Weaver 2004)**

Vuonna 2001 ryhmä ohjelmisto- ja projektiasiantuntijoita kerääntyi yhteen keskustelemaan siitä, mitä menestyneillä projekteilla on yhteistä. Tämä ryhmä loi Agile-mallin menestyksekkäälle ohjelmistonkehitykselle. Mallin mukaan tärkeitä asioita projektin onnistumiselle olivat yksilöt ja vuorovaikutus ennen prosesseja ja työkaluja, toimiva ohjelmisto ennen kattavaa dokumentointia ja asiakasyhteistyö ennen sopimusneuvotteluja. Agile-malli on kuvaus projektin johdolle menetelmistä, mitkä keskittyvät ihmisiin, kommunikaatioon, tuotteeseen ja joustavuuteen. Agile-menetelmiä löytyy useita esimerkiksi Scrum, Extreme Programming ja Lean. Scrum menetelmässä yksi monitaitoinen ryhmä suorittaa kehitysprosessin alusta loppuun vaiheistuksella, joka on vahvasti lomittunut. Scrum menetelmässä koko ryhmä pyrkii etenemään yksikkönä ja toimimaan tiiviissä yhteistyössä. Extreme Programming menetelmään kuuluu ohjelmointi pareina ja ohjelman osien koodaaminen vasta, kun ne ovat tarpeellisia. Menetelmässä on matala hallintorakenne ja siinä oletetaan, että vaatimukset muuttuvat, kun aika kuluu ja ongelma ymmärretään paremmin. Lean menetelmä puolestaan keskittyy tuottamattoman toiminnon poistamiseen ja parantamaan tätä kautta asiakastytyväisyyttä, laatua ja läpimenoaikoja. Lean pyrkii siihen, että oikeita asioita tehdään oikeaan aikaan oikean laatuksena. (Layton 2012)

Agile- lähestymistavat perustuvat kokemukseräiseen valvontaan. Tämä tarkoittaa sitä, että päätöksentekoprosessi perustuu projektissa havaittuihin realiteetteihin. Tarkastelemalla usein omakohtaisesti projektin tähänastista työtä, voidaan tehdä välittömiä oikaisuja, mikäli tarpeellista. Tämänkaltaisen valvonta vaatii läpinäkyvyyttä, tiheitä tarkastuksia ja mukautumista. Tiheiden tarkastusten ja mukautumisen

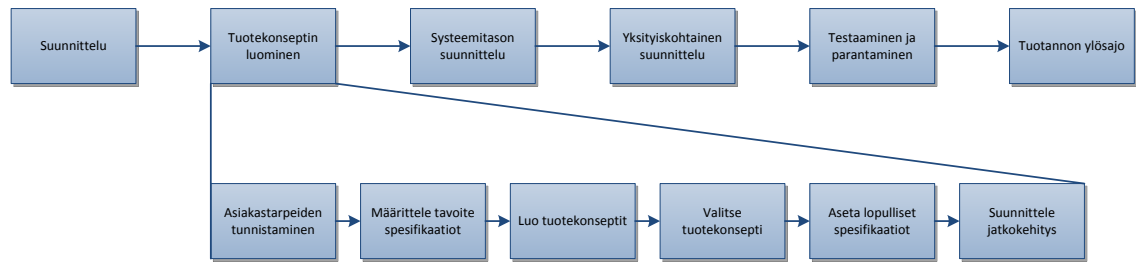
sovittamisen vuoksi Agile-projekti toimii iteraatioissa (kuva 3.4). Agile-projekteissa on samat työvaiheet jotka löytyvät perinteisestä vesiputousmallista, eli täytyy luoda vaatimukset ja suunnitelmat, kehittää tuote ja integroida tuotteen osat yhteen. Tuotetta testataan, korjataan ongelmat ja se otetaan käyttöön. Mutta sen sijaan, että kaikki askeleet suoritettaisiin kaikille tuotteen ominaisuuksille vain kerran, projekti jaetaan iteraatioihin. (Layton 2012)



*Kuva 3.4. Ketterän kehityksen prosessimalli (Iminus1, 2012)*

### 3.2 Tuotekehitysprojektin vaiheet

Tuotekehitysprojekti voidaan Ulrich et al. (2008) mukaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen (kuva 3.5). Näitä vaiheita ovat suunnittelu, tuotekonseptin luominen, systeemitason suunnittelu, yksityiskohtainen suunnittelu, testaaminen ja parantaminen sekä tuotannon ylösajo. Itse tuotekonseptin kehitysvaihe jakautuu vielä kuuteen alavaiheeseen, joita ovat asiakastarpeiden tunnistaminen, tavoitespesifikaatioiden määrittäminen, tuotekonseptien luominen, tuotekonseptien valitseminen, lopullisten spesifikaatioiden valitseminen sekä jatkokehityksen suunnittelu. Vaikka itse tuotekehitysprosessi vaihtelee paljon toimialoittain ja jopa projekteittain, on tuotekehitysprosessin peruskaava usein hyvin samankaltainen. Ulrich et al. (2008) esittelemä tuotekehitysprosessin malli muistuttaa hyvin paljon Välimaa et al. (1994) esittelemää tuotekehitysprosessin mallia, joka koostuu viidestä vaiheesta, joita ovat esitutkimus, luonnostelu, suunnittelu sekä tuotannon ja markkinoinnin käynnistyminen.



**Kuva 3.5. Tuotekehitysprosessi (Mukailtu Ulrich et al. 2008)**

Tuotteistamisen kannalta on tärkeää, että tuotekehitysprosessin eri vaiheiden merkitys on ymmärretty yrityksen sisällä. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi muutamia oleellisimpia tuotekehitysprojektin vaiheita, joita ovat projektin suunnittelu, asiakatarpeiden määrittely, tuotespesifikaatioiden laatiminen, tuotekonseptin luominen, prototyyppi ja testaaminen. Systeemitason – ja yksityiskohtaista suunnittelua käydään läpi Etteplanin tuotekehitysprosessien kautta kappaleessa neljä. Etteplanin tuotekehitysprojektin lopputuote on tyypillisesti prototyyppi, jonka valmistamisen hoitaa tilaava asiakas itse ja tämän vuoksi tuotannon ylösajo on rajattu lopputyön ulkopuolelle.

### 3.2.1 Projektin suunnittelu

Projektin suunnittelu ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista on ensisijaisen tärkeää projektin onnistumisen kannalta. Projektilla tulee olla laadittuna selkeä aikataulu ja budjetti sekä toteuttajilla pitää olla selkeä käsitys siitä, koska mikäkin vaihe on tarkoitus toteuttaa ja mitkä vaiheet tulee olla toteutettuna ennen eteenpäin siirtymistä. Projektin suunnittelun tarkoituksena on myös auttaa hahmottamaan eri asioiden välisiä riippuvuussuhteita. Kuitenkin projektisuunnitelmaa laadittaessa on tärkeää muistaa, että toteutus ei koskaan vastaa täysin suunnitelmaa. Tämän asian hahmottaminen ja huomioiminen suunnitelmaa tehtäessä ja deadlineja päätettäessä on erittäin tärkeää, jotta asioita ei suunniteltaisi liian tiukalle aikataululle. (Weaver 2004)

Jotta projektin tavoitteet ja aikataulut olisivat selvillä, tulee tuotekehityksestä laatia projektisuunnitelma. Projektisuunnitelma sisältää yksinkertaisuudessaan tiedon siitä, kuinka projekti aiotaan toteuttaa ja mitkä ovat sen tavoitteet. Projektisuunnitelma antaa suuntaviivat projektille, joita sen toteuttavien suunnittelijoiden tulee seurata.

Eräs tärkeä projektisuunnitelman osa on projektin aikataulu. Sen tekeminen aloitetaan listaamalla projektin toteuttamiseen tarvittavat työvaiheet. Tätä kutsutaan työnositukseksi, josta käytetään usein lyhennettä WBS (Work Brakedown Structure) ja se voidaan toteuttaa esimerkiksi Microsoft Excel työkalulla. Työvaiheiden tunnistaminen voi olla haastava ja aikaa vievä prosessi varsinkin täysin uusien tuotteiden suunnittelun osalta, minkä vuoksi siinä kannattaa käyttää hyväksi suunnittelijoiden kokemusta. Kun tarvittavat työvaiheet on saatu listattua, arvioidaan niihin kuhunkin käytetty aika mahdollisimman tarkkaan. Tämä prosessi on erittäin altis

virheille, varsinkin mikäli joku työvaihe on jäänyt huomioimatta tehtävien listausvaiheessa, eikä se ota huomioon mahdollisia ongelmia projektin suunnittelun osalta. Sen onnistuminen on paljon kiinni sen laatijoiden ammattitaidosta ja kokemuksesta edellisten projektien osalta. Työvaiheet tulisi tyypillisesti jakaa mahdollisimman pieniin osiin, sillä se edesauttaa eri työvaiheisiin tarvittavan tuntimäärän arvioimista. Projektin hallinta ja tapaamiset ovat asioita, jotka jäävät helposti tehtävälisäyksessä huomioimatta. Ne kuitenkin saattavat sisältää huomattavan osan projektin suorittamiseen tarvittavasta ajasta ja ne tulisikin aina huomioida projektia suunniteltaessa. (Weaver 2004)

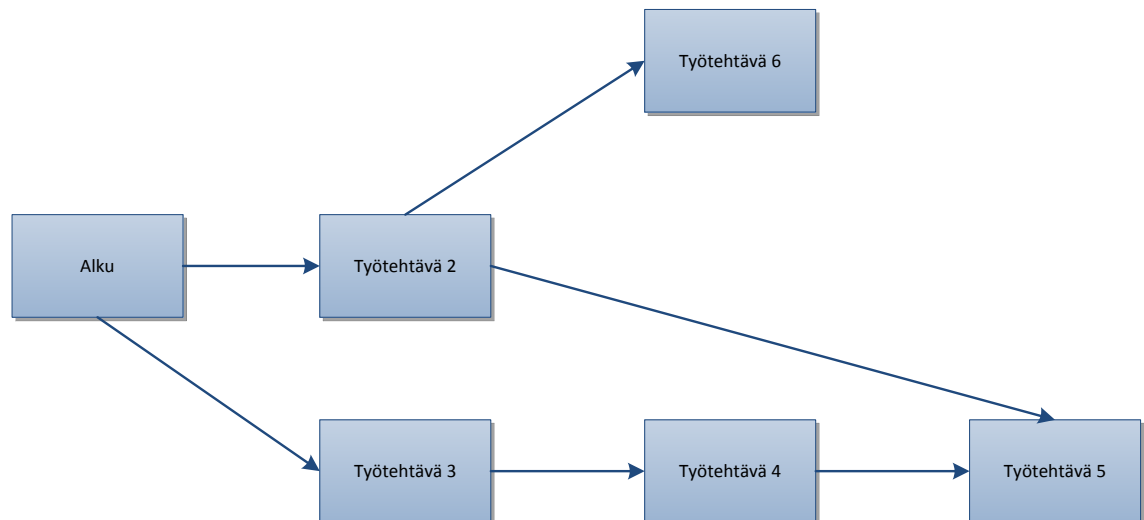
WBS-työkalua voidaan käyttää myös projektin hinta-arvion laatimiseen. Yksinkertainen esimerkki WBS-työkalusta löytyy taulukosta 3.1. Tällöin kunkin työvaiheen perään lisätään tunti hinta, mikä määräytyy niitä toteuttavien työntekijöiden palkasta. Kun työtunnit kerrotaan tuntiveloituksella, saadaan kullekin työvaiheelle laskettua hinta. Muita hinnoitteluun vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi materiaalikustannukset, työvälineiden ostoista tai vuokrasta aiheutuvat kustannukset sekä mahdolliset matkakustannukset.

Erityisesti asiantuntijapalvelujen hinnoittelu ja hinnan arviointi on vaikeaa. Palveluja verrataan helposti tavanomaisiin palveluihin tai työn suorittamiseen kuluneeseen aikaan, tai ostaja voi verrata asiantuntijan veloituksia kuukausipalkkaansa. Asiakas tulisi kuitenkin saada vertaamaan hintaa samaansa hyötyyn. Tuotteistaminen parantaa tarjoustensa laatua ja nopeuttaa räätälöityjen tarjoustensa valmistamista. (Sipilä 1996)

**Taulukko 3.1. Esimerkki WBS-työkalusta**

Työvaihe	Työtunnit (h)	Tuntihinta (€/h)	Kokonaishinta (€)
Piirilevysuunnittelu	100 h	40 €/h	4000 €
Ohjelmistosuunnittelu	80 h	35 €/h	2800 €
Mekaniikkasuunnittelu	95 h	42 €/h	3990 €

Tunnistamalla työtehtävien väliset riippuvuussuhteet, saadaan projektin toteutusta nopeutettua. Tässä voidaan käyttää avuksi esimerkiksi aktiviteettiverkkoa, jossa kuvataan laatikoilla eri työtehtävät, ja nuolilla niiden väliset riippuvuussuhteet kuvan 3.6 osoittamalla tavalla. Esimerkkinä tästä voidaan mainita piirilevysuunnittelun ja ohjelmistosuunnittelun välinen riippuvuus toisistaan. Ohjelmistoa on mahdotonta suunnitella ja toteuttaa loppuun asti ennen kuin piirilevy on valmis. Valmistamalla laitteesta prototyypin kykenee kuitenkin ohjelmistosuunnittelija aloittamaan ohjelmiston suunnittelun jo aikaisemmassa vaiheessa.



**Kuva 3.6. Aktiviteettiverkosto**

Kun projektin tehtävät ja niihin käytetyt ajat ovat selvillä, pitää ne saada vielä aseteltua aikajanelle loogiseen järjestykseen, jotta saadaan muodostetuksi projektille aikataulu. Aikataulu voidaan laatia monella eri tavalla. Yksinkertaisimmillaan se voidaan laatia pelkkänä Excel taulukkona, mutta useimmiten siihen käytetään jotain muuta työkalua, kuten esimerkiksi Microsoft Project ohjelmaa. Siinä projektisuunnitelma luodaan tekemällä niin sanottu Ganttin taulukko (kuva 3.7), jossa y-akselilla on luettelo eri tehtävistä ja x-akselilla aikajana, johon tehtävät sijoitetaan oikealle kohdalle. Tehtävien väliset riippuvuudet voidaan ilmaista nuolilla. Laatiessa aikataulua on tärkeää, että ei tee siitä liian tiukkaa, vaan jättää mahdollisuuden myös virheille ja viivästyksille.

Tunnus	Tehtävän nimi	Käynnistä	Valmis	Kesto	Joulu 2012																		
					3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Elektroniikkasuunnittelu	3.12.2012	14.12.2012	9p 4t	[Gantt bar from Dec 3 to Dec 14]																		
2	Vaatimusten analysointi	3.12.2012	3.12.2012	1p	[Gantt bar on Dec 3]																		
3	Skeman luominen	4.12.2012	6.12.2012	3p	[Gantt bar from Dec 4 to Dec 6]																		
4	Layoutin luominen	7.12.2012	10.12.2012	2p	[Gantt bar from Dec 7 to Dec 10]																		
5	Prototyypin rakentaminen	11.12.2012	12.12.2012	2p	[Gantt bar from Dec 11 to Dec 12]																		
6	Testaaminen	13.12.2012	14.12.2012	1p 4t	[Gantt bar from Dec 13 to Dec 14]																		
7	Ohjelmistosuunnittelu	6.12.2012	18.12.2012	8p 4t	[Gantt bar from Dec 6 to Dec 18]																		
8	Mekaniikkasuunnittelu	11.12.2012	26.12.2012	11p	[Gantt bar from Dec 11 to Dec 26]																		

**Kuva 3.7 Ganttin taulukko**

### 3.2.2 Asiakastarpeiden tunnistaminen

Yrityksen tärkein informaationlähde on asiakas, jolta tietoa haetaan systemaattisesti markkinointitoiminnan yhteydessä. (Välimaa et al. 1994) Tämän vuoksi yksi tärkeimmistä tuotekehitysprosessin vaiheista on asiakastarpeiden tunnistaminen. Mikäli asiakastarpeiden tunnistaminen ei ole onnistunut, ei lopullinen tuotekaan voi vastata asiakkaan sille esittämiä vaatimuksia. Tämä voi aiheuttaa projektin tulosten hylkäämisen asiakkaan puolelta tai korjausten tekemisen tuotteeseen. Mitä pidemmällä

projekti on, sitä kalliimmiksi korjaukset tuotteen rakenteeseen tulevat. (Välimaa et al. 1994)

Asiakastarpeiden määrittely on olennainen osa suurempaa tuotekehitysprosessia ja se liittyy lähinnä konseptin luomiseen ja valintaan, kilpailukyvyn vertailuanalyysiin sekä tuotteen teknisten tietojen vahvistamiseen. Ulrich et al. (2008) esittelee kuuden kohdan metodin asiakkaan tarpeiden tunnistamiseen.

1. Määrittele tutkimuksen laajuus
2. Kerää raakadata asiakkailta
3. Tulkitse raakadata asiakastarpeiden suhteen
4. Organisoi asiakastarpeet hierarkiaksi (ensisijaiset, toissijaiset ja niin edelleen)
5. Hahmota tarpeiden suhteellinen merkitys
6. Tulosten ja prosessin pohdinta

Tutkimuksen laajuutta määriteltessään yritys erittelee tietyn markkinamahdollisuuden ja projektin tavoitteet. Nämä tiedot voidaan kerätä erilliseen listaan, jossa voi olla ilmoitettuna esimerkiksi tuotteen kuvaus, keskeiset taloudelliset tavoitteet, markkinat, oletukset ja sidosryhmät.

Dataa voidaan kerätä asiakkaalta usealla eri tavalla. Tavanomaisimmat keinot ovat haastattelut yksittäisten asiakkaiden kanssa, haastattelut useampien kohderyhmän edustajien kanssa ja tuotteen käytön tarkkaileminen. Dataa voidaan näiden lisäksi kerätä myös kirjallisilla kyselylomakkeilla, mutta ne ovat kuitenkin huonoja ilmaisemaan odottamattomia tarpeita. On tärkeää myös miettiä tarkkaan keneltä dataa kerää. Tuotteen loppukäyttäjä saattaa usein olla eri henkilö, kuin hankinnasta vastaava taho. (Ulrich et al. 2008)

Tulkittaessa asiakkaalta kerättyä dataa tulee tarpeet ilmaista sen suhteen, mitä tuotteen täytyy tehdä. Tarpeet on myös hyvä ilmaista juuri niin kuin alkuperäisessä datassa, jotta tietoa ei mene hukkaan. Monesti tarpeita saattaa kertyä suuri määrä, joka hankaloittaa niiden analysointia. Tämän vuoksi ne kannattaa järjestellä niiden tärkeyden mukaan. Lista tyypillisesti koostuu ensisijaisista tarpeista, joiden alla on lueteltuna toissijaiset tarpeet. Todella monimutkaisissa tuotteissa toissijaisetkin tarpeet tulee hajottaa osiin. Ryhmien tulee rakentua samalla tavalla, kuin asiakaskin ryhmittelisi tarpeet. (Ulrich et al. 2008)

Hierarkkinen lista ei tarjoa mitään informaatiota siitä, mikä on tarpeiden suhteellinen merkitys asiakkaalle. Kuitenkin tuotekehitystiimin täytyy tehdä kompromisseja ja kohdentaa resursseja tuotteen kehitykseen. Asioiden suhteellisen merkityksen ymmärtäminen on tärkeää tehtäessä näitä kompromisseja tuotekehityksessä. Kompromisseja voidaan joutua tekemään esimerkiksi rahan ja ajan suhteen, mikäli

asiakkaan toivoma ominaisuus maksaa ylimääräistä ilman vastaavaa hyötyä tai suunnittelutyö vie suhteettomasti aikaa, mikä maksaa myös rahaa. Suhteellisen merkityksen arvioinnissa voidaan käyttää joko tiimin jäsenien asiantuntemusta tai asiakaskyselyitä. Näistä vaihtoehdoista asiakaskyselyt ovat usein huomattavasti enemmän aikaa vievä vaihtoehto. (Ulrich et al. 2008)

Lopuksi tiimin on hyvä miettiä vielä koko prosessi läpi. Siinä tulee pohtia muun muassa sitä ovatko kaikki organisaation työntekijät, joiden tulee ymmärtää asiakkaan tarpeet, olleet osallisina asiakastarpeiden selvittämiseen ja onko kohdemarkkinan kaikkien tärkeiden asiakastyypin kanssa oltu vuorovaikutuksessa.

### **3.2.3 Tuotespesifikaatioiden laatiminen**

Asiakkaan tarpeet on usein ilmoitettu asiakkaan kielellä. Jotta suunnitteluryhmälle saadaan tarkat ohjeet, on asiakastarpeet käännettävä tuotteen spesifikaatioiksi. Tuotteen spesifiointi on asiakkaan ja yrityksen vaatimusten ja toiveiden lista. Spesifiointi ratkaisee projektin ja tuotteen onnistumisen. (Välimaa et al. 1994) Spesifikaatiot ovat tarkkoja ja mitattavia määreitä, jotka tuotteen on täytettävä. Välimaa et al. (1994) mukaan tuotespesifikaatio määrittelee lopputuloksen mihin pyritään, mitkä ovat kehitystyön reunaehdot ja toisaalta sen missä kohdin on liikkumavaraa. Tuotespesifikaatioiden tulee yksikäsitteisesti kuvata asiakkaan yrityksen tuotteelle asettamat vaatimukset. Spesifikaatioiden on vastattava asiakkaan vaatimuksia, erottava kilpailevista tuotteista ja oltava teknisesti toteutettavissa. (Ulrich et al. 2008) Spesifikaatiot määritellään tavallisesti kahdesti. Aluksi määritellään niin sanotut tavoitespesifikaatiot, jotka vastaavat asiakkaan toiveita. Myöhemmin tuotekehitysprojektin edetessä ja tuotteen lopullisen muodon hahmottuessa spesifikaatioita tarkennetaan vastaamaan paremmin todellisuutta. Taulukossa 3.2 on esitetty virkistinlaitteen tavoitespesifikaatiot.



**Taulukko 3.2 Virkistyslaitteen spesifikaatiot**

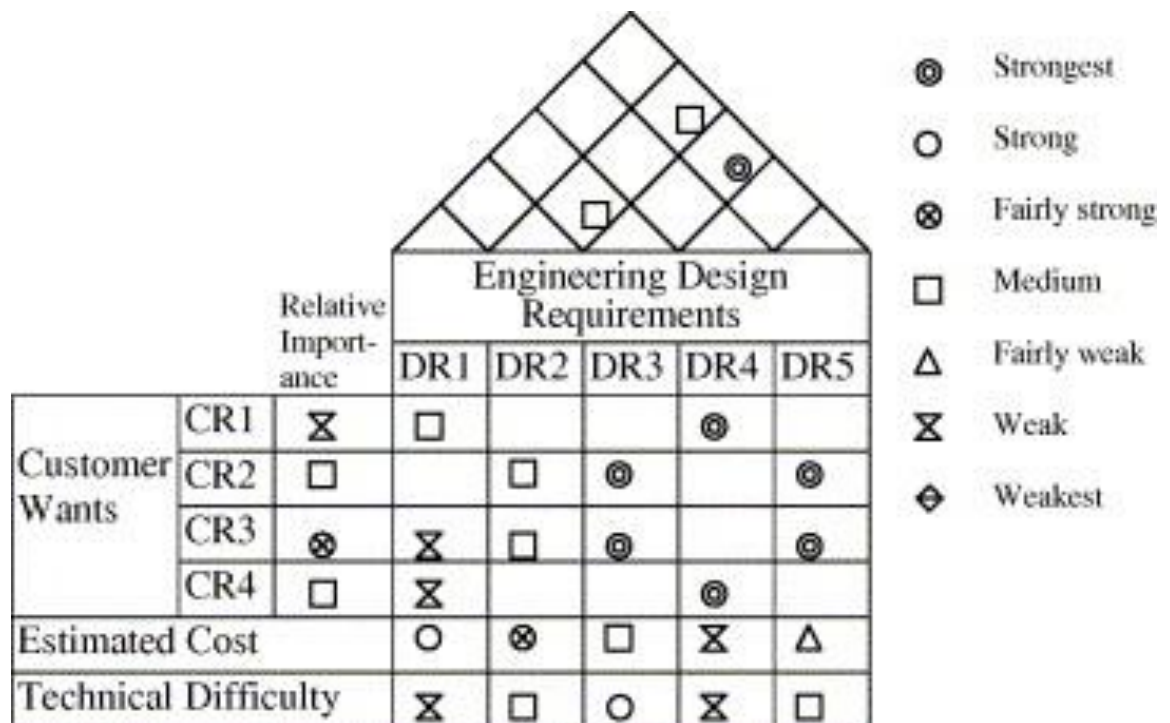
<b>Sisäänmeno</b>	
Jännite	100 - 250 VAC
Tehokerroin	0,7 tai parempi
Liitäntä	Normaali pistorasia
<b>Ulostulo</b>	
Jännite	200 – 800 VDC
Teho	jatkuva 100 W
Virta	max 100 mA
<b>Mekaaniset ominaisuudet</b>	
Mitat	200 x 150 mm
Korkeus	80 mm
Paino	< 1 kg
<b>Ympäristö</b>	
Suojausluokka	IP23
Käyttölämpötila	+5 ... 45 °C
Ilmankosteus	5 ... 95 %, ei kondensoituva

Spesifioinnin tukena voidaan käyttää VDI 2222 mukaista vaatimuslistaa (taulukko 3.3) ja spesifikaatioiden ja tulevan tuotteen kohtaamisen tarkastamiseen laatukaaviota (QFD). (Välimaa et al. 1994) Vaatimuslista on osa Saksalaista tuotekehitysmallia, jossa tavoitteet luokitellaan vaatimuksiin ja toivomuksiin. Vaatimuksista osa on kiinteitä (KV) ja osa vähimmäisvaatimuksia (VV), kuten hinta ja paino, jotka voidaan ylittää positiiviseen suuntaan. Muut asiat listalla VDI 2222 määrittelee toivomuksen luonteisiksi, joilla voidaan tuoda lisäarvoa asiakkaalle. On tärkeää, että vaatimukset esitetään tarkasti ja mitattavissa olevilla suureilla eikä epämääräisillä lauseilla, joiden toteutuminen riippuu tulkitsijasta.

**Taulukko 3.3. VDI 2222 mukainen vaatimuslista (Mukailtu Välimaa et al. 1994)**

<b>VAATIMUSLISTA</b>		
<b>Muutos pvm</b>	<b>KV, VV</b>	<b>Vaatimus</b>
1.12.2012	KV	Virkistinlaitteen on oltava helposti siirrettävä
1.12.2012	VV	Virkistinlaitteen paino on alle 1 kg
5.12.2012	VV	Virkistinlaitteen tehokertoimen oltava 0,7

Tuotespesifioinnin tarkistaminen voidaan tehdä laatukaavion avulla (kuva 3.8), jossa verrataan tulevan tuotteen teknisiä ominaisuuksia asiakkaan vaatimuksiin. Laatukaavio näyttää, miten hyvin asiakastarpeet täyttyvät ja mitkä ovat tuotteen parhaat puolet. Sen tekeminen käynnistyy asiakastarpeiden määrittelystä, jonka jälkeen ne järjestetään ryhmiin ja ryhmien sisälle etsitään ko. asioille ylätasoinen otsikko, joka jaetaan hierarkisesti alaotsikoiksi. Vastaavalla tavalla taulukkoon kootaan tulevan tuotteen tekniset ominaisuudet ja järjestetään ne hierarkisesti pääotsikoiden alle. Laatukaavio on rakenteeltaan matriisi, jossa pystyakselilla esitetään asiakkaan vaatimukset ja vaakakselilla tuotteen tekniset ominaisuudet. Teknisiä ominaisuuksia verrataan asiakasvaatimuksiin ja niiden leikkauspisteeseen laitetaan merkki vaikutustason mukaan. Kun kaikkia ominaisuuksia on vertailtu, voidaan päätellä, kuinka hyvin tuote vastaa asiakastarpeita.



Kuva 3.8. Laatukaavio (Chen et al. 2006)

### 3.2.4 Tuotekonseptin luominen

Konseptin kehitys vaihe tarvitsee suuren määrän eri funktioiden välistä integraatiota tuotekehitystiimissä. Tuotekonseptin luomisessa käytetään hyväksi aikaisemmin määriteltäviä asiakastarpeita ja tavoitemäärittelyä (kuva 3.1). (Ulrich et al. 2008) Välimaa et al. (1994) käyttää tuotekonseptin luomisvaiheesta nimitystä esitutkimusvaihe ja nostaa sen tavoitteeksi tuotekonseptin selvittämisen, tuotteen spesifioimisen, riskien kartoittamisen sekä uutuustutkimuksen (teollisoikeudet) suorittamisen. Esitutkimusta kuvaa se, että se toteutetaan lyhyessä ajassa ja sen kustannukset ovat suhteellisen pienet verrattuna koko tuotekehitysprojektin kustannukseen.

Tuotekonseptit luodaan laadittujen spesifikaatioiden perusteella. Konseptin luomisen alussa on tärkeä saada aikaiseksi mahdollisimman monta erilaista vaihtoehtoa lopulliseksi tuotekonseptiksi. Ulrich et al. (2008) esittää viisivaiheisen prosessin tuotekonseptien luomiseksi. Ensimmäisenä vaiheena on ongelman selkiyttäminen. Ongelman selkiyttämisessä voidaan käyttää apuna esimerkiksi niin sanottua ”black box” ajattelumallia. Siinä tuote kuvataan vain laatikkona, johon menee jotain sisään ja jotain tulee pihalle. Kun tuotteen sisäänmenot ja ulostulot on selvitetty, hahmotellaan, että mitä toimintoja laitteen kuuluu sisältää, jotta siitä saadaan halutut ulostulot. Tämän jälkeen tuotteelle laaditaan toiminnallinen kuvaus, josta selviää eri tuotteen käytön eri vaiheet. Toiminnallisen kuvauksen apuna voidaan käyttää jotain jo markkinoilla olevaa tuotetta.

Toisena ja kolmantena vaiheena tuotekonseptien luomisessa Ulrich et al. (2008) esittää konseptivaihtoehtojen etsimisen sekä yrityksen sisältä, että sen ulkopuolelta. Ideana on saada aikaan mahdollisimman paljon erilaisia konsepteja. Konsepteja luotaessa ei kannata heti hylätä edes alkuun toteuttamiskelvottomalta tuntuvia ideoita. Etsittäessä konseptivaihtoehtoja yrityksen ulkopuolelta voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi loppukäyttäjien haastatteluja, konsultteja, patenttitietokantoja ja kirjallisuutta.

Neljäntenä vaiheena tuotekonseptien luomiseen Ulrich et al. (2008) esittää systemaattisen konseptien tutkimisen. Siinä kootaan kaikista edellä kerätyistä tuotekonseptien osista johdonmukaisempia tuotekonseptikokonaisuuksia.

Viidennessä vaiheessa Ulrich et al. (2008) ehdotuksen mukaan käydään vielä läpi syntyneet ratkaisut. Siinä tuotekehitystiimin tulee tarkastella vielä, että onko kaikki mahdolliset ratkaisut käyty varmasti läpi ja, että kaikki mahdolliset ongelman lähestymistavat on otettu huomioon.

Tuotekonseptien luomisprosessin tuloksena on tyypillisesti suuri määrä erilaisia vaihtoehtoja lopulliseksi tuotteeksi. Konseptin valinta vaiheessa näistä vaihtoehtoisista konsepteista on tarkoitus löytää se paras vaihtoehto tuotteeksi. Tuotekonseptin valinta tulee tehdä mahdollisimman systemaattisesti ja valinnan tulee heijastua asiakkaan vaatimukseen. Ulrich et al (2008) esittää konseptin valinnan apuvälineeksi matriisia, johon kootaan kaikki mahdolliset konseptit, jotka pisteytetään niiden soveltuvuuden mukaan. Pisteytyksen hoitaa tuotekehitystiimi ja sen lopputuloksena saadaan tuotekonsepteille paremmuusjärjestys. Tuotekonsepteja voidaan vielä tässä vaiheessa yhdistellä ja parannella. Näin esille nousevat kaikkein toteutuskelpoisimmat tuotekonseptit, jotka vastaavat asiakasvaatimuksia. Näistä tuotekehitystiimi valitsee lopulta sen konseptin, jolla tuotetta lähdetään toteuttamaan.

Tuotekonseptin jälkeen joudutaan päivittämään spesifikaatioita niiden lopulliseen muotoon, jotta ne toimisivat realistisina tavoitteina tuotekehityksessä. Tämä johtuu siitä, että alkuperäiset tuotespesifikaatiot perustuivat enemmän asiakkaan toiveisiin kuin todellisiin tuotteisiin.

### 3.2.5 Prototyyppi

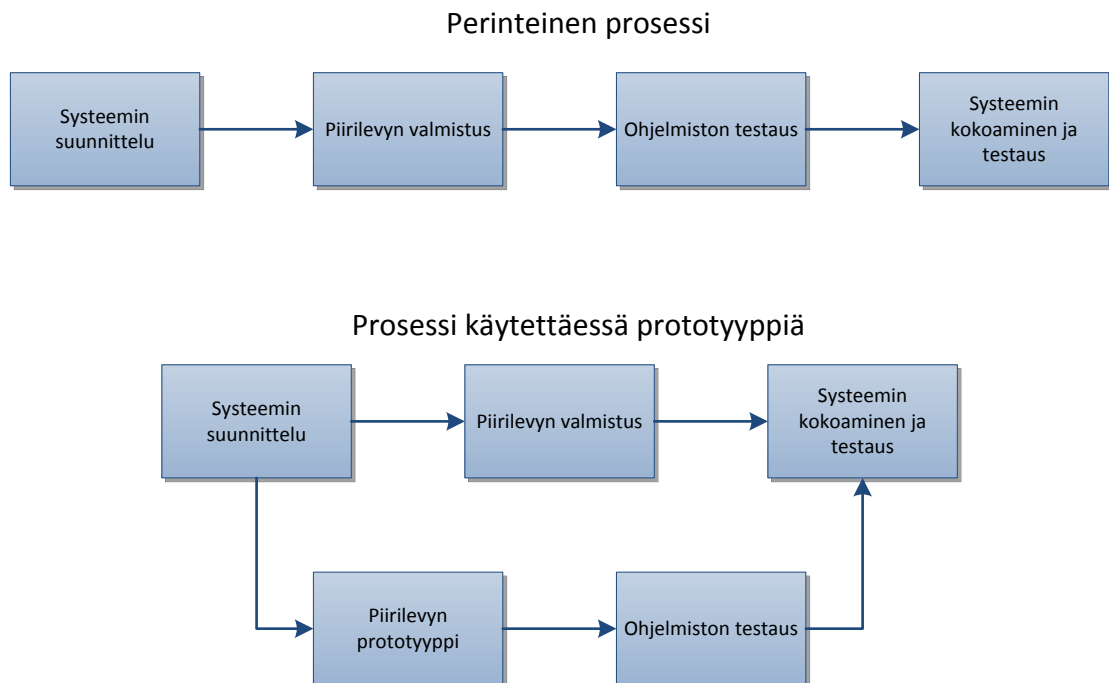
Prototyypin valmistus on olennainen osa uuden tuotteen suunnittelua. Prototyypit toimivat oppimisen tukena ja auttavat testaamaan suunnitelman toimivuutta. Niillä testataan konseptin toimivuus ja sen perusteella tehdään korjaavia toimenpiteitä suunnitteluun. Niitä käytetään myös testaamaan, kuinka tuotteen eri osat toimivat toistensa kanssa ja näin ne toimivat myös tuotekehitysryhmän eri osastojen kommunikaation tukena. Yleisiä eri prototyypin tasoja ovat kokeellinen -, alfa -, beta - ja esituotannollinen prototyyppi. (Ulrich et al. 2008) Alfa prototyyppiä käytetään useimmiten määrittelemään toimiiko tuote halutulla tavalla ja se muistuttaa jo hyvin paljon lopullista tuotetta. Beta prototyyppiä käytetään tyypillisesti luotettavuuden testaamiseen ja sen tarkoituksena on auttaa löytämään loput tuotteessa olevat virheet. Beta prototyyppi annetaan usein asiakkaalle testattavaksi tuotteen käyttöympäristössä. Esituotannolliset prototyypit ovat ensimmäiset tuotteet, jotka valmistetaan lopullisella tuotantoprosessilla. Niitä käytetään tuotannon testaamiseen ja ne toimitetaan usein lopulliselle asiakkaalle. (Ulrich et al. 2008)

Prototyypit voidaan jakaa kahteen luokkaan, fyysisiin ja analyttisiin. Fyysisiä prototyyppijä käytetään tuotteen osien tutkimiseen ja testaamiseen. Fyysisiin prototyyppihin kuuluvat mallit, jotka näyttävät ja tuntuvat lopulliselta tuotteelta, prototyypit, joilla testataan nopeasti konseptin toimivuus sekä koelaitteistot, joilla vahvistetaan tuotteen toiminnallisuus. Analyttiset prototyypit ovat usein matemaattisia. Esimerkkeinä analyttisistä prototyypeistä voidaan mainita tietokonesimulaatiot ja kolmiulotteiset tietokonemallinnukset. Ne ovat fyysisiä malleja nopeampia toteuttaa ja niissä muutosten tekeminen on paljon yksinkertaisempaa. Sen vuoksi ne usein tehdään ennen fyysistä mallia. Analyttistä prototyyppiä käytetään kaventamaan toteutettavissa olevien parametrien valikoimaa ja fyysistä prototyyppiä käytetään hienosäätämään suunnitelmaa. (Ulrich et al. 2008)

Prototyypit voidaan jaotella myös laajoihin ja suppeisiin. Laajat prototyypit käsittävät useimmat, elleivät jopa kaikki, tuotteen ominaisuudet. Ne ovat täyden mittakaavan täysin toimivia versioita tuotteesta. Esimerkki laajasta prototyyppistä on beta-prototyyppi, joka annetaan asiakkaalle testattavaksi, jotta tuotteen kaikki suunnitteluvirheet saataisiin tunnistettua ja korjattua ennen tuotannon käynnistämistä. Sitä vastoin suppea prototyyppi kohdistuu yhteen tai useampaan tuotteen ominaisuuteen. Esimerkkeinä suppeista prototyypeistä ovat vaahtomuovimallit ja karkeat piirimallit, joissa kytkennät on rakennettu erillisistä johtimista. Yleinen tapa on

käyttää kahta tai useampaa suppeaa prototyyppiä mallintamaan tuotetta. Näin tehdään siksi, koska pienemmän prototyypin valmistaminen on monesti nopeampaa, kuin kokonaista tuotetta vastaavan mallin. (Ulrich et al. 2008)

Usein tapauksissa testin lopputulos määrittää, joudutaanko tuotekehitystehtävä toistamaan. Prototyypin rakentaminen ja testaaminen vähentää näiden iteraatioiden määrää ja sitä kautta alentaa tuotekehityskustannuksia sekä nopeuttaa tuotekehitysprosessia. Prototyyppi voi myös nopeuttaa lopullisen tuotteen suunnittelua, koska se mahdollistaa ohjelmistosuunnittelun aloittamisen aikaisemmin. Prototyypin valmistaminen voidaan nähdä tuotekehityksen aliprosessina, jota on mallinnettu kuvassa 3.9. Kuvan ylempi kaavio esittää perinteistä prosessia, jossa edetään järjestyksessä ja alempi kaavio esittää kuinka osa tehtävistä voidaan suorittaa samanaikaisesti pääprosessin kanssa käyttämällä tuotteen prototyyppiä.



**Kuva 3.9. Prototyypin käytön vaikutus tuotekehitysprosessiin (mukailtu Ulrich et al. 2008)**

Prototyyppiä suunniteltaessa on tärkeää, että tiimillä on selkeä kuva prototyypin tarkoituksesta. Aluksi on myös päätettävä, minkälainen prototyyppi on järkevintä rakentaa kyseiseen tarkoitukseen, eli riittääkö esimerkiksi pelkkä matemaattinen malli, vai tarvitaanko kokonainen valmista tuotetta muistuttava prototyyppi.

### 3.2.6 Testaaminen

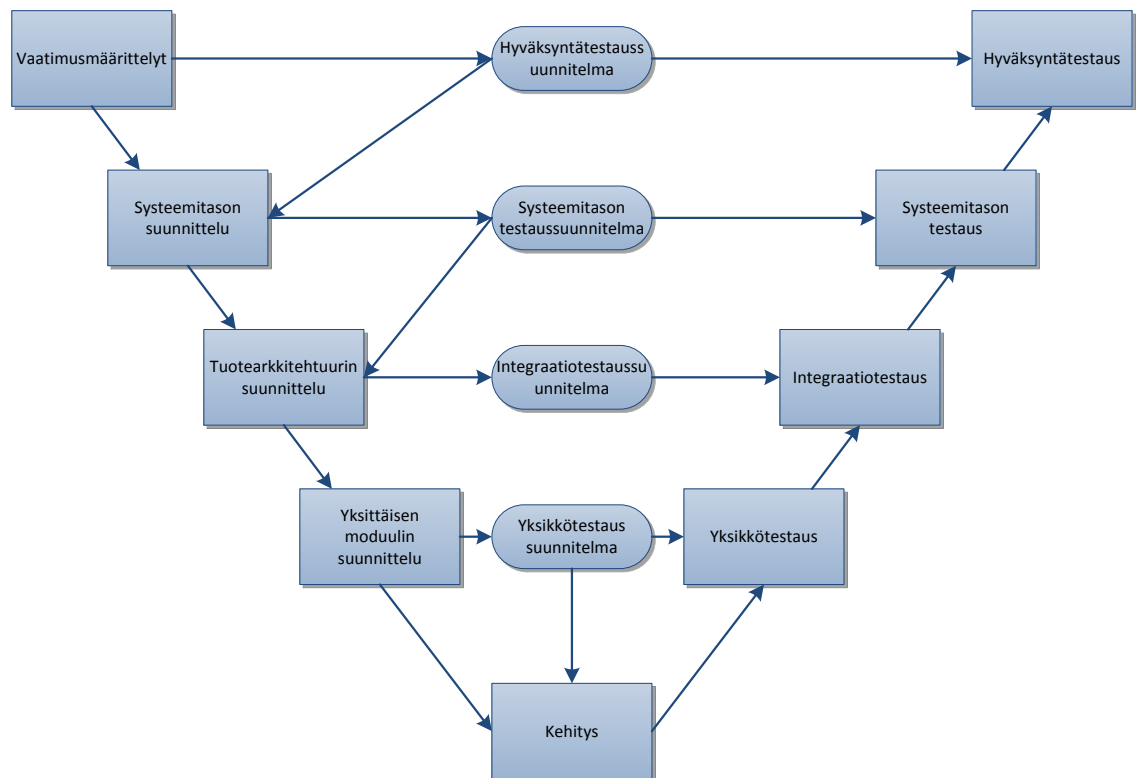
Testaaminen on yksi tärkeimmistä tuotekehitysprosessin vaiheista. Siinä todennetaan valitun tuotekonseptin toimivuus tai toimimattomuus sekä pyritään löytämään parannuskohteita tuotteeseen. Testaus ei rajoitu vain tuotekonseptin kehitysvaiheeseen, vaan sitä tarvitaan koko tuotekehitysprosessissa. Tyypillisesti jokaisen

tuotekehitysvaiheen jälkeen suoritetaan testit, joilla todennetaan suunnittelun onnistuminen ennen jatkamista eteenpäin.

Ennen testaamisen aloittamista tulee olla laadittuna testisuunnitelma, joka määrittelee testattavat asiat, sekä tulokset, joilla testi on hyväksytty. Testisuunnitelman voi laatia tuotteen suunnittelija, mutta parempia tuloksia voidaan saada, jos testisuunnitelman laatimisen ja testaamisen suorittaa erillinen testi-insinööri. Tämän kaltainen työnjako tuo myös objektiivisemmän näkökulman testeihin ja parantaa vikojen löytymisen todennäköisyyttä.

Yksi tapa mallintaa testausta on käyttää niin sanottua V-mallia (kuva 3.10). (Koomen et al. 1999) Siinä testiprosessi lähtee liikkeelle vaatimusmäärittelyistä, jonka aikana tehdään hyväksyntätestaussuunnitelma. Vaatimusmäärittelyjen jälkeen suunnitellaan tuotteen systeemitason funktiot ja laaditaan samalla systeemitason testaussuunnitelma. Systeemitason jälkeen suunnitellaan tarkempi tuotearkkitehtuuri ja samanaikaisesti tehdään integraatiotestaussuunnitelma. Tämän jälkeen suunnitellaan yksittäiset moduulit ja niiden toiminnallisuudet.

Testaaminen lähtee liikkeelle yksittäisen komponentin testauksesta ja siirtyy siitä vaiheittain kokonaisen piirin testaamiseen. Yksikkötestauksen jälkeen integroidaan piirin eri osat sekä suoritetaan integraatiotestaus, jossa varmennetaan integraation toimivuus. Integraation jälkeen testataan koko systeemin toimivuus systeemitason testisuunnitelman määrittelemällä tavalla. Viimeisenä testausvaiheena on hyväksyntätestaus, jossa tuotetta testataan sen lopullisessa käyttöympäristössä. On tärkeää, että jokaisesta vaiheesta raportoidaan testiraportilla. Mikäli kyseessä on suuri tuote ja useita testajia tuotteen eri osille, syntyy testiraportteja useita kappaleita. (Koomen et al. 1999)



**Kuva 3.10. Testauksen V-malli (mukailtu Koomen et al. 1999)**

Tuotteen testauksessa käytettäviä testimetojeja on lukuisia ja ne vaihtelevat sen mukaan, mikä on kyseisen testin tarkoitus. Tuotteen toiminnallisessa testauksessa voidaan käyttää hyväksi niin sanottua black box -testausta, jossa tuote mallinnetaan mustana laatikkona, joka tuottaa sisäänmenoon nähden tietyn vasteen. Black box -testauksessa ei oteta kantaa siihen, mitä tuotteen sisällä on, vaan siinä keskitytään vain tuotteen toimintojen testaamiseen. (Jintao, P. 1999)

White box -testauksessa testaajalla on pääsy tuotteen rakenteeseen, algoritmeihin ja koodiin. White box -testausta kutsutaan joissain tilanteissa myös lasilaatikkotestaukseksi. White box -testaus on rakenteellista testausta, jonka tarkoituksena on löytää esimerkiksi ohjelmistosta löytyviä ohjelmointivirheitä. (Jintao, P. 1999)

Suorituskykytestauksessa tutkitaan laitteen toimintaa ja sitä, että se täyttää sen suorituskykyvaatimukset. Siinä tutkitaan järjestelmän kykyä suoriutua tehtävästään vaaditussa ajassa kuormitettuna. (Jintao, P. 1999) Muita mahdollisia testitapoja ovat suorituskykytestaus, jossa testataan ohjelman suorituskykyä, luotettavuustestaus, jolla pyritään varmistamaan ohjelman häiriötön toiminta ja turvallisuustestaus, jolla testataan ohjelman laatua, luotettavuutta ja turvallisuutta. Tämän lisäksi tuotteelle voidaan suorittaa erilaisia visuaalisia testejä.

### 3.3 Riskien hallinta

Kaikkeen suunnitteluun liittyy aina riskejä ja projektia toteutettaessa on tärkeää tunnistaa oleelliset riskit, jotta niihin varautuminen olisi myös mahdollista. Tämä pitää suorittaa jokaisessa asiakasprojektissa sillä riskin realisoituminen voi aiheuttaa viikkojen tai jopa kuukausien viivästyksiä.

Riskienhallinnan tavoite on tehdä oikeita päätöksiä oikeilla hetkillä. Mitä suurempi ja kehittymättömämpi tekninen ohjelma on, sitä enemmän siihen sisältyy riskejä. Koska komponenttien ja alisysteemien riskit suurentuvat systeemitasolla, on erittäin tärkeää, että projektin johto tietää asioista suunnittelun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. (Crowe et al. 2001)

Laajasti käytössä oleva riskien analysointimenetelmä on FMEA taulukko (kuva 3.11) (Failure Mode and Effect Analysis). Pohjimmiltaan FMEA on tekniikka mahdollisten vikaantumistilanteiden ymmärtämiseen ja priorisoimiseen systeemin toiminnoissa, ominaisuuksissa, komponenteissa ja rajapinnoissa. Se myös tarjoaa keinoja seurata prosessin parannuksia. (Black 2002)

Subsystem _____		Outside Suppliers Affected? Yes ___ No ___		FMEA Dates: _____						
Design Responsibility _____		Scheduled Product Release _____		Orig. _____ Rev. _____						
Other Areas Involved _____		Team Members _____								
Function of part	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure Mode	Sev.	Potential Cause(s) of Failure Mode	Occ.	Current Design Controls	Det.	RPN	Corrective/ Preventive Actions	Responsible Party & Date

**Kuva 3.11. FMEA taulukko (SST SixSimaTutorial 2012)**

FMEA tunnistaa useat spesifioidut ja spesifioimattomat asiakkaan vaatimukset, jotka liittyvät tuotteen suunnitteluun. Ensimmäisen askeleen FMEA analyysissä tulisi määrittellä tarkastelun tarkoitus tai odotukset. Tuotekehitystiimi tunnistaa tuotteen toiminnot ja sen jälkeen valitsee mahdolliset vikatilanteet. Yleisenä ohjeena voidaan käyttää, että tuotteesta tulisi valita päätoiminnot tarkasteluun ja jättää huomiotta toiminnot, joita pidetään mitättöminä projektin tarkoituksen suhteen. (Crowe et al. 2001)

Päätavoitteena FMEA analyysissä on mahdollisten ongelmien huomaaminen ajoissa. FMEA kysyy, ”Mikä voi mennä vikaan?”, vaikka tuote täyttäisikin asiakkaan vaatimukset. Aikainen analyysi auttaa myös tunnistamaan spesifioimattomia asiakkaan tarpeita, sillä analyysi toteutetaan asiakkaan näkökulmasta. Tämä vähentää projektin riskejä ja parantaa luotettavuutta sekä tuottavuutta. (Crowe et al. 2001)



Sekä Crowe et al (2001), että Black (2002) käyttävät FMEA analyysissä riskin prioriteettinumeroa RPN (Risk Priority Number) riskien priorisointiin. RPN lasketaan kaavan 3.1 mukaisella yhtälöllä.

$$RPN = vakavuus (severity) * esiintyminen (occurrence) * havaitseminen (detection) \quad (3.1)$$

Kaavassa 1 vakavuuden asteikkona on 1-10. Mitä vakavampi riski on, sitä suurempi on valittu numero. Toinen yhtälön muuttuja on riskin esiintyminen (1-10), jossa suurempi numero tarkoittaa suurempaa esiintymistodennäköisyyttä. Viimeisenä kaavassa on vian havaitsemisen todennäköisyys (1-10), jossa suurempi numero tarkoittaa vaikeammin havaittavaa vikaa.

### 3.4 Standardit ja direktiivit

Tuotteita suunniteltaessa tarvitaan tietoa niitä koskevista standardeista ja teknisistä viranomais määräyksistä. Tämä saattaa olla erityisen hankalaa vientimarkkinoille suunnatuilla tuotteilla, jolloin määräykset saattavat poiketa paljonkin totutuista.

Jaakkola et al. (1987) määrittelee standardisoinnin toimintana, joka antaa soveltuvat ratkaisut erityisesti tieteen, tekniikan ja talouden toistuviin ongelmiin ja jolla pyritään kussakin tapauksessa parhaaseen mahdolliseen tulokseen. Standardisoinnilla pyritään tuotteiden, toimintojen ja käsitteiden moninaisuuden yhtenäistämiseen ja toistuvan tapauksen yhdenmukaiseen ratkaisuun. Sitä tapahtuu kansainvälisellä, alueellisella, kansallisella sekä yrityksen tasolla. Yritysstandardisoinnissa pyritään valitsemaan kansallisen standardin lukuisista vaihtoehdoista sopivimmat tai luomaan omia standardeja.

Hyödyntämällä standardeja pyritään vähentämään tuotteiden merkityksettömiä erilaisuuksia, saattamaan käsitteiden määritelmät ja ilmaisutavat samoiksi sekä löytämään kaikkien vaatimukset täyttävät tarkoituksenmukaiset menettelytavat eri aloilla. Standardin määritelmä on, että se on yleisesti saatavissa oleva tekninen eritelmä tai muu asiakirja, joka on laadittu kaikkien asianosaisten yhteistyönä ja näiden yleisen hyväksynnän perusteella. (Jaakkola et al. 1987)

Suomessa standardisointialan keskusjärjestönä toimii Suomen Standardisointiliitto (SFS). Muita merkittäviä standardoimisjärjestöjä ovat esimerkiksi kansainväliset ISO ja IEC, saksalainen DIN sekä eurooppalaiset CEN, Cenelec ja ETSI. Kirjainyhdistelmät ilmoittavat organisaation, jossa standardin teksti on vahvistettu. Suomessa vahvistetun standardin tunnus on SFS, CEN:issä vahvistetun EN ja kansainvälisessä

standardoimisjärjestössä ISO. Esimerkiksi tunnusyhdistelmä SFS-EN tarkoittaa, että standardi on voimassa sekä Suomessa, että Euroopassa. (SFS Ry)

CE-merkintä on valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Sen on oltava tuotteessa, mikäli tuotetta koskeva direktiivi niin vaatii. Se on oltava mm. koneissa, sähkölaitteissa, leluissa, henkilösuojaimissa ja painelaitteissa. Ennen CE-merkinnän saamista on tietyt tuotteet testattava. Merkintää voi hakea direktiivin alaisille tuotteille usealla eri tavalla. Joskus riittää pelkkä valmistajan vakuutus merkinnän saamiseksi, mutta joissain tapauksissa on käytettävä kolmatta osapuolta. Ohjeet merkinnän käytöstä löytyvät EU:n asetuksen 765/2008 artiklasta 30 ja päätöksestä 768/2008/EY. (SFS Ry)

Virkistinlaitteen suunnittelussa on otettava huomioon useita standardeja hyväksynnän takaamiseksi. Koska kyseessä on alle 1000 V vaihtojännitteellä toimiva laite, sovelletaan tuotteen suunnittelussa pienjännitedirektiiviä 2006/95/EC. Muut direktiivit liittyvät laitteen sähköturvallisuuteen sekä sen sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen (EMC). Sovellettavat standardit ja direktiivit virkistinlaitteen osalta on esitetty taulukossa 3.4.

**Taulukko 3.4. Virkistinlaitteessa sovellettavat standardit**

Standardit	
Sovelluksen standardit	2006/95/EC (pienjännite direktiivi)
Sähköturvallisuus	EN 60335
EMC standardi, emissio	IEC61000-6-4
EMC standardi, suoja	IEC61000-4-2 (ESD) IEC61000-4-4
Suojausluokka	IEC60529 (IP-luokitus)

### 3.5 Tuotekehitystyön tulosten suojaaminen

Tuotekehitys on kallista ja on kohtuullista, että muut eivät voi noin vain kopioida toisten kehittämiä tuotteita ja käyttää niitä kaupallisesti hyödykseen. Sen vuoksi lainsäädäntö mahdollistaa yksinoikeussuojan hakemisen tekniselle tai taiteelliselle kehitystyölle. Tähän suojausjärjestelmään kuuluvat: (Jokinen 1987)

- Patentsuoja
- Hyödyllisyysmalli
- Mallisuoja
- Tavaramerkkisuoja
- Integroidun piirin mallisuoja
- Tekijänoikeussuoja

- Toiminimisuoja
- Laki sopimattomasta menettelystä elinkeinotoiminnasta

Periaatteena suojaamismuodoille on, että tekemällä tietyt asiat julkisiksi niihin saadaan lainsäädäntöön perustuva yksinoikeus. Toinen mahdollinen suojaamismuoto on liikesalaisuuteen turvautuminen. (Jaakkola et al. 1987) Käyn läpi seuraavaksi tarkemmin muutaman kaikkein yleisimmän suojausmenetelmän erityispiirteet.

Suojatun tuotteen käyttöoikeus voidaan myydä aina edelleen osapuolten sopimuksella. Käyttöoikeussopimuksia voivat olla erilaiset lisenssi- ja franchisingsopimukset. Erityisesti palvelutuotteiden kohdalla niiden edelleenmyynnin edellytyksenä on tuotteen tuotteistaminen ja se, että tuotteistus on suojattu. (Sipilä 1996)

### 3.5.1 Patenti

Jaakkola et al. (1987) määrittelee patentin valtiovallan myöntämänä yksinoikeutena patentoidun keksinnön ammattimaiseen hyväksikäyttöön. Patentin kohteena on aina uusi keksintö. Sekä Jaakkola et al. (1987), että Jokinen (1987) määrittelevät keksinnön uudeksi ja yllättäväksi, tekniikkaa edistäväksi sommitelmaksi, joka esittää tietyn ongelman käytäntöön sovellettavissa olevan ratkaisun. Tärkein patentoitavuuden edellytys on uutuus ja sen tavallisin este on aikaisempi patenti tai patentihakemus, joka oleellisesti muistuttaa uutta keksintöä. Keksintö menettää myös patentoitavuutensa, mikäli se julkaistaan. Patentin saaminen edellytyksenä on myös, että sen on oltava riittävän omaperäinen ja erottava yleisesti tunnetusta. (Jokinen 1987) Jaakkola et al. (1987) mukaan tuotteen soveltuvuus teolliseen käyttöön on myös patenttilain määrittelemä edellytys patentin myöntämiselle.

Patenttisuoja on aina anottava patenti- ja rekisterihallitukselta patenttilaissa (L 550/67) ja asetuksessa (A 669/80) säädetyllä tavalla. Patenttia ei myönnetä ensimmäiselle todelliselle keksijälle, vaan sille, joka ensimmäisenä jättää hakemuksen. Patentin haltijalla on yksinoikeus keksintönsä ammattimaiseen hyväksikäyttöön, joka pitää sisällään keksinnön valmistuksen, myymisen, maahantuomisen, vuokraamisen sekä käyttämisen. Patenttisuoja on voimassa Suomessa enintään 20 vuotta ja patenti on voimassa vain niissä maissa, joissa se on haettu ja myönnetty. (Jokinen 1987)

### 3.5.2 Hyödyllisyysmalli

Hyödyllisyysmalli on tarkoitettu sellaisille keksinnöille, jotka eivät täytä patentoitavuuden edellytyksiä, mutta joka kuitenkin halutaan suojata ammattimaista hyväksikäyttöä varten. (Jokinen 1987) Vaikka hyödyllisyysmallin saava keksintö ei täytäkään patentin vaatimuksia, on sen kuitenkin patentin tavoin oltava uusi ja erottava selvästi kaikesta ennen tunnetusta. Sillä voidaan suojata myös muun muassa kemialliset

yhdisteet, ravinto- ja lääkeaineet sekä mikrobiologiset keksinnöt, mutta se ei kuitenkaan suojaa menetelmäkeksinnöiltä. (Jokinen 1987)

Hyödyllisyysmallia koskevan hakemuksen laadinta vastaa pitkälti patenttihakemuksen laadintaa, minkä vuoksi sen hakemisessa kannattaa käyttää asiantuntijaa. Saavutettu hyödyllisyysmalli on voimassa neljä vuotta ja voidaan uudistaa neljäksi vuodeksi ja sen jälkeen vielä kahdeksi vuodeksi, joten hyödyllisyysmalli on voimassa enintään 10 vuotta. (Välimaa et al. 1994)

Hyödyllisyysmallirekisteröinti on mahdollista julistaa mitättömäksi kolmannen osapuolen toimesta sillä perusteella, että keksintö ei ole uusi. (Jokinen 1987) Mikäli hyödyllisyysmallin haluaa mitätöitäväksi, on itse etsittävä aineisto, jonka perusteella mitätöintiä vaaditaan. Patentti- ja rekisterihallitus ei suorita täydentävää tutkimusta, vaan ottaa huomioon vain esitetyt todisteet. (Välimaa et al. 1994)

### **3.5.3 Mallisuoja**

Mallioikeuslain (L 221/71) perusteella voi saada yksinoikeuden esineen ulkomuotoon ja sitä voidaan käyttää myös patentin kanssa. (Jokinen 1987) Välimaa et al. (1994) mukaan mallirekisteröinti antaa hakijalle yksinoikeuden hyödyntää uuden muotoilun tulosta kaupallisesti sekä estää sen jäljittelemisen. Mallirekisteröinti suojaaa pääsääntöisesti esineen ulkomuodon. Epämääräiset muodot, joiden kuviot syntyvät sattumalta, tai muuten kummalliset mallit eivät ole rekisteröitävissä.

Mallisuojaa haettaessa on sen kohteena olevan tavaran ilmentävä yksiselitteisesti jätetyistä kuvista tai mallikappaleesta. Hakemukseen ei hyväksytä teknisiä piirroksia tai läpileikkauskuvia. (Välimaa et al. 1994) Kuten patenttikin, ei myöskään mallisuoja synny itsestään, vaan sitä on erikseen haettava. Mallin tutkimus suoritetaan patentti- ja rekisterihallituksessa. Hyväksytty malli rekisteröidään viideksi vuodeksi ja sen voi uusiksi kaksi kertaa, eli mallisuoja voi olla voimassa korkeintaan 15 vuotta. (Välimaa et al. 1994)

### **3.5.4 Tavaramerkki**

Tavaramerkin tarkoituksena on erottaa sen haltijan tuotteet tai palvelut muiden tarjoamista tuotteista tai palveluista. Siinä voi olla kuvioita, kirjaimia, sanoja ja numeroita. Rekisteröidyn merkin yhteydessä käytetään ® tunnusta.

Tavaramerkistä määrätään tavaramerkkilaisissa (L 7/64) ja vastaavassa asetuksessa (A 296/64). (Jokinen 1987) Yksinoikeus tavaramerkkiin voidaan saavuttaa rekisteröinnillä tai vakiinnuttamisella ja tavaramerkin julkinen käyttö ennen rekisteröintitoimenpidettä on sen kannalta vain hyödyllistä. (Jaakkola et al. 1987)

Tavaramerkki rekisteröidään 10 vuodeksi ja uudistetaan 10 vuoden välein (Välimaa et al. 1994) Mikäli kaikki maksut suoritetaan ajallaan ja merkki on asianmukaisessa käytössä, on tavaramerkkisuoja ikuinen.

### 3.6 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelusta puhuttaessa käytetään usein lyhennettä DFM (Design For Manufacturing) tai DFMA (Design For Manufacturing and Assembly). Menetelmien avulla suunnitellaan tuote alusta alkaen niin, että se on helpompi valmistaa. Se on hyvä tapa nostaa yrityksen kannattavuutta ilman lisäinvestointeja. (Huhtala et al. 2008)

Tuotteen valmistettavuutta tutkittaessa voidaan painottaa useita eri asioita. Valmistettavuutta voidaan tarkastella esimerkiksi valmistusystävällisyyden, kokoonpanoystävällisyyden, tarvittavien työkalujen tai käytettävien materiaalien kannalta. Näkökulma määrittelee pitkälti sen, mitkä asiat nähdään tärkeinä suunniteltaessa tuotteen valmistusta. Valmistettavuuden voidaan sanoa olevan rakenteen yksinkertaisuutta, integrointia, modulointia sekä standardien hyväksikäyttämistä. Alla olevassa listassa on muutamia tärkeimpiä huomioonotettavia asioita DMFA:n kannalta (Huhtala et al. 2008):

- Minimoi osien määrä/erilaisten osien määrä
- Yhdistä toimintoja
- Minimoi materiaalin tarve
- Hyödynnä edullisia valmistustapoja
- Vältä hankalasti valmistettavia materiaaleja
- Varmista helppo kokoonpantavuus
- Hyödynnä standardiosia ja komponentteja
- Suunnittele osat siten, ettei väärin asentaminen onnistu.
- Rakenteen on oltava yksinkertainen ja selkeä

Tuotteen suunnitteluun ja tuotantoon liittyy usein paljon alihankkijoita, mikä vaikeuttaa tuotannon suunnittelua. Mikäli tuotesuunnittelu on ulkoistettu, suunnittelee alihankkija monesti tuotteen vaatimusspesifikaatioiden perusteella eikä välttämättä edes tiedä laitteita, joilla tuote valmistetaan. Alihankkijoiden käytössä oleellisia asioita ovat ainakin seuraavat kohdat (Huhtala et al. 2008):

- alihankkijan valinta
- suunnittelun ja valmistuksen yhteistyön ylösajo
- laadunvarmistusmenetelmien suunnittelu
- logistiikan suunnittelu ja toteutus
- tuotannosuunnittelu

- sopimusten tekeminen
- taloudellisten asioiden huomioiminen

Tuotannosuunnittelun lisäksi käytetään piirien suunnittelussa hyväksi myös testaussuunnittelua DFT (Design For Testing tai Design For Testability). Sen tarkoituksena on parantaa testauksen laatua ja vähentää sen kustannuksia helpottaen samalla testaamista, virheenkorjausta ja diagnosointia. Wang et al. (2006) esittää kuusiosaisen listan testaussuunnitteluun:

- Lisää testipisteet
- Vältä asynkronista varastoelementtien asetusta/nollausta
- Vältä yhdisteltyjä takaisinkytkentäsilmuksia
- Vältä tarpeetonta logiikkaa
- Vältä asynkronista logiikkaa
- Jaa suuremmat piirit pienempiin lohkoihin

### 3.6.1 Tuotannon hinnan arviointi

Tuotannon hinnan arvioinnin kannalta on tärkeä kirjata ylös kaikki mahdolliset kustannukset sekä pitää tiedot mahdollisimman hyvin järjestyksessä. Yksi komponenttien hintojen kirjaamiseen käytetty työkalu on niin sanottu BOM (Bill Of Materials), mikä on yksinkertaisimmillaan lista tuotteen yksittäisistä komponenteista. Sen sarakkeet näyttävät hinta-arviot eroteltuna kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Muuttuvat kustannukset sisältävät materiaalit, työstöajat ja työtunnit. Kiinteät kustannukset sisältävät esimerkiksi kertaluonteiset tuotantolinjan rakentamiset ja työstölaitteet. (Ulrich et. al. 2008)

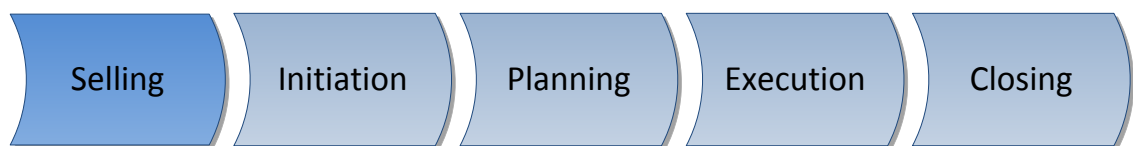
Mikäli tuote koostuu useammasta kuin yhdestä komponentista, tarvitsee se kokoonpanoa. Pienivolyymisissa tuotteissa kokoonpano yleensä tehdään käsin lukuun ottamatta piirilevyjä, jotka tyypillisesti tehdään automaattisesti jopa pienissä tuotantomäärissä. Piirilevyjen valmistuksen voi esimerkiksi ulkoistaa niihin erikoistuneelle alihankkijalle. Ulkoistamista tehtäessä täytyy kuitenkin ottaa myös huomioon esimerkiksi varastointi sekä muut organisaation kulut. (Ulrich et. al. 2008)

Manuaalisen kokoonpanon kustannusten arviointi on suhteellisen suoraviivaista, sillä se koostuu tuotteen kokoon panevan työntekijän palkasta. Tällöin kunkin manuaalisen kokoamistoimenpiteen hinta saadaan kertomalla siihen tarvittava aika sen suorittavan työntekijän tuntiveloituksella. (Ulrich et. al. 2008)

## 4 TUOTEKEHITYKSEN PROSESSIKUVAUS

Tuotteen tuotekehitysprosessi sisältää suuren määrän erilaisia työvaiheita, katselmointeja, dokumenttien laadintaa, iteraatiokierroksia ja testaamista. Tuotekehitysprosessin eri vaiheiden tunnistamisen helpottamiseen, sekä niiden välisten riippuvuussuhteiden hahmottamiseen oli tarve luoda tuotekehityksen prosessikuvaus, jota voitaisiin käyttää hyödyksi virkistinlaitteen tuotteistuksessa. Prosessikuvauksen tarkoituksena on esittää tuotekehitysprosessin tärkeimmät vaiheet, virstanpylväät ja tuotekehitysprosessin aikana syntyvät dokumentit. Prosessikuvauksen oli tarkoitus olla mahdollisimman kattava olematta kuitenkaan liian monimutkainen, jotta se olisi mahdollisimman helposti omaksuttavissa. Prosessikuvaus pyrittiin tekemään myös yleispäteväksi, jotta sitä voidaan hyödyntää soveltuvin osin myös tulevilla tuotekehitysprosesseissa.

Tuotekehityksen perustasoksi valittiin yleisesti yrityksen sisäisessä käytössä oleva malli, jossa tuotekehitysprosessi jaotellaan viiteen eri vaiheeseen (kuva 4.1), jotka ovat projektin myynti (selling), asettaminen (initiation), suunnittelu (planning), toteutus (execution) ja lopetus (closing). Mallia lähdettiin täydentämään avaamalla jokaista tuotekehitysprosessin vaihetta auki ja hahmottamalla tarkemmin mitä eri vaiheita siihen kuuluu, mitkä ovat kyseisen vaiheen sisäänmenot ja ulostulot, ketkä ovat toimijoina kyseisessä tuotekehityksen vaiheessa sekä mitä dokumentteja siinä tarvitsee syntyä.



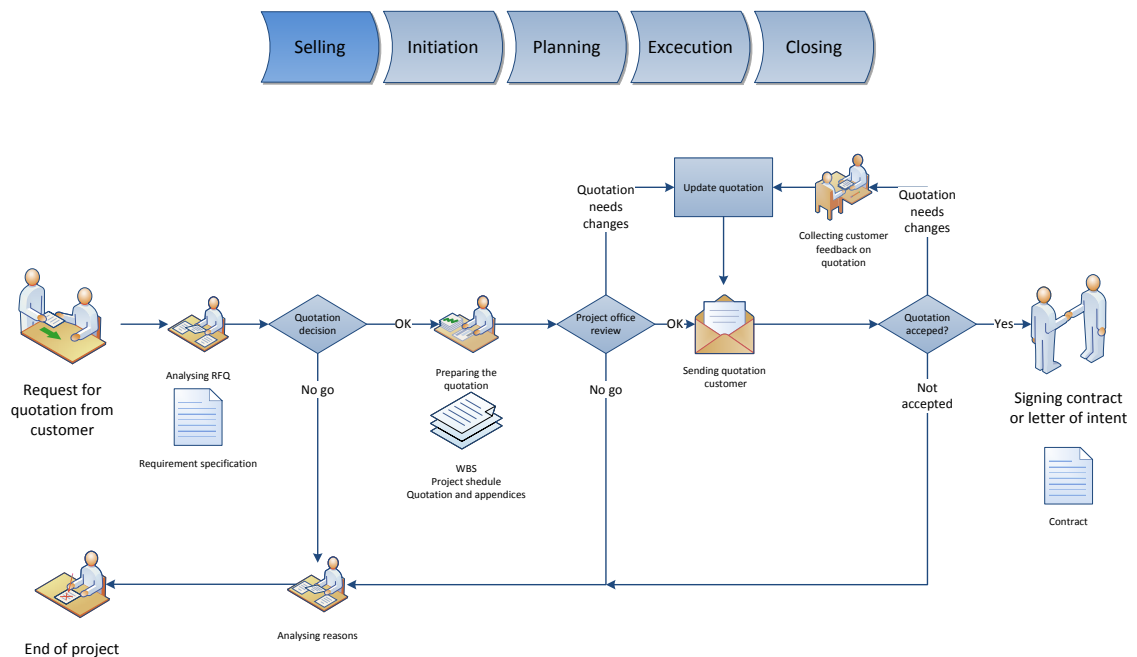
**Kuva 4.1. Prosessikuvauksen päätasot**

Prosessikuvaus toteutettiin Microsoft Visio ohjelmalla, sillä se oli yrityksellä jo valmiiksi käytössä. Monien prosessikuvausten ongelma on niiden monimutkaisuus ja raskaus, mikä rajoittaa niiden käyttöä. Tämän vuoksi prosessikuvauksesta oli tarkoitus tehdä mahdollisimman selkeä. Toteutettu prosessikuvaus noudattaa rakenteeltaan eniten vesiputousmallia. Vesiputousmallin etuna ja samalla heikkoutena on sen yksinkertaisuus. Tämän vuoksi se on helpoimmin omaksuttavissa, vaikkakin tosielämän prosessit ovat harvoin niin suoraviivaisia. Sitä täydennettiin kuitenkin soveltuvin osin spiraalimallilla katselmointien ja päätösten kohdalla, jotta se vastaisi paremmin todellista tuotekehitysprosessia.

Seuraavissa kappaleissa käyn vaiheittain läpi luodun tuotekehityksen prosessikuvauksen pääkohdat. Tuotekehitysprosessin kuvauksiin sisältyy toimintojen lisäksi myös kussakin vaiheessa syntyvät dokumentit. Kunkin kappaleen lopussa on vielä erikseen käyty läpi, kunkin vaiheen sisäänmenot, ulostulot sekä toimijat. Suunnitteluvaihe voidaan katsoa suoritetuksi vasta, kun kaikki määritellyt ulostulot ovat toteutuneet.

## 4.1 Projektin myynti

Projektin myyntivaiheen (kuva 4.2.) tarkoituksena on sopimuksen tai aiesopimuksen syntyminen. Se lähtee yleensä liikkeelle asiakkaan esittämästä tarjouspyynnöstä. Tarjouspyyntöä seuraa sen analysointi, jonka tarkoituksena on saavuttaa parempi ymmärtämys asiakkaan haluamasta tuotteesta. Tarjouspyynnön analysointivaiheessa määritellään ja analysoidaan asiakkaan vaatimukset sekä tehdään tuotteelle toteutettavuus tutkimus. Mikäli tuote on toteutettavissa, tehdään päätös tarjouksen valmistelun aloittamisesta.



**Kuva 4.2. Projektin myynti**

Tarjouksen laajuus riippuu asiakkaasta sekä tuotekehitysprosessin koosta. Kaikkia tarjouksia varten täytyy kuitenkin laatia laskelmat projektin kustannuksista. Niissä käytetään hyväksi Microsoft Excel työkalulla toteutettua WBS pohjaa, jossa tuotekehitysprosessi jaetaan eri vaiheisiin sekä määritellään kunkin vaiheen kesto. Lisäämällä arvioituihin tuntimääriin niiden tuntiveloitus saadaan suoraan asiakkaalta veloittavat kustannukset. Muita huomioon otettavia asioita ovat muun muassa matka- sekä materiaalikustannukset. Materiaalikustannusten kohdalla sopimus määrittää tyypillisesti sen, mitä kateprosenttia sovelletaan tilattavien hyödykkeiden kohdalla.



Muita oleellisia tarjouksen valmisteluun liittyviä asioita ovat työn aikataulun hahmotelmat, maksuehtojen määrittäminen sekä sopimukset alihankkijoista.

Tarjouksen valmistumisen sekä liitteiden keräämisen jälkeen se katselmoidaan yrityksen projektitoimistossa. Projektitoimisto voi ehdottaa sopimukseen muutoksia tai hylätä projektin kokonaan, mikä johtaa projektin päättymiseen. Mikäli tarjoukseen ehdotetaan muutoksia, päivitetään tarjousta niiltä osin ennen asiakkaalle lähettämistä.

Mikäli asiakas hyväksyy tarjouksen, on seurauksena sopimus tai aiesopimus. Asiakkaan halutessa muutoksia tarjoukseen tehdään iteraatiokierros, jossa kerätään asiakkaalta palautetta sopimuksesta sekä tehdään sen perusteella tarpeelliset korjaukset ennen kuin asiakkaalle lähetetään uusi tarjous. Mikäli projekti ei ole toteutettavissa asiakkaan haluamilla ehdoilla, johtaa se suoraan projektin päättymiseen.

### **Toimijat**

- Projektipäällikkö
- Suunnittelijat
- Asiakas
- Projektitoimisto

### **Sisäänmenot**

- Tarjouspyyntö
- Asiakkaan vaatimukset/toiveet

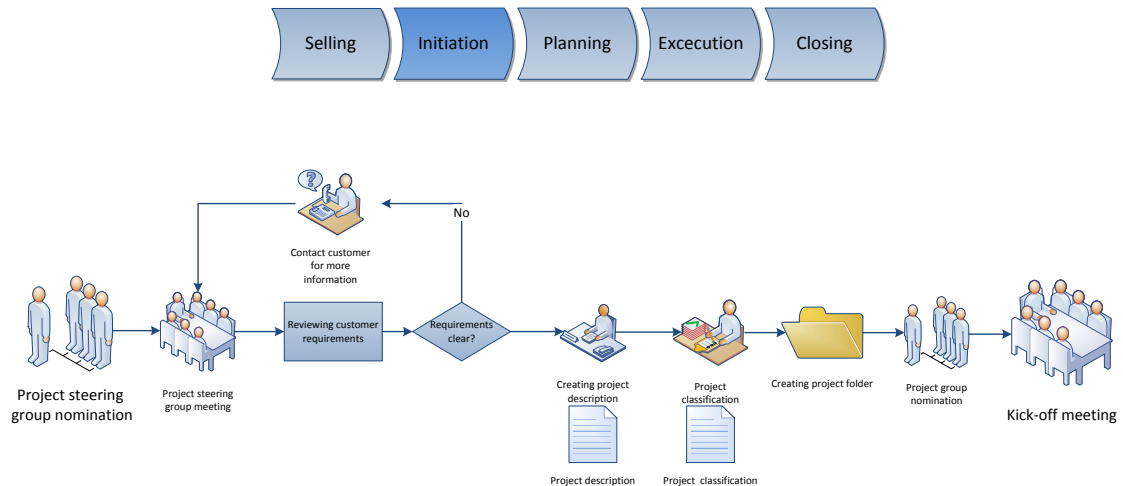
### **Ulostulot**

- Sopimus tai aiesopimus
- Tarjous, jonka liitteenä:
  - o WBS
  - o Alustava aikataulu
  - o Sopimukset alihankkijoiden käytöstä
  - o Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot (KSE 1995)
- Vaatimusspesifikaatiot asiakkaan toiveiden ja vaatimusten pohjalta

## **4.2 Projektin asettaminen**

Projektin asettamisvaihe (kuva 4.3.) on lyhyt ja suoraviivainen prosessi, jonka tarkoituksena on projektin johtoryhmän sekä projektiryhmän nimeäminen. Projektin asettamisvaiheeseen siirrytään, kun on saatu asiakkaalta tilaus. Se lähtee liikkeelle projektin ohjausryhmän nimeämisestä. Ohjausryhmään kuuluvat projektipäällikkö sekä yksikön vetäjä. Kun ohjausryhmä on nimetty, pidetään tyypillisesti ohjausryhmän kokous, jossa käydään läpi projektin tavoitteet sekä asiakastarpeet. Tämän jälkeen projektipäällikkö laatii projektikuvauksen, joka pitää sisällään projektin taustat,

projektin tavoitteet, projektin edut, asiakkaan tarpeet sekä odotukset, projektin riskit sekä projektin kustannukset.



**Kuva 4.3. Projektin asettaminen**

Projektikuvauksen jälkeen laaditaan projektin luokitus. Siinä projekti jaotellaan vaativuutensa mukaan joko A, B tai C-tyypin projektiin. A-tyypin projektit ovat monimutkaisia ja erittäin vaativia, B-tyypin projektit ovat vaativuudeltaan keskitasoa ja C-tyypin projektit ovat yksinkertaisia ja suoraviivaisia. Arvio projektin luokituksesta tehdään sen aikataulun kiireellisyyden, osallistuvien henkilöiden, teknologian uutuuden, tarjouksen rahamäärän ja sidosryhmien perusteella. Valittu projektiluokitus määrittää projektilta vaaditun dokumentoinnin laajuuden. Kustannukset ja muut vastaavat dokumentit tallennetaan Microsoft Sharepoint työkaluun ja suunnitteludokumentit tallennetaan projektikansioon, joka luodaan projektin asettamisvaiheessa. Projektikansio sisältää valmiiksi dokumenttipohjat kaikille suunnitteluvaiheille sekä valmiin kansiorakenteen niiden sekä suunnittelutiedostojen tallentamiseen. Valmiin kansiorakenteen ja dokumenttipohjien avulla pyritään siihen, että kaikki dokumentit noudattavat samaa valmiiksi määritettyä ulkoasua ja niiden löytäminen on helppoa pidemmänkin ajan jälkeen.

Projektikansion luomisen jälkeen projektille nimitetään projektiryhmä, joka koostuu projektin toteuttavista henkilöistä. Projektin käynnistetään virallisesti projektiryhmän aloituspalaverissa. Aloituspalaverissa käydään läpi projektin tavoitteet ja sen toteutus. Aloituspalaverissa projektin dokumentit siirtyvät myynniltä projektin henkilöstölle.

### Toimijat

- Projektipäällikkö
- Projektin ohjausryhmä
- Suunnittelijat

### Sisäänmenot

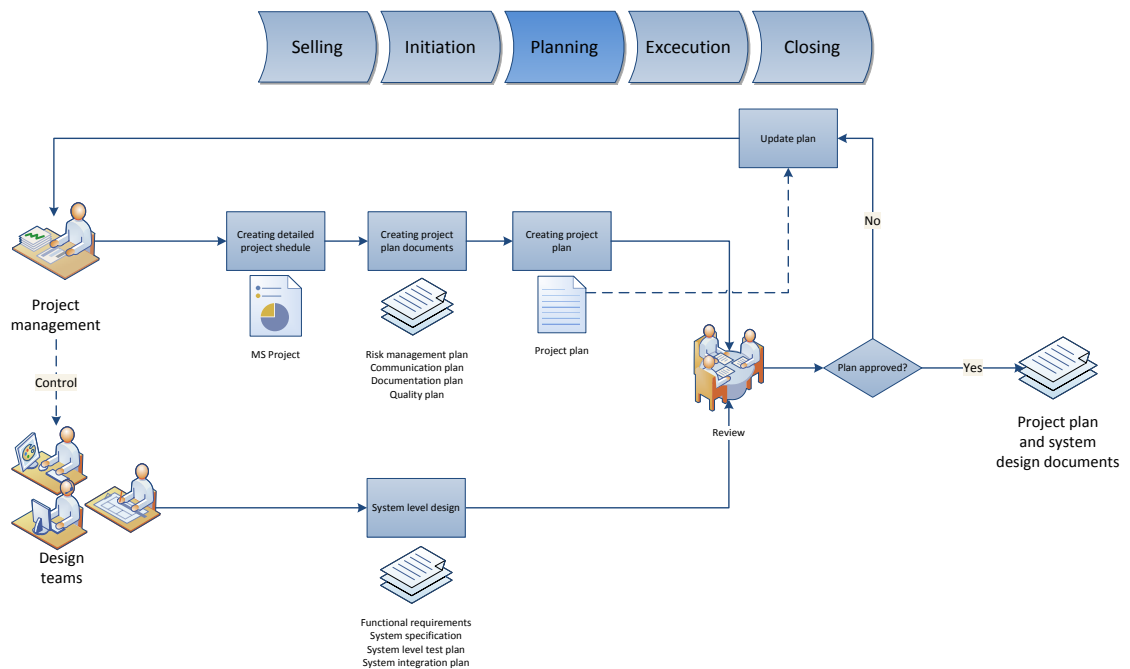
- Vaatimusmäärittely

## Ulostulot

- Projektikuvaus
- Projektin luokittelu
- Projektiryhmän valinta
- Aloituspalaverin pitäminen
- Aikataulun luonnos

## 4.3 Projektin suunnittelu

Projektin suunnitteluvaiheessa (kuva 4.4.) suunnitellaan projektin toteutus ja lyödään lukkoon tuotteen kokonaiskuva. Suunnitteluvaiheessa projektiryhmä toteuttaa projektin systeemitason suunnittelun ja siihen liittyvät dokumentit, projektin johdon keskittyessä hallinnollisiin dokumentteihin.



**Kuva 4.4. Projektin suunnittelu**

Projektin johdon suunnitteluvaiheen dokumentteihin kuuluu projektin yksityiskohtainen aikataulu, joka toteutetaan tyypillisesti laatimalla Ganttin kaavio Microsoft Project ohjelmalla. Aikataulu yksilöi WBS dokumentissa määritellyille projektin osille niiden suunnitellun toteutusajankohdan. Aikataulua tulee käyttää projektin aikana sen seuraamiseen ja toteutuneen aikataulun arvioimiseen. Näin tekemällä pysytään perillä siitä, mikä on projektin todellinen vaihe suunniteltuun verrattuna ja voidaan heti nähdä onko projekti etenemässä etuajassa vai myöhässä. Projektin aikataulu ja toteutuskelpoisuus käydään läpi myös projektin toteutuksesta vastaavan henkilöstön kanssa suunnitteluvaiheessa.

Muihin projektin johdon dokumentteihin kuuluu riskienhallintasuunnitelma, kommunikointisuunnitelma, dokumentointisuunnitelma sekä laatusuunnitelma. Nämä kaikki yhdistetään lopuksi projektisuunnitelmaksi, joka sisältää myös projektin taustat, projektin tavoitteet, projektiorganisaation ja intressiryhmät, sekä projektin toteutussuunnitelman, tunnistetut riskit ja projektin lopetuskriteerit.

Suunnitteluryhmä, johon voi kuulua mekaniikkasuunnittelijoita sekä ohjelmistosuunnittelijoita tai elektroniikkasuunnittelijoita projektin luonteen mukaan, laatii yhdessä systeemitason suunnitelman. Systeemitason suunnitelma pitää sisällään funktionaaliset vaatimukset, systeemin spesifikaation, systeemitason testisuunnitelman sekä systeemin integrointisuunnitelman. Suunnitelmien huolellinen dokumentointi on tärkeää, jotta ne olisivat kaikille selvät ja niihin voitaisiin palata aina suunnittelun aikana.

Projektisuunnitelman sekä systeemin suunnittelun jälkeen katselmoidaan syntyneet tulokset projektin johtajan sekä projektiryhmän kesken. Tarkastelussa käydään läpi syntyneet suunnitelmat ja niiden kattavuus sekä toteutettavuus. Katselmoinnissa lyödään lukkoon aikataulu ja spesifikaatiot, joita seuraamalla tuotekehitysprosessi toteutetaan. Mikäli suunnitelma on hyväksytty projektiryhmän sekä projektin johdon toimesta, hyväksytetään se vielä asiakkaalla ja lopulta projektin johtoryhmällä. Mikäli projektiin tulee korjattavaa, suoritetaan iteraatiokierros, jossa päivitetään syntynyttä suunnitelmaa projektin johdon kontrollissa. Suunnitteluvaihe päättyy, kun projektisuunnitelma sekä systeemitason suunnitelma on hyväksytty kaikkien intressiryhmien osalta.

### **Toimijat**

- Projektipäällikkö
- Projektin ohjausryhmä
- Suunnittelijat

### **Sisäänmenot**

- Vaatimusmäärittely
- Teknisten esiselvitysten tulokset
- WBS

### **Ulostulot**

- Riskinhallintasuunnitelma
- Kommunikointisuunnitelma
- Dokumentointisuunnitelma
- Laatusuunnitelma
- Projektisuunnitelma

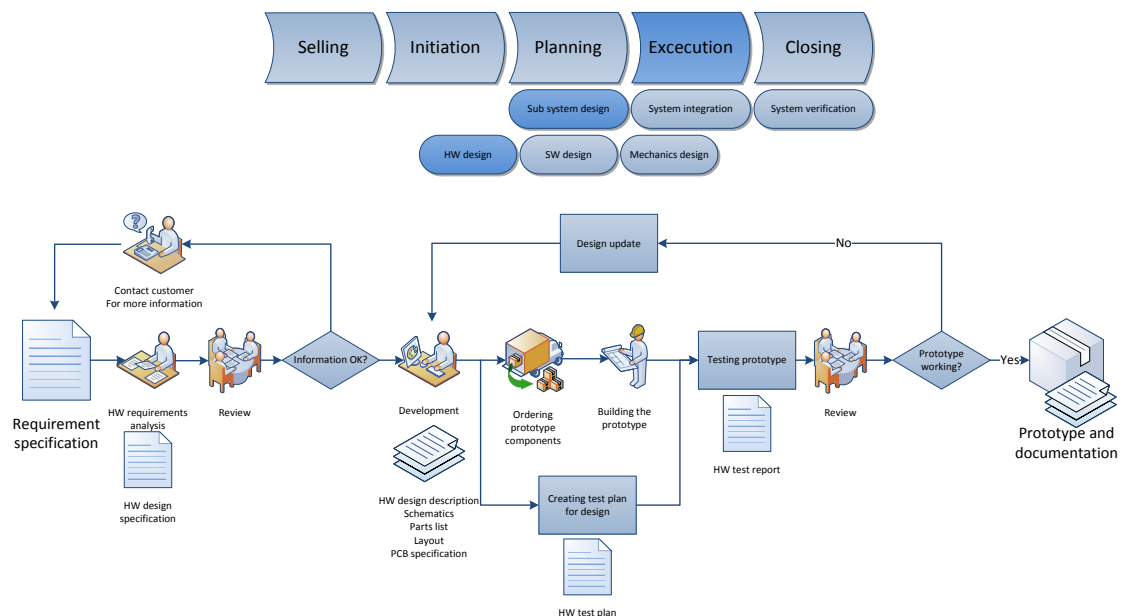
- Funktionaaliset vaatimukset
- Systemin spesifikaatio
- Systemitason testisuunnitelma
- Integrointisuunnitelma

## 4.4 Projektin toteuttaminen

Projektin toteutusvaihe jakautuu viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat: elektroniikkasuunnittelu, ohjelmistosuunnittelu, mekaniikkasuunnittelu, systemin integrointi ja systemin verifiointi. Mikäli kyseessä on pieni projekti, esimerkiksi pelkän ohjelmiston kehittäminen asiakkaalle, ei välttämättä kaikkia suunnitteluvaiheita tarvita.

### 4.4.1 Elektroniikkasuunnittelu

Elektroniikkasuunnittelu, kuten myös muutkin suunnittelun osa-alueet, alkaa aina vaatimusten määrittelyllä. Tämä on ensiarvoisen tärkeää, sillä tuotetta verrataan aina vaatimuksiin ja mitä myöhäisemmässä vaiheessa virheet tulevat esille, sitä kalliimmaksi niiden korjaaminen tulee. Vaatimukset ovat asiakkaan määrittelemiä toiveita, jotka on muutettu tuotteen mitattaviksi spesifikaatioiksi. Elektroniikkasuunnittelun kohdalla tarkastellaan vain elektroniikkaan liittyviä vaatimuksia. Koko suunnitteluryhmän tulee ymmärtää vaatimukset samalla tavalla, jotta kaikilla on sama käsitys tuotteen tavoitespesifikaatioista. Epäselviin spesifikaatioihin tulee pyytää tarkennusta asiakkaalta ennen suunnittelun aloitusta.



**Kuva 4.5. Elektroniikkasuunnittelu**

Mikäli tuotteen spesifikaatiot ovat selkeitä ja ymmärrettyjä voidaan siirtyä itse tuotteen suunnitteluprosessiin. Elektroniikkasuunnitteluun kuuluu muun muassa piirikaavioiden piirtäminen, komponenttien mitoittaminen ja valitseminen, simuloinnit sekä piirilevy

layoutin suunnittelu. Kun suunnitelmat ja piirrokset on tehty sekä hyväksytty projektiryhmän sekä projektin johdon kesken, tilataan komponentit prototyyppiin. Prototyypin komponentteja voidaan tilata useampaa prototyyppiä varten, jotta testausta voidaan tehdä laajemmin, mutta määrät ovat kuitenkin pieniä lopulliseen tuotteeseen verrattuna.

Testaaminen on yksi elektroniikkasuunnittelun tärkeimmistä asioista, minkä vuoksi se tulee suunnitella etukäteen huolella. Testaamisen voi tehdä joko suunnitteleva insinööri tai erillinen testi-insinööri, jonka käyttöä suositellaan erityisesti laajemmissa ja vaativammissa projekteissa. Erillisen testi-insinöörin käytöllä voidaan olla varmempia siitä, että testaus suoritetaan asianmukaisesti. Testi-insinöörin käytöllä saadaan testaukseen myös objektiivisempi näkökulma. Testisuunnitelman laatiminen voidaan hoitaa samalla kun prototyypin komponentit ovat tilauksessa ja prototyyppi kokoamisvaiheessa, mutta se voidaan hoitaa myös jopa aikaisemmin. Testisuunnitelman laatimiseen päteekin sama asia, kuin moniin muihin suunnitteludokumentteihin, eli mitä aikaisemmin, sen parempi.

Prototyypin valmistuttua suoritetaan sen testaus ennalta laaditun testisuunnitelman mukaisesti. Tässä vaiheessa testataan pääasiassa piirin perustoimintaa eikä siihen ole vielä ladattuna lopullista ohjelmistoa tässä vaiheessa. Käytössä voi kuitenkin olla karkea testiohjelmisto, jolla voidaan testata piirin toimintaa laajemmin. Moni piiri ei nimittäin tee suoranaisesti mitään ennen kuin niihin on ladattu niiden toimintaa ohjaava ohjelmisto. Testaaminen voidaan hoitaa tapauksesta riippuen usealla eri tavalla, mutta muutamia perusvaiheita testaamisessa ovat: testiasetelman rakentaminen, testiajo, jolla testataan testin toimivuus, oikea testiajo, raportointi ja testiasetelman purkaminen.

Viimeisenä katselmoidaan testin tulokset projektiryhmän kesken sekä raportoidaan niistä projektin johtoryhmälle. Johtoryhmä on yhteydessä asiakkaaseen ja raportoi projektin tuloksista sekä hoitaa neuvottelut asiakkaan kanssa, jos suunnitelmiin joudutaan tekemään muutoksia. Mikäli tulokset ovat odotetun kaltaiset ja vaatimusten mukaiset voidaan testi hyväksyä. Muussa tapauksessa on palattava taaksepäin muuttamaan suunnitelmia ja pahimmassa tapauksessa aloittamaan uudelleen alusta.

### **Toimijat**

- Elektroniikkasuunnittelija
- Testi-insinööri (mikäli käytettävissä)
- Projektin ohjausryhmä

### **Sisäänmenot**

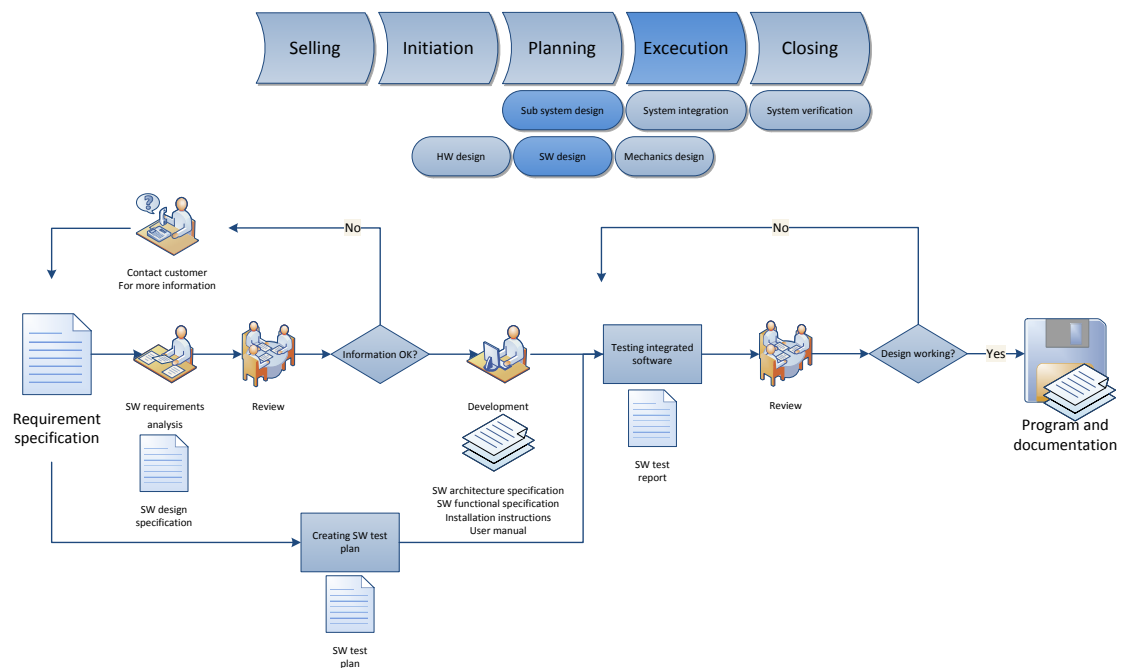
- Vaatimusmäärittelyt
- Funktionaaliset vaatimukset

## Ulostulot

- Elektroniikkasuunnittelun spesifikaatiot
- Elektroniikkasuunnittelun kuvaus
- Piirikaaviot
- Osalistat
- Layout dokumentit
- Piirilevyn spesifikaatiot
- Elektroniikan testisuunnitelma
- Elektroniikan testiraportti
- Prototyyppe

### 4.4.2 Ohjelmistosuunnittelu

Ohjelmistosuunnittelu (kuva 4.6) alkaa elektroniikkasuunnittelun tapaan vaatimusten määrittelyllä. Vaatimuksista tulee selvitä ainakin ohjelmistoympäristö, ohjelmiston rajapinnat, ohjelmointikieli ja toiminnallisuus.



**Kuva 4.6. Ohjelmistosuunnittelu**

Vaatimusten määrittelyä lukuun ottamatta poikkeaa ohjelmistosuunnittelu paljon elektroniikkasuunnittelusta. Itse suunnittelussa lähdetään liikkeelle pääarkkitehtuurin suunnittelusta, joka määrittelee ohjelmiston yleiskuvan. Tämän jälkeen ohjelmisto pilkotaan pienempiin osiin, niin sanottuihin toissijaisiin moduleihin. Ohjelmisto suunnitellaan tämän jälkeen moduuli kerrallaan testaten jokaisen moduulin toiminnallisuus erikseen. Kun kaikki moduulit on koodattu, testattu ja todettu toimiviksi, integroidaan moduulit yhdeksi kokonaiseksi ohjelmaksi. Integrointi kannattaa suorittaa aina pienissä osissa, mikä helpottaa vikojen löytämistä.

Kokonaisen koodin testaaminen suoritetaan erillistä testisuunnitelmaa noudattaen. Testisuunnitelman laatiminen kannattaa aloittaa heti ohjelmiston luomisen alkuvaiheessa ja siitä voi vastata erillinen testi-insinööri, mitä usein suositellaan. Testisuunnitelmasta tulee löytyä testattavien asioiden lisäksi myös oletettavat tulokset, joihin saatuja tuloksia verrataan. Testisuunnitelman tulee perustua vaatimuksiin, jotka löytyvät vaatimusmäärittelystä. Itse testauksen tavoitteena on löytää ohjelmiston viat sekä korjata ne.

Ohjelmiston testaamistapoja on useita. Eräs näistä on niin sanottu black box -testaus, jossa ohjelmisto kuvataan mustana laatikkona. Siinä keskitytään vain sisään menojen aiheuttamiin vasteisiin eikä yksittäiseen koodiin. Black box -testausta kutsutaan myös toiminnalliseksi testaamiseksi. Toinen käytetty menetelmä on niin sanottu white box -testaus, joka eroaa black box -testaamisesta siten, että testaaja näkee testattavan koodin ja algoritmit. Siinä testitapauksia ohjaa ohjelmiston rakenne ja sen testisuunnitelma perustuu ohjelmointikieleen, logiikkaan ja tyyliin. Muita mahdollisia testitapoja ovat suorituskykytestaus, jossa testataan ohjelman suorituskykyä, luotettavuustestaus, jolla pyritään varmistamaan ohjelman häiriötön toiminta sekä turvallisuustestaus, jolla testataan ohjelman laatua, luotettavuutta ja turvallisuutta. (Jintao, P. 1999)

### **Toimijat**

- Ohjelmistosuunnittelija
- Testi-insinööri (mikäli käytettävissä)
- Projektin ohjausryhmä

### **Sisäänmenot**

- Vaatimusmäärittelyt
- Funktionaaliset vaatimukset

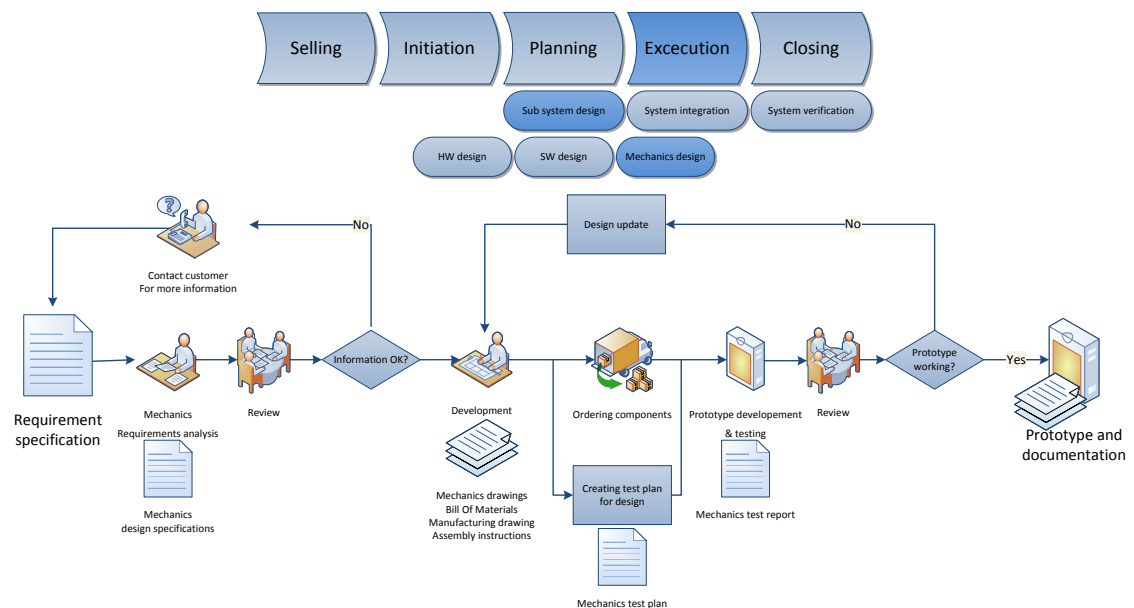
### **Ulostulot**

- Ohjelmistosuunnittelun spesifikaatiot
- Ohjelmiston testisuunnitelma
- Ohjelmistoarkkitehtuurin spesifikaatio
- Ohjelmiston funktionaalinen spesifikaatio
- Asennusohjeet
- Käyttöohjeet
- Ohjelmiston testiraportti
- Valmis ohjelma



### 4.4.3 Mekaniikkasuunnittelu

Mekaniikkasuunnittelu (kuva 4.7) muistuttaa hyvin paljon elektroniikkasuunnittelua prosessinsa osalta. Se lähtee liikkeelle muiden suunnittelun osa-alueiden tavoin vaatimusten analysoinnista, jotka katselmoidaan projektiryhmän kesken ja epäselvät kohdat tarkistetaan tarvittaessa asiakkaalta. Suunnitteluprosessi voidaan aloittaa vasta, kun vaatimukset ovat selvät kaikille suunnittelijoille.



**Kuva 4.7. Mekaniikkasuunnittelu**

Mekaniikkasuunnittelu lähtee liikkeelle eri komponenttien mittasuhteiden määrittelystä. Mekaniikkasuunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon kestävyys, stabiliteetti, lämpötila, ja tuotteen elinikä. Kestävyyteen liittyvät arviot voi hoitaa erillinen lujuuslaskija, joka on erikoistunut kyseisiin laskelmiin. Kun materiaaleja valitaan, tulee samalla tehdä myös arvio tuotteen kustannuksista ja alihankkijaverkostoista, jotta voidaan olla varmoja siitä, että materiaalivalinnat ovat järkevästi toteutettavissa asiakkaan toivomalla tavoitehinnalla.

Mekaniikkasuunnitteluun oleellisesti kuuluu piirustusten tekeminen, joiden perusteella tuote voidaan valmistaa itse tai valmistuttaa alihankkijalla. Kun piirustukset ja materiaalivalinnat on tehty, voidaan luoda lopullinen kustannusarvio suunnitelman mukaisesta tuotteesta. Mekaniikkasuunnittelussa tulee edellä mainittujen lisäksi ottaa huomioon myös tuotteen valmistamiseen liittyvät asiat, kuten valmistustyökalut sekä valmistuksen kustannukset.

Tuotteen suunnittelun ja kustannuslaskelmien jälkeen voidaan valmistaa prototyyppi suunnittelun mukaisesta tuotteesta ja aloittaa sen testaaminen. Testaaminen riippuu hyvin paljon siitä, millainen tuote on kyseessä, ja voi yksinkertaisimmillaan olla vain kokeilu siitä, mahtuuko tuote koteloon. Toisissa tapauksissa tuotteille voidaan joutua

tekemään useita erilaisia kestävyys- ja luokitustestejä. Näitä voivat olla esimerkiksi erilaiset pudotustestit, ravistustestit sekä tiivystestit, joilla määritellään laitteen IP-luokka.

### **Toimijat**

- Mekaniikkasuunnittelija
- Testi-insinööri (mikäli käytettävissä)
- Projektin ohjausryhmä

### **Sisäänmenot**

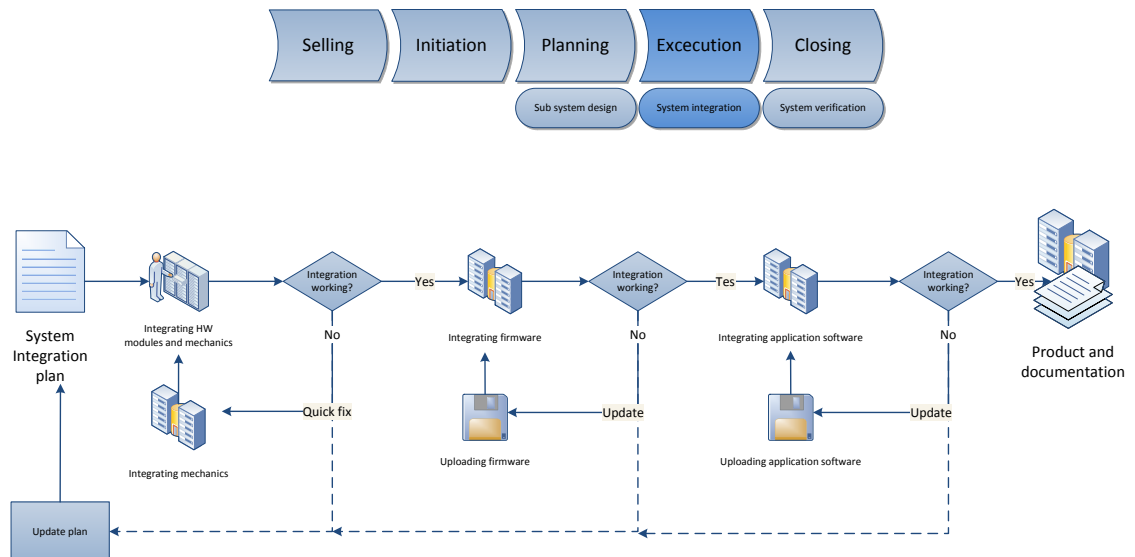
- Vaatimusmäärittelyt

### **Ulostulot**

- Mekaniikkasuunnittelun spesifikaatiot
- Mekaniikkapiirrustukset
- Kustannuslaskelmat
- Valmistuspiirrustukset
- Mekaniikan testiraportti
- Prototyyppi

## **4.5 Systemin integrointi**

Systemin integrointivaiheen (kuva 4.8) tarkoituksena on yhdistää erikseen suunnitellut tuotteen osat (elektroniikka, ohjelmisto, mekaniikka) yhdeksi kokonaiseksi tuotteeksi. Systemin integroinnin tulee pohjautua suunnitteluvaiheessa luotuun systemin integrointisuunnitelmaan, jota on voitu päivittää myös tuotekehitysprosessin aikana. Systemin integroinnissa yhdistetään pala kerrallaan tuotteen eri osia yhteen ja testataan integroinnin toimivuus. Tekemällä integrointi pienissä osissa helpotetaan vikojen löytämistä ja korjausten tekemistä.



**Kuva 4.8. Systemin integrointi**

Integrointivaiheen eteneminen riippuu paljon tuotteesta ja siihen kuuluvista osista. Integrointi voidaan suorittaa usealla eri tavalla ja kuvassa 4.8. on vain yksi mahdollinen integroinnin toteutusjärjestys.

Integrointivaihe alkaa mekaniikan ja elektroniikan integroinnilla, mikä yksinkertaisimmillaan tarkoittaa piirilevyn sovittamista koteloon. Mikäli kotelo on väärän kokoinen tai piirilevyn suunnittelussa reiät ovat esimerkiksi väärässä kohdassa, voidaan suorittaa pikakorjaus, jolla saadaan prototyyppi valmistettua. Mikäli mekaniikan ja elektroniikan integrointi on onnistunut, integroidaan seuraavaksi laitteen ohjelmisto. Ensimmäinen integroitava ohjelmisto on kiinteästi laitteen toimintaan liittyvä ohjelmisto, niin sanottu firmware, jota ilman laite ei toimi normaalisti. Tämä ohjelmisto on käyttäjälle näkymätöntä. Integroinnin onnistumista testataan ajamalla laitetta erilaisissa tilanteissa pyrkien huomaamaan mahdolliset ohjelmointivirheet tai virheet elektroniikkasuunnittelussa. Mikäli kaikki toimii normaalisti, ladataan lopuksi tuotteeseen sovellusohjelmisto, joka toimii käyttäjän ja laitteen välisenä rajapintana. Viimeiseksi suoritetaan tarvittavat integrointitestit.

### Toimijat

- Suunnittelijat
- Testi-insinööri (mikäli käytettävissä)
- Projektin ohjausryhmä

### Sisäänmenot

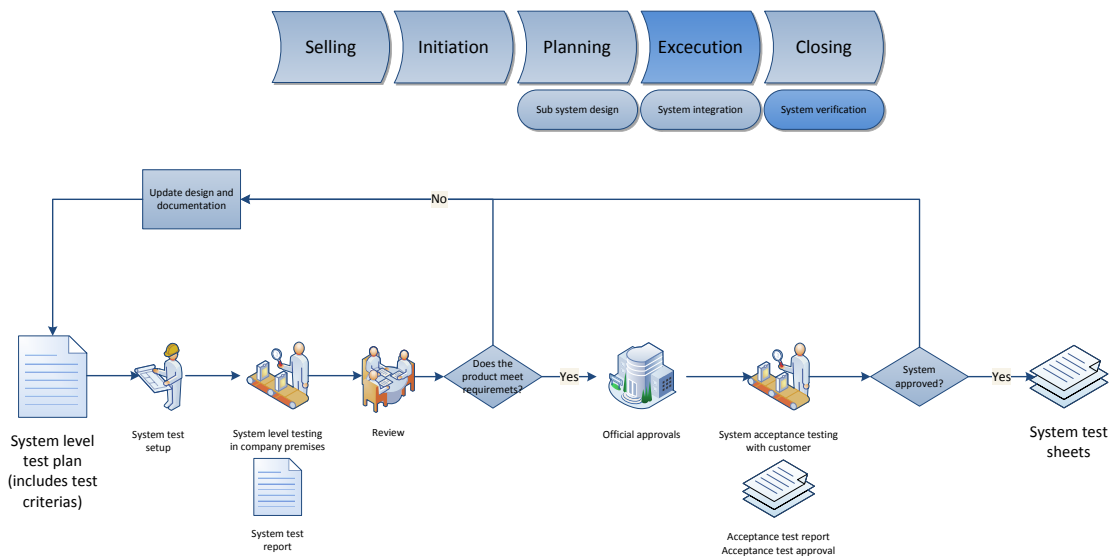
- Systemin integrointisuunnitelma
- Elektroniikan prototyyppi
- Ohjelmisto
- Mekaniikan prototyyppi

## Ulostulot

- Tuote
- Testidokumentit

## 4.6 Systemin verifiointi

Systemin verifiointiin (kuva 4.9) tarkoituksena on varmistaa, että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset ja sopii sille tarkoitettuun käyttötarkoitukseen. Verifiointiin tulee perustua suunnitteluvaiheessa luotuun systeemitason testisuunnitelmaan.



**Kuva 4.9. Verifiointi**

Verifiointivaiheen vaiheen testaukset voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäiseksi tuotetta testataan kattavasti yrityksen tiloissa ja pyritään löytämään kaikki mahdollisesti siihen jääneet viat ja suorittamaan tarvittavat korjaustoimenpiteet. Testaukseen kuuluu muun muassa regressiotestaus, funktionaalinen testaus, vanhennustestaus, suojausluokkatestaus, stabiiliteettiin liittyvät testit sekä turvallisuustestit. Testitulokset katselmoidaan suunnittelijoiden sekä ohjausryhmän kesken. Jotta systeemiä voidaan pitää valmiina, tulee testin tuloksien vastata luotuja vaatimusspesifikaatioita ja laitteen toiminnan olla virheetöntä. Testauksesta laaditaan testiraportti, josta tulee ilmetä testattavat asiat sekä testin tulokset.

Kaikille tuotteille tulee aina hakea lopuksi viralliset hyväksynät. Tuotteen myyntimaa vaikuttaa siihen, mitä hyväksyntöjä tuotteelle tarvitsee hakea. Pakollinen Euroopan markkinoilla on CE-merkintä (Conformité Européene), jolla valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU-direktiivien vaatimukset. Muita mahdollisia hyväksyntöjä ovat esimerkiksi TÜV, CSA ja CCC. Tämän lisäksi sähkölaitteen on läpäistävä muun muassa EMC testit, joilla varmistetaan, että laite ei tuota kohtuuttomasti sähkömagneettisia häiriöitä.

Toisessa testausvaiheessa suoritetaan hyväksyntätestaus tuotteen lopullisessa käyttöympäristössä. Testauksen avulla saadaan vähennettyä käyttöönoton ongelmia ja varmistettua, että järjestelmä vastaa asiakkaan kanssa sovittua. Tässä vaiheessa myös asiakas on mukana testauksessa. Mikäli tuote täyttää asiakkaan sille asettamat vaatimukset ja toimii sille tarkoitetussa käyttöympäristössä allekirjoittaa asiakas hyväksyntänsä tuotteelle merkinä tulosten hyväksymisestä. Tämän lisäksi laaditaan tästäkin testauksesta testiraportti, josta selviää testatut asiat ja saadut tulokset.

### **Toimijat**

- Suunnittelijat
- Testi-insinöörit (mikäli käytettävissä)
- Projektin ohjausryhmä
- Asiakas

### **Sisäänmenot**

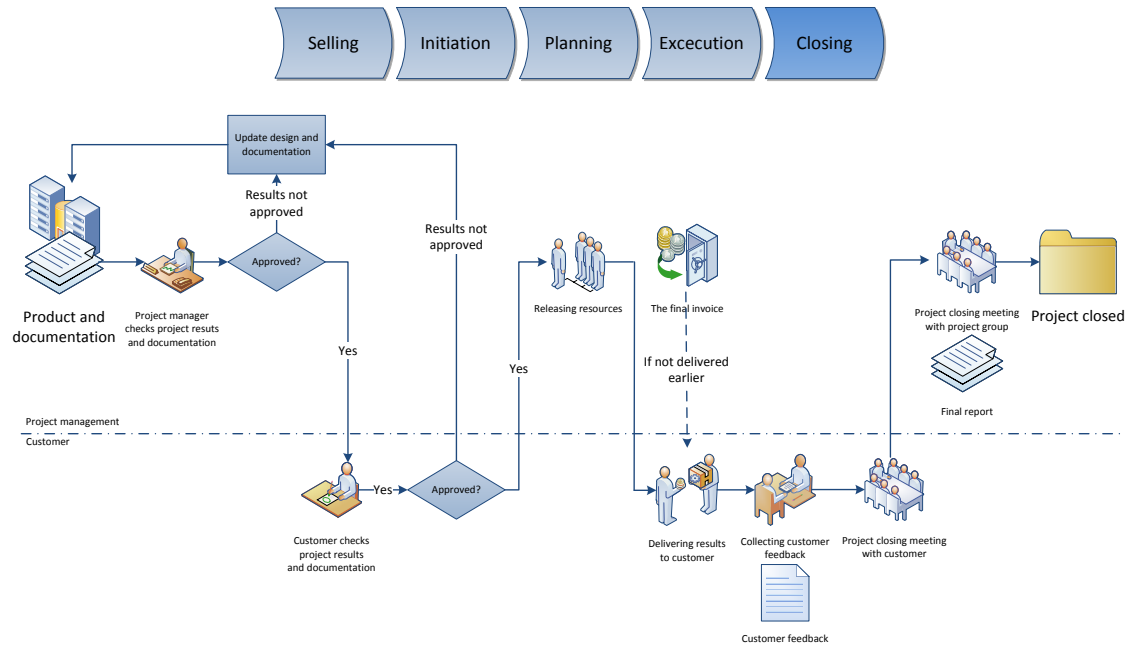
- Vaatimusmäärittely
- Systeemitason testisuunnitelma

### **Ulostulot**

- Systeemitason testauksen testiraportti
- Hyväksyntätestauksen testiraportti
- Hyväksyntätestin hyväksyntädokumentti asiakkaalta

## **4.7 Projektin lopetus**

Projektin lopetusvaihe (kuva 4.10) on projektin asettamisen tavoin hyvin suoraviivainen prosessi ja toimii osittain sen vastakohtana. Projektin lopetusvaiheessa projektipäällikkö tarkastaa vielä työn lopputulokset ja antaa niille hyväksyntänsä. Tämän jälkeen hän toimittaa työn tulokset asiakkaalle, joka myös tarkistaa työn tulokset sekä dokumentoinnin laadun. Mikäli myös asiakas hyväksyy työn lopputulokset, voi projektipäällikkö vapauttaa suunnittelijat projektista muihin tehtäviin. Jos jotakin työn osaa ei syystä tai toisesta hyväksytä, joudutaan iteroimaan ja suorittamaan tarvittavat korjaukset. Mikäli tässä vaiheessa projektia ilmenee selkeitä puutteita sovitusta, on korjausten tekeminen tyypillisesti hyvin kallista, minkä vuoksi tuotekehitysprojektin aikana tulee noudattaa säännöllisiä katselmointeja sekä informoida asiakasta työn tuloksista tasaisin väliajoin jo suunnittelutyön aikana.



**Kuva 4.10. Projektin lopetus**

Samalla, kun asiakkaalle toimitetaan tuote sekä siihen liittyvät dokumentit, toimitetaan myös lopullinen lasku, mikäli sitä ei ole toimitettu jo aikaisemmin. Laskun toimitusajankohta sekä maksuehdot on sovittu valmiiksi jo sopimusta allekirjoittaessa. Kun työn tulokset on toimitettu asiakkaalle, kerätään asiakkaalta vielä palautetta työn onnistumisesta joko lähetettävällä lomakkeella tai asiakkaan kanssa järjestettävän loppupalaverin yhteydessä. Asiakaspalautteen kerääminen on tärkeää yrityksen toiminnan ja henkilöstön kehittämisen kannalta.

Projekti päättyy projektin suunnittelijoiden sekä projektin ohjausryhmän kesken järjestettävään loppupalaveriin, jossa voidaan antaa palautetta projektin onnistumisesta ja mahdollisesti ilmenneistä ongelmista. Projektipäällikkö laatii vielä viimeiseksi loppuraportin, jossa on lyhyesti käyty läpi projektin tavoitteet, toteutus, aikataulut, budjetit ja niissä pysyminen, dokumentointi sekä asiakaspalautteet.

### Toimijat

- Projektipäällikkö
- Asiakas
- Projektiryhmä
- Projektin ohjausryhmä

### Sisäänmenot

- Valmis tuote
- Tuotteen dokumentaatio

### Ulostulot

- Asiakaspalautteet ja loppuraportti

## 5 YHTEENVETO

Elektrolyyttikondensaattoreiden vanheneminen on yleinen ongelma teollisuudessa. Tätä ilmenee paljon esimerkiksi jännitevälipiirillisillä taajuusmuuttajilla, joiden välipiiri koostuu tyypillisesti yhdestä tai useammasta elektrolyyttikondensaattorista. Mikäli kondensaattorit ovat käyttämättä pitkiä aikoja, on niitä virkistettävä ennen käyttöä läpilyöntien estämiseksi.

Kondensaattoreiden elvyttäminen on yleisesti tunnettu ilmiö ja sen toteuttamiseen löytyy ABB:lta useampi ratkaisu, jotka on esitelty kappaleessa kaksi. Vaikka ongelma on yleisesti tiedostettu, puuttuu kuitenkin kaupallinen työkalu sen ratkaisemiseksi. Etteplanin sisällä on jo pidemmän aikaa tutkittu mahdollisuutta tehdä kevyt työkalu huoltomiehelle taajuusmuuttajan elektrolyyttikondensaattoreiden virkistämiseen. Jotta tuotteen suunnittelu ja sen myyminen eteenpäin onnistuisi, tulee se kuitenkin ensiksi tuotteistaa.

Tuotteen tuotteistaminen on laaja kokonaisuus, joka vaatii kaikkien tuotekehitykseen osallistuvien tahojen yhteistyötä. Tuotteistaminen käsittää kaikki toimenpiteet, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja markkinoille tuomiseen. Siihen kuuluu esimerkiksi laadunhallinta, dokumentointisuunnitelma, työmenetelmät ja tuotekuvaukset. Suurin osa tuotteen elinkaaren kustannuksista syntyy suunnitteluvaiheessa, minkä vuoksi suunnittelun mahdollisimman tehokkaalla toiminnalla voidaan pienentää tuotekehityksen kustannuksia.

Lopputyön tavoitteena oli Etteplanin tuotekehitysprosessin mallintaminen taajuusmuuttajan välipiirin virkistyslaitteen suunnittelua varten. Tuotekehitysprosessin kuvauksen tuli olla kattava olematta kuitenkaan liian raskas, mikä vaikeuttaisi sen käyttöä. Sen tuli näyttää selkeästi, mitkä ovat kunkin vaiheen sisäänmenot, ulostulot, tarkastuspisteet ja mitä dokumentteja tulee missäkin tuotekehitysprosessin vaiheessa syntyä.

Tuotekehitysprosessin mallin luomisessa käytettiin kolmen eri toimipisteen (Tampere, Hyvinkää ja Vantaa) työntekijöiden haastatteluja, jotta saavutettiin mahdollisimman hyvä kuva Etteplanin tuotekehitysprosessista. Tuotekehitysprosessin mallin voidaan siis katsoa noudattavan soveltuvien osin hyvin Etteplanin tuotekehitysprosessia ja sen johdosta lopputyön tuloksia voidaan pitää onnistuneina.

## LÄHTEET

1minus1. [WWW]. [Viitattu 15.12.2012]. Saatavissa: <http://1minus1.com/develop>

ABB Oy. 2009. Capacitor reforming instructions. [WWW]. [Viitattu 10.7.2012]  
Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/93dacf539334d599c125768c003ecd50/\\$file/en\\_capacitor%20reforming%20instructions\\_d.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/93dacf539334d599c125768c003ecd50/$file/en_capacitor%20reforming%20instructions_d.pdf)

Black, R. 2002. Managing the Testing Process (2<sup>nd</sup> Edition). John Wiley & Sons. 528 s.

Boehm, B. 1988. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. [WWW]  
[Viitattu 27.11.2012] Saatavissa: <http://weblog.erenkrantz.com/~jerenk/phase-ii/Boe88.pdf>

Chen, L. Weng, M. An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models. 2006. [WWW]. [Viitattu 1.12.2012]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221704007842>

Crowe D., Feinberg A. 2001. Design for reliability. Lowell, MA. CRC Press LLC.

Huhtala, P. Pulkkinen, A. 2008. Tuotettavuuden kehittäminen. Tampere. Esa Print Oy. 431 s.

Jaakkola, E. Orava, M. Varjonen, V. 2009. Palvelujen tuotteistamisesta kilpailuetua. Tekes. 42 s.

Jaakkola, J. Tunkelo, E. 1987. Tuotekehitys – ideoista markkinoille. Espoo. Amer-  
yhtymä Oy Weilin+Göös kirjapaino. 250 s.

Jintao, P. 1999. Software testing. [WWW]. [Viitattu 10.11.2012]. Saatavissa: [http://www.ece.cmu.edu/~koopman/des\\_s99/sw\\_testing/](http://www.ece.cmu.edu/~koopman/des_s99/sw_testing/)

Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. Helsinki. Hakapaino Oy. 200 s.

Kajaanin AMK:n kotisivut. Tuotteistaminen. [WWW]. [Viitattu 26.11.2012].  
Saatavissa: <http://193.167.122.14/Opari/ontTukiToimTuotteistaminen.aspx>

Koomen, T. Pol, M. 1999. Test Process Improvement: A Step-by-step Guide to Structured Testing. Addison Wesley. 240 s.



Layton, M. 2012. Agile Project Management For Dummies. John Wiley & Sons, Inc. 360 s.

Wang, L.-T. Vu C.-W. Wen X. 2006. VLSI Test Principles And Architectures: Design For Testability. Elsevier Inc. 777 s.

SSTSixSigmaTutorial. Design FMEA (DFMEA) Tutorial. [WWW]. [Viitattu 12.12.2012]. Saatavissa: <http://sixsigmatutorial.com/design-fmea-tutorial/431/3/>

Sipilä, J. 1996. Asiantuntijapalvelujen tuotteistaminen. WSOY. 151 s.

Suomen standardisoimisliitto SFS Ry. [WWW]. [Viitattu 16.10.2012]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Tuotteistaminen. [WWW]. [Viitattu 12.12.2012]. Saatavissa: [http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/tutkimus/tyokalut/neuvontapalvelut/kehittaminen/toiminta/tuotteistus/paketointi](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/tutkimus/tyokalut/neuvontapalvelut/kehittaminen/toiminta/tuotteistus/paketointi)

Ulrich, K.T. Eppinger, S.D. 2008. Product design and development. 4<sup>th</sup> edition. Singapore. McGraw-Hill, Inc. 289 s.

Volotinen, V. 1997. Analoginen elektroniikka. Porvoo. WSOY. 352 s.

Välimaa, V. Kankkunen, M. Lagerroos, O. Lehtinen M. 1997. Tuotekehitys. Asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki. Painatuskeskus Oy. 173 s.

Weaver, P. 2004. Success in your project. A guide to student system development projects. Glasgow. Bell & Bain Limited. 291 s.