Tampereen yliopisto

Henri Heikkala

TUOTEKEHITYKSEN EDISTÄMINEN PIENESSÄ TEKNOLOGIAYRITYKSESSÄ

Diplomityö
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Tarkastaja: Professori Teemu Laine
Tarkastaja: Professori Marko Seppänen
Tammikuu 2024

TIIVISTELMÄ

Henri Heikkala: Tuotekehityksen edistäminen pienessä teknologiayrityksessä
Diplomityö, 80 sivua
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan DI-tutkinto-ohjelma
Pääaine: Tuotantotalous
Tammikuu 2024

Tuotekehitys on monella tapaa elintärkeä tekijä yrityksen menestymisessä. Ilman uusien tuotteiden kehitystä yritysten on lähes mahdotonta kilpailla jatkuvasti muuttuvissa markkinoilla. Myös liiketoiminnan kasvun kannalta teknologian kehitys varmistaa yrityksen kilpailukyvyn etulyöntiasemaa. Tuotekehityksellä tarkoitetaan kaikkia tuotteiden kehittämiseen ja paranteluun liittyviä aktiviteetteja. Uusien tuotteiden kehittäminen on eri vaiheista ja osastoista koostuva prosessi, jonka epävarma menestyminen riippuu useista eri tekijöistä. Tuotekehitysprosessin tarkoituksena on toimia tuotekehityksen toimintojen integroijana ja kommunikoinnin välineenä.

Diplomityön tavoitteena oli tutkia tuotekehityksen edistämistä pienen teknologiayrityksen näkökulmasta. Kohdeyrityksenä toimii alansa johtava kuparin ja non-ferrous metalliseoslangan tai -putken pystyvalutuotantolinjojen toimittaja. Pienen yrityksen haasteina tuotekehityksessä olivat rajalliset resurssit, sekä henkilöstön kohdistaminen tuotekehityksen tarpeisiin. Erityisenä haasteena oli arkityöskentelyn valinta tuottavan työn ja tuotekehityksen väliltä. Pääsääntönä tuotekehittäjien tulisi osallistua tuotekehitykseen kokoaikaisesti, mutta pienissä yrityksissä tämä ei ole aina mahdollista.

Työ tehtiin toimintatutkimuksena. Kohdeyrityksen esittelyssä tarkasteltiin Upcast Oy:n tuotteita ja toimintaa, kartoitettiin tuotekehityksen haasteita, toimintaympäristöä, sekä projektityöskentelyn luonnetta. Teoriaosuudessa hyödynnettiin Tampereen Yliopiston tietokannoista saatavaa alan kirjallisuutta ja tuotekehityksen tutkimuksia, ja etenkin Robert Cooperin kehittämän Stage-gate tuotekehitysprosessin uusimpia ominaisuuksia. Työ rajattiin koskemaan pääasiassa tuotantolinjan laitesuunnittelun tuotekehitystä, mutta osittain myös perustutkimuksen hyödyntämistä laitesuunnittelussa.

Tulosten perusteella menestyvä tuotekehitys rakentuu neljän avaintekijän ympärille, *strategia*, *tuotekehityksen portfolio ja resurssien allokointi*, *tuotekehitysprosessi ja ihmiset*. Nämä neljä avaintekijää toimivat tarkastelun lähtökohtana yrityksen tuotekehityksen edistämisessä. Tuotekehitysprosessi päätösportteineen sitouttaa yrityksen johtoa osallistumaan tuotekehitykseen, kun taas tuotekehitysportfolion tärkeä tehtävä on tasapainottaa kehityskohteita yrityksen strategian ja resurssien mukaisesti. Tuotekehityksen menestymiseen vaikuttavat myös monet muut eri tekijät kuten riskinhallinta, organisaation toiminta, kulttuuri ja epävarmuuden sieto. Yksittäisistä tekijöistä tärkein oli yrityksen johdon antama tuki.

Nykyajan tuotekehityksen jatkuva teema on ollut maailman muuttuvan entistä nopeammaksi, ja tuotteiden monimutkaisemmiksi. Tähän teemaan vastaten uusimmat tuotekehitysprosessit soveltavat ohjelmistosuunnittelun tuotekehitykseen luotuja Agile-, ja Scrum rakenteita. Myös laitesuunnittelun on mukauduttava yhä nopeampiin muuttuviin markkinoiden vaatimuksiin. Tämän tuloksena luotiin laitekehitykseen skaalautuva Agile-Stage-gate prosessi. Myös perustutkimuksen tehostamiseksi kartoitettiin Stage-gateTK prosessi, sekä löytämis-vaiheen hyödyntäminen ideapankkeineen. Lisäksi tarkasteltiin muita tuotekehityksen tekijöitä.

Tutkimusten mukaan pienten yritysten tuotekehitystoiminta oli tehokkainta kavennetussa Stage-gate mallissa, mikä myös johtui osin matalan riskien kohteista. Kuitenkaan ei ole olemassa yhtä mallia kaikkiin tuotekehityskohteisiin, vaan tuotekehitysprosessit ovat aina tapauskohtaisia.

Diplomityön tulosten on tarkoitus toimia yrityksen tuotekehityksen kehittämisen ohjeena. Vaikka tuotekehitys sisältää aina omat riskinsä, sen potentiaalit ovat valtavat.

Avainsanat: Tuotekehitys, tuotekehitysprosessi, Stage-gate, Agile, Scrum

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Henri Heikkala: Product development improvement in a small technology company
Master of Science Thesis, 80 pages
Tampere University
Master's Degree Programme in Management and Information Technology
January 2024

Product development in many ways is a vital aspect of a company's success. Without new product development it is almost impossible for a company to compete in continuously changing markets. Developing new technologies also ensures key advantages for company growth. Product development is defined as all the activities involved in improving or developing products. Developing new products is a process that contains different phases and departments, which unclear success is dependent on many different factors. In product development the purpose of a product development process is to integrate and communicate key functions.

The purpose of this master's thesis is to research how to improve product development from a small technology company's point of view. The target company is a small, leading copper and non-ferrous metal rod and tube upcast production line supplier. Challenges of a small company product development were scarce resources and contributing personnel for development work. Furthermore, there's a challenge to balance productive everyday work with development. As a main rule product developers should participate full-time, but in a small enterprise this is not always possible.

This thesis was done as an operational research. In the introduction of the target company Upcast Oy we observed its current products and activities, looked at product development issues and the nature of project work. In theory section we utilized literature and research of product development, especially the work of Robert Copper's latest developments on Stage-gate product development processes. This thesis was limited mostly to product development on mechanical production machinery, but also to basic research and its utilization.

As results of this thesis we concluded that successful product development is build around four key-factors, *strategy*, *product development portfolio and resource allocation*, *product development process* and *people*. These four factors function as the basis of improving company's product development. Product development process with its decision-gates commits company management to development work, whereas product development portfolio balances projects with company strategy and resources. Other factors also influence development success such as risk management, organization, culture and ability to withstand ambiguity. Most important single factor is the support of company management.

A recurring theme in modern product development is the ever-increasing pace of development and the complexity of products. As an answer to this development, newest development processes utilize structures from Agile and Scrum software development. Machine development must also adapt to ever increasing pace of market requirements. As result an Agile-Stage-gate process for machine development was created for this thesis. In the result section a model for basic research and discovery-stage was also presented. In addition other influencing factors were also observed.

According to research, the most effective product development in a small company took place with smaller scale models of Stage-gate. This was partly due to focus in smaller risk projects. However, there is no one-model-fits-all development process. Product development processes are rather to be tailored to every different single project.

This master's thesis is to function as a guide of improving product development activities in a company. Even though product development always presents its own risks, its potentials are enormous.

Keywords: Product development, product development process, Stage-gate, Agile, Scrum

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tuotekehitys on mielenkiintoinen tutkimuksen kohde etenkin teollisuuden parissa. Tämä diplomityö on tehty pienen teknologiayrityksen tuotekehityksen edistämiseksi, jonka kaltaista kohdeyritys Upcast Oy edustaa. Samoin kuin pienen yrityksen haasteena on löytää aikaa tuotekehitykseen tuottavan arkityöskentelyn ohella, myös ajan löytäminen töiden ohella opiskeluun tuottaa omat haasteensa.

Suurkiitokset diplomityön ohjaajalle Teemu Laineelle sekä professori Marko Seppäselle. Kiitokset myös kohdeyritys Upcast Oy:lle mielenkiintoisesta toimintaympäristöstä.

”Uncertainty and mystery are energies of life. Don't let them scare you unduly, for they keep boredom at bay and spark creativity.”

—R.I. Fitzhenry, Innovation Network, s-posti 11 November 2002

Porissa, 30.1.2024

Henri Heikkala

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO ... 1
1.1 Tuotekehitys ... 1
1.2 Tausta ja tavoitteet ... 2
1.3 Menetelmät ja rakenne ... 3
2. TUOTEKEHITYKSEN TEORIA ... 4
2.1 Tuotekehitys ... 4
2.2 Tuotekehitysprosessi ... 5
2.3 Tuotekehitysmalleja ... 8
2.3.1 Stage-Gate ... 8
2.3.2 Agile ... 19
2.3.3 Agile-Stage-Gate hybridi ... 26
2.4 Tuotekehityksen erityispiirteet ... 29
2.4.1 Epävarmuus ... 30
2.4.2 Ihmispohjaisuus ... 30
2.4.3 Epäselvyys ... 31
2.4.4 Epälineaarisuus ... 31
2.4.5 Monimutkaisuus ... 31
2.5 Tuotekehityksen haasteet ja menestystekijät ... 33
2.6 Tuoteportfolio ... 38
2.6.1 Tuotetyypit ... 38
2.6.2 Tuoteportfolion kehitys ... 40
2.7 Tuotekehitysorganisaatio ... 42
2.8 Tiedon ja oppimisen merkitys tuotekehityksessä ... 43
2.9 Tuottavuuden mittaaminen ... 45
2.10 Kustannukset ... 45
2.11 Tuotekehityksen riskit ... 47
2.12 Riskinhallinta ... 48
2.13 Synteesi ... 49
3. KOHDEYRITYS UPCAST OY ... 52
3.1 Tutkimusmenetelmä ... 52
3.2 Upcast Oy ... 52
3.3 Pystyvalulinja tuotteena ... 53
3.4 Toimintaympäristö ... 55
3.4.1 Suunnitteluosasto ... 56
3.4.2 Tuotekehitys ... 57
3.4.3 Tuotteistus ... 57
3.5 Tuotekehityksen haasteet ... 57
4. TULOKSET ... 59

4.1 Laitesuunnittelun tuotekehitysprosessi ... 59
4.1.1 Hahmotelma/sketsi ... 59
4.1.2 Komponenttien valinta ... 60
4.1.3 Mekaniikkasuunnittelu ... 61
4.1.4 Valmistus ja koeajo ... 61
4.1.5 Käynnistys/ylösajo ... 62
4.1.6 Loppuarviointi ja tuotteistus ... 62
4.1.7 Kustannukset ... 63
4.1.8 Agile-Stage-Gate ... 64
4.2 T&k-prosessin soveltaminen laitesuunnitteluun ... 67
4.2.1 Aiheen valinta ... 67
4.2.2 Tekninen arviointi ... 68
4.2.3 Yksityiskohtainen tutkimus ... 68
4.2.4 Tulosten arviointi ... 69
4.3 Ideapankki ja löytämis-vaihe ... 69
4.4 Tuotekehitysportfolio ... 70
4.5 Tuotekehitysorganisaatio ... 71
4.6 Riskinhallinta ... 72
4.7 Muita menestystekijöitä ... 73
4.8 Kritiikkiä tuloksia kohtaan ... 74
5. JOHTOPÄÄTÖKSET ... 76
LÄHTEET ... 79

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Agile	ohjelmistoalan tuotekehitykseen luotu muutospohjainen rakenne
Löytämis-vaihe	tuotekehityksen ideoiden löytämisprosessi
Pk-yritys	termi pienille ja keskisuurille yrityksille
Sketsaus	Alustava hahmotelma tuotteesta tai ideasta
Stage-gate	vaihe-portti tuotekehitysprosessi
StageGate-TK	prosessi perustutkimuksen hyödyntämiseen tuotekehityksessä
Scrum	Agile-projektinhallintaan kehitetty rakenne
T&k	tutkimus ja kehitys

1. JOHDANTO

1.1 Tuotekehitys

Tuotekehitys on yrityksille elintärkeää menestyvän liiketoiminnan kannalta. Ilman uusien tuotteiden kehittämistä yritysten on hyvin vaikeaa selviytyä nykyisessä liikemaailmassa. Liiketoiminnan kasvun kannalta tuotekehitys ja yrityksen ydinosaamisen teknologian kehitys on lähes pakollista, etteivät kilpailevat yritykset saisi etulyöntiasemaa markkinoilla (Annacchino M. A., 2003). Tuotteella tarkoitetaan mitä tahansa asiakkaalle myytävää asiaa. Tuotekehityksellä tarkoitetaan kaikkia tuotteiden kehittämiseen ja paranteluun liittyviä aktiviteetteja. Taloudellisessa mielessä yrityksen menestys riippuu sen kyvystä tunnistaa asiakkaiden tarpeet, ja menestyvän tuotekehityksen avulla täyttää ne. (Ulrich.K & Eppinger. S, 2004).

Tuotekehityksen menestymiseen innovatiivisena ja epävarmana prosessina vaikuttavat useat muuttujat kuten eri riskitekijät sekä tuotteen monimuotoisuus. Ei ole epätavallista että monet tuotekehitysprojektit menevät yli budjetin ja aikataulun (Trabasso & Pessôa, 2017). Lisäksi tuotekehitys on hyvin aikaa vievää työtä (Welin, 1980). Tärkeitä avaintekijoitä ovat tuotekehityksen *strategia*, *portfolio ja resurssien allokointi*, *tuotekehitysprosessi* ja *ihmiset* (Cooper & Kleinschmidt, 2007). Tärkeää on myös johdon tuki, joka on eri asia kehitystyön johtajuudesta (Stamm, 2008). Tuotekehitysportfoliossa on tasapainoteltava kehityskohteita yrityksen oman osaamisen hyödyntämisen ja uusien kyvykkyyksien kehittämisen väliltä, sekä panostamisesta joko tuoteparanteluun tai täysin uusiin innovaatioihin (Eversheim, 2009). Riskinhallinta on puolestaan tärkeää erityisesti täysin uusien tuotteiden kehityksessä (Sorli & Stokic, 2009).

Tuotekehitysprosessin yksinkertaisin tarkoitus on tarpeiden tunnistaminen, tuotteen syntesointi eli kehittäminen, ja tuotteen vertaaminen sen kilpaileviin vaihtoehtoihin (Trabasso & Pessôa, 2017). Prosessin tarkoitus on olla enemmän ohjaajavana tekijänä eikä määräävänä (Stamm, 2008). Tunnettujen tuotekehitysprosessien kuten Stage-gate kehitysvaiheineen ja päätös-portteineen on todettu energisoivan ja nopeuttavan yritysten ponnisteluja uusien tuotteiden kehityksessä (Gronlund et al., 2010). Prosessin portit ovat pohjimmiltaan osa karsimisen prosessia, jossa heikommat ideat karsitaan pois (Kahn, 2004).

Ohjelmistoalan monimutkaisiin tuotekehitystarpeisiin on luotu iteratiivisia syklejä hyödyntävä muutospohjainen rakenne Agile-metodologia, joka on rakennettu olevan joustava ja joka tilanteeseen sopiva. Agile-projektinhallintaan on myös kehitetty Scrum-rakenne, joka on huomattavasti erilainen verrattuna perinteiseen projektinhallintaan (Krebs, 2008). Myös teollisuudessa ollaan havahduttu nykyajan vaatimuksiin entistä nopeamman tuotekehityksen tarpeiseen hyödyntämällä etenkin Scrum-rakenteita (Sommer et al., 2015). Nykyaikana myös useat fyysiset koneet kuten ajoneuvot vaativan mekaanisen suunnittelun lisäksi myös ohjelmistojen kehitystä. Tähän tarpeeseen on kehitetty Agile-Stage-gate-hybridimalli, joka lupaa parhaimmat puolet molemmasta järjestelmästä (Cooper & Sommer, 2018).

Tuotekehitystä, sen teoriaa, menetelmiä ja prosesseja on pitkään tutkittu etenkin teollisuuden parissa. Diplomityössä tullaan hyödyntämään jo tutkittuja teoreettisia näkökulmia ja havaintoja, sekä tullaan hyödyntämään olemassa olevia tuotekehityksen prosesseja kohdeyrityksen tuotekehityksen parantamiseksi.

1.2 Tausta ja tavoitteet

Diplomityö tehdään ja rajataan kohdeyrityksen laitesuunnittelun tuotekehityksen edistämiseksi. Kohdeyrityksenä toimii pieni, alansa johtava pystyvaluteknologiaa hyödyntävä kupari- tai non-ferrous metalliseoslangan tai -putken jatkuvavalutuotantolinjojen toimittaja. Tyypillinen ominaispiirre kohdeyrityksen kaltaisille pienille yrityksille on rajallisten resurssien tehokas hyödyntäminen. On myös tyypillistä että pienten yritysten on tasapainoteltava resurssien käyttöä nykyisen liiketoiminnan operoinnissa, sekä tulevaisuuden tuotekehitykseen panostamisessa.

Kohdeyrityksen nykyinen tuotekehitys on keskittynyt pääasiassa valuteknologian kehittämiseen, joka onkin tärkein kohdeyrityksen ydinosaamisen alue. Kuitenkin valuteknologian lisäksi tarvitaan tuotantolaitteita, jotka tekevät kupari- tai non-ferrous metalliseoslangan tai -putken tuotannon mahdolliseksi. Tämä diplomityö rajataan koskemaan pääasiallisesti laitesuunnittelua, vaikka itse tuotekehitysprosessi, sen päätökset ja menetelmät soveltuvat minkä tahansa kehityksen kohteen avuksi.

Kohdeyrityksen laitesuunnittelun vaikeutena on ollut hankaluus kohdistaa riittävästä aikaa työaikaa tuotekehitykseen, sillä lähtökohtaisesti kaikki työaika menee sen hetkisten projektitoimitusten suunnitteluun. Vaikeutena on ollut siis löytää riittävästi aikaa tuotekehitykseen, sekä osittain myös laitesuunnittelun tuotekehityksen systemaattisuuden puutos. Lisäksi laitesuunnittelun tuotekehitys on ollut pääasiassa olemassa olevien tuotteiden kehittäminen sen hetkisen tarpeen mukaan, kun taas

omalähtöinen tuotekehitys on jäänyt vähemmälle huomiolle. Täysin uusien laitteiden kehitys on tullut poikkeuksetta asiakkaan pyynnöstä/tilauksesta, mikä taloudellisesta näkökulmasta onkin järkevää.

Diplomityön tekijä on itse työskennellyt kohdeyrityksessä mekaniikkasuunnittelijan tehtävissä jo yli kahdeksan vuoden ajan, osallistunut nykyiseen tuotekehitykseen ja käytännössä todennut tuotekehityksen hankaluudet arkityöskentelyn ohella.

Työn tavoitteena on tehostaa kohdeyrityksen kaltaisten pienten yritysten tuotekehitystä etenkin laitesuunnittelussa. Tuottaa selkeä tuotekehitysprosessi, joka mahdollistaa ennen kaikkea jatkuvan tuotekehityksen laitesuunnittelussa arkityöskentelyn ohella. Edistää tuotekehityksen suunnittelua ja seurantaa, sekä parantaa kommunikointia kohdeyrityksessä tuotekehityksen eri vaiheista ja päätöksenteosta. Lisäksi on myös tärkeää tehostaa tuotekehityksen resurssien kohdistamista arvon määrittelyllä.

1.3 Menetelmät ja rakenne

Diplomityö toteutetaan toimintatutkimuksena. Teoriaosuudessa kartoitetaan laaja-alaisesti Tampereen Yliopiston tietokannoista saatavaa tuotekehityksen teoriaa ja menetelmiä. Hyödynnetään etenkin Robert Cooperin tutkimuksia tuotekehityksestä ja Stage-gate tuotekehitysprosessista. Lisäksi tarkastellaan ohjelmistokehityksen Agile ja Scrum rakenteiden hyödyntämistä laitteiden tuotekehityksessä.

Kohdeyrityksen analysoinnissa kartoitettiin olemassa olevat tuotekehitysmenetelmät, sekä tarkasteltiin havainnoimalla arkityöskentelyssä tapahtuvaa tuotekehitystä, joka ei tapahdu ainoastaan virallisena tuotekehityksenä, vaan myös pieninä asteittaisina muutoksina nykyisissä laitteissa. Diplomityön tekijä on ollut itse mukana tuotekehityksessä, jolloin kohdeyritystä tarkastelu tehdään osittain myös sisältä käsin.

Tulokset-osiossa esitetään teorian ja kohdeyrityksen tarkastelun pohjalta luodut johtopäätökset tuotekehityksen edistämiseksi. Teorian pohjalta luotiin kohdeyrityksen laitesuunnitteluun räätälöity Agile-rakenteita hyödyntävä Stage-gate prosessi. Laitesuunnittelun lisäksi luotiin raamit tehokkaampaan perustutkimuksen hyödyntämiseen tuotekehityksessä. Lisäksi esitettiin muita tuotekehitystä edistäviä tekijöitä kuten ideapankin hyödyntäminen, tuotekehitysportfolion merkitys, riskinhallinta, tuotekehityksen organisointi pienessä yrityksessä, sekä muita merkittäviä tekijöitä. Lopuksi esitetään tehdyn työn perusteella johtopäätökset ja suositukset tuotekehityksen edistämiseksi.

2. TUOTEKEHITYKSEN TEORIA

2.1 Tuotekehitys

Tuotekehityksen sanotaan olevaan yrityksille elintärkeää menestyvän liiketoiminnan kannalta. Ilman uusien tuotteiden kehittämistä yritysten on hyvin vaikeaa selviytyä nykyisessä liikemaailmassa. Tuotekehitys on myös olennaista liiketoiminnan kasvussa ja yrityksen ydinosaamisen teknologian kehitys on lähes pakollista, ettei kilpailevat yritykset saisi etulyöntiasemaa markkinoilla (Annacchino M. A., 2003). Taloudellisessa mielessä yrityksen menestys riippuu sen kyvystä tunnistaa asiakkaiden tarpeet, ja menestyvän tuotekehityksen avulla täyttää ne. (Ulrich.K & Eppinger. S, 2004)

Tuotteella tarkoitetaan mitä tahansa asiakkaalle myytävää asiaa. Tuotekehityksellä tarkoitetaan kaikkia tuotteiden kehittämiseen ja paranteluun liittyviä aktiviteetteja alkaen markkinoiden tarpeiden tunnistamisesta, ja loppuen toimitettuun tuotteeseen (Ulrich.K & Eppinger. S, 2004). Jotkut ihmiset yrittävät erotella uuden tuotteen kehittämisen ja evolutiivisen olemassa olevan tuoteparantelun toisistaan. Täysin uuden tuotteen kehittämisen, ja olemassa olevan tuotteen parantelun tuomat haasteet ovat kuitenkin itseasiassa hyvin samankaltaisia. Monella tapaa nämä kaksi voidaan nähdä osaksi saman tuotekehityksen jatkumona. Yhdessä ääripäässä on tuotekehityksen suuri harppaus eteenpäin, ja toisessa hidasta ominaisuuksien asteittaista kehitystä (Wilson, 2005). Myös Vilhelm Welin (1980) mukaan tuotekehityksen ja tuoteparantelun ero on niin pieni, ettei niitä kannata erotella erikseen. Welin mukaan tuotekehitys on hyvin aikaa vievää työtä. Tuotteen kehittäminen ideasta tuotteeksi Welin kertoo vievän noin 3-5 vuotta, ja monimutkaisilla tuotteilla kuten lääkkeillä tuotekehitys voi kestää 10-15 vuotta ja pitempääkin.

Sijoittajien näkökulmasta tuotekehityksen menestys riippuu sen taloudellisesta tuotavuudesta, jota on kuitenkin hyvin vaikeaa helposti mitata. On kuitenkin olemassa viisi tuotekehityksen taloudellisen tuottavuuden arviointiin liittyvää ominaisuutta (Ulrich.K & Eppinger. S, 2004):

- Tuotteen laatu: Kuinka hyvin tuote täyttää asiakkaan tarpeet? Tuotteen laatu heijastuu suoraan sen menestymiseen markkinoilla ja sitä myöten asiakkaiden maksuhalukkuuteen.

- Tuotteen kustannukset: Kuinka paljon tuotteen tuottaminen maksaa? Tähän kuuluu esimerkiksi vaadittavan pääoman tarpeen määrä tai tuotteen valmistamisen kustannukset laitehankintoineen. Tuotteen hinta vaikuttaa suoraan myyntimäärään ja etenkin myyntihintaan.
- Tuotteen kehitysaika: Kuinka kauan tuotteen tuotekehitys kesti? Tuotteen kehitysaika vaikuttaa suoraan yrityksen kykyyn reagoida markkinoiden muutoksiin ja kilpailutekijöihin. Taloudellisessa mielessä kehitysaika määrittää myös aikaa saada tuotteesta taloudellista hyötyä.
- Tuotekehityksen hinta: Kuinka paljon yrityksen tarvitsi käyttää resursseja kyseisen tuotteen kehittämiseen? Kehityksen hinta on merkittävä tekijä tuotteen koko investointihinnasta ja vaikuttaa suoraan investoinnin taloudelliseen tuottavuuteen.
- Tuotekehityksen kyvykkyys: Kykeneekö yritys ja tuotekehityksen tekijät tekemään tuotekehitystä paremmin tulevaisuudessa heidän aikaisemman kokemuksensa pohjalta? Tuotekehityksen kyvykkyys on yritykselle voimavara, jonka avulla yritys voi tulevaisuudessa kehittää uusia tuotteita entistä taloudellisemmin ja tehokkaammin.

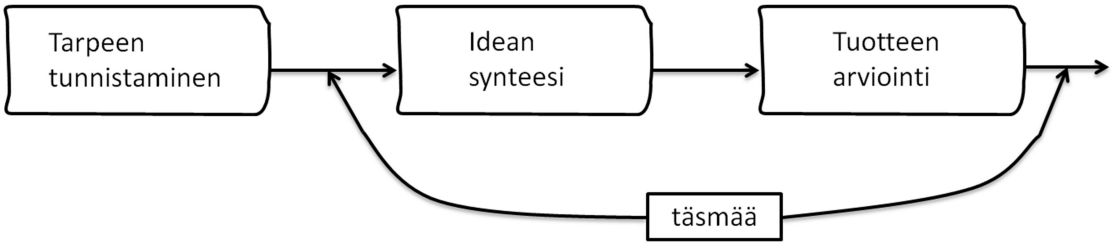
On kuitenkin hyvä ottaa huomioon muita tuotekehitykseen vaikuttavia tekijöitä taloudellisten tekijöiden lisäksi. Näitä tekijöitä syntyy etenkin yrityksen sisäisten sidosryhmien edun tarpeesta. Tuotekehitys voi olla kiinnostunut kehittämään tuotetta joka on periaatteessa jo kehitetty. Tuotteen valmistajat voivat olla enemmän huolissaan uuden tuotteen vaikutuksesta uusiin työpaikkoihin. Turvallisuustekijät vaikuttavat tuotekehityksen tuottavuuteen jos uuden tuotteen vaarallisuus ei ole suhteessa sen tuottavuuteen. Myös ulkopuoliset sidosryhmät voivat vaikuttaa tuotekehitykseen esimerkiksi vaatimalla uuden tuotteen ekologisuutta (Ulrich.K & Eppinger. S, 2004).

2.2 Tuotekehitysprosessi

Uuden tuotteen kehittäminen koostuu useista eri vaiheista ja osastoista. Tuotekehitysprosessin tarkoituksena on toimia kokonaisvaltaisesti kaikkien uuden tuotteen liittyvien toimintojen integroijana ja kommunikoinnin välineenä. Etenkin t&k-toiminnan ja tuotteen valmistuksen välinen yhteistyö on edellytys onnistuneeseen tuotekehitykseen. Tuotekehitysprosessin edistyksellisyys edesauttaa uusien tuotteiden tuomista markkinoille, ja näin ollen yrityksen kilpailukykyä (Brethauer, 2002). Vaikka tuotekehitysprosessi ei kuitenkaan ole millään tapaa menestyvän tuotekehityksen takaaja, se on kuitenkin tärkeä osa onnistunutta tuotekehitystä. Liian yksityiskohtainen

tuotekehitysprosessi voi luoda liikaa informaatiotulvaa, ja liian epämääräinen edesauttaa virheiden tekoa ja perspektiivin menetystä. Tuotekehitysprosessin tarkoitus on olla enemmän ohjaajavana tekijänä eikä määräävänä (Stamm, 2008). Innovaation tapahtumisen kannalta ei ole pelkästään tärkeää tietää mitä tehdä, vaan myös miten (Dekkers, 2018).

Kuvasta 1 nähdään kaikista yksinkertaisin tuotekehitysprosessi. Yksinkertaisuudestaan huolimatta se sisältää tuotekehitysprosessin päätoiminnot, tarpeiden tunnistamisen, tuotteen syntesointi eli kehittäminen ja tuotteen vertaaminen sen kilpaileviin vaihtoehtoihin. Tuotekehitysprosessin on syytä alkaa tarpeiden tunnistamisella. Joskus nämä tarpeet ovat hyvin laaja-alaisia kuten vähentää lentokoneen hiilidioksidipäästöjä, ja toisinaan hyvin yksityiskohtaisia kuten niittien asennus lentokoneeseen. Toisin kuin monet luulevat tuotekehitysprosessin olevan ainoastaan tuotteen syntesointia, niin tosiasiassa se on vain yksi osa tuotekehitysprosessia samalla painoarvolla muiden kanssa. Tuotteen vertaaminen kilpailevia vaihtoehtoja vastaan varmistaa tuotteen täyttävän kehitysprosessin alussa tunnistetun tarpeen. Jos näin ei ole, järjestetään suunnitelma tarpeen täyttymiseksi. Tuotteen vertaaminen on yhtä tärkeä osa kehitysprosessia kuin muutkin osat (Trabasso & Pessôa, 2017).



Kuva 1. Yksinkertaisin tuotekehitysprosessi (Trabasso & Pessôa, 2017).

Yleisellä tasolla uuden tuotteen kehitysprosessi koostuu seitsemästä eri vaiheesta. Idean konseptointi, alustava testaus, pilotlaitos testaus, laitostestaus, rakennusvaihe, käyttöönotto ja viimeisenä uuden tuotteen auditointi (Brethauer, 2002). Yrityksen oman räätälöidyn tuotekehitysprosessin kehittämiseksi Brethauer (2002) suosittelee tapahtuvan seitsemän eri vaiheen kautta:

1. Listataan neljä tai kuusi tärkeintä yrityksen sisäistä funktiota. Tarkoituksena on löytää tärkeimmät toiminnot koko tuotekehitystiimin käyttöön. T&k-toiminta ja tuotteen valmistus löytyvät jokaisesta tuotekehitysprosessista.

2. Listataan edellä mainitut seitsemän yleisen tason vaihetta. Näitä käytetään yrityksen oman tuotekehitysprosessin pohjana.

3. Luodaan vaiheiden yksi ja kaksi pohjalta vaihe-diagrammi, jossa on määritelty myös toiminnalliset vastuualueet. Diagrammin avulla koko organisaatio voi nähdä tarvittavat toiminnot.
4. Laaditaan lista vaadittavista suoritteista vastuualueet ja vaiheet määriteltynä. Tekemällä lista suoritteista saadaan selkeä kuva tuotteen kehittämiseen vaadittavista toiminnoista. Näiden perusteella luodaan vaiheen viisi Stage-gate malli.
5. Luodaan Stage-gate malli edellisen vaiheen pohjalta. Tämä malli toimii pohjana kaikille tuotekehitysprojekteille. Mallia toki sovelletaan jokaiselle tuotekehitysprojekti erikseen, joten aina ei välttämättä tarvita kaikkia suoritteita.
6. Luodaan tuotekehitysprosessin runko. Tämä runko kannattaa dokumentoida kaikkien työntekijöiden käyttöön. Runko toimii pohjana, jonka avulla sovelletaan Stage-gate mallia kyseiselle tuotekehitysprosessille.
7. Listataan tuotekehitysprosessin tavoitteet ja mittauskohteet. Onnistunut tuotekehitys edellyttää sitä, että se täyttää sille asetetut tavoitteet. Tavoitteet voivat olla hyvin vaihtelevia alentuneista tuotantokustannuksista parempaan pääoman tuottoon.

Kuvasta 2 nähdään esimerkkejä tuotekehitysprosesseista.

On olemassa geneerinen parhain tapa kehittää uusia tuotteita, jolla saavutetaan parhain lopputulos mahdollisimman lyhyessä ajassa pätevämmin, perusteellisemmin ja kustannustehokkaimmin. Kuitenkaan ei ole olemassa kahta samanlaista tuotekehitysprojektia samoilla vaatimuksilla. Ainoa tapa nopeuttaa tuotekehitysprosessia on luoda jokaiselle projektille oma tuotekehitysohjelma. On mahdotonta optimoida tuotekehitysprosessi, jos kaikki projektit pakotetaan noudattamaan samaa kaavaa. Jokaiselle tuotekehitysprojektille on valittava analyysin pohjalta parhain toimintatapa (Colin, 2012).

Teollisuuden ala:	Elektroniikka	Lääketeollisuus	Kemia	Osien valmistus
Vaihe				
1	Liiketoiminnan tutkimus ja konseptin kehitys	Liiketoiminnan tutkimus ja konseptin kehitys	Liiketoiminnan tutkimus ja konseptin	Liiketoiminnan tutkimus ja konseptin kehitys
2	Toteutettavuuden esittely	Laboratorion kehitys	Laboratorion kehitys	Pöytämallin esittely
3	Kova malli	Toksikologian tutkimus	Kaavan kehitys	Prototyyppi
4	Pilot laitos	Laboratorion ylösajo	Laboratorion testaus	Asiakkaan testaus
5	Käynnistys/ylösajo	FDA dokumentointi	Beta testaus	Kaupallinen tuotanto
6	Kaupallinen tuotanto	Pilotin ylösajo	Prosessin kehitys	Valmistuksen auditointi
7	Auditointi	Kliininen testaus	Markkinoiden kehityslaitos	
8		Kaupallinen kehitys	Kaupallinen tuotanto	
9		Lisensointi	Valmistuksen auditointi	
10		FDA hyväksyntä		
11		Kaupallinen tuotanto		
12		Auditointi		

Kuva 2. Eri alojen tuotekehitysmalleja (Brethauer, 2002).

2.3 Tuotekehitysmalleja

2.3.1 Stage-Gate

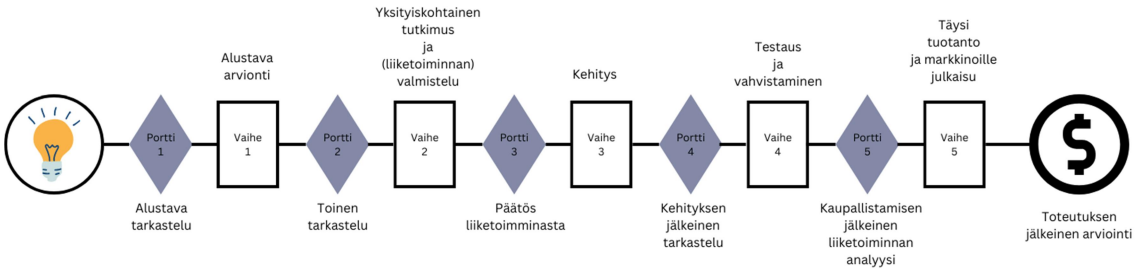
Stage-gate metodologiat ovat yleisesti tunnustetut ja laajalti omaksuttu yrityksissä ympäri maailmaa tuomaan järjestystä tuotekehityksen toisinaan kaoottiseen tuoteinnovaation prosessiin. Stage-Gate mallin kehittäjä Robert Cooper kuvaili sitä käsitteelliseksi ja operatiiviseksi malliksi siirtämään uusi tuote ideasta lanseeraukseen. Mallin ytimenä on hallinnoida uuden tuotteen kehitysprosessia parantaakseen sen tehokkuutta ja taloudellisuutta integroimalla järjestystä prosessiin jota kuvaillaan kertaluontoiseksi sekä tilapäiseksi, ja joka on vakavasti puutteellinen monissa yrityksissä. Alkuperäinen Stage-gate prosessi on kattavan tutkimustyön tulos siitä kuinka menestyvät yritykset ovat järjestäneet heidän oman tuotekehitysprosessit (Gronlund et al., 2010).

Stage-gate prosessi koostuu sarjasta vaiheita (stage), joissa olennaiset aktiviteetit toteutetaan. Näitä vaiheita täydentävät portit (gate), joissa saavutetut tulokset väliaikaisesti arvioidaan. Nämä vaiheet muodostavat varsinaisen tuotekehityksen työn. Vaiheen tarkoin määritellyt aktiviteetit riippuvat siitä missä vaiheessa projekti on. Varhaisimmissa vaiheissa aktiviteetit yleensä keskittyvät uusien ideoiden ja mahdollisuuksien etsimiseen, kun taas myöhemmät vaiheet keskittyvät konseptin kehittämiseen, testaukseen ja kaupallistamiseen. Vaiheet ovat yleensä monialaisia ja toteutetaan yhdenaikaisesti nopeuttamaan markkinoille pääsyä. Tyypillisesti jokainen vaihe maksaa enemmän kuin edeltävä lisäten siihen sitoutumista, mutta myös vähentäen epävarmuuden ja epätietoisuuden määrää jotta riskiä vodaan tehokkaasti hallita (Gronlund et al., 2010).

Portit toimivat jatkaa/ei-jatkaa sekä priorisoinnin päätöskohtina, joissa projektin tulevaisuuden päätökset tehdään. Portteihin tyypillisesti osallistuvat monialaiset, vanhemmista johtajista koostuvat ryhmät joita kutsutaan portinvartijoiksi (gatekeeper). Portinvartijat arvioivat projekteja perustuen niiden toteutuksen laatuun, liiketoiminnan perusteluihin ja toimintasuunnitelman laatuun. Porttien tärkeä tarkoitus on toimia projektin hylkääjänä tai uudelleen määrittäjä, jos projekti ei täytä sen tavoitteita (Gronlund et al., 2010).

Tutkimukset osoittavat Stage-gate mallin olevan hyvin arvostettu. Hyvin toteutettuna Stage-gate prosessi voi energisoida ja nopeuttaa yrityksen ponnisteluja uusien tuotteiden kehityksessä. Sitä ei kuitenkaan ole otettu vastaan ilman kritiikkiä. Sen on sanottu olevan aikaa vievä lisäten ei-tuottavia toimintoja. Muut haittapuolet sisältävät byrokraattisia menetelmiä ja rajoitettuja oppimismahdollisuuksia. Vastauksena tähän kritiikkiin on kehitetty seuraavan sukupolven Stage-gate prosesseja, jotka keskittyvät nopeampaan ja tehokkaampaan prosessiin joka sisältää sarjan päällekkäin meneviä, joustavia vaiheita epäselvällä tai ehdollisella ”tehdä” päätöksellä. Lähiaikoina on myös raportoitu lisäkehitystä Stage-gate prosessissa keskittyen joustavuuteen ja mukautuvuuteen (Gronlund et al., 2010).

Yksittäiset yritykset voivat kutsua niiden omia tuotekehitysjärjestelmiä eri nimillä, ja ainakin paperilla ne voivat vaikuttaa olevan tapauskohtaisesti ainutlaatuisia. Kuitenkin käytännössä eri Stage-gate lähestymistavoissa on yllättävästi yhtäläisyyksiä (Cooper R. G., 1990). Kuvasta 3 nähdään perinteinen Stage-gate malli.



Kuva 3. Perinteinen stage-gate malli (Cooper R. G., 1990).

Stage-gate malli tunnistaa tuoteinnovaation prosessiksi. Innovaatiota voidaan siis käsitellä kuten mitä tahansa prosessia. Stage-mallit yksinkertaisesti soveltavat prosessinhallinnan metodologioita tähän innovaation prosessiin. Hyvä vertauskuva on fyysisen tuotteen valmistamisen tuotantoprosessi. Keino parantaa tuotannon laatua on toki keskittyä itse tuotantoprosessiin. Prosessi jaetaan useisiin vaiheisiin tai työasemiin. Jokaisen työaseman tai vaiheen välissä on tarkastus tai portti, joissa jokaisessa on eri vaatimukset ja kriteerit työn jatkamiselle. Vaiheet ovat ne joissa työ suoritetaan, kun taas portit varmistavat työn laadun olevan riittävä. Stage-gate mallit käyttävät

vastaavanlaisia metodeja innovaatioprosessin hallintaan. Ne jakavat innovaation ennalta määriteltyihin vaiheisiin, jotka koostuvat ennalta määrätyistä aktiviteeteista. Stage-gate mallit koostuvat yleensä neljästä seitsemään vaiheeseen ja porttiin kustannusten noustessa joka vaiheen jälkeen. Samanaikaisesti tiedon määrä kuitenkin kasvaa. (Cooper R. G., 1990).

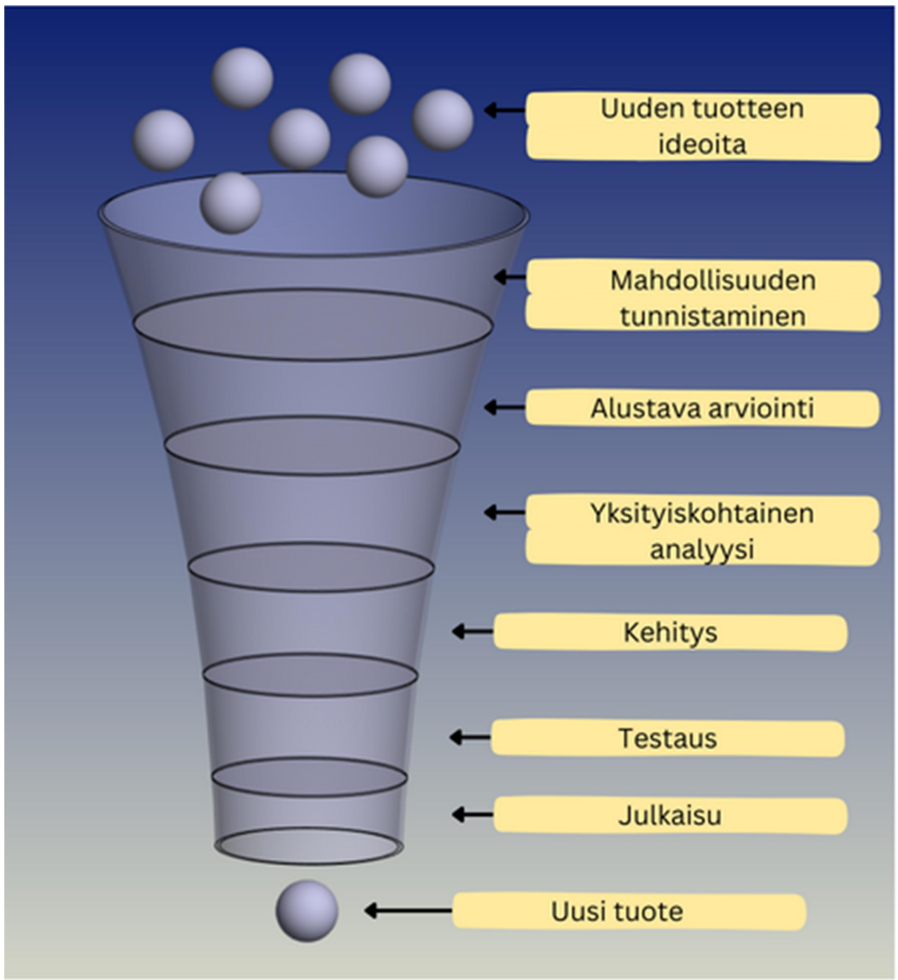
Pääsy seuraavaan vaiheeseen tapahtuu edeltävän portin kautta. Nämä portit kontrolloivat tuotekehityksen prosessia samalla tavalla kuin laadunhallinta hallinnoi tuotannon prosessia. Jokaisella portilla on omat luonteenomaiset toimitukset, kriteerit ja tulokset. Projektin johtajan tehtävä on tuoda portille sille vaaditut toimitukset. Kriteerit ovat täytettäviä vaatimuksia portin läpäisemiseksi eli työn jatkumiselle. Portin tulokset ovat tyypillisesti jatkaa/tuhota/pysäyttää/kierrättää, sekä hyväksyntä seuraavaan vaiheen toimintasuunnitelmasta. Projektin johtaja ajaa projektia eteenpäin vaiheelta vaiheelle, ja poritilta portilla (Cooper R. G., 1990).

Stage-gate järjestelmän käyttöönotto voi vaatia joitain muutoksia yrityksen organisaatioon. Esimerkiksi näkökulma projektiryhmistä uusien tuotteiden kehityksessä on perusteellista Stage-gate lähestymistapaan. Sen sijaan että tuotekehitysprojekti menisi eteenpäin osastolta osastolle, on tuotekehitysryhmän- ja johtajan kannettava projekti kaikkien vaiheiden läpi. Toisena organisaatiomuutoksena on ylempien johtajien osallistuminen tuotekehitykseen portinvartijoina. Menestyvä tuotekehitys vaatii huomattavia resursseja ja johdon sitoutumista. Johdon osallistuminen portinvartijoina ei ole ainoastaan vaatimus porteille, se rakentaa ylemmän johdon osallistumista ja sitoutumista (Cooper R. G., 1990).

Stage-gate järjestelmän tavoin useimmat uusien tuotteiden kehitysprosessit sisältävät porttien kaltaisia päätöskohtia projektin jatkamisesta. Päätökset lopettaa kehitys ennen kaupallistamista perustuu odotettuihin markkinoihin, teknisiin tai taloudellisiin tekijöihin. Tyypillisesti johtajat ja portinvartijat koostuvat monialaisesta ryhmästä johon kuuluu jäseniä markkinoinnista, talousosastosta, t&k-osastosta ja valmistuksesta. Vaikka hyvät päätökset portilla ovat avaintekijä riskinhallinnassa, porttien päätökset ovat vähemmän ymmärrettyjä näkökulmia uusien tuotteiden kehitysprosessissa. Ottaen huomioon uusien tuotteiden tärkeyden ja kehityskustannusten kasvun useille yrityksille, on tärkeää ymmärtää kuinka porttien tulisi rakentua, ja kuinka porttien päätökset tulee tehdä (Kahn, 2004).

Porttien päätökset ovat kuin korkean-riskin panokset, joihin johtajat asettavat rahansa suurimpaan potentiaaliseen voittoon uusien tuotteiden kehityksessä (Kahn, 2004).

Portit ovat pohjimmiltaan osa karsimisen prosessia. Kuvasta 4 nähdään organisaatiolle mahdollisten uusien tuotteiden tuotekehityksen prosessia edustava suppilon kaltainen putki. Mennessään putkea eteenpäin heikoimmat ideat karsitaan portinvartijoiden toimista toivottavasti pois. Tämän ansiosta markkinoille tuotetaan vähemmän tuotteita kuin tuotekehitystunnellissa alun perin oli. Karsittujen ideoiden prosentuaalinen määrä laskee huomattavasti peräkkäisten vaiheiden jälkeen. Lisäksi radikaaleja innovaatioita karsitaan pois enemmän kuin inkrementaalisia (Kahn, 2004).



Kuva 4. Uusien tuotteiden tuotekehitystunneli (Kahn, 2004).

Portteja on kahta eri tyyppiä. Ensimmäistä porttia kutsutaan joustamattomaksi portiksi, jossa kaikki kriteerit tulee olla hyväksyttynä projektin jatkamiseksi. Jopa yhden kynnysarvon alittaminen voi johtaa projektin hylkäämiseen joustamattomalla portilla. Toista tyyppiä kutsutaan joustavaksi tai läpäiseväksi portiksi, joka sallii rajoitettujen tehtävämäärien siirtyä seuraavaan vaiheeseen ilman kaikkien kriteerien täyttymistä. Näin tapahtuu etenkin pitkien läpimenoaikojen tehtävissä (Kahn, 2004).

Molemmilla porttityypeillä on kolme eri komponenttia. *Toimitukset* (tieto projektin edistymisestä, haitat kuten tekniset viivästymiset, markkinoiden tilanteet, onnistumisen

todennäköisyys, jne), *kriteerit* ja *päätökset* (portinvartijoiden jatkaa, ei-jatkaa tai keskeyttää päätökset projektille). Tuotekehityksen tulokset vaihtelevat riippuen tuotekehitysprosessin vaiheesta. Prosessin alussa tulokset ovat todennäköisesti ”summittaisia”, eli ei kovin luetettavia eikä varteen otettavia, koska tulos voi olla kenties alustava konsepti useilla testaamattomilla oletuksilla. Prosessin aikana tulosten tieto varmentuu prototyyppien ja testitulosten avulla. Kriteerit ovat standardeja joihin tuloksia verrataan. Nämä kriteerit muuttuvat suhteessa tuotekehityksen vaiheen tärkeyteen. Alun vaiheen kriteereissä korostuvat tekniset ja markkinalliset kriteerit, ja myöhemmissä vaiheissa korostuvat taloudelliset kriteerit (Kahn, 2004).

Porttien kriteerit toimivat tuotekehityksen arvioinnin tienviittana, jota vastaan kehityksen tuloksia arvioidaan ja säädellään tarpeen mukaan. Nämä kriteerit johdetaan yrityksen ja tuotekehityksen strategiasta, ja keskitetään jokaisen eri tuotekehityksen vaiheen tarkoin määritellyille vaatimuksille. Ne voivat auttaa vähentämään johdon epävarmuutta tunnistamalla huomiota ja resursseja vaativia alueita. Lisäksi ne voivat vahvistaa yrityksen strategista päätöksentekoprosessia auttamalla johtoa toimittamaan oikeat pätevyydet ja resurssit koko tuotekehitysprosessin alueelle (Hart et al., 2003).

Arviointi portin sisällä sisältää toistettavia tekniikoita kehittäessä vaihtoehtoisia tai jalostavia suunnittelun konsepteja tuotekonfiguraatioille. Eri tekniikoita käytetään arvioimaan kehittyvän tuotteen kaupallisia ja teknisiä toteutettavuuksia. Kaupallisen ja uudelleen arvioinnin lisäksi on elintärkeää arvioida uuden tuotteen funktiota, muotoa ja tuotantoa. Jokainen portti on yhdistelmä kaupallisten ja teknisten arvioiden sekoituksia (Hart et al., 2003).

Alkuperäisen Stage-gate kehittämisen jälkeen 1980-luvulla monet yritykset ovat kehittäneet omia versioita Stage-gate mallista rakentaen niihin joitain hyödyllisiä elementtejä, mutta myös huonojakin. Cooper (2014) itse on tunnistanut, että vaikka Stage-gate prosessilla on ollut pääsääntöisesti hyvä vaikutus uusien tuotteiden konseptointiin, kehittämiseen ja lanseeraamiseen, se ei ole ongelmitta. Osa ongelmista johtuu prosessin luonteesta, osa yrityksen tavoista soveltaa järjestelmää. Cooperin mukaan maailma on muuttunut suuresti ensimmäisestä Stage-gate järjestelmän toimeen panosta. Maailma on muuttunut nopeatahtisemmaksi, kilpailevaksi, globaaliksi ja vaikeammin ennustettavaksi. Tässä kontekstissa Stage-gate on saanut kritiikkiä olevan liian lineaarinen, jäykkä, sekä liian ennalta suunniteltu käsittelemään innovatiivisia tai dynaamisia projekteja. Se ei ole tarpeeksi mukautuva tai ei kannusta kokeellisuutta. Sen portit ovat liian rakenteellisia tai perustuvat liikaa taloudellisuuteen. Järjestelmä on liian kontrolloiva ja byrokraattinen sisältäen paperityötä, tarkistuslistoja ja liian paljon ei-tuottavaa työtä (Cooper R. G., 2014).

Ratkaisuksi Cooper on rakentanut yleiskatsauksen uuden polven tuotekehitysprosesseista. Uudistunut versio näyttää ensisilmäyksellä hyvin samankaltaiselta alkuperäiseen Stage-gate järjestelmään verrattuna. Edelleen kehitystyö tapahtuu vaiheissa, ja päätökset tehdään porteissa. Kuitenkin niiden prosessit ja funktiot ovat erilaisia. Lopputuloksena tuotekehitysprosessi on ketterä, dynaaminen, joustavien porttien prosessi, joka on nopea, mukautuva, ja riski-perusteinen. Cooper (2014) kuvailee uudenaikaista tuotekehitysprosessia kolmella ominaisuudella:

- *Mukautuva ja joustava*: uuden sukupolven ideasta-lanseeraamiseen prosessi on mukautuva. Se sisältää spiraaleja tai iteratiivista kehitystä saamaan nopeasti jotain asiakkaalle esitettävää aikaisin ja usein käyttämällä rakenna-testaa-revisioi iteraatioita. Kehityksen alussa tuote voi olla alle 50% määritelty, mutta se kehittyy omaksumalla uutta tietoa, tuotteen kehityksessä ja testauksessa. Järjestelmä on joustava myös toiminnoissa ja tuotoksista porteille. Jokainen portti on ainutlaatuinen jokaiselle kehitysprojektille perustuen markkinoihin ja kehitysprosessin tarpeisiin. Myös jatkaa/ei-jatkaa kriteerit ovat joustavia. Ei ole omassa yhtä sarjaa tai standardia portin kriteereille, ja portit ovat integroitu portfolion hallintaan.
- *Agile*: uuden sukupolven järjestelmä sisältää tietotekniikan ohjelmistojen nopeaan kehittämiseen kehitetyn Agile-järjestelmän ominaisuuksia. Osa uutta järjestelmää ovat esimerkiksi sprintit ja Scrum, sekä nopean aikavälin tuotokset sidosryhmille (dokumentoinnin sijaan). Uudet järjestelmät painottavat nopeaa ja ketterää liikkumista virstanpylväältä virstanpylväälle, ja luottavat niukempaan järjestelmään poistamalla kaikki hukka byrokratiasta ja turhista aktiviteeteistä.
- *Nopeutettu*: uuden sukupolven järjestelmä keskittyy kiihdyttämään tuotekehityksen prosessia. Projektit ovat etenkin suurten projektien kohdalla asianmukaisesti resursoitu, omaavat riittävän henkilöstömäärän monialaisilla ryhmillä nopeuttamaan markkinoille pääsyä. Aktiviteetit vaiheen sisällä voivat toteutua samanaikaisesti, ja myös eri vaiheetkin voivat tapahtua samanaikaisesti. Tuotekehityksen painopiste on enemmän alkuvaiheen epäselvässä päässä, tehden siitä terävämmän ja vähemmän epäselvän. Tarkoituksena on kartoittaa projekti paremmin tunnistamaan epäselvät tekijät, riskit ja epävarmuudet mahdollisimman ajoissa. Lopuksi käytetään vielä tukevaa it-järjestelmää vähentämään työn määrää, parantamaan kommunikaatiota ja kiihdyttämään prosessia.

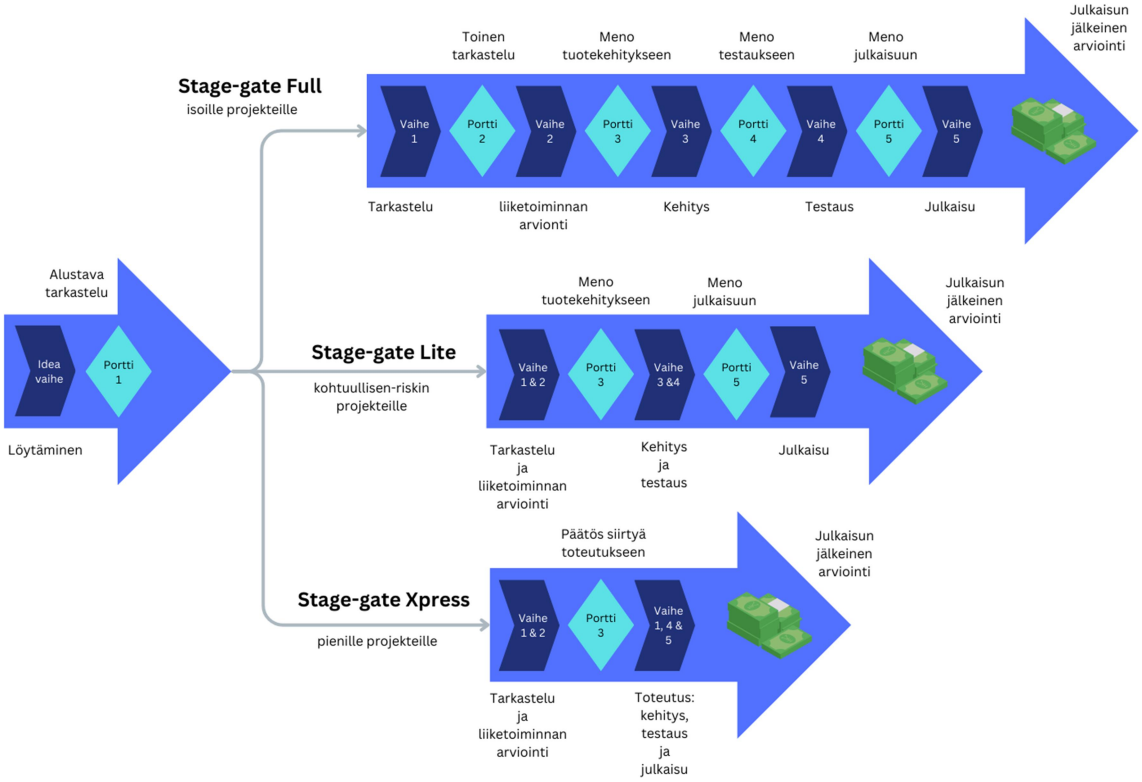
Alkuperäinen Stage-gate vaati tuotteen ja projektin olevan etukäteen määritelty ennen kuin tuotteen kehitys voitiin aloittaa. Tänä päivänä maailma kuitenkin liikkuu joillekin yrityksille liian nopeasti määritelläkseen vakaat ja jäykät ominaisuudet yrityksille ja tuotteille. Usein asiakkaat eivät ole ensinnäkään varmoja siitä mitä he haluavat tai tarvitsevat, joten on mahdotonta ennustaa sata prosenttisella varmuudella tuotteen ominaisuudet ennen kehittämistä. Tästä johtuen useat yritykset ovat tehneet tuotekehitysjärjestelmistä mukautuvia. Tuote ei ole alussa määritelty, mutta se muovautuu kehityksen aikana. Tämänkaltaiset yritykset ovat rakentaneet useita spiraaleja tai iteratiivista kehitystä mahdollistamaan eri kokeiluja asiakkaiden kanssa. Jokainen spiraali tuo tuotteen lähemmän valmista tuotetta, ja jokainen spiraali koostuu vaiheista (Cooper R. G., 2014;Cooper R. G., 2019):

- *Rakenna*: jokainen iteraatio rakentaa jotain näytettäväksi asiakkaalle. Tämä voi olla prototyyppi, konsepti, tai karkea toiminnallinen malli eli aikainen beta-versio.
- *Testaa*: jokainen versio testataan asiakkaan kanssa. Annetaan asiakkaan kertoa mistä he pitävät, ja mitä arvoa he näkevät.
- *Palaute*: kerätään palaute kyseisestä versiosta asiakkaalta tai käyttäjältä.
- *Revisio*: asetetaan uudelleen ajatukset tuotteen esityksestä, eduista ja mallista palautteen perusteella, jonka jälkeen aloitetaan uudelleen.

Tämä iteratiivinen lähestymistapa edistää kokeilua, kannustaa projektiryhmiä epäonnistumaan usein, epäonnistumaan nopeaa, ja epäonnistumaan halvasti. Iteraatiot tai spiraalit eivät pelkästään vähennä markkinoiden epävarmuuksia, vaan niitä voidaan myös käyttää vähentämään teknisiä epävarmuuksia etsimällä teknisiä ratkaisuja kokeellisella, iteratiivisella tavalla (Cooper R. G., 2019).

Ensimmäisen sukupolven Stage-gate malleissa oli kehitetty yksi malli käsittelemään kaikista vaikeimpia ja monimutkaisempia tuotekehitysprojekteja yritysten sisällä. Ongelmaksi muodostui se, että yritysten sisällä ainoastaan muutamat aloitteet olivat prosessin suunnittelun kaltaisia monimutkaisia tuotekehitysprojekteja. Useimmat projektit olivat paljon yksinkertaisempia. Monet yritykset ovat kehittäneet keveämpiä pika-versioita Stage-gate mallista käsittelemään pieni-riskisiä, paremmin määriteltyjä, ja vähemmän monimutkaisia tuotekehitysprojekteja. Monet parhaiten suoriutuvat yritykset käyttävät skaalautuvaa tuotekehitysprosessia. Kuvasta 5 nähdään kolme tällaista esimerkkiä (Cooper R. G., 2014):

- Täyden (Full) viiden vaiheen Stage-gate prosessi käsittelemään suuria, korkean-riskin projekteja.
- Kevyempi (Lite) versio kohtuullisen-riskin projekteille kuten merkittäville modifikaatioille, parannuksille ja laajennuksille.
- Pikaversio (Xpress) hyvin pienille kehityksille kuten myynnin pyyntö muuttaa pientä yksityiskohtaa.



Kuva 5. Skaalautuva Stage-malli (Cooper R. G., 2014).

European journal of innovation managementin julkaisemassa tapaustutkimuksessa (2015) tarkasteltiin 49 pientä-keskisuurta(pk) saksalaisyritystä. Suurimassa osassa yrityksestä oli käytössä Stage-Gate-järjestelmä, kuitenkaan edes kahdessakaan yrityksessä ei ollut identtistä rakennetta. Prosessit erosivat toisistaan aktiviteettien määrältä ja järjestykseltä. Tutkimuksen yrityksistä kolmasosa käytti täyttä viiden vaiheen Stage-Gate-mallia, kun taas puolet käytti kapeampaa mallia. Tutkimuksen mukaan XPress-mallia käyttävillä pk-yrityksillä oli keskimääräistä korkeampi suorituskyky, mikä toisaalta voi johtua XP-mallin kohteiden olevan yleensä matalan-riskin projekteja. Pk-yritysten on hyvä käyttää kapeampaa mallia arvokkaiden resurssien säästämiseksi (Leithold et al., 2015).

Useimpien prosessien porttien jatkaa/ei-jatkaa päätökset riippuvat vahvasti taloudellisista kriteereistä. Tutkimusten mukaan taloudelliset kriteerit eivät kuitenkaan tuota parhaat tuotekehitysportfoliot. Ei niinkään sen vuoksi että taloudelliset mallit

olisivat teoreettisesti vääriä, vaan että tieto on puutteellista etenkin ison suuruusluokan aloitteissa. Tämän vuoksi edistykselliset yritykset ovat ottaneet käyttöön joustavia kriteerejä. Tämä on etenkin tärkeää teknologisen kehityksen projekteissa, joissa on vaikeaa ennustaa teknologian taloudellisia vaikutuksia tulevaisuudessa. Jatkaa/ei-jatkaa päätösten ei-taloudellisina kriteereinä voi toimia esimerkiksi strateginen sopivuus, kilpailuetu ja markkinoiden potentiaali (Cooper R. G., 2014).

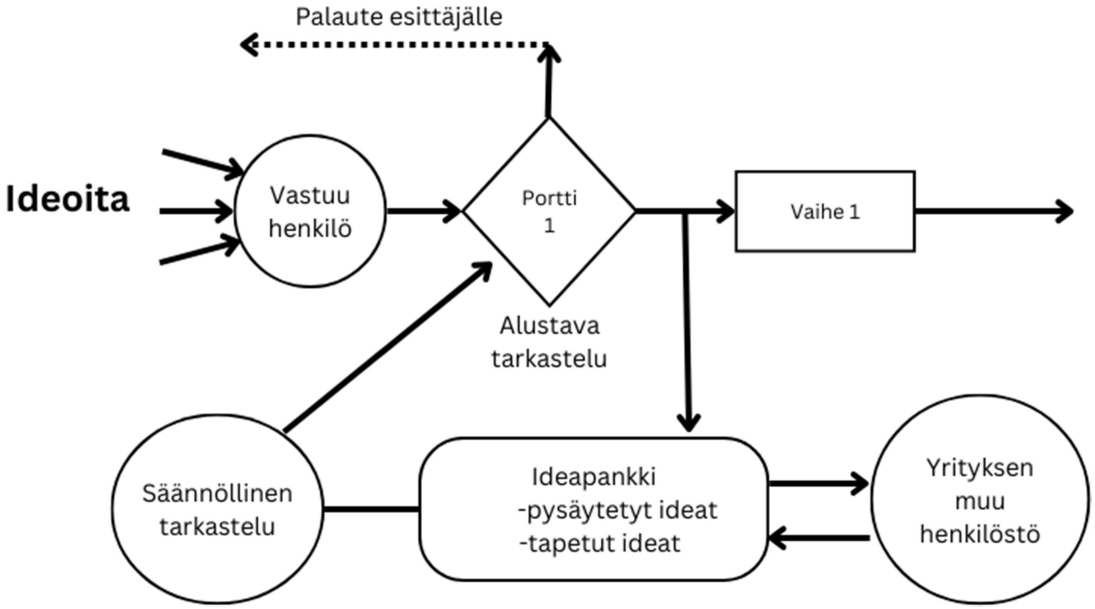
Uuden sukupolven jatkaa/ei-jatkaa päätökset eivät myöskään ole enää irrallisia, itsenäisiä päätöksiä. Alkuperäinen Stage-malli kehitettiin ennen kuin portfolion hallinta tuli suosituksi 1990-luvulla, ja johtavat yritykset ovat integroineet portit portfolion hallinnan kanssa. Portfolion hallinta on muodostunut tärkeäksi tasapainottamaan tuotekehitysprojektien sekoitusta ja tasapainoa etenkin nykytrendissä mennä kohti pieniä pienen-riskin tuotekehityskohteita välttäen suuria hankkeita. Portit toteutuvat reaaliajassa, katsovat yksittäisiä projekteja perusteellisesti, ja ne usein lopetetaan perusteellisen arvioinnin jälkeen. Vastakohtaisesti portfolion tarkastelut tapahtuvat jaksoittain esimerkiksi neljä kertaa vuodessa ja ne tarkastelevat koko tuotekehitysprojektien sarjaa tutkien eri sekoituksia, tasapainoa ja projektien priorisointia (Cooper R. G., 2014).

Mukautuvuuden ja skaalautuvuuden lisäksi uusiin Stage-gate käytäntöihin on lisätty prosessin alkupäähän löytäminen-vaihe, sekä perustutkimuksen tehokkaampi valjastaminen (Cooper et al., 2002).

Ideoita on kaikkialla, yrityksen sisä- ja ulkopuolella. Ongelmaksi muodostuu ideoiden käyttämättä jättäminen, päätökset ja toiminnat jätetään tekemättä. Jotkin yritykset ovat korvaamassa perinteistä ”hehkulamppu” ideointia proaktiivisella ”löytämis-vaiheella” (kuva 6), joka toimii seuraavalla tavalla (Cooper et al., 2002):

- Ideoita tuodaan niitä eteenpäin vievälle henkilölle (yleensä uusien tuotteiden kehitysjohtaja), joka vie ideat portille 1. Huomion arvoista on se, että on ainoastaan yksi tie tuotekehitysprosessiin. Kaikki uudet ideat menevät tämän vaiheen kautta. Ainoa poikkeus on työntekijöiden ”omalla ajalla” tehdyt tiedusteluprojektit, missä työntekijä käyttää omaa aikaansa edistämään ideaa (eli käyttämällä itse-toteutettua ensimmäistä porttia idean arvioinnissa).
- Ensimmäinen portti, eli idean arviointi koostuu pienestä ryhmästä keskitason johtajia, jotka tapaavat säännöllisin väliajoin tarkastelemaan ideoita. Ideat arvioidaan pisteyttämällä eri näkyviin kriteereihin (yleensä kyllä/ei ja 0-10 pisteytetyt kysymykset).

- Jos idea hylätään, niin kuin ideoille on tapana tehdä, idean lähettäjä saa kirjallisen palautteen siitä kuinka idea pärjäsi ensimmäisellä portilla ja miksi. Palautteen saaminen on tärkeää varmistavaan ideoiden tasaisen virtaamisen potentiaalisilta ideoiden kehittäjiltä.
- Jos ensimmäisen portin päätös on jatkaa, portinvartijat nimittävät monialaisen kahden tai kolmen henkilön ryhmän viemään idea tiedustelu-vaiheeseen (scoping). Itsestään selvästi portinvartijoilla on oltava auktoriteetti hyväksyä resurssien käyttöä sillä hetkellä.
- Tapetuiksi tai pysäytetyiksi luokiteltava projektit siirretään ideapankkiin. Tämä estää menettämästä ideoita jotka ovat edellä aikaansa, tarvitsevat aikaa hautuakseen tai lisätyötä.
- Aika ajoin tuotekehitysprosessin johtajat tarkastelevat ideapankissa olevat ideat. Kun ideaa on täydennetty, se tuodaan ensimmäiselle portille uudelleenarviointiin.

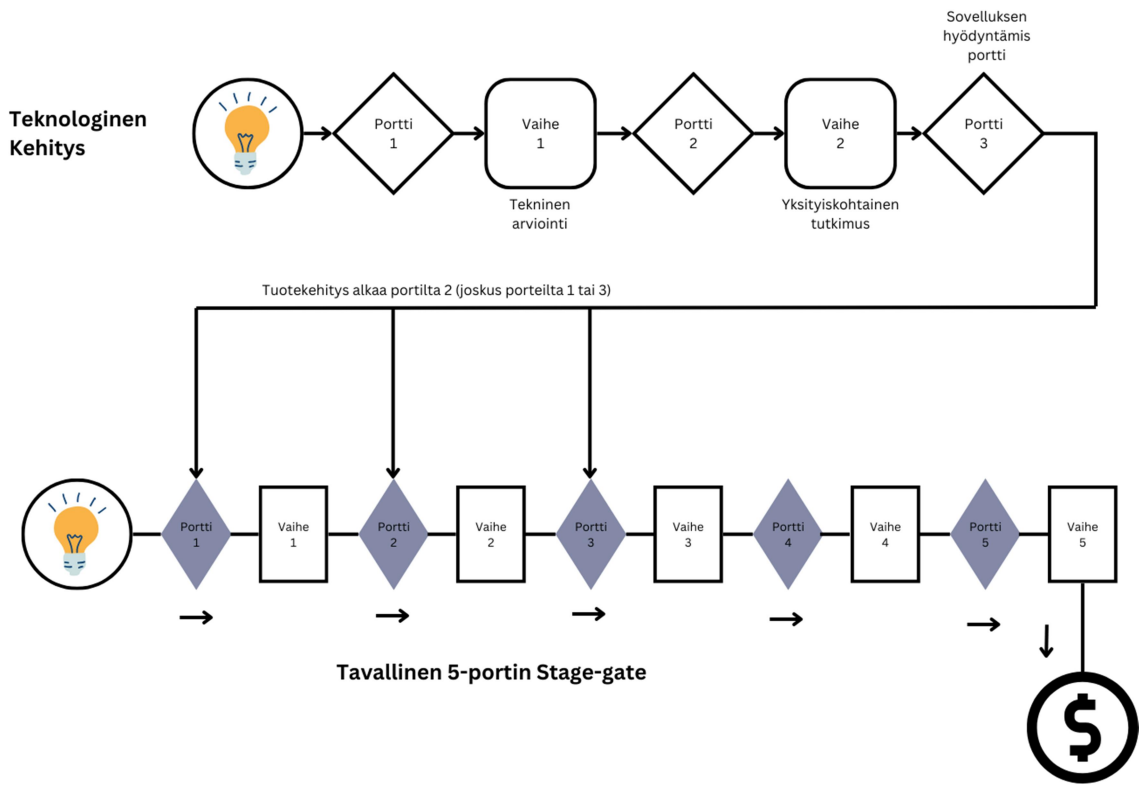


Kuva 6. Löytämis-vaihe (Cooper et al., 2002).

Tämänkaltainen järjestely on osoittautunut tehokkaaksi järjestelmäksi käsittelemään uuden tuotteen kehitysprosessin alkupäätä. Se varmistaa kaikkien ideoiden käsittelyn. Ideoita arvioidaan toistuvasti, objektiivisesti ja ajoissa. Huonot ideat poistetaan nopeasti hyvien ideoiden saadessa resursseja ja toimia. Idean lähettäjät saavat palautetta ja ei-aktiiviset ideat jäävät talteen. Tietotekninen tuki on tarpeellinen hallinnoimaan ideapankkia, antamaan pääsy ideoiden antamiseen ja päätösten palautteeseen (Cooper et al., 2002).

Yritysmaailmassa perustutkimus ei ole ollut enää kovinkaan muodikasta, ja monet yritysmaailman tutkijat ovat poistettu liikeyksiköistä. Odotetusti lopputuloksena on tutkimuksen keskittyminen lyhytaikaisiin tutkimuksiin. Perustutkimus on kuitenkin usein lähtölaukaus menestyville uusille tuotteille, tuoteperheille tai alustoille. Yritykset jotka tekevät perustutkimusta on syytä sisällyttää se löytämis-vaiheeseen. Vaikka perustutkimuksen onnistumisprosentti ei ole yhtä korkea kuin pienillä projekteilla, sen lopputulos liikeyksikölle voi olla valtava. Perustutkimuksen ongelmana on se, että se on ei-ohjattua, ei-keskittynyttä ja ei-tuottavaa. Tämän takia monet toimitusjohtajat ovat lopettaneet perustutkimuksen. Jos perustutkimus ei tuota haluttuja tuloksia, niin silloin myös siihen kannattaa ottaa käyttöön Stage-gate järjestys (Cooper et al., 2002).

Järjestelmänä ”Stage-gate prosessi perustutkimukselle”-konseptin tarkoituksena on tuoda ohjausta ja tarkennusta perustutkimuksen laboratorioon. Luonteeltaan Stage-gate prosessi teknologiseen kehitykseen tai tiedeprojekteille on erilainen tavallisesta tuote-suuntautuneesta prosessista, ja sallii paljon enemmän kokeilua. Tätä järjestelmää kutsutaan StageGate-TK, lyhenne *teknologinen kehitys (eng.TD-technology development)*. Näissä projekteissa välitön tulos ei uusi tuote tai valmistusmenetelmä, vaan tieto tai kyvykkyys josta uusi tuote voi loppuviimeksi syntyä. Kuvasta 7 nähdään yhdistelmämalli teknologisesta kehitysmallista. Järjestelmässä on ainoastaan kaksi vaihetta ja kolme porttia. Portti 3 on sovellus-portti, joka voidaan yhdistää tavalliseen uusien tuotteiden kehitysprosessiin porteissa 1, 2 tai 3 kuvan alaosassa. Näin ollen nämä kaksi prosessia yhdistetään toisiinsa (Cooper et al., 2002).



Kuva 7. StageGate-TK malli (Cooper et al., 2002).

StageGate-TK:n kriteerit ovat paljon vähemmän taloudellisia, ja enemmän strategisia luonteeltaan verrattuna tavalliseen uuden tuotteen kehitysprojektiin. Mikäli yritys osallistuu perus-, tiede-, tai teknologiatutkimukseen, on hyvä ottaa käyttöön kuvan kaltainen Stage-gate prosessi tuomaan ohjausta ja tarkennusta. Kuitenkin sen vaiheet, portit, aktiviteetit ja porttien kriteerit eroavat huomattavasti uuden tuotteen prosessista. Ei ole suositeltavaa pakottaa näitä tiedeprojekteja tavalliseen Stage-gate prosessiin (Cooper et al., 2002).

2.3.2 Agile

Agile metodologia on ohjelmistoalalle luotu muutospohjainen rakenne. Ohjelmistojen kehitys on usein monimutkaista, ja etenkin projektin alussa vaatimukset ovat epäselviä tai tuntemattomia. Tämän vuoksi Agile-rakenteessa täytyy olla sisään rakennettuja mekanismeja salliakseen projektin ratkaista ja vähentää näitä epäselvyyksiä. Agile tarkoittaa myös rakenteen itsessään olevan joustava, ja jokaiseen tilanteeseen mukautuva. Samaa rakennetta soveltaessa kahdelle eri projektille on kaksi eri tulkintaa. Agile ei ole ”yksi malli sopii kaikkeen” ratkaisu (Krebs, 2008).

Yleisesti ottaen Agile-metodit ovat kevyitä, iteratiivisia syklejä hyödyntäviä prosesseja jotka hyödyntävät käyttäjien aktiivista osallistumista määrittämään, priorisoimaan, varmentamaan vaatimuksia, sekä luottavat ryhmän hiljaiseen tietoon vastakohtana viralliselle dokumentoinnille. Todellisen Agile-metodin tulee olla iteratiivinen (eli

valmistuminen vaatii useita syklejä), inkrementaalinen (koko tuotetta ei toimiteta kerralla), itseorganisoituva (ryhmät määrittelevät itse parhaan tavan työskennellä), ja esiin tuleva (prosessit, periaatteet ja työn rakenteet muodostuvat projektin aikana eikä ennalta määritellysti). Kuvasta 9 nähdään esimerkki Agile-prosessista. Jotain esimerkkejä Agile konsepteista ja käytännöistä ovat (Boehm & Turner, 2005):

- Otetaan vastaan muutos. Muutos nähdään enemmän liittolaisena kuin vihollisena. Muutos sallii enemmän luovuutta ja nopeampaa arvoa asiakkaalle.
- Nopeat syklit ja useat toimitukset. Järjestäessä useita julkaisuja lyhyessä ajassa pakottaa toteuttamaan ainoastaan korkean prioriteetin toimintoja, toimittamaan asiakkaalle arvoa nopeasti, ja nopeuttaa vaatimusten esiintuloa. Esimerkiksi määritellessä aikaikkunan tietyllä ajan määrällä, joka sitten täytetään mahdollisimman paljon korkean prioriteetin toiminnoilla.
- Yksinkertaiset suunnitelmat. Mallit riisutaan kattamaan ainoastaan sen mitä sillä hetkellä kehitetään. Koska muutos on välttämätöntä, on ihan turhaa ajan haaskausta tehdä suuria tulevaisuuden suunnitelmia.
- Uudelleen järjestely estämään ohjelmistojen päällekkäisyyksiä, parantamaan kommunikointia, yksinkertaistamaan tai lisäämään joustavuutta ilman käyttäytymisen muuttumista.
- Retrospektiivinen tai heijastus iteraation lopun arvioinnissa suoritetusta työstä, käytetyistä metodeista ja arvioinneista. Arviointi tukee ryhmän oppimista ja tulevaisuuden iteraatioiden arviointia.
- Projektin hiljainen tieto vahvistetaan ja päivitetään osallistujien mieliin dokumenttien sijaan (selkeä tieto).
- Testiperusteinen kehitys. Kehittäjät ja asiakkaat kirjoittavat inkrementaalisia moduuleita tai metodin testejä ennen ja koodaamisen aikana. Tuetaan ja kannustetaan hyvin lyhyitä iteraation syklejä.
- Toimiva ohjelmisto on parempi kehityksen mittari kuin pakotettu ansainti/arvo suhde.
- Voidaan ajoissa tunnistaa tarpeettomia ja matalan arvon toimintoja eikä hukata niihin aikaa.
- Agile soveltuu esiin nouseviin vaatimuksiin ja toiminto-perusteiseen määrittelyyn kuin perinteisen ylhäältä-alas lähtökohtaan.

- Agile tuottaa asiakkaalle arvoa nopeasti usein toimittaen toiminnallisuutta asiakkaalle kun perinteiset metodin ovat vielä tekemässä suunnitelmia.

Agile Manifesti syntyi 17 osallistujan tapaamisen lopputuloksena vuonna 2001 Utahissa. Huolimatta pienistä epäilyksistä kaikki osallistujat allekirjoittivat kyseisen manifestin, josta tuli vuosikausiksi ketteryyden mittari. Edelleen tänä päivänäkin manifesti antaa selkeän suunnan, ja sitä käytetään eri Agile-metodien vertailuissa ja keskustelussa. Manifesti (saatavilla: http://www.agilemanifesto.org) tarjoaa yhteiset raamit kaikille agilisteille huolimatta heidän valitsemastaan metodologiasta. Manifestin neljä ydinarvoa ovat (Krebs, 2008):

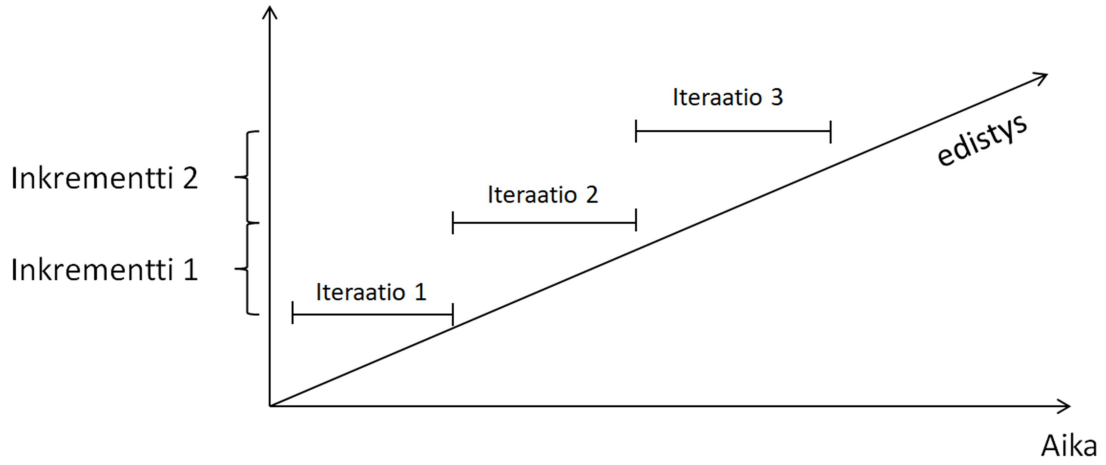
- Yksilöt ja vuorovaikutukset menevät etusijalle prosessien ja työkalujen sijaan.
- Toimivat ohjelmistot menevät etusijalle kattavan dokumentoinnin sijaan.
- Yhteistyö asiakkaiden kanssa menee etusijalle sopimusneuvotteluiden sijaan.
- Muutoksiin vastaaminen menee etusijalle suunnitelman seuraamisen sijaan.

Agile arvostaa enemmän vasemmalla puolella olevia arvoja kuin oikealla. Manifesti ei kuitenkaan suosittele hylkäämään oikealla puolella olevia arvoja, esimerkiksi projektin dokumentointia. Tämä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että vasemman puolella olevat arvot ovat enemmän arvostettuja. Jokaisen Agile-projektiryhmän tulee löytää oikea tasapaino arvojen välillä sekä ryhmänä, että organisaation sisällä (Krebs, 2008).

Sana Agile asettaa yhteisölle joitain haasteita. Kukaan ei halua myöntää olevansa ei-Agile. Jotkin itseään Agile-kehittäjiksi kutsuvat eivät oikeasti ole *agile* sen käytäntöjen määrittelyssä. On siis hyvä antaa selvennystä siitä, mikä antaa projektille Agile-kierteen. Menestyvissä eri Agile-prosesseissa on yhteisiä kaavoja, jotka voidaan eritellä eri avainkäytännöiksi. Nämä avainkäytännöt ovat iteratiivinen-inkrementaalinen kehitystyö, testiperusteinen kehitys, jatkuva integraatio ja henkilökohtainen paikan päällä kommunikointi (Krebs, 2008).

Iteratiivinen-inkrementaalinen kehitystyö. Projektinhallinnan näkökulmasta Agile-lähestymistavan huomattavin muutos verrattuna perinteiseen tuotekehitykseen, jossa kaikki kehityksen vaiheet suoritetaan ainoastaan kerran (kuten Stage-Gate), on suorittaa työ toistuvina iteraationa ja puoli-rinnakkaisena työskentelynä. Tämä tarkoittaa työskentelyn tapahtuvan kapea-alaisena ja lähekkäisinä. Ne myös sekoittuvat ja niiden järjestys voi muuttua. Pääsääntöjä mitä lyhyempi iteraatio on, sen parempi. Tämän vuoksi Agile-prosessin iteraatio kestää tyypillisesti kahdesta kuuteen viikkoon (Krebs, 2008).

Tämän avainkäytännön toinen puoli eli inkrementti edustaa projektin todellista edistymistä, siinä missä iteraatio tarjoaa projektin rytmityksen. Kuvasta 8 nähdään projektin etenevän kuin portaiden askeleet. Agile-kehitystyössä edistyminen mitataan toimivana ohjelmistona. Projekti joka keskittyy pois heitettävään prototyyppiin ensimmäisen iteraation aikana ei ole osoittanut edistymistä Agilen määritelmässä (Krebs, 2008).



Kuva 8. Inkrementaalinen kehitys ja prosessi (Krebs, 2008).

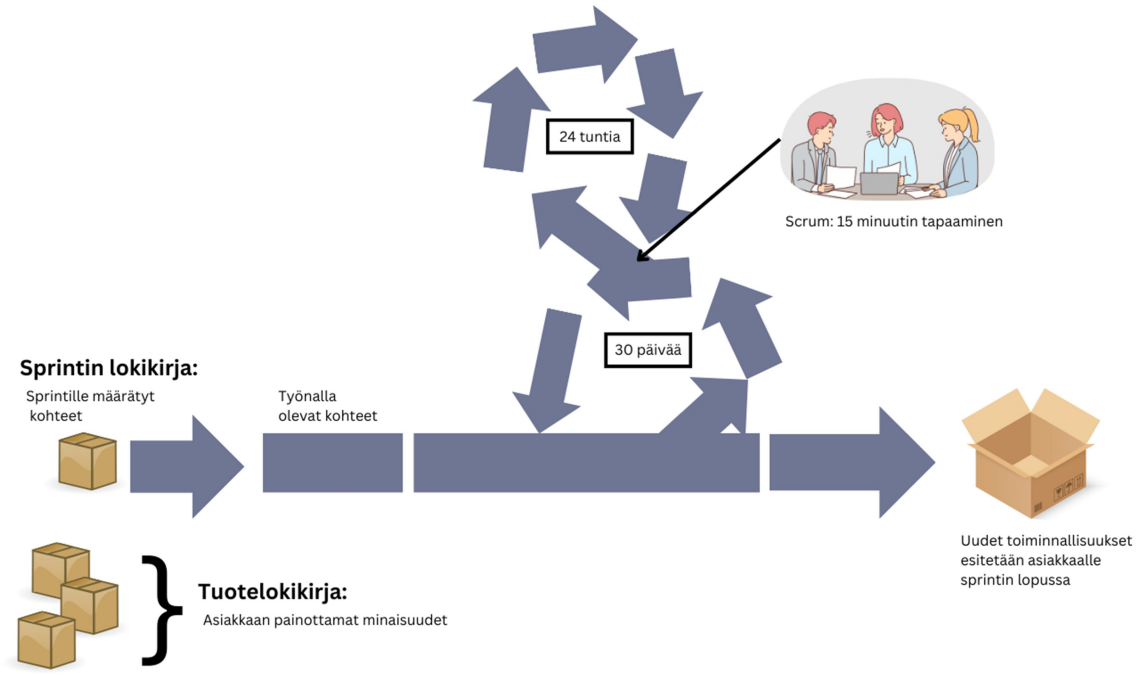
Jokaisessa iteraatiossa sidosryhmät muokkaavat inkrementin suuntaa iteraation laajuudessa. Iteraatioiden välissä isoimmat (ja vähemmän häiritsevät) muutokset projektin laajuuteen ovat mahdollisia, ja usein tervetulleita. Sidosryhmät jotka eivät ole tekemissä projektin kanssa päivittäin vaaditaan ottamaan osaa iteraatioiden välissä. Tällä tavoin kehitysryhmät saavat palautetta ulkopuolisilta sidosryhmiltä, ja voivat samalla vastata heidän odotuksiinsa. Mitä lyhyemmät syklit työpanosten ja palautteen välillä, sitä parempi (Krebs, 2008).

Sidosryhmien palautteen lisäksi kehitysryhmä hyötyy iteratiivisesta-inkrementaalisesta kehityksestä myös muilla tavoin. Hyvä palaute iteraatiolta iteraatiolle on palkitsevaa, ja negatiivinenkin palaute antaa mahdollisuuden korjaukseen seuraavassa iteraatiossa tai jopa nykyisessä. Verrattuna perinteiseen tuotekehitykseen lopullinen tuomio tulee niin myöhään, että projektiryhmä ei voi enää suorittaa korjaavia toimintoja. Iteratiivinen-inkrementaalinen kehitystyö myös ratkaisee myös vaatimuksista halvaantumisen, ja ongelman liian vähäisistä vaatimuksista. Agile myös yllättävästi tuottaa kurinalaisuutta projektiin verrattuna muihin projektimetodologioihin, kuten esimerkiksi vaatimalla kurinalaisuutta toimittaa toimivaa ohjelmistoa kahden viikon inkrementeissä (Krebs, 2008).

Muita iteratiivisen-inkrementaalisen kehitystyön hyötyjä ovat (Krebs, 2008):

- Suurimmat riskit voidaan vähentää tai eliminoida varhaisissa iteraatioissa
- Varmuus suunnitteluun ja arviointiin lisääntyy iteraatiolta iteraatiolle.
- Valmistumisen päivämäärä voidaan määrittää menneiden iteraatioiden perusteella.
- Valmistunut tarkoittaa valmistunutta, ei 90 prosenttisesti tehtyä.
- Itsevarmuus, innostus ja motivaatio kasvavat jatkuvasta palautteesta.

Agile-kehitystyö edistää **testiperusteista** kehitystä. Testiperusteisella kehityksellä on merkittävä positiivinen vaikutus projektin laatuun. Ohjelmistoalalla testitapaukset kehittyvät iteraatioiden rinnalla, ja olemassa oleva koodi testataan jokaisella iteraatiolla. Perinteisessä tuotekehityksessä testaaminen tehtäisiin vasta projektin lopussa, jolloin budjetit tiukentuvat ja resursseja aletaan ohjaamaan muualle. **Jatkuva integraatio** tarkoittaa uusien kohteiden integroimista ei pelkästään iteraation lopussa, vaan myös sen aikana. Agile-projektissa 100 prosenttisesti tehty tarkoittaa että asia on kehitetty, testattu ja integroitu. **Henkilökohtainen paikanpäällä kommunikointi** pakottaa ryhmän jäseniä kommunikoimaan suoraan, henkilöltä henkilölle ilman elektronisia rajoitteita. Henkilökohtainen kommunikointi on tärkeää etenkin kun liikeanalyytikot ja ohjelmiston kehittäjät tekevät yhteistyötä. Anonyymi vaatimusten jakaminen dokumenteilla antaa liikaa tilaa väärinymmärryksille. Kirjallinen kommunikointi on myös paljon hitaampaa (Krebs, 2008).



Kuva 9. Agile-metodeja edustava Scrum-prosessi (Boehm & Turner, 2005).

Scrum on Ken Schwaberin and Jeff Sutherlandin 90- luvulla kehittämä rakenne, joka on Agile-prosessin sijaan tarkoitettu Agile-projektinhallintaan. Scrum tarjoaa sarjan yksinkertaisia sääntöjä. Näiden sääntöjen lisäksi Scrum on myös erittäin joustava ja muuttuviin tilanteisiin mukautuva. Verrattuna perinteiseen projektinhallintaan Scrum on huomattavasti erilainen. Ensinnäkin perinteisen projektipäällikön rooli on jaettu kolmeen erilliseen rooliin, Scrum-mestari, projektin omistaja ja kehittäjät. Toisena erona käytetään kahta erillistä lokikirjaa. Tuotelokikirja joka sisältää tuotteen laajuuden, ja sprintin lokikirja, joka sisältää kyseisen iteraation yksityiskohdat. Sprintti, joka on Scrumin synonyymi iteraatiolle, on neljä viikkoa pitkä. Lisäksi Scrum-ryhmä tapaa päivittäin 15 minuutiksi päivittämään tilanteen sen jäsenten kesken. Scrum on hyvin suosittu Agile-piireissä (Krebs, 2008).

Kehittäjien Ken Schwaberin and Jeff Sutherlandin (2020) mukaan Scrum on yksinkertainen rakenne auttamaan ihmisiä, ryhmiä ja organisoita kehittävään arvoa omaksumalla ratkaisuja monimutkaisiin ongelmiin. Scrumin rakenne on tarkoituksella vaillinainen määritellessä ainoastaan vaadittavat osat Scrumin käyttöönottoon. Yksityiskohtaisten ohjeiden sijaan Scrumin säännöt ohjaavat ihmisiä kanssakäymisessä ja ihmissuhteissa. Scrum-ryhmä sitoutuu tukemaan sen jäseniä ja saavuttamaan sen tavoitteet.

Scrum-ryhmä on Scrumin perusyksikkö, joka koostuu yhtenäisestä yksiköstä ammattilaisia jotka keskittyvät ainoastaan yhteen tavoitteeseen kerrallaan, tuotteen tavoitteeseen. Sen sisällä ei ole alayksiköitä tai hierarkioita. Ryhmät ovat monialaisia eli jäsenillä on kaikki tarvittavat taidot luomaan arvoa jokaisella sprintillä. Ne ovat ovat myös itseohjautuvia eli ryhmät päättävät sisäisesti kuka tekee mitä, milloin ja miten. Scrum-ryhmä on riittävän pieni pysymään ketteränä, ja tarpeeksi suuri saamaan merkittävää työtä aikaan sprintin sisällä. Tyypillisessä ryhmässä jäseniä on kymmenen tai vähemmän. Pienemmät ryhmät kommunikoivat paremmin keskenään ja ovat tuottavampia (Schwaber & Sutherland, 2020).

Koko Scrum-ryhmä on vastuussa tuottamaan arvokas, hyödyllinen inkrementti joka sprintillä. Scrum määrittelee kolme erityistä vastuuta ryhmän sisällä, kehittäjät, tuotteen omistaja ja Scrum-mestari (Schwaber & Sutherland, 2020):

Kehittäjät ovat ne ryhmän jäsenet jotka ovat sitoutuneet luomaan millä tahansa näkökulmalla käytettävä inkrementti jokaisella sprintillä. Kehittäjien tarvitsemat yksityiskohtaiset taidot ovat usein laaja-alaisia ja vaihtelevat työn sisällä. Kehittäjät ovat kuitenkin aina vastuussa (Schwaber & Sutherland, 2020):

- Sprintin suunnitelman luomisesta, eli sprintin lokikirjan.

- Kehittämään laatua pysymällä kiinni valmiin määrityksessä.
- Muokkaamaan suunnitelmaa joka päivä kohti sprintin tavoitetta.
- Pitämään toisensa vastuussa ammattilaisina.

Tuotteen omistaja on vastuussa maksimoimaan tuotteen arvon Scrum-ryhmän tekemän työn tuloksesta. Kuinka työ varsinaisesti tehdään vaihtelee suuresti organisaatioittain, Scrum-ryhmien ja yksilöiden välillä. Tuotteen omistaja on vastuussa tehokkaasta tuotelokikirjan hallinnasta, johon kuuluu (Schwaber & Sutherland, 2020):

- Kehittämään ja yksityiskohtaisesti kommunikoimaan tuotteen tavoitteet.
- Luomaan ja selkeästi kommunikoimaan tuotelokikirjan kohdat.
- Määräämään tuotelokikirjan kohteet.
- Varmistamaan, että tuotelokikirja on selkeä, näkyvillä ja ymmärretty.

Tuotteen omistaja voi tehdä yllä olevan työn itse tai delegoida kyseisen vastuun muille. Tuotteen omistaja on kuitenkin edelleen vastuussa. Omistajan onnistuakseen koko organisaation on kunnioitettava näitä päätöksiä. Tuotteen omistaja on yksi henkilö, ei komitea. Omistaja voi edustaa useiden sidosryhmien tarpeita tuotelokikirjassa. Ne, jotka haluavat muuttaa tuotelokikirjaa, voivat tehdä niin ainoastaan vakuuttamalla tuotteen omistajan (Schwaber & Sutherland, 2020).

Scrum-mestari on vastuussa järjestämään Scrum siten kuin se on määritelty Scrum-ohjeessa. Tämä tapahtuu auttamalla kaikkia ymmärtämään Scrumin teoria ja käytäntö sekä Scrum-ryhmässä, että organisaatiossa. Scrum-mestari on vastuussa ryhmän tehokkuudesta. Tämän tapahtuu mahdollistamalla Scrum-ryhmää parantamaan sen käytäntöjä Scrum-rakenteessa. Scrum-mestarit ovat johtaja-palvelijoita ryhmälle ja isommalle organisaatiolle (Schwaber & Sutherland, 2020).

Tuotelokikirja Scrumissa on esiin tuleva määrätty lista siitä, mitä tarvitaan tuotteen parantamiseksi. Se on Scrum-ryhmän ainoa lähde työn vastaanottamiseksi. Tuotelokikirjan kohteet jotka voidaan suorittaa yhden sprintin aikana ovat valmiita valittavaksi sprintille. Jalostaessa tuotelokikirjaa kohteet hajotetaan pienempiin, tarkempiin osiin. Tämä on jatkuva aktiviteetti lisäämään yksityiskohtia kuten kuvausta, järjestystä tai kokoa (Schwaber & Sutherland, 2020).

Sprintin lokikirja Scrumissa koostuu sprintin tavoitteesta, tuotelokikirjasta valituille sprintin kohteille, sekä toiminnallisesta suunnitelmasta inkrementin toteutukselle. Sprintin lokikirja on kehittäjien tekemä, ja käyttämä. Se on näkyvä, reaaliaikainen kuva kehittäjien työstä saavuttamaan sprintin tavoitteet. Tämän seurauksena sprintin

lokikirjaa päivitetään sprintin aikana samalla kun opitaan lisää (Schwaber & Sutherland, 2020).

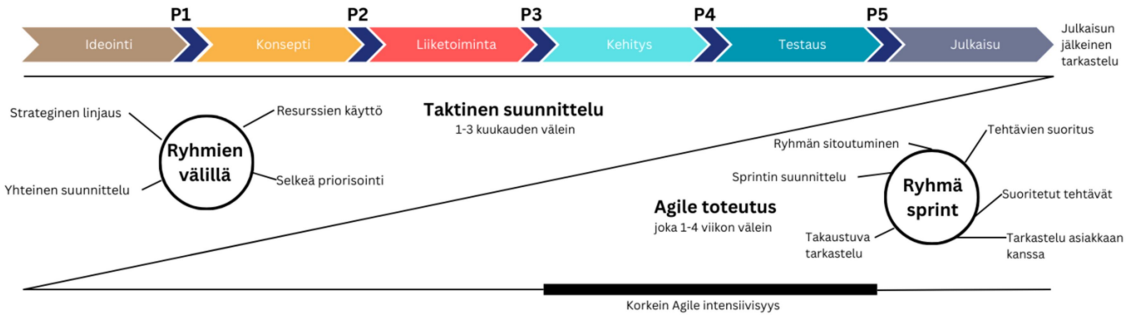
2.3.3 Agile-Stage-Gate hybridi

Tuotekehityksen kannalta monien markkinoiden ja teknologioiden tuotesyklit ovat saavuttaneet kriittisen pisteen, jossa perinteiset tuotekehitysmetodit eivät enää toimi. Tämän päivän portilliset prosessit ovat liian lineaarisia ja jäykkiä vastaamaan muutoksiin ennakoivasti tuotekehitysprosessissa. Tästä johtuen jotkin johtavat eurooppalaiset ja pohjois-amerikkaiset yritykset kuten LEGO ja GE ovat alkaneet kokeilemaan Agile-tuotekehityksen elementtien integroimista niiden nykyisiin portillisiin järjestelmiin. Tuloksena on Agile-Stage-gate-hybridimalli, joka lupaa parhaimmat puolet molemmasta järjestelmästä (Cooper & Sommer, 2018).

Stage-gate kuvaa tuotekehityksen järjestelmää idean kehityksestä markkinajulkaisuun. Jokaisen tuotekehityksen vaiheen portilla on määritellyt tehtävät ja toimitukset. Jokaista vaihetta edeltävä portti merkitsee jatkaa/ei-jatkaa tai investoinnin päätöstä. Perinteisessä porttijärjestelmässä raskas kehitystyö alkaa projektin hyväksymisen jälkeen, jossa ehdotettu tuote on selkeästi määritelty, ja siihen liittyvät kustannukset ovat hyväksytty. Kuitenkin monissa projekteissa tuotemäärittelyn tärkeät elementit ja toimintasuunnitelmat muuttuvat kehitystyön edetessä. Asiakkaan tarpeet muuttuvat, markkinoiden vaatimukset muuttuvat, ja suunnitelmien tulee muuttua niiden mukana. Perinteinen porttimalli ei mahdollista tätä muutosta. Tuotemäärittelyt ja kehityssuunnitelmat ovat lyöty lukkoon aiheuttaen ongelmia muutosten hallinnalle myöhemmissä vaiheissa. Porttijärjestelmät ovat yksinkertaisesti liian lineaarisia ja jäykkiä mukautuakseen tehokkaasti epävakaaseen ja nopeasti muuttuviin tämän päivän asiakkaiden ja markkinoiden tarpeisiin (Cooper & Sommer, 2018).

Vastatakseen näihin ongelmiin jotkin johtavat valmistavat yritykset ovat tarkastelleet Agile-ohjelmistokehityksen prosessia. Agile-tuotekehityksen arvot muutoksiin reagoimisesta, yhteistyöstä ja toimivasta tuotteesta sekä niitä tukevista mukautuvasta suunnittelusta ja evoluutiomallisesta toimituksesta luovat Agilen vetovoiman valmistaville yrityksille. Toinen syy kiinnostuksessa Agile-tuotekehitykseen on ohjelmistojen lisääntynyt merkitys fyysisille tuotteille. Esimerkiksi rakennusajoneuvojen tuotekehitys on perinteisesti tarkoittanut uutta moottoria tai vaihteistoa, pääasiassa sähkö- tai mekaniikkasuunnittelua. Nykyajan laitteet sisältävät laajan skaalan eri ohjelmistoja, työkaluja maksimoimaan tuottavuutta, minimoimaan odotusaikoja ja tarkkailemaan huollon ja korjausten tarvetta. (Cooper & Sommer, 2018).

Agile ja Stage-gate elementtejä integroiva hybridimalli (kuva 10) voi auttaa yrityksiä hyödyntämään molempien vahvuudet. Lyhyesti kerrottuna Agile-Stage-gate-hybridi istuttaa Agilen työskentelytavat Stage-gate vaiheiden sisään korvaten perinteiset projektinhallinnan työkalut kuten Gantt-kaaviot ja virstanpylväät Agile-työkaluilla ja prosesseilla. Näin ollen jokainen vaihe koostuu sarjasta aika-ajoitetusta sprintistä, joista jokainen kestää kahdesta neljään viikkoon. Kuten puhtaassa Agile-prosessissa, jokainen sprintti on suunniteltu reaaliajassa paikan päällä johtaen prosessiin joka on hyvin reagoiva ja mukautuva. Jokaisen sprintin lopussa projektiryhmä tuottaa jotain konkreettista, prototyypin tai fyysisen mallin demonstroitavaksi sidosryhmille asiakkaat mukaan lukien, sekä tuloksen hyväksymiselle ja muutostarpeiden tunnistamiselle. Monet yritykset myös tekevät taktista suunnittelua koko kehitysryhmän ja hallinnon kanssa kuukauden tai kolmen välein. Tässä tapaamisessa ryhmät tapaavat luomaan yhteisen taktisen suunnitelman, priorisoimaan aktiviteetit ja myöntämään rajalliset resurssit seuraavalle jaksolle (Cooper & Sommer, 2018).



Kuva 10. Agile-Stage-Gate-hybridi (Cooper & Sommer, 2018).

Tämä nopea iteratiivinen ja inkrementaalinen konseptien, suunnitelmien ja prototyyppien julkaiseminen tuottaa nopean asiakaspalautteen, joka integroidaan seuraavaan sprinttiin viemään tuote lähemmäs asiakkaan haluja ja tarpeita. Asiakkaat puolestaan jalostavat tarpeidensa määrittelyä osallistuessaan tuotekehityksen prosessiin. Näin ollen asiakkaan äänivallasta tulee dynaaminen ajuri koko projektin aikana. Sprintin jälkeinen takautuva tarkastelu mahdollistaa ryhmän päättelyn siitä onko sprintti todellakin ”valmis”, ja antaa mahdollisuuden pohtia tapoja työskentelyn parantamiseen seuraavassa sprintissä. Kuten Agile ohjelmisto-projekteissa, ideaalitilanteessa koko projektiryhmä on omistettu yhdelle projektille ja sijoitettu yhteiseen tilaan sisältäen päivittäiset Scrum-tapaamiset (Cooper & Sommer, 2018).

Portit ja vaiheet ovat edelleen tämän hybridimallin tärkeitä osia. Portit tarjoavat elintärkeät jatkaa/ei-jatkaa päätökset tappamalla heikot projektit, keskittymistä kehitysputkeen, ja mahdollistavat ylimmän johdon hallintaa arvioimaan projekteja avainkohdissa. Vaiheet tarjoavat korkean tason yleiskatsausta projektien päävaiheisiin

ja ohjauksen vaadittaviin tai suositeltaviin aktiviteetteihin sekä odotetut tuotokset joka vaiheelta. Jokaisen vaiheen tarkennetut tuotokset porteille ovat kuitenkin kapeampia, vähemmän yksityiskohtaisia ja enemmän joustavia kuin perinteisessä porttimallissa, sekä ovat myös enemmän konkreettisia kuten tuotesuunnitelmia tai prototyyppejä kuin raportteja tai kalvoesitelmiä (Cooper & Sommer, 2018).

Agile-Stage-Gate tuotekehityksen varhaisten hyödyntäjien kokemukset ovat olleet positiivisia. Tutkimus viiden merkittävän eurooppalaisen valmistavan yrityksen kokemusten perusteella Agile-Stage-Gate tarjoaa merkittäviä hyötyjä. Hybridimalli tutkimuksen mukaan (Cooper & Sommer, 2018;Sommer et al., 2015):

- Lisäsi suunnittelun joustavuutta.
- Paransi tuottavuutta, kommunikaatiota ja koordinaatiota ryhmän jäsenten kesken.
- Edisti keskittymistä projekteihin, jonka tuloksena oli parempi ajan ja vaivannäön priorisointi.
- Kasvatti ryhmän moraalia.

Tutkimuksessa suositeltiin käytettäväksi etenkin Scrum-rakenteita teollisuuden tuotekehitykseksessä (Sommer et al., 2015). Kyseinen tutkimus paljasti myös negatiivisia puolia mukaan lukien vaikeuksia hankkia ryhmään jäseniä, pitää projektiryhmä yhteydessä muuhun organisaation, epäkohtia Agilen vaatimuksista ja yrityksen palkkiojärjestelmistä, ja edelleen liian paljon byrokratiaa (Cooper & Sommer, 2018).

Vaikka Agile ja Stage-Gate toivat toimia yhdessä tasapainottaen toisten vahvuuksia ja heikkouksia, ne voivat myös yhteentörmätä. Yritysten tulee toivoa löytämään molempien järjestelmien parhaat puolet ratkaistakseen ristiriidat harmonisen prosessin luomiseksi. Potentiaaliset konfliktit tulevat ilmi kamppailusta tasapainotella lyhyen ajan vaihtelevuudesta pitkän ajan suunnittelun kanssa, sekä Stage-Gaten tarpeesta vakiintuneelle tuotemäärittelylle Agilen jatkuvasti kehittyvän tuotemäärittelyn kanssa (Cooper & Sommer, 2018).

Ohjelmistokehityksessä kehitysryhmä tuottaa jokaisen sprintin lopussa jotain toimivaa eli koodia. Käsitys sprintistä joka on ”valmis” ei sovellu niin helposti valmistettaviin tuotteisiin. Uuden moottorin, lääketieteellisen laitteen tai koneen kehitystä ei kovinkaan helposti voi tehdä inkrementaaliseksi. Vaikka olisikin mahdollista tehdä konkreettinen prototyyppi, sen fyysinen rakentaminen vie sprinttiä enemmän aikaa. Tapauskohtaiset yritykset ovat käsitelleet tätä ongelmaa määrittelemällä uudelleen fyysisen tuotteen

”valmiin” määrityksen. Tässä kontekstissa sprintin tulos ei ole välttämättä toimiva tuote. Se on ainoastaan suoritetun sprintin jokin konkreettinen tulos, Esimerkiksi varhaisten vaiheiden tulos ”valmiista” sprintistä voi olla liiketoiminta-tapaus, tulos alustavasta kokeilusta tai asiakastutkimus. Tuotekehityksen alkupään vaiheiden ”valmis” tulos on kuitenkin yleensä jotain fyysistä, suunnitelman piirustus, tietokoneanimaatio, virtuaalinen malli, jotain mihin asiakas voi vastata ja hallinto voi nähdä. Toisin sanoen jotain mikä on tuotteen konseptin ja valmiin prototyypin väliltä (Cooper & Sommer, 2018).

Yksi Agile-Stage-Gate hybridin käyttöönoton avainkysymyksistä on se, että missä tuotekehitysprosessin vaiheissa integroida Agile, ja missä projekteissa. Agile-käytännöt eivät välttämättä toimi yhtä hyvin kaikissa tuotekehityksen vaiheissa. Innovaatiota ja tuottavuutta ajava varhaisten vaiheiden epäselvyys ei ole välttämättä enää siedettävissä myöhemmissä tarkkuutta vaativissa vaiheissa, joissa suunnittelu on enemmän rajoitettua (Cooper & Sommer, 2018).

Vaikka teoriassa Agile-Stage-Gate hybridi soveltuu kaikkiin kehitysprojekteihin, käytännössä suurin saatava hyöty voi olla epäselvemmissä ja epävarmoissa aloitteissa. Tapauksissa joissa markkinat ja asiakastarpeet ovat tunnettuja ja vakaita, lineaarinen Stage-Gate ei ole haitta, vaan se voi olla tehokkaampi. Lisäksi Agile vaatii huomattavia resursseja kuten lähin täysin omistautuneen ryhmän, joita yksinkertaiset inkrementaaliset tuoteparanteluprojektit eivät tarvitse. Varatessa Agile sitä tarvitseville projekteille auttaa varmistamaan resurssien kohdistamista kyseisille projekteille (Cooper & Sommer, 2018).

2.4 Tuotekehityksen erityispiirteet

Koska tuotekehitysprosessi itsessään on luova, innovatiivinen, monialainen, dynaaminen, iteratiivinen, kommunikaatioon perustuva, epävarma ja riskialtis vaatien intensiivistä suunnittelua ja toimintaa, hyvin monet eri muuttujat vaikuttavat sen menestymiseen. Eikä ole myöskään mitenkään epätavallista että monet projektit menevät yli aikataulun, yli budjetin ja huonolla laadulla. Määriteltäessä ja parantaessa tuotekehitysprosessia on otettava huomioon kuinka nämä erityispiireet heijastuvat kuhunkin eri yritykseen. Tämä pätee myös eri kehitysyksiköihin saman yrityksen sisällä, sillä eri yhteisöissä voi olla erilainen kulttuuri erityisesti globaalissa kehitystyössä. Kun määritellään yrityskohtaista tai globaalia tuotekehitysprosessia, on hyvä ottaa seuraavat muuttujat huomioon (Trabasso & Pessôa, 2017).

2.4.1 Epävarmuus

Epävarmuudella tarkoitetaan tietämyksen eroa oletetuista ja varmistuneista ominaisuuksista, ja se kestää koko kehitysprojektin ajan. Epävarmuus on suorassa yhteydessä riskiin (Trabasso & Pessôa, 2017):

- Riski suorituskyvyssä: Epävarmuus tuotteen kyvystä täyttää sille asetetut vaatimukset ottaen huomioon muut tekijät kuten hinta ja aikataulu, sekä sen seuraukset.
- Riski aikataulussa: Epävarmuus projektin kyvystä pysyä asetetussa aikataulussa ja sen seuraukset.
- Riski kustannuksista: Epävarmuus projektin kyvystä pysyä asetetussa budjetissa ja sen seuraukset.
- Riski resursseissa/teknologiassa: Epävarmuus resurssien (mukaan lukien henkilöstö) ja teknologian kyvystä antaa vaadittu suorituskyky ja sen seuraukset.
- Riski markkinoissa: Epävarmuus valitun ”mitä suunnitellaan” ominaisuuksien (mukaan lukien hinta ja aikataulu) hyödystä ja arvosta markkinoilla ja sen seuraukset.
- Riski liikemaailmassa: Epävarmuus poliittisesta, taloudellisesta, työpoliittisesta, yhteiskunnallisesta tai muista tekijöistä liikemaailmassa ja sen seuraukset.

Tämä ero voi johtaa koko kehityksentyön vääriin olettamuksiin aiheuttaen jatkuvia virhearvioita ja tehdyn työn uudelleen korjaamista. Epävarmuus on suurempaa projektin alkuvaiheessa, jolloin tärkeät päätöksenteot perustuvat olettamuksiin (Trabasso & Pessôa, 2017).

2.4.2 Ihmispohjaisuus

Ihmispohjaiset toiminnat, missä jokaisella yksilöllä on kulttuurinsa, arvonsa, persoonallisuus ja niin edelleen, voi aiheuttaa ennalta arvaamatonta käytöstä. Tämän seurauksena toisen ihmisen suorittama tehtävä kestää todennäköisesti eri ajan, kuin että sama henkilö tekisi sen eri aikana. Tuotekehitysprosessi sisältää aina tilastollista vaihtelua toteutuksen aikana. Uudet prosessit, innovaatio, tuotteet ja teknologiat sisältävät aina enemmän vaihtelua tehtävien keskimääräisessä suoritusajassa (Trabasso & Pessôa, 2017).

2.4.3 Epäselvyys

Epäselvyydellä tarkoitetaan toisistaan poikkeavia tulkintoja olevasta ja vaaditusta informaatiosta, mikä johtaa yhtenäisen informaation puutteeseen. Siinä missä epävarmuuden ratkaisuun haetaan objektiivista informaatiota ja vastausta tiettyyn kysymykseen, epäselvyyttä ratkaisemaan hakemalla asioihin oikeata ymmärrystä. Asiakkaan tarpeet ja projektien tavoitteet eivät välttämättä ole selviä, ja tiedonkulku kehitystyössä usein sisältää tietyn tason epäselvyyttä ja epävarmuutta (Trabasso & Pessôa, 2017).

2.4.4 Epälineaarisuus

Tuotekehitystoiminta ei ole peräkkäistä eikä lineaarista. Mitä suurempi innovaatio, sitä vaikeampaa on löytää sopiva arkkitehtuuri ratkaisun tilassa. Tuotekehitysprosessi on iteratiivinen prosessi joka koostuu (Trabasso & Pessôa, 2017):

- Iteraatio: Iteraatio on menettelytapa, jonka vaiheittainen toistaminen tuo asteittain lähemmäksi haluttua tulosta. Iteraatiot voivat olla suunniteltuja (iteratiivinen prosessi) tai suunnittelemattomia (työn uudelleen tekeminen). Liian monimutkainen tai huono rajapintojen suunnittelu voi johtaa uusiin iteraatioihin. Suunnittelemattomien iteraatioiden suuri määrä johtaa aikataulun ylittämiseen.
- Keskeytykset: Kriittiset suunnittelutekijät, triviaalit kysymykset, odottamattomat kommunikaatiot ja muut keskeytykset tulevat aina esiin kehityksen aikana. Vaikka tämä onkin luonnollista, suuri keskeytyksien määrä pahentaa projekteja.
- Muutokset: Mikään ei mene ikinä täysin suunnitelmien mukaan (muutokset vaatimuksiin, resurssien saatavuus ja niin edelleen). Korkea muutoksien määrä vaarantaa kehitystyön etenemistä.

2.4.5 Monimutkaisuus

Tuotekehitysprosessin täytyy kohdata monimutkaisuutta monella eri tasolla, itse tuote, kehitysprosessi ja suorittava organisaatio (kehitysryhmä itse) (Trabasso & Pessôa, 2017):

- Tuotteen monimutkaisuus: Asiakkaat vaativat tuotteita jotka ovat entistä enemmän monimutkaisempia. Tuotekehityksen laajuus ei sisällä pelkästään lopputuotetta, mutta myös sen elinkaaren prosessi ja näiden prosessien suorittava organisaatio.
- Prosessit ja työkalut: Kasvava määrä prosesseja ja työkaluja sekä hankaluus pitää ne integroituna jollain tasolla luo haasteita tehokkaaseen ja selkeään kommunikaatioon.

- Rakenteellinen monimutkaisuus: Suorittavan organisaation rakenteesta tulee entistä enemmän monimutkaisempi lisääntyneiden tuotteiden ja prosessien kasvun myötä. Myös mukautuminen globaaliin markkinoihin ja hajaantunut kehitystyö lisää monimutkaisuutta. Kommunikaation ja koordinaation määrä kasvaa kehitysryhmien kasvun ja hajaantumisen myötä pitämään työ yhtenäisenä.

Tuotteen monimutkaisuuden kasvaessa kasvaa myös tarve eri asiantuntijoille sitä suunnittelemaan. Yhteistyöhenkinen ympäristö, yhteinen auttaminen ja tiedon jakaminen on tärkeintä tuotekehityksen menestykselle. Tämä luo suuria haasteita hallinnolle ja tuotteen integroinnille. Nämä erityispiirteet auttavat meitä ymmärtämään miksi toistuva menestyminen tuotekehitysprojekteissa on haasteellista. Tehokkaan tuotekehitysprosessin tulisi ratkoa näitä näkökohtia integroituneella tavalla (Trabasso & Pessôa, 2017).

Ei ole pelkästään tärkeää työstää uusia ideoita ja keksintöjä ulkoisten kumppaneiden kuten kaupallisten tutkimusorganisaatioiden, kilpailijoiden, keksijöiden, alihankkijoiden ja yliopistojen kanssa, vaan myös yhteistyö näiden kumppanien kanssa uusien tuotteiden kehittämisessä määrittää tuotekehitysprojektien menestymistä. Kuitenkin yhteistyö kumppaneiden kanssa usein katsotaan hankalaksi etenkin yritysten välillä. Erityisesti innovatiivinen toiminta luo riskejä pitkällä aikavälillä, ja tästä näkökulmasta usein syntyy ongelmia luottamuksesta ja valtatekijöistä. Yhdistelmä riskeistä, kompromisseista pitkän ja lyhyen aikavälin tuotoksista, luottamuksesta ja valtatekijöistä tekevät yhteistyön kumppaneiden kanssa monimutkaista ja haastavaa (Dekkers, 2018).

Yksi tapa tehdä yhteistyötä kumppanien kanssa on strategiset verkostot. Nämä verkostot ovat yleensä strategisia liittoumia ja yhteistyöhankkeita. Strateginen liittouma on kahden tai useamman osapuolen sopimus edistää sovittuja tavoitteita osapuolien pysyen kuitenkin itsenäisinä organisaatioina. Tarkoituksena on osapuolien liittyä yhteen yhteisen edun saavuttamiseksi yhdistäen niiden tiedot, taidot ja teknologiat. Yhteistyöhanke on osapuolien sopimus kehittää määritetyssä ajassa uusia kokonaisuuksia ja etuja osallistuen pääomakustannuksiin. Yhteistyöhankkeet liittyvät yleensä täysin uusiin liiketoimintaan osapuolien jakaen liikevaihdon, kustannukset ja varallisuuden (Dekkers, 2018).

Yhteistyö alihankkijoiden kanssa on myös yksi ulkoinen innovaation lähde. Menestyessään yhteistyö voi avustaa uusien tuotteiden ja palvelujen kehittymistä eriytymisellä, lyhyemmällä läpimenoajalla ja pienemmillä kustannuksilla. Mielenkiinto yhteistyöhön alihankkijoiden kanssa pohjautuu Japanin autoteollisuuden menestykseen

liittää yhteen kaikki vaiheet uusien tuotteiden kehittämisestä tuotteen valmistukseen. Etenkin kriittisen teknologian toimittajien kanssa yhteistyö on tärkeää, ja on arvioitava niiden toimintakykyä uusien tuotteiden kehittämisessä yhteistyön kannalta. On myös huomioitavaa, että kehitystyön integroinnissa yritysten välillä myös yritysten teknologiset strategiat tulisi olla yhtäläiset. Jos yritysten teknologiset strategiat suuresti eroavat, sitä vähemmän alihankkijoita integroidaan tuotekehitykseen (Dekkers, 2018).

2.5 Tuotekehityksen haasteet ja menestystekijät

Menestyvän tuotekehityksen ja innovaatiotoiminnan tärkein yksittäinen tekijä on yrityksen johdon tuki. Ilman selkeää johdon tukea ja kannustusta yrityksen tuotekehitys jää ilman tärkeyden ja kiireellisyyden tunnetta. Tästä johtuen kehitystyöhön osallistuvien jäsenten ja toimintojen kannalta johdon viestintä on iso avaintekijä. Lisäksi tulee ottaa huomioon kehitystyön johtajuus, joka on eri asia yrityksen johtajuudesta (Stamm, 2008).

Tuotekehityksen johtaminen voi tapahtua millä tahansa organisaation tasolla. Organisaation johtaminen (eng. management) tarkoittaa ihmisten ohjaamista ja organisointia, mutta varsinainen johtajuus (eng. leadership) on enemmän ihmisten inspiroimista ja kannustamista hyviin suorituksiin etenkin innovaatiotyössä. Yrityksen ylin johto toimii tavallaan tuotekehityksen hyväksyjänä, mutta varsinainen johtaminen tapahtuu projektitasolla. Johto voi olla kannustava tekijä tuotekehityksessä, mutta tunnetaan myös tapauksia joissa projektitason johtajuus ja päättäväisyys on onnistunut puskemaan läpi tuotekehitystä ylemmän johdon vastustuksesta huolimatta (Stamm, 2008).

Innovatiivinen johtaminen tähtää kehittämään henkilökunnan käyttäytymistä tukemaan innovatiivista toimintaa. Johtamisen ulottuvuuksia ovat *henkilökunnan kannustaminen*, joka viittaa joko erityisosaamiseen tai yleisosaamiseen. Etenkin yleisosaamisen henkilökunnassa korostuu johtaminen ja yhteistyövaikutus. *Päätöksenteot* otetaan vastaan hierarkkisesti ennalta nimetyltä päätöksentekijältä vähäisellä tai suurella palautteella perustuen päätöksen sisältöön. *Suorituskyvyn arviointi* perustuu tuotoksiin tai henkilökunnan kehitykseen. *Kommunikoinnin käyttäytyminen* on joko kokonaisvaltaista ja tulkitsevaa, tai poissulkevaa perustuen suoraan ohjaamiseen ja tehtäviin orientoitumiseen. Innovatiivinen johtaminen on voimakas, mutta haastava instrumentti innovaation kyvykkyydelle joka vaatii paljon henkilökunnalta, ja jota voidaan muuttaa perustuen ainoastaan laajaan kaikkien osallistujien hyväksyntään (Eversheim, 2009).

Innovatiivisen toiminnan kannalta väitetään, että kaikista tehokkain käyttäytymisen malli on avoin, joustava strategia. Tämä puolestaan tarkoitta sitä, että yritykset eivät seuraa ennalta suunniteltua innovaatiosuunnitelmaa. Sekä teknologiset-, että markkinainnovaatiot ovat elintärkeitä, ja yritykset eivät voi tyytyä panostamaan ainoastaan yhteen näistä. Yrityksille on tärkeää olla avoimia markkinoiden liikkeille, yhdistelemään erilaisia teknologisia elementtejä (suoran kehityskaaren seuraamisen sijaan), ja olla joustavia innovatiivisessa käyttäytymisessä (Fuglsang & Sundbo, 2002).

Avaintekijät tekijät tuotekehitykseen ja innovaatioon niiden haasteista huolimatta ovat oppiminen ja abstraktin käsitteen ymmärtäminen. Nämä kaksi kykyä antavat epävarmuudelle uudet kasvot, jota tarvitaan luomaan tarvittavan vapauden halutun lopputuloksen luomiseksi. Tuotekehitysprosessi iteratiivisena ja toistuvana turvautuu näihin kykyihin. Tuotekehityksen alun innovatiivinen idea on abstraktio siitä, mitä voisi olla. Vaikka tämä alun idea onkin karkea abstraktio, voidaan silti selvittää kriittisiä ominaisuuksia joita potentiaaliset teknologiat, toimeenpanot ja markkinat pitävät sisällään. Tarkoituksena on saada ymmärrys idean toteutuskelpoisuudesta, eli siitä voiko idean toteuttaa ja voiko se käytännössä toimia. Tämä toiminnallisuuden arviointi on iteratiivisen tuotekehityksen kierrosten alku (Fitzgerald et al., 2011).

Idean ensimmäisenä tarkastelun kohteena on hyvä olla markkinoiden, toimeenpanon ja teknologian elementit. Uuden innovatiivisen idean suurin riski oletetaan olevan alussa, jolloin epävarmuus on suurimmillaan. Tämä johtuu joko siitä että meillä ei ole tarpeeksi ymmärrystä aiheesta, tai että kenelläkään ei ole aiheesta ymmärrystä. Joka tapauksessa on tärkeää oppia aiheen eri komponenteista, ja sovittaa yhteen karkeasti tarvittavat ominaisuudet innovatiiviselle idealle. Tällä ymmärryksellä voidaan hahmotella idean ominaisuuksia ilman idean varsinaista rakentamista käytännössä. Tällä tavoin vähennetään idean sen hetkistä epävarmuutta, jonka jälkeen siirrytään seuraavaan epävarmuuden piiriin ja prosessi toistetaan. Toistamalla oppimista ja abstraktin käsitteen luomista voidaan päättä idean toteutuskelpoisuus, eli jatketaanko kehitystyötä vai ei. Tämän prosessin aikana huomataan tarpeelliseksi muuttaa alkuperäistä ideaa, ja muokata sitä uuden opitun tiedon mukaisesti. Toistamalla näitä iteraatioita idea ja abstraktin käsitteen ominaisuudet tarkentuvat, ja johtavat entistä luotettavampaan päätökseen idean hylkäämisestä tai onnistumisen mahdollisuudesta (Fitzgerald et al., 2011).

Uuden idean alun epävarmuuden selvittäminen tuo kuitenkin useita haasteita. Alussa isoin haaste on estää ennalta määritellyn konseptin ajamasta ja ohjaamasta tuotekehitysprosessia. Tuotekehittäjien täytyy katsoa uutta tuotetta uuden teknologian tutkimuksen kohteena. Tuotekehityksen alkuvaiheessa on useita tyypillisiä

kompastuskiviä. On mahdollista keskittyä hyvin yksityiskohtaiseen ratkaisuun ongelmaan, jota ei ole vielä edes tarkoin määritelty. Liian jäykkä yritysjohto voi keskittyä enemmän yksityiskohtaiseen tuotekehitysohjelmaan ja alussa määriteltyyn ideaan, ja ohjata tuotekehitystä ilman että itse kehittäjät olisivat projektin omistajia. Tuotekehittäjien jäsenet voivat olla liian kapeanäköisiä oman alansa näkökulmasta ja ohjata tuotekehitystä ainoastaan sen mukaisesti. Näillä ratkaisemattomilla ongelmissa on potentiaalisesti negatiivinen vaikutus tuotekehitysprojektiin. Tuotekehittäjien tulee tuntea olonsa luontevaksi yrityksen johdon ja toistensa kanssa siirtyessään epävarmasta ideasta yksityiskohtaisempiin päätöksiin (Cagan & Vogel, 2002).

Cooperin ja Kleinschmidtin vuoden 1996 benchmark-tutkimuksessa tutkittiin hyvin suoriutuneiden yrityksen uusien tuotteiden kehitysprosessia. Lopputuloksena tunnistettiin yhdeksän menestystekijää, joista neljä oli tuotekehityksen menestyksessä avaintekijöitä. Myöhempien tutkimusten jälkeen Cooper ja Kleinschmidt jatkojalostivat nämä neljä avaintekijää edelleen saman artikkelin uudelleenjulkaisussa vuonna 2007 *tehokkuuden timantissa* (kuva 11):

1. *Strategia*: Parhaat tuotekehittäjät omasivat tuotekehitysstrategian, joka oli johdon ajama sekä yrityksen strateginen visio liiketoiminnalle. Tämä innovaatiostrategia koostui useista elementeistä mukaan lukien liiketoiminnan tavoitteista tuoteinnovaatiolle, ja kuinka yrityksen tuotekehityksen ponnistelut mukautuvat sen liiketoiminnan tavoitteisiin.

2. *Tuotekehityksen portfolio ja resurssien allokointi*: Toinen yleinen tekijä yrityksen menestyvässä tuotekehityksessä on varmistaa tuotekehityksen resurssien riittävä määrä. Tämä koskee sekä varojen määrää että ihmisiä eli toimintojen aloilta. Riittävän syvät taskut eivät kuitenkaan ole ainoa tehokkaan toiminnan ajuri, vaan niiden viisas käyttö. Parhailla tuotekehittäjille on *tuoteportfolion hallintajärjestelmä*, joka auttaa johtoa allokoimaan resursseja oikealle alueelle ja oikeisiin kohteisin. Saamaan oikea sekoitus ja tasapaino eri tuotekehityksien investointien ja strategisesti oikein suuntautuneen portfolion.

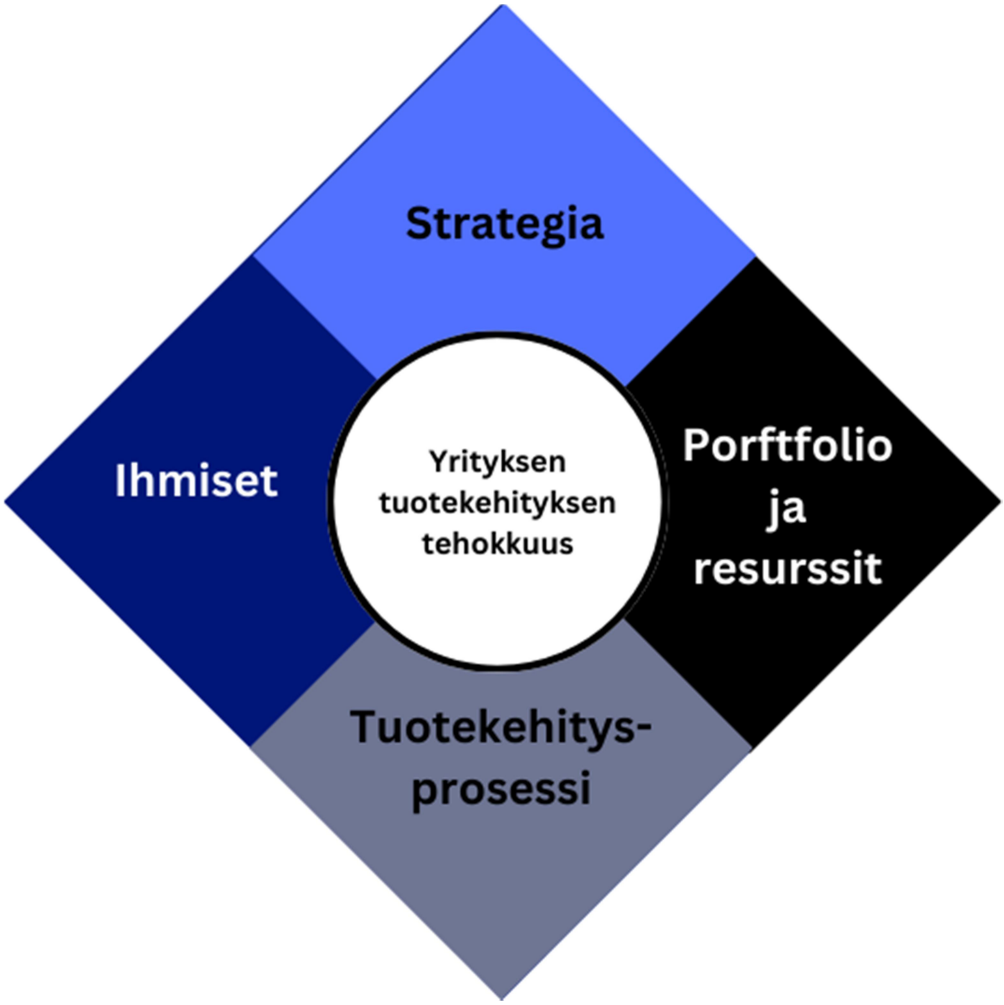
Tuotekehitysprojektien jaottelun eri ryhmiin on tarkoitus allokoida resursseja oikeanlaisen strategian projekteille tasapainottamaan projekteja. Esimerkiksi parhailla tuotekehittäjillä on erilaisia erittelyjä tuotekehitysprojektien tyyppien kesken, joissa suurten, rohkeiden ja riskialttiiden projektien osuus on suurempi kuin heikompien tuotekehittäjien. Parhaan tuotekehittäjät myös maksimoivat tuotekehitykseen käytettyjen varojen tuottavuuden, sekä varmistavat rahojen ja ihmisten keskittyvän korkean-arvon projekteihin. Parhaat yritykset luottavat tehokkaisiin menetelmiin,

pistelaskutaulukkoon, tuottavuusindeksiin ja reaalioptioihin valitsemaan ja priorisoimaan uudet tuotekehitysprojektit.

3. *Tuotekehitysprosessi*: Useimmilla yrityksillä on käytössä portainen, tai stage-gate ideasta-tuotteeksi uuden tuotteen kehitysprosessi. Prosessin toimivuus kuitenkin vaihtelee suuresti yritysten kesken. Parhailla kehittäjillä on käytössä hyvin muotoiltu, lujatekoinen uuden tuotteen kehitysprosessi idean alusta lanseeraamiseen asti ja yli. Niiden tuotekehitysprojektit painottavat etukäteen tehtyä tutkimusta, asiakkaan panostusta, toteutuksen laatua ja toiminnan tulosten mittareita.

Parhaat tuotekehittäjät omaksuvat tuotekehitysprosessin, ja harjoittavat kurinalaisuutta sen käyttöönotossa. Tuotekehitysprosessista on myös tehty virtaviivainen, mukautuva ja skaalautuva. Esimerkiksi kevyempiä Stage-gate järjestelmiä matalan-riskin projekteille. Lisäksi tuotekehittäjät ovat omaksuneet lean-periaatteita tuotekehitysprosesseihin.

4. *Ihmiset: kulttuuri, ympäristö, ryhmät ja ylemmän johdon rooli*: Neljäs ulottuvuus oli lisäys jälkeenpäin vuoden 1996 tutkimukseen tuottamaan kuvan 11 *tehokkuuden timantti*. Neljäs ulottuvuus on ihmisistä. Parhailla tuotekehittäjillä on olemassa positiivinen innovaation kulttuuri ja ympäristö. Toiminnan johtajat aktiivisesti tukevat innovaatioita sanoilla, toimilla ja resurssien sitoumuksilla. Ylempi johto on mukana päätöksenteon prosessilla oikealla tavalla. Lisäksi menestyvät yritykset omaksuvat ryhmähenkisen lähestymistavan tuotekehitykseen. Ne omaavat tehokkaan, oikein resurssein varustetut monialaiset ryhmät jotka ovat vastuussa lopputuloksista.



Kuva 11. Tuotekehityksen tehokkuuden timantti (Cooper & Kleinschmidt, 2007).

Alkuperäisessä vuoden 1996 tutkimuksessa Cooper ja Kleinschmidt esittävät yhdeksästä viisi vähemmän tärkeää, mutta silti tuotekehitykseen vaikuttaa tekijää:

5. Korkealaatuiset tuotekehitysryhmät
6. Ylemmän johdon omistautuneisuus ja osallistuminen uusissa tuotteissa
7. Innovatiivinen kulttuuri ja ympäristö
8. Monialaisten projektiryhmien käyttö
9. Ylemmän johdon vastuu uusien tuotteiden kehityksestä

Kymmenen vuoden jälkeen alkuperäisestä vuoden 1996 tutkimuksesta Cooper ja Kleinschmidt olivat yhdistäneet kaikki viiden vähemmän vaikuttavan tekijän yhdeksi avaintekijäksi tehokkuuden timanttiin, lopun kolmen pysyen lähes ennallaan. Alkuperäinen tutkimus siis painotti enemmän prosessia, strategiaa, resurssien kohdistamista enemmän kuin ihmisiä ja ympäristöä.

On myös huomattava varoituksena, että pelkkä muodollisen tuotekehitysprosessin olemassa olo ei millään tapaa vaikuta sen tehokkuuteen. Cooper ja Kleinschmidt (2007) eivät löytäneet mitään korrelaatiota prosessin olemassa olon, ja toiminnan tulosten väliltä. Sen sijaan tärkeää oli prosessin *laatu*, sekä kyseisen prosessin *luonne*.

2.6 Tuoteportfolio

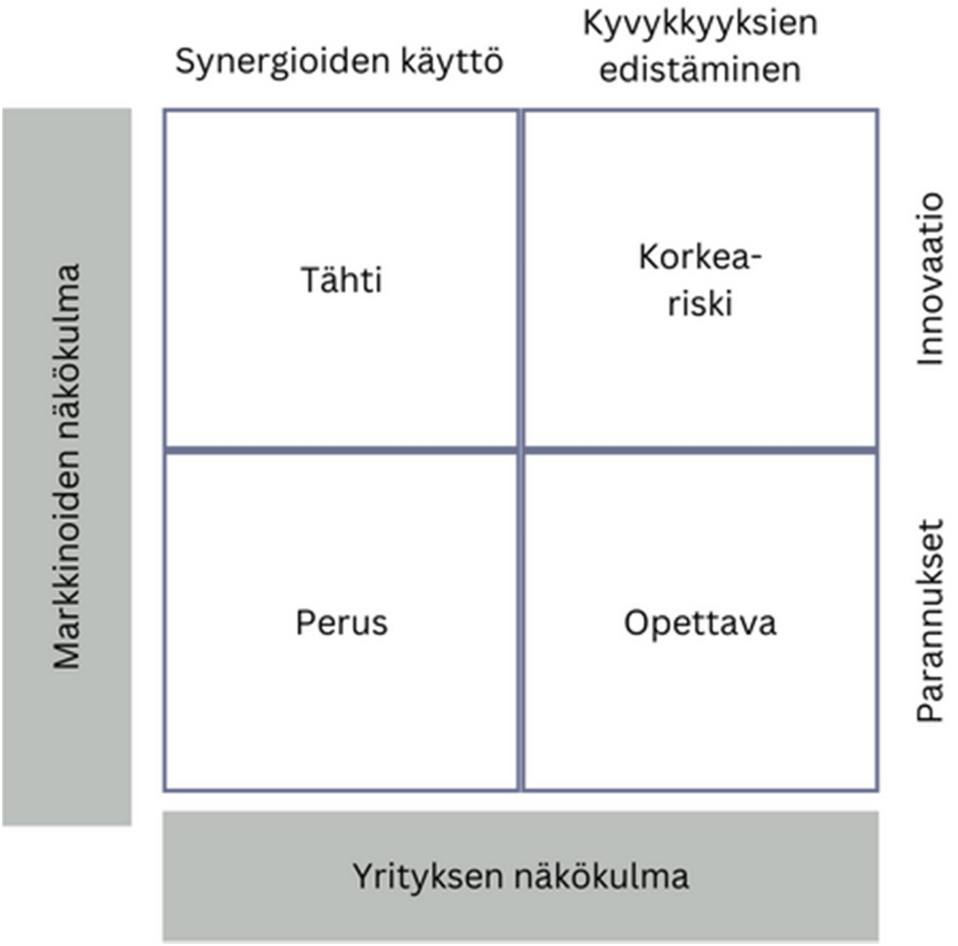
2.6.1 Tuotetyypit

Innovaation näkökulmasta yrityksen tuoteportfolio perustuu ulkoiseen ja sisäiseen näkökulmaan, joka mahdollistaa innovatiivisten projektien ja tuotteiden innovaation asteen määrittelyn. Yrityksen sisäisessä näkökulmassa tehdään erottelu kehitetyn kyvykkyyden eli tuotekehityksen osaamisen, ja olemassa olevien tuotteiden sekä toisten innovaatioprojektien synergian käytössä (Eversheim, 2009).

Innovaatioprojekteissa kriteerit kyvykkyyksien kehityksille ja synergioille toteutuvat eri tavoilla. Projektit joissa vaaditaan suurta oppimisen määrää eivät yleensä mahdollista synergioiden käyttöä. Tuotteet jotka perustuvat olemassa olevan tiedon intensiiviseen hyödyntämiseen eli toisten tuotteiden synergiaan eivät puolestaan edistä kyvykkyyden kehitystä. Tarkoituksenmukainen projektien valinta on kohdistettu tasapainoiseen ja tilanteesta riippuvaan molempien sisäisten näkökulmien toteutukseen, sillä yrityksen menestys riippuu molemmista, synergioiden käytöstä ja jatkuvasta oppimisesta uusien kyvykkyyksien suhteen (Eversheim, 2009).

Ulkoisesta näkökulmasta innovatiiviset projektit luokitellaan tuoteparanteluksi ja innovaatioiksi. Molemmat ovat tarpeellisia yrityksen menestymiseksi. Ison luokan innovaatioissa on aina riski teknologiassa ja markkinoiden epäonnistumisessa. Markkinoiden riskiä voidaan vähentää kehittämällä samanaikaisesti matalan riskin tuoteparentelua. Toisaalta uusien teknologioiden ja innovaatioiden hyödyntämistä tarvitaan vanhan teknologian vanhentuessa ja elinkaaren loppuessa. Tässä vaiheessa tuoteparantelu mahdollistaa enää pieniä muutoksia ja tuottavuuden parannusta (Eversheim, 2009).

Jos yrityksen sisäiset ja ulkoiset arvioinnin kriteerit korreloivat toisiinsa nähden, voidaan havaita neljä erilaista innovaatioprojektin tai lopullisen tuotteen tyyppiä (perus, tähti, opettava tai korkea-riski). Näiden tyyppien ominaisuuksia havainnoidaan kuvasta 12. Kuvassa innovaatioprojektit ja tuotetyypit esitetään markkinoiden ja yrityksen näkökulmien suhteen. Synergioiden käyttö ja kyvykkyyksien parantaminen ovat edellä mainitusti yrityksen sisäisiä näkökulmia, ja innovaatio sekä tuoteparantelu ulkoisia (Eversheim, 2009).



Kuva 12. Innovaatioportfolio (Eversheim, 2009).

Perus on sisäisen synergian lopputulos ja edustaa olemassa olevien tuotteiden parannusta ulkoisesta näkökulmasta katsoen. Ne yhdistetään matalaan riskitasoon teknologisen käytettävyyteen ja markkinoiden potentiaaliin perustuen yrityksen menneeseen kokemukseen. Autoteollisuudessa tyypillinen esimerkki on auton korin uusi ulkomuoto (Eversheim, 2009).

Tähti on myös sisäisesti toteutettu synergian avulla, mutta ulkoisesta markkinoiden näkökulmasta se otetaan vastaan innovaationa. Positiivisen ulkoisen arvioinnin ansiosta tähdet voivat vaikuttaa huomattavasti yrityksen menestykseen. Tästä huolimatta ne vaikuttavat ainoastaan vähäisesti sisäiseen oppimiseen. Jos yritys kehittää tuotteen eri markkinoihin perustuen sen ydinosaamisen, katsotaan kyseinen tuote tähdeksi. Esimerkkinä autoteollisuuden teknologian siirtäminen kaksipyöräisiin ajoneuvoihin (Eversheim, 2009).

Opettava tyypit ovat oppimisen projekteja. Näissä projekteissa kehitetään sisäistä kyvykkyyttä, joka puolestaan arvioidaan parannuksina ulkoisesta näkökulmasta. Nämä projektit mahdollistavat osallistumisen uusiin markkinoihin tai teknologioihin korkealla tulevaisuuden potentiaalilla. Jos esimerkiksi toimittaja harkitsee oman kyvykkyyden

laajentamista toimitusketjussa, tämä voidaan aloittaa opettaja-projektina tavoitteena integroida osaamista uusista tuotantoteknologioista yritykseen (Eversheim, 2009).

Korkea-riskin projektit yhdistävät riskipotentiaalin opettajista ja tähdistä. Sisäisesti ne aiheuttavat kyvykkyyden kehitystä, ja ulkoisesti havaitaan innovaatioiksi. Korkean riskin projektin tavoitteena voi olla uuden markkina-alueen valtaus uudella teknologialla. Menestyessään korkean riskin potentiaalit ovat hyvin houkuttelevia. Liittyvien riskien vuoksi näitä yleensä kuitenkin toteutetaan satunnaisesti (Eversheim, 2009).

Yrityksen menestymiseen on tarpeellista tasapainotella näiden neljän projektityypin välillä. Menestyvät korkean riskin projektit mahdollistavat yrityksen pitkäaikaisen menestyksen, sillä ne tuottavat huomattavan suuria voittoja radikaaleilla innovaatioilla. Perustyypin projektit kehittävät tarpeellista kassavirtaa lyhyellä aikavälillä, ja näin ollen tasapainottavat korkean riskin riskejä. Riippuen yrityksen tilanteesta voidaan panostaa kumpaan tahansa suuntaan (Eversheim, 2009).

2.6.2 Tuoteportfolion kehitys

Kehittäessä yleistä liikestrategiaa yrityksen on kehitettävä ja hallinnoitava sen koko tuoteportfoliota. Uusien tuotteiden lisäksi tähän portfolioon kuuluu myös nykyisten tuotteiden modifikaatiot sekä tuotteen elinkaaren loppupäässä olevat tuotteet. Yrityksen on varmistettava uusien teknologioiden tutkimus- ja kehitystyö, jotta siirtyminen uusiin teknologioihin elinkaaren päättyessä tapahtuu jouhevasti (Mital et al., 2008).

Haasteena on valita ja keskittyä parhaiten yrityksen haluaman lopputuloksen tuottaviin kohteisiin. Kuitenkin mikä on yrityksen kannalta paras tuote? Onko se liikevaihdon kasvu, kassavirta, voitot, jotain konkreettista, yrityksen pitkäaikaista kasvua, strategista positiointia tai operatiivisten vaatimusten toteutusta? Onko se toteutettavissa, haluttava tai yhdessä sovittu? Kaikki mahdollisuudet eivät ole mahdollisuuksia yritykselle. Vaikka jotkin niistä voivat edustaa hyviä mahdollisuuksia puhtaasti markkinoiden näkökulmasta, ne eivät välttämättä sovi niitä tarkastelevaan yritykseen. Päätöksenteossa on hyvin tärkeää ottaa huomioon yrityksen ominaisuudet, jotka avustavat tai heikentävät uuden tuotteen menestystä (Annacchino M. , 2007).

Ennen kuin menestyvä tuote voidaan kehittää, jonkun on sen konseptin luomiseksi keksittävä tai kehitettävä sen idea. Ei voi olla olemassa vain yhtä ideaa, vaan on kehitettävä ja analysoitava useita lupaavia eri ideoita ennen kuin voidaan kehittää yksityiskohtainen suunnitelma uudelle liiketoiminnalle (Mital et al., 2008).

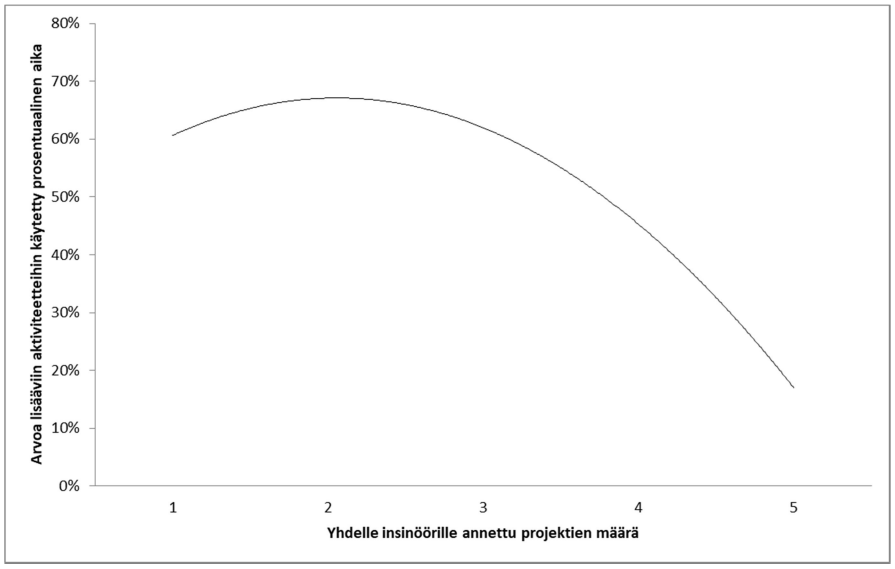
Myyvät ja voittoa tekevät tuotteet heijastavat menestyvää tuotekehitysprosessia. Tuottavuuden arviointia kuitenkin hidastaa myynnin hidas kasvu. Tämän seurauksena

on luotettava valmistuksen määrittelyihin menestyvän tuotekehitysprosessin ominaisuuksien määrittelyssä. Yritysten tulisi kehittää markkinoiden haluamia korkean luokan tuotteita nopeasti, taloudellisesti, vaivattomasti ja taloudellisesti. Tämä määritelmä johtaa seuraaviin menestyvän tuotekehityksen ominaisuuksiin (Mital et al., 2008):

1. Hinta: sekä tuotteen tuottamisen hinta, että sen kehityskustannukset.
2. Laatu: tuotteen laatu.
3. Tuotekehitysaika: juontuu markkinoiden tarpeiden arvioinnista ja tuotteen myymisestä.
4. Osaamisen kehitys: kyky toistaa prosessi tuleville tuotteille.

Monet yritykset tekevät samaan aikaan liian useita tuotekehitysprojekteja hajauttaen arvokkaita resursseja useille projektiehdokkaille. Kuitenkaan kaikki projektit eivät todennäköisesti tule toteutumaan. Projektien valikointi auttaa ohjaamaan resursseja niille projekteille jotka todennäköisemmin tulevat menestymään ja olemaan tuottavia. Tämä vaatii tekemään kovia jatkaa/ei-jatkaa päätöksiä, jossa ei-tuottavat projektit ”tapetaan”, ja resurssit ohjataan paremman potentiaalin projektien kehitykselle (Mital et al., 2008).

Resurssien varovainen suunnittelu ja hallinnointi ovat kriittisiä, sillä monissa organisaatiossa liiallinen projektien määrä estää menestyvää tuotekehitystä. Clark and Wheelwrightin (1993) tutkimuksen mukaan ihmiset toimivat parhaiten keskittyessään korkeintaan kahteen projektiin. Kuva 12 osoittaa arvoa lisäävien toimintojen määrää yhdelle insinöörille per projekti (Stamm, 2008).



Kuva 12. Arvon lisäys per projekti (Stamm, 2008;Clark & Wheelwright, 1993).

2.7 Tuotekehitysorganisaatio

Innovatiivinen organisaatio rakenteellisena ja strategisena innovaation komponenttina muodostaa puitteet innovaation suunnitteluun ja hallintaan. Organisaation tehtävänä on muodostaa rakenteet yrityksen innovaation optimaaliselle toiminnalle. Tähän tavoitteeseen perustuen vaikuttavat tekijät kuten tehtävien positiot, tiedonvaihto, budjetointi ja resurssien allokointi ovat innovatiivisen organisaation ulottuvuuksia. Näiden ulottuvuuksien harkitseminen johtaa organisaation innovaatiosuunnitelman kaltaiseen profilointiin, joka määrittelee innovaation toimintaa (Eversheim, 2009).

Luovaa käyttäytymistä voi rajoittaa organisaation rakenteellinen jäykkyys ja korkea muodollisuuden vaatimus, kuten tuotekehityksen kirjallisuus toistuvasti osoittaa. Tästä ainoastaan negatiivinen puoli on mahdollista todistaa. Rakenteet voivat rajoittaa innovatiivista toimintaa, mutta ne eivät voi luoda sitä. Jos luovaa käyttäytymistä ei voida saada aikaan heikentämällä rakenteita, niin voidaan olettaa suunnittelun kyvykkyyden, strategian, sääntöjen ja kulttuurin olevan päätekijä innovaation osaamisessa (Hage & Meeus, 2006).

Koska koko tuotekehityksen prosessi on ehdottomasti hallinnollinen prosessi, ohjelmalliset asiat kuten aikataulut, kustannukset, organisointi ja eri taitojen hyödyntäminen ovat tuotekehityksen menestykseen vaikuttavia tekijöitä. Näiden tekijöiden vakiintuminen ja hallinnointi vaikuttavat suoraan niiden suorituskykyyn, ja niissä menestyminen on ratkaiseva tekijä tuotekehitysprojektin menestymisessä. Hallinnollisen suunnitelman tulee määritellä ja kommunikoida nämä tekijät selkeästi projektiin osallistujille, jotta kaikki ymmärtävät projektin pelisäännöt ja tavoitteet. Kommunikaatio, yhteinen kieli ja tietokanta ovat tärkeitä vaatimuksia menestymisen kannalta (Weiss, 2013).

Tuotekehitysprojektin organisaatio on hyvin samankaltainen kuin mikä tahansa projektiorganisaatio. Jokaisella projektilla on samanlaiset rakenteet asiakkaan vaatimuksista, tehtävistä, budjetoinnista ja toimituspäivämääristä. Tuotekehitysprojekti kuitenkin eroaa hieman muista projektityypeistä vaatien: (1) suuren määrän innovaation hallintaa, (2) epätavallisen paljon yhteistyötä, (3) lähtökohtaisesti matalan determinismin tason, (4) ja vahvan luottamisen teknisiin asiantuntijoihin (Ellis, 2015).

Hyvin pienissä muutamien kymmenien henkilöiden yrityksissä päätöksenteko ideoinnista ja kehitystyöstä on omistajalla ja yritysjohtajalla. Tästä hieman suuremmilla yrityksillä on virallinen yritysjohto, johon kuuluu todennäköisesti myyntipäällikkö, talouspäällikkö, tuotantopäällikkö ja kenties suunnittelupäällikkö. Tällöin yritysjohto johtaa tuotekehittelyä, ja tekee sen päätöksiä samoin kuin kaikissa muissakin

toiminnoissa. Tuotekehityksen kannalta asianmukaisinta on se, että tuotekehityskysymyksiä käsitellään joukolla erityisissä kokouksissa esimerkiksi kerran kuussa tai kahdessa (Welin, 1980).

Tuotekehityksen käytännön toteutuksessa valitaan eri ideoille ja projekteille vastaava päällikkö. Riippuen ratkaistavien markkinointi- tai teknisten ongelmien laadusta joidenkin projektien johdossa voi olla myyntipäällikkö, joidenkin suunnittelupäällikkö. Projektipäälliköksi voidaan ja täytyykin tietysti valita muitakin kuin yritysjohdon jäseniä. Suuremmissa projekteissa muodostetaan projektiryhmiä, jotka tapaavat ja keskustelevat erilaisten projektiin liittyvien ongelmien kanssa. Monissa yrityksissä on rajallisesti henkilöstöä tuotekehitystyöhön päivittäisen säännöllisen työn vuoksi. Tällöin on pakko valita tuotannollisen työn ja tuotekehitystyön välinen tärkeysjärjestys. Yleisenä sääntönä tuotekehitystyö onnistuakseen vaatii lähes kokopäiväistä kiinnittymistä tehtävään. Mikäli tähän ei katsota olevan varoja, on luotava edellytykset kiinnittää muutamia henkilöitä tuotekehitykseen ainakin osaksi työviikkoa (Welin, 1980).

Suuremmissa yrityksissä yksi erityinen tuotekehitysmalli on ”urakoitsija”-malli. Malli perustuu keksijöiden ja ideoitsijoiden omaamaan erityiseen onnistumisen haluun. Perusajatuksena ideoilla ei ole käytännössä mitään mahdollisuutta menestyä, ellei joku usko järkkymättömästi usko niihin. Ideat eivät menesty ilman niiden takana seisovia ihmisiä. Kun yrityksessä esitetään kehityskelpoiselta tuntuvaa ideaa, saa idean esittäjä itse ehdottaa, mitä haluaa ensimmäiseksi tehdä, paljonko se maksaa ja kuinka kauan sen toteuttaminen kestää. Ehdotuksen vaikuttaessa hyvältä hänelle myönnetään vaaditut resurssit, hänet vapautetaan vakinaisesta työstään ja pyydetään palaamaan kun hän pystyy esittämään työnsä tulokset. Onnistuessaan viemään tämä ensimmäinen vaihe läpi, hän saa tehdä ehdotuksen kehitysketjun seuraavasta vaiheesta, mitä se maksaa ja kauan se kestää. Projektin kehittyessä vaaditaan yhä enemmän resursseja. Onnistuessaan lopputuloksena voi jopa aivan uusi erillinen yritys, ja epäonnistuessaan on idean esittäjälle taattu paluu entiseen työhönsä (Welin, 1980). Welin mukaan uusia tuotteita on kehitetty tällä tavoin.

2.8 Tiedon ja oppimisen merkitys tuotekehityksessä

Sanotaan myös niinkin, että tärkein yksittäinen tekijä menestyvässä tuotekehityksessä on ihmiset. Ihmiset tuovat tarvittavat taidot, energian ja luovuuden tuotekehitykseen, ja heidän kyky oppia ja kasvaa mahdollistaa tuotekehityksen kasvamisen ja kehittymisen. Uuden tiedon luominen ja oppiminen on tuotekehityksen ydin. Oppimisessa ja tiedon jakamisessa on kuitenkin monia vaikeuksia. On olemassa pelko avoimesta tiedon jakamisesta. Pelko työpaikan menettämisestä voi johtaa tiedon itsellä pitämiseen.

Johtajien ego ja pelko auktoriteetin menettämisestä. Pelon ilmapiirissä itsesuojelu johtaa virheiden piilottamiseen, joka on potentiaalisesti uuden oppimisen lähde. Voi myös olla että oppimista ei arvosteta, vaan painotetaan on sen hetken nopeita tuloksia eikä uusi ideoille anneta mahdollisuuksia. Menestyvän tuotekehitysorganisaation tulee olla oppiva organisaatio, ja tehdä oppimisesta osa arkipäiväistä työskentelyä (Morgan & Liker, 2019).

Ratkaisut tiedon avoimeen jakamiseen riippuvat suuresti vallitsevista olosuhteista, organisaation tyypistä, kulttuurista ja muista tekijöistä. Ei ole olemassa yhtään oikeaa ratkaisua, mutta yhteinen vaatimus yleensä ottaen on koko organisaation kattava kulttuurin muutos tietyissä näkökohdissa. Yhteisön kulttuurin tulee on win-win kulttuuri, jossa tiedon jakaminen luo arvoa kaikille. Palkintojärjestelmä tulee muokata palkitsemaan ryhmätyöskentelyä yksittäisten työsuoritusten sijaan. Innovaatio tulee palkita, ja organisaation tulee hyväksyä epäonnistumisia. Ihmisten tulee edistää uusia keinoja organisaation hyväksyessä virheiden tapahtuvan. Tuotekehitysryhmien tulee pystyä tekemään omia päätöksiä ja johdon tukea niitä (Sorli & Stokic, 2009).

Projektiliiketoiminnassa pitkäaikainen tuottavuus, kasvu ja selviytyminen riippuu yrityksen kyvystä oppia uusista projekteista, ja muuntaa uusi tieto organisaation kyvykkyydeksi ja projektitoiminnan parantamiseksi. Projektitoiminnassa on aina olemassa riski että uusi opittu tieto ja kokemus ei siirry eteenpäin ellei näitä asioita ole kommunikoitu seuraavalle projektille, ja on myös riski että aikaisemmat virheet toistetaan. Projekteille on myös tyypillistä henkilöstön vaihtuvuus projektien välillä, jolloin opittu hiljainen tieto katoaa organisaatiosta (Davies & Hobday, 2005).

Tutkimukset organisaatioiden oppimisesta erottelevat resurssien käytön rutiinin ja innovaatiivisen oppimisprosessin välillä. Organisaatiot tekevät selviä valintoja siitä kuinka käyttää vähäisiä resursseja vaihtoehtoisille investoinneille ja kilpaileville strategioille. Resursseja voidaan käyttää nykyiseen tuttuun teknologiaan ja markkinoihin hyödyntämällä olemassa olevia kyvykkyyksiä jotka ovat ennustettavia ja rutiininomaisia. Vaihtoehtoisesti resursseja voidaan käyttää innovatiivisesti tutkimalla uusia teknologioita, markkinoita tai kehittämällä uusia kyvykkyyksiä (Davies & Hobday, 2005).

Resurssien käyttö organisaation oppimiseen voidaan jakaa hyödyntämiseen ja tutkimiseen. Hyödyntäminen viittaa rutiininomaiseen toimintaan kehittää nykyisiä kyvykkyyksiä ja tehostaa nykyisiä toimintoja. Tutkimus puolestaan on innovatiivista toimintaa sisältäen riskejä ja kokeilemalla tuntemattomia vaihtoehtoja. Lyhyellä aikavälillä tutkimus voi vaikuttaa houkuttavalta lupaamalla suuria osinkoja investoinnille

uusista teknologioista tai markkinoiden valtauksista. Kuitenkin yritykset jotka investoivat tutkimukseen hyödyntämisen kustannuksella voivat kärsiä liian monesta pieleen menneestä ideasta ja pätevyyden puutteesta (Davies & Hobday, 2005).

2.9 Tuottavuuden mittaaminen

Taloudellinen tuottavuus konseptina on yritykselle erittäin tärkeä. Aiheena se käsittelee yrityksen luomaa arvoa asiakkaalle hyväksyttävällä hinnalla, ajalla ja laadulla. Tuottavuuden ja tehokkuuden määrittely tuotekehityksessä on kuitenkin hyvin hankalaa. Tuotekehityksessä uusi keksintö ei aina johda innovaatioon eli keksinnön taloudelliseen tuottavuuteen. Tehokkuutta voidaan etenkin tuotekehityksessä ajatella prosessina, jossa eri taitoja pannaan käytäntöön. Tässä mielessä tehokkuus on koko tuotantoketjun yhteistyön toimintaa tuotekehittäjien, myynnin, markkinoinnin ja valmistuksen kesken (Gilbert et al., 2018).

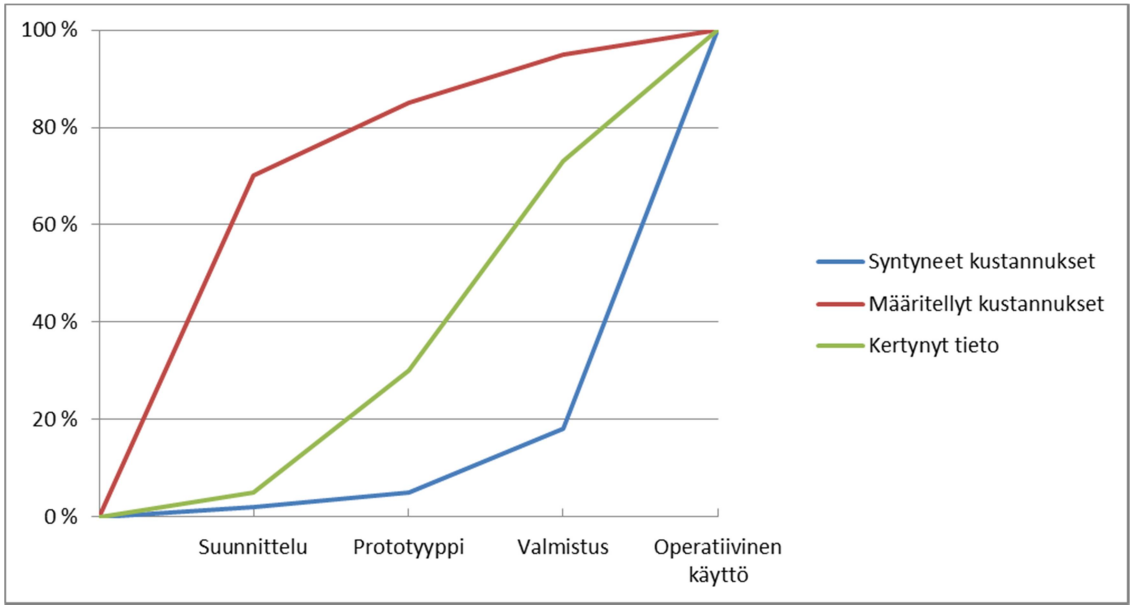
Tehokkuutta voidaan tarkastella myös neljästä eri näkökulmasta. *Säästäväinen tehokkuus* tähtää tuotekehityksen resurssien optimointiin eli enemmän tuotekehitystä vähemmällä. *Taloudellinen tehokkuus* on arvon luonnin maksimointia. *Strateginen tehokkuus* käsittää ominaisuuksia joita ei voi suoraan mitata kuten yrityksen maineen kasvu. *Jäsenyys tehokkuus* puolestaan tarkoittaa yrityksen sisäisille jäsenille tehtävää tuotekehitystä kuten projektin johdolle tai yrityksen ostotoiminalle. Lisäksi on olemassa monia näkymättömiä tekijöitä tehokkuutta tarkastellessa. Etenkin teknologian kehityksessä tehokkuuden määritys on vaikeaa, kun ainoa tapa todeta uuden teknologian toimivuus on kokeilla sitä ja oppia virheistä. Epäonnistuneesta tuotekehityksestä oppiminen ei kuitenkaan ole yhtään niin suosittua kuin menestyneestä tuotekehityksestä (Gilbert et al., 2018).

2.10 Kustannukset

Liiketoiminnan kannalta projektinhallinnalla on kaksi valvottavaa ominaisuutta, kustannukset ja aika. Kulut suhteessa aikaan voidaan kartoittaa erikseen jokaiselle projektin vaiheelle, ja niiden tulisi olla osa liiketoiminnan ja tuotteen suunnitelmaa. Tästä syntynyt profiili voidaan esittää graafisesti ja verrata toteutuneita kuluja suunniteltuihin kuluihin jokaisella ajanjaksolla. Jokainen vertailu näin ollen voi antaa osoituksen projektin kehittymisestä. Jokaisella projektin vaiheella on sille määritelty määräraha. Tämä rahamäärä on sen vaiheen loppuunsaattamiseen tarkoitettu, ja on sen vaiheen rahan käytön yläraja. Jokaisessa vaiheessa on varoja vaativia tiettyjä virstanpylväitä jotka täytyy suorittaa vaiheen aikana. Tuotekehitysprosessin tulee seurata näitä virstanpylväitä ja menoja (Annacchino M. , 2007).

Jotkin projektit ovat etupainotteisia. Nämä tapaukset vaativat varoja heti alkuun esimerkiksi laitehankintoja lopun koostuen työvoimakustannuksista laitteiden koekäytössä. Jotkin projektit ovat takapainotteisia vaatien varoja projektin loppuvaiheessa. Silti jotkin projektit ovat lineaarisia kulujen ollessa yhtä suuria jokaisella virstanpylväällä. Lineaarinen näkökulma on käytössä etenkin silloin kuin käytetään pelkästään puhdasta suunnittelutyötä vaiheen aikana (Annacchino M. , 2007).

Kuva 13 esittää tuotekehityksen elinkaaren vaiheissa syntyneitä kustannuksia, määriteltyjä kustannuksia, ja tuotteesta kertyneen tiedon määrää. Vaaka-akseli esittää tuotekehityksen elinkaaren vaiheita, ja pystyakseli näiden kolmen muuttujan prosentuaalista suuruusluokkaa. Huomiota herättää määriteltyjen kustannusten 75% virstanpylväs jo suunnitteluvaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tulevista kustannuksista määritellään 75% jo tuotekehitysprosessin konseptin vaiheessa, eikä ole vaikeaa ymmärtää miksi. Suunnittelijan täytyy suunnitella tuotteen muoto, geometria ja tuotteen ominaisuudet jotka kaikki liittyvät tiukasti valmistusprosessiin. Lisäksi suunnittelijan täytyy määritellä tuotteen materiaalit, komponentit ja osat. Valmiiseen tuotteeseen suunnittelijan on määriteltävä geometriset- ja mittatoleranssit komponenteille ja osille, sekä määritellä pintalaadun. Kertyneen tiedon ja kustannuspäätösten välinen ero viittaa siihen, että monet päätökset perustuvat toiveajatteluun aiheuttaen korjauksia ja työn uudelleen tekoa palatessa taaksepäin tuotekehitysprosessiin ja tuotteen elinkaaren vaiheisiin (Trabasso & Pessôa, 2017).



Kuva 13. Tyypillinen tuotekehitysprosessin käyttäytyminen (Trabasso & Pessôa, 2017).

Suunnitteluvaiheessa voidaan määritellä jopa 80% valmistuskustannuksista (Sorli & Stokic, 2009).

2.11 Tuotekehityksen riskit

Riskin määrittely vaihtelee hyvin suuresti riippuen pääasiaa siitä missä asiayhteydessä sitä käytetään. Innovatiivisten uusien tuotteiden kehityksessä riski voidaan määritellä minä tahansa tapahtumana, joka johtaa ei-haluttuihin vaikutuksiin johtaen taloudellisiin tappioihin. On olennaista ymmärtää ero riskin ja epävarmuuden määrittelyssä siinä suhteessa että riskiä voidaan jollain tapaa mitata, kun taas epävarmuuden mittaaminen on lähes mahdotonta (Sorli & Stokic, 2009).

Douglas Hubbard esittää tarkemmat määrittelyt epävarmuudelle, riskille, ja niiden mittaamiselle (Hubbard, 2014):

Epävarmuus: täydellisen varmuuden puute eli useamman kuin yhden lopputuloksen mahdollisuus. Todellista lopputulosta/tilaa/arvoa ei tunneta.

Epävarmuuden mittaus: sarja annettuja todennäköisyyksiä eri mahdollisuuksille. Esimerkiksi markkinoiden voidaan arvioida tulevaisuudessa kaksinkertaistuvan viiden vuoden aikana 60% todennäköisyydellä, kasvun hidastuvan 30% todennäköisyydellä, ja 10% mahdollisuus markkinoiden pienentymiseen.

Riski: epävarmuus mahdollisen tapahtuman johtavan tappioon, katastrofiin tai muuhun ei-haluttuun lopputulokseen.

Riskin mittaus: sarja mahdollisuuksia, joilla on määrällisesti ilmaistuja todennäköisyyksiä ja tappioita. Esimerkiksi ehdotetun öljykaivoksen voidaan uskoa olevan kuiva 40% todennäköisyydellä johtaen 12 miljoonan tappioihin testiporauksissa.

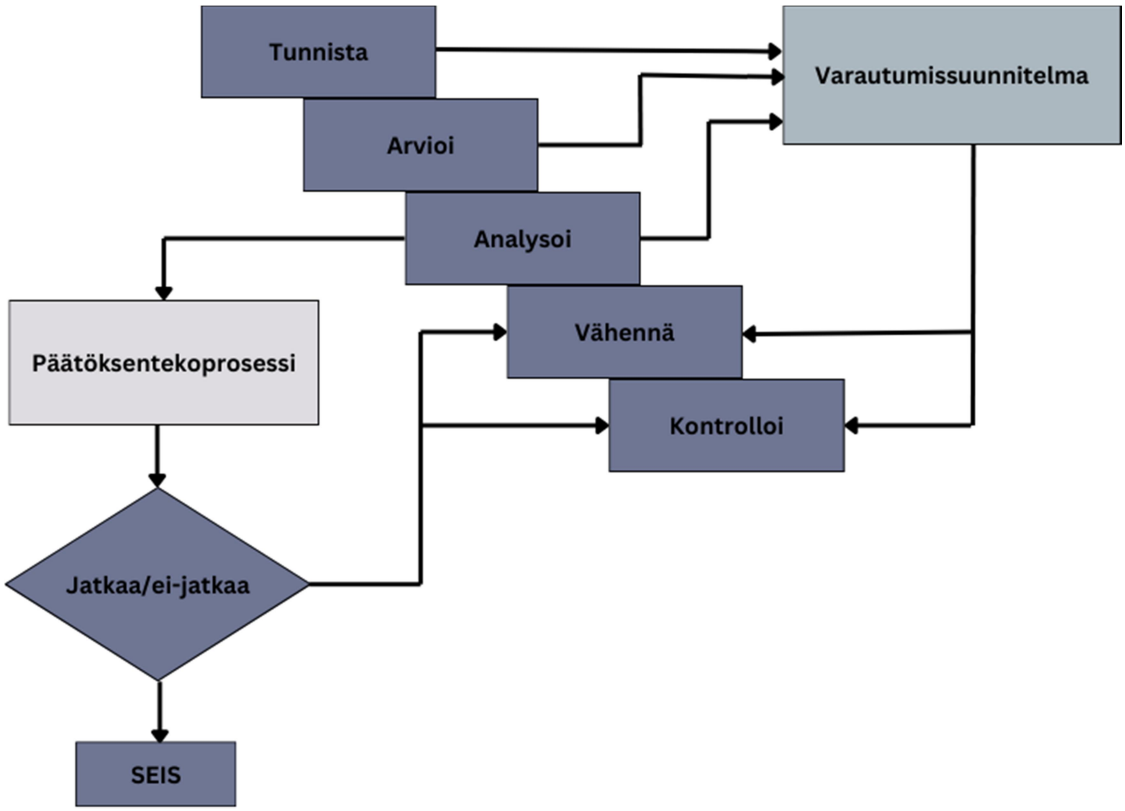
Epävarmuuden ja riskin merkitys sekä niiden erottelu toisistaan on hämärää jopa joillekin asiantuntijoille. Olennaisinta on se, että ”riski” on jossain tapauksissa määritellysti mitattavissa, mutta toisinaan riski ei selvästikään pidä sisällään tätä ominaisuutta. Vaikuttaa siis siltä, että mitattava epävarmuus eli varsinainen ”riski” on niin erilainen mittaamattomasta, että itse asiassa se ei ole epävarmuutta ollenkaan. Jos jollekin tapahtumalle ei voida asettaa sen todennäköisyyttä, se katsotaan epävarmuudeksi. Mikäli tapahtumalle voidaan asettaa todennäköisyys, on kyse riskistä huolittamatta siitä voidaan tapahtumalle asettaa todennäköisyys potentiaalisista tappioista (Hubbard, 2014).

2.12 Riskinhallinta

Riskinhallinta on yksi projektinhallinnan avain ominaisuuksia. Missä tahansa projektissa on tärkeää tehdä ennalta määritelty riskianalyysi. Lisäksi etenkin uusien tuotteiden kehityksen prosessissa riskinhallinta muodostuu elintärkeäksi tekijäksi. Sen lopputuotoksena muodostuu tuotekehityksen jatkaa/ei-jatkaa päätös. Riskinhallinta muodostuu tässä kappaleessa käsitellyssä kolmesta eri tukijalasta (Sorli & Stokic, 2009):

- Riskianalyysi
- Varautumissuunnitelma
- Päätöksenteko

Riskianalyysi on tärkeä ja hyvin vaativa aktiviteetti, mutta se maksaa itsensä takaisin. Tunnistaessa ja arvioidessa riskiä on helpompaa toteuttaa eri keinoja estämään ja pienentämään niiden vaikutuksia. Riskianalyysin tulee olla jatkuva toimintaa koko projektin aikana yhdistettynä päätöksentekoon ja varautumissuunnitelmaan pienentämään potentiaalisten riskien vaikutuksia (Sorli & Stokic, 2009).



Kuva 14. Riskinhallintaprosessi (Sorli & Stokic, 2009).

Kuten kuvasta 14 nähdään, riskinhallintaprosessi koostuu viidestä eri askeleesta keskittyen tapahtuman todennäköisyyteen ja tai suurempaan vaikutukseen (Sorli & Stokic, 2009):

1. Riskin tunnistaminen
2. Riskin arviointi: arvioidaan riskin vaikutus ja todennäköisyys
3. Analysointi: ymmärretään riskin toteutumisen prosessi
4. Riskin vähennys: käytetään toteutettavissa olevia keinoja ehkäisemään riskin todennäköisyyttä tai sen vaikutusta
5. Riskin kontrollointi: tarkkaillaan riskin prosessia pyrkien estämään sen tapahtumista ennalta ehkäisevästi tai toteutetaan vastatoimia riskin toteutuessa.

Nämä kohdan viisi vastatoimiset tulee tunnistaa ja määritellä etukäteen varautumissuunnitelmassa, kun taas kohdat 2,3 tai 4 tulee johtaa jatkaa/ei-jatkaa päätökseen (Sorli & Stokic, 2009).

Varautumissuunnitelman tulee toteuttaa kaikki mahdolliset riskiä estävät toiminnot, mutta sen tulee myös sisältää riskin tapahtuessa toteutettavat vaihtoehtoiset suunnitelmat, sekä sisältää toimintaohjeita ei-tunnistettujen riskien toteutuessa. Varautumissuunnitelman tulee seurata vuokaaviota sisältäen eri vaihtoehtoja alkuperäisen suunnitelman tekijöiden muuttuessa mahdollisimman monin haaroin (Sorli & Stokic, 2009).

Päätöksenteon hetkien (porttien) täytyy olla etukäteen määritelty ajan suhteessa normaaliin projektin kulkuun, mutta myös nopea päätöksenteon mekanismi on kehitettävä käsittelemään riskien ilmentymistä. Aina kun riskistä on tulossa hallitsematon, varautumistoimet vaikuttavat tehottomilta, riski on oletettua korkeampi tai odottamaton riski ilmaantuu, on aloitettava päätöksenteon mekanismi ja tehtävä päätös projektin jatkamisesta tai muutosten toteutuksesta (Sorli & Stokic, 2009).

2.13 Synteesi

Tarkastellun teorian perusteella menestyvä tuotekehitys rakentuu tuotekehitysprosessin, portfolion ja resurssien hallinnan, tuotekehityksen strategian ja toimintaympäristön ympärille. Olennaisin asia on kuitenkin yrityksen johdon antama tuki ja resurssit. Hyvä vertauskuva tuotekehityksen päätöksistä on vertaus yritysjohtajien korkean riskin panoksista. Kuten pelaajat asettavat panoksensa rulettipöydälle, niin myös yrityksen johtajat asettavat tuotekehityksen resurssien pelimerkit tuotekehityksen portfolioon lopputuloksen ollessa epävarma. Myös tuotekehityksessä pienten panosten

asettaminen tuotteen inkrementaaliseen parantamiseen tuottaa pienet parannukset, kun taas kokonaan uuden tuotteen isot panokset tuottavat potentiaalisesti myös isot voitot lopputuloksen ollessa epävarmempi.

Tuotekehitysprosessin tarkoitus on olla ohjaava tekijä tuotekehityksen integroinnissa ja kommunikoinnissa. Prosessin päätösporttien tarkoituksena on karsia heikoimpia ideoita pois antaen enemmän resursseja hyville. Portit toimivat myös kommunikaation välineenä organisaatiossa. Nykyajan tuotekehityksen haasteena on vastata mitä nopeampaa muuttuvaan maailmaan. Tähän tarkoitukseen myös laitesuunnittelun tuotekehityksen tarpeisiin on alettu soveltamaan Agile ja Scrum rakenteita. Laitesuunnitteluun kuitenkin melko lineaarisena prosessina on vaikeaa soveltaa mukautuvaa tuotekehitystä, sillä se tarkoittaisi prosessin menevän taakse päin varhaisiin vaiheisiin aikataulun mennessä uusiksi.

Laitesuunnittelussa tulevaisuuden tuotekehitysprosessien haasteena on määritellä iteraatioiden kesto ja määrä Stage-gate prosessin eri vaiheissa, sillä laitesuunnittelussa eri vaiheet eroavat toisistaan huomattavasti työmäärältään ja työn luonteeltaan. Verrattuna ohjelmistokehitykseen myös iteraatioiden palaute poikkeaa suuresti toisistaan. Ensimmäisen vaiheen palaute on esimerkiksi alustava idea laitteesta, kun taas loppuvaiheiden tulos on täynnä teknisiä yksityiskohtia. Myös päätösporttien lyöminen ”lukkoon” on Agile-periaatteiden vastaista, mutta lineaarisessa suunnittelussa yhden vaiheen tekeminen uudeksi tarkoittaa vanhan työn hukkaan heittämistä. Joka tapauksessa jokainen tuotekehitysprosessi on jokaiselle yritykselle omakohtainen, ja myös eri tuotekehitysprojektit vaativat erilaisia tuotekehitysprosessien soveltamisia.

Portfolion hallinta ohjaa tuotekehityksen resursseja ja lajittelee kohteita innovaation, yrityksen kyvykkyyksien, sekä markkinoiden- ja yrityksen näkökulmien perusteella. Pienten yritysten tuotekehitysportfoliot painottavat matalan-riskin kohteita, joissa vähäisten resurssien käyttö todennäköisemmin tuo uutta liikevaihtoa tai edistää kilpailukykyä. Riskinhallinta myös osa portfolion hallintaa. Yritysten on otettava huomioon projektien riskitekijät ja varauduttava niihin valmiilla toimintasuunnitelmalla.

Tuotekehityksen strategian tarkoitus on kohdistaa tuotekehitystoiminta yrityksen liiketoiminnallisiin tavoitteisiin, sekä noudattaa yrityksen strategista visiota. Strategia ohjeistaa tuotekehitysportfolion hallintaa, sekä tuotekehitysprosessin jatkaa/ei-jatkaa päätöksiä.

Toimintaympäristö koostuu useista eri tekijöistä kuten yrityksen kulttuurista, johtamisesta ja tuotekehityksen organisoimisesta. Organisaation rakenteellinen jäykkyys voi hyvinkin estää innovatiivista toimintaa. Myös tuotekehitysorganisaatiot

ovat tapauskohtaisia yritysten kesken. Etenkin pienten yritysten haasteena on keskittää henkilöstöä tuotekehitykseen edes ainakin osaksi työviikkoa.

Teoriaosuuden perusteella ratkaiseva kysymys tuotekehityksen menestymisestä on sen prosessien ja toimintatapojen räätälöinti jokaiselle yritykselle, sekä jokaiselle tuotekehitysprojektille erikseen. Tuotekehitysprosessin olemassaolo ei kuitenkaan taannut sen menestystä, vaan prosessin *laatu* ja *luonne*.

3. KOHDEYRITYS UPCAST OY

3.1 Tutkimusmenetelmä

Diplomityö tehdään toimintatutkimuksena. Kohdeyrityksen toimintaympäristö ja tuotekehitystyön haasteet kartoitettiin haastattelemalla suunnittelu- ja tuotekehityspäällikköä, sekä yrityksen toimitusjohtajaa. Diplomityön tekijä on myös itse osallistunut tuotekehitykseen tarpeen mukaan kahdeksan vuoden aikana, jolloin kohdeyrityksen tarkastelu tapahtuu myös sisäisen havainnoinnin pohjalta.

Teoriaosuudessa hyödynnetään Tampereen Yliopiston tietokannoista löytyvää tuotekehityksen kirjallisuutta ja tutkimuksia. Tarkastellaan etenkin Robert Cooperin Stage-gate prosessin hyödyntämistä nykymaailman tuotekehityksessä. Kartoitetaan tuotekehityksen merkittäviä tekijöitä, ominaisuuksia, malleja ja tapoja jotka edistävät menestyksekästä tuotekehitystä. Työssä perehdytään myös uusimpien ohjelmistoalan tuotekehityksen Agile ja Scrum-rakenteisiin, sekä niiden hyödyntämiseen laitesuunnittelussa.

Toisessa vaiheessa esitetään kohdeyrityksen toimintaympäristö. Annetaan lukijalle yleinen käsitys kohdeyrityksen päätuotteen eli tuotantolinjan päälaitteista ja toiminnoista. Käydään läpi kohdeyrityksen nykyistä tuotekehitystä ja etenkin laitesuunnittelun kehityksen haasteita. Lisäksi kerrotaan myös hieman projektityöskentelyn luonteesta mekaniikkasuunnittelun näkökulmasta.

Viimeisessä vaiheessa luotiin teoriaosuuden synteesin pohjalta kohdeyritykselle omat suositukset, huomioon otettavat asiat, ohjeistukset, sekä yleinen tuotekehitysprosessi edistämään kohdeyrityksen tuotekehitystä. Lopputuloksena oli kohdeyrityksen kaltaisille pienille teknologiayrityksille tarkoitetut keinot ja menetelmät tuotekehityksen edistämiseen.

3.2 Upcast Oy

Upcast Oy on maailmanlaajuisesti johtava pystyvaluteknologiaan perustuvien jatkuvavalutuotantolinjojen toimittaja pääasiassa kupari, ja kupariseosten jalostuksessa. Lyhyesti kuvattuna tuotantolinjan tarkoitus on jalostaa kuparikatodeja-, tai romua joko langan tai putken muotoon jatkuvana tuotantona. Pystyvaluteknologia kehitettiin aikanaan 60-luvulla Outokumpu Oy:ssä Porin tehtaissa täysin uutena

innovaationa. Teknologiana pystyvaluteknologia mahdollisti useiden eri työvaiheiden ohittamisen langan tai putken tuotannossa. Ensimmäinen pystyvalutuotantolinja valmistui Poriin 1971 ja kyseinen tuotantolinja toimii vielä tänä päivänäkin. Itsenäiseksi yrityksesti Upcast Oy muodostui vuonna 2006 kun Outokumpu Oyj hajotti toimintojaan.

Ensimmäisen pystyvalutuotantolinjan perustamisen jälkeen Outokumpu aloitti nopeasti tuotantolinjojen toimittamisen ulkomaille, jonne vienti kasvoi nopeasti. Upcast Oy on tämän vientitoiminnan jatkaja, ja tällä hetkellä Upcast Oy:n liiketoiminta koostuu lähes kokonaan viennistä. Tähän päivään asti Upcast on toimittanut yli 200 pystyvalutuotantolinjaa ympäri maailmaa. Pystyvaluteknologian kehittämisestä ja Outokummun ajoista asti Upcast Oy on edelleen markkinajohtaja suurten, ja keskisuurten pystyvalutuotantolinjojen toimittaja. Upcast Oy:n liikevaihto on luokaltaan noin 10-20milj. euroa. Luonteeltaan Upcast Oy on projektitoimituksia tekevä yritys, vaikka varaosamyynti ja palvelut muodostavatkin merkittävän osan liikevaihdosta etenkin projektien kannalta hiljaisina vuosina. Henkilökuntaa on yhteensä noin 30. Kaikki varsinainen tuotteiden valmistus tapahtuu alihankkijoiden toimesta.

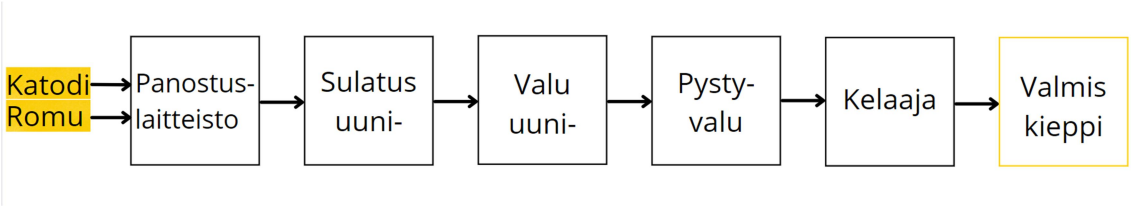
3.3 Pystyvalulinja tuotteena

Pystyvaluteknologia yksinkertaisimmillaan kerrottuna on tapa valaa sulaa kuparia sen pinnasta ylöspäin, toisin kuin perinteisesti valun ajatellaan tapahtuvan kaatamalla tai valuttamalla sulaa alaspäin. Menetelmässä kuparia nostetaan ylöspäin mekaanisin voimin sulaan asetetusta jäähdyttimen grafiittisuulakkeesta. Valaminen itsessään on kuitenkin hyvin monimutkaista ja monesta tekijästä riippuvainen laadun ja valunopeuden kannalta. Tuotteena ajatellen valuteknologia on tuotantolinjan tärkein osa, ja taloudellisesta näkökulmasta se muodostaakin isoimman arvon asiakkaalle. Suurin osa nykyisestä kehitystyöstä rakentuukin juuri valuteknologian ympärille.

Prosessina pystyvalulinjan tarkoitus on jalostaa eli muokata pääasiassa kuparikatodeita, mutta myöskin lisääntyvissä määrin kupariromua langan tai putken muotoon (kuva 15). Tämä tapahtuu ensin sulattamalla kupari nestemäiseksi, jonka jälkeen kupari valetaan ylöspäin jäähdyttimen läpi ja kelataan kiepille. Tuotantolinjan lopputuotteena on siis kieppi eri kokoista putkea tai lankaa. Kokonaisuudessaan pystyvalutuotantolinja on yksi välivaihe isommasta tuotantoketjusta esimerkiksi erittäin ohuen kuparilangan tuotannossa, jota käytetään muun muassa käämien tuotannossa.

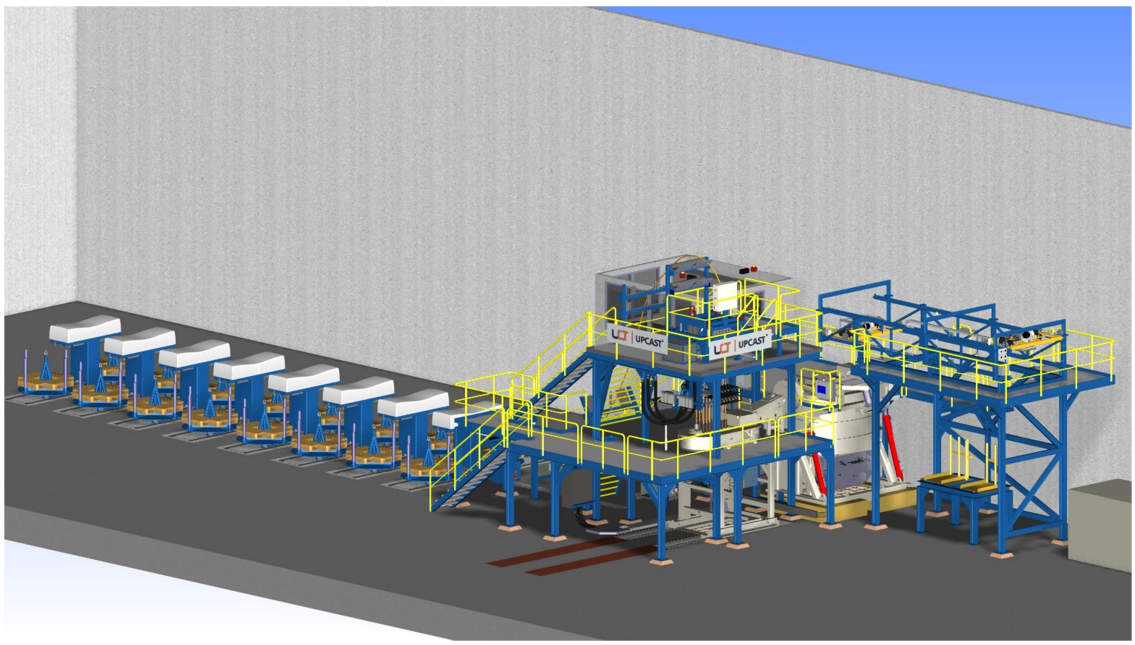
Pystyvalutuotantolinja koostuu viidestä olennaisesta toimitettavasta laitekokonaisuudesta, panostuslaitteisto, sulatus- ja/tai valu-uunista, valukoneesta ja kelaajista. Lisäksi on olemassa paljon erilaisia pienempiä mekaanisia laitteita, joita

toimitaan tuotantolinjan tarpeiden mukaisesti kuten vahauslaitteita tai sulan seostuslaitteita kupariseoksia valettaessa.



Kuva 15. Tuotantokaavio kaksiuunilinjasta.

Tuotantolinjat jaotellaan eri tyyppeihin sen perusteella tuleeko tuotantolinjaan erillinen sulatusuuni, ja valetaanko tuotantolinjalla lankaa vai putkea. Yksiuunilinjassa kuparikatodit panostetaan samaan uuniin kuin mistä se valetaan. Tätä kutsutaan sulatus/valu-uuniksi. Suurin tuotantokapasiteetti yksiuunilinjassa on 12000TPA(tonnia vuodessa). Kaksiuunilinjassa (kuva 16) puolestaan on erillinen sulatusuuni, josta sula kaadetaan toiseen valu-uuniin valettavaksi. Etuna kaksiuunilinjassa on suurimmillaan 40000TPA tuotantokapasiteetti sekä parempi langan tai putken laatu. Parempi laatu perustuu sulatusuunin kykyyn polttaa happea ja muita epäpuhtauksia sulasta kuparista siinä käytetyn puuhiilen avulla. Erillistä sulatusuunia tarvitaan myös kupariromua käytettäessä. Uutena tuotteetta on myös kolmiuunilinja, jossa on yhden sijaan kaksi sulatusuunia, mutta toiminnaltaan ne ovat kuitenkin verrattavissa tavalliseen kaksiuunilinjaan. Kahden sulatusuunin käyttäminen mahdollistaa myös samanaikaisen romun ja katodin käytön tuotannossa. Putkilinjat eroavat lankalinjasta lähinnä valukoneen ja kelaajien osalta.

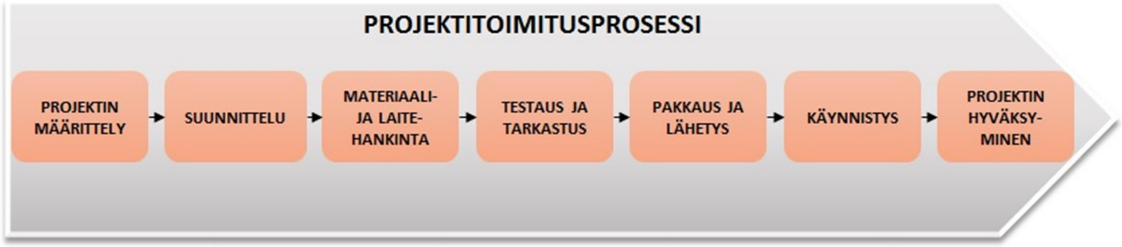


Kuva 16. 3D-malli kaksiuunilinjasta.

3.4 Toimintaympäristö

Tässä osiossa käydään Upcast Oy:n nykyinen toimintaympäristö. Tarkoituksena on antaa lukijalle selkeä käsitys siitä, minkälaisesta toiminnasta arkityöskentely koostuu, mikä on tuotekehityksen tilanne tällä hetkellä ja mitä haasteita nykyisessä tuotekehityksessä on etenkin laitesuunnittelun osalta.

Upcast Oy:n toimintaympäristöä määrittää eniten sen projektiluonteinen liiketoiminta. Projektitoimitukset ovat liiketoiminnan ydin, ja pois lukien varaosa- ja palvelumyynti koko toiminta rakentuu projektien ympärille.



Kuva 17. Projektikaavio

Kuvasta 17 nähdään Upcast Oy:n projektitoimitusprosessikaavio. Tuotantolinjan projektitoimitus alkaa projektin aloituksen jälkeen suunnitteluosaston toiminnalla. Suunnittelun piirustusten pohjalta tehdään laitteiden hankinnat alihankkijoiden kanssa. Projektitoimitus sisältää useita eri toimintoja kuten komponenttien materiaalihankintoja, jotka tehdään Upcast Oy:n toimesta. Yrityksen toiminnan kannalta projektitoimitus on lähes valmis pakkaus- ja lähetysvaiheessa, eikä lähetetty projekti vaadi enää suuresti toimia muiden kuin asiakkaan luokse matkustavien kahden käynnistäjän osalta. Toimitusprojekti on virallisesti hyväksytty tuotantolinjan ylös-, ja testiajon jälkeen. Yhden projektitoimituksen pituus vaihtelee 8-11 kuukauden välillä.

Tyypillinen ominaispiirre projektityöskentelylle varsinkin tuotantolaitteiden toimittajille on hyvin vaihteleva työtahti. Projektien tilausten määrä vaihtelee suuresti yleensä heijastaen yleistä taloustilannetta. Projektit myös jakautuvat epätasaisesti. Yhtenä hetkenä voi olla useampi toimitusprojekti työn alla samanaikaisesti, ja toisinaan projektien välissä voi olla hiljaista aikaa pidempääkin.

Tuotekehityksen kannalta myyty projekti voi sisältää vaihtelevan määrän tuotekehitystä sekä pystyvaluteknologian, että tuotantolaitteiden osalta. Myyty projekti voi sisältää testaamatonta valuteknologiaa, jota kehitetään projektitoimituksen aikana Upcast Oy:n omassa pilot-hallissa. Projekti voi sisältää myös täysin uusia laitteita, jotka täytyy suunnittelussa kehittää projektin aikana. Uuden tuotteen tai teknologian tarjoaminen asiakkaalle myyntivaiheessa on itsessään oma tuotekehitysprosessi, jossa

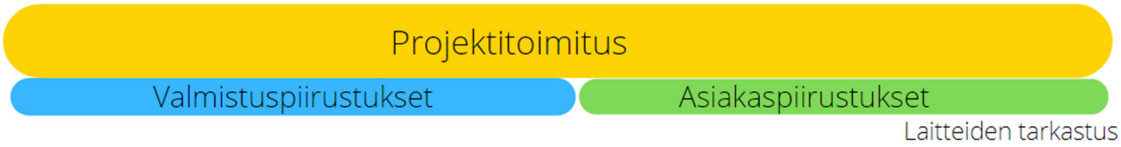
avainkysymyksenä on taloudellisen hyödyn ja riskin tasapainottelu. Asiakkailla voi olla myös tarve heille räätälöityyn laitesuunnitteluun. Asiakaskohtaiset vakiotuotteista poikkeavat tuotteet ovat tuotekehityksen näkökulmasta kertaluontoisia kehityskohteita.

Laitesuunnittelun osalta projektitoimitusten arkityöskentely sisältää vaihtelevan määrän inkrementaalista kehitystyötä. Muutos- ja kehitystarpeita ei synny pelkästään omalähtöisestä kehitystyöstä tai asiakkaan vaatimuksista, vaan myös ulkoisista pakotteista kuten vaihtuvista standardeista tai komponenttien toimitusvaikeuksista.

3.4.1 Suunnitteluosasto

Suunnitteluosaston tehtävä on vastata pystyvalutuotantolinjan mekaanisesta suunnittelusta, sekä kaikesta projektitoimituksen 3D-suunnittelusta. Osastoon kuuluu neljä vakituista mekaniikkasuunnittelijaa ja työtilanteesta riippuen vaihteleva määrä ulkopuolisia suunnittelijoita alihankintana. Suunnittelun pääasiallinen työskentely koostuu valmistettavien mekaanisten laitteiden piirustusten valmistamisesta, sekä asiakkaille lähetettävistä piirustuksista. Asiakkaalle lähetettäviin piirustuksiin kuuluu valmistuskuvia tuotantolinjaan tarvittavista rakenteista ja apulaitteista, sekä tuotantolinjan asennukseen ja operoitiin tarvittavista asiakaspiirustuksista. Muita työtehtäviä ovat muun muassa asiakaskoulutukseen osallistuminen ja projektin tarjousvaiheen pohjapiirustusten teko.

Projektitoimituksessa suunnitteluosaston toiminta jakautuu kahteen osioon, valmistus- ja asiakaspiirustuksiin. Projektin alkuvaiheessa on suunnittelun tehtävä valmistaa toimitettavien laitteiden valmistuspiirustukset alihankkijoille. Vasta valmistuspiirustusten lähettämisen jälkeen käynnistyy varsinainen tuotantolaitteiden valmistus. Projektin toimituksen kannalta on siis tärkeää lähettää valmistuspiirustuksen mahdollisimman nopeasti projektin toimitusvarmuuden kannalta. Tämä on myös suunnitteluosaston kiireisin vaihe projektissa. Asiakaspiirustusten päivämäärä on erikseen sovittu asiakkaan kanssa projektin myyntivaiheessa, eikä niiden osalta ole samanlainen kiire kuin alihankkijoiden valmistuspiirustuksista. Kuva 18 havainnollistaa suunnitteluosaston työskentelyä projektissa. Ennen tuotantolaitteiden lähetystä suunnittelun vastuulla myös laitteiden tarkastus.



Kuva 18. Projektin piirustustoimitukset projektissa.

3.4.2 Tuotekehitys

Kohdeyrityksen tuotekehityksestä vastaa muutaman henkilön kokoinen tuotekehitysosasto mukaan lukien tuotekehityspäällikkö. Osaston pääasiallinen tehtävä on valuteknologian kehitys kohdeyrityksen omassa pilot-laitoksessa, joka sisältää kaksi pienimuotoista pystyvalutuotantolinjaa. Valuteknologian kehitys koostuu pääasiassa erilaisten testivalujen suorittamisesta. Testivaluilla selvitetään eri ominaisuuksien kuten valunopeuden tai suulakemateriaalin vaikutuksista lopputuotteeseen ja valuprosessiin.

Tuotekehityskohteet sisältävät myös vaihtelevan määrän muita tuotekehityskohteita kuin valuteknologia. Näitä ovat esimerkiksi uudet laiteparannukset ja tuotantoon liittyvät parannukset. Tuotekehitysosaston henkilökunta osallistuu usein uuden tuotantolinjan käynnistykseen asiakkaan luona, jonka tuloksena on usein uusia parannus- ja kehityskohteita. Mekaanista suunnittelua vaativat kohteet tehdään yhteistyössä suunnitteluosaston kanssa toimeksiannon tyylisinä tehtävinä.

Tuotekehitysosaston toiminta sisältää toisinaan myös perustutkimusta t&k-projektien muodossa. Näitä projekteja tehdään eri yhteistyökumppanien kanssa, ja niiden tarkoituksena on kehittää merkittäviä harppauksia valuteknologiassa.

Päätökset kohdeyrityksen resursseja vaativista tuotekehityskohteista tekee yrityksen johtoryhmä, joka kokoontuu säännöllisin aikavälein tarkastelemaan tuotekehityksen toimintaa.

3.4.3 Tuotteistus

Kohdeyrityksessä on käytössä tuotteistus-päätöstoiminta. Tuotteistus tarkoittaa tuotteen tai teknisen päätöksen virallista hyväksymistä tulevaisuuden toiminnan kannalta. Päätöksen kohteena voi olla esimerkiksi tietty materiaali uusissa tuotteissa tai vaikkapa tietyn toimittajan valinta komponenttien toimituksissa. Tuotteistuksen päätökset tekee tuotekehityskohteiden valinnan tavoin yrityksen johtoryhmä.

Tuotekehityksen näkökulmasta tuotteistus on viimeinen vaihe tuotekehityksessä. Tuotteistuksen toiminta on tuotekehityksen tulosten lopullisen arvioinnin jälkeistä hyväksyntää kohdeyrityksen tuotteeksi tulevaisuutta ajatellen. Tämä tarkoittaa uuden tuotteen kuuluvan kaikkiin uusiin tuotantolaitteiden toimituksiin.

3.5 Tuotekehityksen haasteet

Kuten edellä mainittiin, nykyinen tuotekehitystoiminta keskittyy vahvasti valuteknologian kehittämiseen. Laitesuunnittelun tuotekehitys koostuu pitkälti olemassa olevien laitteiden inkrementaalisista parannuksista. Laitteiden parannuskohteet eivät

tule pelkästään uuden tuotantolinjan ylösajovaiheesta, vaan myös ulkoisista vaatimuksista kuten komponenttien vaihtumisesta tai uusien standardien vaatimuksista.

Yrityksen johdon näkökulmasta valuteknologia on yrityksen suurimman arvon luovaa ydinosaamista. Tämän huomioon ottaen on ymmärrettävää antaa suurimmat resurssit edellä mainittuun valuteknologiaan. Valuprosessin mahdollistavat mekaaniset tuotantolaitteet ovat kuitenkin välttämättömyys, ja muodostuvat nopeasti tuotannon pullonkaulaksi ilman jatkuvaa kehitystä. Kohdeyrityksessä ei kuitenkaan ole toistaiseksi ollut pakottavaa tarvetta panostaa laitekehitykseen, eikä tuotantolaitteissa ole yleisesti tapahtunut merkittäviä kehitysaskeleita.

Laitesuunnittelun tuotekehityksen haasteena on ollut sen hajanaisuus, systemaattisuuden puute, ja ennen kaikkea tuotekehityksen kannalta hankala työn järjestely. Tuotekehityksen on katsottu tapahtuvan muun arkityöskentelyn ohella puuttumatta projektityöskentelyyn. Käytännössä projektityön kiireinen työskentely ei pienessä yrityksessä ole jättänyt aikaa panostaa erityisesti tuotekehitykseen. Olemassa olevien laitteiden inkrementaalinen kehitys on ollut pääsääntöisesti mekaniikkasuunnittelijoiden oman aloitteen varassa. Yleensä näiden pienten parannusten suunnitteluaika on ollut korkeintaan joitain viikkoja.

Kohdeyrityksessä ei ole olemassa erikseen laitekehityksen tuotekehitysprosessia. Toisinaan työyhteisössä tulee esiin erilaisia ajatuksia jotka voisivat potentiaalisesti johtaa uusiin tuoteinnovaatioihin. Näiden ideoiden eteenpäin vieminen on ollut täysin riippuvaista suunnittelijoiden omasta aloitteesta, ja ovat harvoin johtaneet ideoiden vakavaan tarkasteluun. Myöskään kehityskohteiden tärkeyttä ei ole mitenkään korostettu.

4. TULOKSET

Käydyn teorian pohjalta luotiin kohdeyritykselle omat suositukset ja ohjeistukset. Tämän kappaleen tulosten tarkoitus on toimia kohdeyrityksen kaltaisten pienten teknologiayritysten tuotekehityksen edistäjänä. Alussa on määritelty Brethauerin kappaleessa 2.2 suositusten mukaisesti tärkeimmät vaiheet laitesuunnittelun tuotekehitysprosessissa ja t&k-tutkimuksessa (taulukko 1). Laitesuunnittelun tuotekehitysprosessiin on lisäksi integroitu Agile- ja Scrum-periaatteita.

Taulukko 1. Laitesuunnittelun ja Stage-gateTK vaiheet.

	Laitekehitys	Stage-gateTK
Vaihe		
1	Hahmotelma/sketsi	Aiheen valinta
2	Komponenttien valinta	Tekninen arviointi
3	Mekaniikkasuunnittelu	Yksityiskohtainen tutkimus
4	Valmistus ja koeajo	Tulosten arviointi
5	Käynnistys/ylösajo	
6	Loppuarviointi	
7	Tuotteistus	

Lopuksi on esitetty yleisesti tuotekehityksen menestymiseen vaikuttavia tekijöitä. Tehty suositukset pienen yrityksen näkökulmasta tuotekehityksen järjestelyyn ja kommunikointiin työyhteisössä.

4.1 Laitesuunnittelun tuotekehitysprosessi

Uuden tuotteen tuotekehitysprosessi koostuu seitsemästä eri vaiheesta, tuotteen hahmotelma, komponenttien valinta, mekaniikkasuunnittelu, valmistus ja koeajo, käynnistys/ylösajo, loppuarviointi ja tuotteistus:

4.1.1 Hahmotelma/sketsi

Hahmotelma eli sketsi on uuden tuotteen alustava idea. Tämä hahmotelma sisältää hyvin yleisen kuvan lopullisen tuotteen olemuksesta, toimintaperiaatteesta, ulkonäöstä ja fyysisestä koosta. Tuotekehityksen näkökulmasta hahmotelma toimii suunnittelun karttana siitä, minkälaisen tuotteen voidaan kuvitella olevan. Etenkin täysin uuden

tuotteen kehityksen alussa on mahdotonta tietää tulevan tuotteen yksityiskohtia tai edes kuvitellun toimintaperiaatteen käytännön toimivuus.

Kuitenkin hahmotelma pitää sisällään pääasialliset valinnat tuotteen suhteen kuten rakennusmateriaali, suunniteltavat rakenteet, yleisesti toiminnan kannalta vaadittavat komponentit, sekä muut tekijät kuten tuotteen vaatiman tilan määrä. Kaikki nämä ominaisuudet kertovat tuotekehittäjille lähtökohdat lopullisesta määränpäästä. Monella tapaa tuotteen hahmotelman valinta on tärkein valinta tuotekehitysprosessissa, sillä se määrittää koko tuotekehityksen toimintaa.

Valinta tuotteen ideasta määrittää myös sen lopulliset kustannukset. Näitä kustannuksia ei voi kuitenkaan ennalta määritellä, sillä alussa on epäselvää kauanko tuotekehitys kestää, ja mitkä ovat valmiin laitteen valmistus- ja käyttökustannukset. Alkuvaiheen hahmotelmassa määritellään noin 70% lopullisista kustannuksista, kustannusmäärän ollessa epäselvä. Hahmotelman luonti ja valinta itsessään voi kestää päivästä pariin viikkoon.

4.1.2 Komponenttien valinta

Hahmotelman seuraavana vaiheena on uuden laitteen komponenttien valinta. Laitesuunnittelussa on tarpeellista erotella komponenttien valinta hahmotelman valinnasta sen vaatiman työmäärän takia. Etenkin uusien komponenttien toimittajien etsiminen varsinaisten komponenttien hakemisen lisäksi voi vaatia huomattavasti työaikaa. Hahmotelman antama tuotteen yleinen olemus ei sisällä toiminnan kannalta välttämättömien komponenttien vaatimia ominaisuuksia kuten laitteen muoto, tai komponenttien vaatima tila.

Komponenttien valinta lisää tietoisuutta tuotteen tulevasta lopullisesta muodosta ja kokonaiskustannuksista. Vaihe täsmentää alkuperäisen hahmotelman ominaisuuksia, ja voi myös paljastaa alkuperäisen idean mahdottomuuden. Hahmotelman hämärä kuva tuotteesta siis tulee selkeämmäksi, ja kehitysprojektina varmemmaksi.

Myös kustannustietoisuus lisääntyy komponenttien hinnan selvittämisen ansiosta. Tyypillisesti komponenttien hinta on noin 30-50 prosenttia tuotteen lopullisesta hinnasta, lopun koostuessa valmistettavista rakenteista sekä kokoonpanosta ja koeajoista. Komponenttien löytäminen ja tekninen määrittely voi viedä muutamista työpäivistä viikkoihin, ja usein vaatii yhteistyötä alihankkijoiden kanssa. Hyvä esimerkki on sähkömoottorien teknisten ominaisuuksien valinta.

4.1.3 Mekaniikkasuunnittelu

Mekaniikkasuunnittelun vaihe tuotekehyksessä sisältää varsinaisen laitesuunnittelun. Yleisen hahmotelman ja komponenttien valinnan jälkeen alkaa uuden laitteen tekninen suunnittelu. Tässä vaiheessa suunnitellaan ja selvitetään kaikki valmistuksessa tarvittavat yksityiskohdat. Tähän kuuluu muun muassa rakenteen materiaalikoot, hitsattavat rakenteet, sekä kaikki pienimmätkin komponentit sisältävät kokoonpanopiirustukset. Laitesuunnittelu voi vaatia myös muitakin piirustuksia liittyen esimerkiksi suunniteltavan laitteen asentamiseen ja operointiin.

Tuotekehityksen näkökulmasta mekaniikkasuunnittelu on kaikista vaiheista eniten kehitystyötä vaativa osuus. Tässä vaiheessa on ratkaistava kaikki esiintulevat tuotekehityksen ongelmat ja haasteet. Lopputuloksena on tuotteen kaikki vaadittavat valmistuspiirustukset. Ihanteellisessa tilanteessa suunnitellun tuotteen valmistus ja käyttö ei enää vaatisi tämän vaiheen jälkeen enää yhtään kehitystyötä. Todellisuudessa yleensä tosin esiintyy ennakoimattomia ongelmia tuotekehittäjien ratkaistavaksi.

Työmäärältään mekaniikkasuunnittelu voi vaatia paljonkin aikaa. Riippuen kehityskohteesta tuotteen suunnittelu voi vaatia yhdeltä suunnittelijalta jopa useita kuukausia. Lopputuloksena on alun epäselvän hahmotelman muuttuminen kirkkaaksi kuvaksi tuotteesta. Suunnittelun näkökulmasta tuote on tämän vaiheen lopussa määritelty niin tarkasti kuin teoreettisesti on mahdollista, ennen valmistusta.

4.1.4 Valmistus ja koeajo

Valmistus on tuotekehitysprosessin suurin kustannus. Valmistuksen aikana kaikki edellisten vaiheiden määritellyt kustannukset realisoituvat. Myös aikamäärältään valmistus vie kaikista eniten aikaa. Uusien tuotteiden valmistuksen aikana tyypillisesti ilmenee asioita ja ongelmia, joita suunnitteluvaiheen aikana ei otettu huomioon. Vaihe vaatii siis usein palaamista mekaniikkasuunnitteluun revisioimaan tuotettuja piirustuksia.

Päätös siirtyä tuotekehitysprosessin valmistuksen vaiheeseen on myös päätös sitoutua tuotekehitysprosessiin. Tätä aikaisempien vaiheiden kustannukset ovat olleet henkilöstön työkustannuksia, kun taas valmistuksessa sitoudutaan maksamaan kaikki tuotannon kustannukset.

Valmistuksen ja koeajojen aikana on myös suoritettava laitteiden ohjauksen vaativat ohjelmistosuunnittelut. Koeajojen aikana laitevalmistajan luona laitteiden ohjaus ja toimivuus saatetaan toimitusvalmiiksi. Myös koeajojen aikana syntyy palautetta laitesuunnittelun käsiteltäväksi, sekä usein parannusehdotuksia.

4.1.5 Käynnistys/ylösajo

Käynnistys on asiakkaalle toimitetun tuotantolaitteen ylösajovaihe. Tähän vaiheeseen osallistuu yleensä kohdeyrityksen kaksi työntekijää käynnistäjän roolissa. Laitteiden asennus kuuluu asiakkaan tehtäviin ennen käynnistäjien saapumista. Käynnistäjien tehtävänä on saattaa toimitettujen laitteiden toiminta tuotantokuntoon, kouluttaa asiakkaan työntekijät, sekä etenkin uudessa tuotantolinjassa ajaa myyntisopimuksessa määritellyt koetuotannot.

Vaiheen kustannuksena kohdeyritykselle on ainoastaan käynnistäjien palkat. Tässä tuotantolaitteiden toimitusvaiheessa kyseiset laitteet ovat kuitenkin jo asiakkaalle myytyjä laitteita, joten nämä kustannukset eivät ole enää varsinaisesti tuotekehityksen kustannuksia, vaan myydyn projektin. Tuotekehityksen näkökulmasta vaihe sisältää kuitenkin suuren tuotekehityksen riskin. Käynnistyksen potentiaalinen epäonnistuminen tarkoittaa myös tuotekehityksen epäonnistumista, sekä kaikista pahimpana myös kaikkien tuotekehityksen riskien realisoitumista.

Tuotekehitysprosessille syntyy tässä vaiheessa usein korjattavia epäkohtia ja parannusehdotuksia. Näin ollen myös tässä vaiheessa on tarpeellista palata taaksepäin tuotekehitysprosessia vastaamaan syntyneeseen palautteeseen. Käynnistyksen negatiivinen palaute voi vaikuttaa suuresti tuotekehityksen jatkumiseen. Vaikka uuden laitteen toimitus olisikin saatu hyväksyttävästi tehtyä, voidaan siitä saadun palautteen perusta olla toimittamatta kyseistä tuotetta enää uudelleen tulevaisuudessa.

4.1.6 Loppuarviointi ja tuotteistus

Loppuarviointi on kaikkien tuotekehitysprojektiin osallistuvien henkilöiden viimeinen katsaus tuotteesta. Tämä vaihe sisältää lopullisen tuomion tuotteen hyvyydestä ja toimivuudesta. Tuotekehittäjille tämä tarkoittaa projektitoimituksen käynnistäjien palautteen vastaanottamista. Pohjimmiltaan kyse on siitä, onnistuttiinko tuotekehityksen avulla täyttämään tuotteen hahmotelman odotukset.

Vaiheen lopputulos on siis tehdyn tuotekehitystyön palaute. Tuloksena on yhteinen kokonaisvaltainen ymmärrys kehitetystä tuotteesta. Tässä vaiheessa alun epäselvä hahmotelma, sekä mekaniikkasuunnittelun teoreettinen kuva tuotteesta on muuttunut käytännön tiedoksi. Vaihe ei kuitenkaan ole osa tuotekehityksen päätöksentekoprosessia, vaan toimii tiedon ja palautteen välittäjänä.

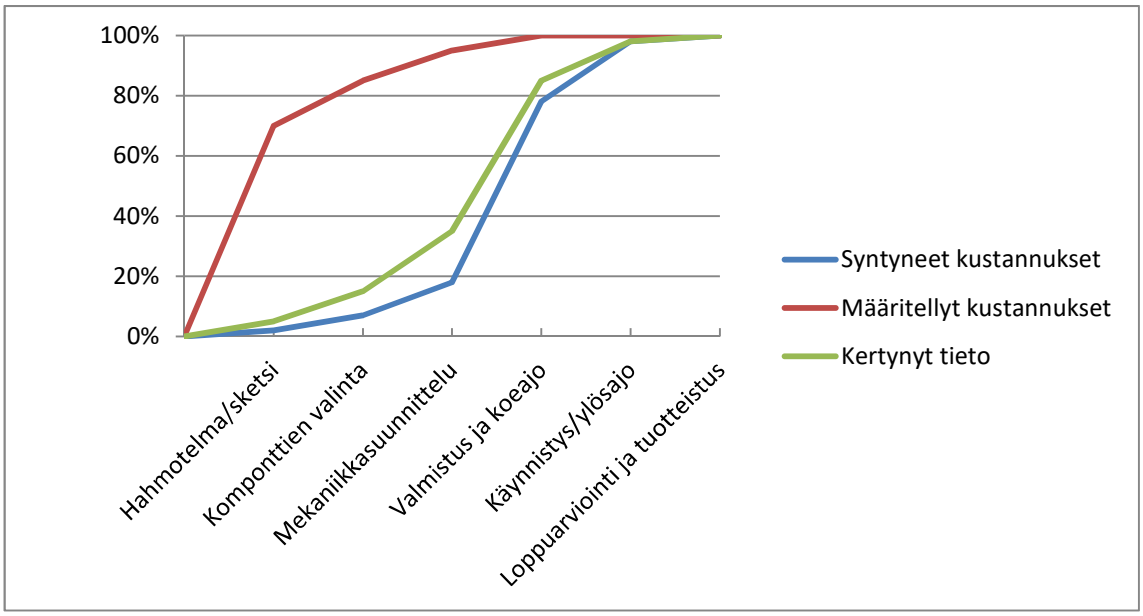
Tuotteistus on kohdeyrityksen johtoryhmän virallinen päätös ottaa kehitetty tuote käyttöön kaikissa tulevissa projekteissa. Vaiheen tulos on kehitetyn tuotteen muuntaminen viralliseksi myyntituotteeksi. Tuotekehitykselle tämä tarkoittaa tietysti

kehitysprojektin onnistumista odotusten mukaan. Tuotteistus on tuotekehitysprosessin viimein vaihe, jonka jälkeen kehitettyyn tuotteeseen tehdään enää korkeintaan pieniä inkrementaalisia muutoksia tarpeen mukaan.

4.1.7 Kustannukset

Kappaleen 2.10 mukaisesti kustannusten kaksi mitattavaa ominaisuutta ovat kustannukset ja aika. Nämä kaksi ominaisuutta voidaan arvioida karkeasti jokaiselle kohdeyrityksen tuotekehitysprosessin vaiheelle riippuen kehityskohteesta. Kehitysprosessin vaiheet ovat kuitenkin melko samankaltaisia kustannusten, työtehtävien, ja aikamäärän pituudelta vaihdellen kehityskohteen laajuuden perusteella. Isommat laitekokonaisuudet vaativat enemmän aikaa ja kustannuksia suunnittelusta valmistukseen. Työn laajuus ei kuitenkaan ota kantaa työn luonteeseen. Suunnittelu on edelleen suunnittelutyötä ja valmistus valmistustyötä riippumatta työn määrästä.

Kuvassa 19 esitetään kohdeyritykselle kehitetyn tuotekehitysprosessin vaiheiden syntyneet kustannukset, määritellyt kustannukset, ja tuotteesta kertyneen tiedon määrää. Kuvan vaaka-akseli esittää tuotekehityksen vaiheet, ja pystyakselissa ovat kyseisten kolmen muuttujien prosentuaaliset suuruusluokat. Vaaka-akseli ei ota kantaa vaiheen ajalliseen pituuteen, sillä esimerkiksi mekaniikkasuunnittelu ja valmistus kestävät huomattavasti pitempään kuin sketsaus ja komponenttien valinta. Kuvan kustannukset ovat keskimääräinen arvio uudelle tuotteelle ja vaihtelevat kehityskohteittain.



Kuva 19. Tuotekehitysprossien kolme muuttujaa vaiheittain.

Laitesuunnittelun tuotekehitysprosessin vaiheiden kustannukset voidaan havaita olevan vahvasti takapainoinen. Huomattavaa on myös kustannusten lineaarisuus valmistus-vaiheeseen asti. Ennen valmistusta kehityskustannukset ovat olleet tuotekehittäjien työkustannuksia, kun taas valmistuksessa realisoituvat itse tuotteen kustannukset komponentteineen ja työvaiheineen. Valmistuksen aloittaminen kehitysprosessin portin jälkeen tarkoittaa myös sitoutumista valmistuksen kustannuksiin.

Kehitetyn tuotekehitysprosessin kustannukset noudattavat hyvin pitkälti teoriaosuudessa esitettyyn malliin. Hahmotelman ja komponenttien valinnat määrittelevät helposti 80% lopullisista kustannuksista. Tuotteesta kertyneen tiedon määrä lisääntyy mitä mukaan kun resursseja käytetään tuotteen kehittämiseen. Ennen valmistusta tuote on ainoastaan teoreettisella pohjalla, kun taas valmistus paljastaa suunnittelun teorian todenmukaisuuden.

4.1.8 Agile-Stage-Gate

Agile-Stage-gate hybridin tarkoitus tuotekehityksessä oli istuttaa Agile-toimintatapoja perinteiseen Stage-gate prosessiin. Tämä ei teoriaosuuden mukaan ole kuitenkaan millään tapaa helppo tehtävä. Ongelmia aiheuttaa vaikeudet hankkia mukaan henkilöstöä, toiminta muussa organisaatiossa ja edelleen byrokraattinen toiminta. Monet Agile-periaatteet eivät sinällään sovellu laitesuunnitteluun kuten ”valmiin” sprintin määritys. Tässä kappaleessa esitetään ratkaisuja näihin ongelmiin laitesuunnittelun tuotekehityksessä, ja etenkin kohdeyrityksen kaltaisten pienten teknologiayritysten näkökulmasta.

Merkittävä ero hybridimallissa verrattuna perinteiseen Stage-gate prosessiin on asiakkaan rooli tuotekehityksessä. Perinteisessä mallissa asiakas määrittelee tuotekehityksen tavoitteet, ja ottaa tuotekehityksen jälkeen vastaan vaatimukset täyttävän tuotteen. Agile-mallissa asiakkaan vaatimukset alussa ovat vähemmän määriteltyjä. Tuotteen vaatimukset ja määrittely muotoutuvat yhteistyössä asiakkaan kanssa tuotekehityksen edetessä. Tämä mahdollistaa tuotekehityksen palaavan taaksepäin aikaisempien vaiheiden määriteltyihin tuloksiin. Aikaisempien vaiheiden tulokset eivät siis ole enää ”lukkoon” lyötyjä. Onko kuitenkin hyvä ottaa huomioon että laitesuunnittelussa ”asiakas” ei tarkoita välttämässä yrityksen asiakasta kuten ohjelmistosuunnittelussa, vaan asiakas voi hyvinkin olla yrityksen sisäinen tuotekehitysprojektin omistaja.

Agile-periaatteiden soveltaminen laitesuunnittelussa todettiin teoriaosuuden perusteella toimivan parhaiden tuotekehitysprosessin epäselvän alkupään vaiheissa.

Laitesuunnitteluun kehitetyssä tuotekehitysprosessissa tämä tarkoittaa etenkin hahmotelman ja komponenttien valintaa, mutta myös yksityiskohtaista mekaniikkasuunnittelua. Tämän perustelut on helppo ymmärtää. Tarkastelemalla kehitysprosessin määriteltyjä- ja syntyneitä kustannuksia huomataan alun vaiheiden tärkeys. Hahmotelma ja komponenttien valinta vievät pienemmän osan kustannuksista, mutta määrittelevät niistä kuitenkin suurimman osan. Alun vaiheiden kuuluu siten olla mukautuvia vielä mekaniikkasuunnittelun aikana, ennen projektin lyömistä ”lukkoon” tuotteen valmistuksen alkaessa.

Agile-kehityksessä työn eteneminen mitattiin testiperusteisen, toimivan ohjelmiston määränä. Tämä ei kuitenkaan soveltunut suoraan laitekehitykseen. Valmistamatonta laitetta ei voida testata, eikä mitään konetta voida kovinkaan helposti voi tehdä inkrementaaliseksi. Laitesuunnittelun kehitysprosessin alun vaiheet voidaan kuitenkin tehdä ”valmiiksi” luomalla virtuaalinen 3D-malli tuotteen hahmotelmasta ja valitsemalla komponentit, sekä ”toimiviksi” varmistamalla tuotteen toimivuus simuloinnilla ja asiantuntijoiden palautteella vaiheen lopussa. Tässä mielessä laitesuunnittelu toteuttaa Agile-periaatteita, sillä luotu hahmotelma vie projektia eteenpäin myöhemmistä muutoksista huolimatta. Laitteen hahmotelman 3D-malli ja valitut komponentit korvaavat myös virallisen dokumentoinnin.

Laitesuunnittelun alkupään tuotekehitystä ei kuitenkaan voida tehdä sataprosenttisesti Agile-periaatteilla. Stage-gate portit ovat kuitenkin osa karsimisen prosessia, eli osa kehitetyistä ideoista ja hahmotelmista menevät tuhottavaksi, eivätkä näin ollen vie projektia Agile-periaatteen mukaisesti eteenpäin. Laitesuunnittelussa on kuitenkin tarpeen luoda useita eri vaihtoehtoja, vaikka hylkyyn menevät ideat ovatkin taloudellisessa mielessä ”turhaa” työtä.

Agilen iteratiivinen ja inkrementaalinen työskentelytapa tuo omat haasteensa laitesuunnittelun tuotekehitykseen. Myös laitesuunnittelussa jokaisen iteraation tulos on jotain asiakkaalle näytettävää palautteen saamiseksi, ja tuote viedään lähemmäs asiakkaan haluja ja tarpeita. Työskentely tietyn aikavälin sprinteissä voi helposti muodostua ongelmalliseksi. Laitekehityksen vaiheet poikkeavat huomattavasti toisistaan pituudeltaan ja työmäärältään. Vaikka ideaalitilanteessa Agile-projektiryhmä on omistettu yhdelle projektille, pienissä yrityksissä tämä ei yleensä ole mahdollista. Näin ollen työskentely etukäteen päätetyssä sprintin aikajaksossa ei ole aina suositeltavaa, ellei kehityskohteelle ole mahdollista omistautua täysvaltaisesti. Suositeltava vaihtoehtona on pitää tapaamisia asiakkaan kanssa työn edistymisen mukaan, ja luottaa kehitysryhmän keskinäisiin tapaamisiin.

Kohdeyritykselle kehitetyn tuotekehitysprosessissa asiakas jää hieman epäselväksi. Ohjelmistokehityksessä ”asiakkaan” roolin täyttää itse asiakas eli ohjelmiston ostaja. Myös teknologiayrityksissä asiakas voi olla tuotteen varsinainen ostaja, mutta useimmiten kohdeyrityksen kaltaisissa yrityksissä laitekehityksen asiakas on tuotekehitysprojektin omistaja joka ”myy” kehityskohteen yrityksen johdon hyväksyntään kehitysprosessin porteilla. Myös tässä hybridimallissa päätökset tapahtuvat edelleen prosessin porteilla yrityksen ylimmän johdon toimesta antaen johdolle katsauksen tuotekehityksen edistymisestä.

Scrum-rakenteiden soveltaminen laitesuunnittelun tuotekehitykseen on oma haasteensa pienelle teknologiayritykselle. Perinteisen projektipäällikön roolit olivat jaettu Scrum-mallissa kolmeen rooliin, kehittäjät, omistaja ja Scrum-mestari. Pienessä yrityksessä rajoitetulla henkilöstön määrällä nämä roolit menevät pakostakin päällekkäin. Pääsääntöisesti omistajan roolit menevät joko suunnittelu-, tai tuotekehityspäällikölle riippuen kehitettävästä kohteesta. Scrum-mestarin rooli on lähes luonnostaan suunnittelupäällikön rooli työtehtävien jakamisesta. On kuitenkin huomattava Scrum-rakenteen perustuvan pienen ryhmän oma-aloitteeseen työnjakoon. Scrum-roolien jako on myös suuresti riippuvainen kehitettävästä kohteesta, ja on aina yksityiskohtainen jokaiselle projektille. Esimerkiksi yhden suunnittelijan tuotekehitysprojekti ei vaadi juurikaan erillistä ohjausta.

Pienessä yrityksessä ilman kokopäiväistä kehitysryhmää päivittäinen Scrum-tapaaminen menettää merkityksensä. Sen sijaan 30 päivää voidaan pitää hyvänä välinä Scrum-ryhmän tapaamisessa. Toisaalta Scrum-tapaamisten määrä, sprinttien kesto, ja johdon porttien tarkastelu riippuu täysin sen hetkisestä tilanteesta ja tuotekehityksen intensiivisyydestä yrityksessä. Kuten teoriaosuudessa todettiin, Agile ja Scrum ovat tarkoitettu kokoaikaisille tuotekehittäjille. Sivutoimisille kehittäjille näiden ominaisuuksien ja periaatteiden sovittaminen arkityöskentelyyn voi olla hyvin haasteellista, ja voi helposti kääntyä itseään vastaan.

Agile-Stage-gate tuotekehitysprosessina on verrattain uusi. Vaikka prosessista on saatu positiivisia kokemuksia, sen soveltamisen menestyskeinot ovat toistaiseksi tuntemattomia. Joka tapauksessa jokaisen yrityksen on luotava omakohtainen tuotekehitysprosessi. Lisähaasteena pienille yrityksille on hyödyntää näitä ominaisuuksia arkityöskentelyn ohella, kun taas kyseiset prosessin on luotu kokoaikaisille kehittäjille. Käydyn teorian perusteella Scrum-periaatteita soveltavan tuotekehitysryhmän työskentelyn tulee olla koko työpäivän mittainen, ja suosituksena vielä samoina päivinä samoissa tiloissa.

Kappaleen 2.3.1 mukaisesti uuden ajan Stage-gate prosessit olivat myös skaalautuvia. Täyden vaiheen Stage-gate prosessin lisäksi oli kehitetty kevyemmät mallit Xpress ja Lite. Nämä kevyemmät kehitysmallit eroavat toisistaan ainoastaan porttien määrältään, sisältäen kuitenkin kaikki samat työvaiheet. Kevyempiä malleja voidaan siis ajatella niin, että päätösportit siirretään yrityksen johdolta kehitystyön tekijöille. Etenkin pienissä teknisissä muutoksessa yrityksen johdon hyväksyntä ei ole tarpeellista. Kehitysprojektin porttien määrä määräytyy heti tuotekehitysprojektin alussa. Isommissa projekteissa porttien määrä riippuu johtoryhmän halusta osallistua tuotekehityksen päätöksentekoon. Liiallinen porttien määrä vie johtoryhmältä turhaa aikaa, ja liian pieni osallistuminen potentiaalisesti kuluttaa turhaan yrityksen resursseja.

4.2 T&k-prosessin soveltaminen laitesuunnitteluun

Perustutkimuksen kuvailtiin olevan ei-ohjattua, ei-keskittynyttä ja ei-tuottavaa. Vaikka perustutkimus ei nykyisin ole hirveän suosittua, sen potentiaali voi johtaa mittaviin tuloksiin. Stage-gate järjestelmän soveltaminen perustutkimukseen poikkeaa suuresti tuotekehityksen prosessista. StageGateTK eli Stage-gate perustutkimukselle sallii enemmän kokeilua, ja sen tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa tai kyvykkyyttä uuden tuotteen sijaan. Prosessin tarkoituksena on tuoda ohjausta ja tarkennusta perustutkimukseen. StageGateTK perustutkimusprosessin voidaan katsoa olevan uuden tuotteen kehittämisen alku-, ja pohjatyö.

Perustutkimuksen t&k-prosessi koostui kahdesta vaiheesta ja kolmesta portista. Kaksi vaihetta olivat teoreettinen tutkimus ja laiteinvestointeja vaativat käytännön kokeet, näistä ensimmäisen olevan aineeton työajan investointi. Prosessin portit olivat aiheen valinta, päätös jatkaa käytännön kokeisiin, ja lopuksi tulosten arviointi.

4.2.1 Aiheen valinta

Perustutkimuksen aiheen valinta on etenkin pienelle yritykselle hyvin kriittinen. Tutkimusprojektien onnistumisprosentti on huomattavasti pienempi kuin pienillä kehitysprojekteilla. Kuitenkin onnistunut perustutkimus voi johtaa potentiaalisesti merkittäviin tuloksiin tuotekehityksessä.

Kuten aikaisemmin todettiin, perustutkimuksen tulos on uusi tieto tai kyvykkyys. Aiheen valinnassa korostuu siis positiivisen lopputuloksen pitkäaikainen hyöty. Potentiaalisen hyödyn arviointi on sikäli hankalaa, että taloudellisten mittarien sijaan on tarkasteltava teknologista- ja strategista näkökulmaa.

Aiheen valinnassa ei tule myöskään ottaa huomioon pelkästään onnistuneen tutkimustyön potentiaalista hyötyä, vaan myös sen hyödyntämisen kustannukset. Kuten

teoriaosuudessa todettiin, StageGate-TK perustutkimus on osa tuotekehitysprosessin alkupäähän löytämis-vaihetta. On siis tarkasteltava jo alussa perustutkimuksesta seuraavaa tuotekehitysprosessia, ja sen kustannuksia.

Teoriaosuudessa aiheen valintaa ei käsitellä työvaiheena, vaan porttina. Kuitenkin uusien ideoiden esittäjiltä vaaditaan hieman ennakkotyötä ideoiden esittämiseen. Ideoita käsitellessä johtoryhmällä täytyy olla valmis käsitys aiheen tulevasta potentiaalista ja kustannuksista, joiden kautta idean kelpoisuutta tarkastellaan. Yrityksen johtoryhmän hyväksyntä seuraavaan vaiheeseen tarkoittaa myös sitoutumista seuraavan vaiheen kustannuksiin.

4.2.2 Tekninen arviointi

Aiheen valinnan eli ensimmäisen portin jälkeen alkaa varsinainen teoreettinen tutkimus eli aiheen tekninen arviointi. Vaihe sisältä vaihtelevan määrän perehtymistä valittuun aiheeseen. Teorian hakeminen voi vaihdella suuresti alan julkaisujen hakemisesta yhteistyöhön eri tutkimuslaitosten kanssa.

Pohjimmiltaan vaiheen tarkoituksena on todentaa ja selventää annetun idean kelpoisuutta. Tämä voi tarkoittaa yksinkertaisimmillaan aiheeseen tutustumista tieteellisestä kirjallisuudesta osallistumisesta monipäiväiseen yliopistoluentoon. Tutkimustyöhön voi myös osallistua ulkopuolelta palkattuja asiantuntijoita antamaan lausuntonsa aiheen kelpoisuudesta.

Teoreettisen tutkimuksen kustannuksena on lähtökohtaisesti yrityksen henkilöstön oma työaika. Riippuen tutkimuksen laadusta tämä voi kestää päivistä useisiin viikkoihin. Kustannuksiin voi liittyä myös muita menoja kuten mainitut ulkopuoliset konsultit tai erilaiset koulutusmaksut.

Vaiheen kustannukset ovat kuitenkin vielä pieniä verrattuna seuraavaan vaiheeseen. Portilla päätös jatkaa tarkoittaa myös sitoutumista valittuun aiheeseen ja sen mukana tuleviin kustannuksiin. Tutkimusprosessin kannalta tämä tarkoittaa aiheen hyväksymistä, ja tuotekehitysprosessin näkökulmasta tämä tarkoittaa resurssien asettamista uhkapeliin potentiaalisista tuloksista.

4.2.3 Yksityiskohtainen tutkimus

Yksityiskohtaisessa tutkimuksessa valittu aihe todennetaan käytännössä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi uusia laitehankintoja käytännön kokeisiin tai tutkimustyötä yhteistyökumppaneiden kanssa kuten yliopistojen. Vaiheen tavoitteena on tutkia valittua aihetta niin perusteellisesti kuin mahdollista.

Erona tekniseen arviointiin on valitun aiheen kokeellinen testaaminen tai syvällisempi perehtyminen aiheeseen. Ominaista on tutkimustyön syvällisyys. Yksityiskohtainen tutkimus vaatii huomattavasti enemmän aikaa kuin tekninen arviointi.

Etenkin laitehankintoja vaativissa tutkimuskohteissa kustannus määrä on huomattavasti suurempi, etenkin jos tutkittavat laitteet täytyy vielä ensiksi kehittää. Tässä mielessä yksityiskohtainen tutkimus voi mennä päällekkäin laitesuunnittelun tuotekehityksen kanssa. Laitekehityksessä StageGateTK voi olla tuotekehitysprojektin ensimmäinen vaihe, etenkin jos halutaan varmistaa jonkin laitekonseptin toimivuus.

Laitehankintojen lisäksi myös työkustannukset ovat suurempia etenkin testaamisen vaatiman työmäärän takia. Siinä missä tekninen arviointi oli lineaarista tutkimustyötä, idean tai laitteen testaaminen voi vaatia huomattavan määrän testiajoja. Lisäksi testiajot voivat vaatia myös ylimääräistä henkilökuntaa.

4.2.4 Tulosten arviointi

Tulosten arviointi on johtoryhmän portti saavutetuista tuloksista. Vaiheen päätös on jatkaa/ei-jatkaa siirtymistä varsinaiseen Agile-Stage-Gate tuotekehitysprosessiin. Portin tarkastelu tässä vaiheessa on taloudellinen. Siinä missä perustutkimuksen tarkoitus oli tuottaa uutta tietoa tai kyvykkyyksiä, tulosten arviointi on todeta tutkimustulosten taloudellista potentiaalia. Vaiheen päätöskriteerit ovat siis täsmälleen samat kuin laitesuunnittelun tuotekehityksen aloituksessa. Ainoana erona on tarkastelu tutkimustyöstä saadun tiedon tai kyvykkyyden hyödyntäminen.

Ei-jatkettu päätös ei suinkaan tarkoitus tutkimustyön epäonnistumista. Tutkimustyö onnistuessa voi tuottaa arvokasta tietoa, vaikka varsinaiseen tuotekehitysprosessiin ei siirryttäisikään. Myös tutkimustyön epäonnistuminen tuottaa arvokasta tietoa. Teoriaosuudessa mainittiinkin tärkeys oppia myös epäonnistumisista.

4.3 Ideapankki ja löytämis-vaihe

Löytämis-vaiheen ja ideapankin tarkoitus hyödyntää syntyneitä ideoita tehokkaasti. Uusia ideoita syntyy jatkuvasti, ja ilman systemaattista käsittelytapaa niiden hyödyntäminen jää usein idean esittäjän vastuulle. Löytämis-vaiheessa uudet ideat käsitellään ja säilötään yrityksen nykyisten ja tulevien tuotekehitystarpeiden edistämiseksi. Tuotekehitysprosessin näkökulmasta löytämis-vaiheen tarkoitus on tehostaa prosessin alkupäätä, sekä karsia pois vähemmän hyviä ideoita.

Olennainen piirre löytämis-vaiheessa on ideoita eteenpäin vievä henkilö, joka vie ideat ensimmäiselle portille. Tämä tarkoittaa uuden idean objektiivista tarkastelua heti

ensimmäisessä vaiheessa. Ensimmäinen portti koostui pienestä, keskitason johtajien ryhmästä tarkastelemaan ideoita säännöllisin väliajoin. Kohdeyrityksen kaltaisessa pienessä yrityksessä on hyvin valinnanvapaista valita ensimmäisen portin vartijat. Portinvartioilla oli kuitenkin oltava valtuudet hyväksyä resurssien käyttöä. Ensimmäisen portin jatkaa-päätöksen valitut vastuuhenkilöt tiedustelu-vaiheeseen voivat myös olla hyvin vapaavalintaiset riippuen suuresti uuden idean luonteesta. Kehitystyön luonteen huomioon ottaen on kuitenkin tärkeää valita tuotekehityksestä motivoituneita henkilöitä tiedustelu-vaiheeseen.

Poikkeuksena oli työntekijän ”omalla ajalla” tekemät tiedusteluprojektit uudelle idealle. Tässä tapauksessa työntekijä toteuttaa itse ensimmäisen portin arvioinnin, ja esittää tuloksensa yrityksen johtoryhmälle. Pienelle yritykselle tämän kaltainen uusien ideoiden etsiminen on hyvinkin kustannustehokasta. Pienessä yrityksessä virallisen proaktiivisen löytämis-vaiheen käsittely voi viedä liiallisen osan yrityksen rajattuja resursseja. Myös tiedustelu-vaiheeseen valittujen henkilöiden työmäärä täytyy ottaa huomioon. Uusien ideoiden tarkastelu on kuitenkin tärkeää toimintaa yrityksen tuotekehityksen kannalta, ja siihen kannattaa luoda vähintäänkin kevyet rakenteet.

Hylättyjen ideoiden esittäjille tuli antaa kirjallinen palaute idean arvioinnista. Annetun palautteen tarkoitus on kehittää ja motivoida potentiaalisia ideoiden esiintuojia. Ei-hyväksytyt ideat voitiin luokitella tapetuiksi tai pysäytetyiksi. Joka tapauksessa hylätyt ideat siirretään ideapankkiin, josta tallennettuja ideoita voidaan säännöllisesti tarkastella. Ideapankin tarkoituksena on estää menettämästä tarkasteltuja ideoita. Jotkin ideat voivat olla edellä aikaansa, tai tarvita lisätyötä ollakseen toteutuskelpoisia. Suositus ideapankin tarkasteluun oli kolmen kuukauden välein, mutta myös tämä aikaväli on hyvin yrityskohtainen.

4.4 Tuotekehitysportfolio

Tuotekehitysportfolion tehtävänä oli tasapainottaa yrityksen tuotekehitysprojektien sekoitusta oikealla tavalla. Portfolion hallinta oli kappaleen 2.5 mukaisesti yksi menestyvän tuotekehityksen avaintekijöistä. Sen tarkoituksena oli auttaa yrityksen johtoa kohdistamaan varoja sekä ihmisiä oikeisiin alueisiin ja kohteisiin, sekä saamaan aikaan oikea sekoitus ja tasapaino eri tuotekehityksien investointien ja strategisesti oikein suuntautuneen portfolion. Vaikeutena mille tahansa yritykselle on kuitenkin määritellä tuotekehityskohteen potentiaali ja arvo.

Tuotekehityskohteiden hallinnan edistämiseksi oli kappaleessa 2.6.1 esitetty kohteiden kaksi sisäistä-, ja kaksi ulkoista näkökulmaa. Yrityksen sisäisiä näkökulmia olivat

uusien kyvykkyyksien edistäminen, ja olemassa olevien tuotteiden synergioiden hyödyntäminen. Taloudellisessa mielessä olemassa olevien tuotteiden hyödyntäminen on kaikista tehokkainta tuotekehitystä. Uusia kyvykkyyksiä kuitenkin tarvitaan tulevaisuuden kilpailukyvyn kannalta, vaikka se ei tuottaisikaan välittömästi taloudellisia tuloksia.

Ulkoiset näkökulmat olivat markkinoiden näkökulmat yrityksen tuotteiden tuoteparannuksista ja innovaatioista. Yleisesti ottaen tuoteparantelut ovat tuotekehityksen taloudellisin ja varmin tapa, mutta markkinoiden näkökulmasta myös nykyisten kyvykkyyksien hyödyntäminen uusilla aloilla voidaan nähdä innovaatioiksi. Yrityksen tasapainottelussa tuoteparannuksien ja innovaatioiden kanssa täytyy ottaa myös huomioon tuotekehityksen elinkaari. Tuotteen elinkaaren lähestyessä loppuaan on myös panostettava sitä korvaavaan innovaatioon.

Tuotekehitysportfolion hallintaan voitiin luokitella neljä eri kehityskohteen tyyppiä, perus, tähti, opettava ja korkea-riski. Näiden tarkoituksena on auttaa luomaan oikeanlainen sekoitus tuotekehityskohteita yrityksen tarpeisiin. Pienessä yrityksessä korostuvat perus- ja tähti luokituksen projektit. Perus luokan projektit ovat edellä mainitun kaltaisia olemassa olevien tuotteiden tuoteparannuksia, ja tähti luokan projektit osaamisen hyödyntämistä uusissa kohteissa. Rajallisten resurssien vuoksi opettaja-projektien kustannukset pysyvät pieninä. Lisäksi opettaja luokan projektien tulee potentiaalisesti johtaa korkean-riskin tai tähti-luokan tuotekehityskohteeseen.

Tuotekehitysportfoliossa tuli myös tarkastella potentiaalisia kohteita valmistuksen määrittelyin. Kehityskohteen hinta koostui itse tuotteen tuottamisesta, sekä sen tuotekehityskustannuksista. On otettava huomioon tuotteen potentiaalinen laatu ja tuotekehityksen vaatima aika. Lisäksi täytyy ottaa huomioon yrityksen osaamisen kehitys, eli kyky hyödyntää tehtyä tuotekehitystä tulevissa tuotteissa.

Olennainen osa portfolion hallintaa on myös kehityskohteiden määrä. Liiallinen tuotekehityskohteiden hajauttaminen liian pienelle henkilöstölle ja resursseille eivät johda tehokkaaseen tuotekehitykseen. Kappaleen 2.6.2 mukaisesti tehokkain ajankäyttö saadaan määräämällä kaksi samanaikaista projektia per insinööri. Kuvan x mukaisesti yli kolmea projektia työstävän henkilön tuottava aika laskee dramaattisesti.

4.5 Tuotekehitysorganisaatio

Tuotekehityksen näkökulmasta yrityksen organisaation tulee muodostaa optimaaliset puitteet innovaation suunnitteluun ja hallintaan. Tuotekehitys projektijana kuitenkin sisältää kaikki projekteille tyypilliset ominaisuudet kuten aikataulut, organisoinnin ja eri

taitojen hyödyntämisen. Innovatiivinen organisaatio on yksi ratkaiseva tekijä menestyvässä tuotekehityksessä. Organisaation jäykkyys puolestaan voi olla tuotekehityksen esteenä. Teoriaosuudessa todettiinkin organisaation jäykkyyden haittaavaan tuotekehityksen luovuutta, mutta luovuutta ei itsessään voi luoda organisaation avulla.

Pienissä yrityksissä tuotekehityksen organisointi eroaa suurista yrityksistä. Isojen yritysten resurssit mahdollistavat arkityöstä kokonaan erillisen tuotekehitysosaston. Tyypillisesti pienten yritysten tuotekehityksen päätöksistä vastaavat toimitusjohtaja ja yrityksen hallitus. Yrityksen johto siis johtaa tuotekehityksen päätöksiä samoin kuin muitakin toimintoja. Tuotekehityskysymyksiä on kuitenkin tärkeää käsitellä säännöllisesti joukolla erityisissä kokouksissa tietyin aikavälein.

Tuotekehityksen käytännön toteutukselle organisaatiosta huolimatta oli valittava idean tai projektin vastaava päällikkö. Valittava vastuuhenkilö määräytyy hyvin pitkälti idean luonteesta. Etenkin pienissä yrityksissä tuotekehitysprojektin ongelmaksi muodostuu rajallinen henkilöstön määrä. Rajallisen henkilöstön määrän vuoksi pienten yritysten on haasteellista tasapainotella tuotannollisen työn ja tuotekehityksen välillä. Pääohjeena voidaan pitää tuotekehitystyön tapahtuvan vähintään yhden työpäivän mittaisena kerrallaan, jos resurssit eivät riitä kokopäiväiseen työskentelyyn.

Mielenkiintoisena tuotekehityksen organisaatiomallina teoriaosuudessa esitettiin ”urakoitsija”-malli. Malli perustui yrityksen tuotekehittäjien omaan haluun ja uskoon uudesta ideasta. Olennaisena ideana oli irrottaa uuden idean kehittäjä arkityöskentelystä keskittymään omaan tuotekehitysprojektiin. Projektin loppuessa tai keskeytyessä kehittäjä palaa entiseen työhönsä. Pienessä yrityksessä henkilöstön siirtyminen kokoaikaiseen tuotekehitystyöhön ei välttämättä ole mahdollista, mutta pääperiaate on silti käyttökelpoinen. Kokoaikaisen tuotekehitystyön sijaan on mahdollista hyödyntää yrityksen henkilökuntaa osa-aikaisena tuotekehittäjinä, esimerkiksi määräämällä tietyt päivät viikosta keskittymään ainoastaan tuotekehitykseen. Malli noudattaa kuitenkin kaikkia samoja tuotekehityksen vaiheita ja portteja yrityksen johdon kanssa.

4.6 Riskinhallinta

Epävarmana prosessina tuotekehityksen riski on otettava huomioon. Kappaleessa 2.11 eroteltiin *epävarmuus* ja *riski* toisistaan. Epävarmuudella tarkoitettiin useamman mahdollisen lopputuloksen mahdollisuutta, kun taas riskillä tarkoitettiin mitattavissa olevaa ei-haluttua lopputulosta. Molemmat näkökulmat ovat tuotekehityksessä

tarpeellisia. Tuotekehityksen epävarmuus tarkoittaa esimerkiksi sitä, että teknisesti onnistunut tuote ei välttämättä ole kuitenkaan onnistunut taloudellisesti markkinoiden muuttuessa. Tuotekehityksen riski on yleensä jollain tapaa taloudellisesti arvioitavissa heti tuotekehityksen alussa. Epäonnistuneessa kehitystyössä tappiona on ainakin käytetyt kustannukset ja henkilöstön käyttämä aika.

Tuotekehityksen riskinhallintaan on hyödynnettävissä kappaleessa 2.12 esitetyt riskinhallinnan vaiheet *riskianalyysi*, *varautumissuunnitelma* ja *päätöksenteko*. Riskianalyysin avulla tunnistetaan riskejä ja etsitään keinoja niiden vähentämiseksi. Analyysin pohjalta puolestaan rakennetaan varautumissuunnitelmaa potentiaalisten riskien toteutumiseksi. Myös tuotekehityksen päätöksenteossa riskianalyysin vaikutus on huomattava.

Joissain projekteissa voidaan vaatia tuotekehitysprosessilta nopeaa, ennalta määräämätöntä päätöksentekoa etenkin suuren riskin projekteissa. Mikäli tuotekehitysprojektiin liittyvä riski on oletettua korkeampi tai siitä on tulossa hallitsematon, tarvitaan yrityksen johdon päätöksentekoa suunniteltuja portteja nopeampaa. Tämän kaltainen nopean päätöksenteon reagointi on syytä olla määritelty jo projektin alustavassa varautumissuunnitelmassa.

4.7 Muita menestystekijöitä

Esitettyjen tuotekehityksen keinojen ja menetelmien lisäksi tuotekehityksen menestymiseen vaikuttavat useat eri tekijät. Yksittäisistä tekijöistä tärkeimmäksi mainittiin teoriaosuudessa olevan yrityksen johdon tuki. Sekä johdon antamat resurssit, että resurssien oikea kohdistaminen olivat yksi avaintekijä menestyvässä tuotekehityksessä. Johdon osallistuminen tuotekehitystoimintaan myös sitouttaa johtoa sen menestymiseen. Yrityksen johdon ei kuitenkaan tarvinnut johtaa itse tuotekehitystä. Tuotekehityksen johtaminen pystyi tapahtumaan millä tahansa organisaation tasolla johdon toimiessa hyväksyvänä elimenä.

Tehokkaan tuotekehitysorganisaation käyttäytymisen malli tuli olla avoin, joustava strategia. Organisaation tulee kestää myös tuotekehityksen epävarmuutta. Tuotekehityksessä mikään ei ennalta varmaa, eikä tuotekehitystyö tapahdu lineaarisesti. Olennaisia tekijöitä epävarmuuden käsittelyyn olivat oppiminen ja abstraktin käsitteen ymmärtäminen. Tuotekehitysprosessin alussa epävarmuus on suurimmillaan, mutta se on kuitenkin idean alku siitä mitä voisi olla. Tärkeää on saada ymmärrys potentiaalisen idea toteutuskelpoisuudesta.

Menestyvän tuotekehityksen apukeinona esitettiin kappaleessa 2.9 neljä eri tuotekehityksen tehokkuuden määritelmää. Nämä olivat säästäväinen-, taloudellinen-strateginen-, ja jäsenyys tehokkuus. Taloudellinen tuottavuus on kuitenkin hieman eri asia kuin tehokkuus. Tuotekehityksessä tehokkaasti kehitetty tuote ei kuitenkaan aina johda taloudelliseen hyötyyn. Organisaatiossa tuotekehityksen tehokkuus oli eri taitoja hyödyntävä prosessi. Kokonaisuudessaan tehokkuus oli koko tuotantoketjun yhteistyön toimintaa markkinoinnista valmistukseen. On kuitenkin syytä pitää mielessä, että taloudellinen tuottavuus on minkä tahansa yrityksen elinehto.

Tuotekehitysprosessissa on huomioitava jokaisen tuotekehitysprojektin erilaisuus. Vaikka Agile-Stage-gate onkin tarkoitettu kaikille tuotekehitysprojekteille, sen soveltaminen on tapauskohtaista. Täysin samaa prosessia ei voida käyttää kahdelle erilliselle projektille. Ilman tapauskohtaista optimointia ei voida tehdä tuotekehitystä mahdollisimman tehokkaasti. Yksi menestyvän tuotekehityksen tekijä on siis kyky valita tehokkain malli projektikohtaisesti.

Uusien ideoiden ja keksintöjen tuottaminen ei ole pelkästään yhdessä yrityksessä tapahtuvaa toimintaa, vaan myös yhteistyö eri kumppaneiden kanssa on tärkeää. Ideoita ei tule etsiä pelkästään omasta yhteisöstä. Myös yhteistyö alihankkijoiden kanssa voi johtaa uusiin innovaatioihin. Yhteistyö ulkoisten kumppanien kanssa on kuitenkin haasteella, ja helposti vaikeutuu eri ongelmista kuten luottamuksesta ja valtatekijöistä. Yhteistyöhankkeilla on kuitenkin potentiaali uuteen liiketoimintaan jakaen tuotekehityksen kustannukset ja riskit.

On myös syytä ottaa vielä huomioon yksi kappaleessa 2.5 esitetty tuotekehityksen avaintekijä, tuotekehitysstrategia. Tuotekehitystyön tulee palvella yrityksen pitkäaikaisia liiketoiminnan tavoitteita tuoteinnovaatioille. Tämän ansiosta tuotekehityskohteeseen käytetyn työn tulokset eivät jää pelkästään yhdelle projektille, vaan siitä saatu tieto ja osaaminen periytyvät myös tulevaisuuden projekteille.

4.8 Kritiikkiä tuloksia kohtaan

Teoriaosuuden pohjalta kehitetyt keinot tuotekehityksen parantamiseen luovat myös potentiaalisia haittavaikutuksia yrityksen toimintaa. Perinteisen Stage-gate prossin mainittiinkin luovan ei-tuottavia toimintoja, lisäävän byrokratiaa ja rajoittavan oppimismahdollisuuksia. Liian yksityiskohtainen tuotekehitysprosessi luo informaatiotulvaa, ja liian epämääräinen aiheuttaa virheiden tekoa ja perspektiivin menetystä. Tuotekehitysprosessi voi olla myös liian jäykkä käsittelemään innovatiivisia

projekteja. Kuten edellisessä kappaleessa todettiinkin, liian jäykkä tuotekehitysprosessi myös estää tuotekehityksen optimoinnin.

Sama byrokratian ja ei-tuottavien toimintojen lisääntyminen koskee myös perustutkimuksen Stage-gate prosessia, löytämis-vaihetta ja portfolion hallintaa. On kuitenkin huomattava, että lisääntyneiden kustannusten tarkoitus on kuitenkin edistää tuotekehitystä pitkällä aikavälillä. Yritysten on kuitenkin pidettävä mielessä että tuotekehityksen prosessien hallinta ei ole sen itsetarkoitus, vaan avustava tekijä tuotekehityksen sekavassa maailmassa.

Agile-periaatteiden soveltaminen mekaanisten laitteiden tuotekehitykseen tuo mukanaan omat ongelmansa. Verrattuna ohjelmistokehitykseen mekaaniset laitteet vaativat huomattavasti enemmän yhteistyötä suunnittelussa, valmistuksessa, ja mitä enemmissä määrin myös laitteiden ohjelmoinnissa. Agile ja ketterät tuotekehitykset ovat enemmissä määrin nykytrendejä, eikä niiden orjallinen noudattaminen välttämättä johda hyvään lopputulokseen laitekehityksessä.

Tuotekehitysportfolion tuotetyypeissä ei eroteltu eri prosessien hyödyntämistä eri tuotetyypeillä. Mitä enemmän tuotekehitystyötä projekti vaatii, sitä enemmän on kyseisessä tuotekehitysprojektissa oltava portteja johdon hyväksyntää varten. Portfolion opettava-projektit puolestaan ovat lähes automaattisesti StageGateTK perustutkimuksen projekteja. Pienille yrityksille suositellut perus- ja tähtiprojektit puolestaan vaativat vähemmän tuotekehitysprosessin portteja. Olennaista on optimoida jokaiselle projektityypille oikeanlainen kehitysprosessi.

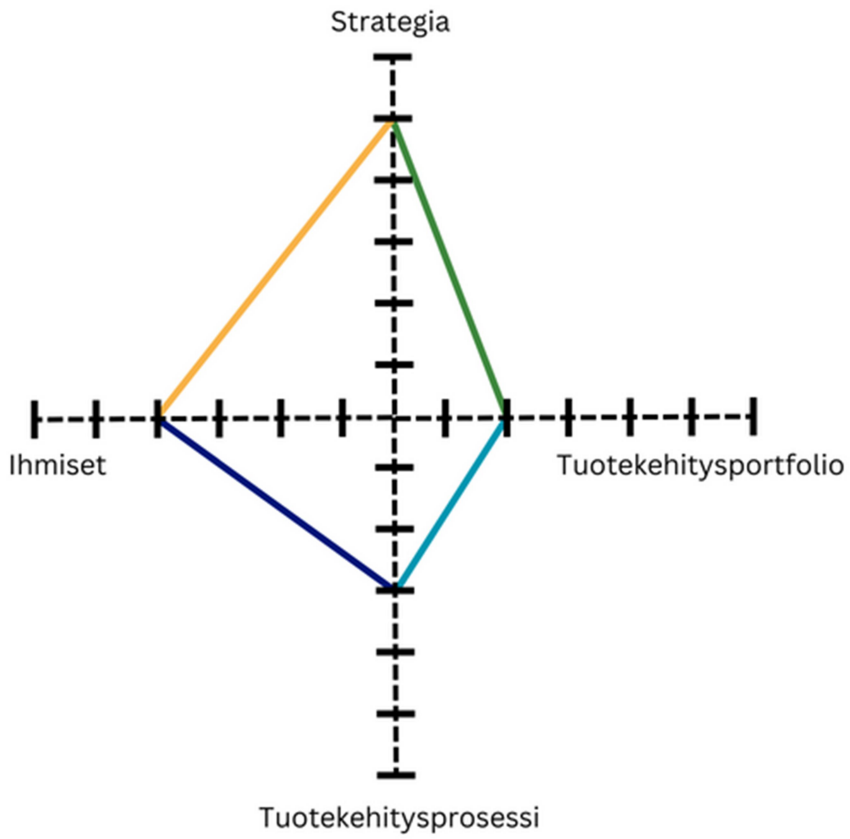
5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuotekehityksen luonne epämääräisenä ja epäselvänä prosessina on mielenkiintoinen tutkimuksen kohde. Uusien tuotteiden kehittäminen jatkuvasti muuttuville markkinoille luo oman erikoisen alansa ympäristöön, missä mikään ei ole varmuudella ennustettavissa. Tuotekehityksen tärkeyttä ei voi missään mielessä vähätellä. Monella tapaa yritysten, ja laajemmalla mielessä myös yhteiskuntien menestyminen riippuu kyvystä luoda, uudistua ja reagoida jatkuvasti muuttuvaan ympäristöön.

Tuotekehityksen tutkimuksen tarkoituksena on luoda selvyyttä tuotekehityksen maailmaan, sekä erityisesti yrityselämän näkökulmasta tehostaa tuotekehityksen toimintaa. Yritysten kohdalla tuotteiden ja toiminnan kehitys onkin elintärkeä osa menestyvää liiketoimintaa. Monella tapaa tuotekehityksen tutkimus, sekä tuotekehitysprosessien luonti vaikuttaa yritykseltä tuoda varmuutta ja pysyvyyttä luonteeltaan epävarmaan tuotekehityksen työskentelyyn. Tämä tuotekehityksen tutkimus kuitenkin elää jatkuvasti maailman muuttuessa, eikä sen ole syytä koskaan olettaa olevan valmis.

Toistuva teema tuotekehityksessä on ollut maailman muuttuminen entistä nopeammaksi. Uusimpien tuotekehitysprosessien tavoitteena on ollut mukautua tähän nopeamman muutoksen tarpeeseen. Myös nykyajan tuotteet ovat entistä monimutkaisempia, ja useat mekaaniset laitteetkin tarvitsevat nykyaikana tuotekehitystä myös ohjelmistoalalta. Tuotekehityksen näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että olemassa olevat prosessin eivät välttämättä pysy ajankohtaisena kovinkaan kauan. Kerran kehitettyjä tuotekehitysmalleja ja prosesseja ei siis kannata koskaan luoda olevan ”lukkoon” lyöty malli, vaan olemassa olevan tuotekehitysprosessin tehokkuus on aika ajoin hyvä kyseenalaistaa.

Kehittäessä tuotekehityksen toimintaa on suositeltavaa lähestyä yrityksen nykyisen tuotekehityksen tarkastelua kappaleessa 2.5 esitetyn tehokkuuden timantin avulla. Ideaalitilanteessa yrityksen tuotekehitys täyttäisi kaikki esitetyt avaintekijät mahdollisimman tehokkaasti. Tarkastelemalla kuvan 20 kaltaisesti näitä neljää eri tekijää, *strategiaa*, *tuotekehitysportfoliota ja resurssien allokointia*, *tuotekehitysprosessia*, sekä *ihmisiä* eli yrityksen kulttuuria, ympäristöä, ryhmiä ja ylemmän johdon roolia, voidaan tehokkaasti kartoittaa ja parantaa yrityksen tuotekehityksen puutteita.



Kuva 20. Esimerkkimalli yrityksen tuotekehityksen kartoittamisesta.

Tuotekehitysprosessin lopullinen tarkoitus on asiakkaan tarpeiden tyydyttäminen. Tämä yksinkertainen periaate auttaa pitämään tuotekehitysprosessin ajautumasta liian raskaaksi ja byrokraattiseksi prosessiksi. Tärkeä osa tuotekehitysprosessin menestymisessä on sen soveltaminen jokaiselle kehitysprojektille erikseen. Eri projektit vaativat eri määrän portteja ja yrityksen johdon osallistumista. On myös syytä otta huomioon yritysten väliset erilaisuudet. Samat tuotekehitysprosessit eivät sovi jokaiseen yritykseen johtuen niiden erilaisuudesta. Jopa samankaltaisissa yrityksissä samat prosessit eivät välttämättä ole yhtä toimivia johtuen eri tekijöistä kuten yrityksen kulttuurista tai johdon tavoitteista.

Tuotekehitysportfolion ja resurssien hallinnan kannalta tuotekehityksen perusperiaate on loppuviimeksi se, että rahalla saa. Tuotekehittäjät mielellään kehittävät mitä monimuotoisempia tuotteita, mutta niiden taloudellinen hyöty tai vastuu tuotoksista on portfolion ja resurssien hallinnassa. On tuotekehityksen vastuuhenkilöiden tehtävä, pienessä yrityksessä yrityksen johdon, varmistaa tuotekehityksen taloudellinen tuottavuus ja pitkäaikaiset strategiset hyödyt organisaatiolle. Tuotekehitysportfolio rakentuu vahvasti yrityksen strategisen tuotekehityssuunnitelman mukaan. Samoin kuin tuotekehitysprosessi, myös strategia ja portfolio ovat vahvasti yrityskohtaisia.

Merkittävin yksittäinen tekijä tuotekehityksen menestymisessä oli johdon tuki. Tämä yhdistettynä yrityksen tuotekehitysportfolioon on tuotekehityksen perustekijä, jonka ympärille muut tuotekehityksen tekijät rakentuvat. Tuotekehitystä voidaan verrata rulettipöytään, jossa tuotekehitykselle asetetut pelinappulat eli resurssit tuovat potentiaalisia voittoja epävarmassa ympäristössä. Myös tuotekehityksessä isojen projektien isot panokset/resurssit voivat tuoda suuria voittoja, samoin kuin pienet kehityskohteet tuovat pieniä, mutta varmempia voittoja.

Diplomityön tarkoitus oli kartoittaa tuotekehityksen edistämistä pienessä teknologiayrityksessä. Tuotekehitys itsessään on kyllä samankaltaista kaikissa yrityksessä, mutta sen toteuttaminen eroaa suuresti riippuen saatavista resursseista. Pienen yrityksen erikoisominaisuudet tuotekehityksessä olivat rajallisten resurssien ja henkilöstömäärän kohdistaminen tuotekehitykseen. Etenkin pienen henkilömäärän työyhteisöissä on valittava työskentely tuottavan perustyön ja tuotekehityksen väliltä. Mikäli yrityksillä ei ollut resursseja pitää henkilöitä kokoaikaisessa tuotekehityksessä, tuli tuotekehityksen tapahtua ainakin koko työpäivän mittaisena työskentelynä.

Pienten yritysten tuotekehityksessä korostui tuotekehityksen kohteiden keskittyvän matalan-riskin projekteihin. Rajalliset tuotekehitysresurssit on syytä kohdistaa pääasiassa olemassa olevien tuotteiden kehittämiseen ja hyödyntämiseen. Tuotekehitysprosessit olivat myös pienissä yrityksissä usein pienemmäksi skaalattuja Stage-gate prosesseja verrattuna teoriaosuudessa esitettyyn täyden Stage-gate porttien prosessiin.

Uusimmissa tuotekehitysprosesseissa on otettu mallia ohjelmistoalan tuotekehityksestä etenkin Agile-periaatteiden muodossa. Agile-Stage-gate prosessin tarkoitus on uudistaa perinteisiä Stage-gate prosesseja olemaan entistä mukautuvampia nykymarkkinoiden muuttuviin vaatimuksiin. Alustavien tutkimusten mukaan kokemukset Agile-Stage-gate tuotekehitysprosesseista ovat olleet pääsääntöisesti positiivisia. Agile-periaatteet fyysisten laitteiden tuotekehityksessä on kuitenkin melko uusi ilmiö. Tämän diplomityön pohjalta voidaan suositella lisätutkimuksia yritysten Agile-Stage-gate tuotekehitysprossien menestyksestä, sekä sen toiminnan sovittamista tehokkaaseen tuotekehitysportfolion hallintaan.

Tämän diplomityön tulokset ja johtopäätökset toimivat potentiaalisten tuotekehittäjien ohjenuorana. Loppuviimeksi tuotekehityksen edistäminen perustuu kehittäjien omaan kokemukseen ja tuotekehityksen saavutuksiin. Kaikista paras keino edistää tuotekehitystä on kuitenkin yksinkertaisesti tehdä sitä.

LÄHTEET

Annacchino, M. (2007). *The pursuit of new product development : the business development process.* Oxford, UK: Elsevier Science & Technology.

Annacchino, M. A. (2003). *New Product Development : From Initial Idea to Product Management.* Amsterdam: Butterworth-Heinemann.

Boehm, B.;& Turner, R. (2005). Management Challenges to Implementing Agile Processes in Traditional Development Organisations. *IEEE software*, Vol.22 (5), p.30-39.

Brethauer, D. (2002). *New Product Development and Delivery : Ensuring Successful Products Through Integrated Process Management.* Amacom.

Cagan, J.;& Vogel, C. (2002). *Creating Breakthrough Products: Innovation from Product Planning to Program Approval.* Upper Saddle River: Prentice-Hall, Inc.

Clark, K.;& Wheelwright, S. (1993). Managing New Product and Process Development: Text and Cases. *New York: Free Press*.

Colin, M. (2012). *Lean product development a manager's guide.* Institution of Engineering & Technology.

Cooper, R. G. (1990). Stage-gate systems: A new tool for managing new products. *Business horizons*, Vol.33 (3), p.44-54.

Cooper, R. G. (2014). What's Next?: After Stage-Gate. *Research technology management*.

Cooper, R. G. (2019). The drivers of success in new-product development. *Industrial marketing management*, Vol.76, p.36-47.

Cooper, R. G.;Edgett, S. J.;& Kleinschmidt, E. J. (2002). Optimizing the Stage-Gate Process: What Best-Practice Companies Do-I. *Research technology management*, Vol.45 (5), p.21-27.

Cooper, R.;& Kleinschmidt, E. (2007). *Winning Businesses in Product Development: The Critical Success Factors.* Research Technology Management.

Cooper, R.;& Sommer, A. (2018). Agile–Stage-Gate for Manufacturers: Changing the Way New Products Are Developed: Integrating Agile project management methods into a Stage-Gate system offers both opportunities and challenges. *Research technology management*.

Davies, A.;& Hobday, M. (2005). *The Business of Projects: Managing Innovation in Complex Products and Systems.* New York: Cambridge University Press.

Dekkers, R. (2018). *Innovation Management and New Product Development for Engineers, Volume I : Basic Concepts.* New York: Momentum Press.

Ellis, G. (2015). *Project Management in Product Development: Leadership Skills and Management Techniques to Deliver Great Products.* Elsevier Inc.

Eversheim, W. (2009). *Innovation Management for Technical Products Systematic and Integrated Product Development and Production Planning.* Aachen, Germany: Springer-Verlag.

Fitzgerald, E.;Wankerl, A.;& Schramm, C. (2011). *nside Real Innovation: How The Right Approach Can Move Ideas From R&d To Market - And Get The Economy Moving.* Singapore: World Scientific Publishing Co, Pte. Ltd.

Fuglsang, L.;& Sundbo, J. (2002). *Innovation as Strategic Reflexivity.* Taylor & Francis Group.

Gilbert, P.;Bobadilla,N.;Gastaldi,L.;Boulaire, L.;& Lelebina, O. (2018). *Innovation, Research and Development Management.* Wiley-ISTE.

Gronlund, J.;Sjodin, D. R.;& Frishammar, J. (2010). Open Innovation and the Stage-Gate Process: A Revised Model for New Product Development. *California management review*, Vol.52 (3), p.106-131.

Hage, J.;& Meeus, M. T. (2006). *Innovation, science, and institutional change.* New York: Oxford University Press inc.

Hart, S.;Hultink, E.;Tzokas, N.;& Commander, H. (2003). Industrial Companies' Evaluation Criteria in New Product. *The Journal of product innovation management*.

Hubbard, D. W. (2014). *How to Measure Anything: Finding the Value of Intangibles in Business.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Incorporated.

Kahn, K. (2004). *The PDMA Handbook of New Product Development.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Krebs, J. (2008). *Agile Portfolio Managment.* Microsoft Press.

Leithold, N.;Haase, H.;& Lautenschläger, A. (2015). Stage-Gate® for SMEs: a qualitative study in Germany. *European journal of innovation management*.

Mital, A.;Desai, A.;Subramanian, A.;& Mital, A. (2008). *Product development a structured approach to consumer product development, design, and manufacture.* Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

Morgan, J. M.;& Liker, J. K. (2019). *Designing the future : how Ford, Toyota, and other world-class organizations use lean product development to drive innovation and transform their business.* McGraw-Hill Education.

Schwaber, K.;& Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide.* Verkkolähde, Saatavilla:https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100.

Sommer, A. F.;Hedegaard, C.;Dukovska-Popovska, I.;& Steger-Jensen, K. (2015). Improved Product Development Performance through Agile/Stage-Gate Hybrids: The Next-Generation Stage-Gate Process? *Research technology management*, Vol.58 (1), p.34-45.

Sorli, M.;& Stokic, D. (2009). *Innovating in Product/Process Development Gaining Pace in New Product Development.* Springer-Verlag London Limited.

Stamm, B. (2008). *Managing Innovation, Design and Creativity.* Wiley.

Trabasso, L. G.;& Pessôa, M. (2017). *The Lean Product Design and Development Journey A Practical View.* Cham, Switzerland: Springer Nature.

Ulrich.K;& Eppinger. S. (2004). *Product design and development.* McGraw-Hill/Irwin.

Weiss, S. (2013). *Product and Systems Development : A Value Approach.* John Wiley & Sons, Incorporated.

Welin, V. (1980). *Tuotekehityksen käsikirja: ideasta valmiiseen tuotteeseen.* Rastor-julkaisut.

Wilson, G. (2005). *Six sigma and the product development cycle.* Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.