



# **Iteratiiviset menetelmät**

Jarl-Erik Malmström

Aine  
Helsingin Yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Helsinki, 17. huhtikuuta 2013

Tiedekunta — Fakultet — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Jarl-Erik Malmström			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Iteratiiviset menetelmät			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages	
Aine	17. huhtikuuta 2013	20	
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
Tiivistelmä.			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
agile, ketterä, iteraatiivinen, inkrementaalinen			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ohjelmistotuotannon ongelmat</b>	<b>4</b>
2.1	Koordinointi . . . . .	5
2.2	Muuttuvat vaatimukset . . . . .	5
2.3	Liiketoimintaympäristö ja internet . . . . .	6
2.4	Tekninen kehitys . . . . .	6
2.5	Ohjelmistotuotannon riskit . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Ohjelmistotuotantomenetelmät</b>	<b>7</b>
3.1	Vesiputousmalli . . . . .	7
3.2	Vesiputousmallin vaiheet . . . . .	8
3.3	Iteratiiviset menetelmät . . . . .	12
3.4	Ketterät kehitysmenetelmät . . . . .	14
3.5	Extreme programming . . . . .	16
3.6	Scrum . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Ohjelmistotuotantomenetelmän valinta</b>	<b>19</b>
4.1	Ennustettavuus . . . . .	19
4.2	Muuttuva liiketoimintaympäristö . . . . .	19
4.3	Organisaation koko . . . . .	19
<b>5</b>	<b>Lähteet</b>	<b>19</b>

# 1 Johdanto

Menetelmät ovat olleet ohjelmistoja tuotettaessa käytössä pitkään. Ohjelmistojen parissa työskentelevät olivat muiden alojen insinöörejä ja matemaatikkoja 1950-luvulla. Myös menetelmät olivat omaksuttu muista insinööritieteistä. Tietokoneet olivat kookkaita sekä käyttökustannukset olivat ohjelmistojen tuottavien insinöörien palkkoihin verrattuna korkeat. Koska ohjelmistojen suorittaminen tietokoneilla oli kallista, ohjelmistokehitys vaati tiukkaa suunnittelua sekä järjestelmällisiä käytäntöjä[4].

Menetelmät toivat ohjelmistokehitykseen ennakoitavuutta ja tehokkuutta. Muista insinööritieteistä vaikutteita saaneet menetelmät olivat yksityiskohdaisia prosesseja, joissa painotettiin voimakkaasti ennen toteutusta tehtävää dokumentointia, määrittelyä ja suunnittelua[6].

Vuoteen 1960 mennessä ohjelmistojen parissa toimiville ihmisille alkoi selvitä, että ohjelmistoihin liittyvät ilmiöt poikkesivat huomattavasti laitteistoihin liittyvistä ilmiöistä. Ohjelmistoja oli paljon helpompi muuttaa kuin laitteistoja eikä ohjelmistojen kopiointi vaatinut kalliita tuotantolinjoja. Ohjelmistojen helppo muokattavuus sai monet ihmiset ja organisaatiot omaksumaan ”ohjelmoi ja korjaa” (”code and fix”) menetelmän[4].

Reaktion 1960-luvun ”ohjelmoi ja korjaa” lähestymistapaan, laadittiin menetelmiä, joiden prosessit olivat tarkemmin organisoituja. Menetelmissä varsinaista ohjelmointia edelsi tarkka vaatimusmäärittely ja suunnitteluvaihe[4].

Ohjelmistojen hankintasopimukset, erityisesti Yhdysvaltain hallituksen kanssa, asettivat ohjelmistotuotannon menetelmille selkeät vaatimukset. Yhdysvaltain hallituksen ja puolustusministeriön vaatimien menetelmien, ohjelmistojen tuottamiseksi, tuli koostua puhtaasti peräkkäisistä prosesseista. Suunnittelua ei voitu aloittaa ennen kuin ohjelmiston vaatimukset oli täydellisesti kirjattu eikä ohjelmointia ennen suunnitelman tyhjentävää ja kriittistä tarkastelua. Yhdysvaltain hallituksen luomat standardit prosesseille aiheuttivat tulkinnan, että ohjelmistotuotannon menetelmän täytyy olla vaiheesta seuraavaan etenevä lineaarinen prosessi[4].

Winston Roycen ajatuksia, artikkelissa ”Managing the Development of Large Software Systems”, pidetään vesiputousmallin (waterfall) perustana - menetelmän joka vastasi valtionhallinnon sopimusten vaatimuksiin[9].

Nykyisin vesiputousmallin mukaisia menetelmiä kritisoidaan byrokraattiksi. Menetelmien toteuttaminen ja seuraaminen vaatii paljon aikaa sekä työtä, ja tästä johtuen ohjelmistokehitysprosessi hidastuu[6].

Uusia menetelmiä on kehitetty, vesiputousmallin mukaisille, paljon suunnittelua ja dokumentaatiota vaativien menetelmien tilalle. Näitä kutsutaan yleisesti ketteriksi menetelmiksi (agile methods). Nämä uudet menetelmät ovat olleet reaktiota byrokraattisille ja raskaille menetelmille. Ketterät menetelmät pyrkivät kompromissiin, ”ohjelmoi ja korjaa”-menetelmän ja raskaan menetelmän väliltä, tarjoamalla riittävän prosessin haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi[6].

Tässä kirjoitelmassa tarkastelemme ohjelmistokehityksen (software development) iteratiivisia menetelmiä. Käymme läpi erilaisten ohjelmistokehityksen menetelmien (software development methodologies) historiaa sekä menetelmien heikkouksia ja vahvuuksia.

Käymme lyhyesti läpi erilaisten menetelmien lähestymistapoja ohjelmistotuotantoon. Lisäksi tarkastelemme menetelmien erityispiirteitä sekä ohjelmistotuotantoon liittyvien erilaisten riskien tunnistamista. Tutkimme myös, miten ohjelmistotuotantoprojektien riskien tunnistaminen helpottaa projektille sopivan menetelmän valinnassa.

## 2 Ohjelmistotuotannon ongelmat

Kunnianhimoisin tietojenkäsittelyntieteen projekti 1950-luvulla oli SAGE-järjestelmä (Semi-Automated Ground Environment) Yhdysvaltojen ja Kanadan puolustusvoimille. Projekti kokosi yhteen tutka-, viestintä- ja tietokoneinsinöörejä sekä myös ensimmäisiä ohjelmistoinsinöörejä. Ohjelmiston tuotannossa käytettävä menetelmä oli vaiheesta seuraavaan etenevä lineaarinen prosessi. Vaatimukset täyttävä ohjelmisto valmistui vuoden aikataulusta myöhässä. Ohjelmistoprojektin koettiin myöhästymisestä huolimatta onnistuneen, ja suurimpana onnistumiseen vaikuttavana tekijänä nähtiin insinöörیتieteistä omaksutut käytänteet[4].

Ohjelmistot merkityksen kasvaessa ihmisten ja tietokoneiden vuorovaikutus korostui yhä enemmän. Tietokonelaitteistojen merkitys väheni. Monet ohjelmistotuotantoprojektit vaativat yhä enemmän ihmisiä tuottavaan ja luovaan työhön. Muista insinöörیتieteistä omaksutuilla menetelmillä ei voinut arvioida ohjelmistojen luotettavuutta kattavasti. Ohjelmistotuotannon kustannukset alkoivat kasvaa. Ohjelmistoprojektien aikatauluja oli vaikea ennakoita, ja henkilöstön lisääminen aikataulun nopeuttamiseksi saattoi myöhästyttää projektia entisestään[4].

Ohjelmistotuotantoon tarvittiin enemmän insinöörejä ja matemaatikkoja kuin oli saatavilla. Ohjelmistotuotantoprojekteihin palkattiin yhä enemmän myös muiden alojen asiantuntijoita, jotka omaksuivat helposti ”ohjelmoi ja korjaa”-käytännöt insinöörimenetelmien sijasta. Suuri ero perinteisten insinöörimenetelmien ja ”ohjelmoi ja korjaa” asenteen välillä loi uutta ”hakkeri kulttuuria” merkittävien yliopistojen tietojenkäsittelylaitoksille. Nämä auktoriteetteja vastustavat luovat ”sankari ohjelmoijat” tekivät usein vaikeasti muutettavaa ja ylläpidettävää ohjelmakoodia[4].

Ennen 1960-luvun loppua NATO:n tiedekomitea järjesti kaksi ohjelmistotekniikan (software engineering) suurta konferenssia, johon osallistui monia alan ammattilaisia ja johtavia tutkijoita. Nämä konferenssit loivat vahvan pohjan ohjelmistotekniikalle ja -tuotannolle, joita teollisuus ja julkishallinnon organisaatiot käyttivät perustana vaatimuksilleen ohjelmistotuotantoprojekteissa käytettävistä menetelmistä. Oli selvää, että tarvittiin organisoitua ja

kurinalaisia käytäntöjä yhä suuremmille projekteille ja tuotteille[4].

Ohjelmakoodia kirjoitettiin usein ilman taustalla olevaa suunnitelmaa. Tällainen menetelmä saattaa toimia jos tuotettava ohjelmisto on pieni, mutta järjestelmän kasvaessa uusien toiminnallisuuden lisääminen vaikeutuu. Lisäksi virheiden korjaaminen vaikeutuu järjestelmän kasvaessa[6].

## 2.1 Koordinointi

Onnistunut ohjelmistojärjestelmä vaatii erilaisten pyrkimysten koordinoitua ohjelmistokehityksen aikana. Ohjelmistojärjestelmien perustavanlaatuinen ominaisuus on niiden suuri koko. Yksilöiden tai pienten ryhmien on mahdollista luoda tai ymmärtää suuria ohjelmistoja yksityiskohtaisesti[8].

Ohjelmistolla on yleensä paljon erilaisia ohjelmakoodin polkuja (path), jotka johtavat erilaisiin tiloihin (state). Tämä tekee tietojen määrittelystä (specification) ja ohjelmiston testaamisesta vaikeaa[4].

Suuret projektit onnistuvat useimmin jos projektia koordinoi henkilö, jolla on tietoa ohjelmiston toimialalta sekä ohjelmistolalta[8].

Tällainen ideaalitilanne on usein mahdotonta suurille ohjelmistojärjestelmille, joiden koko voi olla miljoonia tai kymmeniä miljoonia ohjelmarivejä sekä projektin kesto useita vuosia[8].

Suuren kokoluokan pyrkimykset johtavat erikoistumiseen ja työn jakamiseen. Organisaatiossa tämä johtaa toisistaan riippuvien tekijöiden jakamiseen osastoihin maantieteellisesti, organisatorisesti, sekä sosiaalisesti. Tämä vähentää mahdollisuuksia ja halua oppia sekä jakaa tietoa etäisten työtovereiden kesken[8].

Ohjelmistotuotannon luontainen epävarmuus lisää koordinoitua ongelmia. Toisin kuin teollinen valmistus, ohjelmistokehitys ei ole rutiininomainen toimi. Monet ohjelmistojärjestelmät ovat yksilöllisiä projekteja, ilman olemassa olevaa prototyyppiä, tai muokattavaa ohjelmistoa[8].

## 2.2 Muuttuvat vaatimukset

Lisäksi epävarmuus lisääntyy, koska ohjelmiston toimintaan liittyvät vaatimukset muuttuvat[8].

Muutoksia ohjelmiston vaatimuksiin esiintyy, koska ympäristö mihin ohjelmisto suunniteltiin muuttuu. Liiketoiminta, käyttäjien toiveet, tietokoneympäristö, ohjelmiston syötteet ja fyysinen maailma itsessään muuttuvat[8].

Muutostarpeiden ilmaantumisen todennäköisyys on suurin ohjelmistoa käytettäessä. Tällöin käyttäjät usein ymmärtävät ohjelmiston rajoitteet ja mahdollisuudet. Kun ohjelmistoa käytetään olosuhteissa, johon sitä ei ollut alunperin kuviteltu alkuperäistä suunnitelmaa tehtäessä, niin käyttäjät todennäköisesti vaativat uusia toiminnallisuuden[8].

Ohjelmistokehitys on epävarmaa, koska vaatimukset ovat poikkeuksetta epätäydellisiä. Epätäydellisyys aiheutuu osittain rajallisista toimialan tie-

doista ja ohjelmistoprojektin tyypillisestä työn jakamisesta. Liian vähällä, projektissa työskentelevillä ihmisillä, on riittävää tuntemusta toimialasta[8].

Ohjelmistojen vaatimusten muuttuminen projektin edetessä ei ole ohjelmistotuotannossa kuitenkaan uusi ongelma. Royce vuonna 1970 ja Boehm vuonna 1988 artikkeleissaan[11][3] käsittelivät ohjelmistokehityksen muuttuvaa luonnetta.

Avaruussukkulajärjestelmän kehityksessä 70- ja 80-luvulla, aikaisempien kokemusten perusteella, NASA ja IBM osasivat odottaa muuttuvia vaatimuksia[10]. Sukkulaohjelman ohjelmistokehityksessä muun muassa seuraavat tavoitteet otettiin huomioon:

- Toteutetaan ensimmäiseksi kehittyneimmät vaatimukset
- Maksimaalisen testauksen varmistamiseksi julkaistaan ohjelmistoa mahdollisimman nopeasti[10].

Tyypillisesti analyytikko vaihtelevalla toimialan tuntemuksella haastattelee asiakkaita ja käyttäjiä. Tämän jälkeen analyytikko kirjoittaa vaatimukset ohjelmistoarkkitehdeille ja -suunnittelijoille. Tässä prosessissa merkityksellistä toimialatietoa poikkeuksetta katoaa[8].

Kaikkia käyttäjien tarpeita analyytikko ei löydä ja jotkin tarpeet jäävät kirjaamatta vaatimusmäärittelyyn. Suuri koordinoitioongelma ohjelmistokehityksessä on, että ohjelmistoarkkitehtien ja -suunnittelijoiden päätöksentekoon tarvitsema tieto ei ole saatavilla käytettävissä olevissa dokumenteissa[8].

Suuri kokoluokka ja epävarmuus olisivat vähäisempiä ongelmia, jos ohjelmisto ei vaatisi sen osajärjestelmien täsmällistä integraatiota. Ohjelmistot pääasiallisesti ovat rakennettu useista osista, jotka on kytkettävä yhteen, jotta ohjelmisto toimisi oikein[8].

## 2.3 Liiketoimintaympäristö ja internet

Liiketoimintaympäristö muuttuu nykyisin nopeassa tahdissa. Teknologian ja liiketoiminnan vaatimusten muuttuessa tehdyt vaatimusmäärittelyt ja suunnitelmat vanhentuvat nopeasti[13]. Alkuperäisen vaatimusmäärittelyn ja suunnitelman seuraaminen ei ole ohjelmistoprojektien pääasiallinen päämäärä. Sen sijaan toimitettavan ohjelmiston tarkoitus on asiakkaan, mahdollisesti vaihtuvien, tarpeiden tyydyttäminen[7].

Internet liiketoimintaympäristönä vahvistaa ohjelmistotuotannon ongelmia korostamalla nopeutta. Asiakkaat vaativat liiketoiminnalle arvoa tuottavia ominaisuuksia nopeammassa tahdissa kuin koskaan aikaisemmin[1].

## 2.4 Tekninen kehitys

Käytännön kokemus osoittaa, että aikaisempi ohjelmistotuotannon kehitys ei ole onnistunut ratkaisemaan suurien ohjelmistoprojektien koordinoitio-



gelmia. Voidaan sanoa, että aikaisemmat ehdotetut korjaustoimenpiteet ovat lähestyneet ongelmaa seuraavasti:

- Tekniset työkalut, kuten tekstimuokkain (editor) tai korkean tason kielet
- Ohjelmiston jakaminen osiin (modularization) teknisesti, esimerkiksi olio-ohjelmoinnilla (object-oriented programming). Tai hallinnollisesti vaatimusmäärittelyn, ohjelmoinnin ja testaus toimintojen eriyttämisellä.
- Teknisillä formaaleilla menettelytavoilla, esimerkiksi versionhallinta, testisuunnitelma ja vaatimusmäärittelydokumentit[8].

## 2.5 Ohjelmistotuotannon riskit

Barry Boehm artikkelissaan ”A spiral model of software development and enhancement” listaa ohjelmistotuotannon kymmenen suurinta riskiä:

1. Henkilöstö vaje.
2. Epärealistinen aikataulu ja budjetti.
3. Väärien ohjelmiston toiminnallisuuksien kehitys.
4. Vääränlaisen käyttöliittymän kehitys.
5. Ohjelmiston ominaisuuksien parantelu vaatimusten täytyttyä.
6. Jatkuvasti vaihtuvat vaatimukset.
7. Puutteet ulkoisesti toimitetuissa ohjelmiston osissa.
8. Puutteet ulkoisesti suoritetuissa tehtävissä.
9. Puutteet reaaliaikaisuuden suorituskyvyssä.
10. Tietojenkäsittelytieteen valmiuksien ylikuormitus[3].

## 3 Ohjelmistotuotantomenetelmät

### 3.1 Vesiputousmalli

Ohjelmistotuotannossa on kaksi perustavanlaatuaista vaihetta: analysointivaihe ja rakennusvaihe. Nämä kaksi vaihetta riittävät ohjelmiston toteuttamiseen jos ohjelmisto on pieni ja tuotettavan ohjelmiston käyttäjät ovat itse toteuttajia. Vaiheet pitävät sisällään aidosti luovaa työtä, joka suoraan edistää tuotettavaa ohjelmistoa[11].

Suuremman ohjelmistotuotantoprojektin täytäntöönpano vaatii lisäksi muita vaiheita, jotka eivät suoraan edistä tuotettavaa ohjelmistoa ja lisäksi kasvattavat ohjelmistotuotannon kustannuksia[11].

Ohjelmistotuotannon alkuaikoina käytetty ”ohjelmoi ja korjaa”-mallin sisältää kaksi vaihetta. Ohjelmoidaan ensin ja mietitään vaatimuksia, rakennetta sekä testausta myöhemmin. Mallilla oli useita heikkouksia. Usean korjausvaiheen jälkeen ohjelmakoodi oli niin vaikeasti rakennettu, että oli hyvin kallista muuttaa koodia. Tämä korosti tarvetta suunnitteluvaiheelle ennen ohjelmointia[3].

Usein hyvin suunniteltu ohjelmisto ei vastannut käyttäjien toiveita. Joten syntyi tarve vaatimusmäärittelylle ennen suunnitteluvaihetta[3].

Ohjelmistot olivat usein kalliita korjata, koska muutoksiin ja testaamiseen oli valmistauduttu huonosti. Tämä osoitti tarpeen eri vaiheiden tunnistamiselle, sekä tarpeen huomioida testaus ja ohjelmiston muuttuminen jo hyvin varhaisessa vaiheessa[3].

1970-luvulla vesiputousmalli vaikutti suuresti lineaarisiin ohjelmistotuotannon malleihin. Vesiputousmallin lähestymistapa auttoi poistamaan monia aiemmin ohjelmistotuotantoa vaivanneita ongelmia. Vesiputousmallista tuli perusta monille teollisuuden ja Yhdysvaltain hallituksen ohjelmistohankintojen standardeille[3].

Monet pitävät virheellisesti Roycen artikkelia lineaarisen menetelmän esikuvana. Roycen artikkelin iteratiivinen ja palautteen ohjaama ohjelmistokehitys, jossa ohjelmisto toteutetaan kahdesti, on unohtunut useista menetelmän kuvauksista[9].

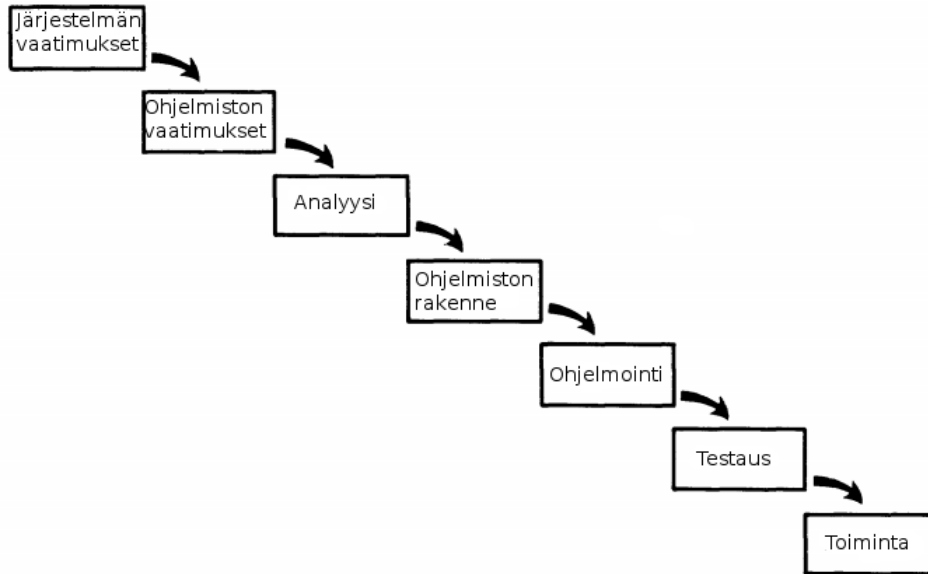
Tarkemmin Winston W. Roycen malli sisältää seuraavat vaiheet: järjestelmä- ja ohjelmistovaatimusmäärittely, analyysi, ohjelmistonrakenteen suunnittelu, ohjelmointi, testaus ja ohjelmiston käyttäminen[11].

Perättäisten ohjelmistotuotantovaiheiden välillä on iteraatiota järjestelmän rakenteen tarkentuessa yksityiskohtaisemmaksi tuotannon edetessä. Iteraatioiden tarkoituksena on suunnitelman edetessä pitää muutosvauhti käsiteltävän kokoisena[11].

### 3.2 Vesiputousmallin vaiheet

Kuvassa 1. on yleisin kuvaus lineaarisesta vesiputousmallista. Roycen kuvaama prosessi, tässä yksinkertaisessa muodossa, oli tarkoitettu vain suoraviivaisimmille projekteille. Royce oli iteratiivisten, inkrementaalisten ja kehityksellisten (evolutionary) menetelmien kannattaja. Artikkelissa ”Managing the Development of Large Software Systems”, 1960-1970 lukujen Yhdysvaltain hallituksen sopimusten vaatimat rajoitteet huomioiden, Royce kuvaa ohjelmistotuotannon iteratiivista prosessia[9].

Kuva 1: Lineaarinen ohjelmistotuotantoprosessi



### Järjestelmän ja ohjelmiston vaatimukset

Tässä vaiheessa kehitettävän järjestelmän ja ohjelmiston kaikki mahdolliset vaatimukset ja rajoitteet tuodaan esiin. Vaatimukset ovat joukko toiminnallisuksia joita loppukäyttäjä odottaa ohjelmistolta. Järjestelmän ja laitteiston asettamat rajoitteet ohjelmiston suorituskyvylle on otettava huomioon.

### Analyysi

Ennen ohjelmiston rakenteen suunnittelua vaatimukset ovat analysoitava. Vaatimukset selvitetään loppukäyttäjältä ohjelmistokehityksen alussa. Loppukäyttäjien vaatimuksien ja liiketoimintaympäristön analysointi on edellytys ohjelmiston rakenteen suunnittelulle.

### Ohjelmiston rakenne

Ohjelmiston rakenteen suunnittelussa on otettava huomioon ohjelmiston erilaisten osien yhteensopivuus, ohjelmiston arkkitehtuuri ja erilaisten luokkien rakenne ja toiminnallisuus.

### Ohjelmointi

Ohjelmoijat kirjoittavat ohjelmiston ohjelmakoodin suunnitelmien perusteella.

## Testaus

Testaajat varmistavat, että ohjelmisto toimii vaatimusten mukaan. Royce kirjoittaa, että testauksen tulisi tehdä siihen erikoistuneet henkilöt, jotka eivät välttämättä ohjelmoineet itse alkuperäistä ohjelmiston osaa. Royce painottaa dokumentin tärkeyttä, jotta testaaja voisi ymmärtää ohjelmiston toimintaa[11]. Useimmat virheet ovat luonteeltaan ilmiselviä, jotka voidaan löytää visuaalisella tarkastelulla. Jokaisen analyysin ja ohjelmakoodin tulee tarkastaa toinen henkilö, joka ei osallistunut varsinaiseen työhön. Jokainen tietokoneohjelman looginen polku on testattava ainakin kerran[11].

## Toiminta

Ohjelmiston operatiivinen käyttö.

## Lineaarisen mallin riskit

Royce huomioi lineaarisen ohjelmistotuotantoprosessin sisältämän huomattavan riskin. Vasta testivaiheessa, menetelmän loppupuolella, saattaa tulla esille ilmiöitä, joita ei ollut mahdollista tarkalleen analysoida aikaisemmassa vaiheessa. Ellei pieni muutos koodissa korjaa ohjelmistoa vastaamaan oletettua käytöstä, vaadittavat muutokset ohjelmiston rakenteeseen saattavat olla niin häiritseviä, että muutokset rikkovat ohjelmistolle asetettuja vaatimuksia. Tällöin joko vaatimuksia tai suunnitelmaa on muutettava. Tässä tapauksessa tuotantoprosessi on palannut alkuun ja kustannusten voidaan olettaa nousevan jopa 100%[11].

Ongelman korjaamiseksi vaatimusmäärittelyn jälkeen - ennen analyysia - on tehtävä alustava rakenteen suunnittelu. Näin ohjelmistosuunnittelija välttää talletamiseen tai aika- ja tilavaatimuksiin liittyvät virheet. Analyysin edetessä ohjelmistosuunnittelijan on välitettävä aika- ja tilavaatimukset sekä operatiiviset rajoitteet analyysin tekijälle[11].

Näin voidaan tunnistaa projektille varatut alimitoitettut kokonaisresurssit tai virheelliset operatiiviset vaatimukset aikaisessa vaiheessa. Vaatimukset ja alustava suunnitelma voidaan iteroida ennen lopullista suunnitelmaa, ohjelmointia ja testausvaihetta[11].

## Dokumentointi

Artikkelissaan Royce painottaa kattavan dokumentoinnin tärkeyttä: On laadittava ymmärrettävä, valaiseva ja ajantasainen dokumentti, jonka jokaisen työntekijän on sisäistettävä. Vähintään yhden työntekijällä on oltava syvälinen ymmärrys koko järjestelmästä, mikä on osaltaan saavutettavissa dokumentin laadinnalla[11].

Ohjelmistosuunnittelijoiden on kommunikoitava rajapintojen(interface) suunnittelijoiden, ja johdon kanssa. Dokumentti antaa ymmärrettävän pe-

rustan rajapintojen suunnitteluun ja hallinnollisiin ratkaisuihin. Kirjallinen kuvaus pakottaa ohjelmistosuunnittelijan yksiselitteiseen ratkaisuun ja tarjoaa konkreettisen todistuksen työn valmistumisesta[11].

Hyvän dokumentoinnin todellinen arvo ilmenee tuotannossa myöhemmin testausvaiheessa, ohjelmistoa käytettäessä sekä uudelleen suunniteltaessa. Hyvän dokumentin avulla esimies voi keskittää henkilöstön ohjelmistossa ilmenneisiin virheisiin. Ilman hyvää dokumenttia, ainoastaan ohjelmistovirheen alkuperäinen tekijä kykenee analysoimaan kyseessä olevan virheen[11].

Dokumentti helpottaa ohjelmiston käyttöönottoa operatiivinen henkilöstön kanssa. Käyttöönotossa ilmenneiden mahdollisten ohjelmistovirheiden korjaamisessa selkeä dokumentti on välttämätön[11].

## Prototyyppi

Dokumentoinnin jälkeen toinen ohjelmistoprojektin onnistumiseen vaikuttava tärkein tekijä on ohjelmiston alkuperäisyys. Jos kyseessä olevaa ohjelmistoa kehitetään ensimmäistä kertaa, on asiakkaalle toimitettava käyttöönotettava versio oltava toinen versio, mikäli kriittiset rakenteelliset ja operatiiviset vaatimukset on huomioitu[11].

Lyhyessä ajassa suhteessa varsinaiseen aikatauluun suunnitellaan ja rakennetaan prototyyppiversio ennen varsinaista rakennettavaa ohjelmistoa. Jos suunniteltu aikataulu on 30 kuukautta, niin pilottiversion aikataulu on esimerkiksi 10 kuukautta. Ensimmäinen versio tarjoaa aikaisen vaiheen simulaation varsinaisesta tuotteesta[11].

Testaus on projektin resursseja vaativin vaihe. Testausvaiheessa vallitsee suurin riski taloudellisesti ja ajallisesti. Loppuvaiheessa aikataulua on vähän varasuunnitelmia tai vaihtoehtoja. Alustava suunnitelma ennen analysointia ja ohjelmointia sekä prototyypin valmistaminen ovat ratkaisuja ongelmien löytämiseen ja ratkaisemiseen ennen varsinaiseen testivaiheeseen siirtymistä[11].

Jostain syystä ohjelmiston suunnitelmaan ja aiottuun toimintaan sovelletaan laajaa tulkintaa, jopa aikasemman yhteisymmärryksen jälkeen. On tärkeää sitouttaa asiakas formaalilla tavalla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektia, näin asiakkaan näkemys, harkinta ja sitoumus vahvistaa kehitystyötä[11].

Lineaaristen ohjelmistotuotantomenetelmien ongelmana oli, että tuotteiden ohjelmistojen käyttäjät eivät kyenneet tyhjentävästi kertomaan mitä toiminnallisuuksia he ohjelmistolta halusivat. Asiakas saattaa muuttaa mieltä. Tai hän osaa usein sanoa, nähdessään valmiin tuotteen, mitä olisi ohjelmistolta halunnut[2]. Ongelmana ohjelmistotuotannossa on, että muutosten kustannukset kasvavat ohjelmiston elinkaaren aikana. Mitä pidemmälle projekti etenee sitä kalliimpaa muutosten tekeminen on[7].

### 3.3 Iteratiiviset menetelmät

Vaikka monet pitävät iteratiivisia ohjelmistotuotantomenetelmiä nykyaikaisina menetelminä, on niitä sovellettu ohjelmistokehityksessä 1950-luvulta lähtien[9].

NASA:n käytti iteratiivista ja inkrementaalista (IID) ohjelmistotuotantometelmää Mercury-projektissa 1960-luvulla. Mercury-projekti toteutettiin puolen päivän iteraatioissa. Kehitystiimi sovelsi Extreme programming (yksi nykyisistä ketteristä menetelmistä) käytänteitä tekemällä testit ennen jokaista inkrementaatiota[9].

IBM:n FSD-yksikkö (Federal System Division) käytti 1970-luvulla laajasti ja onnistuneesti iteratiivisia ja inkrementaalisia menetelmiä kriittisissä Yhdysvaltain puolustusministeriön avaruus- ja ilmailujärjestelmien kehityksessä[9].

Vuonna 1972 miljoonan koodirivin Trident-sukellusveneen komento- ja ohjausjärjestelmän kehityksessä FSD-osasto organisoi projektin neljään noin kuuden kuukauden iteraatioon. Projektissa oli merkittävä suunnittelu- ja määrittelyvaihe sekä iteraatiot olivat nykyisen ketterän kehityksen (agile methods) suosituksia pidempiä. Vaatimusmäärittely kuitenkin kehittyi palautteen ohjaamana. Iteratiivisella ja inkrementaalisella lähestymistavalla hallittiin monimutkaisuutta sekä riskejä suuren mittakaavan ohjelmistoprojektissa. Toimittajaa uhkasi myöhästymisestä 100 000\$ uhkasakko per päivä[9].

IBM:n FSD osasto kehitti Yhdysvaltain laivastolle suuren mittaluokan asejärjestelmän iteratiivisella ja inkrementaalisella menetelmällä. Neljän vuoden, 200 henkilötyövuoden ja miljoonien ohjelmarivien projekti toteutettiin 45:ssä, yhden kuukauden mittaisissa, aikarajoitetuissa (time-box) iteraatioissa. Tämä oli ensimmäisiä ohjelmistoprojekteja, joka käytti nykyisten ketterien menetelmien suosittamia iteraatiojakson pituutta[9].

Yksi aikainen ja huomiota herättävä esimerkki iteratiivisen ja inkrementaalisen (IDD) ohjelmistotuotannon menetelmien käytöstä oli NASA:n avaruussukkulan ohjelmistojärjestelmä, minkä FSD-osasto rakensi vuosina 1977-1980. Osasto sovelsi IID:tä 17 iteraatioissa 31 kuukauden aikana, keskimäärin kahdeksan viikon iteraatioissa. Heidän motivaationaan välttää vesiputousmallia oli avaruussukkulaohjelmiston vaihtuvat vaatimukset ohjelmistokehityksen aikana[9].

### Spiraalimalli

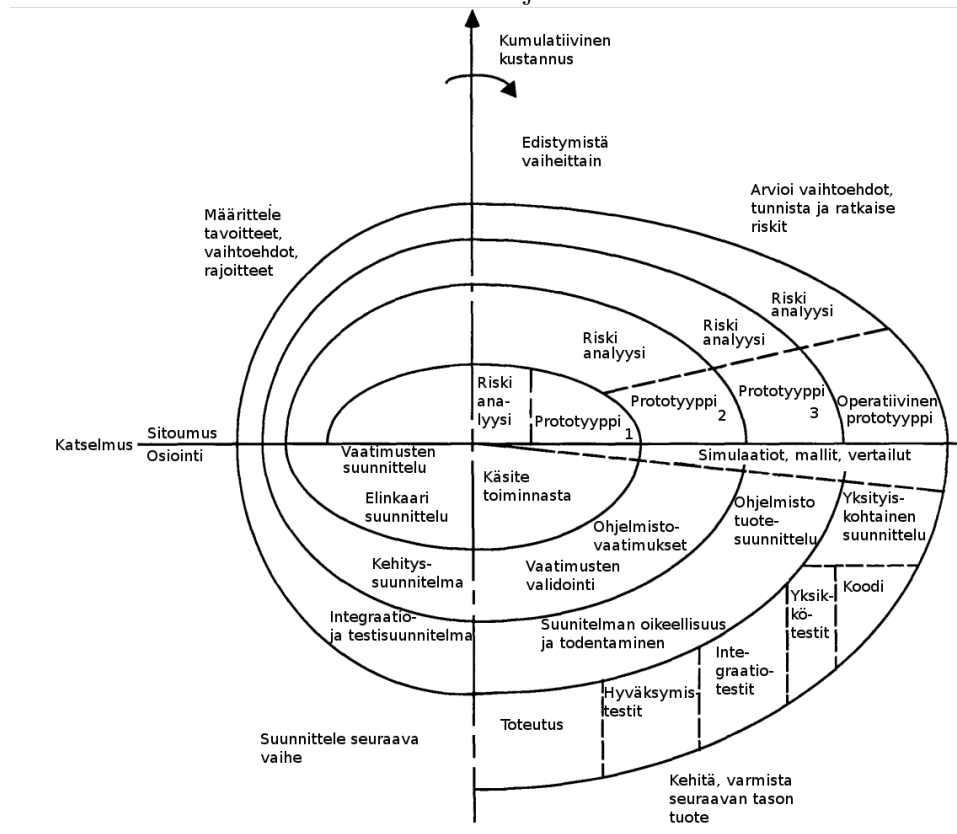
Barry Boehm esittelee artikkelissaan ”A Spiral Model of Software Development and Enhancement” spiraalimallin (spiral model). Mallin tarkoitus oli edistää ohjelmistotuotantoprosessia lähestymällä ohjelmistoa riskiperustaisesti. Tämä mahdollistaa mallin mukautumaan, kohdattavien riskien mukaan, sopivasti yhdistelemällä määrittelyä(specification), prototyyppien valmistus-

ta, simulointia tai muita lähestymistapoja ohjelmiston suunnitteluun[3].

Spiraalimallissa jokainen vaihe aloitetaan tunnistamalla:

- laadittavien ohjelmisto-osien suorituskykyyn, toiminnallisuuteen sekä sopeutumiskykyyn liittyvät tavoitteet
- vaihtoehtoiset toteutustavat (ohjelmiston osto, ohjelmiston uudelleenkäyttö, vaihtoehtoiset ohjelmat)
- ohjelmiston eri vaihtoehdoille asettamien rajoitteet (rajapinnat, aika-  
taulu, kustannukset)[3].

Kuva 2: Iteratiivinen ohjelmiston elinkaari



Kuvassa 2. Barry Boehmin kuvaama spiraalimalli on kehitetty vesiputouksmallista saatujen useiden vuosien kokemusten perusteella. Malli kuvastaa taustalla olevaa käsitettä, että jokainen vaihe sisältää saman sarjan toimenpiteitä[3].

Seuraava askel on arvioida vaihtoehtoja suhteessa ohjelmiston tavoitteisiin ja rajoitteisiin. Usein tämä prosessi tunnistaa epävarmoja alueita, jotka ovat merkittäviä riskin lähteitä. Riskien löytyessä, seuraava askel pitää

sisällään kustannustehokkaan strategian muotoilun riskien ratkaisemiseksi. Tähän voi liittyä prototyyppien valmistamista, simulointia, vertailuanalyysia, kyselylomakkeita, analyttistä mallinnusta, tai näiden yhdistelmiä sekä muita riskien ratkaisumenetelmiä[3].

Jos suorituskykyyn tai käyttöliittymään liittyvät riskit voimakkaasti hahlitsevat ohjelman kehittämistä, seuraavassa vaiheessa kehityksellisesti (evolutionary), mahdollisimman vaivattomasti, määritellään ohjelmiston yleistä luonnetta, suunnitellaan seuraavan tason prototyyppia ja kehitetään yksityiskohtaisempaa prototyyppia riskien ratkaisemiseksi[3].

Riskinhallinta huomioiden voidaan määritellä kiinnitettävä aika ja työmäärä toiminnan suunnitteluun (planning), asetuksien hallintaan (configuration management), laadun varmistukseen (quality assurance), muodolliseen todentamiseen (formal verification) ja testaukseen[3].

Spiraalimallin tärkeä ominaisuus on, että jokainen iteraatio päätetään katselmukseen tuotteeseen liittyvän henkilöstön tai organisaation kanssa[3].

### 3.4 Ketterät kehitysmenetelmät

Ketterät menetelmät (agile methods) ovat saavuttaneet suosiota ohjelmistotuotannossa. Usein iteraatiivisia, inkrementaalisia sekä kehityksellisiä (evolutionary) menetelmiä pidetään modernina ohjelmistokehityksenä, mikä on korvannut vesiputousmallin. Mutta näitä menetelmiä on käytetty vuosikymmeniä[9].

Monet ohjelmistotuotantoprojektit (esimerkiksi NASA:n Mercury- ja avaruussukkula-projektit) 1970- ja 1980-luvulla käyttivät iteraatiivisia ja inkrementaalisia menetelmiä. Menetelmillä oli eroavaisuuksia iteraatioiden pituuksissa ja aikarajoitteiden käytössä (time-box). Joillakin oli merkittävä suunnittelu- ja vaatimusmäärittelyvaihe (big design up front), jota seurasi inkrementaalinen aikarajoitettu (time-box) kehitysvaihe. Toisilla oli enemmän kehityksellisempi ja palautteen ohjaama lähestymistapa[9].

Eroavaisuuksista huolimatta, kaikilla lähestymistavoilla oli yhteistä välttää, lineaarisesta yksi vaihe kerrallaan etenevää, dokumenttiperustaista menetelmää[9].

Lineaarisesti vaiheesta toiseen etenevän ohjelmistotuotantometelmä ei sovi erityisesti interaktiivisiin loppukäyttäjien sovelluksiin. Suunnitelmaperustaiset standardit pakottavat dokumentoimaan yksityiskohtaisesti heikosti ymmärretyt käyttöliittymien vaatimukset[3].

Tästä seurasi käyttökelvottoman ohjelmakoodin suunnittelua ja toteutusta. Lineaarisen ohjelmistotuotantomenetelmän vaiheet olivat tällaisille projekteille selvästi väärässä järjestyksessä. Erityisesti joillekin ohjelmistoille ei ole tarvetta yksityiskohtaiselle dokumentaatiolle ennen toteutusta[3].



## Erilaisia ketteriä menetelmiä

Seurauksena muuttuvista vaatimuksista useat ohjelmistoalan ihmiset ja organisaatiot kehittivät menetelmiä ja käytäntöjä, joille muutokset ovat hyväksyttyjä. Nämä uudet menetelmät toivottavat muutokset tervetulleiksi, ja ohjelmisto kehittyy uusiin vaatimuksiin ja muutoksiin mukautuen[13]. Perinteinen lähestymistapa perustui oletukselle, että aikaisella ja täydellisellä vaatimusmäärittelyllä voidaan pienentää kustannuksia vähentämällä muutoksia. Nykyään muutosten kieltäminen merkitsee reagoimattomuutta liiketoimintaympäristön kehitykselle[7].

Menetelmiä kehitettiin useita ja eri maissa:

- Taipuisa järjestelmän kehitysmenetelmä (Dynamic Systems Development) Euroopassa
- toiminnallisuus perustainen kehitysmenetelmä (Feature-Driven Development) Australiassa
- ja XP (Extreme Programming)[2], Crystal[5], mukautuva ohjelmistokehitys (Adaptive Software Development) ja Scrum[12] Yhdysvalloissa[13].

Helmikuussa 2001 17 menetelmien kehittäjää tapasi keskustellakseen kevyistä menetelmistä ja kokemuksistaan yhtäläisyyksistä. Huomatessaan, että heidän käytänteillään oli paljon yhteistä, ja että heidän prosessinsa tarjosivat keinoja saavuttaa merkityksellinen päämäärä: asiakkaan tyytyväisyys ja korkea laatu[13].

Osallistujat määrittelivät käytännöt ketteriksi menetelmiksi. Osallistujat kirjoittivat ”Manifesto for Agile Software Development”-julistuksen, mikä kuvaa ketterän kehityksen perusarvoja:

- Yksilöt ja vuorovaikutus ennen prosesseja ja työkaluja
- Toimiva ohjelmisto ennen kattavaa dokumentaatiota
- Asiakasyhteistyö ennen sopimusneuvotteluja
- Muutoksiin vastaaminen ennen suunnitelman seuraamista[13].

Ohjelmistotuotannon parissa työskentelevät huomasivat, että ohjelmistoinfinööri-tieteet erosivat huomattavasti muista insinööri-tieteistä. Autojen kokoaminen on määriteltävä prosessi. Insinöörit voivat suunnitella prosessin, määritellä kokoonpanojärjestyksen sekä työntekijöiden, koneiden tai robottien toimenpiteet[13]. Ohjelmistotuotantoprojektit ovat luonteeltaan empiirisiä prosesseja, joiden lopputuloksena syntyy uusia tuotteita. Projektin aikana on oleellista oppia prosessin edetessä ja mukautua, eikä määritellä kaikkea alussa kattavasti. Empiirinen prosessi vaatii ”tarkkaile ja mukaudu”-tyyppisen lähestymistavan. Lyhyet iteraatiot auttavat ketteriä menetelmiä mukautumaan ja muuttamaan ohjelmistoteollisuuden ennustamattomien vaatimuksien mukaan[13].

### 3.5 Extreme programming

XP (Extreme Programming) vähentää ohjelmiston vaatimusten muuttumisen kustannuksia tekemällä koko kehityskaaren aikaisia toimintoja jatkuvasti ohjelmistokehityksen aikana. Perinteisen ohjelmistotuotantoprosessin sijaan suunnitellaan, analysoidaan ja muotoillaan rakennetta vähän kerrallaan[2].

Asiakas valitsee seuraavan iteraation eniten arvoa tuottavan tarinan (story). Ohjelmoijat jakavat tarinan pieniksi tehtäviksi (task). Ohjelmoijat muuttavat tehtävät joukoksi testejä, jotka osoittavat tehtävän valmistuneen. Parin kanssa työskentelemällä ohjelmoija ajaa testejä ja kehittää samalla mahdollisimman yksinkertaista suunnitelmaa tehtävän ratkaisemiseksi[2].

#### Julkaisu

Asiakas valitsee mahdollisimman pienen määrän toiminnallisuuksia, jotka tuottavat eniten arvoa ohjelmistolle ja toimivat julkaistavana ohjelmistona. Määrätyt toiminnallisuudet toteutetaan ensin ja ohjelmisto julkaistaan. Asiakkaan on priorisoitava tärkeimmät toiminnallisuudet, jotka hän haluaa ohjelmistoon toteutettavan ensimmäisenä[2].

Suunnitteluprosessin aikana tiimi määrittää toiminnallisuuksille hinnan - aika-arvion. Arvio saadaan jakamalla tiimin tekemät toiminnallisuudet toteutukseen vaaditulla aikayksiköllä. Julkaisun budjetti lasketaan toivottujen toiminnallisuuksien aika-arvioiden perusteella. Asiakas voi valita halutut toiminnallisuudet ja pyytää tiimiä laskemaan julkaisupäivän. Tai asiakas voi valita julkaisupäivän ja valita tarinoita julkaisuun kunnes budjetti täyttyy.[2].

#### Iteraatio

Jokaisen iteraation tarkoituksena on lisätä ohjelmistoon uusia toiminnallisuuksia, jotka ovat testattuja ja valmiita. Prosessi alussa asiakas ja ohjelmoijat suunnittelevat joukon tarinoita, jotka toteutetaan ohjelmistoon. Iteraatiota suunniteltaessa asiakas valitsee eniten arvoa tuottavat toiminnallisuudet. Tiimi pilkkoo toiminnallisuudet pienemmiksi tehtäviksi. Tehtävät ovat toiminnallisuuden osia, jotka yksi ohjelmoija voi toteuttaa muutamassa päivässä. Asiakas laatii hyväksymistestit tarinalle (functional test) ja tiimi toteuttaa vaaditun toiminnallisuuden. Iteraation lopussa testit ajetaan hyväksytysti ja prosessi on valmis seuraavaan iteraatioon[2].

#### Tarina

Ohjelmistoa suunniteltaessa on päätettävä mitä ohjelman voi tehdä ja mitä sen on tehtävä ensin. Analyysin perusteella muodostetaan tarina (story) - käyttötapaus - joka voidaan kirjoittaa pienelle kortille. Jokainen tarina on oltava arvoa tuottava toiminnallisuus, joka on testattavissa ja arvioitavissa[2].

## Testit

XP:ssä testausta painotetaan paljon. Kaikki ohjelmoijat testaavat tehdessään tuotantokoodia. Ohjelmoijat liittävät uudet testitapaukset ja tuotetut toiminnallisuudet ohjelmistoon. Tämä varmistaa jatkuvan integraation ja vaakaan rakennusprosessin[6].

Ohjelmoijat kirjoittavat testin toiminnallisuudelle ennen tuotantokoodia. Testit ovat jatkuvasti osana ohjelmistoa. Iteraation alussa asiakas päättää miten vakuuttaa, että uusi tarina on lisätty onnistuneesti ohjelmistoon. Hänen päätökset, uuden toiminnallisuuden toimivuudesta, muutetaan koko järjestelmän laajuisiksi testeiksi. Testit takaavat ohjelmoijille ja sidosryhmille, että ohjelmisto toimii ja täyttää odotetut vaatimukset. Testit ovat ajettavissa koko ohjelmiston kehityskaaren ajan, mikä takaa ohjelmiston toimivuuden, kun lisätään uusia toiminnallisuuksia tai ohjelmakoodia refaktoroidaan[2].

## 3.6 Scrum

Scrum lähestyy ohjelmistotuotantoprojektin monimutkaisuutta joukolla yksinkertaisia käytänteitä ja sääntöjä. Scrum on tarkasteleva, mukautuva ja empiirinen prosessi. Scrum perustaa kaiken käytännön iteratiiviselle ja inkrementaaliseen prosessille. Jokaisen iteraation tulos on ohjelmistotuotteen inkrementaalinen edistyminen. Iteraatioita vie eteenpäin lista vaatimuksista[12].

Iteraation alussa tiimi selvittää mitä sen on tehtävä. Tiimi harkitsee saatavilla olevia teknologioita, arvio omia taitojaan ja kykyjään. Tiimi yhdessä päättää miten uusi toiminnallisuus toteutetaan, mukautuen vaikeuksiin ja yllätyksiin. Tiimi työskentelee rauhassa parhaan kykynsä mukaan lopun iteraation ajan. Iteraation lopussa tiimi esittelee toiminnallisuuden sidosryhmille, jotka tarkastelevat toiminnallisuutta ja tarvittavat muutokset voidaan tehdä riittävän ajoissa[12].

### Scrum roolit

Scrum määrittää kolme eri roolia: tuoteomistaja (Product owner), kehittäjätiimi (Team) ja scrummaster (Scrum master). Kaikki projektin hallinnolliset vastuut on jaettu näiden roolien kesken. Tuoteomistajan vastuu on esitellä sidosryhmän, projektin lopulliselle tuotteelle asetettavat, vaatimukset. Tuoteomistaja laatii alustavan vaatimusmäärittelyn, sijoitettavalle pääomalle asetettavat tavoitteet (ROI) ja julkaisu suunnitelmat (release plans). Tuoteomistaja vastaa, että vaatimuslistan (Product backlog) eniten arvoa tuottavat toiminnallisuudet toteutetaan ensin. Tuoteomistaja priorisoi vaatimuslistan toiminnallisuuksia. Näin seuraavassa iteraatiossa lisätään eniten arvoa tuottavat toiminnallisuudet ensin[12].

Tiimin vastuulla on toiminnallisuuksien kehittäminen. Tiimi on monipuolisesti eri alojen asiantuntemuksen omaamista ihmisistä koostuva ryhmä ja se on itse-organisoituva. Heidän tehtävä on vaatimuslistan toiminnallisuuksien

lisääminen inkrementaalisesti iteraation aikana. Tiimi on yhdessä vastuussa jokaisen iteraation onnistumisesta. Scrummaster on vastuussa itse Scrum prosessista. Hänen tehtävänä on esitellä Scrumin periaatteet jokaiselle projektiin osallistuvalla, sekä toteuttaa Scrumia niin, että se sopii organisaation kulttuuriin ja toteuttaa odotetut hyödyt. Scrummaster valvoo, että jokainen toteuttaa ja seuraa Scrumin periaatteita[12].

## **Tuotteen kehitysjono**

Tuoteomistajalla on olemassa tuotettavasta ohjelmistosta näkemys. Tuoteomistajan visio konkretisoituu listana vaatimuksista tuotteen kehitysjonona (product backlog). tuotteen kehitysjono on priorisoitu: toiminnallisuudet jotka tuottavat arvoa ovat ylimpänä listassa. Tuotteen kehitysjono on projektin lähtökohta ja sen sisältö, prioriteetit ja ryhmittely julkaisuihin yleensä muuttuu projektin käynnistyttyä. Muutokset tuotteen kehitysjonossa heijastavat muuttuvaa liiketoimintaympäristöä ja tiimin nopeutta toteuttaa toiminnallisuuksia[12].

## **Sprintti**

Kaikki työ tehdään 30 päivän iteraatioissa (Sprint). Jokainen sprintti alkaa iteraation suunnittelupalaverilla (Sprint planning meeting), jossa tuoteomistaja ja tiimi yhteistyössä päättävät mitä toteutetaan. Valitsemalla tuotteen kehitysjonosta korkeimman prioriteetin toiminnallisuudet tuoteomistaja kertoo mitä hän toivoo ja tiimi selvittää miten paljon toivomuksista he voivat muuttaa toiminnallisuuksiksi seuraavassa sprintissä[12].

Joka päivä tiimi kokoontuu 15 minuutin tapaamiseen - päiväpalaveriin (Daily Scrum). Jokainen tiimin jäsen vastaa kolmeen kysymykseen: Mitä olen tehnyt viimeisen tapaamisen jälkeen? Mitä ajattelin tehdä seuraavaksi? Mikä estää minua saavuttamasta tavoitteitani? Tapaamisen tarkoituksena on synkronoida tiimin työ päivittäin ja sopia taapamisista, joita tiimi tarvitsee edetäkseen työssään[12].

Iteraation lopussa pidetään sprinttikatselmus (Sprint review meeting), jossa tiimi esittelee tuoteomistajalle ja muille sidosryhmille, jotka haluavat osallistua, mitä tiimi on kehittänyt iteraation aikana. Tapaamisen tarkoituksena on tuoda ihmiset yhteen, esitellä ohjelmiston toiminnallisuudet ja auttaa osallistujia yhdessä päättämään, mitä tiimin tulisi seuraavaksi tehdä[12].

Sprinttikatselmuksen jälkeen ja ennen seuraavan sprintin suunnittelupalaveria, scrummaster ja tiimi pitää sprintin retrospektiivin (Sprint retrospective meeting). Scrummaster rohkaisee tiimiä kertaamaan kehitysprosessiaan, tehdäkseen siitä tehokkaampaa ja nautittavampaa seuraavaan iteraatioon[12].

Yhdessä sprintin suunnittelupalaveri, päiväpalaveri, sprinttikatselmus ja sprintin retrospektiivi muodostavat scrumista empiirisen, tarkastelevan ja sopeutuvan projektinhallintakehyksen[12].

## 4 Ohjelmistotuotantomenetelmän valinta

\*\*\*\*\* Mihin Barry Boehmin listaamiin ohjelmistotuotannon ongelmiin ketterät menetelmät vastaavat? \*\*\*\*\*

2. Epärealistinen aikataulu ja budjetti. 3. Väärien ohjelmiston toiminnallisuuden kehitys. 4. Vääränlaisen käyttöliittymän kehitys. 5. Ohjelmiston ominaisuuksien parantelu vaatimusten täytyttyä. 6. Jatkuvasti vaihtuvat vaatimukset.

### 4.1 Ennustettavuus

### 4.2 Muuttuva liiketoimintaympäristö

### 4.3 Organisaation koko

## 5 Lähteet

- [1] Baskerville, R., B. Ramesh, L. Levine, J. Pries-Heje ja S. Slaughter: *Is "Internet-speed" software development different?* Software, IEEE, 20(6):70 – 77, nov.-dec. 2003, ISSN 0740-7459.
- [2] Beck, K.: *Embracing change with extreme programming.* Computer, 32(10):70–77, oct 1999, ISSN 0018-9162.
- [3] Boehm, B. W.: *A spiral model of software development and enhancement.* Computer, 21:61–72, may 1988, ISSN 0018-9162.
- [4] Boehm, Barry: *A view of 20th and 21st century software engineering.* Teoksessa *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering, ICSE '06*, sivut 12–29, New York, NY, USA, 2006. ACM, ISBN 1-59593-375-1. <http://doi.acm.org/10.1145/1134285.1134288>.
- [5] Cockburn, Alistair: *Crystal clear: a human-powered methodology for small teams.* Addison-Wesley Professional, 2005.
- [6] Fowler, Martin: *The new methodology.* Wuhan University Journal of Natural Sciences, 6:12–24, 2001. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03160222>.
- [7] Highsmith, J. ja A. Cockburn: *Agile software development: the business of innovation.* Computer, 34(9):120 –127, sep 2001, ISSN 0018-9162.
- [8] Kraut, Robert E. ja Lynn A. Streeter: *Coordination in software development.* Commun. ACM, 38:69–81, mar 1995, ISSN 0001-0782. <http://doi.acm.org/10.1145/203330.203345>.

- [9] Larman, C. ja V.R. Basili: *Iterative and incremental developments. a brief history*. Computer, 36(6):47–56, june 2003, ISSN 0018-9162.
- [10] Madden, William A ja Kyle Y Rone: *Design, development, integration: space shuttle primary flight software system*. Communications of the ACM, 27:914–925, 1984.
- [11] Royce, Winston W: *Managing the development of large software systems*. Teoksessa *proceedings of IEEE WESCON*, nide 26. Los Angeles, 1970.
- [12] Schwaber, Ken: *Agile project management with Scrum*. Microsoft Press, 2009.
- [13] Williams, L. ja A. Cockburn: *Agile software development: it's about feedback and change*. Computer, 36(6):39–43, june 2003, ISSN 0018-9162.