

Ryhmätyö ohjelmistokehityksessä

Kenny Heinonen

Kandidaatintutkielma
HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Helsinki, 4. toukokuuta 2013

Tiedekunta — Fakultet — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Kenny Heinonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Ryhmätyö ohjelmistokehityksessä			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	
Kandidaatintutkielma		4. toukokuuta 2013	
		Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages	
		24	
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
<p>Ohjelmistojen kehitys on monimutkainen prosessi, joka vaatii erilaisia ohjelmistotuotantoon liittyviä teknisiä taitoja. Yksittäisen henkilön on hankala tuottaa ohjelmisto siten, että hänellä on hyvät taidot jokaiselta ohjelmistotuotannon osa-alueelta. Lisäksi kehitysaika pitenee. Ohjelmistotalalla, kuten monilla muilla aloilla, on tavanomaista tehdä projektit ryhmätyönä. Kehitysaika lyhenee ja yksittäisen ryhmän jäsenen ei tarvitse hallita kaikkea kehitystyöhön liittyen.</p> <p>Ryhmässä työskentely vaatii järjestäytynyttä toimintaa ja ryhmän jäsenten keskinäistä yhteistyötä sekä kommunikointia. Järjestäytynyt toiminta aikaansaadaan esimerkiksi ohjelmistotuotantoon liittyvillä ketterillä menetelmillä, Scrumilla ja XP:llä, joilla on omat ohjeistuksensa siitä kuinka kehitystyötä tehdään yleisesti ottaen sekä ryhmänä.</p> <p>Ryhmän jäsenten keskinäinen kommunikointi sekä yhteistyö riippuu ryhmän jäsenistä itsestään. Ihmisten käytös ja luonne vaikuttaa siihen kuinka he suhtautuvat toisiinsa. Ohjelmistotalalla on hyviä kehittäjiä, jotka luonteenpiirteidensä ansiosta ovat mieluisia työkumppaneita. Vastaavasti on huonoja kehittäjiä, jotka ovat luonteiltaan epämieluisia työkumppaneita.</p> <p>Ihmisen persoonallisuudella on myös vaikutusta ohjelmistotuotannossa. Perinteinen ohjelmistotuotanto voidaan jakaa vaatimusmäärittelyyn, suunnitteluun, toteutukseen, testaukseen ja ylläpitoon. Tietyt luonteenpiirteet ovat hyödyksi eri kehitysvaiheissa, esimerkiksi ekstroverttius on eduksi vaatimusmäärittelyssä, kun asiakkaan kanssa keskustellaan ohjelmiston vaatimuksista.</p> <p>Ryhmätyöskentely vaatii yksilöltä tiettyjä taitoja, jotta hän voi olla tehokas ryhmän jäsen. Kommunikointi on yksi tärkeimmistä taidoista, joita ryhmätyöskentelyssä vaaditaan. Tietojenkäsittelytieteessä ryhmätyön merkitys ollaan huomattu ja opetusohjelmiin on lisätty ryhmätöitä, mutta opetusohjelmissä harvemmin opetetaan varsinaisia ryhmätyötaitoja. Opetuskäyttöä varten on olemassa erilaisia menetelmiä ja harjoituksia, joilla opiskelijoita voidaan rohkaista ryhmätyöhön sekä kehittää heidän ryhmätyöskentelytaitojaan. Näitä menetelmiä ja harjoituksia tulisi lisätä opetusohjelmiin tietojenkäsittelytieteen opiskelijoiden ryhmätyötaitojen takaamiseksi.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
ryhmätyöskentely, ohjelmistotuotanto, persoonallisuus, myers—briggsin tyyppi-indikaattori, scrum, xp			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			

Sisältö

1 Johdanto	1
2 Ketterät menetelmät ja ryhmätyöskentely	1
2.1 Extreme Programming	2
2.2 Scrum	6
3 Persoonallisuuden vaikutus	8
3.1 Myers–Briggsin tyyppi-indikaattori	9
3.2 Ohjelmistokehittäjän piirteet	10
3.3 Persoonallisuustyypit eri kehityksen vaiheissa	12
4 Ryhmätyötaitojen parantaminen	15
4.1 Ryhmätyöskentelyyn rohkaiseminen	15
4.2 Ryhmätyöskentelyn harjoittelu	17
5 Yhteenveto	20
Lähteet	22

1 Johdanto

Ohjelmistojen kehityksessä ryhmätyöskentely on tärkeää, koska projektien kasvava kompleksisuus ja laajuus tekee niiden toteuttamisen yksilölle vaikeaksi [17]. Ohjelmistotalalla tarvitaan monenlaisia teknisiä taitoja, jotta projekteissa saadaan toteutettua kaikki ohjelmistokehityksen vaiheet. Nämä vaiheet voidaan jakaa karkeasti vaatimusmäärittelyyn, suunnitteluun, toteutukseen, testaukseen ja ylläpitoon [10]¹. Sen lisäksi, että eri vaiheet vaativat erilaisia taitoja, jokainen yksittäinen vaihe kysyy laajaa osaamista. Tämän seurauksena kootaan usein joukko osaavia ihmisiä toteuttamaan yhteistyössä kaikki kehityksen vaiheet. On hyvin tavanomaista, että ohjelmistoprojektit toteutetaan ryhmätyönä.

Ryhmätyö vaatii teknisten taitojen lisäksi yhteistyö- ja kommunikointitaitoja, koska ne vaikuttavat ryhmän suorituskyykyyn [16]. Ryhmätyön merkitys on tunnettu jo kauan ja sitä painotetaan yhä enemmän tietojenkäsittelytieteen opetuksessa [12, 17, 19, 21]. Useat prosessimallit jopa sanelevat, miten ryhmätyöskentely tapahtuu, jotta kehitys sujuisi luontevammin ja tuotteliaammin. Kehittäjien välinen yhteistyö riippuu yksilöistä ja siitä, miten heidän persoonallisuudet ja luonteenpiirteet sopivat ryhmätyöskentelyyn [6, 16].

Tämän artikkelin tarkoituksena on tarkastella ryhmätyöskentelyä ohjelmistotalalla, yksilön vaikutusta ryhmätyöhön sekä tapoja kehittää ryhmätyötaitoja. Luvussa 2 tutkitaan kahta ohjelmistotuotantoon tarkoitettua prosessimallia, jotka ovat Extreme Programming ja Scrum. Malleista kuvataan, miten ne ohjeistavat projektin kehitystä ja kuinka ryhmätyö niissä painottuu. Luvussa 3 tutkitaan yksilön persoonallisuuden vaikutusta ohjelmistokehitykseen. Alussa kerrotaan, mikä on Myers–Briggsin tyyppi-indikaattori ja kuvaillaan ohjelmistokehittäjän eri piirteitä, jotka vaikuttavat sekä positiivisesti että negatiivisesti ryhmän työskentelyyn. Tämän jälkeen kerrotaan Myers-Briggsin tyyppi-indikaattoriin perustuen, millä luonteenpiirteillä on positiivisimmat vaikutukset perinteisen ohjelmistotuotannon eri vaiheissa. Luvussa 4 kuvataan menetelmiä, joilla voidaan rohkaista ihmisiä ryhmätyöhön ja menetelmiä, joilla ryhmätyötaitoja voidaan kehittää paremmiksi. Luku 5 on yhteenvedo edellisistä.

2 Ketterät menetelmät ja ryhmätyöskentely

Ketterät menetelmät noudattavat 12 ketterän kehityksen periaatetta, joissa painotetaan yksilöiden toimintaa ja yhteistyötä toimivan ohjelmiston

¹Capretz puhuu järjestelmäanalyyseista, joka on sidoksissa vaatimusmäärittelyyn. Tässä tekstissä käsitellään järjestelmäanalyyseja sijaan vaatimusmäärittelyä.

tuottamiseksi [3]. Ohjelmiston suunnittelu nähdään jatkuvana prosessina, jolloin ketterät menetelmät mukautuvat mahdollisiin muutoksiin kehitystyössä sen sijaan, että noudatettaisiin yhtä suunnitelmaa projektin loppuun asti. Ryhmätyön merkitys on suuri. Esimerkiksi eräs periaate on, että ”*parhaat arkkitehtuurit, vaatimukset ja suunnitelmat syntyvät itseorganisoituvissa tiimeissä*” [3]. Tämä tarkoittaa, että tiimit työskentelevät yhdessä päättäen asioista ilman, että ulkopuolinen henkilö tulee määräämään tiimin toiminnasta. Tiimiä johtaa tiimi itse ja tiimillä ei ole johtajaa tai projektipäällikköä. Periaatteissa painotetaan informaation välittämistä kasvokkain käytävillä keskusteluilla, mikä virtaviivaistaa tiedon kulkua ja pienentää väärinkäsitysten mahdollisuutta.

Ketterissä menetelmissä halutaan pitää asiakas tyytyväisenä tuottamalla toimivaa ohjelmistoa säännöllisin väliajoin. Ne perustuvat iteratiiviseen ja inkrementaaliseen kehitysmalliin, jossa tuotetta kehitetään lyhyissä kehityssykleissä osa kerrallaan [11]. Kehitysmallissa ohjelmiston toteuttamiseen tarvittava työ pilkotaan osiin, jotka aikataulutetaan niin, että kukin osa kehitetään ajallaan valmiiksi. Tuotetta näytetään asiakkaalle säännöllisin väliajoin, jolloin asiakas näkee kehityksen ja voi antaa palautetta kertoen meneekö kehitys oikeaa suuntaa kohti.

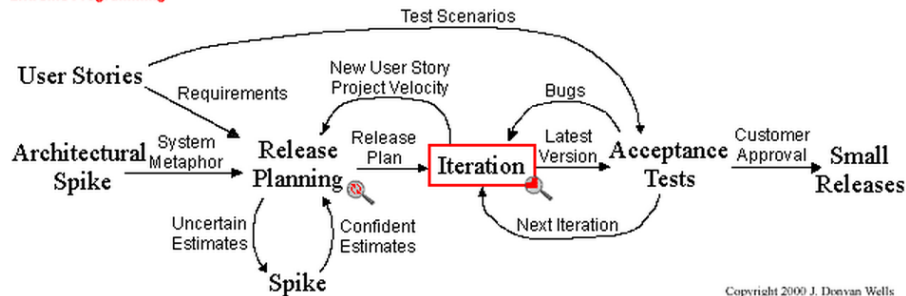
Seuraavissa osioissa tutustumme kahteen tunnettuun ketterään menetelmään nimeltään *Scrum* ja *Extreme Programming* [4, 7, 14, 24]. Scrum on tunnettu menetelmä projektinhallintaan, kun taas XP tunnetaan lukuisista käytänteistään. Tulevissa osioissa keskitytään kuitenkin vain millaisen prosessin nämä menetelmät määrittelevät projektin kehitykselle ja miten niissä otetaan ryhmätyöskentely sekä kommunikointi huomioon.

2.1 Extreme Programming

Extreme Programming (XP) on Kent Beckin luoma ketterä menetelmä, joka painottaa kommunikointia ja ryhmätyöskentelyä. XP keskittyy asiakkaan tyytyväisyyteen kehittämällä toiminnallisuuksia tuotteeseen mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. XP:ssä kehitys tapahtuu lyhyissä, 1-4 viikon iteraatioissa, jolloin on helppoa varautua mahdollisiin toiminnallisuuksien muutoksiin. Kehitysprosessi sisältää monia XP:n itse määrittelemiä vaiheita, jotka näkyvät kuvassa 1. Tässä luvussa käsitellään ensin miten millaista kommunikointi XP:ssä on ja kerrotaan pariohjelmoinnista. Lopuksi käsitellään XP:n prosessista vaiheet, jotka ovat *julkaisusuunnittelu* (release planning), *iteraatio* (iteration) ja *hyväksymätestaus* (acceptance testing) [1].



Extreme Programming Project



Copyright 2000 J. Donovan Wells

Kuva 1: XP:n prosessi [2]

Kommunikointi

Kasvokkaista ja usein tapahtuvaa kommunikointia painotetaan järjestämällä tiimin jäsenet yhteiseen tilaan. Tämän lisäksi projektia varten on vähintään yksi paikan päällä oleva asiakas, joka toimii osana kehitystiimiä auttaakseen projektin edistymisessä. Paikan päällä oleva asiakas päättää sekä tuotteen vaatimuksista että niiden priorisoinnista. Asiakkaan läsnäolo on suuri etu, sillä tiimi voi kysyä häneltä hetkessä esimerkiksi jonkin toteutettavan vaatimuksen yksityiskohdista ja asiakas voi vastaavasti antaa heti palautetta työstä. Ryhmän sisäinen kommunikointi on suuressa osassa sillä hyvät ratkaisut saadaan useimmiten yhteistyön tuloksena. Kommunikoinnin ja yhteistyön merkitystä kuvastaa esimerkiksi *pariohjelmointi* (pair programming), joka on yksi XP:n keskeisimpiä käytänteitä.

Pariohjelmointi

Pariohjelmoinnissa kaksi henkilöä ohjelmoivat yhdessä, jakaen saman tietokoneen [22]. Henkilöillä on kaksi roolia: toinen on *ajaja* (the driver), ja toinen *navigoija* (the navigator). Ajajan tehtävänä on kirjoittaa koodia. Navigoijan tehtävänä on analysoida kirjoitettua koodia ja kertoa ajajalle mitä tehtäviä heidän tulee milloinkin toteuttaa. Näin ajaja voi keskittyä pelkästään ohjelmointiin. Sovituin väliajoin henkilöt vaihtavat rooleja. Pariohjelmointi on ryhmätyöskentelyä — kaksi ihmistä suorittavat yhteistä tehtävää saavuttaakseen saman päämäärän.

Pariohjelmointi korostaa yhteistyötä ja kommunikointia. Tästä on monia hyötyjä, jotka tekevät hyvää sekä ryhmän jäsenille, ryhmälle että projektille [8]. Tarkastellaan näitä hyötyjä seuraavaksi.

- **Koodin laatu**

Kun kaksi henkilöä ratkaisevat samaa ongelmaa, lopputulos on usein parempi verrattuna siihen, että yksi henkilö tekisi kaiken. Parit pystyvät helposti keskustelemaan keskenään siitä mitä heidän tulisi seuraavaksi tehdä ja he voivat jakaa ideoita saadakseen koodista laadukkaampaa tai ratkaistakseen jonkin ongelman. Pariohjelmoinnin ansiosta tapahtuva laajamittaisempi koodin katselmointi vähentää virheiden määrää. Vaihtoehtoisesti niitä ei edes synny, kun parit keskenään kommunikoivat miettien hyviä ratkaisuja.

Pariohjelmointi parantaa keskittymiskykyä. Toisen henkilön läsnäolo estää herkemmin yksilöä laiskottelemasta tai olla noudattamatta XP:n vaalimia käytänteitä, kuten TDD:tä. Käytänteiden noudattaminen taas johtaa parempaan koodin laatuun ja toteutukseen.

- **Oppiminen**

Kun henkilöt toimivat pareittain, osaaminen leviää kehittäjien kesken. Monet tykkäävät neuvoa toisiaan ja ryhmän jäsenillä on eri taitoja ja tietämystä asioista. Esimerkiksi ryhmän jäsenet, jotka pääsevät heitä taitavampien ihmisten pareiksi, voivat oppia paljon uusia tekniikoita. Parhaimmassa tapauksessa koko ryhmän sisällä kaikki voivat oppia toisiltaan jotakin. Oppimiseen sisältyy, että ymmärrys kehitettävästä ohjelmasta parantuu. Kun henkilöt vaihtavat pareja, he pääsevät näkemään erilaisia kehityksessä olevia ohjelman osia. Samalla he osallistuvat eri osien kehitykseen, jolloin ymmärrys koko projektista kehittyy korkeammalle tasolle.

Pariohjelmointi on suuressa roolissa XP:ssä ja ryhmän jäsenien keskinäisellä vuorovaikutuksella on suuri hyöty projektin laadun kannalta. Pariohjelmoinnin hyvien puolien yhteisenä tekijänä on, että parit kommunikoivat toistensa kanssa. Ilman keskinäistä vuorovaikutusta ei voi odottaa, että edellä mainitut asiat toteutuisivat. Pariohjelmointi rohkaisee kehittäjiä puhumaan toisilleen, joten tästä ei pitäisi olla huolta [26].

Julkaisusuunnittelu

Kehitystyö alkaa kokoamalla asiakkaan kanssa listan vaatimuksia, jotka ohjelman tulee toteuttaa. Kun tarvittavat vaatimukset on kartoitettu, siirytään XP:n prosessissa *julkaisusuunnitteluun* (release planning), jossa on tarkoituksena tehdä julkaisusuunnittelun kokouksen aikana *julkaisusuunnitelma* (release plan). XP:ssä julkaistaan kunkin iteraation jälkeen uusin versio asiakkaiden käyttöön. Julkaisusuunnitelma määrittelee, mitkä vaatimukset toteutetaan missäkin iteraatiossa. Iteraatioon valitut vaatimukset

ovat valmiina iteraation lopuksi tehtävässä julkaisussa. Näille vaatimuksille määritellään päivämäärät.

Kokouksessa kehitystiimi arvioi kuinka paljon yksittäinen vaatimus vie työaikaa, jonka jälkeen asiakas tekee päätöksen vaatimusten tärkeysjärjestyksestä. Lopulta tiimin jäsenet sijoittavat vaatimukset tietyille iteraatioille yhdessä asiakkaan kanssa.

Iteraatio

Iteraation aikana toteutetaan julkaisusuunnitelmassa kirjattuja vaatimuksia rajattu määrä. Ennen kuin varsinainen iteraatio alkaa, jossa itse tuotteen tiettyjen toiminnallisuuksien kehitys tapahtuu, järjestetään *iteraationsuunnittelun kokous* (iteration planning meeting), jossa tehdään *iteraationsuunnitelma* (iteration plan). Iteraationsuunnittelun kokouksessa päätetään mitä iteraation aikana tehdään.

Suunnittelun alussa asiakas valitsee julkaisusuunnitelmasta korkeimman prioriteetin vaatimukset alkavaan iteraatioon. Kehittäjät pilkkovat nämä vaatimukset pieniksi, toteutuskelpoisiksi tehtäviksi. Tämän jälkeen kehittäjät päättävät ketkä toteuttavat minkäkin tehtävän ja estimoivat tehtäviin kulu- van työmäärän. Lopuksi vaatimukset, tehtävät ja niiden estimaatit kirjataan iteraationsuunnitelmaan.

Iteraationsuunnittelun ja onnistuneen suunnitelman tekemisen jälkeen voidaan aloittaa itse iteraatio, jonka aikana iteraationsuunnitelmaan kirjatut vaatimukset ja niihin liittyvät tehtävät toteutetaan. Iteraatioon liittyy päivittäinen palaveri, jossa ryhmän jäsenet raportoivat toisilleen mitä saivat viime palaverin jälkeen aikaan, mitä aikovat saada aikaan ennen seuraavaa palaveria ja onko heidän etenemisessään ongelmia. Näin tiimin jäsenet ovat jatkuvasti tietoisia muiden jäsenten sekä koko tiimin tilanteesta.

Iteraation lopuksi suoritetaan *hyväksymätestaus* (acceptance testing), jossa testataan iteraation aikana toteutetut vaatimukset ja varmistutaan niiden toiminnasta. Asiakas on määritellyt tarkemmin mitä skenaarioita testien tulisi testata. Jos yksittäinen vaatimus läpäisee kaikki siihen kohdistuvat testit, on vaatimus toteutettu valmiiksi. Asiakas itse tarkistaa testitulokset ja päättää niiden perusteella onko viimeisin versio tuotteesta julkaisukelpoinen. Jos testauksen aikana löytyy ohjelmointivirheitä, ne kirjataan ylös ja korjataan seuraavan iteraation aikana.

Ketteränä menetelmänä XP on iteratiivinen, joten kun yksi iteraatio on loppunut, aloitetaan prosessi uudestaan alkaen julkaisusuunnittelun kokouksesta. Tätä prosessia jatketaan, kunnes tuote on valmis. XP painottaa hyvin paljon asiakkaan kanssa kommunikointia ja läsnäoloa, jotta kehityksessä ei

päädytä sivuraiteille. Asiakas on osana ryhmää ja hänen kanssaan tapahtuva kommunikointi ja yhteistyö vaikuttaa projektin onnistumiseen yhdessä ryhmän sisäisen kommunikoinnin kanssa.

2.2 Scrum

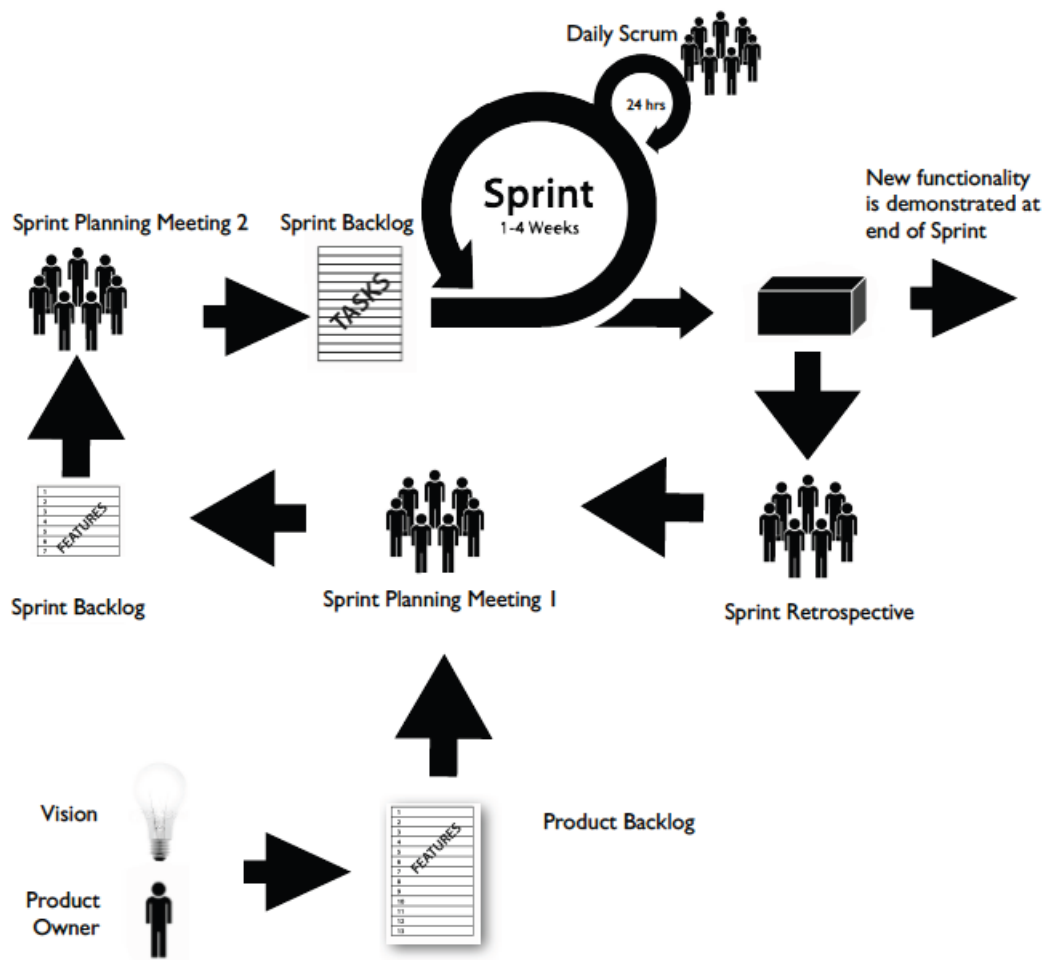
Scrum on prosessimalli, joka painottaa tiimien yhteistyötä projektin kehityksessä. Scrum, kuten XP, on iteratiivinen ja inkrementaalinen menetelmä. Kehitys tapahtuu lyhyissä 1-4 viikon sykleissä, ”*sprinteissä*”, joissa toteutetaan kehitettävää tuotetta tietyt toiminnallisuudet kerrallaan. Lyhyet kehityssykliä sallivat tiimien mukautuvan asiakkaalta saatavaan palautteeseen ja vaatimusten muutoksiin. Näin tuotteeseen voidaan tehdä ajoissa muutoksia ilman suuria kuluja ja tuote ”hioutuu” yhä lähemmäs sitä mitä asiakas sen haluaa olevan. Scrum tekee projektin kehityksestä monivaiheisen, kuten kuvasta 2 nähdään. Seuraavissa osioissa kerrotaan millainen Scrum-tiimi on ja millainen projektin elinkaari on Scrumissa, jonka jälkeen käsitellään Scrum-prosessin vaiheet.

Tiimi

Scrumissa tiimit koostuvat *monitaitoisista* (cross-functional) jäsenistä, joilta löytyy tarpeellinen tekninen osaaminen, jota vaaditaan tuotteen toteuttamiseen. Tiimillä ei ole johtajaa tai projektipäällikköä, jotka määräisivät tiimin tekemisistä. Sen sijaan tiimillä on henkilö, jonka rooli on *scrummaster* (Scrum master). Scrummasterin tehtävänä on valvoa, että tiimi noudattaa Scrumin prosessia ja hän pitää huolen, että ulkopuoliset henkilöt eivät tule häiritsemään tiimiä. Tiimi saa itse päättää tavoitteet joka sprintille ja sen miten nämä tavoitteet saavutetaan. Tiimi arvioi rehellisesti kuinka paljon he pystyvät yhden sprintin aikana toteuttamaan korkeimman prioriteetin vaatimuksia ja arvion mukaan valitsevat tietyn määrän vaatimuksia yhdelle sprintille toteutettavaksi. Toisin sanoen tiimi on *itseorganisoituva* (self-organizing) [24]. Tämä on Scrumille olennaista ja se osoittaa kuinka suuressa arvossa tiimin jäsenten välistä yhteistyötä pidetään.

Scrumin aloitus

Scrumin ensimmäinen askel on luoda lista tuotteen vaatimista ei-toiminnallisista ja toiminnallisista vaatimuksista. Vaatimuksista koottua listaa kutsutaan *tuotteen kehitysjonoksi* (product backlog) [4]. Kehitysjono on priorisoitu siten, että tärkeimmät vaatimukset ovat kehitysjonon kärjessä. Kehitysjono on jatkuvan muutoksen alaisena: uusia vaatimuksia voi tulla lisää asiakkaan toimesta, tarpeettomia vaatimuksia karsitaan ja olemassaolevia muokataan tai tarkennetaan. Edellä mainitut tehtävät ovat niin kutsutun *tuoteomistajan* (product owner) vastuulla, joka on yksittäinen henkilö ja pitää huolen tuotteen arvon ja kehitystiimin työn arvon maksimoimisesta.



Kuva 2: Scrumin prosessi [24]

Sprintin suunnittelupalaveri

Jokaisen sprintin aluksi järjestetään kokous, jota kutsutaan *sprintin suunnittelupalaveriksi* (sprint planning meeting) [24]. Palaveri on kaksiosainen. Ensimmäisessä osassa tuoteomistaja ja kehitystiimi neuvottelevat siitä mitkä vaatimukset tiimin tulisi toteuttaa alkavassa sprintissä.

Toisessa osassa tiimi valitsee toteutettavat vaatimukset, jotka he sitoutuvat tekemään sprintin loppuun mennessä. Vaatimukset valitaan aina kehitysjonon kärjestä. Kun vaatimukset on valittu, ne pilkotaan pienemmiksi, teknisiksi tehtäviksi, joille arvioidaan niihin kuluva aika. Nämä tehtävät kirjataan aika-arvioineen *sprintin tehtävälistaan* (sprint backlog), jota tiimi käyttää hyödykseen sprintin ajan. Tiimi saa itse valita toteutettavat vaatimukset alkavalle sprintille sekä suunnitella, miten ne toteutetaan.

Scrumin päiväpalaveri

Kun sprintti alkaa, sen aikana harjoitetaan jokapäiväistä Scrumin käytäntöä: *päiväpalaveria* (daily Scrum). Tämä on lyhyt, noin 15 minuuttia kestävä kokoontuminen, johon kaikki tiimin jäsenet osallistuvat. Jokainen tiimin jäsen raportoi kolme asiaa muille tiimin jäsenille: mitä henkilö on saanut aikaan viime tapaamisen jälkeen, mitä henkilö aikoo saada aikaan ennen seuraavaa tapaamista ja onko jäsenellä mitään esteitä työn etenemiselle. Näin tiimin jäsenet säännöllisesti tietävät kuinka muiden työ edistyy ja palaverin jälkeen mahdollisia raportoituja ongelmia voidaan yhdessä ratkoa. Huomionarvoista on, että päiväpalaveriin ei osallistu esimiehiä tai muita ulkopuolisia henkilöitä [24]. Jos näin käy, on riski, että henkilöt tuntevat olevansa tarkkailun alaisena, mikä voi tuottaa heille paineita oman edistymisen tai ongelmien raportoinnista.

Sprintin katselmointi

Sprintin lopussa järjestetään *sprintin katselmointi* (sprint review), jossa tiimi esittelee sprintin aikana toteuttamiaan vaatimuksia tuoteomistajalle ja asiakkaalle. Asiakas ja tuoteomistaja tietävät näin, miten projekti on edistynyt ja tiimi vastaavasti saa arvokasta palautetta. Annettu palaute kirjataan mahdollisina muutoksina vaatimuksiin tai uusina vaatimuksina tuotteen kehitysjonoon.

Sprintin retrospektiivi

Katselmoinnin jälkeen järjestetään *sprintin retrospektiivi* (sprint retrospective), jossa tiimi keskustelee kuinka heidän oma työprosessinsa sujui sprintin aikana. Jäsenet keskustelevat yhdessä mikä sprintissä sujui hyvin ja missä asioissa pitäisi parantaa. Jäsenien antama palaute ja kritiikki voi esimerkiksi kohdistua yksittäisen jäsenen työskentelytapoihin. Jos mahdollisia ongelmakohtia on, tiimin tulisi yhdessä päättää, miten ongelmat ratkaistaan. Retrospektiivi on tärkeä vaihe ryhmätyöskentelyn kannalta, koska retrospektiivi on Scrumin pääasiallinen mekanismi tuoda tiimin ongelmat näkyville ja ratkaista ne siten, että ryhmän työskentely vahvistuu ja paranee [14].

Kun edellä mainitut vaiheet on käyty läpi, alkaa uusi sprintti. Käytännössä aloitetaan uusi sykli sprintin suunnittelupalaverista aloittaen. Tätä periaatteessa jatketaan niin kauan, kunnes tuote on valmis eli asiakkaan kaikki vaatimukset on toteutettu.

3 Persoonallisuuden vaikutus

Kehitystiimit koostuvat erilaisista ihmisistä. Useissa tutkimuksissa on huomattu, että tietyt luonteenpiirteet ja persoonallisuustyypit vaikuttavat posi-

tiivisesti tiimin suorituskyykyyn sekä projektin onnistumiseen [6, 9, 10, 15]. Sen lisäksi, että tiimien on hyvä koostua monitaitoisista jäsenistä, moninaiset persoonallisuustyypit tiimin sisällä ovat hyväksi projektille. Esimerkiksi suurempia ratkaisuja mietittäessä harvoin hyväksytään ensimmäiseksi esitetty ehdotus, vaan puntaroidaan monen ehdotuksen välillä arvioiden niiden hyviä ja huonoja puolia. Myös yksilön oma tekninen osaaminen vaikuttaa ratkaisun miettimiseen. Eri tavalla ajattelevat ihmiset kykenevät tuomaan joukon eri näkökulmia tuotetta kehitettäessä, jotka johtavat parempiin ratkaisuihin.

Henkilön persoonallisuus vaikuttaa lisäksi siihen, kuinka mieluista kyseisen henkilön kanssa on työskennellä, miten henkilö lähestyy annettua tehtävää ja minkälaisiin tehtäviin hän soveltuu parhaiten [8, 10]. Yksi tapa mitata henkilön persoonallisuutta on käyttää Myers–Briggsin tyyppi-indikaattoria [9, 10, 13]. Seuraavissa osioissa ensin kerrotaan millainen Myers–Briggsin tyyppi-indikaattori on, jonka jälkeen tarkastellaan millaisia piirteitä hyvällä ohjelmistokehittäjällä on ja mitkä erilaiset persoonallisuustyypit sopivat parhaiten projektien eri kehitysvaiheisiin.

3.1 Myers–Briggsin tyyppi-indikaattori

Persoonallisuustyyppejä määriteltäessä voidaan käyttää apuna Myers–Briggsin tyyppi-indikaattoria, joka jakaa ihmisen persoonallisuuden neljään eri osioon: sosiaaliseen vuorovaikutukseen, tiedonkeruuseen, päätöksentekoon ja elämäntyyliin. Jokaisessa osiossa on kaksi eri luonteenpiirrettä. Jokaisessa osiossa ihmisen persoonallisuus kallistuu enemmän toiseen piirteeseen kuin toiseen. Myers–Briggsin tyyppi-indikaattorilla saadaan yksittäiselle henkilölle näistä neljästä osiosta yhteensä neljä luonteenpiirrettä, jotka määrittävät hänen persoonallisuuden. Yhteensä persoonallisuustyyppejä on $2^4 = 16$ erilaista.

1. Sosiaalinen vuorovaikutus: Ekstrovertti (E) — Introvertti (I)

Ekstrovertit ovat sosiaalisia, ulospäinsuuntautuneita ja nauttivat muiden ihmisten seurasta. Introvertit sen sijaan ovat sisäänpäinkääntyneitä, hiljaisia, varautuneita ja ovat mieluummin omissa oloissaan.

2. Tiedonkeruu: Tosiasiallinen (S) — Intuitiivinen (N)

Tosiasialliset ihmiset etsivät yksityiskohtaista tietoa ja tunnettuja tosiasioita. He uskovat enemmän konkreettisiin asioihin, jotka voivat itse todistaa. Intuitiiviset etsivät asioille yhteyksiä teoreettisemman tiedon pohjalta ja he miettivät eri asioista aiheutuvia mahdollisuuksia.

3. Päätöksenteko: Ajatteleva (T) — Tunteva (F)

Ajattelevat perustavat päätöksensä miettimällä tarkasti päätöksen syitä, seurauksia ja loogisuutta. He perustavat päätöksensä järjen

käyttöön. Tuntevilla on taipumus tehdä päätös henkilökohtaisten arvojen perusteella sekä sen mukaan miten päätös vaikuttaa muihin ihmisiin. Päätöksenteko vaikuttaa siihen minkälaisista tehtävistä henkilö kiinnostuu ja kuinka tyytyväinen hän on niihin.

4. Elämäntyyli: Järjestelmällinen (J) — Spontaani (P)

Järjestelmälliset ihmiset ovat sananmukaisesti järjestelmällisiä ja täsmällisiä. He pitävät aikamääreistä kiinni ja suunnittelevat asioita etukäteen. Spontaanit taas ovat joustavia ja elävät hetkessä välittämättä suunnitelmallisuudesta ja järjestelmällisyydestä. Elämäntyyli vaikuttaa henkilön työskentelytapoihin.

3.2 Ohjelmistokehittäjän piirteet

Usein todetaan, että hyvälle ohjelmistokehittäjälle on aina tilaa ohjelmistotalalla. Siinä missä tekninen osaaminen ja hyvä tietämys asioista on tärkeää, ihmistaidot ja kommunikointi on saanut huomiota alalla [16]. Esimerkiksi pariohjelmoinnissa työskentely vaatii kommunikointia ja sitä, että tulee toisten ihmisten kanssa toimeen. Hyvä ohjelmistokehittäjä on mieluinen työkumppani. Vastakohtana ohjelmistotalalla on väistämättä huonoja ohjelmistokehittäjiä, jotka tekevät yhteistyöstä epämiellyttävää.

Seuraavaksi tarkastellaan ohjelmistokehittäjän hyviä ja huonoja piirteitä. Hyvissä piirteissä painotus on ominaisuuksissa, jotka tekevät kehittäjästä mieluisan työkumppanin hyvien teknisten taitojen lisäksi. Samalla tavalla huonoissa piirteissä tarkastellaan enimmäkseen ominaisuuksia, jotka tekevät kehittäjästä epämieluisan työkumppanin. Tekninen osaaminen on sivuroolissa.

Tutkimuksissa on haastateltu ohjelmistotalan ammattilaisia ja kysytty heiltä mitkä piirteet tekevät hyvän ohjelmistokehittäjän [8, 16]. Haastattelujen perusteella seuraavat piirteet ovat tärkeimpiä:

- **Joustava & mukautuva**

Joustava henkilö on avaramielinen. Henkilö kuuntelee mielellään muiden ideoita ja kykenee katsomaan asioita eri näkökulmista sen sijaan, että puolustelisi vain omaa kantaansa. Hän on halukas yhteistyöhön ja pystyy mukautumaan eri työtapoihin.

- **Hyvät kommunikointitaidot**

Ohjelmiston kehittäminen vaatii paljon ryhmätyöskentelyä ja kommunikointia tiimin jäsenten kesken. Hyvä kommunikoiija kykenee kuuntelemaan muiden ideoita, ilmaisee omat mielipiteensä selkeästi ja uskaltaa kysyä apua, jos hänellä on ongelmia. Kun tiimi koostuu jäsenistä, jotka

kommunikoivat usein ja hyvin, se vaikuttaa positiivisesti ilmapiiriin ja työn laatuun. Kommunikoinnin myötä tieto leviää tiimin jäsenten kesken, joka kasvattaa kaikkien osaamista.

- **Älykäs**

Ohjelmistokehitys on teknistä työtä, joten ihmistaitojen lisäksi myös älykkyys on erittäin tärkeä piirre. Älykkyydellä tarkoitetaan tässä tapauksessa sellaista ohjelmistokehittäjää, jolla on hyvä tekninen osaaminen ja, joka on nopea ajatuksissaan. Henkilön ongelmanratkaisutaidot ovat erinomaiset ja hän kykenee ajattelemaan asioita abstraktilla tasolla sekä ottaa vastuuta työstään.

- **Mukava**

Mukava ohjelmistokehittäjä on sosiaalinen ja hänen kanssaan on helppo työskennellä. Hänellä on huumorintajua ja sopivaa tilannetajua eli esimerkiksi pystyy huomauttamaan virheistä ilman, että toinen pahastuu. Lyhyesti sanottuna kyseisen henkilön kanssa on hauska työskennellä.

Muita hyviä piirteitä ovat muun muassa, että ohjelmistokehittäjä on tietäväinen, innovatiivinen, itsenäinen, kykenee keskittymään työhönsä, ja noudattaa käytettyä prosessia.

Huonot ohjelmistokehittäjät eivät ole haluttavia ryhmän jäseniä tai työkumppaneita. Hallin ja kumppaneiden haastatteluissa kysyttiin millaisia ovat huonot kehittäjät [16]. Tuloksena oli, että huono ohjelmistokehittäjä on tekniseltä osaamiseltaan heikko ja hänellä on huonot kommunikointitaidot. Huonoilla kommunikointitaidoilla haastateltavat tarkoittivat seuraavia asioita:

1. Ei raportoi ongelmista.
2. On haluton kuuntelemaan muiden ideoita.
3. On itsepäinen.
4. Ei kunnioita muita.

Kun tähän lisätään hyvien piirteiden vastakohtia, on huono kehittäjä huumorintajuton, ei ota työstään vastuuta ja hänellä on vaikeuksia omaksua uusia työtapoja tai rooleja. Tekniseltä osaamiseltaan kehittäjän ongelmanratkaisutaidot ovat heikot eikä hänellä ole kykyä ajatella asioita abstraktisti. Ennen kaikkea huono kehittäjä ei luota muiden apuun ja on haluton yhteistyöhön.

3.3 Persoonallisuustyypit eri kehityksen vaiheissa

Ohjelmistokehitys on monivaiheinen prosessi, joka on perinteisessä ohjelmistotuotannossa jaettu vaatimusmäärittelyyn, suunnitteluun, toteutukseen, testaukseen ja ylläpitoon. Nämä eri vaiheet vaativat erilaisia teknisiä taitoja, jotta saadaan paras mahdollinen lopputulos. Teknisen osaamisen lisäksi myös persoonallisuustyypit vaikuttaa siihen kuinka hyvin henkilö suoriutuu tietyistä tehtävistä tai kuinka hyvin hän soveltuu niihin [10]. Kun luonteiltaan oikeanlaiset henkilöt valitaan suorittamaan näitä tiettyjä kehityksen vaiheita, tuloksena on parempi lopputulos projektin kannalta.

Seuraavaksi käydään edellä mainitut kehityksen vaiheet läpi yksi kerrallaan sekä tarkastellaan millaiset ohjelmistokehittäjät sopivat parhaiten mihinkin vaiheeseen. Oletetaan, että kehittäjillä on yhtä hyvä tekninen osaaminen kaikissa vaiheissa, jolloin tarkastelu voidaan rajoittaa ainoastaan siihen kuinka hyvin he persoonallisuustyypeiltään soveltuvat suorittamaan tiettyjä kehityksen vaiheita.

Vaatimusmäärittely

Perinteisesti ohjelmistotuotanto alkaa vaatimusmäärittelyllä [5, 23]. Tämän vaiheen tavoitteena on selvittää mitä vaatimuksia tuotteella eli valmiilla ohjelmalla on. Vaatimuksilla voidaan tarkoittaa toiminnallisia vaatimuksia eli mitä ohjelma tekee tai mitä sillä pystytään tekemään, tai ei-toiminnallisia vaatimuksia eli esimerkiksi millä kielellä ohjelma kirjoitetaan, kuinka käytettävä tai tehokas sen tulee olla ja niin edelleen. Vaatimusmäärittely tehdään usein asiakkaan kanssa, jolla on etukäteen kokonaiskuva valmiista ohjelmasta. Yhdessä asiakkaan kanssa luodaan lista ohjelmaan liittyvistä vaatimuksista.

Capretz ja Ahmed ovat tutkineet millainen kehittäjä soveltuu parhaiten järjestelmänalyysiin, joka on sidoksissa vaatimusmäärittelyyn [10]. Järjestelmänalyysiin tarvitaan kehittäjiä, jotka ymmärtävät asiakkaan tarpeet ja käsittävät mitkä ovat ohjelman keskeisimmät toiminnot. Järjestelmänalyysi vaatii paljon kommunikointia asiakkaan kanssa, joten ekstrovertit (E) soveltuvat tähän hyvin, koska he ovat parempia puhumaan ja saamaan asiakkaasta vastauksia irti toisin kuin introvertit (I), jotka eivät ole yhtä hyviä ilmaisemaan asioita selkeästi. Kehittäjän tulee myös asettua käyttäjän rooliin ja miettiä käyttäjän tarpeita. Tähän tarpeeseen on tuntevat (F) ihmiset hyviä. Vaatimusmäärittelyssä keskustellaan samaan tapaan asiakkaan kanssa, jossa tämän kaltaiset henkilöt ovat tarpeellisia. Optimaalisinta olisi määrätä vaatimusmäärittelyyn kehittäjiä, jotka ovat sekä ekstrovertteja että tuntevia (EF).

Gorlan ja Lamin mielipiteet eroavat edellä mainitusta [15]. Heidän mukaan ajattelevat (T) kehittäjät ovat tuntevia (F) parempia tässä työssä, jos kyse on pienestä tiimistä. Pienemmissä tiimeissä vaatimusten määrittelyn

lisäksi kehittäjä voi joutua tekemään paljon muutakin, kuten suunnittelua ja ohjelmointia, jolloin analyttinen ajattelutapa on parempi.

Suunnittelu

Suunnittelu on prosessi, jossa määritellään ohjelman arkkitehtuuri, komponentit, rajapinnat sekä muut ohjelmaan liittyvät osat [5]. Suunnittelussa hahmotellaan vaatimusten perusteella mistä komponenteista ja pienemmistä osista järjestelmä koostuu, ja mitkä ovat niiden tehtävät. Lisäksi mietitään, miten järjestelmän eri osat ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, millaiset rajapinnat niillä on ja mitä palveluita ne tarvitsevat muilta järjestelmän osilta. Tarkoituksena on luoda ohjelmasta malli, joka toteuttaa kirjatut vaatimukset, ja jonka voi muuttaa ohjelmakoodiksi.

Suunnittelu on luovaa ja tutkivaa työtä, jossa suunnittelija miettii mitkä ovat järjestelmän avainkomponentit, ja hahmottelee parhaita ratkaisuja erilaisten käyttötilanteiden avulla. Suunnittelijalla tulisi olla kokonaiskuva järjestelmästä ja kyky erotella relevantit asiat annetusta datasta, kuten vaatimuksista. Tämä vaatii intuitiota. Suunnittelijoiden tulisi siis olla intuitiivisia (N), koska tällaiset henkilöt ovat luovia ja kokeilevat erilaisista asioista tapahtuvien mahdollisuuksien yhdistelyä. Hyvän tuloksen saamiseksi tarvitaan ongelmanratkaisutaitoja, joita ajattelevilla (T) on. On suositeltavaa, että suunnittelija on sekä intuitiivinen että ajatteleva (NT) [10].

Toteutus

Kun suunnittelu on ohi, siirrytään toteutukseen [5]. Suunnitteluvaiheessa ohjelmasta on luotu korkean tason malli, joka kertoo millaisista komponenteista ohjelma koostuu ja mitkä ovat eri komponenttien tehtävät. Toteutuksessa muunnetaan malli ohjelmakoodiksi ja siten konkreettiseksi ohjelmaksi.

Toteutus on suurimmaksi osaksi ohjelmointia, johon liittyy suunnittelua ja testausta. Ohjelmoijan tulee tunnistaa ohjelman osille tärkeät muuttujat, rakenteet ja tietorakenteet. Ohjelmoijan tulee luonnollisesti hallita ohjelmointikieli, jolla ohjelma kirjoitetaan. Siinä missä ohjelmalle tehty malli voi olla hyvinkin korkeatasoinen, koodin kirjoittaminen vaatii paneutumista yksityiskohtiin ja mallin sekä vaatimusten muuntaminen suoraviivaiseksi koodiksi vaatii loogista ajattelutapaa. Ajatteleva (T) henkilö soveltuu loogiseen ajatteluun paremmin kuin tunteva (F). Lisäksi yksityiskohtiin ja faktatietoihin paneutuminen on tosiasiallisen (S) ihmisen aluetta enemmän kuin intuitiivisen (N). Vaikka aiemmin on todettu kehityksen vaativan ryhmätyötä ja kommunikointia, Capretz ja Ahmed näkevät ohjelmoinnin teknisenä työnä, joka loppupeleissä vaatii itsenäistä työskentelyä ja keskittymiskykyä enemmän kuin ryhmätyöskentelyä. Täten introvertit (I) sopivat ohjelmoijiksi ekstro-

vertteja (E) paremmin. Ihanteellinen yhdistelmä ohjelmoijalle olisi, että hän on introvertti, tosiasiallinen ja ajatteleva (IST). Tätä väitettä tukee se, että monien tutkimusten mukaan useimmat ohjelmistokehittäjät ovat persoonallisuustyyppiä IST tai ISTJ [9, 10].

Gorlan ja Lamin havainnot poikkeavat ideaalista ohjelmoijasta, kun kyse on pienistä tiimeistä [15]. Tiimin suorituskky on parempi, jos ohjelmoijat ovat ekstrovertteja (E). Pienissä tiimeissä ohjelmoijien pitää kommunikoida eri osapuolten kanssa, kuten muiden tiimin jäsenten kanssa. Lisäksi pienissä tiimeissä ohjelmoija voi joutua tekemään monia muitakin tehtäviä kuin vain ohjelmointia, kuten ohjelman suunnittelua ja kommunikointia asiakkaita tai käyttäjien kanssa. Tällöin ekstroverttius on eduksi.

Testaus

Testausvaiheessa on tarkoituksena tehdä testejä, joilla varmistetaan ohjelman toimivuus [5]. Vaatimukset ovat ensisijaisia testauskohteita eli testien avulla tarkistetaan, että ohjelmalle asetetut vaatimukset toimivat moitteettomasti. Testauksella pyritään myös löytämään ohjelmasta mahdollisimman paljon virheitä korjaustoimenpiteitä varten.

Testaukseen on monenlaisia strategioita, jotka noudattavat järjestelmällisiä lähestymistapoja. Testaus vaatii paneutumista yksityiskohtiin, jotta testaaaja varmasti tarkistaa, että pienimmätkin ohjelman osat toimivat oikein. Tarkkuus ja järjestelmällisyys ovat haluttavia ominaisuuksia testaajalle, joita tosiasialliset (S) ja järjestelmälliset (J) henkilöt edustavat. Menestyvät testaaajat olisivat sekä tosiasiallisia että järjestelmällisiä (SJ) [10].

Ylläpito

Ylläpidon tarkoituksena on parannella tai muokata ohjelmaa, jolla tarkoitetaan lähinnä ohjelmointivirheiden korjaamista ja optimointia [5]. Ylläpidossa saatetaan lisätä myös aivan uusia toiminnallisuuksia ohjelmaan. Kaiken tämän tarkoituksena on pidentää ohjelman käyttöikää sekä varmistaa käyttäjien tyytyväisyys.

Ohjelman ylläpitäminen ja parantelu sopii tosiasiallisille (S) kehittäjille, koska he suosivat tuttuja tehtävien tekoa, jotka eivät vaadi uusien asioiden kokeilua. Intuitiiviset (N) sen sijaan haluavat kokeilla jotain uutta ja luultavasti tylsistyisivät ylläpitoon, jossa tehdään yleensä vain parannuksia ja ohjelmointivirheiden korjauksia. Tosiasialliset suosivat töitä, joissa aiemmin opitun tiedon käyttö on riittävää tehtävän suorittamiseen sen sijaan, että tulisi keksiä uusia ratkaisuja. He myös osaavat keskittyä yksityiskohtiin ja haluavat tietää miten asiat toimivat, joten heillä on hyvä kokonaiskuva

järjestelmästä, jota ylläpitäminen vaatii. Spontaanit (P) sopeutuvat muutoksiin, jolloin heitä ei häiritse järjestelmän jatkuva muokkaaminen. Tosiasialliset ja spontaanit kehittäjät ovat hyviä ylläpitäjiä (SP) [10].

Myers—Briggsin tyyppi-indikaattorin määrittelemistä luonteenpiirteistä jokaista tarvittiin jossakin kehitysvaiheessa. Jokainen ihminen, oli persoonallisuustyyppiltään millainen tahansa, soveltuu johonkin vaiheeseen. Edellä mainitut vaiheet ovat olemassa lähes kaikissa ketterissä menetelmissä, jossa niitä toistetaan iteratiivisen kehitysmallin mukaisesti. Persoonallisuustyyppiä voidaan käyttää hyväksi erilaisten ryhmien muodostamisessa, jotta saadaan mahdollisimman tuotteliaita ryhmiä. Monipuolinen ryhmä eri persoonallisuuksilla täytettynä tuottaa paljon erilaisia näkökulmia ja ratkaisuja. Persoonallisuutta katsottaessa yksittäinen henkilö saattaa olla toista henkilöä parempi tietyssä kehityksen vaiheessa, joten ketterissä menetelmissä on hyvä olla ryhmä, jonka jäsenet ovat erilaisia luonteiltaan.

4 Ryhmäytötaitojen parantaminen

Hyvät ryhmäytö- ja kommunikointitaidot eivät ole itsestäänselvyys. Tietojenkäsittelytieteen opiskelijoiden ryhmäytö- ja kommunikointitaidot ovat usein osittain puutteelliset, koska opetuksessa näitä taitoja ei ole huomioitu tarpeeksi [12, 17, 25]. Ryhmäytöskentelyn merkitys on huomattu ja opetusohjelmiin on lisätty ryhmä- ja projektitöitä, mutta opiskelijoille ei opeteta varsinaisia kommunikointitaitoja. Tämän seurauksena opiskelijat eivät välttämättä osaa toimia ryhmässä ja kokemus jää epämiellyttäväksi, joka vaikuttaa negatiivisesti asenteisiin ryhmäytöskentelyä kohtaan [19]. Luvussa 3.2 kerrottiin huonon ohjelmistokehittäjän piirteitä. Henkilö, jolla on kyseisiä piirteitä, ei ole houkutteleva ryhmän jäsen. Kuitenkin ohjelmistokehittäjille tehtyjen haastattelujen (kts. [8, 16]) perusteella tällaisia ihmisiä löytyy ohjelmistotalalta.

Puutteelliset ja jopa huonot ryhmäytötaidot huomioon ottaen on tarve menetelmille, joilla parantaa yksilön ryhmäytötaitoja. Seuraavaksi tarkastellaan erilaisia menetelmiä, joilla rohkaista ryhmäytöön ja kehittää yksilöiden kommunikointi- ja ryhmäytötaitoja, jotta he pystyisivät toimimaan tehokkaasti ryhmänä. Menetelmät on kehitetty suurimmaksi osaksi opetuskäyttöön opiskelijoille, jotka eivät ole vielä työelämässä.

4.1 Ryhmäytöskentelyyn rohkaiseminen

Seuraavat menetelmät ovat kevyitä tapoja rohkaista opiskelijoita ryhmäytöön ja kommunikointiin muiden kanssa. Ne eivät kuitenkaan ole tarkoitettu varsinaisten ryhmätaitojen oppimiseen. Menetelmät, joita tarkastellaan ovat vuorovaikutteinen luokkahuone, tarkkailija-kommunikoija-rakentaja ja ”Mine/Ours”-strategia.

- **Vuorovaikutteinen luokkahuone**

Vuorovaikutteinen luokkahuone (the conversational classroom) on menetelmä, jolla demonstroidaan opiskelijoille yhteistyön etuja [25]. Tässä menetelmässä opettaja panee aluille keskustelua kurssimateriaaliin liittyen sen sijaan, että pitäisi luennon kurssimateriaalista itse. Näin opettaja kannustaa opiskelijoita keskustelemaan keskenään materiaalista. Opiskelijat oppivat toisiltaan asioita, mikä aktivoi heitä verrattuna perinteiseen luento-oppimiseen, jossa opiskelijan rooli on olla passiivinen kuuntelija.

Vuorovaikutteinen luokkahuone saa opiskelijat oppimaan asioita tehokkaammin ja samalla heidän ryhmätyötaidot paranevat. Lisäksi opiskelijoiden asenne kehittyy positiivisemmaksi luokassa tapahtuvaan vuorovaikutteiseen toimintaan ja keskusteluun, joihin he ovat halukkaampia osallistua.

- **Tarkkailija-kommunikoiija-rakentaja**

Tarkkailija-kommunikoiija-rakentaja (observer-communicator-builder) on kevyt harjoitus, jossa opiskelijat jaetaan ryhmiin tarkoituksena kehittää kommunikointia [12]. Yksittäinen ryhmä sisältää kolme henkilöä, joista jokaisella on yksi rooleista, jotka ovat menetelmän nimen mukaisesti tarkkailija, kommunikoiija tai rakentaja.

Harjoituksen ideana on tuottaa rakennelma, jonka mallin saa selittää vain sanallisesti. Henkilöt järjestetään kolmeen eri alueeseen siten, että tarkkailija ja rakentaja ovat toisistaan erillään eivätkä pysty viestimään toisilleen muuten kuin kommunikoiijan kautta. Tarkkailijalla on malli rakennelmasta, jonka rakentajan tulee tehdä. Tarkkailija kertoo rakennusohjeita sanallisesti kommunikoijalle, joka välittää ohjeet eteenpäin rakentajalle. Harjoitus järjestetään siten, että jokainen ryhmän jäsen pääsee kokeilemaan kaikkia rooleja. Iteraatioiden kautta ryhmän jäsenien kommunikointitaidot kehittyvät ja he vähitellen päätyvät samalle aaltopituudelle siten, että jäsenet ymmärtävät ja tulkitsevat toistensa viestit samalla tavalla.

- **”Mine/Ours”-strategia**

”Mine/Ours”-strategiaa käytetään opetuksessa rohkaisemaan opiskelijoita osallistumaan ryhmittöihin [19]. Ryhmittöissä opiskelijoiden tulee suorittaa tehtävä, esimerkiksi suunnitella ohjelmisto. Ongelmana on, että joskus ryhmä päättää antaa tehtävän suoritettavaksi vain yhdelle ryhmän jäsenelle. Muiden panos jää tehtävästä kokonaan puuttumaan ja ilman muiden arvioita suunnitelman tekijä ei välttämättä tiedä onko hän tehnyt suunnitelman hyvin. Pahimmassa tapauksessa ryhmä ei opi mitään.

”Mine/Ours”-strategiaa käyttäen jokaista ryhmän jäsentä käsketään tekemään sama tehtävä yksilöllisesti. Ryhmän tapaamisessa jäsenet näyttävät ratkaisujaan muille ja vertailevat niitä keskustellen eri ratkaisujen hyvistä ja huonosta puolista. Lopuksi ryhmä yhteistyössä tuottaa lopullisen ratkaisun. Jokaisen ryhmän tulee lopullisen ratkaisun lisäksi luovuttaa myös jäsenien itsenäisesti tehdyt ratkaisut. Näin opettaja varmistaa, että jokainen on osallistunut työhön. Strategia auttaa opiskelijoita tekemään yhteistyötä varmistamalla, että jokainen on valmistautunut tehtävään etukäteen tekemällä oman henkilökohtaisen ratkaisunsa.

4.2 Ryhmätyöskentelyn harjoittelu

Seuraavat menetelmät ovat kehiteltyjä tapoja, joilla kehittää opiskelijoiden ryhmätaitoja, kommunikointia ja yhdessä toimimista yleisesti ottaen. Menetelmät, joita tarkastellaan ovat projektioppiminen, ”Rocking The Boat” ja ”suojattu kananmuna”.

• Projektioppiminen

Projektioppiminen (project-based learning) on menetelmä, jonka voi sisällyttää opetukseen ja sen perustana on antaa opiskelijoille monimutkainen reaaliaikaisen ongelman, jonka opiskelijat ratkaisevat ryhmissä [17, 18, 20]. Projektioppimisen eräs määritelmä on, että se on järjestelmällinen opetusmenetelmä, joka sitoo opiskelijat oppimaan tietoja ja taitoja pitkäjänteisen tutkimusprosessin avulla, joka keskittyy monimutkaisten ja todellisten ongelmien ympärille, joita yhteistyössä ratkaistaan [20]. Projektissa opiskelijat pääsevät itsenäisesti suunnittelemaan ja kehittämään ratkaisuja projektin asettamaa haastetta tai ongelmaa varten. Tällaisessa työskentelyssä painotetaan opiskelijoiden omistautumista työlle sekä yhteistyötä että vastuullisuutta. Opettajan rooli on olla opiskelijoiden tukena ja ohjata heitä ongelmatilanteissa esimerkiksi antamalla neuvoja mistä he löytävät materiaalia, joka on avuksi projektissa. Etenkin alussa opettaja saattaa joutua avustamaan ryhmiä paljon suunnittelun osalta, jotta projektissa päästään alkuun.

Projektioppimisella on monia etuja. Projektissa ratkaistava haaste tai ongelma asettaa opiskelijoille todellisen tarpeen tuntee opetukseen liittyvä materiaali, joka nostaa oppimismotivaatiota. Menetelmä opettaa tärkeitä prosesseja, kuten kommunikointia ja suunnittelua. Opettajat ovat raportoineet, että projektioppiminen kehittää opiskelijan vastuullisuutta, ajattelua ja ongelmanratkaisutaitoja sekä itseorganisointia. Yhteistyö- ja ryhmätaidot kehittyvät projektin myötä, koska ryhmät ovat suurimmaksi osaksi itse vastuussa toiminnastaan.

- **Rocking The Boat**

Rocking The Boat (RTB) on menetelmä, joka on tarkoitettu iteratiiviseen ryhmätyöhön, jossa opiskelijoille opetetaan ryhmätyötaitoja alustavasti ennen oikeaa projektityötä [21]. Menetelmä pohjautuu yksilön osallistumisen tasoon, joka kuvaa yksilön sitoutumista ja työskentelyä ryhmässä. Osallistumisen tasoja on neljä, jotka ovat:

1. **Ahkera eristäytyjä (diligent isolate)**

Yksilö luottaa vain itseensä tehtäviä suoritettaessa eikä halua muilta apua. Hän näkee muut ryhmän jäsenet tehottomina ja kyvyttöminä suorittamaan tehtäviä ja tuloksena voi olla, että hän lannistaa muiden ryhmän jäsenien motivaatiota.

2. **Vastuullinen puurtaja (insightful shaper)**

Yksilö ottaa paljon vastuuta ryhmätyöstä varmistaakseen, että työ saadaan valmiiksi. Hän työskentelee usein enemmän kuin mitä häneltä odotetaan. Hän motivoi ryhmän jäseniä ja antaa jokaisen osallistua työhön delegoimalla tehtäviä muille.

3. **Tottelevainen työläinen (compliant worker)**

Yksilö tekee mitä käsketään, mutta häneltä puuttuu oma-aloitteisuutta. Hän hyväksyy usein muiden päätökset pohtimatta asiaa itse, koska haluaa joko välttää konflikteja tai lisätyötä.

4. **Sosiaalinen vetelehtijä (social loafer)**

Yksilön panos ryhmätyöhön on vähäisempi kuin muiden ryhmän jäsenten ja hän tekee vähemmän kuin mitä häneltä odotetaan. Joskus hän saattaa ottaa kunnian muiden tekemästä työstä.

RTB:tä on tarkoitus käyttää alustavasti ennen oikeaa projektityötä. Opiskelijat tutustuvat ryhmissä esiintyviin ongelmiin ja oppivat ryhmätyöskentelyä. Tämän jälkeen muodostetaan lopulliset ryhmät ja aloitetaan varsinainen projekti. RTB:n ideana on maksimoida todennäköisyys, että ryhmästä löytyy henkilöitä, jotka edustavat osallistumisen tasoja 1 (ahkera eristäytyjä) ja 4 (sosiaalinen vetelehtijä) [21]. Nämä osallistumistasot ovat haitaksi ryhmätyölle. Näin ryhmän jäsenet altistuvat pulmallisiin tilanteihin ja konflikteihin, joissa heidän täytyy oppia sosiaalisia taitoja selvittääkseen ryhmän ongelmat. Lopputuloksena ryhmästä tulee tehokkaampi ja ryhmän jäsenien ryhmätyötaidot kehittyvät.

On olemassa riskitekijöitä, joilla nostaa ahkerien eristäytyjien ja sosiaalisten vetelehtijöiden esiintymisen todennäköisyyttä. Näitä riskitekijöitä ovat muun muassa:

1. Ryhmän koko

Suurissa ryhmissä voi olla monia ongelmia. Eräs ongelma on, että tehtävien jako ja yhteistyön koordinointi hankaloituu. Tämä nostaa todennäköisyyttä, että ryhmässä esiintyy sosiaalisia vetelähtijöitä.

2. Akateemiset kyvyt

Ryhmän jäsenien akateemiset tiedot ja taidot vaikuttavat osallistumisen tasoihin ja ryhmän menestykseen. Ryhmä, jossa akateemiset kyvyt ovat epätasapainossa jäsenien kesken aiheuttaa konflikteja suuremmalla todennäköisyydellä.

Muita riskitekijöitä ovat opiskelijoiden kokemattomuus ja projektin laajuus.

Riskitekijät huomioon ottaen saadaan muodostettua ryhmiä, joissa konfliktit ovat todennäköisiä. Opiskelijat joutuvat opettelemaan ryhmätaitoja konfliktit selvittääkseen. Ryhmät toimivat ajallisesti lyhyissä iteraatioissa, jolloin negatiiviset kokemukset eivät rasita pitkällä ajalla. Iteraatioiden lopuksi suoritetaan vertaisarviointia, joissa ryhmän jäsenet pääsevät pohtimaan omaa ja muiden suoritusta. Uusissa iteraatioissa muodostetaan uudet ryhmät, jolloin opiskelijat oppivat toimimaan erilaisten ihmisten kanssa. RTB:n loputtua opiskelijoilla on valmiudet toimia ryhmässä ja käsitellä ongelmatilanteita oikeassa projektityössä, joka yleensä alkaa heti RTB:n jälkeen. Opiskelijat muodostetaan lopullisiin ryhmiin, jossa he voivat aloittaa oikean projektityön teon.

RTB on hyvä menetelmä muodostamaan positiivisen asenteen ryhmätyöhön. RTB:n avulla opiskelijat tunnistavat riskitekijöitä, jotka vaikuttavat ryhmäläisten osallistumisen tasoon ja he oppivat välttämään niitä. Erilaisissa ryhmissä ollessaan ja vertaisarviointia tehtäessä opiskelijat tunnistavat omat vahvuutensa ja heikkoutensa.

• Suojattu kananmuna

Suojattu kananmuna (egg-drop exercise) on harjoitus, jossa opiskelijat ryhmissä suojaavat kananmunan heille annetuilla materiaaleilla niin, että kananmuna säilyy ehjänä, kun sen pudottaa korkealta alas. Harjoitus kehittää työn organisointitaitoja, päätöksentekoa, ongelmanratkaisutaitoja ja konfliktien ratkaisutaitoja. Harjoituksesta on monia eri variaatioita, joista kerrotaan Cushingin ja kumppaneiden versio [12]. Tässä versiossa opetetaan lisäksi ryhmän toiminnan prosessia ja kehityksen elinkaarta.

Harjoituksessa opiskelijat jaetaan 7 hengen ryhmiin, joissa heillä on pari tuntia aikaa suojata kananmuna. Harjoitus simuloi ohjelmiston kehitysprosessia antamalla ryhmille vaatimukset ja mahdollisuuden iteratiiviseen lähestymistapaan tehden suunnittelua, toteutusta ja testausta. Vaatimukset voivat määrätä esimerkiksi millä materiaaleilla kananmuna suojataan ja kuinka esteettinen sen täytyy olla. Ryhmät toimivat itsenäisesti ja opettajat tarpeen vaatiessa neuvovat. Lopputuote on kananmuna, joka on suojattu niin hyvin kuin mahdollista ja ryhmät tekevät dokumentaation, jossa on laskettu käytettyjen materiaalien kustannukset. Lopuksi kananmuna tiputetaan tietyltä korkeudelta ja katsotaan säilyikö se ehjänä.

Harjoitusta seuraa raportin kirjoittaminen, jossa opiskelijat kertovat kuinka he lähestyivät ongelmaa, minkälaisen ratkaisun he kehittivät, millaiset roolit ryhmän jäsenillä oli ja miten ryhmän jäsenet toimivat yhdessä. Raportissa kuvataan mikä meni hyvin, mikä ei mennyt hyvin ja mitä opiskelija harjoituksesta oppi. Suojattu kananmuna-harjoitusta voidaan käyttää osana kurssia, johon kuuluu projektityö. Harjoituksesta opiskelijat saavat tuntumaa ryhmätyöhön ja se kehittää monia eri ryhmätaitoja. Raportin kirjoittaminen saa opiskelijat pohtimaan omaa ja muiden suoritusta ja sitä kuinka parantaa seuraavaa kertaa varten.

Ryhmätyöhön rohkaiseminen ja ryhmätyöskentelyn harjoittelu onnistuu edellä esitellyillä menetelmillä. Ottaen huomioon, että useissa tietojenkäsittelytieteen opetusohjelmissa ei ryhmätyötaitoja opeteta tarpeeksi, tulisi näitä menetelmiä soveltaa opetuksessa. Näin opiskelijoille saadaan myönteinen kuva ryhmätyöskentelystä sekä valmiudet olla tehokkaita ryhmän jäseniä työelämässä. Menetelmät eivät ole toisensa poissulkevia, vaan yhdellä kurssilla voidaan käyttää useampia menetelmiä. Esimerkiksi RTB on tarkoitettu käytettäväksi ennen oikean projektin alkua, kun taas varsinaisen projektin voi suorittaa käyttäen projektioppimista.

5 Yhteenveto

Ryhmätyö on tärkeä osa ohjelmistokehitystä. Ohjelmistokehitystä varten tarkoitetut eri menetelmät ohjeistavat omalla tavallaan kuinka yhdessä toimimisen pitäisi tapahtua, jotta kehitystyö olisi mahdollisimman tuotteliasta. Erityisesti ketterissä menetelmissä, joissa painotus on muun muassa yksilöiden välisessä vuorovaikutuksessa, on ryhmätyön merkitys suuri. Ketterät menetelmät, kuten Scrum, uskovat esimerkiksi itseorganisoidun tiimin tuottavan parhaimman lopputuloksen. Ryhmätyön vahvistamista varten on keksitty myös erilaisia käytänteitä, kuten pariohjelmointi, joilla varmistaa ryhmän jäsenten sisäinen kommunikointi ja yhteistyö. Tehokas ryhmätyö

vaatii ohjenuoria ja sääntöjä, koska se vaatii opettelua ja kuria siinä missä ohjelmointikin.

Hyvät ryhmätyötaidot vaativat opettelua eikä niitä löydy valmiina ihmisiltä. Muiden ihmisten kanssa työskentely ja heidän ajatustensa huomioon ottaminen vaatii aina joustoa ja mukautumista. Tämän vuoksi on luotu erilaisia menetelmiä, joilla kehittää omia ryhmätaitojaan. Huonot taidot voivat johtua joko kokemuksen puutteesta tai siitä, että henkilö on luonteeltaan kielteinen ja haluton yhteistyöhön. Tietojenkäsittelytieteen opiskelijoiden tapauksessa puutteelliset ryhmätyötaidot johtuvat usein kokemattomuudesta, johon menetelmät tarjoavat avun.

Menestyksekkäs ryhmätyö riippuu lopulta ryhmän jäsenistä. Yksilön persoonana vaikuttaa kuinka mieluinen ryhmän jäsen yksilö on. Luonteenpiirteet, jotka palvelevat ryhmätyöskentelyä, ovat muun muassa avoimuus, sosiaalisuus ja halu auttaa muita. Huonoihin piirteisiin kuuluu itsepäisyys, muiden väheksyntä ja kielteinen asenne yhteistyöhön. Huonot piirteet omaava kehittäjä ei todennäköisesti pysty kehittymään ryhmän jäsenenä, sovellettiin mitä menetelmää tahansa.

Tietyt luonteenpiirteet ovat eduksi eri kehitysvaiheissa. Myers—Briggsin tyyppi-indikaattorin määrittelemät luonteenpiirteet olivat kaikki hyödyllisiä vähintään yhdessä perinteisen ohjelmistotuotannon kehitysvaiheessa. Persoonallisuustyyppiä voidaan käyttää hyväksi, kun kehittäjiä määrätään erilaisiin tehtäviin. Käytännössä on kuitenkin vaikea sanoa, onko tietynlainen kehittäjä parempi kuin toinen, kun otetaan huomioon teknisten taitojen merkitys persoonallisuustyyppin rinnalle.

Ryhmätyöskentelyn osaaminen on tärkeää ihmiselle, joka pyrkii ohjelmistoalalle. Suuret projektit vaativat monen eri henkilön panoksen, joiden tiedot, taidot ja luonteenpiirteet vaihtelevat. Ilman kommunikointia ja yhteistyötä eri henkilöiden kykyjä ei pystytä valjastamaan yhteisen tavoitteen eduksi. Opetuksessa tulisi korostaa ryhmätyötaitojen opettelua, jotta opiskelijoilla on täydet valmiudet olla tehokkaita ryhmän jäseniä työelämässä.

Lähteet

- [1] *Extreme Programming*. <http://www.extremeprogramming.org/>.
- [2] *Extreme Programming Project*. <http://www.extremeprogramming.org/map/project.html>.
- [3] *Agile Manifesto*, 2001. <http://agilemanifesto.org/>.
- [4] *The Scrum Guide*, 2011. <http://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/Scrum%20Guide%20-%20FI.pdf#zoom=100>.
- [5] Abran, Alain, Pierre Bourque, Robert Dupuis, James W. Moore ja Leonard L. Tripp: *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - SWEBOK*. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, 2004, ISBN 0769510000.
- [6] Acuña, Silvia T., Marta N. Gómez ja Juan de Lara: *Empirical study of how personality, team processes and task characteristics relate to satisfaction and software quality*. Teoksessa *Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement*, ESEM '08, sivut 291–293, New York, NY, USA, 2008. ACM, ISBN 978-1-59593-971-5. <http://doi.acm.org/10.1145/1414004.1414056>.
- [7] Beck, Kent ja Cynthia Andres: *Extreme Programming Explained: Embrace Change (2nd Edition)*. Addison-Wesley Professional, 2004, ISBN 0321278658.
- [8] Begel, Andrew ja Nachiappan Nagappan: *Pair programming: what's in it for me?* Teoksessa *Proceedings of the Second ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement*, ESEM '08, sivut 120–128, New York, NY, USA, 2008. ACM, ISBN 978-1-59593-971-5. <http://doi.acm.org/10.1145/1414004.1414026>.
- [9] Capretz, Luiz Fernando: *Personality types in software engineering*. Int. J. Hum.-Comput. Stud., 58(2):207–214, Feb. 2003, ISSN 1071-5819. [http://dx.doi.org/10.1016/S1071-5819\(02\)00137-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1071-5819(02)00137-4).
- [10] Capretz, Luiz Fernando ja Faheem Ahmed: *Making Sense of Software Development and Personality Types*. IT Professional, 12(1):6–13, Jan. 2010, ISSN 1520-9202. <http://dx.doi.org/10.1109/MITP.2010.33>.
- [11] Cockburn, Alistair: *Using Both Incremental and Iterative Development*. 2008. <http://www.crosstalkonline.org/storage/issue-archives/2008/200805/200805-Cockburn.pdf>.

- [12] Cushing, Judy, Kate Cunningham ja George Freeman: *Towards best practices in software teamwork*. J. Comput. Sci. Coll., 19(2):72–81, Dec. 2003, ISSN 1937-4771. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=948785.948797>.
- [13] Da Cunha, Alessandra Devito ja David Greathead: *Does personality matter?: an analysis of code-review ability*. Commun. ACM, 50(5):109–112, May 2007, ISSN 0001-0782. <http://doi.acm.org/10.1145/1230819.1241672>.
- [14] Deemer, Pete ja Gabrielle Benefield: *The Scrum Primer. An Introduction to Agile Project Management with Scrum*. 2007. <http://www.rallydev.com/documents/scrumprimer.pdf>.
- [15] Gorla, Narasimhaiah ja Yan Wah Lam: *Who should work with whom?: building effective software project teams*. Commun. ACM, 47(6):79–82, Jun. 2004, ISSN 0001-0782. <http://doi.acm.org/10.1145/990680.990684>.
- [16] Hall, Tracy, David Wilson, Austen Rainer ja Dorota Jagielska: *Communication: the neglected technical skill?* Teoksessa *Proceedings of the 2007 ACM SIGMIS CPR conference on Computer personnel research: The global information technology workforce*, SIGMIS CPR '07, sivut 196–202, New York, NY, USA, 2007. ACM, ISBN 978-1-59593-641-7. <http://doi.acm.org/10.1145/1235000.1235043>.
- [17] Jun, Huang: *Improving undergraduates' teamwork skills by adapting project-based learning methodology*. Teoksessa *Computer Science and Education (ICCSE), 2010 5th International Conference on*, sivut 652–655, Aug. 2010.
- [18] Larmer, John: *PBL Starter Kit: To-the-Point Advice, Tools and Tips for Your First Project in Middle or High School*, luku 1. BIE, June 2009, ISBN 978-0-9740343-2-4.
- [19] Lingard, R. ja E. Berry: *Teaching teamwork skills in software engineering based on an understanding of factors affecting group performance*. Teoksessa *Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual*, nide 3, sivut S3G–1 – S3G–6 vol.3, Nov. 2002.
- [20] Markham, Thom, John Larmer ja Jason Ravitz: *Project Based Learning Handbook: A Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers*, luku 1. BIE, 2003, ISBN 0-9740343-0-4.
- [21] Pieterse, Vreda, Lisa Thompson, Linda Marshall ja Dina M. Venter: *Participation patterns in student teams*. Teoksessa *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science*

- Education*, SIGCSE '12, sivut 265–270, New York, NY, USA, 2012. ACM, ISBN 978-1-4503-1098-7. <http://doi.acm.org/10.1145/2157136.2157218>.
- [22] Shore, James ja Shane Warden: *The art of agile development*, luku 5. O'Reilly, first painos, 2007, ISBN 9780596527679.
 - [23] Sommerville, Ian: *Integrated Requirements Engineering: A Tutorial*. IEEE Softw., 22(1):16–23, Jan. 2005, ISSN 0740-7459. <http://dx.doi.org/10.1109/MS.2005.13>.
 - [24] Sutherland, Jeff: *Scrum Handbook*, July 2010. <http://jeffsutherland.com/scrumhandbook.pdf>.
 - [25] Waite, William M., Michele H. Jackson, Amer Diwan ja Paul M. Leonard: *Student culture vs group work in computer science*. SIGCSE Bull., 36(1):12–16, Mar. 2004, ISSN 0097-8418. <http://doi.acm.org/10.1145/1028174.971308>.
 - [26] Zarb, Mark: *Understanding communication within pair programming*. Teoksessa *Proceedings of the 3rd annual conference on Systems, programming, and applications: software for humanity*, SPLASH '12, sivut 53–56, New York, NY, USA, 2012. ACM, ISBN 978-1-4503-1563-0. <http://doi.acm.org/10.1145/2384716.2384738>.