

OHJELMISTOPROJEKTtien RISKIENARVIOINTI

Jari Paulin

15.3.2002

Joensuun yliopisto
Tietojenkäsittelytiede
Pro gradu -tutkielma

TIIVISTELMÄ

Ohjelmistoprojektien riskienarviointi on osa riskienhallintaa ja yleisemmin osa projektin hallintaa. Riskienarviointi tarkoittaa tulevaisuuden eri tapahtumien epävarmuuden selvittämistä. Riskienarvioinnista saatavaa informaatiota käytetään projektin päätöksenteon tukena. Ohjelmistoprojekteissa ei kuitenkaan välttämättä aina arvioida projektiin liittyviä riskejä, vaan ollaan tietämättömiä niistä. Tämän vuoksi riskejä ei myöskään hallita, jolloin projekti saattaa epäonnistua. Tutkielmassa tarkastellaan kirjallisuuden avulla kuinka ohjelmistoprojektien riskejä arvioidaan. Riskejä tarkastellaan projektin eri osapuolten näkökulmista. Osapuolet vaikuttavat projektin riskeihin tässä tarkastelussa. Riskienarviointi jaetaan kolmeen osaan: riskien tunnistamiseen, analysointiin ja evaluointiin jatkotoimenpiteitä varten.

ACM-luokat (ACM Computing System, 1998 version): D.2.9, K.6.1, K.6.3

Avainsanat: riski, riskienarviointi, ohjelmistoprojekti

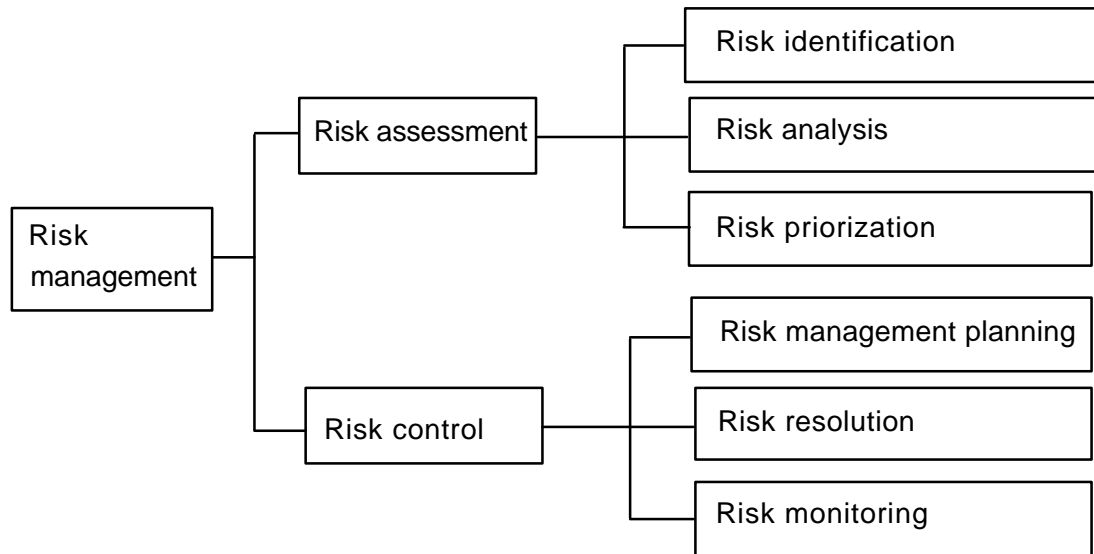
SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	RISKIALTTIIT OHJELMISTOPROJEKTIT	6
2.1	Projektin riskien ilmenemismuotoja	6
2.1.1	Projektin lopputulos	7
2.1.2	Epävarmuus projektissa	8
2.2	Riskin moniulotteisuus	10
2.2.1	Projektin osapuolia	10
2.2.2	Osapuolten onnistunut lopputulos	13
3	RISKIEN TUNNISTAMINEN	15
3.1	Riskien luokittelu	16
3.2	Riskien havaitseminen	17
3.2.1	Riskien ajoittuminen ja kytkeytyminen	18
3.2.2	Riskien syyt ja seuraukset	19
3.3	Projektin nykyinen tilanne	22
3.3.1	Osapuolten tunteminen	22
3.3.2	Projektin tapahtumat	24
3.4	Tulevaisuuden tarkastelu	26
4	RISKIEN ANALYSOINTI	28
4.1	Mitta-asteikko	29
4.2	Riskialttius	30
4.2.1	Riskin todennäköisyys	32
4.2.2	Riskin vaikutus	33
4.3	Mittaamisen määrä	34
4.4	Mittaamisen tarkkuus	35
4.5	Analysointitekniikoita	37

5 RISKIEN EVALUOINTI	40
5.1 Osapuolten suositustasot	40
5.1.1 Riskitaso	41
5.1.2 Riskien ottaminen	42
5.2 Riskien vertaaminen	44
5.2.1 Riskitasojen vertaaminen suositustasoon	44
5.2.2 Tärkeimmät riskit	46
5.2.3 Riskien vaihtoehdot	49
6 POHDINTA	51
6.1 Riskienhallinnan jatkuvuus	51
6.2 Riskienarvioinnin heikkouksia ja vahvuuksia	52
6.3 Yhteenveto	54
VIITELUETTELO	57

1 JOHDANTO

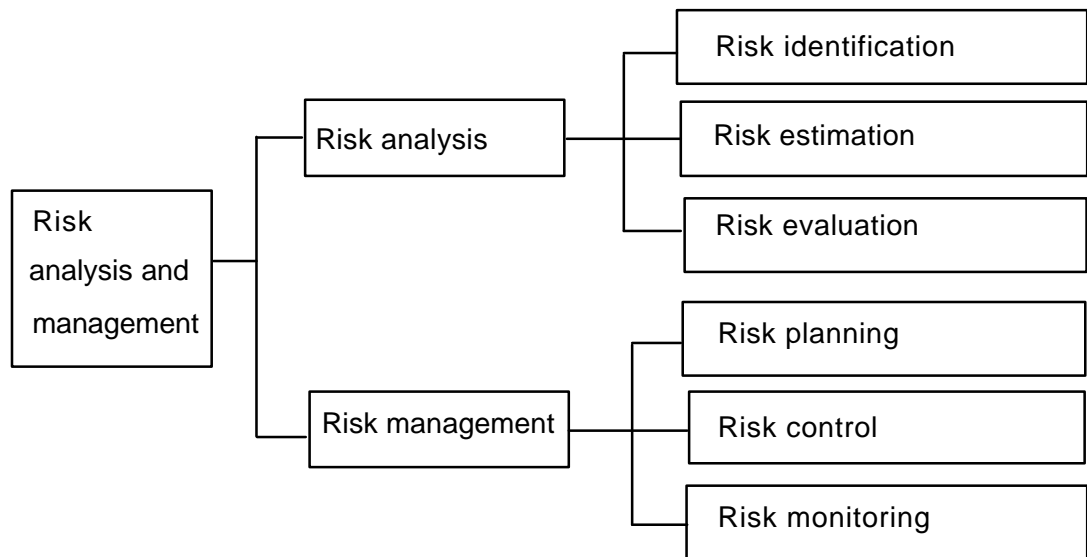
Ohjelmistotuotannon *riskienhallinta* määritellään yritykseksi formalisoida riskipainotteisessa kehittämistyössä saavutettu menestys helposti sovellettaviksi periaatteiksi ja käytännöiksi (Ropponen ja Lyytinen 1999, s. 67). Eri kirjoittajat ovat määritelleet riskienhallinnan osat eri tavoin (Boehm 1989; Charette 1989; PMBOK 1996; ISO 10006 1997). Miettinen ja Kajava (1994, s. 14) ovat jättäneet suomentamatta eri kirjoittajien käyttämiä englanninkielisiä termejä, koska kaikille termeille ei löydy yleisesti hyväksytyjä eikä yksikäsitteisiä suomenkielisiä määritelmiä. Havainnollistan englanninkielisten termien käyttöä kuvissa 1.1 - 1.4. Boehmin (1989, s. 115-132) ja Charetten (1990, s. 548-557) käyttämät englanninkieliset termit (kuvat 1.1 ja 1.2) ovat erilaisia.



Kuva 1.1: Ohjelmistoprojektin riskienhallinnan osat (Boehm 1989).

Boehm (1989, s. 2) on tehnyt kolmiosaisen *riskienarvioinnin* (risk assessment) jaotteen (kuva 1.1). Hän aloittaa riskienarvioinnin riskien *tunnistamisella*, jossa selvitetään mitä riskejä on olemassa. *Analysoinnissa* tarkastellaan tarkemmin tunnistettuja riskejä ja lopuksi riskit *priorisoidaan* eli asetetaan tärkeysjärjestykseen. *Riskienvälvoonnassa* (risk control) suunnitellaan riskienarvioinnin pohjalta toimenpiteet, pyritään ratkaisemaan riskit ennakolta ja seurataan tilanteiden kehittymistä (Boehm 1991, s. 33-34). Riskienhallinnan toteutukselliset osat, kuten hallinnan suunnittelu, tilanteen

korjaaminen ja seuranta tehdään riskienvalvonnassa (Boehm 1989, s. 134). Vaikka riskienhallinnassa tarkastellaankin mahdollisia menetyksiä, sitä ei silti pitäisi nähdä pelkästään kielteisenä, vaan myös myönteisenä prosessina. Boehm (1991) esittää, että riskienhallinnassa yritetään ennakoida riskejä etukäteen ja etsiä vaihtoehtoisia lähestymistapoja ennen kuin ne realisoituvat ongelmiksi. Näin projektissa pyritään välttämään epäonnistumiset ja yhä uudelleen tehtäväksi tulevat työt.

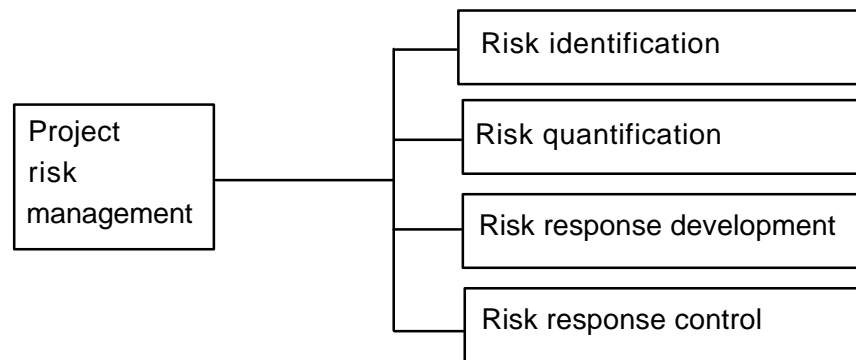


Kuva 1.2: Ohjelmistoprojektin riskienhallinnan osat (Charette 1989).

Charetten (1989, s. 57-61) määrittely riskianalyysistä ja riskienhallinnasta on kuvan 1.2 mukainen. Charetten jaottelu on pitkälti samanlainen kuin Boehmin. Riskianalyysi jakautuu kolmeen osaan, joista kaksi ensimmäistä sisältävät samoja asioita kuin Boehmin jaottelu, vaikkakin toisen osan nimenä on *estimointi*. Riskien estimoinnissa mitataan riskien mahdollisia seurauksia ja niiden vaikutuksen suuruutta. Charetten riskianalyysin kolmas osa, *evaluointi*, sisältää mm. riskien vertaamisen osapuolten määrittelemään *suositustasoon*, joka määrittelee miten suuria riskejä osapuolet hyväksyvät. Charette (1990, s. 26) huomauttaa, että käytännössä riskien tunnistaminen, estimointi ja evaluointi eivät ole täysin erillisiä osia, vaan ne limittyvät toisiinsa. Samoja tunnistamistekniikoita voidaan tiedon hankkimiseksi soveltaa riskianalyysin eri osiin. Riskienhallintaan kuuluu suunnittelu, valvonta ja seuranta. Riskienvalvonta sisältää suunnittelua riskien välttämiseksi. Seurannan tarkoitus on havaita olivatko päätöksen seuraukset

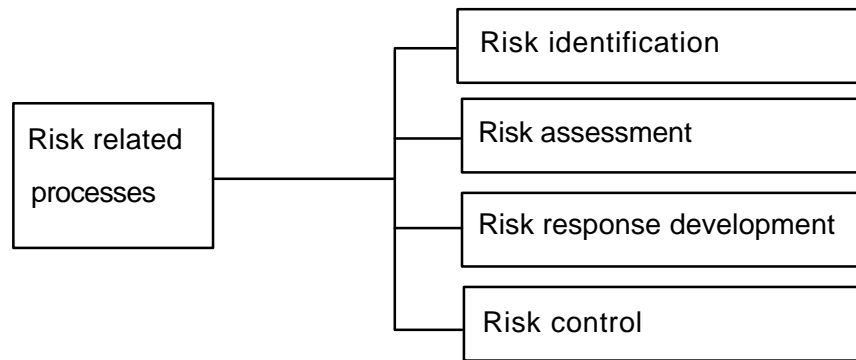
alkuperäisen suunnitelman mukaisia sekä tarvittaessa tehdä uusia päätöksiä aikaisempien korjaamiseksi.

Miettinen ja Kajava (1994, s. 3-4) toteavat, että riskienarviointi ja riskianalyysi ovat käsitteinä lähellä toisiaan. He kuitenkin erottavat ne eri käsitteiksi ja sijoittavat riskianalyysin kuuluvan osaksi riskienarviointia. Riskienarviointi on puolestaan osa riskienhallintaa. IIRMAG:n (International Information Risk Management Advisory Group) mukaan riskienarvioinnissa on kyse riskianalyysin tulosten arvioinnista jatkotoimenpiteitä varten sekä tulosten raportoinnista riskienarvioinnin tilaajalle.



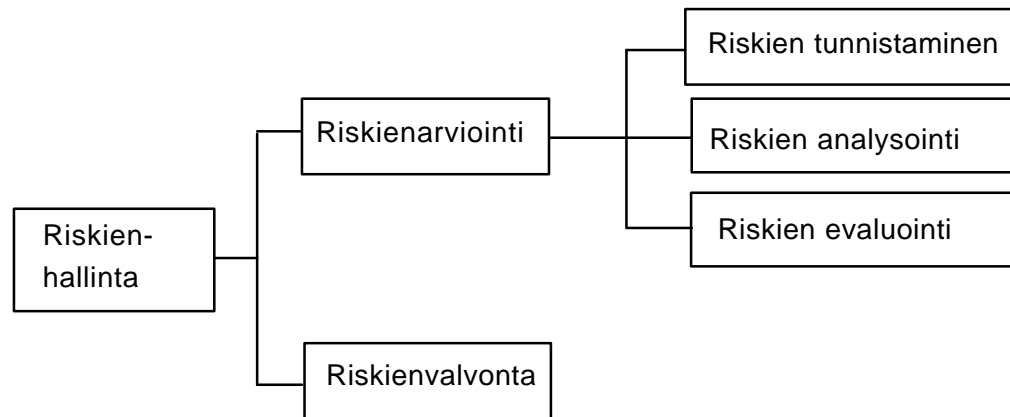
Kuva 1.3: Projektin riskienhallinnan osat (PMBOK 1996).

PMBOK:n (1996, s. 111-121) mukaan projektin riskienhallinta sisältää kuvan 1.3 osat. Riskien tunnistamisessa määritellään ja dokumentoidaan sellaisten riskien tunnusmerkit, jotka voivat vaikuttaa projektiin. Riskien kvantifioinnissa tarkastellaan riskien lähteitä, tapahtumia ja niiden välisiä vuorovaikutuksia, jotta voitaisiin määrittää mahdolliset projektin lopputulokset. Riskien kvantifiointiin liittyy myös projektin osapuolten näkemykset, millaisia riskejä osapuolet ovat valmiita hyväksymään. *Riskien vastineen kehittäminen* (risk response development) sisältää toimenpiteet riskien varalle. Näitä ovat mm. riskien välttäminen, pienentäminen ja hyväksyminen sellaisenaan. *Riskien vastineen valvonta* (risk response control) on riskienhallintasuunnitelman toteuttamista, minkä avulla korjataan projektin kulkua riskien toteutuessa.



Kuva 1.4: Riskeihin liittyvien prosessien osat (ISO10006 1997).

ISO 10006 (1997, s. 15-16) tarjoaa kuvan 1.4 mukaisen riskeihin liittyvien prosessien jaottelun. Sen mukaan olisi tunnistettava projektiin ja projektin tuottamaan tuotteeseen kohdistuvat riskit ja keinot hyväksyttävien riskirajojen ylittämisen selvittämiseksi. ISO 10006:n riskienarviointi arvioi riskien toteutumisen todennäköisyyden ja vaikutuksen. Riskien vastineen kehittämisessä tehdään suunnitelmia riskien poistamisesta, pienentämisestä tai siirtämisestä. Riskien valvonnassa seurataan projektin etenemistä ja raportoidaan hälyttävistä riskeistä.



Kuva 1.5: Tutkielman rajaus riskienarviointiin.

Rajaan tutkielmani riskienarviointiin riskienhallinnan kokonaisuudesta kuvan 1.5 mukaisesti. Rajauksen ulkopuolelle jää siis riskienvalvonta ja siihen liittyvät osat. Käytän tutkielmassani Boehmin ja erityisesti Charetten jaottelua, jota täydennän muiden esittämällä ajatuksilla. Riskienarvioinnin kolmannessa osassa käytän mm. Charetten osaa

evaluointi, sillä se on kattavampi kuin Boehmin priorisointi, joka sisältyy Charetten (1990, s. 556) jaotteluun.

Esittelen toisessa luvussa projektin osapuolia ja muutamia ohjelmistoprojektien lopputuloksia, joista konkreettisesti ilmenee projektien alttius epäonnistumiselle. Kolmannessa luvussa esittelen riskien tunnistamista (kuva 1.5). Neljännessä luvussa esittelen riskien analysointia, jossa tarkastelen tunnistettuja riskejä tarkemmin. Viidennessä luvussa esittelen riskienarvioinnista saatavia tuloksia, joita riskien evaluointi tuottaa. Riskienarvioinnin tuloksia käyttää riskienvalvonta. Kuudennessa luvussa selitän kirjallisuuden perusteella riskienhallinnan jatkuvuutta ja riskienarvioinnin hyödyllisyyttä sekä teen yhteenvedon tutkielmasta.

2 RISKIALTTIIT OHJELMISTOPROJEKTIT

Ohjelmistoprojekteja on kritisoitu myöhästyneiksi, kalliiksi ja riittämättömiksi (Boehm 1989, s. 63). Ropponen ja Lyytinen (1999, s. 68) toteavat, että nämä ongelmat ovat yleisiä ohjelmistoprojekteissa siitä huolimatta, että mm. kehitystekniikat ja työkalut ovat kehittyneet paremmiksi. Kiel & al. (1998, s. 76) esittävät yhtenä selityksenä monille epäonnistumisille, että johtajat eivät mittaa tarpeeksi harkitsevasti projektien riskejä arvioidakseen ja kyetäkseen hallitsemaan niitä. Esittelen kohdassa 2.1 miten riskit ohjelmistoprojekteissa voivat ilmentyä.

Projektilla on siihen liittyviä *osapuolia*. Projektityöskentelylle on ominaista riskien moniulotteisuus. Kohdassa 2.2 tarkastelen riskien moniulotteisuutta projektin osapuolten näkökulmasta. Osapuolet vaikuttavat riskien olemassaoloon ja niiden toteutumiseen.

2.1 Projektin riskien ilmenemismuotoja

Ohjelmistoprojektin toivottava *lopputulos* on *hyväksyttävä tuote* eli ohjelmisto. Projektin toteuttama tuote pitäisi olla toimitettu ajallaan, budjetin rajoissa ja sen pitäisi täyttää tietyt *vaatimukset*. Charetten (1990, s. 221-224) mukaan tuotteen hyväksyttävyyteen vaikuttavat mm. sen toiminnot, suorituskyky, helppokäyttöisyys ja muunneltavuus. Rakennettavassa ohjelmistossa on oltava testatut toiminnot, jotka vastaavat käyttäjien vaatimuksia. Lyytinen & al. (1999, s. 30) esittävät, että kokonaisuuden kannalta ongelmana on päättää resurssien käytöstä, tarvittavista taidoista ja tiedoista. Rajoitetut resurssit, kyvyt tai tiedot aiheuttavat riskejä ohjelmistojen tuottamisessa.

Epävarmuus on olennainen perusta riskien olemassaololle (Charette 1990, s. 15). Epävarmuus on sitä, että esimerkiksi projektin alussa ei ole riittävästi tietoa toteutettavasta ohjelmistosta. Projektin lopputulos ei aina ole se, mihin projektin alussa pyrittiin (Karolák 1996, s. 5).

2.1.1 Projektin lopputulos

Menestys määritellään usein myönteisenä seurauksena tai lopputuloksena projektin osapuolille. Projektissa on useita osapuolia ja voidaan kysyä, kenelle lopputuloksen pitäisi olla myönteinen tai tyydyttävä (Saarinen 1993, s. 11). Projektipääällikkö esimerkiksi saattaa olla tyytyväinen lopputulokseen, vaikka projektissa kehitetyn ohjelmiston käyttäjät olisivatkin tyytymättömiä.

Monissa tapauksissa projektin lopputulos on sopimaton eli projekti on jollain tavalla *epäonnistunut*. Karolak (1996, s. 5-6) ja Charette (1989, s. 16-18) ovat julkaisseet taulukon 2.1 mukaisia Yhdysvaltain hallituksen ohjelmistosopimusten lopputuloksia vuodelta 1982. Lopputulosten mukaan yhdeksässä rahoitetussa projektissa 29 %:lle kustannuksille ei saatu vastinetta ja 19 % kustannuksista kului parannuksiin. Alle kaksi prosenttia kokonaiskustannuksista kohdentui ohjelmistoon, joka täytti käyttäjien vaatimukset. Charette toteaa, että lopputulokset esittävät oireita, eivät ongelman syitä.

Taulukko 2.1: Yhdysvaltain hallituksen yhdeksän ohjelmistosopimuksen lopputulokset kustannuksittain (Charette 1989).

%	Lopputulos
47,27	ohjelmisto toimitettu, mutta ei onnistuneesti käytetty
28,80	ohjelmisto maksettu, mutta ei toimitettu
19,20	ohjelmistoa käytetty, mutta laajasti paranneltu tai hylätty
2,95	ohjelmistoa käytetty muutosten jälkeen
1,78	ohjelmistoa käytetty toimitetussa muodossa

Artto (1997b, s. 356) viittaa Standish Groupin vuonna 1995 tekemään selvitykseen amerikkalaisten yritysten ohjelmistoprojekteista. Tulosten mukaan 31,3 % projekteista peruttiin ennen kuin ne valmistuivat, kun taas 52,7 % projekteista maksoi 189 % enemmän kuin alunperin arvioitiin. Tulosten mukaan projektit tuottivat noin 42 % niistä ominaisuuksista ja toiminnoista, joita niiden oli alunperin tarkoitus tuottaa.

Taulukossa 2.2 on kuvattu Yhdysvalloissa vuonna 1995 keskeytettyjen ja ylitettyjen projektien aiheuttamia kustannuksia (Keil & al. 1998, s. 76).

Taulukko 2.2: Keskeytysten ja ylitysten aiheuttamia kustannuksia (Keil & al. 1998).

Kustannuksen aiheuttaja	Kustannus
keskeytys	\$81 miljardia
ylitys	\$59 miljardia
yhteensä	\$250 miljardia

Taulukoista 2.1 ja 2.2 havaitaan, että projektien epäonnistuessa rahalliset menetykset voivat olla suuria. *Riskialttiuteen* (risk exposure) kuuluu läheisesti *mahdollisuus* epäonnistumisesta ja epätydyttävästä *vaikutuksesta* (Boehm 1991, s. 33). Riskin vaikutus voi ilmetä mm. kustannuksissa.

Epäonnistunut lopputulos on moniulotteinen käsite, joka riippuu suuresti näkökulmasta (Charette 1990, s. 14). Projektin eri osapuolilla on usein erilaisia kriteerejä, joiden mukaan he tarkastelevat projektin onnistumista (Boehm 1991, s. 33). Kyse on toisaalta siitä, kuinka riskit *kohdentuvat* eli keitä tai mitä riskit koskevat ja ketkä joutuvat vastaamaan niistä.

2.1.2 Epävarmuus projektissa

Riski merkitsee kehitystyön tehtävien, prosessien tai ympäristön erityistä näkökohtaa tai piirrettä, joka huomioimatta jätettynä lisää projektin todennäköisyyttä epäonnistua (Ropponen 1999a, s. 49). Riski on mahdollinen ongelma, joka ei ole vielä tapahtunut (Fairley 1994, s. 57). Riskiin sisältyy *epävarmuus* esimerkiksi siitä, pystytäänkö projektille asetetut tavoitteet saavuttamaan. Epävarmuus tarkoittaa, että osapuolilta puuttuu tietoa menneistä, nykyisistä tai tulevista tapahtumista. Tapahtuman arvoista tai ehdoista voi myös puuttua tietoa (Charette 1990, s. 15). Tavoitteet saatetaan tietoisesti asettaa poikkeuksellisen vaativiksi, jolloin epäonnistuminen voi aiheutua jonkin riskin toteutumisesta.

Charette (1989, s. 88-89) määrittelee *riskit* kolmikkojen joukkona:

$$\text{Riskit} = \{ \langle S_i, L_i, X_i \rangle \} \quad (2.1)$$

jossa S_i on *skenaario*, joka kuvastaa mikä voi mennä vikaan, L_i on riskin mahdollisuus (likelihood) tai *todennäköisyys* esiintyä ja X_i on riskin aiheuttama *menetyk*s tai *vaikutus*. Kutsun S_i :tä Boehmin (1989, s. 1) tapaan riskin nimeksi.

Fairleyn (1994, s. 58) mukaan se, pitääkö tilannetta riskinä vai mahdollisuutena, riippuu katsojan näkökulmasta. Projektit, joissa on suuri epäonnistumisen mahdollisuus, voivat tarjota myös suuremmat rahalliset voitot (Saarinen 1993, s. 15). Esimerkiksi osakkeiden myyminen tiettyä hetkenä on toiselle riski ja toiselle mahdollisuus. Liikeriski voi tuottaa voittoa tai tappiota, mutta vahinkoriski voi tuottaa vain tappiota (Nevalainen ja Levonen 1998). Menetyksen tai voiton mahdollisuus liittyy *spekulatiivisiin riskeihin*, joista esimerkkinä ovat uhkapelit. *Staattisiin riskeihin* liittyy vain mahdollisuus menetyksestä (Charette 1990, s. 14). Esimerkki pelkästä menetyksestä on varmuuskopion tuhoutuminen tulipalossa.

Epävarmuuden kadotessa eli varmassa tilanteessa riskiä ei kuitenkaan ole (Charette 1990, s. 16-17). Jotta riski olisi määritelmän mukaan todellinen, sen toteutumiselle pitää olla mahdollisuus. Vastaavasti tapahtuma, joka ilmenee aina, ei ole riski vaan fakta, joka ilmaisee, että kyseisessä projektissa on ongelma (Nevalainen ja Levonen 1998).

Charetten (1990, s. 16-17) mukaan epävarmuus voi olla luonteeltaan deskriptiivistä tai mittauksellista tai se voi myös liittyä tapahtuman lopputulokseen. *Deskriptiivinen epävarmuus* on riittävän tiedon puuttumista, jotta epävarmuuden aiheuttajat voitaisiin tunnistaa. *Mittauksellinen epävarmuus* on riittävän tiedon puuttumista, jotta aiheuttajille voitaisiin antaa arvot. Kolmas epävarmuus on luonteeltaan teoreettisempi: *epävarmuus tapahtumien tuloksista* eli ei tiedetä, mitkä mahdolliset lopputulokset ovat. Epävarmuuden spektrin toisessa päässä on täydellinen tietämättömyys ja toisessa päässä

täydellinen tietämys asiasta. Projektin etenemisen aikana hankitaan tietoa riskeistä eli kuljetaan epävarmuudesta kohti varmuutta.

2.2 Riskin moniulotteisuus

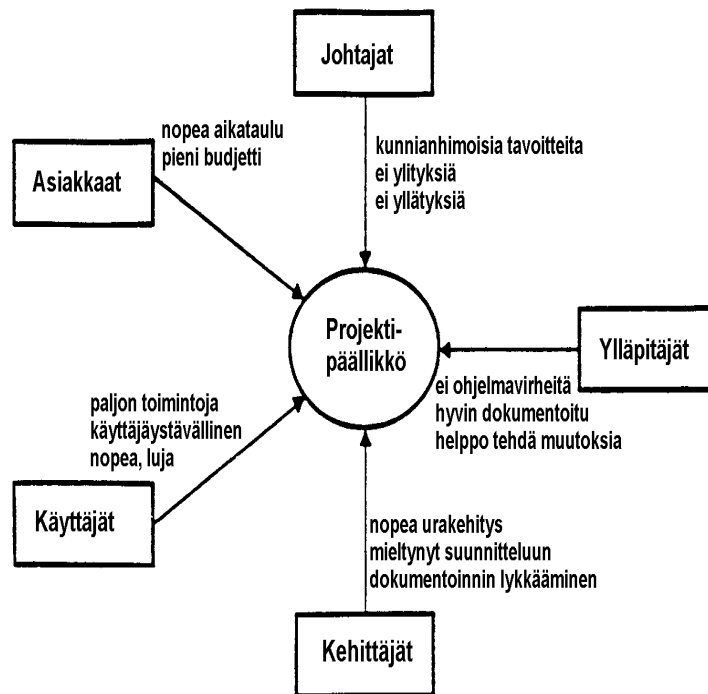
Charette (1990, s. 17-18, 39-41) ja Jauri (1997, s. 14) toteavat, että me itse aiheutamme monet riskimme ja osa aiheuttamistamme riskeistä voi kohdistua muihin. Sama pätee myös toisinpäin: osa muiden riskeistä voi kohdistua myös itseemme. Riskille *altistuminen* tapahtuu riskin ottamisessa, joka voi olla tietoisesti tai tiedostamattomasti tehty valinta eri vaihtoehdoista. Riskille voi joutua altistumaan muiden toiminnan vuoksi eli altistua riskin mahdollisuudelle, vaikka ei itse tarkoituksellisesti valintaa tekisikään. Esimerkiksi ohjelmistoteknisen ongelman ratkaisemattomuus aiheuttaa sen, että virheelliseksi jäänyt toiminto ohjelmistossa ei toimi myöskään asiakkaalla. Pfleeger (2000, s. 266) jakaa riskit vapaaehtoisesti otettuihin ja ei-vapaaehtoisesti otettuihin. Ei-vapaaehtoisesti otettuja riskejä voivat esimerkiksi olla projektissa käytettävä käyttöjärjestelmä tai kehitysympäristö.

Projektin osapuolet voivat altistua erilaisille riskeille. Osapuolet voivat myös rajoittaa joillekin riskeille altistumista ja rajata osan riskeistä kokonaan pois sopimattomina. Esimerkiksi IBM keskeytti erästä prosessoria käyttävän tietokoneen myynnin, kun heidän riskienarviointinsa antoi tulokseksi, että prosessorin ohjelmavirhe ilmenee merkittävästi useammin kuin valmistaja on ilmoittanut sen ilmenevän (Pfleeger 2000, s. 265).

2.2.1 Projektin osapuolia

Projektin osapuolilla voi olla projektin lopputuloksesta eriävät tai jopa vastakkaiset toiveet. Boehm ja Ross (1989, s. 86) antavat esimerkkejä osapuolten toiveista (kuva 2.1). Nämä toiveet luovat ristiriitoja, kun niitä yritetään sovittaa yhteen. Boehm ja Ross toteavat, että nämä ristiriidat ovat lähteitä ohjelmistoprojektien hallinnan ongelmille. Kuvaa 2.1 voisi laajentaa projektipäällikön ongelmasta sisältämään myös muitakin projektin osapuolia, mm. alihankkijat, markkinoinnin ja projektin rahoittajat. Vieranomaiset ja muiden yritysten kilpailevat projektit saattavat vaikuttaa myös projektiin.

Projektipäällikkö johtaa projektia. Boehmin ja Rossin (1989, s. 85, 87) mukaan projektipäällikön ongelma on se, että projektin pitää yhtäaikaaisesti täyttää monien osapuolten vaatimukset. Projektipäällikön tehtävänä on saattaa osapuolet onnistuneeseen lopputulokseen. *Johtajat* voivat jättää huomioimatta tärkeitä tietoja mm. omien ennakkoluulojensa, toimettomuutensa tai välinpitämättömyytensä takia (Lyytinen & al. 1999, s. 29).



Kuva 2.1: Projektipäällikön ongelma (Boehm ja Ross 1989).

Asiakkaan näkökulmasta riski on esimerkiksi huonosti toimiva tai toimimaton ohjelmisto. Budjetin ja aikataulun ylitykset ovat sekä asiakkaille että *kehittäjille* sopimaton lopputulos (Boehm 1991, s. 33). Asiakas on kiinnostunut projektin tuottamasta ohjelmistosta investointina ja asiakkaan riskejä liittyy myös investoinnin kannattavuuteen (Pitkänen 1999, s. 24). Projektin alussa määritellään ohjelmistolle asetettavat vaatimukset, joita projektin kuluessa saatetaan muuttaa. Charette (1990, s. 226-227) esittää, että ohjelmiston kehittäminen on joskus jatkuvaa neuvottelemista siitä, millainen lopullisen järjestelmän tulisi olla. Ohjelmistoa saatetaan muuttaa kehittämisen aikana. Asiakkaat eivät kuitenkaan välttämättä arvioi kattavasti muutoksista aiheutuvia riskejä.

Vastaavasti ohjelmiston kehittäjät eivät kenties ymmärrä muutosten hyväksymisen aiheuttamia uusia riskejä. Kehittäjien virhe on suostua muutoksiin miellyttääkseen asiakasta.

Frame (1997, s. 25) esittää, että asiakas voi myös ajatella saavansa toimitettavasta ohjelmistosta enemmän hyötyä kuin mitä hän todellisuudessa saa. Tämä voi olla seurausta siitä, että yrityksen *markkinointi* on voinut luvata enemmän kuin kehittäjillä on kykyä toteuttaa. Markkinointi on saattanut luvata asiakkaalle, että todellisuudessa yhdeksän kuukautta kestävä projekti tehdään puolessa vuodessa.

Boehm (1991, s. 33) toteaa, että *käyttäjät* eivät ole tyytyväisiä, jos ohjelmistossa on vääriä toimintoja tai puutteita luotettavuudessa, suorituskyvyssä tai käyttöliittymässä. Käyttäjät voivat pitää ohjelmistoa liian monimutkaisena ja asiakas voi pitää sitä liian kalliina kokonaiskustannuksiltaan. Hansen ja Millar (1997, s. 258) esittävät, että ohjelmiston käyttäjiä saatetaan rohkaista osallistumaan projektiin sen kehitysvaiheessa. Näin käyttäjiltä saadaan mielipiteitä rakennettavasta ohjelmistosta. Samalla siirretään joitakin projektin riskejä heidän vastuulleen. Käyttäjällä ei mahdollisesti ole käyttökokemusta kehitettävästä ohjelmistosta (Lyytinen & al. 1999, s. 29).

Ylläpitäjälle huonosti rakennettu ohjelmisto on ongelmallinen (Boehm 1991, s. 33). Projektin ylläpitäjälle riski voi olla esimerkiksi se, että ohjelmistoa ei pystytä ylläpitämään riittävän hyvin tulevaisuudessa. Ylläpitoa tekeville on tärkeätä, että dokumentointi on tehty hyvin ja muutoksia on helppo toteuttaa. Esimerkiksi tapauskohtaisesti optimoitu ohjelmisto lisää ylläpitäjän työtä, koska lisäykset tai muutokset vaikeutuvat (Charette 1990, s. 207).

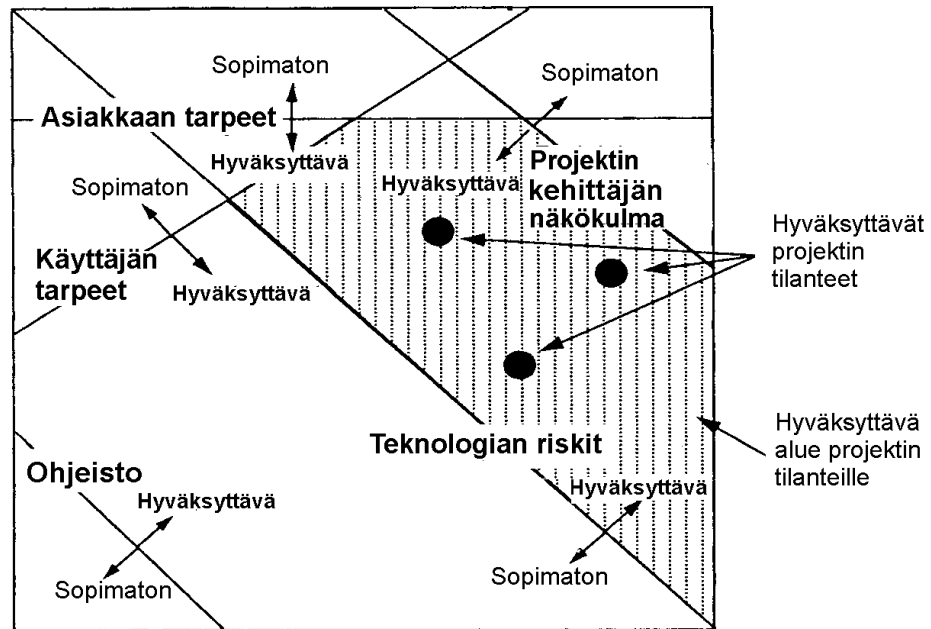
Riskejä ei pidä tarkastella vain projektin näkökulmasta, vaan myös liiketaloudellisesta näkökulmasta (Karolak 1996, s. 21). Artto & al. (2000, s. 46) pitävät liiketaloudellisesta näkökulmasta katsottuna tärkeämpänä riskien ottamista kuin niiden välttämistä. Liiketoiminnan voitto voi pitkällä aikavälillä perustua yrittämiseen, jossa vastuut ja riskit on havaittu ja otettu. Sherer (1994, s. 257) muistuttaa kuitenkin, että jos asiakkaan luottamus vaarannetaan, tuleva liiketoiminta joutuu myös uhatuksi.

Bryan ja Siegel (1988, s. 419) esittelevät ohjelmistoprojektien *lyhyen ja pitkän aikavälin päämääriä*. Projektipäälliköllä voi olla esimerkiksi tapana keskittyä lyhyen aikavälin päämääriin. Tällainen päämäärä on voi olla ohjelmiston tekeminen valmiiksi tietynä toimituspäivänä huolimatta ohjelmiston keskeneräisestä tilasta. Toinen esimerkki lyhyen aikavälin päämäärästä on keskittyminen ohjelmiston näkyviin osiin, jotta voitaisiin näyttää että edes jotain on saatu tehdyksi. Tässä prosessissa pidemmän aikavälin päämäärät saatetaan unohtaa tai jättää kokonaan huomioimatta. Lyhyen aikavälin kustannusten minimointi saattaa siirtää kustannuksia tulevaisuuteen ja on siten ristiriidassa tuotteen kokonaiskustannusten minimoinnin kanssa. Pidemmän aikavälin päämääriä ovat mm. ohjelmiston ylläpidettävyys, helppokäyttöisyys käyttäjien kannalta, ongelmattomat toiminnot ja helpotajuiset dokumentoinnit.

2.2.2 Osapuolten onnistunut lopputulos

Ropponen (1999b, s. 221) selittää projektien epäonnistumista alussa voitto-voitto -tilanteena, joka kehittyy voitto-tappio ja lopuksi tappio-tappio -tilanteeksi. Ohjelmistoprojektit eivät ole nollasummapelejä, jossa toisen tappio on toisen voitto (Charette 1990, s. 15). Boehm (1989, s. 4) esittää epäonnistumisen yhdeksi syyksi sen, että projektinhallinnasta päättävät henkilöt sallivat voitto-tappio tai tappio-tappio -tilanteet jättämällä huomiotta asiat, joissa on suuri riski. Näin he pakottavat esimerkiksi projektin toteuttajat tappio-tappio -tilanteeseen. Tällainen on esimerkiksi neuvotteluiden "paras ja viimeinen tarjous", joka ei oikeastaan ole hyvä tarjous. Toispuolinen voitto-tappio -tilanne voi kehittyä tappio-tappio -tilanteeksi, sillä tappio-osapuoli saattaa vastavuoroisesti heikentää lopputuloksen laatua ja/tai hyödyllisyyttä.

Boehm ja Ross (1989, s. 89-90) esittävät työskentelyn perustaksi *teoria-w:n*, jossa projektinhallinnassa pyritään tärkeimpien osapuolten kesken voitto-voitto -tilanteeseen. Siinä tilanteessa osapuolet ovat lopputulokseen tyytyväisiä. Vastaavasti yksittäisen osapuolen tyydyttämättömyys on tappio. Teoria-w:n mukaan osapuolten voittoa edellytyksiä seurataan ja tehdään toimenpiteitä, jotka korjaavat tilannetta, jos jokin riski uhkaa tilanteen muuttumista voitto-tappio tai tappio-tappio -tilanteeksi.



Kuva 2.2: Osapuolten näkökulmista hyväksyttävät vaatimukset (Charette 1990).

Davis esittää osapuolien ristiriitaisen tilanteen (kuva 2.2) alueena, jossa jokainen osaltaan rajaa kuviosta alueen, mitä ohjelmiston lopputulos voi olla ja mitä se ei saa olla (Charette 1990, s. 225-226). Alueet kuvaavat osapuolien näkökulmista nähtynä heidän asettamiaan hyväksyttäviä ja sopimattomia vaatimuksia ohjelmistolle ja projektille. Näin joudutaan yhteisymmärryksen pääsemiseksi joustamaan ja tekemään myönnytyksiä. Lopputuloksen pitäisi olla eri osapuolten rajaamalla pystyviivoitetulla alueella, jonka kaikki hyväksyvät. Osapuolille sopivia ratkaisuja voi olla useita.

3 RISKIEN TUNNISTAMINEN

Riskienn tunnistaminen vastaa kysymyksiin, mitkä ovat arvioitavat riskimme ja mihin tilanteeseen emme halua projektimme joutuvan. Riskienn tunnistamisessa keskitytään selvittämään, mitkä kaikki asiat voivat mennä vikaan. Tunnistamisen tuloksena on lista projektin riskienn nimikkeistä (Boehm 1989, s. 1, 4). Nimike muodostaa osan S_i kaavan (2.1) kolmikosta. Tunnistamisessa pyritään siihen, että riskit havaitaan riittävän ajoissa, jotta ne eivät pääse yllättämään. Boehm esittää riskienn tunnistamisen lähtökohdaksi osapuolille sopimattomienn lopputulosten listaa. Näin projektin osapuolien tappio-tilanteet tulevat huomioituiksi.

Charette (1989, s. 92-110) jaottelee tunnistamisen mm. nykyisen tilanteen selvittämiseen ja riskienn luokitteluun. Kohdassa 3.1 esittelen erilaisia riskienn luokittelutapoja. Luokittelun yksi tarkoitus on riskienn ryhmittely ja siten riskiennarvioinnin selkiyttäminen.

Kohdassa 3.2 tarkastelen riskienn havaitsemista. Projektin osapuolet havaitsevat riskejä vaihtelevasti. Osa riskeistä havaitaan helposti ja osa voi olla havaittavissa tai jäädä kokonaan huomioimatta. Osa riskeistä voi toisaalta olla kuvitteellisia tai todellisia riskejä, jotka eivät kuitenkaan toteutuneet. Riskit voivat kytkeytyä toisiinsa ja ajoittua projektin viimeisiin vaiheisiin. Syyn ja seurausten erottaminen saattaa tuoda tarkempaa informaatiota riskeistä.

Tunnistaminen selvittää projektin nykyisen tilanteen riskejä. Riskienn tunnistamiseen on monia tekniikoita, joista esittelen tyypillisimpiä kohdassa 3.3. Tunnistamisen kohteena ovat projekti ja projektin osapuolet. Riskejä voidaan löytää mm. projektisuunnitelmas-ta ja sen toteutuksesta.

Charette (1989, s. 57-58) määrittelee riskienn tunnistamisen deskriptiiviseksi epävarmuuden pienentämiseksi, jossa etsitään mahdollisia uhkia. Uhalla viitataan tulevaan, riskin negatiiviseen puoleen, ei-toivottuun tapahtumaan (Miettinen ja Kajava 1994, s. 17). Kohdassa 3.4 esittelen tulevaisuuden uhkia projektille.

3.1 Riskien luokittelu

Artto & al. (2000, s. 39) korostavat, että luovuus ja avoin mieli ovat tärkeitä riskien tunnistamisessa. Luovaa prosessia on usein hyödyllistä tukea jollakin rakenteellisella tai systemaattisella käsittelyllä. Rakenteellinen käsittely takaa, että aiheen käsittely alkaa yleiskuvasta ja keskittyy tärkeimpiin riskeihin.

Riskit jaetaan tyypillisesti erilaisiin *kategorioihin* eli *luokkiin*, jotta riskejä olisi helpompi ymmärtää ja tunnistaa (Charette 1989, s. 58, 111). Luokittelun pitäisi olla johdonmukainen, jotta se helpottaisi riskienarviointia. Luokittelu saattaa paljastaa, että tähänastinen tunnistaminen on kohdistunut liian suppeaan osaan projektista ja sen osapuolista, jolloin tunnistukseen on jäänyt läpikäymättömiä alueita. Hyvin toteutettu luokittelu jakaa ongelmallisen alueen pienempiin osiin ja auttaa löytämään riskien perimmäiset syyt (Pitkänen 1999, s. 27). Mahdollisia riskejä luetteloidaan *riskilistassa*, joka selkiytyy hyvällä luokittelulla.

Projektin osapuolten näkökulmat on yksi luokittelutapa. Koska riskejä tällöin voidaan tarkastella monelta kannalta, luokittelulla pyritään vähentämään erilaisten riskien mosaiikkia ja saamaan selkeämpi kuva kokonaisuudesta (Charette 1989, s. 107). Riskienarvioinnin selkiyttämiseksi myös tosiasiat ja arvot pyritään usein erottamaan toisistaan (Kampinen & al. 1995, s. 47).

Charette (1989, s. 107-109) ehdottaa tarkempaa jaottelua tunnettuihin, odotuksenmukaisiin ja tuntemattomiin riskeihin. Jaottelu perustuu riskin esiintymistiheyteen ja arvatavuuteen. Tunnetut riskit ovat toistuvasti tapahtuvia, joita esiintyy todennäköisesti myös nykyisessä projektissa. Odotuksenmukaisten riskien voidaan kokemuksesta sanoa esiintyvän suurella todennäköisyydellä. Tuntemattomat riskit voivat toteutua, mutta niiden todennäköisyyttä tai ajoittumista ei voida havaita ennalta kovin aikaisin. Niitä kutsutaan myös tunnistamattomiksi riskeiksi. Charette jakaa edellisen jaottelun vielä alaluokiksi. Alaluokat hän jakaa riskin lähteen mukaan tiedon, hallinnan ja ajan puutteeseen.

Pitkänen (1999, s. 23) toteaa, että riskien luokittelu tehdään usein riskin lähteen mukaan. Eri luokkien välillä on suhteita ja luokat muodostavat hierarkian. Kiel & al. (1998, s. 77) ehdottavat, että riskien luokittelu tehtäisiin ottaen huomioon jatkotoimenpiteet, joilla vaikutetaan itse riskeihin. Näin kullekin luokittelulle voidaan kehittää mielekkäitä riskien pienentämisen strategioita.

Karolakin (1996, s. 124-125) SERIM-malli muodostaa kysymysten avulla poikkileikkauksen kehitystyöstä. Mallissa lasketaan ohjelmistoprojektin riski, joka jakautuu riskielementteihin. Riskielementit ovat teknisiä, kustannuksellisia ja aikataulullisia. Kukin riskielementti koostuu useista riskitekijöistä (risk factors), joita mitataan *kyselykaavakkeen* kysymyksillä. Kysymykseen vastataan yksinkertaisesti joko "kyllä" tai "ei". Yksi kysymys mittaa yhtä tai useampaa riskitekijää.

Dorofee & al. (1996, s. 471-473) ovat Karolakin tavoin rakentaneet kyselykaavakkeensa luokitteluun perustuvaksi (Taxonomy Based Questionare, TBQ). Kyselykaavake koostuu kolmesta luokasta: tuotteen kehittäminen, kehitysympäristö ja ohjelmiston rajoitteet. Esimerkiksi tuotteen kehittäminen puolestaan koostuu viidestä elementistä: vaatimukset, suunnittelu, koodaus ja yksikkötesti, integrointi ja testaus sekä kehittäminen erityispiirteet. Kukin elementti koostuu edelleen useista kysymyksistä. SERIM-mallista poiketen, useille kyllä/ei -kysymyksille on tarkennusta tuova jatkokysymys.

3.2 Riskien havaitseminen

Arto & al. (2000, s. 20) ehdottavat, että kysymme itseltämme: "Onko meillä riittävästi tietämystä tunnistaaksemme mahdollisuudet ja riskit kunnolla?". Kysymykseen vastaaminen saattaa usein tuoda vastauksena lisää lähteitä, joista voisi saada tietämystä.

Riskejä tunnistettaessa on oireiden eli riskin seurausten lisäksi etsittävä niiden aiheuttaja. Tunnistamisessa pitää erottaa seuraukset ja syyt toisistaan (Fairley 1994, s. 58). Riskin syytä voi etsiä kysymällä miksi (Boehm 1991, s. 38).

3.2.1 Riskien ajoittuminen ja kytkeytyminen

Charette (1990, s. 455) toteaa, että riskejä on toisinaan vaikea tunnistaa, sillä käsitykset todellisten ja havaittujen riskien välillä vaihtelevat. Osapuolilla ei välttämättä ole yhteistä näkemystä siitä, mikä on riski ja mikä ei. Riskien havaitseminen vaihtelee riippuen eri osapuolien näkökulmista. Joitakin riskejä saatetaan pitää pieninä liikeloudelliselta kannalta, mutta valtavina ohjelmiston tuottamisen kannalta. Frame (1997, s. 26) esittää, että riskien arvioijan tulee pystyä arvioimaan tilanteita itsenäisesti ilman ennakkoluuloja.

Charette (1990, s. 456-457, 468) toteaa, että riskien arvioijalla on ennakkoasenteita ja eräänlaisia suodattimia mielessään, kun hän ryhtyy tunnistamaan riskejä. Subjektiivisuutta voi olla hyvin vaikea havaita esimerkiksi siksi, että ei ole tarpeeksi informaatiota näkemysten vertailuun. Arvioijan pitäisi listata mahdolliset puuttuvat havainnot ja kehittää niille *ilmaisimet*. Ilmaisimena on seurattavien asioiden lista, jolla yritetään todentaa riskin olemassaolo. Tilanteen kehittymistä seurataan kokemuseräisesti havaintoja keräämällä. Myös mahdolliset kuvitteelliset havainnot riskeistä kerätään listaan ja kullekin kehitetään ilmaisimet. Mikäli ilmaisimien vahvistaa riskin kuvitteelliseksi, lopetetaan kyseisen riskin seuraaminen. Aikatauluun liittyvän riskin ilmaisimien voi olla riittävän tiuhaan asetetut tarkistuspäivät, joiden avulla seurataan projektin etenemistä.

Tehtyjen olettamusten tarkastelu kriittisesti saattaa paljastaa riskit, jotka ovat peittyneinä liian optimistisiin suunnitelmiin (Boehm 1989, s. 123). Optimistisuus ja innokkuus, varsinkin projektin ensimmäisissä vaiheissa, voivat aiheuttaa tärkeiden *signaalien* huomaamatta jäämisen. Yhtenä ongelmana on se, että välttämättä ei haluta havaita signaaleja, vaan työskentelyä jatketaan kuin mitään ei olisi tapahtunut. Browne ja Keown-McMulan (1997, s. 325) esittävät, että ennen kriisiä saattaa olla havaittavissa useita varoittavia signaaleja. Nämä signaalit todentavat riskin olemassaolon ja osoittavat riskin olevan toteutumassa.

Charette (1989, s. 168-169) esittää, että riskien kytkeytyminen ja riskin kerrannainen tapahtuu, kun kaksi riskiä nivoutuu yhteen jollakin tavalla. Riskien *kytkeytyminen*

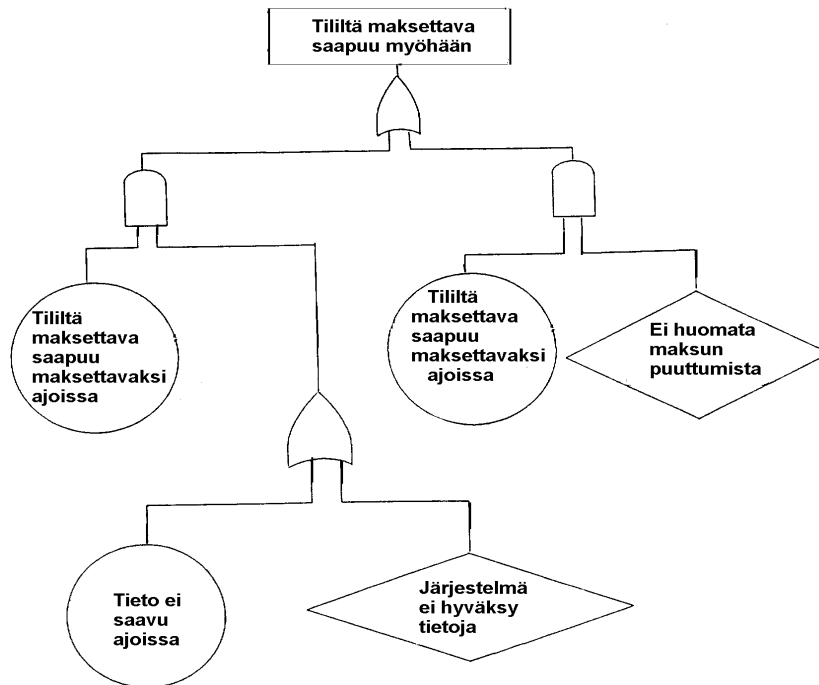
tarkoittaa, että riski aiheuttaa toisen riskin syntymisen tai kasvamisen. Näihin riskeihin olisi parasta vaikuttaa silloin kun ne eivät ole vielä yhdistyneet, mikäli se vain on mahdollista. Riskin vähentäminen yhdellä alueella voi kuitenkin siirtää sitä muualle. Esimerkiksi kehitysvaiheen tekniikkariskien vähentäminen saattaa kasvattaa myöhempiä ylläpitokustannuksia. Riskin *kerrannainen* tarkoittaa, että sama riski voi esiintyä peitetysti useassa eri muodossa. Kerrannaisriskit voivat mahdollisesti olla projektin pahimpia riskejä ja niitä pitäisikin tarkastella erillään muista riskeistä tavanomaista huolellisemmin. Forsman (1995, s. 181) varoittaa riskien kesken syntyvistä ristikkäisvaikutuksista, keskinäisistä riippuvuuksista. Riskit voivat ketjuuntua keskenään. Hän esittää esimerkkinä aikataulun venymisen, joka aiheuttaa lisäkustannuksia. Samoin tekniset vaikeudet lisäävät työmäärää ja sitä kautta vaikuttavat aikatauluun ja kustannuksiin.

3.2.2 Riskien syyt ja seuraukset

Riskin syntyä voidaan kuvata *vikapuulla*. Salo & al. (1983, s. 56-59) toteavat, että vikapuuta laadittaessa aloitetaan lopputapahtumasta, jota vikapuussa nimitetään myös huipputapahtumaksi. Tähän johtavat tapahtumat esitetään loogisena kaaviona. Vikapuuta laadittaessa on varottava, ettei unohdeta joitakin tapahtumia tai sisällytetä malliin tapahtumia, jotka eivät vaikuta lopputapahtuman todennäköisyyteen. Tavanomainen menettelytapa on tunnistaa ensin yksittäisvikojen vaikutukset kokonaisuuteen. Tapahtumat toimivat tällöin *laukaisimina*. Sherer (1994, s. 264) esittää kuvan 3.1 mukaisen vikapuun, joka kuvaa laskun myöhästymisen syitä. Salo & al. (1983) käyttävät seuraavia suomenkielisiä nimityksiä kuvan 3.1 symboleista: suorakulmio esittää huipputapahtumaa, ympyrä tapahtumaa, vinoneliö järjestelmän virhettä, muotoiltu kolmio tapahtumien tai-porttia ja pyöristetty suorakulmio tapahtumien ja-porttia.

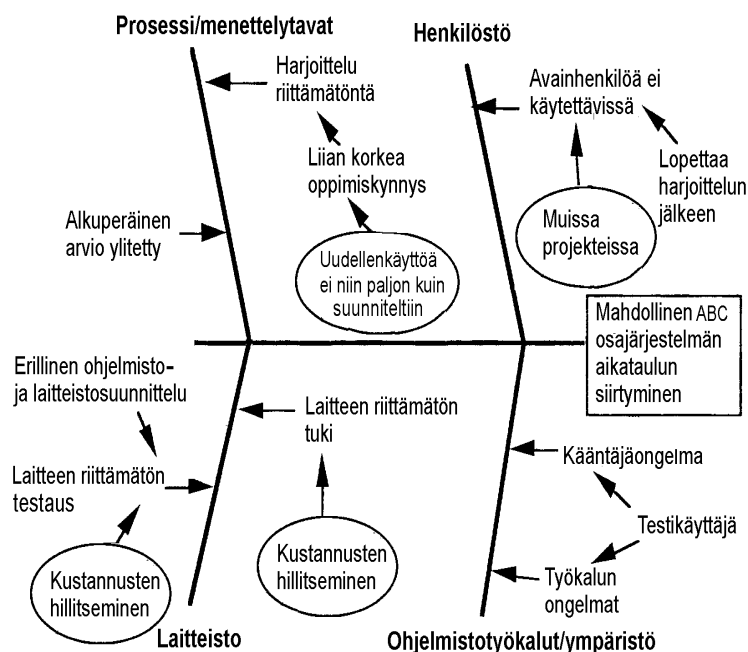
Charette (1990, s. 374) esittää kaksi vikapuun hyödyllisyyttä heikentävää ominaisuutta. Vikapuu voi kasvaa suhteettoman monimutkaiseksi ja suureksi, joten käytännössä sitä on rajoitettava yhteen huipputapahtumaan. Vikapuun laatijan pitää olla myös tarkkana miettiessään, onko kyse itsenäisistä vai toisistaan riippuvista tapahtumista. Tunnistamisessa ei ehkä ole kannattavaa soveltaa kovin yksityiskohtaista tarkastelutapaa, joten vikapuun laadinnassa päästään vain varsin karkealle kuvaukselle. Vikapuu

sopiikin lähinnä vikayhdistelmien kuvaamiseen pääsääntöisesti sellaisissa tapauksissa, jossa tapahtumat ovat toisistaan riippumattomia (Salo & al. 1983, s. 47). Boehm (1989, s. 122) esittää, että tärkeimpiä päätöksiä tarkasteltaisiin mahdollisina riskin lähteinä. Yhtenä esimerkkinä kriittisestä riskistä on se, että päätöksentekoa johdetaan muulla tavalla kuin teknisesti tai hallinnollisesti.



Kuva 3.1: Vikapuu kuvaa virhetilanteeseen kulkeutumista (Sherer 1994).

Dorofee & al. (1996, s. 302) korostavat syiden ja seurausten analysointia kuvatessaan riskien yhteyksiä ja keskinäisiä suhteita. On huomattava, että yksittäinen riski ei välttämättä ole vain yhden syyn seurausta. Riski voi toteutua myös useamman syyn yhteisvaikutuksesta (kuva 3.1). Riskin syntyjuuria taaksepäin seuraamalla voidaan pyrkiä paikallistamaan riskin lähde. PMBOK (1996, s. 114) esittää, että riskin *oireet* ovat epäsuora ilmaisin riskin olemassaololle. Oire voi olla esimerkiksi kustannusten ylitys, joka saattaa olla osoitus heikosta estimoinnista.



Kuva 3.2: Syy-seurauskaavio (Dorofee & al. 1996).

Monimutkaisia ongelmia on vaikea ratkaista tarkastelematta systemaattisesti syiden ja seurausten ketjuja. Ishikawa muodosti vuonna 1953 *syy-seurauskaavion*, jota kutsutaan myös ulkomuotonsa perustella kalanruotokuvioksi (Kume 1998, s. 28-29, 31-34). Syy-seurauskaavion tarkastelu alkaa ongelmallisesta tapahtumasta, josta edetään sekä syiden että seurausten suuntaan. Syy-seurauskaaviossa voidaan kuvata riskien kehitystä. Tarkasteltavan riskin nimi kirjoitetaan suorakaiteeseen kalanruodon selkärangan päähän (kuva 3.2). Selkärangan sivuruodoiksi liitetään toissijaiset syyt, joita tarkennettaisiin kuvaan vielä pienillä ruodoilla. Kume ehdottaa, että kaikki asiaan vaikuttavat tekijät pyritään tunnistamaan ja keskustelemaan asiasta useiden henkilöiden kanssa. Kullekin riskille laaditaan oma kaavio. Jos yritetään ahtaa kaikki asiat yhteen kaavioon, tulokseksi voidaan saada vaikeaselkoisen laaja ja monimutkainen kaavio. Kun syy-seurauskaavio on valmis, on tärkeää, että syy-seuraussuhteen voimakkuus nähdään selvästi. Erityisesti on määriteltävä tekijät, jotka voimakkaimmin vaikuttavat tarkasteltavaan tekijään. Nämä tekijät olisi kuvattava mahdollisimman konkreettisesti. Dorofee & al. (1996, s. 305) ovat ympäröineet syy-seurauskaaviossaan merkittävät syyt. Ropponen ja Lyytinen (1999, s. 69) toteavat yleistäen, että riskienhallinnan ja kehitystyön

kausaalisia yhteyksiä on olemassa, mutta näiden yhteyksien osoittamiseksi tarvitaan enemmän tutkimusta.

3.3 Projektin nykyinen tilanne

Riskienarvioinnissa on paljolti kyse *projektin tilanteen* selvittämisestä (Nevalainen ja Levonen 1998). Charette (1990, s. 22) kutsuu riskien tunnistamisen toimenpidettä projektin RES:ksi (Risk Estimate of the Situation), joka tarkoittaa kyseisen tilanteen projektin riskien selvittämistä.

Riskien tunnistamiseen kuuluu tiedon kerääminen niin menneistä kuin nykyisistä lähteistä. Charette (1989, s. 103-104) ja Karolak (1996, s. 33-34) esittävät erilaisia tiedon lähteitä. Perinteinen eli ns. kansantietämys on havaintoihin perustuvaa tietoa, joka saattaa olla tai ei ole totta. Tällaisia ovat usein juuri stereotypiat, jotka on koottu ns. Murphyn tai Brooksia laeiksi. Analogia vastaaviin hyvin tunnettuihin tapauksiin pohjautuu aikaisempiin todenmukaisiin tietoihin, opittuihin asioihin tai omiin kokemuksiin projekteista. Analogiaa käytetäänkin juuri sen takia yleisesti. Terveen järjen käyttö perustuu menneisiin kokemuksiin ja nykyiseen tietoon, mutta varsinainen kova tietoaineisto puuttuu. Projektin aikana voidaan itse tuottaa todellisia käyttötilanteita vastaavaa aineistoa, jonka pohjalta päätellään mahdolliset riskit. Tällöin tiedon hankkiminen perustuu kokeilujen tai testien tuloksiin. Prototyypin rakentaminen on tästä tavallinen esimerkki (Boehm 1989, s. 6). Laajat tutkimukset antavat tietoa esimerkiksi käyttäjien mielipiteistä siitä, millaiseksi prototyyppi pitäisi rakentaa (Charette 1989, s. 104).

3.3.1 Osapuolten tunteminen

Projektilla on tietysti monia piirteitä, joita voidaan pitää kaikille projekteille yhteisinä. Näistä piirteistä voidaan koota esimerkiksi *tarkistuslistoja* (checklists), joista eri osapuolet voivat käydä läpi erityisesti heitä koskevat kohdat. Boehm (1989, s. 117) ehdottaa riskien tarkistuslistan käyttämistä riskien tunnistamisessa. Tarkistuslista on joukko kysymyksiä, jotka koskevat kyseistä riskiä. Seuraavana on esimerkkinä muutamia kysymyksiä tarkistuslistalta, jossa riskinä on henkilöstö:

- Onko paras mahdollinen henkilöstö saatavana?
- Onko henkilöstöllä riittävä ammattitaito?
- Onko henkilöstöä tarpeeksi?
- Onko henkilöstö sitoutunut projektiin koko sen keston ajaksi?
- Onko henkilöstöllä realistiset odotukset työstään?

Miettinen ja Kajava (1994, s. 17-18) toteavat, että tarkistuslistat auttavat virheiden löytämisessä, mutta ne eivät ole tehokkaita uhkien etsinnässä. Tarkistuslistat eivät anna riittävää yleiskuvaa mahdollisista riskeistä. Ongelmana voi olla, että tarkistuslistojen käyttö antaa vain vaikutelman tunnistamisen perusteellisuudesta. Tarkistuslistoihin perustuva tunnistus on kuitenkin helppoa ja halpaa eikä listojen tekeminen edellytä aikaisempaa kokemusta. Tunnistamisen pitäisi perustua yksilöllisille, yhtiökohtaisille tarkistuslistoille (Nevalainen ja Käsälä 1994, s. 5). Lyytinen & al. (1999, s. 29) kritisoivat ad hoc -tapaisia, erityisiä ja kapea-alaisia riskilistoja, koska ne vaikuttavat kaventavasti siihen, mitkä riskit huomataan. Ropponen (1999a, s. 56) pitää tarkistuslistoja kuitenkin yleisesti ottaen varsin hyvänä työkaluna ja suosittaa niitä käytettäväksi laajasti standardina työkaluna.

SERIM (Software Engineering Risk Model) -malli koostuu kysymyksistä, joita selvitetään kyselykaavakkeella (Karolak 1996, s. 53-71, 88-109). Kyselykaavakkeen avulla tehdään läpileikkaus riskeistä ja selvitetään mm. nykyinen organisaatio, seuranta, käytettävät työmenetelmät, työvälineet ja henkilöstö. SERIM-mallin kysymykset ovat tyyliään tarkistuslistamaisia:

- O4 Onko organisaation rakenne vakaa?
- DM7 Tehdäänkö taantumatestausta?
- T6 Käytetäänkö automatisoituja työvälineitä vaatimusten jäljittämisessä?
- R7 Kerätäänkö tietoja ohjelmiston puutteesta integroinnin yhteydessä?

Riskien tunnistamisessa ja laajemmin riskienarvioinnissa tulevat selkeästi esille osapuolien erilaiset intressit. Vaikka ristiriitaisuudet voivatkin tulla näkyviksi, tätä on

varottava, koska riskienarvioinnissa ei ole kyse toisen osapuolen syyttelystä (Charette 1990, s. 549).

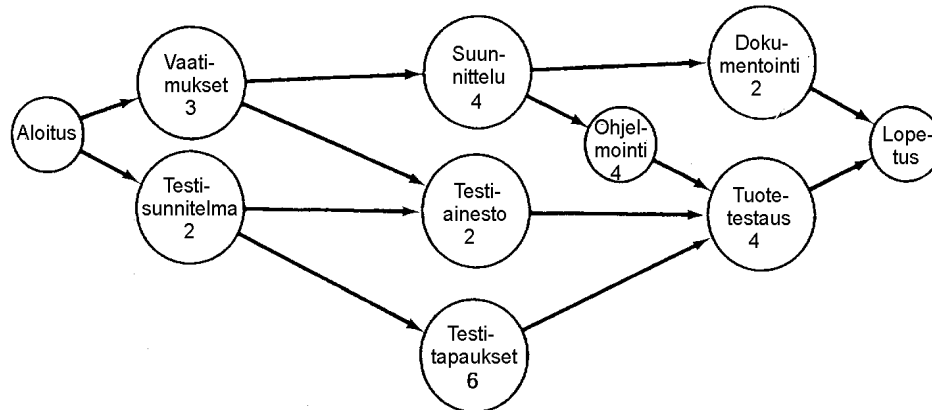
Dorofee & al. (1996, s. 7) korostavat *avoimen kommunikaation* tärkeyttä: tiedon pitää kulkea vapaasti projektin sisällä. Vaikka avoin kommunikointi onkin vaativaa, tulisi muodollisen, epävirallisen ja suoralta kädeltä ennalta valmistelemattoman kommunikoinnin olla mahdollista. Projektin osapuolten avoimuus edesauttaa sitä, että emme joudu tietämättömyyttämme riskin kohteeksi. Toisinaan totuuden raportoiminen vaatii lujuttua, sillä totuus voi olla varsin epämiellyttävä (Frame 1997, s. 26).

3.3.2 Projektin tapahtumat

Laajat, hatarasti kuvatut projektisuunnitelmat tai tehtävät voivat olla liian yksinkertaisesti ja piilottaa riskejä sisälleen. Pilkkomalla tehtävät pienemmiksi riskit löydetään helpommin. Monimutkainen tilanne pitää jakaa pienempiin hallittaviin osasiin, jolloin rakenteesta tulee vaikkapa verkkomainen (Boehm 1989, s. 123). Tästä verkosta yksittäiset riskit tunnistetaan helpommin.

PERT (Program Evaluation and Review Technique) -kaavio on yleisesti käytetty työkalu aikataulun ja kustannusten hallinnassa (Dorofee & al. 1996, s. 407). PERT-kaavioista tunnistetaan kaikki päätehtävät, jotka jaetaan aikataulun mukaan toisistaan riippuviksi. Kukin tehtävä voidaan kuvata yksityiskohtaisemmin toisessa PERT-kaaviossa. Tehtävän sisältö, alkamispäivä, kesto, päättymispäivä sekä työntekijät voidaan myös kuvata. Kuvaan 3.3 voisi piirtää vahvennetulla viivalla kriittisen polun, joka havainnollistaa tehtävät, joiden välillä ei ole ylimääräistä aikaa. Minkä tahansa tämän polun tehtävän viivästyminen myöhästyttää projektin loppuun pääsemistä (Boehm 1981, s. 598-601). Käytännössä kuva 3.3 on liian karkea, jotta siitä voitaisiin havaita yksittäiset tehtävien riippuvuudet ja tunnistaa riskilliset tehtävät. Toisaalta hyvin tarkkaa kuviota voi olla vaikea rakentaa, sillä suunnitelmat voivat muuttua mm. muiden osapuolien takia. PERT-kaaviossa nuolet eivät saa muodostaa syklejä, jotta tarvittava ajankäyttö voidaan laskea. Käytännössä sykli syntyy siitä, kun tehtävässä huomataan ongelma ja joudutaan palaamaan tehtävissä taaksepäin. PERT-kaaviosta voidaan valita

tarkempaan tarkasteluun yksittäinen tehtävä. Tällöin saattaa paljastua kokonaisuuden kannalta kriittisiä tehtäviä (Boehm 1989, s. 124). Tehtävä "Testiaineisto" ei pääse alkamaan ennen kuin kaikki edeltävät tehtävät on suoritettu (kuva 3.3). Näin esimerkiksi edeltävän "Vaatimukset" -tehtävän viivästyminen edelleen viivästyttää myös tehtävää "Testiaineisto". Vastaavasti "Testiaineisto"-tehtävän myöhästyminen viivästyttää sitä seuraavia tehtäviä "Tuotetestaus" ja "Lopetus".

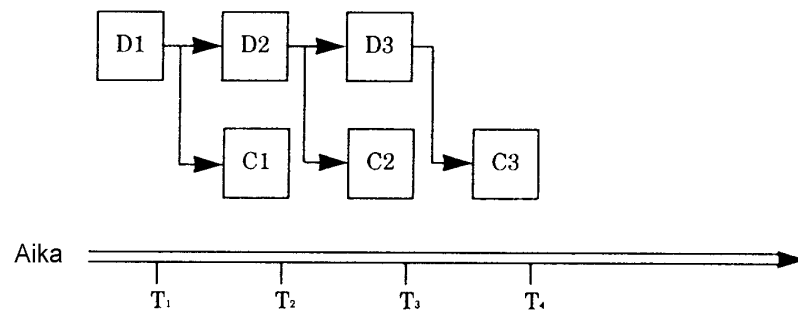


Kuva 3.3: PERT-kaavio (Boehm 1981).

Pitkänen (1999, s. 14-15) ehdottaa, että projekti jaetaan pienempiin osiin, aliprojekteihin, jotka yhdessä muodostavat kokonaisuuden. Aliprojekteihin jako helpottaa projektien hallitsemista erityisesti teknologisesti vaativissa projekteissa. Arto (1990, s. 126-127) varoittaa kuitenkin arvioijia pyrkimyksestä esittää estimaattinsa yksityiskohdalla tasolla. Projektikokonaisuus tulisi jakaa viidestä kymmeneen osakokonaisuuteen, joiden kustannuksista arvioijat esittävät estimaattinsa. Näin kyetään pitämään huolta estimaattien kattavuudesta, osakokonaisuuksien keskinäisten riippuvuuksien huomioonottamisesta sekä estimaattien realistisuudesta. Kun projektikokonaisuutta pilkotaan pienempiin osiin, osille estimoitujen epävarmuuksien matemaattisella yhdistämisellä ei enää yleensä saada aikaan kokonaisuuden realistista kuvausta.

Karolak (1996, s. 18-19) suosittaa erilaisia toimia, joilla riskit voitaisiin tunnistaa ajoissa. Yksi tällainen on projektin *katselmointi*, jossa henkilöryhmä käy läpi projektin tilannetta. Suurimpia hyötyjä saadaan esimerkiksi vaatimusten katselmoimisesta, mutta ohjelmakoodin katselmoimisen hyödyllisyyteen Karolak suhtautuu epäilevästi. *Tehtävien*

rinnakkainen tekeminen on kokonaiskestoltaan lyhempi kuin peräkkäinen (kuva 3.4). Karolak jakaa suunnittelun (D1, D2 ja D3) itsenäisiin osasiin, joihin liittyvä ohjelmointi (C1, C2 ja C3) tehdään välittömästi rinnakkain muun suunnittelun jatkuessa. Jos tehtävät toteutettaisiin peräkkäin, ajankäyttö olisi kuusi yksikköä. Nyt riittää vähempikin aika, tosin ohjelmointiosien integrointi toisiinsa kuluttaa myös aikaa. Rinnakkaisuus auttaa huomaamaan mahdolliset eri vaiheiden väliset kuilut. Ohjelmoinnin aikaisella aloittamisella voidaan havaita työkalujen rajoitteet ja ongelmat sekä mahdollisesti vaihtaa työkalut sopivammiksi. Karolak esittää osittaista suunnittelun ja ohjelmoimisen tekemistä rinnakkain, jolloin sekä suunnittelijat että ohjelmoijat antavat palautetta toisilleen.



Kuva 3.4: Riskien tunnistaminen kehittämällä ohjelmistoa rinnakkaisesti (Karolak 1996).

3.4 Tulevaisuuden tarkastelu

Tulevaisuuden riskejä kutsutaan myös nimellä uhat. On muistettava, että suunnittelun tapahtuman toteutumista ei voida pitää varmana, eikä tapahtuman voimakkuuttakaan vielä tiedetä, koska se ei ole vielä tapahtunut. Tulevaisuuden suunnitelmat eivät välttämättä toteudu niin kuin suunnitelmissa on kuvattu. Williams & al. (1997, s. 349) esittävät, että arvioija voi skenaarion avulla suunnitella useita erilaisia mahdollisia tulevaisuuden *vaihtoehtoja*. Skenaariot eivät niinkään pyri ennustamaan lopputuloksia, vaan ne keskittyvät kuvaamaan voimia, jotka lopulta johtavat lopputulokseen. Williams & al. kritisoivatkin perinteisiä tekniikoita, kuten trendin eli yleisen kehityksen päättelyä ja

regression käyttämistä. Nämä tekniikat ovat heidän mukaansa liian riippuvaisia menneisyyden projisoinnista tulevaisuuteen.

Miettinen ja Kajava (1994, s. 18) esittävät, että *skenaarioanalyysissa* muodostetaan tavallisesti lyhyitä sanallisia kertomuksia erilaisista uhkatilanteista. Skenaariossa kuvaillaan uhkia ja niiden aiheuttamia seurauksia. Kuvaus esitetään organisaation johdolle, joka puolestaan käsittelee skenaarion, saattaa tehdä siihen muutoksia ja hyväksyy tai hylkää skenaarion. Tarkoituksena on esittää ja kehittää parannusehdotuksia sekä lisätä osapuolten välistä kommunikointia. Jauri (1997, s. 26-27) lisää, että uhan vaikutukset voidaan mitata rutiininomaisesti ja verrata niitä johdon päättämiin rajoihin. Skenaarioanalyysissä on mitä-jos -laskelmia, jotka päättyvät uhkatilanteeseen. Skenaariot voivat muodostua joko yhdestä tai useammasta tekijästä. Yhden tekijän kysymyksestä on esimerkki: "Miten paljon markkinat voivat pienentyä, jos projekti myöhästyy kaksi kuukautta?".

4 RISKIEN ANALYSOINTI

Riskien analysoinnissa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin tunnistamisessa havaittuja riskejä. Tällöin riskit *mitataan* valitulla mitta-asteikolla. Mahdollisia mitta-asteikkoja esittelen kohdassa 4.1. Riskin ominaisuuksia pyritään *kvantifoimaan* eli ilmaisemaan määrällisesti kuvailtavalla arvolla (PMBOK 1996, s. 115). Riskin ominaisuuksia voidaan myös pyrkiä ilmaisemaan *kvalitatiivisesti* eli laadullisesti.

Kohdassa 4.2 esittelen riskistä mitattavia ominaisuuksia. Riskin estimoinnissa pyritään määrittämään tunnistetun riskin riskialttiuden osia. Mittauksen kohteena on estimoida kaavan (2.1) osat todennäköisyys L_i ja menetys X_i (Charette 1989, s. 117). *Estimoinnissa* perusjoukon ominaisuudet estimoidaan eli arvioidaan perusjoukosta kerätyn havaintoaineiston perusteella. Perusjoukon ominaisuuksia kuvaavia lukuja kutsutaan perusjoukon parametreiksi (Mellin 1996a, s. 279-280). Havainnoista tapahtuvaa arviointia sanotaan estimoinniksi ja näin saadut parametrien arvot ovat estimaatteja (Laininen 1998, s. 72).

Aikaisemmista projekteista voidaan kerätä aineistoa, joka jakautuu valitulle mitta-asteikolle. Jakauma voidaan kuvailla piirtämällä aineisto histogrammin muotoon. Mitattavasta riskistä voidaan tehdä yhden tai useamman pisteen estimaatti. Mittaamisen määrää esittelen kohdassa 4.3.

Mittaukselle pyritään määrittämään tarkkuus, jota esittelen kohdassa 4.4. Riskistä mitattavat asiat pitäisi pystyä määrittämään riittävällä tarkkuudella, jotta riskien analysoinnin tuottamat tulokset olisivat oikeita.

Kohdassa 4.5 esittelen analysointitekniikoita. Charette (1990, s. 25) jakaa riskien estimoinnin subjektiiviseen ja objektiiviseen. Objektiivinen riskien estimointi yhdistää tilanteet, jotka ovat täsmälleen samanlaisia menneisyyden tilanteiden kanssa. Subjektiivisessä estimointissa ei ole historiatietoja käytettävissä. Tapahtuman toistuvuus aineistossa vaikuttaa osaltaan siihen kumpaa estimointia voidaan soveltaa.

4.1 Mitta-asteikko

Mittaamiseen tarvitaan luonnollisesti sopiva mitta-asteikko. Charette (1989, s. 119) toteaa, että yksinkertaisin mitta-asteikko on *nominaaliasteikko*, jota käytetään riskien nimeämisessä. Tällöin riskit erotetaan toisistaan ominaisuuksiensa avulla. Nominaaliasteikkoa käytetään lähinnä riskien tunnistamiseen, eikä siihen sisälly minkäänlaista kvantifiointia. Nominaaliasteikko kertoo, mihin luokkaan mittauksen kohde kuuluu ominaisuuksiensa perusteella (Mellin 1996a, s. 65).

Charette (1989, s. 119-120, 124) toteaa, että *ordinaaliasteikko* eli *järjestysasteikko* muodostetaan tietyn säännön mukaan. Riskien järjestys on mahdollista luoda siten, että pystytään sanomaan, onko jokin riski suurempi kuin toinen. Kuitenkaan sitä, kuinka paljon suurempi riski on kuin jokin toinen, ei voida määritellä. Ordinaaliasteikko voidaan ilmaista liikennevalojen mukaisesti värimerkinnöillä: punainen tarkoittaa kriittisen suurta menetystä, keltainen keskisuurta menetystä ja vihreä lievää menetystä. Laadullinen eli kvalitatiivinen tieto ilmaistaan usein ordinaaliasteikossa. Riskin voidaan sanoa esiintyvän tiheästi, luultavasti tai epätodennäköisesti. Jos riskien menetystä ei voida muuten estimoida, voidaan menetys ilmaista hyvin karkealla ordinaaliasteikolla katastrofaaliseksi, kriittiseksi, marginaaliseksi tai mitättömäksi. Boehm (1989, s. 153) on jakanut riskien todennäköisyyden ordinaaliasteikolle: usein, luultavasti tai epätodennäköisesti esiintyväksi tai mahdottomaksi.

Mittaus on tehty *väli-* eli *intervalliasteikolla*, jos mittaus kertoo kuinka paljon mittauksen kohteen mitattavat ominaisuudet eroavat toisistaan (Mellin 1996a, s. 65). Kardinaalinen asteikko ilmaisee kuinka paljon jokin riski on toista suurempi (Charette 1989, s. 119).

Charette (1989, s. 119-120) toteaa, että *suhdeasteikossa* riskit voidaan erottaa ja järjestää. Tässä asteikossa on mahdollista myös mitata riskien eroavaisuudet. Suhdeasteikon toinen pää on kiinteä, absoluuttinen, ja muita riskejä verrataan siihen kardinaalisesti. Suhdeasteikko soveltuu hyvin esimerkiksi kustannus- tai aikatauluriskeihin. Menetyksiä voidaan tarkastella absoluuttisena lukumäärän mukaan tai suhteellisena

jonkun toisen tarkasteltavan parametrin suhteen. Määrällistä tietoa voidaan soveltaa joko väliasteikkoon tai suhdeasteikkoon (Charette 1989, s. 119-120).

Kirjallisuudessa riski jaetaan usein ordinaaliasteikolle, jossa on kolmesta kuuteen kohtaa. Esimerkiksi Karolakin (1996, s. 52) kyselykaavakkeen kohdat ovat ei yhtään, vähän, keskinkertaisesti, paljon ja kaikki. Näille kohdille Karolak on antanut myös kvantifioitua arvoja: 0, 0,2, 0,5, 0,8 ja 1,0. Karolak tekee siis todennäköisyyden mittauksen asteikolla nolasta yhteen yhden desimaalin tarkkuudella.

4.2 Riskialttius

Riskin toteutumiselle voidaan yrittää määrittää todennäköisyys ja vaikutus. Boehm (1991, s. 33) määrittelee yksittäisen riskin riskialttiuden kaavasta (4.1).

$$RE = P(UO) \times L(UO) \quad (4.1)$$

jossa

$P(UO)$ = epätydyttävän tapahtuman todennäköisyys

$L(UO)$ = epätydyttävän tapahtuman aiheuttama menetys

$P(UO)$ vastaa Charetten kaavan (2.1) osaa L_i eli riskin todennäköisyyttä ja $L(UO)$ vastaa osaa X_i eli riskin vaikutusta. Jos kuitenkin on olemassa kaksi tai useampia riskejä, jotka ovat läheisesti sekoittuneet, niiden riski on tavanomaista vakavampi (Charette 1989, s. 168-169). Esimerkkejä kytkeytyneistä riskeistä ovat käyttäjien epämääräisten vaatimusten täyttäminen lyhyen aikataulun rajoissa tai uuden teknologian käyttöönotto yhdistyneenä projektille tärkeän henkilön puuttumiseen.

Yksi riskialttiutta soveltava kaava on RiskMethod. Tämän mukaan kaavasta (4.2) lasketaan riskin j riskialttius RE_j , joka sisältää luokittelun kaikki riskilliset tapahtumat (Nevalainen ja Käsälä 1994, s. 5). Käsälä (1997, s. 62) esittää, että RiskMethod sisältää tarkistuslistoja, joissa on 164 yleistä riskiä. Tarkistuslistoja voi käyttää aluksi, mutta RiskMethodin mukaan tunnistuksen tulee perustua kuitenkin yrityksen erityisiin tarkistuslistoihin.

$$\begin{aligned}
RE_j &= \text{suora riski} + \text{epäsuora riski} & (4.2) \\
&= P_j(E) \times L_j(E) + \\
&\quad P_j(E) \times [P_{j,1}(UO) \times L_{j,1}(UO) + P_{j,2}(UO) \times L_{j,2}(UO) + \dots]
\end{aligned}$$

jossa

$P_j(E)$ = tapahtuman (event) E suora todennäköisyys

$L_j(E)$ = tapahtuman (event) E suora vaikutus

$P_{j,k}(UO)$ = seurauksen k todennäköisyys

$L_{j,k}(UO)$ = seurauksen k vaikutus

Dorofee & al. (1996, s. 524) esittelevät taulukon 4.2 mukaisesti riskialttiuden laskemisen ordinaaliasteikossa. Taulukkoa 4.2 voi tulkita esimerkiksi siten, että kun riskin vaikutus on kriittinen ja riskin todennäköisyys on hyvin todennäköinen, niin riskialttius on silloin korkea.

Taulukko 4.2: Riskialttius ordinaaliasteikossa (Dorofee & al. 1996).

Vaikutus	Todennäköisyys		
	hyvin todennäköinen	mahdollinen	epätodennäköinen
katastrofaalinen	korkea	korkea	keskinkertainen
kriittinen	korkea	keskinkertainen	matala
vähäinen	keskinkertainen	matala	matala

Charette (1996, s. 112) hyväksyy riskin todennäköisyyden ja riskin vaikutuksen muodostaman tulon käyttökelpoisena silloin, kun epävarmuus ja päätöksen seuraukset ovat matalat. Kun kumpi tahansa riskialttiuden osa alkaa kasvaa, käyttökelpoisuus laskee nopeasti. Hän ehdottaakin, että päätösten pitäisi perustua mieluummin osapuolten väliseen konsensukseen kuin objektiivisiin tosiasioihin. Kamppinen & al. (1995, s. 17) puolestaan toteavat, että katastrofaalisen menetyksen aiheuttavien riskien analysoinnissa todennäköisyyden merkitys vähenee, koska äärettömän suuri haitta on epätodennäköisenäkin liian suuri. Raivola ja Kamppinen (1991, s. 8) toteavat lisäksi, että hyvin tunnetuissa riskeissä hyödyt korostuvat niin, ettei haittoja välttämättä ajatella lainkaan.

4.2.1 Riskin todennäköisyys

Todennäköisyydelle voidaan esittää objektiivinen tulkinta ja subjektiivinen tulkinta (Kamppinen & al. 1995, s. 49). *Objektiivisen tulkinnan* mukaan todennäköisyys on tapahtumien ominaisuus. Objektiivinen tulkinta jaetaan edelleen frekvenssitulkintaan ja propensiteettitulkintaan. *Propensiteettitulkinnan* mukaan todennäköisyys on yksittäisen tapahtuman tai tilanteen ominaisuus.

Todennäköisyyden frekvenssitulkinnan mukaan tapahtuman todennäköisyys on vaihtoehdon esiintymiskerroista määrätty suhteellinen frekvenssi (Mellin 1996a, s. 233-240). Jos tarkasteltavan vaihtoehdon suhteellinen frekvenssi lähestyy jotakin lukua satunnaisilmiön toistuessa, on tuo luku tapahtuman empiirinen todennäköisyys. Kamppinen & al. (1995, s. 49) lisäävät, että frekvenssitulkinnan mukaan todennäköisyys on ääretömän pitkien tapahtumasarjojen ominaisuus. Kun tapahtumaa toistetaan monta kertaa, havaintojen frekvenssi eli lukumäärä lähenee tiettyä arvoa. Myös Kemppainen (1989, s. 3) toteaa, että frekvenssitulkinnan mukaan tapahtuman todennäköisyys ilmenee sen esiintymislukumäärinä pitkissä sarjoissa. Ainutkertaisen tapahtuman todennäköisyyttä ei kuitenkaan voida saada frekvenssitulkinnan perusteella. Tilastollista analyysia voi soveltaa tapahtumien yleisyyden arviointiin silloin, kun tapahtuma on toistuva.

Todennäköisyyden frekvenssitulkinta voidaan esittää *klassisena todennäköisyytenä* (Mellin 1996a, s. 237). Se olettaa, että satunnaisilmiö on mahdollista jakaa äärelliseen määrään toisensa poissulkevia alkeistapahtumia, joita ei voi jakaa vielä alkeellisempiin tapahtumiin. Jos alkeistapahtumilla (A_1, A_2, \dots, A_n) on sama todennäköisyys tapahtua ja ne ovat toisensa poissulkevia, niin A_i :n todennäköisyys on $P(A_i) = 1/n$.

Todennäköisyyden tulkinta voidaan esittää *subjektiivisena todennäköisyytenä* (Mellin 1996a, s. 236-240). Ainutkertaisen tapahtumien todennäköisyys on henkilökohtainen ja todennäköisyys määritellään sen vedonlyöntisuhteen avulla, johon henkilö suostuu. Jos henkilö on halukas lyömään tapahtuman A sattumasta vetoa suhteessa K:L, hänen subjektiivinen todennäköisyytensä on $P(A) = K/(K+L)$.

Subjektiiiviset todennäköisyydet perustuvat henkilöiden tietämykseen. Todennäköisyyttä ei siis ole johdettu mittaamalla tapahtuman esiintymistiheyttä, mikä olisi lähtökohta objektiiviselle todennäköisyydelle (Artto 1997a, s. 5). ISO 10006:n (1997, s. 16) mukaan riskien todennäköisyyden ja vaikutuksen selvittämiseen pitäisi käyttää sekä aikaisempaa kokemusta että tietoa edellisistä projekteista. Pitkänen (1999, s. 36) esittää, että todennäköisyyden estimointi on aina jonkin verran subjektiivista ja henkilöillä on taipumus esittää erilaisia todennäköisyyksilukuja.

4.2.2 Riskin vaikutus

Riskin vaikutuksesta käytetään useita nimityksiä. Tavallisimpia nimityksiä ovat riskin toteutumisen vakavuus tai suuruus, riskin toteutumisen aiheuttama menetys, riskin toteutumisen aiheuttama haitta, vahingon vakavuus ja riskin vaikutukseen liittyvä menetys. Riskin vaikutusta voidaan yrittää ilmaista rahallisesti (Pitkänen 1999, s. 37). Riskin vaikutus voi kohdistua myös aikatauluun, henkilöihin ja/tai toisiin riskeihin.

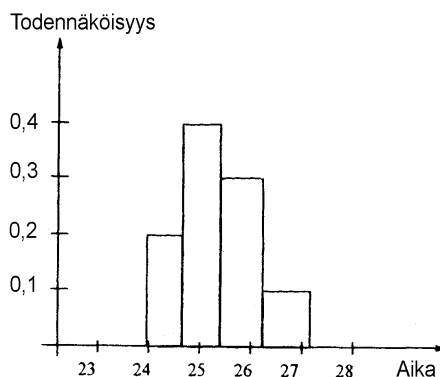
Riskin vaikutus ilmenee tietyn ajan kuluessa. Raivola ja Kamppinen (1991, s. 17) esittelevät riskin sijoittumista aikaan. Ajallisesti lähellä olevat riskit ovat yleensä kauempana olevia riskejä merkittävämpiä. Kaukainen tulevaisuus tuntuu vähemmän realistiselta kuin lähitulevaisuus. Dorofee & al. (1996, s. 524) kuvaavat riskillä olevan *aikakehyksen* (timeframe), joka voi olla lyhyt-, keski- tai pitkäkestoinen.

Artto (1990, s. 75) esittää havainnon eräästä tutkimuksesta, että mitä pidemmän ajanjakson päähän estimaattia tehtiin, sitä suuremmat olivat jakaumien keskiarvot ja varianssit. Varianssin kasvu aiheutui ilmeisesti siitä, että epävarmuus tulevaisuuden suhteen lisääntyy ajan funktiona. Mellin (1996a, s. 119-120) toteaa, että varianssi tarkoittaa keskihajonnan neliötä ja keskihajonta mittaa kuinka paljon aineiston arvot poikkeavat keskiarvostaan. Keskihajonta eli standardipoikkeama sopii kuvaamaan väli- tai suhdeasteikolla kohteen havaittujen arvojen hajaantuneisuutta tai keskittymistä.

4.3 Mittaamisen määrä

Tarkasteltavaksi parametriksi voidaan ottaa esimerkiksi riskin vaikutus ilmaistuna rahassa. *Jakauma* kuvaa yhden parametrin aineistossa havaittujen arvojen ominaispiirteitä (Mellin 1996a, s. 72). Artto (1990, s. 8) toteaa, että jakauman tavoitteena on mahdollisimman totuudenmukainen ennuste reaali maailmasta. Jakauman hyvyyttä mitataan vertaamalla sitä siihen reaali maailman arvoon, jota jakauman on tarkoitus ennustaa.

Pfleeger (2000, s. 269) esittää, että jakauman muoto ja leveys kuvastavat taustalla olevaa arvioijan epävarmuutta. Mitä leveämpi on jakauma, sitä suurempi on myös epävarmuus. Esimerkiksi leveä, kellon muotoinen jakauma kuvaa sitä, että arvioijalla on vähemmän luottamusta todennäköisyyteen kuin silloin, kun jakauma on kapea ja korkea. Kuvassa 4.1 on esimerkki histogrammista.



Kuva 4.1: Ennuste kestosta -histogrammi (Cagno ja Caron 1997).

Mellin (1996b, s. 138) kutsuu *piste-estimoinniksi* menetelmää, jonka päämääränä on saada arvo todelliselle, mutta tuntemattomalle arvolle. Riskistä voidaan tehdä yhden pisteen estimaatti eli mittaamisessa valitaan yksi luku, joka ilmaisee riskin arvoa (Pitkänen 1999, s. 37).

Artto (1990, s. 57) esittää, että käytännössä arvioijat ja päätöntekijät voivat estimoida käsityksensä kolmella arvolla, joiden pohjalta jakauma voidaan määrittää. Cagno ja Caron (1997, s. 144-145) käyttävät *kolmen pisteen estimaatin* arvoja, jotka ovat optimistinen, pessimistinen ja todennäköisin arvo. Kolmen pisteen estimaatti antaa

odotetuista arvoista jakauman eli minimi-, normaali- ja maksimiarvot. Minimi on optimistinen arvo, normaali todennäköisin arvo ja maksimi pessimistinen arvo. Nämä kolme pistettä esittävät odotetun arvon hajontaa.

Väliestimoinnissa arvoksi määrätään havaintoihin perustuva väli, joka sisältää tietyllä, arvioijan etukäteen valittavissa olevalla todennäköisyydellä oikean, todellisen arvon (Mellin 1996a; Mellin 1996b). Tuota väliä kutsutaan luottamusväliksi ja arvioijan valitsemaa todennäköisyyttä kutsutaan luottamustasoksi.

Arto (1990, s. 8) toteaa, että usein toistuvissa tapahtumissa arvon jakauma saadaan tilastollisella laskennalla. Subjektiivisuuteen perustuvia jakaumia kannattaa soveltaa vain ainutkertaisissa tilanteissa, joihin ei ole käytettävissä soveltuvia objektiivisia tilastotietoja. Jakauma saadaan mittaamalla arvioijan mielipide arvioinnissa käytettävällä menetelmällä ja skaalaamalla se kvantitatiiviselle mitta-asteikolle jakaumaksi. Sekä tilastollisella että subjektiivisella analyysillä on tarkoituksena saada mahdollisimman totuudenmukainen ennuste reaali maailmasta.

4.4 Mittaamisen tarkkuus

Charette (1989, s. 58) toteaa, että objektiivinen estimaatti yhdistää tilanteet, joissa mennyt tilanne on samankaltainen kuin nykyinen tilanne. Näin toinen arvioija voi estimoida parametrin toistamiseen ja päätyä samoihin tuloksiin. Mellin (1996a, s. 61) toteaa, että mittaus on *harhaton*, jos mittaus ei systemaattisesti yli- tai aliestimoi tapahtuman todellista arvoa. Mittaus siis on *harhaton*, jos se antaa keskimäärin oikean tuloksen. Mittauksella on suuri *reliabiliteetti* eli *luotettavuus*, jos se toistettaessa antaa samasta tapahtumasta saman tai lähes saman tuloksen.

Riskin kvantifioinnin vaikeutta voidaan helpottaa ilmaisemalla todennäköisyydet *verbaalisesti*, mutta käytännössä tämä tarkoittaa riskin kuvailemista ilman kvantifiointia (Pitkänen (1999, s. 35). Boehm (1989, s. 132-133) toteaa, että mittauksessa käytettävä sanasto vaikuttaa riskin ymmärtämiseen. Todennäköisyyttä ilmaiseva sana "melkein varmasti" voi tarkoittaa esimerkiksi prosenttilukua välillä 75-98. Eri ihmiset

ymmärtävät eri tavalla epävarmuutta kuvailevat sanat, jotka ilmaisevat todennäköisyyttä (Charette 1989, s. 121). Pastinen (1989, s. 5) esittää, että sana "hyvin epätodennäköinen" saattaa arviojasta riippuen tarkoittaa mitä tahansa lukujen 0,00001 - 0,1 välillä. Sanalliset ilmaisut ovat lähempänä ihmisen ajattelumaailmaa kuin numeeriset. Sanat antavat tilaa epävarmuudelle, numerot ovat tarkkoja.

Artto & al. (2000, s. 96) puolestaan kritisoivat kvalitatiivista analyysiä kolmesta syystä. Eri ihmisten käsitykset kvalitatiivisen ilmaisun tarkoittamasta määrästä eroavat merkittävästi toisistaan, mikä aiheuttaa kommunikaatio-ongelmia. Kvalitatiivisen ilmaisun tarkoite riippuu yhteydestä. Esimerkiksi sanalla "matala todennäköisyys" on erilainen tarkoitus teknisessä, taloudellisessa ja poliittisessa yhteydessä. Kvalitatiivinen ryhmittely on yleensä ottaen liian rajoittunut ja epäyhdenmukainen tapa ilmaista yksilön, ryhmän tai organisaation tietämystä. Artto & al. suosittelevat käytettäväksi kvalitatiivisen sijasta kvantitatiivista ilmaisua.

PMBOK (1996, s. 115) toteaa, että matemaattiset tekniikat voivat myös aikaansaada valheellisen vaikutelman tuloksen tarkkuudesta ja riskin kvantifioinnin luotettavuudesta. Pfleegerin (2000, s. 269, 271) mukaan kvantifioinnin yksi ongelma on, että numerot voivat sumentaa sen, mitä on todella tapahtumassa. Voimme ymmärtää kuinka pitkä on 3,5 metriä, koska meillä on kokemusta mihin verrata. Mutta riskiä arvoltaan 0,035 voi olla vaikea ymmärtää, koska meillä ei ole juurikaan käytettävissä kontekstia ymmärtääksemme mitä kyseinen arvo tarkoittaa. Siksi Pfleeger väittää, että kvantifioitu riski pitää personalisoida, jotta siitä tulisi mielekäs.

Pitkänen (1999, s. 38) esittää kokemuksia subjektiivisesta estimoinnista eräissä yrityksissä. Estimointi onnistui aluksi hyvin heikosti, koska osanottajat eivät pitäneet sitä luotettavana. Myöhemmin toisessa yrityksessä estimointi onnistui paljon paremmin, mutta osanottajat jäivät hyvin epäileviksi numeroarvojen tuottamisesta. Osanottajat kritisoivat sitä, että estimointi sisälsi liian paljon arvailua.

Holsteiniin (1970) viitaten Artto (1990, s. 121, 126) esittää, että *yliluottamus* tarkoittaa arvioijan taipumusta luottaa estimaattiinsa enemmän kuin mitä hänen tietämyksensä

edellyttäisi. Artto suositteliekin, että arvioijia tulee kannustaa riittävän leveiden jakaumien tekemiseen ja epävarmuuden realistiseen kuvaamiseen. Arvioijille tulee tehdä myös selväksi se, että jakauman kapeus ei välttämättä kuvaa varmuutta ja siten hyvää asiantuntemusta tai ennustamiskykyä. Jakauman kapeus voi merkitä liiallista ehdottomuutta ja jopa asiantuntemattomuutta, jos merkittäviä epävarmuuksia ei ole kyetty näkemään ennalta ja sisällyttämään estimaattiin.

Artto (1990, s. 88) esittelee ääripäistään liian kapeita jakaumia, jotka aiheutunevat arvioijan *ankkuroitumisesta* keskimmäisiin, todennäköisimpiin, arvoihin. Arvioijat eivät tällöin ole kyenneet riittävästi näkemään muiden, äärimmäisten arvojen mahdollisuuksia.

Artto (1990, s. 121) teki empiirisen huomion, että jakaumat sijaitsivat väärässä *kohdassa mitta-asteikkoa*, mikä ilmeni toteutuma-vertailusta. Syyksi hän epäilee, että mm. yliestimointi on ollut tietoista, jotta kustannuksia ei epäsuotuisimmassakaan tapauksessa ylitettäisi.

4.5 Analysointitekniikoita

Pitkänen (1999, s. 34) toteaa, että yksi usein käytetty tekniikka riskien kvantifioimiseksi on *asiantuntijan arvio* (expert judgement). Subjekttiivisen estimaatin hyvyys muodostuu kahdesta erilaisesta asiantuntemuksesta (Artto 1990, s. 121-132). *Substantiivinen asiantuntemus* on arvioijan asiantuntemusta arvioitavan kohteen asiasisällöstä. Tällainen arvioija kykenee esittämään paremman estimaatin kuin toinen, joka ei tunne kohdetta hyvin. Arvioijan substantiivisen asiantuntemuksen tulee olla riittävä ja arvioijan tulee tuntea arvioitava kokonaisuus. *Normatiivinen asiantuntemus* liittyy todennäköisyysteorian tuntemiseen. Normatiivisesti hyvin tehdyssä estimaatissa todennäköisyysteorian aksiomat ja säännöt on otettu huomioon. Arvioijalla tulisi olla ennestään riittävä todennäköisyyslaskun perustietojen tuntemus. Näin voidaan ajatella hänellä olevan edellytykset epävarmuuden ilmaisemiseen.

Raivola ja Kamppinen (1991, s. 39) toteavat, että *kyselyissä ja haastatteluissa* pyydetään usein estimoimaan valmiilla mitta-asteikolla, millaisia ominaisuuksia riskeillä on ja miten vaarallisina niitä pidetään. Tällainen kysely jättää huomioimatta, miten riskien olemassaolosta neuvotellaan, miten neuvottelun tulos jää vaikuttamaan henkilöiden havaintoihin ja miten riski muuttuu ajan myötä. Tuomisto (1999, s. 2) esittää, että kunnon kysely kysyy yhtä aikaa kaikkien vaihtoehtojen kannatusta, sillä yhden vaihtoehdon kannatuksen kysyminen kerrallaan antaisi täysin harhaanjohtavan tuloksen. Laajas- sa kyselyssä arvioija joutuu ottamaan huomioon myös vaihtoehtoisten ratkaisujen hyödyt ja haitat.

Delphi-tekniikka on ryhmäkonsensusta tavoitteleva asiantuntijoiden kokous, jonka tarkoituksena on lisätä estimaatin tarkkuutta tuomalla esille ja tarkastelemalla niin montaa asiaankuuluvaa seikkaa kuin mahdollista (Charette 1989, s. 131). Lundströmin (1989, s. 2-3) mukaan Delphi-tekniikkaa käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1951 ja siitä on kehitetty useita versioita. Perusajatuksena on, että asiantuntijat jäävät tuntemattomiksi toisilleen. Kyselykaavake annetaan ensimmäiselle asiantuntijalle, joka antaa kysytystä kohteesta estimaatin perusteluineen. Seuraavaksi kyselykaavake annetaan toiselle asiantuntijalle, joka lukee edellisen vastauksen ja antaa oman vastauksensa. Charetten mukaan kierroksia on useita, kunnes konsensukseen on päästy tai ryhmän vetäjän mukaan on sopiva aika lopettaa. Asiantuntijat eivät varsinaisesti keskustele ja vaikuta toisiinsa. Delphi-tekniikka ei ole kovin hyödyllinen, jos asiantuntijat pitävät tiukasti kiinni omasta kannastaan tai joitain tärkeitä asioita ei tuoda esille. Ongelmaksi voi muodostua, että asiantuntijat eivät edes nimettöminä halua näyttää epävarmoilta. Lundströmin mukaan Delphi-tekniikassa eri asiantuntijoiden estimaatit yhdistyvät ja he voivat korjata toistensa väärinkäsityksiä. Mutta jos esimerkiksi jokin asiantuntijoista on alallaan auktoriteetti, niin muut asiantuntijat eivät välttämättä uskalla esittää eriäviä estimaatteja. Jos asiantuntijat puolestaan ovat riitautuneet keskenään, heidän voi olla vaikea päästä yhteisymmärrykseen ja heidän estimaattejaan voi olla vaikea yhdistää.

Jauri (1997, s. 200-201) esittelee *historiallista simulaatiota*, joka perustuu vanhan aineiston käyttöön. Historiallisen simulaation vahvuutena on, että todellinen empirinen jakauma tulee toistettua ilman muutoksia. Yhtenä heikkoutena puolestaan on se, että

aineisto esittää vain yhden mahdollisen realisaation monesta vaihtoehdosta. Toisena heikkoutena voidaan pitää sitä, että simulaatio ei ilmaise mitä voisi tapahtua tulevaisuudessa, vaan mitä tapahtui menneisyydessä. Se ei myöskään kuvasta mahdollisia tulevaisuuden tapahtumia nykytilanteen pohjalta. Tilastollisten historiatietojen pohjalta lasketut jakaumat olivat Artton (1990, s. 77-78) mukaan keskimäärin vähintään yhtä hyviä ja huomattavasti parempiakin kuin subjektiiviset estimaatit jakaumasta.

Jauri (1997, s. 170) esittelee *Monte Carlo -simulaatiota*, joka perustuu satunnaislukujen käyttöön. Tässä simulaatiossa ei luoteta historiasta kerätyn aineiston edustavuuteen, vaan halutaan saada täydellisempi kuva jakaumasta. Tällöin oletetaan, että aineisto noudattaa jotain tilastollista jakaumaa. PMBOK (1996, s. 117) esittää, että Monte Carlo -simulointi on useimmiten tehty aikatauluille. Tietokoneella voidaan suorittaa simulointia, jossa projektin suunniteltu aikataulu toteutetaan useita kertoja tilastollisen jakauman saamiseksi. Mellin (1996a, s. 271-277) toteaa, että jos simulointia jatketaan tarpeeksi kauan, kaikki simuloitujen empiiristen todennäköisyydet lähestyvät oikeaa todennäköisyyttä. Kun toistojen lukumäärä kasvaa rajatta, todennäköisyys, että toistoista määrätty tapahtuman suhteellinen frekvenssi poikkeaa oikeasta todennäköisyydestä, tulee vain pienemmäksi.

Projektin ainutkertaisuus rajoittaa kerätyn historia-aineiston soveltamista ja syöttötietojen luotettavuus vaikuttaa voimakkaasti analysoinnin tulosten käytettävyyteen (Cagno ja Caron 1997, s. 139-140). Artto (1990, s. 3) väittää, että projektien ainutkertaisuus ja toteutusolosuhteiden alituiset muutokset aiheuttavat sen, että estimaatin tekemiseen ei ole käytettävissä relevanttia ja luotettavaa tilastotietoa. Riskien analysoinnin luotettavin tietolähde on usein projektihenkilöstön kokemus ja asiantuntemus, joita voidaan käyttää muodostettaessa jakaumia. On parempi, jos arvioija on omasta organisaatiosta kuin organisaation ulkopuolelta (Artto & al. 2000, s. 43).

5 RISKIEN EVALUOINTI

Riskien analysointi tuottaa tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa kuin riskien tunnistaminen. Riskien evaluointi puolestaan käyttää analysoinnin tuottamia tietoja (Charette 1990, s. 555). Riskien evaluointi on kolmas ja viimeinen osa riskienarviointia ja tuottaa riskienarvioinnin tulokset jatkotoimenpiteitä varten.

Ottamalla riski altistutaan riskin aiheuttamalle vaikutukselle. Osapuolet voivat rajoittaa riskien ottamistaan asettamalla rajan hyväksyttävän riskialttiuden korkeudelle. Kuvan 2.2 mukaisesti osapuolet ovat rajoittaneet hyväksymiänsä lopputuloksia. Osapuolen suositustaso (risk referent level) määrittelee osapuolen hyväksymän riskitason, jota tarkastelen kohdassa 5.1. Jokaiselle *riskitasolle* (risk level) on sijoitettu keskenään riskialttiudessa yhtä korkeita riskejä.

Jatkotoimenpiteiden kohteeksi valittavat riskit saadaan vertaamalla riskitasoa osapuolten asettamaan suositustasoon (Charette 1989, s. 161). Kohdassa 5.2 valitaan riskit, jotka otetaan jatkotoimenpiteiden kohteeksi. Koska toiset riskeistä ovat hyväksyttävempiä tai haitallisempia kuin toiset, tarvitaan riskien priorisointia (Charette 1990, s. 26). Priorisoitu riskilista korkeimmasta matalimpaan riskiin voidaan muodostaa riskialttiuden avulla (Boehm 1989, s. 8).

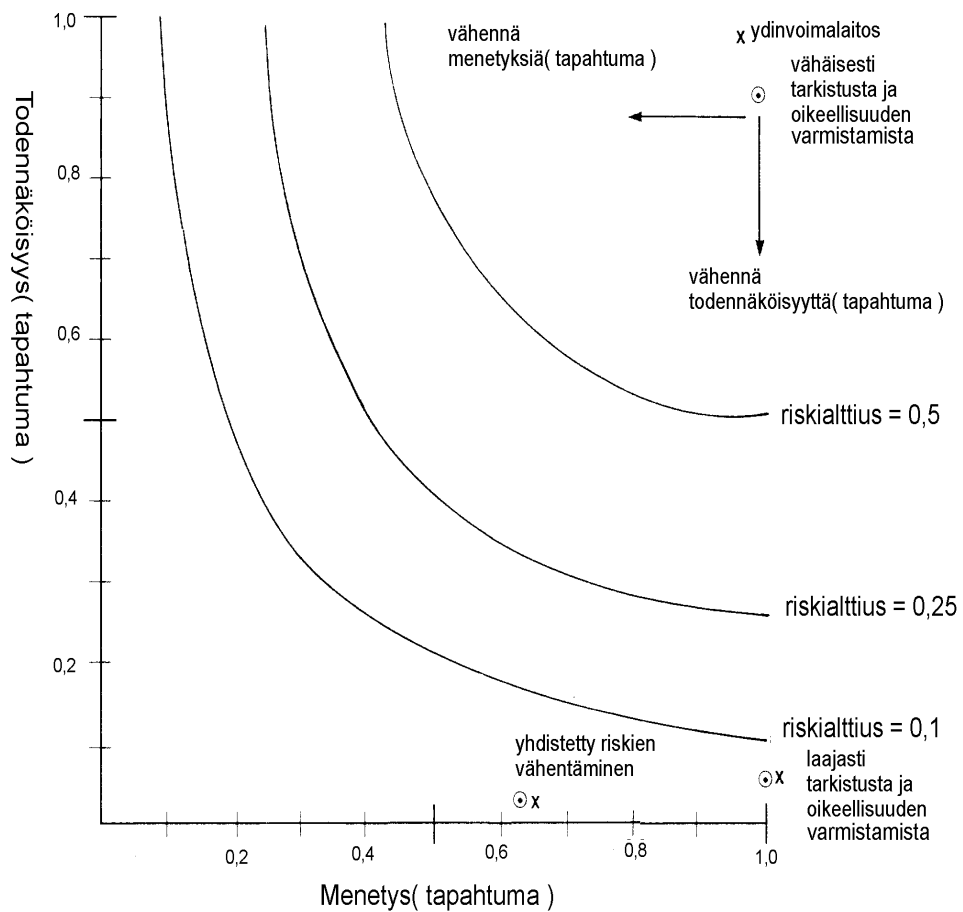
5.1 Osapuolten suositustasot

Riskin suositustasolla tarkoitetaan hyväksyttävää riskitasoa, jonka projektin osapuolet hyväksyvät. Suositustasoja määritellään yleensä kustannuksille, aikataululle ja suorituskyvyille (Charette 1989, s. 163). *Suosituksen piste* esittää viimeisintä tasoa, minkä ylitettyään riski ei ole enää hyväksyttävissä (Charette 1990, s. 556-557). PMBOK:n (1996, s. 115) mukaan osapuolilla voi olla erilaiset käsitykset riskien hyväksyttävyydestä. Näihin hyväksyttävyyksiin vertaamalla tietty osapuoli voi pitää samaa riskiä matalana tai korkeana. PMBOK:n käyttämä riskien hyväksyttävyydet on Charettesta poiketen osa riskien kvantifiointia.

Charetten tavoin Boehm (1989, s. 7) käyttää käsitettä hyväksyttävä riskitaso. Joistakin riskeistä voi seurata niin suuria menetyksiä, että niiden riskialttiutta on syytä pienentää hyväksyttävälle tasolle. Riskialttiutta voidaan pienentää vaikuttamalla joko riskin todennäköisyyteen tai riskin vaikutukseen. Projektissa voidaan tehdä merkittävän paljon tarkistamista ja oikeellisuuden varmistamista, jotka vaikuttavat riskin todennäköisyyteen.

5.1.1 Riskitaso

Charette (1989, s. 163, 166) käyttää käsitettä riskitaso esittämään samantasoisia riskejä. Käyrällä olevat riskit ovat samantasoisia. Kussakin riskitasossa on yhtä korkeita riskejä (Salo & al. 1983, s. 14-15).



Kuva 5.1: Riskialttiuden korkeuskäyriä (Boehm 1989).

Boehm (1989, s. 6-9) käyttää kvantifioitua riskin korkeuskäyrää, joka piirrettynä kuvaa samaa riskialttiutta. Boehm esittää kuvan 5.1 mukaisesti riskialttiuden korkeuskäyrää, jossa menetys on kardinaalisessa asteikossa välillä nolosta (ei menetystä) yhteen (täydellinen menetys). Vasemmalla alhaalla on alue, jossa riskialttius on matala ja ylhäällä oikealla olevan alueen riskialttius on korkea. Kolme ympyröityä pistettä esittävät erilaisia suositustasojen pisteitä ja kyseisessä pisteessä projektissa tehtäviä toimenpiteitä.

Saarinen (1993, s. 15) esittää, että epäonnistuminen projekteissa, joissa on matala riskitaso, on usein osoitus ongelmista projektin kehitysprosessissa. Epäonnistuminen projekteissa, joissa on korkea riskitaso, voi puolestaan aiheutua investoinnin luonteesta. Korkeiden riskitasojen ottamisen seurauksena pitää hyväksyä myös joitakin epäonnistumisia.

5.1.2 Riskien ottaminen

Pitkänen (1999, s. 24) erittelee projektin osapuolista *riskin omistajan*, joka ottaa vastuun riskin toteutumisen seurauksista. Sopimuksilla voidaan vähentää riskejä määrittelemällä vastuu pois itseltämme. Pitkänen kysyy kuitenkin, kenen riskejä projektissa hallitaan onnistuneen lopputuloksen takaamiseksi. Pitäisi myös selvittää kuka on se osapuoli, joka oikeastaan ottaa riskin toiminnallaan tai toimimattomuudellaan.

Jaakkolan (1989, s. 7) mukaan henkilön suhtautumiseen riskiin vaikuttaa paljolti se, onko riski otettu vapaaehtoisesti vai vastoin omaa tahtoa. Vastentahtoisessa riskin ottamisessa henkilö altistuu riskille, vaikka ei sitä halua tai hyväksy. Inhimillinen arvostelukyky on kuitenkin ristiriitainen. Toisinaan henkilöt ovat valmiita hyväksymään suuremman riskin, jos he voivat itse päättää sen ottamisesta. Vapaaehtoisesti saatetaan olla halukkaita ottamaan merkittäviäkin riskejä, jos siitä saadaan itselle hyötyä tai iloa. Riskiin suhtautumiseen vaikuttaa myös se, onko muita vaihtoehtoja olemassa ja kuinka hyvin tiedetään riskin olemassaolo ja suuruus. Riski ei tunnu yhtä pahalta, jos sen seuraukset ovat odotettavissa vasta pitkän ajan kuluttua tai riskin seurauksia saadaan kumottua kohtuullisessa ajassa.

Bryan ja Siegel (1988, s. 463-466) esittelevät asiakkaan näkökulmasta riskin ottamista. Laitteistolle myönnetään yleensä takuu, joka voi olla esimerkiksi 90 päivää tai puoli vuotta. Tänä aikana valmistajan takuu vastaa mahdollisista virheistä, tuotteen korjauksesta, vaihdosta, korvauksesta tai palautuksesta. Ohjelmistolle ei kuitenkaan välttämättä myönnetä takuuta tai asiakkaan saamaa takuuta rajoitetaan ennen ohjelmiston käyttöä asiakkaalla hyväksyttävällä lisenssillä. Ohjelmiston takuu voi olla lausunto, jossa irtisanoudutaan mm. laadusta, suorituskyvystä, implisiittisestä takuusta tai sopivuudesta mihinkään erityiseen tarkoitukseen. Ohjelmisto myydään sellaisena kuin se on. Erityisesti vastuuta mm. suorista, epäsuorista, erityisistä, tahattomista tai vahingollisista seurauksista ei oteta, vaan ne jätetään ohjelmiston ostajan vastuulle.

Hyväksyttävään riskitasoon vaikuttaa osaltaan se, millaisia riskejä ollaan halukkaita ottamaan. Charette (1989, s. 162) esittää, että hyväksyttäviä riskejä valittaessa voi olla tarpeen määrittää yhteinen valintakriteeri, jonka avulla pyritään haluttuun tavoitteeseen. Onnistumiskriteereinä voivat olla esimerkiksi yrityksen kasvuvauhti tai myynnin maksimointi tai menetysten minimointi.

Pitkänen (1999, s. 22) toteaa, että perinteisen riskienhallinnan mukaan riski ja mahdollisuus ovat luonnollista seurausta riskin ottamisesta. Siten suurempien hyötyjen saamiseksi täytyy ottaa enemmän riskejä. Näin mahdollisuuksiin voidaan vaikuttaa säätelemällä riskien ottamisen tasoa.

Projektit, joissa on suuri mahdollisuus epäonnistua, saattavat tarjota myös suuremmat voitot (Fairley 1994, s. 58). Vastaavasti varmoissa, vähäriskisissä projekteissa tuotot ovat varmempia, mutta ne voivat olla vähäisempiä. Yleisesti rahoittajat vaativat riskialttiimmista projekteista suurempia mahdollisia tuottoja, jotta he suostuisivat ottamaan riskin eli rahoittamaan projektia. Yksittäisille riskeille voidaan asettaa hyväksyttävä riskitaso. Kriteeri on esimerkiksi sovittu ohjelmiston toimituspäivä. Tämä on laskennallinen arvo, jolle voidaan sallia tietty virhemarginaali. Osapuolet määrittelevät suositustasonsa eli miten pitkälle he voivat "venyä" ennen kuin lopputulosta ei voida enää hyväksyä. Fairley esittää, että venyminen on esimerkiksi asiakkaan puolelta annettua lisäaikaa kehittäjälle havaittujen puutteiden korjaamiseksi. Kaikki osapuolet, joita

esimerkiksi aikataulun viivästyminen koskee, sopivat etukäteen aikataulun muuttamisesta.

Nevalainen ja Levonen (1998) esittävät, että amerikkalaiset keskeyttävät projektin helpommin kuin suomalaiset, jotka yrittävät kauemmin viedä projektin loppuun. Näin suomalaisten hyväksymä riskitaso on korkeampi kuin amerikkalaisten.

5.2 Riskien vertaaminen

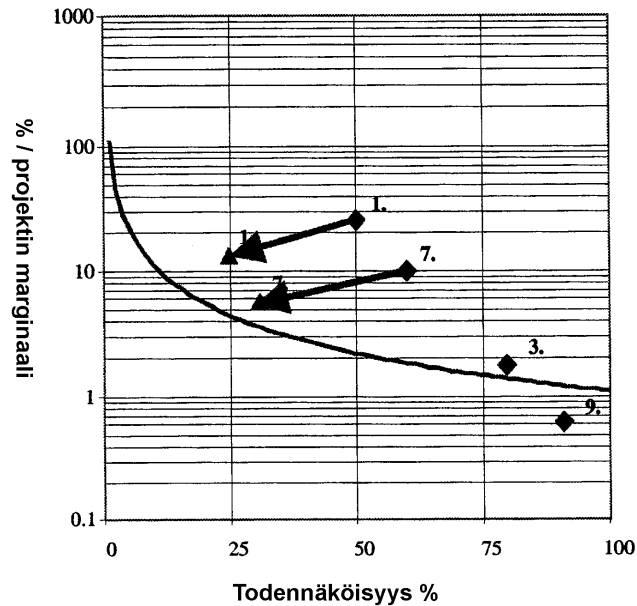
Riskit, joiden varalle tehdään toimenpiteitä, voidaan valita ainakin kolmella kriteerillä. Jos tietyn riskin riskitaso nousee sen suositustason yli, projektissa voidaan tehdä tilannetta korjaavia toimenpiteitä tai se voidaan lopettaa (Charette 1989, s. 295). Riskien priorisoinnin tekee yksi tai useampi osapuolista. Riskien priorisointi on riskien asettamista järjestykseen, jossa tärkeimmät riskit ovat listan alussa ja vähemmän tärkeät loppussa. Tämän listan mukaan valitaan, mille riskeille tehdään toimenpiteitä. Boehm (1989, s. 9) järjestää riskit tärkeysjärjestykseen riskialttiuden mukaan. Toimenpiteiden valinta voidaan tehdä myös vertaamalla riskin eri vaihtoehtoja.

5.2.1 Riskitasojen vertaaminen suositustasoon

Karolak (1996, s. 4-12, 23-24) ottaa huomioon projektin osapuolet, mutta ei määrittele osapuolten hyväksymiä riskien maksimeja. Projektin kokonaisuuden kannalta Karolak kuitenkin huomioi yrityksen olemassaoloon liittyvän taloudellisen puolen. Projektissa riskin vakavuus on jaettu kolmeen ryhmään, joista pienin vakavuus ei haittaa yrityksen taloutta ja vakavin voi aiheuttaa yrityksen konkurssin.

Riskienarvioimista vaikeuttaa pirstaleisuus. Asiat esitetään toisistaan irrallaan, eikä niitä pystytä muokkaamaan yhteismitallisiksi (Tuomisto 1999, s. 2). Riskien pitäisi kuitenkin olla yhteismitallisia, jotta ne olisivat vertailukelpoisia. Erilaisten asioiden yhteismitallistamista vastaan on esitetty kritiikkiä, kuten että terveyden, luonnon ja ihmiselämän tapaisia itseisarvoja ei voi muuntaa rahaksi tai pisteiksi (Raivola ja Kamppinen 1991, s. 19). Toiset riskit pystytään esittämään vain rahallisesti ja toiset ajallisesti.

Artto (1990, s. 94) pyrkii ilmaisemaan kaikki projektin epävarmuudet yhteismitallisesti, joko aika- ja/tai kustannusvaihteluina.



Kuva 5.2: Riskien keskinäiset suhteet ja hyväksyttävä riskitaso (Artto & al. 2000).

Artto & al. (2000, s. 38) esittelevät Temper Systemtm-ohjelmaa, jolla voi havainnollistaa riskejä visuaalisesti (kuva 5.2). Siinä riskit on sijoitettu todennäköisyys-akselin ja vaikutus-akselin (esimerkiksi suhteessa projektin voittoon) muodostamaan ruudukkoon. Kuvan 5.2 mukaisesti riskien keskinäiset suuruussuhteet tulevat esille ja siihen on piirretty viiva, joka esittää hyväksyttävää riskitasoa. Tämän viivan ylittävät riskit pitäisi ottaa toimenpiteiden kohteeksi. Toimenpiteet ovat vaikuttaneet riskeihin yksi ja seitsemän ja muuttaneet niiden sijaintia. Kähkönen (1997, s. 80) esittää, että Temper Systemtm-ohjelmalla nähdään riskin takia tehty toimenpide kustannuksineen sekä toimenpiteen seurauksena uuden sijainnin todennäköisyys, vaikutus ja kustannus. Ohjelma on pyritty tekemään geneeriseksi ja systemaattiseksi projektien riskienhallinnan työkaluksi. Kähkösen näkemys on, että ohjelma vaikuttaisi täyttävään vaatimukset helposti ja joustavasta työkalusta. Dorofee & al. (1996, s. 374) kuvaavat myös diagrammissaan riskialttiuden muutoksia toimenpiteiden seurauksena.

Boehm (1989, s. 8-9) ja Charette tarjoavat riskialttiutta käyttävän kaavan (5.1) ennen ja jälkeen toimenpiteen. Boehm esittää kysymyksen: "Kuinka paljon pitäisi käyttää

resursseja tarkistukseen ja oikeellisuuteen?". *Riskin pienentymisen vaikutus* (Risk Reduction Leverage, RRL) perustuu kustannus-hyöty -mittaukseen. Kaavan (5.1) mukaan lasketaan RRL eri riskien toimenpiteille. RE_{ennen} on riskin RE ennen pienentämistoimenpiteiden ja $RE_{jälkeen}$ on riskin RE pienentämistoimenpiteiden jälkeen. Mitä suurempi RRL on, sitä tehokkaammin kyseiseen riskiin pystytään vaikuttamaan. Boehm myöntää yhden vaikeimmista ongelmista olevan todellisten kustannusten ja todennäköisyyksien estimoimisen sekä RE_{ennen} että $RE_{jälkeen}$. Charetten (1989, s. 268; 1990, s. 382) mukaan riskin pienentymisen vaikutus perustuu kustannus-hyöty -harkintaan, jonka avulla priorisoidaan tehokkaat ja vähemmän tehokkaat toimenpiteet. Jos kaavan (5.1) arvo ei ole riittävän suuri oikeuttaakseen toimenpiteet, voidaan hakea muita vähemmän kustannuksia aiheuttavia toimia tai tehokkaampia riskin pienentämisen keinoja (Pfleeger 2000, s. 268). Käytännössä RRL:ää käytetään harvoin, eikä sen tehokkuudesta ole saatu kovin paljon empiirisiä todisteita (Ropponen 1999b, s. 212).

$$RRL = \frac{RE_{ennen} - RE_{jälkeen}}{\text{Riskin pienentämisen kustannukset}} \quad (5.1)$$

Hyväksyttävän riskin löytymiseen kehitetyt menetelmät pyrkivät täydentämään hyötyjen ja haittojen menetelmää (Kamppinen & al. 1995, s. 57). Niissä kerrotaan, minkä suuruisia haittoja ollaan valmiita hyväksymään. Perinteisen taloudellisen ajattelutavan mukaan riskien vähentämiseen kannattaa sijoittaa niin kauan kuin kustannukset vähenevät vastaavasti. Jotta riski-hyöty -ajattelua voitaisiin soveltaa, pitäisi hyödyt ja haitat voida esittää samoissa asteikoissa (Jaakkola 1989, s. 5-6).

5.2.2 Tärkeimmät riskit

Riskienarvioinnin tuloksena voidaan muodostaa lista kyseiselle projektille tärkeimmistä riskeistä. Tarkasteltavien riskien lukumäärää rajoitetaan ottamalla mukaan vain n tärkeintä riskiä. Priorisointi tarkoittaa toisinaan sitä, että valitaan pienempi paha kahdesta huonosta vaihtoehdosta (Charette 1990, s. 26). Priorisoinnissa riskit järjestetään

tiettyyn järjestykseen eli riskit on mahdollista sijoittaa ordinaali-, intervalli- tai suhdeasteikolle.

Taulukko 5.1: Top 10 -lista ohjelmistoprojektien riskeistä (Boehm 1991).

#	Riski
1	Henkilöstöpuutteet
2	Epärealistiset aikataulut ja budjetit
3	Väärän toiminnallisuuden kehittäminen
4	Väärän käyttöliittymän kehittäminen
5	Kultaaminen eli turha viimeistely
6	Jatkuvasti muutoksia ohjelmiston vaatimuksissa
7	Puutteet ulkopuolelle annetuissa tehtävissä
8	Puutteet ulkopuolella suoritetuissa tehtävissä
9	Puutteet tosiaikakäsittelyn suorituskyvyssä
10	Epärealistiset odotukset tietotekniikan mahdollisuuksista

Taulukon 5.1 mukaisesti on esitetty Boehmin top 10 -lista, joka perustuu hänen koke-
muksiinsa 1980-luvulla USA:n puolustusteollisuudesta (Keil & al. 1998, s. 77, 82).
Boehmin listasta puuttuu eräitä riskejä, joita Keil & al. ovat huomioineet. Ropponen
(1999a, s. 50-56) kritisoi useita Boehmin top 10 -listan kohtia. Ropposen mukaan lis-
tan rankkaus ei ole systemaattinen ja lista koostuu ainoastaan ohjelmistojen tuotanto-
suuntautuneista asioista. Siksi listaa ei tulisi pitää täydellisenä listana. Ropposen tutki-
muksessa tärkeimmäksi riskiksi nousi "Jatkuvasti muutoksia ohjelmiston vaatimuksis-
sa" -kohta ja toiseksi sama kuin Boehmin listassa, "Epärealistiset aikataulut ja budjetit"
-kohta. Listan kolmannelta kohdasta eteenpäin suomalaisen ja amerikkalaisen tutki-
muksen eroavaisuudet yleisessä rankkauksessa ja riskeissä ovat erityisen merkittävät.
Tämän perusteella Ropponen päätyy suosittamaan, että priorisoituja listoja sovellettai-
siin varovasti. Sen sijaan listojen käyttäjien pitäisi oppia ymmärtämään riskejä parem-
min. Madachy (1995, s. 221) toteaa Boehmin listasta, että käytännössä riskit pitää tun-
nistaa nimenomaisesta tapauksesta, jotta ne olisivat hallittavissa. Esimerkiksi muissa

projekteissa voi esiintyä erilaisia riskejä kuin puolustusteollisuuden ohjelmistokehityksen riskit.

Arto & al. (2000, s. 100-101) esittelevät erästä ohjelmaa, jolla tarkastellaan riskialttiutta ja mahdollisuuksia. Ohjelmalla voi laatia top 10 -listan projektin riskeistä. Tämän listan järjestys perustuu johdon tekemien laadullisten laskelmien lisäksi määrällisiin laskelmiin ja subjektiivisiin huomioihin.

Taulukko 5.2: Ydinvoimalan ohjelmiston riskialttiuden arvoja (Boehm 1989).

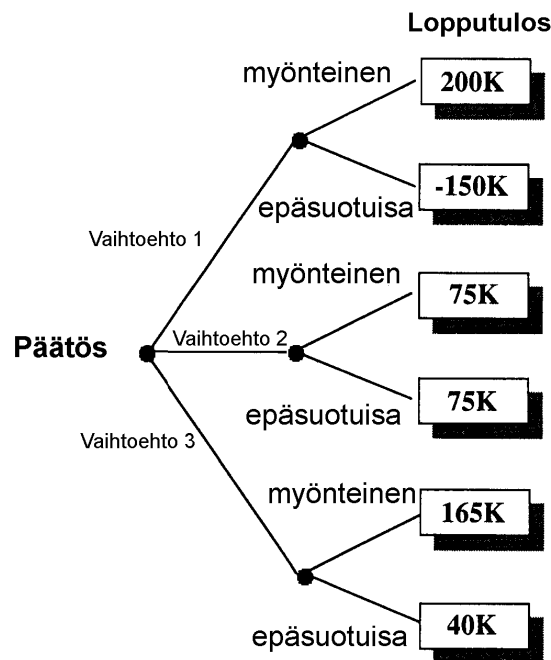
Riski	Epättydyttävä tapahtuma	P(UO)	L(UO)	RE
A	Virhe aiheuttaa ytimen sulamisen	3-5	10	30-50
B	Virhe aiheuttaa ydinvoimalan alasajon	3-5	8	24-40
C	Turvallisuusvirhe aiheuttaa sopimattoman toiminnon	4-8	7	24-56
D	Ohjelma raportoi turvattoman tilanteen turvallisena	8	6	48
E	Ohjelma raportoi turvallisen tilanteen turvattomana	5	3	15
F	Ohjelman virhe aiheuttaa epätäydellisen toiminnon	6	4	24
G	Ohjelman virhe aiheuttaa ylimääräistä työtä	8	1	8
H	Laitteiston viive aiheuttaa aikataulun ylityksen	6	5	30
I	Prossessorin muisti on riittämätön	1	7	7
J	Historiatietoja katoaa tietokannasta	2	2	4

Boehm (1989, s. 8-10) ehdottaa riskialttiuden asettamista samaan taulukkoon epättydyttävien tapahtumien kanssa (taulukko 5.2). Taulukon mitta-asteikoksi on valittu ordinaaliasteikko, jossa L(UO) arvo 10 tarkoittaa täydellistä menetystä ja P(UO) arvo 10 varmaa tapahtumaa. Mitta-asteikossa L(UO) arvo 0 tarkoittaa puolestaan, että menetystä ei tapahdu ja P(UO) arvo 0 tarkoittaa, että tapahtuma ei toteudu. Boehm esittää, että projekteissa keskitytään joko hyvin usein tapahtuviin tai vakavia menetyksiä aiheuttaviin riskeihin, joita ovat esimerkiksi riskit G tai I. Koska näiden kohtien riskialttiuden toinen osa on kuitenkin pieni, riskialttius on kokonaisuudessaan matala. Riskien A, B ja C todennäköisyydestä on epävarmuutta ja siksi epävarmuus esitetään kahden

rajan välillä. Tämä epävarmuus itsessään on suuri riskin aiheuttaja, johon pitäisi kiinnittää huomiota. Jos riskin C todennäköisyys on 4, sen riskialttius on keskimääräinen (28), mutta jos todennäköisyys on 8, sen riskialttius on hyvin korkea (56). Boehm myöntää, että suhteellinen mitta-asteikko yksinkertaistaa liiaksi muutamia kohtia. Esimerkiksi ydinvoimalan ytimen sulaminen on kertaluokkaa suurempi tuho kuin tietokoneen suorituskyvyn tai muistin loppuminen. Siten ytimen sulamista ei pitäisi käyttää esimerkkinä laskettaessa optimaalisinta riskien pienentämistä.

5.2.3 Riskien vaihtoehdot

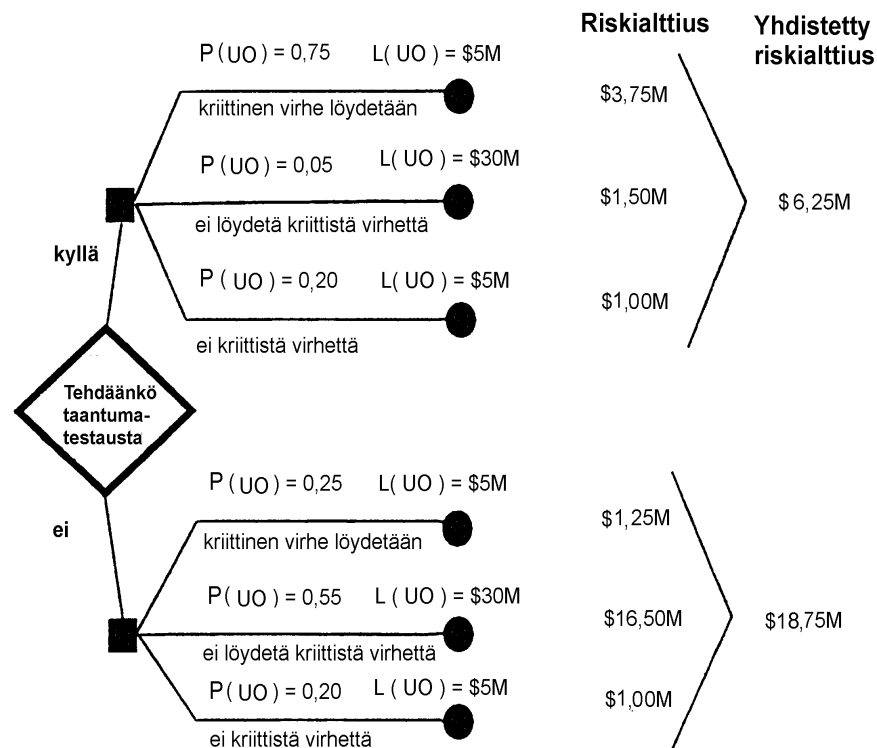
Päätöspuussa kuvataan päätöksiä tietyistä joukosta vaihtoehtoja ja tulevaisuuden mahdollisia lopputuloksia. Puu esittää toiminnan vaihtoehtoja ja vaihtoehtojen suhteita (Charette 1989, s. 196). Puun haarat muodostuvat valittavista vaihtoehdoista ja viimeinen haara lopputuloksesta. Päätöspuuhun on sisällytetty sekä positiivisia että negatiivisia seurauksia eri vaihtoehdoista (kuva 5.3).



Kuva 5.3: Päätöspuu ja kolme vaihtoehtoa (Charette 1989).

Päätöspuussa voidaan kuvata päätöksen riskejä. Päätöspuussa ilmenee päätöksen seurausten eteneminen ja eri vaihtoehtojen kautta kulkeutuminen lopulliseen riskien

vaikutuksen määrään (Boehm 1989, s. 250). Päätöspuun kuvauksessa voidaan soveltaa myös riskialttiuden käsitettä (Boehm 1991, s. 33). Pfleegerin (2000, s. 268) esimerkissä päättäjille esitetään vaihtoehtoina tehdäänkö ohjelmistolle taantumatestausta vai ei (kuva 5.4). Yhdistämällä päätöspuun haarojen riskialttiudet saadaan laskettua vaihtoehdon yhdistetty riskialttius. Päätöspuussa käytetään kolmipiste-estimaattia ja siinä esiintyvät vaihtoehdot ovat kriittinen virhe löydetään ajoissa (normaali), ei löydetä kriittistä virhettä (pessimistinen) eli riski toteutuu ja ei kriittistä virhettä (optimaalinen). Vaihtoehdon "ei" yhdistetty riskialttius on huomattavasti suurempi kuin vaihtoehdon "kyllä". Kuvan 5.4 riskialttiudet ja yhdistetty riskialttius on laskettu Boehmin mukaisesti.



Kuva 5.4: Päätöspuu ja riskialttius (Pfleeger 2000).

6 POHDINTA

Kohdassa 6.1 esittelen riskienhallinnan jatkuvuuden, joka vaikuttaa riskienarvioinnin kokonaisuuteen. Jatkuvuus tarkoittaa käytännössä riskienhallinnan toistamista useasti projektin aikana. Tätä toistamista tarvitaan koska projektin aikana voi ilmestyä uusia riskejä tai jo tunnistettu riski saattaa osoittautua estimoitua pahemmaksi.

Riskienarviointi on saanut osakseen sekä kritiikkiä että myönteistä palautetta. Riskien analysointi on yksi vaikeimmista riskienarvioinnin osista. Kohdassa 6.2 esittelen riskienarvioinnin osien heikkouksia ja vahvuuksia. Kohdassa 6.3 teen yhteenvedon riskienarvioinnista ja esitän johtopäätökseni.

6.1 Riskienhallinnan jatkuvuus

Nevalainen ja Käsälä (1994, s. 5) ovat lisänneet mm. kuvien 1.1 ja 1.2 mukaisiin Boehmin (1989) ja Charetten (1989) ideoihin perustuvan paluusilmukan riskienhallinnan alkuun. Käsälä (1997, s. 62) toteaa, että paluusilmukka tarkoittaa käytännössä kykyä arvioida riskienarvioinnin (risk self-assessment) onnistumista.

Pitkänen (1999, s. 41-42) toteaa, että riskienhallinta on *iteroiva prosessi*, jonka tuloksia pitää tarkistaa ja korjata projektin tilanteen muuttumisen ja uuden tiedon myötä. *Palaute* voi perustua projektin aikaisempiin riskienhallinnan tietoihin ja toimenpiteisiin tai kokemuksiin aikaisemmista samankaltaisista projekteista. PMBOK (1996, s. 121) ja Artto & al. (2000, s. 11) korostavat, että on tärkeä ymmärtää, ettei edes perusteellisinkaan ja laajinkaan riskienarviointi välttämättä tunnista kaikkia riskejä ja estimoit todennäköisyyksiä oikein. Siksi riskienhallinnan iterointia tarvitaan. Projektin suunnitteluun ja arviointiin osallistunut henkilö saattaa pitää mm. yllättävien määrä-, laajuus- tai hintamuutosten vaikutusta niin epätodennäköisinä ja tapahtuessaan niin merkittävänä, että riskienarviointi on tehtävä uudelleen (Artto 1990, s. 123).

Boehmin (1989, s. 115) mukaan riskienarviointi on prosessi, jota pitäisi soveltaa projektin elinkaaren jokaisessa vaiheessa, mutta erityisesti sen varhaisissa vaiheissa.

Alkuvaiheessa tehdyt päätökset vaikuttavat pitkälle, jopa koko projektin keston ajan. Mitä myöhäisemmässä projektin vaiheessa ongelma huomataan, sitä kalliimmaksi sen korjaaminen tulee. Esimerkiksi ohjelmiston ohjelmointi voi olla jo pitkällä ennen kuin huomataan suunnittelun virheellisyys (Bryan ja Siegel 1988, s. 10). Riskien tunnistaminen pitäisi tehdä projektin alussa ja myöhemmin projektin aikana, kun merkittäviä päätöksiä on tehty (ISO 10006 1997, s. 15). Uudelleensuunnittelu ja riskien välttäminen muuttavat projektissa kohdattavia riskejä, jolloin riskienarviointi pitäisi toistaa (Charette 1990, s. 557). Artto (1997a, s. 10) toteaa, että riskienhallintaa sovelletaan jokaiseen projektin vaiheeseen. Projektin edetessä määritelmät ja suunnitelmat tulevat tarkemmiksi ja jäljellä oleva riski, joka liittyy kustannuksiin ja aikatauluun, pienenee.

Raivola ja Kamppinen (1991, s. 48) päätyvät johtopäätöksiin, että riskin mieltäminen on dynaaminen ajassa muuttuva prosessi, jonka aikana riski muuttuu. Riskin havaitseminen muuttuu niiden toimenpiteiden seurauksena, joiden avulla riskiä yritetään yksilöidä, estimoida ja hallita.

6.2 Riskienarvioinnin heikkouksia ja vahvuuksia

Ropponen ja Lyytinen (1999, s. 73, 77) tutkivat miten riskienhallinta voi parantaa kehitystyötä projekteissa. Riskienhallinnan myönteinen vaikutus näkyi riskeissä, jotka liittyvät toimitusaikatauluihin ja oikein arvioituun resurssitarpeeseen. Projektin aikaresursseja pitää käyttää riskienhallintaan kohtuullisesti, noin kahdesta kahdeksaan prosenttiin. Riskienhallinnan soveltajalle täytyy olla kertynyt kokemusta eri menetelmistä. Mitä enemmän riskienhallinnan soveltajalle on kertynyt kokemusta, sitä parempia estimaatteja hän pystyy tekemään. Artton (1997a, s. 9) mukaan projektien epäonnistumisista voidaan kerätä tietoja, jotta niistä saataisiin oppia ja ymmärrystä niin epäonnistumisen syistä kuin riskeistä selviytymisestäkin. Tarkoituksena on siis kehittää kokemukseen perustuvia ratkaisuja siitä, kuinka riskejä voitaisiin välttää.

Charette (1989, s. 105) muistuttaa, että tilastolliset menetelmät eivät todista eri tapahtumien kausaalista suhdetta. Tilastot voivat osoittaa, että tapahtumien välillä voi olla suhde. Tämä rajoittaa syy-seuraussuhteiden (kuva 3.2) rakentamista. Mellin (1996a, s.

34) toteaa, että varmuus kausaalisesta yhteydestä voidaan saada selville vain kokeiden avulla.

Charetten (1990, s. 548) mukaan riskienarviointia soveltaen riskit havaitaan paremmin ja määritellymmän kuin ilman riskienarviointia. Vaihtoehdot erilaisille toimenpiteille tulevat selkeämmin esille etuineen ja heikkouksineen.

Boehm (1991, s. 36-37) myöntää, että yksi riskienarvioinnin vaikeuksista on tarkkojen analyysien tekeminen. Tarkkojen riskien todennäköisyyden ja vakavuuden estimointi on vaikeaa. Tästä huolimatta Boehm (1989, s. 8) pitää riskialttius-käsitteen käyttöä riittävänä riskienhallinnassa. Artto (1997b, s. 354) toteaa, että empiirisissä riskien analysointisovelluksissa on esitetty kritiikkiä määrällistä riskien estimointia kohtaan. Riskin todennäköisyyttä ja vaikutuksen suuruutta on vaikea määrittellä subjektiivisesti tai kvantitatiivisen analyysin tuottama estimaatti on puutteellinen luotettavuudeltaan. Artto pitää esitettyä kritiikkiä oikeutettuna.

Riskialttiuteen lasketaan kuuluvaksi vain menetyksiä (vaikutukset) ja todennäköisyyksiä. Riskien ottamisesta mahdollisesti saatavia hyötyjä ei lasketa mukaan. Pitkänen (1999, s. 19) esittää, että riskien analysoinnin tulisi kattaa sekä positiiviset että negatiiviset lopputulokset.

Pfleeger (2000, s. 271) ehdottaa, että tosiasiat erotettaisiin henkilöiden arvoista aina kun se on mahdollista. Perinteisen riskienarvioinnin yksi ongelma on se, ettei se koskaan voi olla täysin arvovapaata. Asioiden tarkastelutapamme värittää tulkintojamme tosiasioista. Pfleeger viittaa Silbergeldiin (1991), joka väittää, että riskienarvioinnin ja riskienhallinnan toisistaan erottaminen aiheuttaa valheelliseen objektiivisuuden tunteen. Silbergeldin mukaan on vaikea kvantifioida riskiä, jos ei ole tietoinen mahdollisista seurauksista.

Artto (1997b, s. 355, 357, 359) esittää myös väitteen, että riskeihin vaikutetaan vain toimenpiteillä. Tämä tarkoittaisi, että vain toimenpiteiden toteuttaminen on tärkeää ja estimointi ei olisi tarpeellista kaikissa riskienhallinnan sovelluksissa. Riskienarviointi ei

sinällään muuta projektin todellista tilannetta sen enempää positiiviseen kuin negatiiviseenkaan suuntaan. Arto ehdottaa, että joissakin sovelluksissa voitaisiin siirtää resursseja riskienarvioinnista toimenpiteisiin, jolloin riskejä pystyttäisiin mahdollisesti muuttamaan pienemmiksi. Toimenpiteet perustuisivat kokemukseen ja tietämykseen aikaisemmista projekteista.

Boehm ja Charette ovat kummatkin tunnustettuja kirjoittajia, joilla on pitkä historia ohjelmistoprojektien kuvaamista. Heidän esittämänsä asiat ovat samansisältöisiä ja toisiaan täydentäviä. Yleistäen eri kirjoittajat käyttävät yksimielisesti nimitystä riskien tunnistaminen jaottelunsa ensimmäisessä osassa. Seuraavista osista eri kirjoittajat käyttävät erilaisia termejä, mikä voi vaikuttaa sekavalta. Yleistäen tunnistettuja riskejä halutaan mitata. Tietyissä jaotteluissa riskien vahingollisuutta projektin osapuolet haluavat rajoittaa. Tämä rajoittaminen on subjektiivista ja siksi se on hyvä erottaa objektiivisesta estimaatista omaksi osakseen. Eri kirjoittajat ovat yksimielisiä tarpeesta toistaa riskienarviointi useasti projektin aikana.

Projektin osapuolten kesken voi olla ongelmallista keskustella riskeistä. Riskien nimeäminen saattaa herättää epäluottamusta viimeistään silloin, kun osapuolet miettivät riskien syitä. Keskusteluissa pitäisi päästä riittävän syvälle, että riskien todennäköisyyksiä estimoitaessa ei puhuta jo toteutumista. Riskien mittaamiseen pitäisi sopia yhteinen mitta-asteikko. Aikataulu ja rahallinen mittaus voi olla luontevaa eri osapuolille. Riskien kielteiset vaikutukset nostavat esiin kysymyksen osapuolesta, joka vastaa tapahtuneesta. Sopimuksilla voidaan selkeyttää riskien rajaamista ja vastaamista.

6.3 Yhteenveto

Olen tarkastellut tutkielmassani ohjelmistoprojektien osapuolia ja ympäristöä, joissa projektityöskentely tapahtuu. Olen kuvannut esimerkkejä erilaisista riskeistä, jotka ovat tyyppillisiä projektityöskentelylle ja erityisesti ohjelmistoprojekteille. Osa riskeistä aiheutuu osapuolten tavoitteiden moninaisuudesta ja osa ohjelmiston monimutkaisuudesta. Tutkielmassani pidän erityisen tärkeänä eri osapuolien näkökulmia, koska tällöin projektin riskit voidaan ymmärtää osapuolien aiheuttamiksi mahdollisiksi ongelmiksi.

Osapuolten käyttämät työskentelymenetelmät ja työkalut, esimerkiksi kehittäjien ohjelmointiympäristö ja ohjelmointikieli, vaikuttavat osaltaan osapuolten työn onnistumiseen ja lopulta projektin lopputulokseen.

Riskienarvioinnissa tunnistetaan projektin osapuolten mahdollisesti aiheuttamia riskejä, analysoidaan riskien ominaisuuksia ja asetetaan riskit sopivalle mitta-asteikolle, jonka avulla niitä voidaan vertailla ja valita jatkotoimenpiteitä varten. Jos analysoitavaa aineistoa ei ole saatavilla, riskienarviointi on heikolla pohjalla. Nämä puutteet heikentävät estimaatin tarkkuutta ja samalla riskienarvioinnin hyödyllisyyttä. Riskienarvioinnin tarkoitus on tuottaa informaatiota projektin päätöksenteon tueksi.

Projektia aloitettaessa voidaan tehdä selvitys projektin toteuttamisella saavutettavista mahdollisuuksista ja projektin toteuttamisen mahdollisista ongelmista. Tätä selvitystä voitaisiin tehdä koko projektin keston ajan. Jatkuva riskienhallinta auttaa havaitsemaan tunnistamattoman riskin. Riskienhallinnan jatkuvuus vähentää tunnistamisen "on pakko havaita kaikki riskit kerralla" -tarvetta. Vaikka estimaatit osoittautuisivat epätarkoiksi projektin alkuvaiheessa, arvioijan huomio on kiinnittynyt riskeihin ja jatkossa estimaatit saattavat olla parempia.

Yksittäisen riskin analysoinnissa lähestytään tulevien tapahtumien ennakoitua. Projektin osapuolien on hyväksyttävä se tosiasia, ettei tiedetä mitä tulee tapahtumaan. Silti meidän on pystyttävä elämään riskien kanssa. Jos riskienarviointi on heikolla pohjalla, projektin resursseja on sijoitettava toteuttavaan osaan, riskienvalvontaan. Riskienarviointi kiinnittää huomion projektien tulevaisuuteen ja projektien mahdollisiin ongelmiin. Näistä saaduilla tiedoilla pystytään hallitsemaan projekteja entistä paremmin. Ongelmien ratkaisun painopiste siirtyy ongelmiin reagoivasta toiminnasta ongelmien ennalta ehkäisemiseen. Yllättäviä riskejä ei kenties pystytä välttämään, mutta joihinkin ennalta arvattaviin riskeihin pystytään vaikuttamaan. Haasteena on tulevaisuus: jos osaamme arvioida riskit oikein, voimme suunnitella toimenpiteitä nämä riskit huomioiden.

Projektin edetessä joku sen osapuolista voi ymmärtää, että projekti tulee olemaan tappiollinen. Samalla saatetaan muutkin osapuolet tappiotilanteeseen. Tappio-tappio

-tilanteet, joissa eri osapuolet häviävät, olisi pystyttävä aina eliminoimaan etukäteen. Tappio-tappio -tilanteeseen johtava tapahtumaketju voi olla esimerkiksi seuraavanlainen: Alkutilanteessa on teknisesti haastava projekti, jolla ei ole vielä markkinoita. Projektin toteuttajille ei anneta riittävästi aikaa toteuttaa ja testata ohjelmistoa, jolloin se asiakkaalle toimitettuna toimii vajavaisesti ja virheellisesti. Näin asiakas saatetaan tappio-tilanteeseen. Ohjelmiston huono maine vaikeuttaa markkinointihenkilöstön toimia, jolloin lopputuloksena ei synnykään laajoja markkinoita.

Suosittelen riskienarviointia käytettäväksi ohjelmistoprojekteissa. Riskienarvioimisessa voidaan harkita entistä enemmän haittojen ohella myös hyötyjä. Hallittava riski voidaan valita tietoisesti ja saavuttaa riskin ottamisella saavutettavat myönteiset puolet.

Olen käsitellyt riskienarviointia huomioiden projektin erilaisia osapuolia. Riskienvalvonnan rajasin johdannossa pois. Riskienvalvonta voisi olla hyvä jatkotutkimuksen aihe, sillä riskienvalvonta on riskienhallinnan toteutusta. Toinen aihe voisi olla riskienarvioinnin tutkimus, jossa määritellään erilaisia riskejä ja kuvataan niiden kytkeytymistä toisiinsa.

VIITELUETTELO

- Artto K.A.: *Subjekttiivisten todennäköisyysjakaumien arviointimenetelmät*. Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi, 1990.
- Artto K.A.: Fifteen Years of Project Risk Management Applications - Where Are We Going? In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997a. 3-14.
- Artto K.A.: Focusing on Risk Response Development and Risk Measures to Be Taken - Can Risk Estimating Even Be Skipped in an RM Application? In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997b. 353-361.
- Artto K.A., Kähkönen K., Pitkänen P.: *Unknown Soldier Revisited: A Story of Risk Management*. Project Management Association Finland, Helsinki, 2000.
- Boehm B. W.: *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs Prentice-Hall, New Jersey, 1981.
- Boehm B.W.: *Software Risk Management*. IEEE Computer Society Press, Washington, 1989.
- Boehm B. W., Ross R.: Theory-W Software Project Management: Principles and Examples. In: Boehm B. W.: *Software Risk Management*. IEEE Computer Society Press, Washington, 1989. 85-114.
- Boehm B. W.: Software Risk Management: Principles and Practices. *IEEE Software*, Vol 8 No 1 January:32-41, 1991.
- Browne M.A., Keown-McMulan C.M.: Crisis Avoidance through Proactive Project Management. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 323-332.
- Bryan W. L., Siegel S. G.: *Software Product Assurance: Techniques for Reducing Software Risk*. Elsevier Science Publishing Co, New York, 1988.
- Cagno E., Caron F.: Integration of Subjective Judgements and Historical Data. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 138-148.
- Charette R. N.: *Software Engineering Risk Analysis and Management*. McGraw-Hill, New York, 1989.

- Charette R. N.: *Application Strategies for Risk Analysis*, McGraw-Hill, New York, 1990.
- Charette R.N.: Large-Scale Project Management Is Risk Management. *IEEE Software*, Vol 13 No 4 July:110-117, 1996.
- Dorofee A.J., Walker J.A., Alberts C.J., Higuera R.P., Murphy R.L., Williams R.C.: *Continuous Risk Management Guidebook*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1996.
- Fairley R. E.: Risk Management for Software Projects. *IEEE Software*, Vol 11 No 3 May:57-67, 1994.
- Forsman L.: *Atk-projektin läpiviemi*. Suomen ATK-kustannus Oy, Jyväskylä, 1995.
- Frame J.D.: Establishing Project Risk Assessment Teams. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 22-27.
- Hansen K.L., Millar J.E.: Constructing reasonably believable edifices: lessons from software, implication for construction. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 255-263.
- ISO 10006 *Quality Management - Guidelines to Quality in Project Management*. Switzerland: International Organisation for Standardization, 1997.
- Jaakkola T.: Riskiarvioiden osatekijät. In: Hämäläinen R., Pulkkinen U., Karjalainen R.: *Riskianalyysi*. Helsinki University of Technology, Espoo, 1989. Luku 21.
- Jauri O.: *Riskienhallinta uudesta näkökulmasta*. Kauppakaari Oy, Helsinki, 1997.
- Karolak D. W.: *Software Engineering Risk Management*. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, 1996.
- Kamppinen M., Raivola P., Jokinen P., Karlsson H.: *Riskit yhteiskunnassa: maallikot ja asiantuntijat päätösten tekijöinä*. Gaudeamus, Tampere, 1995.
- Kempainen P.: Todennäköisyyden käsite ja sen tulkinnat. In: Hämäläinen R., Pulkkinen U., Karjalainen R.: *Riskianalyysi*. Helsinki University of Technology, Espoo, 1989. Luku 10.
- Kiel M., Cule P.E., Lyytinen K., Schmidt R.C.: A Framework for Identifying Software Project Risks. *Communications of the ACM*, Vol 41 No 11 November:76-83, 1998.
- Kume H.: *Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät*. Metalliteollisuuden Kustannus Oy, Helsinki, 1998.

- Kähkönen K.: Implementation of Systematic Project Risk Management in Companies - from Immediate Need To The Prospect of The Future. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 75-83.
- Känsälä K.: Integrating Risk Assessment with Cost Estimation. *IEEE Software*, Vol 14 No 3 May/June:61-68, 1997.
- Laininen P.: *Todennäköisyys ja sen tilastollinen soveltaminen*. Otatieto Oy Yliopistokustannus University Press Finland, Helsinki, 1998.
- Lundström P.: Asiantuntija-arvioiden yhdistämistapoja. In: Hämäläinen R., Pulkkinen U., Karjalainen R.: *Riskianalyysi*. Helsinki University of Technology, Espoo, 1989. Luku 12.
- Lyytinen K., Mathiassen L., Ropponen J.: A Framework for Software Risk Management. In: Ropponen J.: *Software Risk Management: Foundations, Principles and Empirical Findings*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1999. 27-45.
- Madachy R. J.: Knowledge-Based Risk Assessment and Cost Estimation. *Automated Software Engineering*, 2:219-230, 1995.
- Mellin I.: *Johdatus tilastotieteeseen 1. kirja*. Helsingin yliopisto, Helsinki, 1996a.
- Mellin I.: *Johdatus tilastotieteeseen 2. kirja*. Helsingin yliopisto, Helsinki, 1996b.
- Miettinen J., Kajava J.: *Tietoriskien arviointi*. Oulun yliopisto, Oulu, 1994.
- Nevalainen R., Känsälä K.: An Integrated Toolset for Software Cost Estimation and Risk Assessment. *Proceedings of 5th European Software Cost Modelling Conference*, 1994, 20.1-20.8.
- Nevalainen R., Levonen M.: *Tietojärjestelmä- ja ohjelmistoprojektien riskienhallinta*. seminaariesitelmä, Projekti-instituutti, 25.11-26.11, 1998.
- Pastinen V.: Todennäköisyysarvioiden kognitiiviset harhat. In: Hämäläinen R., Pulkkinen U., Karjalainen R.: *Riskianalyysi*. Helsinki University of Technology, Espoo, 1989. Luku 13.
- Pfleeger S. L.: Risky business: what we have yet to learn about risk management. *Journal of Systems and Software*, Vol 53, No 3:265-273, 2000.
- Pitkänen P.: *Project Risk Management Applications in Industry*. Project Management Association Finland, Helsinki, 1999.

- PMBOK: *A Guide to Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute PMI, Upper Darby PA USA, 1996.
- Raivola P., Kamppinen M.: *Riskien moniulotteisuus: maallikon näkökulma teknologian riskeihin*. Turun yliopisto, Pori, 1991.
- Ropponen J.: Risk Assessment and Management Practices in Software Development. In: Ropponen J.: *Software Risk Management: Foundations, Principles and Empirical Findings*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1999a. 47-65.
- Ropponen J.: Empirical Research Contributions to Software Risk Management: A Literature Survey. In: Ropponen J.: *Software Risk Management: Foundations, Principles and Empirical Findings*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1999b. 193-247.
- Ropponen J., Lyytinen K.: Can Software Risk Management Improve System Development: an Exploratory Study. In: Ropponen J.: *Software Risk Management: Foundations, Principles and Empirical Findings*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1999. 67-83.
- Saarinen T.: *Success of Information Systems*. The Helsinki School of Economics and Business Administration, Helsinki, 1993.
- Salo R., Fieandt J., Himanen R., Mankamo T.: *Prosessijärjestelmien riskianalyysi*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo, 1983.
- Sherer S. A.: Measuring Software Failure Risk: Methodology and an Example. *Journal of Systems and Software*, Vol 25 No 3:257-269, 1994.
- Tuomisto J.: Riskienarviointia heikoin perustein. *Helsingin Sanomat*, 22. huhtikuuta:A2-A2, 1999.
- Williams T.M., Ackermann F.R., Eden C.L.: Project Risk: Systemicity, Cause Mapping and a Scenario Approach. In: Kähkönen K., Artto K.A.: *Managing Risks in Projects*. E & FN Spon, London, 1997. 343-351.