



KUSTANNUSPARAMETRIEN HUOMIOIMINEN INFRAHANKKEISSA: CASE KOUVOLAN RRT

Cost parameters in infrastructure projects: Case Kouvola RRT

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2022

Teemu Tossavainen

Tarkastaja: Tutkijatohtori Antti Ylä-Kujala

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tuotantotalous

Teemu Tossavainen

Kustannusparametrien huomioiminen infrahankkeessa: Case Kouvolan RRT

Tuotantotalouden kandidaatintyö 2022

45 sivua, 4 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liitettä

Tarkastaja: Tutkijatohtori Antti Ylä-Kujala

Avainsanat: Infrarakentaminen, infrastruktuuri, infrahanke, kustannusparametrit, elinkaari, elinkaarikustannus, kustannusarvio, hankebudjetti, elinkaaribudjetti, budjetti

Keywords: Infrastructure construction, Infrastructure, Infrastructure project, cost parameters, life cycle, life-cycle cost, cost estimate, project budget, life-cycle budget, budget

Työ tehdään konsulttiyhtiö Ramboll CM Oy:lle kartoittamaan infrahankkeisiin vaikuttavia kustannusparametrejä sekä kustannusarviossa että hankkeen käyttövaiheessa. Kustannusparametrien kartoituksen lisäksi työssä keskitytään luomaan infrahankkeiden lainsäädännön piirteissä rakenne, josta tulee ilmi, kuinka infrahankkeen eri vaiheissa muodostetaan ja kehitetään kustannuksiin liittyviä estimaatteja kokonaiskustannuksien osilta. Käsiteltäviä asioita tutkitaan, koska jokavuotiset investoinnit infrastruktuuriin ovat ympäri maailmaa merkittäviä, eikä niiden kustannusarvioiden onnistumisessa ole tapahtunut merkittävää parannusta viimeisen 80 vuoden aikana. Samalla on huomattu, että käyttövaiheessa on ilmennyt haasteita johtuen ylläpitotarpeiden määrän kasvusta sekä ylläpitokustannusten noususta.

Työssä käytetään alan tieteellisiä julkaisuja teorialähteenä. Empiiristä tutkimusta kerätään esimerkkiyrityksenä toimivasta RRT-hankkeesta, joka on vuonna 2022 valmistuva intermodaaliterminaali Kouvolan kaupungin alueella. Ramboll CM Oy on toiminut hankkeen alusta lähtien suunnitteluttajan roolissa. Esimerkkihanketta käytetään työssä empirian lisäksi konkretisoimaan teorialähteistä saatujen huomioiden esittämiseen. Työtä varten haastellaan Ihkukustannuslaskentaohjelman projektinjohtajana, koska nykyaikana datan rooli on erittäin keskeisessä asemassa infrahankkeiden kustannusarvioiden onnistumisen kohdalla.

Olellaisimmat huomautukset tekijät infrahankkeen kokonaiskustannuksien onnistumiselle löytyvät suunnitelmien laadusta. Suunnitelmien laatuun voidaan vaikuttaa riskienhallintaa, suunnittelijoiden asiantuntijuutta, kustannuslaskentaohjelmaa ja käyttövaiheen huomiointia kehittämällä. Suunnittelijoiden tavoitteena on luoda suunnitelma, jonka rakentamiseen käytetään taloudellisia, pitkäikäisiä, tehokkaita ja helposti huollettavia ratkaisuja.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

1	Johdanto.....	4
1.1	Työn tausta	4
1.2	Termistö	6
1.3	Työn rajaukset ja tavoitteet	6
1.4	Työn aineisto, tutkimusmenetelmät ja rakenne.....	8
2	Infrahanke.....	10
2.1	Infrahankkeen vaiheet	10
2.2	Julkisten hankkeiden ominaispiirteitä	14
3	Kustannusparametrien ja budjetin hallinta hankkeen elinkaaren aikana.....	18
3.1	Budjetteihin vaikuttavat tekijät	18
3.2	Hankebudjetin hintakeskeisyys	20
3.3	Budjettien seuranta ja hallinta.....	22
3.4	Datan avulla kustannusarvion perustelu.....	24
3.5	Riskienhallinnan edut.....	25
4	Kustannusparametrit ja budjetti infrahankkeessa: Case Kouvolan RRT	28
4.1	RRT-hankkeen rakentamissuunnitelmien tausta.....	28
4.2	Hankkeen suunnittelun sisältö.....	29
4.3	Hankkeen toteutukseen vaikuttavat parametrit	31
4.4	Laskentaohjelmien vaikutukset.....	32
4.5	RRT-hankkeen suunnittelun ja toteutuksen yhtäläisyydet teoriaan	34
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	37
	Lähteet	41

Liitteet

Liite 1. Ihkun projektijohtajana Eva-Lisa Karlssonin haastattelukysymykset

1 Johdanto

Työ käsittelee infrastruktuurihankkeissa ilmeneviä haasteita kustannusnäkökulmasta. Hankkeen elinkaaren alussa on hankalaa kartoittaa kustannusarviota, joka onnistuu ennustamaan suhteellisen tarkasti hankkeesta syntyviä kokonaiskustannuksia. Hankkeilla on useita erilaisia kustannusparametrejä, joiden arvoa on lähes mahdotonta lukita kustannusarviota tehdessä. Lisäksi hankkeen kokonaiskustannuksiin voi vaikuttaa erilaiset tapahtumat suoraan tai välillisesti, joka voi näkyä esimerkiksi kustannusparametrien muuttumisena tai uusien kustannusparametrien syntymisenä. Aihetta on tärkeä tutkia, koska Suomessa käytetään vuoden 2023 talousarvion mukaan noin 1,7 miljardia euroa infrastruktuurin investointeihin ja ylläpitoon (Tutkibudjettia 2022) ja niiden yhteiskunnalliset vaikutukset ovat merkittäviä, kuten talouskasvun osalta (Tian & Li 2019). Infrastruktuuri vaikuttaa yksittäisten kuluttajien elämänsäntöön lisäksi myös yritysten liiketoimintojen pyörittämiseen. Lainsäädäntö on merkittävä osa julkisia hankkeita. Juridiset vaikutukset näkyvät jokaisessa hankkeen elinkaaren vaiheessa ja niiden tarkoituksena on varmistaa, että hanke suunnitellaan, rakennetaan, ylläpidetään sekä puretaan turvallisesti samalla, kun tavoitteena on huomioida talous, ympäristö ja ihmiset (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022a).

1.1 Työn tausta

Infrahankkeiden rakenteet suunnitelmista lähtien keskittyvät mahdollisimman taloudellisen kustannusarvion muodostamiseen, mikä selviää Goreckin ja Diaz-Madroneron (2020) tutkimuksesta, jossa kartoitettiin rakennusalan asiantuntijoiden mielestä tärkeintä tekijää hankkeissa. Tutkimuksessa huomattiin, että alalla aliarvioidaan ympäristötekijöiden ja sosiaalisten tekijöiden tarve. Molemmat sijoittuvat kauas taloudellisten tekijöiden taakse. Kustannuskeskeisyys kytee syvällä myös juridiikassa ja prosesseissa, jotka yhdessä johtavat lyhytjänteiseen suunnitteluun hankkeen ja toteutuksen osalta, jolloin hankkeen toteutusta arvostetaan enemmän kuin koko elinkaarta. Kustannuskeskeisyys voi näkyä kalliimpina hankintoina kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa, mutta halvimpana vaihtoehtona kertahinnaltaan (Bazhenov & Ustiuzhanin 2018). Vaikka teknologia rakentamisen ympärillä on kehittynyt, ei 80 vuoden aikana kustannusylitysten määrä ole pienentynyt (Cantarelli et. al. 2012).

Infrahankkeissa kyseinen ongelma näkyy todennäköisyytenä budjetin ylittymiselle, joka rautahankkeissa on 45 prosenttia, taitorakenteissa 34 prosenttia ja tiehankkeissa 20 prosenttia (Flyvbjerg et al. 2003). Hankkeen ongelmilla on kauaskantoiset vaikutukset, sillä suurin osa infrahankkeiden rahoituksesta tulee valtion budjetista, ja hankebudjetin ylittyessä vaadittu lisärahoitus on pois seuraavista rakennusohjelman hankkeista tai se pakottaa valtion käyttämään velkarahaa (Cantarelli et al. 2012).

Työssä käsitellään intermodaaliterminaalia esimerkkinä infrahankkeesta. Intermodaali tarkoittaa useamman liikenneinfrastruktuurivaihtoehdon hyödyntämistä logistiikassa. Sen tarkoituksena on luoda vaihtoehtoja eri logistiikkamuodoille ja muodostaa tehokkaampia kombinaatioita kuljettaa tavaraa, esimerkiksi mahdollistamalla tavarankuljetuksen siirtämisen teiltä raiteille ja samalla hakemalla skaalaetuja rahtausmääriä kasvattamalla (Lizbetin 2019). Intermodaalivaihtoehtojen puutteen on huomattu hidastavan logistiikan kehittymistä samalla, kun maantiellä kulkevasta kuljetuksesta on löydetty enemmän haittaa kuin hyötyä muihin liikennemuotoihin verrattuna (Lizbetin 2019). Monipuolisella ja kattavalla infrastruktuurilla on saatu vähennettyä ympäristölle negatiivisia vaikutuksia (Jeong et al. 2015). On myös huomattu, että laadukkaasti järjestetty infrastruktuuri edistää sosioekonomista tasa-arvoa (Nie & Ye 2017).

Suomessa intermodaaliterminaaleja on löytynyt aikaisemmin vain satamista, joten Kouvolan RRT eli rautatie- ja maantietermiinaali on Suomen ensimmäinen kuivan maan intermodaalitermiinaali (Kouvola 2022a). Kouvola on liikenteen solmukohta raiteiden ja maanteiden osalta Itä-Suomessa, joten sijainti on sopiva intermodaalitermiinaalille. Termiinaali vaatii ympärilleen kattavan valikoiman eri liikennemuotoja, jotta se todella tehostaa logistiikkaa (Lizbetin 2019). RRT-hankkeen suunnitteluttajana on Ramboll CM Oy ja suurimpina tilaajina ovat Kouvolan kaupunki ja Väylävirasto. Työ tehdään Ramboll CM Oy:lle ja työn kirjoittaja on työskennellyt mukana RRT-hankkeessa.

RRT-hankkeen toteutuksen oletetaan maksavan yhteensä noin 40 miljoonaa euroa, josta valtio maksaa 4,4 miljoonaa euroa, EU 9 miljoonaa euroa ja Kouvolan kaupunki 28 miljoonaa euroa. Hanke aloitettiin vuonna 2016 asiakkaiden tarpeesta ja toteutusvaihe alkoi vuonna

2020. RRT:n odotetaan valmistuvan vuonna 2022. Kouvolan RRT-hankkeen suunnitelma tiivistettynä pitää sisällään 40 hehtaarisen asfaltoidun alueen junaradan varressa, jonka tarkoituksena on yhdistää maantiellä liikkuvan logistiikan raiteilla liikkuvaan. Alueella voidaan säilyttää kontteja, siirtää niitä raiteille tai raiteilta pois. Hanke sisälsi rataosuuden rakentamisen alueelle, alueen asfaltoinnin, ajojärjestelyjen integroimisen, kuten portit, valaistuksen, sähkölaitteille sähköpääkeskuksia ja hulevesijärjestelmän. (Kouvola 2022b)

1.2 Termistö

Työn termistöä avataan, jotta lukijakunta tietää, mistä puhutaan. Termien käyttö voi olla alalla erilaista työnkuvasta ja sijainnista riippuen, joten alussa selitetään, kuinka termistöä on käytetty työn aikana. Kustannusarviolla viitataan meno- ja tuloarviota, joka kattaa ajallisesti hankkeen aloituksesta sen rakentamisen loppuun, jolloin hanke otetaan käyttöön. Kun kustannusarvio hyväksytään rahoittajien osalta, siitä tulee hankebudjetti. Hankebudjetti siis vaatii varmistuksen siitä, että rahoitus saadaan hankkeelle. Hankkeen edetessä kustannusarviota päivitetään ja tarkennetaan, jos siinä huomataan ero suunnitelmiin nähden, kustannusarviota päivitetään jälleen. Kustannusarvion ylittyessä syntyy kustannusylitys, jota korvataan projektin aikana lisäbudjetilla, eli hankebudjettiin kerätään lisää rahaa hankkeen rahoittajilta. Hankkeen toteutuksen jälkeen hankebudjetin seuranta loppuu. Hankkeen käytön aikana kuitenkin elinkaaribudjetin seuranta jatkuu. Se sisältää hankkeen elinkaaren jokaisen vaiheen menot ja tulot, joten sitä pitäisi seurata hankkeen alusta sen loppuun asti.

1.3 Työn rajaukset ja tavoitteet

Työssä käsitellään infrahankkeita kustannusnäkökulmasta esimerkkitapauksen kautta, jonka tarkoituksena on havainnollistaa ja konkretisoida alan käytäntöjä ja teoriaa. Ettei työstä synny liian laajaa kokonaisuutta, on rajattava jossain määrin ulos epäsuorasti kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Julkisia hankintoja koskeva lainsäädäntö on merkittävä osa-alue infrahankkeissa, eikä sitä pystytä rajaamaan kokonaan ulos. Työssä kyseinen osa-alue käsitellään yleisellä tasolla, koska sieltä ei löydy vastauksia työssä läpikäytäviin ydinkysymyksiin. Työssä huomioidaan kestävä kehitys sen elinkaarivaikutusten ja kustannusparametrien

osalta, sillä aihealue sisältää useita kiinnostavia tekijöitä hankkeiden jokaiselle elinkaaren vaiheelle, jotka tulee ottaa huomioon aluetta, materiaaleja ja käytäntöjä valittaessa. Infra-hankkeiden onnistumista ja epäonnistumista mitataan kustannusnäkökulman mukaisesti hankkeen eri budjettien mukaan ja tarkoituksena on keskittyä infrastruktuurirakentamisalan yleisiin vaikutteisiin, jotta työ ei erikoistuisi mihinkään sen osa-alueeseen erityisesti, vaan työstä syntyisi yleispätevä kokonaisuus. Työssä rajataan ulos hankkeiden alku ennen rahoituksen saamista, jolloin investoinnin toteutuksen tarpeesta ja sen tavoitteista on päätetty, koska sen merkitys on minimaalinen hankkeen aikana tapahtuville tilanteille kustannusnäkökulmasta. Työstä rajataan pois myös infrahankkeen purkaminen tai muuttaminen, koska ne lasketaan uudeksi investoinniksi, joka tarkoittaa uuden rahoituksen hakemista ja infrahanketta. Esimerkkihankkeen kohdalla on mahdollista käsitellä vain suunnittelu- ja toteutusvaihetta, koska hanke ei ehdi siirtyä käyttövaiheeseen ennen työn valmistumista.

Työn tavoitteena on etsiä keinoja, joiden avulla selvitetään infrahankkeiden budjettien laadintaa, hallintaa ja seuranta esimerkin kautta. Työssä selvitetään, kuinka infrahankkeen kustannusarvion ja budjettien haasteita on vältetty, mistä ne yleisesti johtuvat ja kuinka kustannusparametrit tulee ymmärtää ja huomioida kustannusarviossa, jotta sen seuranta ja siinä pysyminen onnistuisi hankkeen koko elinkaaren ajalta. Hankkeen kustannukset huomioon ottaen sen laatutason ylläpitoa tavoitellaan. Työssä tavoitellaan myös pintapuolista ymmärrystä infrahankkeen juridisten osa-alueiden vaikutuksista hankkeeseen.

Tutkimuskysymykseni muodostuvat seuraavasti:

- *Miten infrahankkeen budjetti muodostetaan ja miten sitä seurataan hankkeen elinkaaren ajan?*
- *Mitkä tekijät vaikuttavat infrahankkeen elinkaaribudjettiin?*

Työn tavoitteeseen päästään vastaamalla tutkimuskysymyksiin. Kysymyksissä pohditaan kustannusparametrejä ja niiden vaikutuksien huomioimista infrahankkeen elinkaaren eri vaiheissa niin, että kustannusarvion kokoaminen budjetiksi ja sen seuranta onnistuvat keskimääräistä paremmin. Kysymyksessä pyritään ymmärtämään yleisellä tasolla juridiset

vaikutukset infrahankkeen kokonaiskustannuksiin. Kysymyksien avulla selvitetään myös budjetin hallintaan liittyviä asioita, jotka tulisi ymmärtää ja huomioida.

1.4 Työn aineisto, tutkimusmenetelmät ja rakenne

Työ tehdään Kouvolan RRT-hankeen projektijohtokonsulttina toimivalle Ramboll CM Oy:lle. Yritys tarjoaa esimerkkitapauksen lisäksi hankeesta kerätyn datan, josta selviää aloitus-, suunnittelu- ja toteutusvaiheen toimenpiteet ja dokumentit. Dokumenttien avulla selvitetään infrahankkeen ominaispiirteiden vaikutuksia kustannusparametreihin ja budjetin hallintaan sekä niitä hyödynnetään havainnollistamaan, kuinka infrahanke huomioi konkreettisesti esimerkiksi hankkeen elinkaaren kustannukset. Työssä haastatellaan myös kustannuslaskentaohjelma Ihkun projektinjohtajaa kustannuslaskentaohjelman tuomista piirteistä julkisen sektorin hankkeisiin, miten ohjelma huomioi hankkeen kustannusparametrit, ja kuinka ohjelma käsittelee budjettia. Esimerkkihankkeen ja haastattelujen lisäksi käytetään teoreettista pohjaa, joka tuodaan työhön vertaisarvioitujen tieteellisten julkaisujen kautta. Teorian avulla analysoidaan hankkeen onnistumista ja kehittämiskohteita, samalla huomataan empiriasta löytyviä oivalluksia, jotka voivat mahdollisesti vaikuttaa infrahankkeiden kustannuksiin. Teoreettiseen pohjaan on hyödynnetty esimerkiksi julkaisuja aikaisemmista intermodaaliterminaalihankkeista, kustannusarvioiden ylityksien kartoittamisesta ennen käyttövaihetta, infrahankkeiden eri vaihevaihtoehtojen selvittämisestä ja budjetin hallinnasta hankkeen koko elinkaaren ajalta. Tieto infrahankkeita koskevasta lainsäädännöstä on kerätty Väyläviraston ja julkisten hankintojen ohjeistuksista.

Johdannon jälkeen työssä selvitetään, miten ja miksi infrahanke eroaa yksityisen sektorin hankkeista. Lukijalle tiivistetään ja perustellaan infrahankkeille sisältyvää juridiikkaa sekä sen vaikutuksia päätöksentekoon. Samalla selitetään infrahankkeen sisältö vaihe vaiheelta, ja kuinka vaiheiden järjestystä on sovellettu erilaisissa hankkeissa maailmalla. Tämän jälkeen siirrytään kustannusparametrien ja budjettien hallintaan koko infrahankkeen elinkaaren ajalle. Osiota kuvataan teorian pohjalta ja syvennyttään ensin kustannusarvioihin vaikuttaviin tekijöihin yleisellä tasolla, jonka avulla luodaan hankkeelle budjetti. Kappaleessa käsitellään myös kustannusarvion muodostamista ja seuranta teorian pohjalta ja niiden erilaisia

ratkaisuja. Seuraavassa kappaleessa tuodaan esille esimerkkihanke, jonka tarkoituksena on konkretisoida ja havainnollistaa infrahankkeen käsittelyä hankkeen aloitusvaiheesta toteutusvaiheeseen, koska esimerkkihanke on vielä toteutusvaiheessaan. Työssä myös haetaan yhtäläisyyksiä teoriasta ja niitä pyritään soveltamaan esimerkkihankkeen kohdalla. Kappaleeseen liitetään myös kustannuslaskentaohjelmaa käsittelevä haastattelu Ihku-kustannuslaskentaohjelman projektinjohtajalta. Viimeisessä kappaleessa vedetään työn keskeisimmät asiat yhteen ja johdetaan teoriasta työlle johtopäätöksiä. Yhteenvedossa ja johtopäätöksissä vastataan tutkimuskysymyksiin.

2 Infrahanke

Kappaleessa käsitellään infrarakentamisen ominaispiirteitä ja eroja yksityisen sektorin hankkeisiin verrattuna samalla, kun selitetään infrahankkeen eri vaiheita. Infrahanketta mitataan yleisesti kustannusten perusteella, joten sitä pidetään alalla keskeisimpänä osa-alueena (Gorecki & Diaz-Madronero 2020), siksi kappaleessa keskitytään infrahankkeiden budjettien näkökulmaan. Seuraavissa alakappaleissa pyritään havainnollistamaan infrahankkeiden kokonaisuutta selvittämällä hankkeiden eri vaiheet ja niiden sisällöt. Samalla huomioidaan eri budjettien vaatimat toimenpiteet hankkeiden vaiheissa. Lopuksi selitetään, miten infrahanketta koskevat lait ja direktiivit vaikuttavat hankintoihin, ja miten hankintoja on tehostettu ja sovellettu suurien hankkeiden kohdalla.

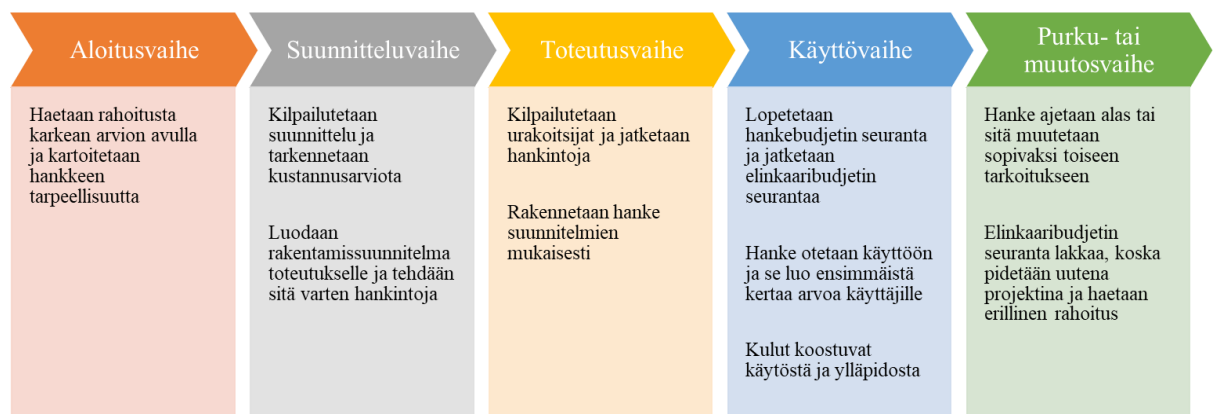
2.1 Infrahankkeen vaiheet

Hankkeiden erilaisuuksien takia niiden vaiheiden nimeämiset ovat erilaisia. Hankkeiden ainetlaatuisuus näkyy tapana priorisoida eri prosesseja hankkeissa. Hankekohtaisten keskeisten asioiden vaativuutta tai toiminnan työllistämistä osoitetaan nimeämällä sopiva vaihe koskemaan toimenpidettä. Vaikka vaiheiden nimet ja niiden muutokset ovat hankekohtaisia, voidaan perusteluin luoda yleishyödyllinen usealle hankkeelle sopiva prosessi, joka sisältää infrahankkeiden vaatimat toimenpiteet sen suorittamiselle. Yleishyödyllisessä prosessissa pyritään huomioimaan hankkeen koko elinkaari. (Selman & Schneider 2005)

Useissa tapauksissa käyttövaihe on laiminlyöty tai sitä ei jostain syystä sisällytetä infrahankkeen vaiheisiin. Se voi johtua niiden ennusteettomuudesta, niiden merkityksen vähäisyydestä, integroimisesta toiseen vaiheeseen tai niiden osuuden siirtämisestä erilliseksi projektiksi. Usein infrahankkeissa hankkeen ensimmäiset vaiheet on selitetty tarkasti niiden paremman ennustettavuuden ja olennaisuuden kannalta toteutuksen näkökulmasta. Kansainvälisesti on tunnistettu, että projektin aloitusvaihe tai talous- ja hallintovaihe aloittavat hankkeen, jonka jälkeen siirrytään suunnitteluvaiheeseen, jossa suunnitelmien lisäksi valmistellaan kustannusarvio ja sen perusteella hankebudjetti. Seuraavaksi on urakoitsijoiden

valitsemis- ja mobilisointivaihe, jossa suoritetaan hankkeen vaatimat hankinnat ja valmisteluun hanketta toteutusvaihetta varten, jolloin rakentaminen tapahtuu. Lopuksi tunnistetaan hankkeen purkuvaihe, jolloin hanketta ei enää tarvita ja se voidaan ajaa alas. Todennäköisesti hankkeen ylläpito ja käyttö integroidaan joko toteutusvaiheeseen tai purkuvaiheeseen, jos sille ei anneta omaa vaihetta. Infrahankkeen jokaiseen vaiheeseen vaikuttavat sitä koskevat lait ja politiikka, koska hallintoelimet päättävät hankkeesta ja siihen saadaan rahoitus, kun hanke lisätään valtion tai kunnan rakennusohjelmaan. (Cavalieri et al. 2019)

Kuvasta 1 nähdään, mitä yksinkertainen infrahanke sisältää. Hankkeiden nimeämiset ovat hankekohtaisia, mutta infrahankkeissa käsitellään kuvan mukaisia aiheita. Seuraavaksi selvitetään vaihe vaiheelta, kuinka infrahanke etenee.



Kuva 1. Infrahankkeiden rakenne

Infrahankkeen aloitusvaiheen tarkoituksena on analysoida hankkeen tarpeellisuutta ja kannattavuutta. Hankkeen tarpeellisuus voi tulla ilmi eri sidosryhmiltä kuten loppukäyttäjiltä, kunnalta tai valtiolta. Vaikka infrastruktuurin tarkoituksena ei ole tehdä voittoa, sen kannattavuutta kartoitetaan. Kannattavuutta selvitetään yleisesti hankkeen nykyarvon avulla, jossa elinkaaren aikana saatuja tuottoja verrataan elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin. Infrahankkeiden pitkien käyttöaikojen takia nykyarvosta saatuihin tuloksiin tulisi suhtautua varauksella, koska kustannuksiin vaikuttavat kustannusparametrit tai niiden arvot voivat muuttua (Cowie & Loynes 2012).

Aloitusvaiheessa laaditaan karkea kustannusarvio, jonka perusteella hankkeelle haetaan rahoitusta suunnittelulle ja suunnitelmien toteutukselle (Chong & Hopkins 2016). Infrahankkeissa rahoittajiksi päätyvät hanketta koskevat kunnat ja valtio, mutta suuremmissa hankkeissa on mahdollista hakea Euroopan Unionin rahoitusta. Infrahankkeesta riippuen nähdään myös tapauksia, joissa yksityinen toimija osallistuu rahoitukseen. Kustannusarviota päivitetään ajan myötä tarkemmaksi, kun eri hankinta-ajankohdat lähestyvät. Rahoitusta hakiessa huomataan ongelmaksi hankkeen houkuttelevuuden tunnistaminen, koska useissa tapauksissa hankkeelle kerääntyy julkisen rahoittajan lisäksi harvoin yksityisiä rahoittajia, mikä voi motivoida aliarvioidun kustannusarvion julkistamiseen lisäämään hankkeen houkuttelevuutta (Chong & Hopkins 2016). Ensimmäisenä hankintana on suunnittelutyö, joka aloittaa hankkeen suunnitteluvaiheen.

Rakentamissuunnitteluvaiheessa kerätään tarjoajia suunnittelun kilpailutukseen. Voittajaorganisaation tavoitteena on luoda hankkeelle yksityiskohtaiset suunnitelmat, josta käy ilmi toteutusvaiheessa todennäköisesti vaadittavat kustannusparametrit ja toimintasuunnitelmat (Chong & Hopkins 2016). Vaikka suunnitelmissa tarkoituksena on suunnitella toteutusvaiheelle työvoima, laitteet ja materiaalit (Ghazaryan 2019), niissä pitäisi huomioida hankkeen elinkaaribudjetti, mutta pääsääntöisesti keskitytään hankebudjettiin. Suunnitelmien tekeminen vaatii jatkuvaa vuoropuhelua tilaajan kanssa, että suunnitelmat täyttäisivät mahdollisimman tarkasti asetetut vaatimukset. Ongelmaksi muodostuu piilossa olevat kustannusparametrit, kun jokainen uusi vaatimus, ominaisuus ja ratkaisu vaikuttavat lopputuloksen hintaan huomaamatta (Plebankiewicz 2018). Vasta rakentamissuunnitteluvaiheen valmiista suunnitelmista nähdään ensimmäistä kertaa, paljonko hankkeen toteutus voisi maksaa, mutta todellinen hinta selviää vasta toteutusvaiheen lopussa (Chong & Hopkins 2016). Aloitusvaiheessa aloitettu nykyarvon seuranta jatkuu ja budjettien kannattavuutta pyritään hallitsemaan. Suunnitelmiin perustuva kustannusarvio vaatii jatkuvaa päivitystä (Ghazaryan 2019), koska kustannusarvion kustannusparametrit tarkentuvat hankkeen edetessä (Flyvbjerg et. al. 2018).

Rakentamissuunnitelma sisältää hankkeen tarkkojen suunnitelmien suunnittelun. Ennen sitä kartoitetaan hallinnolliset suunnitelmat, joka ei sisälly hankeen kustannusarvioon, vaan se

tehdään erillisenä projektina. Hallinnollisissa suunnitelmissa selvitetään, kuinka hankkeesta suunnitellaan rata- ja maantielain sekä maankäytön ja rakennusten yleisten lakien mukainen. Näiden suunnitelmien perusteella saadaan selville, esimerkiksi alue, johon infrahanke voidaan rakentaa. Koska työn osalta hallinnollisen suunnitelman rooli rakentamissuunnitelmaan nähden on vähemmän merkityksellinen, rakentamissuunnitelmasta käytetään jatkossa yleisempää termiä suunnitelma.

Toteutusvaiheen alussa kilpailutetaan urakoitsijat toteuttamaan suunnitteluvaiheen suunnitelmat. Hankekohtaisesti kilpailutus ja hankinnat voidaan suorittaa erillisessä hankintavaiheessa, jos se nähdään hanketta selventävänä toimenpiteenä (Chong & Hopkins 2016). Kilpailutuksen voittanut tarjoushinta määrää toteutukselle aiheutuvat kustannukset, jolloin hankebudjetti tarkentuu. Voittaneen tarjoajan kanssa kirjataan yhteisymmärryksessä sopimukseen jokainen merkittävä asia suojaamaan molempia osapuolia erimielisyyksien varalle. Esimerkiksi lisätyövaraukset tulee ottaa huomioon varsinkin korjaushankkeissa.

Sopimuksen mukaisesti tilaaja tai urakoitsija suorittaa laite- ja tavarahankinnat rakentamista varten toteutuksen aikana tai sitä ennen. Kun kilpailutus on suoritettu, urakoitsijan ja tilaajan välillä on yhteisymmärrys vastuista ja työnannosta. Urakoitsija aloittaa rakentamisen urakka- ja turvallisuussuunnitelmia noudattaen. Rakentamisen turvallisuutta ja laatua valvotaan urakan aikana urakoitsijan ja tilaajan toimesta. Toteutus on valmis, kun sen on hyväksynyt urakoitsija, tilaaja ja ulkopuolinen taho onnistuneeksi ja turvalliseksi. Sen jälkeen hanke otetaan käyttöön.

Rakentamisen jälkeen hankebudjetin hallinta lakkaa ja elinkaaribudjetin seuranta jatkuu. Käyttövaiheessa kustannuksia syntyy käyttökustannuksista, hankkeen hoidosta ja hankkeen tavaroiden, laitteiden ja palveluiden ylläpidosta (Cowie & Loynes 2012). Hanke valmistuttuaan siirtyy tilaajan taseeseen, koska investointina se muuttuu omaisuudeksi, mutta sen käyttövaiheen aikana syntyvät kulut sijoittuvat omistajan budjetin kulupuolelle. Ensimmäistä kertaa hanke tuottaa arvoa käyttäjille ja potentiaalisesti tuottaa varoja myös omistajille. Infrahankkeiden pääsääntöinen tarkoitus ei ole tuottaa varoja omistajille suoraan, vaan yleensä tuotot syntyvät hankkeen yhteiskuntaa edesauttavista tapahtumista, esimerkiksi

verojen kautta. Käyttövaiheen aikana tavoitteena on pysyä nykyarvolaskelmien puitteissa tuottojen ja kustannuksien osalta. Se onnistuu tavoitellun käyttömäärän täytymisellä, elinkaaribudjettia noudattamalla sekä aloitus- ja suunnitteluvaiheessa kartoitettua käyttöaikaa ylläpitämällä.

Käyttövaiheen kustannuksien sisällyttäminen nykyarvo- ja elinkaaribudjettilaskelmiin on haastavaa, koska niiden altistuminen ulkoisille tekijöille on niin vahva, eivätkä ne ole säännöllisiä. Ylläpitokustannuksien arvo on vaikeasti ennustettavissa arvioissa, koska siihen vaikuttavat yleisen hinnannousun ja uusien sopimuksien lisäksi myös alan standardien muuttuminen, esimerkiksi turvallisuuden osalta. Tutkimusten mukaan käyttö- ja ylläpitokustannuksien ennustettavuutta vaikeuttaa myös materiaalien vanhuudesta johtuvat hauraus. (Cowie & Loynes 2012)

Kun hanketta ei enää tarvita, eikä sille löydy uutta käyttötarkoitusta, sen käyttö ja ylläpito loppuvat. Sitten hankkeen osalta siirrytään purkuvaiheeseen. Purkuvaiheessa hankkeen kustannukset syntyvät alasajosta ja purkamisesta. Purkuvaiheen vaihtoehtona on muutosvaihe, jos hankkeelle keksitään jokin toinen tarkoitus. Tällöin vanha hanke ajetaan alas ja alue muokataan uudelle tarkoitukselle sopivaksi. Purkuvaihe ja muutosvaihe vaativat kilpailutusta suunnittelun ja urakoitsijan osalta. Tällöin sen voi laskea uudeksi hankkeeksi.

2.2 Julkisten hankkeiden ominaispiirteitä

Julkiset hankinnat -käsite pitää sisällään tavara-, palvelu- ja rakennusurakkahankinnat, joiden tilaajina toimivat valtio, kunnat ja kuntayhtymät. Hankinnat tapahtuvat organisaationsa ulkopuolelta. Suomessa noudatetaan kansallista hankintalakia ja Euroopan Unionin hankintadirektiivejä, joiden tavoitteena on luoda tehokkaampaa julkisien varojen käyttöä ja kehittää eurooppalaisten yritysten kilpailukykyä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022a)

Hankintalain ja -direktiivin avulla pyritään tasavertaistamaan ja avaamaan kilpailua oikeudenmukaisuuden ja turvallisuuden parantamiseksi, joten julkisen sektorin hankkeissa

käytetään hankintalakia, kun Euroopan Unionin tai kansallinen kynnyksarvo ylitetään. Kansallisen kynnyksarvon ylittävissä hankinnoissa toimitaan kansallisen lainsäädännön mukaan ja EU-kynnyksarvon ylittävissä hankkeissa toimitaan GPA-sopimuksen ja EU-komission asetusten mukaisesti (JHNY 2022a). Taulukon 1 mukaisesti infrarakentamisessa käytetään Maailman kauppajärjestö WTO:n kynnyksarvoja, jotka yhtenäistävät kansainvälisiä markkinoita julkisen sektorin osalta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022b). EU-kynnyksarvo rakennusurakalle on 5 382 000 euroa, tavara- ja palveluhankinnoilla on 215 000 euroa ja suunnittelukilpailulle on 215 000 euroa, kun taas kansalliset kynnyksarvot ovat rakennusurakoille 150 000 euroa, tavara- ja palveluhankinnalle 60 000 euroa ja suunnittelukilpailuille 60 000 euroa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022b).

Taulukko 1. Hankintalakien kynnyksarvot (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022b)

Hankintalajit	Kansallinen kynnyksarvo (euroa)	EU kynnyksarvo (euroa)
Tavara- ja palveluhankinnat	60 000	215 000
Rakennusurakat	150 000	5 382 000
Suunnittelukilpailut	60 000	215 000

Hankintalain mukaan julkiset hankinnat kilpailutetaan avoimella tai rajoitetulla menettelyllä. Avoimessa menettelyssä kuka vain voi osallistua tarjouskilpailuun, kunhan tarjoajat täyttävät tarjouspyynnössä vaaditut kriteerit, ja rajoitetussa menettelyssä hankintayksikkö toimii alussa avoimen menettelyn tavoin eli alkuun julkaistaan tarjouspyyntö, johon toimitajat voivat vastata, jonka jälkeen tilaaja voi lähettää tarjouspyynnön vähintään viidelle oman harkinnan mukaan kyvykkäälle ja luotettavalle organisaatiolle. (Minilex 2022)

Suorahankinnassa hankintayksikkö voi itse valita toimittajan julkaisematta hankintailmoitusta. Suorahankintavaihtoehto voi tapahtua kummassakin hankintalaissa. Julkiselle hankkeelle ei tarvitse suorittaa avointa tai rajoitettua menettelyä, vaan voidaan suorittaa suora hankinta, jos seuraavista tapauksista yksikin tapahtuu:

1. Jos jostain syystä hankintayksikkö ei saa tarjouksia urakasta

2. Urakan voi hoitaa vain yksi toimittaja
3. Urakalla on kiire
4. Hankkeen tuotteet eivät ole massatuotantotavaraa
5. Tavarat eivät ole perushyödykkeitä
6. Hankkeen tavarat erityisen edullisesti
7. Hanke hankitaan suunnittelukilpailun voittajalta (JHNY 2022b).

Koska kaikki kansallisen tai EU-kynnysarvon ylittävät hankinnat vaativat hankintalain mukaan jonkinlaista menettelyä, on suurissa ja laajoissa hankkeissa pyritty tehostamaan hankintoja puitejärjestelyin. Puitejärjestelyissä hankintayksikkö valitsee toimittajat ennalta sovitun toimittajamäärän ja puitejärjestelyn kesto huomioon ottaen. Yksinkertaisesti puitejärjestelyssä sovitaan hankkeen useista hankinnoista kerralla. (JHNY 2022c) Julkisia hankkeita voidaan tehostaa hankintamenettelyn lisäksi myös riskien ja vastuiden osalta allianssimallin avulla. Siinä tilaaja ja toimittajat yhdessä muodostavat organisaation, jossa kaikki hyväksyvät hankkeen tavoitteet ja tavoitekustannukset. Allianssimallin avulla tuodaan eri alojen osaamiset tehokkaammin käyttöön. Tiiviiseen yhteistyöhön kuuluu kommunikoinnin ja koordinaation lisäksi myös riskien ja mahdollisuuksien jakaminen, tällöin allianssimallin jäsenillä on aina ajankohtainen informaatio, yhtenäiset tavoitteet ja osaaminen, joiden avulla hankkeen jokainen osa-alue katetaan (Väylävirasto 2020).

Julkisten hankintojen erilaisten menettelyjen kehittymisen myötä on hankkeista saatu tehokkaampia ja virtaviivaisempia samalla, kun toiminnan turvallisuuden tasoa on pidetty korkealla. Byrokratian ja kriteerien rakenne kuitenkin vaikuttavat päätöksentekoon osittain negatiivisesti (Erkoc 2017). Hankintalain mukaiset toimenpiteet voivat joissain tilanteissa joko nostaa markkinoiden hintoja, pidentää hankintojen kestoa tai vaikuttaa lopputuotteen laatuun. Toinen huomio syntyy tavaroiden hankinnan hintakeskeisyydestä, koska se rajoittaa laadukkaampien ja tehokkaampien ratkaisujen hyödyntämistä (Cavaliere et al. 2019), esimerkiksi kestävän kehityksen standardien mukaiset ratkaisut ovat tällä hetkellä kertakustannuksiltaan keskimäärin jopa 21,5 prosenttia kalliimpia verrattuna ratkaisuihin, jotka eivät

täytä kyseisiä standardeja (Gorecki & Diaz-Madronero 2020). Turvallisuutta ja laatua on pyritty luomaan infrahankeiden urakoitsijan valinnoissa lisäämällä tarjouspyyntöön vaatimuksia suodattamaan huonoimmat vaihtoehdot pois (Cavalieri et al. 2019). Suunnitelmissa tulisi ottaa huomioon myös hankeiden erilaisuus, räätälöinnin tuomat edut ja ymmärtää hankeiden ainutlaisuudet, koska infrahankeissa nähdään usein standardityökaluja ja -ratkaisuja, jotka eivät täysin täytä alkuperäistä tarvetta (Chou 2009).

3 Kustannusparametrien ja budjetin hallinta hankkeen elinkaaren aikana

Tässä kappaleessa kartoitetaan mahdollisia vaikutuksia hankkeen elinkaaribudjettiin, kuinka niitä hallitaan ja huomioidaan mahdollisimman hyvin infrahankkeen elinkaaribudjetissa. Kustannusparametrejä tutkitaan kappaleessa yleisellä tasolla, koska ne ovat hyvin hankeriippuvaisia hintansa ja olemassaolonsa suhteen. Infra-alalla eri budjettien muodostaminen, hallinta ja seuranta toimivat usein samalla tavalla, joten niitä tarkastellaan työssä tarkemmin. Kustannusylityksen määritelmänä voidaan pitää hankkeen sopimuservon ja hankebudjetin arvon eroa tai kustannuservion ja toteutuneen arvon eroa (Plebankiewicz 2018). Kappaleessa käsitellään niihin vaikuttavia tekijöitä ja ymmärretään, että kustannusylityksen todennäköisyyden lisäksi on hyvä tunnistaa kustannusylittymisen määrän uhka.

Kustannusparametrit ovat resurssin osia. Niihin kuuluvat kaikki mahdollinen, joka maksaa hankkeen elinkaaren aikana aina suunnittelun kustannuksista purkukustannuksiin. Eri budjettien ongelmiksi on muodostunut yksittäisten kustannusparametrien arvon selvittäminen ja niiden arvioiminen kokonaisuutena. Kustannusparametrien olemassaoloon ja arvoon vaikuttavat sisäisten tekijöiden lisäksi myös ulkoiset tekijät, joten niitä voidaan pitää satunnaisina muuttujina (Gorecki & Diaz-Madronero 2020). Siksi niiden kokonaisuutta tulisi tutkia eri skenaarioiden todennäköisyyksien mukaan (Gorecki & Diaz-Madronero 2020). Suunnitelmien tarkastelu vaatii hankkeen koko elinkaaren osalta kustannuksista ja laadusta vastaavien tahojen yhteistyötä, jotta suunnitelmiin saadaan molempien osapuolien asiantuntijuutta (Ojo et al. 2022).

3.1 Budjetteihin vaikuttavat tekijät

Yleisiä tekijöitä, jotka alasta riippuen johtavat usein hankkeen kaatumiseen ovat heikko taloudellinen tilanne ja rahoituksen kanssa olevat ongelmat, toimintaympäristö, valtion

hallinto, teknologian muutokset ja kustannusylitykset (Nie & Ye 2017). Näistä kustannus-
tenylitys on merkittävin syy (Gorecki & Diaz-Madronero 2020).

Kirjallisuudesta on löydetty neljä erilaista kategorialausta kustannusylityksien syyksi. Taulukosta
2 näkyy, että tekniset syyt sisältävät ennusteissa tapahtuneet vääristymät kuten datan virheet,
epäonnistuneet suunnitelmat, yrityksen raskas ja informaation liikettä vaikeuttava rakenne,
epäonnistuneet päätökset ja toimittajasta johtuneet syyt kuten lisätöiden syntyminen. Talou-
delliseksi syiksi lasketaan tilanteet, joissa hankkeen osapuolet tavoittelevat yhteisen edun
lisäksi omaa etua, kuten resurssien tehoton käyttö ja väärälaisten kannustimien hyödyntämi-
nen. Psykologiseksi syiksi tunnistetaan liiallinen optimistisuus hankkeen osalta, kognitiiviset
harhat eli päätöksien tekeminen datan sijasta mielipiteillä ja liian aktiivinen riskienhallinta
tai liian passiivinen riskienhallinta. Poliittiset syyt ovat tahallinen väärin estimointi, jotta
hanke näyttää houkuttelevammalta ja ennusteiden manipulointi omien etujen tavoittele-
miseksi. (Cavalieri et al. 2019).

Taulukko 2. Kustannusylityksien kategorisointi (Cavalieri et al. 2019)

Syyt kustannusylityksille	Vaikutus	Mistä johtuvat?
Tekniset syyt	Ennusteiden vääristymät	Datan virheet., hankala yritysra- kenne, epäonnistuneet suunnitel- mat
Taloudelliset syyt	Etujen ristiriidat	Resurssien tehoton käyttö, vää- ränlaiset kannustimet
Psykologiset syyt	Vilpittömät inhimilliset virheet	Liiallinen optimismi, lukkiutumi- nen, riskienhallinnan ongelmat
Poliittiset syyt	Tahallisuus	Manipulointi

Kategorioiden tekijät ovat hyvin lähellä toisiaan ja joidenkin tekijöiden lajittelu voi perus-
tellusti kuulua toiseen ryhmään, esimerkiksi raakadata on objektiivista ja kuuluu teknisiin
syihin, kunnes sitä käsitellään analysointia varten ymmärrettävään muotoon. Tällöin käsit-
telijä voi subjektiivisesti päättää, mikä datasta on tärkeää, ja mikä ei ole. (Cantarelli et. al.
2012) Myös kategoriat jakaantuvat lievästi päällekkäin. Poliittisena tekijänä voi olla

tahallisten vääristymien luominen, jonka tavoitteena on strateginen positiivisen julkisuusku-
van esittäminen, esimerkiksi poliitikon aliarvioidun kustannusarvion ilmoitus hankkeesta
ennen vaaleja positiivisen kuvan luomiseksi, kun taas psykologisen kategorian tahattomat ja
ihmisluonteeseen kuuluvat erehdykset voivat myös vaikuttaa kustannusten ylittymiseen.
(Plebankiewicz 2018) Molemmissa tapauksissa hankkeen kustannusarvio aliarvioidaan, joka
synnyttää paineita hankkeen kanssa työskenteleville ja saa kustannusylitykset näyttämään
dramaattisemmilta (Flyvbjerg et al. 2003).

Vahva psykologinen tekijä, jonka on huomattu vaikuttavan vahvasti prosesseihin ja toimin-
tatapoihin on lukkiutuminen. Lukkiutuminen on nimensä mukaisesti organisaation tapojen
lukkiutumista tiettyyn prosessiin, jota ei haluta muuttaa, vaikka tilalle on keksitty uusi ja
parempi käytäntö. Lukkiutuminen voi näkyä käytettävässä teknologiassa, datassa, laskel-
missa, riskien- tai budjetinhallinnassa, toimintaperiaatteissa tai hankinnoissa. Lukkiutumi-
nen näkyy organisaation suorituskyvyssä, tehokkuudessa ja joustamattomissa rakenteissa.
Lievä lukkiutuminen on suurissa projekteissa yleistä, kun suunnitteluvaiheen alussa valmis-
tuneet suunnitelmat varmistavat ensimmäisen kerran kustannusparametrien arvot, eikä myö-
hemmin olla valmiita päivittämään kustannusarviota. (Cantarelli et al. 2010)

3.2 Hankebudjetin hintakeskeisyys

Hankebudjetin merkittävimmät virheet tehdään ajallisesti ennen toteutusvaihetta, kun taas
toteutuksen aikana on jopa todennäköisempää alittaa hankebudjetti kuin ylittää se. Ongelmat
syntyvät siis aloitus- ja suunnitteluvaiheessa, koska silloin arvioita ja vaatimuksia muutetaan
tiuhaan tahtiin, joka voi johtaa todellisen tarpeen unohtumiseen tai strategian punaisen lan-
gan katoamiseen. Lopputuloksena on toteutuksesta vierastettu suunnitelma. (Cantarelli et.
al. 2012) Syyksi on huomattu myös hankkeen alkuvaiheen optimistiset odotukset ja niistä
johtuvat korkeat vaatimukset suunnitelmia kohtaan sekä toteutuksen hankintojen aliarviointi
(Cavalieri et al. 2019).

Sijoittajien keskittyminen rakentamisen kustannuksiin määrittää hankebudjetin tärkeyden. Hankkeiden aloitusvaiheen karkea kustannusarvio on saatava matalaksi, jotta julkisen rahoituksen lisäksi infrahankkeille saadaan yksityisiä sijoittajia. Rahoittajan kannalta halvempi vaihtoehto pienentää kustannusarvion ylittymisriskiä, koska hankkeen elinkaarikustannukset keskittyvät hankkeen käyttövaiheeseen, jolloin hankkeen on tarkoitus kustantaa ylläpito tai käyttö valtion tai kunnan budjetista. Käyttövaiheen kulut siis kustannetaan eri paikasta verrattuna hankebudjettiin. Innovatiivisten kestäväen kehityksen ratkaisujen estimaattien muodostaminen on hankalaa usean eri syyn takia verrattuna yksinkertaiseen ja tunnettuun teknologiaan, vaikka se tarkoittaisi hankkeen elinkaaren kannalta tehotonta ratkaisua. (Gorecki & Diaz-Madronero 2020)

Koska kertahinta on yleensä ratkaisevin tekijä, ei hankkeen elinkaaren kokonaiskustannuksia huomioida tarpeeksi usein. Pelkän hintavertailun avulla tehdyt hankinnat jättävät ulos energiatehokkaat ja ylläpitokustannuksiltaan pienemmät ratkaisut. Lopputuloksena halvan hankintahinnan ratkaisu on keskimäärin merkittävästi kalliimpi vaihtoehto, kun otetaan huomioon ylläpito- ja käyttökustannukset. (Bazhenov & Ustiuzhanin 2018) Tuotteiden yksityiskohtaisen tuntemuksen lisäksi yrityksen tulee ymmärtää hankittavan tavaran arvo. Tavaroiden ja palveluiden hankintojen kohdalla hankintahinnoista tulee olla selvillä ja niiden kehittymistä kohtaan vaaditaan tutkimustyötä, koska hintojen kattava selvittäminen kansallisilla ja kansainvälisillä markkinoilla tarkentaa yksikköhintoja ja voi jopa alentaa niitä. Saatua dataa tulee seurata jatkuvasti ennusteiden tarkentamiseksi ennen kuin hankinta todella tehdään. (Chou 2009)

Elinkaaren ennustettavuutta voidaan parantaa eristämällä hankkeen eri vaiheet toisistaan ja pyrkimällä ymmärtämään jokaisen vaiheen merkitys ja vaikutus kokonaisuuteen. Tällä tavalla löydetään ennalta tuntemattomia korrelaatioita eri vaiheiden kustannusparametrien väliltä. (Cavalieri et al. 2019) Suunnitteluvaiheessa on hyvä keskittyä myös kokonaisuuden lisäksi yksittäisiin kustannusparametreihin, tällöin tilaaja ja suunnittelija huomaavat yksittäisten elementtien hinnan ja arvon (Ojo et al. 2022). Elinkaaren huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa kasvattaa materiaalien, tavaroiden ja valintojen vaihtoehtoja, kun hankkeen alussa huomataan tehokkaiden ja taloudellisten ratkaisujen potentiaalin. Esimerkiksi useissa

tapauksissa ylläpidon lopputulos on oikein tehtynä yhtä arvokas kuin uuden ratkaisun hankinta (Hatsey & Birkie 2021).

Ylläpitokustannusten tarpeen ja hinnan kasvusta on tullut kansainvälinen ongelma. Kyseisiin kustannuksiin vaikuttavat ylläpito- ja käyttökustannukset, joiden osuus infrahankkeen koko elinkaarikustannuksista on jopa 70 prosenttia, mutta hankkeissa edelleen keskitytään elinkaaribudjetin sijasta enemmän hankebudjettiin. Käyttövaiheen kustannuksien merkittävyys johtuu hankkeen pitkästä käyttöiästä ja sen merkitys kasvaa samaa tahtia, mitä korkeammalle sitä nostetaan. Ongelmaa lisää ylläpitokustannusten ennustettavuuden puute niiden kustannusten ja tarpeen osalta, joka tekee arvioiden kartoittamisen liki mahdottomaksi. Myös ylläpitokustannuksien sitoutuminen lakiin kirjattuihin turvallisuusstandardeihin tuottaa standardien kiristyessä korkeampia ylläpitokustannuksia. (Cowie & Loynes 2012)

3.3 Budjettien seuranta ja hallinta

Hankebudjetin hallinnan avulla varmistetaan, että infrahankkeen suunnitelmiin sisällytetään tarpeelliset asiat, jotka infrahanke vaatii täyttääkseen tilaajan vaatimukset. Suunnitelmien perusteella hanke toteutetaan onnistuneesti budjettia varten kerätyllä rahoituksella niin, että hankkeen lopputulos on rahoituksen arvoinen. (Ojo et al. 2022)

Cavalieri et al. (2019) ovat huomanneet tutkimuksissaan, että hankkeen alkuvaiheen ongelmia on voitu lieventää tai estää esimerkiksi tarkentamalla kustannusarviota aloitusvaiheessa. Urakoitsijoita voidaan motivoida hyödyntämällä suorituskykyä mittaavia kannustimia. Lisäksi tehdään hankinnat kokonaisuuksina niin, että vältyttäisiin yksittäisten komponenttien hankkimisesta useista eri lähteistä. (Cavalieri et al. 2019) Suunnitteluvaiheessa voidaan selvittää kustannusparametrien yksikköhinnat aikaisemmin ja analysoida uusien tai muokattujen vaatimuksien vaikutuksia niihin, jotta toimenpiteiden konkreettisuus tulisi selkeämmin ilmi jo suunnitelmien aikana, eikä vasta niiden valmistuttua (Ojo et al. 2022). Hankkeen jokainen vaihe vaatii sille sopivaa ja räätälöityä ohjelmaa tehostamaan ja tarkentamaan toimintaa. Räätälöinnit säästävät resursseja usealla eri osa-alueella. (Selman & Schneider 2005)

On kuitenkin verrattava hyötyjä kustannuksiin. Jos hankkeen prosessien tuottavuus tai ajallinen hyöty ei näy, räätälöinti ei kannata tai sitä pitää kehittää (Stamelos et al. 2003).

Kustannusarvion seuranta ja päivittäminen on keskeistä hankkeen onnistumisen kannalta, koska seurannan avulla voidaan huomata joidenkin kustannusparametrien hinnan muutokset tai ratkaisujen tehokkuudet ennen hankintahetkeä, jolloin on mahdollista päivittää suunnitelmia (Gorecki & Diaz-Madronero 2020). Seurannan laiminlyönti voi nostaa kustannusarvion merkittävän ylityksen todennäköisyyden jopa yli 80 prosenttiin (Gorecki & Diaz-Madronero 2020) ja sen ylitys on jopa neljästä viiteen kertaa suurempi kuin ei-laiminlyödyn kustannusarvion (Cantarelli et. al. 2012).

Kustannusylityksistä puhuttaessa on hyvä myös huomioida ylityksen määrä. Hankkeiden pitkäkestoisuuden ja useiden satunnaismuuttujien takia on mahdotonta laskea kustannuksia täsmällisesti, siksi hankkeet voidaan jakaa kahteen osaan, joko budjettien alitukseen tai ylitykseen. Tutkimuksissa on huomattu, että suunnitteluvaiheessa syntyy suurimmat tekijät kustannusarvion ylityksille, kun ennen toteutusta on jo ylitetty 30 prosenttia ja kustannusarvio ylitetään toteutuksen aikana noin 10 prosenttia, jolloin kustannusarvio ylittyy kokonaisuudessaan noin 40 prosenttia. (Cavalieri et al. 2019)

Hankkeiden kustannusylityksien määrät eroavat maakohtaisesti. Yleinen ymmärrys on, että kehittyneemmissä maissa ne ovat maltillisempia kuin kehittyvissä maissa. Euroopan sisälläkin erot ovat suuria, kun Itä-Euroopan maiden kustannusylitykset pysyvät kansainvälisen keskiarvon tasolla, Alankomaissa keskimääräinen hankebudjetti ylitetään 16,5 prosenttisesti. Samalla Alankomaissa kustannusylityksiä tapahtuu yhtä paljon kuin niiden alituksia, kun taas maailmanlaajuisesti on normaalia, että ylityksiä tapahtuu 86 prosenttia kaikista infrahankkeista. (Cantarelli et. al. 2012)

Kolme tärkeintä mitattavaa tekijää ovat kustannukset, laatu ja aika. Tekijät siis sitoutuvat toisiinsa. Jos yhdestä säästetään, vaikuttaa se muihin tekijöihin, ja keskittymällä yhteen, joudutaan säästämään muista. (Wang et al. 2021) Kustannustekijöitä pidetään rakennusalalla

keskeisimpänä tekijänä toimittajan valinnassa (Gorecki & Diaz-Madronero 2020), joten laatu ja aika kärsivät. Infrahankkeissa kansallisesti säilytetään laadun ja aikataulun asema tarjouspyynnön ja sopimuksien avulla. Infrahankkeissa laadukkaalla toteutuksella yleensä tavoitellaan laitteille ja ratkaisuille pitkää kestoikää, vähäistä huoltotarvetta käyttövaiheessa ja turvallisuutta käyttäjille sekä urakoitsijoille (Wang et al. 2021).

3.4 Datan avulla kustannusarvion perustelu

Kustannusparametrien dataa seurataan eri mittareiden avulla, joiden tarkoituksena on mitata tavoitteiden ja tason tilaa. Mittaamisen avulla voidaan analysoida hankkeen välitavoitteiden ja tavoitteiden onnistumista kustannusten kannalta. Yksittäisten mittareiden käyttö jättää mittaamattomia kohteita budjettiin, joten kokonaisuuden selvittämiseksi vaaditaan useita mittareita mittaamaan eri osa-alueita hankkeen budjeteista tai ryhmiteltyjen kustannusparametrien kokonaisuutta. Mittareiden valinnassa tulee ottaa huomioon jokaisen hankkeen erillaisuus, jolloin niitä tulee soveltaa ja muuttaa hankkeelle sopivaksi. (Mellado et al. 2020)

Kustannusparametrien hintojen ja suunnitelmien jatkuvan päivittämisen laiminlyönti ennen toteutusvaiheen loppua johtaa kierteeseen, jossa epätarkat estimaatit luovat toteutuksessa negatiivisen tuloksen, mikä näkyy hankkeen aikana budjettien ylittymisenä ja toteutuksen virheissä (Chou 2009). Tarkan estimaattitavoitteen lisäksi vaaditaan suunnittelun osaamista ja hankkeen vaatimusten ymmärtämistä. Suunnittelijan tulee olla tietoinen tarvittavista rakenteista, teknologiasta ja toteutuksesta, että voidaan räätälöidä tehokas ja pitkällä tähtäimellä taloudellinen suunnitelma. (Ghazaryan 2019) Asiantunteva suunnittelijan osaa ottaa huomioon potentiaalisia riskitekijöitä ja hyödyntää niihin kvantitatiivisia käytäntöjä (Bor-gonovo & Plischke 2016).

Hankkeen aikana kustannusten kriittinen käsittely ja niiden kehittymisen seuranta helpottavat resurssien kokonaisuuden hallintaa koko hankkeen elinkaaren ajalta (Cavalieri et al. 2019). Datan seuraaminen näkyy positiivisesti myös pitkällä aikavälillä, jos toimenpiteistä ja kustannuksista dokumentoidaan laadukkaasti sekä hankkeiden onnistumista analysoidaan

jälkikäteen. Analysoinnin avulla huomataan asioita uusista näkökulmista ja prosessien kehittäminen kehittää myös ennusteiden laatimista. (Chou 2009) On otettava huomioon, että elinkaaribudjetin kokonaisvaltaisia onnistumisia ja epäonnistumisia on mahdotonta analysoida heti toteutusvaiheen jälkeen, vaan siinä voi kulua aikaa ja vaiheita, että analyysi ja palaute hankkeesta saadaan selville. Siksi toteutuksessa tehtyjen ratkaisujen tehokkuutta ei voi päätellä käyttövaiheen alussa. Usein on kuitenkin mahdollista seurata vaikutteiden kehittymistä ja analysoida kehityskaarta. (Gorecki & Diaz-Madronero 2020)

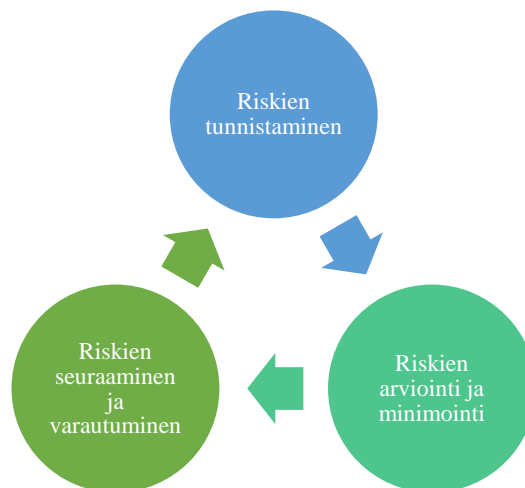
Dataa voidaan käyttää kustannusparametrien lisäksi myös budjetin hallinnassa. Datan hyödyntäminen ennusteiden teossa tarkentaa kustannusparametrien arvon määrittämistä jo suunnitteluvaiheessa. Datan hyödyntämistä alalla tulee käyttää ennusteiden lisäksi myös muissa hankkeen vaiheissa suunnitteluvaiheen lisäksi. Vaikka dataa seuraisi, virheitä voi syntyä sen vähydestä, laitteista, käytännöistä (Chou 2009), mittausjärjestelmien muutoksesta, kerätyn datan ajankohdasta tai datan ympäristöstä (Flyvbjerg et. al. 2018). Datan virheitä voidaan välttää hyödyntämällä dataa ajankohdaltaan viimeisimmistä ja samankaltaisista hankkeista (Ghazaryan 2019). Virheet voivat johtua useasta eri syystä ja kaikkia on vaikea kitkeä pois, siksi on aina oletettava, että jokaisesta datasta löytyy virhemarginaali, joka tulee aina ottaa huomioon laskelmissa (Cowie & Loynes 2012).

3.5 Riskienhallinnan edut

Datan virheellisyyden lisäksi hanke kohtaa odottamattomia tapahtumia, jotka tuottavat hankkeen aikana ylimääräisiä kustannuksia. Kustannusylityksiä vältetään lisäämällä erilaisille riskeille arvo kattamaan yllättävät tapaukset. Kaavat ovat hankekohtaisia ja sellainen tulee räätälöidä hankkeelle sopivaksi. Yleisesti riskin arvo sisältää riskitason selvittämisen esimerkiksi riskimatriisin tai muun riskityökalun avulla ja lopputulos lisätään kustannusarvioon. (Gorecki & Diaz-Madronero 2020) Odottamattomat tapaukset johtuvat usein riskienhallinnan puutteesta tai tehottomasta tilanteen hallinnasta (Nie & Ye 2017), joten riskin arvon analysointi tarkentuu ja helpottuu riskienhallintaa ja päätöksentekoa kehittämällä.

Ulkoisien tekijöiden tunnistaminen riskienhallinnassa on elintärkeää. Kustannusylitykseen johtavat tekijät voivat liittyä urakoitsijoiden toimintaan, hyödykkeisiin ja omistajien toimintaan. Urakoitsija voi esittää tietoisesti tarjouksessaan paljon halvempaa hintaa kuin todellisuudessa hanke vaatisi, jonka avulla voittaa hankkeen itselleen hoidettavaksi (Cantarelli et al. 2012). Materiaalien tai laitteiden toimivuuden lisäksi niiden toimittaminen ei ole täysin varmaa, mikä voi näkyä aikataulun ja kustannusarvion muutoksina. Omistajien toimintaperiaatteiden ja vaatimusten muutokset vaikuttavat budjettiin työmäärän lisäyksenä sekä hankintojen muodossa. (Plebankiewicz 2018)

Riskienhallinnan avulla siis pyritään kuvan 2 mukaisesti minimoimaan riskistä aiheutuvia kustannuksia, kun riski realisoituu tai realisoitumista pyritään välttämään. Minimoiminen onnistuu tunnistamalla riskit ja analysoimalla niiden vaikutuksia sekä vaihtoehtoja niiltä puolustautumiseen. Loppujen lopuksi riskienhallinnassa seurataan ja varaudutaan tunnistettujen riskien kehittymiseen myös hankkeen aikana. (Terrill 2016)



Kuva 2. Riskien minimointi suunnittelussa (Terrill 2016)

Vaikka infrastruktuuriin käytetään merkittäviä summia kansainvälisesti vuosittain, on systemaattinen riskien hallinta alalla liian vähäistä (Flyvbjerg et al. 2003). Riskienhallinnan integroiminen organisaation jokaiseen portaaseen vähentää negatiivisia skenaarioita, joita

riskien tapahtuminen aiheuttaisi (Iqbal et al. 2015). Hankkeiden hankebudjetissa riskienhallinta näkyy kuluna, vaikka todellisuudessa se on investointi riskien negatiivisten seurauksien varalle.

4 Kustannusparametrit ja budjetti infrahankkeessa: Case Kouvolan RRT

Kappaleessa hyödynnetään teorian löytämiä näkökulmia kustannusparametreihin ja sovelletaan kerättyä tietoa konkreettiseen esimerkkitapaukseen. Samalla huomioidaan tehdyt ratkaisut ja tuodaan ilmi niiden taloudelliset ja tehokkaat vaikutukset hankebudjetin ja koko elinkaaren osalta. Kappaleessa osoitetaan laadukkaan suunnittelun hyödyt hankkeelle ja sen kustannusarvioihin. Samalla selvitetään kustannuslaskentaohjelman vaikutuksia hankkeen kannalta ja analysoidaan ohjelman kehitettäviä osa-alueita. Lopuksi käsitellään esimerkkihankkeesta ilmeneviä kehityskohteita, joita infrahankkeissa tulisi ottaa huomioon.

4.1 RRT-hankkeen rakentamissuunnitelmien tausta

Kouvolan RRT:n rakentamissuunnitelmat perustuvat hallinnollisissa suunnitelmissa tehtyihin päätöksiin. Rakentamissuunnitelmia varten kartoitettiin hankkeen alueen maaperä. Maaperätutkimusten perusteella alue sijoittuu kallioperäisen mäen ja osin paksukerroksisen silttimaakerroksen kohdalle. Tutkimuksesta analysoitiin, että hankkeen merkittävimmät kustannukset syntyvät 40 hehtaarisena kentän osalta perusmaahan kohdistuvasta työstä. Kallioiden murskaamista varten tilaaja hankki itse ympäristöluvat, jonka avulla urakan kilpailutus onnistui halvemmalla. Silttimaakerroksella on tapana painua kastuessaan, joten suunnitelmissa tuli ottaa huomioon alueen kantavuuden parantaminen. Teknisesti laadukkain ratkaisu olisi ollut paaluttaa pengerlaatta, jossa esiintyi silttimaakerrosta, mutta alueen suuren pinta-alan takia kustannukset olisivat nousseet korkealle, eikä hanketta olisi voitu suorittaa kannattavasti. Ratkaisuksi keksittiin alueen kalliomateriaalin hyödyntäminen.

Terminaalialueen kallion murskaamisesta saatu materiaali laskettiin silttimaakerroksen päälle esikuormaksi, jonka tarkoituksena on ylikuormituksen avulla tiivistää silttikerroksesta vesimassat pois, ettei alue painuisi käyttövaiheessa. Louhinnasta päätettiin riskienhallinnan osalta luoda järjestelmä tilaajan ja urakoitsijan välille sitomalla urakkahinta massamääriin.

Tällä tavalla varmistettiin urakoitsijalle urakkahinta, joka on sidottu suoritusperusteiseksi kannustimeksi. Toimenpide on huomattu tutkimuksissa urakoitsijan motivaatiota nostattavaksi tekijäksi. Haasteena esikuormituksella oli aika. Silttialueen tiivistäminen vaati onnistuakseen yhdestä kolmeen vuotta, joka tuli ottaa huomioon toteutusvaiheen aikataulua suunniteltaessa.

Koko hankkeen ajan tavoitteena oli hyödyntää mahdollisimman kattavasti ja soveltaen eri materiaalien potentiaalia niin, että lopputuloksena on taloudellinen elinkaaribudjetti. Suunnitteluvaiheessa tämä näkyi esimerkiksi sisällyttämällä suunnitelmiin MARA-asetuksen, eli maa- ja rakennusasetuksen, mukaisesti ja lupajärjestelyin murskattua betonia. Betonimursketta kerättiin kaupungin alueella puretuista rakennuksista, jotka olisi ilman RRT-hanketta viety jätteeksi, josta hankkeen asiakkaalle olisi syntynyt miljoonien arvosta jäteveroa maksettavaksi. Nyt kuitenkin hanke sai kerättyä tarvittavaa materiaalia ilmaiseksi. Kun esikuormitus oli valmista, vapautui painopenkkana käytetty massa muuhun käyttöön. Massaa käytettiin esimerkiksi lähialueiden tonttien esirakentamiseen, jolloin loppusijoitukseen vaaditut logistiikkakustannukset vähenivät.

4.2 Hankkeen suunnittelun sisältö

Ennen suunnittelun aloittamista hankkeelle järjestettiin kattava riskikartoitus, jossa selvitettiin erilaisia riskitekijöitä, jotka hanketta voisivat uhata toteutuksen ja käytön aikana. Kartoituksessa huomioitiin mikro- ja makrotason riskejä, niiden seuraukset, mistä riskit voivat syntyä ja kuinka niihin voidaan varautua. Laadukkaan riskienhallinnan avulla suunnitelmissa ja päätöksenteossa otettiin oikeaoppisesti huomioon tunnistettuja riskejä, jotta hankkeen aikana välttyttäisiin mahdollisimman pienin negatiivisin seurauksin. Hankkeen suunnitelmissa integroitiin riskienhallinta päätöksentekoon. Tarkoituksena oli varmistaa kaikin tavoin hankkeen onnistuminen. Materiaalien saatavuuteen ja kustannuksiin vaikuttivat koronaviruksesta alkaneet logistiikka- ja tuotanto-ongelmat sekä Venäjän aloittamasta sodasta johtuneet materiaalien saatavuusongelmat. Laadukkaan riskienhallinnan avulla hankkeen vaatimia materiaaleja löytyi osittain valmiiksi. Osittain hinnannousuihin valmistauduttiin jo kustannuslaskelmissa, jolloin rahoituksen määrän tarve arvioitiin 20 prosenttia

korkeammalle. Arviointipäätökseen vaikutti hankkeen suunnitelmien riskien tunnistaminen ja alan kokemus.

Suunnitelmissa otettiin huomioon hankintojen ajoittaminen. Urakoiden kilpailutus ajoitettiin vuodenajan kannalta hetkeen, jolloin tarjoajien tilausaikataulut olivat suhteellisen tyhjiä, ja olivat valmiimpia ottamaan vastaan uusia projekteja. Hankinnoissa hyödynnettiin kierrätettyjen materiaalien taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä, kun asfalttitöiden kilpailutuksessa hyväksyttiin jyrkityn asfalttimurskan käyttö urakan aikana. Samalla bitumin hinta sidottiin kilpailutuksessa bitumi-indeksiin, joka tarkensi bitumin hintaa vuonna 2022, kun sen hinta kasvoi merkittävää vauhtia.

Tarjoajille annettiin kaksi kesää aikaa kerätä asfalttimursketta ennen tarjouksen jättämistä. Asiakkaalle eli Kouvolan kaupungille annettiin myös tilaisuus kilpailuttaa hankkeen asfalttitöiden kanssa samaan aikaan kaupungin kolmen vuoden katuasfaltointityöt. Edellä mainitut tekijät laskivat kilpailutustilanteessa materiaalien ja koko urakan hintaa. Kilpailutuksessa toimitettiin tutkimuksissa tunnistettujen tehostamismenetelmien tavoin, kun hankintojen suunnittelussa analysoitiin perusteellisesti erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja, jotka tuovat säästöjä jo toteutusvaiheessa, sekä hankkeessa kilpailutettiin urakkakokonaisuuksia kerralla vähentämään hallinnollisia kuluja. Samalla hankkeen aikana hyödynnettiin asiakkaalta löytyviä tarvikkeita, kuten betonimurskaa, jota käytettiin materiaalina pengerrakenteissa.

Suunnitteluvaiheessa kartoitettiin kesän 2022 asfaltointiurakkaa sen materiaalikustannuksien ja logistiikan osalta. Asfaltointiin valmistettava massa tuotetaan asfalttiasemalla, joka päätettiin sijoittaa hankkeen omalle tontille lähelle asfaltoitavaa aluetta. Lopputuloksena oli merkittävät säästöt kuljetuskustannuksista. Vaikka hankinnoissa kilpailutus voitetaan halvimalla hinnalla, voi tarjouksiin vaikuttaa vaatimusten avulla. Esimerkkinä tästä on alueen valaistus, johon valittiin led-valaisimet ja niiden ohjausjärjestelmä. Niiden avulla yksittäisiä valoja tai kokonaisuuksia voidaan hallita ja säätää kirkkauksia älykkäästi 5–100 % välillä. Led-valaisimien ja niiden ohjausjärjestelmän tiedetään olevan kalliimpia kertahinnaltaan useaan muuhun vaihtoehtoon verrattuna, mutta käytön aikana ne säästävät kustannuksia muun muassa energian ja ylläpidon osalta. Hankinnassa kirjattiin vaatimukset, jotka

edesauttavat halutun valaistusvaihtoehdon valintaan. Vaikka julkisia hankintoja määrää hankintalait, voidaan vaatimuksien avulla johdatella halutunlaisten ratkaisujen valintaan.

4.3 Hankkeen toteutukseen vaikuttavat parametrit

Hankkeen aikana pyrittiin löytämään tasapaino kustannusten, laadun ja ajan suhteen. Edellä mainitut kolme tekijää vaikuttavat tutkitusti toisiinsa, joten kustannustekijöiden onnistumiseksi vaaditaan tasapainoa myös muilta tekijöiltä. Koska aikariski vaikuttaa myös kustannuksiin, urakan aikana on pyritty huomioimaan riskejä aikataulutuksessa. Toteutusta on yksinkertaistettu suunnittelun aikana jaksottamalla työt sopivina kokonaisuuksina, jolloin ei syntynyt kiirettä eikä ruuhkaa työmaa-alueelle. Olosuhteiden ollessa hyvät, urakoitsijat ovat voineet keskittyä ydinosaamiseensa sopivassa ympäristössä laadukkaamman lopputuloksen saavuttamiseksi. Hankkeen kokonaisuudessa pyrittiin luomaan ratkaisujen avulla tilanne, jossa infrahankkeen käyttöaika olisi mahdollisimman pitkä. Huollon lisäksi käyttövaiheessa syntyy kustannuksia rakenteiden ja laitteiden uusimisesta, joten suunnitelmiin implementointiin käyttöiät. Perusrakenteiden tulisi kestää pisimpään eli yli 50 vuotta, koska niihin on vaikein päästä käsiksi. Sen jälkeen arvioitiin, että raiteiden, pylväiden ja asfaltin tulisi kestää huollettuna noin 20 vuotta käytössä. Tekniset laitteet, kuten sähköistetyt portit ja valaisimet tulisi uusida viiden vuoden välein. Käyttöikään vaikuttaa merkittävästi käytön määrä, joten ennusteiden tekeminen vuosikymmenien päähän on erittäin hataraa.

Hankkeen toteutuksen onnistumisen kannalta oli merkittävää se, ettei tapahtunut mitään odottamatonta suunnittelun ja toteutuksen osalta. Vaikka hankkeen suunnitelmat olivat keskenäisiä, tehtiin toteutusta koskien päätöksiä, esimerkiksi hankintojen kilpailutuksien tekemisestä hankkeen aikaisessa vaiheessa. Aikaisia materiaalihankintoja ei sidottu indeksiin, koska ennen vuotta 2020 inflaatio oli erittäin matala, eikä suuria hintamuutoksia tapahtunut. Toteutuksen aikana bitumin hinta sidottiin bitumi-indeksiin, jotta hinnan kehitystä olisi helpompi seurata. Päätökset osoittautuivat taloudellisiksi, vaikka kaikkia riskejä ei huomioitu. Todennäköisimmin hankkeen ongelmaksi olisi tullut suunnitelmien muuttuminen, jos hankkeen suunnittelun aikana olisi tullut odottamattomia tapahtumia, jotka olisivat muuttaneet

vanhoja suunnitelmia. Tällöin aikaisin täytäntöön laitettut tarjouspyynnöt olisivat olleet riskitiedassa uusien suunnitelmien kanssa.

4.4 Laskentaohjelmien vaikutukset

Kustannuslaskentaohjelmien avulla muodostetaan ja seurataan hankkeen elinkaarikustannuksien ennusteita. Suunnitteluvaiheessa ohjelmaa käytetään kustannusarvion muodostamiseen ja käyttövaiheessa sitä käytetään laitteiden ja komponenttien tutkimisessa huollon tarpeellisuuden osalta. Ohjelmassa käytetty data saadaan yleensä aikaisemmista infrahankkeista. Koska kaikki hankkeet ovat hyvin yksiköllisiä, saadaan räätälöidymppää dataa, kun referenssihankkeet jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin eli hankeosiin. Kustannuslaskentaohjelman hyödyllisyyden ja merkittävyyden takia useassa eri infrahankkeen vaiheessa on hyvä tutustua ohjelman peruseräisiin ja niiden vaikutuksiin.

Kouvolan RRT hyödynsi laskelmissaan Fore-kustannuslaskentaohjelmaa, joka on yksityisen yrityksen luoma ohjelma. Se on ollut yleinen infrarakentamisalalla, mutta vuoden 2021 aikana julkaistu Ihku tulee olemaan tulevaisuudessa pääsääntöinen kustannuslaskentaohjelma infrahankkeissa. Ihkun tilaajina toimii useita julkisen sektorin tekijöitä, joiden tarkoituksena on luoda julkiselle sektorille oma kustannuslaskentaohjelma. Molempien laskentatavat ovat suuripiirteisesti kohtalaisen samankaltaisia, mutta Ihkua on pyritty suunnittelemaan sopivammaksi infrahankkeita varten, mistä löytyisi monipuolisempia vaihtoehtoja hankeosista. Kustannuslaskentaohjelman sisällön ymmärtämiseksi haastattelin Ihku-kustannuslaskentaohjelman projektinjohtajaa Eva-Lisa Karlssonia (liite 1). Haastattelussa puhuttiin datan keräämisestä, mallien muodostamisesta hankesuunnittelun eri vaiheissa ja ohjelman laskelmien antaman kustannusarvion laatuun vaikuttavista tekijöistä kustannuslaskentaohjelman näkökulmasta.

Kustannuslaskelmiin kuuluvat materiaalien yksikköhinnat, työvoima, laitteet ja logistiikka. Dataa kerätään MAKU-indeksiä käyttäen, joka sisältää maarakennusalan kustannusten muutoksen, ja toteutuneiden urakoiden tietoa. Urakoiden tietoja on saatu urakoitsijoiden

tarjouksista, joista on karsittu pois hankkeiden tarjoukset, jotka ovat muihin tarjouksiin verrattuna selvästi suurempia tai pienempiä. Viimeaikainen hintojen odottamaton kasvu on vanhentanut toteutuneiden urakoiden hintatietoja erittäin nopeasti, joten hinnastoa on pitänyt päivittää muilla tavoin. Molempien ohjelmien, Ihkun ja Foren, datassa hyödynnetään panosperusteista laskentamallia, jossa hankkeen osiin vaadittavia komponentteja arvioidaan, esimerkiksi RRT-hankkeen asfaltoiminen vaatii erinäköisiä panoksia. Panospohjaiset laskelmat ovat suoraan tekemisissä materiaalien, työvoiman ja laitteiden yksikköhintojen kanssa, jolloin niiden seuraaminen on helpompaa verrattuna infrahankkeen korkeamman tason laskelmiin, toisin sanoen on tarkempaa laskea asfaltin vaatimien materiaalien hintoja kuin valmista asfalttikenttää. Ihkun panospohjaiset laskelmat ovat perusteellisemmat Foren verrattuna, joka auttaa kustannuslaskelman lisäksi yhteistyöhankkeissa, kun kustannuksien jakaminen osapuolien välillä onnistuu tarkemmin.

Riskienhallinnan ja useiden eri satunnaismuuttujien takia hankkeen laskelmiin vaaditaan virhemarginaalia. Kustannuslaskentaohjelman on vaikea ottaa kantaa infrahankkeiden hankekohtaisiin tilanteisiin. Siksi Karlssonin mukaan suunnittelijan tulee infrahankkeen asiantuntijana arvioida virhemarginaali ja integroida se kustannusarvioon. Kokeneen suunnittelijan arviointikyky ja ymmärrys hankkeen vaatimuksista johtaa tarkemman kustannusarvion luomiseen. Kustannuslaskentaohjelman tavoitteena on olla apuna ja tukea päätöksissä, kun taas suunnittelija on vastuussa kustannusarviosta.

Usein haasteita syntyy hankkeen suunnittelun alkuvaiheessa, kun hankeosalaskelmia eli toteutuneiden hankkeiden komponenttien hintadataa hyödynnetään (kuva 4). Hankeosalaskelmissa ei oteta huomioon laskettavan hankkeen ympäristön tuomia lisäkustannuksia, vaan laskelmat näyttävät, kuinka paljon keskimäärin sama hankeosa maksoi jossain muualla. Työkaluna Ihku on kuitenkin avulias, jos ohjelman komponentteja osataan soveltaa asiantuntevasti ja harkinnan kanssa. Kattavien panoslaskelmien avulla voidaan hyödyntää ohjelmaa kustannusarvion analysoinnissa. Ohjelman hankeosia lisäämällä voidaan suunnitella infrahanketta samalla seuraten hankkeen kehittyvää hintaa. Nykyisten ohjelmien kehittyneisyys ulottuu yksityiskohtaisiin hankeosiin, esimerkiksi maanmuokkauksen yleisyyden ja

merkittävyyden takia ohjelmissa käsitellään niitä omina hankeosina, joita voidaan lisätä hankkeen suunnitelmiin tarvittaessa.



Kuva 4. Infrahankkeen urakkarakenne Mittaviivaa Oy:tä mukaillen (2020).

Kustannuslaskentaohjelmat ovat mukana suunnittelu- ja toteutusvaiheen lisäksi myös käyttövaiheessa, jolloin huollon ja käytön kustannukset sisältyvät elinkaaribudjetin laskelmiin. Tällä hetkellä Karlssonin mukaan voidaan selvittää hankeosien materiaalien, laitteiden, logistiikan ja työvoiman päästöjä hankkeen elinkaaren ajalta. Tämä tarkoittaa myös sitä, että olisi mahdollista myös selvittää kustannukset, joita hankkeen käyttövaiheessa syntyy, joten dataa voidaan jossain määrin arvioida suunnitteluvaiheessa koko hankkeen elinkaaren osalta. Tällä hetkellä ainakin Foren kanssa onnistuu käyttövaiheen aikainen kokonaisuuden hallinta huoltojen ja käytön osalta (Rapal Oy 2022).

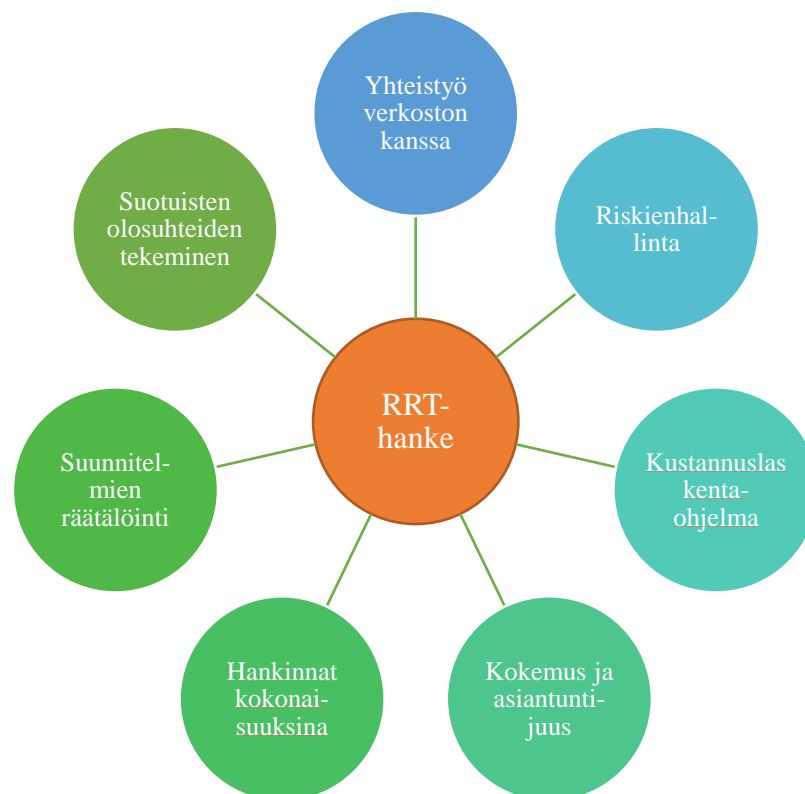
4.5 RRT-hankkeen suunnittelun ja toteutuksen yhtäläisyydet teoriaan

Tällä hetkellä hankkeen onnistumisen analysointi kustannusnäkökulmasta on mahdollista vain suunnittelu- ja toteutusvaiheen osalta, koska käyttövaihe alkaa vasta myöhemmin ja on

huomattu, että usean syyn takia on mahdotonta ennustaa koko hankkeen elinkaarta. RRT-hankkeen suunnitelmissa on pyritty ottamaan huomioon käyttöaika ja sen vaatima ylläpito, jotta hankkeen ratkaisut olisivat taloudellisia ja helppohuoltoisia tulevaisuudessa. Suunnitelmissa huomioon otetut hankkeen eri komponenttien odotetut käyttöiät ja niiden toteutuneet käyttöiät saadaan selville vasta useiden kymmenien vuosien päästä, joita on tällä hetkellä hankala arvioida.

Esimerkkihankkeesta huomataan, että joustava suunnittelu vaatii yhteistyön lisäksi kykyä huomata asioita ympäristöstä ja asiakkaiden tuomaa potentiaalia hankkeen hyväksi. Hankkeen aikana huomattiin vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotka voisivat tuoda positiivisia vaikutuksia hankkeelle toteutusvaiheen lisäksi myös käyttövaiheessa.

Kuvan 3 mukaisia tekijöitä on huomattu löytyvän RRT-hankkeesta, jotka ovat teorian kautta osoitettu luovan hankkeelle paremman onnistumisen todennäköisyyden kustannusnäkökulmasta.



Kuva 3. RRT-hankkeen suunnitelmissa huomioidut asiat.

RRT-hankkeessa sovellettiin laajasti tutkimuksista löytyviä suosituksia parantamaan hankkeen taloudellisia tekijöitä. Hankkeen aikana hyödynnettiin kustannuslaskentaohjelmasta sekä alueen tutkimuksista saadun datan tuomia etuja suunnittelussa ja toteutuksessa. Riskienhallinta oli integroitu suunnitteluun ja päätöksentekoon yllättävien kustannuksien välttämiseksi. Suunnittelussa suunniteltiin hanketta koko elinkaarelle yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Yleisesti hankkeen suunnittelussa tiedostettiin inhimillisten tekijöiden uhka, kuten optimismi ja aliarvioiminen, ja toimittiin asiantuntevasti dataan ja realiteetteihin luottaen. Suunnittelua ja päätöksentekoa helpotettiin, tarkennettiin ja tehostettiin räätälöityjen suunnitteluohjelmien avulla parhaimman lopputuloksen saamiseksi. Hankintoja tehtiin kokonaisuuksina yksittäisten hankintojen sijasta helpottamaan toimintaa ja makrotilanteiden muuttuessa sidottiin materiaalihinta indeksiin, jotta sen seuraamisesta tulisi helpompaa. Toteutuksessa hyödynnettiin urakoitsijoille suunnattuja kannustimia yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Hankkeen toteutumisen seuranta, urakoitsijoiden olosuhteiden parantamista ja selkeyden ylläpitämistä päätöksissä korostuivat, jolloin kustannusylityksien todennäköisyyttä hankkeen toteutuksessa alennettiin.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kappaleessa analysoidaan työssä huomattuja tekijöitä, jotka vaikuttavat infrahankkeissa valitseviin kustannuksiin ja niiden hallintaan. Kappaleessa kerrotaan, kuinka kustannusarvioihin ja hankkeen kokonaiskustannuksiin vaikutetaan, ja miten opittua tietoa voidaan soveltaa. Samalla vastataan työn tutkimuskysymyksiin mahdollisimman monipuolisesti perustellen kantaa vertaisarvioitujen tieteellisten julkaisujen ja esimerkkihankkeen avulla.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä esiteltiin:

- *Miten infrahankkeen budjetti muodostetaan ja miten sitä seurataan hankkeen elinkaaren ajan?*

Elinkaaribudjetin muodostamiseen vaaditaan hankkeen kokonaiskustannukset, johon liittyvät suunnittelun ja toteutuksen hankebudjetti ja käyttövaiheeseen kuuluvat ylläpito- ja käyttökustannukset. Hankebudjetti muodostetaan hankkeelle hyväksymällä hankkeen rahoituskustannusarvion pohjalta. Infrahankkeen kustannusarvio syntyy suunnitelmien perusteella tehdyistä kustannuslaskelmista. Keskenkäisten suunnitelmien aikana kustannuslaskelmissa hyödynnetään hankeosamallia. Sen jälkeen muokataan laskelmia suunnitelmien kehittymisen mukaan. Laskelmien avulla selvitetään kokonaiskuva, mitä hankkeen toteutus voisi maksaa. Siinä otetaan mahdollisimman tarkasti huomioon muun muassa materiaalien kustannukset, logistiikkakustannukset, suunnittelun kustannukset ja hankkeen vaativuustason mukaisesti työvoimasta syntyvät kulut. Hankebudjetin lisäksi suunnitelmien aikana materiaali- ja ratkaisuvaihtoehtoihin tulisi vaikuttaa toteutuksen hinnan lisäksi kokonaiskustannukset eli hankkeen koko elinkaaren hinta.

Hankkeen suunnittelun aikana seurataan kustannusarviota jatkuvasti ja säännöllisesti. Dataa päivitetään, jotta kustannusarvio pysyy tarkempana suunnitelmien kehittyessä. Nykyaikaiset kustannuslaskentaohjelmat ovat keskeisessä roolissa laajojen hankekirjastojensa kanssa ja auttavat työkaluna suunnittelijoita datan seurannassa. Toteutuksen aikana riskienhallinnan

vaatimat toimenpiteet ja kustannusohjelman kustannusarvion tarve jatkuvat. Toteutuksen aikana on jopa todennäköisempää alittaa kustannusarvio, jos toimitaan perusteellisten suunnitelmien mukaisesti. Siksi keskitytään luomaan sopivat olosuhteet suunnitelmien ja kustannusarvion toteutukselle. Toteutuksen jälkeisessä käyttövaiheessa huoltotarpeet tulee aika-tauluttaa ottamalla huomioon huollettavan ratkaisun iän ja käyttömäärän. Infrahankkeisiin suunnatuissa kustannuslaskentaohjelmissa on mahdollista ottaa huomioon huoltotarpeet ja niitä on mahdollista hallita siellä. Kun hanketta ei enää tarvita, sen toiminta ajetaan alas tai sitä muutetaan. Yleisesti elinkaaribudjetin seuraaminen loppuu, koska sitä pidetään erillisenä projektina tai investointina, joten se lisätään tilaajan rakennusohjelmaan hakemaan uutta rahoitusta.

Toisena tutkimuskysymyksenä esitettiin:

- *Mitkä tekijät vaikuttavat infrahankkeen elinkaaribudjettiin?*

Teoriasta huomataan neljä erilaista kategoriaa, jotka vaikuttavat budjettiin. Kategoriat ovat tekniset, taloudelliset, psykologiset ja poliittiset syyt. Teknisiin syihin kuuluvat ennusteiden vääristymät, taloudellisiin syihin etujen ristiriidat, psykologisiin syihin kokemuksen puutteesta johtuvat virheet ja poliittisiin syihin oman edun tavoittelu. Käyttövaiheeseen vaikuttavat tekijät ovat rakennusalan rakenteiden, rahoittajien ja hankintalakien hankebudjettikeisyyden ja käyttövaiheen vaikea ennustettavuus.

Rakennusalalla rakenteet, rahoittajat ja hankintalait korostavat hankebudjettia elinkaaribudjetin yli, koska hankkeen alussa rahoitus kerätään hankebudjettia varten. Hankebudjettikeisyyden takia hankintojen kertahinnat pyritään minimoimaan, joka näkyy toteutuksen jälkeen tehottomina ja ylläpidoltaan kalliimpina vaihtoehtoina. Hankebudjettiin tulisi siis tulevaisuudessa voimakkaammin yhdistää infrahankkeen elinkaaren loppuvaiheen kustannukset, jotta suunnittelussa voidaan analysoida hankintojen pelkän kertahinnan sijasta kokonaisuutta. Hankkeen elinkaaren kokonaisuuden lisäksi on säilytettävä kokonaisuuden tasapaino kustannusten, laadun ja ajan suhteen. Tällä hetkellä infrahankkeissa kustannusarvion kustannuksien merkittävyys vaikuttaa lopputuloksen laatuun pitkällä aikavälillä, vaikka sitä

pyritään kompensoimaan laadullisilla vaatimuksilla kilpailutuksen tarjouspyynnöissä. Laadun merkitys näkyy parhaiten hankkeen käyttövaiheessa, kun laitteiden ylläpitoon sekä käyttöön kuluu vähemmän varoja ja ratkaisut ovat pidempään käytettävissä. Vaikka hankebudjetti onkin etusijalla, sen kustannusarvion tekeminen on haastavaa. Haasteita syntyy eniten suunnittelun aikana, kun ennustedataan on jostain syystä kertynyt virheitä tai heikon riskienhallinnan takia ei huomata yllättäviä tilanteita, jotka luovat hankkeelle lisäkustannuksia.

Suunnitelmien perusteella tehtävän kustannusarvion keskiössä on kustannuslaskentaohjelma ja sen sisältämä data. Kustannusarvio pohjautuu siis työkalun antamaan arvioon, jonka tausta syntyy menneiden hankkeiden datasta, jota pyritään päivittää jatkuvasti. Alalla hyödynnetään tehokkaasti myös räätälöityjä ohjelmia tehostamaan ja tarkentamaan suunnitelmia. Vaikka teknologia on kehittynyt ja rakennusala on integroinut sitä toimintaansa, ei 80 vuoteen ole syntynyt merkittävää parannusta kustannusarvioiden tarkkuudessa. Voidaan siis olettaa, että inhimilliset tekijät, kuten prosessit ja asiantuntijuus vaativat vielä kehitystä. Suunnittelussa on voitu havaita optimistisia odotuksia, joiden takia kustannusarvio on laskettu liian matalalle, suunnitelmien kanssa lukkiudutaan ajatusten kanssa, eikä suunnitelmia jatkossa päivitetä tai suunnittelijan asiantuntijuus ei ole riittänyt, joten parametrejä jää huomaamatta. Suunnittelun osalta vaatimuksien lisääminen tai muuttaminen myöhäisessä vaiheessa vaikuttavat lopullisten suunnitelmien kustannusarvioon, vaikka niitä ei näe suunnitteluhetkellä. Tilanne nostaa potentiaalisesti kustannusarviota yllättäen. Suurien infrahankkeiden suunnitteluvaiheen haasteena voidaan pitää myös julkisuutta, joka luo kireämmät olosuhteet onnistumiselle.

Riskienhallinnan merkittävyyttä tulee korostaa hankkeiden onnistumisen osalta, koska sen integroiminen suunnitteluun ja päätöksentekoon vaikuttaa tunnistetusti hankkeen kokonaiskustannuksiin positiivisesti. Riskienhallinnan avulla suunnitelmien muokkaaminen auttaa suojautumaan riskien negatiivisilta seurauksilta tai ainakin välttämään niitä. Perusteellisessa suunnittelussakin tulisi huomioida räätälöinnin mahdollisuudet. Jokainen hanke on erilainen, joten jokaisesta löytyy omat vahvuudet ja heikkoudet, joita voidaan hyödyntää räätälöidyllä suunnittelulla. Esimerkkihankkeesta huomattiin, että perusteellisen suunnittelun ja ympäristöstä löytyvien tekijöiden soveltaminen ovat taloudellisesta näkökulmasta kannattavia.

Infrahankkeen elinkaaribudjettiin negatiivisesti vaikuttavia parametrejä on mahdollista vähentää erilaisten budjetin seurannan ja hallinnan keinoin. Useat ratkaisut, jotka liittyvät kustannusarvion seurantaan, alentaa kustannusylityksen riskiä. Seurannan avulla siis kustannuksista saadaan tarkempi käsitys, mutta se ei välttämättä tarkoita, että hankkeen todelliset kustannukset muuttuisivat. Hyöty tulee tällöin odotuksien täyttymisestä kustannussäästöjen sijasta. Joissain tilanteissa todellisen hinnan huomaaminen ajoissa vaikuttaa päätöksentekoon, kun se antaa mahdollisuuden analysoida hankkeen kannattavuutta, joka voi johtaa päätökseen, että siihen ei kannatakaan investoida, tai hankkeen eri ratkaisuvaihtoehtoja voidaan kartoittaa uudelleen, jolloin on mahdollista löytää potentiaalisesti taloudellisempi vaihtoehto. Alan kirjallisuudessa suositellaan yleispätevästi estimaattien seuranta jatkuvasti ja säännöllisin väliajoin.

Jatkotutkimuskohteiksi nostetaan kustannuslaskentaohjelmien mahdollisuudet. Laskentaohjelmien datan keräämisen ongelmien ratkomista ja tehokkuutta on hyvä punnita samoin kuin datan päivitystä sekä käyttökohteitakin. Tarve huomattiin suunnitteluvaiheen joustavien hankeosien soveltamisessa suunnittelussa, tiedon haun vaihtoehdoista ja hankkeen toteutuksen sekä käytön aikaisista päästömittareista. Päästömittareiden lisäksi jatkossa voisi tutkia saman datan hyödyntämistä ratkaisujen kustannusten hallinnassa. Jatkotutkimuskohteeksi voisi valita tulevaisuudessa RRT-hankkeen kustannusparametrien huomioimisen käyttövaiheen osalta, koska tämän työn aikana se ei onnistunut. Yleisempinä jatkotutkimuskohteina esitetään mittareiden selvittämistä erilaisille infrahankkeiden kustannusparametrikokonaisuuksille.

Lähteet

- Bazhenov, V. & Ustiuzhanin, A. (2018) Life Cycle Cost management of blower station construction for wastewater utility. *MATEC Web of Conferences*, s. 4021.
- Borgonovo, E. & Plischke, E. (2016) Sensitivity analysis: A review of recent advances. *European Journal of Operational Research*. vol. 248 (3), s. 869-887.
- Cantarelli, C.C., Molin, E.J.E., van Wee, B. & Flyvbjerg, B. (2012) Characteristics of cost overruns for Dutch transport infrastructure projects and the importance of the decision to build and project phases. *Transport Policy*. vol. 22, s. 49-56.
- Cantarelli, C.C., Flyvbjerg, B., van Wee, B. & Molin, E.J.E. (2010) Lock-in and its Influence on the Project Performance of Large-Scale Transportation Infrastructure Projects: Investigating the Way in Which Lock-in Can Emerge and Affect Cost Overruns. *Environment and Planning. B, Planning & Design*. vol. 37 (5), s. 792-807.
- Cavaleri, M., Cristaudo, R. & Guccio, C. (2019) On the magnitude of cost overruns throughout the project life-cycle: An assessment for the Italian transport infrastructure projects. *Transport Policy*. vol. 79, s. 21-36.
- Chong, U. & Hopkins, O. (2016) An international experience on the evolution of road costs during the project life cycle. *Transport Policy*. vol. 48, s. 60-66.
- Chou, J. (2009) Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects. *Expert Systems with Applications*. vol. 36 (3), s. 4253-4267.
- Cowie, J. & Loynes, S. (2012) An assessment of cost management regimes in British rail infrastructure provision. *Transportation*. vol. 39 (6), s. 1281-1299.
- Erkoc, T.E. (2017) *Bureaucracy and Efficiency*. Springer International Publishing. s. 1-7.
- Flyvbjerg, B., Ansar, A., Budzier, A., Buhl, S., Cantarelli, C., Garbuio, M., Glenting, C., Holm, M.S., Lovallo, D., Lunn, D., Molin, E., Rønne, A., Stewart, A. & van Wee, B. (2018) Five things you should know about cost overrun. *Transportation Research*. vol. 118, s. 174-190.

- Flyvbjerg, B., Skamris holm, M.K. & Buhl, S.L. (2003) How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*. vol. 23 (1), s. 71-88.
- Ghazaryan, M. (2019) BIM and Cost Estimation Issues (5D): Case of Armenia. *IOP Conference Series; Materials Sciences and Engineering*. vol. 698 (2) s. 22076.
- Górecki, J. & Díaz-Madroñero, M. (2020) Who Risks and Wins?—Simulated Cost Variance in Sustainable Construction Projects. *Sustainability*. vol. 12 (8), s. 3370.
- Hatsey, N.H. & Birkie, S.E. (2021) Total cost optimization of submersible irrigation pump maintenance using simulation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. vol. 27 (1), s. 187-202.
- Iqbal, S., Choudhry, R.M., Holschemacher, K., Ali, A. & Tamošaitienė, J. (2015) Risk management in construction projects. *Technological and Economic Development of Economy*. vol. 21 (1), s. 65-78.
- Jeong, H., Minne, E. & Crittenden, J.C. (2015) Life cycle assessment of the City of Atlanta, Georgia's centralized water system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. vol. 20 (6), s. 880-891.
- JHNY. (2022a) Mikä on julkinen hankinta? [Verkkodokumentti] [Viitattu: 1.11.2022] Saatavilla: <https://www.hankinnat.fi/mika-julkinen-hankinta/kynnysarvot>
- JHNY. (2022b) Suorahankinta. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 2.11.2022] Saatavilla: <https://www.hankinnat.fi/eu-hankinta/eu-hankintamenettelyt/suorahankinta>
- JHNY. (2022c) Puitejärjestelyt. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 2.11.2022] Saatavilla: <https://www.hankinnat.fi/eu-hankinta/menettelytekniikat/puitejarjestelyt>
- Kouvola. (2022a) Kouvola RRT:n uutiskirje: Terminaali rakennettu kestävän infran periaatteita noudattaen. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 30.11.2022] Saatavilla: <https://www.kouvola.fi/ajankohtaiset/kouvola-rrtn-uutiskirje-terminaali-rakennettu-kestavan-infran-periaatteita-noudattaen/>
- Kouvola. (2022b) RRT – Aikataulu ja rahoitus. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 30.11.2022] Saatavilla: <https://www.kouvola.fi/kouvolankaupunki/strategia/karkihankkeet/rautatie-ja-maantieterminaali-kouvola-rrt/rrt-aikataulu-ja-rahoitus/>

- Lížbetin, J. (2019) Methodology for Determining the Location of Intermodal Transport Terminals for the Development of Sustainable Transport Systems: A Case Study from Slovakia. *Sustainability*. vol. 11 (5), s. 1230.
- Mellado, F., Lou, E.C.W. & Becerra, C.L.C. (2020) Synthesising performance in the construction industry: An analysis of performance indicators to promote project improvement. *Engineering, Construction, and Architectural Management*. vol. 27 (2), s. 579-608.
- Mesároš, P. & Mandičák, T. (2017) Exploitation and Benefits of BIM in Construction Project Management. *IOP Conference Series; Materials Science and Engineering*. vol. 245 (6), s. 62056.
- Minilex. (2022) Avoin vai rajoitettu menettely. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 18.11.2022] Saatavilla: <https://www.minilex.fi/a/avoin-vai-rajoitettu-menettely>
- Mittaviiva Oy. (2020) Rakennamme kustannustehokasta huomista – Mittaviiva Ihku-hankkeessa. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 12.12.2022] Saatavilla: <https://www.mittaviiva.fi/ajankohtaista/rakennamme-kustannustehokasta-huomista-mittaviiva-ihku-hankkeessa/>
- Nie, T. & Ye, K. (2017) Demystifying the Barriers to Transport Infrastructure Project Development in Fast Developing Regions: The Case of China. *Sustainability*. vol. 9 (10), s. 1915.
- Ojo, A., Ogunsina, O. & Ogunsemi, D.R. (2022) Assessment of cost management practices of civil engineering (project procurement) organisations in Ondo State, Nigeria. *Journal of Financial Management of Property and Construction*. vol. 27 (1), s. 57-75.
- Plebankiewicz, E. (2018) Model of Predicting Cost Overrun in Construction Projects. *Sustainability*. vol. 10 (12), s. 4387.
- Rapal Oy. (2022) Infra- ja talorakentamisen kustannusten- sekä omaisuudenhallinnan ohjelmistokokonaisuus. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 24.11.2022] Saatavilla: <https://www.rapal.com/fi/fore-ohjelmistokokonaisuus>
- Selman, J.R. & Schneider, R. (2005) The impact of life-cycle cost management on portfolio strategies. *Journal of Facilities Management*. vol. 3 (2), s. 173-183.

- Stamelos, I., Angelis, L., Morisio, M., Sakellaris, E. & Bleris, G.L. (2003) Estimating the development cost of custom software. *Information & Management*. vol. 40 (8), s. 729-741.
- Terrill, M. (2016) Cost overruns in transport infrastructure. Grattan Institute. s. 1-75
- Tian, G. & Li, J. (2019) How Does Infrastructure Construction Affect Economic Development along the "Belt and Road": By Promoting Growth or Improving Distribution? *Emerging Markets Finance & Trade*. vol. 55 (14), s. 3332-3348.
- Tutkibudjettia. (2022) Talousarvio. [Verkkodokumentti] [Viitattu 30.11.2022] Saatavilla: <https://www.tutkibudjettia.fi/talousarvio/menot/31/10>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022a) Julkiset hankinnat ovat säädeltyjä. [Verkkodokumentti] [Viitattu 1.11.2022] Saatavilla: <https://tem.fi/julkiset-hankinnat>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022b) EU- ja kansalliset kynnysarvot. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 1.11.2022] Saatavilla: <https://tem.fi/eu-ja-kansalliset-kynnysarvot>
- Väylävirasto. (2020) Allianssimalli. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 2.11.2022] Saatavilla: <https://vayla.fi/taavettilappeenranta/allianssimalli>
- Wang, T., Abdallah, M., Clevenger, C. & Monghasemi, S. (2021) Time–cost–quality trade-off analysis for planning construction projects. *Engineering, Construction, and Architectural Management*. vol. 28 (1), s. 82-100.

Liite 1. Ihkun projektinjohtajan Eva-Lisa Karlssonin haastattelukysymykset

- Miten urakan yksikköhinnat muodostuvat?
- Onko ohjelman laskelmissa otettu huomioon virhemarginaalia?
- Pystyykö ohjelmaa käyttämään keskeneräisten suunnitelmien kanssa?
- Kuinka voidaan soveltaa kustannuslaskentaohjelmaa suunnittelussa?