



Aalto-yliopisto  
Kauppakorkeakoulu

# Projektien ja resurssien hallinta moniprojektiympäristössä - case vesihuollon urakointi

Logistiikka

Maisterin tutkinnon tutkielma

Juha-Pekka Kotilainen

2010

Liiketoiminnan teknologian laitos  
Aalto-yliopisto  
Kauppakorkeakoulu

Aalto University School of Economics

Department of Business Technology / Logistics

Master's thesis

Juha-Pekka Kotilainen

## **Project and resource management in multi-project environment – case civil engineering contracting**

### **ABSTRACT**

Companies increasingly work in a multi-project setting where most operations are executed as projects. This is a challenge for traditional project management, which concentrates on organising individual projects.

In this study multi-project management is assessed from the perspective of a civil engineering contracting company. It discusses issues the company should take into consideration when managing projects and resources, so present and future projects can be taken into account.

A graphical framework is developed, which emphasises managing resources and projects in a dynamic environment. The framework is based on a literary review, which consists of project management, multi-project management and lean construction literature. The framework seeks to match company resources and projects and make sure the preconditions for construction projects are sound. This framework is applied to the case company project databases from financial years from 2008 to 2010.

The study shows that case company projects can be grouped into four types by payment method. This classification can be used when prioritising projects from the backlog and when allocating resources. Backlog is found useful also in allocating buffer work to free company resources.

Study results include a priority order of the case company project types, by which the company should allocate resources to projects and control different project types. The framework is found to be feasible in managing projects in the multi-project environment.

**Keywords:** Lean construction, multi-project management, resource allocation, construction

**Total number of pages:** 73

Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu

Liiketoiminnan teknologian laitos / Logistiikka

Pro Gradu -tutkielma

Juha-Pekka Kotilainen

## **Projektien ja resurssien hallinta moniprojektitympäristössä – case vesihuollon urakointi**

### **TIIVISTELMÄ**

Yhä useammat yritykset järjestävät toimintaansa moniprojektitympäristössä, jossa merkittävä osa tuotannosta järjestetään päällekkäisinä ja jatkuvina projekteina. Tämä on aiheuttanut haasteita perinteisille projektinhallinnan menetelmille, jotka ovat keskittyneet yksittäisten projektien organisointiin.

Tutkimuksessa eritellään asioita, joita moniprojektitympäristössä toimivan vesihuollon urakointiyrityksen tulee ottaa huomioon projektien ja resurssien järjestelyssä jotta nykyinen ja tuleva tuotanto tulee huomioiduksi. Tutkimuksessa esitellään graafinen rakentamisen projektinjohdon malli, joka pohjautuu kirjallisuuskatsaukseen projektinhallinnan, moniprojektinhallinnan, ja lean constructionin tutkimuksesta. Mallin tavoitteena on auttaa yritystä varmistamaan tuotantoon tulevien projektien aloituskelpoisuus ja parantaa yrityksen resurssien ja tilauskirjassa olevien projektien yhteen sovittamista dynaamisessa ympäristössä. Mallia sovelletaan empiirisessä osiossa käymällä läpi case-yrityksen projektit tilikausilta 2008–2010, luokittelemalla niitä ja kuvaamalla niiden piirteitä.

Yrityksen projekteja läpi käydessä todetaan, että yrityksen projektit voidaan jakaa neljään tyyppiin maksuperusteen mukaisesti, ja työjonosta tuotantoon siirrettävien projektien priorisointi ja resurssivalinnat kannattaa tehdä tämän jaon mukaan. Työjonon voidaan käyttää myös vapaiden resurssien työllistämiseen puskurityön avulla. Tuloksina esitetään prioriteettijärjestys, jonka mukaisesti yritys voi jakaa resursseja projekteille ja kuinka eri projektityyppejä kannattaa ohjata. Todetaan, että mallia on mahdollista käyttää yrityksen projektinjohdossa.

**Avainsanat:** Lean construction, projektinhallinta, moniprojektitympäristö, resurssien allokointi, rakentaminen

**Sivujen lukumäärä liitteineen:** 73

Abstract	
Tiivistelmä	
Lista kuvista	
Lista taulukoista	

1. Johdanto .....	5
1.1. Tutkimuksen tausta .....	5
1.2. Tutkimuksen terminologia ja keskeiset käsitteet.....	6
1.3. Tutkimusongelma ja tavoitteet.....	7
1.4. Tutkimuksen rajaukset ja tarkastelutapa .....	8
1.5. Tutkimuksen sisältö ja järjestys .....	8
2. Rakennusprojektien hallinta .....	9
2.1. Rakentaminen tuotannollisena toimintana.....	9
2.1.1. Rakennustuotannon ominaispiirteet.....	10
2.1.2. Rakentamisen suorituskykyongelmat.....	13
2.2. Projektien ja tuotannon hallinta .....	15
2.2.1. Projektinhallinnan peruseriaatteen .....	16
2.2.2. Projektinhallinta moniprojektitympäristössä.....	18
2.2.3. Lean tuotannonohjaus .....	23
2.2.4. Last Planner System of Production Control.....	25
3. Rakentamisen projektinjohdon malli .....	28
3.1. Urakointiyrityksen pääprosessit.....	29
3.1.1. Myyntiprosessi .....	30
3.1.2. Rakennusprosessi .....	31
3.1.3. Projektinjohtoprosessi.....	33
3.2. Rakentamisen projektinjohdon mallin esittely .....	34
3.2.1. Resurssien jaottelu .....	35
3.2.2. Projektien jaottelu .....	37
3.2.3. Tuotannonsuunnittelu .....	38
3.2.4. Työjono.....	39
3.2.5. Järjestämättömät työt.....	39
4. Case vesihuollon urakointi.....	42
4.1. Toimialan esittely .....	42
4.1.1. Infrastruktuurialan ominaispiirteet.....	43
4.1.2. Urakointi ja urakkamuodot.....	46
4.1.3. Vesihuollon urakkatyypit .....	48
4.2. Rakentamisen projektinjohdon malli case-yrityksessä .....	50
4.2.1. Metodologia – rakentamisen projektinjohdon mallin soveltaminen .....	52
4.2.2. Resurssien jaottelu case-yrityksessä.....	52
4.2.3. Projektien jaottelu projektityyppeihin .....	54
4.2.4. Tuotannonsuunnittelun periaatteet case-yrityksessä .....	61
4.2.5. Työjono case-yrityksessä.....	64
4.2.6. Aloittamisen esteiden poistaminen case-yrityksessä .....	64
4.2.7. Suositukset.....	66
5. Johtopäätökset.....	68
5.1. Teoreettiset löydökset.....	68
5.2. Empiiriset löydökset .....	69
5.3. Lisää tutkittavaa.....	70
6. Viittaukset .....	71

## **Lista kuvista**

Kuva 2-1, Hierarkkinen suunnittelu- ja hallintakehys moniprojektitympäristö (Hans ym., 2007)	21
Kuva 2-2, Last Planner System of Production Control (Ballard, 2000)	27
Kuva 3-1, Urakointiprosessi, Stevens (2006)	29
Kuva 3-2, Tutkielmassa käytettävä kuvaus urakointiprosessista	29
Kuva 3-3, Työmaatason ja projektinjohdon vastuualueet	32
Kuva 3-4, Projektinjohdon malli	35
Kuva 3-5, Resurssien jako resurssityypin mukaisesti	36
Kuva 3-6, Huomioitavat asiat projektin aloituksen esteiden poistamiseksi	40
Kuva 4-1, Liikevaihdon jakautuminen 2008–2010	55
Kuva 4-2, Esimerkki projektinjohdon mallin mukaisesta jaottelusta case-yrityksellä	61

## **Lista taulukoista**

Taulukko 2-1, Transformation-Flow-Value (TFV) -konsepti (Koskela, 2000)	13
Taulukko 2-2, Projektinhallinta ja ”management by projects” (Gareis, 1989, 245)	19
Taulukko 4-1, Hallitunnit 2010	51
Taulukko 4-2, Case-yrityksen resurssit syyskuu 2010	52
Taulukko 4-3, Kokonaisurakoiden liikevaihdon muodostuminen 2008–2010	56
Taulukko 4-4, Kaukolämpöprojektien työmaan kesto ja aktiiviset työpäivät	58
Taulukko 4-5, Projektityöt tunti-laskutuksella, tunnusluvut 2008–2010	59
Taulukko 4-6, Konepalveluprojektien tunnusluvut 2008–2010	60
Taulukko 4-7, Konepalvelun laskennallinen vaihtoehtoiskustannus yritykselle	60

# 1. Johdanto

Yhä useammat yritykset järjestävät tuotantoaan projektimuotoisesti, ja viimeisten kahden vuosikymmenen aikana projektinhallinta moniprojektiympäristössä on kasvattanut merkitystään huomattavasti.

Aihetta on tutkittu varsinkin tuotekehityksen ja tutkimusorganisaatioiden näkökulmasta (Adler ym., 1995; Canonico & Söderlund, 2010), mutta tutkimusta on myös tuotannollisten yritysten näkökulmasta (Engwall & Jerbrant, 2003). Lähtökohtaisesti kirjallisuudessa pääteemat ovat olleet aikataulus, projektiportfolioiden muodostaminen, ohjelmanhallinnan luonne, resurssien allokointi samanaikaisten projektien välillä ja organisointimekanismit projektorientoituneissa organisaatioissa (Engwall & Jerbrant, 2003). Tutkimusta joka ottaisi resurssienhallinnassa huomioon projektien lyhyen keston ja jatkuvat resurssien ajalliset ja paikalliset muutokset, on kuitenkin ollut haastavaa löytää.

Tämä tutkimus esittää rakentamisen projektinjohtomallin, jolla kestoltaan vaihtelevia, samanaikaisia projekteja toteuttava yritys pystyy parantamaan resurssien käyttöä ja projektiportfolion hallintaa käyttämällä apuna lean construction -kirjallisuuden (mm. Ballard, 2000) ja moniprojektiympäristön projektinhallinnan (mm. Anavi-Isakow & Golany, 2003) työkaluja. Mallin osina esitellään mm. työjono ja prosessi projektin aloittamisen esteiden poistamiseksi.

## 1.1. Tutkimuksen tausta

Kun työn määrä on yrityksen kasvaessa alkanut kasvaa ja yritykseen on tullut töihin enemmän toimihenkilöitä, on esille tullut tarve selkeyttää työnjohdon ja omistajien työnkuvaa. Päivittäinen toiminta pienessä vesihuollon urakointiyrityksessä kulminoituu usein kahteen kysymykseen: mistä saadaan töitä ja kuinka saadaan nykyiset työt tehtyä? Tämä tutkimus keskittyy jälkimmäiseen kysymykseen.

Työn määrän ja laadun jatkuva vaihtelu ja projektiluontoisuus ovat rakennusalalle ominaisia. Tämä vaihtelu aiheuttaa joko menetettyä tuotantoa, välivarastojen kasvua tai resurssien alikäyttöä (Hopp & Spearman, 1996) niin rakentamisessa kuin yleisestikin. Jotta yrityksen olisi mahdollista käyttää niukkoja resurssejaan mahdollisimman tehokkaasti, tulee sen kehittää edelleen resurssien hallintaansa. Koska tulevien projektien määrää ja laatua on vaikeaa ennustaa,

on yrityksen suurin mahdollisuus jo tilauskirjassa olevien projektien johtamisen ja hallinnan tehostamisessa. Resurssit työllistetään projekteihin, ja jos projekteja hallitaan hyvin, resurssit saadaan työllistettyä projekteihin paremmin. On yleinen tilanne, että resurssit eivät vapautuessaan pääse siirtymään seuraavaan projektiin, koska jotain projektin aloituksen estettä ei ole huomattu ja purettu ajoissa. Olisikin syytä selvittää tapaa, jolla projekteja yrityksessä käsitellään, jotta esimerkiksi tällaisiin tilanteisiin voitaisiin vastata.

Tutkimus keskittyy vesihuollon urakointiyrityksen projektien hallintaan kahdesta näkökulmasta. Toisaalta tarkastellaan itse projekteja, niiden projektityyppisiä, ominaisuuksia ja vaatimuksia. Tämä on hyödyllistä, jotta toteutettavien projektien arvottaminen ja valinta on mahdollista. Toinen käsiteltävä näkökulma on yritystason projektinjohtoprosessi eli resurssien ja projektien yhdistäminen. Tällöin on keskeistä kuinka niukat resurssit jaetaan projektiportfolion kannalta tehokkaasti ja kuinka resursseja on mahdollista vaihdella eri projektien välillä.

## **1.2. Tutkimuksen terminologia ja keskeiset käsitteet**

Erityisesti termejä projekti, projektin- ja projektien hallinta, projektinjohto ja prosessi käytetään tutkimuksessa paljon, ja niiden keskinäinen suhde ja määritelmä tässä tutkimuksessa on tärkeää selvittää. Tässä tutkimuksessa projekti on vesihuollon urakointiyrityksen toteuttama rakennusprojekti, joista yrityksen työkanta koostuu. Projekti toteutetaan valituilla resursseilla valittuna aikana. Alalla projekti ja urakka ovat usein synonyymeja. Resurssit tarkoittavat yrityksen työnjohto- tai tuotantoresursseja kuten koneyksiköitä, työntekijöitä, aliurakoitsijoita tai työnjohtoa.

Tutkimus esittää mallia projektinjohtoprosessin tehostamiseen. Projektinjohto on tässä tutkimuksessa taho, joka tekee yritystason tuotannonohjauksen päätökset, kuten resurssien allokoinnin eri projektiportfolion projekteille. Tässä tehtävässään projektinjohto käyttää projektinhallinnan ja tuotannonohjauksen työkaluja. Projektinjohtoprosessi on yrityksen päivittäinen ydinprosessi, jossa allokoidaan tuotannossa oleville projekteille resurssit, aikataulutetaan ja priorisoidaan projekteja ja varmistetaan, ettei niiden aloittamiselle ole esteitä. Lisäksi projektinjohtoprosessilla on tärkeä rooli toimia välittäjänä myynnin ja rakentamisen välillä.

Tutkimuksen yritys toimii moniprojektitympäristössä (ks. luku 2.1.2), jossa valtaosa toiminnasta järjestetään projektimuotoisesti. Tällöin yritystason tuotannonohjaus on käytännössä projektien priorisointia ja niiden resursointia yrityksen rajallisesta resurssivarannosta. Perinteisesti

projektinhallinta on tarkoittanut erilaisten tietojen, taitojen, työkalujen ja tekniikoiden soveltamista yksittäisen projektin tavoitteiden saavuttamiseksi.

Tuotannonohjaus kuvaa miten henkilö- ja koneresursseja käytetään tuotteiden tai palveluiden tuottamiseksi asiakkaille. Häkkisen (2003) mukaan tuotannonohjauksen tavoitteena on sovittaa toisiinsa myynti ja tuotantoresurssit niin, että asetetut tavoitteet saavutetaan. Tuotannonohjaukseen liittyy hänen mukaansa materiaali- ja informaatiovirta ja tuotannonohjauksen tavoitteita teollisuudessa voivat olla esimerkiksi toimitusvarmuus, kapasiteetin korkea käyttöaste ja sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi. Tuotannon ohjaukseen on perinteisesti kuulunut tuotannon ajoitus, resurssienhallinta ja varastojen valvonta. Tässä tutkimuksessa tuotanto on projektimuotoista, joten tuotannonohjauksesta vastaa projektinjohtoprosessi.

Infrastruktuurirakentaminen terminä käsittää kaiken yhteiskunnan toiminnalle välttämättömän infrastruktuurin rakentamisen, kunnossapidon ja korjaamisen. Vesihuolto, jonka parissa tutkielman case-yritys toimii, on yksi keskeinen osa infrastruktuurirakentamista. Rakennusurakointi voidaan puolestaan määritellä prosessina, jolla rakennetaan teknisten asiakirjojen mukaisia rakennuksia tai rakennelmia tarvittavien tuotannontekijöiden organisoinnin ja johtamisen avulla (Hillebrandt ja Cannon, 1994). Urakkamuodot eroavat toisistaan yleisesti maksuperusteen ja suoritusvelvollisuuksien suhteen.

### **1.3. Tutkimusongelma ja tavoitteet**

Vesihuollon urakointiyrityksen projektinjohtoprosessi tekee päivittäin resursointivalintoja useiden laajuudeltaan ja kestoltaan vaihtelevien projektien välillä. Koska projekteja saattaa alkaa ja päättyä päivittäin, on tärkeää että siirtymä projektista seuraavaan on mahdollisimman tehokas. Toiminnan kehittämiseksi asetettu tutkimuskysymys on

*Mitä asioita rakentamisen projektinjohtoon tulee ottaa huomioon pystyäkseen järjestelemään resurssit tehokkaasti, ottaen huomioon yrityksen nykyiset ja tulevat projektit moniprojektiympäristössä?*

Tutkimusongelmaan vastaamiseksi käsitellään seuraavia asioita:

- 1) Millä keinoin yrityksen resursseille voidaan järjestää tasainen työkuorma?
- 2) Miten varmistetaan tuotantoprosessiin tulevien projektien aloituskelpoisuus?
- 3) Millaisia projekteja projektinjohtoprosessi käsittelee ja miten niitä tulisi vertailla?



Tutkimuksen tavoitteena on luoda tutkimusongelmaan vastaamiseksi esitellyn kirjallisuuden pohjalta malli, joka esittää yrityksen projektit ja resurssit niiden toteutuskelpoisuuden mukaisesti ja tällä tavalla auttaa projektinjohtoa resursointivalinnoissa ja auttaa varmistamaan rakennusprosessiin tulevien projektien aloituskelpoisuuden.

#### **1.4. Tutkimuksen rajaukset ja tarkastelutapa**

Tutkimuksen kohteena on vesihuollon urakointiyrityksen projektinjohtoprosessi ja sen toiminta. Se esittelee graafisen mallin (kuva 3-4) projektinjohtoprosessin kuvaamiseen, kuvaa mallin osat alueet ja työkalut. Malli perustuu valikoituun projektinhallinnan, rakennusalan lean constructionin, moniprojektiympäristön ja tuotannonohjauksen tutkimukseen, jota esitellään luvun 2 kirjallisuuskatsauksessa.

Yrityksen resurssit ja projektien määrä otetaan tutkimuksessa annettuna ja keskitytään tehokkaaseen projektien ja resurssien yhdistämiseen näiden rajoitusten puitteissa. Aliurakoitsijoiden ja muiden ulkoisten resurssien käyttö otetaan tutkielmassa huomioon ulkopuolisina resursseina. Myöskään työmaan tekninen toteutus, hankinnat ja niiden sisäinen päivittäinen järjesteleminen eivät kuulu tutkimuksen laajuuteen. Projektinjohdossa ja töiden järjestelyssä ei oteta myöskään huomioon asiakasnäkökulmaa, vaan oletetaan että aikataulut ovat joustavia ja niitä on mahdollista siirtää. Tutkimus ei sisällä kvantitatiivista analyysiä projektien valintaan ja optimointiin liittyen. Se ei myöskään ota kantaa resurssien määrän optimoimiseen, projektien kannattavuuteen tai myyntivaiheen projektinvalintaan liittyviin seikkoihin.

#### **1.5. Tutkimuksen sisältö ja järjestys**

Toisen luvun kirjallisuuskatsauksessa käsitellään rakentamisen projektinhallintaa perinteisesti ja moniprojektiympäristössä, rakentamisen tuotannonohjausta ja niiden työkaluja. Luvussa esitellään myös rakennusalan ominaispiirteitä, lean construction -kirjallisuuden perusteita ja sen esittelemiä työkaluja. Kolmannessa luvussa esitellään lyhyesti vesihuollon urakointiyrityksen pääprosessit ja projektinjohtoprosessi yrityksen projektien ja resurssien hallintaan. Tämän jälkeen esitellään malli projektinjohtoprosessin kuvaamiseksi ja kehittämiseksi.

Neljännessä luvussa kuvataan case-yrityksen toimialaa, vesihuollon ja infrastruktuurin rakentamista ja sen projektien luonnetta. Tämän jälkeen kuvataan case-yritystä, luokitellaan sen projektityyppejä ja suositellaan yritykselle toimintatapoja mallin mukaisesti. Viidennessä luvussa käsitellään tutkimuksen johtopäätökset.

## 2. Rakennusprojektien hallinta

Tämän kappaleen kirjallisuuskatsauksessa keskitytään projektinhallintaan yleisesti ja rakennusprojektien kannalta. Tutkielman kohteena on vesihuollon urakointiyritys, jonka lähes koko tuotanto tapahtuu projektimuotoon järjestettynä. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään toisaalta rakennusalan erityispiirteitä ja rakennusprojektien hallintaan kehitettyjä menetelmiä, toisaalta tuodaan esiin projektinhallinnan ja tuotannonohjauksen menetelmiä ja tutkimusta.

Kappaleessa 2.1 käsitellään lean construction -tutkimussuunnan kirjallisuuden pohjalta rakennustuotannon tutkimusta, rakentamisen ja rakennusprojektien ominaispiirteitä ja rakentamisessa ilmeneviä suorituskykyongelmia. Siinä kuvataan rakentamista tuotantona, sen eroja suhteessa teolliseen tuotantoon ja rakentamiseen soveltuvaa tuotantoteoriaa.

Kappaleessa 2.2 kuvataan projektinhallintaa ja tuotannonohjausta neljästä eri näkökulmasta. Ensin käydään läpi perinteisiä projektinhallinnan periaatteita ja niiden kritiikkiä rakennusteollisuuden näkökulmasta. Tämän jälkeen puhutaan moniprojektiorganisaatioista ja niiden johtamisen erityispiirteistä, eli kuvataan yritystyyppiä joka on tutkimuksen kiinnostuksen aiheena. Seuraavaksi käsitellään lean tuotannonohjausta, joka on tapa järjestellä tuotantoa ja joka on ollut kiinnostuksen kohteena myös rakennusalalla viime vuosikymmeninä. Viimeiseksi kuvataan Ballardin (2000) tuotannonohjausjärjestelmää Last Planner, joka on yksi käytetyimpiä lean construction -tutkimuksesta syntyneitä työkaluja.

### 2.1. Rakentaminen tuotannollisena toimintana

Rakennustoiminnan ominaispiirteitä ja haasteita tutkimaan on vuodesta 1992 lähtien syntynyt merkittävästi tutkimusta, joka on nimetty lean constructioniksi. Lean construction -tutkimuksesta on mahdollista löytää kaksi päälinjaa, teoreettinen ja käytännönläheinen (Bertelsen ja Koskela, 2004). Teoreettisen päälinjan muodostaa Lauri Koskelan TFV-teoria ja Glenn Ballardin (2000) Last Planner tuotannonohjausmetodi ja siihen liittyvä tutkimus. Koskelan TFV-konsepti (2000) pyrkii esittelemään rakennusalalle sopivan tuotantoteorian ja selittämään miten tuotanto tulisi järjestää optimaalisesti. Ballardin (2000) Last Planner taas pyrkii parantamaan rakentamisen tuottavuutta ja hallittavuutta konkreettisten tuotannonohjauksen työkalujen avulla. Last Planner -metodia käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.2.4.

Näiden kahden tutkimussuunnan todetaan elävän omaa elämäänsä toisistaan erillään ja niiden yhtymäkohtia etsitään Bertelsenin (2002) paperissa *Bridging The Gaps*. Bertelsen esittää kolme yhtymäkohtaa Ballardin (2000) ja Koskelan (2000) teorioiden välille. Ne ovat

- 1) rakennustoiminta ainutkertaisena projektina,
- 2) rakennustoiminta kompleksina järjestelmänä ja
- 3) rakennustoiminta yhteistyönä.

Sekä Ballardin että Koskelan mukaan rakennusteollisuuden tuotantoa tulee käsitellä lähtökohtaisesti virtaustyyppisenä tuotantona. Päivittäisessä toiminnassa työmaalla täytyy erotella kolme asiaa: Mitä nykyisillä resursseilla voidaan tehdä, mitä pitäisi tehdä ja mitä lopulta todellisuudessa tehdään. Näiden kolmen ero voi olla mittava, eikä todellinen tuotos usein näy työnjohtoa korkeammalle tasolle. Ballardin (2000, 3-2) mukaan rakennusvaiheessa on tärkeää johtaa työprosessia joka linkittää työntekijät yhteen ennemmin kuin yksittäisiä työntekijöitä. Tällöin on mahdollista taata työntekijöille töitä sopivalla tahdilla ja päästä työmaan tuotannollisiin tavoitteisiin. Rakennusprosessista voidaan erottaa kaksi eri virtausta, prosessivirta ja operaatioiden virta. Prosessivirta luo lisäarvon asiakkaalle ja rakentaa lopputuotteen, operaatioiden virta sisältää konkreettiset työtehtävät joita työntekijät ja koneet tekevät tuotteelle (Bertelsen et al., 2007). Prosessivirran huomioon ottamista työnsuunnittelussa käsitellään enemmän kappaleessa 2.2.4.

Viime vuosina lean construction -tutkimus on hajautunut useisiin tutkimusaiheisiin alkuaikojen kahdesta päälinjasta. Vuotuisissa International Group of Lean Construction -seminaareissa käsitellään papereita mm. toimitusketjun hallinnasta, turvallisuus-, laatu- ja ympäristökysymyksistä sekä sopimus- ja kustannushallinnasta. Lean constructionin tärkeintä antia on kuitenkin edelleen rakennustuotannon tutkimus ja sen erityispiirteiden selvittäminen, jota käsitellään seuraavassa kappaleessa.

### *2.1.1. Rakennustuotannon ominaispiirteet*

Rakentaminen on Bertelsenin ja Koskelan (2004) mukaan monimutkaista tuotantoa, jossa valmistetaan ainutkertainen tuote vaihtuvassa kohteessa monitaitoisten tiimien yhteistyönä. Kuvaus erottelee rakentamisesta neljä erityispiirrettä

- 1) rakentaminen on tuotantoa
- 2) rakentaminen on monimutkaista
- 3) rakentamisen kohde on ainutkertainen ja ainutlaatuinen
- 4) rakentaminen tehdään monitaitoisten tiimien yhteistyössä

Rakennusprojektin ainutkertaisuus näkyy kaikissa sen ominaisuuksissa. Jokainen kohde rakennetaan eri paikkaan, eri tavalla ja täyttämään erilaisia vaatimuksia. Rakennusolosuhteet ovat erilaiset, maasto on erilaista ja tekijätkin ovat usein muuttuneet. Rakentamisessa, varsinkin

talonrakennusteollisuudessa, täytyy noudattaa selkeää toteutusjärjestystä ja aikarajoja, eikä sitä usein ole mahdollista muuttaa. Tämän lisäksi rakennusteollisuudelle ominaisia piirteitä ovat paikallavalmistus ja tuotannon väliaikaisuus.

Tämän päivän tutkimus kuvaa rakennusteollisuutta kompleksina ja dynaamisena tuotantona, verrattuna perinteisen projektinhallinnan näkemykseen järjestelmällisestä, lineaarisesta ja yksinkertaisesta tuotannosta (Bertelsen ja Koskela, 2004). Syitä rakennustuotannon kompleksisuuteen ovat tuotantojärjestelmän väliaikaisuus, tuotantojärjestelmän toimijoiden epävakaus ja tuotantopisteiden rinnakkaisuus. Kun teollisessa tuotannossa tuotantolinjan luominen ja muutokset ovat yksittäisiä, harvinaisia tapauksia ja pääasiana on tuotantolinjan vakaa operointi, luodaan rakentamisessa tuotantokoneisto uudestaan jokaista projektia varten. Rakentaminen eroaakin teollisesta tuotannosta pääasiassa juuri projektiluonteensa vuoksi. Vaikka projektin raaka-aineet ovat usein valtaosin standardituotteita, on suuri osa kokoonpanosta käsityötä. Tämä ominaisuus on, valmistettavien kohteiden koon ja liikkumattomuuden ohella, keskeinen ero projekti- ja massatuotannon välillä (Bertelsen ym., 2007).

Professori Lauri Koskela on tutkinut tuotantoteoriaa ja sen soveltuvuutta rakennusosalalle väitöstyössään *An exploration towards a production theory and its application to construction* (2000). Hän jakaa 1900-luvulla vallinneet tuotantoteoriat kolmeen kategoriaan; transformaatio-, virtaus- ja arvokeskeiseen tuotantoteoriaan. Hänen mukaansa transformaatioteoria on ollut 1900-luvulla pääasiallinen tapa tulkita tuotantoa sekä akateemisesti että käytännössä vuosisadan loppupuolelle saakka. Viimeisten kahden vuosikymmenen aikana virtauskeskeinen tuotantoteoria, jota nimitetään mm. leaniksi tai JIT-tuotannoksi, on lyönyt itsensä läpi useilla toimialoilla, mutta rakennusteollisuudessa se ei ole toistaiseksi saavuttanut suurta suosiota.

Transformaatiokeskeinen tuotantoteoria on perinteinen kansantaloustieteen tuotos-panos-malli. Se pyrkii minimoimaan tuotantoprosessin kustannukset pilkkomalla tuotteen valmistukseen tarvittavat työvaiheet mahdollisimman pieniksi osiksi, ja parantamalla niiden tehokkuutta. Tärkeimpänä oletuksena mallissa Koskela (2000) pitää prosessien itsenäisyyttä, jolloin yksittäisiä alaprosesseja optimoimalla on mahdollista optimoida koko tuotantoprosessi. Suuri osa perinteisistä projektinhallinnan työkaluista perustuu nimenomaan transformaatiokeskeiseen näkemykseen tuotannosta.

Virtaus-tuotantoteorian mukaan tuotantoprosessi saadaan optimoitua, kun tuote virtaa eri prosessien läpi niin, että arvoa tuottamattomat prosessin osat on karsittu minimiin. Näitä

lisäarvoa tuottamattomia tai arvoa tuhoavia välivaiheita eli hukkaa ovat muun muassa siirrot, odotus ja uusintatyöt. Virtausteorian näkökulma on, että jos arvoa tuottamattomat prosessin osat jätetään huomiotta, kuten transformaationäkökulmassa tehdään, ei tuotantoprosessia pystytä optimoimaan. Shigeo Shingo kuvaa teoksessaan *Non-stock production* (1988) virtauskeskeisen tuotantoteorian pääperiaatteita. Leanin periaatteita käsitellään tarkemmin luvussa 2.2.3.

Arvokeskeisessä tuotantoteoriassa keskitytään asiakkaan ja tuottajan väliseen vuorovaikutukseen. Tällöin asiakas ilmaisee tarpeensa ja tuottaja lisää arvoa asiakastarpeen mukaisella tuotteella. Tärkeitä periaatteita ovat asiakkaan vaatimusten selvittäminen ja siirtäminen tuottajalle, vaatimusten kattavuus, tuotantojärjestelmän kyvykkyydet sekä arvon mittaaminen (Koskela 2000, 79–81).

Rakennusprojektissa kolme tuotantoteorian näkökulmat näkyvät käytännön sovelluksina. Transformaationäkökulmasta rakennusprojektia hoidetaan sopimustenhallinnalla. Siihen sisältyy rakennusurakan jakaminen aliurakoihin ja työpaketteihin, urakoiden kilpailuttaminen, tehtyjen sopimusten valvominen ja sanktiointi sekä suunnitelmapoikkeamien korjaaminen. Virtausnäkökulmasta sopimustenhallinta ei riitä, vaan työvirtaa aliurakoitsijalta ja työvaiheesta toiseen pyritään ohjaamaan ennakoivasti ja työn toteuttamisen esteitä poistamalla. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi myöhemmin esiteltävää Last Planner -työkalua (ks. 2.2.4). Arvonäkökulman mukainen asiakkaiden tarpeiden toteuttaminen pyritään varmistamaan systemaattisella laadunhallinnalla ja suunnittelulla ennen rakennusvaihetta sekä projektitiimeillä, joihin kuuluu jäseniä useista rakennusprojektiin vaikuttavista tahoista.

Koskela (2000) on kehittänyt väitöstyössään Transformation-Flow-Value(TFV) -mallin, joka kokoaa yhteen kaikki kolme näkökulmaa. TFV-mallin ideana on esittää eri näkökulmien peruseriaatteet ja niiden välinen vuorovaikutus tuotantojärjestelmän suunnittelun, ohjauksen ja kehittämisen tasoilla. Koskelan tiivistys kolmen konseptin tuotantoperiaatteista on koottu taulukkoon 2-1. Koskela uskoo TFV-mallin auttavan järjestämään tuotantoa ja esittää, että kaikkien tuotantoteorioiden näkökulmien ottaminen huomioon tehostaa tuotantojärjestelmää.

Taulukko 2-1, Transformation-Flow-Value (TFV)-konsepti (Koskela, 2000)

	Transformaatio	Virtaus	Arvo
Käsitys tuotannosta	Tuotannossa muunnetaan panoksia tuotoksiksi	Tuotanto on materiaalin virtausta, joka koostuu muuntamisesta, tarkastuksista, siirtämisestä ja odotuksesta	Tuotanto on prosessi, jossa asiakkaalle luodaan arvoa täyttämällä hänen tarpeitaan
Peruseriaate	Jaa tuotanto osiin ja toteuta aktiviteetit tehokkaasti	Vähennä arvoa tuottamattomien aktiviteettien osuutta	Vähennä (asiakkaalle) arvoa tuhoavia osia prosessissa
Metodeja ja työkaluja	Work Breakdown Structure, Material Requirements Planning (MRP)	Jatkuva virtaus, imuohjaus, jatkuva parantaminen	Quality Function Deployment
Käytännön kontribuutio	Hoidetaan, mitä täytyy hoitaa	Tehdään mahdollisimman vähän sitä, mikä on tarpeetonta	Pidetään huoli, että asiakkaan tarpeet tyydytetään parhaalla mahdollisella tavalla
Käytännön sovellus	Sopimustenhallinta	Prosessin hallinta	Laadunhallinta

Koskelan mallin käytettävyys jokapäiväisessä tuotannonhallinnassa on kuitenkin kyseenalainen, koska sen antamat ohjeet ovat hyvin korkealla tasolla. Lisäksi kolmen, usein keskenään ristiriidassa olevan, näkökulman tasapainotus on jätetty mallin soveltajan tehtäväksi. Käytännön tuotanto-ongelmien käsittelyyn mallista ei suoraan olekaan, vaan se vaatii merkittävää päätöksentekoa ja soveltamista. Mallista on kuitenkin hyötyä, koska sen avulla voidaan kuvata nykytilannetta ja lisäksi se antaa suuntaviivoja tuotannon kehittämiseksi. Koskela on myös tutkinut TFV-mallin avulla rakentamisen suorituskykyongelmia ja hukkaa, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

### 2.1.2. Rakentamisen suorituskykyongelmat

Ohno (1988) on tunnistanut ja jakanut tuotannossa syntyvän tuhlauksen tai hukan eli arvoa tuottamattoman toiminnan seitsemään osa-alueeseen. Niitä ovat ylituotanto, vioista johtuvat korjaukset, siirtymät, yliprosessointi, ylimääräiset varastot, odottaminen ja ylimääräiset liikkeet. Koskelan (2000, 158–160) mukaan tälle arvoa tuottamattomalle toiminnalle on kolme ydinsyytä: tuotantojärjestelmän rakenne, tuotannon kontrollointi ja tuotannon ominaispiirteet. Tässä luvussa esitellään vesihuollon työmaan näkökulmasta infrastruktuurirakentamisen tuhlauksen ja hukan muotoja.

Tutkituimpia hukan muotoja rakennusteollisuudessa ovat Koskelan (2000, 165–170) mukaan laatuongelmat, huonojen teknisten asiakirjojen aiheuttama rakennettavuuden puute, materiaalinhallinnan ongelmat, muut työtehon heikkenemisen syyt ja ongelmat työturvallisuudessa. Näkyvimvät vaikutukset näistä ongelmista ovat virheiden korjaamisesta aiheutuva lisätyö, materiaalien odottamiseen käytetty aika ja tuotannon hidastuminen (Koskela, 2000, 156). Pääsyyt pystytään erottelamaan asiakkaan päätöksenteon ongelmiin, suunnitteluun, tuotantoketjun hallintaan ja työmaan tuotannonhallintaan.

Rakennusvirheet ja niiden korjaaminen ovat merkittävä kustannusten aiheuttaja, ja yleisessä keskustelussa ne vaikuttavat merkittävästi alan laatumielikuvaan. Rakennusvirheiden korjaamisen kustannus voi talonrakennuksessa olla jopa viisinkertainen alkuperäiseen työsuoritukseen verrattuna (Stevens, 2006). Koskelan (2000, 164) tutkimuksen mukaan laatuksustannukset rakentamisessa vaihtelevat merkittävästi, mutta konservatiivisimmissä arvioissa laatuongelmien kustannus oli keskimäärin 4,4 % tuotantokustannuksista, 7,1 % työajasta ja suurimmillaan 10–20 % projektin kustannuksista. Ohnon (1988) mainitsema ylituotanto ei sen sijaan tyypillisesti ole rakentamisessa suuri ongelma, koska tuote on ainutlaatuinen ja paikkaan sidottu, ja sen laajuus ja vaadittu laatutaso on usein tarkkaan määriteltä. Infrarakentamisessa ylituotantoa ja -prosessointia saattaa syntyä lähinnä mittaus-, työ- tai hankintavirheiden tai suunnitelmamuutoksien takia.

Työskentely epäoptimaalisissa olosuhteissa on Koskelan (2000, 189) mukaan ominaista erityisesti rakennusteollisuudelle. Huonot työskentelyolosuhteet johtuvat useimmiten keskeytyksistä kesken työtehtävän, työmaan ulkoisista olosuhteista kuten säästä tai edellisten työvaiheiden keskeneräisyydestä tai puutteesta. Muita epäedullisia olosuhteita ovat työpisteen ahtaus, työvaiheiden väärä järjestys, jatkuvat keskeytykset johtuen materiaalin, työkalujen tai ohjeiden puutteesta, etukäteissuunnittelun puute, ylisuuri työryhmä tai hankalat työajat ja ylityöt. Epäoptimaaliset olosuhteet johtavat tehokkuuden menetyksiin tai työvaiheiden myöhästymiseen, joka säteilee eteenpäin toimitusketjussa. Ratkaisuksi on ehdotettu rakentamisen työvaiheiden siirtämistä pois työmaalta, mikä voisi vesihuollon rakentamisessa tarkoittaa esimerkiksi pumppaamon valmistamista teollisesti aiemman paikallavalmistuksen sijaan, jolloin se ainoastaan asennettaisiin paikanpäällä. Tässäkin on kuitenkin omat haasteensa, kuten tuotantoketjun monimutkaistumisen ja pitenemisen (Vrijjhoef ja Koskela, 2000, 176).

Materiaali- ja tarvikepuutteet ovat yleisiä syitä odotukseen ja tuotannon menetyksiin. Syynä materiaalipuutteisiin ovat yleensä virheet ostotoiminnassa, toimittajan vaikeudet tai huonosti

organisoitu työmaa tai varastointi. Tarpeettomat varastot ja ylituotanto eivät näyttele infra-alalla yhtä suurta roolia kuin teollisuudessa, koska alan luonteeseen kuuluu tuottaminen vain tilauksesta. Varaston määrä kasvattavat lähinnä virheet ostotoiminnassa, varastoinnin huono järjestys (on halvempaa ostaa uusi tuote kuin etsiä varastossa oleva), työmaan huono organisointi (materiaalihävikki) tai muutostyöt, joiden vuoksi tarvittavat komponentit muuttuvat.

Yksi syy rakentamisen aikatauluongelmiin on tuotantoketjun heikko vakaus, joka johtuu siitä, että projektin toteuttajat (aliurakoitsijat), ovat samanaikaisesti tai peräkkäin osa useita eri projekteja (Bertelsen ja Koskela, 2004). Usein projekteissa on useita toisistaan riippumattomia toteuttajia joita ei johdeta ylhäältä formaalilla tavalla muuten kuin sopimushallinnan kautta. Esimerkiksi louhintaurakoitsija on välttämätön osa infraprojektia, mutta louhintaprojektin kesto ja rahallinen arvo voi olla todella pieni suhteessa projektin kokonaisuuteen ja louhintaurakoitsijan liikevaihtoon. Jos riippumattomia toteuttajia johdetaan ainoastaan sopimushallinnan kautta, ongelmat huomataan ja niihin puututaan vasta kun työ ei ole valmistunut sovittuna aikana. Tällöin kriittiselle polulle osunut erikoisurakoitsija voi myöhästyttää koko projektia. Tämä tuotantolinjan vakaus ja paikallaanpysyvyys on merkittävä ero normaalin teollisen tuotannon ja rakennustuotannon välillä. (ks. luku 2.2.2, Harel ja Sacks, 2006).

Myös AlSehaimi ja Koskela (2008) ovat tutkineet syitä rakennusprojektien myöhästymiseen suunnitellusta aikataulusta tekemällä kirjallisuuskatsauksen kehittyvien maiden rakennusteollisuuden viivästyksiä koskevista tutkimuksista. He ovat havainneet yhteiseksi nimittäjäksi tehottoman suunnittelun ja valvonnan, joka toistuu 87 %:ssa tutkimuksista. Pääasiallisiksi syiksi on todettu huono työmaan organisointi (56 %) ja toimitusketjun ja hankinnan ongelmat (69 %). AlSehaimi ja Koskela vetävät johtopäätöksen, että vika on joko työmaasta vastuullisissa projektipäälliköissä tai projektinjohdon työkaluissa ja toimintatavoissa. Tämä asettaa kyseenalaiseksi nykyisten rakennusalan tuotannosuunnittelu- ja projektinhallintatyökalujen onnistumisen tehtävässään.

## **2.2. Projektien ja tuotannon hallinta**

Projekti on organisaatio, joka on perustettu rajoitetuksi ajaksi ratkaisemaan ainutkertaista ongelmaa (Gareis, 1989). Yritysten toimintaympäristön muuttuessa dynaamisemmaksi yhä useammat yritykset toteuttavat toimintojaan projektien muodossa, mikä on tuonut mukanaan tarpeen johtaa projektiorientoituneita yrityksiä. Moniprojektimuoto tuo mukanaan uusia haasteita, joita tutkimaan on syntynyt viimeisten kahden vuosikymmenen aikana tutkimusta, joka



on liittynyt usein resurssien allokointiin ja aikataulutukseen (Engwall & Jerbrant, 2003). Lisäksi tuotantoa on pyritty tehostamaan lean tuotannonohjausta ja työkaluja käyttäen.

Tässä luvussa kuvataan ensin perinteisen projektinhallinnan periaatteita ja työkaluja kappaleessa 2.2.1, jonka jälkeen keskitytään moniprojektitympäristön ominaisuuksiin ja haasteisiin kappaleessa 2.2.2 ja tuotannonohjaukseen lean-näkökulmasta kappaleessa 2.2.3. Lopuksi kappaleessa 2.2.4. kuvataan rakentamisen näkökulmasta kehitetty tuotannonohjauksen työkalu Last Planner.

### 2.2.1. *Projektinhallinnan peruseriaatteen*

Projektinhallinta on tiedon, taitojen, työkalujen ja tekniikoiden soveltamista projektin tavoitteiden saavuttamiseksi (PMI, 2008). Project Management Instituten kirjassa *Project Management Body Of Knowledge* (2008) projektinhallintaprosessit ryhmitellään viiteen ryhmään. Nämä ryhmät ovat projektin asettaminen, suunnittelu, toteutus, seuranta ja päättäminen. Projektinhallintaan yleensä kuuluu vaatimusten identifiointi, sidosryhmien tarpeiden huomioon ottaminen ja rajoitteiden tasapainottaminen. Projektin tärkeitä tasapainotettavia rajoitteita ovat laajuus, laatu, aikataulu, budjetti, resurssit ja riskit (PMI, 2008, 6). Suhtautuminen projektinhallintaan ja projektinhallinnan työkalut voidaan jakaa koviin ja pehmeisiin järjestelmiin, joista kovat järjestelmät ovat olleet viime vuosiin asti synonyymeja projektinhallinnalle (Walker, 2007, 66). Kovat järjestelmät ovat kvantitatiivisia tekniikoita projektin suunnitteluun, aikataulutukseen, talouden seurantaan ja simulointiin, esimerkiksi kriittisen polun menetelmä. Pehmeät järjestelmät keskittyvät ihmisten käyttäytymisen huomioon ottamiseen ja viestintään.

Projektipäällikön tehtävä on saavuttaa organisaation projektille asettamat tavoitteet. Projektin onnistumista voidaan mitata monin tavoin ja eri näkökulmista, esimerkiksi projektin valmistuminen hyväksyttävässä aikataulussa, kustannuksilla ja laadulla niin, että asiakas on tyytyväinen lopputulokseen. Pheng ja Chuan (2006) ovat kirjallisuuskatsauksessaan käsitelleet projektin menestykseen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat mm. projektipäällikön kyvykkyys, aikataulutus, hallintajärjestelmät ja vastuunjako, projektin seuranta, projektin tavoitteet, yrityskulttuuri, johdon tuki projektille, tiedonjako ja suunnittelu. Tutkimuksen perusteella Pheng ja Chuan (2006) toteavat, että projektipäällikön tärkeimpiä henkilökohtaisia taitoja ovat sosiaaliset taidot, päätöksentekotaidot, ongelmanratkaisu, mahdollisuuksien tunnistaminen ja muutoksenhallinta.

Vaikka projektinhallinnan yleisten periaatteiden voidaan katsoa pätevän hallittavan projektin sisällöstä riippumatta, liittyy siihen kullakin alalla omat ominaispiirteensä. Kuten kappaleessa 2.1 todettiin, rakentaminen eroaa teollisesta tuotannosta siinä, että tuotanto tapahtuu yleensä projektimuotoisesti. Tämän takia rakentamisessa yritystason tuotannonohjaus liittyy usein käytännössä projektinhallintaan. Projektinhallintaa rakennusalalla on tutkinut muun muassa Walker (2007), joka pyrkii teoksessaan *Project Management in Construction* (2007) kuvaamaan systeemiajattelun avulla elementtejä, jotka johtavat tehokkaan projektiorganisaation perustamiseen rakentamisessa.

Walker (2007) kuvaa rakennusprosessia avoimena systeeminä. Hänen mukaansa projektinhallintaprosessin tulisi keskittyä seuraaviin asioihin: systeemin tavoitteiden selvittämiseen, viestintään ja sisäistämiseen, systeemin osien tehokkaan yhteistoiminnan ja viestinnän luomiseen ja tehostamiseen, sekä systeemin oppimis- ja mukautumiskyvyn varmistamiseen (Walker, 2007, 38). Walkerin mukaan systeemiajattelun suurin etu rakennusprojektien hallinnalle on, että sen avulla voidaan ottaa huomioon projektin tavoitteet jo organisaatiota luotaessa. Jokaisella järjestelmällä on tavoite, esimerkiksi asiakkaan tarpeen täyttäminen, ja vasta oikein organisoidulla projektiorganisaatiolla voidaan pehmeistä ja kovista projektinhallinnan järjestelmistä saada kaikki irti (Walker, 2007, 67). Walkerin mallissa rakennusprojektin projektipäällikön ensisijainen rooli on vastata asiakkaalle projektin onnistumisesta. Lisäksi hänen tehtävänä on toimia integraattorina kaikkien projektin osapuolten välillä. Rakennushankkeen osapuolia voivat olla asiakkaan lisäksi esimerkiksi urakoitsijat, arkkitehdit, eri suunnittelijat ja muut rakennusprojektin sidosryhmät välillä.

Rakennusteollisuuden projektinhallinnassa on perinteisesti keskitytty operaatioihin eli työpaketteihin, joita ostetaan urakoinnissa ja joita hallinnoidaan sopimushallinnan avulla. Rakentamisen ajallisessa projektinhallinnassa käytettyjä työkaluja ovat olleet mm. kriittisen polun metodi (CPM) ja Gantt-kaaviot, joissa kuvataan tuotantovaiheita vasemmalta oikealle ajan suhteessa. Lisäksi käytössä on ollut Line-Of-Balance, joka mahdollistaa myös paikkatiedon näyttämisen prosessin kuvaamisessa. Kaikki nämä työkalut keskittyvät operaatioiden hallintaan prosessivirran sijaan, eivätkä ne siten tuo esiin projektituotannon koko luonnetta. Lisäksi työkalujen keskeinen haaste on taustaoletus, että työvaiheiden järjestys ja kesto tunnetaan. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole paljon vaihtelua sisältävässä projektituotannossa (Bertelsen ym., 2007).

Lean construction -tutkimus kritisoi perinteisiä projektinhallinnan ja tuotannonohjauksen työkaluja, ja on pyrkinyt tuomaan tilalle vaihtoehtoja, joilla rakennustuotantoa voitaisiin johtaa tehokkaasti ja onnistuneesti. Esimerkiksi Bertelsen (2002) kuvaa rakennustyömaata virtuaaliyritykseksi, joka tuottaa lopputuloksen ilman formaalia johtamista ja noudattamatta virallisia suunnitelmia. Perinteisen projektinhallinnan epäonnistuminen näkyy hänen mukaansa rakentamisen kokonaisprosessin osaoptimointina ja siinä, etteivät toteuttajat pidä projektin kokonaisuonnistumista henkilökohtaisena onnistumiskriteerinään. Vaikka hankinnat ja tuotanto on suunniteltu ja järjestetty huolellisesti perinteisen projektinhallinnan mukaisesti, ei tuotantojärjestelmä pysty mukautumaan lisätöiden aiheuttamiin muutoksiin ja koko työmaa voi ajautua kaaoksen partaalle. Tämä johtaa Bertelsenin (2002) mukaan työmaiden loppuunsaattamiseen epävirallisen vallankäytön avulla ja virallisten suunnitelmien hylkäämiseen. Näiden rakentamisen erikoispiirteiden huomioon ottamiseksi on kehitetty työkalu Last Planner, joka esitetään myöhemmin kappaleessa 2.2.4.

### *2.2.2. Projektinhallinta moniprojektiympäristössä*

Projektiportfolion hallinta tarkoittaa yhteen ryhmiteltyjen itsenäisten projektien keskitettyä hallinnointia, joka pyrkii saavuttamaan yrityksen tavoitteet priorisoimalla, hyväksymällä ja hallinnoimalla projekteja ja varmistamalla että niille jaetaan resursseja yrityksen strategian mukaisesti. (PMI, 2008) Projektiportfolion hallintaan liittyvät kysymykset ovat tulleet liike-elämässä entistä ajankohtaisemmiksi, kun yritykset useilla aloilla järjestävät toimintaansa enenevässä määrin projektimuotoisesti eli siirtyvät toimimaan moniprojektiympäristössä. Moniprojektiympäristön tunnusmerkkejä ovat, että suuri osa tuotannosta järjestetään projektimuotoisesti ja projektit kilpailevat ainakin osittain samoista, rajallisista resursseista (Kaulio, 2008, 338–339).

Moniprojektiympäristön haasteisiin vastaamiseksi Gareis (1989) on ehdottanut perinteisen projektinhallinnan rinnalle ”management by projects” -johtamistapaa. ”Management by projects”-johtamistavan ja perinteisen projektinhallinnan erot esitellään taulukossa 2-2. ”Management by projects” -johtamistapa lisää Gareisin (1989) mukaan mm. organisaation joustavuutta ja mahdollistaa organisaation projektitoiminnan kehittämisen. Toisaalta se vaatii mm. organisaatiomuutoksia, esimerkiksi projektihenkilöstön ja yritystason henkilöstön erottamista toisistaan.

Gareis (1989, 248) kuvaa projektien verkoston, eli samaan aikaan toteutettavien projektien, hallintaa ylimmän ja keskijohdon tehtäväksi. Projektiverkoston hallintaan liittyvät tehtävät ovat

uusien projektien valinta, projektien välisten riippuvuuksien hallinta, projektien priorisointi, projektien loppuunvienti ja sisäisten projektien lopputulosten implementointi. Gareisin (1989) mukaan projektit tulisi integroida yrityksen kokonaistoimintaan ja se, mitä projekteja toteutetaan, tulisi pystyä johtamaan yrityksen strategiasta. Rakennusalalla Gareis'n ajatus on toteutunut jo kauan aikaa sitten alan hankintatapojen luonteesta johtuen. Hänen esittämänsä kuvaus projektiorientoituneesta yrityksestä ja sen johtamistarpeista osuu yhteen case-yrityksen ympäristön ja päivittäisen toiminnan mukaan.

Taulukko 2-2, Projektinhallinta ja "management by projects" (Gareis, 1989, 245)

	Projektinhallinta	Management by projects
Hallinnan kohde	Yksittäinen projekti	Projektiorientoitunut yritys
Tavoitteet ja keinot	Varmistaa yksittäisen projektin menestys <ul style="list-style-type: none"> <li>• hallitsemalla työn laajuutta, aikataulua, resursseja ja kustannuksia</li> <li>• hallitsemalla suhteita sidosryhmiin</li> </ul>	Varmistaa projektiorientoituneen yrityksen selviytyminen <ul style="list-style-type: none"> <li>• projektinhallinnalla ja hallitsemalla yrityksen käynnissä olevien projektien verkostoa</li> <li>• hallitsemalla yritystason ja yksittäisten projektien suhteita</li> </ul>
Perinteiset tehtävät	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektin suunnittelu ja seuranta</li> <li>• Projektin organisointi ja ryhmätyö</li> <li>• Projektinhallinta, viestintä, dokumentointi</li> <li>• Projektistrategia, -kulttuuri, -markkinointi ja -laatu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yksittäisten projektien hallinta (infrastruktuurin tarjoaminen projektinhallinnalle)</li> <li>• Projektijoukon hallinta (projektien valinta, määrittely ja priorisointi riippuvuudet huomioon ottaen)</li> <li>• Suhteiden hallinta (yrityksen strategiasta viestiminen, tuen tarjoaminen, projektien tulosten implementointi)</li> </ul>
Kohderyhmä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektipäälliköt</li> <li>• Projektiryhmän jäsenet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektipäälliköt</li> <li>• Projektiryhmän jäsenet</li> <li>• Yritystason johto</li> <li>• Projektin omistajat</li> </ul>

Engwall ja Jerbrant (2003) löytävät moniprojektiympäristössä toimivien yritysten projektiportfolion hallinnasta yhtäläisyyksiä. Ensiksi yrityksen projektit ovat riippuvaisia toisistaan ja samoista resursseista. Kun yhdellä projektilla on ongelmia, se vaikuttaa suoraan muihin projekteihin resurssien kautta. Toiseksi päivittäinen projektiportfolion hallinta keskittyi priorisointiin ja resurssien uudelleenallokointiin. Tutkituissa organisaatioissa portfolionhallinta ei kiireen vuoksi pystynyt vastaamaan projektien vaatimuksiin resurssientarpeesta ja niiden järjestelystä, ja resurssintuotokset aiheuttivat negatiivisia lopputuloksia yllättävissä paikoissa. Kolmanneksi projektit kilpailivat kiivaasti yrityksen resursseista ja erityisesti tiettyjen avainhenkilöiden panoksesta. Nämä ongelmat johtivat siihen, että johdon aika kului lyhyen tähtäimen ongelmanratkaisuun ja tulipalojen sammuttamiseen (Engwall ja Jerbrant, 2003, 406).

Näistä teeseistä kaksi ensimmäistä on helppo allekirjoittaa case-yrityksessä ja kolmas on myös havaittavissa ajoittain. Myös luvussa kolme esiteltävän mallin tarkoituksena on parantaa resurssien uudelleenallokointia tuotannonhallinnan tasolla ja projektien priorisointia työjonon tasolla.

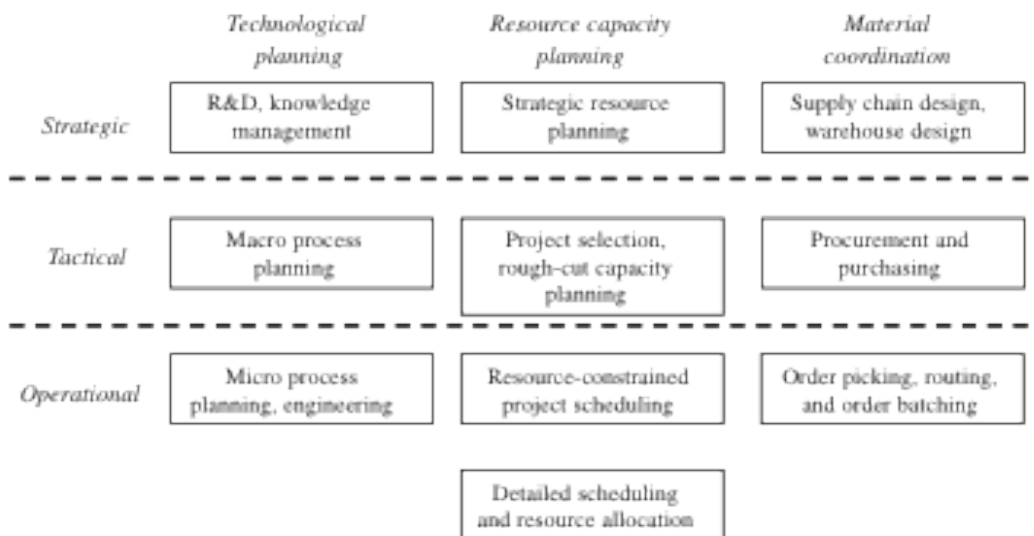
Engwall ja Jerbrant (2003, 407–408) etsivät syitä portfoliohallinnan ongelmiin resurssien kysynnän ja tarjonnan näkökulmasta. Ensimmäinen syy resurssien liialliseen kysyntään on projektien aikataulutuksen epäonnistuminen, jolloin myöhässä olevat projektit eivät mahdollista keskitetysti tiettyihin päivämääriin sidottuja projektien aloituksia ja resurssien siirtoja. Toinen syy on liian moniin projekteihin sitoutuminen. Resurssien tarjontapuolen ongelmat ovat heidän mukaansa jääneet vähemmälle tutkimukselle. Tarjontapuolen ongelmia voivat aiheuttaa esimerkiksi sopimattomat sisäisen laskentatoimen järjestelmät, jotka eivät kannusta projektien aikataulun mukaiseen valmistumiseen, tai tietämyksen ja hallinnan puute projektien sisällä tehtävästä työstä. Yksi keskeinen syy on myös opportunistinen käytös, jossa projektipäällikkö hankkii projektilleen parhaat asiantuntijat keinolla millä hyvänsä.

Hans ym. (2007) käsittelee epävarmuuden huomioon ottamista moniprojektiympäristössä ja monien projektien hallinnassa. Tälle epävarmuudelle on Hans ym. (2007) mukaan kaksi syytä, yksityiskohtaisen tiedon paljastuminen vasta projektin suoritusvaiheessa (johtaen tiedon puutteeseen suunnitteluvaiheessa), ja yleinen tuotannon epävarmuus ja vaihtelu.

Harel ja Sacks (2006) ovat tutkineet rakennusalan aliurakoitsijoiden resurssien allokointia ympäristössä, joissa heillä on useita päällekkäisiä projekteja, ja todenneet, että myös pää- ja aliurakoitsijan erilaiset intressit tuovat epävarmuutta projektien hallintaan. Aliurakoitsijoita yhdistää heidän tutkimuksessaan se, että töitä tehdään yksikköhinta- tai kokonaishintaurakoina, ja yrityksen resurssit on jaettu useiden projektien välille. Yritysten kannattavuuden kannalta on ensisijaisen tärkeää, että työtä resursseille on riittävästi, ja että työt pystytään toteuttamaan tehokkaasti. Kumman tahansa puute näkyy suoraan yrityksen taloudellisessa menestyksessä, mutta työn riittävyydellä on suurempi merkitys. Tämän vuoksi töitä pyritään hankkimaan yli omien resurssien ja täten varmistamaan täysi työkuorma myös tapauksissa, joissa suunniteltua työtä ei pystytä aloittamaan tai sen määrä on odotettua pienempi. Vasta kun yrityksen työkuorma on riittävä, yritys keskittyy optimoimaan työtehoa työkohteiden sisällä. Työtehon optimointia pyritään tekemään ennakoimalla missä projektissa mahdollisuus tehokkaaseen työskentelyyn ei toteudu, ja pyritään joko aliresursoimaan tai valitsemaan heikommat resurssit näille työmaille. Myös työmaan aloittamisen lykkääminen siihen, että puskurissa on riittävästi tehtävää työtä, on

todettu yleiseksi ratkaisuksi. Tilanne on peliteorian kannalta mielenkiintoinen, kun pääurakoitsijan projektipäällikkö ei voi luottaa aliurakoitsijan paikalle saapumiseen, ja toisaalta aliurakoitsija ei voi luottaa että työtä olisi luvattu määrä. Tämä johtaa siihen, että projektin tilaaja liioittelee työn määrää, ja aliurakoitsija resursoi työmaan vastaamaan pienempää työmäärää kuin tilaaja on ilmoittanut. Työn tilaajan ja aliurakoitsijan epäluottamus heikentää koko rakennusprojektin lopputulosta, mutta on varsinkin lyhyellä tähtämellä ymmärrettävä toimintatapa yksittäisen yrityksen näkökulmasta. Harel ja Saksin (2006) tutkimus vastaa hyvin case-yrityksen näkökulmaa, ja heidän löydöksiään aliurakoitsijoiden asenteista ja toimintatavoista voi verrata muutenkin lähes yksi yhteen.

Hans ym. (2007) mukaan kaikkien yritystason projektien yhdistetty projektisuunnitelma on johdolle hyvä työkalu, joskin hankalasti ylläpidettävä. Jotta monien projektien hallintaa voidaan toteuttaa hyvin, tulee ottaa huomioon kaikki suunnittelun tasot, koska kaikilla tasoilla tavoitteet, rajoitteet ja kapasiteetin joustavuus ovat erilaisia. Koska kaikki tasot on otettava huomioon, on suunnittelu toteutettava hierarkkisesti. (Hans ym., 2007). Hans ym. (2007) esittelevät hierarkkisen suunnittelu- ja hallintakehyksen moniprojektiorganisaatiolle (kuva 2-1). Kehyksessä on kolme hierarkkista tasoa, strateginen, taktinen ja operaatioiden taso. Lisäksi siinä on kolme funktionaalista suunnitteluosaa; teknologinen, resurssien- ja kapasiteetinhallinta ja materiaalien koordinointi. Projektinjohdon tehtävien näkökulmasta oleellista tässä tutkimuksessa on resurssien- ja kapasiteetinhallinnan osa, jonka taktisessa ja operationaalisessa osassa olevat projektin valinta, karkea kapasiteetin suunnittelu, projektien aikataulutus ja lopulta resurssien allokointi osuvat yhteen.



Kuva 2-1, Hierarkkinen suunnittelu- ja hallintakehys moniprojektiympäristöön (Hans ym., 2007)

Herroelen ja Leus (2004) jakavat moniprojektiympäristössä projektit kahden ominaisuuden, ympäristön vaihtelevuuden ja projektin riippuvuuden mukaan. Paras tapa tehdä toimivaa aikataulutusta moniprojektiympäristössä riippuu heidän mukaansa yrityksen toimintaympäristöstä, ja erityisesti näistä kahdesta ominaisuudesta. Vaihtelevuus pitää sisällään projektiparametrien (kesto, kustannus, laatu) vaihtelun, epävarmuuden arvioiduista tekijöistä (aktiviteettien kesto, työn sisältö), prosessin epävarmuuden (mitä, missä, miten ja milloin tehdään ja mihin hintaan), tavoitteiden, prioriteettien ja hyväksyttävien vaihtoehtojen epävarmuuden. Projektin riippuvuus puolestaan kasvaa, kun tehtävän suorittamiseksi joudutaan koordinoimaan tehtäviä muiden kuin projektin jäsenten kanssa. Tällaisia tahoja voivat olla esimerkiksi viranomaiset, alihankkijat tai yrityksen tukitoiminnot, jotka eivät ole täydellisesti projektille määriteltyjä. Alhaisen vaihtelun ja korkean riippuvuuden tapaus on perinteinen pajatyypinen tuotanto (Hans ym., 2007) jossa pieni yritys valmistaa satunnaisesti tulevien tilausten mukaisesti standardituotteita eri asiakkaille. Toisaalta korkean vaihtelun, mutta alhaisen riippuvuuden, projekti voi Hansin ym. (2007) mukaan olla esimerkiksi suuri rakennusprojekti, jonka ydinresurssit on sille varattuja, mutta joka on alttiina sääolosuhteiden ja suunnitelmien muutoksille. Jälkimmäinen määrittely tuntuu vaikealta hyväksyä, sillä rakentamisessa pääurakoitsijan näkökulmasta alihankkijoiden osa on suuri, ja riippuvuus alihankkijoista voi olla todella merkittävää.

Anavi-Isakow ja Golany (2003) ovat tutkimuksessaan todenneet, että projektien määrän lisääntyminen tuotantoprosessissa aiheuttaa resurssien ajan jakamista eri projektien kesken ja tehokkuuden laskua mitattuna keskimääräisellä projektiin käytetyllä ajalla. Tämä tapahtuu yrityksissä, joissa kaikki projektit pyritään aikataulutamaan suoraan tuotantosuunnitelmaan, eli joissa noudatetaan perinteistä työntöohjausta. He ehdottavat projektien määrän rajoittamista soveltamalla Hopp & Spearmanin (1996) esittämää CONWIP-imuohjausta (Constant work-in-process), jolloin kaikkia systeemiin tulevia projekteja ei suoraan lisätä tuotantoaikatauluun, vaan projekteja voidaan pitää työjonossa ja järjestellä tuotantoon kun tuotantoresursseja vapautuu. He ehdottavat kolmea tapaa tehostaa projektinhallintaa moniprojektiympäristössä. Nämä tavat ovat työjonon käyttöönotto, prosessissa olevien projektien lukumäärän rajaaminen (CONPIP, constant number of projects in process) ja tasainen prosessiaika (CONTIP, constant time in process). Työjonon hyödyiksi he laskevat työkuorman tasaaminen varsinaisessa tuotantoprosessissa, mahdollisuuden järjestellä työjonossa olevia projekteja ja niiden aikataulutusta. Lisäksi työjonon kasvu antaa ennakkovaroituksen työmäärän kasvusta tai resurssien riittävyydestä ja mahdollistaa neuvottelun asiakkaiden kanssa projektien ajoituksesta ja muista ehdoista. CONPIP asettaa

projekteille maksimirajan, joka otetaan kerralla tuotantoprosessiin, ja sen ylittävä määrä jää odottamaan työjonoon. CONTIP:ssa mitataan kaikkien projektien suorittamiseen tarvittava prosessiaika, ja kun jonkun projektin valmistuessa prosessiaika tippuu tietyn rajan alle, sallitaan projektin siirtäminen työjonosta prosessiin. Imuohjaus, jota nämä ohjaustavat edustavat, on esimerkki lean tuotannonohjauksesta, jota käsitellään seuraavassa alaluvussa.

### 2.2.3. *Lean tuotannonohjaus*

Just In Time- (JIT) tai lean tuotantoteoria on vaikuttanut merkittävästi yritysten tuotannon toimintatapojen muutokseen viime vuosikymmenten aikana erityisesti valmistavassa teollisuudessa. Lean on toisaalta tuotantofilosofia, joka pyrkii tehostamaan toimintaa poistamalla hukkaa järjestelmästä eli karsimalla arvoa tuottamattomat prosessin osat minimiin. Toisaalta sillä tarkoitetaan yritystoiminnan ja tuotannon työkalupakkia. Hopp ja Spearman kritisoivat kirjassaan *Factory Physics* (1996, 176–181) JIT-liikettä kokonaisteorian puutteesta, joka typistää sen pelkiksi työkaluiksi ja sloganeiksi. Toisaalta käytännön tuotannonhallinnan kannalta juuri työkalut ratkaisevat, voidaanko teoriaa soveltaa myös jokapäiväisessä työssä.

Womack ym. (1990) toivat termin Lean yleiseksi puheenaiheeksi japanilaista autoteollisuutta käsittelevässä kirjassaan *The Machine That Changed The World*, ja Womack ja Jones (2003) tarkensivat löytämiään periaatteita kirjassa *Lean Thinking*. Womack ja Jones (2003) esittelevät viisi periaatetta tehokkaan tuotannon järjestämiseksi:

#### 1) Arvon yksiselitteinen määrittely

Tuotteen asiakkaalle tuottaman arvon määrittely perustuu siihen, että tuotteen tulee täyttää asiakkaan sille asettamat vaatimukset laadusta ja toiminnasta. Tuote nähdään kokoelmana ominaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja, joiden olemassaolon oikeutus käydään läpi asiakkaan näkökulmasta. Kun valmistaja tuntee asiakkaan tarpeet, voi hän optimoida omaa valmistusprosessiaan ja tuotteitaan.

#### 2) Arvoketjun tunnistaminen

Arvoketju viittaa kuvaukseen tuotantoprosessista sisältäen työvaiheet, joiden läpi tuote kulkee matkalla valmiiksi tuotteeksi. Kun työvaiheet on selvitetty, voidaan analysoida prosessin vaiheiden tarpeellisuutta ja toimivuutta. Prosessista etsitään arvoa tuottamattomia ja turhia operaatioita, joita olisi mahdollista supistaa tai poistaa kokonaan ja siten lisätä toiminnan tehokkuutta.

#### 3) Jatkuvan, häiriöttömän virtauksen järjestäminen



Häiriöttömän virtauksen järjestämisellä pyritään vähentämään vaihtelua ja odotusta tuotannossa. Sen järjestämiseksi tuotantoprosessi ja tuotteen valmistamiseen tarvittavat kyvykkyydet ja resurssit täytyy selvittää alusta loppukäyttäjälle asti. Jatkuva virtaus pyritään järjestämään muokkaamalla tuotantoprosessia siten, että tuote voi virrata prosessin läpi suoraan, minimoiden odotukset, siirrot ja muut hukat.

#### 4) Imuohjauksen järjestäminen (valmistus tilauksen jälkeen)

Hopp & Spearman määrittelevät kirjassaan *Factory Physics* (1996) imuohjauksen suhteessa työntöohjaukseen seuraavasti ”*A push system schedules the release of work based on demand, while a pull system authorizes the release of work based on system status*”. Imuohjauksessa työ hyväksytään toteutettavaksi vasta, kun seuraava prosessin vaihe antaa signaalin. Työntöohjauksessa tietty työ hyväksytään aloitettavaksi ulkoisen aikataulun perusteella riippumatta siitä, missä tilassa prosessi on. Teoriassa työntöohjauksen mukaan voitaisiin esimerkiksi vaatia talon toisen kerroksen rakentamisen aloittamista tietyinä ajankohtana, oli sitten ensimmäinen kerros valmis siihen mennessä tai ei, kun taas imuohjauksen tapauksessa ensimmäisen kerroksen valmistuminen antaa luvan toisen kerroksen rakennusryhmälle. Esimerkiksi edellisessä kappaleessa esitelty CONWIP ja siitä johdetut ohjaustavat perustuvat imuohjaukseen. Imuohjauksen järjestäminen voi tarkoittaa projektinjohdon tasolla sitä, että perustilanteessa projekti tehdään loppuun, resurssit vapautuvat projektista ja ”vetävät” seuraavan projektin toteutuksen alle.

#### 5) Täydellisyyteen pyrkiminen / jatkuva parantaminen

Täydellisyyteen pyrkiminen ja jatkuva, systemaattinen parantaminen (kaizen) on myös osa lean filosofiaa. Se kuvaa prosessianalyysin ja toiminnan kehittämisen iteratiivista luonnetta, jossa pyritään jatkuvasti kehittämään prosesseja parempaan suuntaan yhteistyössä työntekijöiden kanssa.

Koskela (2004) kritisoi Womackin ja Jonesin (1996) teorian taustaoletuksia. Hänen mukaansa toimiva lean ympäristö vaatisi vakiintuneen ja toimivan toimitusketjun, hyvin määritellyn ja kuvattun tuotantoprosessin sekä yrityksen hyvän tuntemuksen valmistetuista tuotteista ja asiakkaiden tarpeista. Nämä perusoletukset eivät kuitenkaan yleensä päde rakennusteollisuudessa johtuen mm. rakentamisen erityispiirteistä. Myös Bertelsen (2002) tarkastelee Womackin ja Jonesin (1996) periaatteita rakennustuotannon kannalta ja huomauttaa, että yllä olevat periaatteet pyrkivät lähinnä minimoimaan odotusta, ei kaikkea hukkaa. Hänen mukaansa puskurit ja odotus eivät aina ole huono asia rakennusprosessissa, vaan ne voivat auttaa

läpimenoajan optimoinnissa ja täten rakennusprojektin onnistumisessa. Bertelsen ja Koskela toteavat paperissaan *Construction Beyond Lean* (2004), että samalla kun Womackin ja Jonesin (1996) tulkinta lean manufacturingista on hyväksytty valmistavassa teollisuudessa toimivaksi tuotantofilosofiaksi, on se ollut rakennusteollisuudessa vasta kehityksen lähtökohta alan erikoispiirteiden takia.

Kritiikistä huolimatta leanin hyödyntämiselle rakentamisessa on selkeästi kysyntää, ja siinä on myös saatu aikaan onnistumisia. Arbulu ja Zabelle (2006) argumentoivat, että lean rakentamisessa on saanut aikaan projekteja, jotka vastaavat paremmin asiakkaan toiveita ja tarjoavat paremman ja turvallisemman työympäristön rakentajille. Yrityksen kannalta lean on tuonut projekteihin aika- ja kustannussäästöjä ja vähentänyt tarvittavaa käyttöpääomaa. Arbulu ja Zabelle (2006) esittävät, että lean työkalujen ja ajattelumallien onnistuneen käyttöönoton tulisi alkaa yksittäisistä projekteista, joissa menetelmiä voidaan harjoitella ja joista voidaan edetä pidemmälle yrityksen tasolle.

#### *2.2.4. Last Planner System of Production Control*

Rakennusprosessin suunnitteluun ja hallintaan on kehitetty työkalu Last Planner, jota Glenn Ballard kuvaa väitöstyössään *The Last Planner System of Production Control* (2000). Ballardin (2000) mukaan rakentamisen tuotannonohjauksessa tulisi siirtyä yksittäisten resurssien hallinnasta työvirtojen ohjaukseen ja työvaiheiden ketjuttamiseen. Perusideana Last Planner -työkalussa on, että tasaisen työkuorman saavuttamiseksi tarvitaan jatkuvaa, viikoittaista suunnittelua ja suunnitelman huolellista seuraamista nimenomaan työmaan suorittavalla ja työnjohdon tasolla. Last Planner kuvaa työnjohtoa, joka päättää mitä työtä työmaalla tehdään eli jakaa työtehtävät työyksiköille, ja vastaa työmaan organisoinnista. Työkalussa on kaksi komponenttia, tuotantoyksikön hallinta ja työvirran ohjaus.

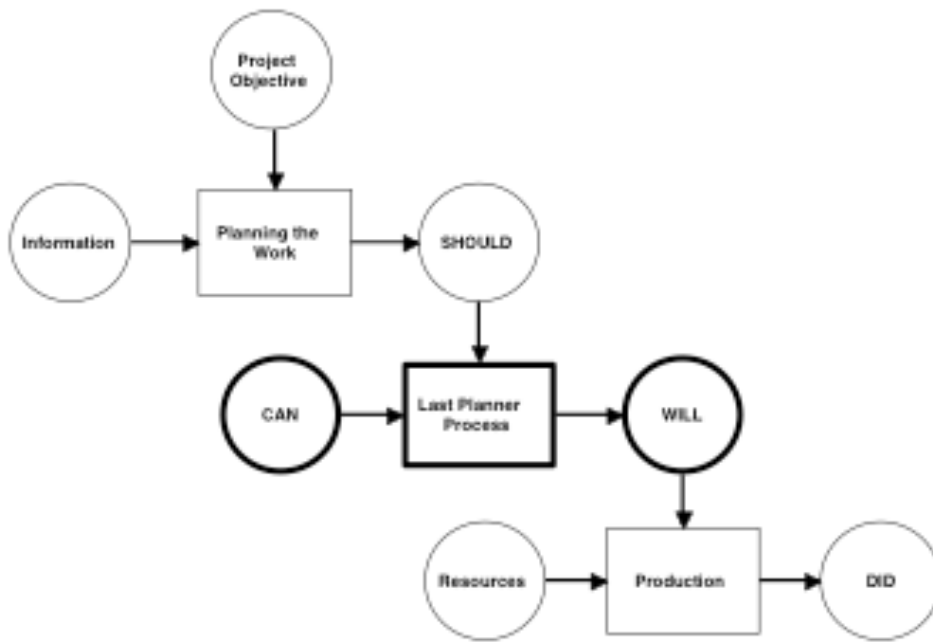
Tuotantoyksikön hallinnan tavoitteena on tuottaa hyviä työtehtäviä suorittavalle tasolle ja parantaa jatkuvasti työtehtävien laatua. Työtehtävä tarkoittaa työmaaolosuhteissa selkeää kokonaisuutta, jonka työnjohto antaa työyksikölle tehtäväksi. Esimerkki tällaisesta työtehtävästä voi olla vesijohdon kaivaminen ja peittäminen sadan metrin matkalle vaatimusten mukaisesti viikon loppuun mennessä. Työtehtävät ovat yhtäältä viestintää tarvittavasta työmäärästä ja työtahdista työyksiköille, toisaalta lupaus muulle organisaatiolle siitä, että tehtävät tulevat tehdyksi määräaikaan mennessä. Näiden lupauksen pohjalta muu organisaatio voi suunnitella omaa toimintaansa. Hyvä työtehtävä on muun muassa selkeästi määritelty, sen työvaiheiden

järjestys on oikea, työmäärä on sopiva ja työtehtävä on käytännöllinen ja toteutettavissa (Ballard, 2000).

Toinen komponentti, työvirran ohjaus, koordinoi työn virtausta eri työyksiköiden läpi eli prosessivirtaa. Työvirran ohjaus järjestetään Last Planner -työkalussa lookahead-prosessin avulla. Lookahead-prosessin tehtävät ovat muokata työvirran järjestystä ja tahtia, sovittaa työvirta ja kapasiteetti yhteen, pilkkoa pääaikataulu työpaketteihin ja operaatioihin, kehittää työtapoja, pitää yllä työpuskuria ja päivittää korkeamman tason aikatauluja tarvittaessa. Lookahead-prosessin päätyökaluna on keskipitkän tähtäimen aikataulu, jonka pituus on projektin luonteesta riippuen kolmesta kahteentoista viikkoon. Aikatauluun kerätään työtehtäviä, tarkastetaan niiden toteutuskelpoisuus ja siirretään toteutuskelpoiset työtehtävät työpuskuriin. Työmaan viikkosuunnitelmat rakennetaan työpuskurista löytyvillä työtehtävillä, joiden kaikki edellytykset tulisi olla täytetty. Tämä lisää tuottavuutta ja lisää työvirran luotettavuutta, kun työtehtävien toteutumista on mahdollista seurata ja välttää ikäviä yllätyksiä projektin seuraavissa vaiheissa (Ballard, 2000). Tämä työkalu vastaa hyvin Anavi-Isakowin ja Golanyn (2003, ks. 2.2.2) moniprojektitympäristöön liittyvän tutkimuksen ehdotusta työjonon käyttämisestä resurssien allokoinnin parantamiseen.

Kuva 2-2 selittää yleisellä tasolla, miten Last Planner -työkalua käytetään. Ensin tehdään normaali työsuunnittelu, jossa johdetaan käytössä olevista tiedoista ja projektin tavoitteista tarpeelliset työtehtävät ja tavoitteet (SHOULD). Tämän jälkeen työnjohto, joka tuntee työmaalla olevat kyvykkyydet ja työtilanteen, tekee Last Planner -työkalulla työsuunnitelman, joka ottaa huomioon ylemmältä organisaatiotasolta tulleet tavoitteet ja työmaaresurssien tuotantokyvyn, ja tekee viikkosuunnitelman (WILL), joka on lupaus muulle organisaatiolle tulevan viikon toteutuvasta työmäärästä. Tämän jälkeen hän alkaa toteuttaa tätä viikkosuunnitelmaa tuotantoyksiköiden hallinnan ja työvirran ohjauksen avulla, jotta hän pystyy toimittamaan organisaatiolle sen, mitä on luvannut viikkosuunnitelmassa.

Tuotannonohjauksen onnistumista (DID) mitataan PPC-mittarilla (Percent Plan Complete). PPC lasketaan jakamalla valmiiksi saadut työtehtävät työmaan viikkosuunnitelman työtehtävien kokonaismäärällä. Työmaan viikkosuunnitelma on lupaus viikon aikana toteutettavasta työstä, ja PPC kertoo, miten hyvin Last Planner on pitänyt lupauksensa. PPC mittaa ruohonjuuritason onnistumista ja rajallisten resurssien tehokasta ja oikein kohdistettua käyttöä.



Kuva 2-2, Last Planner System of Production Control, Ballard (2000)

Ballardin (2000) Last Planner -työkalu on toiminut yhtenä tärkeänä lähteenä seuraavassa luvussa esiteltävään rakentamisen projektinjohdon malliin. Mallin työjono toteuttaa yrityksen tasolla osittain samoja tehtäviä kuin Ballardin lookahead-prosessi yksittäisen rakennusprojektin sisällä, ja ominaisuuksia Last Plannerin tuotantoyksikön hallinta -komponentista löytyy mallin tasolta, jossa pyritään poistamaan aloittamisen esteitä yrityksen projektiportfolion projekteilta. Last Plannerilla ja rakentamisen projektinjohdon mallilla on paljon yhteneväisyyksiä, ja voi olla mahdollista että Last Planneria itsessään olisi mahdollista käyttää vastaavaan tarkoitukseen kuin tässä tutkimuksessa esitetty malli.

### 3. Rakentamisen projektinjohdon malli

Tässä luvussa esitellään projektinjohdon malli, joka kuvaa projektimuodossa toimintansa järjestävän vesihuollon urakointiyrityksen resursointi- ja projektinvalintapäätöksiä tekevän toimijan toimintaa. Toimijaa nimitetään projektinjohdoksi ja sen työtehtävän toteuttamista projektinjohtoprosessiksi. Projektinjohtoprosessi pyrkii systemaattisesti samoihin tavoitteisiin kuin aliurakoitsijat Harel & Saksin (2006) tutkimuksessa (ks. kappale 2.2.3): varmistamaan riittävän työkuorman yrityksen resursseille ja tehostamaan yrityksen toimintaa parantamalla projektien toteutusedellytyksiä sekä valitsemalla resursseille sopivimmat projektit toteutettavaksi kullakin hetkellä.

Projektinjohdon tehtävien ja sen merkityksen selventämiseksi kappaleessa 3.1 kuvataan projektinjohtoprosessia yhtenä yrityksen pääprosessina. Tämä asemoi projektinhallintaprosessin yrityksen toiminnassa tahoksi, joka hoitaa yhtäältä yritystason resursointi- ja projektinjohtotehtävää, toisaalta projektien etenemisen seuranta.

Tämän jälkeen kappaleessa 3.2 esitellään malli, joka kuvaa projektinjohdon päätehtävät ja toimintaympäristön kolmitasoisien mallin avulla, joka luokittelee projektit niiden toteutuskelpoisuuden mukaisesti ja pyrkii edistämään yrityksen resurssien tehokasta käyttöä, projektien priorisointia ja oman työnsä johtamista. Mallin pohjana on käytetty kirjallisuuskatsauksessa esiin tuotuja tuotannonohjauksen ja projektienhallinnan työkaluja ja pyritty yhdistämään niistä tutkimusongelman ratkaisemiseen soveltuva työkalu.

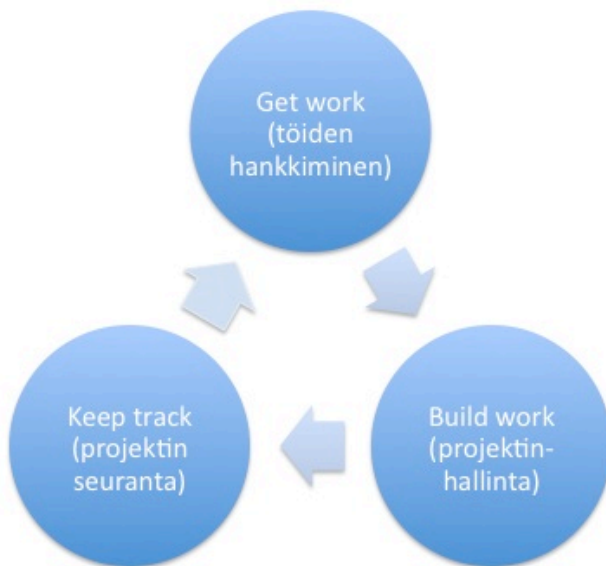
Mallin tavoitteena on

- 1) tehostaa resurssien käyttöä ja jakamista projektien välillä
  - a. kuvata yrityksen resurssit ja projektiportfolio intuitiivisella tavalla
  - b. auttaa erittelemään vapaat ja käytössä olevat resurssit
  - c. eritellä toteutettavissa olevat projektit järjestämättömistä
  - d. auttaa aikatauluttamaan ja resursoimaan projekti yrityksen kannalta tehokkaasti
- 2) selkeyttää projektinjohdon roolia ja antaa työkaluja tehtävän hoitamiseen
  - a. kuvata projektinjohdon työtehtävän laajuus ja päätehtävät
  - b. esittää työkaluja, joilla tehtävän hoitoa on mahdollista parantaa

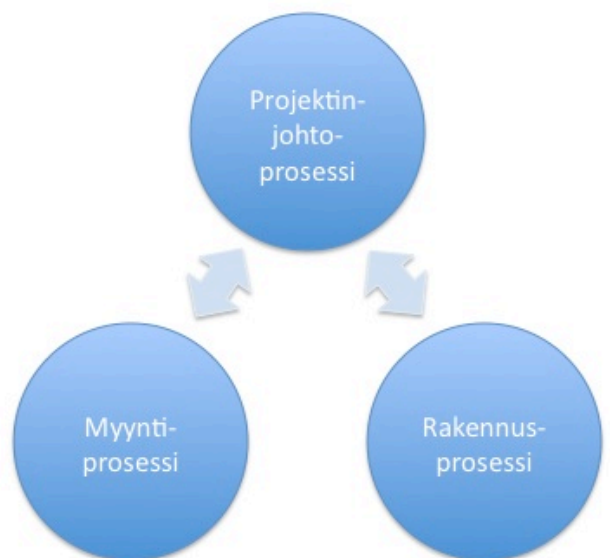
### 3.1. Urakointiyrityksen pääprosessit

Tässä luvussa käsitellään vesihuollon urakointiyrityksen keskeisiä prosesseja erityisesti projektinjohtoprosessin näkökulmasta. Ensin kuvataan urakointiprosessi korkealla tasolla, jonka jälkeen keskitytään tarkemmin sen osiin. Urakointiin sisältyvien pääprosessien tehtävien ja roolien kuvaaminen on tärkeää, jotta projektinjohdon tehtävät ja vastuut muille yrityksen toiminnoille ovat selvät.

Stevens (2006) kuvaa rakennusurakointitoimintaa yrityksen näkökulmasta jatkumoksi, jossa toistetaan kolmea peräkkäistä ydinprosessia: töiden hankkiminen, projektinhallinta ja projektin seuranta (kuva 3-1). Tässä tutkielmassa urakointiprosessi jaetaan Stevensin (2006) mallista mukaellulla tavalla, jossa infrastruktuuriyrityksen toiminta jakautuu kolmeen keskeiseen prosessiin; myyntiprosessi, projektinjohtoprosessi ja rakennusprosessi (kuva 3-2). Myyntiprosessiin sisältyvät varsinaiset myyntitoiminnot, tarjouslaskenta sekä urakkaneuvottelut. Projektinjohto viittaa koko yrityksen tason resurssienhallintaan ja työn organisointiin. Siihen liittyviä keskeisiä tehtäviä ovat mm. projektin aikatauluttaminen ja resursointi, sopimustenhallinta, kriittisistä hankinnoista päättäminen sekä projektien etenemisen seuranta. Rakennusprosessi puolestaan sisältää työmaatasolla tapahtuvan päivittäisen työn ja sen suunnittelun projektinjohdon antamien rajojen puitteissa.



Kuva 3-1. Urakointiprosessi, Stevens (2006)



Kuva 3-2. Tutkielmassa käytettävä kuvaus urakointiprosessista

Projektinjohtoprosessi ottaa projektin seurantatehtävän, joka Stevensin (2006) mallissa tarkoittaa ainoastaan projektin taloudellista seurantaa, ja laajentaa sen koskemaan yritystason resurssien ja projektien hallintaa. Samalla projektinjohdon seurantarooli muuttuu taloudellisesta kohti resurssien seurantaa, jota täsmennetään kappaleessa 3.1.3. Lisäksi tutkielmassa käytettävä kuvaus painottaa projektinjohtoprosessin merkitystä välittäjänä ja tiedon siirtäjänä myynti- ja rakennusprosessien välissä.

Projektin läpivientiin tarvitaan urakointiliikkeessä projektinjohdon ohella useita muitakin rooleja, kuten urakkalaskija myyntiprosessissa ja työnjohto rakennusprosessissa. Usein yksi henkilö voi toimia useissa rooleissa riippuen ajankohdasta, yrityksen organisaatiosta ja projektin luonteesta (Stevens, 2006). Seuraavaksi esitellään lyhyesti myynti- ja rakennusprosessien keskeisimmät tehtävät ja vastuut, jonka jälkeen siirrytään käsittelemään tarkemmin projektinjohtoprosessia ja siihen liittyvää mallia.

### *3.1.1. Myyntiprosessi*

Myyntiprosessissa on kyse töiden hankkimisesta yrityksen toteutettavaksi. Tässä tutkielmassa tarkastellaan myyntiprosessia lähinnä tarjouspyyntöjen kautta tapahtuvana myyntinä, joka on urakoinnissa ylivoimaisesti yleisin tapa saada projekteja. Toinen tapa voi olla suora tilaus esimerkiksi puitesopimusten puitteissa tai hätätöiden ollessa kyseessä.

Myyntiprosessi alkaa kun urakoitsija saa tilauksen tai urakkatarjouspyynnön ja tekniset asiakirjat rakennuttajalta. Tämä usein vakiomuotoinen dokumenttisarja sisältää materiaalin, jonka pohjalta urakoitsija arvioi valmiutensa ja kiinnostuksensa projektin suorittamiseen. Urakkatarjousmateriaalin pitäisi rakennuttajan näkökulmasta rajata projektiteknisessä mielessä järkeväksi ja taloudellisesti suoritettavaksi työkokonaisuudeksi (Forss, 2005). Materiaalin vastaanottamisen jälkeen urakoitsija tekee osallistumispäätöksen urakkakilpailuun, ja alkaa urakkalaskentavaihe.

Urakkalaskenta on prosessi, jossa pyritään johtamaan tarjousasiakirjoista, materiaalihinnoista ja yrityksen kustannustiedoista tarjous, jolla projekti on yritykselle taloudellisesti kannattava ja jolla urakkakilpailu on mahdollista voittaa. Urakkalaskenta vertaa yrityksen tuotantokyvykkyksiä tarvittaviin työsuoritteisiin, arvioi projektiin tarvittavaa aikaa ja luo alustavan aikataulun ja työbudjetin. Lisäksi urakkalaskentaan kuuluu keskeisten hankintojen, kuten materiaalien ja aliorakoitsijoiden hintatietojen selvittäminen, jotta budjetille saadaan

todellinen pohja. Projektinjohto tuo myyntiprosessiin tiedon yrityksen nykyisten projektien tilanteesta ja resurssien käyttöasteesta, jotka ovat myös keskeisiä tekijöitä tarjousta tehtäessä.

Kannattavan liiketoiminnan varmistamiseksi urakoitsijalla tulee olla hyvä tuntemus alan yleisestä hintatasosta sekä omasta kustannusrakenteesta ja rakennusnopeudestaan (Stevens, 2006). Urakkalaskennalle tärkeä työkalu onkin projektikirjanpito ja siihen perustuva jälkilaskenta, jossa projektin alkuperäistä aikataulua ja budjettia verrataan toteutumiin. Projektikirjanpidon ja jälkilaskennan avulla voidaan tarkastella toteutuneita aikatauluja ja kustannuksia ja tehdä niiden pohjalta oletuksia yrityksen tuotantokyvykkyyksistä. Jälkilaskennan hyväksikäytössä auttaa, että kirjanpidon tietoihin pystytään liittämään lisätietoja projektin toteutumisesta, kuten aktiviteettien laajuudesta ja luonteesta, käytetyistä resursseista ja ulkopuolisista olosuhteista kuten säästä ja maastosta. Tällöin on myös mahdollista nähdä, mitkä osa-alueet ovat toteutuneet suunnitellusti ja mihin on syytä kiinnittää huomiota jatkossa.

Myyntiprosessi päättyy urakkasopimuksen allekirjoitukseen. Samalla lyödään lukkoon projektin toteutuksen suuntaviivat, joiden puitteissa on myöhemmin toimittava tavoiteltuun taloudelliseen tulokseen pääsemiseksi.

### *3.1.2. Rakennusprosessi*

Rakennusprosessi viittaa projektin varsinaiseen toteutukseen työmaalla. Sen lopputuloksena on valmis rakenne teknisten asiakirjojen asettamien laadullisten ja teknisten vaatimusten mukaisesti käytössä olevia resursseja hyväksi käyttäen.

Työnjohto vastaa työmaan päivittäisestä toiminnasta ja tekee päätöksiä työn organisointia ja teknistä toteutusta koskevissa asioissa projektijohdon antamien resurssien puitteissa. Esimerkiksi Ballardin (2000) Last Planner (ks. kappale 2.2.4) on tarkoitettu ensisijaisesti työmaatason työsuunnittelun parantamiseen ja helpottamiseen. Rakennusprosessissa työn organisointi pitää sisällään työyksiköiden työnjohdon, työmaalogistiikan ja työvaiheiden (eli usein aliurakoitsijoiden työn) yhteensovittamisen. Työn organisoinnin lisäksi työnjohto vastaa usein operatiivisista hankinnoista ja kotiinkutsuista sekä rutiininomaisista viranomaisilmoituksista ja selvityksistä.

Kuva 3-3 selventää, miten projektinjohdon ja työnjohdon vastuut ja tehtävät eroavat toisistaan. Kun työmaa on perustettu ja resurssit lukittu projektille, on projektinjohdon tehtävä työmaata tukeva ja seuraava kun työnjohto taas on vastuussa päivittäiseen toimintaan liittyvistä tehtävistä. Vaikka sekä projektinjohdolla että työnjohdolla on osittain samoja vastuita, on näkökulma



erilainen. Projektinjohto on vastuussa yrityksen koko projektiportfoliosta, kun taas työnjohdon vastuulla on yksittäisen projektin toteuttaminen projektinjohtoon määrittämässä puitteissa. Esimerkiksi resurssipäätöksissä tämä näkyy siten, että projektinjohto järjestee kaluston siirtoja yrityksen tasolla resurssien vapautumisen ja jakamisen näkökulmasta, kun taas työnjohto keskittyy hänelle luvattujen resurssien järjestämiseen työmaalle ja työmaalla.



Kuva 3-3, Projektinjohtoon ja työnjohdon vastuualueet

Työnjohdon roolin tärkeyttä kuvaa Hillebrandtin & Cannonin (1994) määritelmä, jonka mukaan ”pääurakointi on työnjohtopalveluiden myyntiä toivotun tuloksen aikaansaamiseksi”. Työnjohdon rooli on ollut murroksessa viime vuosina rakennusalalla. Kustannuspaineiden alaisena jatkuvan työnjohdon paikallaolo ei enää ole monissa tapauksissa mahdollista, jolloin toiminnan tulee olla itseohjautuvaa ja työnjohdon rooli kehittyy määräysten antajasta työntekijöiden avustajaksi ja ongelmanratkaisijaksi (Stevens, 2006). Tästä syystä ennen työnjohdolle kuuluneita vastuita on toisaalta siirretty ylöspäin projektinjohtoon hoidettaviksi ja toisaalta aliurakoitsijoille, ja keskitytty johtamaan rakennusprosessia sopimustenhallinnan kautta..

Vaikka työnjohdolla on ensisijaisen tärkeä rooli työmaan päivittäisen työskentelyn onnistumisessa, on huomattava, että työmaatason mahdollisuudet vaikuttaa työmaan menestymiseen voivat olla rajalliset projektinjohtotasolla tehtyjen resurssi- ja muiden päätösten vuoksi. Tästä johtuen projektinjohtoon täytyy olla tietoinen valintojensa seurauksista työmaan toiminnan kannalta, jotta yrityksen tuotannollinen toiminta ei vaarannu resursointiratkaisuiden vuoksi. Seuraavan luvun malli auttaa projektinjohtoa tekemään resurssiratkaisuja ja

valmistelemään projekteja aloituskuntoon, jotta työmaatason johdolle pystytään tarjoamaan hyvät mahdollisuudet toteuttaa projekteja onnistuneesti.

### 3.1.3. *Projektinjohtoprosessi*

Projektinjohdon päätehtävä on vastata yritystason projektiportfoliosta ja resursseista. Tämän lisäksi projektinjohdon vastuulla on projektien seuranta. Projektinjohtoprosessi käsittää nämä tehtävät, jonka lisäksi se tukee myynti- ja rakennusprosessia ja toimii välittäjänä niiden välillä. Projektinjohdon tehtäviä vastaavaa roolia kuvaa esim. Gareis (1989, 245), joka erottelee yksittäisestä projektista vastuussa olevan projektipäällikön ja projektinjohdon tehtävät. Gareis'n ”Management by projects” -ohjaustapaa on kuvattu kappaleessa 2.2.2.

Projektinjohto vastaa koko yrityksen projektiportfoliosta, eli hallinnoi yritystasolla kaikkia yrityksen käynnissä olevia ja alkavia urakoita. Projektien hallintaan kuuluu käynnissä olevien projektien seuranta ja resursointi, työjonossa olevien projektien priorisointi ja aloittamisen esteiden poistaminen uusilta projekteilta.

Yrityksen resurssien tehokas käyttö on taloudellisen menestyksen perusedellytys työvaltaisella alalla, kuten esimerkiksi rakentamisessa. Harel ja Sacks (2006a) ovat tutkineet aliurakoitsijoita, joiden työkanta koostuu useista urakoista ja joiden taloudellinen tulos riippuu ensisijaisesti niiden resurssien käyttöasteesta ja seuraavaksi työtehosta projektien sisällä. Tämä otetaan lähtökohdaksi myös projektinjohdon tehtäviä ja niiden prioriteetteja määritettäessä. Projektinjohdon tulee siis varmistaa, että resursseilla on työtä tehtäväksi ja resurssit on allokoitu projekteille yrityksen tavoitteiden mukaisesti. Rakentamisen projektinjohdon malli käsittelee nimenomaan näitä projektinjohdon päätehtäviä, jotka muodostavat projektinjohtoprosessin ytimen. Kappaleen loppupuolella käsitellään myös projektinjohdon seuranta- ja tukitehtävät.

Projektinjohdon seurantatehtävä tarkoittaa tässä projektien etenemisen ja resurssien käyttöasteen seurantaa. Case-yrityksen tapauksessa projektinjohto on mukana myös taloudellisessa seurannassa, mutta taloudellinen seuranta ei ole osa tässä tutkimuksessa esitettyä mallia. Projektien ja resurssien hallinnan sekä seurantatehtävän lisäksi projektinjohto on oleellinen tuki sekä rakennus- että myyntiprosesseille ja sen työ liittyy ajallisesti myyntiprosessin ja rakennusprosessin ajalle. Projektinjohto tuo myyntiprosessiin tietämyksensä yrityksen työtilanteesta ja resurssien vapautumisesta, sekä oman näkemyksensä yrityksen onnistumisesta aiemmissa vastaavissa projekteissa. Projektin aloitusvaiheessa projektinjohto varmistaa, että myyntiprosessissa kerätty tieto ja tehdyt päätökset siirtyvät työmaaorganisaation tietoon

mahdollisimman saumattomasti. Työn korkean tason suunnittelua ja aikataulutusta on tehty jo myyntiprosessin aikana, koska aikataululla ja valituilla työtavoilla on merkittävä vaikutus urakan hinnoitteluun. Seuraavassa kappaleessa esitellään rakentamisen projektinjohdon malli, joka kuvaa projektinjohtoprosessin toteuttamista ja samalla projektinjohdon päätehtäviä.

### **3.2. Rakentamisen projektinjohdon mallin esittely**

Rakentamisen projektinjohdon malli on tarkoituksella melko geneerinen ja yksinkertainen, joka voi olla sekä etu että haaste. Yksinkertaisuus mahdollistaa sen helpon käyttöönoton ja toiminnan käytännön työkaluna. Toisaalta sen yksinkertaisuus voi rajoittaa sen käyttöä esimerkiksi suuremmissa organisaatioissa ja suurten projektiportfolioiden kanssa, jolloin tarvitaan mahdollisesti matemaattisia optimointimalleja päätöksentekoon. Mallin tarkoituksena on olla projektinjohdon ohjaustyökalu, jolla työ saadaan tehtyä. Se perustuu pitkälle luvun kaksi kirjallisuuskatsauksen työkaluihin ja niiden kehitelmiin.

Projektinjohdon mallissa (kuva 3-4) on kaksi pääkomponenttia, joita projektinjohtoprosessi käsittelee: yrityksen projektit ja resurssit. Malli jakautuu kolmeen tasoon: tuotannosuunnittelun tasoon, työjonoon ja järjestämättömiin töihin. Tasot pohjautuvat yrityksen tilauskirjassa olevien projektien jakamiseen niiden toteutumisen asteen mukaisesti: tuotannosuunnitelman tason projektit ovat alkamassa tai käynnissä, työjonon projektit ovat valmiita aloitettavaksi ja järjestämättömät työt eivät ole vielä aloituskelpoisia. Tasojen esitysjärjestys perustuu projektinjohdon näkökulmaan: normaalitilanteessa projektinjohdon ensimmäinen tehtävä on resurssien jakaminen tuotannossa oleville projekteille. Seuraavana tulee tehtävien osoittaminen työjonosta vapaille resursseille, ja vasta viimeisenä poistetaan esteitä uusilta projekteilta niiden siirtämiseksi tuotantoon tai työjonoon. Projektinjohdon tehtävät riippuvat siitä, minkä tason projekteihin ne kohdistuvat. Yleisesti ottaen projektinjohdon keskeisimmät tehtävät ovat alkavien projektien resursointi ja seuranta, työjonossa olevien projektien priorisointi ja aikataulutusta ja järjestämättömien töiden aloittamisen esteiden poistaminen.



Kuva 3-4, Projektinjohdon malli

Tässä kappaleessa kuvataan ensin projektien ja resurssien jaottelu, jonka jälkeen tarkastellaan projektijohdon päätehtäviä kullakin mallin tasolla.

### 3.2.1. Resurssien jaottelu

Resursseja jaotellaan mallissa kahdella tavalla; resurssityypin tai niiden tilan mukaan. Resurssityypin mukainen jaottelu case-yrityksen tapauksessa on esitetty kuvassa 3-5, ja sitä käsitellään tarkemmin kappaleen loppupuolella. Tilan mukaan resurssit voidaan jaotella vapaisiin ja varattuihin. Muutoksia resurssien tilassa tapahtuu päivittäin kun projekteja alkaa, loppuu ja keskeytyy. Tämän vuoksi resursseille voi olla tarpeen järjestellä työtä useita kertoja päivän aikana. Lähtökohtaisesti varatut resurssit on lukittu tuotantosuunnitelman mukaisille käynnissä oleville projekteille ja vapaat resurssit on mahdollista yhdistää työjonossa olevien projektien kanssa.

Alan luonteesta johtuen resurssit voivat työnjohtoa lukuun ottamatta olla yleensä mukana vain yhdessä projektissa samanaikaisesti. Tämän vuoksi Anavi-Isakowin ja Golanyn (2003, ks. 2.2.2, 21) kuvaama resurssien työajan jakaminen eri projektien välillä ja siitä aiheutuva tuottavuuden lasku ei suoranaisesti ole ongelma. Kuitenkin jos projektiryhmän koostumusta joudutaan vaihtamaan kesken projektia, vähentää se projektin aikaista oppimista, aiheuttaa ajallisia ja rahallisia asetuskustannuksia ja johtaa työtehon heikentymiseen.

Resursseja varatessa voidaan projektin aloitus joko kytkeä edellisen projektin valmistumiseen (imuohjaus), tai tarkkaan määriteltyyn päivään (työntöohjaus). Tuotantoaikataulun sitominen tiukasti tiettyyn aikaan saattaa aiheuttaa lisätyötä, jos työ jää kesken ja paikalle joudutaan palaamaan. Sitomalla projektin aloitus edellisen kohteen valmistumiseen voidaan välttää ylimääräisiä siirtoja ja työn järjestelyä. Imu- ja työntöohjausta on käsitelty kappaleissa 2.2.2. ja 2.2.3, ja imuohjaus on useassa otteessa todettu toimivaksi menetelmäksi. Rakentamisen projektinjohdon malli perustuu imuohjaukseen, eli perustilanteessa uusi projekti aloitetaan vasta kun resurssit vapautuvat edellisestä projektista.



Kuva 3-5, Resurssien jako resurssityypin mukaisesti

Rakentamisessa resurssit voidaan jakaa kuvan 3-5 jaottelun mukaisesti työnjohtoresursseihin, työntekijöihin, koneresursseihin sekä tukitoimintoihin, joita käsitellään seuraavaksi.

#### 1) Työnjohtoresurssit

Työnjohdon tehtäviin työmaalla kuuluu nimensä mukaisesti työnjohto ja -järjestely sekä usein myös tekninen työnjohto, joka on lähellä asiantuntijaroolia. Työnjohtoresursseiksi lasketaan myös suunnitteluresurssit, joita mahdollisesti tarvitaan projektin toteuttamiseksi.

Perinteisen työnjohdon tehtävänä on pyrkiä työllistämään käytössä olevat resurssit mahdollisimman tehokkaasti, minimoimaan viivytykset ja keskeytykset työmaan sisällä sekä varmistamaan, että työn laatu on vaaditulla tasolla. Työnjohdon tarve ja työnkuva vaihtelee merkittävästi projektin luonteesta riippuen. Työnjohtoresurssit voivat tietyissä projektityypeissä olla yrityksessä pullonkaula. Tällöin pyritään ajoittamaan työmaiden aloitukset työnjohtoresurssien vapautumisen mukaisesti tai vähentämään työnjohdon tarvetta työmaalla. Mahdollisesti myös projektinjohdo tulee mukaan työnjohdon avuksi. Työnjohto on vesihuollon urakoinnin resurssityypeistä ainoa, joka voi toimia useassa projektissa samanaikaisesti.

## 2) Työntekijät

Työntekijät voivat liikkua työkohteelta toiselle huomattavasti joustavammin kuin koneyksiköt, mutta siirtymiin työmaiden välillä ja työmaiden aloitukseen kuluu aikaa, joka on pois varsinaisesta tuottavasta toiminnasta. Koska työntekijöiden taitotasossa ja osaamisalueissa on usein merkittäviä eroja, tulee jokaiseen projektiin valita taidoiltaan sopiva työryhmä.

## 3) Koneresurssit

Koneyksikkö voidaan jakaa kaivinkoneeseen ja kuljettajaan, joita voidaan tarvittaessa käsitellä ja liikutella erillisinä yksiköinä. Tilanteesta riippuen koneyksikkö voidaan valita joko kuljettajan kykyjen tai kaivinkoneen teknisten ominaisuuksien mukaan.

Infra-alalla on yleistä, että yrityksen resursseissa on enemmän koneita kuin kuljettajia. Niiden tarvittava määrä kuitenkin riippuu koneen ominaisuuksista: pieniä ja pyörillä kulkevia koneita on huomattavasti nopeampi ja edullisempi siirtää kuin tela-alustaisia koneita.

## 4) Tukitoiminnot

Toimiakseen sujuvasti työmaaorganisaatio tarvitsee myös yrityksen yhteisiä resursseja, jotka eivät kuulu varsinaiseen rakentamiseen. Esimerkiksi koneiden säännöllinen huolto täytyy järjestää niin että projektin etenemä ei häiriinny. Samoin projektin varastointi, jätehuolto ja tarvikahuolto vaikuttavat merkittävästi projektin edistymiseen. Tukitoimintoihin varattuja resursseja on mahdollista ja kannattavaa käyttää myös projekteissa resurssinpuutteen aikaan, jolloin niillä on mahdollista tasata työn määrän vaihteluja.

### 3.2.2. *Projektien jaottelu*

Gerais'n (1989) tutkimus (ks. 2.2.2, taulukko 2-2) kuvaa projektinjohdon tärkeyttä projektiorientoituneen yrityksen menestykselle. Se myös korostaa projektinjohdon tarvetta työyrityksen toteuttamien projektien yksityiskohtia ja eri resurssivalintojen vaikutuksia yksittäiselle projektille. Yrityksen toteuttamien projektien luonne vaikuttaa olennaisesti yrityksen työnjärjestelyyn. Jotta projekteja pystytään priorisoimaan, aikatauluttamaan ja resursoimaan oikein, on projektijohdon oltava selvillä niiden perusominaisuuksista. Projektijohdon kannalta keskeisiä ominaisuuksia ovat projektin vaatima työ määrä, tekninen haastavuus, tilaajan asettamat vaatimukset aikataululle ja kannattavuus yritykselle. Vesihuollon yleisiä urakkatyyppejä käsitellään kappaleessa 4.1.3 ja case-yrityksen projektijakoa kappaleessa 4.2.2

### 3.2.3. Tuotannosuunnittelu

Mallin kuvauksen kohteena on vesihuollon urakointiyritys, joka järjestää käytännössä koko toimintansa projektimuotoisesti. Tuotannonohjaus yritystasolla tarkoittaa toteutettavien projektien valintaa ja niiden resursointia eli sopivien resurssien määräämistä kullekin projektille yrityksen resurssivarannosta. Tuotannosuunnittelun taso sisältää elementtejä Hans ym. (2007, ks. kappale 2.2.2) hierarkkisen mallin kapasiteettisuunnittelu-funktion taktiselta ja operaatioiden tasolta. Näitä ovat projektien valinta ja resurssien aikataulutus. Tuotannosuunnittelun tason projektien hallinnan lähtökohtana ovat lean-kirjallisuuden kappaleessa 2.2.3 käsitellyt työkalut jatkuvan, häiriöttömän virtauksen järjestäminen resursseille ja tuotannon imuohjaus.

Jokaisella yrityksellä on oman liiketoimintansa mukainen politiikka, jonka mukaisesti suoritettavat projektit valitaan ja priorisoidaan. Toteutettavat projektit voidaan valita esimerkiksi niiden kiireellisyyden, asiakkaan tärkeyden, kannattavuuden tai muun yrityksen valitseman ominaisuuden perusteella. Myös resurssien asettaminen projekteille on yrityksen kannalta strateginen valinta.

Tuotannosuunnittelun tasolla olevat projektit on kullakin hetkellä joko päätetty toteuttaa tai jo aloitettu. Normaalissa tilanteessa yrityksellä on tuotannosuunnittelun tasolla alkavia, jatkuvia ja päättyviä projekteja. Kun toteutettavat projektit on valittu, niille osoitetaan resurssit yrityksen resurssivarannosta. Alkaville projekteille pyritään löytämään resurssit vertaamalla yrityksen vapaita resursseja projektien resurssintarpeeseen. Jos vapaita resursseista on mahdollista löytää sopiva ryhmä projektille, lukitaan resurssit siihen ja siirrytään seuraavan projektin resursointiin. Tavoitteena voi yrityksen politiikan mukaisesti esimerkiksi olla tilanne, jossa vapaita resursseja ei ole, tai että muita työmaita palvelemissa on 5 % vapaita resursseja.

Jos yrityksellä ei ole vapaita resursseja, tarkastellaan jäljelle jäävien projektien aloittamisen välttämättömyyttä tai ajoituksen siirtämistä. Jos projekti täytyy aloittaa, pyritään resurssit hankkimaan yrityksen ulkopuolelta esimerkiksi alihankkijoita hyödyntäen tai irrottamaan jo järjestellyistä projekteista. Tällöin keskeisiä huomioitavia seikkoja ovat projektin aikataulu ja resurssien siirtokustannukset sisältäen sekä suorat kassavirtakustannukset että menetetyt ajan.

Projektijohdon seurantatehtävä liittyy projektien etenemisen ja erityisesti loppumisen seuraamiseen. Tällöin resurssien vapautumiseen on mahdollista varautua ja valita työjonosta seuraava projekti toteutukseen, tai pyrkiä poistamaan esteitä aloituskelvottomien projekteilta jotta resurssit pystytään pitämään tuottavassa työssä. Projektien vaihtuminen on myös hyvä aika

selvittää onko työryhmän koostumusta syytä vaihtaa. Tuotannonsuunnittelun tasosta voidaan sanoa, että projektinjohdon keskeisin tehtävä on projektien alkamisen ja loppumisen hallinta ja resurssien käytön optimointi.

#### **3.2.4. Työjono**

*Onko tekemistä riittävästi? Onko aika liian sirpaleista hyödynnettäväksi? Mitä säästyneellä ajalla tehdään? Entä jos projekti valmistuukin etuajassa?*

Rakentamisen projektinjohdon malli pyrkii vastaamaan näihin kysymyksiin työjonolla. Tuotantoa suojataan pitämällä työpuskurina riittävä määrä toteutuskelpoisia projekteja tai projektien vaiheita. Resurssien hallinnalle on selkeä etu, että työjonossa on sekä ajallisesti että laadullisesti monipuolisia tehtäviä. Tällöin vapautuvia resursseja voidaan todennäköisemmin kuormittaa tasaisesti ja muualla säästynyt aika pystytään käyttämään hyödyksi. Tämä työpuskuri on tarpeellinen kysynnän ja tuotannon vaihtelun tasaamiseksi. Työjonon etukäteissuunnittelulla on mahdollista vähentää hukkatunteja, joka parantaa suoraan resurssien käyttöastetta. Esimerkiksi Anavi-Isakow ja Golany (2003, ks. kappale 2.2.2) ovat ehdottaneet työjonon käyttöä moniprojektitympäristössä toimivien yritysten resurssien kuormituksen tasaamiseksi ja tuotannossa olevien projektien määrän tasoittamiseksi. Ballard (2000, ks. kappale 2.2.4) taas pitää tuotantoyksikön tehokkuuden kannalta tärkeänä pitää yllä työpuskuria, josta työyksiköille on mahdollista jakaa tehtäviä.

Työjonon projektien ei tarvitse välttämättä liittyä asiakasprojekteihin, vaan ne voivat olla yrityksen sisäisiä töitä, koulutusta tai esimerkiksi takuutöitä. Päätarkoituksena on käyttää resurssien aika yrityksen näkökulmasta parhaiten tuottaviin töihin. Työjonon tarkoitus onkin olla helppo ja näppärä tapa yhdistää resursseja ja työtä, ja työkalu jolla myös projektinjohto pystyy tasaamaan omaa työkuormaansa ja ennakoimaan tulevaa. Esimerkiksi järjestämättömien töiden saattaminen aloituskuntoon voi tasata projektinjohdon muuten hiljaista työtilannetta.

Ennen kuin projekti voidaan lisätä työjonoon, tulee sen olla aloituskelpoinen. Aloituskelpoisuutta tarkastellaan seuraavassa kappaleessa, joka esittelee mallin kolmannen tason.

#### **3.2.5. Järjestämättömät työt**

Rakennusalan erikoispiirteisiin kuuluu työskentely epäoptimaalisissa oloissa (Koskela, 2000, ks. kappale 2.1.2). Näitä olosuhteita ovat mm. edellisten työvaiheiden puutteellisuus ja jatkuvat keskeytykset johtuen materiaalin, työkalujen tai ohjeiden puutteesta. Projekteja, joissa näitä

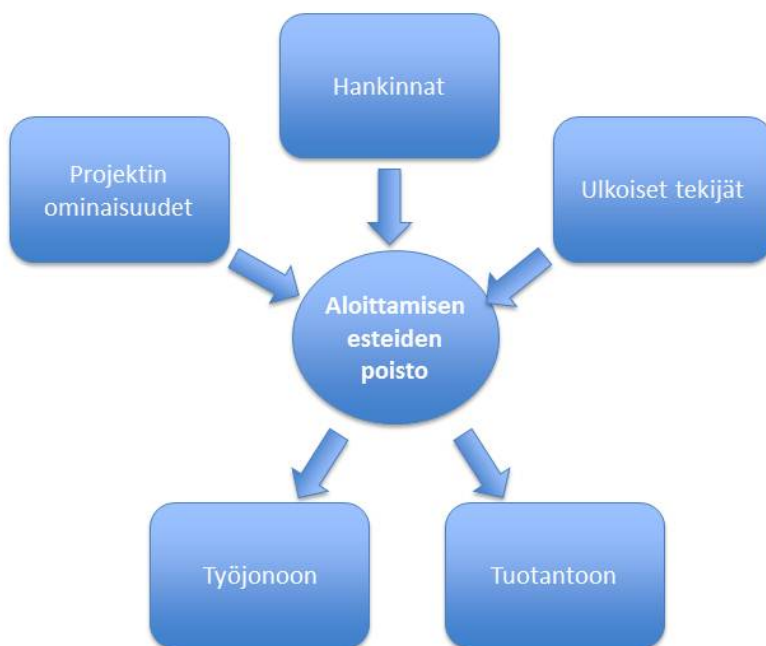


mahdollisia ongelmia ei ole pyritty poistamaan, kutsutaan järjestämättömiksi töiksi. Myös Ballard (2000, ks. 2.2.4) pyrkii tuotantoyksikön hallinnalla tuottamaan tuotantoyksiköille hyvälaatuisia työpaketteja, joka vastaa samaa tavoitetta johon tässä mallin osassa pyritään.

Koskelan (2000, 188) mukaan edellytykset aloituskelpoiselle työtehtävälle ovat

- 1) valmiit tekniset asiakirjat (luvat, suunnitelmat jne)
- 2) komponentit ja materiaalit (projektin vaatimat putket ja pumppaamo saapuneet)
- 3) tila (ei muita asennustöitä kyseisellä paikalla menossa, tiealue varattu)
- 4) aiemmat työvaiheet (puut kaadettu kaivannon tieltä, kaapelinäytöt kysytyt)
- 5) ulkoiset olosuhteet (esimerkiksi sää)

Tämän pohjalta projektin aloittamisen esteiden poistamiseksi on otettava huomioon joukko tekijöitä, jotka voidaan jakaa kolmeen ryhmään: projektin luonteesta riippuviin, hankintoihin liittyviin sekä ulkoisiin tekijöihin (kuva 3-6).



Kuva 3-6, Huomioitavat asiat projektin aloituksen esteiden poistamiseksi

Huomioitavia asioita eritellään tarkemmin seuraavaksi kuvan 3-6 mukaisesti.

#### 1) Projektin ominaisuudet

Projektin perusominaisuudet eli työmäärä, tekninen haastavuus ja aikataulu ovat asioita, jotka on tärkeä selvittää ensimmäisinä. Projektin näkökulmasta selvitetään millainen työryhmä pystyy toteuttamaan projektin parhaiten sekä mikä on resurssien vähimmäistaitotaso, jolla projekti

voidaan suorittaa. Arvioitu työmäärä vaikuttaa suoraan projektin tarvitsemien resurssien määrään. Projektin laajuus ja haastavuus vaikuttavat myös päätökseen siitä, vaatiiko projekti aliurakoitsijoiden käyttöä vai rakennetaanko projekti omana työnä. Yleensä päätös aliurakoitsijoiden käytöstä tehdään jo urakkalaskentavaiheessa. Aloittamisen esteitä projektin laajuuteen ja haastavuuteen liittyen voivat olla yrityksen omien tai ulkopuolisten avainresurssien saatavuus tai tarvittava suunnittelu.

Projektin toteutusaikataulu on yleensä määritetty teknisissä asiakirjoissa ainoastaan valmistuspäivän tarkkuudella. Teknisistä asiakirjoista ei usein suoraan pystytä johtamaan projektin kiireysastetta, vaan aikataulua täytyy verrata projektin laajuuteen ja yrityksen tuotantokyvyyksiin. Usein hankintalaista tai asiakirjoista käy myös ilmi, milloin työn aloittaminen on mahdollista. Jos projekti ei ole vielä aloituskelpoinen, esimerkiksi projekti voidaan aloittaa kahden viikon kuluttua kun melulupa on saanut lainvoiman, voidaan projekti lisätä tuotantoon tai työjonoon vasta tämän jälkeen.

## 2) Hankinnat

Projektiin saattaa liittyä kriittisiä, pitkän toimitusajan hankintoja, jotka on pakko tilata välittömästi projektin varmistumisen jälkeen ja joiden saaminen rytmittää projektin kulkua. Näiden hankintojen keskeneräisyys saattaa tehdä projektista aloituskelvottoman.

Työmaalla tarvittavat materiaalit voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäisen osan muodostavat projektin runkohankinnat kuten putket ja kaivot, jotka usein toimitetaan suoraan urakkapaikalle ja hankinnat tehdään jo projektihallinnan vaiheessa. Toinen osa on pienhankinnat ja työkalut, joita tarvitaan projektin edetessä. Koska tarvikehankintoja täytyy usein tehdä oletusten perusteella, on yleistä että hankinnat eivät täysin osu yhteen lopullisen tarpeen kanssa.

## 3) Ulkoiset tekijät

Projektia aloitettaessa on yrityksen ja asiakkaan lisäksi otettava huomioon myös muita tahoja. Näitä voivat olla viranomaiset, tulevat asiakkaat tai esimerkiksi lähiseutujen asukkaat, joiden elämää työmaa haittaa. Projektiin vaikuttavat ulkoiset tekijät voidaan jakaa tarvittaviin viranomaisilmoituksiin ja lupiin, liikenteenjärjestelyihin ja työmaan suojaamiseen sekä muihin tekijöihin kuten säähän.

## **4. Case vesihuollon urakointi**

Tutkimuksen kohteena on pieni vesihuollon ja infrastruktuurialan urakointiyritys ja sen yritystason projektien ja resurssien hallinta. Tässä kappaleessa kuvataan ensiksi infrastruktuurin rakennusalaan yleisesti, jonka jälkeen käsitellään alan sopimuksellisia urakkamuotoja ja yleisiä urakkatyyppisiä. Tämän jälkeen siirrytään käsittelemään case-yrityksen tuotantoa rakentamisen projektinjohtomallin mukaisesti.

Kappaleessa 4.1 käsitellään toimialan esittely ja ominaispiirteet, jonka jälkeen luokitellaan vesihuollon yleisiä projektikäytäntöjä maksu- ja suoriteperusteiden pohjalta ja urakkatyyppien pohjalta. Kappaleessa 4.2 käsitellään vesihuollon urakointiyrityksen resursseja, projektityyppejä ja yrityksen tuotannosuunnittelua ja projektinjohtoa kolmannen kappaleen mallin mukaisesti. Lopuksi esitetään suosituksia yrityksen projektinjohtoon kehittämiseksi.

### **4.1. Toimialan esittely**

Kappaleen tarkoituksena on kuvata infrastruktuurin rakennusalan (myöhemmin infra-alan) ja rakennusprojektin ominaispiirteitä ja projektityyppejä. Case-yrityksen liiketoiminta keskittyy vesihuollon projektien toteuttamiseen, joten myös tässä luvussa keskitytään kuvaamaan infra-alaa vesihuollon erityispiirteitä painottaen.

Infrastruktuurihanke syntyy tarpeesta luoda, korjata, ylläpitää tai parantaa tuotannollisen ja taloudellisen kehityksen perusehtoja, kuten kuljetusmahdollisuuksia ja veden jakelua tai yhteiskunnan toiminnalle välttämättömiä palveluja, kuten tieväyliä. Infrastruktuurirakentaminen terminä käsittää kaiken yhteiskunnan toiminnalle välttämättömän infrastruktuurin rakentamisen, kunnossapidon ja korjaamisen. Infrahankkeet sisältävät tyypillisesti liikenneväylien, lentokenttien ja satamien, energiasektorin, vesihuollon, kalliotilojen, tietoliikenne- ja sähköverkkojen ja infrarakenteiden rakentamista, ympäristörakentamista ja osia teollisuusrakentamisesta. Yksittäinen hanke sisältää tyypillisesti useita näistä alueista. (Montin ym., 2005).

Vesihuolto on yksi osa infrastruktuuria. Sillä tarkoitetaan yhdyskuntien ja teollisuuden vedenhankintaa ja jäteveden poisjohtamista kaikkine niiden tarvitsemine laitteineen ja toimintoineen (RIL, 2003, 13) Vesihuollon verkostot ovat merkittävä osa maamme kansallisvarallisuutta. Mittakaavaan asettamiseksi vuonna 2001 vesijohtoputkien kokonaispituus oli noin 83 500 km ja viemärien noin 40 800 km (Forss, 2005). Vesihuollon verkostot ovat samalla yksi osa Suomen kriittistä infrastruktuuria, joka näyttelee merkittävää osaa maamme

huoltovarmuudessa ja joka on turvattava kaikissa tilanteissa (Hagelstam, 2005). Vesihuoltoverkostojen, samoin kuin muun teknisen infrastruktuurin, korjausvelka kasvaa jatkuvasti (RIL, 2009). *Rakennetun omaisuuden tila 2009* (RIL, 2009) -tutkimuksen mukaan saneeraukseen käytettävät varat olisi kolminkertaistettava lähivuosina, jotta yli 30 vuoden ikään tulleita verkostoja pystyttäisiin saneeraamaan.

Infra-alan suuret urakoitsijat ovat tyypillisesti projektinjohto-organisaatioita keskittyen työnjohtoon, hankintoihin ja sopimushallintaan. Pääurakoitsija eli päätoteuttaja on sopimussuhteessa rakennuttajaan, ja vastaa kohteen laadusta ja valmistumisesta. Pääurakoitsijalla ei välttämättä ole omaa rakennusorganisaatiota tiettyjä erityisosaamisaloja lukuun ottamatta, vaan merkittävä osa rakennustyöstä ostetaan aliurakoitsijoilta. Pääurakoitsijoiden työnjohto ja ydinryhmä voivat siirtyä urakasta toiseen ja hankkia tarvittavan työvoiman paikallisilta urakoitsijoilta tai työmarkkinoilta. Koska infrarakentaminen on paikkaan sidottua toimintaa, jossa työvoima- ja matkakustannukset näyttelevät merkittävää roolia, on paikallisten toimijoiden käyttäminen projektin toteuttamiseen kustannustehokasta. Infrastruktuurirakentamisen sektoreiden yhteisarvo Suomessa on yhteen 5,5 miljardia euroa (VTT, 2010), josta vesihuollon osuus on noin 10 %.

Aliurakoitsijat ovat tyypillisesti pääurakoitsijaa pienempiä, erikoistuneita ja usein paikallisia toimijoita. Yleisiä aliurakoitsijoita infra-alan hankkeissa ovat maarakennusurakoitsijat, konepalveluyrittäjät ja kuljetusyrittäjät. Konepalveluyrittäjät muodostavat maarakennuskoneesta, lisälaitteista ja kuljettajasta koostuvan yksikön, joka tuottaa palveluita pääurakoitsijan työnjohdon alaisuudessa, kun taas maarakennusurakoitsijat ottavat laajempaa hinta- ja määräriskiä ja toimivat usein itsenäisesti ilman pääurakoitsijan työnjohtoa.

#### *4.1.1. Infrastruktuurialan ominaispiirteet*

Infrarakentaminen tuotantona sijoittuu ominaisuuksiensa puolesta talonrakennuksen ja teollisen tuotannon välille.

Infratyömaa voidaan usein jakaa useaan eri työpisteeseen, joista osa on toisistaan riippuvia, osa itsenäisiä mutta jotka toteutetaan pitkälti samoilla resursseilla. Itsenäisten työpisteiden määrä lisää mahdollisuuksia työn organisointiin, ja useiden työpisteiden hyödyntämisellä on mahdollista vähentää tuotannon vaihtelusta aiheutuvaa odotusta ja tuotannon menetyksiä. Talonrakennuksen ja infrarakentamisen erojen kuvaaminen tässä suhteessa on melko helppoa: on vaikeaa rakentaa kolmatta kerrosta kerrostaloon ennen toista, mutta valtatie tai siirtoviemäriä

voidaan rakentaa useasta eri kohdasta linjalla samanaikaisesti. Toisaalta työpisteiden suurempi lukumäärä lisää projektinhallinnan tarvetta.

Infratyömaan toiminta-alue ja toimintaolosuhteet vaihtelevat huomattavasti. Projektin toiminta-ala voi olla kymmenen neliömetrin alue keskellä moottoritietä tai toisaalta kilometrien mittainen linjahanke. Tämä asettaa vaatimuksia työnjohdolle, jonka järjestely- ja valvontatehtävä vaikeutuu. Suurella toiminta-alueella haasteita ovat mm. työyksiköiden pitkät siirtymämatkat ja -ajat ja materiaalilogistiikan ja koneiden huoltotoiminnan järjestäminen optimaalisesti.

Yksittäisen projektin kesto voi vaihdella infrahankkeissa tunneista kuukausiin ja jopa vuosiin. Infrahankkeille on ominaista, että kaluston siirto- ja asetusaika sekä aloituskustannus pysyvät kutakuinkin samana työn kestosta riippumatta. Projektin asetus- tai perustamisaikaan kuuluvat tarvittavien raskaiden koneiden ja muun kaluston siirto ja työntekijöiden ohjaaminen projektista seuraavaan.

Työyksikkö voi infratyömaalla koostua esimerkiksi kaivinkoneesta, kuljetusvälineestä ja asentajasta. Koska eri yksiköiden työtahdit vaihtelevat, ei kaikkien työyksikön osien käyttöastetta ole mahdollista pitää samana vaan yksi tahdistava kone määrää tuotantotahdin. Tämä odotuksen muoto on luonnollinen osa rakennusprosessia, eikä sitä voida kokonaan poistaa. Muiden yksiköiden odotusta on kuitenkin mahdollista vähentää optimoimalla käytettävien koneiden ja työvoiman määrää. Koska työkohteet ovat usein heikosti kartoitettuja ja kuvattuja, löytyy maan alta usein yllätyksiä jotka hidastavat työn etenemistä ja aiheuttavat suunnitelmamuutoksia. Työ joudutaan usein pysäyttämään, kunnes saadaan ratkaistuksi miten uudessa tilanteessa toimitaan. Perinteinen tuotannonhallinta ei ole juuri ottanut kantaa tämän tyyppisten muutosten vaikutuksiin, vaan niistä aiheutuvat viiveet on otettu annettuina ja laskettu mukaan yksiköiden työtehoon.

Työmaalogistiikka, sisältäen koneiden, massojen ja materiaalien kuljetukset ja varastoinnin, on merkittävä osa infrahankkeiden toteutusta. Maavarastot määrittävät hyvin pitkälle kuljetuskaluston tarpeen linjarakentamisessa. Maamassojen määrä ja varastointi määrittävät usein projektin reunaehdot ja luonteen. Työvälineiden ja materiaalien kuljettaminen ja varastointi vaativat etukäteissuunnittelua pitkien etäisyyksien ja materiaalien vaikean liikuteltavuuden vuoksi. Lisäksi työmaan sisäinen logistiikka on otettava huomioon, koska työmaa voi liikkua ja varaston tulisi liikkua prosessin mukana.

Hankintojen osuus projektin suuruudesta vaihtelee merkittävästi, mutta materiaalipuskuria huomattavasti suurempi kustannus voi syntyä työmaan seisahtumisesta tarvikepuutteiden vuoksi. Jo muutamien tuntien odotuksesta aiheutuva tuotannon menetys voi maksaa laskennallisesti enemmän, kuin korkokustannukset urakan materiaalien hankinnasta etukäteen. Koska työmaalle hankituista, asentamattomista materiaaleista ei ole Suomessa lähtökohtaisesti (RAKLI, 1998) mahdollista saada korvausta, on varsinaisen asennustyön eteneminen tärkeää toteuttajan kassavirralle. Koska materiaalikustannukset voivat olla linjaurakoissa merkittäviä, sitoutuu projektiin jatkuvasti lisää pääomaa etenemän hidastuessa.

Infraprojektin suunnitteluun urakoitsijan näkökulmasta kuuluvat Hartikaisen (2000) mukaan massansiirron suunnittelu ja työsuunnittelu. Työsuunnittelussa tehtävänä on etukäteen etsiä taloudellisin ratkaisu rakentamistehtävän toteuttamiselle. Työsuunnitelma vastaa kysymyksiin mitä, milloin ja miten tehdään. Työsuunnitteluun rakennusalalla liittyviä käsitteitä ovat toimintaväline, toimintayksikkö, ammattityöntekijä ja sekatyöntekijä. Toimintaväline tarkoittaa työhön käytettyä konetta tai henkilöä, toimintayksikkö taas toimintavälineiden yhdistelmää, esimerkiksi kaivinkoneen ja asentajan ryhmää. Aikamenekki ja työn kesto ovat tärkeimmät aikakäsitteet työsuunnittelun kannalta. Kuljetusten osuus infraprojektien kokonaiskustannuksista on noin kolmannes, joten ne ovat todella merkittävä tekijä työmaan onnistumisen kannalta. Työsuunnittelu keskittyykin olosuhteisiin sopivan kuljetuskaluston ja sen määrien valintaan ja massavirtojen hallintaan.

Edellä kuvattu perinteinen infratyömaan työsuunnittelutapa ei ota kantaa siihen, tehdäänkö oikeita töitä ja tehdäänkö töitä virheettömästi. Menetelmä kuvastaa vahvasti luvussa 2.1.1 esiteltyä transformaatio-tuotantoteoriaa, eikä mene syvemmälle työn ohjauksessa tai työvaiheiden yhteen sovittamisessa. Hyvää työnjärjestelyä pidetään itsestäänselvyytenä. Vaikka infraprojektit usein ovat suurelta osin selkeitä kokonaisuuksia, joissa toistetaan samoja työvaiheita, ei perinteinen työsuunnittelu välttämättä tuota parasta mahdollista lopputulosta työmaan onnistumisen kannalta.

Kempainen ym. (2004) kuvaavat tutkimuksessaan tapoja, joilla lean construction -työkaluja on otettu käyttöön infrarakentamisessa, tarkemmin isoissa maansiirtohankkeissa. Koska massansiirtojen osuus urakan kokonaiskustannuksista voi olla jopa 50 prosenttia, on siihen liittyvässä työsuunnittelussa mahdollisuus parantaa lopputulosta merkittävästi. Kempaisen ym. (2004, 2) mukaan lean construction -työkalujen käytön tavoitteena on ylimääräisen varastoinnin aiheuttaman hukan minimointi, niukkojen resurssien ylivaraamisen vähentäminen tehokkaalla

työketjujen hallinnalla, materiaalivirtojen aiheuttamien kustannusten minimointi ja työvirran maksimointi käyttäen Last Planner -tyyppisiä työsuunnittelutekniikoita (Ballard, 2000, ks. kappale 2.2.2). Lisäksi tavoitteena on varmistaa riittävä tiedonkulku kaikille tarpeellisille tahoille, työvirran seuranta ja vertailu suunniteltuun ja poikkeamien vaikutusten ennustaminen koko projektin näkökulmasta. Kemppaisen ym. (2004) tutkimuksen pääosassa on massansiirtojen optimointiin kehitetty ohjelma DSS, jonka avulla tavoitteet on pystytty saavuttamaan useissa suurissa infraprojekteissa. Tutkimuksessa todetaan, että leanin periaatteisiin perustuvan ohjelman avulla pystyttiin parantamaan työmaan etukäteissuunnittelua ja siten edistämään projektien onnistumista.

#### *4.1.2. Urakointi ja urakkamuodot*

Rakennusurakointi voidaan määritellä prosessina, jolla rakennetaan teknisten asiakirjojen mukaisia rakennuksia tai rakennelmia tarvittavien tuotannontekijöiden organisoimalla ja johtamisen avulla (Cannon ja Hillebrandt, 1994). Urakoinnille ominainen piirre on rakentaminen hinta- ja määräriskillä verrattuna työsuorituksen myymiseen muulla korvausperusteella, esimerkiksi laskutyönä (Stevens, 2006). Hintariski (maksuperuste) tarkoittaa tässä kannan ottamista siihen, millä kustannuksilla tietty tuotos tai rakennelma pystytään toteuttamaan. Määräriski (suoriteperuste) taas ottaa kantaa massalaskentaan ja tarvittavan työn määrän arvioimiseen.

Oheessa on kuvattu yleisimpiä vesihuollon urakkamuotoja Jokirannan (2007, 36–42) mukaan. Urakkamuodot kuvaavat rakennusprojektin osapuolten suhdetta ja vastuita toisiinsa, ja ne eroavat maksuperusteen ja osapuolten suoritusvelvollisuuksien suhteen. Maksuperuste tarkoittaa nimensä mukaisesti millä perusteella urakoitsijalle maksetaan. Maksuperusteen mukaan urakat voidaan jaotella kokonaishintaurakkaan, laskutyöurakkaan, tavoitehinta- ja yksikköhintaurakkaan. Urakoitsijan kannalta projektin urakkamuoto vaikuttaa merkittävästi työnjärjestelyyn ja tuotannonsuunnitteluun, sekä riskien minimoimiseen että tuoton maksimoinnin näkökulmista. Kyseessä on siis sopimustekninen jako eri projektityyppien välillä. Kappaleessa 4.1.3 käsitellään urakkatyyppejä työn sisällön perusteella.

Kokonaishintaurakassa urakoitsija antaa kiinteän hinnan, jolla on valmis toteuttamaan projektin suunnitelmien mukaisesti. Usein kokonaishintaurakka on kokonaisurakka, jolloin pääurakoitsija on rakennuttajalle vastuussa projektin lopputuloksesta ja kaikkien aliurakoitsijoiden työstä. Pääurakoitsija ja rakennuttaja sopivat urakkaneuvotteluvaiheessa maksuerätaulukosta, jonka mukaisesti urakkasumma tilitetään urakoitsijalle toteutuneiden suoritteiden suhteessa.

Vesihuollon urakoissa kyseiset toteutumisen virstanpylväät ovat yleensä hyvin konkreettisia, esimerkiksi tietty metrimäärä kaivettua, asennettua ja peitettyä linjaa tai asennettu pumppaamo. Kokonaishintaurakan luonteeseen kuuluu, että urakoitsija ottaa suunnitelma-asiakirjojen laatuvaatimukset minimitasona ja pyrkii välttämään vaatimukset ylittävää laatua optimoidakseen työmaan tulosta, rakennusalaan kutsutaankin minimilaadun alaksi. Urakkamuodossa sekä määrää että hintariskit ovat usein urakoitsijalla, joten rakennuttajan ei tarvitse keskittyä niiden valvomiseen. Urakoitsijan näkökulmasta kokonaishintaurakka on urakkamuodoista eniten riskinen. Toisaalta se voi myös olla onnistuessaan taloudellisesti todella kannattava.

Yksikköhintaurakka, jossa urakoitsija tarjoaa hinnan määräyksikköä kohden, sopii kohteisiin joissa toteutuvat määrät eivät ole tarkkaan tiedossa. Yksikköhintaurakkaa käytetään usein maarakennustöissä, jolloin urakoitsija voi esimerkiksi antaa kuutio- tai metrihinnan kaivetuille tai peitetyille massoille ja määräriski säilyy rakennuttajalla.

Laskutyöurakassa rakennuttaja sitoutuu maksamaan urakasta toteutuvat kustannukset sovittujen sopimushintojen mukaisesti. Riski lopullisista kustannuksista jää siis rakennuttajalle. Urakkamuoto sopii hyvin vaikeisiin ja epäselviin projekteihin, joiden lopullista laajuutta tai suoritustapoja ei tunneta. Laskutyöurakassa urakoitsija ei yleensä voi laskuttaa työnjohdosta, ja osassa projekteista rakennuttaja hoitaaakin työnjohdon.

Kehittyneitä urakkamuotoja, tavoitehintaurakkaa ja SR(suunnittele ja rakenna)-urakkaa käytetään lähinnä suurissa kohteissa. Tavoitehintaurakassa urakoitsija ja rakennuttaja sopivat urakan tavoitekustannuksista, ja kustannusarvion ylityksen tai alituksen jakamisesta urakoitsijan ja rakennuttajan välillä. SR-urakassa päätoteuttaja voi tulla rakennusprosessiin mukaan jo suunnitteluvaiheessa ja vaikuttaa urakassa käytettyihin työtapoihin. Lisäksi rakennustyöt on mahdollista aloittaa näissä urakkamuodoissa ennen kuin suunnitelmat ovat valmiit, koska suunnittelua ja rakentamista voidaan tehdä samanaikaisesti.

Mitä monimutkaisempiin ja riskisempiin projekteihin mennään, sitä enemmän tyypillisesti siirrytään kokonaisurakasta kohti projektinjohtourakkaa, yksikköhintaurakkaa, laskutyöurakkaa tai muita jaetun riskin urakkamuotoja. Rakennuttajan kannalta kyse on siitä, että riskisissä urakoissa kustannukset nousevat helposti koviksi rakentajien hinnoitellessa riskit mukaan urakkatarjoukseen. Tällöin rakennuttaja voi alentaa kustannuksia ottamalla osan riskistä kannettavakseen.



#### 4.1.3. Vesihuollon urakkatyypit

Edellisessä kappaleessa jaoteltiin eri urakkamuodot suoritus- ja maksuperusteen mukaisesti, eli miten vastuut jakautuvat tilaajan ja urakoitsijan välille. Tässä kappaleessa urakkatyypit jaetaan varsinaisen rakennettavan kohteen perusteella. Tässä tutkimuksessa urakkatyypit jaetaan uudisrakentamiseen, saneeraukseen, hätätyöhön ja konepalveluun, jolloin voidaan parhaiten tuoda esiin urakkatyyppien erikoispiirteitä. Rakentajan näkökulmasta urakkatyyppi vaikuttaa muun muassa kohteen resursointiin, projektinhallintaan ja mahdollisiin rakennusmenetelmiin.

##### 1) Vesihuollon uudisrakentaminen

Vesihuollon linjarakentamisessa rakennetaan uutta johtoverkostoa veden tai muun aineen kuljettamiseksi. Vesihuollon linjoissa liikkuu joko puhdasta verkostovettä (vesijohdot), hulevettä eli sulamis- ja sadevesiä (sadevesiviemärit) tai jätevettä (jätevesiviemärit). Muita linjarakennuskohteita ovat esimerkiksi kaukolämpöverkostot. Yleisiä linjakohteita kaupunkialueen ulkopuolella ovat siirtoviemärit, siirtovesijohdot ja hulevesiviemärit ja kaava-alueiden laajennusten yhteydessä toteutettava vesihuoltoinfrastruktuuri. Nämä linjat ovat vesihuollon investointeja, joilla pyritään joko turvaamaan yhteiskunnan perusedellytyksiä (esimerkiksi vedenjakelu), tehostamaan toimintaa siirtämällä jätevesien käsittely suurempiin laitoksiin, tai vastaamalla kasvavaan kysyntään uusilla asuinalueilla. Vesihuollon uudisrakennusurakat ovat usein melko pitkäkestoisia ja niiden toteutusajat vaihtelevat viikoista ja kuukausista jopa useisiin vuosiin.

Linjan sijoittuminen vaikuttaa merkittävästi sen rakentamisvaatimukseen ja työtapoihin. Kaupunkialueella toteutettavat kaivutyöt asettavat haasteita niin liikenteenjärjestelyn ja turvallisuuden kuin kaivutarkkuudenkin suhteen verrattuna kaupunkialueen ulkopuoliseen rakentamiseen. Valmiiksi rakennetussa ympäristössä on maan alla merkittävässä määrin valmista infrastruktuuria kuten sähkö- ja tietoliikennekaapeleita, vesi- ja viemärijohtolinjoja, kaukolämpölinjoja sekä muita rakenteita joita on varottava ja otettava huomioon. Tämä vaikuttaa suoraan työnopeuteen, tarkkuuteen ja mahdollisuuksiin käyttää kaivinkonetta apuna työssä. Esimerkiksi Helsingin keskustassa monin paikoin suuri osa kaivutyöstä joudutaan tekemään pääosin ilman koneita tiheiden kaapelimattojen ja muiden valmiiden rakenteiden turvaamiseksi.

##### 2) Korjausrakentaminen

Korjausrakentamista eli saneerausta voidaan infrarakentamisessa toteuttaa useilla eri menetelmillä, joko rikkomalla tai hyväksikäyttämällä nykyisiä rakenteita. Saneeraus tarkoittaa toimenpiteitä, joilla säilytetään tai parannetaan olemassa olevien infrarakenteiden, kuten

putkilinjojen, ratojen tai teiden toimintakykyä. Rakenteellinen saneeraus jaetaan peruskorjaukseen, perusparannukseen ja uusimiseen (Forss, 2005).

Kaivamalla uusimismenetelmiin voidaan soveltaa samoja työtapoja kuin linjojen uudisrakentamiseen valmiiksi rakennetussa ympäristössä. Käytössä olevien linjojen saneeraus on kuitenkin usein monipuolisempaa ja haastavampaa kuin uuden linjan rakentaminen, koska useissa tapauksissa yhteiskunnan toiminnalle tärkeiden palveluiden kuten vedenjakelun tulisi olla käytössä myös rakennusaikana.

### 3) Häiriö- ja rikkotilanteiden korjaaminen

Koska infrastruktuuri käsittää yhteiskunnan toiminnalle oleellisia ja usein välttämättömiä toimintoja, voivat häiriö- ja rikkoutumistilanteet olla kriittisiä niiden vastuullisille organisaatioille. Vesihuollon ja sähkönjakelun toimivuus on lähes välttämätön nykyisessä kaupunkimaisessa asuinmuodossa ja runkovesijohdon rikkoutuminen on hoidettava välittömästi hätätyönä, oli tilanne millainen tahansa. Infrastruktuurin haavoittuvuudesta saatiin jälleen muistutus kesän 2010 myrskyjen yhteydessä, jolloin kokonaisia kaupunkeja uhkasi jäädä ilman vettä ja sähköä useiksi päiviksi.

Hätätyöllä on tiettyjä perusominaisuuksia. Ne ovat usein ennakoimattomia, kiireellisiä ja lyhytkestoisia. Tällöin korostuu resurssien tehokas organisointi, jotta työmaa saadaan nopeasti perustettua, tarvittava kalusto ja työntekijät paikalle ja vika paikallistettua ja korjattua. Hätätyöt voivat aiheuttaa merkittäviä muutoksia toteuttajan tuotannosuunnittelussa ja viiveitä muussa tuotannossa. Vesihuollon verkostojen hätätöissä on usein vaikeaa tai mahdotonta välttää kaivamista.

Hätätöissä korostuu myös työturvallisuuden merkitys, koska korjattavat rakenteet ovat käytössä ja korjaustyö voi kohdistua vilkkaasti liikennöityyn ja tiiviisti rakennettuun alueeseen. Korjaus tapahtuu myös usein normaalien työaikojen ulkopuolella, jolloin riskeinä ovat työntekijöiden väsymys ja ulkoiset olosuhteet kuten valon puute. Kun kiire, vaikutukset työsuunnitteluun ja haastavat työolosuhteet yhdistetään, tulee yrityksen projektinjohdon pystyä toimimaan tehokkaasti, jotta myös hätätyöt on mahdollista toteuttaa ilman merkittäviä häiriöitä muussa yrityksen tuotannossa.

### 4) Konepalvelu

Konepalvelussa tarjotaan asiakkaalle palveluyksikköä, joka muodostuu maarakennuskoneesta, lisälaitteista ja kuljettajasta. Tämä yksikkö tuottaa palveluita asiakkaan työnjohdon alaisuudessa,

usein sovittua tunti- tai yksikköhintaa vastaan. Kyse on käytännössä siis koneen vuokraamisesta kuljettajineen toisen palvelukseen sovittujen ehtojen mukaisesti.

#### **4.2. Rakentamisen projektinjohdon malli case-yrityksessä**

Case-yritys on pieni vesihuollon urakointiyritys, joka työllistää kymmenestä viiteentoista henkeä Itä-Suomessa. Yritys toimii päätoteuttajana pienissä, alle miljoonan euron kokoluokan vesihuollon urakoissa ja sen vuotuinen liikevaihto on noin 1,5 miljoonaa euroa. Yrityksessä on parhaillaan menossa sukupolvenvaihdos, jonka vuoksi yrityksen käytäntöjä ja toimintatapoja pyritään kuvaamaan ja kehittämään eteenpäin.

Yrityksen toimintaympäristö on muuttunut viimeisen kymmenen vuoden sisällä merkittävästi, kun kaupunki on pyrkinyt tehostamaan organisaationsa toimintaa ja ulkoistanut vesihuollon rakentamista ulkopuolisille. Tämä on lisännyt yrityksen toteuttamien projektien lukumäärää merkittävästi, jonka lisäksi alueella on alkanut suuria infrahankkeita. Yhdistettynä nämä seikat tulevat yrityksen näkemyksen mukaisesti kasvattamaan markkinan kokoa merkittävästi seuraavan viiden vuoden ajaksi. Yritys on saavuttanut merkittävän jalansijan alueen vesihuollon rakentamisessa, ja sen tarkoituksena on hyödyntää tilannetta systemaattisesti.

Alan luonteeseen kuuluu tiukka kilpailu ja alhainen hintataso, joka pakottaa yrityksen pitämään yllä jatkuvaa työkantaa. Yrityksen perustoiminnan kannalta on tärkeää, että sillä on jokaisella ajanhetkellä toteutettavana yksi tai useampia projekteja, jotka työllistävät yli puolet yrityksen kapasiteetista. Näiden projektien, joita kutsutaan runkoprojekteiksi, työnjohto on usein huomattavasti selkeämpää ja helpompaa kuin pienten projektien.

Yrityksen haasteena onkin toteuttaa kannattavasti suuri määrä laajuudeltaan, kestoltaan ja tekniseltä vaativuudeltaan vaihtelevia kohteita vesihuollon alalla melko vakiona säilyvällä organisaatiolla ja säilyttää yrityksen resurssien työkuorma tasaisena. Yrityksen toimintaan sopii Harel & Saksin (2006) huomio, että työvaltaisen yrityksen kannattavuuden määrää ensiksi työn määrä ja vasta sen jälkeen projektin sisäinen tuottavuus.

Koska yrityksen projektit voivat olla lyhyitä, jopa tuntien mittaisia, ja alan työveloitukset ovat matalia, valuu pienen projektin tulos usein hukkatunteihin projektien välillä. Esimerkiksi asentajalla voi olla aamulla kolmen tunnin projekti, jonka jälkeen hänellä on vielä viisi työtuntia vapaana muille projekteille. Kolmen tunnin projektin laskutus ei yleensä kata vielä asentajan työpäivän suoria palkkakuluja, joten mielekkään työn järjestäminen myös loppupäivälle on tärkeää. Hukkatunnit, joiden aikana työntekijöille ei keksitä hyödyllistä tekemistä, ovat kuitenkin

päivittäistä arkea yrityksessä. Muita syitä hukkaan voivat olla esimerkiksi työkohteen ajoittuminen keskelle päivää, jolloin päivän alkuun ja loppuun jää sirpaloitunutta aikaa. Normaalialia on myös käynnissä olevan projektin odottamaton viivytys tai ennenaikainen valmistuminen, jolloin työryhmälle ei ole ehditty suunnitella seuraavaa työkohdetta, tai projektin aloittamisella on vielä este.

Tällä hetkellä yritys tilastoi hallitunteja (taulukko 4-1), jotka sisältävät asiakasprojekteihin sisältymättömän ajan. Talviaikaan näiden tuntien määrä voi nousta jopa 25 %:iin, jolloin kannattava liiketoiminta ei ole enää mahdollista. Talveen ja kysynnän hiljenemiseen pyritään varautumaan etukäteen eri tavoin, jotta hallituntien määrä ei pääse pitkäaikaisesti nousemaan yli kahdenkymmenen prosentin. Mahdollisia varautumiskeinoja ovat kausityövoiman käyttö, työvoiman tarpeen tasaaminen lomautusten avulla ja aliurakoitsijoiden käytön lisääminen. Normaalisissa kysyntätilanteissa hallituntien määrä liikkuu 0–10 % välillä tehdyistä kokonaistyötunneista.

Taulukko 4-1, Hallitunnit 2010

Kuukausi	Työtunnit yhteensä	Hallitunnit (h)	Hallitunnit %
Tammikuu	801,5	186,5	23 %
Helmikuu	763	118	15 %
Maaliskuu	795	62,5	9 %
Huhtikuu	775	141	18 %
Toukokuu	1317	55,5	4 %
Kesäkuu	1437	175	12 %
Heinäkuu	1178	83,5	7 %
Elokuu	1292	52	4 %
Syyskuu	1247	117	9 %
Lokakuu	1375	64,5	5 %

Hallituntien määrän mittaaminen ei tällä hetkellä erottele onko projektien ulkopuolella tehty hyödyllisiä asioita, esimerkiksi korjattu välineistöä tai tehtyä uusia asioita, vai onko aika mennyt hukkaan. Mittarista ei voi suoraan vetää johtopäätöstä työnjärjestelyn epäonnistumisesta tai työn vähenemisestä.

Työn järjestelyn avustamiseksi yritys on toivonut systemaattista tapaa kuvata tilauskirjassa olevia projekteja ja niiden tilaa sekä työkaluja, joilla voisi olla mahdollista vähentää projektien

välillä olevaa hukka-aikaa. Koska yrityksen työnjohto-organisaatio on pieni ja myös sen työmäärä vaihtelee merkittävästi, olisi yritykselle hyödyllistä jos projekteja olisi mahdollista järjestellä valmiiksi ”varastoon” hiljaisina aikoina. Tähän pyritään rakentamisen projektinjohdon mallilla ja sen työkaluilla.

Lisäksi yrityksellä on ollut ongelmia projektien aloittamisen esteiden kanssa, kun resurssien vapautuessa projektia ei pystytä aloittamaan jonkun huomioon ottamattoman seikan vuoksi. Tämä on voinut johtua esimerkiksi tarpeellisten hankintojen viipymisestä, yllättäen vapautuvista resursseista tai muista syistä. Yritys on toivonut systemaattista tapaa käsitellä projekteja, jotta voitaisiin varmistaa että projektit ovat toteutuskelpoisia kun resursseja vapautuu.

#### *4.2.1. Metodologia – rakentamisen projektinjohdon mallin soveltaminen*

Luvussa 3.2 esiteltyä rakentamisen projektinjohdon mallia käytetään hyväksi analysoitaessa case-yrityksen resursseja ja projekteja. Projektinjohdon malli luokittelee projekteja toteutuskelpoisuuden mukaisesti tavalla, joka mahdollistaa yritykselle päätöksenteon niiden resursoinnista ja aikataulutuksesta.

Kappaleissa 4.2.2 ja 4.2.3 käsitellään yrityksen resursseja ja projektityyppejä, jonka jälkeen yrityksen projektinjohtoa ja tuotannonohjausta käsitellään kappaleen 3.2 rakentamisen projektinjohdomallin mukaisesti.

Tutkimuksen aineistona on käytetty yrityksen kirjanpito- ja työkirjanpitomateriaalia sekä jälkilaskentadataa tilikausilta 2008–2010 soveltuvin osin. Kappaleessa kuvataan ja luokitellaan yrityksen resursseja ja projektityyppejä, jonka jälkeen otetaan kantaa eri projektityyppien ohjaamiseen ja priorisointiin yritystason työnjärjestelyssä. Mallin avulla etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

*Miten yrityksen projektityypit tulisi jaotella ja mihin asioihin tulisi kiinnittää huomiota eri projektityyppien johtamisessa ja järjestelyssä?*

*Millä perusteella tilauskirjassa olevat projektit tulisi priorisoida ja valita niille resurssit tuotannonsuunnitteluvaiheessa?*

#### *4.2.2. Resurssien jaottelu case-yrityksessä*

Yrityksen resurssit jaotellaan taulukon 4-2 mukaisesti koneyksiköihin ja miestyöhön sekä työnjohtoresursseihin. Koneyksiköt ja miestyö jaotellaan yrityksessä edelleen kaivinkoneisiin,

kuorma-autoihin, kuljettajiin ja asentajiin. Yrityksen ulkopuolisia resursseja ei pidetä mukana resurssilistauksessa lukuun ottamatta jatkuvasti töissä olevia alihankkijoita.

Taulukko 4-2, Case-yrityksen resurssit syyskuu 2010

Yrityksen resurssit	Kpl
<b>Työntekijät</b>	
Koneenkuljettajat	3 - 5
Autonkuljettajat	1 - 3
Asentajat	5 - 8
Työnjohto	2 - 3
<b>Koneyksiköt</b>	
Kaivinkone 25tn tela	1 (uusi)
Kaivinkone 21tn tela	1 (uusi)
Kaivinkone 21tn tela	1 (vanha)
Kaivinkone 17tn tela	1 (uusi)
Kaivinkone 16tn pyörä	1 (uusi)
Kaivinkone 14tn tela	1 (vanha)
<b>Kuorma-autot</b>	
Maansiirtoauto 3-akselinen	1
Vaihtolava-auto 3-akselinen	1

Yrityksen päätyöyksikkö, jolla pystytään toteuttamaan valtaosa projektityypeistä ja jonka mukaisesti yrityksen toiminta on optimoitu, sisältää kaivinkoneen, koneenkuljettajan ja asentajan. Yritys toteuttaa myös vesihuollon erikoisprojekteja, joissa tarvitaan ainoastaan asentajaa. Tämän lisäksi täytetyönä ja vuosisopimusasiakkaille tarjotaan käyttöön myös yksittäisiä koneita tai kuorma-autoja.

Jokaisella projektilla on omat tarpeensa ja vaatimuksensa resurssien suhteen. Näiden tarpeiden mukaisesti pyritään määrittämään projektille optimityöryhmä ja sopiva konekalusto. Normaalille kokonaisurakointiprojektille varattavat resurssit voisivat olla esimerkiksi 16 tonnin kaivinkone, vaihtolava-auto, koneenkuljettaja, autonkuljettaja ja asentaja.

Yrityksellä on viisi koneenkuljettajaa, jotka kaikki pystyvät myös toimimaan kuorma-autonkuljettajina ja joista osa tekee myös asennustöitä. Tämä lisää merkittävästi yrityksen resurssien joustavuutta. Asentajilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sekä kirvesmies-, hitsari-että asentaja-pohjaisia työntekijöitä.

Yritys jakaa konekantansa uusiin ja vanhoihin koneisiin niiden iän mukaan. Vanhat koneet ovat kirjanpidossa poistettuja ja yrityksen täysin omistuksessa olevia koneita, joiden kassavirtavaikutus on hyvin pieni. Vanhojen koneiden kiinteät kustannukset koostuvat lähinnä ajoittaisista huolloista ja vakuutuksista ja niiden pääomakustannus on laskennallinen. Uudet koneet ovat huomattavasti arvokkaampia, ja niiden hankintaan on käytetty osittain vierasta pääomaa. Niiden kustannukset ovat huomattavasti kovemmat, joten myös niiden hinnoittelu ja tuottotavoite on huomattavasti kovempi kuin vanhoilla koneilla.

Yrityksen aktiivisen, työmaalla olevan työnjohdon määrä on melko vähäinen, ja yritys pyrkii työryhmissään itseohjautuvuuteen. Tämän vuoksi työntekijöiden aloitteellisuus ja ongelmanratkaisukyky on yritykselle erittäin tärkeää.

#### *4.2.3. Projektien jaottelu projektityyppeihin*

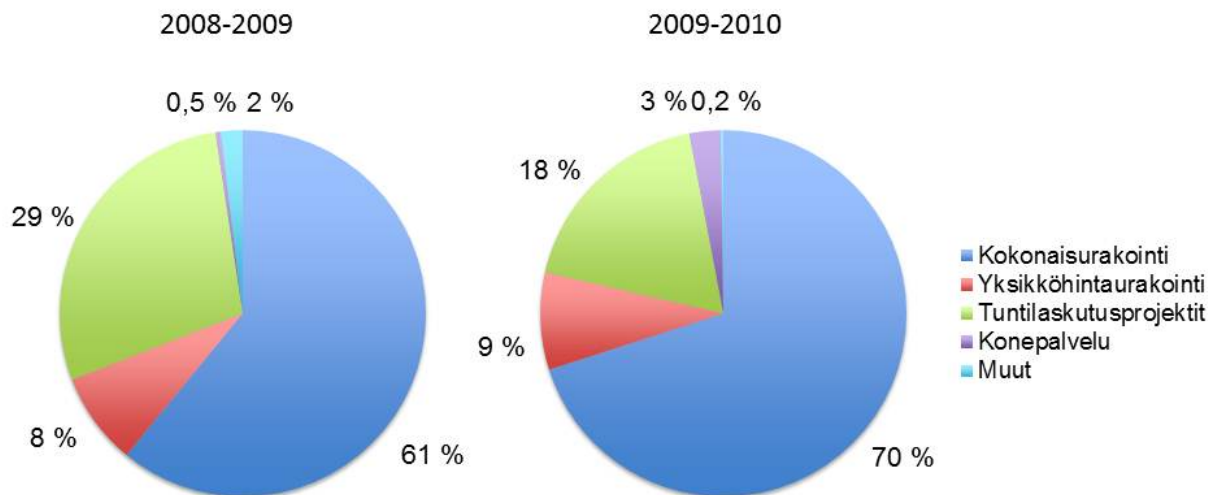
Yrityksen toteuttamat projektityypit voidaan jakaa niiden taloudellisen arvon ja ominaisuuksien mukaisesti. Jako on tehty kappaleessa 4.1.2 esitellyn maksuperusteen mukaisesti, joka vaikuttaa eniten tapaan, jolla projekteja kannattaa resursoida ja johtaa urakointiyrityksen näkökulmasta.

Projektien maksuperuste on tärkeä siksi, että se asettaa urakoitsijan näkökulmasta pelisäännöt projektista saataville tuotoille. Kokonaishintaurakassa saatava rahamäärä on lähtökohtaisesti vakio, joten projekti kannattaa suorittaa mahdollisimman tehokkaalla työryhmällä. Ryhmän ammattitaidon lisäksi tähän vaikuttaa myös työryhmän koko, kokonaisurakoita usein enemmän ali- kuin yliresursoidaan jos aikataulu sallii sen. Yksikköhintaurakan tilanne on sama, myös siinä optimoidaan tulosta per resurssi, joten resurssien määrä pidetään pienenä. Tuntilaskutusurakassa taas yrityksen tulovirta koostuu laskutettavien resurssituntien määrästä, joten perustilanteessa yrityksellä ei ole taloudellista kannustinta aliresursoida projektia ja ottaa riskejä, suorastaan päinvastoin. Konepalvelun tapauksessa asiakas maksaa konetunneista yhtä paljon riippumatta koneen tekemän työn raskaudesta. Tällöin luonnollisesti odotustunnit ovat yritykselle kaikkein hyödyllisimpiä, kone ei kulu mutta laskutus juoksee.

Yrityksen liikevaihdosta suuri osa koostuu vesihuollon kokonaishintaurakoinnista (kuva 4-1). Projektit ovat lähes poikkeuksetta vesihuollon uudis- tai saneerausrakentamisen kokonaisurakoita. Lisäksi yritys palvelee vuosisopimusten perusteella lähiseudun vesilaitosta ja energiayhtiötä. Vesilaitoksen vuosisopimus on tuntihintapohjainen ja energiayhtiön sopimus yksikköhintapohjainen. Kokonaisurakointi on selkeästi suurin ja tärkein yrityksen projektimuodoista. Vahvinta kasvu on ollut konepalveluliiketoiminnassa, jonka määrä on lähes

viisinkertaistunut, ja jonka määrä on ollut noususuunnassa myös alkaneella tilikaudella 2010–2011.

#### Case-yrityksen liikevaihdon jakautuminen



Kuva 4-1, Liikevaihdon jakautuminen 2008–2010

Seuraavaksi käsitellään yrityksen toteuttamat urakkatyypit kuvan 4-1 mukaisesti ryhmiteltynä.

##### 1) Vesihuollon kokonaishintaurakointi

Vesihuollon kokonaisurakointi on yrityksen strateginen painopistealue, jota muut projektityypit täydentävät. Kokonaisurakoinnin osuus yrityksen liikevaihdosta on vaihdellut 60–70 % välissä viime vuosina. Kokonaisurakoissa työnjohto on yleensä valtaosin yrityksen omissa käsissä, minkä takia ennustustarkkuus ja mahdollisuus tuotannonsuunnitteluun urakoiden sisällä on huomattavasti muita urakkamuotoja parempi. Kokonaisurakoinnin projektien koot ja kestot vaihtelevat merkittävästi, ja yksi tai kaksi isoa projektia voi muodostaa valtaosan yrityksen vuotuisesta liikevaihdosta.

Tilikaudella 2008–2009 yritys toteutti kuusi kappaletta kokonaisprojekteja (taulukko 4-3), joiden liikevaihto oli yhteensä 1 121 000 euroa. Tästä summasta valtaosa, 1 083 000 euroa koostui kahdesta projektista. Tilikautta leimasi merkittävästi talouden alamäki, joka lopetti projektit lähes täysin joulukuun 2008. Yrityksen liikevaihdosta valtaosa muodostui ensimmäinen vuosipuoliskon aikana.

Tilikauden suurin projekti oli 16 kilometrin mittaisen siirtoviemärin ja vesijohdon rakentaminen. Projekti kesti yli 10 kuukautta ja sen työllistävä vaikutus oli 830 henkilötyöpäivää. Projektissa



oli jatkuvasti kiinni 4-5 työntekijää, joista vähintään kaksi koneyksikköä. Projekti ei päässyt tavoitteisiin taloudellisesti ja sen tulos oli negatiivinen. Keskeinen syy epäonnistumiseen olivat projektinhallinnan ja työnjohdon puutteet ja virheet. Projektin aikana tehtiin 34 kaluston siirtoa, mikä kertoo projektin ylimääräisestä resurssien uudelleenorganisoinnista ja osaltaan epäonnistuneista järjestelyistä. Toisaalta siirtojen määrään vaikuttivat myös työmaan suuret etäisyydet sekä erityishuomiota vaativien kohtien kuten junaradan ylityksien ja pumppaamoiden suuri määrä ja urakan pilkkominen eri toimittajille asiakkaan toimesta.

Taulukko 4-3, Kokonaisurakoiden liikevaihdon muodostuminen 2008–2010

2008-2009		2009-2010	
Kokonaisurakka	Liikevaihto €	Kokonaisurakka	Liikevaihto €
Siirtoviemäri ja -vesijohto	842 757	Siirtoviemäri- ja vesijohto	373 795
Kunnallistekniikan uusiminen n. 600m	243 476	Jätevedenpuhdistamo	257 125
Tonttivesijohdon uusinta	13 001	Siirtoviemäri- ja vesijohto	103 663
Pilaantuneiden maiden poisto	11 395	Kunnallistekniikan ja tien rakentaminen	96 116
Rakennuksen ulkopuolinen kunnallistekniikka	7 500	Paineviemäriin rakentaminen	85 633
Salaojan ja sadevesiviemäriin rakentaminen	2 826	Sadevesiviemäriin rakentaminen	59 950
		Pumppaamon rakentaminen	14 938
		UV-laitteiden asennusurakka	12 680
		Viemärien saneeraus	9 558
		Kaivojen asennus	3 000
		Kuivatusjärjestelmän rakentaminen	2 295
		Sadevesiviemäriin liittäminen	2 000
		Runkovesijohdon liitos	500
<b>Yhteensä</b>	<b>1 120 955</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>1 021 254</b>

Hiljaisena jatkuneen tilikauden 2009–2010 projektit koostuivat useammista pienistä kokonaisprojekteista (taulukko 4-2), joita oli yhteensä 13 kappaletta ja niiden liikevaihto oli 1 021 000 euroa. Lyhimmillään kokonaisprojektit kestivät vain joitakin päiviä. Tilikauden suurimmat projektit olivat liikevaihdoltaan 350 000 euroa ja 250 000 euroa, joiden lisäksi oli useita noin 100 000 euron projekteja. Tilikauden suurin linjaprojekti kesti 6 kuukautta ja se toteutettiin n. 50 kilometrin päässä yrityksen kotipaikalta. Projektin puitteissa siirrettiin kahta konetta yhteensä 11 kertaa, joka on huomattavasti kohtuullisempi määrä kuin edeltävässä

projektissa, ja kertoo projektinjohdon paremmasta onnistumisesta. Tilikaudelle oli merkittävää, että kun projektit ajoittuivat tasaisemmin, niiden taloudellinen tulos oli huomattavasti parempi kuin aiempina vuonna. Keskeisin selitys tälle on se, että työnjohtoresursseja pystyttiin jakamaan paremmin työmaille välttäen näin työnjohdon puutteesta johtuvat ongelmat.

## 2) Yksikköhintaurakointi (kaukolämpö)

Yritys on rakentanut kaukolämpölinjoja kaupunkialueelle jo kymmeniä vuosia ja osaaminen työn suhteen on hyvällä tasolla. Kalenterivuoden 2009 aikana, joka jakautuu tilikausille 2008–2009 ja 2009–2010, rakennettiin kaukolämpöä todella vähän suhteessa normaalivuosiin. Lähes koko kaukolämmön liikevaihto on siis muodostunut syksyn 2008 ja kevään 2010 aikana. Viime vuosina yksikköhintaurakoinnin määrä liikevaihdosta on pysynyt noin 8 %:ssa. Projektien määrä ja koko vaihtelevat kuitenkin merkittävästi vuosittain, ja projektit voivat tulla hyvin yllättäen energiayhtiön myyntityön onnistumisesta riippuen.

Kaukolämpötöiden erikoisominaisuus on, että kaivu- ja peittotyö joudutaan suorittamaan kahdessa erillisessä osassa. Näiden työvaiheiden välillä on toisen urakoitsijan toteuttama työvaihe, jossa kaukolämpöputket hitsataan yhteen ja eristetään. Työtä ei siis ole mahdollista jatkaa alusta loppuun saakka kerralla, mikä voi aiheuttaa ylimääräisiä koneiden siirtoja sekä odotusaikaa työryhmille.

Kaukolämpötöihin liittyvä odotusaika näkyy hyvin tunnusluvussa, jossa on verrattu kaukolämpöprojektin aloitus- ja lopetuspäivien välissä olevia työpäiviä ja työhön käytettyjä aktiivisia työpäiviä. Kun normaalisti tuntilaskutusprojekteissa työ tehdään alusta loppuun kerralla (aktiivisia työpäiviä on 75–100 % projektin kokonaiskestosta), on luku kaukolämmön rakentamisessa 16–50 % keskiarvon ja mediaanin asettuessa noin 33–36 % tienoille (taulukko 4-4).

Taulukko 4-4, Kaukolämpöprojektien työmaan kesto ja aktiiviset työpäivät

Aloituspäivä	Lopetuspäivä	Työn kesto (pv)	Aktiiviset työpäivät (pv)	Aktiiviset työpäivät / Työn kesto (%)
3.6.2008	3.7.2008	23	11	48 %
23.6.2008	2.7.2008	8	3	38 %
24.6.2008	3.7.2008	8	3	38 %
23.6.2008	3.7.2008	9	5	56 %
9.7.2008	24.7.2008	12	3	25 %
21.7.2008	15.8.2008	20	16	80 %
23.7.2008	26.8.2008	25	4	16 %
21.8.2008	4.9.2008	11	4	36 %
27.7.2008	2.9.2008	27	5	19 %
15.8.2008	24.9.2008	29	13	45 %
26.8.2008	29.9.2008	25	5	20 %
1.8.2008	23.12.2008	103	30	29 %
16.10.2008	31.10.2008	12	4	33 %
16.9.2008	29.10.2008	32	8	25 %
9.3.2009	24.3.2009	12	4	33 %
Keskiarvo		24	8	36 %
Mediaani		20	5	34 %

Taulukossa työn kesto tarkoittaa työmaan aloitus- ja lopetuspäivien väliin jäävien työpäivien lukumäärää. Aktiiviset työpäivät kertovat, montako työpäivää työmaalla on ollut työntekijöitä. Aktiiviset työpäivät / Työn kesto on tunnusluku, joka kuvaa aktiivisten työpäivien osuutta työn kokonaiskestosta, jolloin 100 % tarkoittaa että työtä on tehty kaikkina arkipäivinä.

### 3) Projektityöt tuntilaskutuksella (pl. konepalvelu)

Case-yritys toteuttaa erilaisia vesihuollon ja maarakennuksen projekteja tuntilaskutuksella niin vuosisopimusten pohjalta julkisille organisaatioille kuin myös muille tahoille (taulukko 4-5). Muita tahoja ovat esimerkiksi asunto-osakeyhtiöt, muut urakointiyrietykset ja yksityiset taloudet. Syitä tuntilaskutuksen valintaan voi olla vuosisopimuksen lisäksi suunnitelmien puute, epävarmuus projektin yksityiskohdista ja aloittamisen helppous ja nopeus.

Valtaosassa tuntilaskutusprojekteja työryhmä koostuu koneyksiköstä ja asentajasta, tosin mukaan mahtui myös paljon pelkän asentajan toteuttamia erikoiskohteita. Tuntilaskutusprojektien osuus oli suuri tilikaudella 2008–2009 johtuen suuren asiakkaan

aktiivisuudesta ja yhdestä merkittävästä tunti-laskutuksella toteutetusta asunto-osakeyhtiön pilaantuneiden maiden poistoprojektista. Seuraavalla tilikaudella projektien euro- ja kappalemäärät putosivat normaalille tasolle. Projektit ovat yritykselle suhteellisen turvallisia jos asiakas on tyytyväinen, mutta maksuperuste voi aiheuttaa reklamaatioita asiakkaan puolelta aikataulun venyessä.

Taulukko 4-5, Projektityöt tunti-laskutuksella, tunnusluvut 2008–2010

Projektityöt tunti-laskutuksella tunnusluvut	Tilikausi 2008-2009	Tilikausi 2009-2010
Euromäärä	524 283 €	268 487 €
Kappalemäärä	118	104
Keskiarvo	4 443 €	2 582 €
Mediaani	1 467 €	1 041 €
Mediaani aktiiviset työpäivät vs. työn kesto	100 %	100 %
Keskiarvo aktiiviset työpäivät vs. työn kesto	76 %	77 %
Työmaan aktiiviset työpäivät (mediaani)	3	2
Hätätöiden määrä (euro)	23 533 €	45 891 €
Hätätöiden lukumäärä	13	23
Hätätöitä % projektitöiden laskutuksesta	4,5 %	17,1 %

Työmaiden kestot vaihtelevat tunneista useisiin viikkoihin, odotusaikoinen yksi projekti tilikaudella kesti lähes vuoden. Normaalisti projekti tehdään alusta loppuun ilman taukoja, joten aktiivisten työpäivien ja työn kokonaiskeston suhde on lähellä 100 %:ia.

Hätätyö voidaan määritellä tunti-laskutusprojektiksi lisätynä aloituksen kiireisyydellä. Projekteja tulee lähinnä vuosisopimusten perusteella, ja yritykselle on saatettu määritellä vasteaika sopimuksessa. Töihin on tällöin pakko reagoida, ja koska yrityksellä ei normaalissa kysyntätilanteessa ole kapasiteettia vapaana, resurssit täytyy siirtää paikalle muilta työmailta.

Hätätöiden määrä vaihtelee merkittävästi vuosittain, kuten taulukosta 4-5 voi nähdä. Tärkeintä hätätöiden onnistuneelle järjestelylle on, että resursseja pystytään siirtämään joustavasti ja tuottamatta harmia omille projekteille. Töiden määrä on suhteessa niin pieni, että töihin varautuminen lisäkapasiteetilla tai muilla erikoisjärjestelyillä ei ole taloudellisesti kannattavaa.

#### 4) Konepalvelu (pelkkä kaivinkone)

Konepalvelussa yritys vuokraa kaivinkoneen ja kuljettajan toisen yrityksen työnjohdon alaisuuteen sovitun mittaiseksi ajaksi eikä vastaa työnjohdosta. Projektityyppi on yritykselle

sinänsä helppo, että koneyksikön olemassaoloon ei tarvitse ottaa kantaa niin pitkään kuin kone toimii ja töitä riittää. Toisaalta koneyksikkö on lukittuna työmaalla niin, että sitä ei ole tarpeen vaatiessa mahdollista siirtää toisaalle ilman asiakkaan suostumusta.

Konepalvelu on yrityksen nopeimmin kasvanut palvelumuoto (taulukko 4-6), ja ainoa joka kasvatti liikevaihtoaan tilikausien 2008–2009 ja 2009–2010 välillä. Tämän lisäksi sen liikevaihto syntyi pääosin ajalla, jolloin yrityksellä oli ylimääräistä kapasiteettia käytettävissä. Toisessa tilanteessa konepalvelutyö voi olla ongelmallista yritykselle, koska se muuttaa kaivinkoneyksiköiden ja asentajien määrän suhdetta huonompaan suuntaan. Yksittäiselle asentajalle voi olla haastavaa löytää työtä, kun koneyksikkö on kiinni konepalveluprojektissa. Kuitenkin heikon kysynnän aikoina konepalvelu tuo tasaista kassavirtaa ja on hyvä lisä yrityksen tarjoamaan, kuten vuoden 2009–2010 luvut näyttävät.

Taulukko 4-6, Konepalveluprojektien tunnusluvut 2008–2010

	Tilikausi 2008-2009	Tilikausi 2009-2010
Myynti (€)	8 196 €	40 145 €
Keskimääräinen projekti (€)	1 025 €	1 434 €
Työn kesto keskimäärin (pv)	2,2	3

Työttömäksi jäävän asentajan vaihtoehtokustannus (taulukko 4-7) on relevantti ainoastaan, jos yrityksellä on tarjolla muuta työtä johon koneyksikkö ja asentaja olisi mahdollista sijoittaa.

Taulukko 4-7, Konepalvelun laskennallinen vaihtoehtokustannus yritykselle

Kustannus	Laskutus (€/h)	Myyntikate (€/h)
Kaivinkone	50	10
Asentaja työttömänä	0	-22
<b>Yhteensä</b>	<b>50</b>	<b>-12</b>

Yrityksen valittuna strategiana on kuitenkin ylläpitää myös asennusosaamista, jolloin asentajien työllistäminen täytyy ottaa huomioon projekteja valittaessa ja pyrkiä painottamaan työyksiköitä joihin kuuluu koneen lisäksi asentaja.

Kuvassa 4-2 on esitetty esimerkki yrityksen projektien luokittelusta toteutuskelpoisuuden mukaisesti. Kyseessä on yksittäisen päivän tilanne yrityksen projekteista, jota päivitetään

tarvittaessa. Tuotantosuunnitelmassa olevat projektit voivat kestää useita viikkoja ilman suuria muutoksia, joten ne elävät omaa elämäänsä niin pitkään kunnes resurssimuutoksiin on tarvetta. Kaikki resurssit on jaettu projekteille, eikä yhtään resurssia ole vapaana.



Kuva 4-2, Esimerkki projektinjohdon mallin mukaisesta jaottelusta case-yrityksellä

Seuraavaksi eritellään periaatteita, joilla projekteja ja resursseja kannattaa järjestellä yrityksen kokonaistaloudellisesta näkökulmasta. Erittely pohjaa tässä kappaleessa esiteltyyn projektien jakoon.

#### 4.2.4. Tuotannosuunnittelun periaatteet case-yrityksessä

Projektien resursointia on yrityksessä toteutettu periaatteella, jossa valitaan seuraavaksi toteutettava projekti ja resursoidaan se ensimmäisellä vapautuvalla tehtävään soveltuvalla työryhmällä. Viime aikoina yrityksessä on kiinnitetty huomiota työryhmän säilyvyyteen, eli pyritty valitsemaan projektiin sellainen työryhmä, jonka koostumusta ei ole tarvetta muuttaa päätöshetkellä olevien tietojen perusteella. Yleisenä ohjeena resurssienhallintaan liittyen voidaan todeta, että muutokset alun perin asetetussa työryhmässä vaikuttavat lähes aina negatiivisesti projektin menestykseen, joko laskevan työtehon tai syntyvien asetuskustannusten kautta.

Muutoskynnyksen pitäminen korkealla auttaa lisäksi etsimään tapoja käyttää tehokkaasti vapaina olevia resursseja. Peruseriaatteena resurssienhallinnassa tulisikin olla, että ellei muutoksille ole pakottavaa tarvetta, ei muutoksia tehdä.

Tässä tutkimuksessa esitetään, että projekteja resursoitaessa kiinnitettäisiin huomiota resurssien saatavuuden lisäksi niiden laatuun. Resurssien määrä tarkoittaa projektin toteutukseen sopivan ryhmän saatavuutta. Kappaleessa 4.2.2 esitellyillä projektityypeillä on lähtökohtaisesti erilainen taloudellinen merkitys niin liiketoiminnan suuruuden kuin maksuperusteen mukaisesti. Lean ja lean construction -kirjallisuudessa (Womack ja Jones, 2003) ja tuotannonjohtamisen kirjallisuudessa (Hopp ja Spearman, 1996) esitelty imuohjaus projektien käsittelyssä on myöskin tärkeä peruseriaate. Case-yrityksen tapauksessa tätä voidaan soveltaa siten, että projektin valmistuminen tai sopivien resurssien vapautuminen laukaisee seuraavan projektin aloituksen, ei aiemmin sovittu päivämäärä. Seuraavaksi esitetään prioriteetit, jolla resursseja tulisi jakaa projektityypeittäin. Samoja prioriteetteja voidaan käyttää myös työjonossa olevien projektien priorisoinnissa että resurssien valinnassa tuotannosuunnittelun tasolla.

Kokonaishintaurakat ovat yritykselle taloudellisesti kaikkein merkittävin ja eniten riskinen kohde, joten oleellista on laadullisesti ja määrällisesti sopivan projektiryhmän valinta. Koska niiden työnjohto on yrityksen hallinnassa, niiden aikatauluun voidaan vaikuttaa itse ja ne voivat esimerkiksi aikataulusta riippuen jäädä odottamaan parhaan mahdollisen työryhmän vapautumista. Kokonaisuurakoihin pyritään siis valitsemaan ja lukitsemaan paras mahdollinen työryhmä ja työjohtoresursseja ja lukittujen resurssien paikan vaihtoa pyritään välttämään viimeiseen asti muutosten nykyiselle projektille aiheuttamien ongelmien takia. Koska yrityksen työnjohtoresurssit ovat vähäiset, keskitetään ne urakkakohteisiin, joissa yrityksellä on taloudellinen riski.

Seuraavaksi resursoinnissa tulisi kiinnittää huomiota yksikköhintakohteisiin, joissa yrityksellä on myös taloudellinen riski. Koska kaukolämpöprojektit joudutaan toteuttamaan kahdessa osassa, kaivu- ja täyttövaiheet erikseen, ne pyritään toteuttamaan helposti siirreltävällä tai vähän työllistetyllä kalustolla, jolloin pystytään välttämään turhia siirto- ja asetuskustannuksia. Tämä tarkoittaa käytännössä pientä konetta, jota on mahdollista kuljettaa omalla kalustolla, tai koneyksikköä jonka käyttöaste on niin alhainen, että se voi odottaa työmaalla kunnes projekti päästään viemään loppuun. Henkilöresurssien kannalta kaukolämpötyömaiden johtamisessa on tärkeää se, että työryhmälle löydetään korvaavaa työtä projektin odotusajaksi joko muista kaukolämpötöistä tai muun tyyppisistä projekteista. Projektinjohdon tarve

kaukolämpöprojekteissa keskittyykin juuri työn järjestelyyn projektin alussa ja jäädessä tauolle, jotta resurssit pystytään pitämään tuottavassa käytössä myös projektin väliajalla. Yksikköhintakohteiden aikataulut ovat usein melko joustavia ja työt melko lyhytkestoisia, joten niistä on mahdollista tarvittaessa siirtää resursseja muille työmaille. Yksikköhintaurakoissa työyksiköiden työtehon määrittäminen ja seuraaminen on erittäin tärkeää, jotta vaadittu tuottotavoite saavutetaan.

Seuraavaksi resursseja tulisi jakaa tunti-laskutusprojekteille, joihin sisältyy koneyksiköiden lisäksi asentajia. Tuntipohjaisten projektien tärkeä ominaisuus yrityksen kannalta on, että asiakas yleisesti ostaa käyttöönsä resursseja kuten kaivinkoneen ja asentajan, jotka toimivat asiakkaan työnjohdon alaisuudessa. Yleensä resurssit eivät ole nimettyjä, joten työryhmän miehitystä on mahdollista vaihtaa ilman kustannusvaikutusta. Tämän vuoksi resurssien liikkuvuus projektien välillä on melko hyvä. Tuntilaskutusprojektien ominaisuus on, että tarvittavan työvoiman määrä voi vaihdella nopealla aikataululla. Projektityypissä täytyy varautua päivittäisiin muutoksiin tarjottavan työvoiman määrässä, kun asiakas voi lyhyellä varoitusajalla ilmoittaa, että työryhmän kokoa tulisi joko kasvattaa tai supistaa. On tärkeää, että projektinjohto pystyy reagoimaan työvoiman kysynnän määrän muutoksiin nopeasti ja järjestämään korvaavaa työtä tuntiprojekteista vapautuvalle työvoimalle. Laskutyöurakassa urakoitsija pystyy harvoin laskuttamaan työnjohdosta, joten työnjohdon tarve pyritään minimoimaan. Jos resurssi on laskutyössä asiakkaalla, pyritään muutoksia välttämään asiakkaalle aiheutuvien ongelmien vuoksi.

Hätätyöt käsitellään muiden projektityyppien edelle menevänä tapauksena. Case-yritys on sopimussuhteessa vesi- ja energialaitoksen kanssa, ja on velvollinen palvelemaan nopealla aikataululla. Tämän lisäksi hyvä palvelu nimenomaan hätätilanteissa parantaa merkittävästi asiakastyytyväisyyttä ja yhteistoimintaa muissa projekteissa. Resursseja hätätyölle järjestettäessä pyritään löytämään yritykselle ja asiakkaalle vähiten haittaa aiheuttava projekti, josta resurssit pystytään siirtämään hätätyön toteutukseen. Lähtökohtaisesti omien urakkakohteiden häirintää pyritään välttämään, joten luonnollisimmat paikat ovat saman asiakkaan laskutyökohteet. Toinen vaihtoehto on yksikköhintakohteet, jotka usein eivät ole aikataulultaan kiireisiä.

Konepalvelutyö on yritykselle vähiten kannattava, ja mahdollisesti jopa taloudellisesti kannattamaton projektityyppi kuten aiemmin on todettu. Konepalvelun taloudellinen potentiaali on yritykselle kaikkein pienin, ja toisaalta sillä voi olla myös negatiivisia vaikutuksia yrityksen kokonaistulokselle.



Konepalveluprojektiin myydään tuntiprojektien tapaan yleensä resurssi kuten tietyn kokoinen kaivinkone ja kuljettaja, jossa kuljettajaa määritellään harvoin. Tämä mahdollistaa kuljettajan vaihtamisen kesken projektin, mutta muuten koneen liikkuvuus pois työmaalta on hyvin jäykkä. Kun kone annetaan tietyksi ajaksi pois yrityksen omasta hallinnasta, on se asiakkaan käytössä ainakin sovitun ajan, eikä sille voida tehdä muita suunnitelmia. Konepalvelusopimuksissa määritellään usein myös hyvin tarkkaan työn alkamispäivä, joten aikataulut eivät juurikaan jousta. Kaivinkoneen antaminen konepalvelutehtäviin kiireisenä aikana on mietittävä tarkkaan sen mahdollisten vaihtoehtoiskustannusten, kuten työttömäksi jäävien asentajien vuoksi.

#### *4.2.5. Työjono case-yrityksessä*

On yrityksen strateginen päätös, mitkä projektit poimitaan työjonosta tuotantosuunnitelmaan eli miten projektien priorisointi tapahtuu. Tähän asti case-yritys on valinnut projektit ilman systemaattista prosessia asiakkaan ilmoittaman aikataulun ja resurssitilanteen mukaan ”fiilispohjalta”, eli sopivaan aikaan tehty tilaus on voinut johtaa välittömään aloitukseen ja kuukausia jonossa olleen projektin toteutus on siirtynyt jälleen eteenpäin.

Työjonossa tehtävä projektien priorisointi voidaan käsitellä samoilla periaatteilla kuin edellisessä kappaleessa esitetyt tuotannosuunnittelun tason projekti- ja resurssipäätökset. Työjono toimii hyvänä työkaluna, joka antaa projektinjohdolle aikaa ja mahdollisuuden valita mitkä projektit aloitetaan ja millä resursseilla, ja mahdollistaa paremmin projektien ketjutuksen.

Asiakasprojektien priorisoinnin lisäksi työjonoa on mahdollista käyttää vapaiden resurssien käytön tehostamiseen puskurityöiden avulla. Puskurityöt ovat tehtäviä, joiden toteutus on välttämätön, mutta ei kiireellinen. Takuutyöt ovat hyvä esimerkki puskurityöstä. Lisäksi yrityksen kalusto ja kiinteistö vaativat jatkuvaa panostusta pysyäkseen kunnossa. Tällaista työtä on esimerkiksi koneiden huolto ja korjaus, kiinteistön varastotilan laajennukset ja kiinteistön järjestely ja siivoaminen. Lisäksi yritys voi kehittää toimintaansa vapailla resursseilla esimerkiksi rakentamalla uusia tai töissä tarvittavia tarvikkeita ja työkaluja tai valmistamalla usein tarvittavia osia varastoon. Puskurityöt ovat helppo tapa käyttää hyödyksi resursseja, jotka ovat vapautuneet työmaalta, mutta joille ei ole osoiteta seuraavaa paikkaa kyseisellä hetkellä.

#### *4.2.6. Aloittamisen esteiden poistaminen case-yrityksessä*

Tässä kappaleessa esitellään case-yrityksen projektityypeille yleisimpiä aloittamisen esteitä ja käsitellään niiden poistamista.

Kokonaisurakoissa yleisimpiä aloittamisen esteitä ovat kriittisten materiaalien saatavuus ja hankintapäätösten ja lupien lainvoimaisuus. Esimerkiksi siirtoviemäriprojektissa pumppaamojen valmistumiseen menee usein viikkoja, joten jos tilausta ei tehdä välittömästi hankintapäätöksen selviämisen jälkeen, voi projektin aloitus viivästyä materiaalipuutteiden vuoksi. Toisaalta tilauksen tekemisessä ennen hankintapäätöksen lainvoimaisuutta on riski, jos joku valittaa päätöksestä ja toimittajien kanssa on jo sovittu materiaalien hankinnasta. Toinen yleinen aloittamisen este on yrityksen oman suunnittelun tarve hankkeissa. Projekti voi esimerkiksi vaatia erilaisten pumppaamotyyppien välistä teknistä arviointia, jota ei ehditä tehdä teknisen työnjohdon ollessa kiinni muissa projekteissa.

Kaukolämpöprojektit tulevat usein lyhyellä varoitusajalla, jolloin kaapelinäytöt ovat pullonkaula projektin aloittamiselle. Kaapelinäytöt ovat sähkö- ja puhelinyhtiöiden palvelu, jossa ne ilmoittavat omien kaapeliensa sijainnit urakoitsijalle. Kaukolämmön täyttövaiheen yleisin este on hitsaus- ja eristysurakoitsijan, jota ilman projektin loppuun saattaminen ei ole mahdollista, kiire. Yleinen este tai ainakin hidaste projektille on myös muiden julkisten tahojen, kuten puhelin- ja sähköyhtiöiden kiinnostus lisätä omat kaapelointinsa valmiiseen kaivantoon, jolloin toisen urakoitsijan odottelu voi myös hidastaa etenemää. Eri organisaatioiden yhteistyössä ja keskusteluyhteydessä on vielä kehittämisen varaa.

Myös tuntipohjaisissa erikoisprojekteissa teknisen työnjohdon kiire on usein este aloitukselle. Kaapelinäytöt ovat myös ongelma näiden kohteiden kanssa, varsinkin jos tilaajana ei ole yrityksen vuosisopimusasiakas. Häätöissä tarvittavien osien tarve pystytään varmistamaan usein vasta kun työtä on tehty pitkälle ja esimerkiksi vesijohtovuoto on onnistuttu paikallistamaan. Kuitenkin sopivia tarvikkeita on usein mahdollista löytää verkostojen kautta. Konepalvelussa tärkein aloittamisen este on, että asiakkaan toivoma koneyksikkö on varattu muualle.

Lisäksi projektia aloitettaessa on huomioitava seuraavat tärkeät päivämäärät. Viimeinen mahdollinen aloituspäivämäärä kertoo onko kyseessä hätätyö vai muu projektimuoto. Aikaisin hankintalain mukainen aloituspäivämäärä kertoo, milloin hankintapäätöksen valitusaika päättyy ja projekti voidaan aloittaa turvallisesti. Aloituspäivämäärä aikaisintaan (omalla riskillä) on rakennuttajan hyväksymä päivämäärä jolloin urakoitsija voi aloittaa työt omalla riskillään. Tämä on mahdollista kun aikataulu on tiukka ja valitus hankinnasta on epätodennäköinen. Viimeinen sopimuksenmukainen valmistuspäivämäärä vaikuttaa projektiryhmän kokoon ja resurssintarpeeseen. Aloituspäivämäärät ovat esteitä projektin vapaalle aloitukselle, ja ne on otettava huomioon projektin aloitusta suunniteltaessa.

Viranomaisluvut ovat myös tärkeä tekijä vesihuollon urakoinnissa. Vesihuoltoa rakennettaessa toimitaan usein yleisillä teillä ja alueilla, joissa kunnalla tai valtiolla on määräysvalta ja joissa tehtäviin töihin tarvitaan lupa. Näiden viranomaislupien saaminen voi organisaatiosta riippuen kestää tunneista viikkoihin ja kuukausiin, ja pahimmassa tapauksessa estää koko projektin toteuttamisen. Tämän lisäksi täytyy selvittää muiden samalla alueella toimivien organisaatioiden rakenteiden, kuten kaapeleiden ja putkistojen paikat. Liikenteenohjaukseen ja suojarakenteisiin on myös kiinnitettävä erityistä huomiota toimittaessa yleisillä teillä. Näiden tekijöiden merkitys projektin onnistuneessa läpiviennissä vesihuollon alalla on kasvanut merkittävästi.

#### *4.2.7. Suositukset*

Tutkimus on tuonut esiin yrityksen toteuttamien projektityyppien eroja ja resurssien valinnan merkitystä niiden onnistumisessa. Sen pohjalta havaittiin, että yrityksen kannattaa asettaa parhaat resurssinsa ensisijaisesti kokonaisurakka- ja yksikköhintaurakkakohteille, koska yrityksellä on niissä taloudellinen riski, ja toisaalta mahdollisesti saavutettava hyöty on muita projektityypejä suurempi. Tutkimus osoittaa myös yrityksen kokonaisurakoihin keskittyvän strategian auttavan merkittävästi työnjärjestelyä, koska kokonaisurakat ovat yleensä pitkäkestoisempia ja vaativat vähemmän resurssien järjestelyä suhteessa työn keston.

Resurssien hallinnassa yrityksen tulisi ottaa huomioon asentaja- ja koneresurssien tasapainottaminen kaikessa toiminnassa, jotta se ei myy resurssejaan kokonaistaloudellisesti kannattamattomalla tavalla esimerkiksi konepalveluun. Yritys joutuu harvoin tilanteeseen, jossa sillä olisi vapaana kaivinkoneenkuljettajia mutta ei asentajia. Toinen keskeinen havainto oli, että resurssimuutoksia tehtäessä vähiten haittaa yritykselle tuottavat kohteet ovat tuntilaskutus- ja yksikköhintakohteet. Yleisinä projektinjohdon ohjeina todettiin, että työmaita tulisi ketjuttaa eli projektit tulisi saattaa kerralla loppuun ja työryhmien koostumuksen vaihtelu projektin aikana tulisi minimoida mahdollisuuksien mukaan.

Tämän lisäksi tutkimus esittää luvussa 3 mallin, jolla projektien resursointia ja niiden aloittamista voidaan kuvata ja käsitellä. Yrityksen tulisi ottaa työkalu aloituksen esteiden poistamiseksi käyttöön tekemällä se esimerkiksi tarkastuslistan muotoon, ja kehittää sen käyttöä eteenpäin jatkuvaksi prosessiksi. Työjonon osuus mallista on valmis suoraan käyttöön yritykselle, tärkeää on nimenomaan kaikkien yrityksen toteutuskelpoisten projektien listaaminen, jotta työjono olisi niin täydellinen kuin mahdollista. Työjonoa on mahdollista kehittää vielä jakamalla projektit esimerkiksi pituuden tai työtyypin mukaisesti, esimerkiksi asfaltin pohjien teko, kaukolämmön peitto jne.

Lisäksi yrityksen tulisi mitata säännöllisesti hukkatuntien määrää, ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin niiden lisääntyessä. Omien töiden ja hukkatuntien määrän kasvu on suoraan yhteydessä yrityksen taloudelliseen tulokseen, joten niiden kasvun määrä kertoo tarpeesta tarkastella resurssien määrää tai tasapainoa. Tutkimuksessa yritykselle esiin tuodut mallit tuovat selkeyttä yrityksen projektien ja resurssien hallintaan, eikä niiden käyttöönotto vaadi merkittäviä taloudellisia panostuksia.

## 5. Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa on käsitelty moniprojektiympäristössä tapahtuvaa projektien hallintaa ja resurssien allokointia vesihuollon urakointiyrityksen näkökulmasta. Johdannon jälkeen toisessa luvussa käsiteltiin rakentamisen projektihallintaa erityisesti moniprojektiympäristössä, rakentamisen tuotannonohjausta ja lean construction -kirjallisuuden perusteita. Kolmannessa luvussa käsiteltiin infra-alan yrityksen ydinprosesseja ja esiteltiin graafinen malli projektinjohtoprosessiin kuvaamiseksi ja kehittämiseksi. Neljännessä luvussa kuvattiin infra-alan ominaispiirteitä ja tarkasteltiin case-yrityksen toimintatapoja kehitetyn mallin mukaisesti.

Tutkimuskysymykseen, *Mitä asioita rakentamisen projektinjohdon tulee ottaa huomioon pystyäkseen järjestelemään resurssit tehokkaasti, ottaen huomioon yrityksen nykyiset ja tulevat projektit moniprojektiympäristössä?*, pyrittiin vastaamaan käsittelemällä yrityksen resursseja, projekteja ja projektinjohtoprosessia. Tämän lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli rakentaa malli, joka ottaa huomioon nämä asiat.

### 5.1. Teoreettiset löydökset

Kirjallisuuskatsauksen perusteella havaittiin, että perinteinen projektinhallinta ei täysin pysty vastaamaan moniprojektiympäristön haasteisiin, koska se jättää huomiotta projektien väliset riippuvuudet, kuten kilpailun yhteisistä resursseista. Moniprojektiympäristön hallinnan tutkimus onkin lisääntynyt merkittävästi viimeisen kahden vuosikymmenen aikana samalla kun toiminnan järjestäminen projektimuotoisesti on lisääntynyt useilla aloilla.

Kirjallisuuskatsauksessa kuvattiin myös rakennusalan ominaispiirteitä, jotka erottavat sen teollisesta tuotannosta ja aiheuttavat sille ominaisia suorituskykyongelmia. Aiemmin tutkimuksen mukaan rakennusalan tuotantoa toteutetaan useiden tahojen yhteistyönä ainutkertaisina projekteina ja tuotantojärjestelmä rakennetaan uudelleen jokaiselle projektille. Koskelan (2000) esittämän rakentamisen tuotantoteorian soveltaminen osoittautui haasteelliseksi, mutta hänen erittelynsä projektien aloittamisen esteistä muodosti pohjan esitellyn mallin aloituskelvottomien töiden tasolle. Ballardin (2000) Last Planner -työkalu havaittiin toimivaksi, ja osittain sen pohjalta muodostettiin rakentamisen projektinjohdon malli niin, että sen tavoitteet siirrettiin yritystasolle yksittäisen projektin tasolta.

Todettiin, että moniprojektitympäristön tutkimus sopii hyvin rakennusalan kuvaamiseen ja tutkimuskysymykseen vastaamiseen. Sekä rakentamisen tutkimus että moniprojektitutkimus ovat löytäneet samoja työkaluja toiminnan parantamiseen, josta esimerkkinä työjonon tai -puskurin käyttö resurssien allokoinnin parantamisessa. Moniprojektitympäristön tutkimuksessa todettiin, että yrityksen toimintaympäristö ja projektien luonne vaikuttavat merkittävästi projektinhallintaan.

Tutkimuksen lopputuloksena esiteltiin rakentamisen projektinjohtomalli, jolla pystytään parantamaan yrityksen resurssien käyttöä ja johtamaan paremmin kestoaltaan vaihtelevia, samanaikaisesti toteutettavia projekteja. Malli pyrkii nimenomaan tehostamaan projektinjohtoprosessia, joka oli yksi tutkimuskysymyksen osista. Malli on kolmitasoinen ja siinä erotellaan tuotannosuunnittelun taso, työjono ja järjestämättömät työt. Tuotannosuunnittelun tasolla projektinjohton keskeisimmäksi tehtäväksi nähdään projektien alkamisen ja loppumisen hallinta ja resurssien käytön optimointi. Tässä periaatteina toimivat lean-kirjallisuudessa suositellut jatkuvan virtauksen järjestäminen ja imuohjaus. Uusien projektien ja muiden tehtävien järjestäminen työnjonoksi puolestaan tehostaa resurssien käyttöä, ja se otetaan mallissa osaksi projektijohdon tehtäväkenttää Anavi-Isakow ja Golanyn (2003) ja Ballardin (2000) suositusten mukaisesti. Järjestämättömiin töihin liittyen projektijohdon tehtävä on poistaa projektin luonteeseen, hankintoihin tai ulkoisiin tekijöihin liittyvät aloituksen esteet, jonka jälkeen projektit voidaan siirtää tuotantoon tai työjonoon. Järjestämättömiä töitä kirjallisuuskatsauksessa oli käsitellyt Koskela (2000).

## **5.2. Empiiriset löydökset**

Tutkimuksen empiirisessä osassa tarkasteltiin vesihuollon urakointiyrityksen resursseja ja projekteja esitellyn mallin mukaisesti. Tarkastelun taustaksi kuvattiin vesihuollon rakennusala, infrastruktuurirakentamisen ominaispiirteitä ja sille tyypillisiä urakkamuotoja ja -tyyppejä. Urakkamuodot jaettiin suorite- ja maksuperusteen mukaisesti, urakkatyypit uudis- ja saneerausrakentamiseen ja hätätöihin.

Yrityksen toteuttamien projektien tunnuslukuja ja ominaisuuksia kuvattiin case-yrityksen kahden tilikauden tietoihin perustuen. Tarkastelussa havaittiin, että case-yrityksen toteuttamat projektit pystytään jakamaan selkeisiin luokkiin, joiden resursoinnille ja johtamiselle voidaan löytää selkeät periaatteet yrityksen kokonaistaloudellisen edun saavuttamiseksi. Jako luokkiin tehtiin projektien maksuperusteen mukaisesti, koska sen todettiin vaikuttavan merkittävästi projektien resursointiin. Käytiin myös läpi periaatteet joilla tulos muodostuu eri urakkamuodoista, ja

arvioitiin tarvittavan resursoinnin määrää. Todettiin, että kokonais- ja yksikköhintaurakoissa kannattaa projektin resurssimäärää optimoida, laskutusperusteisissa urakkamuodoissa pyrkiä varmistamaan että resursseja on riittävästi.

Sovellettaessa projektinjohdon mallia case-yrityksen projektinjohtoon todettiin, että yrityksen kannattaa keskittää parhaat resurssinsa kokonaishintaurakoihin, koska niissä yrityksen ansaintapotentiaali ja riski ovat suurimmillaan. Kokonaishintaurakoiden työryhmä tulisi lisäksi pyrkiä pitämään samana koko projektin ajan. Toinen keskeinen havainto oli, että resurssimuutoksia tehtäessä vähiten haittaa yritykselle tuottavat kohteet ovat tuntilaskutus- ja yksikköhintakohteet. Yleisinä projektinjohdon ohjeina todettiin, että työmaita tulisi ketjuttaa, projektit tulisi saattaa kerralla loppuun ja työryhmien koostumuksen vaihtelu projektin aikana tulisi minimoida mahdollisuuksien mukaan. Näillä keinoin pystytään tehostamaan projektien toteuttamista ja helpottamaan projektinjohdon tehtävää. Tällä vastattiin kysymyksen osaan resurssien käytöstä.

### **5.3. Lisää tutkittavaa**

Tässä tutkimuksessa projektinjohtoprosessia tarkasteltiin vesihuollon urakointiyrityksen näkökulmasta, jolla on paljon itsenäisiä, vaihtelevan kestoisia projekteja. Samanlainen tilanne on useilla muilla rakentamisen alalla toimivilla yrityksillä, joihin mallin hyödyllisyyttä olisi kiinnostavaa testata. Lisäksi kiinnostavaa on, milloin projektien määrä on liian suuri mallille, ja projektinjohdossa joudutaan siirtymään esimerkiksi matemaattisiin optimointimalleihin projektiportfolion hallinnassa.

Mallin geneerisyys mahdollistaa sen siirtämisen alojen välillä melko helposti, ja olisi kiinnostavaa pystyäkö sen avulla parantamaan toimintaa myös yrityksissä rakennusalan ulkopuolella. Esimerkkejä kiinnostavista aloista joiden projektinjohtoon malli voisi toimia, ovat esimerkiksi teollisuuden huoltotoiminta ja kuntien tekninen toimi. Lisäksi olisi hyödyllistä laajentaa tietoa projektinjohdon ja yrityksen muiden pääprosessien välisistä suhteista ja tarkastella, kuinka projektinjohto voisi tukea paremmin rakennusprosessia ja myyntiprosessia niiden urakointiyritykselle elintärkeissä tehtävissä.

## 6. Viittaukset

Adler, Paul S., Mandelbaum, Avi, Nguyen, Vien, Schwerer, Elizabeth (1995) “From Project to Process Management: An Empirically-based Framework for Analyzing Product Development Time”, *Management Science*, Vol. 41 No. 3, 458–485

AlSehaimi, Abdullah, Koskela, Lauri, (2008) “What Can Be Learned from Studies On Delay in Construction?”, *Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 95–106

Anavi-Isakow, S., Golany, B., (2003) “Managing multi-project environments through constant work-in-process”, *International Journal of Project Management*, Vol. 21, 9–18

Arbulu, Roberto, Zabelle, Todd (2006) “Implementing Lean in Construction: How To Succeed” , *Proceedings for the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 553–565

Ballard, Herman Glenn (2000) *The Last Planner System of Production Control*, School Of Civil Engineering, The University Of Birmingham, United Kingdom

Bertelsen, Sven (2002) “Bridging The Gaps – Towards A Comprehensive Understanding Of Lean Construction”, *Proceedings for the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13 s.

Bertelsen, Sven, Henrich, Guilherme, Koskela, Lauri & Rooke, John (2007) “Construction Physics”, *Proceedings for the 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13–26

Bertelsen, Sven & Koskela, Lauri (2004) “Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management”, *Proceedings for the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 11 s.

Canonico, Paolo, Söderlund, Jonas (2010) “Getting control of multi-project organizations: Combining contingent control mechanisms”, *International Journal of Project Management* 28, 796–806

Engwall, Mats, Jerbrant, Anna (2003) “The Resource Allocation Syndrome: The Prime Challenge of Multi-Project Management?”, *International Journal of Project Management*, Vol. 21, 403–409

Fors, Annukka (2005) “Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteita”, amk-tutkintotyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 76 s.

Gareis, R. (1989) “‘Management by Projects’: The Management Approach for the Future”, *International Journal of Project Management*, Vol. 7, 243–249

Hagelstam, Axel (2005) *Cip – Kriittisen Infrastruktuurin Turvaaminen*, Huoltovarmuuskeskus, Helsinki, ISBN 952-5608-00-X, 79 s.



- Hans, E.W., Herroelen, W., Leus, R., Wullink, G. (2007) "A hierarchical approach to multi-project planning under uncertainty", *The International Journal of Management Science*, Vol. 35, 563–577
- Harel, Michael, Sacks, Rafael (2006) "An Economic Game Theory Model of Subcontractor Resource Allocation Behaviour", *Construction Management and Economics*, Vol. 24, 869–881
- Harel, Michael, Sacks, Rafael (2006a) "Subcontractor Resource Allocation in a Multi-Project Environment – Field Study", *Proceedings for the 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 467–478
- Hartikainen, Olli-Pekka (2000) *Maarakennustekniikka*, Helsinki University Press, Helsinki, 196 s.
- Herroelen, Willy, Leus, Roel (2004) "Robust and reactive project scheduling: a review and classification of procedures", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 8, 1599–1620
- Hillebrandt, Patricia & Cannon, Jacqueline (1994) *The Management of Construction Firms: Aspects of theory*, The Macmillan Press Ltd, United Kingdom
- Hopp, Wallace & Spearman, Mark (1996) *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, Irwin/McGraw-Hill, Boston, ISBN 978-0256247954, 720 s.
- Häkkinen, Kai (2003) *Tuotannonohjauksen pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa, käytäntöjä suomalaisessa pk-konepajateollisuudessa vuonna 2003*, VTT, Espoo, 87 s.
- Jokiranta, Tomi (2007) "Rakennusprojektin toimijoiden valinnan ja yleisten sopimusehtojen vertailu", Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Espoo, 86 s.
- Kaulio, Matti (2008) "Project Leadership in Multi-Project Settings: Findings from a Critical Incident Study", *International Journal of Project Management* Vol. 26, 338–347
- Kemppainen, Jani, Mäkinen, Juuso, Seppänen, Olli, Kankainen, Jouko (2004) "Lean Construction Principles in Infrastructure Construction", *Proceedings for the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 10 s.
- Koskela, Lauri (2000) *An Exploration Towards A Production Theory and Its Application to Construction*, Väitöstyö, Technical Research Centre Of Finland (VTT), Espoo, 297 s.
- Koskela, Lauri (2004) Moving-on – beyond lean thinking, *Lean Construction Journal*, Vol 1, No 1, 24–37
- Montin, Pekka, Savolainen, Tarmo, Penttala, Miika (2005) *Infrahankkeen kustannusten hallinta*, Rakennuttajapalaute Rapal Oy, Helsinki, 36 s.
- Ohno, Taiichi (1988) *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Cambridge, MA, 152 s.
- Pheng, L.S., Chuan, Q.T., (2006) "Environmental factors and work performance of project managers in the construction industry", *International Journal of Project Management*, Vol. 24, 24–37

Project Management Institute PMI (2008) *A Guide to the Project Management Body Of Knowledge*, Project Management Institute Inc, ISBN 978-1-933890-51-7, 496 s.

Rakennusinsinööriliitto RIL (2009) *Rakennetun omaisuuden tila ROTI 2009*, Rakennusinsinööriliitto, Helsinki

Rakennusinsinööriliitto RIL (2003) *Vesihuolto I*, Rakennusinsinööriliitto, Helsinki, 314 s.

Rakli Ry (1998) *Rakennusurakan Yleiset sopimusehdot YSE 1998*, Rakennustieto Oy, Helsinki, 19 s.

Shingo, Shigeo (1988) *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement*, Productivity Press, Cambridge, MA, 454 s.

Stevens, Matt (2006) *Managing A Construction Firm On Just 24 Hours A Day*, McGraw-Hill, United States, 406 s.

Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (2010) *MVR-Suhdanteet Syksy 2010*, Raportti ([www.mank.fi](http://www.mank.fi), haettu 17.10.2010)

Vrijhoef, Ruben, Koskela, Lauri (2000) "The four roles of supply chain management in construction", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 6, 169–178

Walker, Anthony (2007) *Project Management in Construction*, Blackwell Publishing, England, 328 s.

Womack, James P. & Jones, Daniel T. (2003) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* 2nd edition, Free Press, United States, 352 s.

Womack, James P., Jones, Daniel T., Roos, Daniel (1990) *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Harper Perennial, 323 s.