



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Tuomas Mäki

# Teknisten ratkaisujen vaikutus työ- maan käyttö- ja yhteiskustannuksiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan projektinjohto

Insinöörityö

17.9.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuomas Mäki Teknisten ratkaisujen vaikutus työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin 39 sivua + 2 liitettä 30.10.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat	Anne Pietilä Työpäällikkö Mika Reijonen
<p>Insinööritöiden aiheena oli kartoittaa asuinkerrostalotyömaan käyttö- ja yhteiskustannuksia nostavia teknisiä ratkaisuja sekä alan vaatimusten muutoksia. Tavoitteena oli eritellä niiden kustannusvaikutuksia ja suuruusluokkaa sekä poimia merkittävimmät tekijät.</p> <p>Teknisten ratkaisujen sekä alan vaatimusten muutosten vaikutus työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten muodostumiseen ymmärretään heikosti. Selkeää koottua tietoa vaikuttavista tekijöistä ja niiden suuruudesta ei ole.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä ymmärrystä käyttö- ja yhteiskustannuksiin vaikuttavista tekijöistä sekä löytää mahdollisia kehitysehdotuksia asuinkerrostalojen rakentajille.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin yhdelle Pohjoismaiden suurimmista rakennusyhtiöistä. Työssä analysoitiin tilaajayrityksen asuntorakentamisyksikön jälkilaskenta-, toteuma- ja ennustetietoja ja kartoitettiin työhön sisällytettyjen kohteiden perustiedot, erityispiirteet, rakentamisen ajankohta ja vuosi.</p> <p>Lopputuloksena muodostettiin dataa, jonka perusteella voidaan urakkalaskennassa sekä suunnittelunohjauksessa arvioida erityyppisten suunnitteluratkaisujen vaikuttavuutta kokonaishintaan huomioiden vaikutukset työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin.</p>	
Avainsanat	tekniset ratkaisut, työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Author Title	Tuomas Mäki Impact of Technical Solutions On-site Operating and Common Costs
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 30 October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Construction Project Management
Instructors	Anne Pietilä Mika Reijonen, Project Manager
<p>The aim of the final year project was to map the technical solutions that increase the operating and common costs of a residential apartment building site in order to increase the understanding of factors affecting operating and social costs, and to find possible development proposals for the builders. Furthermore, an aim was to map the changes in industry requirements, as well as to analyze their cost implications and magnitude and establish the most significant factors. The purpose was to increase the understanding of the impact of technical solutions and changes in industry requirements on construction operation and common costs.</p> <p>The thesis analyzed the post-accounting, actual and forecast data of one of the largest construction companies in the Nordic countries and mapped the basic information, features, season and year of construction of the projects included in the thesis.</p> <p>The generated data can be used to evaluate the impact of different types of design solutions on the total costs in contract calculations and design management, taking into account the effects of on-site operating and common costs.</p>	
Keywords	technical solutions, site operation costs, common costs

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Projekti ja sen taustaa	1
1.2	Työn rajaus	2
1.3	Tutkimusongelma	3
2	Tutkimuksen teoreettinen osuus	4
2.1	Tutkimussuunnitelma, tietolähteet ja tutkimusmenetelmät	4
2.2	Aiheen tietoperustan esittely	5
2.2.1	Yleistä	5
2.2.2	Kustannuslaskenta	8
2.2.3	Litterointi	11
2.2.4	Rakentamisosa ja suoritus	11
2.2.5	Tapahtumalajit (Kustannuslajit)	13
2.2.6	Litterointi yrityksessä	13
2.2.7	Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	13
2.2.8	Yleissuunnittelu ja kustannusarvio	19
2.2.9	Toteutussuunnittelu ja tavoitearvio	20
2.2.10	Suunnittelunohjaus	22
2.2.11	Jälkilaskenta	22
3	Tutkimuksen empiirinen osuus	24
3.1	Kohteiden tekniset kartoitukset	24
3.2	Kustannuksien kartoitus	27
3.2.1	1-9 Pääryhmät	27
3.2.2	Työmaan käyttökustannukset	29
3.2.3	Työmaan yhteiskustannukset	30
3.3	Haastattelut ja näkökulmat	32
3.4	Tutkimuksessa saadut tulokset	32
4	Johtopäätökset	35

5	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Teknisten ratkaisujen vaikutukset torninosturin ja työnjohdon kustannuksiin.	
	Liite 2. Kohteiden kartoitukset.	

## Lyhenteet

Gryndi	Perustajaurakointi, rakentaja perustaa asunto-osakeyhtiön ja rakentaa kyseisen yhtiön rakennuksen.
IVKH	Ilmanvaihto-konehuone
KL	Kustannuslaji
LVI	Talotekniikan lämpö, vesi ja ilma.
PKS	Pääkaupunkiseutu
Tilaaaja	Tilaaaja on hankkeen toimeenpaneva osapuoli, joka käynnistää hankkeen ja hoitaa sen läpiviennin.

# 1 Johdanto

## 1.1 Projekti ja sen taustaa

Opinnäytetyö käsittelee asuinkerrostalotyömaan käyttö- ja yhteiskustannuksia nostavia teknisiä ratkaisuja sekä alan vaatimusten muutoksia. Teknisten ratkaisujen vaikutukset käyttö- ja yhteiskustannuksiin on rakennusalalla yleisesti haastavana pidetty aihealue ja niiden muodostumista ymmärretään heikosti, selkeää koottua tietoa vaikuttavista tekijöistä ei ole.

Käyttö- ja yhteiskustannukset muodostuvat monista yrityksen yleiskustannuksiin vaikuttavista tekijöistä, ja niiden ymmärtäminen paremmin luo mahdollisuuksia tarkempiin kustannuslaskelmiin ja siten kannattavuuteen, niin yritys- kuin yksikkötasolla. Teknisten ratkaisujen vaikuttavuuden ymmärryksellä on suuri merkitys.

Tavoitteena on eritellä teknisten ratkaisujen, alan vaatimusten muutosten sekä yrityksen sisäisten ohjeistuksien aiheuttamat kustannusvaikutukset käyttö- ja yhteiskustannuksiin, määrittää niiden suuruusluokat sekä poimia merkittävimmät tekijät. Näillä tiedoilla pystytään lisäämään tilaajan ymmärrystä vaikuttavista tekijöistä sekä löytää mahdollisia kehitysehdotuksia asuinkerrostalojen rakentajille.

Opinnäytetyön tilaaja on Peab Oy, PKS-Asuntorakentamisen yksikkö, eli Suomen pääkaupunkiseudun asuinkerrostalojen tuotantoyksikkö. Peab-konserni on yksi Pohjoismaiden suurimmista rakennusyhtiöistä. Peab-konserni työllistää 15 000 henkeä, joista Suomessa noin 750. Suomessa Peabin toiminta jakautuu rakentamiseen, kiinteistökehitykseen, infrarakentamiseen sekä teollisuuteen. Peab-konsernin liikevaihto on 5,2 miljardia euroa sekä konsernin osake noteerataan Tukholman pörssissä. [1.]

Insinööriyössä analysoidaan Peab Oy:n PKS-Asuntorakentamisen yksikön jälkilaskenta-, toteuma- ja ennustetietoja. Kartoitetaan insinööriyössä mukana olevien kohteiden perustiedot ja erityispiirteet. Lisäksi työssä haastatellaan yrityksen toimihenkilöitä, jotta saadaan empiiristä tietoa tulosten vertailukelpoisuuksien todentamiseksi.

Lopputuloksena muodostetaan dataa, jonka perusteella voidaan urakkalaskennassa sekä suunnittelunohjauksessa arvioida erityyppisten suunnitteluratkaisujen vaikuttavuutta kokonaishintaan teknisten ratkaisujen hintaerojen lisäksi niistä aiheutuvien työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten hintaeroja.

## 1.2 Työn rajaus

Insinööriyössä tutkitaan teknisten ratkaisujen kustannusvaikutuksia ja suurusluokkia työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien syntymiseen. Insinööriyötä lähtiessä suorittamaan ei ollut tiedossa minkälaiset tekniset ratkaisut ovat vaikuttavia ja relevantteja tutkimuksen osalta, joten työn rajaus kehittyi työn edetessä. Teknisiä ratkaisuja kehittyi tutkimuksen vertailuun 30 kappaletta ja muita ratkaisuja joilla on oleellista merkitystä tutkimuksen kannalta 7 kappaletta. Muita ratkaisuja ovat mm. rakennuksen monimuotoisuus sekä sen sijoitus ja korkeusasema tontilla. Tutkimuksen kannalta merkittäviksi muodostuneet tekniset ja muut ratkaisut löytyvät liitteestä 1. Teknisten ratkaisujen hahmottumisen jälkeen ne kartoitettiin insinööriyön sisältävistä yhdeksästä rakennuskohteesta.

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset koostuvat useista erilaisista kustannuksista, joten tutkimuksen rajauksen kannalta on keskeistä kartoittaa niistä tärkeimmät kustannukset suuruusluokan perusteella.

Aihealueeseen kuuluu teknisten ratkaisujen lisäksi rakennusalan vaatimusten muutoksia sekä yrityksen sisäisten ohjeistuksien aiheuttamat kustannukset työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Näiden lukumäärä rajoittuu kahteen kustannuksia aiheuttavaan osaluueeseen.

Tutkimuksessa ei oteta huomioon työmaiden käyttämää kalustoa, ellei niiden tarve johdu suoraan tietystä teknisestä ratkaisusta, tällaisia ovat mm. nostimet. Kartoituksessa otettiin huomioon vain rakennustekniset kustannukset. Tutkimuksessa ei myöskään ole otettu huomioon rakennuskustannusindeksin kehitystä.

Teoriaosuudessa käsitellään insinööriyön tarvittava kustannushallinnollinen teoria sekä rakennussuunnittelun, toteutussuunnittelun ja rakentamisen kustannuksiin vaikuttamiseen mahdolliset tavat.

Insinööriyössä tehdyistä kustannusten vertailuista saadut tulokset ovat kustannustarkan luonteensa vuoksi käsitelty salassa pidettävänä. Joten opinnäytetyössä ei oteta kantaa teknisten ratkaisujen kustannuksellisista vaikutuksista työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin.

### 1.3 Tutkimusongelma

Insinööriyön tilannut rakentamisyksikkö on aloittanut täysivaltaisen projektinjohtamisen sekä laajentanut toimintaansa suunnittelunohjauksessa. Tästä syystä tutkimuksella on erinomainen ajankohta ja tarve yritykselle. Uuden suunnittelunohjausorganisaation työn tehostaminen ja tutustuttaminen yksikön toimintakykyihin on insinööriyön kannalta toivottavaa.

Insinööriyö käsittelee tilaajayrityksen käytössä olevia teknisiä ratkaisuja sekä vertailee niiden aiheuttamia kustannuseriä työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Lisäksi tutkimus tuo esille vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja ja niiden vaikutuksia.

Tutkimus tuo esille näkökulmia mm. sijainnin vaikutuksesta, alueellisten vaatimusten eroista sekä rakennuksen sijainnista ja korkoasemasta tontilla aiheuttamista kustannuksista. Näistä aiheista ei ole aikaisempia tutkimuksia yrityksessä tehty.

Huonosti ymmärrettyjen ja haastavana pidettyjen teknisten ratkaisujen vaikutukset työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin saaminen selkeäksi faktoihin perustuvaksi aineistoksi on yrityksen suunnittelunohjaus ja urakkalaskenta organisaatioille hyvä työkalu.

## 2 Tutkimuksen teoreettinen osuus

### 2.1 Tutkimussuunnitelma, tietolähteet ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytetään hyväksi yrityksen litterointiohjetta. Kirjallisuudesta tutkitaan aikaisempia käyttö- ja yhteiskustannuksiin liittyviä diplomi- ja insinööritöitä sekä rakennushankkeen kustannushallinnan kirjallisuutta.

Insinööriyön tutkimussuunnitelma jakautuu neljään osaan.

#### 1. Rakennuskohteiden kartoitus

Kustannuksien kartoitus suoritetaan yrityksen tietokannoilta löytyvillä materiaaleilla. Sisällönanalyysi tehdään hankkeiden tarjous ja hankinta-aineistoilla, jotka ovat erinomaisia datan lähteitä tarvittavan tarkkuuden saamiseksi. Kartoitettavia rakennushankkeita on opinnäytetyössä 9 kappaletta. Jokaisella hankkeella on omat erityispiirteensä, mistä syystä ne ovat vertailuihin valittu. Lisäksi hankkeiden vaikeusaste kyseisessä toteutusorganisaatiossa arvioitiin. Kvalitatiivinen analyysi eli laadullisen analyysin tavoitteena on jäsentää tutkimuskohteiden laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti. Kartoitettavat asiat ovat hankkeen ominaisuudet, tekniset ratkaisut ja muut erityispiirteet.

#### 2. Rakennuskustannuksien kartoitus

Kustannuksien kartoitus ja analysointi tehdään pääosin käyttäen yrityksen rakennustyömailta kerättyjä jälkilaskenta-, toteuma- ja ennustietoja. Osa insinööriyön rakentamishankkeista on työn aikana käynnissä, joten kaikista hankkeista ei ole toteumatietoa saatavilla. Tällöin kyseisessä tapauksessa nojaututaan ennustettuihin ja kokemukseen perustuvaan kustannustietoon. Kerätyt kustannukset, mitä käsitellään koostuvat pääosin työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksista, mutta myös muita kustannuksia tarkastellaan pääryhmätasolla. Tilastoaineiston käsittely suoritetaan Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla.

### 3. Haastattelut

Haastattelut toimivat myös osana kohteiden kartoitusta. Haastattelut suoritetaan työpäällikkö sekä vastaavan mestarin tasolla, jotta saadaan tarvittavaa kokemusperäistä tietoa. Haastattelujen yhteydessä etsitään lisää mahdollisia teknisiä ratkaisuja ja niiden vaikutuksia työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin.

### 4. Johtopäätökset

Tarkistetaan haastattelujen väitteiden oikeellisuus kustannuksien näkökulmasta. Tukevatko toteutuneet kustannukset kokemusperäisiä väitteitä. Lisäksi analysoidaan syntynyttä dataa ja etsitään lisäratkaisuja ja johtopäätöksiä teknisten ratkaisujen ja kustannuksien väliltä. Lopputuloksena saadaan dataa, jonka perusteella voidaan urakallaskennassa ja suunnittelunohjauksessa arvioida erityyppisten teknisten ratkaisujen vaikuttavuutta kokonaishintaan. Johtopäätökset pyritään tekemään toteutuneisiin kustannuksiin perustuen.

## 2.2 Aiheen tietoperustan esittely

Teoreettinen osio käsittelee aluksi kustannuksien syntymisperiaatteet ja vaiheet. Tämä osio on oleellinen, jotta ymmärretään, milloin hankkeen kustannuksiin halutaan ja voidaan vaikuttaa. Seuraavaksi käsitellään kustannuksien jaottelumenetelmät, jotta ymmärretään mistä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset syntyvät. Lopuksi käsitellään tarkemmin hankkeen suunnittelun vaiheita ja kustannuksien laskentavaiheita, jotta syvennetään ymmärrystä hankkeen kustannuksien syntymisestä, kustannuksien vaikuttamisen muodoista sekä informaation keräämisestä.

### 2.2.1 Yleistä

Rakennuskohteen kustannushallinta on prosessi, jossa rakennushankkeelle annetaan kustannuspuitteet ja hankkeen edetessä varmistetaan siitä, että kustannukset pysyvät

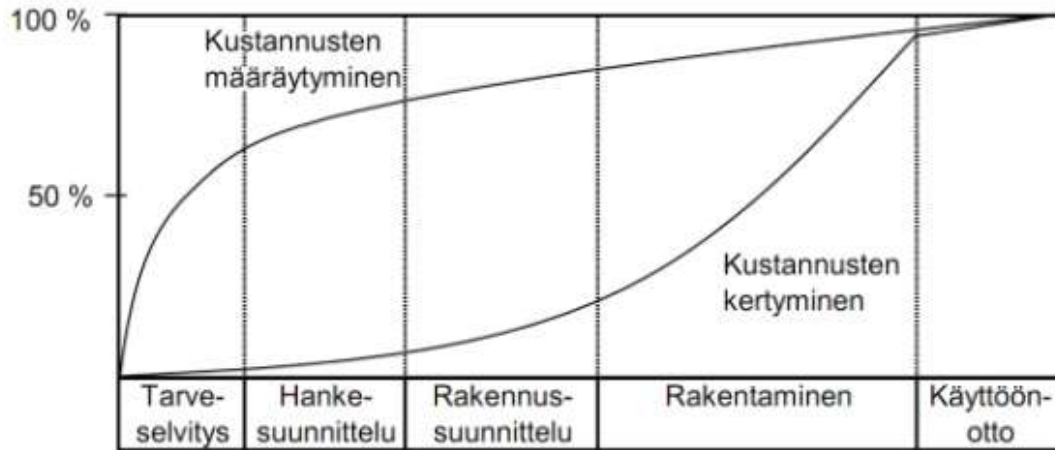
annettujen puitteiden mukaisina [6]. Kustannushallinnasta on ymmärrettävä opinnäytetyön esittelemät teoreettisen asiat, jotta voidaan ymmärtää tutkimuksen monimuotoiset tulokset.

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin hankkeen suunnitteluvaiheessa ja toteutuvat rakentamiskuviossa. Rakennuttajan tekemillä ratkaisulla ja päätöksillä määritetään hankkeen kustannustaso, joten rakennuttajan on jo hankkeen kehitysvaiheessa oleellista tunnistaa kustannuksiin vaikuttavat tekijät ja huomioida ne omassa toiminnassaan. Kustannuksiin pääosin vaikuttavat tekijät ovat rakennuttajan päätösten seurausta rakennushankkeen laadusta, laajuudesta, aikataulusta ja ajoituksesta. [7.]

Rakennuttajan päätöksenteon tulee olla tavoitteellista ja kustannustietoista hankkeen alusta lähtien. Päätösten tulee perustua realistisiin kustannustietoihin ja -arvioihin. Rakennuttajan tulee tuntea kussakin hankkeen vaiheessa käytettävät kustannusarviointimenetelmät ja niiden luotettavuus. [7.] Kustannusarviointimenetelmiä käsitellään opinnäytetyössä yleissuunnittelun, toteutussuunnittelun ja käyttöönoton vaiheissa.

1990-luku oli rakennushankkeiden kustannushallinnan murrosvuosi. Aiemmin kustannushallinta painottui hankkeen rakentamiskustannuksiin, eikä käyttökustannuksia huomioita siinä määrin, missä nykypäivänä. Rakennushankkeiden kannattavuuden kannalta suunnitteluvaiheen käyttö- ja yhteiskustannusten laskentamenettelyistä tuli välttämätön vaihe kustannuslaskentaa. [6.]

Kuvassa 1 esitetään hankkeen vaiheet sekä ohjeellinen kuvaus kustannusten määräytymisestä. Insinöörityössä käsitellään rakennussuunnittelun, sekä rakentamisen ja sen valmistelun kustannuksia. Tarveselvitystä ja hankesuunnittelua ei tutkimuksen tarkoituksena huomioida tutkita.



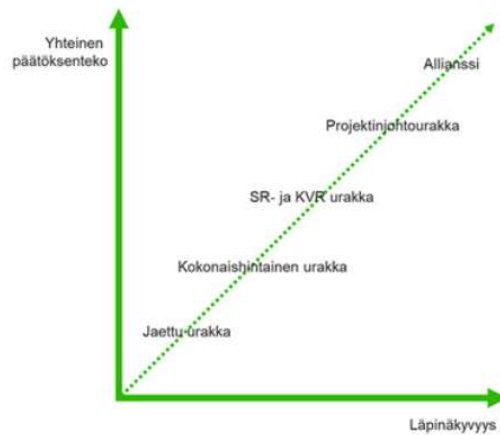
Kuva 1. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen (Junnonen & Kankainen 2017)

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pitkälle suunnitteluvaiheessa. Suurimpana vaikuttavana tekijänä on hankkeen laajuus, eli rakennettavat tilat. Kyseisten tilojen rakentamisessa voidaan kuitenkin käyttää useita erilaisia ja erihintaisia suunnitteluratkaisuja. [6.] Kuvan 1 Rakennussuunnitteluun sisältyy yleissuunnittelua ja toteutussuunnittelun vaiheet. Yleissuunnittelu tarkoittaa vaihetta, milloin rakennuttaja saattaa muuttaa tavoitteitaan rakennuksen osalta vielä suunnittelun aikana. Yleissuunnittelu jakautuu hankesuunnittelun ja rakennussuunnittelun aikavälille. Yleissuunnittelun tuloksena syntyy yleissuunnitelma ja pääpiirustukset, joihin kehitettyjä toteutusratkaisuvaihtoehtoja verrataan toteutussuunnittelun kohdalla. Toteutussuunnittelu on erilaisten tuotantoratkaisujen eli tuotantotekniikan ratkaisujen tuomista suunnitelmiin. [7.] Tätä tuotantotekniikan ratkaisujen tuomista suunnitelmiin kutsutaan nimellä suunnittelunohjaus, mitä käsitellään opinnäytetyössä myöhemmin.

Työmaan toteutusvaiheessa on vaikea löytää kustannuksia säästäviä ratkaisuja, ja niihin tarvitaan yleensä erityisosaamista. Rakentamisen huonolla projektinjohdolla ja valmistellulla on mahdollista ylittää kustannuspuitteet helposti. [6.]

Rakentajan ja rakennuttajan välinen urakkamuoto on otettava huomioon yksittäisen rakennushankkeen rakentajan mahdollisuuksista vaikuttaa suunnitteluun. Mitä enemmän urakoitsijalla on vastuuta, sitä enemmän hän voi vaikuttaa rakennusteknisten ja tuotantollisten ratkaisujen yhteiseen päätöksentekoon. Kuvassa 2 on kuvattuna rakennuttajan

ja rakentajan välinen läpinäkyvyys, eli kustannuksien yhteisvastuu ja yhteisen päätöksenteon vaikutus urakkamuotoon. [9.]



Kuva 2. Vertailussa eri urakkamuotojen läpinäkyvyys ja yhteinen päätöksenteko. [9.]

## 2.2.2 Kustannuslaskenta

Rakennushankkeen kustannuksia voidaan tarkastella eri laajuisina kokonaisuuksina, jolloin ne kattavat hankkeen kustannuksista erilaisen osuuden. Koko hankkeen arviointia tehdessä voidaan puhua hankkeen kokonaiskustannuksista eli kiinteistön hankinta- ja rakennuskustannuksista. Rakennuttajakustannuksia ei opinnäytetyössä käsitellä.

Rakennuskustannukset syntyvät resurssien käytöstä ja niiden hinnoista. Resursseja ovat tehty työ, tarvittavat materiaalit, energia ja pääoma. Suunnitteluvaiheessa tehdyt ratkaisut määrittävät tarvittavien resurssien määrän. Opinnäytetyössä käsitellyt kustannuslaskennan vaiheet ovat kuvassa 3 esitetyt yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu sekä käyttöönotto. Rakentamisen aikaista kustannuslaskentaa ei opinnäytetyössä käsitellä, sen kustannusohjaavan ja kustannustietoisuutta lisäävän luonteen vuoksi. Rakentamisvaiheessa ei kustannuksien ohjauksella ole niin merkittävää vaikutusta, kuin suunnitteluvaiheen kustannusohjauksella.



Kuva 3. Hankkeen vaiheet ja kustannuslaskenta eri vaiheissa. Rakennuskustannusten laskenta-ohje, rakennustekniset työt. 1994

Rakennushankkeelle tulee jo varhaisessa vaiheessa määrittää kustannustavoite, joka ohjaa rakennuttajan suunnittelua ja päätöksiä. Rakennuttajan tulee itse, yhdessä rakentajan tai konsulttinsa kanssa suunnitella miten täyttää asetetut laatu-, kustannus- ja ajalliset tavoitteet. Nämä tavoitteet tulee huomioida suunnittelussa sekä tehtäessä kustannusten muodostumiseen vaikuttavia ratkaisuja. [7.]

Tuotanto-organisaatio, eli rakentaja hinnoittelee yleissuunnittelun suunnitelmien perusteella, kuinka paljon rakennuksen rakentaminen tulee heille kustantamaan. Rakennuttajalla on omat ennusteensa, joihin he vertailevat urakoitsijoiden antamia tarjouksia kohteen toteutuksesta. Rakentajan tarjouslaskenta jakautuu käytännössä taulukon 1 mukaisiin vaiheisiin.

Taulukko 1. Kustannuslaskennan vaiheet yrityksissä, (opinnäytetyö, Rakennushankkeen kustannushallinta, Jussi Väliälä, 2014).

Vaihe	Vaiheen sisältö
1. Laskentapäätöksen tekeminen	- todetaan urakan olevan sisällöltään yrityksen tuotantoon sopiva - todetaan urakan olevan kannattava - todetaan yrityksen resurssien riittävyys urakan suorittamiseen
2. Asiakirjoihin perehtyminen	- perehdytään suunnitelmiin ja selvitetään hankkeen kokonaiskuva ja laajuus - saadaan selville hankkeen laatutaso, suunnitelmien valmiustaso ja erikoisselvitystä vaativat asiat
3. Laskentatyön organisointi	- organisoinnista sovitaan laskentapalaverissa (tehdäänkö omana työnä vai ostetaan ulkoa) - käsitellään tavoitteet, tehtävä- ja vastuujako sekä aikataulu
4. Laskentamenetelmän valinta	- valitaan hankkeeseen sopiva laskentamenetelmä suunnitelmien valmiusasteen perusteella - päätetään menetelmään liittyvistä hankekohtaisista täsmennyksistä ja ohjeista (esim. tiedon erittely ja hinnoittelu)
5. Määrälaskenta	- tuottaa hankkeelle määränimikkeittäin hinnoiteltavan määräluettelon
6. Hintatiedustelut	- rajataan hankintojen sisällöt - pyydetään hankinnoista ja aliurakoista joko ennakkotarjous tai sitova tarjous
7. Ristiriitojen selvittäminen	- selvitetään suunnitelma-asiakirjojen epäselvyydet ja ristiriidat - tapahtuu kysymällä rakennuttajalta kirjallisesti, määritettyyn aikarajaan mennessä - rakennuttaja vastaa kirjallisesti kaikkiin esitettyihin lisäselvityksiin, jakelu kaikille urakkakilpailuun osallistuville
8. Hinnoittelu	- hinnoitellaan määräluettelon yksikkö- ja kokonaiskustannukset päivän hintatasoon

Rakennushankkeen kustannuslaskenta alkaa asiakirjoihin perehtymisellä, hankkeen kokonaisuuden muodostamisella sekä erityispiirteiden kartoittamisella. Kustannuslaskenta perustuu hankkeen rakennusosien määrään ja yksikkökustannusten laskentaan. [6.] Eri-laisia kustannuslaskentamenetelmiä on suoriteosalaskenta, rakennusosalaskenta, tuoteosalaskenta tai tilapohjainen laskenta [8]. Kustannusarviota käytetään urakkatarjouk-sien laskennassa.

### 2.2.3 Litterointi

Litterointi on oleellinen konsepti ymmärtääkseen työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten syntyminen periaatteista. Litterointi tarkoittaa työmaalla tapahtuvien kustannuksien jakamista rakentamisyksiköissä, niin että ne ovat helposti jäsenneltävissä olevia nimikkeistöjä ja pyrkivät kattamaan saman sisällön eri rakennuskohteissa. Litterointi on luotu helpottamaan yritysten sisäistä kustannusseurantaa, kustannusten ennustusta sekä jälki-puintia. Litteroinnin yhdenmukaistamiseksi on rakennusalan yhteistyönä syntynyt yleisiä nimikkeistöjärjestelmiä, joita yritykset muokkaavat omien tarpeiden mukaisiksi.

Litteroinnin pääryhmät ovat

- 00 Taloushallinnon tuotto- ja erityislitterat
- 0 Rakennuttajakustannukset sekä lisä- ja muutostyöt
- 1 Maa- ja pohjarakennus
- 2 Perustukset, väestönsuojat ja ulkopuoliset rakenteet
- 3 Runko- ja vesikattorakenteet
- 4 Täydentävät rakenteet
- 5 Pintarakenteet
- 6 Kalusteet, varusteet ja laitteet
- 7 Konetekniset työt
- 8 Työmaan käyttökustannukset
- 9 Työmaan yhteiskustannukset

### 2.2.4 Rakentamisosa ja suoritus

Litteroinnissa jaotellaan pääryhmien jälkeen rakentamisosan mukaan rakentamisinimikkeisiin, kuvassa 4. Tämän jälkeen kyseisen rakenneosan suoritusnimikkeisiin kuvassa 5. Näin saadaan nelinumeroinen litterakoodi, minne kustannus kohdistetaan.

0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikatto-rakenteet	4 Täyden-tävät raken-teet	5 Pinta-rakenteet	6 Kalusteet, varusteet, laitteet	7 Kone-tekniiset työt	8 Työmaan käyttö-kustannukset	9 Työmaan yhteis-kustannukset
01	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31	41 Ikkunat	51 Vesikatot	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäri-työt	81 Työn-säkäi-set ra-kenteet	91 Työmaan hallinto
02 Rahoitus-kulut	12 Maan-kaivu	22 Perus-muurit, -paikat ja -pilarit	32 Kantavat välisei-nät ja pilarit	42 Erilyis-ikkunat	52 Sisäsei-nien pin-tarakenteet	62 Varusteet	72 Ilman-vaihto-työt	82 Työnäi-kaiset asen-nukset	92 Avusta-vat rakennus-työt
03 Suunnit-lelu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkatto-ten pinta-rakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkö-työt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomai-sen toi-minnan eri-tyiskus-tann.
04 Yhtiö-kulut, osuudet korvaukset	14 Pohjarakenteet ja -vahvistus	24	34 Portaat	44 Erilyis-ovet	54 Porrashuoneen pinta-rakenteet	64 Tiläryh-mäkalus-teet	74 Siirto-tekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -väli-neet	94 Talvi-lisätyöt
05 Rakennut-taminen ja val-vonta	15 Salaajat ja putki-ohdot	25 Väestön-suojä-rakenteet	35 Ulko-seinät	45 Kevyet väli-seinät	55 Ulko-seinien pinta-rakenteet	65	75	85 Työmaan käyttö-tarvikkeet	95 Urakka-hinnan muutokset
06 Liittymis-maksut	16 Täyttö ja tiivistys	26 Maan-varainen laatta	36 Ulkotasot ja par-vekkeet	46 Erilyis-välisei-nät, jako-seinät	56 Lattian pinta-rakenteet	66	76	86 Käyttö-aineet ja energia	96 Sopimus-pohjaiset erilyis-kustann.
07 Markki-nointi	17 Rakennus-alueen rakenteet	27 Erilyis-rakenteet	37 Ullakko ja katto-rakenteet	47 Kallteet, hoitotasot ja -sillat	57 Erilyis-ilöjen pinta-rakenteet	67 Väestön-suojä-varusteet	77	87 Työmaa-kuljetuk-set	97 Työnteki-jöiden palkan-lisät
08 Ulkomai-set toimin-nan erilyis-kustann.	18 Ulko-varusteet	28 Ulko-puoliset rakenteet	38 Tila-elementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat, piiput	58 Maalaus, tapetointi	68	78 Rakennut-tajan hankinto-ten apu.	88 Ulkomai-se toimin-nan erilyis-kustann.	98 Työnteki-jöiden sos.kulut
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

Kuva 4. TALO-80 Rakentamisosanimikkeistö, erittely. TALO-80 Määrälaskentaohje

1 Muotittilyö	2 Raudoitus ja betonitilyö	3 Metallija peltitilyö	4 Muuraus Rappaus Laatoitus	5 Elementtilyö	6 Puu- ja levytilyö	7 Lämmön ja äänen eristys	8 Veden ja kosteuden eristys	9 Muut työt
11 Lausmuotittilyö	21 Raudoitus	31	41 Tiili-muuraus	51 Betoni-elementtilyö	61 Puurunko-työ	71 Pehmeä mineraalivilla	81 Sively-eristys	91 Luonnon-kivilyö
12 Levy-muotittilyö	22 Betonointi	32	42	52 Kevyt-betoni-elementtilyö	62 Levytilyö	72 Kova mineraalivilla	82 Bitumi-kermi-eristys	92 Lasi-levy-työ
13 Käsettilyö	23 Betonin jäikityö	33 Teräs-runkotilyö	43 Harkko-muuraus ja ladonta	53 Metallielementtilyö	63 Puu-verhouk	73 Ruisku-eristys	83 Muu kermi-eristys	93 Matto-työ
14 Suur-muotittilyö	24 Betoni-pintojen hionta	34	44	54 Tiiliel-ementtilyö	64	74 Solu-muovi-eristys	84 Muovi-kalvo-eristys	94 Muovi-, levy- ja profiili-työ
15 Pöytä-muotittilyö	25	35 Muoto-tankotilyö	45 Onut-rappaus	55	65 Hakennus-puusepäntilyö	75 Kevyt-sora-eristys	85 Valu-eristys	95 Maalaus ja tapetointi
16 Kulma- ja tunneli-muotittilyö	26 Pinta-betonitilyö	36 Peltitilyö	46 Rappaus	56 Puu-elementtilyö	66 Listoituk	76 Kevyt-betoni-eristys	86 Metallie-levy-eristys	96
17 Erilyis-muotittilyö	27 Sementtilyö	37 Muoto-levytilyö	47 Tasoitilyö	57 Element-tien jäikityö	67 Heloituk	77 Muu läm-mön ja äänen eristys	87	97
18 Muottilien purku ja puhdistus	28 Betoni-massan valmistus	38 Muu metallitilyö	48 Laatoitus	58 Element-tien saumaus	68	78 Paperi-eristys	88	98
19	29	39	49	59	69	79	89	99

Kuva 5. TALO-80 Suoritusnimikkeistö, erittely. TALO-80 Määrälaskentaohje

### 2.2.5 Tapahtumalajit (Kustannuslajit)

Tapahtumalajit eli kustannuslajit (KL) määritellään, kun kustannukset on kohdennettu oikealle litteralle. Kustannuslajittelua tehdään, jotta pystytään kertomaan minkälaisia kustannukset ovat ja saadaan tarkempaa tietoa kyseisen litteran menoeristä. Kustannukset lajitellaan seuraavasti [2]:

- KL 1 työ
- KL 2 aine
- KL 3 alihankinta + vuokratyö
- KL 4 vuokrakalusto + omat palvelut
- KL 5 työnjohto + muut kustannukset.

Tapahtumalajitieto on tärkeää informaatiota yksikön vanhojen kohteiden tuotantoa analysoidessa ja kustannuslaskennan ennustuksissa.

### 2.2.6 Litterointi yrityksessä

Suomessa yleisesti käytetty litterointimenetelmä on TALO-80, josta insinööriyön tilaaja on johtanut omia tarpeitaan palvelevan litterointiohjeen. Yrityksessä on kehitetty ja luotu yrityksen toimintaa palveleva litterointiohje. Litterointiohje on annettu ohjeeksi erityisesti kustannusarvion kohdistamiseen. Työmaan valmistelussa valmistetaan kohdekohtainen litterointiohje työmaan käyttöön. Litterointiohjeesta poimitaan kohteeseen sopivat litterat ja lopullisesti kunkin kohteen käytössä olevat litterat selviävät kohteen tavoitearviosta. Litterointiohje on tehty noudatettavaksi, mutta poikkeukset ohjeeseen ovat mahdollisia. Kohteesta riippuen ja varsinkin erikoiskohteissa perustetaan ohjeen litteroiden lisäksi uusia litteroita tarvittaessa.

### 2.2.7 Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien kustannusvaikutukset tulevat selville rakentamisen valmistelun suunnittelussa. Näiden kustannusten suunnittelussa edellytyksenä

on, että käytettävissä on alustavat tuotantosuunnitelmat sekä luodaan alustava rakentamissuunnitelma, aluesuunnitelma sekä resurssipohjainen yleisaikataulu ja määräluettelo.

Rakennushankkeen käyttö- ja yhteiskustannukset selviävät pääosin vasta toteutussuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnitelmaa kehitellään yleissuunnittelun jälkeen, kustannusarviot mielessä pitäen. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten muodostumisen merkittävimpiä tekijöitä ovat kohteen laajuus, rakennusaika, rakennustyön ajoittuminen vuodenaikaan nähden, työmaaolosuhteet ja tekniset ratkaisut.

Alustava yleisaikataulu on merkittävä tekijä työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia arvioitaessa. Aikataulun perusteella määrittyy kokonaisrakennusaika kuukausina, työvaiheiden kestot, vuodenaikojen ajoittuminen rakennushankkeella ja työmaan työnjohdon oletettavat kustannukset.

Käyttö- ja yhteiskustannusten osuus projektin kokonaiskustannuksista vaihtelee yritysjä projektikohtaisesti 10-25% välillä. Suuren osuutensa vuoksi yrityksillä on suuri tahtotila tarkentaa ja tehostaa näiden kustannuksien laskentaa.

Käyttö- ja yhteiskustannusten laskennassa kustannukset jaotellaan aikaisempien tutkimusten [10] mukaisesti kolmeen ryhmään. Jaottelu kuvaa myös yhteiskustannusten määrittämistä.

## 1. Tilastolitterat

Tilastolitteroiden lähtötietoina arvioinnissa käytetään kohteen alustavaa aikataulu, arviota työnjohdon ja työntekijöiden palkkakustannuksista ja työmenekistä. Tilastolitterat hinnoitellaan yrityksen jälkilaskentatietojen pohjalta.

## 2. Suunniteltavat litterat

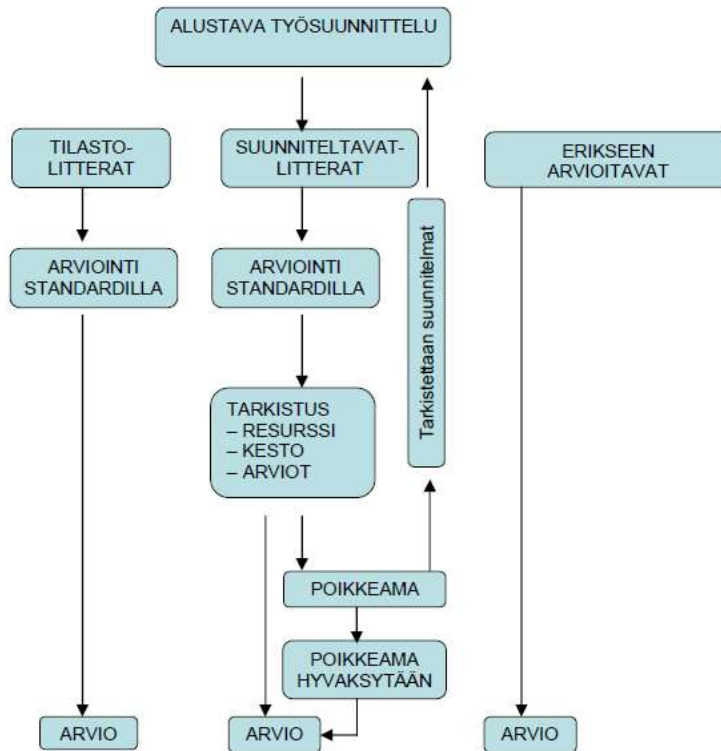
Suunniteltavat litterat ovat kustannuksiltaan merkittävimpiä. Näille litteroille tunnusomaista on myös, että niitä pystytään arvioimaan olemassa olevien tuotantosuunnitelmien ja laskelmien pohjalta. Tällaisia litteroita ovat esimerkiksi työnjohdon sekä torninosturin kustannukset.

## 3. Kohdekohtaiset litterat

Kohdekohtaisten arvioitavien litteroiden kustannuksien oletusarvo on nolla. Näitä ovat kustannusten nousuvaraukset ja riskivaraudet. Yrityksessä, jossa insinöörytyö suoritetaan, ei kohdekohtaisia litteroita käsitellä erikseen 89-pääryhmissä omilla litteroilla vaan kohdekohtaisesti litteroilla, joissa riski sijaitsee.

Suunniteltavien nimikkeiden kustannukset ovat kohdekohtaisia ja vaihtelevat teknisten ratkaisujen ja toteutustapojen mukaan. Kohteen tuotantosuunnitelmiin pohjautuessa voidaan käyttö- ja yhteiskustannusten muuttujia hallita hieman paremmin kuin pelkästään tilastollisesti jälkilaskentatiedostojen perusteella. Kun toteutusorganisaatiolla on mahdollista vaikuttaa tuotantosuunnitelmiin, voidaan näitä kustannuksia hallita.

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset lasketaan yhteistyössä laskentaosaston ja työpäällikön sekä toteutusorganisaation vastaavan mestarin ja työmaainsinöörin kanssa. Kustannusarvioinnissa verrataan tehtyjä toteutussuunnitelmia ja mietitään, kuinka työt tullaan suorittamaan järkevästi. Lopuksi verrataan syntynyttä tavoitetta kustannusarviioon. Kuvassa 6 kuvaillaan litteroiden laadinta, arviointi ja ohjausmenettelyjä.



Kuva 6. Yhteiskustannusarvion laadinta, arviointi ja ohjausmenettelyt. [10.]

Työmaan käyttökustannukset, eli 8-pääryhmä käsittävät työmaata kokonaisuutena tai useita rakentamisosia ja suorituksia palvelevat työt ja kustannukset, kuten työmaan käynnistys-, käyttö- ja kuljetuskustannukset. Maanrakennuskoneet ja -kalusto käsitellään pääryhmässä 1 ja muottikalusto pääryhmässä 2 ja 3. Pääryhmän työt ja kustannukset käsitellään koko hanketta ja työmaata koskien, eikä niitä erotella tai kohdisteta erillisille rakentamisosille tai rakennuksille. [2.]

Litteroiden toteutuneita kustannuksia vertaillaan rakennuksen laajuuden mittareihin. Näitä mittareita ovat mittayksiköt rakennuskuutiometriä (rm<sup>3</sup>) tarkoitetaan rakennuksen tilavuutta, rakennuskuukautta (kk) ja työviikkoa (vk) käytettäessä työmaan aikataulun mukaista kestoa ilman kesälomakuukautta. Kohteen luonteen tai muun vaatiessa käytetään tarkempaa erittelyä. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien pääasiassa käytettävä sisältö on esitetty kuvissa 7. ja 8.

8	Työmaan käyttökustannukset
81	Työnaikaiset rakenteet
811	Työmaarakennukset
812	Työmaatiet ja varastoalueet
813	Nosturiradat
814	Koneasemat ja työasemat
815	Aitaus ja mainoskilvet
816	Rakennusuojaus
817	Työturvallisuus
818	Telineet ja kelkat
82	Työnaikaiset asennukset
821	Vesijohdot ja viemärointi
822	Sähkötyöt
823	Puhelin
824	Radiolaitteet
83	Työmaan koneet ja laitteet
831	Betoni- ja laastiasemat
832	Ajoneuvonosturit
833	Torninosturit
834	Rakennushissit
835	Betonipumput
836	Muut siirtokoneet
84	Työkoneet, työkalut ja -välineet
841	Työkoneet
842	Työkalut ja välineet
85	Työmaan käyttötarvikkeet
86	Käyttöaineet ja energia
861	Sähkö
862	Vesi
863	Kaasu
864	Polttoaineet
865	Kaukolämpö
87	Työmaakuljetukset
871	Materiaalikuljetukset
872	Koneiden ja laitteiden
873	kuljetukset
874	Puhdistusjätteiden kuljetukset
875	Työntekijöiden kuljetukset
	Huoltokuljetukset
88	Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset

Kuva 7. Työmaan käyttökustannukset, pääasiassa käytettävät litterat. TALO-80.

Työmaan yhteiskustannukset, eli 9-pääryhmä käsittävät työmaata kokonaisuudessaan palvelevat työt ja kustannukset, kuten rakennustyömaan hallinnon, avustavat rakennustyöt, talvilisätyöt, sopimusperusteiset erityiskulut sekä työntekijöiden palkanlisät ja sosiaalikulut. 9-pääryhmän sisältö esitetty kuvassa 8. Pääryhmän työt ja kustannukset käsitellään koko hanketta ja työmaata koskien, eikä niitä erotella tai kohdisteta erillisille rakentamisosille tai rakennuksille. [2.]

9	Työmaan yhteiskustannukset
91	Työmaan hallinto
911	Työnjohto
912	Työmaatoimisto
913	Varaston hoito
914	Työmaakokeet ja katselmukset
915	Vartiointi
916	Edustus
917	Koulutus
918	Luottamustoimet ja terveydenhuolto
92	Avustavat rakennustyöt
921	Mittaus
922	Korjaukset
923	Työmaatilojen hoito
924	Siivous ja raivaus
925	Loppusiivous
93	Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset
94	Talvilisätyöt
941	Lumi- ja jäätyöt
942	Lämpösuojaus
943	Rakennuksen lämmitys ja kuivaus
944	Runkorakenteiden lämmitys
95	Urakkahinnan muutokset
96	Sopimusperusteiset erityiskustannukset
	Työmaan vakuutukset
961	Vakuuskulut ja sopimussakot
962	Takuukorjaukset
963	Vahingonkorvaukset
964	Keskeytyskustannukset
965	Rakennusalueen vuokrat
967	
97	Työntekijöiden palkanlisät
971	Päivittäisten matkojen korvaukset
972	Päivä- ja eväsrahat
973	Työkalukorvaukset
974	Majoituskustannukset
975	Matkakustannukset
976	Työaikalisät
977	Olosuhdelisät
98	Työntekijöiden sosiaalikulut

Kuva 8. Työmaan yhteiskustannukset, käytettävät litterat. TALO-80.

### 2.2.8 Yleissuunnittelu ja kustannusarvio

Yleissuunnittelun täydentävässä suunnittelussa tulee pystyä saavuttamaan hankesuunnittelussa määritetty kustannustavoite. Kustannusten kannalta suunnitelmien yleisratkaisuun on tärkeä vaikuttaa. Ehdotussuunnittelussa määritetyt ja kustannuksiltaan hyväksytyt suunnitteluratkaisut viedään yleissuunnitelmiin. Eri suunnitelmavaihtoehtojen taloudelliset vaikutukset ja soveltuvuudet hankeen budjettiin vertaillaan suunnittelun edetessä. Rakennuttaja saattaa muuttaa tavoitteitaan suunnittelun aikana, eikä haluttuja muutoksia tule viedä suoraan suunnitelmiin ilman, että niiden osalta palataan investointiselvitykseen. Investointiselvityksessä on määritetty lisäysten kustannukset ja vaikutukset. Jos tästä huolimatta rakennuttaja kokee muutokset tarpeellisiksi, ne lisätään. Vaiheen tuloksena syntyy hyväksytty yleissuunnitelma ja kohteen pääpiirustukset. Kehitetyt toteutusratkaisuvaihtoehtoja analysoidaan ja verrataan hankkeen tavoitehintaan käyttämällä esimerkiksi rakennusosalaskentaa. [7.]

Yleissuunnittelun toimenpiteet kiteytettynä:

- Yleissuunnittelun alussa tarkennetaan yhteisesti suunnittelun valmisteluvaiheessa asetetut alustavat tavoitteet ja edellytykset.
- Määritellään, mitä suunnitelmakokonaisuuksia viedään eteenpäin.
- Määritellään edelleen tutkittavat ratkaisuvaihtoehdot
- Tuotetaan suunnitelmat määrä- ja kustannuslaskentaa varten ja tuotetaan tarvittaessa mallipohjaista määrälaskentaa. [12.]

Kustannusarvio syntyy yleissuunnitelmien kustannuslaskennan lopputuotteena, joka kertoo kohteen omakustannushinnan laskijalle. Kustannusarvion pohjalta kohteelle tehdään tarjouslaskenta yrityksen laskentaorganisaation kanssa. Tarjouslaskennassa lisätään omakustannehintaan riskivaraus ja kate yrityksen tavoitteiden sekä kohteen ominaispiirteiden kannalta. Riskivaraus tarkoittaa kohteen tarjouslaskennassa tapahtuvaa varautumista rakentamisen aiheuttamiin riskeihin. Yleisesti käsiteltävät riskit ovat teknisiä, hallinnollisia, sopimusteknisiä sekä epätarkkuusriskit ja muut mahdolliset riskit (taulukko 2). [11.]

Taulukko 2. Kustannuslaskennassa tyypilliset käsiteltävät riskit. [11.]

Riskityyppi	Sisältö
<b>Tekninen</b>	- vaikean työvaiheen, uuden menetelmän tai rakenneratkaisun aiheuttama riski - varaudutaan nostamalla työ- ja materiaalimenekkiä tai alihankintahintaa
<b>Hallinnollinen</b>	- toiminnan laajuuden, toimialan tai toiminta-alueen muutos - saattaa aiheuttaa kertainvestointiluontoisia hankintoja, jotka ovat erikseen otettava huomioon tarjouslaskennassa
<b>Sopimustekninen</b>	- laskenta-asiakirjoissa esiintyvä, vaikeasti hinnoiteltava ehto, joka poikkeaa YSE:stä tai tavanomaisista urakka-rajoista
<b>Epätarkkuusriski</b>	- määrälaskennan tai hinnoittelun epätarkkuutta - määrälaskennan epätarkkuus aiheutuu keskeneräisistä tuotesuunnitelmista - hinnoittelun epätarkkuuteen voidaan vaikuttaa hankkimalla ennakkotarjouksia
<b>Mahdolliset muut riskit</b>	- mm. rahoitukseen, työturvallisuuteen tai uuteen toteutusmuotoon liittyvät riskit - otetaan huomioon tarjoushinnassa

Tarjouslaskennassa huomioitavana oleva työmaakate, jonka avulla yritys pitää toiminnan kannattavan ja käyttää resursseja tehokkaasti. Yritys asettaa tavoitekatteet yrityksen toiminta-ajatuksen mukaisesti. Työmaakate kattaa yrityksen hallinnon kiinteät kulut, muut hankkeille kohdistamattomat kustannukset, korot, verot ja poistot sekä voiton. [11.]

### 2.2.9 Toteutussuunnittelu ja tavoitearvio

Insinööriyössä käsiteltävät tekniset ratkaisut ja niiden kustannusvaikutusten tietoisuuden tuonti toteutussuunnitteluvaiheeseen suunnittelunohjauksen avulla oli insinööriyön tavoitteena. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi toteutussuunnittelua ja teknisten ratkaisujen jakamista tehtäväpaketteihin kustannushallinnan helpottamiseksi.

Tuotannossa kustannukset muodostuvat resurssien käytöstä, eli menekeistä ja resurssien hinnoista. Tuotantoratkaisuilla eli tuotantotekniikan ja työmenetelmien valinnoilla voidaan vaikuttaa resurssienkäyttöön. Insinööriyö keskittyikin juuri näihin tuotantoratkaisuihin. Tuotantoratkaisujen kustannukset selvitetään resurssien hintoihin perustuvilla tuotantolaskelmilla. Hankintaratkaisuilla on mahdollista vaikuttaa resurssien hintoihin. Rakennuttajan liian tiukaksi asettama rakennusaika kasvattaa työaikajärjestelyjen määrää ja rakentajalle omista hankinnoistaan seuraavia sopimusriskejä. Rakennusajan asettaminen tarpeettoman pitkäksi puolestaan voi kasvattaa hankkeen aikasidonnaisia kustannuksia. [7.]

Toteutussuunnittelun tuloksena syntyy hyväksytyt työpiirustukset. Työpiirustuksien tulee vastata kustannuksille, laadulle ja toiminnallisuudelle asetetut puitteet. Toteutussuunnitelmien ratkaisuja verrataan suunnitteluvaihtoehtoista laskettavien suoriteperusteisten vaihtoehtolaskelmiin.

Tavoitearvio lasketaan hyväksytyjen toteutussuunnitelmien ja kustannusarvion perusteella. Tällöin on myöskin mahdollista toteuttaa tarkemmat laskelmat työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksista. Tavoitearvion tarkoituksena on toimia urakoitsijan budjettina hankkeelle. Tavoitearvio laaditaan, kun rakennuttaja on hyväksynyt rakentajan urakkatarjouksen ja rakentaja aloittaa rakentamisen ja hankintojen valmistelun.

Tavoitearvion periaatteena on jakaa kustannusarvion kustannukset sopiviksi hankinta- ja tehtäväkokonaisuuksiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa kohteen jaottelua lohkoiksi ja osalohkoiksi sekä edelleen seurantalitteroiksi. Seurantalitterat ovat sisällöltään vaiheai-katauluun sopivia paketteja. Näin hankkeen taloudellinen ja ajallinen seuranta helpottuu, kun aikataulun tehtävänimikkeillä on oma valmiusasteensa ja hintansa. [5.]

Kustannusarvion muuttaminen tavoitearvioksi edellyttää työmaan yleissuunnittelua, joka pitää sisällään mm.

- päätyömenetelmien ja kaluston valinnat
- kustannuslajien KL1 ja KL3 määrittämisen
- yleisaikataulussa merkittävien työvaiheiden ajoituksen
- työmaan resurssien ja käytön suunnittelun. [3.]

Oleellista ei ole seurantalitteroiden määrä, vaan tavoitearvion laatiminen kustannusker-tymältään helposti valvottavaksi ja ennustettavaksi sekä niin, että se palvelee yrityksen jälkilaskentaa antamalla helposti käsiteltävää ajankohtaista kustannustietoa.

### 2.2.10 Suunnittelunohjaus

Insinööriyössä rakennuskohteet ovat joko kokonaishintaisia urakkakohteita tai yrityksen omaperusteisia gryndikohteita. Tästä syystä käsitellään suunnittelunohjausta, eli rakentajan mahdollisuuksia vaikuttaa toteutussuunnitteluun kummassakin urakointimuodossa.

#### *Suunnittelunohjaus kokonaishintaisessa urakkamuodossa*

Kokonaishintainen urakkamuoto on suunnittelun ja suunnittelun ohjauksen kannalta ehkä selkein käytössä olevista urakkamuodoista. Yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelu viedään niin pitkälle, jotta kustannukset ovat laskettavissa. Urakoitsijan valinnan jälkeen jatketaan tuotantosuunnitelmien laadinnalla, jossa yleissuunnitelmat täydennetään työpiirustuksiksi. Usein suunnittelun ohjauksen haasteellisin vaihe on urakkalaskentasuunnitelmien laadinta lähtötietotarpeiden hankinnan myötä. [12.] Tässä urakkamuodossa rakentaja voi ehdottaa tilaajalle teknisten ratkaisujen vastaavia vaihtoehtoja. Jos ne tuovat kustannushyötyä urakoitsijalle, voi urakoitsija joutua hyvittämään osan saavutetusta kustannushyödystä tilaajalle. Urakoitsija voi perustella esittämiään muutoksia kustannushyödyillä tai paremmalla laadulla. Rakennuttaja tekee lopullisen päätöksen suunnitelma-  
muutoksista.

#### *Suunnittelunohjaus omaperusteisessa hankkeessa*

Omaperusteisessa tuotannossa suunnittelunohjaus on pitkälti tuotanto- ja kustannusorientoitunutta. Toisinaan suunnittelun ohjaus voi olla yksipuolista etenkin teknisten ratkaisujen ja rakennusosajärjestelmien valinnan ja muutosten seurauksena, laatutavoitteet pitääkin olla asetettuina tarkasti. Suunnitteluorganisaation, hankintatoimen ja suunnitteluohjauksen yhteistyö tulee olla avointa ja keskustelevaa. Kyseisessä urakkamallissa totutut toimintatavat voivat poikia kaikille osapuolille onnistuneita ja taloudellisesti kannattavia hankkeita. Ratkaisut tuotteistuvat useiden yhteisten hankkeiden myötä. [12.]

### 2.2.11 Jälkilaskenta

Jälkilaskenta on toteutuneisiin kustannuksiin ja suoritemääriin perustuvaa laskentaa. Sen tavoitteena on selvittää hankkeen lopullinen tulos sekä antaa yrityskohtaista työ- ja

materiaalimenekkitietoa tuleviin hankkeisiin. [3.] Kun on useampi kohde, minkä toteumatiedot on kerätty, voidaan havaita kustannuseroja litteratasoilla. Hyvää jälkilaskentatietoa kerättäessä voidaan saada lisämahdollisuuksia kehittää laskenta-, tuotantojärjestelmää. Toteumatietoa voidaan hyödyntää tulevien kohteiden laskennassa ja se tulisi toteuttaa jokaisessa hankkeessa samoilla periaatteilla vertailukelpoisuuksien saavuttamiseksi.

Jälkilaskennan toteutus koostuu kolmesta osasta:

- Hankkeen aikana tehtävä kustannustietojen keräys
- Hankkeen jälkilaskentapalaverin pitäminen
- Tietojen kerääminen viitekansioon hankkeen päätyttyä.

Hankkeen aikana tehtävä kustannustietojen keräys suoritetaan littera kerrallaan, eikä sitä suoriteta kaikille litteroille. Seurattavat litterat ovat yleensä kustannuksiltaan merkittävimmät sekä litterat millä tapahtuu eniten heittelyitä kohteiden välillä. Jälkilaskenta alkaa, kun kaikki litteran työt ovat valmiita ja laskut maksettu. [4.]

Jälkilaskentapalavereiden tarkoitus on lisätä kustannustietoisuutta laskenta- ja tuotantoyksiköiden välillä. Tapahtumassa käydään läpi kohteiden erityispiirteet ja etsitään litterakohtaisia poikkeamia ja niiden syitä kohteen ennustuksen ja toteumatiedon väliltä. [4.]

Tietojen kerääminen muotoon, missä sitä on helppo lukea ja käsitellä on insinööriyön kannalta olennaista jälkilaskennassa. Jälkilaskentatietojen jäsentely ja kohdetasoinen ymmärtäminen pyritään saamaan insinööriyössä kohtalaiseksi. Syy ja seuraussuhteiden ymmärtäminen, on olennainen osa rakennusalalla tapahtuvaa kustannushallintaa.

### 3 Tutkimuksen empiirinen osuus

#### 3.1 Kohteiden tekniset kartoitukset

Kartoitettavia rakennushankkeita on opinnäytetyössä 9 kappaletta. Jokaisella hankkeella on omat erityispiirteet, ominaisuudet tai tekninen ratkaisu, mistä syystä ne ovat insinööriyön sisältöön valittu.

Tekniset ratkaisujen pääryhmät, jotka on otettu mukaan vertailuihin, saatiin pääosin kustannusten kartoituksesta sekä rakennushankkeiden erityispiirteistä.

Rakennuskohteiden tekniset ratkaisut ja erityispiirteet kartoitettiin käyttämällä käynnissä olevien hankkeiden projektipankkia, takuutyökohteiden laskenta-aineistoja sekä hankintakansioita. Rakennustekniset ratkaisut, mitkä otetaan insinööriyössä huomioon ovat valikoituneet kustannuseriltään suurina tai haastavina kokonaisuuksina. Kohteiden kartoitukset löytyvät liitteestä 2.

Tekniset ratkaisut ja ominaisuudet joiden vaikuttavuutta työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin tutkittiin ovat jaoteltu seuraavasti.

Kohteen ominaisuudet:

- kohteen haasteellisuus
- valmistumisvuosi
- kohteen muoto
- kohteen tilaaja
- asuntojen lukumäärä
- kohteen tekninen hinta
- rakennusaika
- kerrosmäärä
- väestönsuojien määrä.

Kohteet arvioitiin asteikolla tavanomaisen yksinkertainen – poikkeuksellisen vaativa. Kohteen valmistumisvuodella on merkitystä talouden suhdanteen ja yksikön osaamisen

kannalta. Tuotannollisesti kohteen tilaajalla on vaikutuksia kohteen vaaditun laatutason kannalta sekä mahdollisuudet vaikuttaa tuotannonsuunnitteluun. Kohteen muodolla on kustannusmerkitystä sen ollessa monimuotoinen ja haastava. Asuntojen lukumäärä vaikuttaa tuotantoon oleellisesti, suuremmat tilauserät kasvattavat yksikön tuotantotehoa, mikä laskee rakentamisen kustannuksia. Teknisen hinnan kartoituksella saadaan parempi käsitys kohteen laajuudesta. Rakennusaika on suoraan verrannollinen työmaan käyttö- ja yhteiskuluihin. Kerrosmäärien vaikutus lisääntyy toistettavuuden määrässä. Väestönsuojien määrä vaikuttaa pakollisten lisärakenteiden rakentamisen kustannuksina.

Ulkopuoliset rakenteet:

- piharakennukset
- jätteenkeräysjärjestelmä
- mahdolliset pihakannet
- autohalli
- maanrakentaminen
- tuki- ja äänimuurit.

Ulkopuolisista rakenteista huomioitiin piharakennusten erilaisia toteutustapoja ja niiden vaikutuksia, imujätteen ja syväkeräysjärjestelmien eroja, pihakansien vaikutusta työnjohdon kustannuksiin ja sen mahdollisesti aiheuttamia riippuvuuksia julkisivujen kanssa, erilaisten autohalliratkaisujen vaikutuksia työnjohdon ja torninosturin kustannuksiin, pohjaolosuhteiden vaikutuksia työnjohdon kustannuksiin sekä erilaisten korkotaso ja äänirakennelmien vaikutuksia.

Runko:

- holvin rakenne
- elementtien määrä ja liitokset
- parvekeratkaisu.

Runkorakenteissa vertailtiin holvin toteutuksen ratkaisun sekä parvekeratkaisun vaikutuksia työnjohdon- ja torninosturin kustannuksiin. Näillä on suuri merkitys kohteen haastavuuteen.

**Julkisivu:**

- julkisivujen pintamateriaali
- sandwich-elementtien pinnat
- parvekepielien pintamateriaalit
- julkisivun vaikeat detaljit
- parvekekaide ja lasitus.

Julkisivuista kartoitettiin julkisivujen päällystysratkaisut, julkisivujärjestelmät sekä parvekkeiden pintamateriaalit ja niiden vaikutuksia. Julkisivujen vaikeat detaljit tuovat kohteelle haastavuutta ja mahdollisia riippuvuuksia tehtävien välillä.

**Vesikatto:**

- käännetyt katot
- teräskatokset
- monitasoiset katot
- katon eristeratkaisu
- mahdollinen IVKH.

Vesikattojen käännetyt kattorakenteet lisäävät laatuvaatimuksia ja tuovat tehtävien välisiä riippuvuuksia. Teräskatokset sekä monitasoiset katot lisäävät kohteen haastavuutta ja tuovat moninaisuutta. Katon eristeratkaisu nähtiin myös mukaan otettavaksi kokonaisuudeksi. Mahdollisen IVKH:een rakentaminen vaikuttaa rakentamisaikaan ja vesikattoaikatauluun.

**LVI:**

- lämmitysjärjestelmä (ei mukavuuslämpö)
- Ilmanvaihtojärjestelmä.

Lämmitysjärjestelmällä on suuria vaikutuksia työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin ja ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa vesikattoaikatauluun.

**Muuta:**

- väliseinien rakenne
- kuivaketju10-toimintamalli
- isot kerroskorkeudet

- aluetta ohjaavat logistiikkamääräykset
- muita erikoisratkaisuja
- sijainnin haastavuus
- talon korkomaailma tontilla
- talon sijoitus tontilla.

Väliseinien rakenneratkaisuilla voi olla merkitystä muiden töiden valmisteluihin. Kuiva-ketju10-toimintamalli sekä isot kerroskorkeudet lisäävät useita kustannuseriä. Alueiden logistiikkamääräyksillä voi olla vaikutuksia. Lisäksi käsitellään muut erikoisratkaisut, sijainnin haastavuudesta, talon korkomaailmasta sekä talon sijoituksesta tontilla johtuvia kustannuksia.

### 3.2 Kustannuksien kartoitus

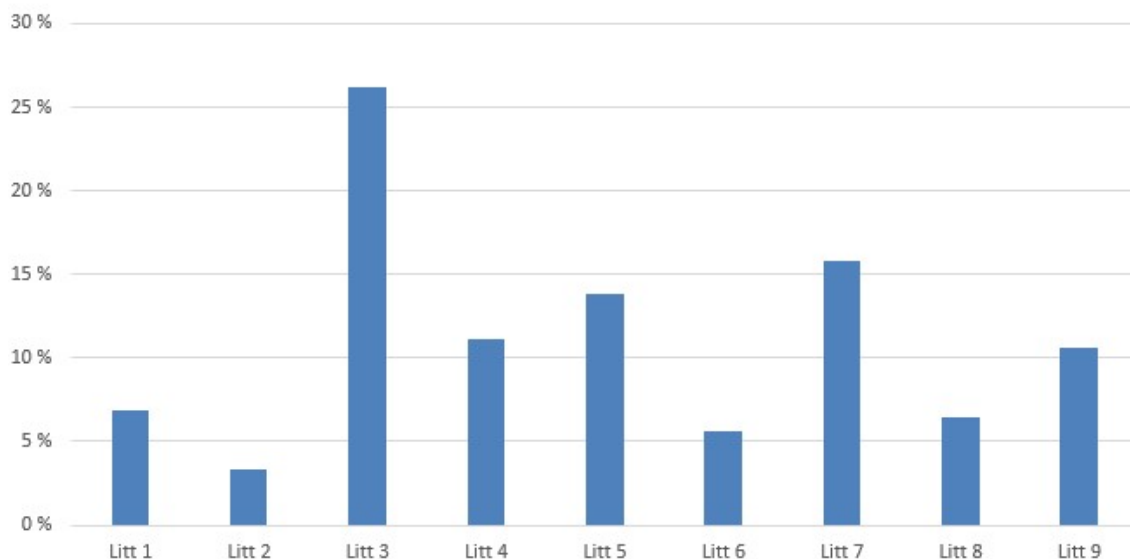
Kustannuksia lähdettiin kartoittamaan kahdelta näkökulmalta. Mitkä ovat rakentamisen teknisistä pääryhmistä suurimmat ja niiden kannalta vaikuttavimmat tekniset ratkaisut sekä mitkä ovat työmaan käyttö- ja yhteiskustannusten kannalta merkittävimmät litterat kustannuksien kannalta. Eli käytännössä minkälaisia teknisiä ratkaisuja verrataan ja mi-hin.

Pääryhmien kartoitus tapahtui yksikön jälki- ja ennustelaskenta analysoimalla tiedostoja Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla. Kohteiden kustannusmenekit ja en-nusteet olivat jälkilaskentaohjeiden mukaisesti suoritettu ja helposti jäseneltävissä ole-vissa viitekansioissa

#### 3.2.1 1-9 Pääryhmät

Otsikon mukaisesti kartoituksessa otettiin huomioon vain 1-9 pääryhmät. 00 sekä 0-pää-rymiä ei insinööriyössä otettu huomioon niiden rakentumisen luonteen vuoksi. Kyseiset pääryhmät eivät ole suoraan työmaateknisiä kustannuksia. Rakennusteknisinä pääryh-minä pidetään pääryhmiä 1-7.

Kartoituksessa analysoitiin dataa ja keskiarvot laskemalla saatiin esille, minkälaisiin teknisiin ratkaisuihin kiinnitetään insinööriyössä huomiota käyttö- ja yhteiskustannuksien lisäksi. Neljä suurinta teknistä pääryhmää kuvassa 9 toivat rajauksen, minkälaisia teknisiä ratkaisuja työssä arvioidaan.



Kuva 9. Pylväskaavio tutkimuksen kohteiden kustannusten keskiarvon jakautumisesta pääryhmittäin.

Rakentamisen kustannukset kerääntyivät pääosin seuraavista teknisistä pääryhmistä:

- 3 runko- ja vesikattorakenteet
- 4 täydentävät rakenteet
- 5 pintarakenteet
- 7 konetekniset työt.

Runko- ja vesikattorakenteet pääryhmään sisältyy rungon betonointi ja sen valmistelut, teräsrunkotyöt, rungon elementtityöt, rungon lämmöneristys, veden- ja kosteudeneristys sekä betonielementit ja parvekkeet. Tässä pääryhmässä kustannukset syntyvät pääosin elementtien hankinnoista sekä niiden asennuksista.

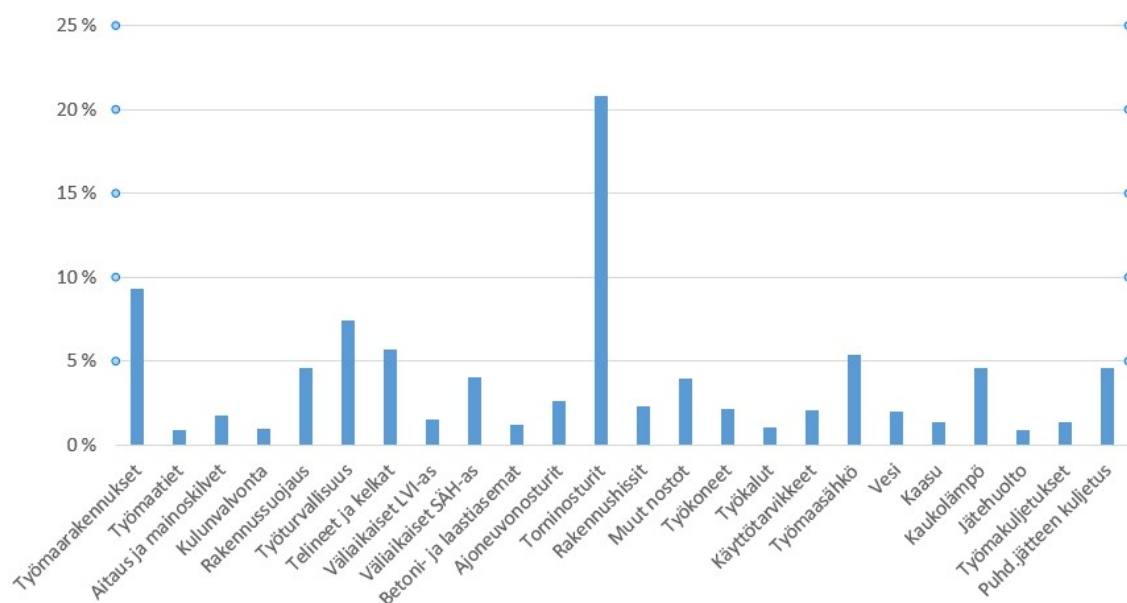
Täydentävät rakenteet pääryhmään sisältyy ikkunat ja ovet, niiden asennukset ja lukitukset sekä väliseinät ja hormit. Tässä pääryhmässä kustannukset syntyvät pääosin ikkuna- ja ovihankinnoista ja asennuksista sekä väliseinistä ja parvekekaiteista.

Pintarakenteet pääryhmään sisältyy julkisivutyöt ja materiaalit sekä sisäpuolisten seinien, lattioiden ja kattojen päällystetyöt ja materiaalit. Suurimmat kustannukset tässä pääryhmässä syntyvät julkisivutöistä, laatoituksesta, puulattioista, maalauksista ja huopakatteesta.

Konetekniset työt pääryhmään sisältyy kohteen LVIS-työt sekä hissit ja palokatkot. Suurimmat kustannukset syntyvät LVIS-urakoista.

### 3.2.2 Työmaan käyttökustannukset

Työmaan käyttökustannukset pääryhmässä litterat ovat koko työmaata palvelevat työt ja kustannukset kuten työmaan käynnistys-, käyttö- ja kuljetuskustannukset. Pääryhmän työt ja kustannukset pidetään tietyn kokoisina kokonaisuuksina, eikä niitä kohdisteta erikseen muille litteroille.



Kuva 10. Pylväskaavio tutkimuksen kohteiden 8-pääryhmän kustannusten keskiarvon jakautumisesta.

8-Pääryhmän kustannukset jaettu litteroittain. Kuvan 10 pylväskaaviota tulkittaessa, huomataan työmaan käyttökustannuksien painopisteen torninosturi-, työmaarakennukset-, työturvallisuus- sekä telineet ja kelkat litteroilla.

Torninosturit litteran kustannukset koostuvat KL 3, eli alihankintakustannuksista. Torninosturi luo kiinteitä aikaan sidottuja kustannuksia. Pystytys, huolto, vuokrat ja purku sekä ajoneuvo- ja torninosturikuljettajien palkat. Kustannuserä on suuri ja staattinen. Tästä syystä sitä pidetään insinööryön tutkimuksen pääaiheena. Kyseinen littera luokitellaan suunniteltavaksi litteraksi.

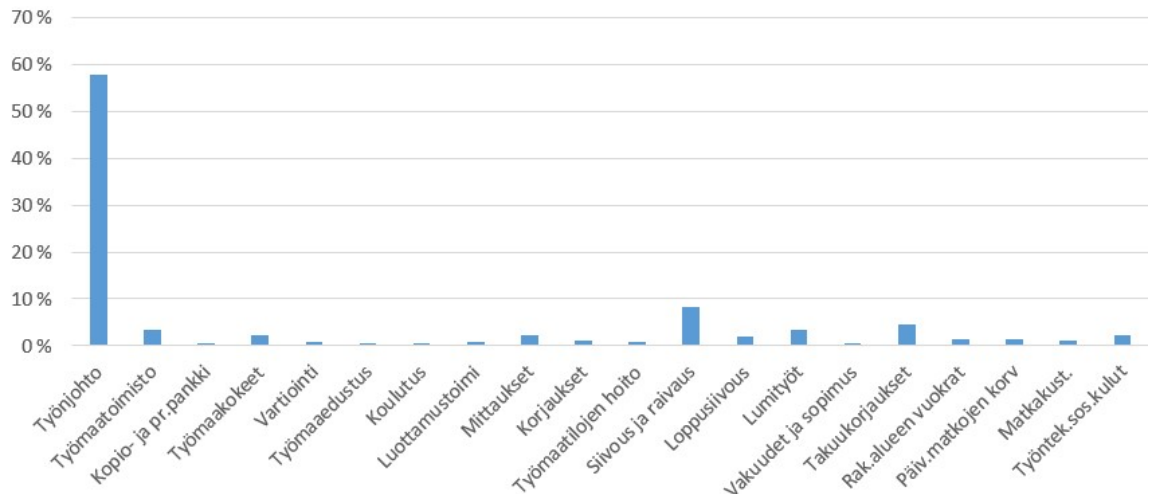
Työturvallisuuslittera pitää sisällään rakennettavat kaiteet, suoja-aidat ja katokset, kyltit, henkilökohtaiset suojaimet ja työvaatteet. Litteran suurimmat kustannukset syntyvät ai-doista ja putoamissuojauksista. Tämän litteran kustannuserot syntyvät julkisivu- ja runkoratkaisuista. Kyseinen littera luokitellaan suunniteltavaksi sekä tilastopohjaiseksi litteraksi.

Telineet ja kelkat littera koostuu telineistä, kulkusilloista sekä henkilönostimista ja saksilavoista. Kustannukset kertyvät kohteen julkisivu-, runko- ja parvekeratkaisuista riippuen tarvittavien nostimien vuokrauksista sekä korkeiden tilojen vaikutuksista. Kyseinen littera luokitellaan suunniteltavaksi litteraksi.

Työmaarakennuksien kustannukset koostuvat pääosin työmaarakennuksien vuokrista, eikä teknisillä ratkaisuilla ole vaikutusta tähän litteraan. Kyseinen littera luokitellaan suunniteltavaksi litteraksi.

### 3.2.3 Työmaan yhteiskustannukset

Pääryhmä käsittää työmaata kokonaisuudessaan palvelevat työt ja kustannukset kuten rakennustyömaan hallinnon, avustavat rakennustyöt, talvilisätyöt, sopimusperusteiset erityiskulut sekä työntekijöiden palkanlisät ja sosiaalikulut. Pääryhmän työt ja kustannukset käsitellään koko hanketta ja työmaata koskien eikä niitä erotella tai kohdisteta erillisille rakentamisosille tai kustannuksille. Työmaan yhteiskustannuksien, eli 9. pääryhmän kustannukset jaettu kuvassa 10. litteroittain.

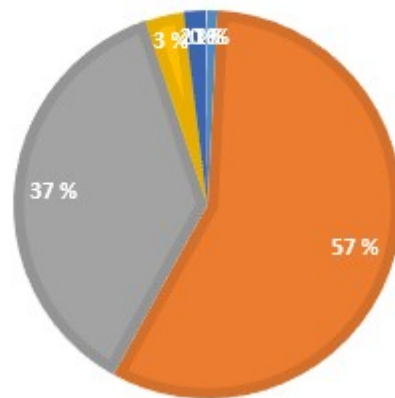


Kuva 11. Tutkimuksen kohteiden 9-Pääryhmän kustannusten keskiarvon jakautuminen.

Työnjohto litteralla esiintyy keskimäärin 58% pääryhmän kustannuksista, mikä tekee litterasta tutkimuksen kustannuspainotteisen luonteen vuoksi tutkimuksen painopisteen kyseisellä pääryhmällä. Kustannukset työnjohtolitteralla koostuvat seuraavista kustannuksista

### TYÖNJOHDON KUSTANNUKSET

■ KL 2 ■ KL 5.1 ■ KL 5.2 ■ KL 5.3 ■ KL 5.4 ■ KL 5.5



Kuva 12. Työnjohton kustannukset jaoteltuna kustannuslajeittain.

Kustannuslaji 5.1 on työnjohdon palkka ja kustannuslaji 5.2 on työnjohdon sosiaalikulut. Suurin osa litteralla syntyvistä kustannuksista on työnjohdon palkat ja työnjohdon sosiaalikulut, jotka ovat korrelaatiossa keskenään. Työnjohdon littera luokitellaan suunniteltavaksi.

Seuraavaksi suurin pääryhmän siivous ja raivaus litteran kustannukset syntyvät pääosin vuokratilasta ja työntekijöiden palkoista. Littera luokitellaan suunniteltavaksi. Insinöörityön kannalta ei kyseisellä litteralla nähdä vaikutuksia teknisiin ratkaisuihin.

### 3.3 Haastattelut ja näkökulmat

Haastattelut eivät olleet kysymysrunkoisia, vain enemmänkin työpajamuotoisia aivoriihiä. Niissä esiteltiin eri teknisiä ratkaisuja ja mietittiin yhdessä painotettuihin käyttö- ja yhteiskustannus litteroihin. Insinöörityön kannalta haastatteluista saatiin työhön hyviä näkökulmia ja kokemusperäistä tietoa. Näiden tietojen pohjalta saatiin hyvät lähtökohdat ratkaisujen hakemiseen. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset laskevat tilaajayrityksessä työpäällikkö yhteistyössä tuotantoinsinöörin ja vastaavan mestarin kanssa.

Haastattelut toimivat myös osana kohteiden kartoitusta. Haastattelut suoritettiin työpäällikkö sekä vastaavan mestarin tasolla, jotta saadaan tarvittavaa kokemusperäistä tietoa. Haastattelujen yhteydessä etsittiin lisää mahdollisia teknisiä ratkaisuja ja niiden vaikutuksia työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Haastattelujen lopputuloksena syntyi kooste Liite 1. Teknisten ratkaisujen vaikutukset torninosturin ja työnjohdon kustannuksiin.

### 3.4 Tutkimuksessa saadut tulokset

Rakennusteknisten pääryhmien (1-7) kartoitusten tuloksena tuli pääasiassa neljän pääryhmän teknisten ratkaisujen kerääminen. Runko- ja vesikattorakenteet, täydentävät rakenteet, pintarakenteet ja konetekniset työt. Näillä pääryhmillä on suurimmat kustannuserät ja niiden vaihtoehtoisia menetelmiä tutkittiin insinöörityössä.

Työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien merkittäviä litteroita tutkittiin laskemalla ja vertaamalla litteran kustannusosuutta pääryhmän kokonaiskustannuksista. Kartoituksen perusteella, tutkinnan kohteena on pääosin torninostimien ja työnjohdon kustannukset. Muita huomioita tehtiin myös niiden ollessa huomioiden arvoisia kokonaisuuteen nähden.

Tekniset ratkaisut ja haastatteluissa niille kerätyt huomiot työnjohdon ja torninosturin kustannuksiin ovat liitteessä 1. Teknisten ratkaisujen vaikutukset torninosturin ja työnjohdon kustannuksiin. Lisäksi kohteiden kartoituksessa esiin tulleiden muiden ominaisuuksien vaikutukset ovat liitteen 1. tuloksissa.

Kohteiden erilaisuudet huomioiden tarkoituksena oli löytää kustannuseroavaisuuksia työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksissa ja koota dataa, millä näitä kustannuksia voidaan hallita ja ennakoida. Insinööriyössä eriteltiin teknisten ratkaisujen kustannukselliset vaikutukset työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin suuruusluokittain.

Insinööriyössä tehdyistä kustannusten vertailuista saadut tulokset ovat kustannustarkan luonteensa vuoksi käsitelty salassa pidettävänä. Joten opinnäytetyössä ei oteta kantaa teknisten ratkaisujen kustannuksellisista vaikutuksista työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin.

Rakennusteknisten ratkaisujen yksinkertaisuudella ja toistettavuudella päästään kustannustehokkaimpiin ratkaisuihin. Tutkimuksessa korostui vakioituneiden ratkaisujen tehokkuus. Kohteiden erityispiirteet kuten korkeat kerroskorkeudet ja ikkunat, monimutkaiset julkisivut ja vesikiertoinen lattialämmitys nostavat resurssitarpeita ja yksikön tavanomaisesta tuotannosta poikkeavina ratkaisuina ovat haastavia työvaiheita työnjohdolle. Lisäksi poikkeavien ratkaisujen takuuriskejä ei vielä tiedosteta kunnolla.

Nosturikustannuksia voidaan hallita runko- ja vesikattotöiden nostoaikaa lyhentämällä. Kustannuserä on suuri ja staattinen. Tästä syystä sitä pidetään yhdestä tärkeimmistä kustannuseristä. Tavoitteellisessa kustannushallinnassa pitää pyrkiä minimoimaan nosturin käyttö toteutus suunnittelussa. Työmaaorganisaatiolla painopiste on nosturin nostokapasiteetin hyödyntämisessä ja odotusaikojen minimoimisessa. Nosturikustannuksia minimoidessa kannattaakin keskittyä ammattitaitoisen asennusryhmän hankintaan tai

koulutukseen. Hyvä elementtiasennusryhmän nokkamies ja työnjohtaja jouduttavat elementtien asennustyötä. Varma ja vakavarainen elementtitoimittaja, hyvillä kuljetussopimuksilla on elementtien hankinnassa hyvä lähtökohta. Hyvällä viestinnällä ja työn suunnittelulla on myös suuri painoarvo kustannusten toteutumiseen. Elementtitoimitusten mahdollisesti viivästyessä vaihtoehtoiset nostotyöt rungon ohella kannattaa olla mietittynä valmiiksi. Esimerkiksi, jos työmaan käytössä on paljon varastotilaa, kannattaa elementtejä ottaa varastoitavaksi työmaalle. Rungon yksinkertaisuudella tai monimuotoisuudella on vaikutuksensa, erikoiset elementit, julkisivuratkaisut ja koristekivet hidastavat elementtiasennusta.

Työnjohdonkustannusten hallinta on mahdollista hyvillä toteutus- ja resurssisuunnitelmissa sekä rakennuskohteiden välisillä ajoituksilla. Kun työnjohdon työtehtävät on jaoteltu sopivan kokoisiksi paketeiksi ja työvaiheisiin annetaan tarpeeksi aikaa valmistautua, päästään rakennusteknisesti sekä kustannuksellisesti hyvään lopputulokseen. Tässä korostuukin esimiesten tuntemus alaitensa kyvyistä suoriutua ja kehittyä. Pelkästään työnjohdon määrää karsimalla ei päästä kustannustehokkaisiin tavoitteisiin. Työnjohdon kustannusten määrää vähennettäessä, pitää huomioida teknisiä ratkaisuja niin, että työnjohdon tarve myös vähenee. Työnjohtotehtävien haastavuus eri teknisissä ratkaisuissa on tullut esille useaan otteeseen. Tästä syystä myös työnjohdon osaamista sekä kehittymistä käsitellään ratkaisuna. Työnjohdon kustannushallinta alkaa jo rekrytoinnista, myönteistä oppimisasennetta ja motivaatiota työtehtäviin pidetään työnjohtajan arvokkaimpina ominaisuuksina. Useiden tutkimusten mukaan myönteisellä oppimisorientaatiolla saadaan parempia tuloksia kuin suorituskeskeisyydellä. Esimiehen on ylläpidettävä työnjohtajien motivaatiota työtehtäviin ja kehitettävä niiden mielekkyyttä. Työnjohdon suoriutumiskyvyn parantamiseen kannattaa etsiä uusia tietoteknisiä ratkaisuja.

Tutkimuksen johdannossa määritetyt alan vaatimusten muutokset jäivät tutkimuksen laajuuden sekä kustannuksien osalta merkityksettömiksi. Yrityksen sisäisten ohjeistuksien aiheuttamat kustannusvaikutukset käytiin insinööriyössä läpi kuivaketju10-toimintamallin sekä luovutuksen ajankohdan osalta.

## 4 Johtopäätökset

Opinnäytetyössä saadut tulokset ovat yleishyödyllisiä sekä suuntaa antavia ohjeistuksia teknisten ratkaisujen vaikutuksista työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin. Lopullinen laskentapäätös pitää tehdä aina tapauskohtaisesti. Insinööriyön tulokset tukevat suunnittelunohjauksessa sekä laskennassa tapahtuvaa päätöksentekoa.

Tuloksien ongelmana voidaan pitää teknisten ratkaisujen lukumäärää, jotka muodostuivat tutkinnan kohteiksi. Suuresta lukumäärästä johtuen ei yksittäisten ratkaisujen vertailutasolla saada niin tarkkaa tulosta kuin olisi mahdollista.

Insinööriyön tuloksia on mahdollista hyödyntää laskennassa sekä toteutussuunnittelussa. Pitää myös huomioida, että toteutuvat kustannuksen eivät ole ainoita rakennustapojen määrittäjiä. Teknisissä ratkaisuissa on huomioitava myös lopputuotteen käyttäjä, haluttu laatutaso sekä viranomais määräykset.

Insinööriyön tarkoitus oli luoda dataa kustannusarvio- ja tavoitearviolaskennan sekä toteutussuunnitteluorganisaatioiden tueksi. Teknisten ratkaisujen vaikutus työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin on merkittävä. Haastavana aiheena pidettyjen teknisten ratkaisujen vaikutukset työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin saaminen selkeäksi faktoihin perustuvaksi aineistoksi parantaa sidosryhmien ajankäyttöä sekä lopputulosta. Tutkimus eteni kokonaisuudessaan hyvin tiukasta aikataulusta huolimatta ja tavoitteisiin päästiin.

Opinnäytetyössä saadut tulokset esittävät, mitkä rakentamisen osa-alueet ovat tuotannonohjauksen painopisteitä kustannushallinnan näkökulmasta. Suunnittelu sekä laskentavaiheessa pitäisi punnita ja arvioida tutkimuksessa ilmi tulleita tuloksia. Teknologian kärjessä pysyminen jatkuvasti muuttuvalla rakennusalalla vaatii jatkuvaa tutkimus- ja kehitystyötä. Tutkimus toimii loistavana lähtökohtana mahdollisille jatkotutkimuksille.

Insinööriyössä havaittujen tulosten merkitys korostuu perustajaurakointikohteissa, jolloin urakoitsijalla on suurin mahdollisuus vaikuttaa toteutussuunnitteluun. Lisäksi tutkimus tuo esille uutta tietoa mm. sijainnin vaikutuksesta, alueellisten vaatimusten eroista sekä rakennuksen sijainnista ja korkoasemasta tontilla aiheuttamista kustannuksista.

Uusia rakennusteknisiä ratkaisuja pidetään työnjohtotasolla yleisesti haastavina. Tämä johtuu kunnollisen suunnittelun sekä kokemuksen puutteesta. Esimerkiksi lattialämmönlisissä kohteissa rakennusteknisen valmistelun, suunnittelun ja toteuttamisen ohjeistukset ovat puutteellisia. Suosittelen, että pilottikohteista kerätään nykyistä enemmän materiaalia mahdollisista parannuksien kohteista sekä toteutuksen sudenkuopista, tämä mahdollistaa uusien ratkaisujen tehokkaamman jalkautuksen. Kustannustehokkuuteen pyrkiessä tulisi pysyä yksinkertaisissa yrityksen hyvin hallitsemisissa suunnitelmaratkaisuissa.

### *Kehitysehdotukset*

Nykypäivän rakentamisen dokumentoinnin ja tarkastuksien määrät kasvavat jatkuvasti. Siksi onkin tärkeätä jatkuvasti etsiä ja kehittää tietoteknisiä ratkaisuja työnjohdon suorituskyvyn parantamiseksi. Nämä ratkaisut pitäisi testata käytännössä ennen niiden jalkauttamista prosessiin. Yrityksen toiminnan tehostamisen yksi parhaista keinoista on automaation lisääminen ja ihmisten tekemän rutiinityön vähentäminen.

Haastatteluissa kävi usein ilmi, töihin valmistautumisen haasteena suunnitelmien tarkkuuden vajaavaisuudet sekä detaljien puutteellisuudet. Rakennushankkeen haastavuutta nostaa toteutussuunnitelmien puutteellisuudet rakentamisen valmistelusta, hankinnoista ja toteutuksesta lähtien. Useiden insinööriyössä käsiteltyjen teknisten ratkaisujen yhtenä suurena haasteena pidetäänkin suunnitelmien puutteellisuudet. Ratkaisuna ongelmaan voi olla yrityksessä kehitettävät järjestelmälliset suunnitelmien tarkistuslistat suunnittelunohjauksen sekä suunnitelmakatselmusten työkaluiksi.

## 5 Yhteenveto

### *Lyhyt katsaus työhön*

Opinnäytetyö käsitteli asuinkerrostalotyömaan käyttö- ja yhteiskustannuksia nostavia teknisiä ratkaisuja. Teknisten ratkaisujen vaikutukset käyttö- ja yhteiskustannuksiin on rakennusalalla yleisesti haastavana pidetty aihealue ja niiden muodostumista ymmärtään heikosti. Käyttö- ja yhteiskustannukset muodostuvat monista yrityksen yleiskustannuksiin vaikuttavista tekijöistä, ja niiden ymmärtäminen paremmin luo mahdollisuuksia tarkempiin kustannuslaskelmiin ja siten kannattavuuteen, niin yritys- kuin yksikötasolla.

Tavoitteena oli eritellä teknisten ratkaisujen, alan vaatimusten muutosten sekä yrityksen sisäisten ohjeistuksien aiheuttamat kustannusvaikutukset käyttö- ja yhteiskustannuksiin, määrittää niiden suuruusluokat sekä poimia merkittävimmät tekijät. Työssä analysoitiin tilaajayrityksen jälkilaskenta-, toteuma- ja ennustetietoja ja kartoitettiin työhön sisällytettyjen kohteiden perustiedot, erityispiirteet, rakentamisen ajankohta ja vuosi.

Tutkimuksen tuloksena syntyi yhteenveto teknisten ratkaisujen vaikutuksista työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin haastattelujen sekä erikseen kustannuksien pohjalta. On toivottavaa, että tutkimus parantaa sidosryhmien ajankäyttöä sekä lopputulosta sekä kehitysehdotuksien perusteella tehdään jatkotoimenpiteitä.

Insinööriyö kokonaisuudessaan oli todella opettavainen. Teknisten ratkaisujen eroavaisuudet kokonaisuudessaan, vaihtoehtoisten ratkaisujen löytäminen sekä kustannuksien vertailu tekivät työstä mielenkiintoisen ja innostavan. Työn suorittajana valitsinkin insinööriyön aiheen sen haastavuuden, monimutkaisuuden sekä opettavaisuuden perusteella.

### *Työn ongelmat ja haasteet*

Tutkimustyön aihe on alueena niin laaja ja monimutkainen, että tutkimuksen sisällön hahmottamisessa ja ymmärtämisessä kului paljon aikaa ja tutkimusta. Lähtötietojen puutteellisuus toi työhön sen rajauksen kannalta haasteita. Käytännössä kaikki vertailtavat muuttujat piti kartoittaa kustannuksien kautta, vasta tämän jälkeen niiden vaikutuksia

toisiinsa oli mahdollista vertailla. Tutkimuksen tulosten soveltaminen on osaamisalueena haastavaa ja vaatii vuosien kokemuksen rakennusalalta. Teknisten ratkaisujen seuraukset eivät ole yksiselitteisiä ja ovat usein kohdekohtaisia. Teknisiä ratkaisuja ei opinnäytetyössä voitu niiden laajuuden takia käsitellä. Aihe oli tavallista vaativampi ja työläämpi, pitäessään sisällään suuren osan rakentamisvaiheen kustannushallinnasta, suunnittelunohjauksesta sekä teknisistä ratkaisuista.

### *Jatkotutkimusalueet*

Insinöörityön aihealue käsitteli laajasti teknisiä ratkaisuja, eikä yksityiskohtaisia vaikutuksia saatu yksiselitteisesti esitettyä. Jatkotutkimusalueena voisi olla yksityiskohtaisempi tutkimus jostain pääryhmästä, esimerkiksi julkisivuratkaisujen kustannukset tai runkoratkaisujen kustannusvaikutukset.

Opinnäytetyössä tuli ilmi useasti suunnitelmapuutteita ja niiden haasteita. Esitän kehitettävät järjestelmälliset suunnitelmien tarkistuslistat suunnittelunohjauksen sekä suunnitelmakatselmusten työkaluiksi.

Rakentamisen ympäristövaikutuksilla on suuri yhteiskunnallinen merkitys. Ympäristöministeriöllä käynnissä rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmän tutkimus. Ehdotan yhdeksi jatkotutkimusalueeksi tutkimuksessa esiintyneiden teknisten ratkaisujen ympäristövaikutusten arvioimista ja täten ympäristöministeriön muuttuviin vaatimuksiin valmistautumisen.

Käyttö ja yhteiskustannusten laskentaa pidetään monimutkaisena ja ammattitaitoa vaativana tehtävänä. Tutkimusta tehdessä löytyi informaatiota, jonka mukaan tietomallinnuksella voidaan laskentaprosessia tehostaa. Jatkotutkimuksia on siis syytä tehdä tietomallinnukseen liittyen.

## Lähteet

- 1 PEAB – Pohjoismainen yhteiskuntarakentaja. 2019. Verkkoaineisto. Peab Oy. <<https://peab.fi/peab/>> Luettu 31.10.2019.
- 2 Litterointiohje – Yleinen ohje – Versio 5.1. 2018. Peab Oy.
- 3 Vuorela, Urpola, Kankainen. 2001. Johdatus rakentamistalouteen.
- 4 Rakennushankkeen kustannushallinta. 1994. Rakennustieto Oy.
- 5 Pauna, T. 2012. Työmaan tavoitearvion laadinta ja sen kustannusennustaminen. Insinööriyö. Turun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Tanskanen. 2017. Kustannukset on suunniteltava. Rakennuslehti näkökulma. Luettu 1.11.2019.
- 7 RT 10-11226. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus.
- 8 Rakennushankkeen kustannushallinta. 1995. Rakennustieto Oy.
- 9 Kaunisvirta. 2019. Valitse oikea toteutusmuoto rakennushankkeelle – urakka-  
muodot vertailussa. Fira Blogi. Luettu 2.11.2019
- 10 Helenius, Tom. 2008. Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset asuntorakentamisessa. Opinnäytetyö. Helsingin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 11 Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Suomi: Suomen Rakennusmedia Oy.
- 12 Rautanama, Tapio. 2015. Talonrakennushankkeen suunnittelun ohjaus tämän päivän pelikentässä. Diplomityö. Aalto University. Aaltopro-tietokanta

## **Liitteet**

Liite 1. Teknisten ratkaisujen vaikutukset torninosturin ja työnjohdon kustannuksiin.

Liite 2. Kohteiden kartoitukset.

Liite 1. Teknisten ratkaisujen vaikutukset torninosturin ja työnjohdon kustannuksiin.

## Haastattelujen ja selvitysten tulokset.

Haastattelujen yhteenveto teknisistä ratkaisuksista ja niiden vaikutuksista työnjohdon resursseihin ja torninosturin kustannuksiin sekä muita vaikutuksia.

### Ulkopuoliset rakenteet

#### Autohalli talon alla

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Menee elementtiasennuksen mukana.

Vaikutus torninosturin kustannuksiin:

- Käytännössä lisää kerroksen rakentamiseen. Autohallin elementtiasennus on noin puolet hitaampi, kuin tavallisen kerroksen.

Muita vaikutuksia:

- Sisätyövaiheiden aloitus voi siirtyä pidemmälle, riippuen yleisaikataulusta ja rakentamisjärjestyksestä.

#### Elementtirakenteinen autohalli maan alla tai talon ulkopuolella + pihakansi

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Noin 3-6kk työnjohdon lisäys, kohteesta ja koosta riippuen.

Vaikutus torninosturin kustannuksiin:

- Lisää noin 2 viikkoa, riippuen autohallin koosta, samalla voidaan tehdä vesikaton nostoja.

Muita vaikutuksia:

- Voidaan tehdä samalla sisätyövaiheita.
- Pihakansi saattaa vaikuttaa rakennusajan pituuteen, esim. jos pihakansi osuu talvelle -> siirretään keväälle. jos ei niin talvillisätyöt nousevat (suojaukset, höyrytykset, lämmitykset, kermityöt talvella niin joutuu huputtamaan.)
- Voi aiheuttaa riippuvuuksia esim. julkisivujen kanssa, mikä lisää haastavuutta.
- Hyvin usein puutteelliset suunnitelmat.
- Takuutyöriski.

### **Imujäte (Vaikutus verrattuna jätekatos tai aitaus ja esim. syväjäteastiat)**

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Vaatii työnsuunnittelua työnjohtajalta, vastaavalta ja insinööritä.
- Tekniikan sovittelua ja korkomaailman haasteita. Ei suurta vaikutusta.
- Voi aiheuttaa riippuvuuksia julkisivujen kanssa.

### **Piharakennus:**

- Paikallaanrakennettu puurunkoinen piharakennus vaatii työnjohtoa noin 1-2kk.
- Betonielementtirunkoinen vaatii muutaman nostopäivän. Työnjohtoa n. 2-3kk Menee elementtiasennuksen ohella.
- Puuelementtirunkoinen vaatii muutaman nostopäivän, ei säästä työnjohtajan resursseja. (lisähankinta).

### **Runko**

### **Holvi paikallaanvalettu (Vaikutukset verrattuna ontelolaattaholviin)**

Vaikutukset työnjohtajan resursseihin:

- Vaativa työnjohtajalle. (Muottisuunnitelmat/valvonta/jälkituennat/betonien toimitukset)

Vaikutukset nosturin kustannuksiin:

- Elementtikerroksien pidempi, muutama työvuoro lisää/kerros pienehkössä asuinkerrostalossa.

Muita vaikutuksia:

- Lisää kuivatus-, lämmityskuluja. (kuivumishaasteet)
- Sisätyövaiheet mahdollista aloittaa osittain aikaisemmin.
- Lisää varastointi/haalauksia, sillä rungon aikana ei holville voi varastoida nippuja.
- Riskinä muottien pitävyydet.

### **KPH/WC elementit (Vaikutukset verrattuna paikallatehtyihin)**

Vaikutukset työnjohtajan resursseihin:

- Huomattavasti vähemmän työnjohtoa.
- Vähemmän erillisiä työvaiheita.
- Elementtien laadunvalvonta korostuu.

Vaikutukset nosturin kustannuksiin:

- Pidentää rungon kestoa, KPH elementtien asennuksessa erityistä varovaisuutta.

Muita vaikutuksia:

- Korjaukset hankalia -> tehtaan laadunvalvonta oltava hyvää.
- Vähemmän haalauksia.
- Vie tilaa holvilla.
- Asukasmuutokset haastavia tai mahdottomia.
- Tila valmistuu nopeammin, ei vaikuta rakennusaikaan.

### **Lattiavalut maakostealla (Vaikutukset verrattuna lattiavalut betonilla)**

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Ei vaikutusta. Vähemmän jälkitöitä, uusi hankinta.

Muita vaikutuksia:

- Lyhyempi kuivumisaika, ei vaikuta rakennusaikaan.

KPH väliseinien tekeminen ACO-elementeillä (Verrattuna kipsiseiniin)

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Laskee lattiavaluvalmistelutöitä.
- Uusi hankinta

Muita vaikutuksia:

- Acoja voi asentaa kostealla, mahdollisuuksia aikatauluhyötyihin.
- Laskee lattiavaluvalmistelukustannuksia -> nostaa jälkityökustannuksia.
- Tasoitetyöt kalliimpaa.

### **Parvekkeet**

1. Itsekantava pieli+ laatta
  - Huomattavasti helpoin ratkaisu työnjohtajalle.
  - Ei vaikeita tuentoja, menee elementtiasennuksien ohella.
2. Ripustettavat betoniparvekkeet
  - Asennus hitaampaa, tuennat, hitsaukset, mittatarkkuus.
  - Uusi hankinta ja detaljisuunnittelu vie työnjohtoa.
3. Ripustettavat teräsparvekkeet

- Asennus hitaampaa verrattuna pieli+ laatta
  - Luo mahdollisuuksia asennusjärjestykseen jos suunniteltu järkevästi.
  - Poistaa kivimääriä. (Uusi hankinta)
  - Vaatii erikoisosaamista.
4. Betoni ulokeparvekkeet
- Työnaikainen kannatus (vaikeampi kuin vetotankomallissa)
  - Nostaa kuivatuskustannuksia ontelotalossa.

### **Isot lattiasta lähtevät ikkunat**

Vaikutus työnjohtajan resursseihin:

- Rungon korkosuunnittelu, asennus ja detaljit lisäävät työnjohdon haastavuutta.

Muita vaikutuksia:

- Vie kerroksissa paljon tilaa.
- Pakko saada nippunostoissa oikeisiin asuntoihin.
- Ei saada elementteihin valmiiksi asennettuina.
- Joudutaan käyttämään nostimia/telineitä asennuksessa.

### **Julkisivut**

#### **Parvekekaiteet (Verrattuna tavanomaiseen lasikaiteeseen)**

1. Lasituksen lisäksi rappauslevy / puurakenne.

Vaikutukset työnjohdon resursseihin:

- Työnjohtoa useampi kuukausi lisää.
- Sitoo hankintaresursseja

Muita vaikutuksia:

- Puutteellisia suunnitteludetaljeja.
- Saattaa pidentää aikataulua riippuen vuodenajasta.
- Vaikea saada tekijää ja isot takuutyöriskit.
- Lisää suojausta.

## 2. Betonielementtikaide /pinnakaide

Vaikutukset työjohdon resursseihin:

- Vaikeuttaa työnjohtoa.

Vaikutukset nosturin kustannuksiin:

- Hidastaa elementtiasennusta.

Muita vaikutuksia:

- Liitokset teräsosilla, hitsausta normaalia enemmän, vaikeuttaa työnjohtoa.

## **Julkisivurakenne (Verrattuna SW-elementteihin valmiilla pintarakenteella)**

### 1. Paikallarappaus

Vaikutuksen työjohdon resursseihin:

- Julkisivutyönjohtaja 6-8kk valmistelu, hankinta, mestojen teot ja epävarmat urakoitsijat.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Lisää nostinkuluja.

Muita vaikutuksia:

- Asettaa rajoittavia tekijöitä rakennusaikaan.
- Riippuvuudet pihakansien/imujätejärjestelmän kanssa.
- Vuodenaika tärkeä

### 2. Muuraus

Vaikutuksen työjohdon resursseihin:

- Julkisivutyönjohtaja noin 6kk, kohteen koosta riippuen.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Lisää nostinkuluja.

Muita vaikutuksia:

- Asettaa rajoittavia tekijöitä rakennusaikaan.
- Riippuvuudet pihakansien/imujätejärjestelmän kanssa.
- Vaikuttaa kosteudenhallintaan.
- Vuodenaika tärkeä, sillä talvella huputus on pakollinen.

### 3. Maalaus

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Pieni vaikutus.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Huomattavasti nopeampaa kuin rappaus tai muuraus.

#### **Vaikeat julkisivun detaljit**

- Lisää työnjohdon resursseja.
- Lisää suunnitelmakatselmuksia.
- Mahdollisesti voi lisätä nostinkuluja.
- Vaikuttaa mahdollisesti rakennusaikaan.
- Asettaa laatu- ja kustannusriskejä.
- Takuuriskit huomioitava.

#### **Vesikatto**

##### **IVKH**

###### 1. Paikallarakennettu IVKH

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Työläs työnjohdolle.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Materiaalien ja jätteiden nostot.

Muita vaikutuksia:

- Vaikuttaa suoraan vesikaton aikatauluun.
- Urakoitsijoilla ollut haasteita selvitä laadun/ajan puitteissa.
- Sääät vaikuttavat.
- Usein vaikuttaa kuivumiseen, kun vesitiiveys saavutetaan myöhemmin.

###### 2. IVKH betoni- tai puuelementeistä.

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Arvioitu kesto lattiavalujen kanssa 20pv
- Kevyempi työnjohdolle, samalla vaivalla kuin runko

- Liitännät, läpiviennit ja vesieristykset.
- Puuelementeistä uusi hankinta. (Betonielementit voi sisällyttää elementti-kauppaan).

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Noin 3-5 pv nostoja lisää.

### 3. Valmis IVKH-elementti

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Nopea, ei kokemusta.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Yksi nostopäivä.

Muita vaikutuksia:

- Uusi hankinta.
- Suunnittelu tärkeä, ei voi oikein tehdä muutoksia.
- Tekninen ratkaisu kallis, tuoko hyötyjä suhteessa tarpeeksi?

### **Käännetty katto**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Valmistukselta vaativa, liittymät vaikeita. Lisää laadunvalvontaa.
- Suunnitelmat usein puutteellisia, joudutaan suunnittelemaan suunnitella työtä tehdessä.

Muita vaikutuksia:

- Vedenpaineokeita.
- Takuukorjausriski.

### **Useampitasoinen vesikatto (Verrattuna yksitasoiseen)**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Lisää vaikeusastetta, useampia työvaiheistoja. -> lisää TJ kustannuksia.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Nostaa käyttöä sekä jakaa useihin osiin.

Muita vaikutuksia:

- Julkisivutöiden monimuotoisuus kasvaa.
- Lisää teline- ja haalaus kustannuksia

### **Vesikaton teräskatokset**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Suunnitelmakatselmukset
- Suunnittelu yleensä puutteellinen. ARK/RAK ristiriitoja.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Lisää käyttöä minimaalisesti.

Muita vaikutuksia:

- Tulee käännettylle katolle, aikatauluttavia tekijöitä
- Urakoitsijoiden saatavuus rajallinen.
- Aiheuttaa riippuvuuksia elementtiasennus ja vesikattotöihin.

## **LVI**

### **Keskitetty ilmanvaihto**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Osalla kokemuksia puutteellisista suunnitelmista.

### **Asuntokohtainen ilmanvaihto**

Muita vaikutuksia:

- Ei IVKH:tta, mikä vaikuttaa vesikattoaikatauluun ja kustannuksiin laskevasti.
- Lisää läpivientejä.

### **Patterilämmitys**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Helppo ja vakioitunut.

Vaikutus nosturin kustannuksiin:

- Nostot rungon ohella. Ei merkittävää vaikutusta.

Muita vaikutuksia:

- Runkovaiheessa mahdollista saada lämmöt päälle kerroksittain, eli mahdollisuuksia säästää merkittävästi lämmityskuluissa.

### **Lattialämmitys ja viilennys**

Vaikutuksen työnjohdon resursseihin:

- Haastava Suunnittelu ja suunnittelun yhteensovitus syö resursseja huomattavasti, mietitään erilaisia ratkaisuja.
- Vie huomattavasti enemmän työnjohdon resursseja.

Muita vaikutuksia:

- Lisäkustannuksia väliaikaisiin lämpöihin useamman kuukauden.
- Lisää kuivumisaikoja.
- Vaikuttaa sisävaiheen rakennusaikaan.
- Takuuongelmat sitovat työnjohtoa.

**Muuta:**

### **Sijainnin vaikutus**

Keskusta:

- Kaikki suuremmat toimitukset sovittava eri työmaiden ja eri työvaiheiden takia tarkkaan.
- Haalaukset sovittava tarkkaan, kun ei ole varastointialueita.
- Kuljetukset kalliimpia.
- Louhintatöiden yhteensovitus valujen kanssa (muutamien päivien räjäytyskiellot betonoinnin tärinärajoista johtuen).
- Katualueiden käyttö ja vuokra-alueet ollut minimissä.

Muualla:

- Rantarakentamisessa konsultti katsoo suunnitelmat ja kommentoi tarvittaessa, koettu hyödylliseksi
- Uusilla paikkakunnilla toimiminen tuo uusia tuntemattomia urakoitsijoita.

### **Alueen logistiikkamääräykset**

- Rakennusaluetta ohjaavat logistiikkapalaverit kerran viikossa, on koettu hyödyllisiksi.

- Mahdolliset lisääituskustannukset esimerkiksi aitauksista.

#### **Rakennuksen sijainti tontilla**

- Alueiden vuokrauksia, rakennuksen vierustat ja koppialue.
- Laskennassa aluesuunnitelma oltava valmiina.
- Valmiin infran vieressä rakentaminen voi aiheuttaa korjaustöitä ja kaivuu- töiden jumppaamista.
- Mahdollisesti tarvittavia sijoituslupia routaeristeitä tai väliaikaisia sähkö- asennuksia varten.

#### **Korkoasema tontilla:**

- Maan alle rakennettaessa tulee haasteita, syvemmät louhinnat.
- Tarvittavien tuentojen ennakointi.
- Vesieristeiden asennus haastavaa, tuo lisää työnsuunnittelua ja riippu- vuuksia.
- Lisää mahdollisia telinekustannuksia

#### **Korkeat kerroskorkeudet.**

- Vaikuttaa työnjohdon resursseihin.
- Lisäävät telineitä, tönöreiden asennusta, lisää työnjohdon taakkaa.
- Esimerkiksi maalaustöihin tarvitsee telineet, mutta planossa ne pitää saada pois.
- Etuputsi, tekniikka- ja elementtiasennuksessa tuo haasteita.
- Takuutyöt katonrajassa vaikeutuvat.

#### **Kuivaketju10-toimintatapa.**

- Lisää töitä valmistelussa, esim. kosteusmittaukset, allekirjoitukset, raportit ja väliaikaiset vedenpoistot.
- Tällä hetkellä lisäresurssi 1pv/vko/työmaa.

#### **Kuukausi ennen luovutusta valmis.**

- Lisää rakentamisen loppupään 8-9 kuluja, mm. kopit, vartiointi, lämmitys, sähkö yms.
- Vaikuttaa positiivisesti laatuun.

Liite 2. Kohteiden kartoitukset.

Kohde 1. Leinelän Paletti ja Vantaan Sivellin, Leinelä

Kohde 2. Ritari ja Kartanon Neito, Espoo

Kohde 3. Kruunuvuoren Kuningas ja Kuningatar, Helsinki

Kohde 4. Riihimäen keskushovi, Riihimäki

Kohde 5. Goldfinger, Jätkäsaari

Kohde 6. Helsingin Silhuetti, Kruunuvuori

Kohde 7. Uuno Kailaan Katu 5, Leppävaara

Kohde 8. Kontulantie 19, Kontula

Kohde 9. Bredanlaakso ja Bredankallio, Kauniainen

Kohde 1. Leinelän Paletti ja Vantaan Sivellin, Leinelä

**Yleistä:**

- Tavanomainen kohde
- valmistumisvuosi 2015
- muoto yksinkertainen, pistetaloja 3kpl
- kilpailu-urakka
- asuntojen lkm 106
- rakennusaika 15kk ja kerroksia 7.

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- Ulkovarasto ja jätehuone
- pohjat louhittiin.

**Runko:**

- Holvi onteloista
- normaalit pieli + laatta parvekkeet.

**Julkisivut:**

- Julkisivu osittain puhtaaksimuurattua ja osittain muuraus + rappaus
- parveketaustat sandwich-elementtejä, jotka paneloitiin
- parvekepielet osittain paneloituja ja osittain rapattuja
- parvekekaiteet lasia.

**Vesikatto:**

- IVKH betonielementeistä
- papukatto
- useampitasoinen katto.

**LVI:**

- Patterilämmitys
- keskitetty ilmanvaihto.

## Kohde 2. Ritari ja Kartanon Neito, Espoo

### **Yleistä:**

- Haasteellisuus tavanomaista haastavampi
- valmistumisvuosi 2017
- 3 pistetaloa, joita yhdisti 1.krs autohalli
- omaperusteinen tuotanto
- asuntojen lkm 94
- rakennusaika 18kk, kerroksia 5-6 ja 1 VSS.

### **Ulkopuoliset rakenteet:**

- Autohalli talon alla
- pihakansi, käännetty katto
- imujäte
- pohja erittäin pehmeää savea, paalutus ja stabilointi
- tukimuuri ja pihapinnakaide.

### **Runko:**

- Holvi onteloista
- normaalit pieli + laatta parvekkeet.

### **Julkisivut:**

- Julkisivut osittain puhtaaksimuurattua, osittain paksurappauselementtejä
- parvekkeiden taustat maalattuja sandwich-elementtejä
- parvekepielet osittain maalattuja ja osittain rapattuja
- julkisivun vaikeat detaljit, ulkonevat paksurappauselementit
- parvekekaiteet lasi.

### **Vesikatto:**

- Papukatot
- useatasoinen vesikatto.

### **LVI:**

- Patterilämmitys
- huoneistokohtainen ilmanvaihto
- tekniikka sumputettu samaan paikkaan.

### Kohde 3. Kruunuvuoren Kuningas ja Kuningatar, Helsinki

#### **Yleistä:**

- Tavanomaista haastavampi
- valmistumisvuosi 2018
- 4 pistetaloa + autohalli
- arkkitehtuurikilpailun kautta saatu tontti
- asuntojen lkm 91
- rakennusaika 18, kerroksia 6, 1 VSS.

#### **Ulkopuoliset rakenteet:**

- Autohalli osittain maan ja talon alla
- pihakansi ja raitisilmakanava harkoista
- pihaportaat ja tukimuurit
- pohjat louhittiin.

#### **Runko:**

- Holvi onteloista
- osittain normaalit parvekkeet, osittain vetotankoparvekkeita.

#### **Julkisivut:**

- Julkisivut osittain puhtaaksimuurattua, osittain muuraus + rappaus
- parveketaustat paneloitu + maalattu
- julkisivussa vaikeat detaljit, monia tasoja
- parvekekaiteet lasia.

#### **Vesikatto:**

- Paljon käännettyjä kattoja ja teräskatoksia
- useampi flyygelin mallinen paneloitu teräskatos
- papukatot
- kolmitasoisia vesikattoja.

#### **LVI:**

- Patterilämmitys
- huoneistokohtainen ilmanvaihto.

#### **Muuta:**

- Alueiden vuokrauksia.

#### Kohde 4. Riihimäen keskushovi, Riihimäki

**Yleistä:**

- Tavanomainen kohde. Esimerkillisen yksinkertainen.
- valmistumisvuosi 2018
- yksi pistetalo, yksinkertainen muoto
- omaperusteinen tuotanto
- asuntojen lkm. 25
- rakennusaika 14kk, kerroksia 6, 1 VSS.

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- Molok-jätejärjestelmä
- varasto talon kyljessä
- pohjat paalutettiin.

**Runko:**

- Holvi onteloista.
- parvekkeet pieli + vetotanko-tyyppisiä.

**Julkisivut:**

- Julkisivut yksinkertaiset, tiililaattapintaisia sandwich-elementtejä, tehtaalla saumattu valmiiksi, osittain myös maalattua betonia
- parvekekaiteet lasia.

**Vesikatto:**

- Puurunkoinen pulpettikatto
- kermipinta + puhallusvilla

**LVI:**

- Patterilämmitys.
- asuntokohtainen ilmanvaihto.

**Muuta:**

- Väliseinät ACO
- alueiden vuokrauksia minimaalisesti. (työmaarakennukset ja elementtien purut tonttien ja fakit tontin ulkopuolella)
- poikkeuksellinen sijainti pakotti käyttämään pääosin aiemmin tuntemattomia urakoitsijoita.

Kohde 5. Goldfinger, Jätkäsaari

**Yleistä:**

- Poikkeuksellinen ja vaativa kohde
- valmistumisvuosi 2020
- pistetalo, myös vinoja reunoja
- Omaperusteinen tuotanto
- asuntojen lkm 109
- rakennusaika 18kk, kerroksia 12, 1 VSS

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- Sisäpiha
- imujäte sekä väliaikainen Molok-jätejärjestelmä
- pohja paalutettu.

**Runko:**

- Paikallavaluholvit, ei normaalia Peabin tuotannossa
- parvekeratkaisu sisäänvedetty pieli + laatta.

**Julkisivut:**

- Metallipintainen komposiittilevy 6-12krs, hankinnalle haastava ja takuuriski
- muurattuja taideseiniä ja tiilipintaisia elementtejä 1-5krs, kaarelle muurattu tiiliseinä
- sisäseinät maalattuja sandwich-elementtejä
- parvekekaiteet betonielementtiä ja lasia.

**Vesikatto:**

- IVKH betonielementeistä
- yksitasoinen papukatto.

**LVI:**

- Patterilämmitys
- keskitetty ilmanvaihto.

**Muuta:**

- Väliseinät kipsi/ harkko
- kuivaketju10 kohde
- alueiden vuokrauksia
- sijainti on liikenteellisesti huono, logistiikka suurena haasteena.

## Kohde 6. Helsingin Silhuetti, Kruunuvuori

### **Yleistä:**

- Haastava
- valmistumisvuosi 2020
- lamellitalo + autohalli
- omaperusteinen tuotanto
- asuntojen lkm 72
- rakennusaika 20kk, kerroksia 8, 1 VSS.

### **Ulkopuoliset rakenteet:**

- Ulkopuolinen autohalli maan alla ja pihakansi
- pohja louhittiin.

### **Runko:**

- Holvi onteloista.
- parvekkeet pääosin laatta + pieli, osittain vetotankoparvekkeita.

### **Julkisivut:**

- Ulkoverhous paikalla muurattu, osittain sandwichelementtejä, suureksi osaksi jälkisaumattavia tiililaattaelementtejä.
- ylempien kerroksien julkisivuilla keramiikkaputket
- parvekekaiteet ovat teräsrunkoisia pinnakaiteita.

### **Vesikatto:**

- Paljon käännettyjä kattoja (kattoterasseja) sekä teräskatoksia
- IVKH normikerroksessa josta lähtee kattoluukku katolle
- kaksitasoinen vesikatto sekä kattoterassit ja normaali papukatto.

### **LVI:**

- Vesikiertoinen lattialämmitys ja viilennys
- keskitetty ilmanvaihto.

### **Muuta:**

- Isot lattiasta lähtevät ikkunat/korkeat kerroskorkeudet. Ylimmissä kerroksissa on kaksikerroksiset huoneistot, ei normaalia Peabin tuotannolle
- kuivaketju10
- alueiden vuokrauksia, rakennuksen vierustat ja koppialue
- rakennusalueetta ohjaavat logistiikkapalaverit.

Kohde 7. Uuno Kailaan Katu 5, Leppävaara

**Yleistä:**

- Melko tavanomainen kohde
- valmistumisvuosi 2019
- lamellitalo
- kilpailu-urakka
- asuntojen lkm 135
- rakennusaika 20kk, kerroksia 8, 2 VSS.

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- Piharakennukset puurakenteista paikallatehty
- pohjat huonot, paalutus + stabilointi.

**Runko:**

- Holvi onteloista
- parvekeratkaisu pääosin laatta + pieli
- myös muutama metallirakenteinen riippuparveke.

**Julkisivut:**

- Ulkoseinät pääsääntöisesti paksurapattuja kuoriseiniä. 1 krs ja parvekkeiden taustoina sandwich elementtejä
- parvekekaiteet vaikeita alumiini- ja lasi levyseiniä.

**Vesikatto:**

- Muutamia käännettyjä kattoja joissa kevytrakenteisia teräskatoksia
- IVKH paikallarakennettu puusta
- vesikatto kaksitasoinen ja papukatto.

**LVI:**

- Patterilämmitys
- keskitetty ilmanvaihto.

**Muuta:**

- Väliseinät ACO-elementeistä
- aurinkopaneelit katolla.

Kohde 8. Kontulantie 19, Kontula

**Yleistä:**

- Haasteellisuus tavanomainen
- valmistumisvuosi 2016
- lamellitalo + autohalli
- kilpailu-urakka
- asuntojen lkm 61
- rakennusaika 16kk, kerroksia 7, 1 VSS

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- Ulkopuolinen autohalli, jännitetyt ontelolaatat, metalliritilä julkisivu
- pihan tukimuuri
- jäteaitaus ja syväjäteastiat
- pohja louhittiin.

**Runko:**

- Holvi onteloista
- normaali pieli + laatta parvekeratkaisu.

**Julkisivut:**

- Julkisivu graafinen betoni
- lasikatokset sisäänkäynneissä
- parvekekaiteet lasi ja lasitus.

**Vesikatto:**

- IVKH paikallatehty teräsrunko ja pelti-villa-pelti elementit (kuitusementtilevyt)
- papukatto
- yksitasoinen vesikatto + IVKH.

**LVI:**

- Patterilämmitys
- keskitetty ilmanvaihto.

**Muuta:**

- Väliseinät ACO ja kahi-harkoista
- Kokonaisääneneristysvaatimukset 34dB.

Kohde 9. Bredanlaakso ja Bredankallio, Kauniainen

**Yleistä:**

- Poikkeuksellinen ja vaativa kohde
- valmistumisvuosi 2020 alussa
- 3 pistetaloa + 2 autohallia
- omaperusteinen tuotanto
- asuntojen lkm 123
- rakennusaika 20kk, kerroksia 5-7, 2 VSS.

**Ulkopuoliset rakenteet:**

- 2 Autohallia ja pihakannet.
- Jätekatos ja Molok-jätekeräysjärjestelmä
- pohja noin 40% paaluperustus ja 60% louhittu
- junanrata vieressä, sylomeerit perustuksissa.
- melumuurit, tukimuuri, lasiset melumuurit (lumon lasikaidejärjestelmä).

**Runko:**

- Holvi onteloista.
- pääasiassa pieli + laatta parvekkeet, mutta myös Shöck parvekkeita (ranskalaiset parvekkeet).

**Julkisivut:**

- Paikallatehtävää 3-kerrosrappausta ja rapattu tiilimuuraus
- parvekekaiteet lasi ja parvekelasitukset, maantasoparvekkeita.

**Vesikatto:**

- Ei käännettyjä kattoja.
- IVKH paikallatehty teräsrunko ja pelti-villa-pelti elementit
- papukatto
- yksitasoiset vesikatot.

**LVI:**

- Patterilämmitys
- keskitetty ilmanvaihto.

**Muuta:**

- Paikallamuurattavia tiiliväliseiniä
- talojen ja radan varret sekä koppialueet ollut vuokra-alueita.