

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2019

Toni Kaijanen

ASUINKERROSTALOJEN RUNGON KUSTANNUSVERTAILU

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2019 | 53 sivua, 11 liitesivua

Sirpa Erkkilä-Häkkinen

Toni Kaijanen

ASUINKERROSTALOJEN RUNGON KUSTANNUSVERTAILU

Opinnäytetyössä selvitettiin asuinkerrostaloissa yleisesti käytetyn kantavat seinät-runkojärjestelmän eri toteutustapojen kustannusten eroja. Tarkasteltavia toteutustapoja oli neljä: paikallavalu-, elementti-, paikallavaluseinät ja ontelolaatat -osaelementti-, sekä elementtiväliseinät ja paikallavaluholit -osaelementtitoteutustapa. Tavoitteena oli määrittää toteutustapojen kokonaistaloudelliset kustannuserot ja mistä kustannukset muodostuvat jokaisen toteutustavan osalta. Opinnäytetyön tarkoituksena on olla työkaluna suunnittelun ohjaukselle asuinkerrostalon hankesuunnittelussa. Tilaajana oli NCC Suomi Oy.

Rakennuksen kustannukset määräytyvät suunnitteluvaiheessa ja toteutuvat rakennusaikana. Opinnäytetyön alussa käsiteltiin sekä kustannusten määräytymiseen että toteutumiseen vaikuttavat asiat. Kustannusvertailu toteutettiin määrällisenä tutkimuksena valmistuneiden kohteiden kustannusten perusteella. Kohteiden kustannukset haettiin NCC:n kustannustenhallintaohjelmasta ja näiden perusteella tehtiin Excel-taulukko. Opinnäytetyön vertailussa käytetään prosenttiarvoja, eli kustannukset on suhteutettu halvimman kohteen kokonaiskustannuksiin.

Vertailun tuloksena tarkasteluajankohta huomioiden paikallavalu-rakentaminen on ollut halvinta. Muilla toteutustavoilla rakennetut rungot olivat selkeästi kalliimpia, mutta keskenään lähellä toisiaan. Tätä selittää osin korkeasuhdanteesta johtuva korkea elementtien hinta, joka vaikuttaa enemmän elementti- ja osaelementtirakentamisen kuin paikallavalu -rakentamisen kustannuksiin.

Opinnäytetyön tuloksia pystytään hyödyntämään tulevaisuudessa asuinkerrostalon rungon hankesuunnittelussa. Rakennushankkeen toteutustavan määrityksessä pystytään käyttämään apuna lopputuloksena syntynyttä kustannuslaskuria. Tämän lisäksi kustannusvertailu antaa osviittaa siitä, kuinka paljon rakennuksen runkoon kuluu rahaa bruttoneliometriä tai bruttokuutiometriä kohden.

ASIASANAT:

betonirakenteet, kustannustenhallinta, tuotantokustannukset

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2019 | 53 pages, 11 pages in appendices

Instructor Sirpa Erkkilä-Häkkinen

Toni Kaijanen

A COST COMPARISON ON THE FRAMEWORK OF BLOCK OF FLATS

The purpose of this thesis was to compare the costs between different implementation methods of apartment building framework. Four framework implementation methods were examined in the thesis: cast in place, element, cast walls in place and hollow core sub-elements, as well as element walls and cast slabs in place sub-elements. The goal was to determine the total cost differences between the framework implementation methods, and what the costs are consisted of in each implementation method. The purpose of the thesis is to be a tool in the design phase of a block of flats. The work was commissioned by NCC Suomi Oy.

The total costs of a building are determined in the design phase and are realized during the construction phase. The thesis reviews the impact of both the determination of costs and the realization of costs. The cost comparison was carried out on the basis of the costs of completed construction projects. The costs of the construction projects were obtained from NCC cost management program, and an Excel table was made based on them. To compare the costs the percentages of the total costs of the cheapest construction project were used.

The cost comparison shows that cast in place was the cheapest framework implementation method. Other methods were clearly more expensive but close to each other. This is partly explained by the high price of the elements at this moment.

The results of the thesis can be utilized in future project planning of the frame of a block of flats. When determining frame implementation method, the resulting cost calculator can be used. In addition, the cost comparison gives an indication of how much money is will be spent on a building per gross square meter or per gross cubic meter.

KEYWORDS:

concrete structures, cost management, the cost of production

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Aihe ja tavoite	8
1.2 Tutkimusmetodi, aineisto ja rajaukset	8
1.3 Opinnäytetyön rakenne	10
2 HANKKEEN KUSTANNUSTEN MÄÄRÄYTYMINEN JA VALMISTELU	11
2.1 Suunnittelun lähtökohdat ja niiden vaikutus kustannuksiin	12
2.1.1 Lujuus ja vakaus	13
2.1.2 Paloturvallisuus	15
2.1.3 Ääneneristävyys	15
2.1.4 Viranomaisvalvonta	16
2.1.5 Materiaalitekniikka	16
2.2 Betonirakenteiden suunnittelu	18
2.2.1 Kantavat laatat	19
2.2.2 Kantavat seinät	21
2.3 Rakennushankkeen valmistelu	22
3 RAKENTAMINEN JA KUSTANNUSTEN TOTEUTUMINEN	23
3.1 Tuotantovaiheen kustannustenhallinta	23
3.1.1 Tuotannonsuunnittelu	24
3.1.2 Tehtävänsuunnittelu	24
3.2 Paikallavalettu runko	25
3.2.1 Holvimuotit	26
3.2.2 Muottijärjestelmät	27
3.3 Elementtirakenteinen runko	28
3.3.1 Ontelolaatat	29
3.3.2 Elementtiväliseinät	30
3.4 Osaelementtitekniikalla rakennettu runko	30
4 KOHTEIDEN KUSTANNUSTEN VERTAILU	31
4.1 Paikallaan valetut kohteet	32
4.1.1 Kanslerintie 15	32

4.1.2 Rakuunapuisto	33
4.2 Kokonaan elementein toteutetut kohteet	34
4.2.1 Kissanmaankatu	34
4.2.2 Pirttisuoranraitti	35
4.2.3 Kaukatorin Velipoika	35
4.3 Osaelementtitekniikalla toteutetut kohteet	36
4.3.1 Vuoreksen Hymypoika	36
4.3.2 Muurarinkisälli	37
4.3.3 Tiilenvälaja	37
4.3.4 Kaukatorin Naapurinlikka	38
4.3.5 Kreijari	38
4.4 Kustannusten vertailu pinta-alan mukaan	39
4.4.1 Materiaalikustannusten vertailu	39
4.4.2 Työkustannusten vertailu	41
4.4.3 Muiden kustannusten vertailu	42
4.4.4 Kokonaiskustannusten vertailu	43
4.5 Kustannusten vertailu tilavuuden mukaan	45
4.5.1 Materiaalikustannusten vertailu	45
4.5.2 Työkustannusten vertailu	46
4.5.3 Muiden kustannusten vertailu	47
4.5.4 Kokonaiskustannusten vertailu	47
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET	52

LIITTEET

- Liite 1. Kanslerintie 15 vaihe 1.
- Liite 2. Kanslerintie 15 vaihe 2.
- Liite 3. Rakuunapuisto.
- Liite 4. Kissanmaankatu.
- Liite 5. Pirttisuoranraitti.
- Liite 6. Kaukatorin Velipoika.
- Liite 7. Vuoreksen Hymypoika.
- Liite 8. Muurarinkisälli.
- Liite 9. Tiilenvälaja.
- Liite 10. Kaukatorin Naapurinlikka.

Liite 11. Kreijari.

KUVAT

Kuva 1. Kustannusten muodostuminen.	11
Kuva 2. Rakennushankkeen kulku.	12
Kuva 3. Jatkuvan laatan raudoitus.	19
Kuva 4. Ontelolaatta.	20
Kuva 5. Seinän raudoitus.	21
Kuva 6. Holvin betonointia, Rakuunapuisto.	26
Kuva 7. Suurmuotti, Turun Kreijari.	27
Kuva 8. Elementtiasennusta Rakuunapuistossa.	29
Kuva 9. Ontelolaatta välipohja Turun Kreijarissa.	30
Kuva 10. Kustannusten muodostuminen br ^m ² .	43
Kuva 11. Kustannusten muodostuminen br ^m ³ .	48

TAULUKOT

Taulukko 1. Standardit.	15
Taulukko 2. Kohteiden laajuustiedot keskiarvoina.	32
Taulukko 3. Paikallavalukohteiden työkustannukset.	34
Taulukko 4. Elementtikohteiden muut kustannukset.	35
Taulukko 5. Elementtikohteiden materiaalikustannukset.	36
Taulukko 6. Osaelementtikohteiden materiaalikustannukset br ^m ² .	37
Taulukko 7. Materiaalikustannusten vertailu br ^m ² .	39
Taulukko 8. Rungon työkustannusten vertailu br ^m ² .	41
Taulukko 9. Rungon muiden kustannusten vertailu br ^m ² .	42
Taulukko 10. Kokonaiskustannukset br ^m ² .	44
Taulukko 11. Materiaalikustannusten vertailu br ^m ³ .	45
Taulukko 12. Rungon työkustannusten vertailu br ^m ³ .	46
Taulukko 13. Rungon muiden kustannusten vertailu br ^m ³ .	47
Taulukko 14. Kokonaiskustannukset br ^m ³ .	48

KÄYTETYT LYHENTEET

PV	asuinkerrostalon rungon toteutustapa, jossa kantavat seinät sekä välipohjanlaatat ovat paikallavalettuja
ELE	asuinkerrostalon rungon toteutustapa, jossa kantavat seinät ja välipohjanlaatat ovat elementtejä
PV VS + OL	asuinkerrostalon rungon toteutustapa, jossa kantavat väliseinät ovat paikallavalettuja ja välipohjanlaatat ovat ontelolaattoja
ELE VS + PV L	asuinkerrostalon rungon toteutustapa, jossa kantavat väliseinät ovat elementtejä ja välipohjan laatat paikallavalettuja

1 JOHDANTO

1.1 Aihe ja tavoite

Opinnäytetyön aiheena on eri toteutustapojen kustannusten vertailu asuinkerrostalossa, jossa runkojärjestelmä perustuu kantaviin seiniin. Opinnäytetyön toimeksiantajana on NCC Suomi Oy Turun aluetoimisto. Opinnäytetyön aihe sai alkunsa Turun ja Tampereen alueiden yhdistymisen seurauksena, koska NCC:n eri alueyksiköillä on ollut tapana toteuttaa sama runkojärjestelmä eri tavoin.

Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä tietoa asuinrakentamisen rungon eri toteutustapojen kustannusten eroista, kun runkojärjestelmänä on kantavat seinät. Kustannusten vertailu eri toteutustapojen välillä tehdään siten, että se hyödyttää urakoitsijaa mahdollisimman monipuolisesti. Toisin sanoen opinnäytetyö on tehty urakoitsijan näkökulmasta. Tavoitteena on koota aineisto, josta löytyy vertailtujen toteutustapojen kokonaistaloudelliset kustannuseroavaisuudet. Tämän tarkoituksena on helpottaa urakoitsijan suunnittelun ohjausta ja kustannusten hallintaa tulevissa projekteissa, jotta pystytään sekä valitsemaan projektikohtaisesti toimivin rungon toteutustapa että varautumaan valitulle toteutustavalle ominaisiin kustannuksiin mahdollisimman kattavasti etukäteen. Lisäksi tavoitteena on selvittää, millaisia asioita suunnittelun ohjauksessa pitää huomioida, jotta toteutus sujuisi mahdollisimman tehokkaasti ilman suuria aikataulun viivästyksiä tai muiden kustannusten nousuja.

1.2 Tutkimusmetodi, aineisto ja rajaukset

Opinnäytetyössä tutkitaan kustannusten eroja määrällisesti, eli tutkimusmenetelmänä käytetään kvantitatiivista tutkimusta. Opinnäytetyössä käytetyt yksikkökustannukset perustuvat NCC:n järjestelmästä saatuun dataan, joka puolestaan perustuu NCC:n valmistuneiden kohteiden toteutuneisiin kustannuksiin. Vertailuun otettiin mukaan neljä erilaista kantavat seinät -runkojärjestelmän toteutustapaa, joita olivat:

- paikallavalettu runko (PV)
- elementtirunko (ELE)
- osaelementtirunko, jossa kantavat väliseinät ovat elementtejä ja rungon laatat paikallaan valettuja (ELE VS + PV L)

- osaelementtirunko, jossa kantavat väliseinät ovat paikallavalettuja ja välipohjissa on ontelolaatat (PV VS + OL).

Jotta opinnäytetyön tulosten tarkkuus olisi mahdollisimman hyvä, vertailuun otettiin mukaan yhteensä 11 edellä luetelluin toteutustavoin toteutettua kohdetta, jotka ovat valmistuneet vuosien 2015–2019 aikana.

Kustannuksia voitaisiin suhteuttaa esimerkiksi materiaali- ja työaikamenekkeihin. Nämä ovat kuitenkin vain arvioita ja antavat suuntaa todellisille kustannuksille. Koska kohteet eivät olleet täysin samanlaisia, esimerkiksi pinta-alan ja kerroslukumäärien osalta, vertailtiin kustannuksia suhteessa bruttokuutiometriin ja bruttoneliömetriin. Näin kokonaiskustannukset ovat vertailukelpoisia keskenään verrattuna materiaali- ja työaikamenekkien perusteella tehtyyn vertailuun.

Kustannusten oikeellisuus varmistettiin jokaisen kohteen työnjohdolta tai työpäälliköltä. Samalla pyrittiin saamaan kokonaiskuvaa siitä, miten projekti onnistui ja mitä projekti-kohtaisia ongelmia mahdollisesti kohdattiin. Näiden projektikohtaisten ongelmien vaikutus on huomioitu johtopäätöksissä, johon on koottu vielä kaikki havainnot ja tulokset kokonaiskustannusten eroista.

Lähdemateriaalina on käytetty muun muassa rakenne- ja materiaalitekniikan kirjallisuutta, RT- ja Ratu-kortistoa, kustannuksiin liittyvää kirjallisuutta sekä NCC:n sisäisiä projektipankkeja ja kustannustenhallintaohjelmia. Tämän lisäksi luvussa 2.1 on viitattu maankäyttö- ja rakennuslain asetuksiin ja ohjeisiin.

Asuinkerrostalon rungoissa yleisimmin käytetään *pilari-laatta-* tai *kantavat seinät -*runkojärjestelmää. Opinnäytetyöstä on rajattu pois muut kuin kantavat seinät -runkojärjestelmä, koska se on NCC:n eniten käyttämä runkojärjestelmä. Opinnäytetyössä ei ole otettu huomioon parvekelaattojen, portaiden tai sokkelien kustannuksia, koska nämä on kaikissa tarkasteltavissa kohteissa toteutettu elementein. Perustuksia ja mahdollisia alapuolisia rakenteita ja tiloja, kuten parkkihallia, ei ole otettu mukaan tarkasteluun. Rakennuksen kustannukset määräytyvät pitkälti suunnitelmien perusteella, joihin vaikuttavat materiaalitekniset ominaisuudet sekä tuotantotekninen toteutus. Hankintojen ja työn yksikköhinnat ovat salaisia, joten näihin pohjautuvat taulukot ja laskelmat julkaistaan suhteutettuna bruttoneliömetrin ja bruttokuutiometrin suhteen halvimman kohteen kokonaiskustannuksiin.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

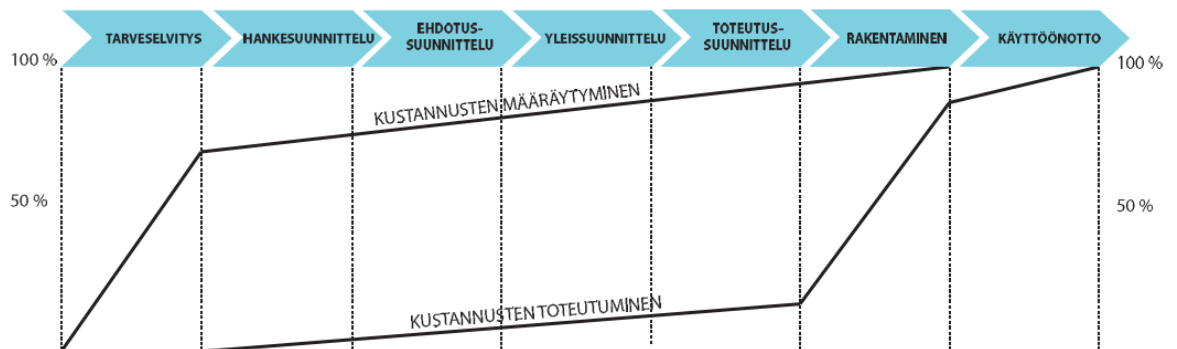
Luvussa 2 tarkastellaan, miten betonirakenteinen asuinkerrostalo suunnitellaan ja mitä kaikkea rakentamisen eri vaiheissa pitää ottaa huomioon. Luvussa 3 käsitellään betonirakenteisen runkojärjestelmän toteutustavat eli toisin sanoen millä tavoilla ja miten betonirakenteinen kerrostalo voidaan rakentaa.

Luvussa 4 tarkastellaan ensin valittuja kohteita ja mistä niiden kustannukset koostuvat. Alaluvuissa 4.4 ja 4.5 vertaillaan kokonaiskustannuksia suhteessa pinta-alaan ja tilavuuteen. Kokonaiskustannukset koostuvat monesta palasesta, joten opinnäytetyössä selvitetään vain pintapuolisesti, mistä ja miten kustannukset muodostuvat kerrostalon rungon osalta. Lopuksi luvussa 5 kerrataan kustannusten vertailun tulokset, tutkimusmenetelmän onnistuminen ja tulosten käyttökelpoisuus tulevaisuudessa. Lisäksi johtopäätöksissä esitetään mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

2 HANKKEEN KUSTANNUSTEN MÄÄRÄYTYMINEN JA VALMISTELU

Rakennushanke syntyy tarpeesta investoida rahaa rakennukseen. Rakennushanke käsittää kaikki toimenpiteet, joita tarvitaan halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Näitä ovat rakennuksen suunnittelu ja toteutus, joiden avulla mahdollistetaan operatiivinen toiminta. Kustannukset, aikataulu ja laatu muodostavat yhdessä kokonaisuuden, joiden hallitseminen takaa onnistuneen rakennushankkeen. Rakennushankkeen valmistelussa huomioitavia seikkoja käsitellään alaluvussa 2.3.

Rakennuksen kustannukset määräytyvät suunnitteluvaiheessa ja toteutuvat rakennusvaiheessa (kuva 1). Suunnitteluvaihe on monivaiheinen prosessi, jossa pitää huomioida monenlaisia lakeja, asetuksia, määräyksiä ja ohjeistuksia. Alaluvussa 2.22.1 tarkastellaan, mistä lähtökohdista suunnittelu alkaa ja kuinka rakenteet toteutetaan kaikki vaadittavat seikat huomioiden. Runkojärjestelmän toimintavaatimukset perustuvat lakeihin ja materiaalitekniisiin ominaisuuksiin (Rakennustieto Oy 2018, 6–7), joita käsitellään alaluvussa 2.1.



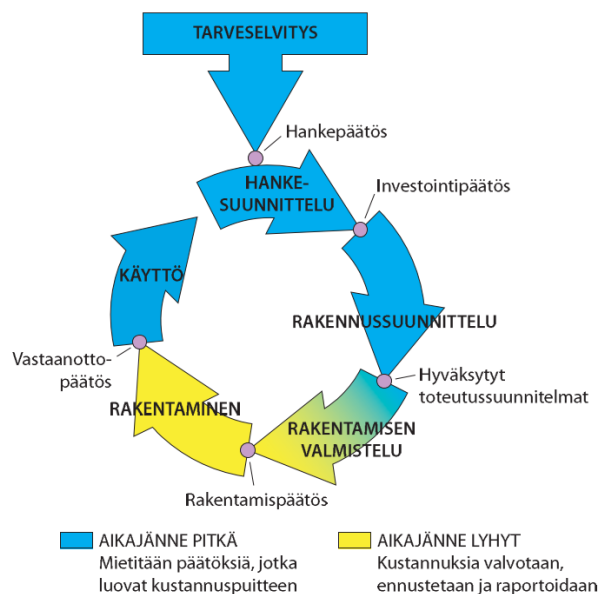
Kuva 1. Kustannusten muodostuminen (Rakennustieto Oy 2018, 8).

Kustannuksiin vaikuttaa rakenteille valittu laatutaso. Korkeampi laatutaso luonnollisesti nostaa kustannuksia. Panostus valvontaan ja ohjaukseen usein laskee virheistä johtuvia kustannuksia, vaikka lisääkin niitä hetkellisesti laadunvalvonnan tehostamisen myötä. Kokonaiskustannukset kuitenkin laskevat panostuksella laadunvalvontaan virheiden vähentymisen seurauksena. Mikäli laatutasoa nostetaan kuitenkin liian korkeaksi, lisää se kustannuksia, jos laadunvalvonnan kustannukset kasvavat kohtuuttoman suuriksi. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 150–151.) Laatutason vaikutus tulee huomioida

kokonaiskustannusten vertailussa, joita käsitellään tarkemmin luvuissa 4.4 ja 4.5. Opinnäytetyössä ei ole otettu kantaa tai selvitetty kohteiden laatutasojen vaatimuksia.

2.1 Suunnittelun lähtökohdat ja niiden vaikutus kustannuksiin

Suunnittelu alkaa tarveselvityksen jälkeen hankesuunnittelulla, jossa rakennushanke saa alustavat raamit (kuva 2). Näihin sisältyy laajuus, kustannukset, aikataulu, laatu sekä toiminnalliset tavoitteet. Hankesuunnittelun tarkoitus on tuottaa hankesuunnitelma, josta käy ilmi, miten rakennushanketta lähdetään toteuttamaan sekä tavoitteet suunnittelulle. Hankesuunnitelmaa seuraa rakennussuunnittelu. Tässä on tarkoitus tarkentaa kustannusten muodostumista, sillä eri rakennushankkeiden kustannukset voivat vaihdella todella paljon. Rakennuksen kokonaiskustannuksiin vaikuttavat valitut materiaalit, haluttu laatutaso, rakennuksen muoto ja sijoittelu tontille. (Rakennustieto Oy 2018, 52–55.)



Kuva 2. Rakennushankkeen kulku (Rakennustieto Oy 2018, 10).

Tilaaajan tavoitteet ja budjetti sovitetaan yhteen suunnitteluprosessissa. Tätä vetää projektipäällikkö ja suunnittelusta vastaava henkilö. Suunnitteluprosessissa tavoitekustannukset pilkotaan pienemmiksi osatavoitteiksi. Näin eri osa-alueiden suunnitellut kustannukset saavat raamit, joilla toteutetaan rakenne tai muu osa-alue ja täytetään asetetut laatuvaatimukset. Mikäli jokin osa-alue näyttää mahdottomalta toteuttaa, tunnistetaan tästä syntyvä kustannusriski riittävän ajoissa ja tehdään tarvittavat muutokset. Muutoksia

voivat olla esimerkiksi rahan lisäys osatavoitteeseen, laatutason muuttaminen tai rakenteen yksinkertaistaminen. (Rakennustieto Oy 2018, 55–59.)

Suunnitteluvaiheessa määräytyviä hankkeen kustannuksia hallitaan ohjaamalla suunnittelua. Suunnittelun ohjauksessa laaditaan kustannusarvioita eri projektiin kuuluvien suunnitelmien pohjalta ja pyritään löytämään tilaajan tavoitteet täyttävät suunnitelmat, joilla pysytään kuitenkin budjetin rajoissa. Lopputuloksena syntyy suunnitelmakonsepti, jossa näytetään, miten tilaajan tavoitteet täyttyvät. Kun tilaaja on hyväksynyt konseptin, alkaa yleissuunnitteluvaihe. Yleissuunnitteluvaiheessa jalostetaan ehdotussuunnitelmasta toteutuskelpoiset suunnitelmat. Lopputuloksena on yleissuunnitelma ja pääpiirustukset. Näiden perusteella tehdään vielä toteutussuunnittelu. Toteutussuunnittelussa määritetään, miten rakenteet toteutetaan ja millä materiaaleilla. Suunnittelijoiden tehtävänä on yhdessä kustannustenlaskijan kanssa luoda rakennustyön toteuttamiseen suunnitelmat, joilla tilaajan tavoitteet täyttyvät. (Rakennustieto Oy 2018, 55–59.)

Asuinkerrostalon kantavien betonirakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista (1008/2017). Kyseisen asetuksen 2. §:n mukaan pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan on tehtävänsä mukaisesti huolehdittava rakennuksen suunnittelussa siitä, että rakennus täyttää käyttötarkoituksen mukaisesti asuintiloja koskevat tekniset, toiminnalliset ja arkkitehtoniset vaatimukset. Tällaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi, että asuintilan huoneistoalan on oltava vähintään seitsemän neliometriä ja huonekorkeuden vähintään 2,5 metriä (1008/2017, 4. §). Asuinhuoneiston on lisäksi oltava vähintään 20 neliometriä huoneistoalaltaan pois lukien opiskelija-asunnot, jotka voivat olla huoneistoalaltaan 16 neliometriä, mikäli rakennuksessa on yhteisissä tiloissa oleskeluun ja muihin toimintoihin riittävät tilat (1008/2017, 7. §). Ympäristöministeriön asetuksen (1008/2017) 11. §:n mukaan asuinkerrostalon kerroskorkeuden on oltava vähintään kolme metriä.

2.1.1 Lujuus ja vakaus

Rakennuksen kestävydessä on otettava huomioon maankäyttö- ja rakennuslaki, (132/1999, Rakennuslaki), johon lisättiin 1.1.2013 voimaan tulleet 177. a - g §:t (958/2012, Rakennuslaki). Rakennuslain 117. a §:ssä määritellään rakentamiselle tarkoitetut olennaiset tekniset vaatimukset. Kyseisten pykälien mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava niin, että se kestää siihen yleisesti ennakoitavissa olevan kuor-

mituksen. Rakennusta suunniteltaessa ja rakennettaessa on varmistuttava siitä, että rakennus täyttää laissa asetetut lujuus- ja vakausvaatimukset. Rakennuksen tulee soveltaa rakennuksen sijainnin olosuhteisiin kestäen suunnitellun käyttöiän.

Kun suunnitellaan kantavia rakenteita, on suunnittelussa ja mitoituksessa käytettävä yleisesti hyväksytyjä suunnitteluperusteita tai rakenteen mekaniikan sääntöjä. Luotettavia koetuloksia voidaan myös käyttää suunnittelun ja mitoituksen perusteena. Rakennuksen suunnittelussa on otettava huomioon, ettei rakentamisen ja käytön aikainen kuormitus aiheuta lujuutta tai vakautta haittaavia muodonmuutoksia, sortumista tai vaurioita rakennuksen muita osia. Rakenteeseen vaikuttavien kuormitusten ja ympäristöolosuhteiden suhteen on osoitettava, että rakenne on luotettava. Luotettavuutta arvioitaessa käytetään mekaniikan sääntöjä tai muita yleisesti hyväksytyjä laskentaperusteita, jotka rakennusviranomainen hyväksyy. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016b, 5–7.)

Kuormituksille on eurokoodeissa ja kansallisissa liitteissä määriteltä laskentaperusteet ja vähimmäisarvot. Näitä tulee noudattaa rakenteiden mitoituksessa. Kantavan rungon toteutus yhtenä rakennekokonaisuutena, noudattaen edellä mainittuja laskentaperusteita ja vähimmäisarvoja, vähentää riskejä suunnittelussa. Lisäksi rakenne on lujuuden ja vakavuuden suhteen luotettava. Suunnittelussa on määriteltävä rakenteen käyttöikä, jonka suunniteltu rakenne tai rakennejärjestelmä kestää siten, että jokainen rakennusaine säilyttää ominaisuutensa ja rakennusta on turvallista käyttää. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016b, 4–7.)

Jotta suunniteltu käyttöikä saavutetaan, on määriteltävä ympäristöolosuhteista johtuvat rakenteen rasitusluokat. Nämä määritellään standardin *SFS-EN 206:2014 + A1:2016* mukaan (taulukko 1). Rasitusluokan määrittämisen perusteella määritellään vaatimukset käytettäville teräslajille, betonille, betonipeitteen paksuudelle sekä toteuttamiselle. Näiden suunnitteluun esitetään ohjeita betonipeitteen ja rakenteen suunnittelun osalta standardissa *SFS-EN 1992-1-1*. Betonin säilyvyydelle esitetään vaatimukset standardissa *SFS-EN 206:2014 + A1:2016* ja *SFS7022*. Toteutukselle löytyy ohjeet standardeissa *SFS-EN 13670* ja *SFS 5975*. Tämän lisäksi betonin valmisosille esitetään vaatimuksia niiden valmistusta koskien standardissa *SFS-EN 13369*. Mikäli betonipeite ei täytä vaatimuksia, on teräs- ja muut metalliosat korroosiosuojattava. Myös mikäli teräs- ja muut metalliosat ovat muutoin alttiina korroosiolle, on nämä suojattava korroosiolta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016a, 5–7.)

Taulukko 1. Standardit.

Standardi	Sisältö
SFS-EN 206:2014 + A1:2016	Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
SFS-EN 1992-1-1	Betonirakenteiden suunnittelu. Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
SFS 7022	Standardin SFS-EN 206:2014 käyttö Suomessa
SFS-EN 13670	Betonirakenteiden toteuttaminen
SFS 5975	Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa
SFS-EN 13369:2018	Betonivalmisteiden yleiset säännöt

2.1.2 Paloturvallisuus

Rakennuslain (958/2012) 117. b §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Kyseisen pykälän mukaan palon syttymisen vaaraa on rajoitettava. Rakennuksen kantavien rakenteiden tulee olla sellaiset, että ne palon sattuessa kestävät määritellyn vähimmäisajan, ottaen huomioon sortumisen ja poistumisen turvaamisen, pelastustoiminnan sekä palon hallintaan saamisen.

2.1.3 Ääneneristävyys

Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017) 3. §:n mukaan rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon rakennuspaikan melu- ja värinäolosuhteet. Rakennuksen ääniympäristöä koskeva olennainen tekninen vaatimus täyttyy, jos rakennuksen äänieristys, melun- ja värinätorjunta sekä ääniosuhteet suunnitellaan ja toteutetaan tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen tämän asetuksen mukaisesti. Saman asetuksen 4. §:ssä asetetaan vaatimukset rakennuksen ääneneristykselle. Asuntojen välillä pienin sallittu äänitasoeroluku on 55 dB ja suurin sallittu askeläänitasoluku on 53 dB. Käytävästä asuinhuoneistoon pienin sallittu äänitasoeroluku on 39 dB ja suurin sallittu askeläänitasoluku on 63 dB.

2.1.4 Viranomaisvalvonta

Betonirakentamista valvoo rakennusviranomainen. Betonirakenteiden valvonta jaetaan kahteen alueeseen. Näistä ensimmäinen on virallinen osa. Siinä todetaan betonin, terästen, työn suorittamisen ja rakenteiden kelpoisuus betoninormeissa vaadittujen kelpoisuusstandardien mukaisesti, sekä henkilöiden pätevyys suunnitteluun ja työjohtamiseen. Pätevyyden määrittämisen helpottamiseksi henkilö voi hakea henkilöpätevyyspalvelu FISEstä pätevyiden kyseiseen työhön. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että pätevyiden saatuaan hän olisi pätevä jokaiseen rakennuskohteeseen, vaan rakennusviranomainen päättää kyseisen henkilön pätevyiden erikseen jokaiseen kohteeseen. FISEn myöntämä pätevyys on voimassa seitsemän vuotta kerrallaan. Toinen osa-alue on laadunvalvontaa, joka on valmistajan tai rakentajan suorittamaa valvontaa ja ohjausta omalle tuotannolleen. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 152–157.)

2.1.5 Materiaalitekniikka

Käsiteltävässä asuinkerrostalon runkojärjestelmässä kantavien rakenteiden materiaaleina käytetään betonia ja terästä. Näiden osalta on otettava suunnittelussa huomioon seuraavaksi esiteltyjä niiden materiaalitekniisiä ominaisuuksia.

Betoni koostuu runkoaineesta, vedestä, sementistä sekä mahdollisista lisä- ja seosaineista. Betoni muodostuu veden ja sementin kemiallisesta reaktiosta muodostaen keinoitekoisen kiven. Betonin muodostaessa haluttu rakenne tai rakennekokonaisuus on sen uusiokäyttäminen sellaisenaan mahdotonta. Betonia voi kuitenkin uusiokäyttää tien perustuksissa kantavana rakenteena tai uutena betonin runkoaineena. Betonin tuottamisessa eniten energiaa kuluttaa sementin valmistus. Betonoinnin päätyttyä alkaa betonin kovettuminen ja lujuuden kehitys. Betonin lujuuden kehitykseen vaikuttaa betonin lujuusluokka, rakenteen paksuus, sääolosuhteet sekä sementtilaatu. Betonin lujuudesta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti puristuslujuutta, sillä betonin puristuslujuus on ominaisuusiltaan hyvä ja tätä pyritään hyödyntämään rakenteiden mitoituksessa. Sen sijaan betonin vetolujuus on heikko, ainoastaan noin 10 % puristuslujuudesta. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 15–29, 51–69, 79.)

Syttymättömänä ja palamattomana materiaalina betoni ei levitä tulipalooa, joten se on hyvä materiaali rakennuksen osastoimiseen. Tarkasteltaessa teräsbetonirakenteen

käyttäytymistä palon aikana ja sen jälkeen, siihen vaikuttavat: rakenteen muoto, mitat sekä liitokset muihin rakenteisiin sekä materiaaliominaisuudet. Mikäli tulipalon paloaika on lyhyt, ei korkea kuumuus vaikuta rakenteeseen merkittävästi, sillä betoni lämpiää varsin hitaasti. Tällöin teräsbetonirakenteen sisäosat eivät lämpene ja heikennä sen lujuutta tai kantokykyä liikaa. Toisaalta on tyypillistä, että betonin lujuus pienenee palon jälkeen palonaikaisesta lujuudesta rakenteen jäähtyessä. Betonin lujuus ei kuitenkaan pienene palon aikana tulipaloa edeltävästä tilasta, vaan se voi olla jopa lujempaa kuin ennen paloa. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 107–114.)

Suomessa betoniteräksinä käytetään jännittämättömissä rakenteissa kuuma- tai kylmävalssattua harjatankoa. Tyyppihyväksytyjä betoniteräksiä voidaan käyttää rakentamisessa ilman erikoisselvitystä. Raudoitusta työmailla pystytään nopeuttamaan tekemällä raudoite valmiiksi tehtaissa. Tämä soveltuu esimerkiksi seinän raudoittamiseen, jossa valmiit seinäraudoitteet asennetaan työmaalla. (Betonitekniikan oppikirja, 2004, 255–289.) Jännitetyissä rakenteissa betoniteräksinä käytetään korkealujuuksista jänneterästä. Jänneteräokset ovat tavallisesti 1 570/1 770 N/mm²:n tai 1 630/1 860 N/mm²:n lujuisia kylmämuokattuja teräksiä. Ne voi olla myös valmistettu nuorruttamalla. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 553.)

Raudoitteen lujuus laskee paloa ennen olevasta lujuudesta, mutta se ei laske tulipalon aikaisesta lujuudesta. Mikäli tulipalon aikana lämpötila nousee nopeasti korkeaksi ja betoni alkaa lohkeilla, voi se aiheuttaa vaaran kantavien rakenteiden kantokyvylle ja heikentää rakenteen lujuutta. Tämä vaara on varsinkin silloin, kun korkea lämpötila saavuttaa lohkeamien kohdilta raudoitteen. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 107–114.)

2.2 Betonirakenteiden suunnittelu

Hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa valitaan rakennuksen runkojärjestelmä. Yhdessä runkojärjestelmän kanssa määritetään rakennuksen arkkitehtoniset ominaisuudet, paloluokitus ja muut yksityiskohdat. Näitä tietoja hyödyntämällä pystytään suunnittelemaan rakennuksen yleisimmät rakennetyypit ja laskemaan rakenteille tulevat kuormitukset. Rakennuksen kustannusarvio tehdään näiden tietojen pohjalta (RT 82-10814, 2004, 2.) Kun betonirakenteisia rakenteita suunnitellaan, on huomioitava valmistustekniikan asettamat vaatimukset. Betonirakenteita toteutettaessa noudatetaan standardeja *SFS-EN 13670* ja *SFS 5975*. Näiden avulla toteutusasiakirjoista laaditaan työsuunnitelmat. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016a, 4–7.)

Rakennuksen runko on kokonaisuus, jonka muodostavat rakennuksen kantavat rakenteet. Rakennuksen runko voidaan rakentaa joko työmaalla paikallaan valettuna tai täyselementtitekniikalla, jossa valmiit tehtaassa valmistetut elementit asennetaan työmaalla paikalleen. Myös näiden yhdistelmä, eli osaelementtitekniikkaa, voidaan käyttää toteutustapana, jossa osa rakenteista rakennetaan paikallaan valettuna ja osa toteutetaan elementein. (Koski ym. 2010, 61.) Teräsbetonista valmistettu kantavat seinät täyttävät yleensä vaaditut jäykkyysvaatimukset. Rungon jäykkyys on kuitenkin todennettava ja tarvittaessa lisättävä muita jäykisteitä. (RT 82-10814, 2004, 4.) Rungon toteutustapoja tarkastellaan tarkemmin luvussa 3.

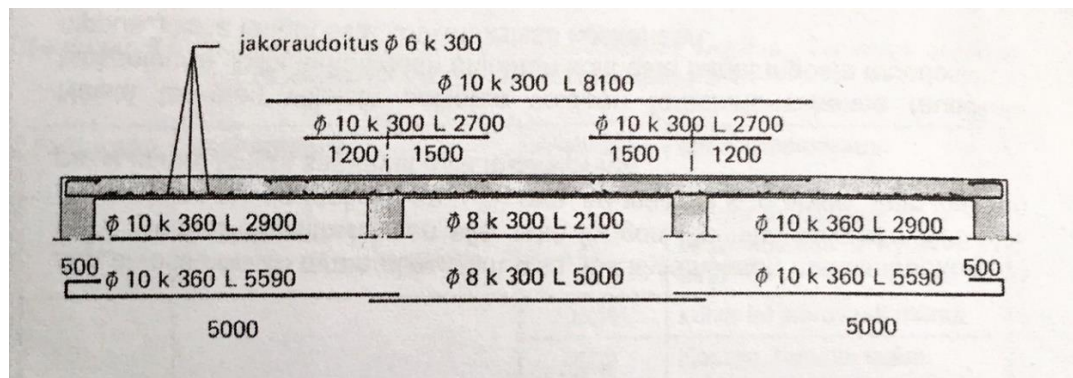
Teräsbetonirakenteet suunnitellaan kestämään rakenteelle tulevat kuormitukset, hyödyntämällä betonin ja teräksen erilaisia ominaisuuksia. Betonin tehtävä on ottaa vastaan kuormituksen aiheuttama puristusrasitus ja raudoituksen tehtävänä on ottaa vastaan rakenteelle tuleva vetorasitus. Teräsbetonirakennetta suunniteltaessa suunnittelijan on huomioitava betonin luonnollinen halkeilu. Rakenteissa tapahtuu halkeilua kuormituksen aiheuttaman vetorasituksen puolella. On tärkeää, että halkeilu on hallittua eikä halkeamat kasva liian suuriksi. Suunnittelijan on otettava lisäksi huomioon valmiiden rakenteiden mahdolliset poikkeamat. Poikkeamien on pysyttävä määriteltyjen toleranssien rajoissa. Nämä perustuvat vaatimuksiin, jotka rakennukselle tai rakenteelle on asetettu. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 82–92, 191–208.)

Runkojärjestelmänä asuinkerrostaloissa käytetään yleensä joko kantavia seiniä tai pilari-laatta -rakennetta, jossa on mukana jäykistävinä rakenteina kantavia seiniä. Kerrostalon

perusmuotoina käytetään pistetaloa tai lamellitaloa (RT 82-10814, 2004, 2). Tarkastelussa olevista kohteista suurin osa on pistetaloja, mutta mukana on myös muutama lamellitalo. Opinnäytetyössä käsitellään ensiksi mainittua runkojärjestelmää, joka koostuu teräsbetonisista laatoista (kantavat laatat) ja väliseinistä (kantavat seinät). Kantavat seinät -runkojärjestelmän osat, eli kantavat laatat ja kantavat seinät, esitellään seuraavissa alaluvussa.

2.2.1 Kantavat laatat

Laattojen toiminta teräsbetonirakentamisessa perustuu edellisessä luvussa mainittuun toimintaperiaatteeseen. Perinteisissä yksisuuntaisissa laatoissa alapuolen pituussuuntainen rauditus ottaa vastaan vetona esiintyvät taivutusrasituksen ja taipumisen. Yleensä kerrostalon välipohjana on ristiin kantava laatta, jossa rauditus toimii kahdessa suunnassa vetoa vastaan. Ristiin kantavissa laatoissa laatta jatkuu usein yli väliseinien, jotka muodostavat laatalle tuen. Tuen kohdille syntyy taivutusmomentista vetorasitusta laatan yläpinnalle, ja tästä syystä tukien kohdilla on raudoitettava myös yläpinta (kuva 3). Jännittämättömän laatan etuna on sen toteutuksen helppous, vaikka terästä meneekin jännitettyä rakennetta enemmän. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 243–249.)



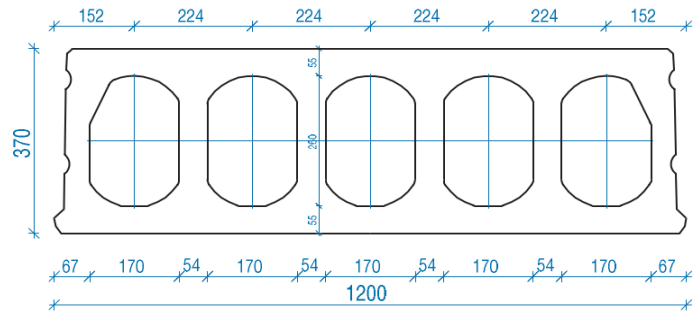
Kuva 3. Jatkuvan laatan rauditus (Suomen Betoniyhdistys 2004, 249).

Ontelolaatat ovat kevennettyjä laattoja, joissa kulkee onteloita laatan pituussuunnassa (kuva 4). Ontelolaatan rakenteen mahdollistaa esijännitys ja korkealujuuksinen betoni. Ontelolaatat esijännitetään ennen valua ja laukaistaan betonin kovettumisen jälkeen. Betonina käytetään C40–C70:n lujuista korkealujuusbetonia. Jännitettyinä rakenteena on mahdollista päästä pitkiinkin jänneväleihin. 370 mm:n paksuinen ontelolaatta on yleisin

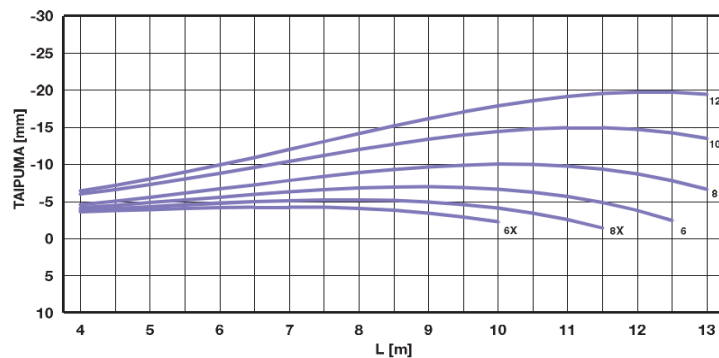
asuinrakennuksissa, ja tällä päästään 14 metrin jänneväleihin. (Elementtisuunnittelu ontelolaatat 2010c.)

P37-ONTELOLAATTA

POIKKILEIKKAUS



TAIPUMA P37



Kuva 4. Ontelolaatta (Parman ontelolaatatot suunnitteluohje 2018, 58).

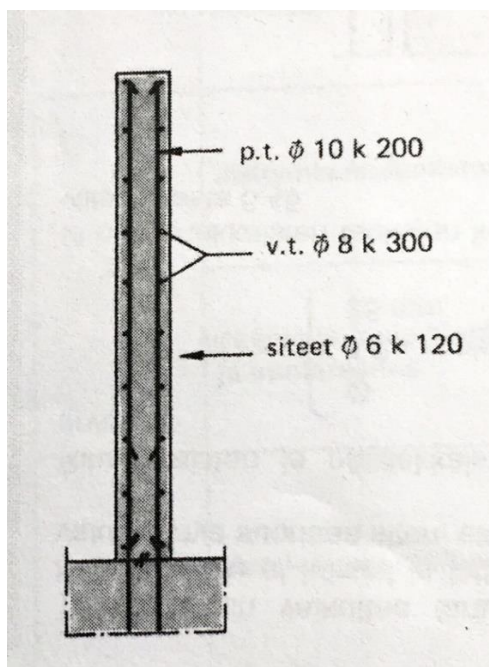
Massiivilaattaelementti voidaan tehdä jännitettyinä tai teräsbetonilaattana. Se voidaan suunnitella elementtilaattojen tapaan yhteen suuntaan kantavaksi, mutta myös ristiin kantavaksi. Yleensä massiivielementtilaattaa käytetään asuinkeuhkaloissa kerroksien käytävissä teräsbetonilaattana. Jotta laatan rakenteelliset vaatimukset täyttyvät, suositellaan laatan paksuudeksi asuinkeuhkalojen välipohjissa vähintään 280 mm. (Elementtisuunnittelu.fi 2010b.)

Asuinkeuhkalojen välipohja voidaan tehdä myös betoni-betoni-liittorakenteena. Tämä voidaan toteuttaa kuorilaatalla ja paikallavaletulla holvilla. Kuorilaatta on umpilaattaelementti, joka on esijännitetty. Sen tarkoitus on toimia samalla muottina paikallavalettavalle

välipohjalle. Jotta kuorilaatta toimii paikallavalettavan betonin kanssa liittorakenteena, on sen oltava riittävän ohut. Kun kuorilaattaelementti on riittävän ohut, jää se kokonaan betonin peittoon lopullisessa välipohjassa. Kuorilaattaelementti on vakioleveydeltään 1 200 mm ja jänneväliltään maksimissaan 10 metriä. (Elementtisuunnittelu.fi kuorilaatat 2010a.)

2.2.2 Kantavat seinät

Teräsbetoniset kantavat seinät ovat yksinomaan puristusjännitettäviä. Rakenteessa betoni jäykistää hoikkia terästankoja nurjahdusta vastaan. Seinien raudoittaminen puolestaan lisää seinän lujuutta. Puristettu seinä kantaa yläpuoliset kuormitukset nurjahtamatta. Koska seinät toimivat myös jäykistävinä rakenteina, kohdistuu niihin leikkaus- ja taivutusrasituksia. Tämän takia seinät mitoitetetaan raudoitettuina, koska raudoittamattomana seinän paksuus kasvaisi kohtuuttomaksi. Raudoittamattomana mitoittaminen ei myöskään olisi taloudellisesti kannattavaa, koska se vie asuinpinta-alaa. Seinän raudoituksessa kummallekin puolelle tulee pysty- ja vaakaraudoituksesta muodostuva verkko, jonka tiheys ja tankojen paksuus riippuu rakenteeseen tulevasta kuormista ja rasituksista (kuva 5). (Suomen Betoniyhdistys 2004, 243–249.)



Kuva 5. Seinän raudoitus (Suomen Betoniyhdistys 2004, 249).

Elementtiseinien suunnittelussa on huomioitava elementeille sopivat pituudet, jotta asennus on sujuvaa. Tämän lisäksi elementeistä ei saa tulla liian pitkiä, jotta torninosturi pystyy nostamaan elementin. Suositeltavana enimmäispituutena voidaan pitää yhdeksää metriä. (Elementtisuunnittelu.fi seinien mittasuositus 2010d.)

2.3 Rakennushankkeen valmistelu

Rakennushankkeen rakentamista edeltää rakentamisen valmistelu. Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, tehdään urakka- ja hankintasopimukset, kilpailutetaan rakennusmateriaalit ja -tehtävät sekä käydään näiden pohjalta sopimusneuvottelut. Tämän lisäksi on varmistettava kustannusarvion riittävyys, joka takaa investointipäätöksessä määritellyn taloudellisen tavoitteen täyttymisen. Urakoitsijan kustannuslaskennassa määritellään tarkka kustannusarvio urakalle, jonka perusteella voidaan osallistua tarjouskilpailuun. Kustannuslaskennassa rakennusliike laskee kustannusarvion, joka sisältyy yrityksen ansaintalogiikkaan. Ansaintalogiikka on osa tuotannon strategiaa, jolla pyritään täyttämään taloudelliset tavoitteet. Kustannuslaskennan lopputulos on tarjous, jonka tulee olla kannattava urakoitsijalle, mutta kilpailukykyinen muiden tarjouksien rinnalla. (Rakennustieto Oy 2018, 62–66.)

Kustannusarvio on keskeisessä osassa tarjousta, mutta myös voitetun tarjouskilpailun jälkeen se toimii tavoitearvion lähtökohtana. Kustannusarvio tehdään määrälaskennan avulla. Tässä määrät määritellään suunnitelmien ja selostusten perusteella. Määriteltäviä kustannuksia ovat työvoimakustannukset, työmaatekniikan kustannukset sekä hankinnat. (Rakennustieto Oy 2018, 66.)

Hankintoja ovat materiaalina käytettävät rakennustuotteet sekä kaikki ostettu työ, mukaan lukien alihankinta (Rakennustieto Oy 2018, 71). Materiaalikustannuksiin sisältyy myös materiaalihukat. Työvoiman hinta lasketaan työn yksikköhinta kerrottuna työhön kuluvalle ajalla. Näin ollen työn kokonaisaika, eli työnvaihe aika, näyttelee isoa roolia kustannusten määräytymisessä, mutta myös hankkeen ajallisessa toteutuksessa. Työn kokonaisaika koostuu useista palasista, joista tärkeimpänä on tehollinen aika T3. Teholliselle ajalle löytyy *Ratu rakennustöiden menekit 2015* -kirjasta kullekin työvaiheelle työmenekit, joiden pohjalta pystyy laskemaan kokonaisaika työlle. TL3 ajoille löytyy TL3-lisäkerroin kunkin työn osalta, jotka huomioivat työn keskeytykset, olosuhteet sekä vaikeat toteutukset. Kaikkien näiden lisäkertoimien avulla on tarkoitus saada mahdollisimman tarkka odotusarvo kokonaisajalle. (Wind ym. 2014, 6–11.)

3 RAKENTAMINEN JA KUSTANNUSTEN TOTEUTUMINEN

Kun rakennushanke on suunniteltu, ja rakennushankkeen valmistelu on toteutettu huolellisesti ja huomioiden kaikki 2 luvussa käsitellyt vaadittavat seikat on otettu huomioon, alkaa hankkeen rakennusvaihe. Rakennusvaihetta ohjataan tuotannonohjauksella. Tuotannonohjauksen tarkoituksena on tuottaa rakennusmateriaaleista lopullinen tuote, hyödyntämällä tuotantotekniikkaa. Tuotannonohjaus on siis todellisuudessa henkistä pääomaa, jonka tavoitteena on suunnata aineelliset resurssit järjestäytyneeseen toimintaan. Rakennushankkeen laadukkaan lopputuloksen kannalta keskeistä on se, että rakennus-
tuotannon suunnittelulla ja ohjauksella saadaan sellaiset suunnitelmat, jotka työmaa pysyy määräajassa toteuttamaan ja organisoimaan sovituin laatuksiteerein. (Koski ym. 2010, 11–17.) Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan mistä rakennusvaiheen kustannukset koostuvat sekä miten niitä voidaan hallita. Tuotantovaiheen kustannustenhallinta on samankaltainen, valittiinpa rungon toteutustavaksi mikä tahansa. Tuotantovaiheen kustannustenhallinnan jälkeen tarkastellaan opinnäytetyöhön valitut betonirakenteisen rungon toteutustavat ja mitä toteutustapakohtaisia kustannuksiin vaikuttavia erityispiirteitä niissä on.

3.1 Tuotantovaiheen kustannustenhallinta

Rakennusvaiheessa tavoitteena on hankkeen toteuttaminen tavoitearvion mukaisesti. Rakennustyömaalla kustannuksia hallitaan kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäisenä on ennakkovalvonta, jossa tehtävien ja hankintojen valvonta tapahtuu sopimuksenteon yhteydessä. Rakennusaikainen kustannuspoikkeamien valvonta on hankkeen etenemisen valvontaa, joka on kustannustenhallinnan toinen vaihe. Tässä kohtaa hanke etenee ja kustannukset muodostuvat konkreettisesti. Kolmas vaihe on loppukustannusten ennustaminen. (Rakennustieto Oy 2018, 80–81.) Tuotannonsuunnittelu ja tehtävänsuunnittelu ovat osa edellä mainittua kolmivaiheista rakennusaikaista kustannustenhallintaa. Näitä käsitellään seuraavaksi.

3.1.1 Tuotannosuunnittelu

Rakennusta suunniteltaessa on tunnettava tuotantotekniset mahdollisuudet ja rajoitukset. Rakennusprosessissa isossa roolissa on työmaaorganisaatio, joka vastaa rakennusprosessin onnistumisesta. Työmaaorganisaation on pystyttävä toteuttamaan suunnitellut ratkaisut mahdollisimman helposti. Työmaan onnistuminen tavoitteiden puitteissa perustuu tuotantomenetelmien ja -tekniikoiden hallitsemiseen. Tuotannosuunnittelussa on ajoitettava eri työvaiheita yhteen ja eri urakoitsijoiden työt on saatava toimimaan päällekkäin niin, ettei minkään osapuolen työt hidastu tai pysähdy kokonaan. (Koski ym. 2010, 11–17.)

Työmaalla on huomioitava työmaata palveleva logistiikka. Toimivan logistiikan avulla materiaalit ovat oikeaan aikaan työmaalla. Rakennusprosessissa on pyrittävä saamaan jokainen lenkki toimimaan. Tämän onnistumisen mahdollistaa rakenteiden, tuotannon ja logistiikan suunniteltu kokonaisuus, työturvallisuudesta ja laadusta tinkimättä. Hyvän ja laadukkaan lopputuloksen mahdollistaa tämän lisäksi riittävä tuotantotekninen osaaminen jokaiselta rakennushankkeeseen osallistuvalla osapuolella. (Koski ym. 2010, 11–17.)

3.1.2 Tehtävänsuunnittelu

Tehtävänsuunnittelulla pyritään takaamaan tehtävän onnistuminen. Tehtävänsuunnitteluun kuuluu toteutuksen suunnittelu, ohjaus ja valvonta. Tehtävänsuunnittelussa laaditaan suunnitelma, jonka perusteella tehtävä suoritetaan. Tässä asetetaan tehtävälle vaatimukset ja tavoite, jotka voivat perustua esimerkiksi ajalliseen tai rahalliseen suoriutumiseen. Suunnitteluprosessissa pyritään löytämään keinot mahdollisten riskien vähentämiseksi ja ohjauskeinot, joilla tehtävä pystytään toteuttamaan turvallisesti ja luotettavasti. (Koski ym. 2010, 17–19, 27.)

Tehtävänsuunnittelussa on tärkeää ajoittaa tehtävät oikeaan aikaan toteutettaviksi. Tässä on huomioitava tehtävien epävarmuustekijät sekä kriittisten tehtävien onnistuminen ajallaan, turvallisesti ja mahdollisimman taloudellisesti. Tehtävänsuunnittelussa määritellään tehtävän sisältö, eli rajataan mitä siihen kuuluu ja mitä ei, sekä siihen liittyvät vastuut ja velvoitteet. Tämän lisäksi määritellään aikataululliset tavoitteet sekä, miten tätä ohjataan ja valvotaan. (Koski ym. 2010, 17–19.)

Tehtäväsuunnittelussa tarkistetaan taloudelliset tavoitteet ja valvotaan kustannusten kehitystä. Tässä on huomioitava mahdolliset taloudelliset riskit, sekä oma likviditeetti ja kassavirta. Tehtävien turvallinen suorittaminen on erityisen tärkeää ottaa huomioon tehtäväsuunnittelussa. Tämä onnistuu huomioimalla turvallisuusriskit ja sovittaen toimintatavat turvalliseen toteutukseen. Lisäksi määritellään tavoiteltava tehtävän laatutaso suunnittelemalla laadunvarmistustoimet, kuten tarkastukset ja mittaukset. Näiden pohjalta laaditaan laadunvarmistusmatriisi tai tarkastusasiakirja, joista selviää, vastaako laatu tavoiteltavaa laatutasoa ja miten kyseiseen laatutasoon on päädytty. (Koski ym. 2010, 17–19, 27.)

Tuotannonohjauksesta vastaa viime kädessä työnjohtaja, jonka ohjaus perustuu suunnittelijan tekemiin suunnitelmiin ja näiden pohjalta määritettyihin tuotantomenetelmiin ja -tekniikoihin. Työmaakokouksissa ja -palavereissa valvotaan kunkin urakoitsijan edistymistä ja varmistetaan, että tehty työ vastaa asetettuja laatuksiteereitä. (Koski ym. 2010, 27.)

Betonitöiden ohjauksessa ja valvonnassa käytetään työkaluina betonointisuunnitelmaa ja -pöytäkirjaa. Betonointisuunnitelman avulla varaudutaan tulevaan betonointityöhön, jotta välttyään turhilta ongelmilta työn aikana. Betonointipöytäkirjaan dokumentoidaan betonoinnin lopputulos, eli paljonko betonia lopulta kului, kuinka suuri työryhmä oli sitä suorittamassa sekä muut mahdolliset huomiot. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 210.)

3.2 Paikallavalettu runko

Paikallavalettu runko (PV) on yleinen asuinrakentamisessa, sillä se on helppo suunnitella ja toteuttaa (RT 82-10814, 2004, 2). Paikallaan valettujen välipohjien laatat ovat jännittämättömiä massiivilaattoja. Työvaiheina betonirunkotöissä ovat muottityö, raudointi ja betonointi. Näitä on tärkeä valvoa työmaalla ja varmistaa laatuksiteerien täyttyminen. Mahdollisten virheiden korjaamiseksi tai mahdollisten muutostöiden takia voidaan mukaan laskea myös jälkityöt, kuten piikkaus ja pintojen hiominen. (Koski ym. 2010, 63.)

Kun betonointi tapahtuu työmaalla, on betonoinnissa otettava huomioon sääolosuhteet, mikä vaikuttaa olennaisesti betonin kuivumisaikaan ja jälkihoidon toteutukseen. Varsinkin välipohjan laatoissa on huomioitava lujouden kehitys. Jotta muottia ei pureta liian aikaisin, tulee laatan lämpötilaa mitata jatkuvasti. Tämän avulla pystytään laskemaan,

milloin saavutetaan 60 %:n lujuus maksimilujuudesta. Seuraavaksi muotit voidaan purkaa. Betonin kovettuessa liian suuret lämpötilaerot aiheuttavat halkeamia betonirakenteeseen. Tästä johtuen muottien lämmitys ja lämmityspeittojen käyttö on tarpeellista talvipakkasella. Kesäkuumalla puolestaan betonin suojaus sekä jälkihoitoaineen käyttäminen on suotavaa halkeilun vähentämiseksi. Betonin lujuuden kehitys lakkaa, kun lämpötila laskee alle 5 asteen. Suomessa lämpötila on suuren osan vuodesta alle 5 astetta. Koko tämän ajanjakson ajan on valettu betoni suojattava ja lämmitettävä, kunnes rakenne on saavuttanut purkamislujuuden. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 85–94, 342–349.) Holvimuotit ja muottijärjestelmät ovat hyvin tärkeässä osassa paikallavaletun rungon rakentamisessa. Näitä tarkastellaan seuraavaksi tarkemmin.

3.2.1 Holvimuotit

Paikallaan valettu välipohja valetaan holvimuotin päälle (kuva 6). Holvimuottina käytetään tavallisesti vakiopalkkimuottijärjestelmää, jossa on teräksiset tai alumiinisettolpat, jotka kannattelevat puisia niskapalkkeja, joiden päälle tulee poikittaispalkeista koostuva koolaus, tämän päälle muottipinnaksi tulee filmivanerilevy. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 224–239.)



Kuva 6. Holvin betonointia, Rakuunapuisto.

Tämä muottijärjestelmä mahdollistaa joustavan muuntokyvyn kerroksien välillä, mikäli väliseinien paikat muuttuvat. Vakiopalkkimuottijärjestelmän etuna on myös mahdollisuus muuttaa kerroskorkeutta kerrosten välillä tarpeen mukaan. Jotta vaakarakenteiden muottityöt sujuvat keskeytyksettä, on muottikalustoa kohteesta riippuen oltava jopa 3–4-kertainen määrä valettavaan pinta-alaan nähden. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 224–239.)

3.2.2 Muottijärjestelmät

Seinissä käytetään yleisesti muotteina suurmuotteja tai järjestelmämuotteja. Muottien avulla yhden kerroksen väliseinät saadaan nopeasti tehtyä, jopa talvella, jolloin muotteihin on saatavilla lämmitysjärjestelmä. Muottijärjestelmän tehtävänä on antaa betonille haluttu muoto ja mitat. Tämän lisäksi muotin tulee kestää siihen kohdistuvat kuormitukset suojaten valettua betonimassaa sen kovettumisen ja lujuuden kehityksen aikana. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 216–218, 238–239.)

Suurmuotissa on kaksi muottipuoliskoa, jotka muodostavat yhdessä muottikonaisuuden. Suurmuotilla (kuva 7) pystytään tekemään kerralla suoria seiniä, jonka ansiosta ne soveltuvat yksinkertaisen kerrostalon väliseinämuotiksi, jossa kerralla tehdään suoria pitkiä seiniä. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 216, 238–239.)



Kuva 7. Suurmuotti, Turun Kreijari.

Järjestelmämuotit ovat vakiomittaisia kasetteja, joita voidaan yhdistellä eripituisiksi tai L-malliseksi kulmaksi. Myös muotin korotukseen löytyy korotuspaloja, joten normaalia kerroskorkeutta korkeampia seiniä on myös mahdollista valmistaa. (Koski ym. 2010, 64–65).

Järjestelmämuotin hyvä puoli on sen monipuoliset käyttömahdollisuudet. Sitä voi käyttää pitkissä suorissa vedoissa kuten, suurmuotteja, mutta se soveltuu myös monimuotoisiin rakenteisiin. Muotin valinnan jälkeen on suunniteltava muottien kierto siten, että väliseinät saadaan mahdollisimman sujuvasti tehtyä keskeytyksettä. Tämän mahdollistamiseksi on seinämuotteja oltava noin 1,5-kertainen määrä verraten kertavalualueeseen. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 217–218, 238–239.)

3.3 Elementtirakenteinen runko

Elementtien käyttöä asuinkerrostalojen rakentamisessa perustellaan niiden helpon ja nopean asentamisen mahdollistamalla ajallisella säästöllä. Betonielementtirunkoisessa rakennuksessa (ELE) kiistaton hyöty on korkea laatutaso, koska elementit tehdään tehtaissa muuttumattomissa olosuhteissa. Tämän lisäksi nopea pystytys ilman kuivumisaikoja on selkeä etu paikallavalamiseen nähden. Heikkoutena taas voidaan todeta sen huono muunneltavuus paikan päällä, mahdolliset logistiikkaongelmat sekä suurempi hinnan vaihtelu. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 441–456, 484–492.)

Elementtien helppoutta lisää myös yleisien moduulimittojen käyttö, joka nopeuttaa suunnittelua ja valmistusta. Paikallavalurakenteiseen nähden elementtirakenteisen kerrostalon jäykistykseen täytyy käyttää enemmän aikaa suunnittelussa, jotta rakennus on valmistuessaan riittävän stabiili. Työturvallisuuteen on elementtiasennuksessa aina kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä elementit ovat painavia ja esimerkiksi holtiton asennus tai asentaminen tuulisella säällä, voivat aiheuttaa vaaratilanteita. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 441–456, 484–492.)

Elementit tehdään tehtailla, joten työmaalla on jäljellä vain varastointi ja asennustyöt. Elementit on varastoitava siten, että työmaalla oleva nosturi pystyy nostamaan jokaisen elementin suunniteltuun paikkaansa turvallisesti. Nostotyön aikana ei alta saa kukaan kulkea tai työskennellä. Tämä täytyy huomioida tehtäväsuunnittelussa, ettei urakoitsijoiden työ keskeytyisi elementtiasennuksen ajaksi. Elementtien varastoinnissa on huomi-

oitava, että työmaalle tuleva liikenne ei joudu odottamaan elementtien purkutyötä. Elementtien varastointi ei saa vaikeuttaa liikennettä tai muiden tavaroiden varastoimista. Tästä syystä elementtien asennus ja varastointi on suunniteltava huolella. Näin mahdollistetaan se, että työmaalla on oikeat elementit oikeaan aikaan, ja että asennustyö sujuu turvallisesti ja tehokkaasti (kuva 8). (Koski ym. 2010, 99–100). Elementtirakenteinen runko valmistetaan ontelolaatoista ja elementtiväliseinistä. Näistä kerrotaan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.



Kuva 8. Elementtiasennusta Rakuunapuistossa.

3.3.1 Ontelolaatat

Ontelolaatta on helppo asentaa, mutta mahdollinen elementin vaurio tai väärän kokoinen laatta hidastavat työtä huomattavasti (kuva 9). Uutta ontelolaattaa ei heti ole saatavilla, vaan sellainen täytyy valmistaa tehtaalla. Läpivientien teko ontelolaattaan ei myöskään ole itsestäänselvyys, sillä jännitettynä rakenteena läpivienti ei saa osua punoksen kohdalle. Jotta läpivienti osuu ontelon kohdalle, on läpiviennin sijainti katsottava läpi rakennesuunnittelijan tai valmistajan kanssa. Pintavalun jälkeen tehtävissä läpivienneissä on riski osua punoksiin, koska ontelolaatasta ei näy pintavalun alta. Tällöin ei pystytä ottamaan mittaa ontelolaatan reunasta, jolla pystyttäisiin ottamaan huomioon punosten sijainti ja osuttaisiin varmasti ontelon kohdalle. (Koski ym. 2010, 113.)



Kuva 9. Ontelolaatta välipohja Turun Kreijarissa.

3.3.2 Elementtiväliseinät

Väliseinäelementtien asennuksessa käytetään elementtitukia, joilla pystytään myös hienosäätämään elementin suoruutta. Elementti tulee laattaan kiinni juotosbetonin avulla, mikä levitetään ennen elementin asennusta. Asennuksessa elementti tulee asennuspa-
lojen varaan, jotka ovat juotosbetonin seassa. Elementtiväliseinät ovat nopeita asentaa, joskin kerroksessa kulku hankaloituu niitä tukevien elementtitukien käytön seurauksena. (Koski ym. 2010, 117.)

3.4 Osaelementtitekniikalla rakennettu runko

Osaelementtitekniikalla rakennetun rungon toteutuksessa pyritään hyödyntämään paikallavalu- ja elementtirakentamisen hyötyjä. Siinä voidaan käyttää yhdessä elementtisei-
niä ja paikallaan valettuja välipohjan laattoja (ELE VS + PV L) tai seinät betonoida paikallaan ja käyttää välipohjina ontelolaattoja (PV VS + OL). (Koski ym. 2010, 61.)

4 KOHTEIDEN KUSTANNUSTEN VERTAILU

Seuraavaksi vertaillaan edellä luvussa 3 esitelyjen neljän erilaisen toteutustavan kustannuksia. Toteutustapojen kustannuksia vertaillaan rakennuskohteiden avulla. Vertailtavia kohteita on mukana 11. Kohteiden laajuustiedot ja muut hankkeeseen liittyvät tiedot on haettu NCC:n projektipankki Sokoprosta löytyvistä rakennusselostuksista ja asema-
piirustuksista. Ensin käsitellään, miten kustannusten data on saatu ja miten sitä on muokattu tähän työhön sopivaksi, jonka jälkeen alaluvuissa vertaillaan kohteiden kustannuksia. Alaluvut on jaoteltu toteutustapakohtaisesti. Jokaisessa alaluvussa käsitellään erikseen yhden toteutustavan kohteet ja vertaillaan niiden kustannuksia keskenään. Viimeisissä kahdessa alaluvussa vertaillaan vielä kaikkien toteutustapojen kustannuksia keskenään.

Kohteiden kustannukset on haettu NCC:n kustannustenhallintaohjelma CoolProsta. Järjestelmässä kustannukset kirjataan litteroittain omille kustannuspaikoilleen. Jotta tätä työtä varten on saatu olennaiset kustannukset oikeilta kustannuspaikoilta, on litteroitten perusteella haettu CoolProsta työn, materiaalin, ja alihankinnan kustannukset erikseen. Näistä kustannuksista on tarkastettu tositteista, että oikeat kustannukset ovat jokaisesta tositteesta tuotu oikealle litteralle järjestelmään. Epäselvien tositteiden sisältö on käyty ohjaajan kanssa läpi, joten nekin on saatu huomioitua oikein. Edellä luetellusta datasta on tehty Excel-taulukko, joka on käyty työpöällikön tai vastaavan mestarin kanssa läpi tietojen oikeellisuuden varmistamiseksi. Rakuunapuisto on kaikista tarkasteltavista kohteista halvin kokonaiskustannuksiltaan suhteessa bruttoneliömetriin ja bruttokuutiometriin. Tästä syystä kaikki kohteiden prosenttiarvot ovat suhteessa tämän kokonaiskustannuksiin. Osassa kohteista kokonaiskustannukset ovat Rakuunapuistoa pienemmät, tämä johtuu siitä, että Rakuunapuisto on näitä suurempi kooltaan.

Rakennuskohteet ovat yleensä jonkin verran erilaisia keskenään, joten vertailukelpoisia tuloksia ei saa suoraan kohteiden kokonaiskustannuksista. Kohteiden kustannuksista on saatu vertailukelpoisia valitsemalla vertailumääritteeksi tilavuus ja pinta-ala, koska pinta-alayksikkö sekä tilavuusyksikkö ovat muuttumattomia määreitä. Alaluvuissa 4.4 ja 4.5, joissa vertaillaan kaikkien toteutustapojen kohteiden kustannuksia keskenään, vertailu tehdään kohteiden prosentuaalisen keskiarvokustannusten ja -laajuuksien avulla (taulukko 2). Näin pyritään varmistamaan se, ettei yksittäisen kohteen onnistuminen tai epäonnistuminen vaikuta liian suuresti kustannuksiin ja niiden vertailuun. Muissa alaluvuissa

vertaillaan kerrallaan yhden toteutustavan kohteiden kustannusten prosenttisarvoja keskenään.

Taulukko 2. Kohteiden laajuustiedot keskiarvoina.

	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Pinta-ala brm²	3268	3311	4288	3366
Tilavuus brm³	10146	10345	14279	10800
Kerroskorkeus m	3,10	3,12	3,33	3,21
Asuntoneliöt m²	2184	2221	3024	2310

4.1 Paikallaan valetut kohteet

Kokonaan paikallaan valettuja kohteita on vertailussa kolme kappaletta, jotka sijaitsevat Turussa. Kohteet ovat Kanslerintie 15 vaihe 1 ja vaihe 2 sekä Rakuunapuisto. Jokainen näistä kohteista käsittää kaksi kerrostaloa. Seuraavaksi esitellään edellä mainitut kohteet tarkemmin ja vertaillaan niiden keskinäisiä kustannuksia. Lisäksi selvitetään syyt, jos kustannukset eroavat kohteiden välillä.

4.1.1 Kanslerintie 15

Turussa sijaitsevan Kanslerintien kerrostalot ovat identtisiä pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan, ja niissä on kahdeksan asuinkerrosta sekä kellarikerros. Kohteena Kanslerintie on jaettu kahteen vaiheeseen, jotka ovat identtisiä keskenään. Asuntoja kahdessa kerrostalossa on 48 kappaletta ja kahdessa 56 kappaletta, yhteensä asuntoja on 208 kappaletta. Jokainen rakennus on pinta-alaltaan 3 180 brm² ja tilavuudeltaan 9 890 brm³. Vaihe 1 on valmistunut alkuvuonna 2018 ja vaihe 2 myöhemmin samana vuonna. Rakennuksissa on betonirunko, jossa ulkoseinät ovat sisäkuorielementtejä. Asuntojen väliset sekä asuntojen ja käytävän väliset seinät ovat kantavia paikalleen valettuja, ja porrashuone sekä hissikuilu on toteutettu elementeillä. Paikallavaletut kantavat väliseinät on suunniteltu jäykistäviksi rakenteiksi. Käytävien kohdilta välipohjan laatat ovat teräsbetonisia massiivilaattaelementtejä, muuten välipohja on paikallavalettu. Välipohjanlaatan raudoituksessa on käytetty valmista rauditusverkkoa, jotka runkoryhmä on asentanut. Kohteen talotekniikka on toteutettu pystyvedoin hormeilla ja vaakavedot menevät paikallavaletun laatan sisällä.

Liitteissä 1 ja 2 on eritelty kummankin vaiheen kustannukset. Kokonaisuutta tarkasteltaessa huomataan, että kustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan. Molemmat vaiheet ovat maksaneet rungon osalta 114 % bruttoneliometriä kohden. Koska kohteet ovat identtisiä keskenään, on kustannusten samankaltaisuus odotettavissa. Lähempi tarkastelu osoittaa kuitenkin huomattaviakin eroja kokonaiskustannusten muodostumisessa. Materiaalin osalta vaihe 2 on hinnaltaan 2,66 %-yksikköä halvempi bruttoneliometriä kohden. Tämä ero näyttää tulevan halvemmista elementeistä, muuten materiaalikustannukset ovat hyvin lähellä toisiaan. Työkustannuksiltaan vaihe 2 on taas 0,61 %-yksikköä kalliimpi bruttoneliometrille kuin vaihe 1. Ero muodostuu jälkitöistä. Muiden kustannusten osalta vaihe 2 on 1,49 %-yksikköä kalliimpi kuin vaihe 1. Tämän pohjalta voidaan todeta, että vaikka kokonaiskustannukset ovatkin lähes identtiset keskenään, on yksittäisiä kustannuksia tarkasteltaessa suuriakin eroja kohteiden välillä.

4.1.2 Rakuunapuisto

Rakuunapuisto käsittää kaksi kerrostaloa, joissa on kahdeksan asuinkerrosta ja kaksi kellarikerrosta. Yhteensä kerrostaloissa on 115 asuntoa. Rakennus 1 on pinta-alaltaan 3 521 brm² ja tilavuudeltaan 11 075 brm³. Toinen rakennus on pinta-alaltaan 3 623 brm² ja tilavuudeltaan 11 435 brm³. Kohde on valmistunut vuonna 2017. Kerrostalojen ulkoseinät ovat ei-kantavia ja kantavia elementtiseiniä. Ja väliseinät ovat kantavia paikallavaluseiniä, mutta myös osa seinistä on teräsbetonisia väliseinäelementtejä. Paikallavaletut seinät toimivat asuntojen välisinä seininä täyttäen paloturvallisuus- ja äänitekniset vaatimukset. Vaakarakenteina on käytetty välipohjissa paikallavalettuja laattoja. Laattojen rauditus ja betonointi on tehty alihankintana. Rauditus on toteutettu yksittäisistä tangoista, jotka on katkaistu työmaalla. Talotekniikka on toteutettu laatan sisään tehtynä vaakavedoissa, ja pystyvedoissa talotekniikka kulkee hormielementeissä.

Kohteen kokonaiskustannukset olivat 100 % (liite 3). Verratessa näitä muihin paikallavalukohteisiin, huomataan Rakuunapuiston olevan selkeästi muita halvempi. Suurin eroavaisuus on materiaalikustannuksissa, jotka ovat maksaneet vain 44,73 % per brm². Verrattuna kohteeseen Kanslerintie 15 vaiheeseen 2, materiaalikustannusten ero muodostuu 13,36 %-yksikköä per brm². Myös työkustannukset olivat tässä kohteessa Kanslerintie 15:n kohteisiin nähden pienemmät. Työkustannukset olivat Rakuunapuiston kohteessa 35,71 % per brm², kun taas Kanslerintie 15:n kohteissa ne olivat 39 %. Rakuuna-

puiston runkotyöt, sisältäen paikallavalutyöt ja elementtiasennuksen, olivat 18,89 %, samalla kun Kanslerintie 15:n vaiheessa 1 ne olivat 4,81 %-yksikköä enemmän (taulukko 3).

Taulukko 3. Paikallavalukohteiden työkustannukset.

Työkustannukset brm ²	Kanslerintie 15 vaihe 1	Kanslerintie 15 vaihe 2	Rakuunapuisto
Torni	3,14 %	4,96 %	3,40 %
Paikallavalu työt	23,70 %	21,54 %	11,70 %
Betonointi	2,05 %	1,68 %	3,00 %
Jälkityöt	9,33 %	11,17 %	10,43 %
Elementtiasennus	0,00 %	0,00 %	7,19 %

4.2 Kokonaan elementein toteutetut kohteet

Opinnäytetyössä tarkastellaan seuraavaksi kolme täysin elementein rakennettua kohdetta. Nämä kaikki rakennukset sijaitsevat Tampereella. Vertailtavat kohteet ovat Kissanmaankatu, Pirttisuoranraitti ja Kaukatorin Velipoika. Seuraavissa alakappaleissa tarkastellaan ensin yleiskuvaukset kohteista, jonka jälkeen vertaillaan niiden kustannuksia.

4.2.1 Kissanmaankatu

Kissanmaankatu on kahden kuusikerroksisen asuinkerrostalon kohde, joka on valmistunut loppukesästä vuonna 2017. Asuntoja kohteessa on yhteensä 195. Näistä 116 asuntoa on ensimmäisessä kerrostalossa ja toisessa on 79 asuntoa. Rakennusten yhteen laskettu pinta-ala on 11 102 brm² ja tilavuus 37 700 brm³. Kerrostaloissa välipohjat on toteutettu ontelolaatoin. Välipohjat ovat 370 mm paksuja. Märkätilojen kohdalla on käytetty ohennettua esijännitettyä ontelolaattaa. Väliseinät ovat kantavia ja toteutettu sileävalettuna elementteinä. Ulkoseinät ovat sandwich-elementtejä. Ulkoseinäelementeistä osa on kantavia ja osa ei-kantavia. Asuinhuoneiden kylpyhuoneet toteutetaan elementtikylpyhuoneina.

Liitteessä 4 on eritelty kohteen kustannukset. Kohde on maksanut rungon osalta 121,95 %/brm². Verratessa muiden elementtikohteiden kustannuksiin liitteet 5 ja 6 huomataan, että se on kaikista halvin. Kohteen muut kustannukset ovat suhteessa muihin selkeästi

pienemmät (taulukko 4). Tämä selittyy sillä, että kohteessa on kaksi kerrostaloa, jolloin voidaan käyttää osittain samoja tarvikkeita. Tämä alentaa kustannuksia suhteessa muihin elementtikohteisiin.

Taulukko 4. Elementtikohteiden muut kustannukset.

Muut kustannukset brm ²	Kissanmaankatu	Pirttisuoranraitti	Velipoika
Torninosturi	6,99 %	22,44 %	9,72 %
Jälkityö materiaali	0,21 %	0,41 %	0,37 %
Elementtiasennustarvikkeet	4,23 %	8,68 %	10,55 %

4.2.2 Pirttisuoranraitti

Pirttisuoranraitti on nelikerroksinen asuinrakennus, joka on valmistunut heinäkuussa 2018. Rakennuksessa on 71 asuntoa. Asuinrakennuksen pinta-ala on 2 789 brm² ja tilavuus on 9 090 brm³. Kohteen suunnittelunohjaus on NCC:n tekemä. Rakennuksen runko on teräsbetonielementtirakenteinen. Väliseinät ovat kantavia betonielementtejä, jotka ovat porrashuonetta vastaan 200 mm paksuja ja muuten 180 mm paksuja. Välipohjat ovat ontelolaattarakenteisia. Ontelolaatat ovat paksuudeltaan 370 mm paksuja. Rakennuksen ulkoseinät ovat osittain tiiliverhoiltuja betonielementtejä ja osaksi sandwich-elementtejä.

Liitteessä 5 on eritelty tämän kohteen kustannukset. Pirttisuoranraitti on kokonaiskustannuksiltaan kallein vertailtavista kohteista. Taulukosta 4 nähdään, että kohteen nosturi kustannukset ovat huomattavasti muita korkeammat. Kohteen kokonaiskustannukset ovat 138,53 % per brm², mikä on 16,6 %-yksikköä enemmän kuin muut samalla tavalla rakennetut (Liitteet 4-6).

4.2.3 Kaukatorin Velipoika

Kaukatorin Velipoika on seitsemänkerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 41 asuntoa. Rakennus on pinta-alaltaan 3 261 brm² ja tilavuudeltaan 10 325 brm³. Kohde valmistui loppuvuodesta 2015. Kohteen välipohjat on tehty 370 mm paksuista ontelolaatoista ja märkätilojen kohdalla on käytetty ohennettua ontelolaattaa. Väliseinät ovat kantavia betonielementtejä. Ulkoseinät ovat betonisandwich-elementtejä, joista osa on ei-kantavia ja osa kantavia.

Kokonaiskustannuksiltaan kohde oli 121,12 %/brm² (liite 6). Kohteen materiaalikustannukset ovat pienemmät kuin muiden elementtikohteiden suhteessa brm² (taulukko 5).

Taulukko 5. Elementtikohteiden materiaalikustannukset.

	Kissanmaankatu	Pirttisuoranraitti	Velipoika
Materiaalikustannukset	12287	13207	12154
Per brm²	87,86 %	84,91 %	83,19 %
Per brm³	81,53 %	82,10 %	82,79 %

4.3 Osaelementtitekniikalla toteutetut kohteet

Seuraavaksi tarkastellaan neljä kohdetta, jossa rungon vaakarakenteet on toteutettu paikallaan valettuna ja pystyrakenteet elementein. Kohteet ovat Vuoreksen Hymypoika, Muurarinkisälli, Tiilenvalaja ja Kaukatorin Naapurilikka, ja sijaitsevat Tampereella. Lisäksi mukana on Turussa rakennettu Kreijari, jossa välipohjat ovat toteutettu ontelolaa- toin ja väliseinät paikallaan valettuna. Aluksi tarkastellaan tarkemmin kaikkien osaelementtitekniikalla toteutettujen kohteiden yleiskuvaukset, jonka jälkeen vertaillaan niiden kustannuksia keskenään.

4.3.1 Vuoreksen Hymypoika

Hymypoika on Tampereella sijaitseva kuusi kerroksinen asuinrakennus, joka on valmistunut loppuvuodesta 2017. Rakennuksen pinta-ala on 3 367 brm² ja tilavuus 10 220 brm³. Kohteen suunnittelunohjaus on kokonaan NCC:n itse tekemää. Rakennuksen runko on teräsbetoninen, jossa vaakarakenteet ovat paikallaan valettuja ja seinät teräsbetonielementtejä. Kantavat teräsbetonielementtiväliseinät ja -ulkoseinät toimivat jäykistävinä rakenteina rakennuksessa.

Kohteen elementtikustannukset olivat muihin nähden edullisimmat, kun huomioidaan kohteen koko (taulukko 6). Kohteen kokonaiskustannukset olivat 114,24 %/brm² (liite 7). Tämä on selkeästi muita osaelementtikohteita edullisempi, mutta selittyy materiaalien edullisuudella.

Taulukko 6. Osaelementtikohteiden materiaalikustannukset brm².

Materiaalikustannukset brm²	Hymypoika 12016	Muurarinkisälli 13092	Tiilenvalaja 13094	Naapurinlikka 13084
Betoni	11,77 %	11,67 %	13,56 %	13,54 %
Teräs	8,33 %	6,20 %	12,37 %	6,11 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	7,00 %	9,61 %	1,43 %	0,00 %
Elementit	43,66 %	62,05 %	61,96 %	64,04 %

4.3.2 Muurarinkisälli

Muurarinkisälli on viisikerroksinen asuinrakennus, joka on valmistunut kesällä vuonna 2018. Kohteessa on 32 asuntoa. Kohteen pinta-ala on 2 306 brm² ja tilavuus 7 090 brm³. Kohteen suunnittelunohjauksen toteutti Bonava ja NCC toimi kohteen pääurakoitsijana. Väliseinät ovat kantavia elementtejä ja holvilaatat 270 mm paksuja paikallaan valettuja teräsbetonilaattoja.

Kokonaiskustannuksiltaan kohde maksoi 130,17 %/brm². Verrattuna muihin samanlaisiin kohteisiin, ei muurarinkisällin kustannukset poikkea muista olennaisesti. (liite 8.)

4.3.3 Tiilenvalaja

Tiilenvalaja on kahdeksankerroksinen asuinrakennus, jossa on 60 asuntoa. Asuinrakennus on pinta-alaltaan 4 050 brm² ja tilavuudeltaan 12 550 brm³. Kohde valmistui loppuvuonna 2017. Hankkeen suunnittelunohjaus on NCC:n ja Bonavan yhteistyönä toteutettu. Rakennus on teräsbetonirakenteinen. Väliseinät ovat kantavia elementtejä ja välipohjat ovat 270 mm paikallaan valettuja teräsbetonilaattoja.

Kokonaiskustannuksiltaan kohde oli samalla toteutustavalla tehdyistä kallein, kokonaiskustannusten ollessa 134,48 %/brm². Kohteen kaikkien osa-alueiden kustannukset ovat suurimmat muihin nähden (liite 9).

4.3.4 Kaukatorin Naapurinliikka

Naapurinliikka on seitsemänkerroksinen asuinrakennus Tampereella. Rakennuksessa on 56 asuntoa ja kohde valmistui loppuvuodesta 2017. Rakennus on pinta-alaltaan 3 348 brm² ja tilavuudeltaan 10 725 brm³. Kohteen suunnittelunohjaus on toteutettu NCC:n ja Bonavan yhteistyönä. Rakennuksen välipohjat ovat 280 mm paksuja paikallaan valettuja laattoja. Rakennuksen väliseinät ja ulkoseinät ovat jäykistäviä ja kantavia teräsbetonielementtejä.

Kokonaiskustannuksiltaan kohde onnistui hyvin, kustannusten ollessa 123 %/brm², mikä on saman toteutustavan vertailuista kohteista toiseksi halvin (liite 10).

4.3.5 Kreijari

Kreijari on vuonna 2016 valmistunut kuusikerroksinen asuinrakennus. Rakennuksessa on 50 asuntoa. Rakennus on pinta-alaltaan 3 366 brm² ja tilavuudeltaan 10 800 brm³. Rakennuksen välipohjat ovat ontelolaattoja ja kylpyhuoneiden kohdalta paikallaan valettuja laattoja. Väliseinät ovat kantavia paikalleen valettuja teräsbetoniseiniä. Ulkoseinät ovat pääosin kantavia sandwich-elementtejä.

Kokonaishinnaltaan kohde on samaa tasoa kuin muutkin osaelementtitekniikalla toteutetut, ja kokonaishinnaksi muodostui 123,71 %/brm², kun verrataan halvimpaan yksittäiseen kohteeseen.

4.4 Kustannusten vertailu pinta-alan mukaan

Kustannusten vertailu pinta-alaan nähden on helppo ja yksinkertainen tapa saada selville, millaisia kustannuseroja eri toteutustapojen välillä on. Vertailu ei ota huomioon kerroskorkeutta, joten tämän muutos eri toteutustapojen välillä voi muuttaa kustannusten eroavaisuuksia suuntaan tai toiseen. Vertailu on tehty prosentteina suhteessa halvimmän yksittäisen kohteen kustannuksiin. Vertailussa tarkastellaan kustannusten %-yksiköllisiä ja prosentuaalisia eroja.

4.4.1 Materiaalikustannusten vertailu

Rungon materiaalikustannuksiin kuuluvat betonin, teräksen ja elementtien kustannukset.

Taulukko 7 nähdään, että PV-rakentamisen materiaalin kokonaiskustannukset ovat pienimmät. Kalleinta on ELE-rakentaminen, sillä eroa PV-rakentamiseen on 32,35 %-yksikköä. Osaelementtitekniikalla rakentaminen on kokonaiskustannuksiltaan lähempänä ELE-rakentamista kuin PV-rakentamista. Eroa eri osaelementtitekniikoiden välillä on vain 0,75 %-yksikköä.

Taulukko 7. Materiaalikustannusten vertailu brm².

Rungon materiaalit brm ²	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Betoni	12,76 %	12,78 %	3,05 %	7,58 %
Teräs	8,64 %	7,34 %	1,62 %	5,82 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	3,94 %	4,40 %	29,10 %	19,45 %
Elementit	57,80 %	29,62 %	52,72 %	51,05 %
Kokonaiskustannukset	83,14 %	54,14 %	86,49 %	83,89 %

Suurimmat betonikustannukset ovat PV-rakentamisessa sekä ELE VS + PV-laatat osaelementtirakentamisessa. PV VS + OL-osaelementtirakentaminen on betonikustannuksiltaan 7,58 %, mikä on puolivälissä verraten PV-rakentamiseen ja ELE-rakentamiseen.

Betonikustannusten lisäksi ELE VS + PV L-osaelementtirakentamisessa on myös suurimmat teräskustannukset. Pienimmät teräskustannukset ovat ELE-rakentamisessa, joissa teräkseen kuluu 1,62 %. Eroa PV-rakentamiseen on 5,72 %-yksikköä ja kalleim-

paan osaelementtirakennustoteutustapaan on 7,02 %-yksikköä. PV VS + OL-osaelementtirakentamisessa teräkseen kuluu 5,82 %, mikä on huomattavasti lähempänä PV-rakentamisen kustannuksia kuin ELE-rakentamisen.

Kuten edellä todettiin, ovat ELE-rakentamisen teräskustannukset pienimmät vertailtavista toteutustavoista. Toisaalta kyseisen toteutustavan laattaelementtien ja ontelolaattojen kustannukset ovat suurimmat kyseisten kustannusten ollessa 29,10 %, mikä on huomattavasti eniten muihin toteutustapoihin nähden. Pienimmät laattaelementtien ja ontelolaattojen kustannukset ovat ELE VS + PV L-osaelementtirakentamisessa. PV-rakentaminen on lähellä edellä mainittua, jossa laattaelementtien ja ontelolaattojen kustannukset ovat 4,40 %. PV VS + OL-osaelementtirakentaminen on kustannuksiltaan toiseksi kallein toteutustapa laattaelementtien ja ontelolaattojen kustannuksia vertailemalla. Tämä pätee silloin, kun kylpyhuoneiden laatat tehdään paikallavalaen. Muussa tapauksessa kustannukset ovat elementtirakentamisen kaltaiset.

Seinäelementtien kustannukset ovat puolestaan suuret kaikissa toteutustavoissa. PV-rakentamisen kustannukset ovat pienimmät, 29,62 %. PV-rakentamisessa seinäelementtein toteutetaan vain ulkoseinät ja hissikuilu. Muissa toteutustavoissa seinäelementtien kustannukset ovat huomattavasti suuremmat. PV VS + OL-osaelementti rakentamisessa seinäelementtien kustannukset ovat huomattavasti vertailussa suuremmat kuin PV-rakentamisessa. Ero johtuu siitä, että vertailussa oleva PV VS + OL-osaelementtikohde on lamellitalo ja paikallavaletut kohteet ovat pistetaloja. Suurimmat kustannukset ovat ELE-rakentamisessa ja ELE VS + PV L-osaelementtirakentamisessa. Näissä elementtien kustannukset ovat 51–58 %.

4.4.2 Työkustannusten vertailu

Työn kustannuksiksi lasketaan kaikki rungon pystytykseen osallistuvat työvaiheet. Mikäli töitä on tehty alihankintana, voi osa näistä sisältyä materiaalikustannuksiin.

Taulukon 8 perusteella työkustannuksiltaan ELE-rakentaminen on halvinta, kustannusten ollessa 21,65 %. Eroa PV-rakentamiseen on 16,03 %-yksikköä, jossa työkustannukset ovat suurimmat. Molemmat osaelementtirakentamistoteutustavat ovat kustannuksiltaan näiden välillä. ELE VS + PV L-toteutustavalla rakentaminen kustantaa 3,87 %-yksikköä vähemmän kuin PV VS + OL-toteutustavalla rakentaminen.

Taulukko 8. Rungon työkustannusten vertailu brm².

Rungon työt brm ²	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Torni	0,95 %	3,82 %	1,69 %	3,12 %
Paikallavalu työt	8,63 %	18,69 %	0,93 %	6,53 %
Betonointi	1,34 %	2,27 %	0,00 %	0,68 %
Jälkityöt	6,00 %	10,31 %	3,66 %	6,30 %
Elementtiasennus	6,71 %	2,58 %	15,37 %	10,86 %
Kokonaiskustannukset	23,63 %	37,68 %	21,65 %	27,50 %

Nosturikuskin kustannukset ovat suurimmat PV-rakentamisessa, jolloin kustannukset ovat 3,82 %. Pienimmät kustannukset ovat ELE VS + PV L-toteutustavalla rakentamalla.

Runkoryhmän tekemiä töitä ovat paikallavalu työt ja elementtiasennus. Paikallavalu työkustannukset ovat suurimmat PV-rakentamisessa ja pienimmät ELE-rakentamisessa. Eroa näiden välillä on 17,76 %-yksikköä. Osaelementtirakentamisessa paikallavalu töihin kuluu aikaa ja rahaa, sillä näiden kustannukset ovat selkeästi lähempänä PV-rakentamisen kustannuksia kuin ELE-rakentamisen kustannuksia. Eroja eri osaelementtirakentamistoteutustapojen välillä on 2,1 %-yksikköä. Tämän perusteella holvimuotti työhön kuluu enemmän aikaa ja rahaa kuin seinämuottitöihin. Elementtiasennuksen osalta suurimmat kustannukset ovat ELE-rakentamisessa kustannusten ollessa 15,37 %. Kun vertaillaan runkoryhmän kokonaistyökustannuksia, suurimmat kustannukset ovat PV-rakentamisessa 21,27 %. Muut vertailtavat toteutustavat ovat hyvin lähellä toisiaan, pienimmät kustannukset ovat ELE VS + PV L-osaelementtirakentamisessa.

Betonointi työn osalta ELE-rakentamisessa ei synny kustannuksia. PV-rakentamisessa kustannukset ovat suurimmat 2,27 %. Osaelementtirakentamisessa ELE VS + PV L-toteutustavalla kustannukset ovat kaksinkertaiset kuin PV VS + OL-toteutustavalla.

Jälkitöissä PV-rakentamisen kustannukset ovat selkeästi suurimmat 10,31 %. ELE-rakentaminen on halvinta, eron ollessa PV-rakentamiseen 6,65 %-yksikköä. Osaelementtirakentamisen toteutustavat ovat keskenään hyvin lähellä toisiaan eron ollessa vain 0,3 %-yksikköä.

4.4.3 Muiden kustannusten vertailu

Vertailussa on mukana rungon kannalta oleellisia muita kustannuksia. Näitä on esimerkiksi muottikaluston ja nosturin kustannukset.

Taulukko 9 perusteella, PV VS + OL-toteutustavalla rakennettu osaelementtitoteutus-tapa on halvin kokonaiskustannusten ollessa 12,32 %. PV- ja ELE-rakentaminen ovat keskenään hyvin lähellä toisiaan, eroa näiden välillä on 0,65 %-yksikköä. Kalleimmat muut kustannukset ovat ELE VS + PV L-toteutettu osaelementtirakennus, jolloin kustannuksiksi muodostuu 19,74 %.

Taulukko 9. Rungon muiden kustannusten vertailu br^m².

Rungon muut kustannukset br ^m ²	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Muottikalusto	2,58 %	6,26 %	0,00 %	1,86 %
Vuokrakalusto	0,00 %	0,37 %	0,00 %	0,34 %
Torninosturi	10,80 %	7,23 %	10,02 %	7,30 %
Jälkityö materiaali	0,37 %	0,35 %	0,27 %	0,27 %
Elementtiasennustarvikkeet	3,49 %	0,00 %	6,15 %	0,90 %
Muu materiaali	2,49 %	2,89 %	0,00 %	1,65 %
Kokonaiskustannukset	19,74 %	17,10 %	16,45 %	12,32 %

Muottikaluston kustannukset ovat suurimmat PV-rakentamisessa 6,26 %, joka on selkeästi eniten muihin verrattuna. Osaelementtirakentamisessa eri toteutustavoilla eroa on 0,72 %.

Vuokrakalustoa ei kaikissa kohteissa ole litteroitu rungon kustannuksiin, jolloin vertailua on hankala näiden osalta tehdä.

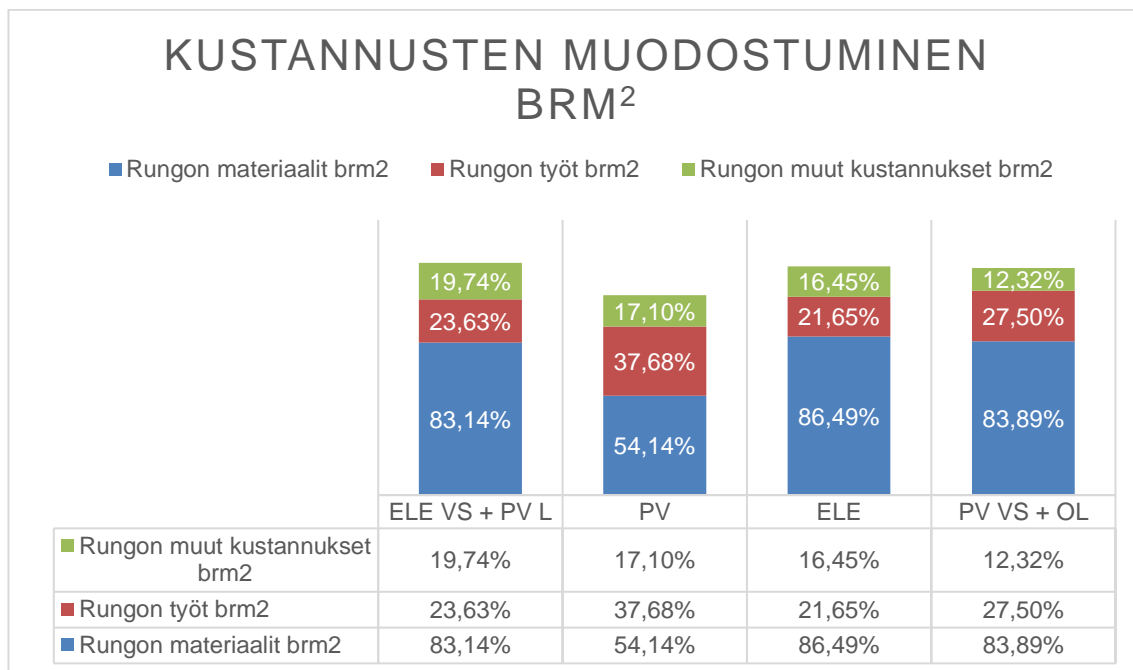
Torninosturin kustannukset ovat suurimpia muissa kustannuksissa. Pienimmät kustannukset ovat PV-rakentamisessa 7,23 %. PV VS + OL-rakentamalla torninosturinkustannukset ovat erittäin lähellä PV-rakentamista, kustannusten ollessa 7,30 %. Suurimmat kustannukset ovat ELE VS + PV L-toteutustavassa kustannuksia kertyy 10,80 %. ELE-rakentamisessa kustannukset ovat lähellä tätä tasoa niiden ollessa 10,02 %.

Jälkityömateriaalia on kulunut kaikissa kohteissa hyvin lähelle saman verran, erojen ollessa lähes olemattomat.

ELE-kohteissa ei ole muita materiaalikustannuksia. Muissa kohteissa näitä on. Eniten muita kustannuksia on PV-rakentamisessa 2,89 %. Osaelementtitekniikalla tekemällä kustannukset ovat hieman PV-rakentamista pienemmät.

4.4.4 Kokonaiskustannusten vertailu

Kokonaiskustannukset muodostuvat elementti- ja osaelementtirakentamisessa samankaltaisesti. Suurin osuus kustannuksista muodostuu rungon materiaaleista, jonka osuus kokonaiskustannuksissa on 65–70 %. Paikallavalu-rakentaminen poikkeaa näistä huomattavasti. Suurin osuus syntyy työkustannuksista, sillä se on noin 50 % kokonaiskustannuksista. (kuva 10.)



Kuva 10. Kustannusten muodostuminen brm².

PV-rakentaminen on halvinta, kokonaiskustannusten ollessa 108,92 % (taulukko 10). Muut toteutustavat ovat lähellä toisiaan, ja eroja näiden välillä on 2,8 %-yksikköä. Kokonaiskustannuksiltaan kallein tapa rakentaa on ELE VS + PV L-toteutustapa. Tällöin rungon rakentamisen kustannukset ovat 126,51 %. Eroa kalleimman ja halvimman toteutustavan välillä on 17,59 %-yksikköä. Tämä tarkoittaa ELE VS + PV L-toteutustavan olevan 16 % kalliimpi kuin PV-toteutustapa. Näin ollen asuinkerrostalon rungon, joka maksaisi 800 000 € PV -toteutustavalla rakennettuna, olisi ELE VS + PV L-toteutustapa 128 000 € kalliimpi.

Taulukko 10. Kokonaiskustannukset brm².

	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Kokonaiskustannukset brm²	126,51 %	108,92 %	124,60 %	123,71 %

4.5 Kustannusten vertailu tilavuuden mukaan

Kustannusten vertailu tilavuuteen nähden tarkentaa pinta-alaan nähden tarkastelua. Tarkastelujen eroavaisuutena on kerroskorkeuksien eroavaisuuksien vaikutukset kustannuksiin.

4.5.1 Materiaalikustannusten vertailu

Taulukko 11 perusteella materiaalien kokonaiskustannukset PV-rakentamisessa on huomattavasti halvempia kuin muissa toteutustavoissa. Kalleinta on ELE VS + PV L-osaelementtirakentaminen. Ero PV-rakentamiseen on 29,78 %-yksikköä. PV VS + OL-osaelementtirakentaminen ja ELE-rakentaminen ovat kustannuksiltaan samankaltaiset.

Taulukko 11. Materiaalikustannusten vertailu brm³.

Rungon materiaalit brm ³	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Betoni	12,95 %	12,89 %	2,89 %	7,45 %
Teräs	8,77 %	7,40 %	1,53 %	5,72 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	4,00 %	4,44 %	27,54 %	19,10 %
Elementit	58,66 %	29,87 %	49,89 %	50,14 %
Kokonaiskustannukset	84,38 %	54,60 %	81,85 %	82,40 %

Betonin ja teräksen suhteen kustannukset ovat pienimmät, kun kerrostalo rakennetaan elementein. Betonista aiheutuvat kustannukset ovat suurimpia paikallavaletuin laatoin rakentamalla, näillä molemmilla toteutustavoilla rakentamalla kustannukset ovat 12,9 % luokkaa. PV VS + OL-osaelementtitekniikalla rakentamalla kustannukset ovat ELE- ja PV-toteutustapojen puolivälissä. Teräskustannukset ovat osaelementtirakentamisessa samalla tasolla, kuin paikallavaalaen. ELE-toteutustavan kustannukset ovat pienimmät ollessaan 1,53 %.

Elementtien kohdalla ELE-rakentaminen on kalleinta, silloin kokonaiskustannukset elementtien osalta ovat 77,43 %. Osaelementtirakentamisessa ontelolaatoin rakentaessa kustannukset ovat hieman suuremmat kuin väliseiniä ollessaan elementtejä. Eroa näiden välillä on 6,58 %-yksikköä. PV-rakentaminen on elementtien osalta edullisinta, kustannusten ollessa 34,31 %. Eroa ELE-rakentamiseen on 43,12 %-yksikköä.

4.5.2 Työkustannusten vertailu

Taulukko 12 perusteella suurimmat työkustannukset ovat PV-rakentamisessa. Kaikkien muiden toteutustapojen työkustannukset ovat lähellä toisiaan. Pienimmät kustannukset ovat ELE-rakentamisessa, jolloin työkustannukset ovat 20,49 %.

Taulukko 12. Rungon työkustannusten vertailu brm³.

Rungon työt brm ³	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Torni	0,96 %	3,85 %	1,60 %	3,07 %
Paikallavalu työt	8,76 %	18,85 %	0,88 %	6,41 %
Betonointi	1,36 %	2,29 %	0,00 %	0,67 %
Jälkityöt	6,09 %	10,40 %	3,47 %	6,19 %
Elementtiasennus	6,81 %	2,61 %	14,55 %	10,67 %
Kokonaiskustannukset	23,98 %	38,01 %	20,49 %	27,01 %

Torninosturin kuljettajan kustannukset ovat suurimmat PV-rakentamisessa. Kustannukset ovat pienimmät ELE VS + PV L-toteutustavalla.

Runkoryhmän tekemien töiden kustannukset ovat korkeimpia PV-toteutustavalla. PV-toteutustavalla runkoryhmän kustannukset ovat yhteensä 21,46 %, kun ELE-toteutustavalla kustannukset ovat 15,43 %. Osaelementtitekniikalla rakentaen kustannukset ovat samankaltaisia ELE-rakentamisen kanssa.

Alihankintana tehtyjä betonointeja ei ole tehty ollenkaan ELE-kohteissa. Paikallavalassa välipohjan laatat tehdään alihankintana ja väliseinä betonoinnit runkoryhmän toimesta. PV-toteutustavalla betonoinnin alihankinta kustannukset ovat 2,29 % ja eroa ELE VS + PV L-osaelementtitekniikalla rakennettuun on 0,93 %-yksikköä. PV VS + OL-osaelementtitekniikalla rakentamalla kustannukset betonointiin ovat 0,67 %. Kustannuksia on syntynyt, koska kylpyhuoneiden kohdalla on laatat valettu paikallaan, eikä tehty ontelolaatoin. Muutoin kustannukset olisivat samankaltaiset täysin ELE-rakentamisen kanssa.

Jälkitöiden kustannukset ovat suurimpia paikallaan valaen. Paikallavalu lisää selkeästi jälkitöiden kustannuksia, sillä osaelementtitekniikalla tekemällä kustannukset ovat PV- ja ELE-rakentamisen puolivälissä. ELE-rakentamisen kustannukset ovat erittäin pienet vain 3,47 %.

4.5.3 Muiden kustannusten vertailu

Rungon muiden kustannusten osalta kustannuksiin vaikuttaa nosturin kustannusten kirjaamisen eroavaisuudet. Mikäli käytetään ajoneuvonosturia, on kustannuksissa mukana kuljettajan työ, joka on torninosturia käyttäessä työkustannuksissa. (taulukko 13.)

Taulukko 13. Rungon muiden kustannusten vertailu brm³.

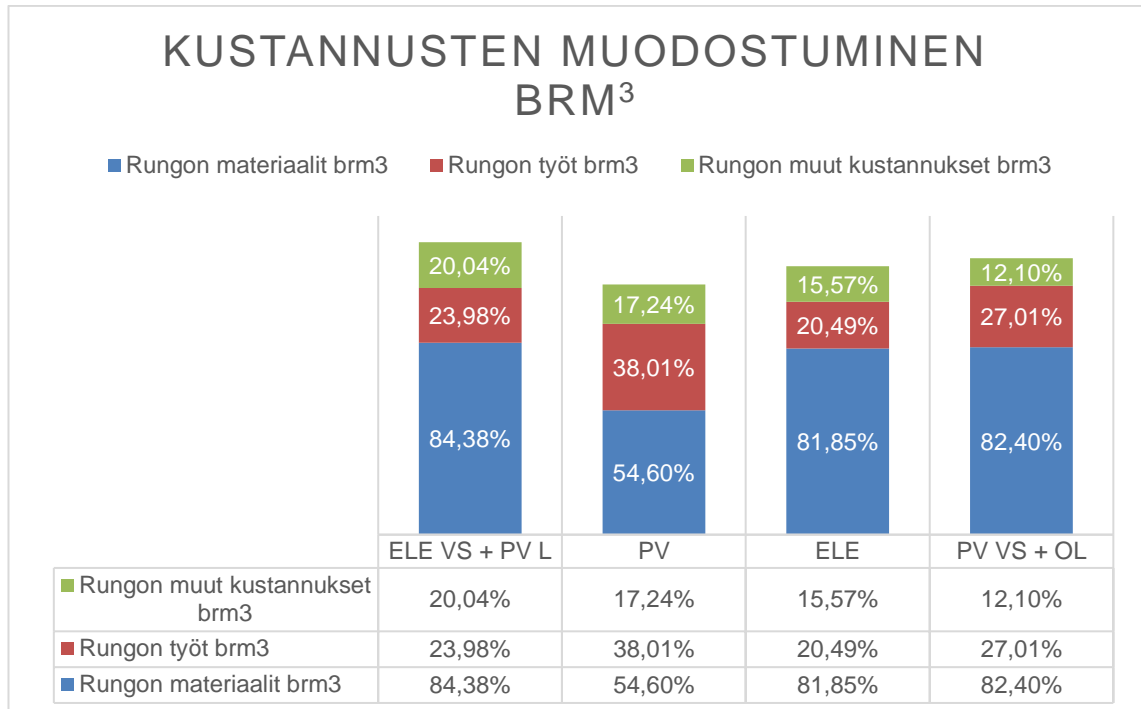
Rungon muut kustannukset brm ³	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Muottikalusto	2,62 %	6,31 %	0,00 %	1,83 %
Vuokrakalusto	0,00 %	0,37 %	0,00 %	0,34 %
Torninosturi	10,97 %	7,29 %	9,48 %	7,17 %
Jälkityö materiaali	0,38 %	0,35 %	0,26 %	0,26 %
Elementtiasennustarvikkeet	3,54 %	0,00 %	5,82 %	0,88 %
Muu materiaali	2,53 %	2,91 %	0,00 %	1,62 %
Kokonaiskustannukset	20,04 %	17,24 %	15,57 %	12,10 %

Kun ei huomioida nosturin kustannuksia, paikallavalettujen laattojen kanssa rakentamisen muihin kustannuksiin kuluu enemmän rahaa kuin ontelolaatoin. PV-rakentamisen muut rungon kustannukset ovat 9,95 %. ELE-rakentamisen kustannukset ovat 6,09 %. Halvin rungon muiden kustannusten osalta on PV VS + OL-osaelementtirakentaminen.

Muottikaluston kustannukset ovat PV-rakentamisessa 6,31 %, kun osaelementtirakentamisessa kustannukset ovat alle puolet tästä. Osaelementtirakentamisen eri toteutustavoilla, muottikalustoon kuluu 0,8 %-yksikköä vähemmän, kun seinät valetaan paikallava-laen ja välipohjat ovat ontelolaattoja. (taulukko 13.)

4.5.4 Kokonaiskustannusten vertailu

Kokonaiskustannukset koostuvat elementti- ja osaelementtitoteutustavoilla rakentaessa hyvin samankaltaisesti. ELE- tai osaelementtirakentamisessa kustannukset koostuvat 65–70 % materiaalikustannuksista. Kun PV-rakentamisessa materiaalin osuus kokonaiskustannuksista on noin 50 %. PV-rakentamisessa materiaalin lisäksi työkustannusten vaikutukset ovat kokonaiskustannuksiin suuret noin 35 %. (Kuva 11.)



Kuva 11. Kustannusten muodostuminen brm³.

Kokonaiskustannuksiltaan halvinta on PV-toteutustapa, silloin kustannukset ovat 109,85 % (taulukko 14). Kalleinta on rakentaa ELE VS + PV L-osaelementtitekniikalla, silloin kustannukset ovat 128,4 %. Eroa näiden välillä on 18,55 %-yksikköä. Tämä tarkoittaa, että kalleimman ja halvimman toteutustavan välillä on lähes 17 % hintaero rungon osalta. Mikäli PV-toteutustavalla kerrostalon runko maksaisi 750 000 €, maksaisi ELE VS + PV L-toteutustavalla sama runko 878 000 €. Hintaeroa tässä olisi 128 000 €. Kun rakentamisessa käytetään ontelolaattoja kokonaiskustannukset ovat 120 % tietämillä.

Taulukko 14. Kokonaiskustannukset brm³.

	ELE VS + PV L	PV	ELE	PV VS + OL
Kokonaiskustannukset brm³	128,40 %	109,85 %	117,91 %	121,51 %

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pitkälti jo ennen rakentamista. Tällöin toteutustavan valinnalla voi olla ratkaiseva merkitys rakennuksen rungon kokonaiskustannuksiin. Opinnäytetyön aiheena oli kustannusten vertailu kantavat seinät -runkojärjestelmän eri toteutustapojen osalta. Vastausta haettiin siihen, mikä toteutustavoista on kokonaistaloudellisesti halvin ja mistä toteutustapojen kustannukset koostuvat ja voiko niihin vaikuttaa suunnittelu- tai rakennusvaiheessa.

Luvussa 2 tarkasteltiin, mistä kustannukset muodostuvat ja mitä rajoitteita rakentamiselle tai rakenteiden toiminnalle mahdollisesti asetetaan. Lait, asetukset ja muut määräykset asettavat rakentamiselle tietyt raamit. Toteutustavan valinnan jälkeen luvussa 2 esitellyt lait, asetukset ja muut määräykset tulee huomioida rungon suunnittelussa, jotta valittu toteutustapa täyttää niille säädetyt toiminnalliset ja rakenteelliset vaatimukset. Tämän jälkeen luvussa 3 käsiteltiin kustannusten toteutuminen, jolloin kustannukset muutuivat arviosta todellisiksi.

Kustannusten vertailu oli työläs prosessi, jossa ei riittänyt ainoastaan kustannusten hakeminen. Kustannukset piti ensin saada vertailukelpoisiksi ja erottaa epäolennaiset kustannukset opinnäytetyöhön tarvittavista kustannuksista. NCC:n kustannustenhallintajärjestelmässä jokainen osa-alue on eroteltu omaksi litteraksi, eikä opinnäytetyössä suoritettua vertailua varten tarvittu kaikkia litteroiden kustannuksia. Koska kustannukset kirjaa järjestelmään ihminen, voi eroja olla siinä, mihin litteralle samat kustannukset kirjaa eri ihminen. Opinnäytetyötä varten olennaiset kustannukset poimittiin NCC:n järjestelmän litteroista ja koottiin Excel -taulukoon, jonka jälkeen kustannuksia muokattiin vertailukelpoisiksi keskenään.

Yhteneväisen kirjauksen jälkeen saatiin mielenkiintoinen vertailutaulukko. Riskinä tässä menetelmässä oli se, että kustannukset olisi tullut poimituksi järjestelmästä väärin tai kaikkia kustannuksia ei olisi tullut otettua mukaan vertailuun, sillä vertailutaulukon tekeminen vaati paljon manuaalista työtä. Riskin pienentämiseksi kohteiden kustannukset tarkasti jokaisen kohteen työnjohtaja tai työpäällikkö, jolloin saatiin varmuus niiden oikeellisuudesta. Työn tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Käydyt keskustelut olivat mielenkiintoisia ja antoivat paljon ymmärrystä kohteiden onnistumisten ja haasteiden osalta. Keskusteluiden pohjalta ei tehty vertailussa päätelmiä,

vaan vertailu pidettiin määrällisenä. Opinnäytetyössä tehty kustannusvertailu antaa hyvän kokonaiskuvan tarkasteluajankohdan mukaisten yksikköhintojen kustannuseroista eri rungon toteutustapojen välillä.

Kustannusvertailun lopputuloksena elementtirakentaminen ja osaelementtirakentaminen ovat olleet huomattavasti paikallavalurakentamiseen nähden kalliimpia. Tässä on kuitenkin huomioitava se, että tarkastelu tapahtui korkeasuhdanteen aikana. Elementtien hinta on riippuvaisempi suhdanteista kuin betonin ja teräksen. Tämän perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että paikallavalu -rakentaminen ei ole niin altis hintojen nousulle kuin elementtirakentaminen tai osaelementtirakentaminen. Paikallavalurakentamisessa iso osuus kustannuksista syntyy työkustannuksista. Tällöin kustannuksissa korostuu työnjohdon ja runkoryhmän onnistuminen, johon vaikuttavat tilannekohtaisesti monet ihmilliset tekijät. Paikallavalurakentamisen työkustannusosuus on siis riippuvaisempi ihmisten toiminnasta, johon ei välttämättä aina voida varautua etukäteen niin paljon kuin materiaaleihin, esimerkiksi elementteihin. Kun taas rakennetaan osaelementtitekniikalla, korostuu eri tekniikoiden yhteensovittaminen. Tämä on hyvin riskialtis tapa rakentaa, sillä siinä huonoimmillaan korostuu sekä paikallavalu- että elementtitoteutuksen heikkoudet. Toisaalta hyvä taloussuhdanne ja osaava työvoima mahdollistavat onnistuneen ja edullisen lopputuloksen osaelementtitekniikalla.

Opinnäytetyön tulosten hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon ajankohta, jolloin työ on tehty. Yksikköhintojen muutos suuntaan tai toiseen verrattuna opinnäytetyön tekohetken yksikkökustannuksiin voi muuttaa kokonaistaloudellisia eroja. Opinnäytetyön ohella syntyneessä kustannuslaskurissa hintojen muutokset on huomioitu, jotta opinnäytetyön tuloksia voitaisiin hyödyntää jatkossakin. Päivittämällä yksikköhinnat kustannuslaskuriin, saadaan vertailukelpoiset hintatiedot kulloisellakin ajanhetkellä opinnäytetyössä käsiteltyjen rungon toteutustapojen osalta.

Rakennushankkeen suunnittelunohjauksessa on otettava huomioon suhdanteen ja osaavan työvoiman lisäksi rakennuksen sijainti. Sijainnissa on huomioitava tontin koko suhteessa rakennuksen kokoon, sillä työmaan logistiikka ja varastointi ovat erilaista eri toteutustavoilla rakennettaessa. Hyvin logistisesti suunniteltu elementtikohde ei juurikaan tarvitse ylimääräistä varastointitilaa, sillä elementit voidaan asentaa suoraan elementtirekan kyydistä. Paikallavalu-kohteessa puolestaan muottikalusto ja teräs on saatava varastoitua työmaalla, eikä tämä välttämättä onnistu ahtaassa ydinkeskustakohhteessa. Sen sijaan esikaupunkialueella, jossa on hyvin varastointitilaa, on paikallavalura-

kentäminen perusteltu ratkaisu. Vaikka paikallavalurakentaminen on kokonaiskustannuksiltaan halvin, täytyy toteutustapa valita jokaiselle kohteelle erikseen. Rakennushankkeen onnistumisessa loppujen lopuksi on tärkeintä tilaajaa tyydyttävä lopputulos, jossa urakoitsija saavuttaa oman ansaintalogiikkansa mukaisen kannattavan lopputuloksen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä tietoa asuinkerrostalon kantavat seinät-runkojärjestelmän toteutustapojen kustannuseroista ja mitä kaikkea sekä suunnittelu- että rakennusvaiheessa tulee huomioida. Tämä tavoite saavutettiin ja opinnäytetyötä voidaan käyttää hankesuunnittelussa työkaluna valittaessa kantavat seinät-runkojärjestelmälle sopivinta toteutustapaa.

Tutkimus oli mielenkiintoinen toteuttaa, ja opinnäytetyön tilaaja oli tyytyväinen lopputulokseen. Aiheen valinta oli onnistunut, sillä tarvittavat tiedot saatiin haettua järjestelmästä ja jalostettua toteutettua kustannusvertailua varten käyttökelpoisiksi. Haastatteluista kohteiden työnjohtajien kanssa voisi saada lisäarvoa tuloksille, sillä kokonaiskustannuksiin vaikuttaa myös tilannekohtaisesti kohdatut ongelmat. Opinnäytetyössä haettiin kuitenkin vastausta yleisemmin toteutustapojen kustannuseroista, joten ei ollut tarpeellista tehdä kohdekohtaisia haastatteluja.

Jatkotutkimusaiheena runkojen kustannusvertailua voisi laajentaa koskemaan muitakin kuin betonirakenteista runkojärjestelmää. Lisäksi vertailua voisi tehdä rakennuksen muodon vaikutuksesta kustannuksiin. Koska tämän opinnäytetyön kustannusvertailu tehtiin korkeasuhdanteen aikana, voisi olla mielenkiintoista tutkia, miten kokonaiskustannukset muodostuvat laskusuhdanteen aikana ja mikä toteutustavoista olisi silloin edullisin. Työkustannukset muuttuvat yleensä materiaalikustannusten perässä, joten laskusuhdanteessa, kun materiaalikustannukset ovat edullisemmat ja työkustannukset ovat vasta saavuttaneet huippunsa, voisi toteutustapojen edullisuusjärjestys olla toinen.

Toisaalta tulevaisuudessa monilla aloilla robotiikka yleistyy jatkuvasti, joten robotiikan hyödyntäminen rakentamisessa voisi olla myös tutkimusaiheena mielenkiintoinen. Robotiikka tulee varmasti vaikuttamaan varsinkin paikallavalu -rakentamisen kustannuksiin, koska siinä työkustannukset ovat suurimmat. Näistä jatkotutkimusvaihtoehdoista huomataan jo se, että opinnäytetyöhön valittu aihe on todella laaja ja mielenkiintoinen. Koska ei voida saavuttaa lopullista tietämystä tietystä aiheesta näinkin muuttuvassa maailmassa, mutta sen takia rakennusala sen kaikkine vivahteineen pysyykin mielenkiintoisena.

LÄHTEET

Elementtisuunnittelu.fi 2010a. Kuorilaatat. Helsinki: Betoniteollisuus ry. Viitattu 24.4.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat>.

Elementtisuunnittelu.fi 2010b. Massiivilaatat. Helsinki: Betoniteollisuus ry. Viitattu 27.3.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/massiivilaatat>.

Elementtisuunnittelu.fi 2010c. Ontelolaatat. Helsinki: Betoniteollisuus ry. Viitattu 28.3.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>.

Elementtisuunnittelu.fi 2010d. Seinien mittasuositus. Helsinki: Betoniteollisuus ry. Viitattu 27.3.2019. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat/seinien-mittasuositus>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. Annettu Helsingissä 27.3.1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Parma 2018. Parman ontelolaatatot suunnitteluohje 2018. Parma Oy. Viitattu 15.4.2019. <https://parma.fi/suunnittelu-ja-materiaalit/elementtisuunnittelu/materiaalit-laatat/>.

Rakennustieto Oy. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta Ratu KI-6033. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennussäätiö RTS. Helsinki. ISBN 978-952-267-290-2.

Wind, N.; Kivimäki, C.; Koistinen, L.; Lahtinen, M. & Koskenvesa, A. 2014. Rakennustöiden menekit 2015. Ratu-käsikirjat, KI-6026. Rakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koski, H.; Koskenvesa, A.; Mäki, T. & Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Ratu-käsikirjat, KI-6020. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennussäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirukorakenteet. Rakennustietosäätiö RTS. 2004.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja. Helsinki. Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. ISBN 978-952-67169-3-0.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016a. Rakenteiden lujuus ja vakaus, betonirakenteet. Ympäristöministeriö. Viitattu 26.3.2019. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016b. Rakenteiden lujuus ja vakaus, kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet. Ympäristöministeriö. Viitattu 25.3.2019. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus.

Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista 1008/2017. Annettu Helsingissä 20.12.2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017. Annettu Helsingissä 24.11.2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>.

Kanslerintie vaihe 1

Kustannuslaji	Kanslerintie vaihe 1
Materiaali	
Betoni	11,40 %
Teräs	5,48 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	6,34 %
Elementit	30,88 %
Rungon materiaalit	54,10 %
Per brm2	60,75 %
Per brm3	61,57 %
Työ	
Torni	2,80 %
Muottityöt	21,11 %
Betonointi	1,83 %
Jälkityöt	8,31 %
Elementtiasennus	0,00 %
Työ kustannukset	34,05 %
Per brm2	38,23 %
Per brm3	38,74 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	5,06 %
Vuokrakalusto	0,49 %
Torninosturi	5,88 %
Jälkityö materiaali	0,24 %
Elementtiasennustarvikkeet	0,00 %
Muu materiaali	1,66 %
Muut kustannukset	13,33 %
Per brm2	14,97 %
Per brm3	15,17 %
Kokonaiskustannukset	101,47 %
Per brm2	113,95 %
Per brm3	115,48 %

Kanslerintie vaihe 2

Kustannuslaji	Kanslerintien vaihe 2
Materiaali	
Betoni	11,50 %
Teräs	6,30 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	5,89 %
Elementit	28,04 %
Rungon materiaalit	51,73 %
Per brm ²	58,09 %
Per brm ³	58,87 %
Työ	
Torni	4,42 %
Muottityöt	19,18 %
Betonointi	1,50 %
Jälkityöt	9,94 %
Elementtiasennus	0,00 %
Työ kustannukset	35,04 %
Per brm ²	39,35 %
Per brm ³	39,88 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	5,60 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	6,69 %
Jälkityö materiaali	0,32 %
Elementtiasennustarvikkeet	0,00 %
Muu materiaali	2,05 %
Muut kustannukset	14,66 %
Per brm ²	16,46 %
Per brm ³	16,68 %
Kokonaiskustannukset	
	101,43 %
Per brm ²	113,90 %
Per brm ³	115,43 %

Rakuunapuisto

Kustannuslaji	Rakuunapuisto 13100
Materiaali	
Betoni	12,64 %
Teräs	8,64 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	0,00 %
Elementit	23,46 %
Rungon materiaalit	
Per brm2	44,73 %
Per brm3	44,73 %
Työ	
Torni	3,40 %
Muottityöt	11,70 %
Betonointi	3,00 %
Jälkityöt	10,43 %
Elementtiasennus	7,19 %
Työ kustannukset	
Per brm2	35,71 %
Per brm3	35,71 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	6,75 %
Vuokrakalusto	0,54 %
Torninosturi	7,55 %
Jälkityö materiaali	0,40 %
Elementtiasennustarvikkeet	0,00 %
Muu materiaali	4,32 %
Muut kustannukset	
Per brm2	19,55 %
Per brm3	19,55 %
Kokonaiskustannukset	
Per brm2	100,00 %
Per brm3	100,00 %

Kissanmaankatu

Kustannuslaji	Kissanmaankatu 12287
Materiaali	
Betoni	7,33 %
Teräs	3,89 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	44,65 %
Elementit	80,68 %
Rungon materiaalit	
Per brm ²	87,86 %
Per brm ³	81,53 %
Työ	
Torni	4,06 %
Muottityöt	2,13 %
Betonointi	0,00 %
Jälkityöt	4,57 %
Elementtiasennus	24,45 %
Työ kustannukset	
Per brm ²	22,66 %
Per brm ³	21,03 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,00 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	10,87 %
Jälkityö materiaali	0,32 %
Elementtiasennustarvikkeet	6,57 %
Muu materiaali	0,00 %
Muut kustannukset	
Per brm ²	11,43 %
Per brm ³	10,60 %
Kokonaiskustannukset	
Per brm ²	121,95 %
Per brm ³	113,16 %

Pirttisuoranraitti

Kustannuslaji	Pirttisuoranraitti 13207
Materiaali	
Betoni	0,00 %
Teräs	0,00 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	10,87 %
Elementit	22,28 %
Rungon materiaalit	
Per brm ²	84,91 %
Per brm ³	82,10 %
Työ	
Torni	0,00 %
Muottityöt	0,00 %
Betonointi	0,00 %
Jälkityöt	2,33 %
Elementtiasennus	6,29 %
Työ kustannukset	
Per brm ²	22,09 %
Per brm ³	21,36 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,00 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	8,76 %
Jälkityö materiaali	0,16 %
Elementtiasennustarvikkeet	3,39 %
Muu materiaali	0,00 %
Muut kustannukset	
Per brm ²	31,53 %
Per brm ³	30,49 %
Kokonaiskustannukset	
Per brm ²	138,53 %
Per brm ³	133,94 %

Kaukatorin Velipoika

Kustannuslaji	Velipoika 12154
Materiaali	
Betoni	0,00 %
Teräs	0,00 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	14,36 %
Elementit	23,62 %
Rungon materiaalit	37,98 %
Per brm ²	83,19 %
Per brm ³	82,79 %
Työ	
Torni	0,00 %
Muottityöt	0,09 %
Betonointi	0,00 %
Jälkityöt	1,89 %
Elementtiasennus	6,17 %
Työ kustannukset	8,15 %
Per brm ²	17,86 %
Per brm ³	17,78 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,00 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	4,44 %
Jälkityö materiaali	0,17 %
Elementtiasennustarvikkeet	4,81 %
Muu materiaali	0,00 %
Muut kustannukset	9,42 %
Per brm ²	20,64 %
Per brm ³	20,54 %
Kokonaiskustannukset	55,55 %
Per brm ²	121,69 %
Per brm ³	121,12 %

Vuoreksen Hymypoika

Kustannuslaji	Hymypoika 12016
Materiaali	
Betoni	5,55 %
Teräs	3,92 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	3,30 %
Elementit	20,58 %
Rungon materiaalit	33,35 %
Per br ^m ²	70,76 %
Per br ^m ³	73,47 %
Työ	
Torni	0,00 %
Muottityöt	4,87 %
Betonointi	0,54 %
Jälkityöt	2,48 %
Elementtiasennus	2,54 %
Työ kustannukset	10,42 %
Per br ^m ²	22,11 %
Per br ^m ³	22,95 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,99 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	5,49 %
Jälkityö materiaali	0,24 %
Elementtiasennustarvikkeet	1,08 %
Muu materiaali	2,27 %
Muut kustannukset	10,07 %
Per br ^m ²	21,37 %
Per br ^m ³	22,19 %
Kokonaiskustannukset	53,85 %
Per br ^m ²	114,24 %
Per br ^m ³	118,61 %

Muurarinkisälli

Kustannuslaji	Muurarinkisälli 13092
Materiaali	
Betoni	3,77 %
Teräs	2,00 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	3,10 %
Elementit	20,03 %
Rungon materiaalit	28,90 %
Per brm ²	89,53 %
Per brm ³	91,76 %
Työ	
Torni	0,00 %
Muottityöt	1,72 %
Betonointi	0,51 %
Jälkityöt	2,11 %
Elementtiasennus	2,41 %
Työ kustannukset	6,75 %
Per brm ²	20,92 %
Per brm ³	21,44 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,61 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	4,01 %
Jälkityö materiaali	0,05 %
Elementtiasennustarvikkeet	1,10 %
Muu materiaali	0,59 %
Muut kustannukset	6,37 %
Per brm ²	19,72 %
Per brm ³	20,21 %
Kokonaiskustannukset	42,02 %
Per brm ²	130,17 %
Per brm ³	133,42 %

Tiilenvalaja

Kustannuslaji	Tiilenvalaja 13094
Materiaali	
Betoni	7,69 %
Teräs	7,02 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	0,81 %
Elementit	35,13 %
Rungon materiaalit	50,65 %
Per brm ²	89,33 %
Per brm ³	90,85 %
Työ	
Torni	0,00 %
Muottityöt	4,23 %
Betonointi	0,75 %
Jälkityöt	4,45 %
Elementtiasennus	3,90 %
Työ kustannukset	13,33 %
Per brm ²	23,52 %
Per brm ³	23,92 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	1,72 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	6,65 %
Jälkityö materiaali	0,26 %
Elementtiasennustarvikkeet	2,59 %
Muu materiaali	1,05 %
Muut kustannukset	12,26 %
Per brm ²	21,63 %
Per brm ³	22,00 %
Kokonaiskustannukset	76,25 %
Per brm ²	134,48 %
Per brm ³	136,76 %

Kaukatorin Naapurinlikka

Kustannuslaji	Naapurinlikka 13084
Materiaali	
Betoni	6,35 %
Teräs	2,87 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	0,00 %
Elementit	30,02 %
Rungon materiaalit	
Per brm ²	83,70 %
Per brm ³	82,34 %
Työ	
Torni	1,73 %
Muottityöt	4,97 %
Betonointi	0,66 %
Jälkityöt	1,93 %
Elementtiasennus	3,43 %
Työ kustannukset	
Per brm ²	23,47 %
Per brm ³	23,09 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	1,40 %
Vuokrakalusto	0,00 %
Torninosturi	3,62 %
Jälkityö materiaali	0,14 %
Elementtiasennustarvikkeet	1,60 %
Muu materiaali	0,66 %
Muut kustannukset	
Per brm ²	15,83 %
Per brm ³	15,57 %
Kokonaiskustannukset	
Per brm ²	123,00 %
Per brm ³	121,00 %

Kreijari

Kustannuslaji	Kreijari 13035
Materiaali	
Betoni	3,57 %
Teräs	2,74 %
Laattaelementit ja ontelolaatat	9,16 %
Elementit	24,05 %
Rungon materiaalit	39,53 %
Per brm ²	83,89 %
Per brm ³	82,40 %
Työ	
Torni	1,47 %
Muottityöt	3,08 %
Betonointi	0,32 %
Jälkityöt	2,97 %
Elementtiasennus	5,12 %
Työ kustannukset	12,96 %
Per brm ²	27,50 %
Per brm ³	27,01 %
Muut kustannukset	
Muottikalusto	0,88 %
Vuokrakalusto	0,16 %
Torninosturi	3,44 %
Jälkityö materiaali	0,13 %
Elementtiasennustarvikkeet	0,42 %
Muu materiaali	0,78 %
Muut kustannukset	5,80 %
Per brm ²	12,32 %
Per brm ³	12,10 %
Kokonaiskustannukset	58,30 %
Per brm ²	123,71 %
Per brm ³	121,51 %