

Thoai Le

# Elementtisuunnittelun määrälaskennan ja hinnoitteluprosessin hallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.4.2016

## ESIPUHE

Haluan kiittää NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen yksikköä siitä, että olen saanut mahdollisuuden työskennellä ja oppia sekä vahvistaa omaa tietämystä rakennus-alalta koulun ohella ja kesätöissä harjoittelun merkeissä monella eri työmaalla. NCC Rakennus Oy:n opinnäytetyöni ohjaaja kustannusinsinööri Miika Penttala ansaitsee suuret kiitokset siitä, että hän oli omistautunut täysin työlleni heti työn alkuvaiheesta lähtien sekä neuvoi aina rakentavin palauttein koko opinnäytetyön ajan. Hänen kauttaan sain työn onnistumisen kannalta tärkeitä kontaktihenkilöitä sekä oli aina tavattavissa työn vaatiessaan.

Tämän lisäksi haluaisin kiittää Metropolia AMK:n ohjaajani Tapani Järvenpää hyvästä ja selkeästä ohjauksesta opinnäytetyössäni.

Helsingissä 25.4.2016

Thoai Le

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Thoai Le Elementtisuunnittelun määrälaskennan ja hinnoitteluprosessin hallinta  61 sivua + 3 liitettä 25.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen Projektinhallinta
Ohjaaja(t)	Lehtori Tapani Järvenpää, Metropolia Kustannusinsinööri Miika Penttala, NCC Rakennus Oy
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli NCC Rakennus Oy:n elementtisuunnittelun määrälaskennan ja hinnoittelun tutkiminen sekä kehittäminen taloudellisemman ja tarkemman kustannusarvion ja hintalaskennan laadinnan kannalta. Työssä tutkittiin valittujen kohteiden määrälaskentaa ja hinnoittelua elementtityön osalta sekä mitkä seikat vaikuttivat elementtityön hintaan yrityksen ja elementtitoimittajan näkökulmista. Työn tavoitteena oli löytää ehdotuksia, miten elementtityön kustannustehokkuutta ja kannattavuutta voitaisiin parantaa. Tämän lisäksi työssä pyrittiin löytämään ratkaisuja ja muutoksia, joilla saataisiin määrälaskennan ja hinnoittelun virheet minimoitua tulevilla projekteilla.</p> <p>Tiedonkeruuta varten työssä haastateltiin NCC:n, Parman ja Rudus Oy:n henkilökuntaa sekä tehtiin kustannusvertailua kolmesta NCC:n työmaasta. Saatuja tuloksia analysoitiin ja vertailtiin keskenään, jotta voitaisiin tehdä johtopäätöksiä, millä keinoilla voidaan laatia tarkempi ja taloudellisempi kustannusarvio projekteille. Saatuja tuloksia voitiin käyttää tulevilla uudisrakentamisen kohteissa tarkempien kustannusarvioiden laatimiseen.</p> <p>Tehtyjen haastatteluiden ja kustannusvertailuiden kautta ilmenee, että suurin osa budjetoidun ja toteutuneen kustannusten erosta johtuvat lisä- ja muutostöistä, joita ei ole laskentavaiheessa otettu huomioon puutteellisten suunnitelmien takia. Tiedostamalla, mistä nämä lisä- ja muutostyöt aiheutuvat, voidaan laatia tarkempi määräluettelo, joka edesauttaa tarkemman kustannusarvion laatimisessa.</p>	
Avainsanat	Määrälaskenta, Kustannukset, Elementtityö

Author(s) Title Number of Pages Date	Thoai Le Quantity Surveying and Cost Estimation in prefabricated Element planning 61 pages + 3 appendices 25 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructor(s)	Tapani Järvenpää, Senior Lecturer in Metropolia UAS Miika Penttala, Cost Engineer in NCC Buildings
<p>The aim of this study was to calculate quantity and cost in prefabricated element planning for NCC Construction Ltd. Specially, the study provides a recommendation for the development of more economical and accurate process from the viewpoint of accounting. This project examines selected construction projects in quantitative calculation and the pricing of prefabricated elements. In addition, the thesis identifies factors that influence the prefabricated work from both the company's and supplier's perspective. The main goal of this thesis is to suggest how to improve the cost efficiency and the profitability of prefabrication work. It also aims to find solutions and suggest changes which can help minimize calculation and pricing errors in future projects.</p> <p>In order to determine precise costs of three NCC's construction sites, interviews were conducted with staff from Parma, Rudus Oy and NCC Construction. The costs were analyzed and compared with each other to draw conclusion on how to provide the most accurate cost estimation. The results could be used in future building projects.</p> <p>After completing the interviews and cost comparison, it appears that the difference between the planned budget and the actual cost was largely due to the disregard for additional work and alterations in the tendering stage and inaccurate drawings. By being aware of what causes these additional and alteration works, NCC construction can produce better bills of materials, which will contribute to a more precise cost estimation.</p>	
Keywords	Quantity Surveying, Cost Estimation, Prefabricated works

## KÄSITTEET

ARU	NCC Rakennus Oy:n asuntorakentamisen uudisrakentamiskohteet.
BES	Suomessa vuosina 1968 - 1970 kehitetty avoin elementtijärjestelmä, joka sallii eri elementtitoimittajien käytön samassa projektissa.
BETONIELEMENTTI- RAKENTAMINEN	Käsittää betonielementtirakenteet, kuten antura-, sokkeli- ja perusmuuri-, pilari-, palkki-, seinä- ja laattaelementit. Sisältää myös elementtityön, joka käsittää mm. elementtien asennuksen, juotosta, saumojen ja jälkivalukaistojen muotti-, raudoitus- ja betonointityöt sekä teräspalkkien ja -pilarien kiinnitystyöt.
BETONIELEMENTTI- RAKENTAMISEN TUOTETOIMITUS	Käsittää betonielementit työmaalle toimitettuna valmiina rakenteena lämpö-, kosteus- ja äänieristyksineen. Elementin tuotetoimitukseen kuuluu myös läpivientireikien, LVIS-putkitusten ja sähkörsioiden teon, muiden elementteihin merkittyjen varausten, läpimeno- ja liitososien, kiinnityseli- mien ja asennusten teko sekä vedenpoistoreikien teon onte- lolaattaelementeissä. Toimitukseen kuuluu myös suunnitel- mien täydentäminen laskelmineen, kuljetustukien ja nos- toelinten suunnittelu ja teko, nosto- ja asennusohjeet sekä tarvittavin erikoisnostovälineiden (esim. nostoraksit) toimit- taminen asennuksen ajaksi.
COOLPRO	NCC:n käyttämä projektijärjestelmän kustannushallintaohjelma.

RAK-PIIRUSTUKSET	Kohteen rakennesuunnitelmat, joilla voidaan tuottaa ja rakentaa kohdetta.
TCM	NCC:n käyttämä ja Tocomanin kehittämä määrä- ja kustannuslaskentaa tukeva ohjelma rakennusalan kustannuslaskennan avuksi.
TOLERANSSI	Toleranssi on sallittu vaihteluväli elementin mitoissa. Toleranssiväli ja toleranssileveys käsitteitä käytetään ilmoittamaan toleranssin lukuarvoa tarkemmin.
35 %:N SÄÄNTÖ	Elementtisuunnittelussa aikoinaan käytetty sääntö, jonka mukaan elementin kaikkien aukkojen yhteenlaskettu summa sai olla maksimissaan 35 % koko elementin pinta-alasta. Tämä sääntö on poistunut käytöstä.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tausta ja tavoite	1
1.2	Yritysesittely	2
1.3	Työn rajaus ja menetelmät	2
2	YLEISTÄ BETONIELEMENTTIRAKENTAMISESTA	4
2.1	Historiaa	4
2.2	Elementtien asennustyöt	5
2.3	Luokitukset	9
2.4	Toleranssit	10
2.4.1	Rakentamistoleranssi	10
2.4.2	Valmistustoleranssi	10
2.4.3	Paikalleen mittaustoleranssi	10
2.4.4	Asennustoleranssi	11
3	MÄÄRÄLASKENTA	12
3.1	Määrälaskennan perusteet	12
3.1.1	Mittaluettelo	14
3.1.2	Tyypielementtipiirustus	14
3.2	Määrälaskenta rakennusalalla	16
3.2.1	Määrälaskentaohje	16
3.2.2	Mittausohje	17
3.2.3	Talo 90 -määrälaskentaohje	18
3.2.4	Talo 2000 -määrälaskentaohje	21
3.3	Rakennusosalaskennan määrälaskenta	22
3.4	Suoritelaskennan määrälaskenta	23
3.5	Määrälaskennan virhemahdollisuudet	23
4	KUSTANNUKSET	26
4.1	Kustannushallinta	26
4.2	Kustannuslaskenta rakennusprojektissa	26
4.2.1	Kustannusarviolaskenta	27
4.2.2	Jälkilaskennan periaatteet	28
4.3	Elementtirakentamisen kustannukset	29

5	HAASTATTELUT	30
5.1	Määrälaskentatavat ja -periaate	30
5.1.1	NCC Rakennus Oy	30
5.1.2	Rudus Oy	31
5.1.3	Parma	32
5.2	Elementtien hinnoittelutavat	33
5.2.1	NCC Rakennus Oy	33
5.2.2	Rudus Oy	36
5.2.3	Parma	37
5.3	Haastatteluiden yhteenveto	38
6	PROJEKTIEIN VERTAILUT	40
6.1	Kohteet	40
6.1.1	VAV Loiskekuja 1	40
6.1.2	As Oy Helsingin Aikalisä	41
6.1.3	Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy	42
6.2	Kustannusten ja määrien vertailu	43
6.2.1	VAV Loiskekuja 1	43
6.2.2	As Oy Helsingin Aikalisä	46
6.2.3	Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy	48
7	TULOKSET	50
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	52
8.1	Elementtien asennustyö	54
8.2	Runkoelementit	56
8.3	Väliseinä-, parveke- ja hissikuiluelementit	57
8.4	Ontelolaattaelementit	58

## LÄHTEET

## LIITTEET

- Liite 1 Betonisten seinäelementtien määrälaskentaohje 2011
- Liite 2 Haastattelukysymykset NCC:n edustajalle
- Liite 3 Haastattelukysymykset elementtitehtaiden edustajille



# 1 JOHDANTO

Elementtirakentaminen on suuri osa nykyaikaista rakentamisesta ja tästä johtuen elementtirakentamisen kustannushallinta on erittäin tärkeä osa kohteen kokonaiskustannuksesta. Kohteen kustannushallintaan vaikuttavia asioita ovat muun muassa onnistunut määrälaskenta, jota tullaan käsittelemään tässä työssä läheisemmin.

## 1.1 Tausta ja tavoite

Opinnäytetyö käsittelee uudiskohteen elementtitöiden ja -osien määrälaskentaa sekä niiden hinnoittelua. Työn tarkoituksena on selvittää, miten kohteiden elementtien määrälaskenta toteutetaan, sen lisäksi vertaillaan ja tutkitaan kohteiden elementtisuunnittelussa käytettyjä laskenta- ja hinnoittelutapoja. Työni tavoitteena on tuottaa NCC Rakennus Oy:lle johtopäätelmän elementtityön määrälaskennasta ja -hinnoittelusta. Työssä tullaan esittämään, miten kohteiden määrälaskennat ovat tehty, mistä elementin hinnat koostuvat, mitä virhemahdollisuuksia määrälaskennan ja hinnoittelun aikana voi tapahtua sekä miten nämä on otettu huomioon laskelmissa ja hinnoissa.

Määrälaskenta tapahtuu kerrostalokohteiden mukaisesti ja hinnoittelut kohteista käytettyjen tyyppielementtien mukaan. Opinnäytetyöstä saatavaa informaatiota ja tuloksia voidaan käyttää hyödyksi uusien kohteiden hinnoittelussa ja määrälaskennassa tulevaisuudessa. Tämä edesauttaa tarjouskilpailujen voittamista yritykselle.

Suurin osa NCC Rakennus Oy:n uudiskohteista ovat elementtikohteita. Elementtien tarkka määrälaskenta ja hinnoittelu ovat tärkeitä hankkeen onnistumiselle, koska ne muodostavat merkittävän osan hankkeen kokonaiskustannuksista. Tarkka määrälaskenta hankkeen alussa helpottaa myös rakentamisen aikaisten kustannusten ennustamista, sillä ylimääräisiä kustannuksia ja yllätyksiä ei esiinny rakentamisen aikana ja osataan jo etukäteen varautua tuleviin kustannuksiin. Tarkemman määrälaskennan ja hinnoittelun avulla saadaan myös jätettyä kilpailukykyisempi tarjous hankekilpailuun.

Työskentelin vuonna 2015 NCC Rakennus Oy:n Loiskekuja 1:n kerrostalotyömaalla työnjohtoharjoittelija. Elementtitöiden valmistuttua kustannukset olivat suuremmat kuin mitä oli aluksi budjetoitu. Keskusteltuani ARU:n yksikön johtajan Ilkka Leskelän kanssa ymmärsin, että tämä sama ongelma on esiintynyt monilla työmailla. Yksikön johtaja

ehdotti, että tutkisin lopputyössäni, mistä nämä ongelmat mahdollisesti johtuvat ja miten näihin voitaisiin etukäteen varautua. Yksikön johtajan ja projektipäälliköiden kanssa sovimme, että ottaisain tutkimuksessani vertailuun kolmea NCC:n kohdetta.

## 1.2 Yritysesittely

NCC konserni on Pohjoismaiden johtavampia kiinteistön- ja rakennusalan yrityksiä, markkina-alueinaan Pohjoismaat, Saksa, Baltiamaat sekä Pietari. Sen liikevaihto vuonna 2015 oli 6,7 miljardia euroa ja henkilöstömäärä 18 000 henkilöä. NCC-konsernin liikevaihto vuonna 2014 oli 6 252 MEUR ja NCC Suomen liikevaihto vuonna 2014 oli 1 059 MEUR.

Konsernin toimintaa johtaa Suomessa NCC Suomi. NCC Suomen liiketoiminta-alueina ovat Teollisuus, Talonrakentaminen ja Infrarakentaminen, Asuntokehitys ja Kiinteistökehitys.

NCC Suomen toiminta jakaantuu seuraaviin osa-alueisiin Suomessa:

- NCC Rakennus Oy
- NCC Asuminen
- NCC Property Development Oy
- NCC Roads Oy
- Rakennussuunnittelu, Optiplan Oy.

NCC Rakennus Oy toimii valtakunnallisena rakentajana Suomessa päätoimialoinaan talonrakentaminen sisältäen mm. liike-, asunto ja julkinen rakentaminen sekä infrarakentaminen [NCC-yhtiöt 2014.].

## 1.3 Työn rajaus ja menetelmät

Opinnäytetyö rajoittuu asuntorakentamisen uudisrakentamiseen. Työssä keskitytään ainoastaan tutkimaan tietoja, jotka liittyvät kohteiden elementtityöhön. Kohteiden kustannustietoja saadaan projekti-insinööreiltä, kustannusinsinööreiltä, työpäälliköiltä sekä COOLPRO:sta. Vertailtavat projektit on valittu siten, että yksi projekteista on hyvin onnistunut elementtityön osalta ja kaksi vähän huonommin onnistunutta. Opinnäytetyöstä saatuja tuloksia ja johtopäätöksiä voi käyttää ainoastaan uudisrakentamisessa.

Elementtien määrälaskentaa ja hinnoittelua lähestytään tutkimalla ensin kirjallisuudesta määrälaskennan ja hinnoittelun teoriaa rakennusalalla. Tämän jälkeen selvitetään, mistä on kyse määrälaskennassa ja hinnoittelussa. Pohjatutkimusten jälkeen haastatellaan kyseisen osa-alueen ammattilaisia NCC Rakennus Oy:ssä ja eri elementtitehtailla. Samalla kerätään tietoja totutuista toimintatavoista, käytännön ongelmista ja kokemuksista. Lopuksi vertaillaan kolmea työmaata. Työmaavertailussa vertaillaan, miten elementtityö on onnistunut määrällisesti ja kustannuksellisesti vertaamalla toteutuneet kustannustiedot asetettuun tavoitekustannukseen sekä lähtösuunnitelmiin. Määrälaskennan ja hinnoittelun sekä niiden virheiden selvittämiseksi otettiin selvää myös elementtien valmistusprosessista sekä niiden sallimista poikkeamista.

Tässä tutkielmassa kerrotaan ensin määrälaskennasta ja hinnoittelusta yleisesti, jonka jälkeen keskitytään enemmän elementtityöhön sekä vertailtaviin projekteihin. Pohjatutkimusten ja projektien vertailujen jälkeen arvioidaan saatuja tuloksia ja annetaan niiden perusteella kehitysideoita kyseiselle osa-alueelle.

## 2 YLEISTÄ BETONIELEMENTTIRAKENTAMISESTA

Elementtirakentaminen on tunnettu maailmalla jo 1800-luvulta lähtien. Suomessa kii-vain elementtirakentamisen ajanjakso ajoittuu 1960 – 1970 -luvulle, jolloin kasvavaan muuttovirtaan maalta kaupungille piti reagoida nopeasti rakentamalla betonielementti-lähiöitä.

### 2.1 Historiaa

Rooman Pantheon on yksi tunnetuimmista varhaisimmista betonirakennelmista. Suo-messa betonin käyttö rungon raaka-aineena alkoi 1800 – ja 1900-luvulla Pariisin maa-ilmannäyttelyn jälkeen. Elementtitekniikka oli tutkittu maailmalla paljon jo ennen toista maailmansotaa. Sodassa tuhoutuneiden rakennuksien korjaaminen lisäsi elementtira-kentamisen kysyntää ja eri maiden huonon talouden tilanteiden takia piti etsiä mahdol-lisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. Suomessa elementtiteollisuutta alettiin kehittää 1950-luvun alussa. Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus on ensim-mäisiä ja tunnetuimpia täyselementtirakennuksia Suomessa. [Valmisbetoni 2013.]

Suomalaisen betonirakentamisen tunnetuin ajanjakso ajoittuu 1960- ja 1970-luvun be-tonilähiöihin. Työpaikkojen keskittyminen kaupunkiin ja elinkeinorakenteen muutos saivat ihmisiä muuttamaan kaupunkiin maalta, asettivat haasteita kaupungin kehityk-selle. Oli rakennettava nopeasti edullisia ja kustannustehokkaita asuntoja. 1970-luvulla kehitettiin Suomessa asuinrakentamista varten avoin BES-järjestelmä. Samalla laatta-elementteinä alettiin käyttämään esijännitettyä ontelo- ja kotelolaattoja. BES-järjestelmässä elementit ja liitoselementit standardisoitiin siten, että se mahdollisti val-misosien hankkiminen samaan rakennukseen usealta toimittajalta. 1970-luvun puoles-sa välissä alettiin valmistamaan pakkasen kestäviä betonia käyttäen lisäaineita. [Malmberg 2011.]

BES-järjestelmän myötä suomalaiseen rakennuskulttuuriin on juurtunut 12 M -mittajärjestelmä eli tilojen perusmitoituksena aloitettiin pitämään 120 cm:n yksikön kerrannaisen. Tämä näkyi muun muassa Arava-rakentamisen ohjeistuksessa, esimerkiksi olohuoneiden vähimmäisleveydeksi asetettiin 36 M eli 360 cm. [Malmberg 2011.]

Tarve rakentaa nopeasti vaikutti siihen, että rakennusten visuaalinen puoli jäi huomioit- ta ja talot jäivätkin usein laatikkomaisiksi. Tämän lisäksi puutteelliset tiedot ja koke- mukset betonin kestävyteen vaikuttavista tekijöistä kuten pakkasen vaikutus, betonin lämpökäsittely ja raudoitteen ruostuminen johtivat siihen, että moni julkisivuista vaatii jo peruskorjausta jo 30 - 40 käyttövuoden jälkeen. [Betoniteollisuus Ry, Elementtisuunnittelu 2010.]

1990-luvulla kehitettiin itsetiivistyvää betonia, joka poisti betonin tärytystarpeen ele- menttitehtaissa. Itsetiivistyvällä betonilla saadaan tehtyä myös betonin valmiista pin- nasta hyvät. Vasta 2000-luvun alussa arkkitehtuuri, rakennuksen ominaisuudet, elin- kaarikustannukset ja ympäristövaikutukset alettiin ottaa huomion. Rakentamisen asen- teet muuttuivat ja elementtiä alettiin tarjoamaan monissa väri vaihtoehdoissa ja kestä- vyyden kannalta monipuolisia variaatiomahdollisuuksia. Julkisivuissa erilaisten rap- paustekniikoiden sekä graafisen betonin käyttö kasvoivat koko ajan. [Ilonen 2014.]

Yleisin käytetty julkisivuelementti on sandwich-elementti. Lämmöneristeenä oli aluksi 70 mm paksuinen mineraalivilla, mutta vuonna 2010 eristettä on jopa 240 mm. Tuotan- tolähteisyyden sijasta betonielementit kilpailevat nyt uusilla ominaisuuksilla kuten kos- teustekniikka, taloudellisuus, kustannustehokkuus, äänieristys, ympäristöystävällisyys, ulkonäkö ja rakentamisnopeudessa sekä töiden minimoimisella työmaalla. [Betoniteollisuus Ry, Elementtisuunnittelu 2010.]

## 2.2 Elementtien asennustyöt

Elementtirakentamisen asennustyö kuuluu työmaan tärkeimpiin työtehtäviin, sillä se vaikuttaa koko kohteen rakentamisen kestoon, rakentamiskustannuksiin sekä siinä määräytyy rungon lopullinen laatu. Betonielementtirungon osuus koko työmaan kus- tannuksesta on rakennustyyppistä riippuen 15 – 25 % ja asennustyön täydentävien töi- den osuus on runkotyyppistä riippuen 30 – 50 %. Rungon täydentäviä töitä ovat muun muassa elementtien paikalleen asentamista sekä juotosvaluja ja niiden muottitöitä. [Suomen Betoniyhdistys 2004: 488.]

Elementtien asennustyötä työmaalla ovat muun muassa seuraavia työvaiheita:

- elementtien nostaminen ja siirtämistä kuormasta varastointipaikkaan/asennuspaikalle,
- asennuspaikoilleen ohjaamista,
- elementtien väliaikaista tuentaa ja elementtien kiinnittämistä valamalla ja näihin liittyvää elementtirakentamisen avustavia työvaiheita.

Elementtien asennukseen vaaditaan sen painonsa takia aina nostoapuvälineiden käyttöä. Massiivisen painon ja korkealla työskentelemisen johdosta elementtityöhön liittyy monia riskialttiita tekijöitä kuten kuorman purku, nostoihin liittyvät vaarat, putoamisvaarat sekä käytettävät työvälineet kuten kuvasta 1 ilmenee. [Betonikeskus Ry, Betonielementtien turvallinen asennus 2010.]



Kuva 1. VAV Loiskekuja 1 ensimmäisen rungon asennustyö käynnissä. Kuvassa näkyy lisäksi ylimmän kerroksen putoamissuojaus asennettuna.

Elementtien asennustyötä säätelevät Suomessa Suomen rakentamismääräyskokoelma (RAKMK B4) sekä elementtiasentamista koskeva asetus. Näiden mukaan ennen elementtien asennustyötä on laadittava asennussuunnitelma, jonka laativat elementtien asentajat ja jonka rakennesuunnittelija ja työmaan vastaava mestari allekirjoituksellaan hyväksyvät. [Suomen Betoniyhdistys 2004: 489.]

Elementtien asennussuunnitelmassa tulee ilmetä seuraavat asiat:

- Kohdetiedot työmaasta
- Asennettavat elementit
- Nostokalusto ja nostoapuvälineet
- Elementtien kuljetustapa työmaalla
- Kuorman purku tapa, vastaanotto ja varastointi työmaalla
- Asennustoleranssit ja seurantamittaukset sekä vähimmäistukipinnat
- Lopulliset kiinnitystavat
- Asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset
- Suunnittelun varmistukset
- Miten asennusaikainen tuenta toteutetaan.

[Betoniteollisuus Ry, Asennusohjeet 2010.]

Ennen kuormien purkamista elementtivalmistajan tulee ilmoittaa työmaalle tarpeelliset tiedot elementtien käsittelystä, kuten oikeanlainen purkutapa sekä elementtien nosto- ja asennustavat. Jokaisessa työmaalle toimitetussa elementissä tulee olla tietolappu, mistä ilmenee elementin painon, mitat sekä valupäivämäärän. Ennen asennustyön aloittamista työnjohton tulee käydä läpi asentajien kanssa elementtiasennussuunnitelman, kohteen olosuhteet, tarvittavat materiaalit ja työkalut, elementtien toimitusaikataulut sekä jaksotukset, välitavoitteet ja laadunvarmistus- ja työturvallisuusasiat.

[Betonikeskus Ry, Betonielementtien turvallinen asennus 2010.]

Elementit nostetaan nostoihin varatulla nostokalustolla ja nostoapuvälineillä, yleensä torninostureilla sekä siirretään ainoastaan nostolenkeistä tai suunnitelman mukaisista nostopisteistä. Ennen elementtien nostamista on varmistettava nostolaitteen nostokyky kyseiseen nostoon sekä laitteen kunto. Nostot tehdään vapaan alueen kautta ja kulkeminen nostettavan elementin alla on estettävä. Elementti nostetaan paikoilleen ja tuetaan suunnitelman ja vaatimusten mukaisesti. Vasta tuennan jälkeen nostoraksit voidaan irrottaa. Nostoraksit irrotetaan eri puolelta, missä asentaja työskentelee. Holvilla saa työskennellä elementtiasennuksen aikana ainoastaan asennusryhmä. Työnaikaiset putoamissuojaukset tulee asentaa välittömästi elementtiasennuksen edetessä (kuva 1).

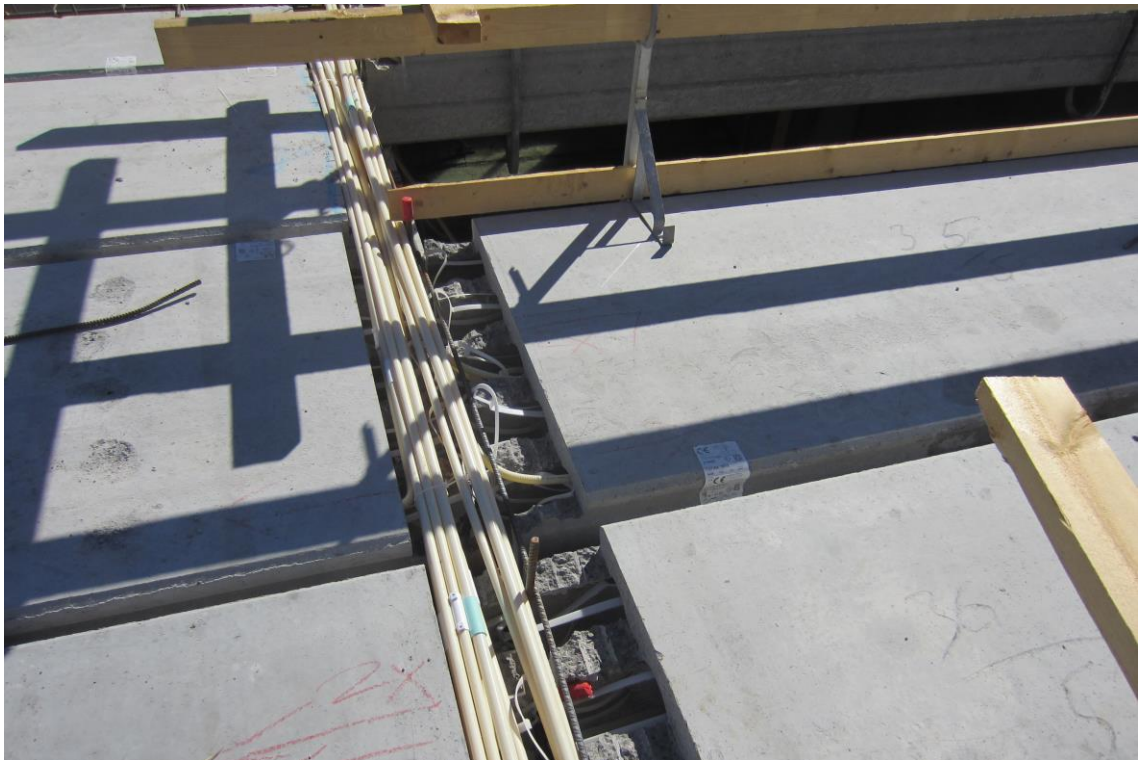
[Suomen Betoniyhdistys 2004: 488.]



Kuva 2. Ulkoseinät on tuettu paikoilleen väliaikaisille elementtitiilla.

Elementit sidotaan toisiinsa riittäväällä raudoituksella sekä betonimassavalulla (kuva 3). Rakennesuunnittelija määrittää tarvittavat raudoitukset elementtityössä. Seinäelementit valetaan käyttäen pystysaumabetonia ja ontelo- ja holvilaatat valetaan käyttämällä notkeaa rakennebetonimassaa. Väliaikaiset elementtitiuet voidaan irrottaa vasta kun saumavalu on riittävästi kovettunut ja suunnittelija on antanut luvan tukien poistamiselle (kuva 2). Suunnittelija antaa ohjeet purkamisajankohdasta, purkamisjärjestyksestä sekä mahdollisesti jälkituennantarpeesta. Asennustukien poistosta tulee olla ohjeet myös kirjattuna asennussuunnitelmaan. [Heiska 2010.]





Kuva 3. Ontelolaattaelementtien saumat ovat raudoitettuna saumavalua varten. Lisäksi kuvassa näkyy ontelolaattakentän reunaan asennettu putoamissuojaus.

### 2.3 Luokitukset

Betonielementeistä käytetään mittatarkkuusluokkia Normaaliluokka (N) ja Erikoisluokka (E). Runkoelementit (pilarit, palkit, ontelot, TT- ja kuorilaatat, portaat, väliseinät) valmistetaan käyttäen vain yhtä luokkaa. Ulkoseinät valmistetaan usein joko Normaali- tai Erikoisluokkaan. [Betoniteollisuus Ry, Betonielementtien toleranssit 2011: 3.]

Kantaville elementeille sovelletaan Suomessa yleensä SFS-EN 13369 -standardin mukaisia tiukennettuja toleranssivaatimuksia poikkileikkauksen ja raudoituksen sijainnin suhteen. Yleensä Normaaliluokka täyttää kyseiset vaatimukset. SFS-EN 14992:ssa on annettu seinäelementeille kaksi mittatarkkuusluokkaa, luokat A ja B. A-luokka on tiukempi, jota käytetään silloin kun vaaditaan julkisivulta parempaa mittatarkkuutta. Luokka A voi olla myös joltain osin kansallista Erikoisluokkaa tiukempi. Seinäelementtien Normaaliluokka täyttää standardin B-luokan vaatimukset. [Betoniteollisuus Ry, Betonielementtien toleranssit 2011: 3.]

## 2.4 Toleranssit

Toleranssiväli ilmoitetaan yleensä joko rajamittoina taikka perusmitan ja sallitun poikkeaman avulla. Rajamitta jaetaan kahteen mittaan, ylä- ja alarajamittoihin. Nämä mitat ovat ääriarvoja, joiden välissä mittaamalla saatu mitan tulee olla. Suunnitelmaan merkittyä mitta kutsutaan perusmitaksi. Poikkeama vastaavasti tarkoittaa mitatun mitan ja vastaavan suunnitelmaan piirretyn perusmitan välistä erotusta. [Betoniteollisuus Ry, Betonielementtien toleranssit 2011: 3.]

Esimerkkinä oletetaan elementin perusmitan olevan 1190 mm ja sallitut poikkeamat ovat +5; -7 mm. Tällöin toleranssiväli on 1183...1195 mm ja toleranssileveys on 12 mm. Rajamitat tässä tapauksessa ovat siis 1183 mm ja 1195 mm. [Betoniteollisuus Ry, Betonielementtien toleranssit 2011: 4.]

### 2.4.1 Rakentamistoleranssi

Rakentamistoleranssi on valmiin elementin toleranssi, eli valmiin elementin sallittu mittavaihtelu. Rakentamistoleranssi on annettu yleensä symmetrisenä perusmitan suhteen. Sallittu poikkeama esitetään yleensä  $\pm$  -merkillä. Esim. 1300 mm rakenteelle ilmoitetaan  $\pm 4$  mm, tällöin mitan tulee olla 1296 mm ja 1304 mm välillä. Sallittu poikkeama on tällöin 4 mm ja toleranssi 8 mm (kuvio 1). [RT 02-10996 2010.]

### 2.4.2 Valmistustoleranssi

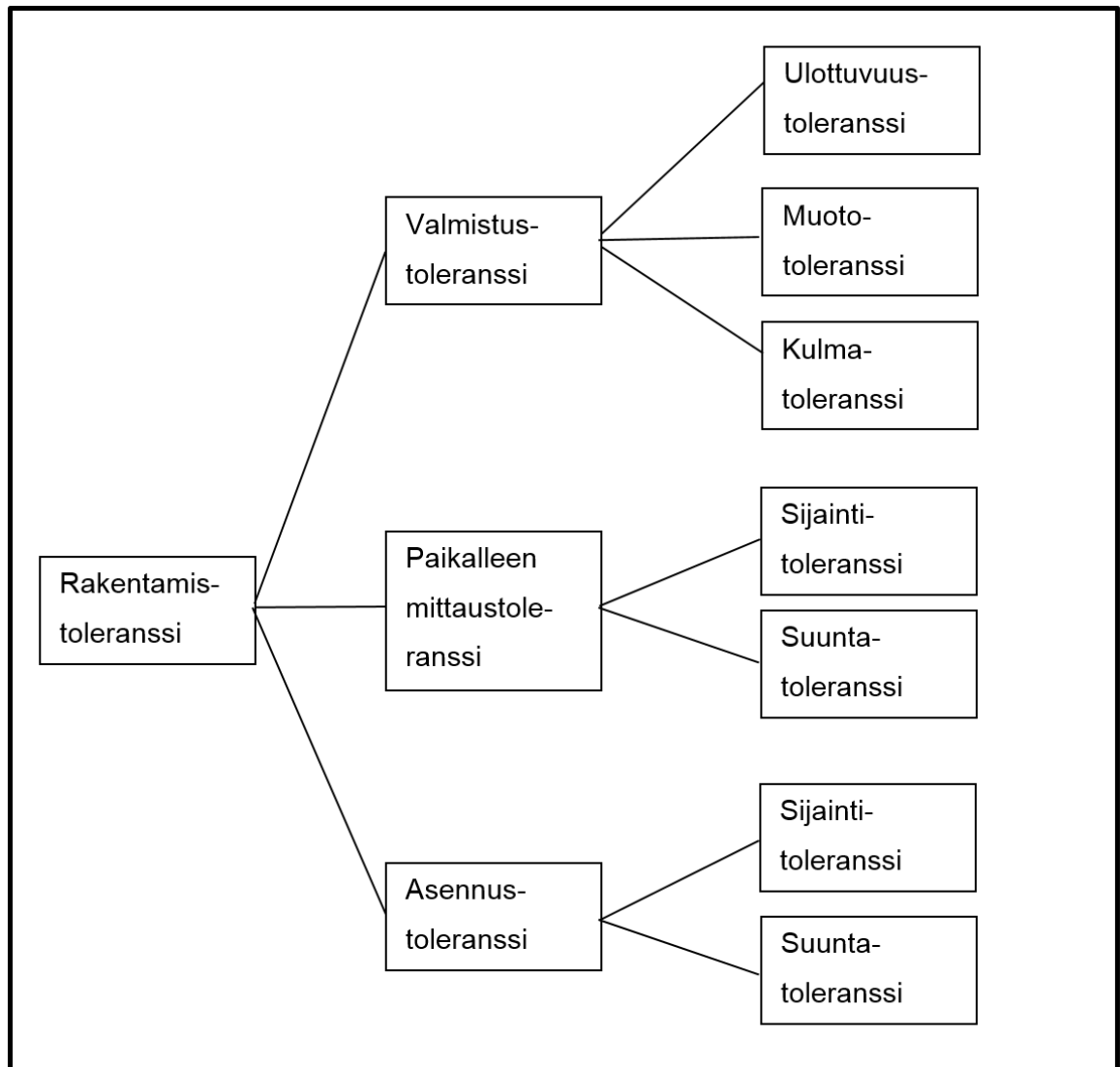
Valmistustoleranssi on elementin perustilaan liittävä tila, jonka rajojen sisään kappaleen piste, viiva tai kappaleen pinta on valmistuksen jälkeen sijaittava (kuvio 1). [Betoniteollisuus Ry, Betonielementtien toleranssit 2011.]

### 2.4.3 Paikalleen mittaustoleranssi

Paikalleen mittaustoleranssi on työmaalla oleva viitepisteiden tai viiteviivojen suhteen määritelty tila, jonka sisällä paikalleen mitatut pisteen tai viivan on sijaittava (kuvio 1). [RT 02-10996 2010.]

#### 2.4.4 Asennustoleranssi

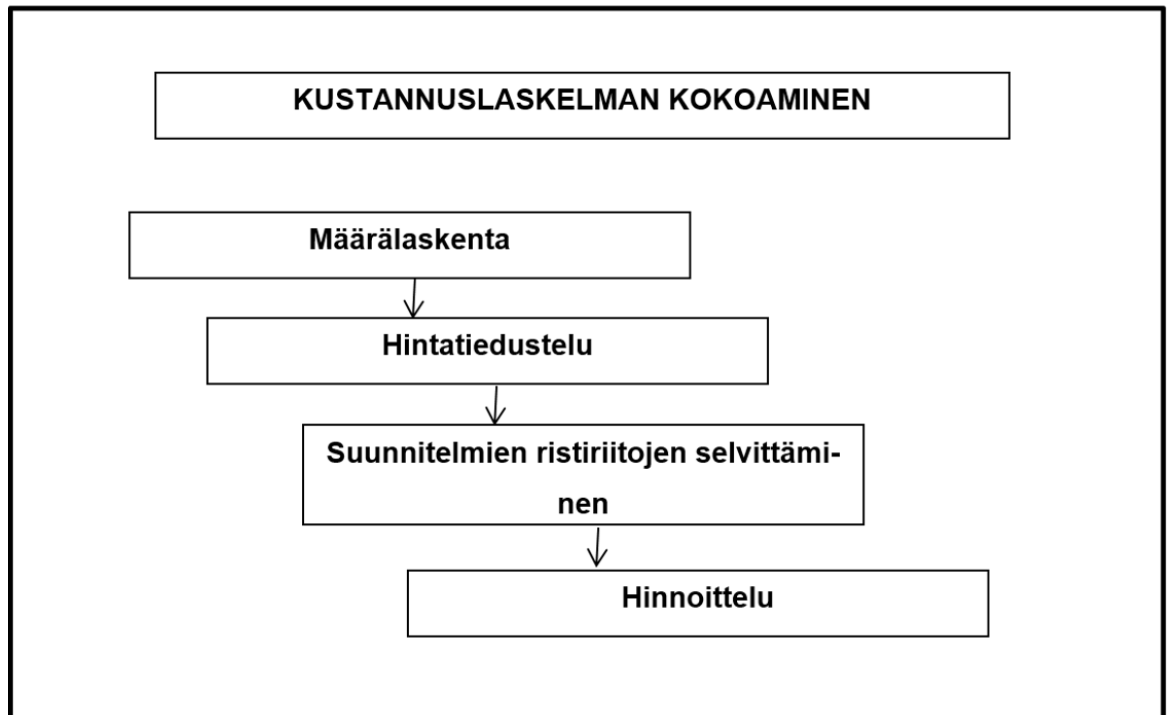
Asennustoleranssi on valmistetun elementin ja työmaalla paikalleen mitattuihin pisteisiin ja viivoihin perustuva tila, jonka rajojen sisällä kappaleen ulottuvuudet, kuten piste, viiva taikka pinta on sijaittava (kuvio 1). [RT 02-10996 2010.]



Kuvio 1. Elementin rakentamistoleranssin muodostuminen [RT 02-10996 2010.]

### 3 MÄÄRÄLASKENTA

Määrälaskennan avulla saadaan luotua määräluettelo elementeistä tarjouspyynnön lähettämistä varten (kuvio 2). Riippuen laskijasta, määrälaskentatapoja on monia käsin laskennasta tietomallinnusohjelmiin. Tarkkaan suoritettulla määrälaskennalla on suuri vaikutus elementtirakentamisen kustannusarvioon, sillä yleensä elementtitoimitajat tekevät tarjouksen sitoen sen saamansa määräluetteloon.



Kuvio 2. Kustannuslaskelman kokoamisen vaiheet [Rakennustuotanto 2000: 38.]

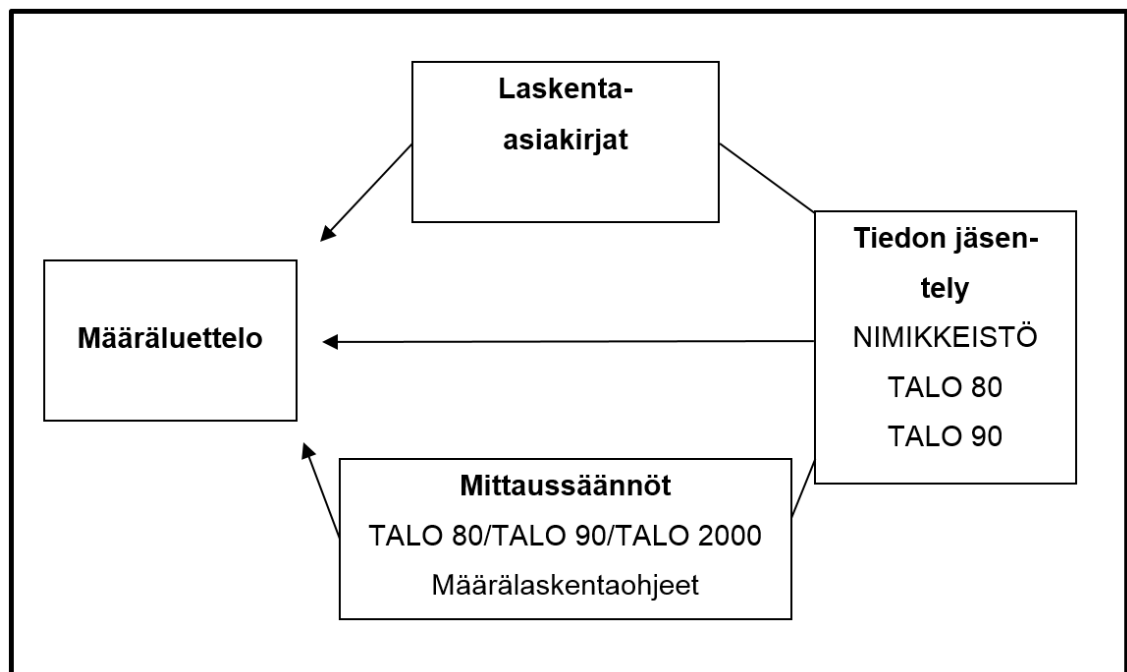
#### 3.1 Määrälaskennan perusteet

Projektin määrälaskenta tarkoittaa laskenta-asiakirjoihin sisältyvän tiedon muuttamista projektia peittävästi kuvaaviksi määränimikkeiksi, joita kustannuslaskentamenetelmä edellyttää. Määrälaskennassa laskenta-asiakirjoista saatu tieto jäsennetään yleisten tai yrityskohtaisten jäsentelyperiaatteiden mukaisesti, nimikkeistönä. [Rakennustuotanto 2000: 40.]

Määrälaskennan osa-alueita ovat muun muassa:

- laskenta-asiakirjojen tulkinta
- laskenta-asiakirjoissa mainittujen tietojen erittelemine ja kirjaaminen määräluetteloiksi kunkin alueen kustannuslaskentamenetelmän ohjeiden mukaisesti
- eri kustannuslaskentamenetelmien mittaussääntöjen tunteminen, mittaustapojen hallinta ja määrien laskeminen mittojen perusteella

(kuvio 3) [Rakennustuotanto 2000: 40.]



Kuvio 3. Määräluettelon laatimisen perusteet [Rakennustuotanto 2000: 40.]

Määrämittauksessa käytetään apuna muun muassa seuraavia apuvälineitä kuten mittasuhteivain, määrien digitointijärjestelmät tietokoneelle (PDF, CAD yms.) ja planimetrit. Määrien laskemisessa voidaan käyttää seuraavia laskentatapoja riippuen saatavilla olevista materiaalista ja tiedosta:

- Jos määrä on mitattavissa, se saadaan suoraan suunnitelmista mittalukuna tai mittalukujen laskutoimitusten kautta. Mittaluvut mitataan kustannuslaskentamenetelmän mittaussääntöjä noudattaen
- Piirustusten ollessaan puutteellisia toisin sanoen mittalukuja ei ole annettu piirustuksessa, joudutaan määrät arvioimaan ja näin ollen käytetyt arviointiperus-

teet tulee merkitä muistiin. Arviointiperustana voidaan käyttää vastaaventyypin viitekohteen laskentatietoja kuten ulkoseinä ( $m^2/bm^2$ ) ja raudoitus ( $kg/betoni-m^3$ ).

- Jos kysymyksessä on toistuvat määrät kuten kerrostalon osat, seinät yms., voidaan käyttää perusosamenettelyä. Perusosamenettelyssä mitataan ja lasketaan toistuvan perusosan kuten ulkoseinän määrät, joka kerrotaan sitten perusosien lukumäärällä, tässä tapauksessa kerrosten lukumäärällä.

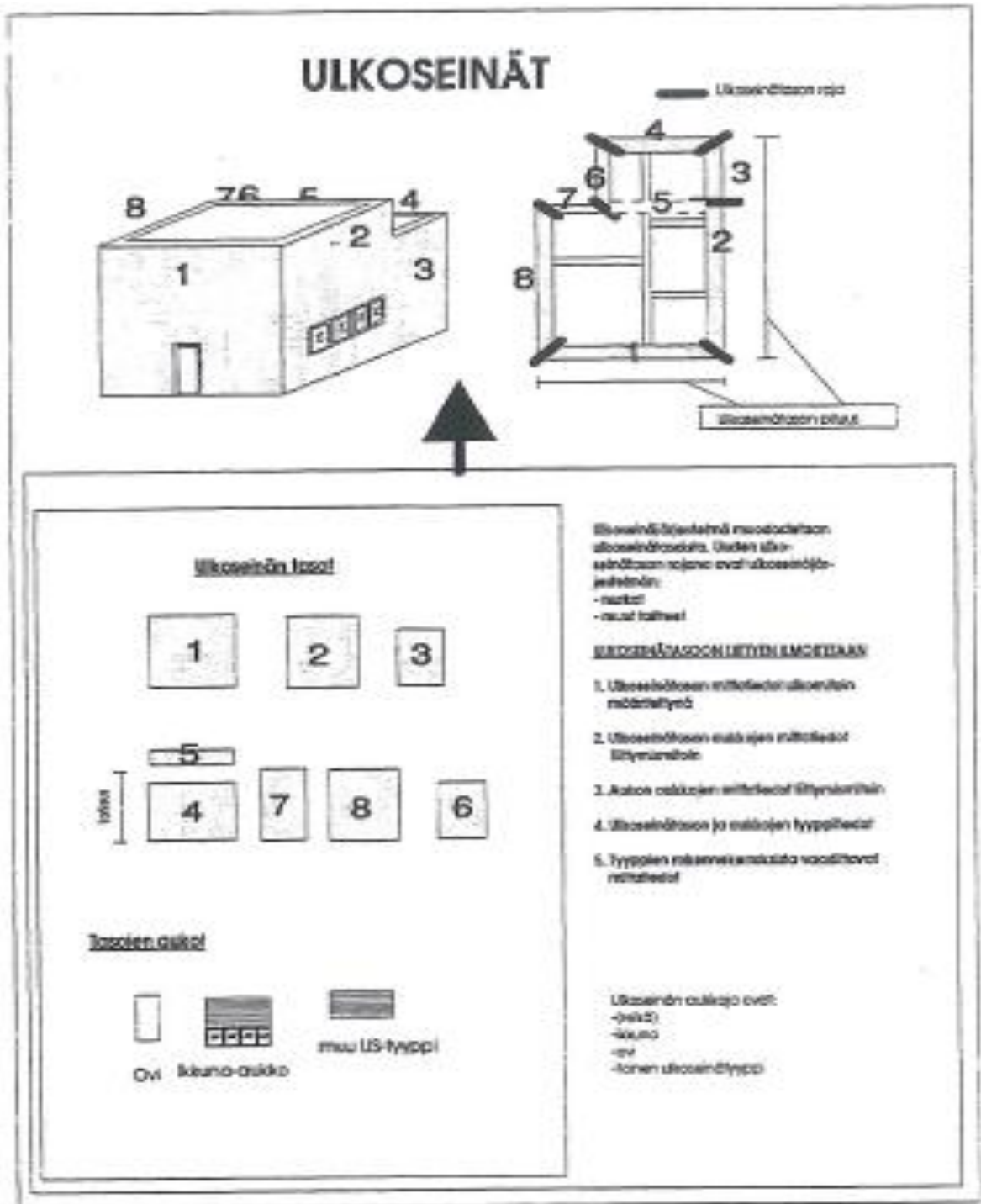
[Rakennustuotanto 2000: 40-41.]

### 3.1.1 Mittaluettelo

Kuten sivulla 15 kuvassa 4 ilmenee, määrälaskentaa helpottamiseksi kohteen rakennukset jaetaan usein pienempiin osiin ja näille osille määritetään mittatietoja. Tuloksena saadaan taulukko, jossa jokaiselle osalle on mitat määritettynä, mittaluettelo. Mittaluettelo on luettelo määränimikkeistä mittatietoineen. Nimikkeiden määrät lasketaan mittatietojen avulla. Mittaluetteloita voidaan käyttää hyödyksi mm. rakennusosalaskennassa ja suoritelaskennassa kuten taulukosta 1 sivulla 16 selviää. [Rakennustuotanto 2000: 43.]

### 3.1.2 Tyypielementtipiirustus

Tyypielementtipiirustus on rakennesuunnittelijan suunnittelema ja laatima mallipiirustus kohteen tavallisimmista elementtityypeistä urakkalaskentavaiheessa, jotka täydentävät elementtiluetteloiden antamia tietoja. Tyypielementtipiirustukset voivat olla sisälöltään täydellisiä tuotantopiirustuksia tai alustavia mallipiirustuksia, jotka täydennetään myöhemmin täydellisiksi tuotantopiirustuksiksi. Tyypielementtiä käyttämällä elementti-toimittajat voivat hinnoitella elementtinsä tarkasti etukäteen, joka edesauttaa kohteen tarkan kustannusarvion laatimisessa. Näiden lisäksi käyttämällä rakennesuunnittelijan määrittelemää tyypielementtiä voidaan minimoida hinnoitteluvirheitä tarjouslaskennassa. [Suomen Betoniyhdistys Ry 1993: 118.]



Kuva 4. Rakennuksen jakaminen osiksi, joille mittatiedot määritetään [Rakennustuotanto 2000: 42.]

Taulukko 1. Mittaluettelo, jossa on esitetty rakennusosatasojen mittatiedot isoilla kirjaimilla ja rakennekerrosten määrälaskennassa tarvittavat mittatiedot pienellä kirjaimella.

Taso	Nimike	Tyyppi	A	L	H	B	N	t	b
1	VÄESTÖNSUOJAN SEINÄTASOT								
1	seinätaso VSSV1-2418			5,99	2,34	0,30	1	59,70	0,30
1	seinätaso VSSV1-2417			11,20	2,34	0,30	1	59,70	0,30
1	seinätaso VSSV1-2416			4,14	2,34	0,30	1	59,70	0,30
1	VSS-A aukko, luukku	Palo-ovi		0,60	0,60		1		
1	VSS V4-2296			5,57	2,34	0,40	1	61,30	0,40
1	Aukko, ovi	Palo-ovi		1,10	2,00		1		

### 3.2 Määrälaskenta rakennusalalla

Uusin ohjeistus määrälaskentaperusteista on Betonikeskus Ry:n julkaisema Betonisten elementtien määrälaskenta 2011 -ohjeistus, jota suurin osa tehtaista ja yrityksistä käyttävät perustana omissa määrälaskennoissaan. Ohjeen tavoitteena on tuottaa yhdenmukainen ohjeistus elementin määrälaskennan suunnittelussa, tarjousprosessissa ja toimitussopimuksissa sekä ohjeistaa ja yhtenäistää laskenta- ja suunnitteluohjelmien tuottamaa informaatiota. [Betonikeskus Ry 2011.]

Tässä ohjeistuksessa laskettavat määrälalat jaetaan kolmeen osaan (liite 1):

- seinäelementin bruttoalaan (m<sup>2</sup>)
- aukkoalaan (m<sup>2</sup>) ja
- seinäelementin nettoalaan (m<sup>2</sup>).

#### 3.2.1 Määrälaskentaohje

Määrälaskentaohje on tarkoitettu käytettäväksi mittausohjeena talonrakennuksen korjaus- ja uudisrakentamisessa sekä määräluetteloiden laatimisessa. Tämä ohje on tarkoitettu käytettäväksi sekä luonnosvaiheen laskennassa että lopullisiin suunnitelmiin perustuvissa rakenne- ja työlajiluetteloissa. Määrälaskentaohje ei ota kantaa urakkaraioihin eikä ole sidottu mihinkään urakkamuotoon. Määrälaskentaohjeella ei ole mitään sopimusteknistä asemaa ellei siihen erikseen viitataan sopimusasiakirjoissa. [TALO 90 1998: 5.]



Määrälaskentaohje perustuu Talo 70, Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000 -nimikkeistöihin, jotka on mainittu kyseisen julkaisun yleisselosteessa. Määrälaskentaohjeessa on mainittu määrien erittelyperusteet, joiden perusteella nimikkeiden sisällä olevat määrät tulee jakaa omiksi riveiksi. Määräluettelon nimikkeet tulee kuvata asianmukaisesti ammattifraaseille tai viitattava piirustuksiin numeroilla ymmärtämisen helpottamiseksi. [TALO 90 1998: 5.]

### 3.2.2 Mittausohje

Nimikkeiden määrien mittauksessa käytettävät yksiköt ja mittaustavat ovat määritetty määrälaskennan mittausohjeessa. Mitattavat määrät mitataan rakenneteoreettisena ilman hukkavaroja tai ryöstöjä. Esimerkiksi maankaivumittauksissa ei sisällytetä laskelmiin kaivuryöstöjä, ylimääräisiä kaivusvyvyksiä tai sortumia. Samoin raudituslaskelmiin ei sisällytetä asennusteräksiä. Hinnoittelija on otettava tällaiset lisät huomioon hinnoittaessaan jokaista nimikettä. Määrien mittaukset tehdään aina joko nimellismittoja tai liittymismittoja käyttäen. Mittauksessa piirustuksiin merkitty mitta ohittaa aina käsin mittaamalla saatu mitan. [TALO 90 1998: 6.]

Käyttämällä teoreettisia määriä sekä noudattamalla kiinteitä mittaussääntöjä voidaan yhtenäistää määrälaskelmia, näin ollen vähentää virheellisiä arviointia ja työsuunnittelua määräluetteloa laadittaessa. Tarvittavat yksiköt ja mittausperusteet ovat valittu siten, ettei laskijan tarvitse miettiä työmenetelmiä määräluetteloa laatiessaan. Määrät mitataan suunnitelmapiirustusten ja urakkaohjelmien mukaisesti. Laskennassa huomioidaan kyseisen nimikkeen suorittamiseksi tarvittavat työresurssit, sosiaalikulut, hankinnat ja varusteet apuaineineen, tarvikkeineen ja aputöineen sekä tarvittavat erityiskalustot ja telineet. Mukaan ei lasketa työmaatekniikkaan liittyviä töitä, yleiskalustoa tai hankintoja. [TALO 90 1998: 6.]

Talo 90 -määrälaskentaohjeen mukaan laskettavista määristä ei vähennetä alle 1 m<sup>2</sup>:n suuruisia aukkoja tai rakenteita. Tämä laskentatapa on kuitenkin ohjekohtainen, esimerkiksi uusimassa Betoniteollisuus Ry:n vuonna 2011 julkaisemassa seinäelementtien laskentaohjeessa pinta-alat lasketaan nettopinta-aloina eli kaikki aukot vähennetään. Tämän lisäksi laskennassa vähennetään kalliit pintarakenteet, kuten laatoitus-, luonnonkivi- sekä metalli- ja lasilevytyöt, joiden hankinta lasketaan teoreettisen määrän mukaan. Näissä tilanteissa vähennetään kaikki muut paitsi työnsuoritukseen nähden vähäiset aukot, kuten sähkörasioita tai läpimenoja varten tehtävät aukot. Jos piirustuk-

sesta puuttuu mittoja tai sen tarkkuus on puutteellinen, joiden johdosta määriä ei voida mitata, joudutaan määrät arvioimaan. Tällöin määräluettelossa ilmoitetaan arviointiperusteet kyseiselle nimikkeelle. Määräluetteloon kirjataan yleensä määrät kokonaislukuina kolmella merkitsevällä numerolla. Pyöristykset tehdään aina vasta yhteenlaskun jälkeen. [TALO 90 1998: 6.]

### 3.2.3 Talon 90 -määrälaskentaohje

Talon 90 -nimikkeistö on jatkokehitetty Talon 80 -nimikkeistöstä muuttamalla nimikkeistöjen määrää, koodausta ja sisältöä. Talon 90 -järjestelmä kehitettiin, jotta saataisiin yhtenäinen yksi nimikkeistörunko, jota kaikki tahot rakennusprojektissa voisivat käyttää. Talon 90 -järjestelmässä on esitetty määräluettelon laatiminen kolmella tavalla:

- **rakennusosien rakenneluettelo**ina tarjouslaskentaa varten
- **rakennusosaluettelo**ina rakennusosalaskentaa varten
- **työlajiluettelo**ina tarjouslaskentaa, tuotantolaskentaa ja yksikköhintaurakkaa varten.

[TALO 90 1998: 6.]

Rakenneluettelossa määrät mitataan rakennusosittain tuoterakenteena. Kyseinen tuoterakenne sisältää luettelon rakennustarvikkeista ja työn vaiheista, joita tarvitaan työn valmiiksi saattamiseksi. Tuoterakenteessa ei mitata muita kuin valmiita työtä, poikkeuksena betonimuotit, joita mitataan kuten tarviketavaraa. Alla esitysmuoto:

<b>Esim.</b>	Ro tyyppi 10
	tarvike 1 (tai työvaihe A)
	tarvike 2
	tarvike 3.

[TALO 90 1998: 7.]

Rakennusosaluettelossa määrät mitataan rakennusosien mittaussäännöillä. Sisäpinnat, rakennusvarusteet ja mahdolliset työn täydentävät sisäosat mitataan tiloina (m<sup>2</sup> tai kpl). Rakennusosaluettelo käsittää ainoastaan vain rakennusosat ja niiden tyypit. Alla esitysmuoto:

**Esim.** RO tyyppi 1 (tai tila)  
RO tyyppi 2  
RO tyyppi 3 jne.

[TALO 90 1998: 7.]

Työlajiluettelossa ilmoitetaan selityssarakkeessa tarvikkeen tai työvaiheen lisäksi tarvittaessa myös rakennusosan tai rakennustilan. Alla esitysmuoto, jonka joka riviltä näkyä tarvike, työlaji ja rakennusosa

**Esim.** TL 191  
RO A (tai tila)  
tarvike 1  
tarvike 2  
RO B (tai tila)  
tarvike 1  
tarvike 2.

[TALO 90 1998: 7.]

Talo 90 -määritelmän mukaan betonielementtityö sisältää elementin pinnan laadusta riippumatta betonisten ja teräsbetonisten elementtien asennuksen, kiinnityksen, valumuottien asennuksen, valutyön ja asennusryhmän suorittaman mittauksen sekä avustavat työt, kuten elementtien vastaanottotyöt ja välivarastoinnit. Määritelmän mukaan betonielementit jaetaan kappale-elementteihin ja levyelementteihin. [TALO 90 1998: 40.]

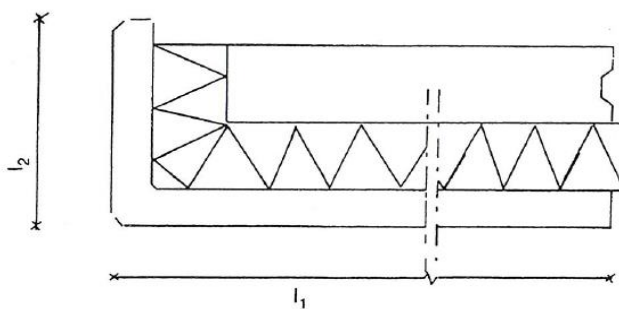
Kappale-elementtejä ovat muun muassa antura-, pilari-, palkki- ja hormielementit sekä monimutkaiset elementit. Kappale-elementit eritellään elementtityypin ja koon mukaan sekä näiden määräluettelossa ilmoitetaan elementtien rakenteiden (sisältä ulos lukien) lisäksi kappalemäärät. Kappale-elementit ilmoitetaan kpl-mittayksikössä. [TALO 90 1998: 40.]

Levyelementit ovat vastaavasti muodoltaan yksinkertaiset, yli 1 m<sup>2</sup>:n suuruiset ja paksuudeltaan muihin mittoihin nähden ohuet elementit. Levyelementit eritellään elementtityypin, kuten elementin rakenteen, kokoluokan, pinnan laadun, paksuuden ja pääasial-

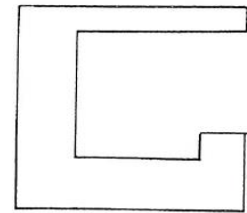
lisen pintakäsittelyn mukaan. Jos samassa elementissä on useita pintamateriaaleja, niiden määrä tulee ilmoittaa ja eritellä määräluettelossa. Samoin jos elementit ovat erikoiselementtejä, tulee näiden osalta viitata suunnitelmapiirustuksiin. Levyelementit ilmoitetaan  $m^2$ -mittayksikössä. [TALO 90 1998: 40.]

### Mittaussäännöt

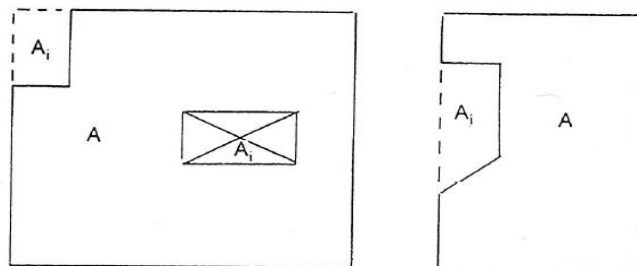
Levyelementtien, kuten väliseinä-, ulkoseinä- ja laattaelementit mitataan ja ilmoitetaan neliömetreinä tasossa liittymismittoin (kuva 5). Nurkkaelementtien ja L-muotoisten kuorielementtien pinta-ala mitataan ulkokuoren ulkomittoja hyväksi käyttäen. Sandwich- ja kuorielementtien pinta-ala mitataan ulkokuoren ulkomittojen mukaan. Sisäkuorielementtien pinta-ala mitataan nimellismittoin ja pinta-alasta ei vähennetä alle  $1 m^2$ :n aukkoja, viisteitä tai loveuksia, kts. kuva 3.3. [TALO 90 1998: 41.]



$l_1$  ja  $l_2$  ovat pinta-alaa mitattaessa käytettävät mitat (liittymismittoja)



Muodoltaan monimutkaiset elementit mitataan kappalelementteinä.



Jos  $A_i > 1 m^2$  vähennetään se levyelementin pinta-alasta

Kuva 5. Levyelementtien mittaussääntö [TALO 90 1998: 58.]

Kappale-elementtien kohdalla määrät ilmoitetaan kappaleina sekä määräluettelossa ilmoitetaan tarvittaessa myös kappale-elementin tilavuus ja paino betonointimittaus-säännön mukaan. Asennustarvikkeita, kuten juotosbetonia, lämmöneristysvilloja ja kiinnitystarvikkeita ei erikseen mitata eikä eritellä määräluettelossa. [TALO 90 1998: 41.]

### 3.2.4 Talo 2000 -määrälaskentaohje

Talo 2000 -nimikkeistön tarkoituksena on luoda yksi yhteinen nimikkeistö koko Suomeen. Verrattuna Talo 90 -nimikkeistöön, keskeisimpänä muutoksena Talo 2000 -nimikkeistössä voidaan pitää hankenimikkeistön ja tuotantonimikkeistön sisällön uudistamista. Talo 2000 -tuotantomääräluettelo on tarkoitettu pääosin kustannusarviolaskentaan sekä hankintatoimeen, mm. tarjouspyyntöihin ja sopimuksiin. Määritelmän mukaan määräluettelo jaotellaan tuotantonimikkeeseen (tuotantomääräluettelo) ja rakennusosajärjestykseen (rakennusosamääräluettelo). [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 5.]

Määräluettelossa mitattavat nimikkeet ovat yleensä rakennustuotteita sekä niiden asennukseen työmaalla tarvittavat työsuoritukset. Hinnoitteluun sisällytetään elementin lisäksi asennustuotteet ja erityiskalustot, joita ei erikseen mainita. Elementtityöhön liittyviä oheistehtäviä kuten läpimenoja, jälkitöitä ja varauksia ei tule mitata. Poikkeavat, pienet pintarakenteet tai verhoukset pinnassa mitataan erikseen ja ilmoitetaan kappalemäärinä. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 5.]

Määräluettelossa esitetyt määrät mitataan piirustuksista rakenneteoreettisina ja maarakentamisen määrä rakenneteoreettisina kiintokuutioina. Valmiin rakenteen mitat ovat rakennemittoja ja ääriimitat suurempien ulottuvuuksien mukaisia mittoja. Elementin liittymismitat käsittävät myös liittymisrakenteen. Kaikki määräluettelossa esitetyt tuotantonimikkeet ja rakennusosat on aina yksilöitävä. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 5.]

#### *Mittaussäännöt*

Betonielementtirakentamisen määrät mitataan elementtityypin mukaisesti kappale-elementit kappaleina ja levyelementit neliömetreinä liittymismittoineen kuten Talo 90 -määritelmässä. Elementit eritellään elementtityypin, -koon, rakennekerrosten, kiinnitys-

tavan, rakenneosan, leikkausmuodon ja pinnan laadun mukaisesti. Määräluettelossa ilmoitetaan myös levyelementtien kappalemäärät sekä kappale-elementtien betonitilavuus tai koko. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 21.]

Kuten Talo 90 -määritelmässä, ainoastaan levyelementtien yli 1 m<sup>2</sup> aukot ja reuna-oveukset vähennetään ja nämä ilmoitetaan aukkomitoin neliömetreinä ja kappalemäärinä. Poikkeuksena elementit, joiden pinta-alasta aukkojen osuus on suuri, mitataan ja ilmoitetaan erikseen omana nimikkeenä. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 21.]

Kuori- ja ontelolaattaelementtien määrät mitataan laatan suurimman pituuden ja leveyden mukaan neliömetreinä. Elementtien kaventamiset ja päiden viisteiden sahaukset mitataan ja ilmoitetaan metreinä. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 21.]

Väestönsuojaelementit mitataan rakennusosittain eritellen edellä mainitun rakennusosan mittaussäännön mukaan. Erityselementtien määrät mitataan, lasketaan ja eritellään suunnitelma-piirustuksissa esitettyjen tietojen mukaisesti. Elementtitoimitukseen liittyvät metalliosat mitataan kiloina sekä ilmoitetaan kuuluvien elementtien mukana. Erikseen hankittavat elementtien kiinnitys- ja kannatustarvikkeet yms. metalliset liitososat mitataan kappaleina ja kiloina sekä eritellään luetteloon tyyppin ja koon mukaan. [Rakennustieto, TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö 2000: 22.]

### 3.3 Rakennusosalaskennan määrälaskenta

Rakennusosalaskenta on tarjousvaiheen työvaihe, jossa laaditaan kohteen rakennusosarakenteiden luettelo eli rakenneluettelo. Määrälaskennassa selvitetään rakennusosien ja järjestelmien sekä laiteosien ja tilojen määrät ja rakenteet. Rakenneluetteloa laadittaessa noudatetaan rakenneosien mittaussääntöjä tarvikkeiden määriä mitattaessa. Rakennusosat ja järjestelmät sekä tilat ja laitteet tulee luetteloida tyypeittäin ja niiden asennuksiin tarvittavat tarvikkeet tulee jaotella työvaiheittain sijainneittain. Puutteellisten suunnitelmien ja suuren työmäärän takia rakenneluetteloa laadittaessa voidaan käyttää apuna yrityksen tietokantoja määristä ja hinnasta, jotka tarkentuvat laskentavaiheiden edetessä kustannuslaskennasta tarkkailulaskentaan. [Lindholm 2009: 24.]

### 3.4 Suoritelaskennan määrälaskenta

Suoritelaskennan määrälaskennassa lasketaan kohteen rakennusosien määrät määräluetteloiden ja piirustusten perusteella. Jossain kohteessa tilaaja voi halutessaan lähettää mukanaan määräluettelon, jolloin urakoitsijan vastuulle jää ainoastaan määrien hinnoittelu. Kuitenkin määrälaskennan ja hinnoittelun riskit ovat usein urakoitsijan vastuulla, joten määrälaskenta on tärkeä tehdä oikein ja huolellisesti. Suoritelaskennan määrälaskennasta perustuu määrien mittaamiseen piirustuksista tai tuotemallien avustuksella. Laskennassa kohde jaetaan osiin valitun nimikkeistön mukaan ja lasketaan määrät nimikkeistön mittaussääntöjä noudattaen. Hukkamenekkiä ei oteta huomioon ja määrät lasketaan teoreettisina. [Lindholm 2009: 26.]

### 3.5 Määrälaskennan virhemahdollisuudet

Rakennusprojektissa riskejä aiheuttavat usein rakennuttaja, ulkoiset olosuhteet sekä yritys itse. Näihin riskeihin pyritään varautumaan ennakkoon tarjouslaskentavaiheessa korottavina riskivarauksina. Olennaiset riskit pyritään siirtämään sopimusteknisesti toiselle osapuolelle tai jakamaan sopimusosapuolten kesken. Kustannuslaskennassa tyypillisesti käsiteltäviä riskejä ovat hallinnolliset riskit, tekniset riskit, sopimustekniset riskit, epätarkkuusriskit ja muut riskit. Näistä riskeistä määrälaskentaan liittyvät lähinnä epätarkkuusriskit sekä jossain määrin tekniset riskit (kuvio 4). [Lindholm 2009: 33.]

Teknisillä riskillä tarkoitetaan itse työvaiheen, uuden rakenneratkaisun tai työmenetelmän aiheuttamaa riskiä. Näihin riskeihin varaudutaan jo tarjoushintaa muodostaessa, esim. korottamalla tarvike- ja työmenekkejä tai nostamalla aliurakkahintaa. [Lindholm 2009: 33.]

RISKIANALYYSI		
<b>RISKIEN TUNNISTAMINEN</b>	<b>RISKIEN ARVIOINTI</b>	<b>RISKEIHIN VARAUTUMINEN</b>
- Riskien paikannus: riskitekijöiden tunnistaminen	- Arvioidaan tunnistettujen riskien suuruus ja vaikutus	- Pienennetään tai poistetaan riskiä - Siirretään riski toiselle osapuolelle tai jaetaan se sopimusosapuolten kanssa - Otetaan tietoisesti riski ja tehdään toimenpiteitä riskin pienentämiseksi sekä varaudutaan lieventämään seurausvaikutuksia

Kuvio 4. Riskien hallinnan vaiheet [Rakennustuotanto 2000: 128.]

Epätarkkuusriskillä tarkoitetaan määrälaskennan tai hinnoittelun epätarkkuutta. Määrälaskennan epätarkkuusriskiä voidaan välttää käyttämällä laskennassa ainoastaan täydellisiä suunnitelmapiirustuksia. Aina tämä ei ole mahdollista ajan puutteen takia, joten käyttäessään keskeneräisiä piirustuksia, on riskivarukselle arvioitava hinta etukäteen ja sisällytettävä tarjoushintaan. Hinnoittelun epätarkkuutta voidaan välttää pyytämällä ennakkotarjouksia mahdollisimman monelta toimittajalta ja aliurakoitsijalta. [Lindholm 2009: 33.]

Epätarkkuusriskien syynä voi olla mm. käytetty mittatarkkuus ja lähtösuunnitelman ja olettamukset. On mahdollista, että osittain epätarkkuuden kumoavat toisensa vaikutuksen suurten lukujen lain mukaan loppulaskelmassa.



Virheiden lähteinä voivat olla muun muassa:

- puuttuvat ja huomioimatta jätetyt kustannuserät
- virheelliset laskentamäärät
- suunnitelmapiirustuksien tulkintavirheet
- puutteelliset suunnitelma- ja laskentapiirustukset
- virheelliset yksikkökustannukset
- käytetty mittatarkkuus on liian epätarkka.

[Rakennustuotanto 2000: 49.]

Koska määrälaskentaan ja hinnoitteluun liittyy paljon ennakkointia, syntyy paljon virhemahdollisuuksia. Kuitenkin mahdollisten virheiden pitäisi pienentyä siirryttäessä tarkempaan laskentamenetelmään. Osa virheistä, kuten suunnitelmien puutteellisuus ja ulkoisten olosuhteiden muutokset johtuvat täysin määrälaskijasta ja hinnoittelijasta riippumattomista syistä. Määrä- ja hinnoitteluvirheiden mahdollisuutta voidaan vähentää lisäämällä kustannuslaskentaan käytetty työmäärä. Suunnitelmien puutteisiin ja ulkoisiin olosuhtemuutoksiin pyritään varautumaan riskivarauksella tarjouslaskentavaiheessa. [Rakennustuotanto 2000: 49.]

## 4 KUSTANNUKSET

Tässä luvussa käsitellään projektin elementtirakentamisesta aiheutuneita materiaalisia kustannuksia. Asennustyöstä tai muita näihin liittyvistä kustannuksista ei huomioida. Kuvio 5 havainnollistaa kustannushallinnan tärkeimmät prosessit, joita ovat tiedonkeruu, tavoitearvio, kustannushallinta sekä hinnan muodostuminen.

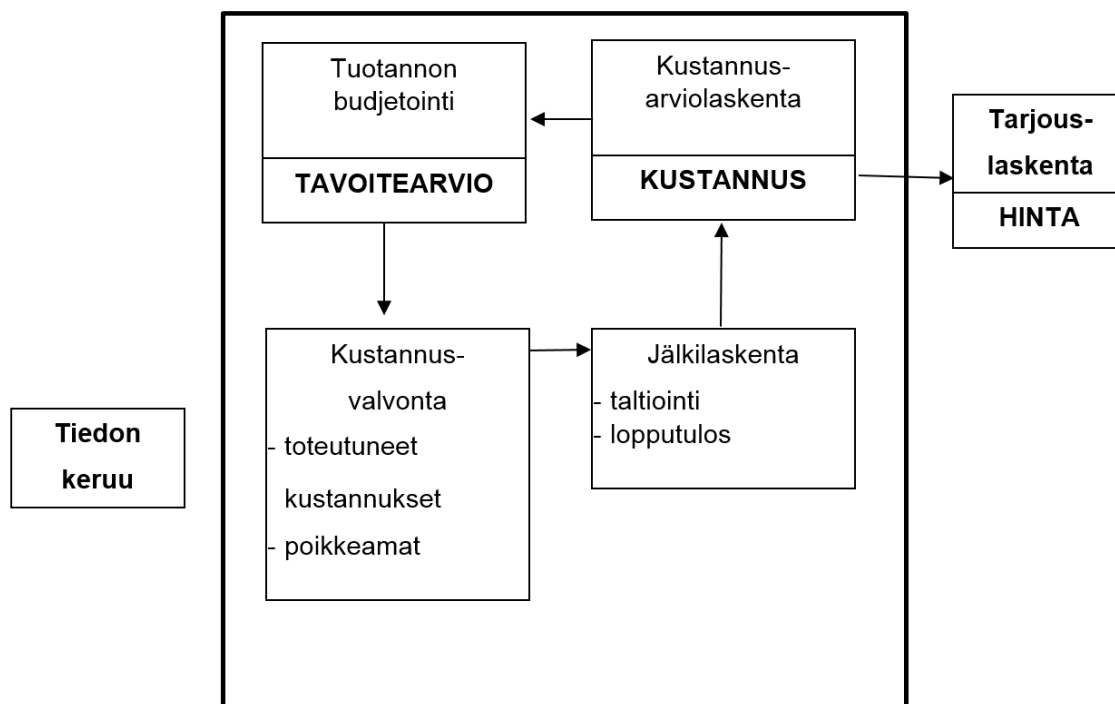
### 4.1 Kustannushallinta

Kustannushallinta on monipuolinen ja osittain jopa monimutkainen projektinhallinnan osa rakennushankkeen aikana. Kustannussuunnittelu on osa hankkeen suunnittelua tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheista alkaen, ja kustannusten hallinta jatkuu läpi koko hankkeen aina rakennuksen valmistumiseen saakka. Kustannusten hallinta on yksi projektinhallinnan kulmakivistä. [Lindholm 2009: 5.]

Kustannustehokkuuden parantaminen on yksi kohteen kannattavuuden ja yrityksen kilpailuedun ylläpitämisen ja kehittämisen peruspilareista. Kustannusten hallinnassa on tärkeää tuntea yrityksessä käytettävät kustannuslaskennan periaatteet, teorian ja käsitteistön. Näiden lisäksi kustannuslaskentaa varten tarvitaan julkisia ja yrityksen käytössä olevia kustannustietoaineistoja. Kustannusten hallinnassa on myös tärkeää sisäistää se, että työn ja materiaalien hinnan määräytyvät aina sen hetkisen markkinatilanteen mukaan, jolloin niitä ei voida täysin vakiodia. Tämän takia yrityksen on tärkeää ylläpitää omaa kustannustietoaineistoja sekä kustannuslaskijoiden tuntea alueensa markkinatilanne. [Lindholm 2009: 5.]

### 4.2 Kustannuslaskenta rakennusprojektissa

Kustannuslaskenta tarkoittaa tarjouksen pohjaksi tehtyä laskentaa kohteesta, kohteen kustannusten budjetoinnista ja valvontaa sekä toteutuneiden kustannusten pohjalta tehtyä jälkilaskentaa. [Lindholm 2009: 20.]



Kuvio 5. Kustannuslaskennan sisältö [Rakennustuotanto 2000: 7.]

Tilaaaja lähettää suunnitteluvaiheen jälkeen tarjouspyynnöt kohteesta urakoitsijalle, joka aloittaa kohteen kustannusarvion laatimisen ja tarjouslaskennan. Urakoitsija jättää tarjouksen jos kokee kohteen sopivaksi yritykselleen. Tilaaaja lähettää lähtöaineistoja kohteen tiedot, jotka sisältävät normaalisti urakkaehdot sekä kohteen tekniset asiakirjat. Kustannusarviolaskenta perustuu teknisiin asiakirjoihin ja tarjouslaskenta perustuu urakkaehtoihin. Kohteen määrälaskenta ja hinnoittelu tehdään kustannusarviolaskennassa. [Lindholm 2009: 21.]

#### 4.2.1 Kustannusarviolaskenta

Laskentaa, jota tehdään suunnitelmien pohjalta ja jossa määrien ja hintayksiköiden avulla arvioidaan kohteen rakennuskustannukset, kutsutaan kustannusarviolaskennaksi. Laskennan lähtötietoina ovat yleensä tilaajan lähettämät tarjouspyyntöasiakirjat suunnitelmiseen ja urakka-asiakirjoineen. [Lindholm 2009: 23.]

#### 4.2.2 Jälkilaskennan periaatteet

Jälkilaskennan avulla tarkistetaan, kuinka kohde on onnistunut taloudellisesti ja määrällisesti sekä kerätään tärkeää tietoa kustannuksista ja määristä, joiden avulla voidaan parantaa tulevien kohteiden kustannusarvio- ja tarjouslaskennan tarkkuutta. Jälkilaskennan avulla tarkistetaan kohteen toteutuneet kustannukset, osien taloudellinen onnistuminen sekä määrät ja niiden hinnat. [Lindholm 2009: 45.]

Jälkilaskennasta saatavilla tiedoilla seurataan, kuinka hyvin arvioidut kustannuslaskennat kuvasivat toteutuneita kustannuksia. Laskennasta saaduilla tiedoilla ylläpidetään sekä kehitetään yrityksen kustannustietokantaa, jota voidaan käyttää hyödyksi uusien kohteiden kustannuslaskennassa sekä tuotannosuunnittelussa. Tällä varmistetaan, että tiedot ja kustannusluvut ovat oikeita ja käyttökelpoisia uusien kohteiden kustannus- ja tarjouslaskennassa. [Rakennustuotanto 2000: 14.]

Jälkilaskentaa tilastotietoja hyödyntäen pyritään tekemään niille osa-alueille, joiden tavoitteen ja toteuman välinen ero on suuri. Tällöin tiedetään, että käytetty hintatieto on ollut väärä tai jokin huomioimatta jätetty asia on vaikuttanut suuresti kyseisen osa-alueen kustannukseen. Myös takuutyöt vaikuttavat kohteen taloudelliseen tilaan, näin ollen jälkilaskennassa on myös otettava takuutyöt huomioon. Kuitenkin, jonkun ennalta arvaamattoman syyn takia syntynyttä poikkeamaa ei tule huomioida jälkilaskennassa, esim. työmaalla sattuneen virheen takia. [Lindholm 2009: 46.]

Jälkilaskentatyö jaetaan kolmeen vaiheeseen, hankkeen aikana tapahtuvaan kustannustietojen keräämiseen, hankkeen jälkilaskentakokoukseen ja hankkeen valmistuessa viitekansioiden luomiseen. Jälkilaskennassa kohteen nimikkeen määrät ja hinnat tarkastetaan ja selvitetään todellisten kustannuksien jakauma. Projektin valmistuttua saadaan myös tieto siitä, mikä osa-alue hankkeesta on onnistunut ja mikä epäonnistunut eli budjetin alitukset ja ylitykset. Jälkilaskennan tarkkuus vaihtelee yrityksessä käytettyä laskentajärjestelmästä, ohjeistuksesta ja yrityksen määräyksistä riippuen. [Lindholm 2009: 46-47.]

Jälkilaskennan huolellisella tekemisellä ja määrä- ja hintatietokannan ajankohtaisena pitämisellä pyritään kustannusarvion- ja tarjouslaskennan jatkuvaan kehitykseen, näin ollen parempaan kilpailuetuun tarjouskilpailuissa. Kilpailuedun takia jälkilaskentatietokantaa tulisi pyrkiä kehittämään jatkuvasti kohteiden valmistuessa.

### 4.3 Elementtirakentamisen kustannukset

Jokaisen kohteen elementtityöt kilpailutetaan ja elementtitoimittaja valitaan aina saatujen tarjousten perusteella, yleensä halvimman toimittajan perusteella. NCC Rakennus Oy:llä on voimassa vuosittain vuosisopimukset muutamien elementtitoimittajien kanssa, jotka velvoittavat tarjousten pyytämisen ainoastaan näiltä toimittajilta ja valinta toimittajasta tehdään näiden välillä.

Elementtikohteen elementtirakentamisen kustannukset jakaantuvat yleensä siten, että kuormien kuljetuskustannukset, työmaalla tapahtuvien elementtien asennustyöt raudoituksineen ja saumavaluineen muodostavat pienemmän osan kustannuksista ja elementtien valmistustyö tehtaalla suurimman osan kustannuksista sisältäen myös elementtien suunnittelukustannukset. Elementtirakentamisen paikallinen vahvuus on työmaalla tarvittava vähäinen työresurssi, logistiikka, hävikkien määrät materiaaleissa ja muoteissa verrattuna paikallavalurakentamiseen.

Talvirakentaminen tuo aina lisäkustannuksia elementtirakentamiseen ja tämä tulee huomioida kustannustenhallinnassa riskinä. Talvesta aiheutuvia lisäkustannuksia voivat syntyä mm. seuraavista asioista:

- energiankulutuksen kasvu
- suojaamistarve
- työturvallisuudesta huolehtiminen (esimerkiksi liukkaus, valaisutarve)
- työnteen hidastuminen
- pakkaspäivät ja loma-ajat
- eritysmateriaalien käyttö ja materiaalihukat (esimerkiksi saumabetonin talvilaa-tu)
- vuokra-kaluston tarve (esimerkiksi lämmittimet, kaasut, pressut).

[Rakennustieto, ROK - Rakennusosien kustannuksia 2015: 20.]

## 5 HAASTATTELUT

Jokaisella yrityksellä on oma toimintaperiaate määrälaskennassa ja hinnoittelussa. Opinnäytetyön haastattelujen tavoitteena on saada kokonais käsitys NCC Rakennus Oy:n, Parman ja Rudus Oy:n käyttämistä määrälaskenta- ja hinnoitteluperiaate, jotta voidaan selvittää, mistä erot kustannusarvion ja toteutuneen kustannuksen välillä johtuvat. Haastattelutapoina on käytetty puhelinhaastattelua, sähköpostihaastattelua sekä henkilökohtaisia tapaamishaastatteluja.

### 5.1 Määrälaskentatavat ja -periaate

Kuten aikaisemmin on mainittu, yrityksestä ja laskijasta riippuen määrälaskenta voidaan suorittaa joko käsin suunnitelmista taikka nykypäivänä tietomallinnusohjelmien avulla. Myös määrälaskentaperiaate voi olla yrityskohtainen, kuitenkin tehdyistä haastatteluista huomataan, että kaikilla osapuolilla on laskentaperiaatteena elementtitoimituksissa Betonikeskus Ry:n laatima laskentaohje seinäelementeistä ja holvielementeistä.

#### 5.1.1 NCC Rakennus Oy

NCC Rakennus Oy:n käytäntönä on, että kohteissa joissa NCC Rakennus Oy toimii itse rakennuttajana (omat kohteet), käytetään omaa määrälaskentahenkilökuntaa ja kohteissa joissa rakennuttaja on joku muu (kilpailutetut kohteet), käytetään ulkopuolista määrälaskentayritystä. Määrälaskentaperiaatteena NCC noudattaa Talo 90 -määrälaskentaohjetta sekä Betonikeskus Ry:n julkaisemaa Betonisten elementtien määrälaskenta 2011 -ohjetta, käyttäen Nettoala A2 -laskentatapaa, jota myös elementtitehtaat käyttävät omissa määrälaskennoissa. [Saarinen 2016.]

Betonielementtien määrät lasketaan käsin piirustuksista mittaviivaimella, syöttäen ja digitoimalla TCM:n digitointiriveille tai käyttäen hyväksi mallinnusohjelma Solibri Model Vieweriä. Osan elementtimääristä voidaan ottaa suoraan mallinnuksesta, mutta NCC Rakennus Oy:n hankintainsinööri Heikki Saarinen huomauttaa, että näihin määriin ei voida vielä luottaa täysin. Esimerkkikohteena Saarinen mainitsee kohteen, josta on otettu mallinuksen kautta määrät, mutta josta puuttui kuitenkin 1. krs:n väliseinät kokoaan. NCC Rakennus Oy:n kustannusinsinööri Anne Niskanen kertoo käyttävänsä pää-

osin itse TCM-digitointia tai elementtimäärien käsin laskemista omissaan laskemissaan kohteissa. [Niskanen 2016.]

Kustannusinsinöörit Pekka Maunula ja Veli-Pekka Määttä mainitsevat haastatteluissa, että nopeuttaakseen määrälaskentavaihetta he itse laskevat kohteen elementit elementtityypeittäin, ei elementteittäin. Esimerkkinä he mainitsevat julkisivuelementit, jotka lasketaan koko talon pituudelta kerrottuna talon korkeudella josta sitten vähennetään julkisivussa olevat aukot. Tarpeen vaatiessa talo voidaan jakaa lohkoittain tai kerroksittain tarkempaa laskentaa varten, muttei yksittäisiin elementteihin. [Määttä, Maunula 2016.]

Jossain kohteissa tilaaja voi pyytää elementtitoimittajaa käyttämään omaa ammattitaitoa kohteen elementtien valmistuksen arvioimisessa sekä hinnoittelussa. Tällaiset kohteet ovat esimerkiksi kohteita, joissa on muodoltaan, rakenteeltaan haasteellisia elementtejä taikka kohteeseen ei ole saatavilla selkeitä elementtien tuotantosuunnitelmia ja määrällistä tarjousvaiheessa. [Saarinen 2016.]

### 5.1.2 Rudus Oy

Rudus Oy:llä ei ole enää omaa määrälaskentatoimia kohteista vaan tarjousvaiheessa käytetään tilaajan ilmoittamia määriä ja vasta elementtien tuotantovaiheessa kohteen elementtien tuotantosuunnitelmat syötetään Massive-tuotannonohjausjärjestelmään, josta saadaan lopulliset, kohteeseen valmistetut elementtimäärät. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että tarjouspyynnössä tilaaja lähettää mukanaan oman lasketun määrällisan kohteen elementeistä ja Ruduksen tehtäväksi jää ainoastaan hinnoitella nämä elementit parhaaksi katsomillaan hinnoilla. [Heiskanen 2016.]

Kuten NCC Rakennus Oy, myös Rudus Oy noudattaa omissaan määrälaskennoissaan Betonikeskus Ry:n julkaisemaa ohjeistusta määrälaskennasta. Tämä on tärkeää, sillä käyttämällä yhtenäistä ohjeistusta eri osapuolten informaatiot voidaan pitää samana.

### 5.1.3 Parma

Kuten Rudus ja NCC, myös Parma noudattaa omissa määrälaskennoissaan Betonikeskus Ry:n vuonna 2011 julkaisemaa määrälaskentaohjetta. Parman kehityspäällikön Heikki Aapron mukaan Parmassa käytetään monia määrälaskentatapoja, joista yleisin tapa on laskea määrät käsin paperisuunnitelmista. Kuitenkin yritys on siirtynyt enenevässä määrin mallinnusohjelmien käyttöön. Esimerkkinä Aapro mainitsee, että Parman oma tarjoussuunnitteluosasta tuottaa kohteista Tekla-mallinnuksen, josta saadaan suoraan elementtien määrät. [Aapro 2016.]

Parman käytössä on konsernin oma toiminnanohjausjärjestelmä, joka toimii alan yleisten sääntöjen mukaisesti. Betonikeskus Ry:n ohjeen mukaisesti määrät ilmoitetaan nettoaloina, jolloin ylimääräiset muodot kuten viistetyt kulmat, aukot ja varaukset vaikuttavat määrälaskentaan. [Aapro 2016.]



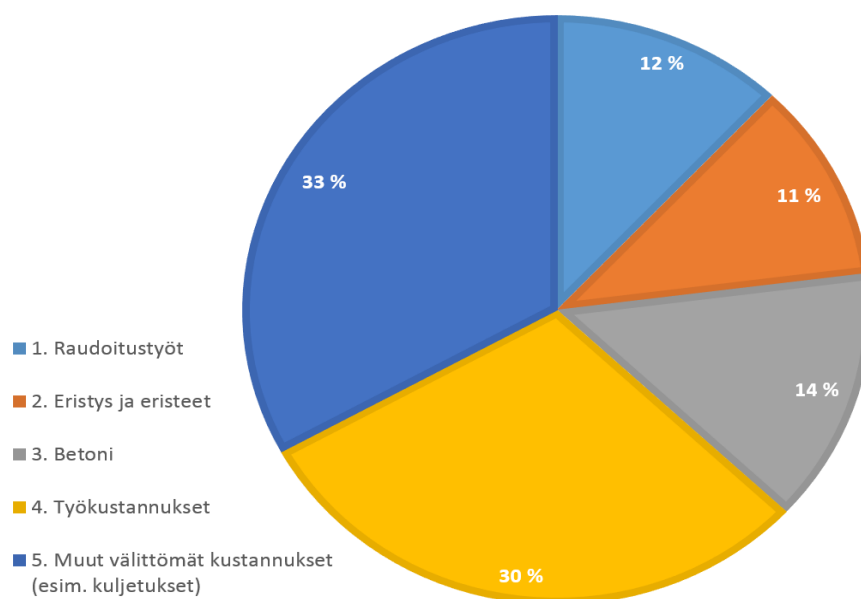
## 5.2 Elementtien hinnoittelutavat

Jokaisella yrityksellä on käytössään oma elementtien hinnoittelutapa, kuitenkin yleensä elementit hinnoitellaan muodosta riippuen kappaleina, neliömetreinä taikka juoksumetreinä. Elementtien hinnoitteluun vaikuttavat monia rakenteellisia asioita kuten elementin koko, muoto, paksuus, aukot ja varaukset, rauditusmäärät ja kulmat sekä visuaaliset asiat kuten pinnan muoto ja väritys sekä käytetty pintamateriaali.

### 5.2.1 NCC Rakennus Oy

NCC:llä on voimassa olevat vuosisopimukset elementtitoimittajien kanssa, jolloin jokaisella elementtityypillä on sopimuksen mukainen perushinta, jonka päälle lasketaan lisähinnat muutoksista ja lisäyksistä, kuten lisäraudoituksista, teräsosista, parvekekaivoista, erikois- tai väribetonista, vaakavaluista, läpivienneistä ja lisäsahauksista elementtitoimittajan antaman yksikköhintaluettelon mukaan. Elementin koko, muoto, paksuus, aukot, varaukset, eristyspaksuudet ja raudituksen määrät vaikuttavat oleellisesti elementin hintaan (kuvio 6). [Määttä, Maunula, Niskanen 2016.]

#### ELEMENTIN VALMISTUKSEN KUSTANNUSJAKAUMA



Kuvio 6. Elementin valmistuskustannusten jakauma [Saarinen 2016.]

Hinnoitteluprosessi edistyy siten, että NCC:n määrälaskija laskee kohteen elementtimäärät ja laatii määräluettelon Talo 90 -määrälaskentaohjeistuksen mukaisesti, joka sitten lähetetään elementtitoimittajalle tarjouspyynnön yhteydessä. Elementtitoimittaja yleensä hinnoittelee ainoastaan määräluettelossa olevat elementit jättäen kuitenkin itselle mahdollisuuden laskuttaa jälkikäteen kaikki lisäosat, joita ei ole tyyppielementtisuunnitelmissa tai määräluettelossa. Yleensä elementtien osalta suunnitelmat tarkentuvat vasta tuotantovaiheessa, jolloin urakan tarjous- ja laskentavaiheessa lähdetään liikkeelle puutteellisilla suunnitelmillä. Näin ollen jälkilasku voi olla huomattava verrattuna budjetoituun määrään. Niskanen sanoo, että omissaan laskelmissaan hän on pyrkinyt huomioimaan tämän hinnoittelun varaamalla ainakin runko- ja väliseinäelementille tietyn lisähintapotin, koska jälkilaskua tulee varmasti. [Niskanen 2016.]

NCC:n kustannusinsinöörit yleensä hinnoittelevat oman määrälaskelmansa elementtitoimittajan vuosisopimushinnaston mukaisesti, jotta voidaan jälkeinpäin vertailla elementtitoimittajan lähettämä tarjoustä. Laskijasta riippuen hinnoittelu voidaan tehdä kahdella tavalla. Määräluetteloa voidaan hinnoitella nettomääräisenä laatimalla hinta-arvion perustuen määräluetteloon ilman varauspottia. Toinen tapa on laskea nettomäärän lisäksi ”hukkaprosentti”, jolla katetaan jälkilaskua. [Maunula, Niskanen 2016.]

Kohteen tyyppielementtipiirustukset vaikuttavat oleellisesti elementtien hinnoitteluun. Tyyppielementtien avulla voidaan elementit hinnoitella tarkemmin jo kohteen tarjousvaiheessa, kun tiedetään tarkalleen elementin kiinnitystavat, lisäteräsovat ja lisäraudoitukset yms. [Niskanen 2016.]

Valitettavan usein laskentavaiheessa ei ole käytössä mallielementtipiirustuksia ja jos onkin, niin ne ovat tehty kohteen ”helpoimmasta” kohdasta. Eli piirustuksia ei ole tarvittavista erikoispaikoista, joihin tulee lisäteräksiä tms. teräsovia, jotka nostavat lopullista elementtikaupan hintaa. [Niskanen, 2016.]

Nykyaikainen arkkitehtuuri on visuaalisesti hieno, mutta rakenteellisesti haastavaa toteuttaa ja tämä näkyy myös elementtien valmistuskustannuksissa. Talojen julkisivuihin halutaan erikoispintoja, onteloiden jännevälit halutaan mahdollisimman pitkäksi, elementtien muodot ovat epäedullisia kuljettaa sekä talojen sisään rakennetaan autohallia, jolloin palkit ja pilarit ovat rankasti raudoitettuja. Kohteen elementtitoimittajavaiheessa ei päästä pitkiin sarjoihin eli ei päästä valmistamaan yhtä samaa elementtiä, koska jokainen kerros poikkeaa toisistaan. Nämä kaikki edellä mainitut seikat tulee ottaa huomioon kohteen määrä- ja hinnoittelulaskennassa, sillä nämä vaikuttavat elementin hintaan huomattavasti. [Määttä 2016.]

Niskanen sanoo, että hän itse pyrkii suunnilleen hinnoittelemaan em. syistä johtuvat lisätyöt vuosisopimuksen mukaan sekä vertailemalla samantapaisten kohteiden toteutuneita kustannustietoja etukäteen, jotta jälkilasku voidaan minimoitua. Monimutkaisemmasta rakenteesta johtuen työmaalla tapahtuvan rakentamisen aikana voi syntyä lisä- ja muutostöitä, joihin pitää työmaan aikana reagoida nopeasti, jotta saadaan niistä syntyvät kustannukset välitettyä tilaajalle. [Niskanen 2016.]

Työmaan pitäisi olla hereillä ja vertailla jatkuvasti päivitettyjä suunnitelmia urakasopimuksen liitteenä oleviin alkuperäisiin suunnitelmiin, jotta lisätyöt voitaisiin laskuttaa tilaajalta”, [Niskanen 2016.]

Saarinen kertoo myös, että erikoismuotoiset elementit kuten kolmion mallisten elementtien yksikköhinta on korkea, sillä näitä elementtejä valmistaessa elementtitehtaan muottipöydästä ei voida käyttää hyväksi kaikkia pöytäpinta-alaa, jolloin käyttämättömästä ”pöytätilasta” saatava hinta on sisällytettävä valmistettavaan elementtiin. Edullisin valmistettava muoto olisi teoreettisesti iso, neliskanttinen elementti ilman mitään ulokkeita sekä isoja aukkoja. [Saarinen 2016.]

Niskasen ja Saarisen mielestä paras tapa hallita syntyviä kustannuksia olisi se, että kohteen elementtisuunnitelmat valmistuisivat ajoissa ja olisivat mahdollisimman täydellisiä jo laskentavaiheessa, jolloin voitaisiin välttyä lisä- ja muutostöiltä sekä elementit voitaisiin hinnoitella mahdollisimman tarkasti. Tämä onnistuisi parhaiten Saarisin mielestä siten, että yritys varaisi työsumman kohteelle jo ennen kuin kohdetta on edes voitettu, jolloin kohteen voitettua ja rakennusluvan saatua voitaisiin aloittaa heti rakentamisen avustavat työt. Näiden lisäksi projektipäälliköiden pitäisi ohjata kohteen arkkitehtisuunnittelua siten, että kohteen suunnittelussa karsittaisiin pois kalliit ratkaisut julkisivuista sekä käyttämään vuosisopimuksessa valmiiksi hinnoiteltuja elementtityyppejä. [Saarinen, Niskanen 2016.]

## 5.2.2 Rudus Oy

Rudus Oy hinnoittelee kohteen elementit neliöhintoina, kappalehintoina ja juoksumetreinä riippuen valmistettavan elementin tyypistä. Valmistettavien elementtien sarjan pituus vaikuttaa huomattavasti hintaan. Mikäli päästään valmistamaan pitkää sarjaa toisin sanoen jos toistuvuudet aukoissa ja elementeissä sekä niiden paksuus lämpöeristeineen pysyisi samana, elementin hinta on edullisempaa. Rudus Oy:n myyntipäällikkö Juhani Heiskanen painottaa, että nykyisin kun ei voida enää 35 %:n sääntöä elementtien hinnoittelussa, niin etenkin parveketaustat ja liiketilojen elementit on hinnoiteltava huolella. Hän myös muistuttaa, että kaikki elementin muoto, koko, paksuus, aukot, varaukset, eristykset, raudoitukset sekä talvirakentaminen vaikuttavat elementin hintaan. Täten jokainen elementti tulee hinnoitella yksilöllisesti. [Heiskanen 2016.]

Kuten aiemmin oli mainittu, täydellisillä tyyppielementtisuunnitelmissa on vaikutusta elementtien hinnoittelutarkkuuteen. ”Hyvät tyyppiinrakennukset auttavat saamaan oikean hinnan niin ei tarvitse paljon arvuutella hinta”, huomauttaa Heiskanen. Jos kohteessa on elementtejä, joista ei ole tyyppielementtipiirustuksia nämä pyritään hinnoittelemaan sidottuina tiettyyn oletukseen tai rakennekuvista saataviin tietoihin, joista mainitaan sitten tarjouksessa erikseen. [Heiskanen 2016.]

Ruduksella varaudutaan kohteen lisätöihin kohteen koon perusteella. Toteutuneiden kohteiden kustannustoteutumista katsotaan keskimääräinen arvio lisätöistä, johon sitten varaudutaan ennakkoon tarjottavassa kohteessa. Teräsosat ja lisäteräkset ovat yleensä ne komponentit, missä tulee lisätöitä, huomauttaa Heiskanen. Tämän lisäksi hän huomauttaa, että korkeiden elementtien kuljetuksesta tulee aina lisäkustannuksia kuljetuskustannuksiin verrattuna normaalikorkuisiin elementteihin.[Heiskanen 2016.]

Lisätyöt hinnoitellaan työkohtaisesti niiden syntyessä, nyt tiukkoina kilpailuajoina ei tarjoukseen voi mitään ylimääräisiä arvauksia laittaa. [Heiskanen 2016.]

Hinnoittelua tärkeämpänä Heiskanen pitää pitkiä ja hyviä asiakassuhteita sekä jatkuvaa yhteydenpitoa työmaan kanssa. Näiden lisäksi kun aikataulut pidetään ajan tasalla, niin tehtaiden kuormitukseen osataan varautua etukäteen. Hänen mielestään tärkein työkalu elementtityön sujuvuuden kannalta on toimittaa oikea asennusaikataulu heti alusta alkaen myös tehtaan käyttöön.

### 5.2.3 Parma

Parman hinnoittelu perustuu elementtien valmistuskustannuksiin. Valmistuskustannusten laskennassa huomioidaan muun muassa elementin koko, geometria, rakenne, raudoitustarpeet, toistuvuudet, työkustannukset, materiaalit sekä itse tehtaan ylläpitoon liittyvät kustannukset. Myös elementtien kuljetukset tehtaalta työmaalle sekä elementin koon takia mahdolliset erikoisjärjestelyt huomioidaan elementin hinnassa. [Aapro 2016.]

Aapro mainitsee haastattelussa, että jokainen tehdas on kilpailukyvyn suhteen erilainen ja kilpailukyky mitataan markkinoilla. Esimerkiksi tehdas erikoistuminen johonkin tiettyyn tuotteeseen tuottaa yleensä paremman kilpailukyvyn. Tehtaan kilpailukykyyn vaikuttaa muun muassa tehdas maantieteellinen sijainti, koko, tehdas tuotevalikoima, tehdas kuormitustilanne ja tehdas resurssi sekä kone- ja laitekanta. Näiden lisäksi eri tuotteilla on erilainen määrä kilpailijoita markkinoilla, esimerkiksi ontelolaattaelementeillä on enemmän kilpailijoita kuin ELPO-hormielementeillä. [Aapro 2016.]

Kohteen tyyppielementtipiirustuksien avulla on helppo laskea ja antaa hintaa elementteille, mikäli tilaaja suostuu sitomaan annetun hinnan tyyppielementteihin. Kuitenkin useimmissa kohteissa Aapro pitää ongelmana usein se, että tyyppielementtipiirustukset eivät kuvaa riittäväällä tarkkuudella kohteen keskimääräistä elementtiä, jolloin esimerkiksi raudoituksen tai elementin geometrian takia joudutaan turvautumaan yksikkökohtaisiin lisähintoihin. Tilanteissa, joissa elementti ei ole tyyppitetty, käytetään laskennassa kyseiselle elementtityypille esimerkiksi keskimääräistä raudoitusmäärää, jotka eritellään erikseen tarjouksessa. [Aapro 2016.]

Parmassa elementtien lisätyöt käsitellään pääsääntöisesti kahdella tavalla:

- pienet lisätyöt hinnoitellaan ennakkoon annetun yksikköhintaluettelon mukaan
- suuremmista lisätyöistä tehdään lisätyötarjous, jonka mukaan edetään.

Aapro mainitsee, että asioiden sujuvuuden ja ennakoitavuuden parantamiseksi lisätyötä ja lisätyötä edellyttävistä muutoksista tulisi tiedottaa tilaaja heti kun asia ilmenee eikä vasta taloudellisessa loppuselvityksessä. Tämän lisäksi sujuvuuden ja ennakoitavuuden parantamiseen vaikuttavat Aapron mielestä myös pitävä aikataulu, työmaan ja tehdas välinen aktiivinen yhteistyö sekä suunnitelmien ajan tasalla pitäminen. [Aapro 2016.]

### 5.3 Haastatteluiden yhteenveto

NCC:llä ja elementtitehtailla tehdyistä haastattelusta huomataan, että kaikki osapuolet käyttävät omissaan määrälaskennoissaan samaa määrälaskentaohjetta, Betonikeskus Ry:n julkaisemaa laskentaohje seinä- ja laattaelementeistä. Pinta-alat ilmoitetaan ohjeen mukaisesti nettoaloina(m<sup>2</sup>). Tarjousvaiheessa elementtitoimittajat yleensä sitovat tarjouksensa kuitenkin tilaajan eli NCC:n lähettämään tarjoukseen ja määräluetteloon. Tapauksissa, joissa kohteesta on saatavilla tyyppielementtipiirustukset, määräluettelo sekä tarjoukset tehdään sidottuina näihin. Jos tyyppielementtipiirustuksia ei ole saatavilla tietyille elementeille, elementtitoimittajat ovat hinnoitelleet nämä viitaten tiettyyn oletukseen taikka rakennekuvista saatavaan tietoon, esimerkiksi raudoituksen osalta. Näistä ilmoitetaan erikseen tarjouksessa.

Määrälaskentatavat vaihtelevat yrityksestä ja laskijasta riippuen. Määrät voidaan laskea joko käsin mittaamalla piirustuksista tai käyttämällä hyväksi mallinnohjelmiä kuten Solibrin Model Vieweristä saatuja mittoja. Sekä NCC että Parma käyttävät omissaan määrälaskennoissaan edellä mainittua tapoja. Rudus Oy:llä ei ole käytössä tiettyä laskentatapaa, sillä yritys hinnoittelee tilaajalta saadun määräluettelon mukaisesti. Lopulliseen kohteeseen valmistetun elementtimäärän yritys saa yrityksen omasta Massive -tuotannonohjausjärjestelmästä. Myös Parmalla on oma tuotannonohjausjärjestelmä käytössä.

Hinnoittelutavassa Ruduksella ja Parmalla ei ole suurta eroa. Kummatkin yritykset hinnoittelevat elementtityypistä riippuen kappaleina, juoksumetrinä tai pinta-alana. Kummatkin yritykset huomauttavat, että elementin hinta on yksilöllinen, koska elementin muodot, raudoitukset, aukot, kulmat, reunat eristys, rakenne yms. vaikuttavat hintaan. Näiden lisäksi kummatkin toimittajat painottavat elementtien toistuvuuden vaikutusta elementin hintaan. Päästessään tekemään saman ”mallista” elementtiä jatkuvalla syötöllä, elementin yksikkövalmistuskustannukset pienenevät. Myös kuljetuskustannukset tehtaalta työmaalle vaikuttavat elementin hintaan, sillä rahat ovat laskettuna mukaan toimittajan antamaan tarjoukseen.

Tarkalla tyyppielementtisuunnitelmalla on suuri merkitys elementtien hinnoittelussa. Täydellisellä tyyppielementtipiirustuksella avulla voidaan määrälaskentavaiheessa laskea määrät tarkasti ja hinnoitteluvaiheessa elementtitoimittaja voi hinnoitella elementtinsä tarkasti suunnitelman avulla, näin ollen kustannusarvio voidaan tehdä tarkemmin

eikä lisä- ja muutostöille ole tarvetta, jolloin loppulaskua ei tule. Valitettavasti kuitenkin kiivaan rakentamistahdin takia yleensä laskenta- ja tarjousvaiheessa ei ole saatavilla täydellisiä elementtisuunnittelupiirustuksia, jolloin joudutaan turvautumaan ennakoarvauksiin sekä aikaisempien kohteiden toteutuneisiin kustannuksiin. Tämän takia molemmat toimittajat lähettävät tarjouksen mukana yksikköhintaluettelon muutos- ja lisätöistä, jotta tilaaja voi ennakkoon varautua näihin. Pienistä lisätöistä veloitetaan elementtitoimittajan lähettämän yksikköhintaluettelon mukaisesti ja suuremmista lisätöistä informoidaan ja sovitaan erikseen toimintatavasta.

Käytännössä elementtien määrälaskenta ja hinnoittelu toteutuu siten, että ensin tilaajan (NCC) määrälaskentaosasto laskee ja laatii määräluettelon kohteen elementtien määristä rakennepiirustuksien avulla, jonka jälkeen lähetetään tarjouspyyntö elementeistä määräluetteloineen elementtitoimittajalle. Tämän jälkeen elementtitoimittajat hinnoittelevat elementtinsä, yleensä määräluettelon mukaisesti ja lähettävät tarjouksen millä hinnalla he ovat valmis valmistamaan kyseisiä elementtejä. Tilaaja valitsee tarjouksista parhaimman tarjouksen ja tekee sopimuksen elementtitoimittajan kanssa. Valintaan vaikuttavat muun muassa tarjouksen hinta, sisältö, elementtien toimitusajat, ehdot lisä- ja muutostöistä, asiakassuhteet sekä elementtitehtaan kuormitustaso ja kyky valmistaa kohteen elementit.

Kun kohteen suunnittelu etenee, elementtisuunnittelussa saadaan lopullinen tieto, minäkalaisia elementtejä kohteeseen tulee. Elementtitehtaalte toimitetaan lopulliset elementin suunnittelupiirustuksen, jonka mukaan aloitetaan tuotantotyöt. Kun kaikki kohteen elementit on valmistettu, tehtaalta saadaan tieto kuinka paljon elementtejä on lopulta valmistettu kohteeseen. Valmistettujen elementtien määrää verrataan tilaajan määrälaskijan saamaan määrään rakennepiirustuksista ja jos elementtejä on valmistettu enemmän kuin mitä on määrälaskija laskenut, maksetaan lisää elementtitoimittajalle. Kun taas jos valmistettu määrä on vähemmän kuin mitä määrälaskija on laskenut, tilaaja saa hyvityslaskun elementtitoimittajalta. Lisälaskua syntyy, kun elementtisuunnittelussa suunnitellaan esimerkiksi enemmän raudoitusta elementtiin, kuin mitä on tarjousvaiheessa oletettu tai on ilmoitettu tyyppielementtipiirustuksessa.

## 6 PROJEKTIEIN VERTAILUT

Projektien vertailussa tutkitaan, kuinka hyvin valitut kohteet ovat onnistuneet määrälaskennassa ja hinnoittelussa elementtirakentamisen osalta, sen lisäksi tutkitaan, mitkä ongelmat ovat johtaneet lisätöihin kyseisessä kohteessa ja miten näitä olisi voitu ottaa huomioon etukäteen laskentavaiheessa. Vertailun aikana tutkitaan myös, mitkä seikat vaikuttavat määrälaskennan ja hinnoittelun onnistumiseen ja epäonnistumiseen kohteissa. Vertailtaviksi kohteiksi valikoitui Loiskekuja Vantaalla, Aikalisä Helsingissä sekä Pohjoinen Rautatienkatu Helsingissä.

### 6.1 Kohteet

Tässä osiossa esitellään vertailuun valittujen kohteiden tiedot julkisesti avoimien tietojen sallimissa rajoissa. Lisäksi ilmoitetaan, miten kyseisen kohteen määrälaskenta on toteutettu laskentavaiheessa ja kenellä on vastuu määrälaskennasta ennen tarjouksen jättämistä.

#### 6.1.1 VAV Loiskekuja 1

Loiskekujan kohde koostuu kolmesta 5-kerroksisesta kerrostalosta, joissa on yhteensä 105 vuokra-asuntoa. Asunnot ovat pääosin yksiöitä, kaksioita sekä kolmioita ja kohteen bruttopinta-ala on yhteensä 7984 m<sup>2</sup>. Kohteen rakentaminen aloitettiin 1.4.2015 ja sen arvioitu valmistumisaika on 30.6.2016. [Rakennusfakta.fi, Loiskekuja 1 -kerrostalot 2015.]

Talojen kantavat ulkoseinät koostuvat sandwich- ja sisäkuorielementeistä ja väliseinät olivat myös betonielementtejä. Talojen julkisivuina toimivat paikalla muuratut tiilimuuraukset. Ulkoseinäelementit kohteeseen toimitti SV-elementti ja väliseinä-, ontelolaatta- sekä hissikuiluelementit toimitti Parma.

Loiskekujan kohde on kokonaisurakkakohde, näin ollen kohteen määrälaskenta ulkoistettiin FMC Laskentapalveluille. Kuitenkin vastuu määrästä on NCC:llä tarjousta tehdessään ja määrälaskentatarkastuksia tehtiinkin pistokokein hinnoittelun yhteydessä ja tarvittavista määräkorjauksista tiedotettiin FMC:lle. [Niskanen, 2016.]



### 6.1.2 As Oy Helsingin Aikalisä

As Oy Helsingin Aikalisän kohde koostuu 8-kerroksisesta kerrostalosta, jossa on yhteensä 42 seniori-asuntoa. Talo toimii Hitas-senioritalona, jossa kohteen bruttopinta-alana on yhteensä 4535 m<sup>2</sup>. Kohteen rakentaminen aloitettiin 1.10.2014 ja se valmistui 1.10.2015. Kohde rakennetaan Hitas-sääntöjä noudattaen ja toteutetaan ryhmärakennushankkeena, joka tarkoittaa että myös asukkaat pääsevät osallistumaan talon asuntojen ja yhteistilojen suunnitteluun. [Aikalisä ry 2014.]

Kohteen runkoelementtinä toimivat sandwich-elementit, jotka toimitti Rudus. Mikkelin Betoni toimitti kohteeseen väliseinä-, hissikuilu- sekä parvekebetonielementit ja ontelolaattaelementit toimitti Betsset. Kuten Loiskekuja, myös Aikalisän kohteen julkisivuna toimii paikalla muurattu tiilimuuraus.

As Oy Helsingin Aikalisä kohde oli myös kokonaishintaurakkakohde. Tässä kohteessa määräluettelo saatiin suoraan rakennuttajalta, jolloin NCC:n vastuulle jäi ainoastaan määrien tarkastus ja hyväksyminen ennen urakkasopimuksen allekirjoittamista. Myös tässä kohteessa määrälaskijana toimii FMC laskentapalvelut. NCC:n määrälaskija tarkisti kohteen elementtimäärät laskemalla ne itse ja sen jälkeen sovittiin, että määrien tarkistus tehdään jälkilaskennan avulla toimitettujen määrien mukaisesti. [Kilpeläinen 2016.]

### 6.1.3 Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy

Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy:n kohde käsittää yhden rakennuksen, joka koostuu 7-kerroksisesta ja 5-kerroksisesta kerrostaloista, joita yhdistää yksikerroksinen liiketila. Kohteessa on yhteensä 90 seniori-asuntoa ja bruttopinta-ala on 9383 m<sup>2</sup>. Autohalli on osittain asuinrakennuksen, liiketilan ja pihakannen alla. Kohde on senioreille tarkoitettu ja vapaarahoitteisesti rakennettu, joka tarkoittaa rakentamista ilman valtiolta saatua korkotukea tai lainaa, jolloin asuntoihin ei sisälly mitään valtion asettamia rajoitteita. Kohteen rakentaminen aloitettiin 1.5.2014 ja se valmistui 1.2.2016. [Etera 2014.]

Suomen Kovabetoni Oy toimitti kohteen kaikki betonielementit. Talon ulkoseinät ovat paksurapattuja betonielementtejä pois lukien 1. krs, sillä 1. krs:n julkisivuseinät olivat luonnonkiviverhoiltuja sandwich-elementtejä. Väliseinät, parvekkeet ja hissikuilun alaja yläkupit olivat myös betonielementtejä. Suurin osa välipohjista sekä kaikki autohallin väliseinät olivat paikalla valettuja rakenteita.

Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy kohde on kokonaishintaurakka kohde, jolloin määrälaskenta on myöskin ulkoistettu Areite Oy määrälaskentayritykselle. Määrälaskentavastuu oli kuitenkin NCC:llä, joten määrälaskentatarkastuksia tehtiin pistokokein ja puutteista tai virheistä huomautettiin määrälaskentayritystä ennen tarjouksen jättämistä.

## 6.2 Kustannusten ja määrien vertailu

NCC Rakennus Oy käyttää omissaan kohteissaan omaa määrälaskentaa ja urakkakohteissa ulkoista määrälaskentapalvelua. Tässä luvussa vertaillaan kohteiden laskentavaiheessa arvioituja ja toteutuneita kustannuksia ja määriä sekä pyritään selvittämään, mistä tämä ero johtuu. Laskelmaluvut perustuvat NCC:n sisäiseen kustannushallintajärjestelmään, Coolpro:hon.

### 6.2.1 VAV Loiskekuja 1

Kohteen määrälaskenta ulkoistettiin FMC laskentapalveluille, kuitenkin määrälaskentavastuu jää NCC:lle ennen tarjouksen jättämistä. FMC:ltä saadun määräluettelon ja pyydettyjen tarjousten perusteella laadittiin budjetti elementtirakentamiselle, joka kuitenkin ylittyi 173 745 €:lla (-8,47 %). Tämä kohde on erikoinen siinä mielessä, että kustannukset arvioitujen ja toteutuneiden välillä on suuri miltei joka osa-alueella (taulukko 2).

Taulukko 2. VAV Loiskekuja 1 kustannusten jakauma elementtirakentamisen osalta

Loiskekuja		
	Erotus €	Erotus - %
<b>Rakenne- ja elementtisuunnittelu</b>	-8 445	-11,71 %
<b>Elementtiasennustyö tarvikkeineen</b>	37 379	11,75 %
<b>Runkoelementit</b>	-116 346	-13,66 %
<b>Väliseinät</b>	-63 567	-21,16 %
<b>Ontelolaatat</b>	-26 948	-7,75 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>-177 927</b>	<b>-9,41 %</b>

Kymin Rakennesuunnittelu vastasi kohteen rakenne- ja elementtisuunnittelusta. Tämä osa-alue ylittyi budjetoidusta tavoitteesta 8 445 €:lla (11,71 %). Ylitykset johtuivat pääosin lisä- ja muutostöistä koskien elementtien suunnitelmamuutoksia, joita olivat muun muassa parveketaustaelementtien muuttaminen maalattuihin sandwich-elementteihin, sokkelielementtien korkeusmuutokset sekä rakentamisen aikana huomattujen perustusten suunnitelmamuutokset. Lisäksi lisäkuluja muodostui elementtien sähkösuunnittelusta, joita ei ole otettu huomioon kustannustavoitetta asettaessa.

Kohteen rakennusinsinööri Marko Jussila mainitsee, että hyvin tehdyn elementtien asennussuunnitelman, hyvän asennusryhmän sekä kalustojen ja materiaalien tehoon kiertämisen ansiosta asennuskustannuksia saatiin laskettua huomattavasti. Asennustöiden kustannuksia alitettiinkin asetetusta tavoitteesta 37 379 €:lla (11,75 %). [Jussila 2016.]

SV-elementti toimitti kohteen kantavat runkorakenteet kuten esimerkiksi muutostöihin kuuluneet sandwich-elementit parvekkeiden taustoille. Alkuperäisestä suunnittelusta poiketen Cembrit-julkisivulevytyistä vaihdettiin maalattuihin Sandwich-elementteihin parveketaustojen osalta sekä sokkelielementtejä madallettiin. Näillä muutoksilla tavoitettiin noin 35 000 € säästöä rakentamiskustannuksissa, joka näkyy kohteen kokonaisrakentamiskustannuksessa. Jussilan mukaan kohteen elementtirakentamisen kustannuksiin nämä vaikuttivat kasvavasti, sillä normaaleja kantavia ja ei-kantavia parveketaustaelementtejä muutettiin paljon Sandwich-elementeiksi, jotka olivat paljon kalliimpia kuin alkuperäiset. [Jussila 2016.]

Budjetoitu tavoitehintaa ylitettiin reilulla 116 346 €:lla (13,66 %). Merkittävä osa ylityksestä johtuivat parveketaustaelementtien muutostöistä ja loput lisätöistä, joita ei ollut mahdollista laskea tarjousvaiheessa mallielementtikuvista tai suunnittelupiirustuksista. Lisätöitä olivat muun muassa lisätyt kaideholkit, Sewatek-läpiviennit ja lisähanakulmat. Näiden lisäksi Jussila huomauttaa, että laskentavaiheessa hankinnan tavoitteeksi oli asetettu 30 000 €, joka ei kuitenkaan ole toteutunut. [Jussila 2016.]

Parma toimitti kohteeseen väliseinä-, ontelolaatta- ja hissikuiluelementit. Väliseinäosio ylittyi budjetoidusta määrästä 63 567 €:lla (21,16 %). Arvioitu väliseinä-kustannus ylitettiin laskentavirheen takia, sillä rakentamisen aikana huomattiin, että laskematta oli jätetty jokaisen talon neljän ylimmän kerroksen väliseinät, yhteensä 971 m<sup>2</sup> sekä kolmen talon hissien alakuiluelementtien alakupit, yhteensä 6 kpl. [Niskanen 2016.]

Loiskekuja 1:n vastaava työnjohtaja Lasse Sipilä moittii kohteen elementtisuunnittelua, sillä hän ei muista yli 40 vuoden urallaan yhtään kohdetta, jossa olisi käytetty yhtä paljon Petra-palkkeja välipohjissa. Petra-palkkien käyttö kasvattaa sekä asennuskustannuksia että onteloiden valmistuskustannuksia, sillä tarvittavat sahausmäärät kasvavat. Samoihin sanoihin samaistuu myös Jussila. Tämän lisäksi SUR-uria oli suunniteltu vietäväksi alapohjien ja avokuilun kautta, joka lisäsi huomattavasti rakentamiskustannuksia. Parempina ratkaisuna Sipilä pitää SUR-urien viemistä ELPO-hormeissa. Näiden lisäksi heikkojen lähtösuunnitelmien takia elementtien valmistus ja toimitus viivästyi n. neljällä viikolla. Positiivisena asia Sipilä pitää paikallavalukaistojen vähyyttä työmaalla. [Sipilä 2016.]

Ontelolaatoissa kustannusylitys arvioidun ja toteutuneen välillä oli 26 948 €:a (7,75 %). Onteloiden neliömäärät pysyivät samana, mutta kappalemäärät lisääntyivät sillä onteloita lyhennettiin ja kiinnitettiin Petra-palkeilla. Ylitykset johtuivatkin pääosin lisätöistä, joidenka arvo oli noin 27 000 €. Lisätöitä olivat muun muassa lisäreiät, lisäsahaukset, lisäsähköputkivaraukset (SUR), nostolenkit, kolo- ja palolaatat sekä vaijerilenkkikiinnitykset (PASI) väliseinäelementeille. Edellä mainittuja töitä Parma ei ole laskenut ennakkotarjoukseen johtuen tarjousvaiheessa olevista puutteellisista suunnitelmista ja nämä sovittiinkin laskutettavaksi loppuselvityksen yhteydessä [Niskanen 2016.].

## 6.2.2 As Oy Helsingin Aikalisä

As Oy Helsingin Aikalisän kohteessa määräluettelo (FMC laskentapalvelulta) saatiin suoraan rakennuttajalta ja NCC:n vastuulle jäi ainoastaan määrien tarkistus ja hyväksyminen ennen tarjouksen jättöä. Tarjousvaiheessa sovittiin, että kohteen määrätarkistus tullaan tekemään vasta kohteen valmistuttua jälkilaskennan avulla toteutuneiden määrien mukaisesti. Tarkastuksessa käytetään hyväksi toimittajien laskuja sekä mitauspöytäkirjoja. Kohteen kustannusylitys tavoitteen ja toteutuneen välillä oli n. 33 406 € (3,01 %) (taulukko 3).

Taulukko 3. As Oy Helsingin Aikalisän kustannusten jakauma elementtirakentamisen osalta.

Aikalisä		
	Erotus €	Erotus - %
<b>Rakenne- ja elementtisuunnittelu</b>	<b>Tilaaajan kustannus</b>	
<b>Elementtiasennustyö tarvikkeineen</b>	-6 674	-4,73 %
<b>Runkoelementit</b>	1 016	0,18 %
<b>Väliseinät</b>	-9 137	-5,99 %
<b>Ontelolaatat</b>	-16 742	-8,67 %
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>-31 537</b>	<b>-2,97 %</b>

Koska As Oy Helsingin Aikalisän hankkeessa määräluettelo ja rakenne- sekä elementtisuunnittelu olivat tilaaajan vastuulla, ei näihin tarvinnut erikseen budjetoida kustannuksia. Kohteen suurimmat kustannusylitykset jäivät väliseiniin (5,99 %) ja ontelolaatta-elementteihin (8,67 %).

Kohteen runkoelementit toimitti Rudus. Lisäkustannukset johtuivat suunnitelman puutteista ja suunnitteluvirheistä laskentavaiheessa. Lisätöitä tuli muun muassa elementtien kiertolisistä ja muista lisistä joita olivat muun muassa läpimenojen piikkaustyöt, oviauk-

kojen muutostyöt ja reikien poraukset, mutta koska elementtejä valmistettiin vähemmän, kuin oli määrälaskentavaiheessa arvioitu, kaappasumma riitti eikä rakennuttajalle tarvinnut hyvittää kovin paljoa. [Niskanen 2016.]

Elementtien asennustyötä hinnoittaessa ei ole otettu huomioon elementtien kiinnittämiseen vaadittavia hitsaus- ja raudoitustöitä. Elementtien määrän tarkentuessa 1385 kappaleesta 1410 kappaleeseen kasvatti tämä myös asennustyökustannuksia. Kohteen työmaainsinööri Juho-Pekka Kosken mukaan, huonosti tehty urakkasopimus asennusryhmän kanssa antoi mahdollisuudet asennusryhmälle laskuttaa lisätuntitöitä, joita ei ole myöskään otettu huomioon kustannustavoitetta asettaessa. Näiden takia elementtien asennustyö ylittyikin 6 674 €:lla (4,73 %). [Koski 2016.]

Väliseinät kohteeseen toimitti Mikkelin Betoni. Väliseinälaskelmat ylittyivät lasketusta tavoitteesta 9 137 €:lla (5,99 %), joka johtui enimmäkseen suunnitelmien puutteesta tarjousvaiheessa. Lisätöitä tuli muun muassa verkkoraidoitetuista väliseinistä, joita oli yhteensä 367 m<sup>2</sup> sekä jännitetyistä parvekelaattaelementeistä, joita ei ole piirretty laskentavaiheessa suunnitelmiin, eikä näin ollen merkitty määräluetteloon. [Niskanen 2016.]

Kohteen ontelolaattaelementtien toimittajaksi valikoitui Betsset. Ontelolaattaelementit ylittyivät lasketusta tavoitteesta 16 742 €:lla (8,67 %). Neliöllisesti onteloiden määrät olivat oikein, mutta ylitys johtui laskentavirheistä reikä- ja kavennussahauksissa. Lisätöitä ontelolaattaelementtien osalta olivat muun muassa kavennussahaukset, reikäsahaukset, lisävaijerilenkit (PASI) kiinnitystä varten sekä lisäsähköputkivaraukset (SUR). Osaa näistä ei ollut merkitty suunnitelmiin laskentavaiheessa, joten sopimuksen mukaan elementtitoimittajalla oli oikeus laskuttaa näitä lisätöinä. [Koski 2016.]

### 6.2.3 Pohjoinen Rautatienkatu 30 As Oy

Kohteen määrälaskenta ulkoistettiin Areite Oy määrälaskentayritykselle. NCC:n vastuulle jäi kuitenkin määrien tarkistus ennen tarjouksen jättämistä. Elementtien määrät varmistettiin NCC:n omalla määrälaskijalla, joka laski kohteen elementtien määrät ja saatuja määriä verrattiin laskentayrityksen antamaan määräluetteloon. Saadun määräluettelon, elementtitoimittajien vuosisopimusten ja saatujen tarjousten perusteella asetettiin tavoitekustannus, joka kuitenkin ylitettiin 87 297 €:lla (5,57 %). (taulukko 4)

Taulukko 4. Pohjoisen Rautatienkadun 30 As Oy:n kustannusten jakauma elementtirakentamisen osalta

Pohjoinen Rautatienkatu		
	Erotus €	Erotus - %
Rakenne- ja elementtisuunnittelu	-4 680,00	-4,67 %
Elementtiasennustyö tarvikkeineen	-14 668,00	-8,58 %
Runkoelementit (sis. väliseinä-, hissikuilu- ja parveke-el.)	-67 949	-4,98 %
Väliseinät	Sisältyy runkoelementteihin	
Ontelolaatat	Paikalla valettuna	
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>-87 297</b>	<b>-5,57 %</b>

Teknokolmio Oy vastasi kohteen rakenne- ja elementtisuunnittelusta. Suunnitteluosio ylitettiin 4 680 €:lla (4,67 %) Ylitykset johtuivat huonosti tehdyistä suunnittelusopimuksista, jolloin lisäkustannuksia syntyi lisäsuunnittelutyötunneista sekä elementtisuunnittelun virheistä.

Suomen Kovabetoni Oy toimitti kohteen runkoelementit kuten myös kaikki muut betonielementit. Koska Kovabetoni Oy:n kauppaan sisälsi kaikki kohteen betonielementit,



tarkkaa kustannusjakaumaa elementtityyppien välillä ei ole saatavilla sillä kauppahinta on sovittu kokonaisuutena sidottuna NCC:n lähettämään määräluetteloon. Betonielementtejä oli yhteensä 1436 kpl.

Huonosta elementtisuunnittelusta ja suunnitelmien ristiriitaisuudesta johtuen myös elementtien asennustöiden kustannukset ylittivät asetetun. Näiden takia työmaalla tehtiinkin paljon ylitöitä ja lisätöitä aikataulujen kiinnittämiseksi. Näiden lisäksi alkuperäistä yleisaikataulua laadittaessa ei ole otettu huomioon autohallin paikallavalurakenteiden tuomaa haastavuutta. [Kinnunen 2016.]

Pohjoisen Rautatiekadun 30 As Oy:ssä oli muista verrattavista kohteista poiketen autohalli osaksi maan alla. Autohallin ulkoseinät toteutettiin maanpainelementtiseininä ja holvia tuettiin massiivisilla pilareilla. Autohallin välipohjat ja väliseinät toteutettiin paikalla valettuina. Edellä mainitut seikat kasvattivat sekä elementtien suunnittelu että rakentamiskustannuksia huomattavasti verrattuna normaaleihin ratkaisuihin. Normaalisti poiketen myös hissikuluelementtejä ei ole suunniteltu, ainoastaan ala- ja yläkuppielementit toimitettiin. Loput hissikuluista toteutettiin väliseinäelementeillä. [Saarinen 2016.]

Kohteen betonielementeissä kustannusylitys oli tavoitteeseen verrattuna 67 949 €:a (4,98 %). Ylitykset johtuivat pääosin lisä- ja muutostöistä ulko- ja väliseinäelementteihin, joita olivat muun muassa edellä mainittujen lisäraudoituksien, kiinnityslevyjen lisäyksien sekä elementin paksuuden kasvattamisen lisäksi Sewatek-läpiviennit sekä SUR-urat huonosti laaditun elementtisähkösuunnitelman takia. [Kinnunen 2016.]

Välipohjalaatat toteutettiin suurimmaksi osaksi tässä kohteessa paikalla valettuina, joten tähän tutkittavaan Pohjoisen Rautatiekadun kohteeseen ei ole budjetoitua kustannusta ontelolaattaelementeille. Koska tämä opinnäytetyö rajoittui pelkästään elementtirakentamisen tutkimiseen, jätetään huomioimatta paikalla valettujen välipohjien kustannukset.

## 7 TULOKSET

Koska tutkittavat kohteet olivat urakkakohteita, kohteiden määrälaskenta ulkoistettiin ulkopuoliselle määrälaskentayrityksille ja NCC:n vastuulle jäi ainoastaan määrien tarkastus, korjaaminen ja hyväksyminen ennen tarjouksen jättämistä. Kuitenkin vaikka määrälaskenta ulkoistettiin ulkopuoliselle laskentayritykselle, lopullinen määrälaskentavastuu on NCC:llä. Esimerkiksi As Oy Helsingin Aikalisän kohteessa määräluettelo saatiin tilaajalta, jolloin määrälaskentavastuu on tilaajalla ja NCC:llä oli ainoastaan vastuuna tarkistaa ja hyväksyä määräluettelo ennen tarjouksen jättämistä. Kaikissa tilanteissa, vaikka määräluettelo tuli ulkopuoliselta taholta, NCC:n määrälaskijat laskivat itse kohteensa ja ulkopuolelta saatua määräluettelo verrattiin NCC:n määrälaskijoiden laatimiin määräluetteloihin, jotta osattiin reagoida määrälaskentavirheisiin etukäteen.

Vertailuun valitut kohteet olivat kokonaishintaurakoita ja sijaitsivat pääkaupunkiseudulla. Työmaista Aikalisä ja Pohjoinen Rautatienkatu sijaitsevat ydinkeskustassa, joka aiheuttaa oman ongelmansa työmaan logistiikkaan ja varastointiin. Tämä saattaa näkyä helposti lisäkustannuksina elementtien asennustyössä, sillä elementtirekkojen odottaessaan työmaalla he veloittavat ”venttaa” eli lisähintaa odotusajasta.

Elementtien suunnitelmien muutokset tarjouksen jättämisen jälkeen aiheuttavat lisätöitä elementtisuunnitteluun, kuten VAV Loiskekuja 1:n työmaalla huomattiin. Lisätöitä tulee sekä suunnittelusta, että suunnitelmien päivittämisestä rakennesuunnittelijoilla ja elementtitehtailla.

Runkoelementeissä lisätöitä muodostui muun muassa kiinnitysosien lisäämisestä, lisäraudoituksesta, seinän paksuuden kasvattamisesta, pinta-materiaalien vaihtamisesta ja holkkien lisäyksistä. Väliseinissä lisätyöt koskivat lähinnä määrälaskentavirheistä alkuvaiheessa, sekä hanakulmien ja PASI-kiinnityslenkkien lisäämisessä.

Ontelolaattaelementeissä lasketut määrät pitivät hyvin paikkaansa, mutta lisätöiden takia ylitettiin usein asetettu tavoitekustannus. Lisätöitä ontelolaattaelementeissä olivat muun muassa lisäsahaukset, lisävarausreiät, lisäsähköputkivaraukset sekä PASI-kiinnityslenkkien lisäykset.

Vertailtavista kohteista huomattiin, että suurin osa kustannusylytyksistä johtui elementtien muutos- ja lisätöistä, joita toimittajat eivät ole laskeneet syystä tai toisesta ennak-

kotarjoukseen mukaan. Valitettavan usein puutteellisen ennakkotarjouksen syynä ovat puutteelliset elementtisuunnitelmat tarjousvaiheessa, jolloin elementtitoimittajat jättävät itselle varauksen hinnoitella lisätyönsä suunnitelmien tarkentuessa tuotantovaiheessa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä luvussa on koottuna yhteen syitä ja ongelmia, joidenka takia asetettu kustannustavoite ja toteutunut kustannus eroavat toisistaan. Kustannuseroja muodostuu rakennesuunnittelussa, elementtien asennustyössä, runkoelementeissä, väliseinä-, parveke- ja hissikuiluelementeissä sekä ontelolaattaelementeissä.

Opinnäytetyötä aloitettiin tekemään NCC Rakennus Oy:lle yrityksen huomattavaan huomattavaa eroavaisuutta budjetoiden tavoitekustannuksien ja toteutuneiden kustannuksien välillä elementtirakentamisessa. Koska elementtirakentaminen näyttää suurta osaa kohteen kokonaisrakentamiskustannuksista, voidaan säästää huomattavia summia kohteen laskentavaiheessa, tutkimalla ja tiedostamalla olemassa olevia ongelmia ja antamalla ratkaisuehdotuksia niihin.

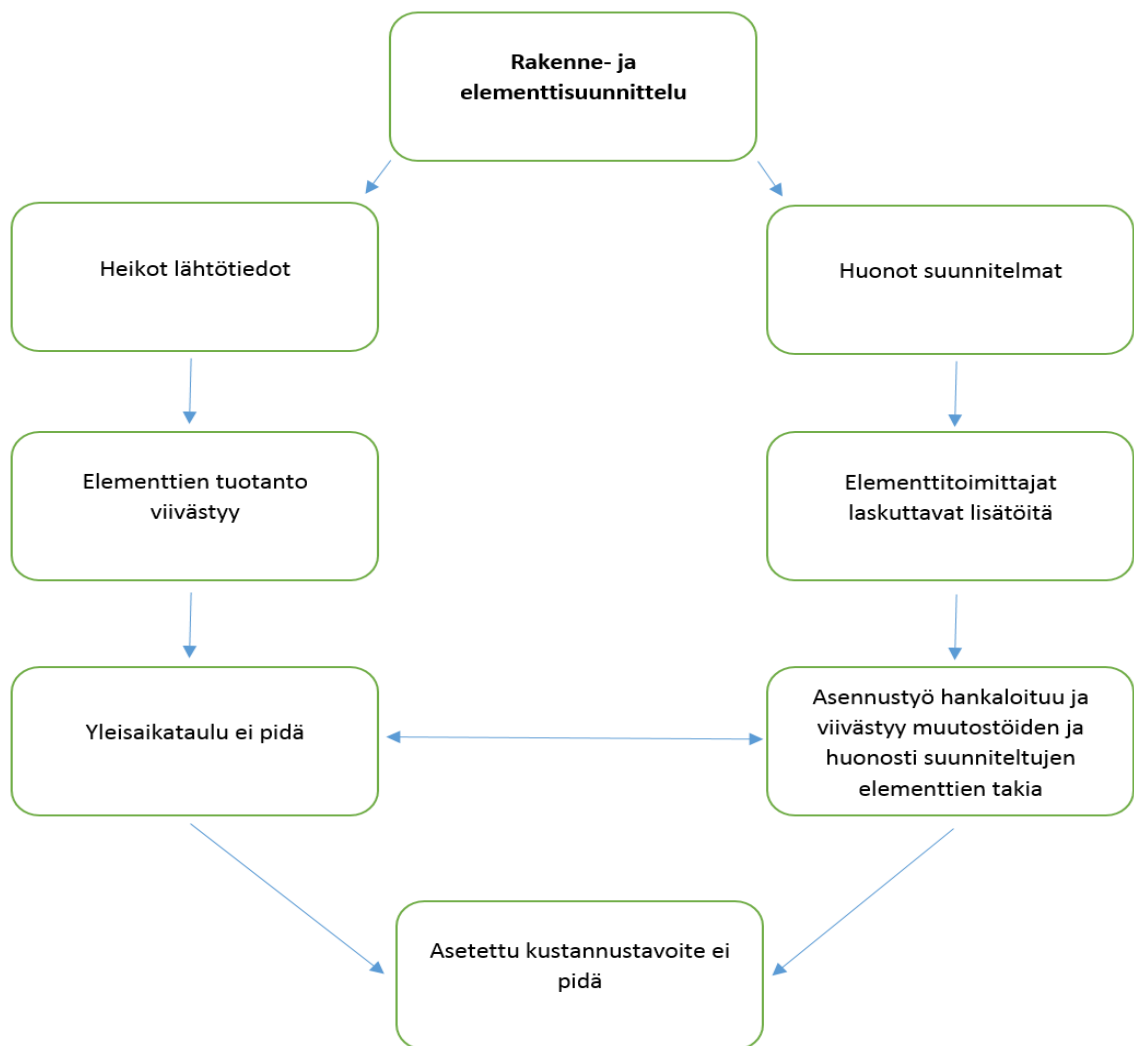
Opinnäytetyö edistyi laaditun aikataulun mukaisesti ja työssä saatiin haastatteluiden ja kustannusvertailuiden avulla tärkeätä tietoa kohteiden määrälaskennasta ja kustannustiedoista. Työssä tehtyjen haastatteluiden ja työmaiden kustannusvertailuiden perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että eroavaisuuksia arvioidun ja toteutuneen kustannuksen välillä syntyy väistämättä jokaisessa projektissa. Selvittämällä, mistä nämä erot johtuvat sekä reagoimalla tarpeeksi ajoissa näihin ongelmiin, voidaan minimoida eroavaisuudet kustannusarvioissa, näin ollen nopeuttaa kohteen rakentamista sekä varmistaa kohteen ennusteiden pitävyyttä.

Tehdyistä haastattelusta ja työmaiden kustannusvertailussa voidaan huomata, että tehdyt betonielementtisopimukset perustuvat pääosin tilaajan laatimaan ja lähettämään määräluetteloon. Tämä kauppatapa on kuitenkin epäedullinen NCC:lle, sillä kuten tehdyistä kustannusvertailussa huomataan, elementtien kustannukset kasvavat paljon rakentamisen aikana tehdyistä lisä- ja muutostöistä johtuen. Näistä johtuen ennusteiden ja kustannusarvioiden laatimista kohteelle on epätarkempaa.

Jotta tulevaisuudessa kohteissa voidaan pyrkiä betonielementtitoimien kustannusarvioiden tarkempaan laatimiseen, on pyrittävä betonielementtitoimitussopimuksissa kokonaishintasopimukseen elementtitoimittajien kanssa. Tämä siksi, jotta saataisiin elementtitoimittajia ottamaan osan hinnoittelunriskeistä itselle sekä sovittua kokonaishinta etukäteen, jolloin myös kohteen kustannusten arvioiminen on tarkempaa.

## Rakenne- ja elementtisuunnittelu

Laskentavaiheessa kustannuksien kannalta on suuri merkitys, minkälaisilla suunnitelmissa lähdetään tarjouksia hakemaan (kuvio 7). Puutteellisten suunnitelmien pohjalta tehtyä määräluetteloa hinnoiteltaessa elementtitoimittajat jättävät yleensä aina itselle mahdollisuuden hinnoitella suunnitelmaan piirtämättömät, mutta elementtirakentamisen kannalta oleelliset rakenteet lisätyönä. Tämä kasvattaa asetetun kustannustavoitteen ja toteutuneen kustannuksen erotusta, sillä kustannustavoitteet asetetaan yleensä elementtitoimittajalta saadun tarjouksen mukaan.



Kuvio 7. Rakenne- ja elementtisuunnittelun vaikutus kustannustavoitteeseen

Heikot lähtösuunnitelmat vaikuttavat sekä elementtien valmistukseen että työmaalla tapahtuvaan asennustyöhön. Heikkojen lähtötietojen takia elementtien valmistusta ei voida aloittaa tarpeeksi ajoissa, jolloin elementtien toimitustyömaille viivästyy. Elementtitoimittajat vaativatkin saada käyttöönsä elementtisuunnitelmat yleensä 6-8 viikkoa ennen toimitusta.

Huonosti tehty elementtisuunnittelu lisää myös kustannuksia rakentamisen aikana, jotka näkyvät muun muassa muutos- ja lisätyönä suunnitteluissa, valmistuksessa ja asennustyössä. Rakentamisen aikana voidaan huomata muun muassa, että elementtien kiinnityskohdat joudutaan suunnittelemaan ja tekemään uudestaan, seinien ja eristeiden paksuutta joudutaan kasvattamaan sekä lisäraudoituksia tarvitaan elementtien tukemisessa. Kaikki edellä mainitut lisäävät elementtien suunnittelu-, tuotanto- sekä asennuskustannuksia sillä näitä ei ole otettu huomioon etukäteen tavoitekustannusta asetettaessa.

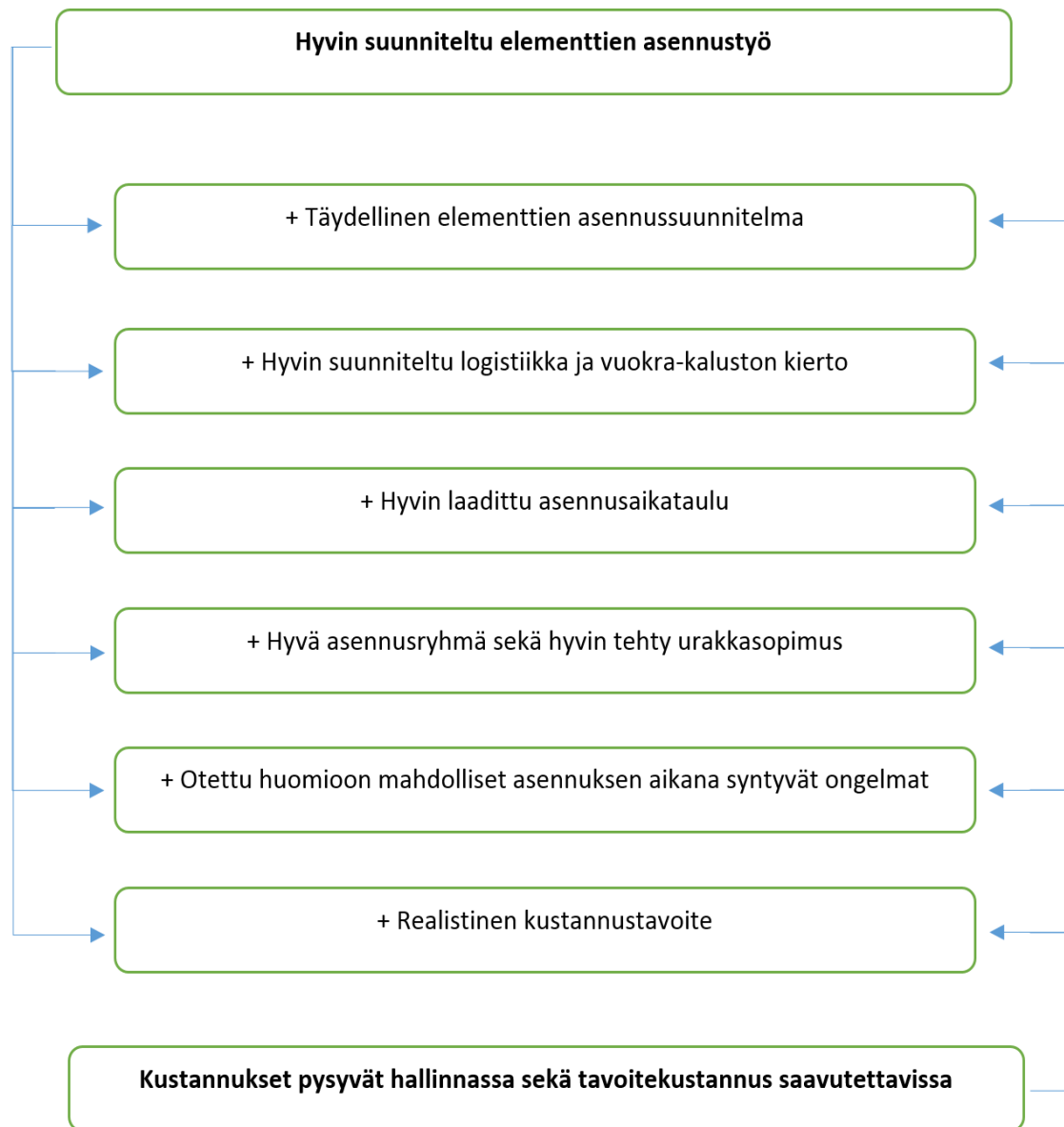
## 8.1 Elementtien asennustyö

On tärkeää suunnitella elementtien asennustyö hyvin ennen asennusta, sillä tällä on vaikutusta sekä rakentamiskustannuksiin että rungon laatuun (kuvio 8). Näiden lisäksi huonosti tehdyllä rungon asennustyöllä on myös suuri vaikutus työmaalla tapahtuviin seuraaviin työtehtäviin, kuten esimerkiksi sisävalmistustehtäviin.

Hyvän elementtiasennustyön perustana on hyvin laadittu ja suunniteltu elementtien asennussuunnitelma, jonka laativat yleensä elementtityönjohtaja yhteistyössä asennusryhmän kanssa ja jonka hyväksyy työmaan vastaava työnjohtaja. Hyvässä asennussuunnitelmassa on otettu kantaa muun muassa työmaalogistiikkaan, elementtien purku- ja varastointipaikkoihin, elementtien asennusjärjestykseen, -kestoon ja -tahtiin, materiaalien ja vuokra-kalustojen kiertojärjestykseen rungoissa, elementtien asennusaikatauluun yleisaikatauluun sidottuna sekä mahdollisiin ongelmiin asennustyön aikana.

Myös asennusryhmän ja heidän kanssa tehdyn urakkasopimuksen sisällöllä on suuri merkitys asennustyön kustannuksiin. Huonosti tehdyllä urakkasopimuksella jätetään asennusryhmälle mahdollisuus laskuttaa työmaata lisätuntitöitä, kun taas hyvin tehdysä sopimuksessa nämä tuntityöt on sisälletty jo urakkahintaan. Tämä auttaa pitämään kustannukset hallinnassa sekä nopeuttaa asennustyötä. Elementtityönjohtajalla onkin

suuri vastuu tarkistaa kaikki hyväksymänsä lisätuntityöt, sillä näistä koostuu yllättävän suuri kustannuserä työmaalle.



Kuvio 8. Hyvin suunnitellun asennustyön ominaisuudet

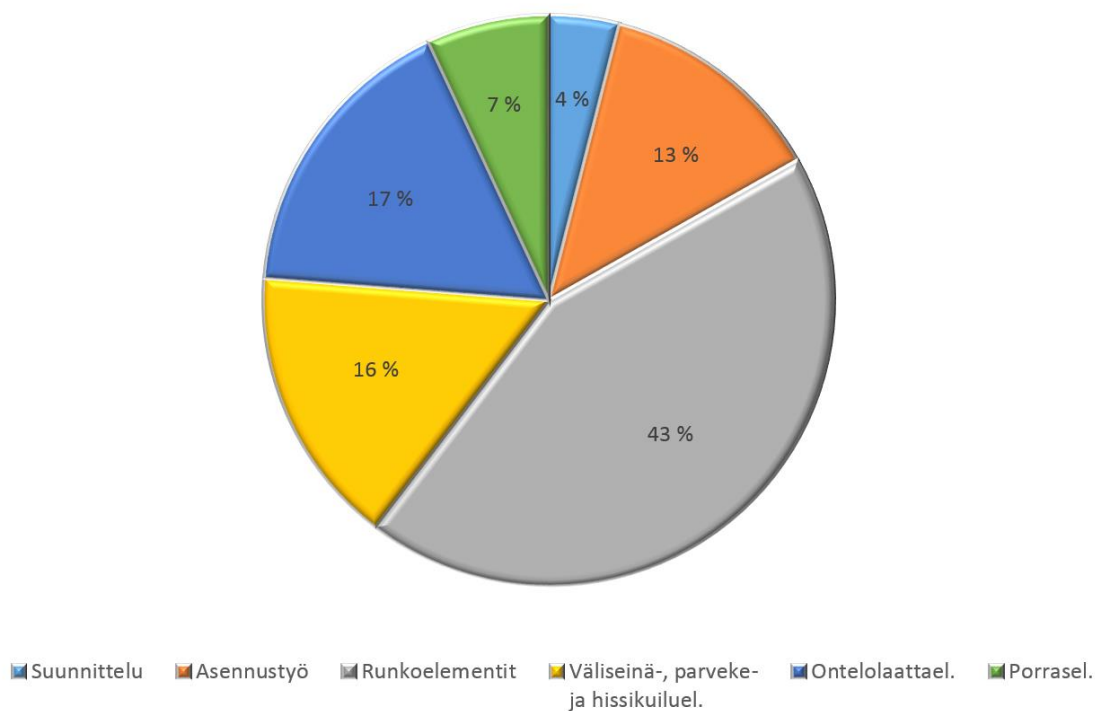
Hyvin laaditulla asennusaikataululla vältetään rekkojen odottamista työmaalla eli ”venttaa”, jotka kasvattavat huomattavasti asennuskustannuksia. Asennusaikataulun avulla tehostetaan myös asennusryhmän ja nostokaluston työsaavutuksia. Myös elementti-toimittajat arvostavat hyvin laadittua asennusaikataulua, sillä sen myötä he osaavat itsekin tahdittaa oman työnsä. Tämä edistää yritysten välistä yhteistyötä pitkällä tähtäimellä.

Asennustyön kustannustavoitetta asettaessa on hyvä muistaa, että elementtien asennuksiin liittyy olennaisena osana betonointi-, hitsaus- ja raudoitustyöt. Elementit sidotaan toisiinsa raudoituksilla ja saumabetonoinnilla sekä tietyissä tilanteissa hitsaamalla.

## 8.2 Runkoelementit

Runkoelementteihin kuuluvat rakennuksen kantavat ja ei-kantavat ulkoseinät perustuselementeistä lähtien. Runkoelementit muodostavatkin miltei yleensä puolet koko koh-

Loiskekujan elementtirakentamisen kustannusjakautuma



teen elementtirakentamisen kustannuksista (kuvio 9).

Kuvio 9. Loiskekuja 1 elementtirakentamisen kustannusjakauma toteutuneiden kustannusten mukaan

Runkoelementeissä suurimmat erot arvioidun ja toteutuneiden kustannuksien välillä johtuvat yleensä elementtitoimittajan lisä- ja muutostöistä, joita ei ole otettu huomioon tarjouksessa yleensä puutteellisten suunnitelmien takia. Tarjouksen jättämisen jälkeen elementtisuunnitelmat tarkentuvat yleensä tuotantovaiheeseen, jolloin selviää mitä



muutoksia ja lisätöitä tulee. Näiden lisäksi rakentamisen aikana voidaan havaita jonkun suunnitellun rakenteen toimimattomuutta, jolloin kyseistä elementtiä muutetaan vielä ennen valmistamista, esimerkkinä ulkoseinien paksuuden kasvattamista ja julkisivumateriaalien vaihtamista toiseen. Nämä muutokset ovat erittäin kalliita, sillä elementtitoimittajille ei ole jätetty aika reagoida ja suunnitella muutoksia.

Runkoelementeissä suuria lisätöitä aiheuttavat myös huonosti suunnitellut elementit, sillä usein joudutaan elementtien kiinnitystapoja muuttamaan ja lisäraudoituksia asentamaan, jotta kyseinen rakenne voidaan toteuttaa. Näiden lisäksi huonosti suunnitellut elementit vaativat paljon asennustyötä ja asennusaikaa, joka viivästyttää kohteen rungon etenemistä.

### 8.3 Väliseinä-, parveke- ja hissikuiluelementit

Koska määrällisesti väliseiniä on kerrostalohankkeessa paljon verrattuna muihin elementteihin, laskentavirheen suurus voi olla huomattavan iso. Tämän takia vaikka urakkakohteissa NCC Rakennus Oy käyttääkin ulkopuolista määrälaskentayritystä, väliseinien kohdalla määrät tulisi ainakin tarkistaa omalla määrälaskijoillaan. Tämä siksi, koska vaikka määrälaskenta on ulkoistettu, niin lopullinen määrälaskentavastuu on kuitenkin NCC:llä. Määrälaskentayritykset vastaavat virheistään ainoastaan laskentapalkkionsa verran, joka ei yleensä riitä kattamaan laskentavirheitä kohteissa.

Laskentavirheiden takia elementtitoimittajilla on oikeus ja mahdollisuus laskuttaa lisätöitä sellaisista osista ja rakenteesta, joita ei ole merkitty määräluetteloon ja näin ollen ei ole tarjoukseen sisälletty. Tällaisia laskentavirheitä ovat muun muassa Sewatekläpiviennit, kiinnitysvaijerien määrät, varausreikien puuttumiset tai verkkoraudoitetut väliseinät, jotka on laskettu pieliteräksillä. Edellä mainitut laskentavirheet muodostavat töitä, jotka muodostavat lisäkustannuksia.

Parveke-elementtien kohdalla lisätöitä muodostuu muun muassa lisäteräksistä, joita on ollut mahdotonta huomata elementtisuunnitelmista laskentavaiheessa. Muutostöitä syntyy, kun tarjouksen jättämisen jälkeen halutaankin vaihtaa esimerkiksi parveketaustojen pinta-materiaali toiseen, joka voi kasvattaa valmistus- ja suunnittelukustannuksia. Vaikka hissikuiluelementtejä ei ole montaa kohteessa, ei ole erikoista että jokin hissi-

kuiluelementeistä on jäänyt laskematta kuten Loiskekuja 1 työmaan tilanteessa alakupit.

#### 8.4 Ontelolaattaelementit

Ontelolaattaelementtien kohdalla erot asetetun kustannustavoitteen ja toteutuneen välillä johtuvat miltei aina lisä- ja muutostöistä. Neliöllisesti ontelolaattojen määrälaskenta ei ole vaikeaa ja yleensä lasketut neliömäärät pitävätkin hyvin paikkaansa. Eroavaisuudet tulevat lähinnä detaljista, joita ei ole laskentavaiheen suunnitelmiin selkeästi piirretty ja joita huomataan vasta jälkeempään tuotantovaiheessa suunnitelmien tarkentuessa.

Muutostöitä ontelolaattaelementteihin tulee muun muassa laattojen lyhentämisestä, laatan paksuuden muutoksista ja ”tampatuista” laatoista eli syvennyksistä kylpyhuoneiden kohdalla. Laskentavaiheen suunnitelmista poiketen laattoja voidaan lyhentää hormien ja muiden kerrosten läpi menevien rakenteiden vuoksi, jolloin vaikka onteloiden neliömäärät pysyvät samana, niin kappalemäärät kuitenkin muuttuvat. Tämän lisäksi puutteellisiin suunnitelmiin ei välttämättä ole piirretty syvennyksiä kylpyhuoneiden kohdalle, jolloin määrälaskija voi jättää syvennykset laskematta, vaikka yleensä aina kylpyhuoneiden kohdalle tulee paikallavalettulattia.

Lisätöitä ontelolaattaelementteihin tulee muun muassa SUR-urista, varausrei’istä, PASI-vaijerilenkeistä, kololaatoista, kavennussahauksista, reikäsahauksista ja onteloiden lyhentämisestä, joita ei ole laskentavaiheessa laskettu määräluetteluun puutteellisten suunnitelmien tai laskentavirheen takia. Edellä mainituista lisätöistä elementtitoimittajalta voidaan pyytää yksikköhintaluettelo, joka helpottaa lisälaskun arvioimista jo etukäteen.

## LÄHTEET

Aapro, H. 2016. Kehityspäällikkö. Parma. Helsinki. Sähköpostihaastattelu 2.3.2016.

Aikalisa AsOy - jätkäsaari. 2014. Rakennusfakta.fi. Verkkodokumentti.  
<[www.rakennusfakta.fi/aikalisa-asoy-livornonkatu-8-jatkasaari/project.html](http://www.rakennusfakta.fi/aikalisa-asoy-livornonkatu-8-jatkasaari/project.html)> Luettu 25.3.2016.

Asennusohjeet. 2010. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus Ry.  
<[www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet](http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet)>  
Luettu 10.2.2106.

Betonisten seinäelementtien määrälaskenta. 2011. Verkkodokumentti. Betonikeskus Ry  
<[www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23725/Sein%C3%A4neli%C3%B6iden%20laskentaohje%202011.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23725/Sein%C3%A4neli%C3%B6iden%20laskentaohje%202011.pdf)> Luettu 8.2.2016.

Betoniteollisuus Ry. Betonielementtien toleranssit . 2011. Suomen Rakennusmedia Oy.

BY 201. 2014. Suomen betoniyhdistys r.y. Helsinki.

Elementtien asennus. 2010. Betoniteollisuus Ry.  
<[www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus](http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus)> Luettu 11.2.2016.

Elementtirakentamisen historia. Verkkodokumentti. Elementtisuunnittelu.fi.  
<[www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia](http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia)> Luettu 15.2.2016

Etera rakennuttaa senioriasuntoja Kamppiin. 2014. Verkkodokumentti.  
<[www.etera.fi/tiedotteet/Pages/Etera-rakennuttaa-senioriasuntoja-Kamppiin--.aspx](http://www.etera.fi/tiedotteet/Pages/Etera-rakennuttaa-senioriasuntoja-Kamppiin--.aspx)>  
Luettu 25.3.2016

Heiska, T. 2010. Betonielementtien turvallinen asennus. Betoniteollisuus Ry.

Heiskanen, J. 2016. Myyntipäällikkö. Rudus Oy. Helsinki. Sähköpostihaastattelu. 24.2.2016.

Historia. 2013. Valmisbetoni. Verkkodokumentti.  
<[www.valmisbetoni.fi/paikallavalurakentaminen/historia](http://www.valmisbetoni.fi/paikallavalurakentaminen/historia)> Luettu 5.2.2016

Ilonen, P. 2014. Kerrostalojen perusrakenteet ja talotekniikka 1880-luvulta nykypäivään. Verkkodokumentti.  
<[www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus\\_artikkelit/fi\\_FI/Kerrostalojen\\_perusrakenteet\\_talotekniikka/](http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Kerrostalojen_perusrakenteet_talotekniikka/)> Luettu 24.3.2016

Jussila, M. 2016. Työmaainsinööri. NCC Rakennus Oy. Vantaa. Henkilökohtainen tiedonanto. 29.3.2016.

Kilpeläinen, T. 2016. Laskentapäällikkö. NCC Rakennus Oy. Helsinki. Henkilökohtainen tiedonanto. 21.3.2016.

Kinnunen, E. 2016. Työmaainsinööri. NCC Rakennus Oy. Helsinki. Sähköpostihaastattelu. 1.4.2016.

Koski, J.-P. 2016. Työmaainsinööri. NCC rakennus Oy. Helsinki. Henkilökohtainen tiedonanto. 29.3.2016.

Lindholm, M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki. Suomen rakennusmedia Oy.

Loiskekuja 1 -kerrostalot. 2015. Rakennusfakta.fi. Verkkodokumentti.  
<[www.rakennusfakta.fi/loiskekuja-1-kerrostalot-loiskekuja-1-myyrmaki-k/project.html](http://www.rakennusfakta.fi/loiskekuja-1-kerrostalot-loiskekuja-1-myyrmaki-k/project.html)> Luettu 25.3.2016.

Malmberg, J. 2011. Tarkoituksenmukaisista materiaaleista teollisesti valmistettuja tuotteita: 1960- ja 1970-luvun tyyppitalot ja järjestelmäajattelu. Verkkodokumentti.  
<[www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi\\_FI/Tyyppitalot\\_ja\\_jarjestelmaajattelu/](http://www.rakennusperinto.fi/kulttuuriymparisto/artikkelit/fi_FI/Tyyppitalot_ja_jarjestelmaajattelu/)> Luettu 20.2.2016.

Maunula, P. 2016. Kustannusinsinööri. NCC Rakennus Oy. Helsinki. Henkilökohtainen tiedonanto. 16.3.2016.

Määttä, V.-P. 2016. Kustannusinsinööri. NCC Rakennus Oy. Helsinki.  
Henkilökohtainen tiedonanto. 16.3.2016.

Niskanen, A. 2016. Kustannusinsinööri. NCC Rakennus Oy. Helsinki.  
Sähköpostihaastattelu. 23.3.2016.  
Pohjoinen Rautatiekatu 30 AsOy. 2014. Rakennusfakta.fi. Verkkodokumentti.  
<[www.rakennusfakta.fi/pohjoinen-rautatiekatu-30asoy-pohjoinen/project.html](http://www.rakennusfakta.fi/pohjoinen-rautatiekatu-30asoy-pohjoinen/project.html)> Luettu  
25.3.2016.

Rakennushankkeen kustannushallinta. 2000. Saarijärvi Rakennustieto Oy.

ROK - Rakennusosien kustannuksia. 2015. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 02-10996 Rakennusalan toleranssit, toleranssien määritelmät ja suositeltavat  
lukuarvot. 2010.

Saarinen, H. 2016. Hankintainsinööri. NCC Rakennus Oy. Helsinki. Henkilökohtainen  
tiedonanto. 26.2.2016.

Senioritalo Aikalisä Ry:n www-sivut. 2014. <[www.senioritaloaikalisa.fi](http://www.senioritaloaikalisa.fi)> Luettu  
25.3.2016.

Sipilä, L. 2016. Työmaan vastaava työnjohtaja. NCC Rakennus Oy. Vantaa.  
Henkilökohtainen tiedonanto. 29.3.2016.

S. j. 2014. Vuosikatsaus 2014. NCC-yhtiöt. Verkkodokumentti.  
<[www.ncc.fi/globalassets/annual-reports/ncc\\_vuosikatsaus\\_2014\\_fi.pdf](http://www.ncc.fi/globalassets/annual-reports/ncc_vuosikatsaus_2014_fi.pdf)>  
Luettu 2.2.2016.

Suomen Betoniyhdistys Ry. 1993. Elementtirakennuksen mallisuunnitelmat. Suomen  
Betonitieto Oy.

TALO 2000 - Tuotantonimikkeistö. 2000. Helsinki. Rakennustieto Oy.

TALO 90. 1998. Määrälaskenta ja rakennustekniset työt.

## Betonisten seinäelementtien määrälaskentaohje 2011

Betonikeskus ry

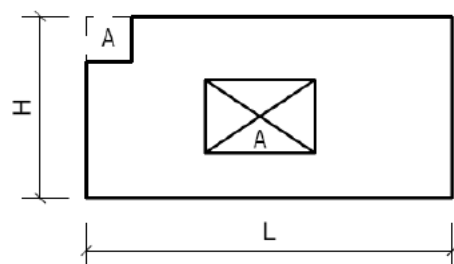
9.12.2011

### Betonisten seinäelementtien määrälaskenta 2011

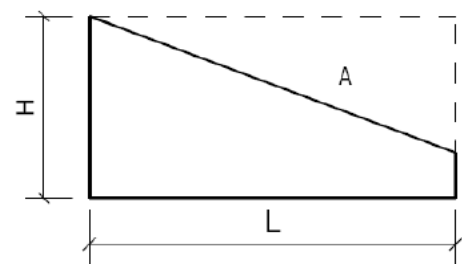
Ohjeen tavoite on yhdenmukaistaa seinäelementtien määrälaskentaa suunnittelussa, tarjoustoiminnassa ja betonisten seinäelementtien toimitussopimuksissa sekä ohjeistaa laskenta- ja suunnitteluohjelmien tuottamaa informaatiota. Ulko- ja väliseinäelementtien lisäksi ohjetta voidaan käyttää myös muille tasomaisille elementeille, kuten porrashuonelaatat, parvekelaatat, -kaiteet ja -pielet, sokkelielementit sekä tukimuuri- ja meluste- elementit. Ohjeen ulkopuolelle on rajattu kaarevat ja tilaelementit sekä 2- tai 3 tasomaista osaa sisältävät elementit ( esim. hissikuilu- tai parvekelaattaelementit, joissa on kaide valmiina).

Suunnittelu-, määrälaskenta- ja hinnoitteluohejelmassa käytetään elementtien ja aukkojen lukumäärän lisäksi seuraavia seinien määrätietoja:

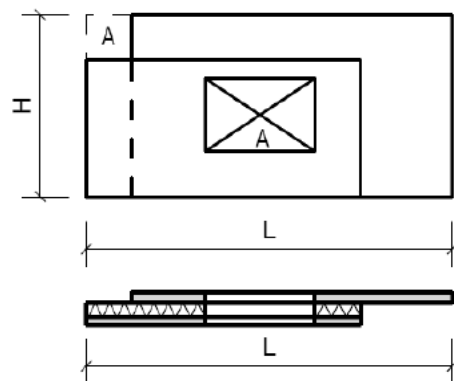
1. Seinäelementin **bruttoala A1** (m<sup>2</sup>). Kyseessä on kuvan mukainen pinta- ala  $L \times H$  suorakaidelaatikolle, jonka sisälle seinäelementti mahtuu. Pinta- ala rajautuu elementin ulkopinnan mukaisiin linjoihin, jolloin elementtien välisten saumojen pinta-ala ei ole mukana neliöissä. Kuvan c) bruttoala on sandwich- elementin projektiopinta-ala  $L \times H$ . Ulkoseinäelementtien hinnoittelua varten laskettavat julkisivuneliöt sisältävät aina kääntyvän nurkan pinta-alan, joten bruttoalaa laskettaessa mitta  $L = L_1 + L_2$ .



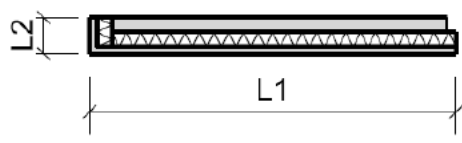
a)



b)



c)



$$L = L_1 + L_2$$

d)

2. **Aukkoala A** (m<sup>2</sup>). Seinäelementissä olevien kaikkien läpimenevien aukkojen (valoaukko) yhteispinta- ala.

Aukkoja on kolme tyyppiä:

- rajoittuu elementin reunalinjaan kahdelta sivulta, esim. reikä nurkassa.
- rajoittuu elementin reunalinjaan yhdeltä sivulta, esim. varauskolo tai oviaukko.
- ei rajoitu varsinaiseen muottiin sivuiltaan, esim. ikkuna- aukko.

3. Seinäelementin **nettoala A2** (m<sup>2</sup>). Pinta- ala määräytyy elementin reunojen mukaan siten, että reunaviisteitä tai – pyöristyksiä ei oteta huomioon. Pinta- alasta on vähennetty kaikki elementin läpimenevät ikkuna- ja muut aukot. Ikkuna- aukon pinta- ala vähennetään elementin valoaukon mukaan.  $A_2 = A_1 - A$ .

Elementtien hinnoittelussa ja toimitussopimuksissa käytetään yleensä nettoalaa A2.

## Haastattelukysymykset NCC:n edustajalle

### Kysymykset NCC:n edustajille

1. Miten kohteen määrälaskenta on tehtaallanne toteutettu?
  - Mikä on yrityksen/käyttämännenne määrälaskentaperiaate?
  - Käytättekö TALO90/TALO2000 määrälaskentaohjetta?
  - Käsien laskenta piirustuksista vai tuotemallinnusohjelmilla, millä?
  - Miten muodot, aukot, varaukset, viistetyt reunat vaikuttavat laskentaan?
2. Mitkä asiat vaikuttavat elementin hinnan määräytymiselle?
  - Mikä on tehtaanne hinnoitteluperiaate?
  - Mitkä asiat vaikuttavat elementin hintaan? muoto, koko, paksuus, aukot, varaukset, eristykset, raudoitukset, talvirakentaminen jne.
  - Tyypielementtien merkitys hinnoittelussa ja miten toimitte jos kohteessa on elementtejä joita ei ole tyypitetty?
3. Mitkä lisätyöt/ongelmat vaikuttavat elementin kustannukseen toimituksessa, varastoinnissa ja asennustyössä tehtaalla näkökannasta?
  - Miten nämä asiat on otettu huomioon hinnoittelussa?
  - Miten lisätyöt/muutostyöt hinnoitellaan ja ovatko ne otettu huomioon alkuperäisen elementin hinnoittelussa?
4. Minkälaiset rakenteet ja elementit ovat mielestäsi nimenomaan uudiskerrostalarakentamisessa optimaalisinta ja miksi?(Määrälaskennan ja tuottavuuden kannalta)
5. Minkälaiset edut elementtirakentamisella saavutetaan kerrostalotyömaalla verrattuna paikalla valettaviin?
6. Mitkä ovat kokemuksenne mukaan suurimmat ongelmat elementtirakentamisessa ja miten niiltä mielestäsi voidaan välttää?
  - laatuongelmat?
  - suunnitelmien puutteet, elementtisuunnittelu?
  - toimitus- ja suunnitteluongelmat?
  - tuottavuusongelmat (meneekö usein yli budjetoidun, syy?)
7. Onko mielestäsi vielä kehitettävää elementtirakentamisen työturvallisuudessa? (esim. tehtaalla aukkosuojat valmiina, sääsuojaukset yms.)
8. Miten mielestäsi kustannustehokkuutta voidaan vielä lisätä elementtirakentamisessa?

## Haastattelukysymykset elementtitehtaiden edustajille

### Kysymykset elementtitehtaan edustajalle:

1. Miten kohteen määrälaskenta on tehtaallanne toteutettu?
  - Mikä on tehtaanne määrälaskentaperiaate?
  - Käytättekö TALO90/TALO2000 määrälaskentaohjetta?
  - Käsin laskenta piirustuksista vai tuotemallinnusohjelmilla, millä?
  - Miten muodot, aukot, varaukset, viistetyt reunat vaikuttavat laskentaan?
2. Mitkä asiat vaikuttavat elementin hinnan määräytymiselle?
  - Mikä on tehtaanne hinnoitteluperiaate?
  - Mitkä asiat vaikuttavat elementin hintaan? muoto, koko, paksuus, aukot, varaukset, eristykset, raudoitukset, talvirakentaminen jne.
  - Tyyppielementtien merkitys hinnoittelussa ja miten toimitte jos kohteessa on elementtejä joita ei ole tyypitetty?
3. Onko tiettyjen elementtien valmistus teille epäedullisempaa kuin toisten elementtien? Mistä tämä johtuu?
4. Mitkä lisätyöt/ongelmat vaikuttavat elementin kustannukseen toimituksessa, varastoinnissa ja asennustyössä tehtaan näkökannasta?
  - Miten nämä asiat on otettu huomioon hinnoittelussa?
  - Miten lisätyöt/muutostyöt hinnoitellaan ja ovatko ne otettu huomioon alkuperäisen elementin hinnoittelussa?
5. Minkälaisia ovat elementin valmistuksen kannalta suurimmat haasteet ja ongelmakohdat kerrostalokohteessa?
6. Miten elementtien laatua valvotaan tehtaalla?
7. Mikä on tehtaanne kannalta edullisin ja kannattavin tapa valmistaa ja toimittaa elementtejä työmaalle?
8. Muuta huomioitavaa, mitä haluaisitte työmaan ottavan huomioon elementtityön sujuvuuden parantamiseksi?