Tampereen ammattikorkeakoulu

Rakennuksen rungon kustannustehokkuuden kehittäminen KVR-hankkeissa

Samu Tuominen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2023

Rakennustekniikka
Rakennustuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Rakennustuotantotekniikka

TUOMINEN, SAMU:
Rakennuksen rungon kustannustehokkuuden kehittäminen KVR-hankkeissa

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2023

Opinnäytetyössä perehdytään KVR-hankkeeseen ja sen suunnittelunohjaukseen yleisesti. Lisäksi vertaillaan pääkaupunkiseudulla rakennettujen erilaisten runkojärjestelmien kustannuksia sekä syvennytään puolistrukturoiduista haastatteluista saatuun informaatioon. Näiden tarkastelukohteiden avulla perehdytään, miten kustannustehokkuutta voitaisiin kehittää KVR-hankkeissa.

Opinnäytetyössä selvitetään rakennusten runkojärjestelmien taloudellista, tuotannollista ja suunnittelunohjausta kehittäviä näkökulmia KVR-hankkeissa. Lisäksi luodaan avuksi pohjustusta KVR-urakoissa rakennuksen rungon valitsemiseen kustannustehokkaasti. Opinnäytetyö on tehty Peab Oy:n toimeksiantona. Opinnäytetyössä on käytetty luottamuksellista aineistoa, joka on poistettu julkisesta raportista.

Opinnäytetyön vertailun tuloksena selvisi, että pääkaupunkiseudulla rakennetuissa kohteissa rungot paikallavalettuina välipohjarakenteina olivat halvempia kuin ontelolaattaelementeillä toteutetut välipohjarakenteet. Runkoratkaisun valinnassa täytyy vertailu kuitenkin aina tehdä rungon toteutuskelpoisuus, kohdekohtaiset vaatimukset ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät huomioon ottaen. Työn tuloksena voidaan kuitenkin pitää ennemmin haastatteluista ilmenevää informaatiota, josta saadaan selville kehityskohteita KVR-hankkeissa.

Selviä kehitysideoita työstä on hankala esittää KVR-hankkeisiin. Kuitenkin jatkotutkimus ideoita on työstä helppo keksiä ja toteuttaa.

Asiasanat: kokonaisvastuurakentaminen, kustannusvertailu, rakennuskustannukset, kustannustehokkuus, runkojärjestelmä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Construction Production

TUOMINEN, SAMU:
Improving the Cost-Efficiency of the Building Framework in Design and Build Projects
Bachelor's thesis 44 pages, appendices 3 pages
April 2023

The purpose of this thesis was to find out if there are possible improvements to be made on building framework solutions from productionwise and cost-effectively aspects. The thesis was done on behalf of Peab Oy as a part of their design and build improvement project. Confidential material has been used in the thesis, which has been removed from the public report.

The theoretical section explores design and build projects and their design guidance in general. Different frame systems and their financial effects on the projects are also examined. The empirical part analyses the information obtained from semi-structured interviews.

As a result, it was found that in the capital area of Finland, cast-in-place frames were cheaper than using hollow-core slab units in intermediate floors. However, when choosing the frame solution, the feasibility of the frame must always be considered, since site-specific requirements and factors affect the costs.

Further research is required to affect on client corporation design and build improvement project. However, it is easy to come up with and implement further research ideas from the work.

Key words: design and build project, cost comparison, construction expenses, cost-efficiency, frame system

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 7
2 KVR-urakka ... 8
2.1 KVR-urakka yleisesti ... 8
2.2 KVR-urakan tausta ... 9
2.3 KVR-urakan edut ... 10
2.4 KVR-urakan haasteet ... 10
3 RUNKOJÄRJESTELMIEN VERTAILU ... 12
3.1 Kantavat seinät runko ... 12
3.2 Pilari-palkkirunko ... 15
3.3 Pilarilaattarunko ... 16
4 HAASTATTELUN TULOKSET ... 18
4.1 Tutkimusmenetelmä ja aineisto ... 18
4.2 Haastattelukysymykset ... 18
4.2.1 Tuotannollinen näkökulma ... 18
4.2.2 Taloudellinen näkökulma ... 21
4.2.3 Suunnittelun ohjauksen näkökulma ... 23
4.3 Päätelmät ... 27
5 RUNGON KUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN ... 29
5.1 Kustannushallinnan kokonaisuus ... 29
5.2 Rakennuskustannuksiin vaikuttaminen ... 30
5.2.1 Laadittu hankeohjelma ... 30
5.2.2 Rakennuskohteen olosuhteet ... 31
5.2.3 Laaditut suunnitteluratkaisut ... 31
5.2.4 Toteutus- ja tuotantoratkaisut ... 31
5.2.5 Suhdanne- ja hintatekijät ... 32
5.3 Yksikköhinnat ... 33
5.3.1 Runko ... 34
6 RUNGON KUSTANNUSTEN VERTAILU ... 36
6.1 Kustannusten vertailu ... 36
7 POHDINTA ... 39
7.1 Jatkotutkimukset ja kehitysideat ... 40
LÄHTEET ... 41
LIITTEET ... 42
Liite 1. Haastattelukysymykset ... 42
Liite 2. Talo 80 -nimikkeistön rakentamis- ja suoritusnimikkeet ... 43

Liite 3. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta 44
Liite 4. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta 44
Liite 5. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta 44
Liite 6. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta 44
Liite 7. Kustannusten tavoitearvio hotellirakennuksesta..... 44
Liite 8. Kustannusten tavoitearvio toimistorakennuksesta..... 44

LYHENTEET JA TERMIT

KVR	kokonaisvastuurakentaminen, eli rakentaja vastaa koko rakennushankkeen toteuttamisen lisäksi myös sen suunnittelusta. Tunnetaan myös avaimet käteen -toimituksena ja totaaliurakkana.
Rakennuttaja / tilaaja	rakennushankkeen tilaaja, joka päättää tarjousvaiheen perusteella rakennuksen rakentajan.
Rakentaja / urakoitsija	tilaajan tarjousvaiheen perusteella hyväksymä urakoitsija. Alistussuhteessa tilaajaan.
Aliurakoitsija	pääurakoitsijan palkkaama henkilö tai yhtiö, joka on sitoutunut hankkimaan tai toteuttamaan urakkasopimuksen mukaisen sisällön.
Kustannustehokkuus	kyky tuottaa matalin tuotantokustannuksin.
Suunnittelun ohjaus	KVR-hankkeille määritetään ohjaaja, joka on linkkinä tilaajan, käyttäjän, urakoitsijan ja suunnittelijoiden välillä. Hän johtaa ja varmistaa että suunnittelijoiden yhteistyö on saumatonta ja suunnittelu toteutuu oikea-aikaisesti.

1 JOHDANTO

Kokonaisvastuurakentaminen on tilaajalle vaivaton, nopea ja kustannustehokas rakentamisen malli. KVR-urakoinnissa tilaaja voi etukäteen määrittää projektille kattohinnan, jonka perusteella urakkatarjoukset tehdään. Tilaaja on sopimussuhteessa vain yhden toimijan kanssa, joka vastaa hankkeen kaikista vaiheista alkaen suunnittelusta ja päättyen tarvittaviin takuutöihin. Kokonaisvastuurakentaminen on yleensä tilaajan kannalta selkein, edullisin ja tehokkain rakennustapa. KVR-mallissa vältytään ristiriidoilta ja säästetään aikaa. KVR-hankkeissa urakoitsija pyrkii tietenkin itsekin hyötymään taloudellisesti. Taloudelliseen tuottoon pyritään miettimällä tilaajan tahtotilaa, vaatimustasoa ja tavoitteita, miten nämä kriteerit pystytään toteuttamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Peab Oy:n toimeksiantona ja tarkastelun kohteena on rakennuksen runkomenetelmän valinnan taloudellinen vaikutus KVR-urakoinnissa. Opinnäytetyössä perehdytään KVR-hankkeeseen ja sen suunnittelunohjaukseen yleisesti, tarkastellaan erilaisten runkovaihtoehtojen taloudellisia rasitteita projekteille sekä syvennytään puolistrukturoiduista haastatteluista saatuun informaatioon. Työn tavoitteena on selvittää rakennusten runkojärjestelmien taloudellista, tuotannollista ja suunnittelunohjausta kehittäviä näkökulmia KVR-hankkeissa sekä luoda avuksi pohjustusta KVR-urakoiden rungon valitsemiseen kustannustehokkaasti.

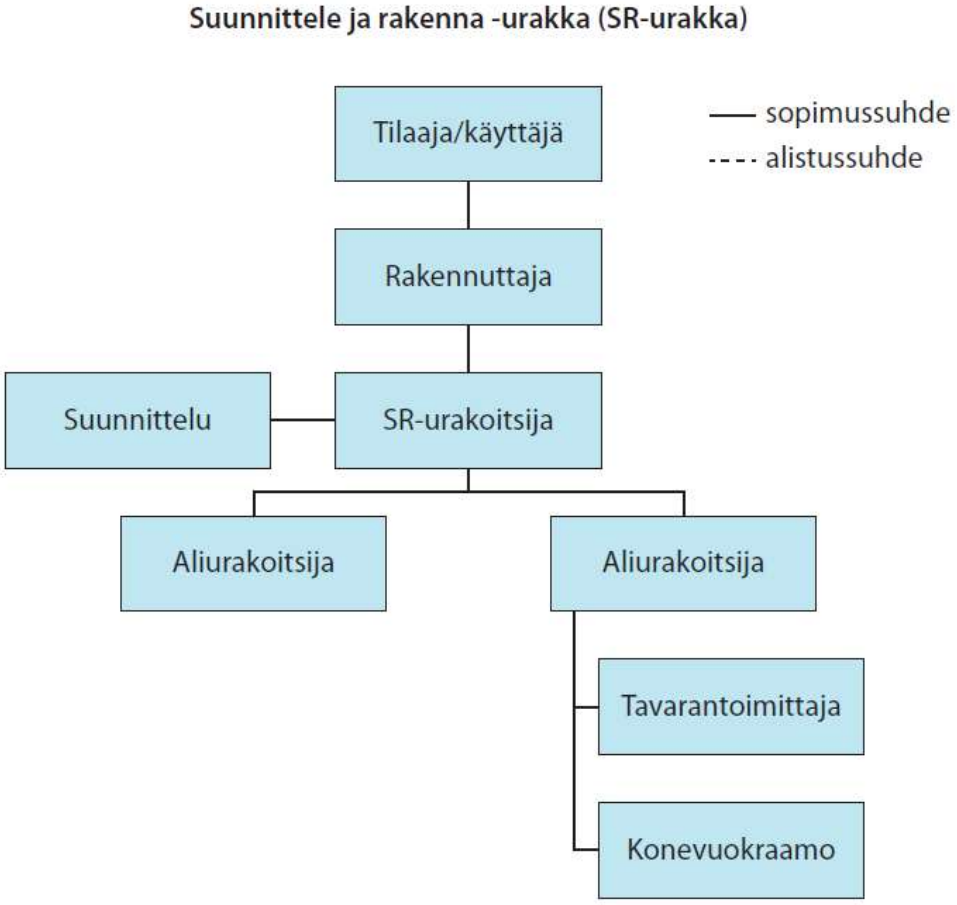
Peab-konserni on yksi suurimmista rakennusyhtiöistä pohjoismaissa, työllistäen noin 16 000 henkeä, joista Suomessa työskentelee yli 2000. Peab-konserni jakautuu neljään erilliseen liiketoiminta-alueeseen; rakentaminen, kiinteistökehitys, infrarakentaminen ja teollisuus. Peabin operatiivinen liikevaihto vuonna 2022 oli 6,3 miljardia euroa. Operatiivinen tulos oli 310 miljoonaa euroa. Suomessa vaikuttavan Peab Oy:n liikevaihto oli noin 470 miljoonaa euroa ja tulos 20 miljoonaa euroa. (Peab Oy n.d.)

2 KVR-urakka

2.1 KVR-urakka yleisesti

Rakennushankkeen onnistumiseen vaikuttaa ratkaisevasti sopivan toteutusmuodon valinta. Valitettavan usein toteutusmuoto valitaan tottumuksesta, jolloin parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen ei välttämättä päästä. Oikeanlaisen toteutusmuodon valinnalla edistetään hankkeelle asetettuja tavoitteita ja pienennetään hankkeen riskejä.

KVR-urakassa eli kokonaisvastuu-urakassa urakoitsija vastaa sekä suunnittelusta että toteutuksesta. Toteutusmuotona KVR-urakka sisältyy suunnittele- ja rakenna urakkamuotoon. Tällöin rakennuttaja on sopimussuhteessa vain urakoitsijaan, ja urakoitsijan alaisina toimivat suunnittelijat ja aliurakoitsijat. Kaaviossa 1 on esitetty KVR-urakan organisaatiokaavio.



KAAVIO 1. KVR-hankkeen sopimussuhteet (Mittaviiva Oy, 2018, 14)

KVR-urakka on hyvä vaihtoehto silloin, kun vaatimukset ovat selvät ja ratkaisuja voidaan kehittää. Tilaajan tehtävänä on määritellä kohteen toiminnalliset vaatimukset sekä muut lähtötiedot muun muassa aikataulu, pääpiirteinen laatutaso ja kustannustaso. Näiden lähtötietojen perusteella otetaan tavoitteeksi löytää paras vaihtoehto laadultaan, hinnaltaan tai edullisuudeltaan (laatu ja hinta yhdessä) (Hietakangas 2017).

2.2 KVR-urakan tausta

Kokonaisvastuurakentaminen kehittyi 1970 –luvulla ja sen eri muotoina käytettiin erilaisia suunnittelun sisältäviä urakkamuotoja, kilpailujen vaiheistusta sekä erilaisia neuvottelumenettelyjä (Hanhijärvi & Kankainen 2003, 20). KVR-urakoissa ongelmakohtia ovat muun muassa epäselvä vastuu rakennuksen toiminnallisesta laadusta, muiden tarjousten vertailun ennakoimattomuus ja rakentajan sitoutumattomuus hankkeeseen paljon työpanostusta vaativan tarjousvaiheen jälkeen. Kilpailun kohdistuessa hintaan, urakoitsijat päätyvät tarjoamaan mahdollisimman riisuttuja ratkaisuja alhaisen hintatason saavuttamiseksi ja siten voittaakseen tarjouskilpailun. Kohteiden toiminnallisia vaatimuksia ja laatuvaatimuksia ryhdyttiin valvomaan ja kuvailemaan tarkemmin, jotta epämiellyttävät ratkaisut pystyttiin välttämään. Yrittämällä yhdistää hinnan, laadun ja toiminnallisuuden vertailua, prosessi muodostui tilaajalle raskaaksi ja urakoitsijalle ennakoimattomaksi. Suurta ristiriitaa aiheutti suunnitelmien puutteellisuus, sillä osa valmistui vasta rakentamisprosessin aikana, kun suunnitelmien pitäisi olla valmiita jo paljon ennen rakentamisprosessin aloittamista. Näiden syiden vuoksi alettiin hinnan sijasta painottaan laatua ja urakkamuodolle keksittiin eri nimikkeistöä KVR:n huonon maineen vuoksi (Hanhijärvi & Kankainen 2003, 20).

2.3 KVR-urakan edut

Suunnittelun sisältävien hankkeiden etuna voidaan pitää erityisesti yleisratkaisujen suurta määrää tarjousvaiheessa, ja mahdollisuutta löytää edullisia ja innovatiivisia suunnitteluratkaisuja hankkeelle (Junnonen & Kankainen 2017). Hankkeen nopean läpiviennin ollessa erityisen tärkeää valitaan hankemuodoksi yleisimmin KVR, koska sekä ajallisesti että kustannusten osalta se suoriutuu perinteisiä urakkamuotoja paremmin. Hankkeen aikataulutusta pidetään suurena etuna, sillä se on yleensä lyhyempi kuin perinteiset urakkamuodot, koska suunnittelua ja rakentamista voidaan tehdä samaan aikaan keskenään. Suunnittelijat ja urakoitsija työskentelevät yhtäaikaisesti rakennuttajan edun hyväksi, jolloin urakoitsijan tietämys on käytettävissä suunnittelussa, ja suunnitteluratkaisujen rakennettavuus ja kustannustehokkuus on mahdollista kehittää paremmaksi (Hanhijärvi & Kankainen 2003). KVR-hankkeissa rakennuttajalla on vain yksi sopimussuhde, joka on urakoitsijaan. Urakoitsijan vastatessa suunnittelusta ja rakentamisesta sopimussuhteet yksinkertaistuvat. Rakennuttajan riskit myös pienenevät, kun sopimusosapuolia on vain yksi. Urakoitsija täten hoitaa myös mahdolliset ilmenevät viat, sekä takuuajan huoltotoimenpiteet rakennuksessa.

2.4 KVR-urakan haasteet

Suunnittelun sisältävien hankkeiden haasteina pidetään yleisimmin kommunikoinnin puutetta ja tarjouksien arviointeja. Kommunikoinnin puutteella on suuri vaikutus etenkin suunnittelua sisältävien hankkeiden läpivientiin. Suunnittelijoiden kommunikointi toistensa kesken on kriittisen tärkeää, jotta vältytään suunnitelmissa ilmeneviltä ristiriidoilta. KVR-urakoissa suunnittelun ohjauksen tärkeyttä ei voi painottaa tarpeeksi. Ristiriitoja suunnitelmissa täytyy välttää, sillä muiden suunnitelmien eteneminen voi keskeytyä ja tämän seurauksena aiheutuu aikatauluviivästyksiä sekä mahdollisia lisäkustannuksia. Tärkeimpänä KVR:n heikkoutena pidetään kuitenkin lopputuotteen toiminnallisen laadun ja olosuhteiden toteutumisen arviointia (Hanhijärvi & Kankainen 2003). Rakennuttajalla on oikeus oikaista tietyissä suunnitteluratkaisuissa ja tämän seurauksena mahdollisuudet kaupalliseen opportunismiin, eli tuoton tavoitteluun, ovat suuremmat kuin perinteisissä urakkamuodoissa. KVR-urakoitsijalle voi syntyä houkutus kustannusten

karsimiselle laadun kustannuksella ja erityisesti hintakilpailuissa laatutaso voi heikentyä (Pekkanen 1998). Sopimusta tehdessä laatutason määritys on usein vajaa, mahdollisuudet ristiriitoihin tällöin kasvavat. Epäselvyydet tilaajan vaatimuksissa aiheuttavat eroavaisuuksia tarjousten välillä, jolloin tarjousten tulkinta ja valinnan teko hankaloituvat. Selkeys laatutason ja vaatimusten määrityksessä onkin KVR-urakoissa erityisen tärkeää, jotta lopputulos vastaisi toivottua (RT 10-11223 2016, 4).

3 RUNKOJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Runkorakenteen valinta rakennettavaan kohteeseen on tärkeä osakokonaisuus rakentamisprosessia. Rakennuksen runko luo perustan, jonka ympärille voidaan rakentaa sen sisäiset- ja ulkoiset rakenteet. Runkorakenteet on syytä valita perusteellisesti ja harkiten, jotta myöhemmissä rakennusvaiheissa haasteet ja kustannukset voitaisiin minimoida. Rungon valinnalla lyödään lukkoon rakennuksen tärkeimmät laadulliset ominaisuudet. Runkorakenteessa tehtyjen virheiden myöhempi korjaaminen on kallista ja vaikeaa – usein jopa mahdotonta. Vaikka itse rungon kustannusosuus on suhteellisen pieni, vain n. 15–20 %, on runkovalinnan seurannaistekijöillä merkittävä vaikutus koko rakennuksen elinkaarikustannuksiin ja erityisesti sen moniin laatuominaisuuksiin. (Betonitieto n.d.a.) Asuinkerrostaloihin soveltuvat erityisesti seuraavat runkojärjestelmät: kantavat seinät runko, pilari-palkkirunko sekä pilarilaattarunko. Toimisto-, liike- ja julkisten rakennuksien yleisin runkotyyppi on pilarilaattarakenne. Seuraavissa alaluvuissa esitellään mainitut runkotyypit.

Rakennuksen runkojärjestelmän valintaan vaikuttavat ainakin seuraavat seikat:

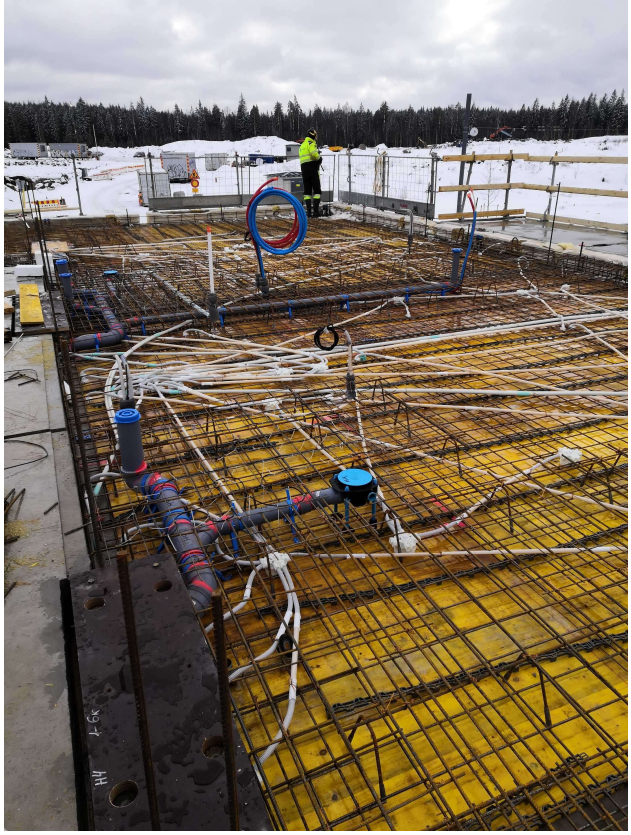
- rakenteellinen turvallisuus
- rakennuksen ja rakenteiden suunnitellun käyttöiän varmistaminen
- toiminnallisten tavoitteiden saavuttaminen
- suunnittelu- ja rakennuskustannusten hallinta
- rakentamisaika
- kantavien rakenteiden yhteensovittaminen muiden rakenteiden ja LVIS-tekniikan kanssa. (RT 82-10814 2004, 2.)

3.1 Kantavat seinät runko

Yleisimpänä runkojärjestelmänä asuinkerrostaloissa käytetään kantavat seinät runkoa. Toteutustapana voi olla täyselementtitekniikka, kokonaan paikallavalettu runko tai näiden kahden yhdistelmä, jolloin esimerkiksi pystyrakenteet ovat elementtejä ja välipohja paikallavalettu tai toisinpäin.

Asuinrakennuksen kantaville seinille ja pilareille tehdään perustukset. Pystyrakenteena on kantavat seinät, joita voivat olla sekä ulkoseinät että väliseinät, tai pelkästään väliseinät tai ulkoseinät. Rakennuksen jäykistys hoidetaan kantavien seinien avulla. Pystyrakenteisiin tuetaan välipohjalaatasto, joka sidotaan saumaterästen ja -valujen avulla yhtenäiseksi ja jäykäksi levyksi. Jäykistäviä seiniä on asuinrakennuksen poikkisuunnassa tavallisesti suhteellisen paljon, jolloin jäykistys ei tuota ongelmia. Asuinrakennuksen pituussuunnassa tilanne voi olla toinen ja on tarkistettava. Pituussuuntaisten seinien pystykuormat ovat pieniä, koska välipohjalaatat ovat seinän suuntaisia. Korkeissa rakennuksissa seinien päissä voidaan tarvita pystysuuntaisia vetoteräksiä. (RT 82-10821 2004, 2.) Suomessa kantavat seinät ovat vallitseva runkojärjestelmä asuinrakentamisessa, koska se on yksinkertaisin tapa toteuttaa asuinrakentamisessa tärkeät ääneneristysvaatimukset (Betonitieto n.d.a). Kantavat seinät -rungossa usein hyödynnetään paikalla valettuja välipohjarakenteita. Välipohjat, eli holvit, toteutetaan tavanomaista raudoitustekniikkaa käyttäen tai jälkijännitettynä, mikäli on tarvetta pitkille jänneväleille. Rakennuksen holvit valetaan paikalla ja niiden paksuus vaihtelee n. 260–300 mm välillä. Paikallavalun etuna on hyvä äänen eristävyys ja vapaa LVIS-installaatioiden sijoittelu laatan sisään. Riittävän paksu holvirakenne varmistaa myös viemäriäänten vaimentumisen. Tässä järjestelmässä tyypillinen holvien jänneväli on alueella 6–8 m. (Betonitieto n.d.b.) Usein asuinkerrostaloihin valitaan paikalla muurattu ja mahdollisesti vielä rapattu rakenne, jos holvit valetaan paikalla. Muuratun seinän ääneneristävyys on erittäin hyvä ulkopuolisen melun torjuntaan. Nykypäivänä myös elementtitehtaat toimittavat valmiiksi muurattuja tai rapattuja ulkoseinäelementtejä.

Seuraavalla sivulla on neljä kuvaa, kuvassa 1 on paikallavaluholvin LVIS-tekniikkaa ja raudoitusta, kuva 2 on otettu samasta kohdasta kuin kuva 1, mutta betoni valettuna, kuvassa 3 asennetaan elementtiä ja kuvassa 4 on paikallavaluholvin alapuolisia holvitukia.



KUVA 1. Paikallavaluholvin tekniikkaa ja raudoitusta.

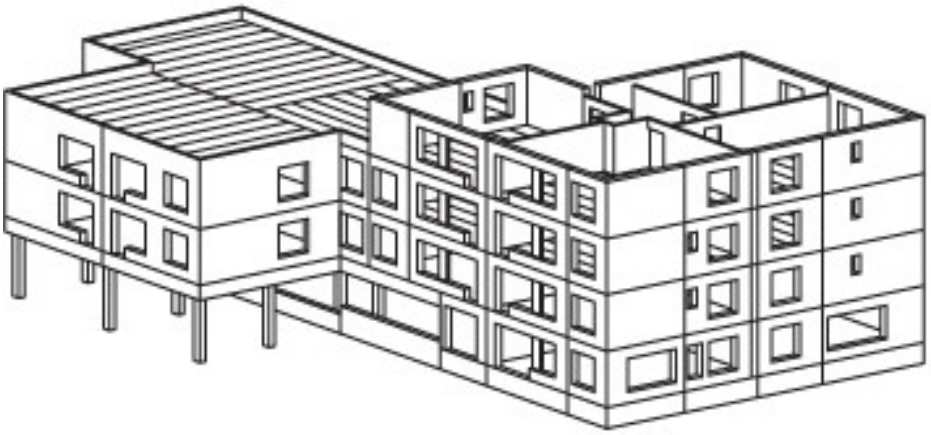
KUVA 2. Paikallavaluholvin betonivalu, kuva on otettu samasta kohdasta kuin kuva 1.

KUVA 3. Elementtiasennusta.

KUVA 4. Holvitukia.

3.2 Pilari-palkkirunko

Pilari-palkki runkojärjestelmässä on pystyrakenteena pilarit ja vaakarakenteena palkit, joihin välipohja tukeutuu. Jäykistys tapahtuu jäykistävillä kuiluilla ja seinillä tai jäykistysristikoilla. Pilari-palkkirunkoa sovelletaan yleisimmin liike- ja toimistorakentamiseen ja käytettäessä elementtitekniikkaa sen etuna on nopea rungonvalmistus. Käytännössä valittu rakennejärjestelmä on usein eri järjestelmien yhdistelmä. Rakennuksen alimmat kerrokset voivat olla jälkijännitettyjä pilari-palkkirakenteita ja sen jälkeen joko tavallisia pilari-palkkirakenteita, pilarilaattarakenteita tai kantavilla seinillä varustettuja. (Betonitieto n.d.a.) Esimerkiksi asuinkerrostaloihin hyödynnetään pilari-palkkijärjestelmää, kun pohjakerrokseen tehdään pysäköinti- tai liiketiloja, kuvan 1 mukaisesti. Pystyrakenteina ovat tällöin pilarit ja väliseinät sekä osa julkisivuista. Ylemmissä kerroksissa pystyrakenteena ovat väliseinät, jotka tukeutuvat ensimmäisen kerroksen väliseiniin ja pilari-palkkilinjoille. Palkkien yläpuolinen seinärakenne on aina mitoitettava seinämäisenä palkkina. (RT 82-10821 2004, 3.) Kuvassa 5 on esitetty pilari-palkkirunko. Kuvan rakenteena on käytetty matalia jännebetonipalkkeja, jotka korvaavat kantavat seinät. Välipohjalaatat ovat yleensä esijännitettyjä ontelo- tai kuorilaattoja. Kuorilaattojen suurin jänneväli asuinrakennuksissa on 7…8 m ja vastaavasti ontelolaattojen 11…13 m. (RT 82-10821 2004, 4.)

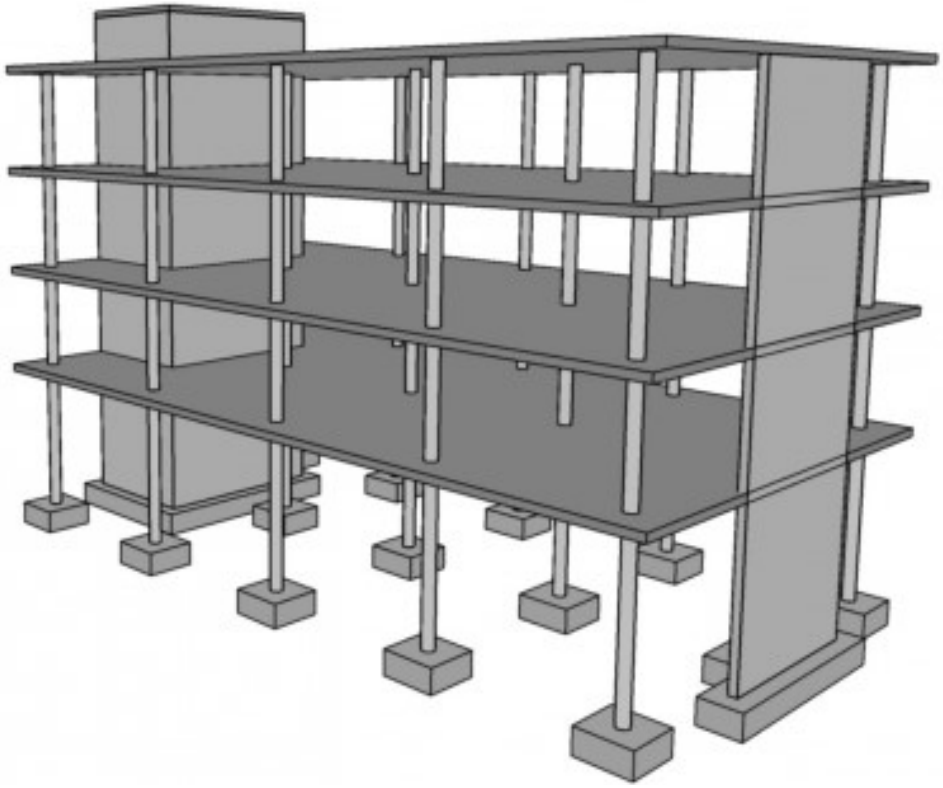


KUVA 5. Pilari-palkkirunko asuinkerrostalon ensimmäisessä kerroksessa. (RT 82-10821 Betonielementtirunkorakenteet. s.4)

3.3 Pilarilaattarunko

Pilarilaattarunko on yksinkertainen ja selkeä runkoratkaisu, jonka pääperiaate käy ilmi kuvasta 6. Siinä toteutuu kaikissa runkoratkaisuissa tavoiteltu rakenteiden ja teknisten installaatioiden riippumattomuus toisistaan. Rakenteille on varattu selkeästi niiden vaatima tila vaakatasossa (laatta) ja pystyrakenteet (pilarit ja seinät) voidaan sijoittaa siten, että saavutetaan riittävä muuntojoustavuus rakennusrungossa. (RT 82-10814 2004, 10.) Pystyrakenteena on pilarit ja vaakarakenteena paikalla valettu mieluiten tasapaksu laatta. Pilarilaattarungon jäykistys hoidetaan porras-, hissi- ja tekniikkakuilujen avulla. Liittorakenteilla voidaan toteuttaa monimuotoisetkin asuinrakennusten pohjaratkaisut. Haluttaessa tilojen joustavuutta ja muunneltavuutta enemmän kuin perinteisessä kantavat seinät runkojärjestelmässä, voidaan liittorakenteisissa asuinkerrostaloissa käyttää pilarilaattajärjestelmää tai pilaripalkkijärjestelmää. (RT 82-10814 2004, 3.) Pilarilaatta soveltuu erityisesti liike- ja toimistorakentamiseen, jossa muunneltavuus käyttöiän aikana on suunnittelun tärkeä lähtökohta. Pienissä ja suurehkoissa kohteissa rakenteet toteutetaan perinteisellä pilarilaatastolla tarvittaessa jännitettyinä rakenteina. Kohteen koon kasvaessa siirrytään kuppiholvin tai palkkikaistalla vahvennetun laataston käyttöön. Tapauksiin, joissa tilojen tulee olla muunneltavia tai halutaan varautua tuleviin käyttötarkoituksen muutoksiin, jännitettyjen rakenteiden ja pitkien jännevälien käyttö on perusteltua. (RT 82-10814 2004, 4.) Pilarilaattarakenteen osalta on tehty elinkaaritarkastelu muuntojoustavuuden osalta VTT:n toimistorakennuskohteessa. Tutkimuksessa todettiin, että kohteen pilarilaattarunko on tarvittaessa helposti muutettavissa 4–5 eri käyttötarkoitukseen. Viime aikoina on havaittu, että korkeissa asuinrakennustorneissa on edullista valita runkojärjestelmäksi pilarilaatta ja tehdä väliseinät kevytrakenteisina.

Tällöin materiaalien nostot helpottuvat ja rakenteiden massa saadaan pienemmäksi. Pienenevän betonimenekin ohella myös betonin hiilipäästöt vähenevät. (Betonitieto n.d.b.)



KUVA 6. Pilarilaattarungon periaatekuva (kuva Tuomas Toriseva) (Betonitieto n.d.b)

4 HAASTATTELUN TULOKSET

4.1 Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Opinnäytetyössä oli alusta alkaen tarkoituksena toteuttaa haastattelu, koska työn tavoitteena oli kehittää toimeksiantajayrityksen toimintatapoja. Opinnäytetyötä hyödynnetään KVR-kehitysprojektissa, jonka seurauksena kysymyksien näkökulmat keskittyivät projektien tuotantoon, talouteen, ja suunnitteluun. Haastattelu toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna teamsin välityksellä. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat laadittu etukäteen, mutta niiden paikkaa voi vaihdella ja kysymysten muotoa voi muokata sekä tarkat sanamuodot voivat vaihdella haastateltavien välillä. Lisäksi osa ennalta laadituista kysymyksistä voidaan jättää haastattelun edetessä pois ja vastaavasti haastateltavalta voi kysyä myös ennakkoon suunnittelemattomia kysymyksiä. Kyseisen haastattelumetodin avulla teemat ja rakenteet ovat kasassa, mutta liikkumatilaa vielä oli. Haastatteluun valikoitiin kymmenen haastateltavaa, yrityksen projektipäälliköitä, projekti-insinöörejä, tuotantopäälliköitä, vastaavia työnjohtajia sekä kaksi yrityksen ulkopuolista rakennesuunnittelijaa ja ulkopuolinen elementtitehtaan edustaja.

4.2 Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset ovat kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 1. Kysymykset lähetettiin etukäteen haastateltaville tutustuttaviksi ja itse haastattelu toteutettiin puolistrukturoidusti teamsin välityksellä. Kysymykset keskittyivät KVR-urakoissa rakennettavien rakennusten runkojen toteutustapoihin tuotannollisista, taloudellisista ja suunnittelun ohjauksen näkökulmista. Seuraavissa alaluvuissa käsitellään haastatteluiden tulokset kootusti kymmenestä haastattelusta.

4.2.1 Tuotannollinen näkökulma

Tuotannollisia näkökulmia lähdettiin selvittämään kysymyksillä, jotka kohdentuivat käytettäviin runkojärjestelmiin projekteissa, runkoratkaisuihin, vertailtaviin ja

huomioon otettaviin muuttujiin suunnitteluvaiheessa sekä runkojärjestelmän valintaperusteisiin. Tuotannollista näkökulmaa pystyi avartamaan parhaiten pääkaupunkiseudun ja Pirkanmaan tuotantopäälliköt, sekä projektipäälliköt pääkaupunkiseudulta.

Pirkanmaalla asuinrakennukset rakennetaan täysin kantavat seinät runkojärjestelmällä. Toimitilat rakennetaan pilarilaatta runkojärjestelmällä. Pääkaupunkiseudulla rakennetaan asuinrakennukset samalla tavalla kuin Pirkanmaalla, eli käytetään myös kantavat seinät runkoa. Toimitilarakentaminen on myös täysin pilaripalkkijärjestelmää. Puurungot ovat yleistyneet viime vuosina pääkaupunkiseudulla ja kaupunkien kaavoituksessa onkin määritetty uusia lohkoja rakennettavaksi täysin puusta. Puurungot ovat siis tulevaisuudessa yleistymässä enemmänkin, ainakin pääkaupunkiseudulla. Toistaiseksi puurakentamisesta ei ole vielä riittävää kokemusta ja osaamista. Puuhankkeet ovatkin kustannuksiltaan kalliimpia ja eivät ole puhtaassa KVR-urakkakilpailussa kilpailukykyisiä verrattuna betoni- tai terästoteutuksiin. Puurunko on noin 5–7 % kalliimpi kuin betonirunko.

Runkojärjestelmän valintaan vaikuttavat rakennuksen geometria, rakentamisen aikataulu, vuodenaika, rakennusmateriaalin kustannustaso ja saatavuus, viitesuunnitelmat, kuormitukset sekä perustamisolosuhteet. Suora lainaus haastattelusta perustamisolosuhteisiin liittyen: *Esimerkiksi betonirakenteinen kauppakeskus, joka oli kaksi kerroksinen. Se muutettiin liittorakenteeksi, jossa oli teräspilarit, jotka valettiin ja oli ontelolaatta välipohja. Tontti oli paalutettava, jonka seurauksena jouduttiin rakentamaan huomattavasti isommat perustukset kuin alun perin suunnitellulle betonirungolle. Teräsrakenteen ollessa niin köykäinen, oli profiilipeltikatto ja villat päälle, rakennuksen kuorma oli niin köykäinen, että laskelmien perusteella piti laittaa niin paljon betonia perustuksiin, ettei tuuli kaada rakennusta. Tämä tuli yllätyksenä, ei oltu varattu anturoihin niin paljoa rahaa kuin olisi ollut tarve. Betonirungossa on hyvä puoli se, että saadaan omaa painoa rungolle eli normaalivoimaa, joka hyödyntää rakennuksen jäykistyksessä tätä omaa painoa. Tämän jälkeen perustamisolosuhteet ovat aina huomioitu!* Runkoa valittaessa on hyvä pyrkiä betoniteollisuuden valmiisiin detaljiratkaisuihin. Runko olisi

hyvä olla tehtynä perinteisillä tyyppiratkaisuilla ja yrityksen itse toimiviksi kokemillaan ratkaisuilla. Esimerkiksi parvekkeiden kannatuksella on merkitystä runkovalintaan, kannatetaanko ne vetotangoilla vai pilarilla anturatasosta asti vai ovatko ne puhtaasti ulokkeita rungossa. Aukotukseen tulee myös kiinnittää erityistä huomiota, erikokoisten aukkojen määrä pyritään minimoimaan kahteen tai kolmeen, jos vain suinkin mahdollista. Lisäksi ikkuna-aukkojen paikkoja joutuu usein muuttamaan, että rakennus pysyy edes kasassa.

Aikataulujen välillä tehdään vertailua erilaisten rakennejärjestelmien välillä. Vertailun kohteena on asennusjärjestys ja asennuksien optimointi, jos vain on vertailtavia vaihtoehtoja. Näistä valitaan kaikkein tehokkain versio aikataulullisesti. Tämä vaikuttaa suunnittelujärjestyksiin, varsinkin jo elementtisuunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi rakennusprojektin alkaessa aikataulusuunnitelman mukaisesti, on betonin saatavuudessa ollut ongelmia. Tässä tilanteessa on turvauduttu teräsrunkoon, joka on mahdollisesti ollut kalliimpi kuin betoninen runko. Kohteen aikatauluun rungon osalta täytyy kiinnittää paljon huomiota, kuinka paljon runkoon tarvitsee varata aikaa. Vuodenajan mukaan täytyy miettiä ratkaisujen tekemistä, tehdäänkö esimerkiksi mahdollisimman vähän paikallavalukaistoja. Tämä syö aikataulua. Rungon asennuksen ajoitus kalenteriin voi ratkaista käytettävän runkoratkaisun. Haastavat paikallavaluratkaisut voidaan muuttaa elementtiratkaisuiksi pultti ja voimaliitoksilla, jos rungon rakentaminen ajoittuu esimerkiksi talvelle.

Suuressa tarkastelussa kaiken pitäisi olla vakioitua ja tuotteistettua, toistuvuutta olisi alhaalta ylöspäin, että tuotanto olisi järjestelmällistä ja takaisi maksimaalisen tuotantokyvyn. Elementtikoko kannattaa miettiä mahdollisimman suureksi, jotta saa kuljetus- ja asennustehokkuutta. Mainitsemisen arvoiseksi nousi myös lujan superlaatta. Superlaatan avulla saatiin älyttömiä pinta-aloja asennettua päivässä, sillä laatasta saatiin mahdollisimman suuri, jopa 3 m leveä elementti. Runko valmistui kyseisessä kohteessa todella nopeasti ja kustannuksissakin säästettiin, kun saatiin paljon pilareita ja palkkeja poistettua laatan kantokestävyyden ansiosta.

Esiin nousi myös työnjohtajien ammattitaidon edellytyksien puute. Työnjohtajien pitäisi pystyä vahtimaan aliurakoitsijoiden työtä alusta loppuun, etenkin alussa ja motivoida nimenomaan laadukkaaseen lopputulokseen. Tehtävien lopputarkastelussa laadussa ilmenee ongelmia, ei ymmärretä asioiden vaikutusta toisiinsa eikä osata keskittyä oikeasti merkittäviin asioihin. Tämän takia joudutaan sitten myöhemmissä rakennusvaiheissa monesti korjaamaan huonosti tehtyjä osakokonaisuuksia.

4.2.2 Taloudellinen näkökulma

Taloudellista näkökulmaa lähdettiin selvittämään kysymyksillä, jotka kohdentuivat rungon suunnitteluvaiheessa vertailtaviin kustannusnäkökulmiin, rungon suurimpaan kuluerään, kustannustehokkaimpaan runkojärjestelmään, sekä tehdäänkö rungoista mahdollisuuksien salliessa yksinkertaisia, tässä tapauksessa kustannustehokkaita.

Runkovalinnan merkittävin ohjaava tekijä on kustannustehokkuus. Tuotteistaminen ja vakiointi ovat avainsanat kustannustehokkuuteen. Arkkitehdin ensimmäisen luonnoksen jälkeen rakennesuunnittelija kertoo rungon dimensioista. Tämän jälkeen laskenta tekee vaihtoehtotarkastelut valettavan rungon, ontelorungon ja teräksisen rungon välillä, mikä vaihtoehto on kustannustehokkain voimassa olevien suhdanteiden mukaan. Mitä yksinkertaisempi massa on, sitä kustannustehokkaampi se myös on. Kustannustehokkain runkojärjestelmä on sellainen, jossa on optimoitu elementtien määrä. Ei ole liian pieniä eikä liian suuria elementtejä sekä ontelokappalemäärä on järkevä. Vakioiden avulla saadaan toistoa ja valmiusastetta nostettua, käsityötä saadaan karsittua työmaaolosuhteista tehdasolosuhteisiin. Normaalit asuinkerrostalot ovat kustannustehokkaimpia toteuttaa kantavilla väli- ja ulkoseinillä sekä paikallavaluholveilla. Tämä on myös LVIS-tekniikan kannalta vaivattomin tapa ja lisäksi ääniteknisesti helpoin toteuttaa. Onteloholveilla saumakohdat voivat jäädä vajaiksi ja ääni voi päästä niistä läpi. Ulkoseinärakenteena asuinkerrostaloissa betonisandwich- elementit ovat kustannustehokkain ratkaisu, ne tarvitsevat asentamisen lisäksi vain saumauksen. Julkisivutyyppi vaikuttaa tietenkin kustannuksiin, onko sandwich- elementtejä vai

esimerkiksi väliseinäelementtejä joihin paikallaan muurataan tai tehtaalla asennetaan tiilet. Paikalla muurattu tiilijulkisivu on paljon kalliimpi kuin tehtaalla tehty elementtitiilijulkisivu. Julkisivumääräysten takia ei ole paljoa hankkeita, joissa sandwich- elementti menisi läpi. Toimitiloissa kustannustehokkain runko on betonipilarit ja -palkit, joita tukee ontelovälipohjat, eli pilari-palkkirunko. Julkisivut ovat näissä toteutuksissa kevytrakenteisia, yleisimmin termorankaelementtejä. Pilari-palkkirunko mahdollistaa myös lasisen julkisivun tekemisen. Kustannustehokkuuden toimitiloissa määrittää suhdanteet, valitaanko pilareiksi teräspilareita vai betonipilareita.

Jännevälit vaikuttavat rungon hintaan. Rungon suunnittelussa kantavien rakenteiden minimointiin pyritään optimijänneväleillä, jolloin saadaan kustannussäästöä. Kustannuksien karsimisen tarkasteluun on tärkeää huomioida hankalat aukotukset, suuret aukotukset, aukkojen sijoitus kantaviin rakenteisiin sekä kantavien rakenteiden sijoittaminen järkevästi, jotta saadaan rakennuksen jäykistys mahdollisimman tehokkaaksi. Lisäksi rakennuksen käyttötarkoitus ja muuntojoustavuus ovat syytä miettiä tarkasti. Liikuntasaumat tarvitsevat tuplapilareita molemmille puolille. Näitä on pyritty saamaan pois optimoimalla rakennusten geometriaa ja pohjaa.

Kalleimmat kuluerät rungoissa ovat yleensä rungon elementit, eli pilaripalkit sekä ontelo-, ulkoseinä-, ja väliseinäelementit. Elementtien suunnittelu, asennus ja muut toimenpiteet ovat huomattavasti halvempia kuin itse elementit. Elementtien suunnitteluun vaikuttaminen on tärkeää kustannustehokkuuden kannalta. Elementtejä pystytään optimoimaan ja miettimään mikä olisi täydellinen ratkaisu tiettyyn projektiin. Elementit antavat mahdollisuuksia muutoksille. Toistuvuus ja samantyyppisten elementtien käyttö on kustannustehokasta. Erilaiset elementit ovat kalliita, näitä joudutaan tekemään johtuen arkkitehtuurista ja rakennesuunnittelusta. Tärkeää olisi suunnitella mahdollisimman yksinkertaista siten, että yhdellä lappukuvalla pystyttäisiin valmistamaan useita elementtisarjoja, tällä tavalla elementtihankinnan kustannus saadaan alemmas. Kustannuksia tarkastellaan seuraavassa luvussa tarkemmin.

Ennakointi on tärkeää, jos elementistä saadaan puoli metriä pois, se voi tulla moninkertaisena kustannuksena eteen, kun joudutaan monta kertaa mittamaan ja kaivamaan tai tekemään pykälää rakenteeseen tai muita korjaavia ratkaisuita. Vastaava mestari on avainasemassa säästämään kustannuksissa ennakoimalla. Katse täytyy olla muutaman kuukauden edellä ja työt täytyy olla sovittuna hyvissä ajoin, tämäkin luo kustannustehokkuutta. Suunnitelmien kehittäminen ja karsiminen pitää tutkia kunnolla alusta loppuun ja varmistua ettei satasen säästö aiheuta tonnin lisäkustannusta jossain toisessa rakenteessa. Suora lainaus haastattelusta: *esimerkiksi hotellihankkeessa tutkittiin hentoisesti poistumisportaan sijoitusta rakennuksen ulkopuolelle. Porras oli sijoitettu sisäpuolelle betonirakenteena, ulkopuolelle teräksisenä. Loppupeleissä maksoi enemmän savusulkuratkaisujen ja uuden julkisivuverhoilun takia, oli 200 tuhatta euroa kalliimpi. Ei oltu otettu kaikkea huomioon, oli hiharavistuksella tehty arvio halpuudesta.*

Kustannustehokkuuteen vaikuttavat rakennusliikkeen ja tilaajan tahtotilat sekä markkinatalouden muuttuvat suhdanteet. Uudet ideat voivat olla järkevämpiä toteuttaa, mutta ne voivat näyttää kalliilta. Toisaalta jos ne suunniteltaisiin hyvin, niin toteutus voisi olla nopeampaa ja varmempaa. Täten lopputulos voi olla halvempi ja nopeampi. Esiin nousi myös kustannuslaskijoiden laskentatapa. Lasketaan kallis neliöhinta rakenteelle, mutta rakenteen ollessa yksinkertainen ja nopea, se ei ole verrattavissa neliöhintaan vaan kokonaisuuden summaan. Yksinkertaisen ja nopean rakenteen avulla voitaisiin muualla päästä helpommalla ja luoda säästöjä. Pilarien jatkuvuus on suuri säästökohde. Asennuksia olisi vain yksi tekemällä pilareista monikerroksisia. Elementtivalmisteiset väestönsuojat voisivat myös tuoda kustannustehokkuutta. Vakiointi ja toistuvuus nousivat esiin myös kustannustehokkuudessa.

4.2.3 Suunnittelun ohjauksen näkökulma

Suunnittelun ohjauksen näkökulmaa tarkasteltiin kysymyksillä suunnitteluvaiheen vertailukohteista, runkoryhmän mahdollisista hyödyistä sekä runkoratkaisuun johtavista päätöksistä projektissa.

Lähtökohtana suunnittelun ohjauksessa on tilaajan tavoitteen selvittäminen, mahdollisten muutosten läpisaaminen sekä oman tavoitteen eteenpäin vienti. Tällä hetkellä kustannukset määräävät KVR kilpailuissa 95-prosenttisesti. Tilaajan ja lautakuntien määrittämissä rajoituksissa on pysyttävä. Voittaja on se, joka pystyy mahdollisimman paljon muokkaamaan haluttua tuotetta mahdollisimman kustannustehokkaaksi. Nämä muokkausmahdollisuudet täytyy tunnistaa ja selvittää projektissa. Suunnitteluvaiheessa kaavasta lähdetään liikkeelle, miten kaava määrittelee rakennusalan projektin tontille. Pohjaolosuhteet ovat myös merkitseviä runkoratkaisujen suhteen, minkälainen perustus tehdään projektille, josta runko sitten saadaan nousemaan. Runkosyvyyksiä tulee tarkastella ja massoittelua sekä mittamaailmaa. Mittojen täytyy toimia elementtiratkaisuihin optimoituina. Tämän avulla saadaan vakiointia. Tilaajan ammattitaito nousee esiin julkisivutarkasteluissa. Kuinka kaavavaatimuksia osataan käsitellä ja kuinka yrityksen edun saa esitettyä kaupunkikuvalautakuntaan, jotta saisi läpi kustannuksiltaan halvemmat vaihtoehdot. Rajoituksissa täytyy pysyä, mutta mahdollisuudet täytyisi pystyä tunnistamaan ja selvittämään projektissa, varsinkin uusien tilaajien kanssa. Vanhojen tilaajien yhteistyö on helpompaa, kun tietää jo etukäteen mitä asioita voidaan viedä eteenpäin. Julkisivuvaateita täytyy tarkastella monesta näkökulmasta. Miten se koskee kyseistä projektia, onko esimerkiksi toisella seinällä mahdollista käyttää erilaista materiaalia kuin toisella. Mahdollisilla erilaisilla julkisivuratkaisuilla voidaan luoda projektiin tehokkuutta ja kustannussäästöjä.

Tärkeänä pidetään tiimin kanssa runkovalinnan tutkimista, arkkitehti, suunnittelija ja projektipäällikkö miettivät yhdessä mikä runkovalinta olisi järkevin kaikki mahdolliset muuttujat huomioon otettuina. Parhaimpaan toteutukseen rungon osalta päästään, kun rakennesuunnittelija olisi mukana heti alkuvaiheessa arkkitehdin kanssa. Rakennesuunnittelija pystyisi vastaamaan heti mahdollisiin kysymyksiin, sekä kertomaan onko jokin edes mahdollista tehdä. Julkisivurakenteet tulevat useimmiten arkkitehdin sanelemana ja ovat kaavamääräyksien sekä muiden kaupunkikohtaisten lautakuntien ja määräyksien päättämiä. Ensimmäisiin arkkitehtiluonnoksiin pohjautuen tehdään runkoluonnoksia, tässä vaiheessa on äärimmäisen tärkeää kertoa järkevät jännevälit ja ratkaisut arkkitehdin luonnokseen, sekä niiden dimensiot. Kokenut rakennesuunnittelija osaa kertoa minkälainen kantava runko on optimaalinen jännevälit huomioon otettuna. Suunnittelijoiden mielestä

tärkein peruste runkovalintaan on toteutuskelpoisuus ja sen järkevyys. Lopullinen tarkoitus on kuitenkin saada turvallinen runko, joka täyttää 100 vuoden pystyssä olon kriteerit. Kokeneen arkkitehdin pitäisi kuitenkin tietää minkä runkoratkaisun ympärille alkaa luonnoksia tekemään. Julkisissa rakennuksissa tarvitaan aina rakennesuunnittelijaa avuksi. Tärkeää on olla kaikissa vähänkin erilaisissa rakennuksissa rakennesuunnittelija jo heti alussa mukana luonnostelemassa rakennusta ja varsinkin sen runkoa. Arkkitehti ei välttämättä mieti elementtijaon kannalta järkevyyttä, tässä on hyvä olla suunnittelija mukana tai kokenut ohjaaja, joka osaa ottaa asian huomioon. Varhaisessa vaiheessa normaalisti tarkastetaan myös tekniset järjestelmät LVIS:n osalta, onko ilmastointikonehuone katolla, yläkerroksissa vai huonekohtaisilla koneilla. Tämä vaikuttaa hormien kokoon ja siten tilaratkaisuihin. Vesikattoratkaisut voivat myös vaikuttaa rungon valintaan. Kuormitukset täytyy ottaa huomioon yläkerroksien osalta, miten esteettömyys ratkaistaan. Viherkatto ja kattoterassit voivat myös vaikuttaa, nämä täytyy rungon yhteydessä miettiä.

Runkoryhmän merkitys yrityksessä jakoi mielipiteitä. Runkoryhmiä yrityksellä on käytössä maakunnissa muttei pääkaupunkiseudulla. Runkoryhmistä luovuttiin pääkaupunkiseudulla aikoinaan hintojen karkaamisen ja johtamisen puutteen takia. Runkoryhmän toiminnan täytyisi olla prosessoitua, yhdestä paikasta johdettua. Eikä sellaista, että ryhmä hyppii työpäälliköltä tai vastaavalta mestarilta ja työmailta toiselle ilman ohjausta. Lopulta runkoryhmät kasaantuivat viimeisille työmaille ja työntekijät jouduttiin lomauttamaan tai irtisanomaan. Omaa runkoryhmää pidetään kilpailukykyisenä hinnan suhteen aliurakointeihin. Lisäksi oman runkoryhmän motivaatio ja sitoutuminen laadun tuottamiseen olisi varmasti parempi kuin aliurakoitsijoilla. Ihminen pyrkii kuitenkin perustoimintatavan mukaisesti pääsemään mahdollisimman vähällä työllä, eli jättämällä joitakin asioita tekemättä. Tämä korostuu aliurakoinnissa. Oma runkoryhmä pystyisi laaduntuotannossa huomattavasti parempaan tasoon. Ongelmana runkoryhmässä on kuitenkin sen jatkuvan työllisyyden tarve. Runkoryhmä tarvitsee jatkuvaa tuotantoa, jotta siitä saataisiin maksimaalinen hyöty yritykselle. Nousevien runkojen välissä ei saisi olla pitkiä taukoja. Tuotannon ollessa jatkuvaa, pystyttäisiin miettimään mihin ryhmä menee seuraavaksi. Tuotannon jatkuvuuteen vaikuttaa tietenkin

suhdanteet. Aiempina vuosina kun on eletty rakentamisen nousukautta, resurssikausien sisällä on pystytty tuomaan pelivaraa, jotta uusia kohteita on aina voitu käynnistää maakunnissa, joissa runkoryhmiä on käytetty. Nykyaikana vaatimukset kokemusluokistakin aiheuttaa vaikeuksia runkoryhmän perustamiselle. Helpompaa on tilata aliurakoitsijan kautta kokeneita asentajia, jotka hoitavat elementtien tilauksetkin. Ilman runkoryhmää pystytään myös nopeammin vaikuttamaan suhdannevaihteluihin.

Vaihtoehtotarkastelun puute suunnitteluvaiheessa nousi haastatteluissa esiin. Lähtötiedoissa pitäisi jo itse esittää arkkitehdille minkälaisilla ratkaisuilla halutaan hanke suunniteltavan. Ennen lähtötietojen toimittamista pitäisi itse osata sanoa kustannustehokkain vaihtoehto. Eikä odottaa arkkitehdin tuovan ratkaisua projektille, jota lähdetään kehittämään. Suora lainaus haastattelusta: *Arkkitehdin tuodessa ensimmäisen luonnoksen, joka on tehty huonoilla lähtötiedoilla ja kahden viikon työajalla, johon on itse jo ihastunut ja luonut ratkaisuita, hän esittelee sen ja sitä ei uskalleta tyrmätä aikataulupaineen takia, vaikka se olisi huono.* Suunnitteluaikataulussa ei ole varattu aikaa vaihtoehtotarkasteluille. Kustannustietouden puute suunnittelun ohjausyksikössä julkisivu- ja runkoratkaisuiden osalta on puutteellista. Pitäisi pystyä heti lähtötietojen perusteella sanomaan kaikissa hankkeissa onko jokin kallista vai ei. Alkuun pitäisi varata paljon aikaa ratkaisujen optimoimista varten ja sitten lähteä yhteisesti hyväksytyillä tarkoilla yksityiskohdilla ja lähtötiedoilla liikkeelle. Tämän avulla saadaan vakioitua ja tuotteistettua tuotantoa, kun suunnitelmat annetaan valmiina suunnittelijoille. Tämä palvelee myös suunnittelutyötä, mitä paremmin valmistaudutaan hankkeeseen omilla lähtötiedoilla ja projektin suunnitelmien laatimisen osalta, saadaan suunnittelijat jalostamaan rakennuttajan ajatusta eteenpäin. Tämä säästäisi mahdollisesti paljon kustannuksia projektin edetessä. Tähän ei kuitenkaan ole paljoa varattu aikaa KVR projekteissa, koska laskenta-aikaa on yleensä vain 3–4 viikkoa. Kyseisessä aikaikkunassa ei pystytä tekemään perusteellista laskentaa ja vertailua.

4.3 Päätelmät

Haastatteluiden perusteella tuotannollisissa näkökulmissa työn täytyisi olla vakioitua ja tuotteistettua, toistuvuutta täytyisi olla alhaalta ylöspäin koko rungolla. Tehtävien lopputarkastuksien laadulliset ongelmat täytyisi minimoida, työnjohdon pitäisi tehdä laadun määritelmä selväksi heti alussa, ettei työ aiheuttaisi ongelmia seuraavissa vaiheissa. Myöhemmät ongelmat aiheuttaisivat uusia ratkaisuita ja korjaustoimenpiteitä, eli lisää kustannuksia.

Tuotteistaminen ja vakiointi ovat avaimet myös kustannustehokkuuteen. Elementtien määrän optimoinnilla ja vakioimalla tuotanto, saadaan toistuvuutta ja valmiusastetta nostettua. Elementtien ollessa samanlaisia ja yksinkertaisia, on tuotantomäärät suuria ja mahdollista tehdä yhdellä lappukuvalla, jolloin elementtien kustannukset alenevat. Asuinkerrostaloissa kantavat seinät runkojärjestelmä on kustannustehokkain. Toimitilarakentamisessa pilari-palkkirunko on kustannustehokkain runkojärjestelmä. Julkisivujen merkitys on kustannuksissa suuri. Betoni sandwich -elementit ovat kustannustehokkaimpia ratkaisuita. Niitä kuitenkaan harvoin pystytään käyttämään julkisivumääräysten takia. Ennakoimalla ja varmistamalla suunnitelmien todenmukaisuuden luodaan kustannussäästöjä. Uusia ideoita ei kannata tyrmätä, ne voivat olla kokonaisuudessa halvempia, vaikka näyttävät aluksi kalliilta. Ensin kannattaa tarkastella lähemmin ja sitten kokonaisuuden summaa, ei vain yhden osuuden. Jatkuvat monikerrospilarit ovat suuri säästökohde, myös elementtivalmisteiset väestönsuojat voisivat olla taloudellisen vertailun arvoisia.

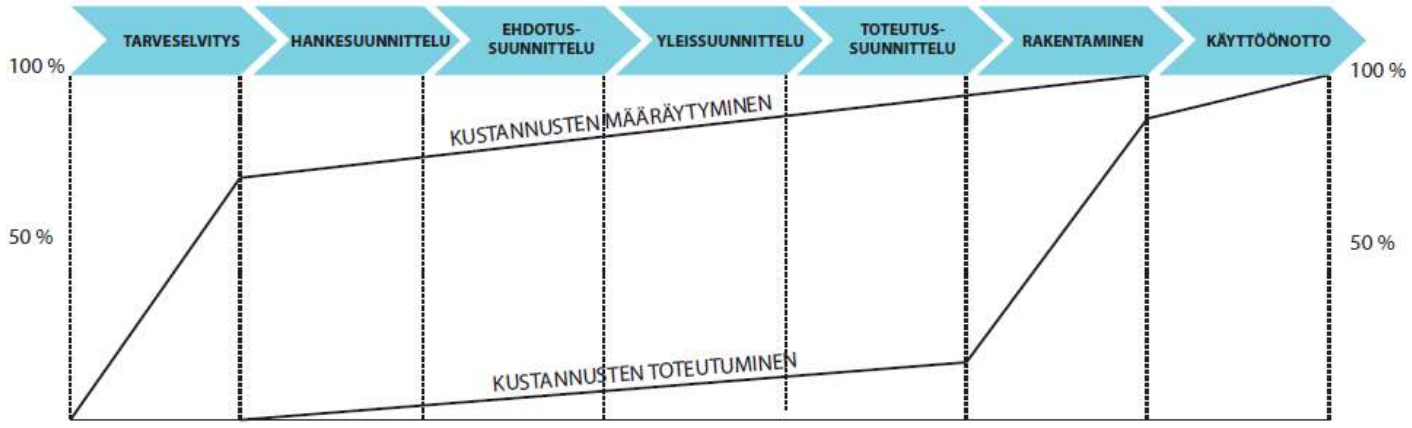
Suunnittelun ohjauksen näkökulmasta yhteistyön merkitystä ei voi tarpeeksi korostaa. Päätökset tulisi tehdä arkkitehtien, suunnittelijoiden sekä projektipäälliköiden yhteisymmärryksessä. Projektipäällikön on syytä kommunikoida laskennan ja tuotannon kanssa tiiviisti, jotta parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen päädytään. Muokkausmahdollisuuksien tunnistaminen ja selvittäminen ovat avainasemassa. Kaavavaatimusten käsittely ja yrityksen edun eteenpäinvienti lautakunnissa ovat tärkeässä roolissa. Julkisivujen muokattavuus on aina haaste. Pitäisi tehdä vertailua ja tunnistaa mahdollisuudet tehokkaimpiin ratkaisuihin. Run-

koryhmä koettiin laadullisesti tuottavaksi, mutta sen johtamisesta puuttuisi prosessointi. Vaihtoehtotarkastelun puute nousi esille suurena näkökulmana. Alussa pitäisi varata enemmän aikaa suunnitelmien läpikäynnille ja varmistamiselle. Näiden pääpiirteiden varmistamisen avulla projektit saataisiin tuotettua kustannustehokkaasti ja tuotannollisesti järkevästi.

5 RUNGON KUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

5.1 Kustannushallinnan kokonaisuus

Rakennushanke on monivuotinen projekti, jonka aikana määritellään tilaajan tarpeita, ohjataan suunnittelua ja hankintoja ja lopulta rakennetaan suunnitelmien mukainen rakennus. Vaikka hankkeen kustannukset toteutuvat pääosin vasta rakentamisvaiheessa, niistä noin 75 % määräytyy jo hankkeen tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa (KUVIO 1). (Mittaviiva Oy 2018, 8.) Rakennushankkeen kustannuksista noin 80 % toteutuu kuitenkin vasta rakentamisvaiheen sekä käyttöönoton aikana (KUVIO 1). Rakentamisvaiheen aikana muodostuviin kustannuksiin sisältyy rakennus ja tekniikkaosien kustannuksien lisäksi hanketehtävien ja -varausten kustannukset. Hanketehtävien ja -varauksien kustannuksiin kuuluu muun muassa rakennuttamisesta, valvonnasta, työnjohdosta suunnitelmamuutoksista ja työmaatekniikasta aiheutuvat kustannukset. (Mittaviiva Oy 2018, 8.) Kustannushallinnan prosessin tulee olla systemaattinen ja jatkuva. Vaikka kustannukset määräytyvätkin jo suurelta osin suunnitteluvaiheessa, ei onnistunutkaan kustannustavoitteen asettaminen ja suunnittelun hallinta takaa onnistunutta projektia ilman rakentamisen aikaista ohjausta. Rakennushankkeen kustannukset konkretisoituvat pääosin rakentamisen aikana. Kustannusten erittely tarkoituksenmukaisella luokittelulla auttaa kustannusten valvonnassa ja hallinnassa.



KUVIO 1. Kustannukset määräytyvät ja toteutuvat rakennushankkeessa eri aikaisesti. (Mittaviiva Oy 2018, 8.)

Rakennushankkeen alussa tilaajan ja käyttäjien tarpeiden perusteella tehtävät päätökset sekä olemassa olevan rakennuksen ominaisuudet määrittävät yleiset raamit kustannuksille. Päätöksenteko on usein, varsinkin hankkeiden alkuvaiheissa, nopeaa ja iteroivaa. Kustannusten laskennassa ja esittämisessä tulee pyrkiä samaan nopeuteen erilaisten vaihtoehtojen arvioinnissa. Ohjelmaltaan samanlaisten hankkeiden välillä voi olla suuria eroja kustannuksissa. Näitä aiheuttavat olosuhteet kuten kaava, markkinatilanne ja esimerkiksi olemassa olevan rakennuksen kunto. (Mittaviiva Oy 2018, 6.)

5.2 Rakennuskustannuksiin vaikuttaminen

Kustannuksien määräytyessä pääosin rakennushankkeen alkuvaiheessa, voidaan kustannuksiin vaikuttaa vielä myöhemminkin hankkeen aikana. Hankkeen alkuvaiheessa kustannusten lähtötiedot ovat vielä suuntaa antavia, mutta ne tarkentuvat koko ajan hankkeen suunnittelun edetessä. Sen vuoksi rakennushankkeen kustannusten hallintaa ja laskentaakin tulee tehdä hankkeen edetessä useista eri näkökulmista. (Mittaviiva Oy 2018, 8.)

Rakentamisen kustannukset aiheutuvat päätöksistä, joiden perusteella rakennushankkeeseen sidotaan resursseja. Kustannusten hallinnan näkökulmasta on siis tunnistettava, seurattava ja vaikutettava hanketta koskeviin päätöksiin. Rakennushankkeen kustannuksiin vaikuttavat muun muassa

- laadittu hankeohjelma
- rakennuskohteen olosuhteet
- laaditut suunnitteluratkaisut
- rakentamisen toteutus- ja tuotantoratkaisut
- suhdanne- ja hintatekijät. (Mittaviiva Oy 2018, 20.)

5.2.1 Laadittu hankeohjelma

Hankeohjelmassa selvitetään tilaajan ja käyttäjien tarpeet. Näiden tarpeiden perusteella suunnitellaan tilojen määrät ja ominaisuudet. Tilaajan tarpeet ovat yksittäisistä kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä isoin. (Mittaviiva Oy 2018, 20.)

5.2.2 Rakennuskohteen olosuhteet

Olosuhteet vaikuttavat rakentamisen kustannuksiin merkittävästi, mihin ja milloin rakennetaan. Rakentamisen kustannuksiin vaikuttaviin olosuhdetekijöihin kuuluu muuan muassa kaavan mahdollisuudet ja vaatimukset, tontin olosuhteet, markkinatilanne ja käytettävät materiaalit. (Mittaviiva Oy 2018, 21.)

5.2.3 Laaditut suunnitteluratkaisut

Suunnitteluratkaisut muodostetaan tilaajan tarveselvityksen pohjalta. Näiden erilaisten suunnitelmavaihtoehtojen kustannukset voivat vaihdella suuresti muun muassa seuraavista syistä

- Yleisratkaisu
  Rakennuksen ulkomuoto ja toimintojen sijoittaminen rakennukseen selittävät osan kustannusjakaumien eroista. Esimerkiksi erillisiä huoneita sisältävän toimiston kustannukset verrattuna avokonttorin kustannuksiin.

- Rakenteista, järjestelmistä ja materiaalivalinnoista johtuvat erot
  Rakennusosien ja järjestelmien kustannuksissa on eroja esimerkiksi työn ja materiaalien kustannusten osalta. Kustannuksiin vaikuttaa myös järjestelmien yhteensopivuus.

- Yksityiskohdista aiheutuvat erot
  Työmaalla toteutettavien detaljien suuri määrä nostaa työvaltaisuutta ja kustannuksia sekä luo haasteita niiden hallintaan. Esivalmisteiset ja toistuvat ratkaisut ovat tyypillisesti nopeampia toteuttaa ja siten kustannustehokkaampia. (Mittaviiva Oy 2018, 21.)

5.2.4 Toteutus- ja tuotantoratkaisut

Toteutus- ja tuotantoratkaisut vaikuttavat kustannuksiin, miten rakennushanke ja rakentaminen organisoidaan. Toteutus- ja tuotantoratkaisujen osalta vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa

- Hankkeen toteutusmuoto
  Hankkeen toteutusmuoto määrittelee, miten riskit, hyödyt ja vastuut jakautuvat hankkeen eri osapuolten kesken. Hankkeen toteutusmuodolla tarkoitetaan tapaa kilpailuttaa tai hankkia rakennushankkeen palvelut, suunnittelun ja toteutuksen prosessit. Niillä voidaan myös tarkoittaa sopimusmuotoa, jolla vastuista ja kaupallisista ehdoista sovitaan.

- Rakentamisen organisointi
  Toteutusmuoto määrittää pääosin rakentamisen organisoinnin eli rakennushankkeen rakennuttamis- ja suunnittelupalveluiden sekä urakoitsijoiden hankintatavan, sopimusperusteet, vastuunjaot ja johtamisen periaatteet. Organisoinnilla on merkittävä vaikutus paitsi kustannuksiin ja niiden hallintaan myös käytettäviin kustannushallintamenettelyihin, niiden ajoitukseen sekä vastuutahoihin.

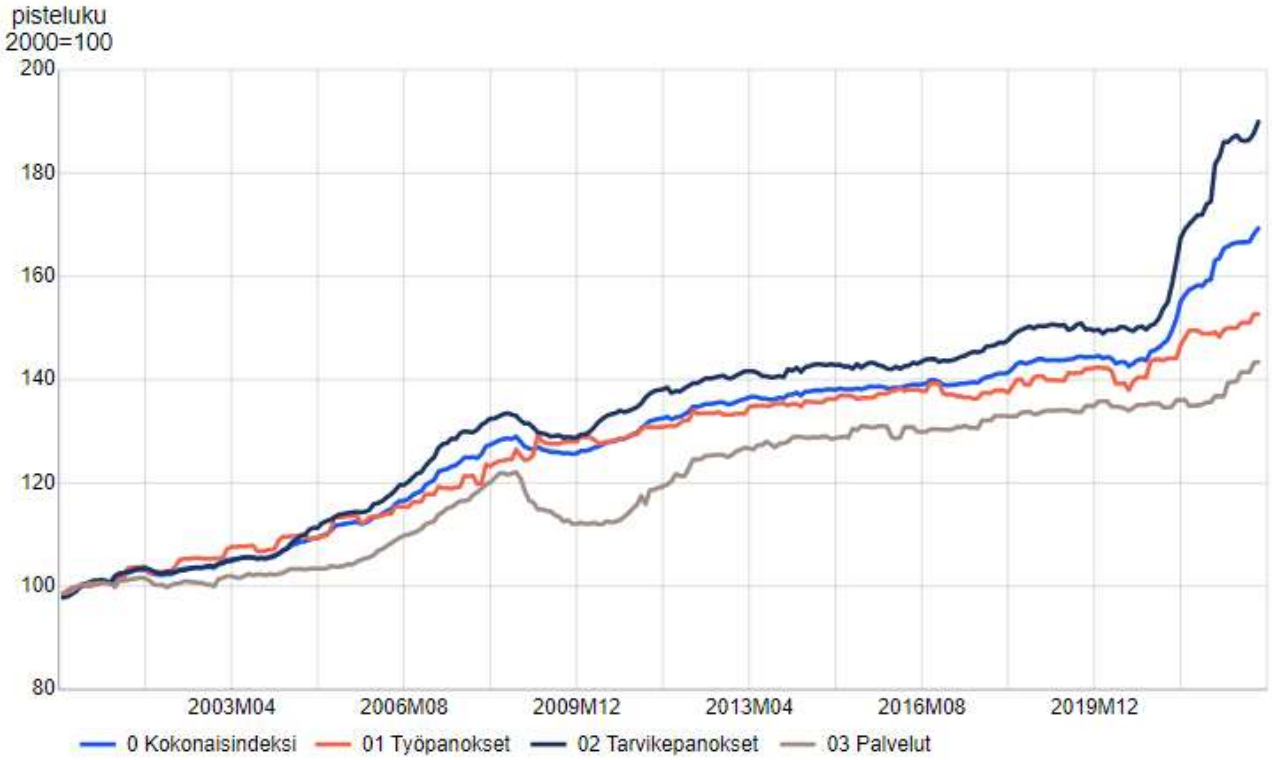
- Tuotantoratkaisut
  Tuotantoratkaisuista keskeisimpiä vaikuttajia ovat valitut tuotantotekniikat ja työmenetelmät. Näiden kustannustehokkuuteen pyritään vaikuttamaan tuotantosuunnitelmilla, aikatauluilla ja hankintojen ohjauksella. (Mittaviiva Oy 2018, 22.)

5.2.5 Suhdanne- ja hintatekijät

Kustannuksiin vaikuttavat myös hintatekijät, joihin vaikuttavat rakentamisen resurssien saatavuus eli käytännössä aika ja paikka. Rakentaminen on osa yhteiskunnan laajempaa markkinakehitystä. Tilastokeskus julkaisee rakennuskustannusindeksiä, joka kuvaa rakennuskustannusten tasoa. (Mittaviiva Oy 2018, 22.)

Kuviossa 2 on tilastokeskuksen ylläpitämä rakennuskustannusindeksin kehitys 2000-luvulla. Tilastokeskuksen mukaan rakennuskustannukset nousivat vuoden 2023 helmikuussa 6,4 % vuodentakaisesta. Palveluiden hinnat nousivat 5,7 %

vuodentakaisesta. Tarvikepanosten kustannukset nousivat 9,2 % vuodentakaisesta. (Tilastokeskus n.d.)



KUVIO 2. Rakennuskustannusindeksin pitkä aikavälin kehitys 2000M01-2023M02 (Tilastokeskus n.d.)

5.3 Yksikköhinnat

Rakennusalalla on käytössä nimikkeistöjä, jotka on tarkoitettu osapuolten väliseen tiedonsiirron parantamiseen. Tällä hetkellä kiinteistönpidon ja rakentamisen suunnittelun ja toteutuksen tehtävissä käytetään muun muassa Talo 80 ja 2000-nimikkeistöjä. (Mittaviiva Oy 2018, 23.) Talo 80 -nimikkeistö on jaettu rakentamis- ja suoritusnimikkeisiin. Rakentamisnimikkeiden pääryhmien 2–5 koodi on kaksinumeroinen, jolloin rakentamisnimikkeillä on kaksi tasoa: pääryhmä ja rakentamisosa. Rakentamis-nimikkeiden 0 ja 1 sekä 6–9 koodi on kolminumeroinen, jolloin rakentamisnimikkeillä on kolme tasoa: pääryhmä, alapääryhmä ja rakentamisosa. Suoritusnimikkeiden pääryhmät 1–9 jaetaan kahdella tasolle: pääryhmä ja suoritusosa. Näiden pohjalta muodostuu kaksinumeroinen koodi. Rakentamis- ja suoritusnimikkeiden pohjalta muodostetaan littera, joka on rakentamis- ja suoritusnimikkeen yhdistelmä. Littera on yhdistelmän mukaan, joko neli- tai viisinu-

meroinen koodi. (Mittaviiva Oy 2018, 98.) Taulukossa 1 on esitetty Talo 80 -nimikkeistön rakentamis- ja suoritenimikkeiden päänimikkeet. Talo 80 -nimikkeistö on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 2.

TAULUKKO 1. Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmän rakentamisosien pääryhmät ja suoritusryhmät. (Mittaviiva Oy 2018, 98.)

Suoritusryhmä	1 Muottityö	2 Betoni- ja raudoitustyö	3 Metallityö	4 Muuraus, rappaus	5 Elementtityö	6 Puu- ja levytyö	7 Lämmöneristys	8 Vedeneristys	9 Muut työt
Rakentamisosa pääryhmä									
0 Rakennuttajan kustannukset									
1 Maa- ja pohjarakennus									
2 Perustukset, ulkopuoliset rakenteet									
3 Runkorakenteet									
4 Täydentävät rakenteet									
5 Pintarakenteet									
6 Kalusteet, varusteet									
7 Konetekniset yöt									
8 Työmaan käyttökustannukset									
9 Työmaan yhteiskustannukset									

Tässä opinnäytetyössä tarkastelurajaus tehtiin rakentamisosa pääryhmiin 2 perustukset, ulkopuoliset rakenteet ja 3 runkorakenteet.

5.3.1 Runko

Paikallarakentamisen ja elementtirakentamisen kustannuksissa ei ole merkittäviä eroja vastaavissa rakennuskohteissa. Toteutusaikataulu on käytännössä molemmilla menetelmillä sama, kerros viikossa. Kustannusten muodostuminen on pääosin riippuvainen runkotyöryhmien harjaantuneisuudesta käytettävään tekniikkaan. Arkkitehtien tekemät rakennetekniset ratkaisut voivat myös vaikuttaa merkittävästi kohteen kustannusrakenteeseen. Korkeissa, yli 12 kerroksisissa rakennuksissa, kantava runko on useimmiten paikalla valettu rungon jäykistystarpeiden vuoksi. Viime aikoina on havaittu, että korkeissa asuinrakennustorneissa on

edullista valita runkojärjestelmäksi pilarilaatta ja tehdä väliseinät kevytrakenteisina. Tällöin materiaalien nostot helpottuvat ja rakenteiden massa saadaan pienemmäksi. Pienenevän betonimenekin ohella myös betonin hiilipäästöt vähenevät. (Betonitieto n.d.b.)

Taulukossa 2 on esitetty betonielementtien hintoja neliölle. Porraselementit ja hormielementit ovat kappalehinnoissa.

TAULUKKO 2. betonielementtien hinnat neliölle.

	Betoni Sandwich-elementti	Ontelolaatta	Kuorielementti	Väliseinäelementti	Massiivilaatta	Porraselementti	Talotekniikkaa sisältävä hormielementti
Alv 0 %	210 €	47 €	140 €	100 €	200 €	1500 €/kpl	1300 €/kpl
Alv 24 %	260 €	58 €	174 €	124 €	248 €	1 860 €	1 612 €
	valkobetoni	*270mm paksu*					

Taulukosta 2 nähdään että elementtien hinnat neliölle ovat melko suuria. Massiivilaatat ovat kalleimpia, koska niihin käytetään materiaaleja eniten (betonia ja raudoitusta). Betoni sandwich-elementtien hinta vaihtelee pintamateriaalin mukaan. Onko julkisivupinta esimerkiksi maalattu, uritettu, valkobetonista tai tiililaatasta. Yleensä julkisivuelementit ovatkin kustannuksiltaan kalleimpia, koska ne ovat tietyllä materiaalilla viimeisteltyjä jo tehtaalla. Tarkasteltavassa porraselementissä on yhdeksän porrasnousua suoraan, joka on yleisin porraselementti. Ontelolaatan paksuuden kasvaessa, myös hinta kasvaa noin +5 €/m^2.

Rungoissa suurin kustannuserä on lähes aina elementit. Tämä johtuu elementtien kustannuksien suuruudesta neliölle ja niiden suuresta käyttömäärästä. Jos rungossa epäonnistuu, sitä on lähes mahdoton korjata enää tulevaisuudessa. Rungon kustannuserä on myös yleensä rakennushankkeissa suurin. Rungon valinnassa on syytä tehdä vaihtoehtotarkastelua ja vertailua suhdanteihin. Suhdanteet ja markkinatalous kysynnän osalta määrittävät aina tietyn materiaalin hinnan, jonka seurauksena tietyt elementitkin ovat kalliimpia tai halvempia. Näiden vertailujen avulla saadaan valikoitua kustannustehokkain runkoratkaisu.

6 RUNGON KUSTANNUSTEN VERTAILU

Vertailtaviksi kohteiksi valittiin pääkaupunkiseudun neljä asuinkerrostalokohdetta ja kaksi toimitilarakennusta, hotelli ja toimisto. Kaksi asuinkerrostalokohdetta ovat toteutettu kantavat seinät runkojärjestelmällä ja paikallavaletuilla välipohjilla. Toiset kaksi asuinkerrostaloa on toteutettu kantavat seinät runkojärjestelmällä, mutta ontelolaatta välipohjina. Toimitiloissa molemmat kohteet on toteutettu pilari-palkkijärjestelmällä.

6.1 Kustannusten vertailu

Taulukossa 2 vertaillaan kantavan päärungon kustannuksia kokonaisuutena. Vertailuun otettiin projektien kustannuksien tavoitelaskelmista Talo 80- nimikkeistön pääryhmät 2 ja 3, eli perustukset ja ulkopuoliset rakenteet sekä runkorakenteet. Pääryhmiin sisältyy sekä elementit, että runkoon liittyvät betonivalut.

TAULUKKO 3. Kantavan päärungon kustannusvertailu sisältäen pääryhmät 2 ja 3.

	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Pilari-palkkirunko, hotelli	Pilari-palkkirunko, toimisto
Hinta alv 0 %	2 107 647,00 €	2 175 628,00 €	3 613 828,00 €	4 003 510,00 €	4 699 632,00 €	2 849 238,00 €
alv 24 %	505 835,28 €	522 150,72 €	867 318,72 €	960 842,40 €	1 127 911,68 €	683 817,12 €
Yhteensä	2 613 482,28 €	2 697 778,72 €	4 481 146,72 €	4 964 352,40 €	5 827 543,68 €	3 533 055,12 €
Tilat	41 asuntoa	81 asuntoa	109 asuntoa	72 asuntoa	406 huonetta	

Taulukosta 3 huomataan, että paikallavaletut välipohjat ovat huomattavasti halvempia toteutustapoja kuin ontelolaatta välipohjat. Vaikka vertailtavissa rakennuksissa on huomattavia kokoeroja, voi silti päätellä paikallavalun olevan halvempaa. Esimerkiksi vertailtaessa 72 asunnon ontelolaattarakennetta ja 81 asunnon paikallavalurakennetta, on paikallavalettu toteutus 54,3 % halvempi kuin ontelolaatta toteutus. Vaikka asuntoja on enemmän, niin paikallavalu on vertailussa halvempi. Taulukosta myös huomataan, että toimitilapuolella muuntojoustavaa toimistoa on paljon kustannustehokkaampaa tehdä, kuin hotellia.

Taulukossa 4 on vertailtu pelkästään pääryhmästä 3 rungon elementteihin käytettävät työ- ja materiaalikustannukset.

TAULUKKO 4. Työ- ja materiaalikustannukset yhdistettynä

	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Pilari-palkkirunko, hotelli	Pilari-palkkirunko, toimisto
Työ	159 055,00 €	217 956,00 €	662 173,00 €	421 328,00 €	749 499,00 €	397 922,00 €
Materiaali	966 998,00 €	1 555 897,00 €	2 066 112,00 €	1 091 582,00 €	2 963 415,00 €	1 538 331,00 €
Hinta yhteensä	1 126 053,00 €	1 773 853,00 €	2 728 285,00 €	1 512 910,00 €	3 712 914,00 €	1 936 253,00 €
Elementtimäärä	1240	1988	1770	1238	2730	1549
Hinta/elementti	908,11 €	892,28 €	1 541,40 €	1 222,06 €	1 360,04 €	1 250,00 €

Taulukosta 4 huomataan, että paikallavaletun välipohjan työ- ja materiaalikustannukset ovat elementtimäärään suhteutettuna kustannustehokkain. Elementtimäärään suhteutettuna paikallavalurakenne on jopa 57,9 % halvempi kuin ontelolaattaholvirakenne. Taulukosta myös ilmenee toimitilojen pilari-palkkirunkojen kustannustehokkuuden minimaalinen eroavaisuus. Vaikka hotellissa on elementtejä 1,76 kertaa enemmän, eroavat työ- ja materiaalikustannukset elementtiä kohden vain 8,8 %.

Taulukossa 5 on vertailtu pelkkää työn kustannusta.

TAULUKKO 5. Työn kustannusvertailu

	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Pilari-palkkirunko, hotelli	Pilari-palkkirunko, toimisto
Työ	159 055,00 €	217 956,00 €	662 173,00 €	188 213,00 €	749 499,00 €	397 922,00 €
Elementtimäärä	1240	1988	1770	1238	2730	1540
Hinta/elementti	128,27 €	109,64 €	374,11 €	152,03 €	274,54 €	258,39 €

Taulukossa 6 on vertailtu pelkkää elementtien materiaalikustannusta.

TAULUKKO 6. Elementtien materiaalikustannuksien vertailu.

	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, paikallavaletut holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Kantavat seinät runko, ontelolaatta holvit	Pilari-palkkirunko, hotelli	Pilari-palkkirunko, toimisto
Materiaali	966 998,00 €	1 555 897,00 €	2 066 112,00 €	1 091 582,00 €	2 963 415,00 €	1 538 331,00 €
Elementtimäärä	1240	1988	1770	1238	2730	1540
Hinta/elementti	779,84 €	782,64 €	1 167,29 €	881,73 €	1 085,50 €	998,92 €

Taulukoista 5 ja 6 huomataan työn ja materiaalin korreloivan myös kokonaiskustannuksissa. Sama kantavat seinät runko paikallavaletuilla holveilla säilyttää kustannustehokkaimman hinnan.

Vertailtavat rungot ovat eri kokoluokkaa ja erilaisilla rakenne ratkaisuilla tehtyjä. Vertailu on toteutettu suuntaa antavaksi, eikä siihen voi täysin luottaa. Vertailu tulisi suorittaa aina kohdekohtaisesti siten, että kyseiseen kohteeseen vaikuttavat kustannustekijät on huomioitu. Vertailuun ei otettu erilaisella runkojärjestelmällä rakennettua toimitilarakennusta. Haastatteluiden perusteella kuitenkin kustannustehokkain runkoratkaisu ja lähes ainoa järjestelmä, jota käytetään toimitiloissa, on pilari-palkkirunko.

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä esiteltiin KVR-hankkeen rakenne yleisesti, tutustuttiin teorian avulla rungon valintaperusteisiin ja kustannusten hallintaan sekä puolistrukturoitujen haastatteluiden avulla avattiin toimintatapoja liittyen rakennuksen rungon valintaan.

Kustannusten vertailu on haastavaa jatkuvan suhdannevaihtelun ja markkinatalouden muutoksien seurauksena. Tutkimus oli myös haastava toteuttaa, sillä kustannustenlaskentaan liittyvää kirjallisuutta on tarjolla niukasti. Vähäinenkin materiaali on suunnattu asuinrakentamiseen, mikä eroaa toimitilarakentamisesta kuormituksien ja rakenneratkaisujen osalta merkittävästi. Tämän seurauksena toimitilarakentamisen kustannustehokkuutta on vaikea vertailla. Siihen tarvittaisiin monen kohteen vertailua ja perehtymistä tarkemmin. Opinnäytetyössä selvitetyn perusteella, suurin kustannustehokkuus toimitilarakentamisessa saavutetaan muuntojoustavuudella ja materiaalivalinnalla, vallitsevan suhdanteen mukaan.

Kustannusten vertailu ja kustannustehokkuuteen pyrkiminen on oleellinen osa rakentamista. Ilman kustannusvertailua rakennusalan yritykset eivät olisi tuottoa tekeviä toimijoita. Rakennuksien runkoratkaisut määrittävät suuren osan hankkeiden kustannuksista ja tämän seurauksena rakennuksen runkoratkaisuun on kiinnitettävä erityistä huomiota ja suoritettava tarvittavaa vertailua. Parhaaseen kustannustehokkuuteen päästään, kun esisuunnitteluvaiheessa selvitetään tai suunnitellaan mahdollisimman tarkka kuvaus rakennuksen käyttötarkoituksesta, mahdollisista erityisvaatimuksista ja tehdään kattavat suunnitelmat, joiden pohjalta toimia. Rakennushankkeen kustannukset muodostuvat lukuisista erillisistä tekijöistä. Opinnäytetyössä saatiin kyseisiä tekijöitä selvitettyä haastatteluiden avulla ja teorian pohjalta, päätarkastelussa oli kuitenkin rakennuksen runko.

Vaikka opinnäytetyö ei tuottanutkaan mitään selvää säästö- tai kehittämiskohdetta KVR-hankkeissa, koen että oma käsitykseni laajeni erittäin paljon rakennuksien kustannusten muodostumisesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä.

7.1 Jatkotutkimukset ja kehitysideat

Opinnäytetyön aikana totesin tutkittavan aiheen olevan paljonkin laajempi ja syvempi, kuin pelkän opinnäytetyön laajuus on. Tämän seurauksena jatkotutkimusideoita on työstä mielestäni helppo ideoida ja toteuttaa.

Koen, että opinnäytetyön pohjalta voisi jalostaa jonkinlaisen runkoratkaisun valintaan ohjaavan tai avustavan tarkastuslistan. Listasta voisi valita tiettyjä kriteereitä, jotka täyttyvät ja arvioida listan avulla mikä runkoratkaisu voisi olla kustannustehokkain.

Haastatteluiden perusteella koen, että vaihtoehtotarkastelua pitäisi kehittää yleisesti rakennusalalla, etenkin KVR-hankkeissa. KVR-projektien aikataulujen ollessa tiukkoja, tulisi suunnittelulle varata enemmän aikaa. Tästä hyötyisi mahdollisesti niin tilaaja kuin urakoitsijakin. Täten nimenomaan aikatauluja tulisi hieman venyttää, jolloin vaihtoehtotarkastelu ja syvällisen tarjouksen antaminen olisi mahdollista.

LÄHTEET

Peab Oy n.d. (Verkkoaineisto) Luettu 05.02.2023, https://peab.fi/

Rakli. Peltonen, T. & Kiiras, J. 1998. Rakennuttajan työpanos eri urakkamuodoissa. Helsinki, Rakennustieto Oy.

Hietakangas Jani. 2017. Urakkamuotojen valintaperusteet. Luentomateriaali.

Hanhijärvi, H., Kankainen, J. 2003. Kokemuksia suunnittelua sisältävistä urakoista. Espoo, Otamedia Oy.

Junnonen, J.-M. & Kankainen, J., 2017. Rakennuttaminen. 5. korjattu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu RT 10-11253. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Helsinki: Rakennustieto. Luettu 13.02.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11256

Betonitieto n.d.a Rakennejärjestelmän valinta. luettu 14.02.2023 https://www.betonitieto.fi/suunnittelijat/betonirakenteiden-suunnittelu-talonrakentaminen/betonirakenteiden-luonnos-ja-konseptisuunnittelu/rakennejarjestelman-valinta.html

Betonitieto n.d.b Runkorakenteet. Luettu 14.02.2023 https://www.betonitieto.fi/suunnittelijat/arkkitehdit/runkorakenteet.html

Ratu RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto. Luettu 14.02.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-10821

Ratu RT 82-10814. 2004. Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Helsinki: Rakennustieto. Luettu 15.02.2023. Vaatii käyttöoikeuden. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-10814

Mittaviiva Oy. 2018 Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tilastokeskus n.d. (verkkoaineisto) Luettu 28.03.2023, https://stat.fi/julkaisu/cl81bss1q6cey0dvxy4m3r3mx

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

1. Minkälaisia runkojärjestelmiä pääkaupunkiseudulla KVR-hankkeissa käytetään?
2. Onko runkoratkaisuja, jotka soveltuvat KVR-hankkeisiin selvästi paremmin kuin toiset? (riippuen asuinkerrostalosta tai toimitilasta)
3. Mitä mielestäsi pitäisi vertailla/ottaa huomioon rungon suunnitteluvaiheessa, jotta kustannuksia voitaisiin karsia?
4. Mikä on rungon suurin kuluerä?
5. Tehdäänkö suunnitteluvaiheessa rungon valinnassa vertailua;
    a. Kustannusten näkökulmasta?
    b. Aikataulun näkökulmasta?
    c. Muut huomioitavat esim. julkisivurakenteet…?

    Jos ei, niin miksi ei?
6. Onko yrityksellä pääkaupunkiseudulla omia runkoryhmiä vai käytetäänkö ulkoisia?
7. Mikä on mielestäsi kustannustehokkain runkojärjestelmä toteuttaa asuinkerrostalo, entä toimitilarakennus?
8. Kuka päättää runkoratkaisusta projektissa ja tekeekö hankekehitys tuotannon kanssa yhteistyötä päätöksen osalta?
9. Mikä ohjaa eniten runkovalintaa tai miten runkovalinta tehdään?
10. Onko suunnittelijoilla tai laskijoilla tapana ohjata arkkitehtejä suunnittelussa?
11. Tehdäänkö rungoista yksinkertaisempia, jos siihen on mahdollisuus? Ohessa esimerkkejä:
    a. Betonielementtien lähtökorot, onko helposti muokattavissa erilaisilla ratkaisuilla? (helpommilla/halvemmilla) (arkkitehdit/suunnittelijat)
    b. Maksimoidaanko elementtien käyttö; elpo-hormit, massiivilaatat…?
    c. Pitkien jännevälien muokkaaminen?

Liite 2. Talo 80 -nimikkeistön rakentamis- ja suoritusnimikkeet

Mittaviiva Oy 2018, 99.

TALO 80

Rakentamisnimikkeet

0	Rakennuttajan kustannukset	1	Maa- ja pohjarakennus	2	Perustukset ja ulkop. rakenteet	3	Runko- ja vesikattorakenteet	4	Täydentävät rakenteet	5	Pintarakenteet	6	Kalusteet, varusteet ja laitteet	7	Konetekniset työt	8	Työmaan käyttökustannukset	9	Työmaan yhteiskustannukset
1	---	11	Raivaus ja purku	21	Anturat	31	---	41	Ikkunat	51	Vesikate	61	Kalusteet	71	Lämpö-, vesi- ja viemärityöt	81	Työnaikaiset rakenteet	91	Työmaan hallinto
2	Rahoituskulut	12	Maankaivu	22	Perusmuurit, -palkit, ja -pilarit	32	Kantavat väliseinät ja pilarit	42	Erityisikkunat	52	Sisäseinien pintarakenteet	62	Varusteet	72	Ilmanvaihtotyöt	82	Työnaikaiset asennukset	92	Avustavat rakennustyöt
3	Suunnittelu ja tutkimus	13	Louhinta	23	Kantava alapohja	33	Laatat ja palkit	43	Ovet	53	Sisäkattojen pintarakenteet	63	Laitteet ja koneet	73	Sähkötyöt	83	Työmaan koneet ja laitteet	93	Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset
4	Yhtiökulut, osuudet ja korvaukset	14	Pohjarakenteet ja pohjavahvistus	24	---	34	Portaat	44	Erityisovet	54	Porrashuoneen pintarakenteet	64	Tilaryhmäkalusteet	74	Siirtotekniikka	84	Työkoneet, työkalut ja -välineet	94	Talvilisätyöt
5	Rakennuttaminen ja valvonta	15	Salaojat ja putkijohdot	25	Väestönsuoja-rakenteet	35	Ulkoseinä	45	Kevyet väliseinät	55	Ulkoseinien pintarakenteet	65	---	75	---	85	Työmaan käyttötarvikkeet	95	Urakkahinnan muutokset
6	Liittymismaksut	16	Täyttö ja tiivistys	26	Maanvarainen laatta	36	Ulkotasot ja parvekkeet	46	Erityisväliseinät ja jakoseinät	56	Lattian pintarakenteet	66	---	76	---	86	Käyttöaineet ja energia	96	Sopimuspohjaiset erityiskustannukset
7	Markkinointi	17	Rakennusalueen rakenteet	27	Erityisrakenteet	37	Ullakko ja kattorakenteet	47	Kaiteet, hoitotasot ja -siliat	57	Erityistilojen pintarakenteet	67	Väestönsuojan varusteet	77	---	87	Työmaakuljetukset	97	Työntekijöiden palkanlisät
8	Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	18	Ulkovarusteet	28	Ulkopuoliset rakenteet	38	Tilaelementit	48	Hormit, tulisijat, kanavat ja piiput	58	Maalaus ja tapetointi	68	---	78	Rakennuttajan hankintojen aputyöt	88	Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	98	Työntekijöiden sos.kulut
9	---	19	---	29	---	39	---	49	--	59	---	69	---	79	---	89	---	99	---

Suoritusnimikkeet

1	Muottityö	2	Raudoitus ja betonityö	3	Metalli- ja peltityö	4	Muuraus, rappaus, laatoitus	5	Elementtityö	6	Puu- ja levytyö	7	Lämmön- ja ääneneristys	8	Veden- ja kosteudeneristys	9	Muut työt
11	Lautamuottityö	21	Raudoitus	31	---	41	Tiilimuuraus	51	Betonielementtityö	61	Puurunkotyö	71	Pehmeä mineraalivilla	81	Sivelyeristys	91	Luonnonkivityöt
12	Levymuottityö	22	Betonointi	32	---	42	a	52	Kevytbetoni-elementtityö	62	Levytyö	72	Kova mineraalivilla	82	Bitumikermieristys	92	Lasilevytyöt
13	Kasettitmuottityö	23	Betonin jälkityö	33	Teräsrunkotyö	43	Harkkomuuraus ja ladonta	53	Metallielementtityö	63	Puuverhous	73	Ruiskueristys	83	Muu kermieristys	93	Mattotyö
14	Suurmuottityö	24	Betonipintojen hionta	34	---	44	---	54	Tiilielementtityö	64	---	74	Solumuovieristys	84	Muovikalvoeristys	94	Muovi-, levy- ja profiilityö
15	Pöytämuottityö	25	---	35	Muototankotyö	45	Ohutrappaus	55	---	65	Rakennus-puusepäntyö	75	Kevytsoraeristys	85	Valueristys	95	Maalaus ja tapetointi
16	Kulma- ja tunnelimuottityö	26	Pintabetonityö	36	Peltityö	46	Rappaus	56	Puuelementtityö	66	Listoitus	76	Kevytbetonieristys	86	Metallilevyeristys	96	---
17	Erityismuottityö	27	Sementtityö	37	Muotolevytyö	47	Tasoitetyö	57	Elementtien jälkityö	67	Heloitus	77	Muu lämmön- ja ääneneristys	87	---	97	---
18	Muottien purku ja puhdistus	28	Betonimassan valmistus	38	Muu metallityö	48	Laatoitus	58	Elementtien saumaus	68	---	78	Paperieristys	88	---	98	---
19	---	29	---	39	---	49	---	59	---	69	---	79	---	89	---	99	---

Liite 3. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta, kantavat seinät runko ja paikallavaletut holvit.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)

Liite 4. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta, kantavat seinät runko ja paikallavaletut holvit.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)

Liite 5. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta, kantavat seinät runko ja ontelolaatta holvit.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)

Liite 6. Kustannusten tavoitearvio asuinkerrostalosta, kantavat seinät runko ja ontelolaatta holvit.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)

Liite 7. Kustannusten tavoitearvio hotellirakennuksesta, pilari-palkkirunko.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)

Liite 8. Kustannusten tavoitearvio toimistorakennuksesta, pilari-palkkirunko.

(Salattu, sisältää luottamuksellista tietoa)