

**BETONIRUNGON TUOTANNOSUUNNITTELU ENNEN  
ELEMENTTIASENNUKSEN ALOITUSTA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus,  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Kevät, 2022

Tomi Närvänen

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä betonirungon tuotannosuunnitteluun ennen elementtiasennuksen aloitusta. Opinnäytetyön tilaajana toimi Peab Oy, PKS toimitilat yksikkö. Opinnäytetyö tehtiin minun perehdyttämiseksi betonirungontuotannon suunnitteluun ja tulevaan työtehtävääni ja tutkittiin onko uusi elementtisuunnittelu- ja tuotantoaikatauluseurantatyö parempi kuin vanha käytössä ollut aikatauluseuranta malli. Tuotannosuunnittelusta tässä opinnäytetyössä perehdytään betonielementteihin, elementtisuunnittelun ohjaukseen, betonielementtien ja asennuksen hankintaan.

Opinnäytetyössä tutkitaan rakennuskohteen rakenteihin tutustumista. Työssä käydään läpi erilaiset elementtityypit, jotka on rakennettavassa kohteessa. Betonirungon kustannuksista kerrotaan, koska ne ovat merkittävä osa rakennushankkeen kustannuksista. Opinnäytetyö käsittää myös elementtisuunnittelun ja niiden toimittamiseen liittyvät aikataulumuodot. Aikatauluista käsitellään tärkeimmät aikataulut, jolla varmistetaan betonielementtien saapuminen oikea-aikaisesti työmaalle ennen elementtiasennusta.

Opinnäytetyössä tutkittiin onko Tocoman-aikatauluohjelmalla tehty elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta parempi tehdä, kun Excel-ohjelmalla. Excel-ohjelmalla tehtyä aikatauluseurantaa oli käytetty aikaisemmassa kohteessa. Tocoman-ohjelmalla tehty osoittautui visuaalisesti paremmaksi verrattuna Excel-ohjelmalla tehtyyn. Tocomanilla tehty aikataulu kannattaa ottaa käyttöön myös seuraavissa kohteissa. Excel-ohjelmalla kannattaa edelleen tehdä alustava aikataulu, josta tieto siirretään Tocoman-aikatauluun.

Avainsanat Aikataulut, betonielementit, betonirakenteet, elementtirakentaminen, tuotannosuunnittelu.

Sivut 34 sivua ja liitteitä 9 sivua

## ABSTRACT

The purpose of the thesis is to introduce the production planning of a concrete frame before starting the installation of elements. The commissioner the thesis was Peab Oy, PKS premises unit. The thesis was done to familiarize me with the design of concrete frame production and to prepare me for my future tasks, as well as to explore whether the new element design and production schedule tracking style is better than the old schedule tracking model in use. In regards to production planning, this thesis focuses on concrete elements, the control of element design, and the procurement of concrete elements and installation.

The thesis begins with introducing the structure of a construction site. The work reviews the different types of elements that are on a construction site. The thesis the cost of the concrete frame as this is a significant part of the cost of the construction project. The work covers the largest cost item procurement packages for the concrete frame, which is the acquisition of elements and the element installation. The thesis also examines element design and the schedule formats related to their delivery. The most important schedules are discussed, ensuring that the concrete elements arrive at the site on time before the elements are installed.

In the thesis, it was investigated whether the monitoring of the element planning and delivery schedule made with the Tocoman schedule program is better than with the Excel program. Schedule tracking with Excel had been used in the previous site. What was done with Tocoman turned out to be visually better compared to what was done with Excel. The schedule made with tocoman should also be implemented in the next construction site. With Excel, you should still make a preliminary schedule from which the data will be transferred to the Tocoman schedule.

Keywords Schedules, concrete elements, concrete structures, prefabricated construction, production planning.

Pages 34 pages and appendices 9 pages

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Betonielementtirunko.....	2
2.1	Maarinaukion työmaa.....	3
2.2	Tutkittavan kohteen runkorakenne ratkaisut.....	3
2.2.1	Julkisivut.....	4
2.2.2	Sokkelit.....	5
2.2.3	Väliseinät.....	6
2.2.4	Laattaelementit.....	7
2.2.5	Jännebetonipalkki.....	8
2.2.6	Pilari.....	9
2.2.7	Portaat.....	11
3	Betonirungon kustannukset.....	11
4	Betonirungon hankintapaketit.....	12
4.1	Betonielementtien hankinta.....	13
4.2	Betonielementtiasennuksen hankinta.....	14
5	Elementtisuunnittelun ohjaus.....	16
5.1	Elementtisuunnittelun ohjausprosessin osapuolet ja tehtävät.....	17
6	Elementtisuunnittelu.....	18
6.1	Historia.....	20
6.2	Elementtisuunnittelun/toimitusten aloituskokous.....	21
6.3	Elementtisuunnittelun ja toimitusten suunnittelu kokoukset.....	22
6.4	Suunnittelu-aikataulu.....	23
6.5	Toimitusaikataulu.....	24
6.6	Elementtitoimittajan valmistusaikataulu.....	24
7	Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu.....	25
8	Yhteenvedo ja pohdinta.....	26
	Lähteet.....	29

## **Liitteet**

Liite 1 Elementtitunnukset. (Betoniteollisuus ry, 2020)

Liite 2 Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu.

## 1 Johdanto

Betonirungon kustannukset ovat todella merkittävät ja vielä suurempi merkitys rakennettavalle kohteelle on sen rungon onnistuminen aikataulussa. Opinnäytetyön aiheena on betonirungon tuotannonsuunnittelu ennen elementtiasennuksen aloitusta.

Opinnäytetyön tarkoitus on syventää ja kehittää osaamista pääurakoitsijan rooliin betonirungon työvaiheissa. Minulla on aikaisempaa työkokemusta työnjohtajana toimisesta elementtiasennusurakoinnista, jotka oli toteutettu tuoteosakauppana. Olen myös ollut elementtitehtaalla työnjohtajana suunnittelemassa elementtien tuotantoaikataulua, että elementit ehtivät työmaalle sovittuna aikana asennukseen. Näin tämä opinnäytetyö jatkaa hyvin minun perehtymistä elementtirakentamiseen.

Betonirungon tuotannonsuunnittelu aiheena perehdyttää ja tutustuttaa minut tulevan työmaani rakenteisiin. Lisäksi lisää osaamistani ja ymmärrystäni työmaan sekä pääurakoitsijan tekemään tuotannon – ja elementtisuunnittelunohjaukseen rakennettavissa betonirunkoisissa kohteissa. Työtä suunniteltaessa päätettiin löytää myös jokin parannettava asia, joka liittyy betonirungon tuotannon suunnittelussa ennen elementtiasennuksen aloitusta. Jatkuvan parantamisen hengessä päätettiin lähteä kokeilemaan ja tekemään elementtisuunnittelu- ja valmistusaikatauluseuranta Tocoman aikatauluohjelmalla. Aikaisemmassa kohteessa elementtisuunnittelu- ja valmistusaikataulu seuranta oli tehty Excel-ohjelmalla.

Opinnäytetyön aihe valittiin työntilaajan ja työnohjaajan kanssa minulle, että se soveltuu aikataulullisesti työelämän sekä koulun opintosuunnitelman yhteensovittamisen. Työssäni käsittelen kappaleita tietopohjaisesti ja omasta näkökulmasta maarinrannantien työmaalle.

Tämä opinnäytetyö on toteutetaan Peab Oy:lle sen PKS toimitilat yksikölle. Yksikkö toimii pääkaupunkiseudulla se tekee toimitilakohteita. Toimitilatyksikkö toteuttaa projektit perinteisellä urakoinnilla, kuin elinkaarihankkeita. Yksikkö on sen historiassa rakentanut sairaaloita, liikuntatiloja, virastoja, toimistoja, hotelleja ja museoita. (Peab Oy, n.d.-a.).

Peab Oy on pohjoismaiden suurimpia rakennusliikkeitä. Ruotsissa Peab on suurin rakennusyhtiö. Peab konsernissa työntekijöitä on noin 16000. Suomessa tästä 16000 ihmisestä työskentelee noin 2000 henkilöä. Konsernin liikevaihto on lähes 6 miljardia euroissa. Liiketoiminnot konsernissa on jaettu neljään osaan. Osa-alueet on rakentaminen, infrarakentaminen, kiinteistökehitys ja teollisuus. Ilmastoasiat otetaan konsernissa erittäin paljon huomioon, että yritys on hiilineutraali vuoteen 2045. (Peab Oy, n.d.-b.).

Opinnäytetyö rajataan Maarinaukiontien rakennustyömaan betonielementtirungon tuotannosuunnitteluun. Maarinaukiontie sijaitsee Espoossa kehä 1 läheisyydessä otaniemimen risteyksessä. Opinnäytetyö käsittelee betonirungon tuotannosuunnittelua työnjohtajan näkökulmalla hankinnoissa ja elementtisuunnittelun ohjauksessa. Työssä ei käsitellä rungon tuotannosuunnittelussa seuraavia töitä: elementtiasennussuunnitelmaa, tehtäväsuunnitelmaa, nostotyösuunnitelmaa, varastointisuunnitelmaa, putoamissuojaussuunnitelmaa, turvallisuussuunnitelmia ja asennusaikataulua. Hankintapaketti osassa käsitellään hankintaa vain työnjohtajan ja työmaan näkökulmasta hankintapaketeissa. Hankinnoissa ei kuvata hankintaprosessin kulkua vaan yksittäistä betonirungon hankintapakettia ja sen sisältöä. Työssä perehdytään rakennuskohteen betonielementtityyppeihin siinä määrin mitä työnjohtajan tarvitsee ymmärtää rakenteesta ennen elementtiasennuksen aloitusta.

## **2 Betonielementtirunko**

Rakennuksen runko pystytään toteuttamaan täysin rakenteellisesti hyödyntäen elementtitekniikkaa. Betonielementtirakentamisen etuina on kohteen rungon asennusnopeus, jos sitä verrataan paikallavalettuna tehtyyn betonirunkoon. Elementtirakentamisella toteutetussa kohteessa työmäärä vähenee työmaalla ja hankkeen kokonaiskesto lyhenee. Elementtirakentamisesta tulee hyötyä myös, kun työmaan yleiskustannukset ovat pienemmät verrattuna paikallavalurakentamiseen. Rakennuskohteen rungon kustannukset ovat noin vähän yli 10 prosentin luokkaa rakennus- ja tekniikkaosien kokonaisuudesta. Hankkeissa rakennuksen rungon aikataululla on suuri taloudellinen

merkitys. Betonielementtejä käytettävistä runkojärjestelmistä yleisimpiä on pilari-palkki-laatta -järjestelmä sekä kantavat seinät-laatat -järjestelmä. Betonielementtirunkoja tehdään myös paljon liittorakenteina, missä betonielementit toimivat yhdessä teräselementtien ja paikallavalun kanssa. (Betoniteollisuus ry, 2020c).

## 2.1 Maarinaukion työmaa.

Maarinaukion työmaa sijaitsee Espoossa, kehä 1 vieressä otaniemen risteyksessä. Työmaa on pinta-alaltaan 15570 bruttoneliömetriä. Siinä on 15 kerrosta ja vesikatolla ilmastointikonehuoneet. Rakennettavalla kohteella on korkeutta noin 58 metriä anturan alapinnasta räystäälle. Pääasiallinen rakennustapa on betonielementtirakenteinen. Rakennusmateriaalina on teräsbetoniset elementtipilarit ja -palkit, teräsbetoniset kantavat ja ei-kantavat elementtiseinät, tasot ontelolaatta, jonka päällä pintavalu. Kuvassa 1 on esitetty tontille tulevat rakennukset. Kuva 1. Maarinaukion työmaa.



## 2.2 Tutkittavan kohteen runkorakenne ratkaisut.

Rakennus on jäykistetty teräsbetoniväliseinillä, porrashuoneiden teräsbetonielementtiseinillä ja ulkoseinien sandwich-elementtiseinillä sekä tasot ontelolaattalaatastolla. Julkisivut on betonirakenteisia sandwich-elementtejä. Ulkoseinälinjan sokkelit ovat betonisia sandwich-elementtejä. Vesikaton yläpuolelle tulevat

julkisivuelementit ovat pääsääntöisesti betonikuorielementtejä. Kantavat väliseinät ovat pääsääntöisesti teräsbetonisia elementtiseiniä. Elementtisuunnitelmat ja elementtityypit tulee yksilöidä kirjainyhdistelmällä ja numerolla, koska samalla kirjaintunnuksella voi olla useita elementtejä samalla tunnuksella. Juoksevaa ID-numerointia suositellaan yksilöimään elementit. Liitteessä 1 esitetään betonielementteille tyypilliset tunnukset. (Betoniteollisuus ry, 2020c).

### **2.2.1 Julkisivut.**

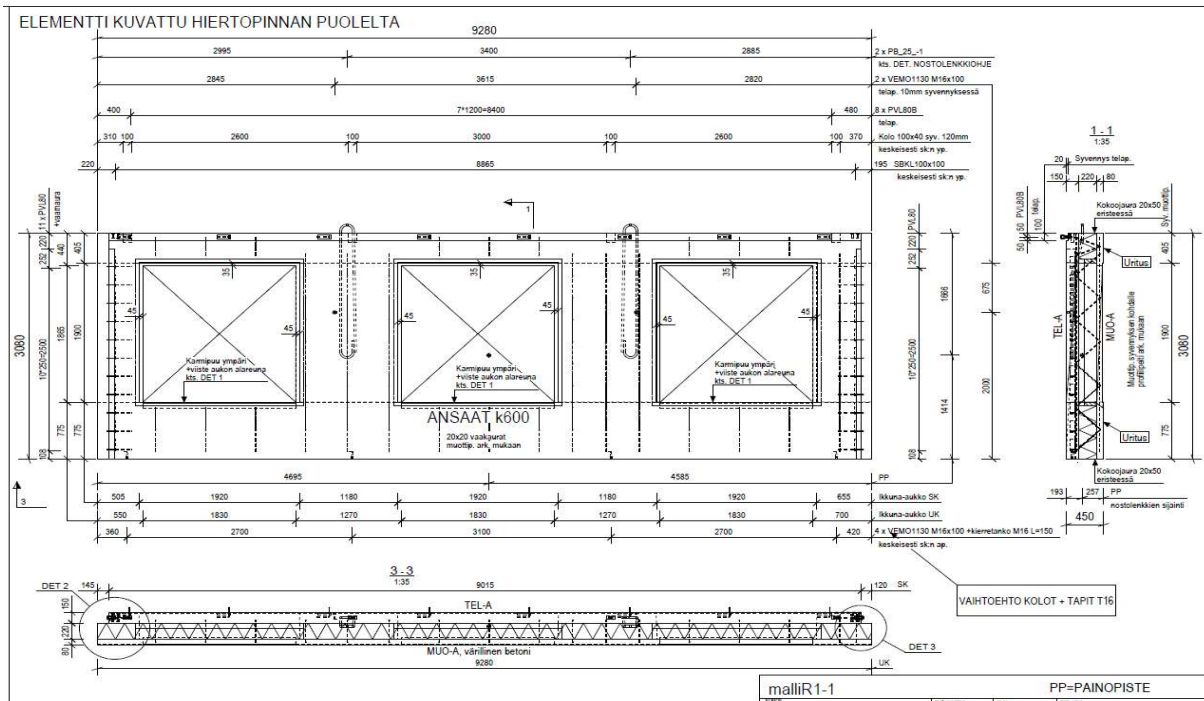
Sandwich-elementtejä käytetään yleensä rakennuskohteissa, joissa on kantavat väliseinät-laatat runkojärjestelmä. Runkojärjestelmässä laatat tukeutuvat päistään seinäelementin kantavaan sisäkuoreen. Laataston reunoilla olevat seinät ovat ei-kantavia. Pilari-palkkirungossa, jota käytetään yleisesti toimistoissa käytetään ulkoseinissä ei kantavia ruutu- ja sandwich elementtejä. Sandwich-rakennetta käytetään sen useiden hyvien ominaisuuksien vuoksi. Niitä ovat esivalmiusasteen korkeus, rakennusajan nopeus ja julkisivun kilpailukykyinen hinta. (Betoniteollisuus ry, 2020b).

Sandwich-elementtien koko määritetään miten ne soveltuvat valmistukseen, kuljetukseen tai asentamiseen työmaalla. Myös elementin kuoren väliin tuleva kuormitus rajoittaa kokoa. Elementtien korkeus normaalisti on 3600–4200 mm, jotka voidaan kuljettaa ilman erikoiskuljetuksia. Jos elementtejä valmistetaan kääntökivinä ilmassa tapahtuvalla käännöllä on näistä tehtävä huomio asennussuunnitelmassa. Kääntökivet on valmistustekniikka elementtitehtaalla. Siten pystytään valmistamaan normaalia korkeampia elementtejä 4200–6500 mm. Sandwich-elementin rakenne toimii niin, että sisäkuori kantaa kuormaa ja siinä on puristettu ja taivutettu rakennusosa. Elementin betonikuoret saadaan toimimaan yhdessä diagonaali- ja pistokasansaila. Ansaat toimivat elementissä vedettyinä ja puristettuina sauvoina, joilla siirretään ulkokuoren ja siihen kohdistuvat voimat elementin sisäkuorelle. (Betoniteollisuus ry, 2020b).

Maarinaukion työmaan julkisivuiksi oli valikoitunut graafinen betoni ulkokuoreessa, joten seinät sandwich-elementteinä. Kohteen sandwich-elementit ovat kantavia ja ei-kantavia

seinäelementit merkitään silloin tunnuksella S-ruutuelementti (kantava) ja R-ruutuelementti (ei-kantava). Ruutu elementin työpiirustus kuvassa 2.

Kuva 2. R-ruutuelementti.



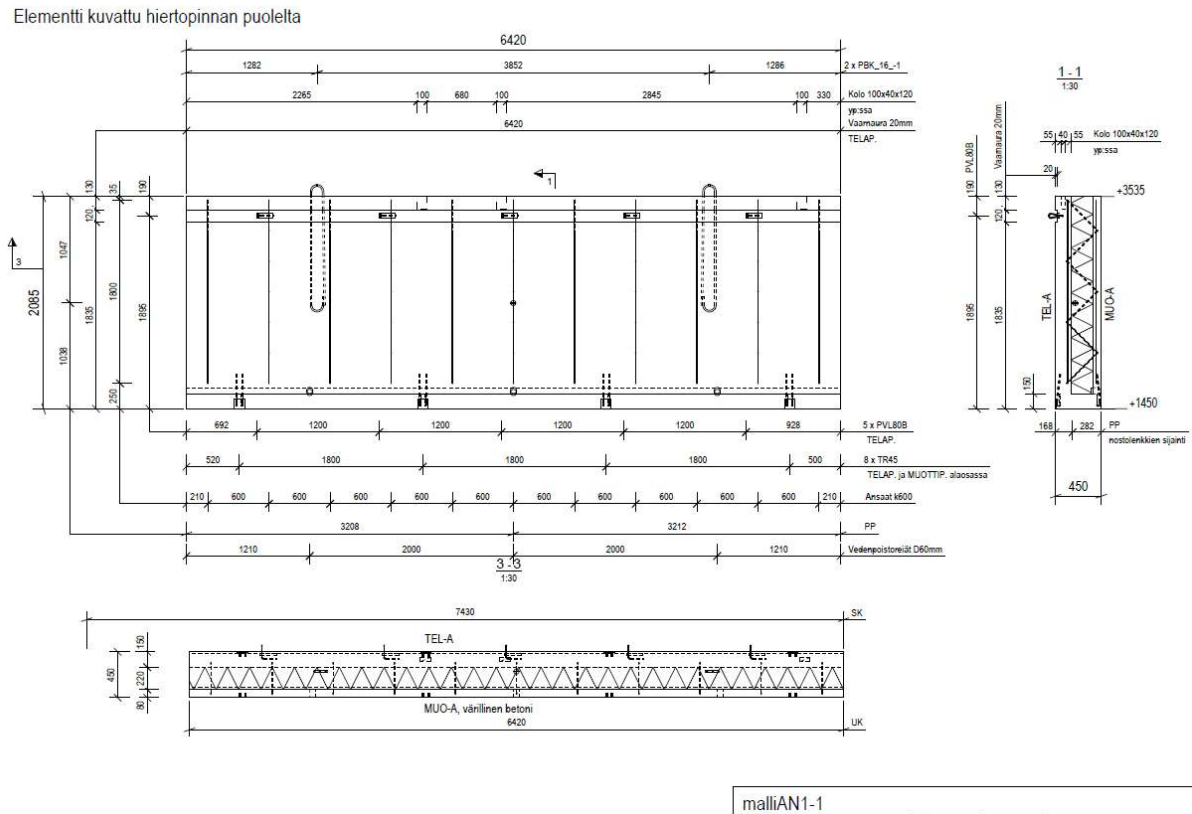
## 2.2.2 Sokkelit.

Sokkelit ovat yleensä sandwich-elementtejä, eristämättömiä palkkeja tai ontelolaattoja. Kuormitus sokkelielementille määritetään sen yläpuolella olevalta seinältä ja alapohjalta. Myös huomioiden maapaineesta kohdistuva tuleva voima sokkelille. Sokkeli sandwich-elementtinä sopii kaikille rakennetyypeille. Elementit ovat yleensä pilariantureiden tai seinäanturoiden päällä. Sokkelit täytyy suunnitella pilarianturoiden päälle palkkeina. Sandwich-sokkelin ulko- ja sisäkuori ovat yleensä alareunasta yhdessä ja sidottu U-hakasilla. Sokkelielementin alapuolisen asennusvaran suositus on 30 mm. Betoniyhdistyksen suositus pituus on sokkelielementeille 8-9 metriä. (Betoniteollisuus ry, 2020a).

Maarinaukiolla sokkelit on toteutettu sandwich-elementteinä. Sokkelielementit oli kantavia ja ei kantavia. Elementit olivat nimetty betoniyhdistyksen ohjeen mukaan AS kantava ja AN ei kantava sokkelielementti. AN sokkelielementtin työpiirustus kuvassa 3. Elementien pituus

on suunniteltu betoniyhdistyksen suositusten mukaisiksi. Kohteessa on myös AV elementtejä alapohjassa. Ne ovat eristämättömiä ja yksi kuorisista sokkeleista (maanpaineseinä).

Kuva 3. AN sokkelielementti.

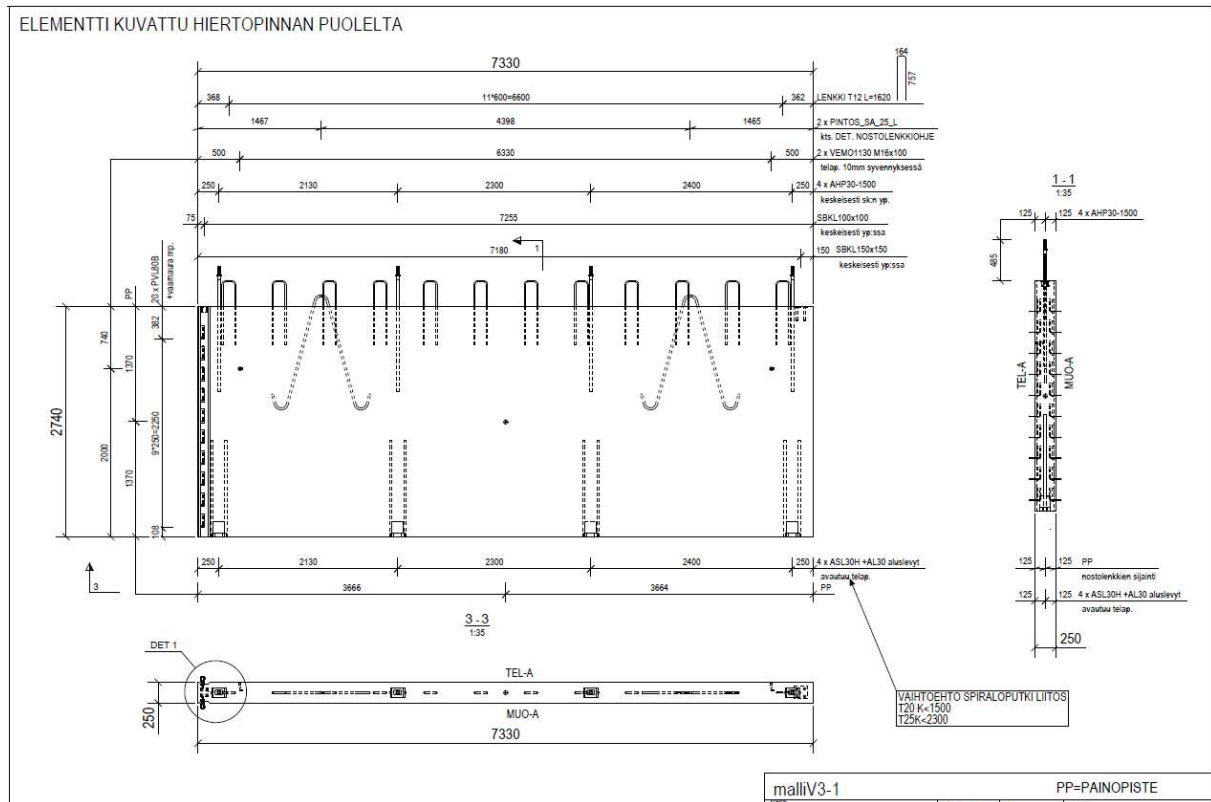


### 2.2.3 Väliseinät.

Väliseinät on massiivi-elementtejä. Niihin kuuluvat myös maapaine seinät. Väliseinät on yleensä puristettuja rakenteita, jos ne toimivat jäykistävinä tai maapaineseininä kohdistuu niihin myös vaakakuormia. Väliseinät valmistetaan joko raudoitettuna tai raudoittamattomana. Raudoittamattomassa seinässä on ainoastaan pielirauditus. Niitä käytetään asuinrakennuksissa usein, jos kuormat ovat pieniä. Raudoitettun seinän tulee sisältää minimiteräsmäärä, jotta se on teräsbetonesinä. Kuvassa 4 on raudoitettu seinä. Näitä seiniä käytetään paljon toimisto- ja liikerakennusten jäykistämiseen. (Betoniteollisuus ry, 2020a).

Maarinaukion työmaalla väliseinät toimivat jäykistävinä rakenteina. Seinät ovat teräsbetoniseiniä, koska ne on raudoitettu #10-200 verkolla molemmissa pinnoissa. Väliseinien paksuudet kohteessa on 200mm, 220mm ja 250mm.

Kuva 4. V väliseinä elementti.



## 2.2.4 Laattaelementit.

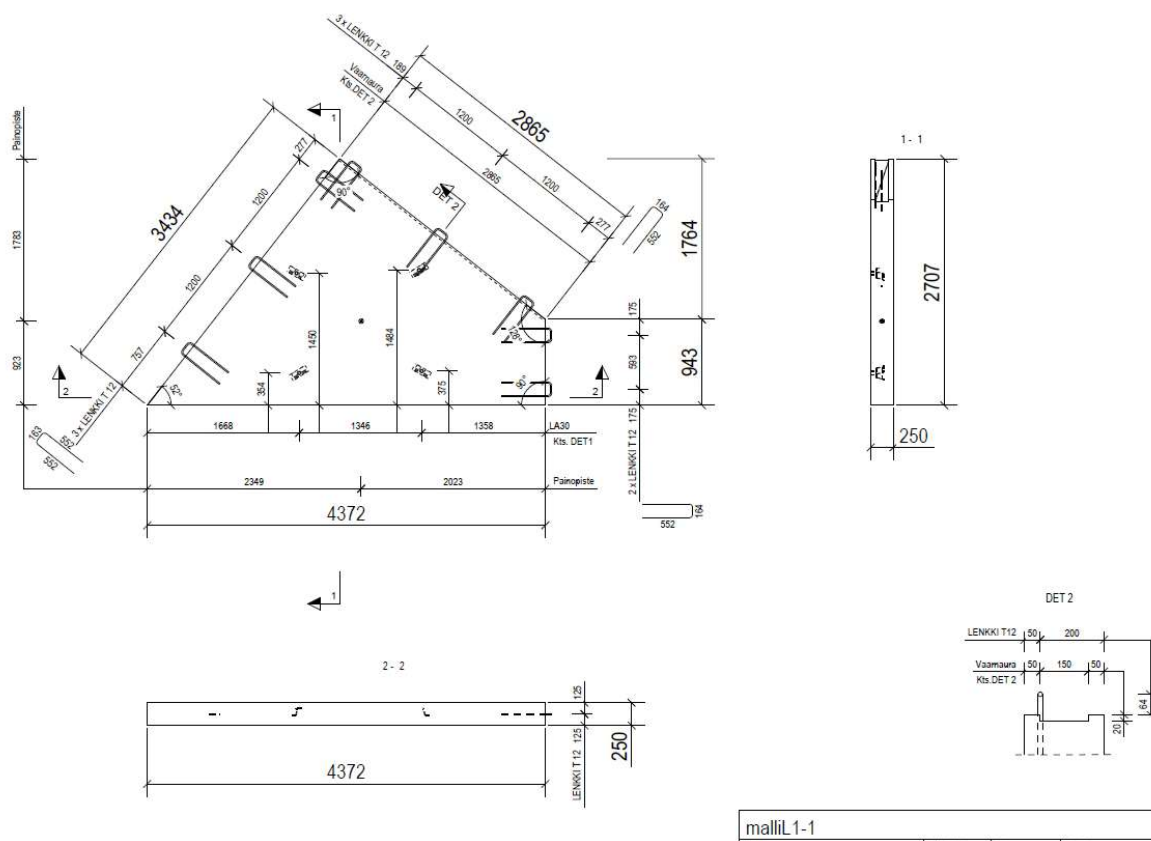
Laattaelementtejä käyttämällä saadaan vähennettyä muotti- ja tuentatyötä verrattuna paikallavalettuun holviin joka nopeuttaa rakentamista. Laattatyypeistä yleisimmät on ontelo-, kuori-, massiivi- ja TT-laatat. Laattatyyppi valitaan rakennustyyppien, jännevälin, vaatimusten ja kuormitusten perusteella. Työmaan porrashuoneissa käytettävä massiivilaatta on kuvassa 5. (Betoniteollisuus ry, 2020a).

Ontelolaatat on vaijeripunoksilla raudoitettuja ja esijännitettylaatta, jota on kevennetty onteloilla. Laatoissa käytetään C40-C70 lujuusluokan betoneita. Laattojen valmistus tapahtuu tehtaalla koneellisesti liukuvaluna. Ontelolaattoja valmistetaan 150-500mm

välisillä paksuuksilla. Ontelolaatoilla pystytään rakentamaan jopa 20 metrin jännevälejä. Talotekniikan asennusta varten on kehitetty ontelolaatasta kylpyhuonelaatta, jota kutsutaan kololaataksi. Kololaatan syvennykseen pystytään asentamaan viemäri- ja lämmitysputket sekä tekemään kallistusvalut. (Betoniteollisuus ry, 2020b).

Maarinaukion työmaalla välipohjat on ontelolaatastoja, jossa on kololaattoja ns ”tampparilaattoja”. Ontelolaattojen ja seinäliitos on suunniteltu ”betoninormikortti n:o 27” mukaan. Korttia sovelletaan yli 8-kerroksisten rakennusten liitoksissa. Porrashuoneiden lepotasot kohteessa on massivilaattoja. (Betoniteollisuus ry, 2020c).

Kuva 5. L-laatta (massivilaatta, porrashuone).



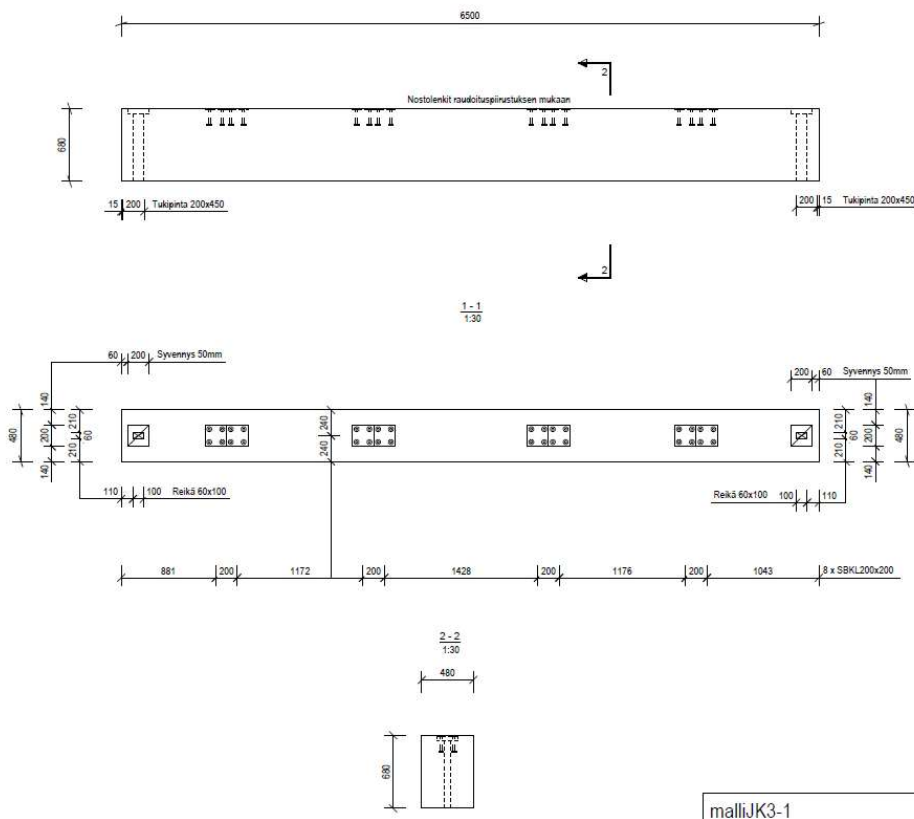
## 2.2.5 Jännebetonipalkki

Betonielementtipalkit tehdään jännitettyinä tai jäykkänä. Betonipalkkeja on suorakaidepalkki, leukapalkki, ristipalkki, HI- ja I-palkki. Teräsbetonista tehtyjä jäykkiä palkkeja käytetään, kun

taipumaraja ei ole mitoittava, valmistussarjat on alle 50jm ja sopiva rakennekorkeus. Jännebetonipalkkia käytetään, kun jänneväli on kuormitusalueella, taivutusmomentit ovat lähes saman arvoisia ja valmistussarjat ovat yli 50jm. Leuka-, risti- ja suorakaide palkkeja käytetään yleisimmin kannattamassa ala- ja välipohjia. HI- ja I-palkkeja käytetään kannattamassa kattorakenteita. (Betoniteollisuus ry, 2020e).

Maarinaukion työmaalla on JK-palkkeja, jotka on esitetty kuvassa 6. Ne ovat jännitettyjä suorakaidepalkkeja. Palkkeja on ainoastaan ensimmäisessä kerroksessa 8 kappaletta.

Kuva 6. JK palkki.



## 2.2.6 Pileri

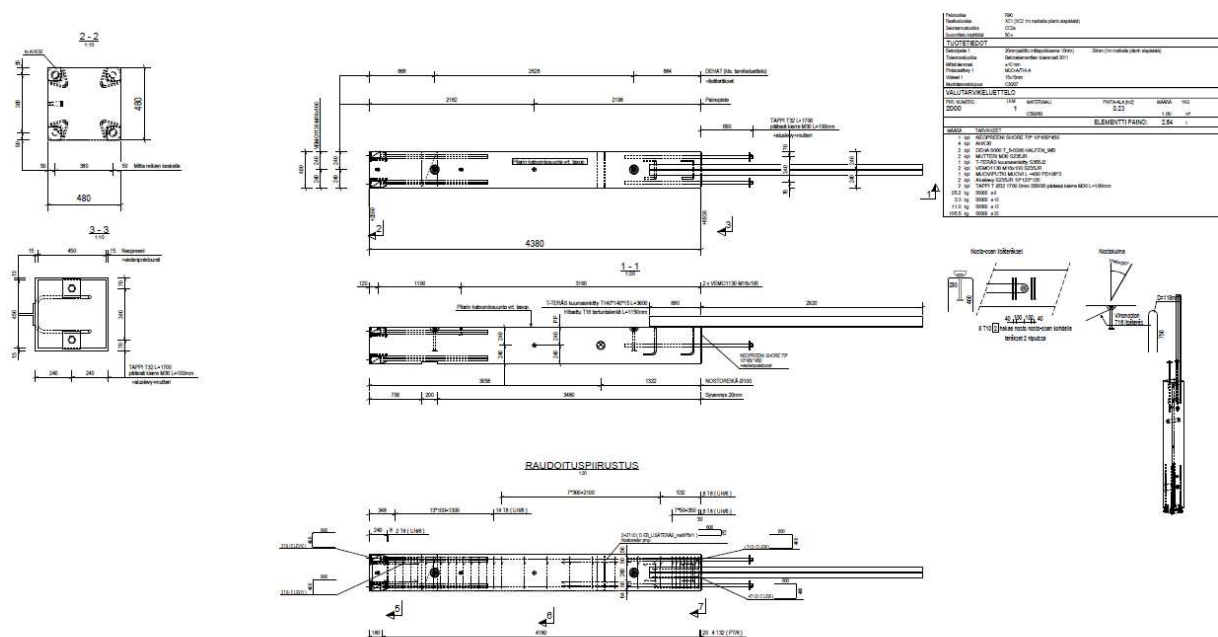
Betonielementtipilarit suorakaiteen tai pyöreän muotoisia. Pilareiden minimi valmistuspaksuus on 280 mm. Pienemmän kokoluokan pilareita voidaan käyttää vain yleensä pientalo rakentamisessa. Pilarin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon taloudelliset,

toiminnan ja arkkitehdin vaatimukset. Pilarin muotona tulisi ensisijaisesti käyttää neliö- ja suorakaidepilareita. Pyöreät pilarit suunnitellaan yleensä vain yhden kerroksen korkuiseksi. Pilarin kantokyky määritellään betonilujuudella ja raudoitteen vahvuudella. Kantokyvyn nostaminen on aluksi edullisempaa, kun nostaa betonin lujuusluokkaa. Pilareiden taloudellisin pituus on 3-4 kerrosväliä mikä tarkoittaa noin 15 metriä. Pilareita pystytään tehtailla valmistamaan, jopa 20-24 metrisiä. (Betoniteollisuus ry, 2020b).

Pyöreitä pilareita valmistetaan myös ruiskuvalutekniikalla. Näitä pilareita käytetään näkyvissä ja vähällä kuormituksella olevissa rakenteissa. Tällaisia rakenteita ovat luhtikäytävät ja parvekkeiden pilarit. Ruiskuvalutekniikalla voidaan valmistaa ainoastaan maksimissaan 4 metrin pilareita. (Betoniteollisuus ry, 2020f).

Maarinaukion työmaalla pilarireitä on alapohjassa 18 kappaletta. Pilarit ovat neliöpilareita ja niiden koko on 580mm x 580mm, vaikka hankintakuva on 480mm. Pilareiden pituus vaihtelee 5,73m-6,33m välillä.

Kuva 7. Pilari



### 2.2.7 Portaat

Rakennetyyppi vaikuttaa siihen, että tehdäänkö porrashuoneet kantavina vai jäykistävinä. Niitä käytetään poistumisteinä ja palo-osastointina. Mastojäykistetyissä kohteissa porrashuoneet toimivat vain palo-osatoivina. Monikerroksissa kohteissa porrashuoneita käytetään rakenteiden jäykistämiseen. Porrashuoneiden mitoitus ja tilat säädetään Suomessa rakentamismääräyskokoelmasta tulevilla mitoitusohjeilla. Porrashuoneita voidaan käyttää myös ainoastaa hätäpoistumisteinä. (Betoniteollisuus ry, 2020c).

## 3 Betonirungon kustannukset.

Rakennuskohteen rungon kustannukset ovat noin vähän yli 10 prosentin luokkaa rakennus- ja tekniikkaosien kokonaisuudesta. Betonirunko on toiseksi merkittävin kustannuserä julkisivujen jälkeen. Julkisivuihin sisältyvät ei-kantavat ulkoseinät, ikkunat ja ovet sekä julkisivuvarusteet. (Korhonen, 2021, s. 30)

Keskimäärin betonirungon kustannuksista muodostuu 75 prosenttisesti ylä- ja välipohjista ja palkeista. Näiden jokaisen osuus on noin 25 prosenttia kokonaiskustannuksista. Pilareiden kustannusosuus on noin 10 prosenttia. Kantavat ulkoseinät ja väliseinät muodostavat noin 6 prosentin osuuden kustannuksista. Myös väestönsuojasta tulee 6 prosentin kustannus. Betonirungossa portaiden kustannusten osuus on noin 3 prosentin luokkaa.

Kustannusprosenttiin sisältyy myös portaiden lepotasolaatat. Rakennusliikkeelle betonielementtirunkorakentamisen suurimmat kustannukset tulevat tilattavista elementeistä sekä elementteihin liittyvistä kustannuseristä. Betonirungon kustannukset koostuvat pääosin viidestä osasta. Kustannusosat ovat: betonielementit, elementtiasennus, saumavalut, elementtisuunnittelu ja kuljetus. Betonirungon suurin kustannuserä on betonielementit. Rungon elementtien kustannukset riipuvat paljon elementtien määrästä, ulkokuoren pinnasta ja laadusta. Suurimmaksi osaksi betonielementtien tilaus tehdään elementtitoimittajilta tarjouspyyntöjen mukaan. (Korhonen, 2021, s. 31)

Toiseksi suurin kustannuserä on elementtiasennus, jossa on sisällä työ ja kaikki asennuksessa tarvittava kalusto. Elementtiasennuksen kustannuksiin vaikuttaa myös elementtien tyypit sekä määrät. Asennettavien elementtien määrä pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi, jotta urakan kustannus olisi mahdollisimman pieni. Asennussopimuksissa käytetään yleensä yksikkö hintaa asennetulle elementille. Tästä johtuen vähäisempi asennusmäärä pienentää urakan kustannusta. Lisäksi, jos kohteessa on suuri kääntökivien määrä, niin se nostaa elementtiasennusurakan hintaa. (Korhonen, 2021, s. 31)

Kolmanneksi suurin kustannus tulee elementtien saumavaluista. Saumavalu töihin sisältyy saumaukseen tarvittava kalusto, saumabetoni ja saumassa käytettävät raudoitukset. Neljännen ja viiden kustannuksen ero vaihtelee kohteittain, jotka ovat Elementtisuunnittelu ja elementtienkuljetus. Suunnittelu on lähes aina suurinkustannus. Siihen vaikuttaa suuresti kohteen rakenteet, koko ja arkkitehtuuri. Tyyppiratkaisuilla, yksikertaisilla rakenteilla ja toistamalla tehtäviä pystytään jopa 33 prosentin laskuun suunnittelijoiden kustannuksissa. Elementtikuljetusten hintaa nostaa työmaan ja elementtitehtaan välinen etäisyys, kuinka paljon elementtejä sopii niiden koon ja painon puolesta kuormaan ja miten monta kuormaa kuljetetaan työmaalle. (Betoniteollisuus ry, 2020e).

#### **4 Betonirungon hankintapaketit.**

Hankintapaketeissa tehtävät jaetaan projekti ja työmaalla selkeästi hankittaviin osakokonaisuuksiin. Hankintapakettia tehtäessä on tärkeintä, ettei niiden väliin jää tehtäviä, joita ei ole hankittu. Alustavat hankintapaketit tulisi luoda jo laskennasta saatujen alustavien tietojen perusteella. Hankintapaketit ja niiden sisältö tulee tehdä yhteistyössä hankinnan ja tuotannon kanssa. Hankintapaketin tulee määritellä toimitustapa. Toteutetaanko se esimerkiksi tuoteosakauppana, materiaalitoimituksena, aliurakkana ja palvelusopimuksella. Hankintapaketissa määritetään hankintamuoto ja mikä on suunnittelun taso. Hankintapaketin suunnittelun tasoja ovat täydentävät työpiirustukset, työpiirustukset, suunnitelmavaatimuksin ja ohjeellisiin suunnitelmiin. Tason valinta määrittää toimittajalle suunnittelun tason. Hankintapaketin toteuttamisen suunnitelmista tehdään suunnitelmapaketti, josta löytyy tietosisältö suunnitelmista. (Korhonen, 2021, s. 38)

Hankintapaketissa eritellään vielä mitä siihen sisällöllisesti käytännössä kuuluu.

Hankintapaketteihin sisältyy yleensä, joko yksi tai useampi seuraavista asioista: suunnittelu, materiaali, tuote, toimitus ja työ. Hankintapakettiin on hyvä laittaa alustava aikataulu.

Lisäksi olisi hyvä määrittää tarjouspyynnön jättö- ja päättymisajankohta,

hankintaneuvottelujen aika, sopimuksenteko aika, toimitus- ja asennusaika ja valmistumisen aika. (Korhonen, 2021, s. 38)

#### **4.1 Betonielementtien hankinta.**

Betonielementtien hankintasopimus tehdään aina käyttäen rakennustuotteiden yleisten hankintaehtojen ja toimitusehtojen RYHT 2000 sopimusta. Lisäksi sopimuksessa on jätettävä riittävä aika elementtisuunnittelulle ja elementtien valmistukselle. Betonielementtien suunnitelmien täydennykset, jotka muuttavat toimittajan aikataulua tai kustannuksia verrattuna hankintasopimukseen sovitaan osapuolien kesken erikseen. (Betoniteollisuus ry, 2020e).

Betonielementit voidaan hankkia kolmella erillisellä tavalla. Hankintatavat on tilaajan suunnitelmilla, toimittajan elementtisuunnitelmilla, tuoteosakaupalla. Hankintojen erot ovat vastuista prosessissa. Hankintaa aloitettaessa on määriteltävä, kuka vastaa elementtien suunnittelusta, toimituksesta ja asennuksesta. Betonielementtisuunnittelussa on määritettävä milloin elementtisuunnittelusta vastuu siirtyy tilaajalta toimittajalle vai onko tilaajansuunnittelulla koko kohde. (Betoniteollisuus ry, 2020f).

Tilaajan suunnitelmilla tehty betonielementtihankintaan kuuluu vain elementtien valmistuksen hankinta. Näissä sopimuksissa on paljon optioina jännebetonirakenteiden punossuunnittelu tai elementtiasennuksen ostaminen betonielementtihankinnan kanssa. Tilaajan suunnitelmilla tehty hankinta tehdään, joko täydentävillä työpiirustuksilla tai valmiilla työpiirustuksilla. Ensimmäisen hankintatyyppin työpiirustuksia täydennetään, kun hanke etenee ja saadaan tarkempia määriä ja mitta tietoja. Tällä tavalla voidaan aloittaa kohde nopeammin, vaikka kaikkia myöhemmin toimitettavia elementtejä ei olisi vielä kokonaan suunniteltu. (Betoniteollisuus ry, 2020f).

Toimittajan elementtisuunnitelmilla on hankinta, joka tehdään tilaaja antamalla suunnitelmilla. Hankinta on elementtisuunnittelun sisältävä elementtien ostaminen. Kohteen rakennesuunnittelun suorittaa tilaajan suunnittelija ja elementtisuunnittelun kokonaisuudessaan elementit valmistava toimittaja. Tässä tavassa tilaajan rakennesuunnitelmat toimivat lähtötietoina elementtitoimittajan suunnittelijoille, jotka suunnittelevat kohteen elementtisuunnitelmat. (Betoniteollisuus ry, 2020f).

Tuoteosakaupassa tilaaja ostaa jonkin tuoteosan kokonaisuutena. Tuoteosakauppaan kuuluu kaikki rakenne- ja elementtisuunnittelu sekä elementtiasennus. Tilaaja määrittää kaiken tuoteosakaupassa tarvittavat suunnitteluvaatimukset. Tuoteosakaupalla pystytään siirtämään tilaajalta lähes kokonaan betonirungon suunnittelu ja toteutus elementtitoimittajalle. Tuoteosakaupassa jää tilaajan vastuulle tilatun tuoteosakaupan suunnitelmien liittyminen muihin suunnitelmiin. Tuoteosakaupalla tilaajalle tarjotaan yleensä rakennuksenrunko. Missä käytetään hyvin toimittajan vakio ratkaisuita. Tämä tuo aikataulu- ja kustannussäästöjä rungontoimituksessa. (Betoniteollisuus ry, 2020e).

Maarinaukion työmaan betonielementtien hankinta tehtiin tilaajan suunnitelmilla. Näin hankittiin vain betonielementtien valmistus ja kuljetus työmaalle. Elementtisuunnittelun ollessa Peabin vastuulla tässä kohteessa. Elementtitoimittajat ostivat tilaajan elementtisuunnittelijalta punossuunnittelun kohteeseen toimitettaville jännitetyille elementeille.

## **4.2 Betonielementtiasennuksen hankinta**

Betonielementtiasentaminen on työvaihe, joka sisältää elementtien nostamista, siirtämistä, tuentaa, kiinnittämistä ja paikalleen laittamista. (Betoniteollisuus ry, 2020f).

Elementtiasennuksen urakan sopimus tehdään aina rakennusurakan yleiset sopimusehtoja (YSE98) noudattaen. Sopimusehdot määrittävät elinkeinoharjoittajien välisiä rakennusurakka sopimuksia. (RT 16-10660, 1998, s.2)

Rakennusalalla on yleinen tapa käyttää aliurakoitsijaa osissa töistä, jotka olisi pääurakoitsijan työtehtäviä. Joihinkin työsuorituksiin saadaan aliurakoinilla seuraavia ominaisuuksia: kalustoa, pätevyyttä, erityisosaamista ja työvoimaa. Tällä tavalla aliurakka pystytään perustelemaan aikataulullisesti, laadullisesti ja taloudellisesti kannattavaksi. Aliurakka sopimuksen tekeminen ei poista silti pääurakoitsijan vastuita. Rakennusalan yleisten sopimuksen mukaan vastaa pääurakoitsija aliurakoitsijoiden työstä, kuin se itse tekisi tehtävän. Tämän takia aliurakkasopimuksen tehdessä on urakan vastuut ja takuut kirjattava samaksi, kun pääurakoitsijalla itsellään on sopimuksessa. Sopimus tehdään, joka kerta kirjallisena. Sopimuksessa on kaupalliset ja tekniset asiakirjat. Asiakirjat sisältävät urakan taloudelliset, suoritusvelvollisuudet, laatuvaatimukset, toimenpiteet ja noudatettavat asiakirjat. (Ernavi, 2019, s. 11)

Betonielementtiasennus on yleensä suuri urakka rakennusvaiheessa. Lisäksi se on yleensä kriittisimpiä urakoita ja aika pitkäkestoinen. Valmistautuminen elementtiasennukseen on todella tärkeää, ettei syntyisi laadusta ja aikataulusta johtuvia ongelmia urakan aikana. Tästä johtuen tehdään betonielementtiasennukseen lukuisia suunnitelmia. Lisäksi useissa rakennustyömaan yleissuunnitelmissa otetaan elementtiasennus huomioon.

Betonielementtiasennusurakka tulee valmistella huolella. Aluksi tulisi miettiä urakan sisältö, velvollisuudet, tiedot, kustannus-, tuotanto-, ja laatutavoitteet sekä potentiaaliset ongelmat. Näillä toimilla määritetään työskentely- ja toimintatapa urakoitsijalle. Aikataulun urakalle määrittä pääurakoitsija, joka on työsaavutukseltaan mahdollista toteuttaa. Valmisteltu urakansisältö tarjousvaiheessa antaa aliurakoitsijalle selkeää tietoa tulevasta urakasta ja siihen kohdistuvista vaatimuksista. Hyvin valmisteltu urakansisältö antaa myös pääurakoitsijalle tärkeää tietoa ja valmiutta kyseiseen työvaiheeseen. Hyvällä valmistelulla urakan sisältö on jo tarjouspyyntövaiheessa aliurakoitsijalle selkeä ja pääurakoitsijakin saa siitä itselleen tärkeää tietoa. (Ratu 1202-S 2002, s. 28).

Rakennusteollisuus RT ry:n ja Rakennustietosäätiö RTS laatiman Ratu-kortin betonielementtiasennusurakan sisältö on käytännön asennustyötehtävinä elementtien vastaanotto, väliavarastointi, asennus, tuenta, saumavalut, saumavalujen jälkihoito, valmiin pinnan puhdistus, työkohteen suojaukset sekä omasta työstä syntyneiden jätteiden siivous ja lajittelu (Ratu 1202-S 2002, s. 28).

Betonielementtiasentamisurakan työvaihe aloitetaan aloituspalaverilla. Rakennusteollisuus RT ry:n ja Rakennustietosäätiö RTS laatimien Ratu-kortistojen ohjeen 1202-S mukaisesti elementtiasennusurakan aloituspalaveri urakoitsijan/työryhmän ja työmaan työnjohdon välillä olisi järjestettävä vähintään 1 viikko ennen töiden aloitusta. Aloituspalaverilla varmistetaan, että työmaalla pystytään aloittamaan työt ja tekemään ne sovitussa aikataulussa. Lisäksi työvaiheen aloittamiseen kuuluu mestan vastaanotto, elementtien vastaanotto, siirrot, kaluston tarkastaminen ja valmistelu. Tässä vaiheessa on myös varmistettava, että elementtiasennussuunnitelma täyttää turvallisuusasiakirjan määräykset ja on valmis. Elementtiasennuksessa liitoksia hitsaavalla työntekijällä tulee löytyä hitsaajan pätevyys tulityöluvun kanssa ja ne on myös voimassa olevia. (Rakennustöiden Laatu 2017, s. 128)

Elementtiasennusurakan tarjoukset pyydettiin maarinaukion työmaalle lähes Ratu 1202-S 2002 ohjeen mukaisesti. Tarjouksen tulisi sisältää materiaalit, asennustyönjohdon ja asennustyötehtävinä elementtien vastaanotto, väliavarastointi, asennus, tuenta, saumavalut, saumavalujen jälkihoito, valmiin pinnan puhdistus, työkohteen suojaukset sekä omasta työstä syntyneiden jätteiden siivous. Vain yksi urakoitsija pystyi tarjouksessaan lähes tarjomaan tarjouskyselyn sisällön. Puuttuva sisältö tarjouksesta oli materiaalit. Asennustarjous sisälsi kaiken muun. Näin saumaraudoitteet, saumabetonit ja muottitavaran hankinta jäi työmaan tehtäväksi. Urakoitsija tarjosi kaiken muun urakkaan liittyvän työn urakkaneuvotteluiden jälkeen, joko tunti tai yksikköhinnalla kuuluvaksi urakkaan.

## **5 Elementtisuunnittelun ohjaus.**

Elementtisuunnittelunohjaus aloitetaan, kun ollaan tehty päätös tehdä hanke käyttäen elementtirakenteita. Elementtisuunnittelu tosin aloitetaan vasta elementtisuunnittelu sopimuksen teon jälkeen. Tehdyt päätökset ja ratkaisut elementtirakentamisessa hankesuunnitteluvaiheessa muokkaavat elementtisuunnittelua. Ennen elementtisuunnittelun aloitusta tulisi arkkitehti- ja rakennesuunnittelussa olla jo yksityiskohtaista suunnittelua. Tämän prosessin tulee tilaajan aikatauluttaa ja ohjata tarkasti, kun suunnitteluun liittyviä osapuolia on monia. (Betoniteollisuus ry, 2012).

Suunnittelunohjauksen ja hankesuunnittelun hallinnan merkitys hankkeille on suuri ja kasvaa vielä tulevaisuudessa suuremmaksi kohteiden suurentuessa. Jos suunnittelua ei ohjata siitä seuraa sekavuutta, aikataulu viiveitä, kustannuksia, riitoja ja virheitä. Näillä kaikilla on suora vaikutus projektiorganisaatioon ja sen luottamukseen koko hankkeen ajan. Sillä on myös suoravaikutus tuottavuuteen. (Raunama, 2015).

Elementtisuunnittelun sopimusta tehdessä on tärkeä huolehtia suunnittelusopimusten sisällöstä, jotta suunnittelu onnistuu hyvin. Suunnittelu sopimuksen tulisi sisältää vähintään seuraavat asiat: suunnittelijoiden ja suunnittelun tilaajien vastuista, suunnittelun lähtötiedot, suunnittelu-aikataulu, asennusjärjestys, lohkotus, näiden valvonta ja vastuuhenkilö. Lisäksi on hyvä huomioida, että siitä löytyy myös riittävät suunnitteluresurssit, suunnitelmakatselmukset, suunnittelun välitavoitteet, suunnitelmien tarkastusmenettely ja niiden hyväksyminen. (Raunama, 2015).

### **5.1 Elementtisuunnittelun ohjausprosessin osapuolet ja tehtävät**

Arkkitehdin tehtävä on toimittaa elementtisuunnittelijalle seuraavat lähtötiedot ennen elementtisuunnittelun aloitusta: Mitoitetut tasopiirustukset, korkomerkeillä olevat porrashuone- ja julkisivupiirustukset, detaljipiirustukset ja parvekepiirustukset. Arkkitehti toimittaa myös huoneselostukset, huoneselitykset, kynnyisleikkaukset ovityypeistä ja rakenteiden pintakäsittelyt. Lisäksi, jos elementtisuunnittelija tekee elementtien sähköistysuunnittelun pitää myös kalustepiirustukset toimittaa. (RT 103253, 2020)

Rakennesuunnittelijan tehtävä toimittaa elementtisuunnittelijalle tehtävänjaon elementti- ja rakennesuunnittelijan välillä, työselostukset, elementtirakenteiden työselostuksen, suunnittelussa käytetyn normiston, aineiston mikä toimitetaan rakennusvalvonta viranomaisille ja valvonnan käytännöt. Rakennesuunnittelijan tulee toimittaa elementtisuunnittelijalle myös rakennetyypit, liitos- ja rakenne detaljit. Samoin reikäpiirustukset, tasopiirustukset mitoilla, leikkauskuvat ja julkisivukaaviot. Rakennesuunnittelijan tehtävänä on suunnitella kohteen tyyppielementit tulevaan rakennettavaan kohteeseen. (Betoniteollisuus ry, n.d-b).

Pääurakoitsijan tehtävä on viedä ja antaa elementtisuunnittelijalle tiedot: työmaan aluesuunnitelma, työmaan tarvitsemat muutokset elementtisuunnitelmiin, kommentit laskenta kuviin, nosturin kapasiteetti ja asennussuunnitelma. Lisäksi pääurakoitsija toimittaa valmisosa toimittajien suunnitelmat ja hissipiirustukset elementtisuunnittelijalle. (Översti, 2019, s.33).

LVIS-suunnittelijan tehtävä antaa tasopiirustusten tiedot elementtisuunnittelijalle. Reikä tiedot ja hormien lähtötiedot LVIS-suunnittelija hyväksyttää rakennesuunnittelijalla ja arkkitehdillä ennen toimitusta elementtisuunnittelijalle. Lisäksi toimittaa myös seuraavat tiedot: laitteiden aiheuttamat kuormitus tiedot sekä julkisivuihin tulevat LVIS kiinnikkeet. Suunnittelunohjaus reikäkierron suunnittelun vaiheessa kannattaa tehdä hyvin, koska tällä poistetaan paljon elementteihin tehtävää timanttiporausta ja –sahausta työmaalla. Tätä työtä vähentää myös elementtitehtaalla tehdyt reiät ja varaukset. (Översti, 2019, s.33).

Rakennuskohteen mallintamisella pystyvät rakennesuunnittelu ja LVIS-suunnittelija yhteensovittamaan rakenteet ja talotekniikan suunnittelun. Mallinnetussa suunnittelussa pystytään helpommin tarkastamaan reikä- ja varaussuunnittelun yhteensopivuus LVIS-suunnittelun kanssa törmäystarkastuksella. Näin reiät ja varaukset vastaavat tarkastelun ajankohdan LVIS suunnitelmia. Pääsuunnittelijalla olisi hyvä olla tuntemus betonielementeistä, jotta reikä- ja varaussuunnittelu onnistuu hyvin. (Översti, 2019, s.33).

## **6 Elementtisuunnittelu.**

Elementtisuunnittelun suunnittelusopimus tehdään KSE 95 sopimusehtojen mukaan. Siinä määritellään miten käsitellään mahdolliset suunnitelmien myöhästymisistä tulevat sanktiot. Elementtisuunnittelusopimus voidaan tehdä myös rakennesuunnittelun tehtäväluettelolla RAK 06. Rakennesuunnittelijalta saamien lähtötietojen pohjalta elementtisuunnittelija vastaa rakenteellisesti suunnittelusta. Elementtisuunnittelijalle kuuluu varmistaa myös arkkitehti ja LVIS-suunnittelijoiden lähtötietojen sopivuus. Tilaajalla on vastuu toimittaa elementtisuunnittelijalla oikeat lähtötiedot. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Elementtisuunnittelija tekee kohteen lujuuslaskelmat betoni- ja teräselementeistä rakennesuunnittelijalle. Rakennesuunnittelija vie tiedon rakennusvalvontaan. Elementtisuunnittelijalle kuuluu myös tehdä rakennepiirustukset, työpiirustukset ja mittapiirustukset. Lisäksi määrittä seuraavat tehtävät: elementtien sijainti, asennus- ja kuljetustuennat ja kiinnitys- ja liitosdetaljit. Näiden tietojen tulee perustua rakennesuunnittelijan tehtyihin elementtikaavioita, tyyppiin ja detaljisuunnitelmiin. Samoin niiden tulee perustua arkkitehdin laatimiin urakkalaskenta suunnitelmiin. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Elementtisuunnittelija laatii myös ontelolaattojen ja kuorilaattojen mittapiirustukset, elementtikaaviot ja luettelot. Jännitettyjen elementtien suunnittelu voidaan tehdä myös elementtitoimittajan valmiosasuunnittelijalla. Rakennushankkeessa voi olla eriytettyä valmiosasuunnittelija tai tuoteosasuunnittelu. Näissä tapauksissa on sovittava tehtävien rajat suunnittelijoiden kesken. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Tuoteosasuunnittelu tehdään toimittajan määrittämällä ehdoilla. Tuoteosasuunnittelua voi tehdä tilaajan suunnittelija, että tuoteosasuunnittelija toimittajan suunnittelijana. Tuoteosasuunnittelussa on tärkeä määrittää vastuut, miten elementti kohtaiset mitoitus- ja voimien määritykset jakautuvat suunnittelijoiden kesken. Tuoteosasuunnittelulle kuuluu yleensä mitoittaa ontelolaatat ja muut jännitetyt elementit niiden sisältämän punossuunnittelun takia. (Betoniteollisuus ry, n.d-a)

Valmiosasuunnittelulla tarkoitetaan suunnittelua, joka ei ole sidottu tehdasvalmisteiseen rakennusosa suunnitteluun. Myös valmiosasuunnittelu voi tehdä tilaajan rakennesuunnittelija tai valmistajan suunnittelija. Valmiosasuunnitteluun kuuluu projektikohtaiset suunnitelmat, valmistus- ja asennussuunnitelmat. (Betoniteollisuus ry, n.d-a)

Elementtisuunnittelijan muuttaessa piirustuksia elementin jo ollessa valmistuksessa tai valmistettu, niin siitä aiheutuvat muottimuutoksista ja raudoitemuutoksista aiheutuvat kustannukset käsitellään sopija puolten kanssa erikseen. Myös muutokset

suunnittelu-aikataulussa tulee käsitellä erikseen, jos niiden aiheutumasta muutoksista on haittaa aikatauluun. (Betoniteollisuus ry, 2020c).

## 6.1 Historia.

Elementtirakentamista oltiin tutkittu jo ennen, kuin toinen maailman sota alkoi. Sodan tuhojen korjaamiseen tutkittiin taloudellista ja tehokasta rakennustapaa. Nämä kaksi asiaa saivat siirtymisen elementtirakentamiseen. Betoniteollisuus alkoi kehittämään elementtitekniikkaa Suomessa 1940- ja 50-luvulla. Suomessa kehitettiin 1960-luvun lopussa betonielementit standartaiva BES-järjestelmä. (Betonitieto, 2009).

BES-järjestelmässä käytetään kantavia pääty- ja väliseiniä, ei kantavia ulkoseiniä ja välipohjissa pitkiä laattoja. BES-järjestelmässä parvekkeet on yleensä omilla perustoilla olevia torneja. Välipohjina ruvettiin käyttämään ontelolaattoja ja kotelolaattoja. BES-järjestelmän tarkoitus oli standardoida elementit, jotta rakennusurakoitsijat pystyvät hankkimaan elementtejä monelta toimittajalta. Ainoastaan BES-järjestelmä mahdollisti ennätyksellisen asuntotuotannon 1970-luvulla. Silloin tiukat kustannukset ja nopea rakentaminen vaikutti, että rakennukset suunniteltiin useasti vain 30 vuoden käyttöiälle. Lisäksi tietoa seuraavista betonin kestävyteen vaikuttavista asioista oli vähäinen: pakkasen vaikutuksista betoniin, raudotteiden ruostumisesta ja betonin lämpökäsittely. Tästä syystä moni julkisivu vaatii korjauksen jo 30-40 vuoden käytön jälkeen. (Betonitieto, 2009).

Rakennusteollisuus on alkanut käyttämään tietotekniikkaa jo 1960-luvulla mitoituslaskelmissa. CAD-suunnittelu tietokoneella ja tiedonsiirto sähköisesti on ollut todella tärkeässä asemassa elementtiteollisuudessa. Tietomallinnus nykytasolle on saavutettu erillisillä kehitystyöillä ja standardoiden CAD-ohjelmia. ICT:n käyttäminen betonielementtituotannossa lisää sen tuottavuutta, tehokkuutta ja laatua. (Betonitieto, 2009).

Edelleen BES-järjestelmää käytetään nykyisten elementtijärjestelmien taustana. Muutosta on tapahtunut tuotantomenetelmissä sekä rakenne- ja liitosdetaljiista. Edellä mainitut BES-

järjestelmät toimivat vielä nykyisinkin käytettävien elementtijärjestelmien pohjana. (Betonitieto, 2009).

## **6.2 Elementtisuunnittelun/toimitusten aloituskokous.**

Elementtisuunnittelun aloituskokouksen ja aloituskatselmuksen kutsuu elementtisuunnittelun tilaaja. Jos elementtisuunnittelu on tehty ennen toimitussopimusta, niin silloin kokouksen kutsuu elementtivalmistaja. (Betoniteollisuus, 2012).

Elementtisuunnittelun sopimuksen jälkeen tulevista suunnitelma muutoksista käsitellään muuttuvat suunnitelmat erikseen ja ne on otettava heti esille kirjallisesti. Myös Elementtikaupan muutokset tulee käsitellä välittömästi, jos ne aiheutuu suunnittelusta. Tilaajan on hyvä nimetä henkilö, joka hoitaa suunnittelunohjausta. Lisäksi elementtisuunnittelijan tulee välittömästi ilmoittaa, jos suunnitelmat eivät valmistu sovittuna aikana. (Betoniteollisuus, 2012).

Maarinaukion betonielementtisuunnittelu kokouksen kutsui kokoon tilaaja. Kokoukseen oli kutsuttu tilaajan eli Peabin projektipäälliköt ja työmaan edustajat sekä julkisivut valmistava tehdas, ontelolaatat valmistava tehdas, rakennesuunnittelun tekevät suunnittelijat ja arkkitehtisuunnittelijat.

Kokous aloitettiin esittelyillä ja roolista yrityksissä. Tämän jälkeen aloitettiin kokouksen aikataulut osio. Aikataulu osassa sovittiin mitä lähtötietoja tarvitaan aikataulu suunnittelua varten. Elementtitoimitajat ilmoittavat montako viikkoa aikaisemmin kuvat pitää olla ennen toimituksia tehtaalla sekä graafisen betonielementin kuviomalli, kalvoprintti, väri- ja kiviaines. Lisäksi elementtisuunnittelijat toimittavat suunnittelutilanteen jokaiseen tulevaan kokoukseen mikä on kahden viikon välein.

Tarkistettiin elementtitoimituksen sisältö ja suunnittelun tehtävän jako.

Elementtitoimitukset tulivat kahdelta valmistajalta. Punossuunnittelu sisältyivät elementti

toimituksiin. Kokouksessa oli oma kohta rakennesuunnittelijalle. Siinä todettiin, että elementtisuunnittelu tehdään mallintamalla. Suunnittelijat tarkastavat jo suunniteltuihin rakenteisiin rauditusperiaatteet. Suunnittelijat käyttävät valmiiden teräsosien vakiotuotteita suunnittelussa (pultit, kengät, levyosat, nostolenkit ja laattakannakkeet jne.). Tyypielementtisuunnitelmat sekä niiden sisältö ja laatumääritykset tuotantoon. Sovittiin myös turvallisuuteen ja kosteudenhallintaan liittyvät asiat.

### **6.3 Elementtisuunnittelun ja toimitusten suunnittelu kokoukset.**

Suunnittelukokous 2 avattiin ja aluksi todettiin kokouksen osallistujat. Aikataulukohdassa sovittiin, että suunnittelu- ja tuotantoaikataulu on valmiina reikäkiertoineen suunnittelukokous numero 3. Siihen mennessä suunnittelu- ja tuotantoaikatauluun on sitoutuneet elementtisuunnittelija, LVIS-suunnittelija ja valmistava elementtitehdas. Aikataulun seuranta aloitetaan elementtisuunnittelun kokouksessa 3. Asennusaikataulu sovittiin toimitettavaksi 10 viikkoa ennen elementtiasennusten aloitusta. Asennusjärjestys toimitetaan tehtaalle, joko kerralla tai osissa. Pyydettiin rakennesuunnittelijalta kommentit seuraavaan kokoukseen, että milloin on tasokaaviot elementtityypeille valmiina. Pystytään aloittamaan elementtikohtaisen asennusaikataulun laadinta.

Suunnittelukokous 3 aloitettiin tarkastamalla kokouksen osallistujalista. Suunnittelu- ja tuotantoaikataulu oli saatu suunnittelutoimiston ja tehtaan kanssa sovittua edellisen kokouksen välillä kaikille sopivaksi aikatauluksi. Aikataulu on tämän työn liitteenä. Aikataulun seuranta aloitetaan seuraavissa kokouksissa kahden viikon välein. Aikatauluun päivitetään mitkä elementtisuunnitelmat on valmiina toimitettavaksi elementtitehtaalle. Aikatauluun päivitetään myös mitkä elementit on valmistettu ja ovat tehtaan varastossa odottamassa asennusta. Elementtisuunnittelija saa tehtyä ennen seuraavaa kokousta tasokaaviot alapohja-5krs. Näillä suunnitelmilla päästään aloittamaan elementtikohtaisen elementtiasennussuunnitelman tekeminen ennen seuraavaa kokousta.

## 6.4 Suunnittelu-aikataulu.

Suunnittelu-aikataulu tehdään rakennushankkeen yleisaikataulusta, josta on muodostettu tehtäväluettelo. Siihen on koottu taloudellisesti ja ajallisesti sekä paljon, että vähäisesti ohjattavat urakoitsijoiden tehtävät. Yleisaikatauluun tulee sovittaa elementtisuunnitteluun menevä aika. Elementtisuunnittelusta tulee tehdä aikataulu, johon laitetaan päivämäärät milloin valmistetut elementtipiirustukset ovat valmistavalla tehtaalla. Isoissa rakennushankkeissa olisi hyvä sopia millaisissa erissä kuvat lähetetään. Käytetäänkö toimituserässä esimerkiksi kerroksittain tai lohkoittain. Elementtisuunnittelu aikataulussa tulee näkyä milloin lähtötiedot toimitetaan ja missä vaiheessa reikä-, varaus-, ja LVIS kierrostehdään. Myös sähköistykselle on varattava aika aikatauluun. Lähtötietojen tullessa myöhässä on elementtisuunnittelijan raportoitava siitä heti tilaajaa sekä elementtivalmistajaa. (Betoniteollisuus ry, 2020e).

Elementtiteollisuuden ohje aikoina suunnitelmien toimittamiselle tehtaalle ennen elementtien toimittamista työmaalle on:

- seinäelementit 6-10 viikkoa
- ontelolaatat 4-8 viikkoa
- runkoelementit 6-10 viikkoa

Tällainen viikkokäsitys ei ole tarpeeksi tarkka aikatauluohjaukseen vaan toimituspäivät on sovittava tarkoiksi päivämääräksi. Lähtötietojen on sovittava elementtisuunnittelun, rakennus- ja asennusaikataulun, asennusjärjestykseen, jotta siitä tulee yksiselitteinen kokonaisuus tarpeelliseen tietoineen. Mitä elementtien suunnittelun aikataulu vaatii. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

## 6.5 Toimitusaikataulu.

Elementtiurakan sopimuksen varmistuminen toimituksille. Pidetään elementtitehtaalla aloituspalaveri tuotannolle. Tähän palaveriin kutsutaan tilaaja tarvittaessa.

Aloituspalaverissa käydään mitä urakkasopimussisältää. Millaiset ovat elementtitoimituksen aikataulu ja laatuvaatimukset. Tuotantoaikataulut tulisi laatia yhdessä tilaajan kanssa.

Tuotantoon liittyvät elementtikaaviot, materiaaliluettelot ja elementtiluettelot olisi tärkeää saada nopeasti valmistavalle tehtaalle. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Tehtaalla pidetään tehdaskatselmus ennen tuotannon aloittamista. Tehdaskatselmuksen ajankohta olisi betoniteollisuuden ohjeen mukaan noin 5 viikko. Samassa katselmuksessa voidaan pitää seinäelementtien mallikatselmus. Missä tarkastetaan ja dokumentoidaan, että elementin haluttu laatutaso on sopimuksen mukainen. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Mallielementiksi kohteeseen oli elementtisuunnittelun aloituspalaverissa valittu katselmoitavaksi elementiksi graafinen sandwich-elementti S ja R elementti tunnuksella oleva betonielementti. Elementtitoimitus tehdään toimitusaikataulun mukaan, joka on sopimuksen liitteenä. Suunnittelijoiden lähtötiedot tilaajalta sidotaan myös toimitusaikatauluun. Toimitusaikataulun suunnittelussa molempien osapuolten tulisi olla aktiivisia. Lisäksi elementtitoimitajan tulisi varmistaa, että tilaajalta tulevat suunnitelmat elementtien valmistukseen tulevat ajoissa. Toimitusaikataulua tehdessä olisi hyvä olla jo elementtikohtainen toimitusjärjestys millä pystytään aloittamaan valmistus. Elementtikuormien toimitusaika työmaalle kuuluu myös kirjata elementtitoimitussopimukseen. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

## 6.6 Elementtitoimitajan valmistusaikataulu.

Toimitusaikataulu on valmistunut ja siitä ruvetaan muokkaamaan valmistusaikataulua.

Tuotantosuunnitelmat liittyvät aikataulusuunnitteluun, niin tulisi nämä aikataulut tehdä

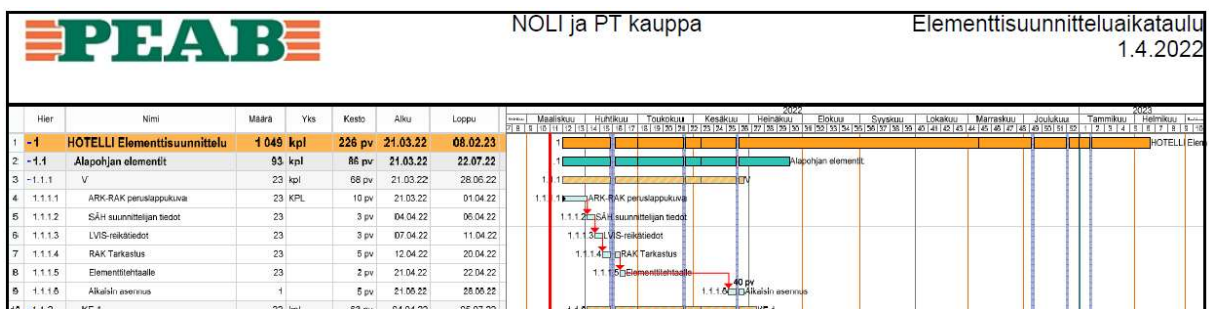
yhdessä tilaajan kanssa yhteistyössä. Tuotantoaikataulu tulee laatia silti tehtaan toiminta tapoihin tutulla käytännöllä. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

Tuotantoaikataulun laadinnan jälkeen pidetään tehtaalla tuotannon aloituspalaveri, joka on tehtaan oma palaveri. Palaverissa käydään läpi mitä riskejä ja tavoitteita toimitukseen liittyy. Millaiset ovat kohteen laatuvaatimus taso, joka on sovittu toimitussopimuksessa. Lisäksi päätetään miten näitä mittaroidaan, että pystytään seuraamaan tavoitteiden saavuttamista. Aloituspalaverissa käydään läpi miten tehdas käsittelee toimituksen palautteen ja oppii mahdollisista tuotannossa ilmentyvistä ongelmista. Tähän tehtaan tilaisuuteen olisi hyvä osallistua ainakin työtekijöistä nokkamiehet. Palaverista on tärkeä tehdä muistio mihin lisätään sopimuksesta kohteen laatuso ja työvaiheiden tarkastuskäytännöt. Tällä varmistetaan, että tehdas pystyy valmistamaan elementit tuotantoaikataulussa. (Betoniteollisuus ry, 2020d).

## 7 Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu.

Työmaalle tehtiin yhdistetty aikatauluseuranta elementtisuunnittelusta ja toimitusaikataulusta. Aikataulu päivitettiin kahden viikon välein elementtisuunnittelu kokouksissa. Aikataulu on opinnäytetyön liitteessä 2. Aikataulu tehtiin Tocoman-aikataululla kuvassa 8 helpottamaan työmaan aikatauluseurantaa elementtisuunnittelun valvonnassa. Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta voidaan tehdä monilla eri aikataulu ohjelmilla. Aikataulu on tärkeä laatia, jotta yhdellä aikataulun seurannalla pystytään varmistamaan elementtisuunnittelun sekä toimitusaikataulun pysyminen aikataulussa.

Kuva 8. Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu Tocoman-ohjelmalla.



Yhdistetty aikataulu helpottaa tehtävien seuranta, että elementtitehdas saa suunnittelijalta lappukuvat varmasti sovittuna aikana. Näin elementtitehtaalle jää aikaa valmistaa elementit sopimuksen mukaisesti ennen asennusta. Ettei tarvitse elementtiasentajan odottaa tai siirtää asennuksia myöhässä valmistuvien elementtien takia. Tätä aikataulua tilaajan tulee valvoa, seurata ja päivittää elementtisuunnittelun kokouksissa. Varmistaa, että elementtisuunnittelija ja elementtitehdas varmasti pysyvät sovitussa aikataulussa. Näin ei pääse tulemaan yleisaikatauluun myöhästyneistä kuvista tai toimittamattomista elementteistä viivettä, joka aiheuttaa myöhemmin ylimääräisiä kustannuksia pääurakoitsijalle. Mikä toimii tilaajan roolissa elementtisuunnitteluun ja valmistavalle elementtitehtaalle.

Aikaisemmin tämä aikataulu oli tehty Excel-ohjelmalla kuvassa 9. Excel-aikataululla aikataulun seuranta toimii edelleen ihan hyvin. Aikataulussa on huomioitu suunnittelijoiden tehtaan tarvitsemat miinus viikot ennen asennusta. Lisäksi aikataulu varmistaa lähtötiedot elementtisuunnittelijalle.

Kuva 9. Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu Excel.

Lähtötiedot kunnossa		BETONIELEM.SUUNN				
Elementtien toteutus-suunnittelu aikaa.	Alustavat elem.kaaviot yksilöllisin tunnuksin.	Sähkötarvikkeet elementteihin.	Alustavat valutarvike-luettelot elem.tehtaalle. Elementit punossuun.	suunnitelmat tehtaalla	suunnitelmat tehtaalla	Elementti asennus vko
Ele	Ele	Ele <-> S	Ele->Toim	-12	-8	0
				15	19	23
				16	20	28
				18	22	30
				19	23	31
				20	24	32
				21	25	33
				22	26	34
				23	27	35
				24	28	36

## 8 Yhteenveto ja pohdinta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutustuttaa minut alkavan kohteen runkorakenteisiin, rungon hankintoihin, elementtisuunnittelun ohjaukseen ja siihen liittyviin aikatauluihin. Tämän opinnäytetyön tehtyäni olen työn tilaajalta saamani palutteen mukaan varmasti valmiimpi tulevaan työtehtävääni betonirungon asennuksen valvonnassa. Lisäksi

opinnäytetyössä piti löytää joku parannettava kohta työmaalle betonirungon tuotannosuunnittelussa ennen elementtiasennuksen aloitusta. Opinnäytetyön tutkittavaksi kohdaksi valittiin elementtisuunnittelun- ja valmistusaikataulun seuranta Tocoman-aikatauluohjelmalla. Aikaisemmin elementtisuunnittelu- ja valmistusaikataulu seuranta oli tehty Excel-ohjelmalla.

Rakennettavan kohteen runkorakenteisiin syvennyin tämän työn luvussa kaksi. Kohde sisältää lähes kaikki betoniteollisuuden betonielementtityypit. Osioon kaksi keräämä tieto ja siihen luettu tieto lähdeaineistosta tulee varmasti hyödyntämään minua tulevassa hankkeessa sekä varmasti tulevaisuudessa urallani rakentamisen parissa.

Betonirungon hankintapaketti osio tässä työssä auttaa ja lisää ymmärrystä. Miten vaikuttavista hankinnoista on kyse rakennettavalle kohteelle, kun hankitaan betonielementtejä tai elementtiasennusta? Ne ovat monta prosenttia koko rakennushankkeen kokonaiskustannuksista. Lisäksi se oli itselleni hyvä aloitus perehtymään ja lisäämään ymmärrystä teoreettisesti hankintoihin sekä niistä kertyviin kustannusten muodostumiseen rakennushankkeessa.

Elementtisuunnittelun ohjauksen käsittely tässä opinnäytetyössä tapahtuu aika vähäisessä määrin. Isoimmaksi kehitettäväksi asiaksi elementtisuunnittelun ohjauksessa tulisi ottaa huomioon suunnittelijoiden aikataulunhallinta. Tämä asia tulisi mielestäni ottaa huomioon jo suunnittelusopimuksia tehtäessä rakennesuunnittelun ja arkkitehtisuunnittelun kanssa, että tilaajilla ei ole sellaista kokemusta, kun suunnittelutoimistoilla. Suunnittelijat tulisi sopimuksissa mielestäni pistää enemmän keskustelemaan keskenään ja esittämään tilaajalle valmiimpia suunnitelmia yhdessä. Näin tilaaja, jolla kyseiset suunnittelutoimistot ovat töissä ei tarvitse kokoajan olla ohjaamassa suunnittelijoita ja pyytämässä tietoa suunnitelmien yhteensovittamisesta sekä suunnitelmien valmiudesta.

Opinnäytetyön ansiosta pääsin elementtisuunnittelun suunnitelmakokouksiin mukaan. Tästä kokemuksesta on varmasti hyötyä minulle tulevaisuudessa. Pääsin perehtymään miten elementtisuunnittelu etenee, kun se tehdään tilaajan suunnitelmilla.

Elementtisuunnittelu- ja valmistusaikataulun tekeminen Tocoman-aikataululla lisää visuaalisuutta aikataulun lukemiseen ja sitä kautta on mielestäni helpommin kaikkien osapuolten ymmärrettävä kuin Excelillä tehty aikataulu. Suunnittelu- ja valmistusaikataulut kannattaa mielestäni tehdä myös tulevaisuudessa seuraavissa kohteissa Tocoman-aikatauluohjelmalla sen helppolukuisuuden takia. Excel-aikataulupohjan käyttämistä ei kannata mielestäni lopettaa kokonaan. Sitä voisi käyttää alustavan aikataulun tekemisessä, kun vielä hahmotellaan aikataulun etenemistä ja elementtitehtailta saatujen miinusviikkojen vaikutuksia aikatauluun. Aikataulujen muuttuessa on nopeampaa korjata muutokset Exceliin verrattuna Tocoman-aikatauluohjelmalla tehtyyn suunnitelmaan.

Tämä opinnäytetyön tekeminen lisäsi todella paljon teoreettista osaamistani betonirungon tuotannonsuunnittelusta ennen elementtiasennuksen aloitusta. Nyt olen varmasti valmiimpi aloittamaan työmaalla elementtiasennuksen työvaiheen. Pystyn tätä opinnäytetyötä hyödyntämään varmasti tulevaisuudessa urallani rakentamisen parissa.

## Lähteet

Betoniteollisuus ry. (Syyskuu 2012). *Talonrakennusteollisuus ry. Betonivalmisosatoimitusten toimintamalli*. Haettu 20.2.2022 osoitteesta

<file:///C:/Users/PSTOMNAR/Downloads/Valmisosatoimitusten%20toimintamalli%2009-2012.pdf>

Betonitieto Oy. (2009). *Tehdään elementeistä. Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia*. Haettu 20.2.2022 osoitteesta [https://betoni.com/wp-](https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Tehdaan-Elementeista.pdf)

[content/uploads/2020/06/Tehdaan-Elementeista.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Tehdaan-Elementeista.pdf)

Betoniteollisuus ry. (n.d-a). *Suunnittelijat*. Haettu 21.2.2022 osoitteesta

<https://www.betonitieto.fi/suunnittelijat/betonirakenteiden-suunnittelu-talonrakentaminen/suunnitteluprosessin-hallinta/suunnitteluhankkeen-osapuolet.html>

Betoniteollisuus ry. (n.d-b). *Arkkitehtisuunnittelu*. Haettu 5.3.2022 osoitteesta

<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/rakenne-ja-elementtisuunnittelu/>

Betoniteollisuus ry. (2020a). *Runkorakenteet/elementtitunnukset*. Haettu 1.4.2022

osoitteesta <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/elementtitunnukset>

Betoniteollisuus ry. (2020b). *julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut*. Haettu

3.4.2022 osoitteesta <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut>

Betoniteollisuus ry. (2020c). *runkorakenteet/seinat*. Haettu 3.4.2022 osoitteesta

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/seinat>

Betoniteollisuus ry. (2020d). *toimitusten-ohjaus*. Haettu 3.3.2022 osoitteesta

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/toimitus/toimitusten-ohjaus>

Betoniteollisuus ry. (2020e). *suunnitteluprosessi*. Haettu 28.2.2022 osoitteesta

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>

Betoniteollisuus ry. (2020f). *toimitus*. Haettu 20.2.2022 osoitteesta

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/toimitus/toimitusten-ohjaus>

Enarvi, J. (2019). *BETONIELEMENTTIASENNUSURAKAN TEHTÄVÄ- JA VASTUUJAKO ALIURAKOITSIJAN JA PÄÄURAKOITSIJAN VÄLISESSÄ SOPIMUKSESSA* [pro gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto].

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/118776/EnarviJuuso.pdf?sequence=2>

Korhonen, J. (2021). *BIM:N HYÖDYNTÄMINEN HANKINTAPAKETIN KUSTANNUSTEN HALLINNASSA* [pro gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto].

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/125208/KorhonenJoona.pdf?sequence=2>

Peab Oy. (n.d.-a). *Historia*. Haettu 20.2.2022 osoitteesta <https://peab.fi/peab/historia>

Peab Oy. (n.d.-b). *Toimitilarakentaminen*. Haettu 31.3.2022 <https://peab.fi/nain-rakennamme/liiketoiminta-alueet/rakentaminen/toimitilarakentaminen/>

Raunama, T. (2015). *Talonrakennushankkeen suunnittelun ohjaus tämän päivän pelikentässä Rakennuttajakoulutus R37*. Haettu 20.2.2022 osoitteesta

[https://www.aaltopro.fi/media/aalto-pro-publications/raps/raps37\\_projektityo\\_raunama.pdf](https://www.aaltopro.fi/media/aalto-pro-publications/raps/raps37_projektityo_raunama.pdf)

Ratu S-1202. (2002). *Runkorakenteet, elementtirungot. Tehtäväsuunnittelu - aliurakka, työkauppa*. haettu 27.3.2022 osoitteesta [https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1202?external\\_system=Juha&page=2](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1202?external_system=Juha&page=2)

Ratu KI-6029. (2017) *Rakennustöiden laatu RTL 2017*. haettu 27.3.2022 osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029>

RT 103253. (2020) *ARKKITEHTISUUNNITTELUN TEHTÄVÄLUETTELO ARK18*. haettu 11.4.2022 osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103253>

RT 16-10660. (1998) *RAKENNUSURAKAN YLEISET SOPIMUSEHDOT YSE 1998*. haettu 28.3.2022 osoitteesta

<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/6902#page=1>

Översti, T. (2019). Elementtisuunnittelun kehittäminen. Haettu 29.3.2022 osoitteesta

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/261645/Oversti\\_Topi.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/261645/Oversti_Topi.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

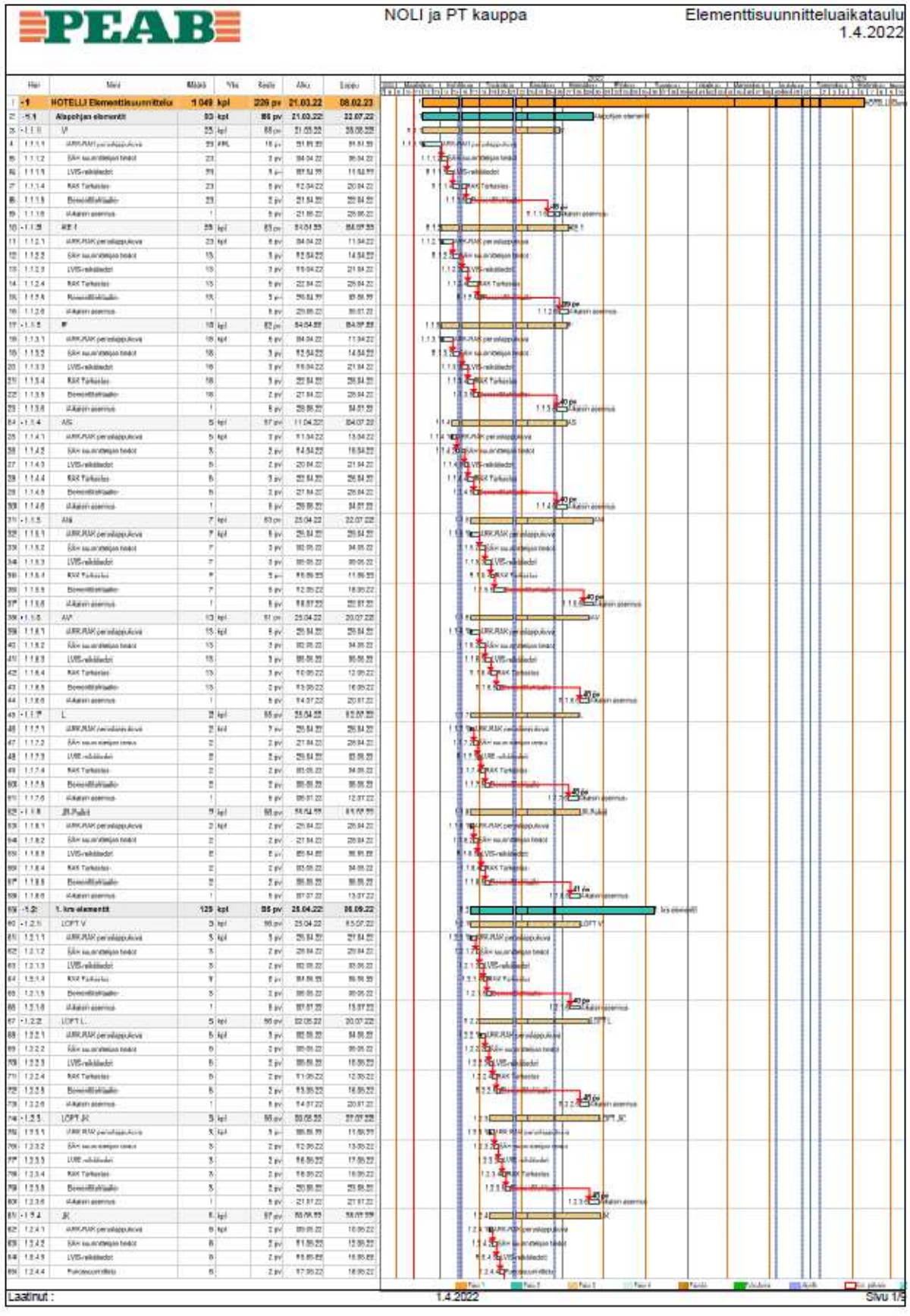
Liite 1: Elementtitunnukset. (Betoniteollisuus ry, 2020)

Elementtityyppi	Elementti	Tunnus
Perustuselementit	Anturaelementti	A
	Pilarihoikkielementti	PH
	Sokkelielementti (ei kantava)	AN
	Sokkelielementti (kantava)	AS
	Sokkelipalkki	AK

	Sokkeliruutuelementti (maanpaine)	AR
	Sokkelielementti (maanpaine, yksi kuori)	AV
	Tukimuurielementti	TKE
Pilari	Pilari	P(1
Seinäelementit	Väliseinä	V
	Väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP
	Ruutuelementti (kantava)	S
	Ruutuelementti (ei kantava)	R
	Sisäkuorielementti (kantava)	SK
	Sisäkuorielementti (ei kantava)	RK
	Sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR
	Sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR
	Nauhaelementti (kantava)	NK
	Nauhaelementti (ei kantava)	N
	Kuorielementti	KE
Palkkielementit	Palkkielementti (teräsbetoni)	K
	Jännebetonipalkki (I-profiili)	I
	Jännebetonipalkki (HI-profiili)	HI
	Jännebetonipalkki (muut profiilit)	JK (2
Laattaelementit	Laattaelementti (massiivilaatta, välipohja)	L
	Alapohjalaatta (massiivilaatta, eristetty)	EL
	Jännitetty laattaelementti	JL
	Ontelolaatta	O (3
	Ontelolaatta (lämpöeristetty)	O (3
	Ontelolaatta (REI190-palolaatta)	15O
	Ontelolaatta (REI120-palolaatta)	2O
	Ontelolaatta (yläpunoslaatta)	YO
	Ontelolaatta (kylpyhuonelaatta)	OK (4
	Kuorilaatta	KL
	TT-laatta	TT
HTT-laatta	HTT	
Parveke-elementit	Parveke-elementti	C
	Parvekelaatta-elementti	CL
	Jännitetty parvekelaattaelementti	JCL

	Parvepleli-elementti	M
	Parvekekaide-elementti	Z
	Parvekkeen kattoelementti	CX
	Jännitetty parvekkeen kattoelementti	JCX
Porraset	Porraset	T
Hissikuilun elementit	Hissikuiluelementti	HK (5
	Hissikuilun pohjaelementti	HKA
	Hissikuilun yläpään elementti	HKY
Erikoiselementit	Hormielementti	H
	Erikoiskappale	..X (6

Liite 2: Elementtisuunnittelun- ja toimitusaikataulun seuranta-aikataulu.



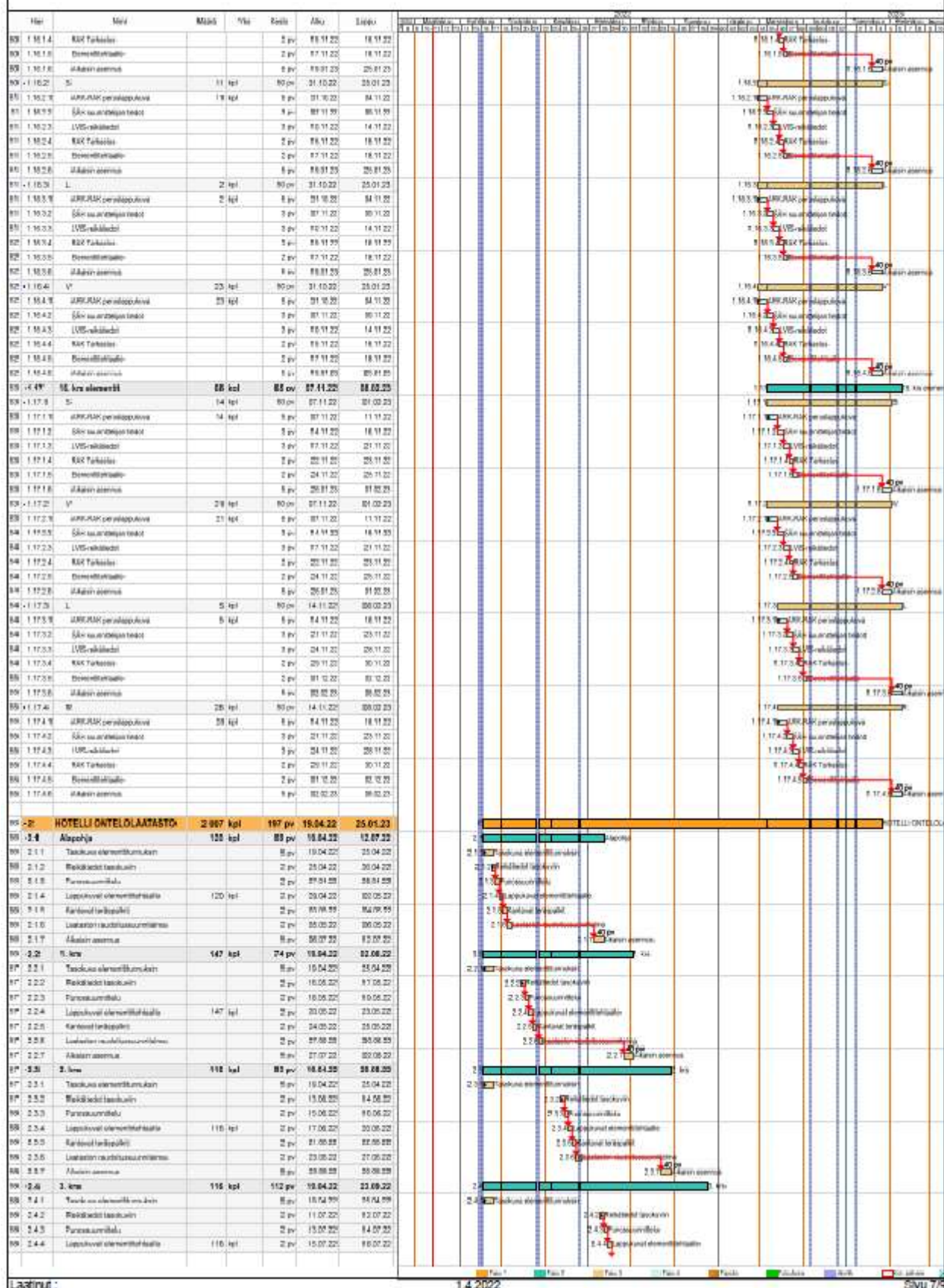












Luottamuksellinen

1.4.2022

Sivu 7/8

