

Veli-Matti Lahtinen

# Kadunylityslaattojen kustannus- ja aikataulu- vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

6.2.2014

Tekijä Otsikko	Veli-Matti Lahtinen Kadunylityslaattojen kustannus- ja aikatauluvertailu
Sivumäärä Aika	44 sivua 6.2.2014
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	talonrakennustekniikka
Ohjaajat	lehtori DI Timo Leppänen, Metropolia AMK työpäällikkö Glenn Kevin, Lemminkäinen Talo Oy
<p>Tämä mestarityö tehtiin Lemminkäinen Talo Oy:n talonrakentamisen yksikölle. Mestarityön tavoitteena oli selvittää kahden rakenteellisesti ja toteutuksellisesti erilaisen, mutta ulkonäöllisesti samankaltaisen rakenteen toteutuskustannukset ja -aikataulut ja verrata saatuja tuloksia keskenään. Tutkimuksessa vertailtavat kohteet sijaitsevat vierekkäisillä tonteilla Helsingin keskustassa, Alvar Aallon kadun varrella. Rakenteet ovat kadunylityslaattoja, jotka yhdistävät kaksi rakennusta toisiinsa. Laatoilla on vain arkkitehtoninen vaikutus rakennusten ulkonäköön.</p> <p>Työn alussa kerrottiin yleisesti tuotannonhallinnasta, joka liittyy työvaiheiden toteuttamiseen järkevästi, kustannuksia ja aikataulua seuraamalla. Tämän jälkeen kerrottiin molempien rakenteiden suurimmista ja olennaisista työvaiheista yleisellä tasolla, jotta lukija saa käsityksen kaikista toteutuneista työvaiheista. Käytännöntutkimuksessa vertailtiin toteutuneita kustannuksia sekä aikatauluja, joiden perusteella saatiin kustannukselliset ja aikataulliset eroavaisuudet rakenteiden välille.</p> <p>Lemminkäinen Talo Oy:n pyynnöstä kustannuksia ei esitetty tässä työssä vaan työvaiheiden osuudet kokonaishinnoista ilmoitettiin prosenttilukuina sekä rakenteiden kustannusvertailussa erotus ilmoitettiin prosenttilukuna. Kustannukset yksikköhinnoiteltiin mahdollisimman tarkasti, jotta vertailusta tulisi mahdollisimman todenmukainen.</p> <p>Aikataulut ilmoitettiin työsuoritteiden kokonaiskestojen perusteella työvuorojen summana ja niitä verrattiin keskenään.</p> <p>Vertailujen tuloksena havaittiin kustannuseron olevan vain vähäinen, mutta toinen rakenteista oli aikataullisesti huomattavasti nopeampi suorittaa. Näiden lisäksi mietittiin myös rakenteiden toteutustapojen hyviä ja huonoja puolia.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena esitettiin toteutuneet erot kadunylityslaattojen kustannuksissa ja aikatauluissa. Vertailujen ja haastatteluiden perusteella pohdittiin myös tulevaisuuden vaihtoehtoa.</p>	
Avainsanat	kadunylityslaatta, kustannus- ja aikatauluvertailu, jälkijännitys

Author Title	Veli-Matti Lahtinen Expense and timetable comparison of canopy structure slabs
Number of Pages Date	44 pages 6 February 2014
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	House Building
Instructor	Timo Leppänen, Senior Lecturer Glenn Kevin, Project Manager
<p>This study was done for Lemminkäinen Talo Oy. The aim of this thesis was to collect all the fulfilled expenses and timetables of two different kind of structures and compare them to each other. The two compared canopy structure slabs that look same from outside are actually totally different kind of structures. The compared objects are located in Helsinki on Alvar Aallon katu. The function of these slabs is simply architectural.</p> <p>The content of this thesis: Firstly there is information about production control. How it effects straightly to the costs and timetables. Secondly both of the structures and their cost and timetable effective faces are been reviewed so that the reader can get the idea of totality. In the empirical part of the study the actual costs and timetables were compared.</p> <p>From the request of Lemminkäinen Talo Oy the expenses are not being presented in this thesis. The total expenses of both structures are summed and they are presented in count of percent. Also the difference of costs is presented in the count of percent. The costs are being rated as precise as possible so that the comparison is realistic.</p> <p>Timetables are being reported by the sum of the total duration of work phases and after that they are compared with each other.</p> <p>The results show that the separation of the structures was only minor actor but the other slab structure was significantly faster to build. In addition there was a comparison between the manufacturing methods and the pros and cons of these structures.</p> <p>As a result of this thesis the expense and timetable comparison is being presented. The solution was based on the results and the interviews on the construction site.</p>	
Keywords	canopy structure slab, comparison of expenses and timetables, post-tensioning

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen taustaa	1
1.2	Tutkimuksen tavoite	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Tutkimusraportin rakenne	2
2	Käsitteitä ja määritelmiä	3
2.1	Lemminkäinen Talo Oy	3
2.2	Rakennuskohteet	3
3	Tuotannonhallinnan tehtävät ja sisältö	6
4	Kohteiden esittely	9
4.1	Kortteli 2017, Koy Alvar Aallon katu 3 (Alma Media)	9
4.2	Työvaiheet	11
4.3	Kortteli 2018 Koy Aallon Huippu (Ernst & Young)	21
4.4	Työvaiheet	23
5	Rakennustöiden turvallisuus	31
5.1	Rakennustyön turvallisuuden hallinta	31
5.2	Työturvallisuuden toteutus korttelissa 2017	32
5.3	Työturvallisuuden toteutus korttelissa 2018	33
6	Kustannusten vertailu	34
6.1	Kustannusvertailuun sisältyvät työvaiheet	35
6.2	Kustannusvertailun tulos	35
7	Aikatauluvertailu	36
7.1	Ajallinen suunnittelu	36
7.2	Aikatauluvertailuun sisältyvät työvaiheet	37
7.3	Aikatauluvertailun tulos	37
8	Toteutusmenetelmien vertailu	38
8.1	Kortteli 2017	38
8.2	Kortteli 2018	40

9	Yhteenveto ja päätelmät	41
10	Pohdinta	43
	Lähteet	44

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Lemminkäinen Talo Oy rakentaa uutta liiketilaa sekä uusia asuinrakennuksia Helsingin Töölönlahdella. Rakennukset sijaitsevat Helsingin keskustassa, tulevan Alvar Aallon kadun varrella, tien molemmin puolin. Toimistorakennukset ja asuinrakennukset ovat muuten erillisiä rakennuksia, mutta ne ovat kuitenkin yhdistettynä toisiinsa kadun ylittävillä laattarakenteilla.

Kadunylityslaattoja on rakennettu kahteen kohteeseen, kortteliin 2017, jonka pääkäyttäjänä on Alma Media sekä kortteliin 2018, jonka pääkäyttäjänä tulee olemaan Ernst & Young. Näissä kahdessa kohteessa laattarakenteet on toteutettu erilaisilla ratkaisuilla: elementtirakenteisena sekä paikallavalurakenteisena. (kuva 2.)

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tämän työn tavoite on ottaa huomioon

- laskennassa huomioitua sekä mahdolliset aikataulusta ja keliolosuhteista aiheutuneet kustannukset
- aikatauluvertailu
- liittyvät työvaiheet; saavutettiinkö aikatauluhyötyjä eri ratkaisuilla
- rakenteiden esteettisyys ja huoltotoimenpiteet.

Kustannusvertailujen laatimisella pyritään löytämään paras tuotantoratkaisu, jotta voidaan tulevaisuudessa parantaa kilpailukykyä ja alentaa kustannuksia.

Aikatauluvertailulla selvitetään, saadaanko eri rakennetyypeillä aikaan ajallisia säästöjä, jotka kuitenkin vaikuttavat lopulta kustannuksiin.

Vertailulaskelmilla pyritään löytämään hankkeen saannin ja toteutuksen kannalta paras työmenetelmä. Vaihtoehtoinen rakennusmenetelmä voi myös olla kustannustehokkaampi ja se voi parantaa lopputuotteen laatua ja lyhentää hankkeen kestoa.

Yhteenvedona todetaan, kumpi rakenteista on edellä mainittujen näkökulmien mielessä teknistaloudellisesti suotuisampi ratkaisu.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä työssä käytetään haastattelujen ja kohteista saatujen tietojen ja toteumien lisäksi rakennusalan kirjallisuutta sekä Lemminkäinen Talo Oy:n projektin dokumenttilähteitä.

### 1.4 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimuksen alussa esitellään työn tilannutta yritystä ja tutkimuksen taustaa ja tavoitetta. Tämän jälkeen kerrotaan yleisesti tuotannonhallinnasta ja sen tehtävistä ja sisällöstä. Teoriaosuudessa kerrotaan molempien laattarakenteiden merkittävimmistä rakenteista ja työvaiheista yleisesti. Työturvallisuusosiossa kerrotaan yleisesti työmaan työturvallisuudesta sekä molempien kortteleiden työturvallisuusriskeistä sekä toteutuksesta.

Käytännön osuudessa kerätään kaikki toteutuneet ja saatavilla olevat tiedot rakenteiden kokonaiskustannuksista ja verrataan niitä keskenään. Vertailun lopputulos esitetään prosenttilukuna. Myös työvaiheiden kestot kerätään vanhoista yleisaikatauluista ja viikkoaikatauluista. Töiden kokonaiskestot esitetään työvuoroittain yhteenlaskettuna ja summaksi saadaan kokonaiskesto. Tämän jälkeen tehdään toteutusvertailu rakenteiden kesken ja etsitään molemmista sekä hyviä, että huonoja puolia. Lopputuloksena saadaan vertailu ja pohdinta, kumpi rakenteista on teknistaloudellisesti parempi.

## 2 Käsitteitä ja määritelmiä

### 2.1 Lemminkäinen Talo Oy

Lemminkäinen Talo Oy on eräs Suomen suurimmista ja kokeneimmista talonrakentajista. Yhtiöllä on kokemus laadukkaasta talonrakentamisesta noin sadan vuoden ajalta eri puolilla Suomea.

Talonrakentamisen palveluihin kuuluvat asuntorakentaminen, liike- ja toimistorakentaminen, teollisuus- ja logistiikkarakentaminen sekä korjausrakentaminen. Lisäksi yhtiön toimenkuvaan kuuluu myös kiinteistöjohtamisen palveluja.

Tärkeimpiä asiakkaita ovat asunnon ostajat, asunto- ja kiinteistösijoittajat, rakennuttajat sekä toimitilavuokraajat ja omistajakäyttäjät. [1.]

Talonrakentamisen avainluvut vuonna 2012 olivat seuraavat:

- Liikevaihto 682,4 milj. euroa
- Liikevoitto 19,6 milj. euroa
- Henkilöstöä keskimäärin 1 425. [1.]

### 2.2 Rakennuskohteet

Lemminkäinen ja Etera voittivat Senaatti-kiinteistöjen järjestämässä tontinluovutuskilpailuissa Töölönlahden kortteleista kolmen kiinteistön tontit. Tämän myötä yksi maan suurimmista rakennushankkeista Helsingin keskustassa sai alkunsa. Sijainti Töölönlahden kansallismaisemassa useiden arvorakennusten läheisyydessä asettaa tavanomaista suurempia arkkitehtonisia vaatimuksia rakentamiselle (kuva 1.)

Töölönlahden korttelit ovat kaikki erillisiä, niin sanottuja KVR-urakoita, joissa rakentajalla on urakasta kokonaisvastuu. Lyhenne KVR muodostuu sanoista Kokonaisvastuurakentaminen. KVR-urakassa rakentaja huolehtii rakennuskohteen toteuttamisesta, suunnittelusta ja hankkeen kokonaiskoordinoinnista.





Kuva 1. Kohteiden sijainnit [1]



Kuva 2. Alvar Aallon kadun ylitykset [2]

### 3 Tuotannonhallinnan tehtävät ja sisältö

Solmitussa urakkasopimuksessa rakennushankkeen toteuttamisella asetetaan taloudellisia ja ajallisia tavoitteita sekä laadullisia vaatimuksia. Tuotannonhallinnan tehtävänä on varmistaa, että hanke toteutetaan asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti sekä hyvää rakennustapaa noudattaen.

Tuotannonhallinnan tarkoituksena on

- suunnitella keinot, joilla pystytään saavuttamaan asetetut tavoitteet ja vaatimukset
- käyttää tuotannollisia tekijöitä, eli työtä, materiaaleja ja koneita mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti.
- estää ennalta poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta
- poikkeamien ilmetessä palauttaa tuotanto suunnitelman mukaiseksi.

Tuotannonhallinta koostuu tuotannon suunnittelusta, valvonnasta ja ohjauksesta. Periaatteena on, että jos asiaa ei voi valvoa, sitä ei myöskään kannata ohjata, ja jos asiaa ei voi ohjata, sitä ei kannata suunnitella. Tuotannonhallinta perustuu tuotantoa palveleviin suunnitelmiin ja siihen, että hankkeen toteutuksen aikana ollaan jatkuvasti selvillä, missä edetään suhteessa suunnitelmiin ja tavoitteisiin kaikkien laadittujensuunnitelmien osalta. [3, s. 7.]

Työn suunnittelu on keskeinen osa tuotannonhallintaprosessia. Sen tehtävänä on karottaa, mitä voidaan ja mitä pyritään tekemään tulevaisuudessa, yksilöidä annetuissa rajoissa, mitä halutaan tehdä, ja osoittaa, miten tällöin on toimittava. Suunnittelun avulla valmistellaan tulevat päätökset. Ohjauksen näkökulman ja valvonnan tarpeiden tulee korostua tuotannonsuunnittelussa, joten suunnitelmien toteutuskelpoisuus on aina varmistettava. [3, s. 7.]

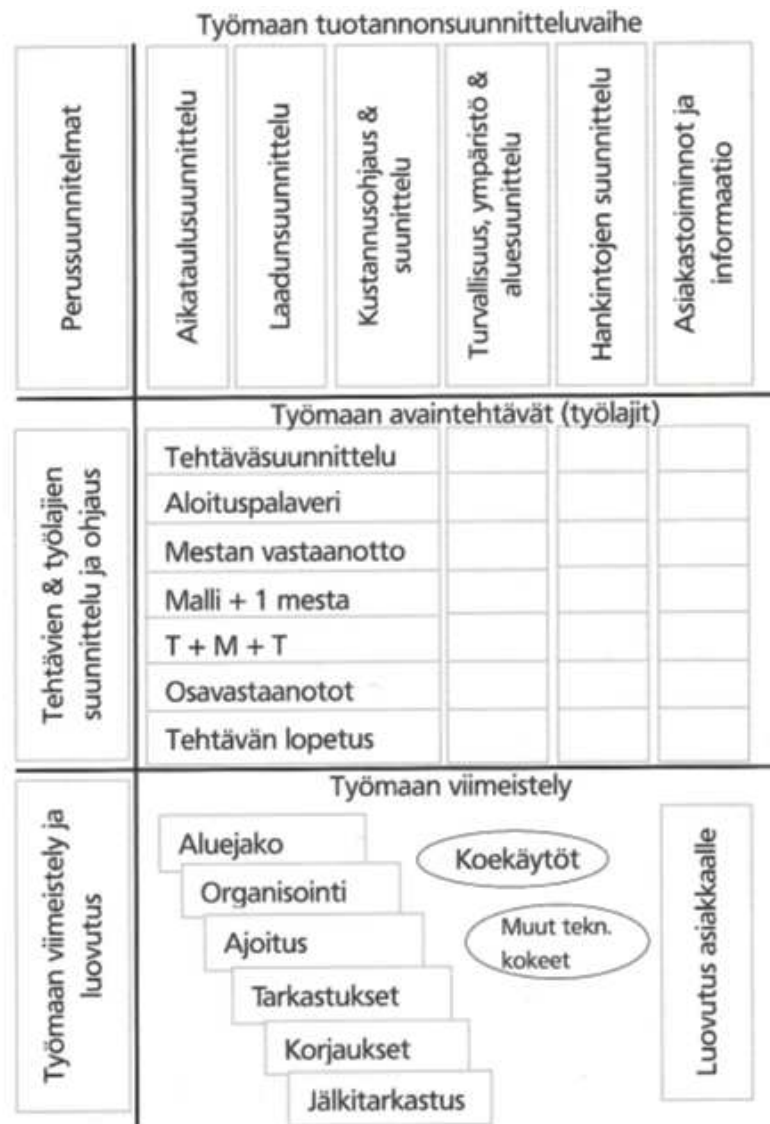
Valvonta on jatkuvaa toimintaa, jonka tehtävänä on hankkia tietoa toteutuneesta tuotannosta, verrata toteutunutta suunnitelmaan sekä raportoida tehdyt havainnot työmaan johdolle ohjaustoimenpiteitä varten. Valvonnan kohteena ovat asiat, joihin voidaan vaikuttaa.

Ohjauksella estetään poikkeamien synty tai palautetaan tuotanto suunnitelman mukaiseksi. Ohjaus on luonteeltaan ennakoivaa tai korjaavaa.

Suunnittelu, valvonta ja ohjaus muodostavat siten ketjun. Hyvätkään suunnitelmat eivät takaa vaatimusten mukaista lopputulosta, ellei laadittujen suunnitelmien toimeenpanosta, valvonnasta ja työnaikaisesta ohjauksesta huolehdita. [3, s. 7.]

Urakoitsijan näkökulmasta rakennushankkeen ensisijainen tavoite on taloudellisen tavoitteen saavuttaminen kustannusarvion mukaisesti. Hankkeen toteutusorganisaatiolle taloudelliset tavoitteet asetetaan hanketta varten laaditussa tavoitearviossa. Kustannukset aiheutuvat panosten hankkimisesta ja käytöstä, joten tavoitearvio toteutuu suunnittelemalla, hankkimalla panokset suunniteltuun hintaan ja ohjaamalla panosten käyttöä. Tämä edellyttää tuotannon yleisaikataulun laadintaa. Aikataulun toteutuminen edellyttää, että panokset hankitaan ajoissa. Tämä varmistetaan hankintasuunnitelman avulla. Hankintatapahtumat suunnitellaan siten, että hankinnat tapahtuvat oikeaan aikaan, oikean laatuina ja oikean sisältöisinä. Laatuvaatimusten toteutuminen varmistetaan laatusuunnitelman ja laadunvarmistussuunnitelman avulla. Lisäksi hankkeen tuotannonhallintaan liittyy työturvallisuuden varmistaminen sekä työmaateknisen kaluston käytön suunnittelu.[3, s. 9.]

Tuotannon suunnittelusta, valvonnasta ja ohjauksesta muodostuu rakennustyömaan tuotannonhallinnan kokonaisuus, joka voidaan jakaa perussuunnitelmiin, tehtävien suunnitteluun ja ohjaukseen sekä työmaan viimeistelyyn ja luovutukseen (kuva 3). Koko hanketta koskeva perussuunnittelu koskee aikataulusuunnittelua, laadunvarmistuksen suunnittelua, kustannushallintaa, työturvallisuus- ja ympäristöasioiden hallintaa, työmaa-aikaista täydentävän suunnittelun ohjausta, hankintojen suunnittelua sekä asiakastoimintoja ja informaatiota. Tehtävien yksityiskohtainen toteutussuunnittelu tehdään perussuunnitelmien perusteella. Tehtäviin liittyviä suunnitelmia ovat muun muassa tehtäväsuunnitelmat ja laadunvarmistustoimenpiteiden suunnittelu. [3, s. 9.]



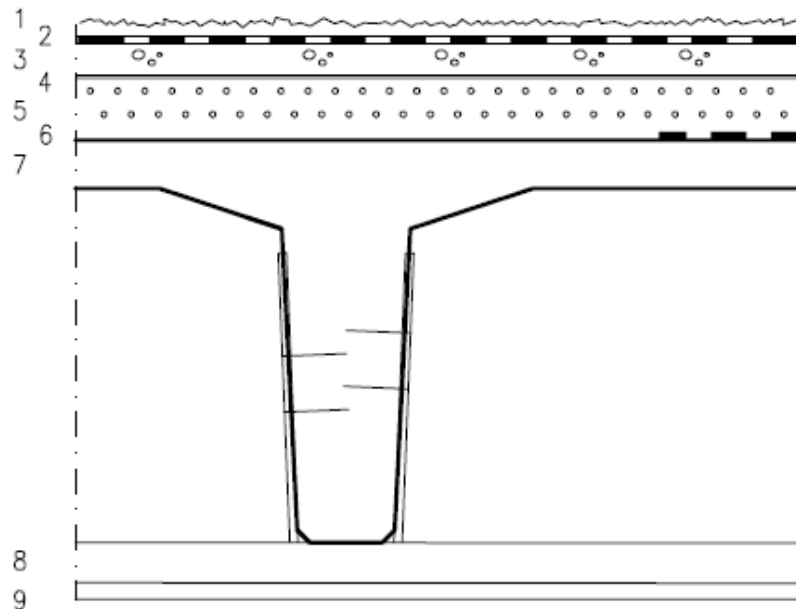
Kuva 3. Työmaan tuotannon suunnittelu ja ohjaus [3]

## 4 Kohteiden esittely

### 4.1 Kortteli 2017, Koy Alvar Aallon katu 3 (Alma Media)

Korttelin 2017 rakennuspaikka sijoittuu Töölönlahdelle, Kluuvin kaupunginosaan, kortteliin 2017. Tontille rakennetaan toimistoja ja asuintalo, joka on 5-kerroksinen, ja siinä on yksi maanalainen kerros. Rakennuksen toimisto-osuus sijoittuu korttelin radan puoleiseen osaan. Asunnot sijaitsevat rakennuksen Töölönlahden puoleisissa siivissä. Asuinosa ja toimistotalon välissä, taloja yhdistävän osan kellarikerroksen päällä, kulkee Alvar Aallon katu. Rakennuksen runkona ovat teräsliittopilarit ja teräspalkit, välipohjat ovat ontelolaattoja ja jäykistävät seinät betonielementtejä. Julkisivut verhoetaan betonielementeillä, joiden pinta rapataan tai luonnonkiviverhoillaan sekä julkisivulaseilla. Bruttoala on n. 19 984 m<sup>2</sup>. [4]

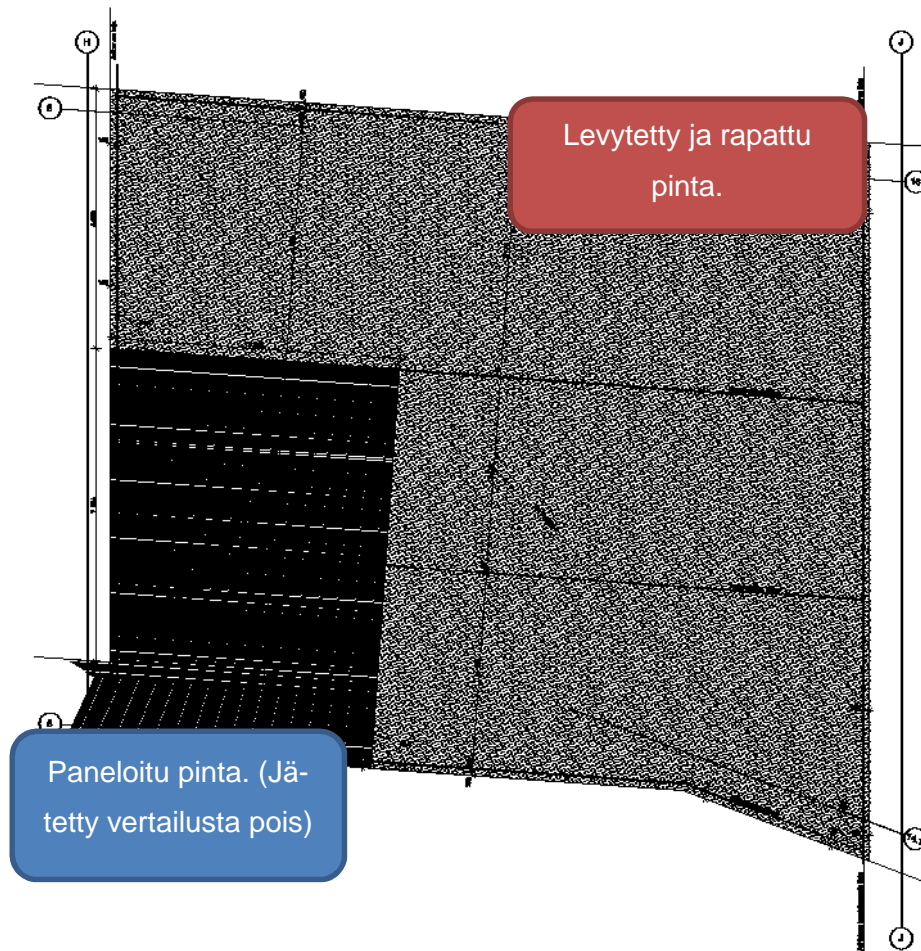
Kadunylityslaatta on toteutettu elementtirakenteisena. Pitkän jännevälin takia oli päädytty TT-laattarakenteeseen. Laatan nimitys johtuu elementin poikkileikkauksen muodosta, koska se koostuu kannesta ja kahdesta laipasta muodostaen kirjaimet TT. Laatan päälle on tehty tasausvalu ja katon vedeneristys. Alapintaan on asennettu ruostumattomasta teräksestä valmistettu erillisrunko, johon rappauslevyt voidaan kiinnittää.



Kuva 4. Alkuperäinen leikkauskuva rakenteesta [5]



Kuvassa 4 on esitetty rakenneleikkauskuva yläpohjarakenteesta. Se koostuu ylhäältä alaspäin järjestyksessä seuraavista: pintakermi, vedeneristys kumibitumikermi, tasausbetoni, suodatinkangas, kevytsora, laattasaumojen kohdalla kumibitumikermi, TT-laatta, teräsranat, rappauslevyt ja pinnoitus.



Kuva 5. Alvar Aallon kadun katoksen alakattokaavio n. 260 m<sup>2</sup>, lohko T2 [5]

Kadunylityslaatan työsuoritus tehtiin periaatteessa kahdessa osassa. TT-laatat asennettiin muun rungon yhteydessä alkukevästä 2012 ja teräsrungot, räystäät sekä levytys ja pinnoitus suoritettiin vasta syksyllä 2012. Tämä aiheutui mm. suunnitelmapuutteista, joita ilmeni teräsrungon kannatusten ja kestävyiden osalta.

## 4.2 Työvaiheet

### TT-laatta

TT-laatta on esijännitetyin terästyksin varustettu pitkien jännevälien betonielementti. TT-laatan pienen oman painon ansiosta laatalta päästään jopa 30 metrin jänneväleihin. Sitä käytetään varasto-, teollisuus- ja liikerakennusten väli- ja yläpohjarakenteissa. Esijännityksellä tarkoitetaan elementtiin asennettavien jänneterästen jännittämistä ennen betonointia. Esijännitys kasvattaa laattaelementin taivutusmomenttikapasiteettia mahdollistaen pidemmän jännevälin, halkeilemattomuuden ja pienemmät taipumat. [6, s. 12.]

### TT- laattaelementtien asennus

TT-laatat asennetaan suoraan ajoneuvosta. Asennettavat laatat ovat n. 19 metriä pitkiä ja niiden massa on 21 000 kg kappaleelta, joten ne asettavat erityisvaatimuksia kuljetus- ja nostokalustolle. Kuljetuslavetin pituus on tavanomaista pidempi laattojen pitkän rakenteen takia, ja nosturin oltava riittävän iso normaalia raskaampien laattojen nostamiseen ja asentamiseen (kuva 6).

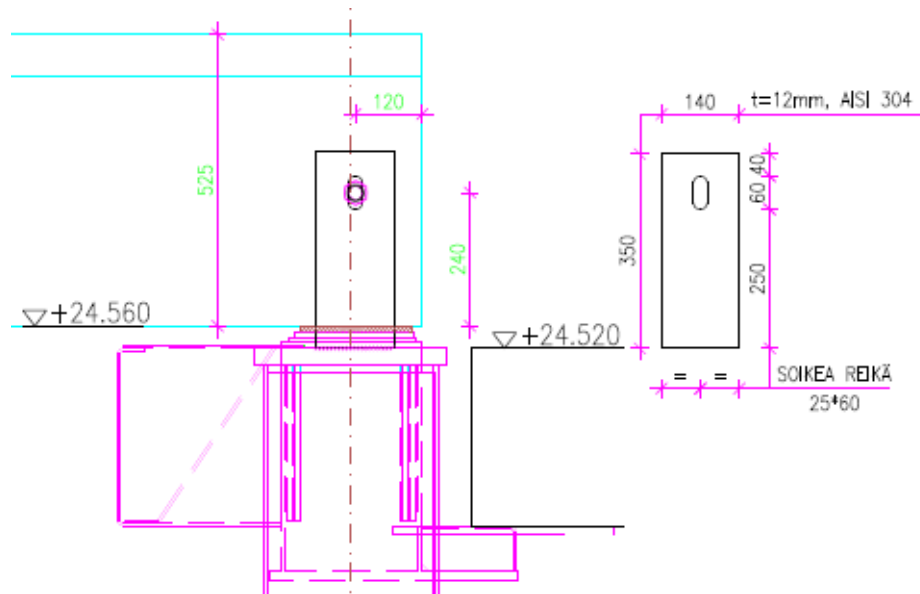
Kuljetusajoneuvon lavalla työskentelee autonkuljettajan lisäksi yksi henkilö, joka kiinnittää nostoraksit laatasta valmiina oleviin kiinnityslenkkeihin. TT-laatta nostetaan, kuten muutkin elementit, vapaan sektorin kautta asennuskohteeseen. Vapaa sektori on elementtien varastointipaikan tai ajoneuvon (jos asennus suoraan ajoneuvosta) ja asennuspaikan välinen nostoalue, jonka alapuolella tai lähiympäristössä ei saa työskennellä tai kulkea. Sektorin säde ja suuruus pyritään tekemään mahdollisimman pieneksi, jotta asennus on nopeaa eikä ympäröiville työvaiheille aiheudu ylimääräistä haittaa. Asennuspaikalla kahden henkilön työryhmä ohjaa elementin asennuskaavion mukaiseen paikkaan. [6, s. 136.]



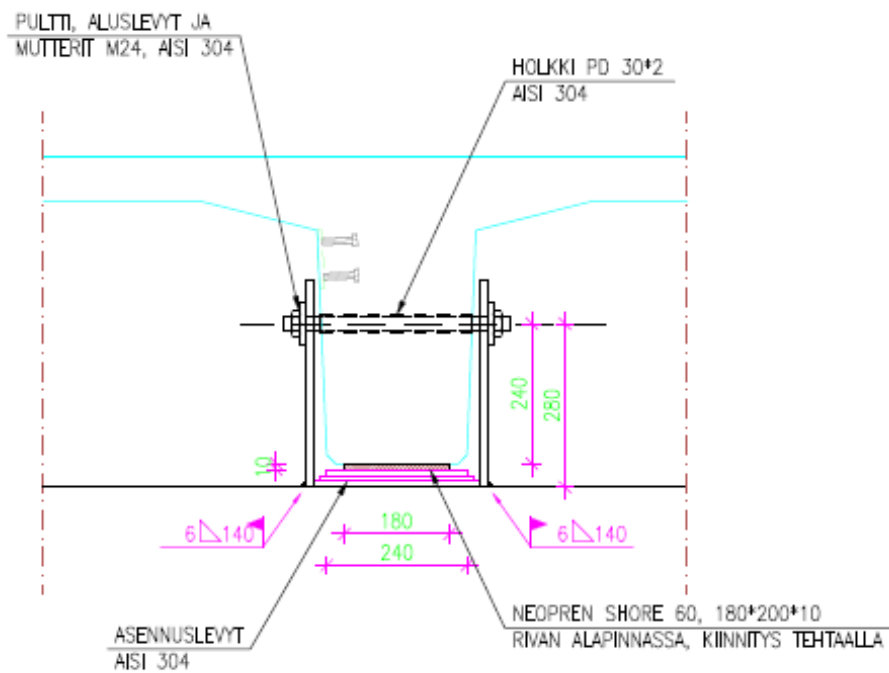


Kuva 6. TT-laattaelementin kuljetus- ja nostokalusto. [2]

Ensimmäinen elementti asennetaan mahdollisimman tarkasti, jotta laataston asennus sujuisi asennussuunnitelman mukaisesti. Kun elementti on n. 20 cm:n päässä asennuskohdasta, irrotetaan varmuusketjut ja heitetään ne elementin päälle, jos tällaiset ovat käytössä. Tässä tapauksessa ei varmuusketjuja käytetty, joten elementti ohjattiin suoraan lopulliselle paikalleen, jonka jälkeen nostoraksit irrotettiin nostolenkeistä. Asennuspaikan sekä nostosektorin alapuolella ei saa työskennellä asennuksen aikana. [6, s. 136.]



Kuva 7. TT-laatan liittyminen WQ-palkkiin. Toimisto-osa. [5]



Kuva 8. TT-laatan liittyminen WQ-palkkiin. Toimisto-osa. [5]

TT-laatat asennetaan kuten muutkin laattaelementit. Ennen asennusta palkkielementtien päälle asennetaan neopreenikumikaistat ja tarpeen vaatiessa teräksiset asennuspalat. Laatta ohjataan paikoilleen ja siirretään rautakangen avulla tarkasti oikealle paikalleen. TT-laatta on painava elementti, ja siksi se on saatava jo asennusvaiheessa oikealle kohdalleen. TT-laatasta ei kiinnitetä juotosvaluin muuhun rakenteeseen vaan se kiinnitetään ripojen läpi asennettavilla holkkipulteilla WQ-palkin päälle hitsattuihin lattateräksiin (kuvat 7 ja 8) [6, s. 140.]



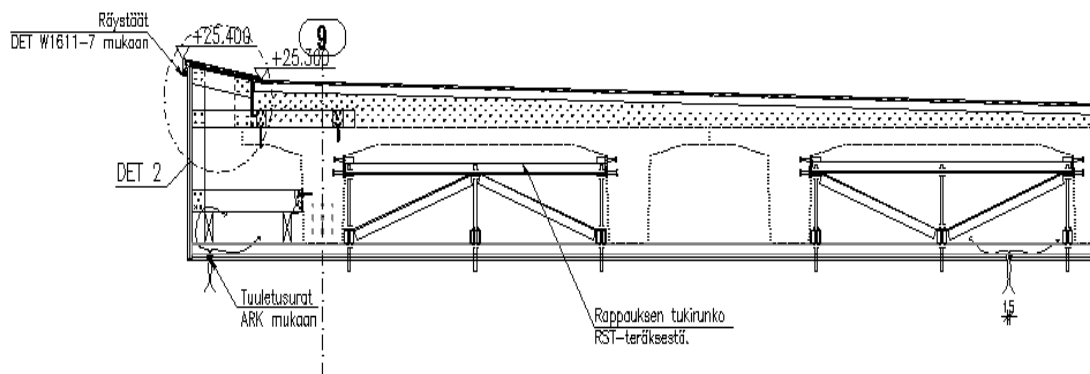
Kuva 9. TT-laattojen asennus käynnissä T2-lohkolla. [2]

Elementtiasennuksessa työturvallisuus on tärkeää ja huomiota on kiinnitettävä mm. seuraaviin asioihin:

- Työntekijöiden putoamissuojaus on varmistettu henkilökohtaisilla suojaimilla (valjaat) tai nostokalustolla.
- Nostokalusto on työhön sopiva sekä toimiva ja tarkastettu.
- Nostoapulaitteet ovat asianmukaiset, työhön sopivat sekä ehjät.
- Asennustyö on ergonomista.
- Kuljetuskalusto on elementin ominaisuuksista riippuen riittävän kokoinen ja tehoinen.
- Varastointi (tarvittaessa) on toteutettu lähelle asennuspaikkaa, tukevalle maaperälle tuettuna sekä logistiikkaa häiritsemättä. [6, s. 143 -147.]

### Teräsrungon asennus

Teräsrungon tarkoituksena on toimia rappauslevyjen kiinnitysalustana sekä muodostaa riittävä tuuletusväli levyjen sekä TT-laattaholvin väliin. Runko on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, jolloin se kestää paremmin ilmaston rasituksia säilyttäen kuitenkin kantavuutensa ennallaan. Ruostumaton teräs eli RST on terästä, jonka korroosion kestävyyttä on parannettu metalliin lisättävillä eri seosaineilla, kuten kromilla ja nikkelillä. Yhteenlaskettu kokonaispaino rungon kannakkeilla ja hattuersilla on yhteensä n. 5 000 kg/laatta (kuva 10).



Kuva 10. Leikkauskuva teräsrungon kannatuksesta. [5]

Rungon kannakkeet on kiinnitetty TT-laatoissa oleviin varauksiin hitsaamalla (kuva 11). Runko muodostuu vertikaali- ja diagonaalikannattimista, kierretangoista sekä hattuoista. Liitokset on toteutettu hitsaamalla sekä pulttiliitoksia (kuva 12).



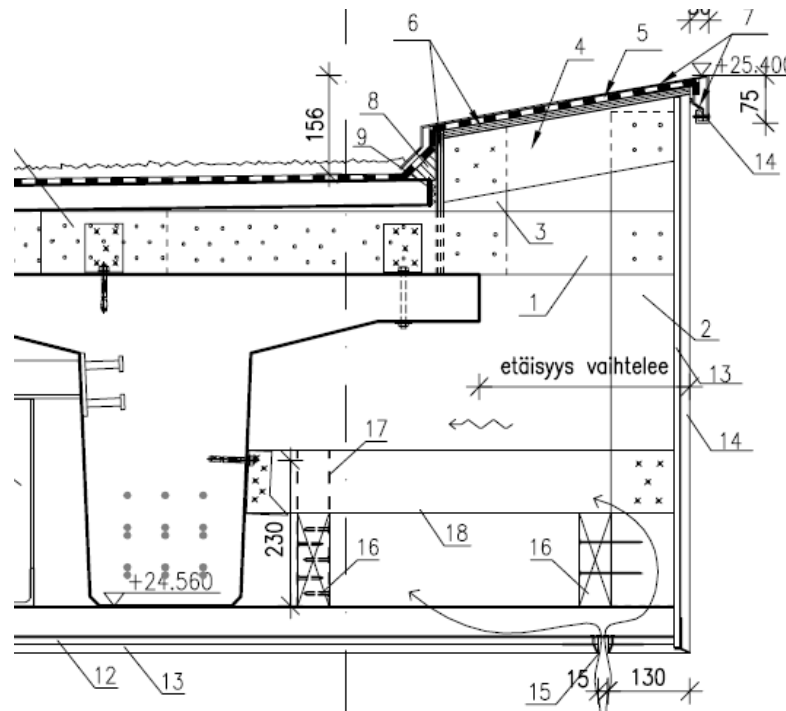
Kuva 11. TT- laatan ripan kylkeen hitsattu teräsrungon kannake. [2]



Kuva 12. Kannakkeisiin kiinnitetty teräsrunko. [2]



Räystäsrakenne on tehty kokonaan 50x100 mm:n kestopuusta. Kulmarautojen ja palkkikannakkeiden kiinnitys tehtiin RST-kiila-ankkureilla suoraan TT-laattaan (kuva 13). Räystäiden teko oli enemmänkin timpurityötä, joten sen sisällyttäminen johonkin laajempaan urakkakokonaisuuteen olisi ollut hankalaa. Lopulta työ suoritettiin omien rakennusammattimiesten tekemänä tuntitöinä.



Kuva 13. Vesikattodetalji, räystäas TT-laatan osalta. [5]

Rappauslevyjen asennus sekä rappaus

Yleiskuvaus

Tuulettuvat levyrappaukset tehdään rappausalustana toimivan levyn päälle. Levyn tulee olla hyvin säänkestävä ja sen kosteus- sekä lämpötilamuodonmuutosten tulee olla tarpeeksi pienet. Levyjen taustalle järjestetään yhtenäinen tuuletusrako, jolloin rappausjärjestelmää voidaan käyttää myös kevyiden rankarakenteisten seinien julkisivu-

verhoiluna. Ulkoseinärakenteen lämmöneristys ja ilmatiiveys kuuluvat tavanomaisen rakennesuunnittelun piiriin, eikä niitä käsitellä tässä yhteydessä.

Rapattaviin levyjärjestelmiin kuuluvat yleensä levyt, niiden kiinnikkeet sekä levyn saumojen käsittelyratkaisu. Levyjen päälle tehtävä varsinainen ohutrappaus voidaan joissakin tapauksissa valita myös muiden kuin levytoimittajan järjestelmistä.

Tyypillisiä levyrappauksen käyttökohteita ovat pien-, kerros- ja toimistotalojen rankarakenteiset ulkoseinät sekä julkisivuja peittävä korjaaminen. Levyrakenteilla on mahdollista tehdä myös kaarevia muotoja levyjen taivutusominaisuuksien mukaan.[7, s. 153.]



Kuva 14. Rappauslevyjen teräsrunkoinen kiinnitysalusta [2]

Rappausalustana käytettävät levyt ovat tyypillisesti joko lasipohjaisia, kalsiumsilikaattipohjaisia, kevytsora- tai kuitusementtilevyjä. Niiden käsittelyssä on vältettävä materiaalin kolhiintumista ja likaantumista. Isokokoisia levyjä kuljetettaessa on varottava levyjen

taipumista ja vaurioitumista. Levyt nostetaan pystyasennossa niin, että ne eivät kastuisi keskiosistaan.[7, s. 160.]

Levyjä voidaan työstää myös työmaaolosuhteissa. Työstössä on noudatettava valmistajan ohjeita. Työstämisen aikana on kiinnitettävä huomiota siihen, että levyjen vahvi-  
kepinta ei repeä levyjä työstettäessä.[7, s. 160.]

### Levyjen asennus

Käytetty rappauslevytyyppi on tuotenimikkeeltään ja kooltaan Weber BluClad-julkisivulevy 10x1200x2400 mm. Levyt kiinnitettiin teräsrunгон hattuorsiin ruuvein k300-jaolla. Työsuorituksen kesto hieman raskas kohtisuoraan ylöspäin työskentely. Lisäksi levyjen kiinnittämiseen käytetyt ruuvit olivat hitaita porautumaan teräsrunkoon, joten riittävän kovia porakärkisiä ruuveja oli aluksi hankala löytää. Ongelmana esiintyi myös laattarakenteen räystäiden otsien levytys. Levyrakenteet piti asentaa koko sivun pituudelta hieman ylöspäin kaarevaksi, jotta rakenteen keskelle tulevat, mahdolliset painumat olisi saatu häivytettyä. Ts. siis jos rakenne painuu keskeltä, se ei näyttäisi olevan notkolla. Saumat ja liittymäkohdat kitattiin elastisella säänkestävällä saumamassalla.

Rappauslevyjen ohessa noin kolmasosa rakenteesta verhoiltiin komposiittipaneelilla, joka myös kiinnitettiin suoraan teräsrunkoon muun levyverhoilun rinnalle. Tämä materiaalikustannus oli kuitenkin Lemminkäinen Talo Oy:n asuntorakennusyksikön maksettava, joten tästä vertailusta se on jätetty pois.

### Pintakäsittely

Pinnoite levitetään ruiskuttamalla tai teräslastalla halutusta ulkonäöstä ja rappausjärjestelmästä riippuen. Pintastruktuuri voi olla joko roiskepintainen, hierretty pinta tai lisäksi hierron jälkeen maalattu pinta.

Tässä rakenteessa tehty hierrettävä pinta tehdään hiertämällä tuore pintalaasti leikkavalla muovihierkimellä. Lopulliseen pintastruktuuriin vaikuttavat käytetyn laastin kiviaineksen koko sekä hiertotyö. [7, s. 54.]



## Julkisivurappauksen huolto- ja kunnossapito-ohje

Rappauksen kulumista ja uudelleen pinnoitusta ei tarvitse arvioida vuosittain, sillä rappaus on pitkäikäinen ja kestää vuosikymmeniä ilman uudelleenpinnoitusta tai merkittäviä huoltotoimenpiteitä. Ensimmäiset uusintapinnoitukset tulevat yleensä ajankohdaiseksi vasta vuosikymmenien päästä, ja tällöin syynä voi olla vain tarve kirkastaa vanhaa, patinoitunutta väripintaa, tai halu vaihtaa talolle kokonaan uusi värisävy tai pinnan struktuuri.

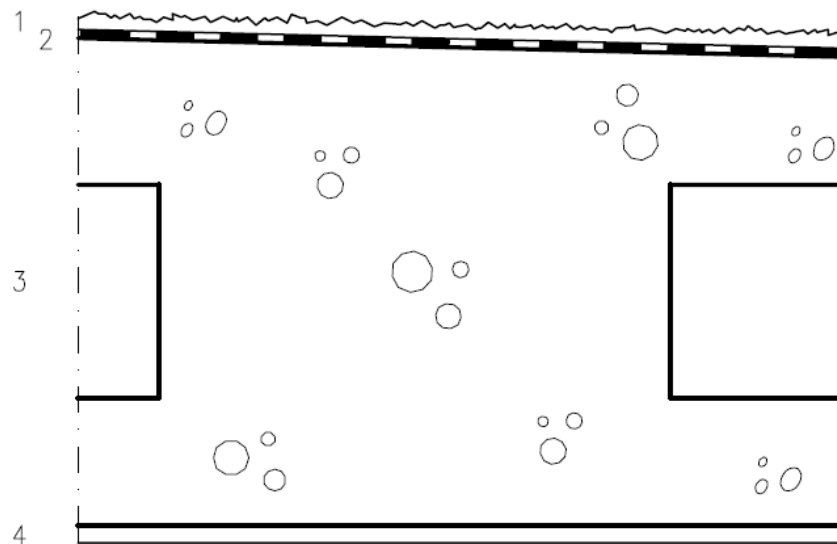
Rakennusten julkisivut altistuvat useanlaiselle ulkoiselle rasitukselle, kuten ilman epäpuhtauksille, sadeveden tuomalle kosteudelle, talviaikaiselle jäätymiselle sekä mekaanisille vaurioille. Julkisivujen pitkäikäisyyden varmistamiseksi rappauspintoja ja rappauksiin liittyviä rakenteita täytyy aika-ajoin tarkkailla. Näin rakenteissa tai ympäristössä tapahtuneet muutokset tulevat huomatuiksi ja vältytään turhilta vaurioilta. Tarkkailu on hyvä suorittaa keväisin, kun lumet sulavat ja vesi juoksee katolta ja ulokkeilta.

Kun julkisivun ympäristössä tapahtuu muutoksia tai kun vuodeaika vaihtuu talvesta kevääseen, on hyvä tarkkailla olosuhteiden vaikutusta julkisivurakenteisiin. [7, s. 175.]

#### 4.3 Kortteli 2018 Koy Aallon Huippu (Ernst & Young)

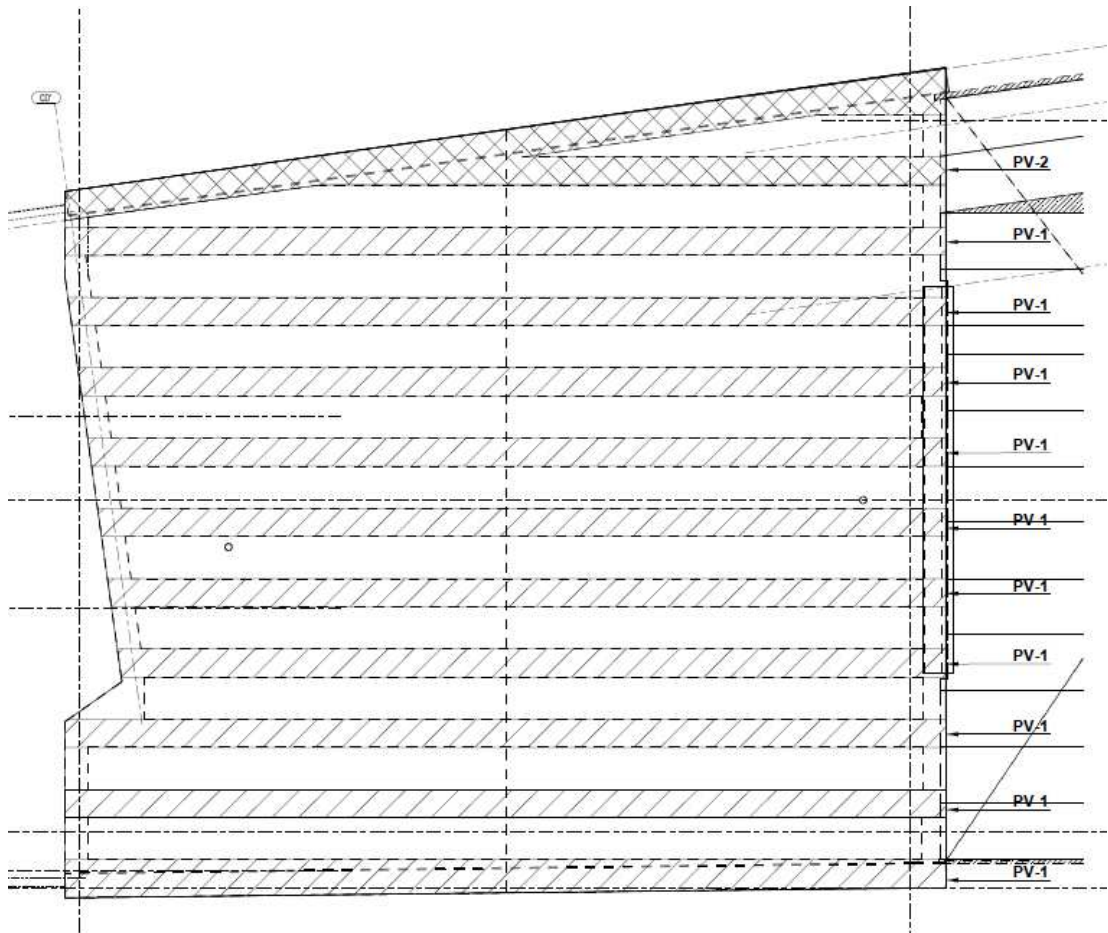
Lemminkäinen Talo Oy rakentaa toimistorakennuksen (Kiinteistö Oy Aallon Huippu) Helsinkiin, Kluuvin korttelissa 2018 sijaitsevalle tontille 3, osoitteeseen Alvar Aallon katu 5 (kuva 1). Rakennuksen kerrosluku on 5 ja tontin rakennusoikeus on 14 400 kem<sup>2</sup>. [8]

Kadunylityslaatta on toteutettu paikallavalettuna ja jälkijännitettynä teräsbetonirakenteena. Työvaihe käsittää laatan muotin tuennan, muottityön, raudoituksen asennuksen, betonivalutyöt, jälkijännityksen sekä lopullisen pinnoituksen.



Kuva 15. Leikkauskuva rakenteesta. [5]

Kuvassa 15 on esitetty rakenteen leikkauskuva, joka koostuu alhaalta ylöspäin järjestyksessä seuraavista: pintakäsittely, kantava teräsbetonilaatta, vedeneristys kumibitu-mikermillä, pintakermi.



Kuva 16. Alvar Aallon kadun ylityksen jälkijännitetty teräsbetoni-laatta. [5]

### Betonirakenteet

Teräsbetonirakenteissa kantavat betoniteräkset ottavat rakenteeseen kohdistuvan vectorasituksen ja betoni kantaa puristusrasituksen. Teräsbetonirakenteille on ominaista suuri omapaino, jonka takia niillä on mm. hyvät lujuus-, jäykkyys-, palonkestävyys- ja ääneneristysominaisuudet. Muita teräsbetonin hyviä ominaisuuksia ovat

- joustavat suunnittelu- ja valmistusteknilliset ominaisuudet
- monipuolinen muotoiltavuus
- korkea kotimaisuusaste
- valmistuksen energiantarve käyttökään nähden sekä toimiminen käytön aikana hiilinieluna
- mahdollisuus materiaalin uusiokäyttöön.[9, s. 208.]

## Betonityönjohtaja

Rakennustyömaalla betonityön suoritusta johtaa betonityönjohtaja, jonka on oltava työpaikalla koko betonoinnin ajan. Betonityönjohtajalla tulee olla rakenneluokan mukainen pätevyys. Jälkijännitetyt rakenteet vaativat aina 1-luokan betonityönjohtajan.

2-luokan työssä betonityönjohtajan tulee olla vähintään rakennusmestari ja hänen tulee olla perehtynyt betonin teknologiaan ja betonitöiden suoritukseen.

1-luokan betonityönjohtajan pätevyyden myöntää käytännössä Suomessa FISE Oy, joka esittää kotisivuillaan pätevyyden edellyttämät vaatimukset. Yleisesti ottaen myöntämisperusteena on riittävä rakennusalan koulutus, käytännön työkokemus ja rakennusalan organisaatioiden järjestämä täydennyskoulutus.[9, s. 209.]

## 4.4 Työvaiheet

### Muottijärjestelmät

Muottijärjestelmät voidaan jakaa kolmeen tyyppiin. Niitä ovat pystyrakenteiden muotit, vaakarakenteiden muotit ja erityismuotit. Pystyrakenteiden muoteilla tehdään esim. seinät ja pilarit. Vaakarakenteiden muoteilla tehdään esimerkiksi holvit ja sillan kannet. Erityismuotteja käytetään sekä pysty- että vaakarakenteissa ko. muottitekniikan edellyttämällä tavalla.[9, s.215]

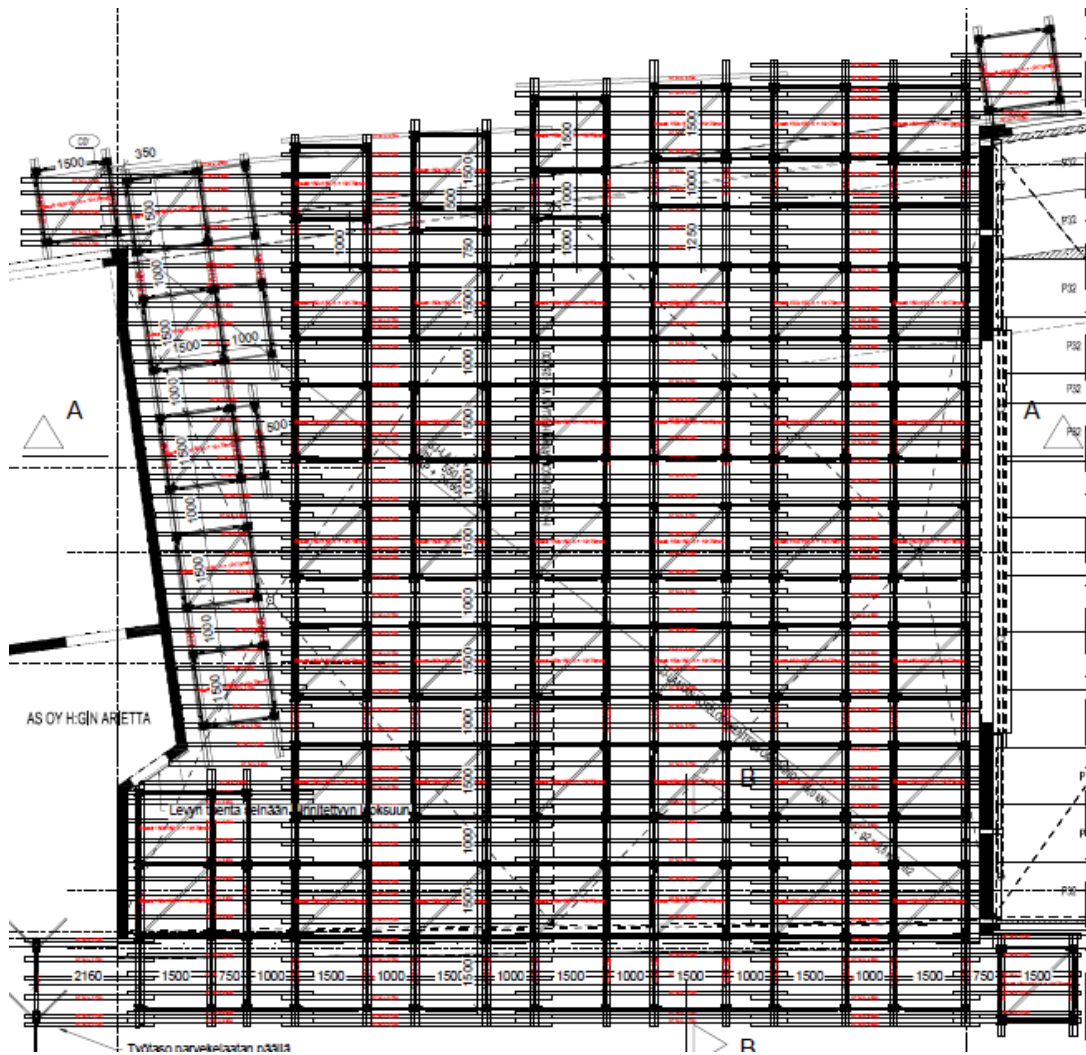
### Vakiopalkki- ja muottilevyjärjestelmä

Vakiopalkki- ja muottilevyjärjestelmä muodostuu pystytukiin ja tukitorneihin kiinnitettävistä pudotuspäistä sekä näiden päälle asennettavista vakiopalkeista, jotka ovat puuristikkoita, vaneriumaisia puupalkkeja tai alumiinipalkkeja. Vakiopuupalkkeihin kuuluu lisävarustuksena palkkituet, joilla normaalikokoisten palkkien laudoitus ja erityisesti purku käy nopeasti ja materiaalia säästävästi. (Kuva 17)

Järjestelmä soveltuu monimuotoisiin, pienehköihin holveihin, joissa on vain muutamia käyttökertoja. Muottijärjestelmä on työvoimavaltainen. [9, s. 216.]



Kuva 17. Tukitornit ja muotti [2]



Kuva 18. Ote tuentasuunnitelmasta. Tuennan pinta-ala n. 350 m<sup>2</sup> ja kokonaispaino n. 81 tn. [2]

## Raudoitus

Teräsbetonirakenteella tarkoitetaan määritelmän mukaan rakennetta, joka on suunniteltu niin, että betoni ja rauditus toimiessaan yhdessä kantavat rakenteeseen kohdistuvat rasitukset.

Betonin heikko vetolujuus edellyttää vetokapasiteetin vahvistamista raudoituksella. Tällöin käytetään rakenteesta nimitystä teräsbetonirakenne. Vain harvoin betonirakenne toteutetaan raudittamattomana. Viimeksi mainittu edellyttää täysin puristusrasitettua rakennetta.[9, s. 275.]

Teoriassa raudoittamattomana betonirakenteena voitaisiin toteuttaa rakennusten yksinomaan puristetut seinärakenteet, eräät perustukset sekä massiiviset rakenteet. Käytännössä näihinkin rakenteisiin määritellään aina vähintään standardin SFS-EN 1992-1-1 mukainen vähimmäisraudoitus. Edellä mainittu standardi antaa myös mahdollisuuden ja ohjeet toteuttaa rakenteen tietyillä ehdoilla raudoittamattomana.

Raudoitetuilla teräsbetonirakenteilla on kaksi periaatteeltaan erilaista pääkäyttökohdetta, jotka ovat taivutetut rakenteet ja puristetut rakenteet

Laatan toimiva pituussuuntainen raudoitus on sijoitettu vetopuolelle vastaavasti, kuten palkissakin. Taivutusmomentista tulevat vetorasitukset otetaan vastaan päätangoilla, jotka sijaitsevat lähimpinä rakenteen pintaa laatan pääkantosuunnassa. Näin tekemällä maksimoidaan laatan taivutusmomenttikapasiteetti. Näihin nähden kohtisuorassa suunnassa sijaitsevat ns. jakoraudoitteet, joiden määrän on oltava 20 % päätankojen poikkipinta-alasta. Edellä esitetty pätee ns. yhteen suuntaan kantavalle laatalle. Ristiin kantavassa laatasta toimivat molempien pääsuuntien raudoitteet taivutusmomentille. Tämä tilanne syntyy, kun laatta on tuettu useammalta kuin kahdelta reunaltaan. Ristiin kantavassa laatasta voidaan myös määrittää ns. pääkantosuunta ja sijoittaa sen taivutusteräket lähemmäksi pintaa. Talonrakennuksen laatoissa ei yleensä tarvita leikkausraudoitusta. [9, s. 276.]

#### Rakenteen keventäminen

Rakenteen omaa painoa pyritään keventämään laatan sisään asennettavilla eristeillä. Suunnitelmien mukainen XPS 200-eristepaksuus toteutettiin Finnfoam FL200 h. 100 mm:n eristelevyillä, jotka asennettiin kahteen kerrokseen jännepunosten suojaputkien väliin. Kevennysten asentamisessa kiinnitettiin erityistä huomiota eristeiden paikallaan pysymisessä, jotta ne eivät valun aikana liikkuisi. Eristeet tulivat tiiviisti raudoitteiden väliin.





Kuva 19. Laatan raudoitus ja kevennykset [2]

### Betonivalu

Betoni pyritään sijoittamaan muottiin siten, että se pysyy tasalaatuisena, täyttää muotin tasaisena ja halutun paksuisena kerroksena ja että se liittyy saumattomasti muotissa jo ennestään olevaan tuoreeseen betonimassaan. Betonointi suoritetaan normaalisti maksimissaan 0,3–0,5 metrin kerroksina riippuen massan notkeudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista.

Betonimassa tulee sijoittaa suoraan lopulliselle paikalleen. Sen siirtämistä täryttimellä tulee välttää, koska tällöin hienoaines leviää sivuille ja karkea runkoaines jää pääosin paikoilleen eli seurauksena on massan erottuminen. Betonimassa erottuu myös massan iskeytyessä vinoa pintaa tai raudoitusta vasten ja pudotettaessa massa vinosti rintausta kohti. Varsinkin karkean runkoaineen erottuminen ja siitä aiheutuva kivipesien ja onkaloiden muodostuminen on usein virheellisen käsittelyn seurausta. Mm. kevennyksen alapuolen täryttäminen täytyy suorittaa huolellisesti juuri näiden ”rotankolojen” välttämiseksi. [9, s. 317.]



Paksujen kerrosten betonointi aloitetaan tason laidasta, josta edetään kaista kerrallaan suoraviivaisesti toiseen laitaan. Massan vapaa putoamiskorkeus pidetään mahdollisimman pienenä ja se ohjataan edellisen kaistan rintausta vasten. Tiivistys suoritetaan sauvatäryttimien avulla.

Laatan ollessa paksumpi kuin 300–400 mm suoritetaan valu kerroksittain ja uuden kerroksen betonoiminen aloitetaan, kun betonointi on edennyt 5–10 metriä. Rintausten sopiva etäisyys riippuu betonointitehosta ja massan sitoutumisajasta. Tarvittaessa voidaan käyttää hidastettua massaa betonointikerrosten yhteen tiivistettävyyden varmistamiseksi.[9, s. 317.]



Kuva 20. Laatan betonointityöt käynnissä [2]

Betonin lämpötilaa seurattiin valuun asennetuilla lämpötila-antureilla, joita asennettiin valuun 6 kpl. Massan ja kovettuvan rakenteen lämpötilan seurannassa pyritään kontrolloimaan, että rakenteen lämpötila ei nouse yli 50–60 asteen ja sen lämpötilagradientti ei ylitä arvoa 15–20 astetta. Tällä varmistetaan, että rakenteeseen ei sen kovettua tulisi lujuuskatoa. [9, s. 317.]

## Jännitetyt rakenteet

Rakenteiden jännittämisen tarkoituksena saattaa olla

- pidemmän jännevälin aikaan saaminen
- vetojännitysten minimoiminen ja rakenteen halkeilemattomuuden takaaminen
- taipumien pienentäminen

Jännitetty betonirakenne voidaankin määritellä seuraavasti:

Jännitetty betonirakenne on betonirakenne, johon on ennen rakenteen käyttöönottoa jänneraudoituksella aikaansaatu puristava voima edullisen käyttötilanteen jännitys- ja muodonmuutostilan aikaansaamiseksi.

Tarkoituksena on poistaa betonin vaatimattoman vetolujuuden aiheuttamat rajoitukset ja haitat sekä käyttää täysimääräisesti ja taloudellisesti hyväksi sen erinomainen puristuslujuus. Rakenteen vedettyihin kohtiin vedetään niin suuri alkupuristus, että rakenteessa esiintyy kuormitettuna vain puristusjännityksiä tai näiden lisäksi vain ennakolta suunniteltuun määrään rajoitettuja vetojännityksiä.[9, s. 548.]

## Jännemenetelmä

Kyseinen rakenne on toteutettu jälkijännittämällä ns. ankkurijännemenetelmällä. Ankkurijännebetonissa varataan valettavaan betoniin jänteitä varten kanavat suojauputkien avulla. Kun betoni on kovettunut riittävästi, kanaviin pujotetut jänteet jännitetään vetolaitteella, ankkuroidaan ja suojataan rakenteet injekointilaastilla. Jännevoima siirtyy betonin pääteankkureiden välityksellä aiheuttaen merkittävän paikallisen puristuksen ankkurointialueelle. Viimeksi mainitusta syystä ankkurointialueella tarvitaan erillinen rauditus vastaanottamaan ankkurointivoimat ja estämään betonin halkeilu puristusvoimasta.

Ankkurijännemenetelmiä käytetään paljon esim. siltoja rakennettaessa, joko elementistä tai paikalla valettaessa. Jänneteräksset, jänneraudoituksen asentaminen, jännittäminen, lukitseminen, suojaaminen sekä laitteet ja työmenetelmät muodostavat jännemenetelmän. Ankkurijännemenetelmiä on maailmalla kehitetty useita kymmeniä, Suomessa on käytössä alle kymmenen.[9, s. 549.]



Kuva 21. Suojaputki ja jänteet [2]

Ankkurijännebetonin sovellus on tartunnaton jänne, ns. rasvajännemenetelmä. Jänteet on ympäröity säilyvällä rasvakerroksella ja suojattu muoviputkella. Jänteet asennetaan valuun (ilman suojaputkia), jännitetään betonin kovettua ja ankkuroidaan. Rasvakerroksen ansiosta kitka on pieni ja kerros suojaa jänteet korroosiolta.[9, s. 549.]

Jännemenetelmän käyttöseloste sisältää tietoja mm.

- jänteiden poikkileikkausmitoista, teräslaadusta ja jännevoimista
- jänteiden tukemistavoista ja jatkoksista
- suojaputkista
- ankkureiden rakenteista, materiaaleista ja toimintaperiaatteista
- ankkureiden sijoittamisesta ja suojaamisesta
- ankkuroinnin vaatimasta raudoituksesta
- jännittämisestä
- injektoinnista [9, s. 549.]

Rakenteen pesu ja pinnoitus

Muotin purkamisen jälkeen laatan alapintaan jää kova ja kiiltävä sementtiliimakerros, joka puolestaan heikentää pinnoitteen tarttuvuutta rakenteeseen. Pinta pestään paineistetulla vedellä, kunnes pinnan väri muuttuu matakksi ja kaikki sementtiliima on saatu poistettua. Lopullinen pinta tehtiin sementtipohjaisella ruiskutasoitteella ja ruiskumaa- laamalla silkomaalilla.

## 5 Rakennustöiden turvallisuus

### 5.1 Rakennustyön turvallisuuden hallinta

Rakennustyön ja työmaan turvallisuuden hallinta on keskeistä työtapaturmien ja terveyden haittojen ehkäisyssä. Rakennustyön turvallisuuden hallinta koostuu niistä toimenpiteistä, joilla ennakoidaan mahdollisia turvallisuusvaaroja ja pyritään niiden torjuntaan sekä ennakkosuunnittelulla että työmaalla tehtävien tarkastusten, turvallisuusseurannan sekä tapaturmatutkinnan palautteen kautta.

Turvallisuuden hallinta on siis jatkuva prosessi, jonka peruselementit tehdään rakennushankkeen suunnitteluvaiheen aikana. Rakennusvaiheessa sitten käytännössä todennetaan ja hyödynnetään näitä perusteita varsinaisessa turvallisuuden hallinnassa. Keskeiset elementit turvallisuuden hallinnassa ovat

- rakennustöiden turvallisuussuunnittelu
- työhön opastaminen ja perehdyttäminen
- yhteistoiminta työsuojeluasioissa sekä urakoitsijoiden kesken että kunkin työnantajan ja tämän työntekijöiden välillä.

Urakoitsijoiden toiminnan ohjaamisen ja yhteensovittamisen tarve on riippumaton toteutusmuodosta. Kuitenkin muussa kuin pääurakkamuotoisessa toteutuksessa korostuu ohjeiden ja sääntöjen laatiminen ja noudattamisen valvonta. Tämä johtuu itse rakentamiseen osallistuvan, samalla työmaan kokonaisjohtamisesta vastuussa olevan urakoitsijan puuttumisesta. Kun rakennushanke toteutetaan osaurakoina tai muilla sen tyyppisillä toteutusmuodoilla, joissa ei ole pääurakoitsijaa, ei työmaalla ole myöskään sellaista työhön osallista urakoitsijaa, jolla olisi mahdollisuus vaikuttaa muiden urakoitsijoiden toimintaan. Tästä syystä rakennuttajalle tai tämän toimeksiannosta muulle rakennushanketta johtavalle tai valvovalle on asetettu velvollisuus määritellä toimintaa ohjaavat säännöt.[10, s. 32.]

Lemminkäinen Talo Oy noudattaa Lemminkäinen-konsernin yhteisiä työturvallisuusohjeita ja käytäntöjä. Peruseriaatteena on, että työvaiheiden riskitekijät kartoitetaan ennen työsuoritusta ja varaudutaan niihin ennalta.

Edellytyksenä työnteolle täytyy työntekijöiden olla fyysisiltä ominaisuuksiltaan työhön soveltuvia, heillä täytyy olla voimassa oleva työturvallisuuskortti ja ennen työsuoritusta kaikki työntekijät perehdytetään tarkoin kyseiseen työmaahan, sen tapoihin ja käytäntöihin. [10, s. 33.]

## 5.2 Työturvallisuuden toteutus korttelissa 2017

Rakenteen korkea sijainti vaikuttaa kaikkiin työvaiheisiin olennaisesti, joten erityistä huomiota tulee kiinnittää putoamissuojaukseen. Lisäksi elementtiasennukseen sisältyvät isot nostot aiheuttavat osaltaan lisää työturvallisuusriskien määrää.

TT-laattojen asennuksessa on noudatettava elementtiasennussuunnitelmaa ja asentajien on oltava riittävän päteviä työhön. Lisäksi asentajien on käytettävä henkilökohtaista putoamissuojaukseen, kuten liukutarraimella varustettuja turvavaljaita. TT-laatta-asennuksen aikana ei nostotaakan alla saa työskennellä, ja kulku alueelle estetään kaitein tai lippusiimalla. Asennuksen jälkeen urakoitsija huolehti putoamissuojauksen rakennetun holvin yläpuolelle. Kaide tehtiin Vepen holkkiasenteisista tolpiista sekä puutavarasta.

Ennen autonosturin käyttöä on varmistettava nosturille tasainen ja riittävän luja maape-  
rä mahdollisimman lähellä asennuskohdetta. Tämän jälkeen nosturin kuljettaja varmistaa nosturin kunnon ja tekee pystytyspöytäkirjan toimitettavaksi tilaajalle. Nostokaluston, kuten nostoraksien, nostopuomin ja varmuusketjujen kunto tarkistetaan ennen asennusta. Normaalisti elementtiasennuksessa kiinnitetään huomiota myös elementtien varastointiin, mutta tässä kohteessa elementit asennetaan suoraan ajoneuvosta, joten erillistä välivarastointia ei tehdä.

Teräsrunko, rappauslevyt ja rappaus tehtiin kauttaaltaan saksinostimelta. Saksinostimelle on tehtävä myös käyttöönottotarkastus. Alustan on oltava tasainen ja riittävän luja, ja nostokorin ollessa ylhäällä laitetaan nostotassujen alle levikepalat, jotka jakavat kuormaa tasaisemmin.

Asennus sisältää paljon tulitöitä, kuten hitsausta ja terästen leikkausta. Tehtävät tulityöt eivät ole niinkään vaaraksi ympäristölle, koska tila on avoin. Hitsaajan on kuitenkin suojauduttava sivulle ja alaspäin lentäviltä kipinöiltä hitsausmaskilla ja hitsaukseen

soveltuvalla vaatetuksella. Tulityökortti ja pääurakoitsijan myöntämä tulityölupa kohteeseen ovat pakollisia. Myös luvan myöntäjällä on oltava tulityökortti.

Käsiteltäessä asennettavia metalliosia ja työkaluja on varmistettava, ettei työkohteen alapuolella tai lähiympäristössä työskentele tai kulje muita, sillä korkealta putoavat materiaalit tai työkalut ovat hengenvaarallisia pudotessaan alas. Pulttiliitokset kiristetään huolellisesti, sillä tuulessa heiluvat, yläpäästään kiinnitetyt kierretangot saattavat löysytyä työn aikana.

Rappauslevyt ovat raskaita nostella, joten työergonomiaan kiinnitetään huomiota, selkävaivojen välttämiseksi. Levyt leikataan oikeisiin mittoihinsa alhaalla, joten isompaa työstä nostimella pyritään välttämään. Ylöspäin työskentely, nostaminen ja kiinnittäminen ovat hartioita kuluttavia töitä, joten työergonomia on tässäkin tärkeää.

### 5.3 Työturvallisuuden toteutus korttelissa 2018

Jälkijännitetyn laatan rakentaminen sisältää useampia työvaiheita, joten työturvallisuuteen liittyviä huomioita on enemmän. Lisäksi holvin korkea sijainti vaikuttaa olennaisesti työturvallisuuteen.

Suurimpana riskinä on tukitornien kasaaminen sekä muottityöt. Tukitorneille on varmistettava tukeva ja painumaton alusta sekä riittävä tuenta kadun alla olevan huoltotunnelin betonilaatan alapuolelle. Tämä asia kuitenkin varmistettiin rakennesuunnittelijalta, ja ylimääräistä tuentaa ei tarvinnut kadun alle tehdä. Torneja kasattaessa on työntekijöiden käytettävä liukutarraimella varustettuja turvavaljaita. Telineosia nostettaessa asennuskohteeseen pitää käytettävien työkalujen ja materiaalien olla ehjiä ja tarkoituksenmukaisia eikä nostojen alapuolella saa työskennellä tai kulkea.

Muotin pohjan edistyessä täytyy reuna-alueiden putoamissuojauksesta huolehtia työn edetessä. Muottityötä helpottamaan asennettiin muotin ulkopuoliset työtasot. Kaidetolpat asennetaan vakiopalkkien päihin ja kaiteet tehdään puutavarasta 22x100 T24.

Raudoituksen tekemisessä suurimpia riskejä ovat vapaista terästen päistä aiheutuvat viiltohaavat useimmiten jalkoihin. Tämä on pyritty estämään sallimalla työmaalla ainoastaan pitkälahkeiset työhousut. Terästen käsittelyyn liittyvät hitsaus- ja katkaisutyöt

noudattavat tulityökortti- ja tulityölupamenettelyjä, kuten aiemmin on jo mainittu. Raudoitustyö sisältää raskaita nostoja sekä selän koukistelua alaspäin, joten työergonomia ja oikeat työasennot ovat tärkeitä. Raudoitustyön edetessä myös kompastumisvaara on ilmeinen.

Betonointityöt eivät itsessään sisällä suuria riskitekijöitä, mutta raudoituksen päällä kuljettaessa kompastumisvaara on mahdollinen. Silmäsuojainten käyttö on ehdotonta, koska betonin roiskuessa silmiin se voi aiheuttaa pysyviä näkövaurioita emäksisyytensä takia. Laatan yläpinnan tasaamisessa oikea työasento on tärkeä selkävaivojen säästämiseksi. Raudoituksen yhteydessä on muotin reunoille raudoitukseen kiinnitetty valuankkurit, jotka toimivat kiinnityspisteinä tulevalle putoamissuojaukselle. Tulevat Vepen vesikattokaiteet on helppo kiinnittää pulttaamalla varauksiin, muotin purkamisen jälkeen.

Jännitystöissä käytettyjen materiaalien sekä hydraulikkatyökalujen käyttöä koskevat alan säännökset. Ennen varsinaista työsuoritusta laaditaan kohteesta jännityssuunnitelma, joka sisältää tarkemmin kohteen vaatimat piirteet.

## **6 Kustannusten vertailu**

Kustannusvertailussa on yhteenlaskettu kadunylityslaattojen toteutuneet kustannukset, jotka on koottu jälkilaskentatiedoista ja haastatteluiden perusteella. Lemminkäinen Talo Oy:n pyynnöstä kustannuksia ei esitetä työssä euromääräisesti, vaan työvaihekustannukset merkitään taulukoihin prosenttilukuna kokonaiskustannuksista. Lopullinen kustannusten vertailu on suoritettu laskemalla molempien rakenteiden kokonaiskustannusten erotus, ja sen tulos esitetään myös prosenttilukuna.

Laattojen pinta-alat eroavat myös toisistaan, joten työvaiheiden hinnoista on laskettu yksikköhinta €/m<sup>2</sup> ja sen perusteella saatu yhtäläiset kustannustiedot.

Kustannusvertailuun on sisällytetty kaikki työvaiheet rakenteiden valmistumiseen asti, pois lukien vesikattotyöt, jotka ovat molemmissa kohteissa lähes samanlaiset.

Työvaiheet kustannusprosentteineen on yhteenlaskettu ja esitetty taulukoissa 1 ja 2.

## 6.1 Kustannusvertailuun sisältyvät työvaiheet

Taulukko 1. Kortteli 2017. TT-laatta.

<b>Työvaihe</b>	<b>Kustannus</b>
Suunnittelukustannukset	5,5 %
TT-laatat (työ + elementit)	11,3 %
Teräsrakenne (työ + materiaalit)	52,5 %
Räystäät (työ + materiaalit)	3,7 %
Rappauslevyt (työ + materiaalit)	8,5 %
Rappaus (työ + materiaalit)	13,8 %
Henkilönostimet (saxi, kuukulkija)	4,7 %

Taulukko 2. Kortteli 2018. Jälkijännitetty paikallavalulaatta.

<b>Työvaihe</b>	<b>Kustannus</b>
Suunnittelukustannukset	1,3 %
Telineet + muotitus, raudoitus ja betonointi (kokonaishintaurakkana)	62,5 %
Betonimassa pumpattuna	7,6 %
Jälkijännitys (työ + materiaalit)	13,5 %
Teflonliukulaakerit, Finnfoam, Saxi-lava	3,7 %
Painepesu	1,2 %
Pinnoitus	10,2 %

## 6.2 Kustannusvertailun tulos

Kustannusvertailun tuloksina selvisi, että korttelin 2017 TT-laattarakenteisen ratkaisun toteutuneet kustannukset olivat kokonaisuudessaan noin 11 % pienemmät kuin korttelin 2018 jälkijännitetyn laattarakenteen. Vertailua ei kuitenkaan voida tulkita yksiselitteisesti katsomalla ainoastaan toteutuneita kustannuksia ja todeta korttelin 2017 ratkaisun olleen kustannustehokkaampi, sillä kadunylityslaattojen ja muiden siihen liittyvien työvaiheiden määrät eivät olleet täysin yhtäläiset.



## 7 Aikatauluvertailu

### 7.1 Ajallinen suunnittelu

Rakentamisessa onnistuminen edellyttää hyvää valvontaa, tuotannosuunnittelua ja tuotannonohjausta asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ajallinen suunnittelu ja ohjaus ovat keskeisessä osassa tuotannon suunnittelussa. Ne luovat myös pohjan suunnittelun onnistumiselle, paljastavat epäkohdat ja suunnitelmista poikkeamiset. [11, s. 18.]

Yleisaikataulu kuvaa koko hankkeen työnkulkua. Se toimii koko työmaan informaatiövälteenä ja työnaikaisen valvonnan apuna sekä perustana. Yleisaikataululla arvioidaan ja suunnitellaan työnaikaista suunnitelma-aikataulua. Hankkeen laadukas toteuttaminen edellyttää, että suunnitelma-aikataulu, hankinta-aikataulu ja työmaan yleisaikataulu lomittuvat hyvin yhteen. [11, s. 27.]

Aikatauluvertailu on suoritettu työvaiheittain yleisaikataulun pohjalta, vaikka rakenteet eroavatkin toisistaan työvaiheiden perusteella melkoisesti. Lopuksi verrataan työvaiheiden yhteiskestoja kadunylityslaatan valmistumiseen saakka. Aikataulut ilmoitetaan 8 tuntisina työvuoroina, joita on viikossa viisi. Aikatauluissa ei ole otettu huomioon mahdollisia ylityöpäiviä tai -tunteja. Aikatauluvertailuun ei myöskään sisälly rakenteiden yläpuolisia töitä eli vesikattotöitä. Vertailut on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

## 7.2 Aikatauluvertailuun sisältyvät työvaiheet

Taulukko 3. Kortteli 2017. TT-laatta.

Työvaihe	Kesto (tv)
TT-laatta asennus	4
Teräsrunko asennus	25
Räystäiden teko	8
Levytyt	12
Levyrappaus	13
<b>Yhteensä</b>	<b>62 tv</b>

Taulukko 4. Kortteli 2018. Jälkijännitetty paikallavalulaatta.

Työvaihe	Kesto (tv)
Tukitornit ja muotitus	10
Raudoitus, kevennys ja punokset	14
Valu	1
Jännitys ja injektointi	2
Muotin ja tukitornien purku	5
Pinnan painepesu	2
Pinnoitus	5
<b>Yhteensä</b>	<b>39 tv</b>

## 7.3 Aikatauluvertailun tulos

Kadunylityslaatan työvaiheet olivat siis kestoiltaan 62 työvuoraa korttelissa 2017 ja 39 työvuoraa korttelissa 2018. Näitä kahta työsuoritteiden kokonaiskestoa vertailtaessa toisiinsa voidaan todeta paikallavalulaatan olleen karkeasti n. 40 % nopeampi suorittaa.

Korttelin 2018 paikallavalulaatan suoritusaikataulu toteutui suunnitellusti, näin ollen myös suunnitellut kustannukset toteutuivat arvioiden mukaisesti. Aikataulullisesti rakenteen tekeminen onnistui hyvin.

Korttelin 2017 TT-laattarakenteen aikataulullista onnistumista ei voida kehua. Kokonaisuuritus aika venyi suunnitellusta useita viikkoja. Tähän syynä olivat suunnitelma puutteet sekä oletettua hitaammat työsuoritteet. Aliurakoitsijoista johtuvia hidasteita ei kuitenkaan ollut vaan toteutuksessa mukana olleet aliurakoitsijat toimivat moitteetta. Saattaa olla, että huolellisemmalla työsuunnittelulla ja yhtäjaksoisella työn suorituksella aikatauluviivettä olisi saatu pienennettyä ja tätä kautta myös saatu säästöä kustannuksiin.

Normaalisti työvaiheiden suoritusaikatauluun vaikuttaa olennaisesti vuodenaikojen aiheuttamat eri olosuhteet. Tässä aikatauluvertailussa ei kuitenkaan ole niitä tarvinnut huomioida, koska molemmat rakenteet päästiin suorittamaan lumettomana ja pakkaettomana ajanjaksona.

## **8 Toteutusmenetelmien vertailu**

Paikallavalu- ja elementtirakentaminen poikkeavat rakennusteknisesti toisistaan. Tässä luvussa käsitellään molempien rakentamistapojen etuja ja haittoja. Tietojen perusteella vertaillaan menetelmiä myös työtekniisesti.

### **8.1 Kortteli 2017**

#### **Edut**

Elementtirakenteisen laatan hyötyjä ovat nopea toimitus ja asennus, tasalaatuisuus ja työmaavaiheiden vähyys. Lisäksi etuna on, että kuormittamaan päästään heti, kun elementit on asennettu. TT-laattojen asennuksen jälkeen päästään myös heti aloittamaan sekä vesikattotöitä että tarvittaessa alapuolisia töitä eli teräsrunkoa ja rappauslevyjä. Toisaalta alapuolen työt voi tarvittaessa tahdistaa myöhemmäksi esim. vuodenaikojen mukaan tai muiden kriittisempien työvaiheiden (julkisivurappaus, ikkuna-

asennus) jälkeen tehtäväksi. Myös työmaalogistiikka ei häiriinny, jos rakenteen alapuolella olisi pakollinen työmaan kulkuväylä.

Elementeistä rakennettaessa rakennetta voidaan yleensä kuormittaa heti asentamisen jälkeen, koska elementti on saavuttanut asennuslujuuden jo tehtaalla ja kuormituslujuuden kehitys jatkuu kuljetuksen sekä asennuksen ajan. Tehtaan olosuhteet ovat myös suotuisat kehitykselle.

On tärkeää huomioida myös tuotteen elinkaari. Elementeistä rakennettaessa oletettavasti ympäristöpäästöt, materiaalihukka ja logistiikan kulut ovat pienempiä eikä vuodenaika lisää olennaisesti kustannuksia.

### Haitat

Mittaukset ja muut valmistelevat työt elementtien asennusta varten on tehtävä huolella. Pienikin mittausvirhe voi johtaa suuriin lisäkustannuksiin, kun elementti ei olekaan kohteeseen sopiva.

Suhdanteet ja kilpailutilanne vaikuttavat suuresti TT-laattojen hintaan. Myös elementtien rakenne ja tyyppi vaikuttavat omalta osaltaan hintaan. Suuret hintavaihtelut ovat elementtirakentamisen haittapuolia.

Rakenteen sisältämät työvaiheet ovat kaikki erityisluontoisia töitä, jotka kaikki vaativat erillisen aliurakoitsijan. Eri aliurakoitsijoiden huolellinen töiden yhteensovittaminen on tärkeää, jotta aikatauluviiveiltä vältyttäisiin. Kun laatan rakentamisessa on mukana monta aliurakoitsijaa, on enemmän todennäköisiä, pääurakoitsijasta riippumattomia haittatekijöitä.

Rakenne sisältää enemmän rakenteiden ja materiaalien liittymäkohtia, jotka vaativat erityistä tarkkuutta toteuttaa. Näin ollen myös rakenteen "eläminen" on mahdollisempaa. Myös mekaaniset kiinnitykset, kuten ruuvaukset ja hitsaukset, saattavat vähentää tuotteen elinkaarta, vaikka käytetyt materiaalit ja toteutus ovatkin laadukkaita.

## 8.2 Kortteli 2018

### Edut

Paikalla valettaessa rakenteesta muodostuu yhtenäinen ja luja kokonaisuus. Siinä ei ole ylimääräisiä saumakohtia, jotka voisivat heikentää rakennetta. Paikallavalurakenne on myös tiivis joka kohdasta, sillä siinä ei ole vuotavia saumakohtia. Tuotteen 100 vuoden käyttöikää ajatellen rakenne on varmasti kestävämpi.

Valtaosa työsuorituksen töistä teetetään pinnoitusta ja jälkijännitystä lukuun ottamatta kokonaan yhdellä aliurakoitsijalla, ja se puolestaan helpottaa vastuun jakamista pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä.

Rakenne tehdään yhtäjaksoisesti valmiiksi, eikä turhia keskeytyksiä synny. Muotin purkamisen jälkeen yläpinta on valmis vesikaton pohja ja alapinta pinnan painepesun jälkeen valmis rapattavaksi.

### Haitat

Suurin haittatekijä kyseisessä rakenteessa on sen korkean sijainnin aiheuttama muotin tuenta. Muotin tukitornikalusto on erittäin raskas ja laaja täyttäen koko rakennusten välisen tilan. Tästä saattaa aiheutua logistisia ongelmia raskaan kaluston kuljetuksissa sekä tahdistusongelmia ympäröiviin työvaiheisiin. Näitä työvaiheita ovat esim. maanrakennus (kaukolämpökaivannot, asfalttipinnoitus), viereisen Arietta-asuinrakennuksen seinärappaus sekä Koy Aallon Huipun luonnonkiviasennus, seinärappaus ja ikkunasennus.

Paikalla rakennettaessa rakenteet ovat alttiita vuodenajan vaihteluille, kuten talven kylmyydelle ja kesän tuulille sekä sateelle. Vuodenajat tuovat lisäkustannuksia rakentamiseen esimerkiksi lämmityksen ja rakenteiden suojauksen vuoksi, jos vastaavanlainen rakenne tehtäisiin talvella.

Paikalla rakentamisessa on runsaasti eri työvaiheita, jotka on suunniteltava tarkkaan, jotta kaikki tulee oikein tehdyksi ja tarkastetuksi. Useat työvaiheet lisäävät tapaturmia, joten hyvällä suunnittelulla on vaikutusta turvallisuuteen.

Muottityö on keskeinen asia paikalla valettaessa. Muottityön vaiheita ovat suunnittelu, tukitornien pystytys ja purku. Muottityö on monesti hidasta ja vaatii apuvälineitä elementtirakentamista enemmän.

## 9 Yhteenveto ja päätelmät

Tämän mestarityön tavoitteena oli selvittää kahden rakenteellisesti ja toteutuksellisesti erilaisen, mutta ulkonäöllisesti samankaltaisen rakenteen toteutuskustannusten ja -aikataulujen eroavaisuutta. Kustannustiedot taulukoitiin ja pyrittiin saamaan mahdollisimman vertailukelpoisiksi yksikköhinnoitteleamalla työt ja materiaalit. Aikataulutiedot löytyivät vanhoista yleisaikatauluista ja sopimusasiakirjoista, ja ne koottiin yhteen. Eri rakennusvaiheiden toteutusajat yhteenlaskettuna lopputuloksena on kokonaiskesto rakenteen valmistamiselle. Lisäksi työssä käytiin molempien rakenteiden merkittävimmät työvaiheet läpi yleisluontoisesti.

Kustannusvertailun perusteella selvisi, että korttelin 2017 Koy Alvar Aallon katu 3:n elementti- ja teräsrunkoisen kadunylityslaatan toteutuneet kokonaiskustannukset jäivät n. 11 % pienemmiksi kuin korttelin 2018 Koy Aallon Huipun jälkijännitetyn paikallavalulaatan kustannukset. Kerättyjen tietojen perusteella voidaan todeta korttelin 2017 olleen suorilta kustannuksiltaan hieman edullisempi.

Aikataulujen vertailun perusteella paremmuusjärjestys kuitenkin vaihtuu, sillä voidaan todeta paikallavalulaatan olleen karkeasti n. 40 % nopeampi suorittaa. Tämä saattaa osittain selittyä sillä, että koko rakenne päästiin tekemään yhtäjaksoisesti ilman keskeytyksiä valmiilla suunnitelmilla. Korttelin 2017 kokonaissuoritus aika venyi suunnitellusta useilla viikoilla, koska työt olivat raskaita, ylöspäin tehtäviä töitä. Teräsrungon hitsaus ja kannakointi oli oletettua hitaampaa sekä rappauslevyjen kiinnitys paksuun runkoon hidasti töitä.

2017:n riesana oli myös vakavat suunnitelmapuutteet, jotka kävivät ilmi liian myöhäisessä vaiheessa. Lähtötietoina oli vain TT-laatoista tehtävä kantava runko, sekä rakenteen verhoilu levytyksellä. Teräsrungon kannatuksen detaljit ja muut tarpeelliset tiedot olivat vajaavaiset. Helsingin rakennusvalvonta oli ehdottoman tarkka rungon riittävästä kannatuksesta ja sen kiinnityksestä, koska kyseessä on kuitenkin laatta, jonka alapuolella on henkilö- ja ajoneuvoliikennettä. Myös rakenteen sadan vuoden suunniteltu käyttöikä alkuperäisillä suunnitelmilla askarrutti. Suunnitelmamuutoksia vietiin jopa ele-

menttikuviin asti ja niiden kiinteisiin varustuksiin lisättiin kiinnityslevyt rungon kannakkeiden hitsaamiseen. Alkuperäisen suunnitelman mukaan elementteihin oli tarkoitus ankkuroida kiinnityspisteet injektoimalla. Teräsrunгон osalta kannatusta vahvistettiin ja se suunniteltiin tehtäväksi ruostumattomasta teräksestä.

Tämän kaltaiset kadun ylittävät laattaratkaisut ovat suhteellisen harvinaisia perinteisissä toimisto- ja asuinrakennuksissa, joten vastaavan kaltaisia ratkaisuja ei luultavasti tulla ihan heti tarvitsemaan. Kuitenkin arkkitehtuurin, rakennesuunnittelun ja sitä myötä talonrakentamisen kehittyessä kadunylityslaatat voivat olla tulevaisuutta.

Esimerkkien kaltaisia rakenteita suunniteltaessa ja rakentaessa ei ole välttämättä olemassa yhtä oikeaa ratkaisumallia. Oikea menetelmä täytyy suunnitella aina työmaakohtaisesti, ympäristö ja keliolosuhteet huomioon ottaen.

Kustannusero rakenteissa oli verrattain pieni, joten tuotantoteknisesti ja aikataulullisesti korttelin 2018 paikallavalulaatta oli parempi ratkaisu. Samaa mieltä olivat haastatellut, molempien rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa mukana olleet toteutusorganisaation toimihenkilöt. Paikallavalurakenne luokitellaan paremmaksi myös kestävyytensä ja huoltensa ansiosta. Rakenteen eläminen on olematonta ja huolloksi riittää pesu tai uudelleen pinnoitus. 2017:n rakenteessa pinnan huolto on toki samanlainen toimenpide, mutta runkoon liittyvät lukemattomat mekaaniset liitokset heikentävät teoriassa kestävyttä, vaikka materiaalit olisivatkin laadukkaita. Myös paikkallavalulaatan yleinen maine on paljon parempi.

## 10 Pohdinta

Pohdintaosioon on lisätty omia mietteitä sekä haastattelujen että toteumien perusteella. Lähtökohdiana on, että korttelin 2017 TT-laattarakennetta ei jälkeempään todettuna mielletty hyväksi ratkaisuksi. Tämän takia päädyttiin uuteen rakenneratkaisuun, joka vaihtoehtojen mietinnän jälkeen päätettiin tehtäväksi jälkijännitettynä teräsbetonilaattana.

Korttelissa 2018 kolmantena vaihtoehtona olisi voinut olla esimerkiksi kokonaan teräsrunkoinen rakenne ristikkopalkein toteutettuna ja levyverhoiltuna. Tämä vaihtoehto tuli kuitenkin liian myöhään ilmi, koska rakenne oli jo käytännössä sovittu tehtäväksi sellaiseenaan, kuin se nyt on. Se saattaisi kuitenkin olla tulevaisuudessa varteenotettava vaihtoehto.

Mikäli 2018 olisi tehty TT-laatoilla, olisi rakenne ollut jo entuudestaan tuttu. Edellisestä korttelista opitut työvirheet ja puutteet olisi voitu karsia pois ja näin ollen kustannuksiin olisi osattu varautua ja aikataulutusta suunnitella oikeaksi. Myös vanhoja suunnitelmia olisi voitu hyödyntää tehokkaasti.

Jos työt olisi jouduttu tekemään talviolosuhteissa, olisi voinut TT-laattarakaisu olla työteknisesti parempi. TT-laattojen alapuolella tehtävät työt eivät välttämättä olisi häiriintyneet lumisateista ja pakkasesta. Työn tekninen laatu olisi joka tapauksessa sama vuodenaikasta riippumatta.

Paikallavaluholvin laatu on totta kai oltava joka tapauksessa sama, oli vuodenaika mikä hyvänsä, mutta työn laadun valvontaan olisi ehdottomasti täytynyt panostaa enemmän halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kustannuksia olisi tullut lisää mm. muotin lumitöistä ja sulattamisesta, laatan sääsuojauksesta, hitaammasta työtahdistista ja pakkasbetonoinnista. Lisäksi työskentely liukkaalla muottipinnalla lisää liukastumisen vaaraa. Nämä em. kohdat ovat työtä hidastavia ja suoraa kustannuksia lisääviä tekijöitä, joten kyseinen rakenne saattaisi olla huonompi talvisella ajanjaksolla rakennettaessa.



## Lähteet

[1] Lemminkäinen Oy yritys. 2013. Verkkodokumentti. <[www.lemminkainen.fi](http://www.lemminkainen.fi)> Luettu 2.12.2013.

[2] Lemminkäisen yhteinen tietokanta. Kortteli 2018. 2012 – 2013. Havainnekuvia kohteesta.

[3] Junnonen, Juha-Matti. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki. Suomen rakennusmedia Oy.

[4] Lemminkäisen projektipankki. Aliurakoiden urakkaohjelma versio 5. 14.1.2014

[5] Lemminkäisen projektipankki. 2012. Rakennesuunnittelukuvat. Luettu 3.12.2013.

[6] Huhtiniemi, Seppo & Kiviniemi, Jukka. 1992. Elementtityöt. Helsinki. Rakennustieto.

[7] BY 57, Suomen Betoniyhdistys. 2011. Eriste- ja levyrappaus 2011. Helsinki. BY-kustannus Oy.

[8] Lemminkäisen projektipankki. Rakennuttajan turvallisuusasiakirja. Versio 3. 14.1.2014.

[9] BY 201, Suomen Betoniyhdistys. 2004. Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.

[10] Myllyntausta Juha. 2000. Rakennushankkeen työturvallisuus. Tampere. Rakennustieto Oy.

[11] Mäki Tarja, Olenius Auli, Koskenvesa Anssi. 2004. Aikataulukirja. Helsinki. Rakennustieto Oy Helsinki

[12] Molempien kohteiden vastaava työnjohtaja. Lemminkäinen Talo Oy. Helsinki. Haastattelulähde. 9.1.2014.

[13] Molempien kohteiden projektipäällikkö. Lemminkäinen Talo Oy. Helsinki. Haastattelulähde.14.1.2014.

