



# Paalulaatan ja paaluanturan vertailu

Juuso Rautakorpi

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Rakennustuotanto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Tuotantotekniikka

RAUTAKORPI, JUUSO:  
Paalulaatan ja paaluanturoiden vertailu

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 12 sivua  
Huhtikuu 2021

---

Opinnäytetyönä toteutettiin kattava vertailu paalulaatan ja paaluanturoiden toteutuksesta kerrostalorakentamisessa. Esimerkkikohteena vertailuissa käytettiin Jatke Pirkkanmaa Oy:n kohdetta Tampereen Tammelassa, jossa perustukset toteutettiin paalulaattamenetelmällä. Vertailu rajattiin työvaiheisiin, laadunvarmistukseen, työturvallisuuteen, aikatauluun ja kustannuksiin. Tärkeimpänä asiana oli selvittää, kumpi menetelmä olisi ollut taloudellisesti ja aikataulullisesti järkevää toteuttaa Tammelan kohteessa.

Paalulaatan kustannukset laskettiin jälkilaskentana toteutuneista laskuista. Kuvitteelliset paaluanturat suunniteltiin ja laskettiin kohteen rakennesuunnittelijan avustuksella. Laskennan tarkoituksena oli tuottaa kustannustietoa, jota työn toimeksiantaja voi hyödyntää tulevaisuudessa vastaavanlaisten kerrostalokohteiden perustusrakenteiden kustannuslaskennassa.

Kustannus- ja aikatauluvertailun lopputuloksena todettiin, että Tammelan tapauksessa paalulaatta oli huomattavasti järkevämpi perustusratkaisu. Kustannuslaskelmat toteutettiin Excel-taulukoilla ja aikataulut tehtiin Tocoman-ohjelmistolla.

Työvaiheiden toteutuksen, työturvallisuuden ja laadun vertailussa käytettiin opinnäytetyön tilaajan kokemuksia menetelmien laatu- ja työteknisistä eroavaisuuksista. Vertailun tukena käytettiin rakennustiedon RATU-kortistoja, työmaan rakennepiirustuksia sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Production

RAUTAKORPI, JUUSO:  
Comparison of Pile Slab and Pile Footing

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 12 pages  
April 2021

---

The purpose of this thesis was to compare the differences between pile footings and pile slab foundations in terms of operations, quality assurance, safety, costs and schedule. The comparison was linked to a Jatke Pirkanmaa construction site in Tampere where foundations were constructed by using pile slab method. The most important thing was to clarify which method would have been economically wiser and faster to build.

The costs of the pile slab were calculated afterwards by using real costs. The pile foot foundations were designed and calculated with the assistance of the site structural designer. The purpose of the calculating was to produce cost information that the client can use in future projects.

As a result of comparison, it was found that the pile slab was a lot more sensible foundation solution in this case. The cost calculations were made with Excel spreadsheets and the schedules were made with Tocoman-software.

The comparison on the working methods and quality was based on the experiences of the commissioner of this thesis. The comparison was supported by the RATU card files, the structural drawings of the construction site and the related construction literature.

---

Key words: construction, foundations, pile slab, pile footing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KOHTEEN ESITTELY .....	7
3	PAALUPERUSTUKSET .....	8
3.1	Yleistä .....	8
3.2	Tammelan paalulaatta .....	8
3.3	Tammelan paaluanturat .....	9
4	TYÖVAIHEET .....	11
4.1	Paalutus .....	11
4.2	Täyttötöyt ja pohjaviemärit .....	12
4.3	Perustusten muuttityö .....	14
4.4	Raudoitus .....	17
4.4.1	Paalulaatan raudoitus .....	18
4.4.2	Paaluanturan ja maanvaraisen laatan raudoitus .....	19
4.5	Betonointi .....	20
5	LAADUNVARMISTUS .....	23
5.1	Yleisesti .....	23
5.2	Raudoitteet .....	24
5.3	Betonointi ja jälkihoito .....	24
5.4	Betonilattiat .....	25
6	TYÖTURVALLISUUS .....	27
6.1	Yleistä .....	27
6.2	Paalutus- ja maanrakennustyöt .....	28
6.3	Perustustyöt .....	28
7	TUTKIMUSTULOKSET .....	30
7.1	Aikataulu .....	30
7.2	Kustannukset .....	31
7.3	Haasteet .....	34
8	YHTEENVETO .....	36
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET .....	39
	Liite 1. Paalulaatan lohkojako asemakaavaan piirrettynä .....	39
	Liite 2. Paalulaatan rakennetyyppi .....	40
	Liite 3. Paalulaatan laudoitus- ja raudoituspiirustus A-lohko .....	41
	Liite 4. Paalulaatan laudoitus- ja raudoituspiirustus B-lohko .....	42
	Liite 5. Paalulaatan laudoitus- ja raudoituspiirustus C-lohko (Parkkihalli)	

Liite 6. Paaluantura mallinnus.....	44
Liite 8. Paalulaatan aikataulu .....	46
Liite 9. Paaluanturoiden aikataulu .....	47
Liite 10. Paalulaatan kustannuslaskelma .....	48
Liite 11. Paaluanturoiden kustannuslaskelma .....	49
Liite 12. Betonointipöytäkirja paalulaatta lohko A.....	50

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii Jatke Pirkanmaa Oy. Työssä vertaillaan perustusratkaisuna paalulaattaa ja paaluanturaa. Vertailun taustalla on Jatke Pirkanmaa Oy:n kohde As Oy Tammelan puistokatu, jossa perinteisten anturalinjojen sijaan paalujen päälle valettiin yhtenäinen paksu paalulaatta. Vertailu kattaa työvaiheet, aikataulun, kustannukset, työturvallisuuden ja laadunvarmistuksen. Työn tavoitteena on kartoittaa tietoa paalulaatan ja paaluanturan perustustapojen hyöty- ja haittatekijöistä sekä selvittää perustustapojen kustannus- ja aikatauluerot. Työssä toteutetaan jälkilaskenta paalulaatan kustannuksista. Näitä todellisia kustannuksia verrataan suunniteltuihin ja laskettuihin anturalaskelmiin.

Opinnäytetyön toisessa kappaleessa esitellään tilaajayritystä sekä työn esimerkki työmaata. Kappaleen tarkoitus on kertoa tilaajayrityksestä ja kohteesta johon työ vahvasti linkittyy.

Kolmannessa kappaleessa käsitellään paaluperustuksia yleisellä tasolla ja avataan perustustapoja. Kappaleen tarkoituksena on kertoa vertailun perustusmenetelmistä ja miten ne toteutettiin tai olisi toteutettu.

Neljännessä, viidennessä ja kuudennessa kappaleessa käydään läpi töiden työvaiheet, työturvallisuusasiat ja laadunvarmistustoimet sekä vertaillaan niitä. Kappaleiden tarkoituksena on saada tietoa menetelmien toteutustapojen työmaateknisistä sekä työturvallisuus- ja laadunvarmistustoimien eroavaisuuksista.

Seitsemännessä kappaleessa esitellään saatuja tutkimustuloksia menetelmien aikataulu- ja kustannuseroista. Lisäksi siinä tuodaan esille mahdollisia toteutustapojen haasteita.

## 2 KOHTEEN ESITTELY

Jatke Pirkanmaa Oy on vuonna 2019 emoyhtiö Jatke Oy:sta yhtiöitetty Pirkanmaan alueella toimiva rakennusliike. Emoyhtiö Jatke Oy on vuonna 2009 perustettu rakennusalan yritys. Jatke-konsernin alla toimii myös Jatke Länsi-Suomi Oy, Jatke Uusimaa Oy ja Jatke Julkisivut Oy. Henkilöstöä konsernissa oli vuonna 2019 yhteensä 327 joista 242 oli toimihenkilöitä ja 85 työntekijöitä. Jatke Oy:n liikevaihto vuonna 2019 oli 325,6 miljoonaa mistä Pirkanmaan osuus oli 55,4 miljoonaa. (Jatke Oy, 2021)

Työssä käsitellään Jatke Pirkanmaa Oy:n omalle tontille Tammelan puistokatu 31 osoitteeseen rakenteilla olevaa yhdeksän kerroksista ja kaksi rappuista kerrostaloa. Toinen rapuista on Jatke Pirkanmaa Oy:n omaa tuotantoa ja toinen rapuista myytiin Osuuspankin sijoitusrahastolle. Asuntoja kohteeseen tulee yhteensä 170 joista suuri osa on pieniä yksiöitä. Ylimpään kerrokseen tulee yhteiset saunatilat, oleskelutila ja kuntosali. Kellarikerroksessa on väestönsuojat, varastotiloja sekä teknisiä tiloja. Lisäksi katutasoon tehdään liiketilahuoneistoja. Pihakannen alla sijaitsee kolmekymmentä paikkainen parkkihalli. Tontilta purettiin kahdeksan kerroksinen vuonna 1974 rakennettu kerrostalo ja katutasossa ollut liiketila. Rakennesuunnittelun kohteessa teki EWA Engineering niminen yritys. Yrityksen toimitusjohtaja Marko Mustonen konsultoi työn toteuttamisessa.

Purkutyöt alkoivat alkuvuodesta 2020 ja ne kestivät kesään asti. Heinäkuussa alkoi itse rakentaminen paalutuksen ja maanrakennuksen osalta. Opinnäytetyössä käsiteltävä paalulaatta toteutettiin elo-syyskuun aikana. Kohde valmistuu vuoden 2022 alkukesästä.

### 3 PAALUPERUSTUKSET

#### 3.1 Yleistä

Tontille, jossa kantava maapohja on niin syvällä, että pelkät anturat eivät riitä pitää lyödä teräsbetonisia paaluja ohjaamaan rakennuksen kuormat kestäväään maaperään tai kallioon. Paalujen päälle tehtävät perustukset suunnitellaan niin, että ne ottavat huomioon kuivatuksen, routasuojauksen, kuormituksen, työ- ja liikuntasäumat sekä pohjavesiolosuhteet. (RT 82-10814, 2004, 9.)

Paalujen päälle perinteisesti valetaan paaluanturat tai paalulaatta. Molemmat toimivat kantavina rakenteina ja siirtävät rakennuksen kuormat paaluille sekä sitovat paalut paaluryhmiksi. Paaluanturamenetelmällä kantavaan maahan asti lyötyjen paalujen päälle valetaan paaluantura ja sen päältä jatketaan rakentamista samalla tavalla, kuin normaali anturaperustuksissa. (betoni, n.d.)

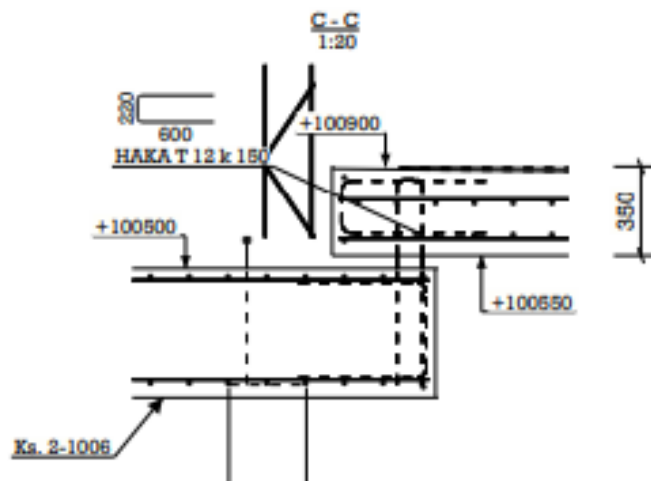
Toinen vaihtoehto on paalujen päälle valettava yhtenäinen paalulaatta. Paalulaatta toimii samaan aikaan rakennuksen perustuksena ja kellarin lattiana. Laatan paksuus ja paaluväli mitoitetaan laattaan kohdistuvien kuormien perusteella.

#### 3.2 Tammelan paalulaatta

Tammelan paalulaatta oli pinta-alaltaan yhteensä 1700 m<sup>2</sup> ja betonia siihen kului yhteensä 760,5 m<sup>3</sup>. Paalulaattaan asennettiin tartunnat kellarin paikallavalu- ja elementtiseinille ja ne lähtivätkin laatan päältä. Laatan pinta toimii samalla myös suurimmilta osin lopullisena lattiapintana (Liite 2).

Paalulaatta jaettiin liitteen 1 mukaisesti kolmeen erikseen valettavaan lohkokseen. Rakennuksen eli lohkojen A ja B kohdalle valettiin liitteiden 3 ja 4 mukainen yhtenäinen 500 mm vahva paalulaatta. Lohkolle C eli parkkihallille valettiin liitteen 5 mukainen 350–450 mm vahva paalulaatta riippuen kaivojen kohdista. Parkkihallin paalulaatta lähtee kuvan 1 mukaisesti talon paalulaatan päältä.





KUVA 1 Talon ja parkkihallin paalulaattojen liitoskohta (Sokopro 2021)

### 3.3 Tammelan paaluanturat

Tammelan puistokadulla kuvitteelliset anturalinjat arvioitiin ja suunniteltiin kohteen rakennesuunnittelijan (Mustonen) avustuksella. Anturat suunniteltiin kulkemaan kellarin kantavien seinälinjojen alapuolella. (Liite 6.)

Anturat suunniteltiin 600 mm korkeina ja 900 mm leveinä. Tammelan rakennesuunnittelijan mukaan 600 mm leveät anturat olisivat riittäneet valtaosaan paikoista, mutta anturat ovat raudoituksineen paljon käytännöllisempää toteuttaa vakio kokoisina. Lisäksi paaluissa ei saa olla käytännössä mittapoikkeamaa ollenkaan 600 mm leveillä anturoilla. Tällöin 900 mm leveät anturat olisivat olleet helppo ja järkevä tapa toteuttaa anturat. Eri anturalinjojen suunnitleminen eri kokoisiksi olisi myös ollut mahdollista, mutta työmaateknisesti haastavaa. Anturoiden pääraudoituksena olisi toiminut kuusi kappaletta 16 mm paksua terästä. Leikkausraudoituksena olisi toiminut 10 mm vahva hakaraudoite 300 mm jaolla. (Liite 7.)

Anturoiden päältä olisi lähtenyt kellarin ulkoseinäelementit ja maanvarainen lattia olisi valettu elementtiä päin. Maanvarainen lattia suunniteltiin 200 mm vahvaksi

laataksi. Valettu ala olisi ollut käytännössä sama kuin toteutuneessa paalulaa-  
tassa. (Liite 7.)

## 4 TYÖVAIHEET

### 4.1 Paalutus

Paalutustyö alkaa työn suunnittelulla ja kartoituksilla. Jos paalutettavan tontin lähellä alle 60 metrin säteellä on muita rakennuksia, tarvitsee näissä rakennuksissa suorittaa värinämittaus paalutuksen ajan. Ennen itse paalutustyön aloitusta suoritetaan paalutussuunnitelman mukaiset koepaalutukset ja mahdolliset koekuorimitukset. Tämän jälkeen tehdään paalukohtaiset paalutuspöytäkirjat. Paalujen paikat mitataan nykypäivänä useimmiten takymetrillä ja merkataan maahan esimerkiksi spraymaalilla tai puutapeilla. Paalut lyödään maahan paalutuskoneella (kuva 2). Paalujen mitat suunnitellaan maaperästä saatujen näytteiden sekä koepaalutusten perusteella. (RATU 0444, 2017, 7-8.)

Lopuksi paalut katkaistaan suunnitelmien mukaiseen korkoonsa. Katkaiseminen tapahtuu useimmiten timanttisahalla. Aluksi pääteräkset katkaistaan paalun kulkemista ja sitten paalu sahataan katki. Katkaisukohta pitää myös piikata vaakasuoraksi piikkauskoneella tai piikillä ja lekalla. (RATU 0444, 2017, 12.)

Tammelassa maahan lyötiin yhteensä 307 paalua. Paaluanturamenetelmällä rakennesuunnittelijan mukaan olisi pitänyt lyödä noin 10 % enemmän paaluja. Lisäksi anturan alapuolella paaluilla ei käytännössä voi olla sijaintipoikkeamia ollenkaan, jotta anturat saadaan kulkemaan suunnitellusti. Paalulaatassa voidaan hyväksyä muutaman kymmenen sentin poikkeamia paalujen sijainnissa, koska paalut joka tapauksessa jäävät laatan alle (Mustonen).



KUVA 2 Tammelan puistokadun paalutus käynnissä (Rautakorpi)

#### 4.2 Täyttötöyt ja pohjaviemärit

Täyttötöillä tarkoitetaan maaperän nostamista haluttuun korkeuteen suunnitelluilla maa-aineksilla. Aluksi kaivannon pohja tiivistetään alusrakennetta vastaavaksi. Savi ja silttimailla kaivannon pohjalle levitetään suodatinkangas estämään täyttömateriaalien sekoittumista. Alkutäyttömateriaalina käytettävä hiekka ja sora eivät saa sisältää 20 mm suurempia rakeita ja murskeen maksimiraekoko muoviputkea vasten on 16 mm. Lopputäyttö tehdään hyvin tiivistyvällä ja kantavalla kitkamaalla kerroksittain tiivistäen. Tiivistys on tehtävä niin, ettei johtolinjalla synny valmistumisen jälkeen haitallisia painumia. Maanvaraisen lattialaatan alapuolelle tehdään vähintään 30 cm paksu kuvan 3 mukainen kapillaarikatkokerros. (Sokopro, 2021.)



KUVA 3 Kapillaarisoran levitys käynnissä Tammelassa (Rautakorpi)

Tammelan puistokadulla paalulaatan alle alustäyttöön asennettiin suunnitelmien mukaan kulkemaan sadevesiviemärit, jätevesiviemärit ja salaojaputket. Lisäksi paalulaatan alapuolelle omien laattojen päälle asennettiin kuvan 4 mukaiset sadevesi- ja jätevesipumppaamot.



KUVA 4 Tammelan jätevesipumppaamo (Rautakorpi)

Paaluanturamenetelmällä täyttötöyt ja pohjaviemäreiden asennus olisi muuttunut huomattavasti. Kellarin sokkelielementit olisi pitänyt asentaa anturoiden päälle ennen täyttötöiden alkamista. Tämä olisi vaikeuttanut kaivinkoneella työskentelyä sekä maa-aineksen siirtämistä huomattavasti. Tällöin olisi jouduttu toteuttamaan korkeita ramppeja kaivinkoneen siirtelyyn ja maa-aineksen ajamiseen. Paalulaatan pohjatöissä kaivinkoneen oli helppoa tehdä paalut ylittäviä teitä ja näin koko pohjan täytöt saatiin toteutettua isolla kaivinkoneella niin, että kuorma-autolla saatiin maa-ainekset koko ajan haluttuun paikkaan. Pohjaviemäreitä olisi myös pitänyt viedä anturoista läpi, mikä olisi tuottanut huomattavan määrän lisätöitä anturan läpivientien toteuttamiseen.

### **4.3 Perustusten muottityö**

Perustusten muotit voidaan toteuttaa eri tavoin. Muotin pintamateriaalin valinnassa on otettava huomioon betonipinnalla asetetut vaatimukset. Yleisimpiä pintamateriaaleja ovat sahatavara, vanerit ja puulevyt, lasikuitu ja muovi, teräs, muottikankaat ja kumi sekä elastiset materiaalit. Perustuksissa yleensä muotin pinnaksi valitaan lauta, vaneri tai teräslankaverkolla vahvistetut muovikalvo-muotit. (BY 201, 2018, 229-230.)

Muotit pitää kokonaisuudessaan rakentaa siten, että ne kestävät kaikki rasitukset ja ovat tarpeeksi jäykkiä täyttämään rakenteelliset toleranssit. Muottien pitää myös olla niin tiiviit, etteivät hienoaineet ja vesi pääse valumaan muotista pois. (BY 65 Betoninormit 2016, 57.)

Ennen itse muottityön aloittamista mittamies merkkää anturoiden tai paalulaatan nurkkapisteet hyvin tiivistetyn maatäytön päälle. Tammelan puistokadulla paalulaatan muottityöt päädyttiin tekemään kuvan 5 mukaisella formex-muovikalvo-muotilla. Muovikalvomuotit ovat niin sanotusti valuun jääviä eli niitä ei erikseen tarvitse purkaa pois. Niitä käytetään siis paikoissa, missä valettava kohde ei jää näkyviin eli pääsääntöisesti perustuksissa. Niissä tukirakenteena toimii teräslankaverkko, jonka molemmiin puolin on laminoituna muovikalvo. (BY 201, 2018, 245.)

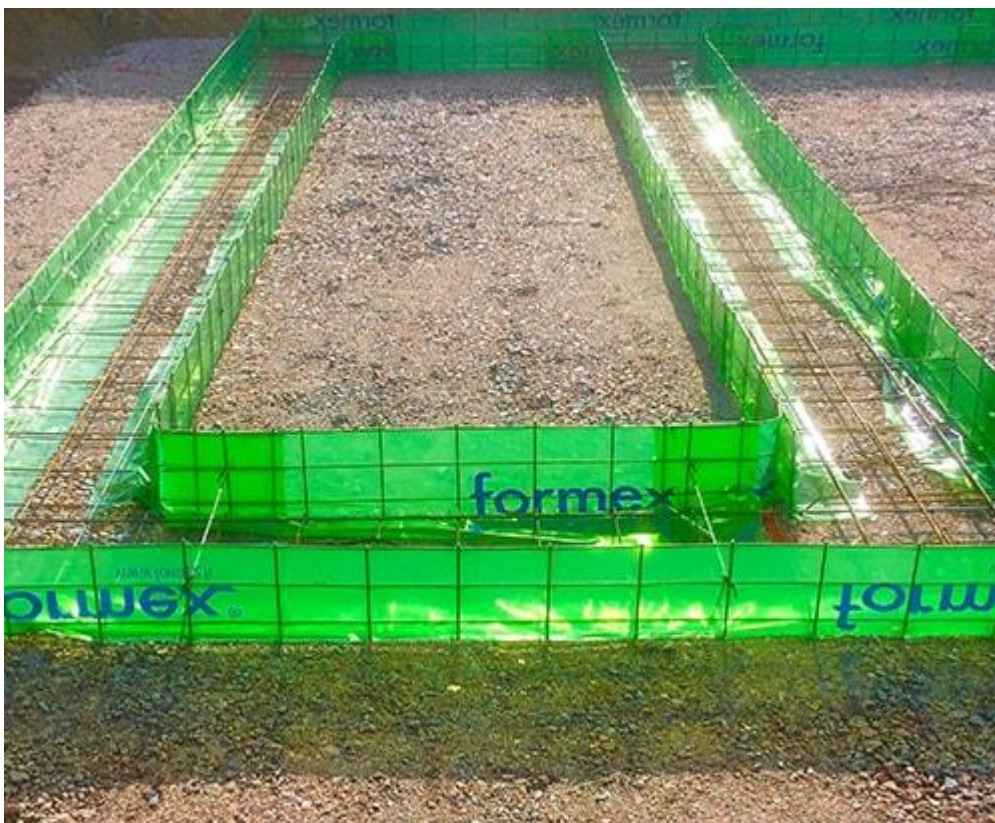




KUVA 5 Formex-muotit käytössä Tammelan paalulaatassa (Rautakorpi)

Valmiit formex-anturamuotit valmistetaan anturamittojen mukaan (kuva 6). Tämän jälkeen ne toimitetaan työmaalle, jossa anturamuotit kasataan helposti ja todella nopeasti valuvalmiiksi kokonaisuudeksi. formex-muotit eivät ole painavia, joten niitä liikuttelee helposti käsin. Asentamiseen tarvitaan raudan katkaisun tarkoitettua työkalua, sidontakoukkaa ja sidelankaa. Muotit limitetään toistensa kanssa vähintään 200 mm ja sidotaan sidelangalla toisiinsa kiinni. Kulmakohdat tehdään taivuttamalla muottia. Muotin yläpinta sidotaan raudoitukseen muottisiteiden avulla. formex-muottia ei tarvitse purkaa vaan sen voi huoletta jättää maatäytön alle. (Formex asennusohjeet, 2014.)





KUVA 6 Formex-muotilla tehtyä anturalinjaa (formex.fi)

Perustusten muotit toteutetaan monesti myös puutavarasta tehtynä. Puusta tehty muotti tarvitsee muotin pinnaksi laudan tai vanerin ja ne pitää vielä tukea esimerkiksi kiilaamalla. Tällöin muotin tekoon kuluu huomattavasti pidempi aika kuin valmiilla muovikalvomuoteilla. Vanerimuottia tehtiin Tammelassa noin 30 jm hissikuilujen pohjalaattoihin ja seinänostoihin (kuva 7), torninosturin perustuksiin ja sähköpääkeskuksen lattiaan.



KUVA 7 Hissikuilun pohjalaatan puu-vanerimuotti (Rautakorpi)



Tammelan puistokadun tapauksessa muottityöt eivät työnä olisi eronneet paaluanturamenetelmällä paalulaattaan verrattuna. Molemmissa tapauksissa muotit olisi tehty formex-muotilla lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta. Ero olisi tullut käytännössä vain siinä, että paaluanturoihin muottia olisi pitänyt tehdä paljon enemmän. Antura menetelmässä maanvarainen lattia ei olisi tarvinnut omaa muottiaan, koska lattia olisi valettu sokkelielementtejä päin.

#### **4.4 Raudoitus**

Betonirakenteet pitää pääsääntöisesti raudoittaa betonin huonon vetokestävyyden takia. Betonissa käytetyllä teräksellä tarkoitetaan yleensä kuumavalssamalla ja/tai kylmämuokkaamalla teräksestä valmistettua harjakuvioista terästä. Nykyään betoniteräksiset valmistetaan pääsääntöisesti romuraudasta. (BY 201, 2018, 270-271.)

Raudoitukset asennetaan rakennesuunnittelijan piirtämien piirustusten mukaan. Raudoitteet toimitetaan työmaalle yleensä mahdollisimman pitkälle hitsattuina lopulliseen muotoon, jotta itse raudoittaminen olisi mahdollisimman helppoa. Tavoitteena on, että työmaalla raudoitteiden katkominen ja taivuttaminen olisi mahdollisimman vähäistä. (BY 201, 2018, 290.)

Raudoittaessa on tärkeää muistaa, että betonipeitteen pitää olla vähintään 10 mm mutta kuitenkin yleensä lähempänä 50 mm. Betonipeitteellä tarkoitetaan betonikerroksen paksuutta uloimmasta raudoituksesta betonin pintaan. Betonipeite suojaa teräksiä korroosiolta. (BY 201, 2018, 268.)

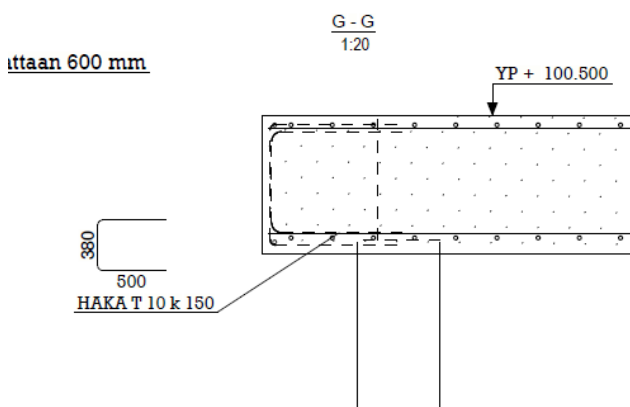
Laatan ja anturoiden raudoituksissa alapinnan betonipeitevaatimukset varmistetaan raudoituksen tuennalla. Raudoitus voidaan tukea erilaisilla korokkeilla. Laatan ja anturoiden korottamiseen käytetään useimmiten muovisia väliketankoja tai pohjalaattavälikkeitä. Pohjalaattavälikkeet soveltuvat hyvin eristeen päälle asennettaviksi ja kestävät hyvin kuormaa. Niiden kanssa useasti käytetään työteräksiä

raudoituksen helpottamiseksi. Väliketangot eivät tarvitse työteräksiä raudoittamiseen, vaan pääterästen raudoittaminen voidaan aloittaa suoraan niiden päältä. Laattojen ylä- ja alapinnan raudoituksen välissä käytetään siihen tarkoitukseen hitsattuja tai väännettyjä tukiansaita tai pukkeja. (BY 201, 2018, 287-288.)

Ennen maanvaraisten laattojen raudoituksen aloitusta alapohja lämmöneristetään. Se suunnitellaan yhdessä roudaneristuksen kanssa. Maanvaraisen alapohjan U-arvo pitää olla alle tai yhtä suuri kuin 0,16 W/m<sup>2</sup>K. Alapohja suunnitellaan ilma- ja höyrytiiviksi ja kaikkien läpivientien tiiviydestä huolehditaan. Tämä on erityisen tärkeää isoilla radon esiintymisalueilla. Lämmön- ja roudaneristeenä käytetään yleensä styroxia, mitkä ladotaan tiivistetyn kapillaarisoran päälle. Laatan raudoitus aloitetaan eristeen päältä. (RT 83-11009, 2010.)

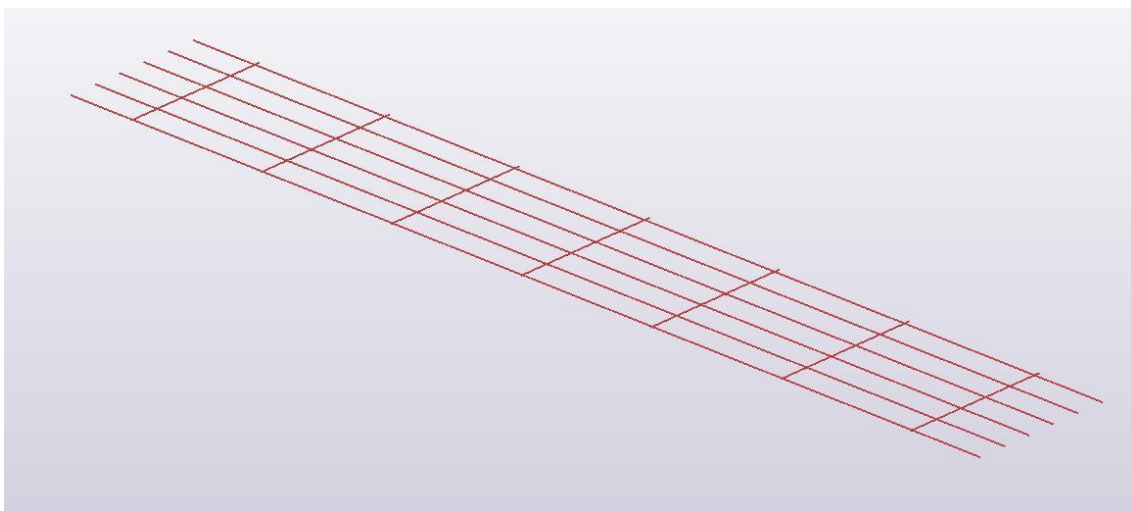
#### 4.4.1 Paalulaatan raudoitus

Raudoituksena paalulaattaan oli suunniteltu 12 mm vahva harjateräs sekä pysty-, että vaakasuunnassa 150 mm jaolla. Tämä raudoitus tuli sekä ylä-, että alapintaan. Paalulaatan reunoille oli suunniteltu kuvan 8 mukaiset 10 mm paksut hakaset 150 mm jaolla. Hakaset toimitettiin työmaalle valmiiksi hitsattuina 6 m pitkinä raudoituselementteinä. Työmaalla asennusvaiheessa ne nostettiin alapinnan terästen päälle ja kiinnitettiin kaistaraudoitteisiin sidontalangalla sitomalla. Ylä- ja alapinnan teräkset erotettiin toisistaan raudoituspukeilla, jotka asennettiin 600 mm jaolla alapinnan raudoituksen yläpuolelle. (Liitteet 3, 4 ja 5.)



KUVA 8 Paalulaatan reunahaat (Sokopro, 2021)

Raudoitustyön helpottamiseksi Tammelan puistokadulla käytettiin paalulaatan pääteräksinä kuvan 9 mukaista kaistaraudoitetta. Kaistaraudoite on yhteen suuntaan toimiva raudoite, jossa pääteräkset ovat hitsattu elementin muotoon sidetangoilla. Tämä mahdollistaa raudoitteiden jakamisen melko taloudellisesti raudoitustarpeen mukaan sekä raudoitteiden suhteellisen nopean asennustavan. Kaistaraudoitteet asennetaan latomalla ne ristiin kahteen eri kerrokseen, jolloin ne muodostavat yhden raudituskerroksen. Kaistaraudoitteen mitat olivat 6 m x 1,2 m.



KUVA 9 Kaistaraudoite (kivitalo.fi)

Paikallavalu- ja elementtiseiniä varten lattian raudoitukseen tarvitsee myös asentaa sauma- ja tartuntatapit. Mittamies merkkää raudoitukseen tappien tarkat paikat, jonka jälkeen tapit asennetaan hitsaamalla tai sitomalla ne pääteräksiin suunniteltuun korkoon. S-piste tapit olivat Tammelassa 16 mm vahvaa harjaterästä ja elementtien saumaraudat taas 12 mm vahvaa terästä (Sokopro, 2021).

#### 4.4.2 Paaluanturan ja maanvaraisen laatan raudoitus

Anturan raudoituksena käytetään pääsääntöisesti pitkittäissuuntaista pääraudoitusta ja poikittaissuuntaista leikkausraudoitusta. Pääraudoitukset suunnitellaan yleensä halkaisijaltaan 12-32 mm paksuiksi ja niiden tehtävä on vastaanottaa

veto- ja puristusjännitystä. Leikkaus- eli hakaraudoitteet muodostavat pääraudoitteen ympärille kehikon. Haat sidotaan siis pääraudoitusten ympärille ja niiden tarkoituksena on vastaanottaa tukien läheisyydestä leikkausvoimista aiheutuvaa vetojännitystä. Hakaraudoitteena käytetään yleensä 5-10 mm vahvaa harjaterästä. (BY 201, 2018, 263-264.)

Anturaraudoitukset valmistetaan useasti tehtaalla valmiiksi elementeiksi. Tällöin työmaalle jää vain raudoituselementtien nosto paikalleen ja muutamien irtto-/sidentaterästen kiinnittäminen. Tämä nopeuttaa huomattavasti työmaan toimintaa. (raudoitusrintala, n.d.)

Anturan raudoitukseksi Tammelaan suunniteltiin yhdessä rakennesuunnittelijan (Mustonen) kanssa pääteräksiksi 6 x 16 mm teräkset ja leikkausraudoiksi 8 mm vahvat haat 300 mm jaolla. Maanvaraiseen laattaan suunniteltiin 10 mm vahva verkko sekä ylä-, että alapinnassa ja laatan reunoilla 8 mm vahvat haat 300 mm jaolla. Elementtien sauma- ja tartuntatavat olisivat olleet samat kuin paalulaatasakin.

#### **4.5 Betonointi**

Betonointi toteutetaan työmaaolosuhteissa pääsääntöisesti pumppaamalla. Tällöin betoni siirretään valettavaan paikkaan joko betoniauton omalla pumpulla tai pelkästään pumppaamiseen tarkoitettulla pumppuautolla. (BY 201, 2018, 421.)

Laattarakenteiden betonoinnissa on tärkeää, että jälkihoidolle ja betonoinnille jää riittävästi aikaa. Rakenteita ei myöskään pidä kuormittaa liian aikaisin. Laattojen valussa pyritään välttämään saumakohtia eli valu toteutetaan suoraviivaisesti laatan toisesta laidasta toiseen laitaan. Valamisen yhteydessä betonin täryttäminen on tärkeää tehdä oikeaoppisesti, sekä toteuttaa mahdolliset kaadot kaivoille. (RATU 0403, 2012, 10-11.)

Paksuja betonilattioita valettaessa koko paksuutta ei saa valaa kerralla. Esimerkiksi Tammelan 500 mm paksu paalulaatta valettiin niin, että betonia valettiin ensiksi jonkin matkaa puolet laatan paksuudesta ja kun ensimmäinen kerros oli

edennyt 5–10 m valettiin toinen kerros päälle. Syy tähän on sama kuin seinärakenteiden kerrosvaluilla, että jos betonia valaa kerralla liian paksun kerroksen niin täryttäessä ylimääräinen ilma ei pääse pois betonista. (BY 201, 2018, 341.)

Betonilattioiden hiertäminen voidaan aloittaa, kun kovettumisen alkuvaiheessa laatan pinnalle noussut vesi alkaa imeytyä takaisin betoniin ja betoni on alkanut sitoutua. Isoja laattoja hierrettäessä hierto toteutetaan yleensä hiertokoneella. Paikat mihin koneella ei pääse, joudutaan tekemään puu- tai teräshiertona. Lat-tialaatan toimivuus riippuu paljolti laatan muutaman millimetrin paksuisesta pin-nasta. Hierron toteuttaminen oikeaoppisesti ja oikea-aikaisesti on siis laattara-kenteen toimivuuden kannalta erityisen tärkeää. (BY 201, 2018, 422.)

Betonilattioiden jälkihoito toteutetaan kastelemalla betonia, estämällä veden haihtuminen peittelemällä valettu alue sekä ruiskuttamalla jälkihoitoainetta. Vas-tavaletun betonin jälkihoidolla turvataan betonille edulliset kovettumisolosuhteet kuten riittävä kosteus lujuuden kehitystä varten, oikea ja riittävä lämpötila ja be-tonipinnan suojaus sateelta, tuulelta, auringonpaisteelta ja kylmyydeltä. (BY 201, 2018, 242.)

Paalulaatan betonointi toteutettiin kuvan 10 mukaisesti pumpulla pumppaamalla. Laatan jälkihoito toteutettiin ruiskuttamalla laatan pintaan jälkihoitoainetta pinnan oikaisun yhteydessä. Lisäksi pinta hierrettiin helikopterilla, heti kun sen oli mah-dollista. Pintaa myös kasteltiin vettä sumuttamalla seuraavina päivinä, jotta pinta pysyi riittävän kosteana. Muutama päivä valun jälkeen laatan pinta hiottiin, eikä sitä kuormitettu yhtään ennen tätä.



KUVA 10 Tammelan paalulaatan valu käynnissä (Rautakorpi)

## 5 LAADUNVARMISTUS

### 5.1 Yleisesti

Laatu on rakentamisessa kaiken lähtökohta. Yhteiskunta itsessään asettaa laadussa velvoitteet jo todella korkealle, mutta yleensä rakennusliikkeillä itsellään tavoitteet ovat vielä paljon korkeammalla. Rakennustyö laatu voidaan täsmentää kolmella sanalla:

- Asiakkaan tarpeet
- Taloudellisuus
- Yhteiskunnan asettamien vaatimusten täyttäminen (esim. turvallisuus ja pitkäaikaiskestävyys)

(BY 201, 2018, 177.)

Työmaalla tapahtuville tuotannon laadunvarmistustoimilla varmistetaan ja todennetaan, että tehty tuote vastaa sopimuksenmukaista laatua. Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia toimenpiteitä, jotka ovat tarpeen laadukkaan tuotteen saavuttamiseksi. Laadukas tuote on sellainen, joka vastaa asiakkaan tarpeita sekä on taloudellisesti toteutettu kummankin osapuolen kannalta. (BY 201, 2018, 177.)

Laadunvarmistusmatriisissa määritellään muun muassa työmaan tehtävät, joista laaditaan tehtäväsuunnitelma. Tehtäväsuunnitelmaan kootaan tehtävien ajalliset ja taloudelliset tavoitteet, laatuvaatimukset, urakkarajat, aloituksen edellytykset, työturvallisuus asiat ja potentiaalisten ongelmien analyysi. Tehtäväsuunnitelman avulla löydetään keinot asetettujen tavoitteiden ja vaatimusten saavuttamiseksi. Mallityön avulla konkretisoidaan työn laatutaso. Työryhmän tekemä mallityö tarkistetaan, havaitut laatupoikkeamat korjataan ennen seuraavaan kohteeseen siirtymistä ja työ hyväksytään referenssiksi seuraaville työkohteille. Mallityön tarkastukseen osallistuvat työvaiheen tekijä, työmaan työnjohto, valvoja, suunnittelija ja arkkitehti. (RATU KI-6029, 2016, 18.)

## 5.2 Raudoitteet

Raudoitteet asennetaan betonirakenteissa sellaisille alueille, jossa esiintyy veto-rasitusta. Raudoitteet asennetaan ja sidotaan suunnitelmien mukaan (BY 201, 2018, 290). Raudoitukset pitää tarkastaa aina ennen betonointia, koska rakenteen korjaaminen betonoinnin jälkeen on todella haastavaa, jos ei jopa mahdollista.

Raudoitustangot eivät saa olla niin ruostuneita, että ruoste heikentää terästen lujuutta ja tartuntaa. Pieni pintaruoste kuitenkin sallitaan. Raudoitteiden pinnalla ei saa olla syöpymiä tai pintahilsettä. Rakenteessa ei myöskään saa olla raudoitteiden tartuntaa heikentäviä materiaaleja kuten jäätä tai rasvaa. Raudoitukset tulee asentaa suunnitelmien niin, että rautaa on suunniteltu määrä ja ne ovat suunnitellun kokoisia sekä, että raudoitteet ovat tuettu ja sidottu tukevasti. Betonirakenteen laadun kannalta on myös tärkeää, että raudoituksia ei asenneta liian tiheään, jotta betoni pääsee rakenteen joka kohtaan ja täryttäminen on mahdollista suorittaa huolellisesti. (BY 201, 2018, 296.)

Raudoitukset kannattaa aina dokumentoida tulevaisuuden varalta. Tilanteen vaatiessa voi esimerkiksi raudoitteista otetuilla kuvilla todentaa, että rakenne on raudoitettu suunnitelmien mukaisesti.

## 5.3 Betonointi ja jälkihoito

Työmaalla suoritettavaan betonirakentamisen laadunvalvontaan kuuluvat betonin vaatimustenmukaisuuden todentaminen ja rakenteiden valmistamisen valvonta sekä tarkastaminen. Rakenteiden valmistamisen valvonta sisältää muotti-, rauditus-, jännitys-, betonointi-, pinnoitus-, jälkihoito- ja lämpökäsittelytyön. (BY 65, 2016, 95.)

Jokaisella työmaalla, jossa valetaan betonia pitää olla vaativuusluokkien mukainen betonityönjohtaja. Betonityönjohtaja vastaa kaikesta betonointiin liittyvistä toimenpiteistä ja laatii betonityösuunnitelman. Betonimassan laatua valvotaan niin valmistuksen aikana tehtaalla, kuin myös työmaalla itse betonoinnin aikana.



Betonityönjohtaja seuraa massan lujuuden kehitystä valuun asennettavien lämpötilanatureiden avulla. (BY 201, 2018, 220.)

Betonia tilattaessa betonilaatu on tarkistettava piirustuksista ja ilmoitettava betonikuormille sopiva kuormaväli. Kuormaväliin vaikuttaa muun muassa muotin eli valettavan alueen korkeus. Valutyön alkaessa massan laatu tarkastetaan silmämääräisesti, että se vastaa tilattua betonimassan laatua. Betonointityöstä tehdään laadunvarmistus kansioon betonointipöytäkirjapöytäkirja. Betonointipöytäkirjaan (liite 12) kirjataan työmaan yleistiedot, valua koskevat tiedot, betonimassan tiedot sekä valettu määrä. (BY 201, 2018, 216.)

#### **5.4 Betonilattiat**

Betonilattioiden laatu koostuu useasta osa-alueesta, riippuen olosuhteista ja lattian rasituksista. Laatuvaatimukseen kuuluu kuitenkin lähes poikkeuksetta suoruus, tasaisuus, kulutuskestävyys, puhdistettavuus ja ulkonäkö. Laadun saavuttamiseksi tärkeätä on työnsuunnittelu, työntoteutus ja jälkihoito.

Betonilattioiden teossa on ensiarvoisen tärkeää muistaa sille esitetyt vaatimukset. Lattian pitää olla riittävän suora ja kaivojen alueella pitää olla suunnitellut kaadot vedenpoistoa varten. Lisäksi valmiissa lattiapinnassa ei halkeamia saisi esiintyä. Tällöin on tärkeää kiinnittää huomiota valuolosuhteisiin, jälkihoitoon ja betonin koostumukseen. Yleisin syy betonilattian halkeamilla on plastisen kutistuman aiheuttamat halkeamat. Plastisten kuivumisen aiheuttamia halkeamia ehkäistään nostamalla betonin vesi - sementti suhdetta, suojaamalla betoni auringonpaisteelta sekä kastelemalla pintaa. (BY 45, 2018, 31.)

Betonilattioissa betonoinnin laadunvarmistus korostuu, koska pinnan pitää kestää kulutusta, näyttää hyvältä ja olla tasainen. Tällöin varsinkin pinnan hierron ja jälkihoidon merkitys on suuri. Hierto on tärkeä työvaihe varsinkin laattarakenteissa. Se parantaa betonin pinnan lujuutta ja kulutuksen kestävyyttä. Lisäksi se myös vähentää betonin huokoisuutta ja tiivistää betonin pintaosan. Hiertoa ei kui-

tenkaan saa aloittaa liian aikaisin vaan se pitää aloittaa vasta kun pintaan erottunut vesi on poistunut. Onnistunut betonin hiennotus myös vähentää hionnan määrää huomattavasti. (BY 45, 2018, 174.)

Betonilattioiden pinta pitää myös hioa hyvän laadun varmistamiseksi. Hionta suositellaan tehtäväksi heti kun lattia sen kestää. Hionnan tarkoituksena on poistaa betonin pinnasta sementtiliima sekä heikko lujuuksinen kerros, jotta pinta saadaan mahdollisimman kestäväksi. (BY 45, 2018, 180.)

Paalulaatan ja maanvaraisen lattian laadunvarmistus koostuu pitkälti samoista asioista. Paksussa paalulaatassa pitää laatan kuivuminen ja jälkihoito huomioida hieman eri tavalla kuin ohuemmassa lattialaatassa. Molemmissa tapauksissa, missä laattojen pinnan ollessa samalla myös lopullista pintaa on pinnan tekeminen laadukkaasti ja jälkihoito erityisen tärkeää.

## 6 TYÖTURVALLISUUS

### 6.1 Yleistä

Työturvallisuudessa kaikista tärkeintä on riskien ennaltaehkäisy. Riskien arviontiin kuuluu vaarojen tunnistaminen ja niiden poistaminen. Erityisen vaarallisista työtehtävistä tehdään omat tehtäväkohtaiset arviot, joissa riskit eritellään yksityiskohtaisesti. (Ratu KI-6034, 2019, 27.)

Työntekijä pitää olla perehdytetty niin, että hänellä on riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä. Lisäksi työnantajan pitää huolehtia, että työntekijä on perehdytetty itse työtehtäväänsä ja siinä käytettäviin työvälineisiin. (Finlex Työturvallisuuslaki, 23.8.2002/738, 14§.)

Vaikka työnantaja on aina viime kädessä vastuussa turvallisuudesta, on työntekijällä myös oma vastuunsa. Työntekijällä on velvollisuus taata työskennellessään myös muiden työntekijöiden turvallisuus sekä tarkastella työnsä vaikutuksia ympäristöön. Lisäksi työntekijän pitää käyttää hänelle määrättyjä suojavaarusteita. Käytännössä yksilöillä on siis myös vastuu toiminnassaan. (Ratu KI-6034, 2019, 79-80.)

Ennen työskentelen aloitusta tehtävää perehdytystä, rakennustyömaalla yhdelläkään henkilöllä ei ole asiaa työmaalle. Lisäksi kaikilla työntekijöillä pitää olla voimassa oleva veronumero ja työturvallisuuskortti. Jokaisen työmaa-alueella liikkuvan on käytettävä kypärää, suojalaseja, suojakäsineitä, tarvittaessa kuulonsuojaimia ja huomionvärisiä työvaatteita. Tulitöitä tekevällä pitää olla voimassa oleva tulityökortti ja työmaan työnjohdon laatima tulityölupa. Yleisestä työturvallisuudesta pidetään myös huolta viikoittaisella työturvallisuusmittauksella. (jatke, n.d.)

## 6.2 Paalutus- ja maanrakennustyöt

Paalutus- ja maanrakennusvaiheessa työmaalla liikkuu suuria koneita. Koneiden työympäristössä ei saa työskennellä vaarallisessa paikassa ja jokaisen työntekijän pitää tietää miten työskennellä suurien koneiden läheisyydessä. Työmaalla varaudutaan melun ja tärinän aiheuttamien haittojen torjuntaan. Työmenetelmät valitaan niin, että haitat jäävät mahdollisimman pieniksi. Esimerkiksi paalutusjuntan iskun aiheuttamaa melua voidaan eristää asentamalla paalun päälle kohdalle juntan aktivaattorikehykseen ääntä eristävä levyrakenne. (Ratu 0444, 2017, 7.)

Turvallinen työskentely kaivannossa edellyttää, että kaivantoa ympäröivien maa-massojen vakaus on selvitetty ja kaivannon reunat on luiskattu tai tuettu vakautta vastaavalla tavalla koko kaivannon aukioloajan. Työtä ei saa aloittaa, ellei kaivannon vakautta ole varmistettu. Tässä ohjeessa esitetään kaivutekniikat, jotka toimivat luiskaamalla toteutettavaan kaivannon vakauttamiseen. (Ratu 0442, 2018, 8.)

Paalutus- ja maanrakennustyöt eivät työturvallisuuden osalta perustusmenetelmissä eroa toisistaan ollenkaan. Molemmissa menetelmissä työt tapahtuvat isoilla koneilla kaivannossa, jolloin töihin liittyvät samat työturvallisuus riskit.

## 6.3 Perustustyöt

Perustustöissä yleisempiä työturvallisuusriskejä ovat suojaamattomat tartuntateräket ja huonot kulkureitit, joissa saattaa olla esimerkiksi harjateräksen pätkiä tai muuta materiaalia mikä aiheuttaa kompastumisvaaran. Lumi lisää riskejä ja vaaroja huomattavasti ja työmaan pitääkin miettiä toimintatavat lumen yllättäessä. Työnjohtajilla on suuri vastuu siinä, jotta työturvallisuusriskit on huomioitu ja ne poistetaan parhaalla mahdollisella tavalla, jottei vahinkoja pääsisi sattumaan missään vaiheessa rakentamista. Lisäksi raudoitustyö on yksi rakennusalan raskaimmista töistä. Siinä työskennellään paljon todella painavien terästen kanssa ja työskentely asennot ovat ergonomialtaan monesti todella huonoja. Painavien terästen kantamista voidaan välttää tehtaalla valmiiksi hitsatuilla raudoituselementeillä, jotka nostetaan nosturin avulla paikalleen. (BY 201, 2018, 297.)

Betoni itsessään on väärin käsiteltynä myös vaaraksi. Betonoitaessa pitää muistaa, että betonin emäksisyys ärsyttää ihoa. Lisäksi betoni voi aiheuttaa kemiallisia palovammoja, mitkä voivat syntyä ilman kivun tunnetta. Betonoitaessa pitää siis muistaa pitää huolto asianmukaisesta turvavaatetuksesta. Betonointiin osallistuvien henkilöiden on erittäin tärkeää tietää, miten betonia kuuluu käsitellä turvallisesti. (BY 201, 2018, 328.)

Työturvallisuudessa paalulaatan perustustyöt eroavat paaluanturoiden töistä siinä, että paalulaattaa päästään työstämään kaivannon pohjalla tasaisella alustalla. Paaluanturoilla kaivannossa kulkee 900 mm korkeita anturoita sekä myöhemmin myös kellarin ulkoseinäelementtejä, jotka vaikeuttavat turvallista liikkumista huomattavasti.

## 7 TUTKIMUSTULOKSET

### 7.1 Aikataulu

Aikataulutiedostoja käytetään aikataulujen laadintaan rakennushankkeen eri vaiheissa. Aikataulujen avulla hallitaan rakennushankkeen läpiviemistä ja niitä tarkennetaan tehtäväkohtaisesti. Aikataulusuunnittelu alkaa projekti aikataulun laatimisella, joka toteutetaan hankesuunnittelu vaiheessa. Aikataulua tarkennetaan hankkeen edetessä tehtäväkohtaisiksi aikatauluiksi. Yleisimpiä työmaakäytössä olevia aikatauluja ovat yleisaikataulu, työvaiheaikataulu ja viikkoaikataulu. Yleisaikataulu kertoo hankkeen suunnitellun työnkulun ja työvaiheaikatauluilla ohjataan työmaan etenemistä. Työvaiheaikataulut auttavat työmaata hahmottamaan paremmin töiden etenemisen yleisaikatauluun verraten. Työvaiheaikatauluja tarkennetaan viikkosuunnittelun ja tehtäväsuunnittelun avulla. Viikkosuunnittelun avulla on tarkoitus varmistaa lyhyellä aikavälillä resurssien tehokas käyttö, sekä niiden riittävyys ja työn tavoitteiden toteutuminen. (RATU KI-6028, 2015, 30-35.)

Aikataulu vertailun tarkoituksena on verrata paalulaatan toteutunutta aikataulua paaluanturoiden suunniteltuun aikatauluun. Paalulaatan työvaiheaikataulu on esitetty liitteessä 8 ja paaluanturan työvaiheaikataulu liitteessä 9.

Paalulaattaan oli varattu yhteensä 27 työpäivää. Työt käsittivät eristeasennuksen, muottityön, raudoituksen ja betonoinnin. Tässä ei otettu huomioon maanrakentajan maanvaihto/täyttötöitä eikä pohjaviemäreiden asentamista. Nämä työt tehtiin ennen itse paalulaatan töiden aloittamista, joten ne eivät suoraan vaikuta itse paalulaatan aikatauluun. Työt toteutuivat aikataulun mukaan. (Liite 8.)

Perustustöihin paaluanturoilla olisi aikataulutuksen mukaan kulunut 54 päivää. Paaluanturan aikataulu pitää sisällään anturalinjojen teon, sokkelielementtien asennukset, viemäroinnit, maatäytöt ja maanvaraisen laatan teon. (Liite 9.)

Aikatauluja vertaillen huomaa, että paalulaatta valmistuu 17 päivää nopeammin kuin paaluanturamenetelmällä maanvarainen lattia olisi valmis. Toteutustavat ovat erilaisia ja paaluantura mallissa tässä kohtaa kellarin seinät olisivatkin jo asennettuina. Toisaalta kellarin seinäelementtien asentaminen paalulaatan päälle ei muutamaa päivää kauempaa kestä.

Suurin aikataulupoikkeama toteutustavoissa tulee täyttötöistä. Kaivanto olisi heti alkuun pitänyt kaivaa syvemmäksi, koska anturat olisivat lähteneet matalammalta, kun mitä paalulaatta tuli lähtemään. Aikataulullisesti kuitenkin suurin lisäys olisi tullut maanvaraisen laatan täyttötöistä ja pohjaviemäreiden asennuksesta, koska kellarin seinäelementit olisi pitänyt asentaa heti anturoiden päälle, olisi laatan täyttötöyt hidastuneet merkittävästi. Kaivinkoneena ei olisi voinut käyttää isoa konetta huoneiden koon seurauksesta ja maa-aineksen siirto olisi pitänyt toteuttaa monessa paikkaa torninosturin avulla.

Muotti- ja raudoitustöitä olisi myös tullut paljon enemmän paaluantura menetelmällä. Paaluanturoissa formex-muottityötä olisi tullut yli 900 jm, kun taas paalulaatassa muottityötä oli vain 140 jm. Paalulaatassa laatan paksuus on paljon suurempi, mitä maanvaraisessa laatassa olisi ollut, mutta raudoitukseen olisi mennyt lähes sama aika. Molemmat laatat olisi raudoitettu sekä ylä-, että alapintaan. Raudan koko ei myöskään merkittävästi olisi vaikuttanut työn nopeuteen.

## 7.2 Kustannukset

Kustannuslaskelman tarkoituksena on verrata Tammelan puistokadun paalulaatan toteutuneita kustannuksia vaihtoehtoisten paaluanturoiden kustannuksiin. Paalulaatan toteutuneet kustannukset on laskettu laskutetuista laskuista. Kustannuslaskelmat on rajattu itse perustustöihin. Maanrakennusta ei ole otettu huomioon. Perustusten kustannukset koostuvat materiaaleista, työtunneista, urakkahinnoista. Lisäksi paalutus on huomioitu omana kohtanaan.

Tammelan paalulaatan toteutuneet paalutuskustannukset olivat 62 500 €. Paaluja lyötiin yhteensä 307 kappaletta. Tammelan rakennesuunnittelija arvioi, että

jos olisi valettu paaluanturat, niin paaluja olisi pitänyt lyödä noin 10 % enemmän. Tällöin kustannuksiksi paalunanturoiden paalutuksesta saadaan 68 750 €. Paalutus oli siis paalulaattamenetelmällä 6 250 € edullisempaa. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1 Paalutuksen kustannusvertailu

PAALUTUS	HANK €	YHTEENSÄ €
Paalulaatta	62 500,00 €	62 500,00 €
Paaluanturat	68 750,00 €	68 750,00 €

Paalulaatan ja paalunanturoiden muottityöt eivät eroa toisistaan. Muottityön kustannusvertailusta voidaan kuitenkin havaita, että paalunanturoissa muottityötä on lähes 800 jm enemmän kuin paalulaatassa. Työhön ja materiaaliin kuluu olisi siis kulunut paljon enemmän rahaa paaluantura menetelmällä. Kustannusvertailusta nähdään, että paalulaattaan kului yhteensä 8 337 € kun taas paalunanturoihin olisi kulunut yhteensä 30 720 €. Paalulaatan muottityöt olivat siis yhteensä 22 383 € edullisemmat kuin paalunanturoilla olisi ollut. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2 Muottityön kustannusvertailu

MUOTITUS	MÄÄRÄ määrä	yks	TYÖ h.yht	€/h	yht.€	AINE €/yks	yht.€	HANK yht.€	YHTEENSÄ €/yks.	yht.€
Paalulaatta:										
Formex-muotti	140	jm	32	40	1 280,00 €		2 857,00 €			4 137,00 €
Vanerimuotti (h=0,6)	84	jm	80	40	3 200,00 €		1 000,00 €			4 200,00 €
<b>Yhteensä</b>					<b>4 480,00 €</b>		<b>3 857,00 €</b>			<b>8 337,00 €</b>
Paaluanturat:										
Anturat muotitus FORMEX	906,0	jm	160	40	6 400,00 €	20	18 120,00 €			24 520,00 €
Vanerimuotti (h=0,6)	84	jm	80	40	3 200,00 €		3 000,00 €			6 200,00 €
<b>Yhteensä</b>					<b>9 600,00 €</b>		<b>21 120,00 €</b>			<b>30 720,00 €</b>

Menetelmien raudoitusten kustannuksissa ei käytännössä ole eroavaisuuksia. Paalulaatan raudoitusten kokonaiskustannuksiksi saatiin työn ja materiaalin kanssa 57 198 €, kun taas paalunanturoissa raudoitusten kokonaiskustannukset olisivat olleet 56 556 €. Kokonaishintalappu raudoituksissa on siis menetelmästä riippumatta samaa luokkaa. Huomattavaa kuitenkin on, että rautaa olisi mennyt määrällisesti 10 000 kg vähemmän paaluanturamenetelmällä. Työtä on kuitenkin niin paljon enemmän, että kustannukset nousevat paalulaatan kustannuksien kanssa samalle tasolle. (Taulukko 3.)



### TAULUKKO 3 Raudoituksen kustannusvertailu

RAUDOITUS	MÄÄRÄ		TYÖ			AINE			HANK	YHTEENSÄ	
	määrä	yks		h.yht	€/h	yht.€	€/yks	yht.€	yht.€	€/yks.	yht.€
Paalulaatta rauditus	71197	kg	312	35		10 920,00 €	0,65	46 277,83 €			<b>57 197,83 €</b>
Paaluanturat:											
Anturat	8196,4	kg	160	35		5 600,00 €	0,65	5 327,66 €			10 927,66 €
Maanvarainen lattia	53397,5	kg	312	35		10 920,00 €	0,65	34 708,37 €			45 628,37 €
Yhteensä	61593,9	kg				16 520,00 €		40 036,03 €			<b>56 556,03 €</b>

Betonoinnin kustannusvertailussa on otettu huomioon betonin hinta, pumppaus ja betonin levittäminen. Paalulaattaan betonia valettiin 760,5 m<sup>3</sup>, kun taas paaluanturoihin ja maanvaraiseen lattiaan olisi valettu 483 m<sup>3</sup>. Tästä huomataan, että paalulaattaan valettiin melkein 300 m<sup>3</sup> enemmän betonia kuin, mitä paaluanturamenetelmällä olisi yhteensä valettu. Vaikka paaluanturamenetelmällä maanvaraiseen lattiaan olisi mennyt yli 400 m<sup>3</sup> vähemmän betonia, niin betonin levitys ja lattian hierto ja hionta olisivat olleet saman hintaiset. Lattiabetonointi yritykset tekevät työtä neliöhinnalla. Kustannuslaskelmasta huomataan, että paalulaatan betonointi maksoi yli 20 000 € enemmän kuin paaluanturoilla olisi tullut maksamaan. (Taulukko 4.)

### TAULUKKO 4 Betonin kustannusvertailu

BETONI	MÄÄRÄ		TYÖ				HANK	YHTEENSÄ	
	määrä	yks		h.yht	€/h	yht.€	yht.€	yht.€	€/yks.
Paalulaatta betoni	760,5	m <sup>3</sup>					59 295,07 €	16 340,13 €	<b>75 635,20 €</b>
Paaluanturat:									
Anturat	176,8	m <sup>3</sup>	36	35		1 260,00 €	10 608,97 €		11 868,97 €
Maanvarainen lattia	305,2	m <sup>3</sup>					23 718,03 €	16 340,13 €	40 058,16 €
Yhteensä	482	m <sup>3</sup>					34 327,00 €	16 340,13 €	<b>51 927,13 €</b>

Paalulaatan kokonaiskustannuksiksi saatiin laskuista laskettuna 215 122,37 € (Liite 10) ja paaluanturan kokonaiskustannuksiksi taas muodostui 222 636,52 € (Liite 11). Paalulaatta oli siis 7 513 € edullisempi ratkaisu Tammelassa ilman maanrakennuksen huomioimista, mikä olisi varmasti tehnyt paaluanturoista vielä huomattavasti kalliimmat.

### 7.3 Haasteet

Paalulaatan kohdalla pitää muistaa, että massiivisten rakenteiden tekemisessä on myös omat riskit ja haasteet. Itse laatan tekeminen työvaiheena ei ole mikään iso juttu, mutta varsinkin betonoinnin ja jälkihoidon onnistuminen on tärkeää laadukkaan rakenteen saavuttamiseksi. Massiivisissa betonirakenteissa jälkikäteen tehtävät korjaus- ja huoltotyöt ovat haastavia. Tämän takia massiivisten rakenteiden laadukkaaseen suunnitteluun sekä toteutukseen pitää kiinnittää erityistä tarkkuutta. Jälkikäteen korjaaminen on aina kallista ja aikaa vievää.

Varsinkin rakennuksen ikääntyessä korjaus- ja huoltotoimenpiteet ovat välttämättömiä. Varsinkin viemärit ja vesijohdot täytyy uusida tietyin väliajoin. Näin olen myös alapohjien alapuolelle ja kellarirakenteiden ulkopuolelle tehtävät putkijohdot, kaapelit ja laitteet pitää suunnitella ja toteuttaa siten, että ne voidaan huoltaa ja vaihtaa kantavia rakenteita muuttamatta (RT RakMK-21753, 2018, 3).

Tammelan paalulaatassa pohjaviemäreiden huolto ja vaihto on toteutettavissa, mutta todella työlästä. Paalulaatta joudutaan tällöin sahaamaan viemäreiden kohdalta kokonaan auki. Tämä ei 500 mm vahvassa laatussa ole mikään pieni remontti. Toisaalta 50 vuoden päähän on vaikea ennustaa, että tietäisi miten putkistosaneerauksia silloin toteutetaan. Nykytiedon valossa paalulaatan alapuolisten viemäriinjojen vaihto on haastava ja kallis operaatio.

Toinen ongelma paksussa paalulaatassa on myös laatan kuivuminen tarpeeksi nopeasti, jotta se on päällystettävissä. Maanvaraiset laatat kuivuvat vain yhteen suuntaan, joten se hidastaa kuivumista merkittävästi. Lisäksi betonikerroksen paksuus hidastaa prosessia huomattavasti. Tammelassa kellarin lattioista suurin osa maalataan vesihöyryä läpäisevällä maalilla, jolloin laatan suhteellisen kosteuden pitää olla alle 90 %. Kuvasta 11 huomataan, että Tammelan paalulaatta on valettu elokuun lopussa vuonna 2020. Vuonna 2021 helmikuussa kun paalulaatan valusta on kulunut yli viisi kuukautta, suhteellinen kosteus ei ole laskenut alle 90 % kuin vasta yhdessä mittauskohdassa. Tammelan tapauksessa kuivumiselle on kuitenkin tarpeeksi aikaa, koska luovutus on vasta 2022 loppukeväästä. Tästä herää kuitenkin kysymys, että voidaanko pienemmissä ja

nopeammin toteutettavissa kohteissa perustukset tehdä paalulaattana sen pitkän kuivumisajan takia. Varsinkin jos lattiapinnoitusmateriaali on sellainen, joka tarvitsee esimerkiksi alle 80 % suhteellisen kosteuden. Paaluantura menetelmällä maanvarainen lattia olisi ollut vain 200 mm paksu, jolloin kuivumisajat ovat huomattavasti lyhyempiä kuin 500 mm paksussa laatussa.

Valupäivä	C °	Mittauspää	Koko	PVM	19.11.2020	3.12.2020	18.1.2021	9.2.2021
26.8.2020	+17	31290	200 lohko A PL	RH%	91,4	90,9	91,8	93,1
				°C	6,3	2,9	7,1	9,6
26.8.2020	+17	30980	40 lohko A PL	RH%	94,5	94,2	93,9	92,2
				°C	7,3	2,7	8,2	9,3
26.8.2020	+17	31329	200 lohko A PL	RH%	90,7	90,3		91,1
				°C	5,9	3,0		3,7
26.8.2020	+17	31020	40 lohko A PL	RH%	93,7	93,1		89,8
				°C	6,5	3,0		3,5

KUVA 11 Paalulaatan mittauspisteiden kosteusprosentit (jatke)

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön kohteena oli Jatke Pirkanmaa Oy:n kohde Tampereen Tammella. Työssä vertailtiin Tammelan toteutunutta paalulaatta kuvitteellisiin paaluanturoihin. Vertailu piti sisällään työvaiheet, laadunvarmistuksen, työturvallisuuden, aikataulut ja kustannukset. Lisäksi vertailun tukena käytin betonitekniikan oppikirjoja, RATU-kortteja sekä rakennesuunnittelijan ja pääurakoitsijan henkilöstön kokemuksia aiheesta.

Työvaiheiden ja sitä kautta aikataulujen vertailusta huomataan, että paalulaatta valmistui 17 päivää nopeammin, mitä paaluanturat ja maanvarainen laatta olisi valmistunut.

Kustannuslaskelmista huomataan, että Tammelan kohteessa paalulaatta oli 7 513 € edullisempi mitä paaluanturat olisivat olleet. Kustannuslaskelmissa ei ole huomioitu maanrakennuksen hintaa, mikä olisi ollut paljon kalliimpi paaluantura menetelmällä. Suurimmat kustannuserot menetelmien välillä syntyvät betonista ja muottitöistä. Betoniin meni yli 20 000 € enemmän rahaa paalulaatassa kuin mitä paaluanturoihin ja maanvaraiseen lattiaan olisi mennyt. Muottityöhön ja materiaaleihin olisi taas paaluanturoilla kulunut yli 22 000 € enemmän rahaa kuin paalulaatassa. Paalutus- ja raudoitustöissä ei olisi ollut huomattavaa kustannuseroa. (Liitteet 10 ja 11.)

Vertailu saatiin toteutettua todella hyvin. Paalulaatan kustannukset saatiin laskettua toteutuneista laskuista ja paaluanturakin saatiin Mustosen kanssa suunniteltua niin, että kustannuslaskelmissa päästiin varmasti lähelle oikeita lukuja. Maanrakennus jätettiin pois laskelmista kokonaan, koska urakkahinnan pyörittely paaluanturoille olisi ollut vaikeaa. Maanrakennus on kuitenkin huomioitu kaikissa muissa vertailuissa, joten työvaiheen eroavaisuudet ilmenevät työstä.

Kokonaisuudesta voidaankin todeta, että tämän tyyppisessä asuinkerrostalo kohteessa paalulaatta oli paljon järkevämpi perustusratkaisu kuin paaluanturamenetelmä. Aikataulullisesti paalulaatta oli käytännössä kuukauden nopeampi

sekä lisäksi vielä hieman halvempi. Nopeampi aikataulu tuo myös kustannussäästöjä pitkällä aikavälillä. Pitää kuitenkin muistaa, että kustannuslaskelmat ja aikataulut ovat aina kohdekohtaisia. Tämä työ ei siis kerro sitä, että paalulaatta olisi aina tehokkaampi ratkaisu perustusmenetelmänä. Joissain kohteissa paalulaattaa ei voida rakenteellisesti edes harkita. Lisäksi lattioiden pinnoitustavat vaihtelevat kohteittain. Tammelan kerrostalo on 9 kerrosta korkea ja kerrosala on 1064 m<sup>2</sup>. Normaali yksirappuisessa pistekerrostalossa kerrosala on alle 500 m<sup>2</sup>. Lisäksi harvoin talot ovat yhtä korkeita kuin Tammelassa. Tästä voidaankin päätellä, että pienemmissä kohteissa missä rakentamisaika on lyhyempi, paksun paalulaatan kuivumisen kanssa voi tulla ongelmia.

## LÄHTEET

Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Betonilattiat BY 45. Helsinki. BY-Koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. Betonitekniikan oppikirja BY 201. Helsinki. BY-Koulutus Oy.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. BY 65 Betoninormit. Helsinki. BY-Koulutus Oy.

Jatke Oy. 2021. Luettu 3.2.2021. <https://jatke.fi/jatke/>

Formex asennusohjeet. Verkkoaineisto. Julkaistu n.d. Luettu 28.1.2021. [https://www.formex.fi/media\\_21818/Ladattavat%20tiedostot/Formex-esite.pdf](https://www.formex.fi/media_21818/Ladattavat%20tiedostot/Formex-esite.pdf)

Rauditus Rintala. Verkkoaineisto. Julkaistu n.d. Luettu 28.1.2021. <https://www.rauditusrintala.fi/palvelut-ja-tuotteet/>

Projektipankki. 2021. Verkkoaineisto. SokoPro. Luettu 25.2.2021.

Työturvallisuuslaki. 2002. Verkkoaineisto. Finlex. Julkaistu 23.8.2002. Luettu 29.2.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Tietomalli. 2021. Verkkoaineisto. Solibri Office. Luettu 2.2.2021.

RT 82-10814 Paikallavaletut betonirakenteet. 2004. Rakennustieto Oy.

RT 83-11009 Alapohjarakenteita. 2010. Rakennustieto Oy.

Ratu 0444 Paalutus. 2017. Rakennustieto Oy.

Ratu 0442 Kaivantojen rakenteellinen tuenta. 2018. Rakennustieto Oy.

Ratu 0403 Betonointi 2010. Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6034 Rakennushankkeen työturvallisuus. 2019. Rakennustieto Oy.

Ratu KI-6028 Aikataulukirja. 2015. Rakennustieto Oy.

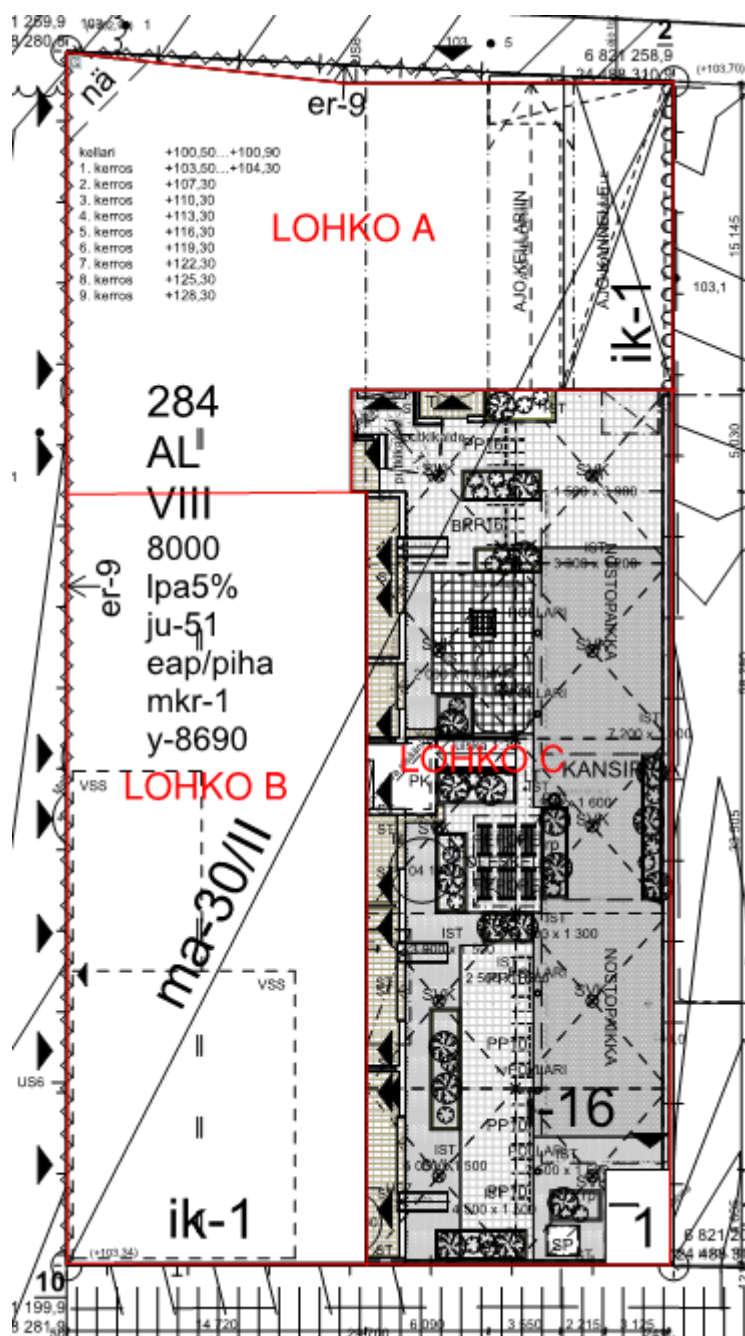
Ratu KI-6029 Rakennustöiden laatu. 2017. Rakennustieto Oy.

RT RakMK-21753 Pohjarakenteiden suunnittelu ohje 2018. Ympäristöministeriö.

Perustukset. 2020. Verkkoaineisto. Betoniteollisuus ry. Luettu 9.3.2021. <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/perustukset/>

## LIITTEET

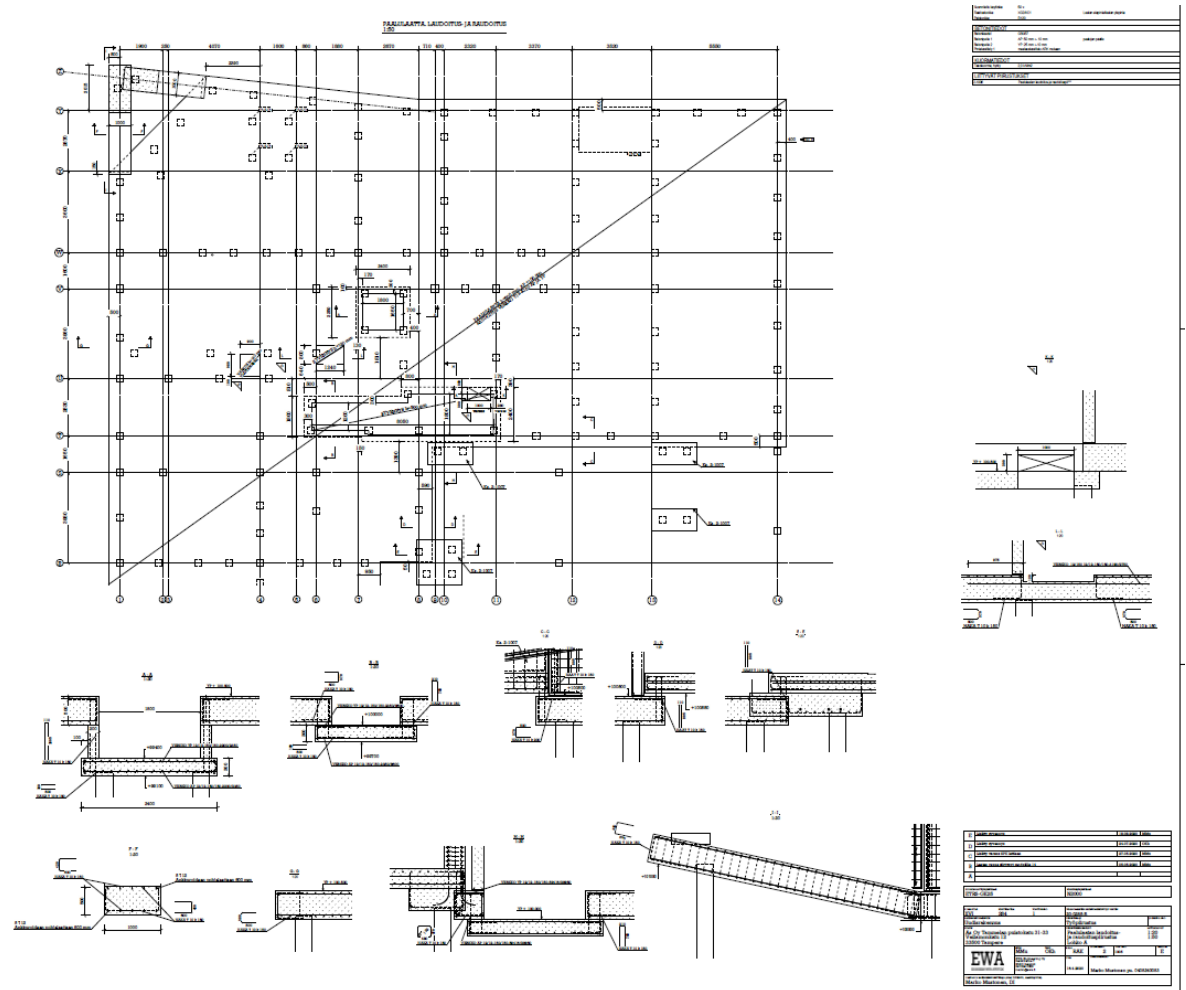
Liite 1. Paalulaatan lohkojako asemakaavaan piirrettynä





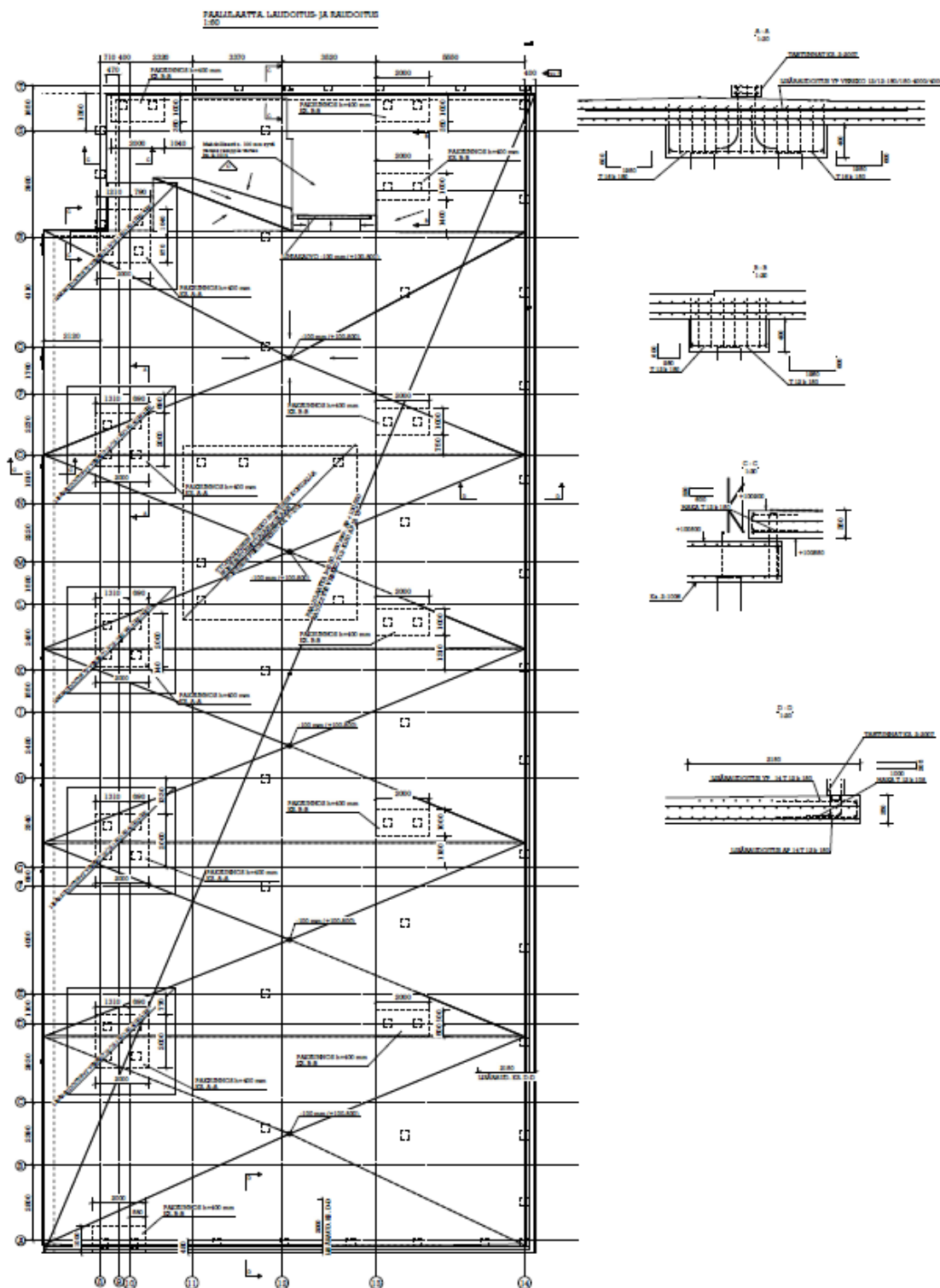


### Liite 3. Paalulaatan laudoitus- ja raudoituspiirustus A-lohko

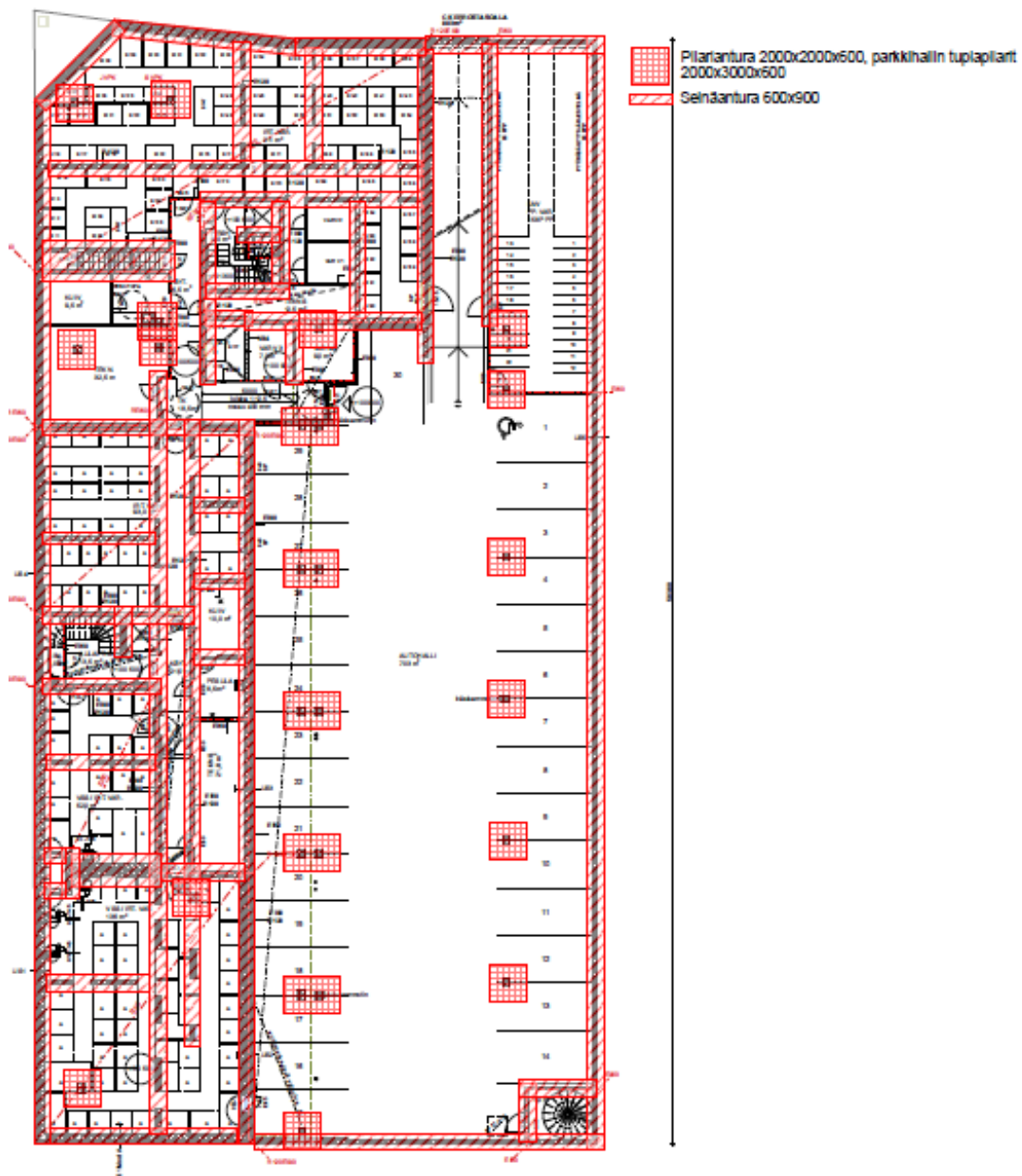




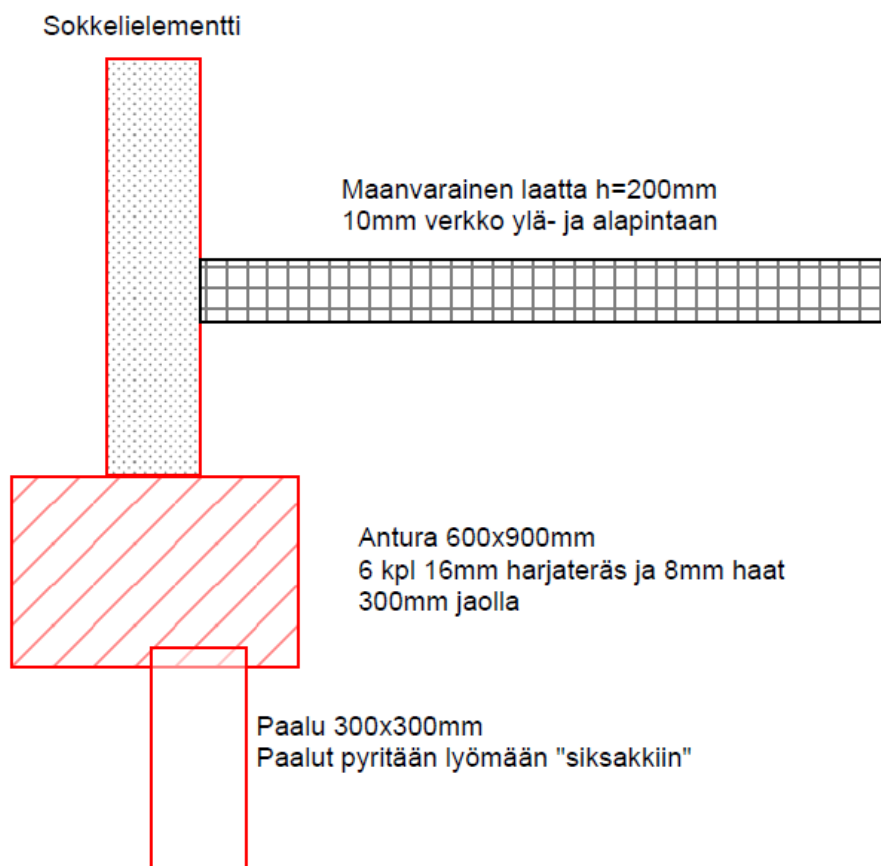
## Liite 5. Paalulaatan laudoitus- ja raudoituspiirustus C-lohko (Parkkihalli)



## Liite 6. Paaluantura mallinnus



## Liite 7. Paaluantura detajli



## Liite 8. Paalulaatan aikataulu

19	- 4	Paalulaatta		27 pv			31.07.20	07.09.20
20	- 4.1	Eristeasennus		12 pv			31.07.20	17.08.20
21	4.1.1	A		4 pv			06.08.20	11.08.20
22	4.1.2	B		4 pv			31.07.20	05.08.20
23	4.1.3	C		4 pv			12.08.20	17.08.20
24	- 4.2	Raudoitus		19 pv	62 800 kg		10.08.20	03.09.20
25	4.2.1	A		6 pv	19 500 kg		18.08.20	25.08.20
26	4.2.2	B		6 pv	17 000 kg		10.08.20	17.08.20
27	4.2.3	C		8 pv	26 300 kg		25.08.20	03.09.20
28	- 4.3	Muotitus		15 pv	232 m2		10.08.20	28.08.20
29	4.3.1	A	145 m	2 pv	73 m2		13.08.20	14.08.20
30	4.3.2	B	130 m	2 pv	85 m2		10.08.20	11.08.20
31	4.3.3	C	185 m	3 pv	74 m2		26.08.20	28.08.20
32	- 4.4	Valu		15 pv	730 m3		18.08.20	07.09.20
33	4.4.1	A	532 m2	1 pv	266 m3		26.08.20	26.08.20
34	4.4.2	B	456 m2	1 pv	230 m3		18.08.20	18.08.20
35	4.4.3	C	778 m2	1 pv	234 m3		07.09.20	07.09.20

## Liite 9. Paaluanturoiden aikataulu

<b>- 1</b>	<b>Anturat</b>	<b>14 pv</b>	<b>31.07.20</b>	<b>19.08.20</b>
<b>- 1.1</b>	<b>Muotitus</b>	<b>8 pv</b>	<b>31.07.20</b>	<b>11.08.20</b>
1.1.1	A	4 pv	31.07.20	05.08.20
1.1.2	B	4 pv	04.08.20	07.08.20
1.1.3	C	4 pv	06.08.20	11.08.20
<b>- 1.2</b>	<b>Raudoitus</b>	<b>9 pv</b>	<b>06.08.20</b>	<b>18.08.20</b>
1.2.1	A	3 pv	06.08.20	10.08.20
1.2.2	B	3 pv	11.08.20	13.08.20
1.2.3	C	3 pv	14.08.20	18.08.20
<b>- 1.3</b>	<b>Valu</b>	<b>7 pv</b>	<b>11.08.20</b>	<b>19.08.20</b>
1.3.1	A	1 pv	11.08.20	11.08.20
1.3.2	B	1 pv	14.08.20	14.08.20
1.3.3	C	1 pv	19.08.20	19.08.20
<b>- 2</b>	<b>Sokkelikivien asennus</b>	<b>8 pv</b>	<b>12.08.20</b>	<b>21.08.20</b>
2.1	A	2 pv	12.08.20	13.08.20
2.2	B	2 pv	17.08.20	18.08.20
2.3	C	2 pv	20.08.20	21.08.20
<b>- 3</b>	<b>Maanvarainen laatta</b>	<b>32 pv</b>	<b>14.08.20</b>	<b>28.09.20</b>
<b>- 3.1</b>	<b>Maatäytöt ja pohjaviemärit</b>	<b>21 pv</b>	<b>14.08.20</b>	<b>11.09.20</b>
3.1.1	A	7 pv	14.08.20	24.08.20
3.1.2	B	7 pv	25.08.20	02.09.20
3.1.3	C	7 pv	03.09.20	11.09.20
<b>- 3.2</b>	<b>Eristeasennus</b>	<b>18 pv</b>	<b>25.08.20</b>	<b>17.09.20</b>
3.2.1	A	4 pv	25.08.20	28.08.20
3.2.2	B	4 pv	03.09.20	08.09.20
3.2.3	C	4 pv	14.09.20	17.09.20
<b>- 3.3</b>	<b>Raudoitus</b>	<b>20 pv</b>	<b>31.08.20</b>	<b>25.09.20</b>
3.3.1	A	6 pv	31.08.20	07.09.20
3.3.2	B	6 pv	09.09.20	16.09.20
3.3.3	C	6 pv	18.09.20	25.09.20
<b>- 3.4</b>	<b>Valu</b>	<b>15 pv</b>	<b>08.09.20</b>	<b>28.09.20</b>
3.4.1	A	1 pv	08.09.20	08.09.20
3.4.2	B	1 pv	17.09.20	17.09.20
3.4.3	C	1 pv	28.09.20	28.09.20

## Liite 10. Paalulaatan kustannuslaskelma

Kustannuslaskelma												
Paalulaatta												
NIMIKE JA SELITYS	MÄÄRÄ		TYÖ			AINE		HANK	YHTEENSÄ			
	määrä	yks	h.yht	€/h	yht.€	€/yks.	yht.€	yht.€	€/yks.	yht.€		
Paalutus								62 500,00 €		62 500,00 €		
Eristys + kannakointi	1766	m2	144	30	4 320,00 €		5 632,34 €			9 952,34 €	9 päivää 2 RM	
Betoni	760,5	m3					59 295,07 €	16 340,13 €		75 635,20 €	Sweroc + SBL	
Raudoitus	71196,66	kg	312	35	10 920,00 €	0,65	46 277,83 €			57 197,83 €		
Formex-muotti	140	jm	32	40	1 280,00 €		2 857,00 €			4 137,00 €	2 päivää 2 RAM	
Vanerimuotti	84	jm	80	40	3 200,00 €		1 000,00 €			4 200,00 €	2 päivää 2 RAM	
Tarvikkeet	1	erä					1 500,00 €			1 500,00 €	Kiinnikkeet tms.	
<b>YHTEENSÄ</b>					19 720,00 €		116 562,24 €			215 122,37 €		





## Liite 12. Betonointipöytäkirja paalulaatta lohko A

**BETONITÖIDEN LAADUNVALVONTAPÖYTÄKIRJA**NRO **7****1. YLEISTIEDOT**

Työnumero	3087
Kohde / Työnumero	Tammelan Puistokatu 31-33
Urakoitsija	Jatke Pirkkanmaa Oy
Urakoitsijan työnjohtaja	Teemu Virtanen
Rakennuttajan valvoja	Markku Palonen
Valupäivä	26.8.2020

**2. VALUA KOSKEVAT TIEDOT**

Valu alkoi	7:07
Valu päättyi	14:50
Valettu alue (sijainti)	Paalulaatta lohko A
Alueen pinta-ala	m2
Laatan paksuus	500 mm
Lämpötila valun aikana	10 - 17
Valutapa	Pumppu
Tiivistystapa	Sauvatärytin

**3. BETONIMASSAA KOSKEVAT TIEDOT**

Betonin toimittaja/asema	SWEROCK
Betoniaseman vastuhenkilö	
Betonin luokka	C30/37
Betonin rasitusluokka*	XC1, XC2
Rae	16
Fillerin+sem. määrä kg/m3	
Notkeus	S3
Käytetyt lisäaineet ja annostus	Notkistin
Kuormakirjojen numerot (liitteenä)	540 004 959

**4. MUUT HUOMIOITAVAT ASIAT**

Toteutunut määrä kuorma- kirjoista laskettuna	266,0 m3
Toteutunut määrä projektin alusta kuormakirjoista laskettuna	527,2 m3

**5. TARKEMITTAUKSET**


---



---



---