

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jere Toivonen

# Pilarien vahvistaminen mantteloimalla rata-alueella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

3.11.2020

Tekijä Otsikko	Jere Toivonen Pilarien vahvistaminen mantteloimalla rata-alueella
Sivumäärä Aika	28 + 5 3.11.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Työpäällikkö Timo Leppänen Lehtori Timo Riikonen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia tehdystä työvaiheesta työselostus, jota voidaan hyödyntää myöhemmin samankaltaisissa hankkeissa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida ja vertailla eri muottijärjestelmien valintaa. Opinnäytetyössä pyrittiin tuomaan esille rata-alueen aiheuttamia haasteita, joita ei normaalissa rakennusympäristössä ole.</p> <p>Opinnäytetyön tekijä on ollut hankkeessa koko ajan mukana työnjohtajana. Opinnäytetyö tehtiin henkilökohtaisten työkokemusten näkökulmasta ja asiantuntijoiden lausuntoja hyväksi käyttäen.</p> <p>Työselostus päätettiin tehdä kyseessä olevan työvaiheen haastavuuden vuoksi. Tässä työssä pyrittiin muodostamaan selkeät arvot toteutustavasta aiheutuneille haasteille ja ongelmille sekä saaduille hyödyille.</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin työn aikana ja jälkeen. Työ tehtiin YIT Suomi Oy:lle. Opinnäytetyötä käytetään jatkossa manttelointitavan valinnan ja mantteloinnin toteutuksena apuna.</p>	
Avainsanat	Manttelointi, Pilari, Rata-alue

Author Title	Jere Toivonen Jacketing of Concrete Columns
Number of Pages Date	28 + 5 3.11.2020
Degree	Civil Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Site Management
Instructors	Timo Leppänen, Project manager Timo Riikonen, Senior Lecturer
<p>The aim of the thesis was to create a practical report which can be utilized in similar projects in the future. In addition, the goal was to evaluate and compare the choice of different formwork systems. The aim of the thesis was also present the difficulties that railway environment presents and are not found in normal construction environment.</p> <p>The author has worked with the project the whole time. This thesis was composed based on the personal experiences and special views and statements from experts and professionals.</p> <p>The incentive for the thesis came from the special challenges and requirements related to this particular work phase. This thesis aspires to set tangible values to the different challenges of the chosen methods and to the benefits and gains achieved.</p> <p>Thesis was done during and after the project. The study was commissioned by YIT Suomi Oy. Thesis will assist in choosing jacketing methods in the future.</p>	
Keywords	Jacketing, column, railway

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Kohde	2
1.3	Tavoitteet	3
2	Radalla tehtävät työt	3
2.1	Työalue	3
2.2	Rata-alueen vaarat ja riskit	3
2.2.1	Aikataulutus	4
2.3	Työajat	5
2.3.1	Päivävuoro	6
2.3.2	Yövuoro	6
3	Työn toteutus	7
3.1	Vanhan pilarin karhentaminen vesipiikkaamalla	9
3.2	Pilarin raudoitus	10
3.3	Pilarin muotti	14
3.3.1	Muotin asennus	15
3.4	Valun edellytykset	17
3.5	Pilarin valu	18
3.6	Muotin purku ja jälkihoito	19
4	Itsestään tiivistyvä betoni	20
4.1	Massanvalinta	21
5	Laadunhallinta	23
5.1	Ennakkosuunnittelu	23
5.2	Laadunvalvonta työmaalla	23
5.3	Laadunvalvonta betonitehtaalla	25

6	Työohjeen laadinnan perusteet	26
7	Yhteenveto	26
8	Pohdinta	27
	Lähteet	28
	<b>Liitteet</b>	
	Liite 1. Betonin tilauslomake	
	Liite 2. Betonin laadunvarmistus betonitehtaalla	
	Liite 3. Vain työntilaaajan käyttöön	
	Liite 4. Vain työntilaaajan käyttöön	
	Liite 5. Työalue	

## Lyhenteet

AVI	Aluehallintovirasto
IT-betoni	Itsestään tiivistyvä betoni
LiVi	Liikennevirasto
Manttelointi	Vanhan rakenteen vahvistaminen valamalla
RSU	Ratatyön suojaulottuma
RTV	Ratatyöstä vastaava

## 1 Johdanto

Tämä työ on työselostustyylinen ja käsittelee vanhojen pilarirakenteiden vahvistamista mantteloimalla rata-alueella. Työmaa on Pasilan Tripla by YIT, joka on Suomen suurin yksittäinen talorakennushanke. Tripla on noin 1,5 miljardin euron hybridihanke, joka toteutettiin Pasilan juna-aseman päällä sekä ympäristössä. Tämä opinnäytetyö on rajattu työn varsinaiseen suoritukseen sekä vaihtoehtoisin työmenetelmiin. Tässä työssä ei oteta kantaa projektin kustannuksiin. Tämä työ tehtiin YIT Rakennus Oy:lle ja jää YIT:lle työohjeeksi vastaavanlaisille työkohteille.

YIT Rakennus Oy on Suomen suurin yksittäinen rakennusyritys, joka toimii talo-, korjaus-, toimitila- sekä infrarakentajana. YIT:n toiminta-alue kattaa Suomen, Venäjän, Baltian maat, Tšekin, Puolan sekä Slovakian. Vuoden 2016 liikevaihto oli noin 1,8 miljardia euroa ja yritys työllisti noin 5300 työntekijää. [1.]

### 1.1 Tausta

Vuonna 2013 Helsingin kaupunki ja Senaattikiinteistöt järjestivät Keski-Pasilan keskustakorttelien suunnittelukilpailun. Voittajaksi valittiin YIT Rakennus Oy:n (nyk. YIT Suomi Oy) ehdotus Tripla. Kokonaisuuteen kuului kauppakeskus, pysäköintilaitos, toimisto- ja asuinkorttelit, aluerakentamista ja Pasilan vanhan juna-aseman uudistaminen. Hankkeen arvo oli noin 1,2 miljardia euroa.

Tässä työssä keskitytään Pasilan vanhan aseman vanhojen osien vahvistamisen problematiikkaan tilanteessa, jossa vanha 3-kerroksinen asemarakennus purettiin ja vanhojen perustusten ja asemakannen päälle rakennettiin kaksi 12-kerroksista toimistornia.

Kilpailuvaiheessa Pasilan asema oli tarkoitus rakentaa kahdessa vaiheessa, itä- ja länsipuoli erillisinä vaiheina. Tällä mallilla rakentamisen kesto olisi ollut 4 – 5 vuotta. Rakennusaikaa lyhennettiin 2 vuoteen tekemällä tilapäinen asema nykyisen aseman pohjoispuolelle. Olennainen lyhentävä vaikutus oli myös kellareissa ja asematasolla tehdyt perustusten ja pilareiden vahvistukset, joita tehtiin vielä vanhan aseman ollessa käytössä. Tähän työvaiheeseen tämä lopputyö pureutuu.

Kaikki radalla tehtävät työt oli ilmoitettava viikkotarkkuudella raiteittain vuosi etukäteen Liikennevirastolle (nyk. Väylävirasto). Tämä informaatio oli olennainen junaoperaattoreiden raide- ja aikataulusuunnittelussa sekä muiden ratatöiden yhteensovittamisessa Suomen toiseksi vilkkaimman juna-aseman alueella.

Valmistuessaan Pasilan juna-asema oli ensimmäinen yksityisessä omistuksessa oleva juna-asema Suomessa.

## 1.2 Kohde

Pasilan asema sijaitsee Helsinkiin johtavan päärautatien yläpuolella ja sitä käyttää merkittävä määrä ihmisiä vaihtaessaan kulkuvälinettä toiseen. Pesararadan valmistuttua tämä määrä moninkertaistuu.

Triplan suunnitelmaratkaisussa nykyinen asemarakennus oli toiminnallisesti vanhentunut ja liian pieni täyttääkseen kohteelle asetetut taloudelliset vaatimukset. Tämän takia vanha asemarakennus purettiin kansitasosta ylöspäin. Purkutyöt suoritettiin siten, että laiturialue oli jatkuvasti turvallinen matkustajille käyttä.

Purkutyön ja uuden asemahallin rakentamisen ajaksi rakennettiin väliaikainen asema, joka toimi sekä kulkusiltana raiteiden yli että odotustilana. Väliaikainen asema purettiin uuden aseman avaamisen jälkeen.

Purkutyön valmistuttua alkoi uuden aseman sekä toimistojen rakentaminen vanhan asemahallin kansitason päälle. Uudet rakennukset ovat niin suuria, että aseman vanhat perustukset eivät olisi kestäneet niistä aiheutuvia kuormia. Tämän takia täytyi vanhat kantavat rakenteet vahvistaa niin, että ne kestäisivät uudet rakenteet ja junaonnettomuuden sattuessa myös mahdollisen romahduksen aiheuttamat kuormat. [3. s. 126.]



### 1.3 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tuottaa selkeä työselostus työnsuorituksesta, mitä voidaan hyödyntää jatkossa samankaltaisissa kohteissa. Liikennöityjen raiteiden päälle rakentaminen on lisääntynyt kaupunkien rakenteen tiivistymisen myötä. Uudisrakentaminen radan läheisyydessä oleviin kohteisiin vaatii aina erikoissuunnittelua sekä erikoiskalustoa. Oman lisänsä tuovat käytössä olevat liikenneyhteydet (metro, juna, raitiotie, bussit sekä kevytliikenne), jotka on aina huomioitava kaupunkikehityskohteissa.

## 2 Radalla tehtävät työt

### 2.1 Työalue

Työalueena oli rata-alue, joka sijaitsee Pasilassa, jossa on suomen toiseksi vilkkain junaliikenne. Pasilan rautatieaseman kautta kulkee arkisin jopa yli 1000 junaa [2]. Raiteelta numero yksi (1) kulkee päiväsaikaan junia 5 minuutin välein. Pasilan asemalla on 9 raideita, näistä pääsääntöisesti työn alla olivat 4, 1- ja 2 sekä 8- ja 9 raiteet. Työalueen pohjakartta on esitetty liitteessä 5.

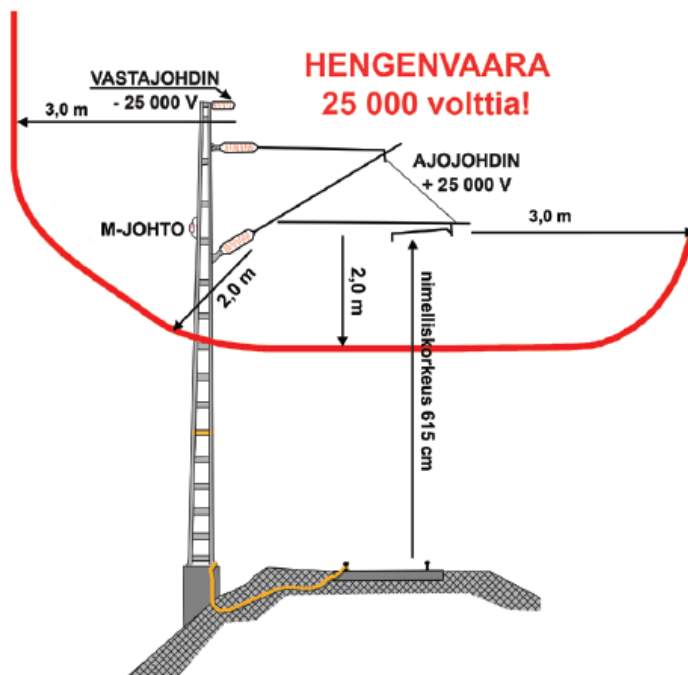
### 2.2 Rata-alueen vaarat ja riskit

Rata-alueella on paljon erilaisia vaara- ja riskitekijöitä, joita ei muualla ole. Rata-alueella tapahtuvat tapaturmat tai vahingot ovat yleensä vaarallisia ja aiheuttavat mittavia vahinkoja, minkä takia tässä työympäristössä kaikkien työskentelevien on oltava perehdytetyjä ja erikseen koulutettuja työskentelemään rata-alueella. Kaikki riskit ja vaarat täytyy olla huolellisesti määritelty työnsuunnitelmissa ennen töiden aloittamista.

Ajojohtimissa kulkee 25 kV:n jännite, joka voi aiheuttaa valokaaren. Sähköistetyn rata-alueen vuoksi kaikki metallinen on aina maadoitettava radan maadoituskiskoon. Tähän lukeutuvat telineet, nostimet, koneet ja pontit. Maadoituksen tekee aina siihen päteväytynyt henkilö. Tässä tapauksessa maadoituksen teki sama urakoitsija, joka suoritti jännitekatkon radoilla.

Sähkökalusto on lähes äänetöntä ja veturi voi painaa jopa 60 tn, joten jarrutusmatkat ovat pitkiä eikä juna voi väistää. Lisäksi asemakannen alapuolella näkyvyys ja valaistus voi olla heikentynyt ja töistä johtuva melu voi peittää junan äänen.

Työmaan siisteydestä on pidettävä hyvää huolta. Raiteella ei saa olla mitään työkaluja tai jätteitä, sillä ne voivat aiheuttaa jopa junan suistumisen raiteelta. Kevyt irtonainen roska voi aiheuttaa sähköiskun vaaran ja junan keulaan lentävä materiaali voi aiheuttaa hätäjarrutuksen junalle, mikä voi aiheuttaa mittavia kustannuksia.



Kuva 1. Ajojohtimien turvaetäisyydet [4.]

### 2.2.1 Aikataulutus

Kaikki työt oli suunniteltava siten, että käynnissä olevat työt voitiin turvallisesti keskeyttää aina ennen kuin raide luovutettiin liikenteelle. Uusia työvaiheita ei voitu aloittaa, ellei ollut varmuutta siitä, että kaikki työt saataisiin valmiiksi niin, että raide voitiin turvallisesti luovuttaa junaliikenteen käyttöön. Junaliikenteen palautuksesta vastasi rataturvavastaava (RTV). Junaliikenteen myöhästyminen ratakatkon pitkittymisen takia voi käydä todella kalliiksi (taulukko 1).

Rata- ja jännitekatkot oli ilmoitettava kolme viikkoa etukäteen rataturvavastaavalle, joka teki tarvittavat ilmoitukset ja lomakkeet LiVi:lle sekä tilasi jännitekatkon suorittajan.

Alustavasti ratakatkot varataan Liikenneviraston kanssa kolme kertaa vuodessa käytävissä koko Suomen rataverkkoa koskevissa ratatyön suunnittelukokouksissa. Niitä tarkennetaan viikoittain pidettävissä RT-palavereissa. Junaliikenteen myöhästymiset vaikuttavat rakennusvaiheisiin. Junaliikenteen myöhästymisen esimerkiksi vaihteen jäämisen vuoksi vaikuttaa rakentamiseen siten, että ratakatkoa ei saada ennen kuin junaliikenne saadaan palautettua normaaliksi. Työvuoroa ei voida aloittaa ilman ratakatkoa.

Taulukko 1. Sanktiot junien myöhästymisestä rakennustyömaan takia [3.]

Liite 6A Sanktiot ratatyövarausten ja jännitekatkojen ylityksestä

Raide	Junamäärä kpl/h	Tunnit 1 ja 2		Tunnit 3 ja 4		Maksimisanktio €/h			
		€/juna/alk 15 min	€/juna/alk 15 min	€/juna/alk 15 min	€/juna/alk 15 min	1h	2h	3h	4h
1	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	
2	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	
3	4	3 000	3 000	1 000	48 000	96 000	112 000	128 000	
4	4	3 000	3 000	1 000	48 000	96 000	112 000	128 000	
5	4	3 000	3 000	1 000	48 000	96 000	112 000	128 000	
5b	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	
Huoltoraide	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	
6	4	3 000	3 000	1 000	48 000	96 000	112 000	128 000	
7	4	3 000	3 000	1 000	48 000	96 000	112 000	128 000	
8	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	
9	12	3 000	3 000	1 000	144 000	288 000	336 000	384 000	

### 2.3 Työajat

Kaikki rakennustyöt suoritetaan täysin junaliikenteen ehdoilla. Suurien junaliikennemäärien vuoksi töitä tehtiin kolmessa vuorossa, seitsemänä päivänä viikossa. Työpanokset painotettiin yö- ja iltavuoroihin, jolloin asemalla on hiljaisempaa, suurimmat ja haastavimmat työvaiheet tehtiin viikonloppuisin, jolloin käytössä on pisin mahdollinen junaliikennekatko mahdollistaen tehokkaan työn suorittamisen.

Arkena töitä tehtiin klo 7.00 – 18.00 päivävuorossa sekä klo 22.00 – 05.00 yövuorossa, mutta etukäteen sovittuna päivävuoroa voitiin pidentää iltaan asti. Ehtona työvuoron pidentymykseen on, että rataturvamies on koko ajan läsnä. Viikonloppuisin tehtiin lauantai

klo 22.00 – maanantai klo 05.00. Tämän mahdollistaa pitkä ratakatko, jolloin kaikki juna-liikenne on tietyltä raiteelta kokonaan poikki ja voidaan keskittyä täysin työn tekoon.

Aina työvuoron päättyessä rata-alue käydään läpi turvamiehen kanssa, jotta raide voidaan luovuttaa liikennekäyttöön ratakatkon päätteeksi. Kaikki irralliset rakennusmateriaalit, työkoneet ja laitteet on oltava RSU:n ulkopuolella ennen kuin raidetta voidaan luovuttaa liikenteelle.

### 2.3.1 Päivävuoro

Päivävuorossa jouduttiin työskentelemään junien liikkussa jatkuvasti ohi, tämä työ suoritetaan turvamiesmenettelyllä. Turvamiesmenettely tarkoittaa sitä, että paikalla on turvamies, jonka tehtävänä on äänimerkein varoittaa ohittavasta junasta. Turvamiehellä ei saa olla muita työtehtäviä turvamiesmenettelyn kanssa yhtäaikaisesti. [3. dia 77.]

Päivällä tehtiin valmistelevia töitä yövuoroa varten sekä pieniä töitä, joita voitiin tehdä vaarantamatta junaliikennettä. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi raudoitukset, tartuntojen poraus ja juottaminen. Päivällä ei ollut mahdollista kuljettaa mitään raskaita tavaroita rata-alueella eikä käytössä ole mitään työkoneita.

Päivävuorossa ensisijaisen tärkeää oli suunnittelijoiden kanssa kommunikointi sekä tarvittavien tavaroiden siirtäminen ja hoitaminen varastoalueelle yövuorolle helposti saataville. Päivällä tehtiin niitä töitä, joita ei voida yöllä tehdä, kuten suunnittelun ohjaus, tavaroiden tilaaminen sekä töiden yhteensovitus.

### 2.3.2 Yövuoro

Yövuoro alkoi, kun RTV saa luvan ratatyöhön rataliikennekeskukselta, jonka jälkeen suoritettiin jännitekatko. Vuoron alussa nostettiin koneet raiteelle yön tarpeiden mukaisessa järjestyksessä. Koneiden raiteille nousujärjestys on tärkeä, koska niiden paikkojen vaihtaminen vuoron aikana vie aikaa työltä. Tämän jälkeen hoidettiin logistiset työt, jotta materiaalit saatiin paikoilleen ennen kuukulkijoiden ja kurottajien saapumista.

Yövuorossa tehtiin kaikki valutyöt, piikkaukset ja muut työvaiheet, jotka voivat aiheuttaa junaliikenteelle häiriötä. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi polttoleikkaaminen, vesipiikkaaminen, paaluttaminen ja ponttaaminen.

### 3 Työn toteutus

Rakennuksen uusien perustusten ja olemassa olevien rakenteiden vahvistaminen ajoitetaan vaiheistetuksi purkutöiden kanssa rajoitetut ratakatkot huomioiden. Laiturialueella työskentelyssä joudutaan valitsemaan logistiikka ja kalustoratkaisut rataliikenteen ja -laitteiden ehdoin. Nykyisiä olemassa olevia pilarirakenteita vahvistetaan manttelivaluilla. [4. s. 126.]

Radalla työskenneltäessä on käytössä erikoiskalusto. Koneisiin on asennettu kiskopyörät, jotta ne voivat kulkea raiteilla. Kaikki kiskokalusto tulee olla hyväksytysti katsastettu raidekäyttöön. Käytössä oli kiskopyöräkaivinkoneita, kiskopyöräkurottajia ja kiskopyöräkuukulkijoita.



Kuva 2. Kiskopyöräkaivinkone kiskoilla.

### 3.1 Vanhan pilarin karhentaminen vesipiikkaamalla

Pilarien pinnat karhennetaan vesipiikkaamalla, jotta saadaan varmuus siitä, että uusi betoni saa hyvän kontaktin vanhan betonin kanssa.

Vanha pilari tulee karhentaa siten, että pinta on kokonaan rikottu. Karhennuksen syvyys tulee olla vähintään 3 mm. Tarkoituksena on poistaa vanha vaurioitunut pehmeä betoni.

Vesipiikkaamisessa tulee huomioida sähköistetyt ajolangat. Tämän takia vesipiikkausta voidaan tehdä vain ratakatkon ja jännitekatkon aikana. Vesipiikkauksessa käytetään erikoiskalustoa esim. korkeapaineauto, jolla voidaan tuottaa 2400-3000 barin vesisuihku, jonka voimasta betoni hajoaa. Vesipiikkauksen aikana melutaso voi ylittää 80 dB(A), joka voi jatkuvana altistuksena johtaa pysyvään kuulovaurioon. Tehokkaan karhennuksen ulottuma vesipiikkaamalla on noin 30 cm. Tämän takia tarvitaan myös kurottaja raiteelle, jotta saadaan pilari huolellisesti karhennettua kokonaan. Vesipiikkauksen suojaetäisyydet ovat 7 m karhennuksessa ja 15 m leikkauksessa. Jos aluetta ei voida turvallisesti rajata, käytetään alamiestä, joka varoittaa alueella tapahtuvasta vaarallisesta työstä. Työssä on aina huomioitava muut sillä hetkellä käytössä olevat raiteet.



Kuva 3. Karhennettu betonipinta ja käsittelemätön betonipinta.

### 3.2 Pilarin raudoitus

Pilarien karhennuksen jälkeen aloitetaan pilarien raudoitus. Ensin pilariin porataan 14 mm reikiä vähintään 150 mm syvyyteen, jonka jälkeen reiät puhdistetaan paineilmalla pölystä. Tämän jälkeen raudoitusankkurit juotetaan HILTI HIT RE 500 -massalla. Keskimäärin ankkureita pilaria kohden oli tässä kohteessa 310 kpl.





Kuva 4. Ankkuroitu pilari

Ankkureiden asennuksen jälkeen aloitetaan varsinainen raudoitustyö. Pääteräksinä toimivat 7 – 11 m pitkät ja 32 mm paksuiset pääteräkset, joita oli 20 kpl pilaria kohden. Tämän jälkeen aloitetaan ympäröivien hakasten asennus. Keskimäärin yhdessä pilarissa oli 1100 kg terästä.

Tilanahtauden vuoksi ensin juotettiin useampaan pilariin tarpeeksi paljon ankkureita, jotta laiturialueelle voitiin tuoda vain sen verran pääteräksiä, että ne saatiin asennettua paikalleen. Tämän jälkeen asennetaan muutama pilaria ympäröivä hakanen, joilla varmistetaan se, etteivät teräkset pääse kaatumaan päivän aikana.

Pilarin pääraudoitukset ja pilarien yläosat pystytettiin raudoittamaan vain yöaikana. Päivällä voitiin juottaa raudoitusankkureita ja asentaa pilaria ympäröiviä hakasia, kun pääraudoitus oli paikallaan.

Raudoituksen valmistuttua jokaiselle pilarille tehdään raudoitustarkastukset. Jokainen pilari tarkastettiin erikseen yhdessä laatuinsinöörin ja rakennesuunnittelijan kanssa.



Kuva 5. Raudoitettu pilari ja puutavarasta tehty teline päivävuorolle raudoittamista varten.



Kuva 6. Massiivipilari raudoitettuna.

### 3.3 Pilarin muotti

Tämän kohteen muottijärjestelmän valinnassa pohdittiin muotin toimivuutta ahtaissa olosuhteissa huomioiden turvallisuus, kustannukset, aikataulu ja rakennuksen laatuvaatimukset. Myös IT-massan aiheuttama muottipaine piti ottaa huomioon.

Pilarin muotiksi valittiin lasikuitumuotti, joka tilattiin mittatilaustyönä Fin-Formilta. Tähän muottivalintaan päädyttiin projektin tiukan aikataulun ja lasikuitumuotin kustannustehokkuuden ja uudelleenkäyttömahdollisuuksien vuoksi; muottia voitaisiin käyttää uudelleen jopa muilla työmailla. Lasikuitumuotteja tilattiin 2 sarjaa ja muotitettavia pilareita oli kahta erilaista muotoa. Useampi muottisarja mahdollisti paremman muottikierron sekä sen, ettei muotteja tarvinnut siirrellä raiteelta toiselle. Massiiviset pilarit tehtiin Perin muottijärjestelmillä (kuva 8). Joissain erikoistilanteissa täytyi hyödyntää sahatavaramuotteja.

Lasikuitumuotti vahvistettiin pystyteräksillä ja ympäröivillä teräksillä, jotta se kesti IT-massan aiheuttaman valupaineen. Tarvittaessa lasikuitumuottia pystyy vahvistamaan lisäämällä siihen pystyteräksiä.



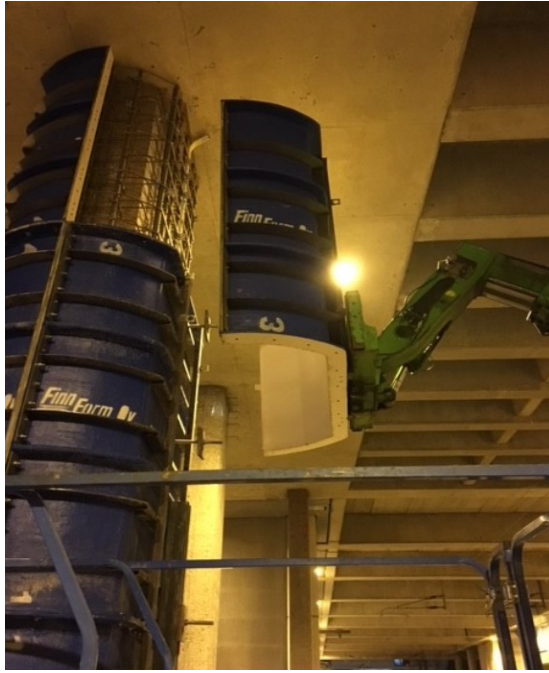
Kuva 7. Valmis muotti asennettuna.

### 3.3.1 Muotin asennus

Muotti pestään ja harjataan huolellisesti ennen jokaisen asennuksen alkua, jotta valupinta jää mahdollisimman puhtaaksi. Muotin sisäpinnat sivellään öljyllä, jotta betoni ei kiinnity muottiin. Tämän ansiosta saadaan myös siistimpi betonin pinta ja saadaan pidennettyä muotin käyttöikä, kun betoni ei pääse tarrautumaan muotin pintaan.

Muotti kiinnitetään pilariin siihen juotetulla kierretangolla ja muotit kiinnitetään toisiinsa pulttaamalla ylä- ja alareunoistaan tehtaalla esivalmistettuihin reikiin. Muotin alapää kiinnitetään mekaanisesti betoniin pulttaamalla ja tiivistettiin uretaanilla, jotta betoni ei pääsisi vuotamaan alapään saumasta. Muotin asennuksen ja toisiinsa kiinnityksen aikana täytyy tarkastella koko ajan, että raudituksen 40 mm suojaetäisyys täyttyy. Tähän voidaan käyttää apuna hämähäkin muotoisia rauditusvälikkeitä.

Muotin asennusjärjestys on alhaalta ylöspäin. Muotin palat nostetaan yksitellen pilarin ympärille kurottajalla siihen valmistetuilla erikoiskiinnikkeillä (kuva 7), minkä jälkeen ne kiinnitetään tarkasti paikalleen. Muotin turvallinen asentaminen vaati aina kaksi kurottajaa tai henkilönostimen kurottajan lisäksi.



Kuva 8. Muotin paikalleen asentaminen kurottajalla.



Kuva 9. Muottiin hitsattu erikoiskiinnike, josta kurottaja saa kunnollisen otteen.



Kuva 10. Massiivipilarin muotti

### 3.4 Valun edellytykset

Ennen valua pitää raudoitustarkastukset olla tehty ja hyväksytyt yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa.

Vanhan pilarin pintaa pitää kastella ennen valua vähintään viikon ajan päivittäin, jotta vanha betoni ei ole liian kuivaa. Liian kuiva betoni imee tuoreesta betonista veden itseensä ja uusi betoni alkaa halkeilemaan.

Vanhan pilarin ulkopinnan lämpötila täytyy olla yli 5 °C. Jos pilari on päässyt kylmemmäksi, niin pilaria täytyy lämmittää, että se on kauttaaltaan tarpeeksi lämmin.

Tässä kohteessa käytettiin erillisiä telttoja lämmittämiseen. Jos pilari oli altistunut kylmälle pidemmän ajanjakson ajan, porattiin pilariin reikä ja laitettiin syvemmälle lämpömittari ja pilaria lämmitettiin niin kauan, että voitiin todeta pilarin riittävä sisälämpötila valua varten.

### 3.5 Pilarin valu

Kun tiedetään, milloin pilari voidaan valaa, aloitetaan betonointisuunnittelu. Pilarit joudutaan valamaan rataaksojen yli ratakatkojen aikana, joten kaikki valut joudutaan tekemään yöaikaan tai viikonloppuisin. Betoni tilataan työmaalle sille tarkoitetulla tilauslomakkeella (liite 1), jossa ilmenee rakennesuunnittelijan määrittämät betonin lujuus- ja vaatimusluokat.

Betoniasema hoitaa pumpun, massat sekä laborantin valupäivänä ajallaan paikalleen. Pumpunkuljettaja tilaa lisämangat soitosta, tämä helpottaa työnjohtajan työtaakkaa valupäivänä.

Valupäivänä betonipumppu tulee työmaalle tunnin ennen suunniteltua valua, jolloin kuljettaja petaa pumpun sille osoitetulle paikalle, tekee pumpun pystytyspöytäkirjan sekä mittaa tarvittavat letkut. Kun ratatyöhön on saatu lupa, letkut vedetään radalle valetta-vaan kohteeseen ja tehdään tarvittavat liitostyöt. Kun kaikki on valmista, soitetaan ensimmäinen betonikuorma ja laborantti paikalle ottamaan koekappale ja leviämäko. Tehtaalla on otettu jo ilmamassakoe.





Kuva 11. Pilari valussa. Valuletkut liitettynä muotin alaosaan.

### 3.6 Muotin purku ja jälkihoito

Muotin purku tehdään yöaikaan samalla tavalla kuin sen kasaus, mutta päinvastaisessa järjestyksessä. Muotit siirretään seuraavan mantteloitavan pilarin läheisyyteen tai jos pilarin rauditus on valmis ja tarkastettu, muotit voidaan asentaa suoraan seuraavaan pilariin.

Muotin purku voidaan aloittaa keskimäärin 3 vuorokauden kuluttua betonoinnista. Puristuslujuus  $10 \text{ MN/m}^2$  täytyy olla saavutettuna ennen muotin purun aloittamista.

Tuoreen betonin jälkihoito alkaa heti muotin purusta. Betonin jälkihoito, lämmitys ja kastelu on suoritettava betoninormien mukaisesti. Tässä kohteessa ei ollut vaaraa suorasta auringonpaisteesta tai vesisateesta, sillä pilarit olivat asemakannen alla suojassa säiltä. Pilaria oli jatkuvasti kasteltava kahden viikon ajan, jotta tuoreen betonin pintaan ei syntyisi mikrohalkemia. Jälkihoitoaika on vähimmillään 3 – 4 vrk. Betonin jäähtymisen arvo oli asetettu massiivisille valuille  $15 \text{ }^\circ\text{C/päivä}$ .

#### **4 Itsestään tiivistyvä betoni**

IT-betoni on hyvin juoksevaa, leviävää ja erittäin notkeaa betonimassaa. IT-betoni on nimensä mukaan oman painonsa avulla itsestään tiivistyvä ilman erillistä tiivistystyötä eikä erotu helposti. Massan hyvä tiivistyvyys saadaan aikaan lisäaineilla, joita ovat mm. lisähienoainekset ja tehokkaat notkistimet. IT-betoni on hienorakeista betonia, jonka suurin raekoko on 16 mm. IT-betonilla voidaan valaa tiiviitä, kestäviä ja lujia rakenteita vaikeissakin valukohteissa. Huokoistettuna itsetiivistyväbetoni on sään- ja pakkasenkestävä sekä täysin vesitiivis betoni.

Tyypillisiä käyttökohteita IT-betonille ovat muun muassa:

- vaikeasti valettavat ahtaat monimuotoiset rakenteet
- tiheästi raudoitetut rakenteet
- erityyppiset mantteloinnit
- arkkitehtoniset puhdasvalupinnat

IT-massavaluja voidaan pitää vaativina erikoisbetonointeina.

Itsestääntiivistävyysominaisuuden aikaansaamiseksi IT-betoneiden koostumus on sellainen, että massan työstettävyyssajat ovat pidempiä kuin normaali betoneilla, usein noin 1 - 3 tuntia. Massan sitoutuminen alkaa vasta noin 5 – 7 tunnin kuluttua massan valmistuksesta.[6.]

#### 4.1 Massanvalinta

Kun valitaan kohteeseen soveltuvaa betonilaatua, tulee ottaa huomioon, millaisiin ympäristörasituksiin betonirakenne joutuu. Rasituksia ovat mm. kemialliset, pakkas- ja paine-rasitukset. Suunnittelijan on suunniteltava rasitusluokka rakenteille ja merkittävä ne rakennepiirustuksiin ja työselostukseen. Rasitusluokat antavat raja-arvot eri betoneille.

BETONI:	C40/50, kutistumaton	
KIVIAINEKSEN SUURIN RAEKOKO		Ø16
TERÄS: (SFS-EN 10027-1)	T=A500HW, B500B S=S235JRG2 K=KB500K SFS 1257 E=B600KX SFS 1259	HITSATTAVA PYÖRÖTERÄS VERKOT RUOSTUMATTOMAT RAUDOITTEET
SEURAAMUSLUOKKA	CC3	
LUOTETTAVUUSLUOKKA	RC3	
TOTEUTUSLUOKKA	3	SFS-EN 13670
TOLERANSSILUOKKA	1	SFS-EN 13670
PALOLUOKKA:	R180	
HITSAUSLUOKKA:	C	SFS-EN-ISO 5817
SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ:	100 v	
YMPÄRISTÖRASITUS:	XC3, XF1	
BETONIPEITE:	40mm ± 10mm	
BETONIPINNAT:	BY 40 2003	LUOKKA MUOA, ELLEI RAKENNUSSELOSTUKSESSA TOISIN MAINITA

Kuva 12. Rakennuspiirustuksiin merkittävät tiedot. Tämän kohteen mantteloitavan pilarin luokitukset. Betonipinnan luokka on A eli puhtasvalupinta. (Sweco Oy)

Tässä kohteessa pyrittiin mahdollisimman tehokkaaseen työskentelyyn. Ratakatkoajat ovat lyhyitä ja tehokasta työaikaa normaaliarkena Pasilassa on vain 4 – 5 tuntia. Kohteessa pilareiden pituus oli 6 – 11 m ja ne ylettyivät asemakannen holvin läpi. Paras lopputulos saatiin IT-betonilla, jolla ei ole valun nousunopeudelle rajoitusta, toisin kuin normaalilla betonilla, joka on yleensä 0,5 m/h. Näin voitiin valaa pilarit painevaluna pilarin alaosaan. Samalla pilarin ja holvin saumasta saatiin tiivis.

Kohteessa betonipintojen luokka oli A, eli puhtasvalupinta, mikä tarkoittaa sitä, että betonipinnalle tulee arkkitehdin määräämiä vaatimuksia pinnan tasaisuuden, värin ja saumojen osalta, sillä ne tulevat kaiken kansan nähtäville.



Kuva 13. Betonoitu pilari

## 5 Laadunhallinta

### 5.1 Ennakkosuunnittelu

Ennakkosuunnitteluun tulee panostaa jo hyvissä ajoin varsinkin ennen talviaikaa, jolloin ulkolämpötilat laskevat. Betonin lujuuskehitys on suoraan verrannollinen ulkolämpötilaan; mitä lämpimämpi ilma, sen nopeammin betonin lujuus kehittyy.

Ennakkosuunnittelu on erittäin tärkeässä roolissa työnsuunnittelun kannalta. Lyhyet työajat, ahtaat paikat sekä junaliikenne on otettava huomioon. Pienikin virhe valussa tai muotin pettäessä voi aiheuttaa suuria kustannuksia ja aikatauluviiveitä. (taulukko 1)

### 5.2 Laadunvalvonta työmaalla

Työmaalla pilarien karhennus sekä raudoitus tarkastettiin ja raportoitiin yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. Raudoitukset käytiin hyvin tarkasti läpi ja kuvattiin, ettei mistään puutu suunnitelmissa esitettyjä teräksiä. Mahdolliset muutokset menivät aina rakennesuunnittelijan hyväksynnän kautta.

Pilareiden muottityötä valvottiin tarkasti, että 40 mm suojaetäisyydet raudoitukseen täytyivät. Jos suojaetäisyys ei täytynyt niin muotti purettiin ja raudoitus korjattiin. Esimerkki löytyy seuraavasta kuvasta (kuva 14).



Kuva 14. Suojabetonin paksuus ei riittävä

Työmaalla betonoinnin laadunvalvonta oli tarkasti suoritettu. Laadunvalvontaa seurattiin useilla laadunvalvonnan välineillä. Jokaisesta pilarin valusta otettiin leviämäkoe, ilmamääräkoe ja koekuutiot, joita säilytettiin 28 vrk työmaalla vesikuutiossa ja toimitettiin sen jälkeen tutkimuslaitokselle puristuskokeisiin. Koekappaleiden puristuslujuus on betonin yksinkertaisin ja yleisesti paras tapa mitata betonin laatua. Puristuslujuus on betonin tärkein ominaisuus.

Taulukko 2. Betonin puristuslujuustaulukko. Kaikki tulokset täyttivät laatuvaatimukset (YIT)

TILAAJAN ILMOITTAMAT TIEDOT				TULOKSET				
Tunnus	Valmistuspäivä	Lujuusluokka	Ikä vrk	Lujuus MN/m <sup>2</sup>	Voima kN	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Muoto ja mitat mm	Testauspäivä
D112Häy18769	13.2.2018		28	73,7	1060	2420	L150x300	13.3.2018
D113Häy18769	13.2.2018		28	71,8	1033	2420	L150x300	13.3.2018
D114Häy18769	13.2.2018		28	72,7	1045	2420	L150x299	13.3.2018
D115Häy18804	13.2.2018		28	62,5	915	2290	L150x300	13.3.2018
D116Häy18804	13.2.2018		28	58,2	852	2290	L150x300	13.3.2018
D117Häy18804	13.2.2018		28	63,1	922	2290	L150x300	13.3.2018

Jokaiseen pilariin asennettiin lämpömittarit keräämään tietoa betonin lämpökehityksestä. Lämpömittareina kohteessa toimivat Testo 176 T4 -dataloggerit.

### 5.3 Laadunvalvonta betonitehtaalla

Ennen betonin valmistusta testataan kiviaineksesta humuspitoisuudet, litteysluku, kiintotiheys sekä vedenimukyky. Kiviaineen ottopaikka, varasto ja kiviaineen valmistuslaitos tarkastetaan kahden vuoden välein. Kolmen vuoden välein kiviaineksesta tehdään radioaktiivisuus ja petrografinen koostumusmittaus.

Valmiista massasta testataan notkeus, lämpötila sekä ilmamäärä. Kovettuneesta betonista testataan puristuslujuus ja vedenpitävyys.

Laadunvalvonta on tarkemmin esitetty liitteessä 2.

## 6 Työohjeen laadinnan perusteet

Työohje laadittiin ensisijaisesti kantavien betonirakenteiden rata-alueella tapahtuvien vahvistamisten työohjeeksi. Kyseisessä kohteessa ohjeistuksen laatimiselle oli selkeä perustelu, työt tehtiin öisin junaliikenteen katkoissa, jolloin työn suunnitteluun oli kiinnitettävä erityistä tarkkuutta. Lisäksi oli varmistuttava siitä, että työt onnistuvat kerralla suunnitellulla tavalla. Laadunhallintaan kiinnitettiin erityistä huomioita niin tämän kuin Liikenneviraston betonointitöiden erityisohjeenkin takia.

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin tehdystä työstä, josta muodostettiin työselostus, jota voidaan hyödyntää jatkossa samankaltaisissa projekteissa. Työn tarkoitus on auttaa havainnollistamaan rata-alueen tuomat ongelmat ja mahdolliset ratkaisut.

Työ toteutettiin vuosien 2016 ja 2017 aikana. Työt saatiin suoritettua niin aikataulullisesti kuin laadullisestikin erinomaisesti. Töiden yhteensovitus junaliikenteen muutosten sekä yökatkojen aikana onnistui hyvin, eikä junaliikenteelle aiheutunut aikataulullista häiriötä töiden takia. Tarkka juna-aikataulu ja ratakatkot loivat hyvät kiinteät aikataulun pakkopisteet niin resurssi- kuin muullekin työn suunnittelulle.

Työssä oli erityisesti onnistuttu oikeassa muottijärjestelmän valinnassa, mikä oli avainroolissa tiukan vuorokautisen työajan vuoksi. Muottijärjestelmän oikea valinta nopeutti työtä ja säästi kustannuksissa.



## 8 Pohdinta

IT-betonin käyttö tässä hankkeessa oli jo aikaisessa vaiheessa tiedossa. Kohteessa oli paljon lähes identtisiä pilareita, ahtaita paikkoja ja rajallinen työaika (n. 6 h). Tällaisessa paikassa ei normaalisti kovettuvaa betonia ole mahdollista käyttää. Normaalisti kovettuvalla betonilla olisi täytynyt pilarit valaa kahdessa osassa ja tämä olisi jättänyt epäesteettisen valusauman pilariin.

Kokonaiskustannuksiltaan IT - betoni ei poikkea normaalisti kovettuvasta betonista. IT-betoni on kuutiohinnaltaan kalliimpaa kuin normaali betoni mutta sen työstettävyyden ansiosta säästetään ajassa ja resursseissa, esimerkiksi normaali betonointi vaatii betonointityönjohtajan ja vähintään kaksi rakennusmiestä valamaan ja täyttämään, kun taas IT-betonoinnissa riittää betonointityönjohtaja ja yksi rakennusmies.

Suunnittelun ja rakentamisen yhteensovittamista ei voi tällaisessa kohteessa liikaa korostaa. Viikoittaisissa suunnittelukokouksissa saatiin laadittujen suunnitelmien tilannekuva selville ja pystyttiin katselmoimaan suunnitelmien toteutuskelpoisuutta. Lisäksi rakennesuunnittelija oli paikalla aina tarvittaessa katselmoimassa haasteita aiheuttavia rakenteita.

Kohteissa, joissa on toimittava junaliikenteen ehdoilla, on hyvä tutustua hyvissä ajoin erilaisiin rakentamistekniikoihin. Triplan kohteessa käytettiin monia erityisratkaisuja, joita ei ole valmiina valmistajien ja tavaratoimittajien jokapäiväisessä valikoimassa, esimerkiksi erikoisrakenteiset muottitelineet radan viereen jännitteisten ajolankojen alle ja läheisyyteen.

Työn suoritusta seurattiin työnjohtopalavereissa viikoittain, mistä muodostui informaatiokanava suunnittelun, projektinjohdon ja työmaan välille. Sen perusteella saatiin tilannekuva reaaliaikaiseksi kaikille osapuolille. Se oli omiaan helpottamaan työnjohdon tarkkaa työnsuunnittelua.

## Lähteet

- 1 Tietoa YIT:sta. 2017. Internet sivu. <<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta>>. Luettu 28.10.2017
- 2 Pasilan läntinen lisäraide. 2017. Internet sivu <<https://www.liikennevirasto.fi/keskipasila#.WfmBGPm0OHs>>. Luettu 28.10.2017
- 3 Pasila One. 2019. PDF tiedosto. Luettu 11.11.2019
- 4 Rataturvallisuuskoulutus materiaali. 2016. PDF-Tuloste. Luettu 29.4.2016
- 5 YIT Rakennus Oy:n Keski-Pasilan keskuskorttelin suunnittelu- ja toteutuskilpailun suunnitelmaehdotus. 2013. Kirjapainos, Luottamuksellinen. Luettu 31.10.2017
6. Rudus, Itsetiivistyvä betoni ITB. PDF tiedosto. Luettu 20.5.2020

## BETONIN TILAUSLOMAKE

Tilaajan tiedot			
Työnumero		Rakenuskohde	
Tilaajan nimi		Tilauspäivämäärä	
Puhelin		Sähköposti	
Betonityönjohtaja 1, puhelin		- Sähköposti	
Betonityönjohtaja2, puhelin		- Sähköposti	

Työmaan osoite		Valitse valikosta		Purkuaika		
Valukohde		-		Aloituspvm		Klo
Rakenneosa				Arvioitu lopetusaika	Pvm	Klo
Auton koko				Valuvauhti		km/h
Määrä				Tauot		

Betonilaatu, valitse alavetovalikosta				Purkutapa		
Lujuus- ja rakenneluokka				Pumppu, koko	<input type="checkbox"/>	m
Rasitusluokka				Pumi	<input type="checkbox"/>	
Max #				Kuoppa/ nosturi	<input type="checkbox"/>	
Notkeus				Linjaa	<input type="checkbox"/>	m
Käyttöikä				Kiinteä linja	<input type="checkbox"/>	
Betonilaatu, vapaakenntä *				Lisätietoja:		
Liikenneviraston vaatimus	-	-	--	O-pumppu		m

Laadun valvonnin tarve:

Lisätiedot:

Ajo-ohjeet:

<b>A Kiviainesvalmistus:</b>			
<b>Kuivaseulonta</b>	Hienot kiviainekset (max 8 mm)	1 / työvuoro	1 / 500 t
	Karkeat kiviainekset	2 / viikko	1/ 1.000 t
<b>Pesuseulonta</b>	Kaikki	1 / viikko	1 / 2.000 t
<b>Humus</b>	Hienot kiviainekset	1 / työvuoro	1 / 500 t
<b>Litteysluku</b>	Murskattu tai osittain murskattu karkea	1 / viikko	1 / 2.000 t
<b>Kiintotiheys ja vedenimu</b>	Kaikki	1 / vuosi	
<b>Pertografinen koostumus</b>	1 hieno ja 1 karkea	joka 3. vuosi	
<b>Kiviaineksen korjaustekijä</b>	yhdistetty runkoaine esim. 16 mm	1 / vuosi	
<b>Radioaktiivisuus</b>	Vain Anjalankosken tehdas	joka 3. vuosi	
<b>B Kiviaines - betonin valmistuksen aikana:</b>			
<b>Kosteusmääritys</b>	Hienot kiviainekset	päivittäin	
	Karkeat kiviainekset	joka 10:s valmistuspäivä	
<b>Silmämääräistarkastus (kiviaines)</b>	vastaanottosiilot, varastot, siirtolaitteet	päivittäin	
<b>Ottopaikka, varastot, valmistuslaitos (kiviaines)</b>	Tarkastuskäynti 2 kertaa vuodessa	tehdään pöytäkirja	
<b>C Betonin valmistus:</b>			
<b>Notkeus (painuma)</b>	kun tehdään koekappale kun mitataan ilmamäärä kun betonin vedentarve vaihtelee voimakkaasti		
<b>Massan lämpötila</b>	kun tehdään koekappale kuumabetonilla joka kuormasta		
<b>Ilmamäärä</b>	kun tehdään koekappale (huokostettu betoni)		
	XF1 XF3 (50 v)	viimeistään päivän 3. annos + joka 6. tunti	<b>A</b>
	XF1 XF3 (100 v)	viimeistään päivän 2. annos + joka 4. tunti	<b>A/T</b>
	XF1 XF3 (200 v)	viimeistään päivän 1. annos + joka 2. tunti	<b>T</b>
	XF2 XF4 P-luku	5:stä ensimmäisestä + joka 10. kuorma vähintään 6 mittausta	<b>T</b>
		<b>A Asemalla</b>	
		<b>T Työmaalla</b>	

## BETONIN LAADUNVARMISTUS

D Kovettuneen betonin testaukset:			
<b>Puristuslujuus</b>	a ensimmäiset 50 m <sup>3</sup>	3 näytettä	
	b alkuvaiheen perhe	1 / 200 m <sup>3</sup> minimi 2 / viikko	perheraportointi
	c jatkuva perhe	1 / 400 m <sup>3</sup> minimi 1 / viikko	perheraportointi
	näytteet pyritään ottamaan tasaisesti perheen eri jäsenistä - tästä seurantalomake, josta ilmenee otetut testimäärät ja reseptit		
	varhaislujuus (7 vrk)	vähintään 1 kpl per loppulujuuskappale	
<b>Pakkasbetoni</b>	3 koekappaletta, alhaisin myytävä lämpötilaluokka - 7 vrk olosuhdesäilytys + 28 vrk normisäilytys		Yksittäinen $\geq$ K -4 MPa Keskiarvo $\geq$ K + 4 MPa
	Tuotannossa raportointi omana perheenä.		
<b>Tiheys</b>	Mitataan aina kun otetaan näyte - lujuutta varten - pakkasenkestävyyttä varten		
<b>Vedenpitävyys</b>	2 heikointia vedenpitävää laatua		kerran vuodessa
	- pienin sideainemäärä / pienin lujuusluokka - paineellisen veden tunkeuma max 100 mm		
<b>Pakkasenkestävyys</b>	Huokosjako arvosteluerittäin		viimeisin ei 6 kk vanhempi
	50 v	1 / vuosi	0,23 ... 0,30 riippuen laadusta
	100 v	2 / vuosi	0,22 ... 0,27 riippuen laadusta
	200 v	kohteittain. Minimi 20 tuotantopäivän välein	0,20 ... 0,23 riippuen laadusta
	Tasokokeen ilmamäärän saa tuotannossa ylittää max 1 % yksiköllä		

E Laitteet		
<b>Vaakat ja annostelulaitteet</b>	kalibrointi kerran vuodessa, joka toinen virallinen (kalibroiduilla punnuksilla)	sem 1 % vesi 2 % kiviaines 1,5 %
	<b>Puristin</b>	kalibrointi kerran vuodessa tasokoe kerran vuodessa
		vuorotellen 6 kk välein
<b>Ilmamittari</b>	kalibrointi	6 kk välein
	Kiviaineksen korjaustekijä	12 kk välein
<b>Koekappalemuotit</b>	kalibrointi kerran vuodessa - ei kuitenkaan useammin kuin 1 / 200 käyttökertaa jos kalibroidut muotit. - muotit ja osat numeroituja	
<b>Muut laboratoriovälineet</b>	Laatukäsikirjassa määritellyllä tavalla.	

