



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# KANAVARAKENTEIDEN KUNNOSTUS

Tukimuurien korjausvalu ja raudoitus,  
Lempäälän kanava

Jesse Leppänen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

LEPPÄNEN, JESSE

Kanavarakenteiden kunnostus  
Tukimuurien raudoitus ja korjausvalu, Lempäälän kanava

Opinnäytetyö 62 sivua, joista liitteitä 21 sivua  
Toukokuu 2018

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:lle ja se käy läpi kanavan tukimuurirakenteiden korjaukseen liittyvät työvaiheet sekä menetelmät. Työn tavoitteena oli luoda läpileikkaus käytetyistä työmenetelmistä ja työvaiheista sekä tuoda esille tämänkaltaisessa rakennushankkeessa kohdattuja haasteita ja yllättäviä tekijöitä urakoitsijan näkökulmasta katsoen. Työn tarkoituksena on palvella tilaajia, urakoitsijoita ja suunnittelijoita vastaavanlaisen työn toteutuksen aikana.

Tehdyssä korjauksessa kanavan massiiviverhomuurit kunnostettiin korkeussuunnassa 2,5 metrin matkalta, josta metrin verran oli vedenpinnan alapuolella. Tukimuureista vesipiikkattiin heikkolaatuinen betoni pois, asennettiin tartuntaraudoitus, rakennettiin muotti ja valettiin itsetiivistyvällä betonilla. Valutapoina käytettiin kahta eri menetelmää veden yläpuolelta Contractor-menetelmällä valaen, sekä veden alta muotin alareunasta pumpausten valuyhteiden kautta.

Tämän kaltaisissa rakennushankkeissa ei voi olla painottamatta työnsuunnittelun tärkeyttä. Työvaiheet, työmenetelmät, tarvittava kalusto ja sen sijoitus sekä varastoalueet on hyvä käydä läpi ennen töihin ryhtymistä ja mieluusti jo tarjouslaskentavaiheessa.

Opinnäytetyön liitteissä on luottamuksellista tietoa, jota ei ole työn julkaistavassa osuudessa esitetty.

---

Asiasanat: itsetiivistyvä betoni, tukimuuri, vesipiikkaus, järjestelmämuotti

## ABSTRACT

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

LEPPÄNEN, JESSE

Canal structure repair

Retaining Wall Steel Reinforcement and Repair Concrete, case Lempäälän kanava

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 21 pages

May 2018

---

This bachelor's thesis was made for Destia Ltd and it will cover the methods and steps of repairing the retaining wall structures of a channel. The aim of the thesis was to provide a cross-section of the methods and processes used and to highlight the challenges and surprising factors which may surface from the contractor's point of view in a project of this type. The purpose of this thesis is to serve the constructors, contractors and designers when carrying out similar projects in the future.

In the repair which was carried out, the channel's retaining walls were refurbished vertically over a distance of 2.5 meters, of which one meter was situated below the water line. The weakened concrete was hydrodemolished from the retaining walls, the reinforcing bar was installed prior to building the formwork which was eventually filled with self-consolidating concrete. Two different pouring methods were used; Contractor –method above the water and below the water pumping from the bottom of the formwork.

In projects such as this one the importance of careful planning cannot be emphasized enough. It is highly beneficial to plan and run through all the stages, methods, required machinery ja it's placement as well as storage areas prior to the project commencing, and even when calculating the offer if possible.

This bachelor's thesis contains confidential information that has been removed from public work.

---

Key words: Self-consolidating concrete, retaining wall, hydrodemolition, framed formwork

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TUKIMUURI .....	8
3	LÄHTÖTIEDOT .....	9
4	TYÖTURVALLISUUS.....	11
	4.1 Yleistä .....	11
	4.2 Urakan ominaisuuksista aiheutuvat vaara- ja haittatekijät.....	11
	4.3 Urakan olosuhteista aiheutuvat vaara- ja haittatekijät .....	11
	4.4 Urakan luonteesta aiheutuvat vaara- ja haittatekijät .....	12
5	TYÖN TOTEUTUS .....	14
	5.1 Yleistä .....	14
	5.2 Vesipiikkaus.....	15
	5.3 Tartuntaraudoitus .....	16
	5.4 Muottityöt .....	19
	5.4.1 Doka Framax Xlife -järjestelmämuotti .....	19
	5.4.2 Muottien toteutus .....	23
	5.5 Betonointi.....	25
	5.5.1 Yleistä .....	25
	5.5.2 Massan ominaisuudet .....	26
	5.5.3 Valutekniikat .....	28
	5.5.4 Jälkihoito .....	31
	5.5.5 Betonin lujuuden kehitys .....	33
6	POHDINTA.....	37
	6.1 Vesipiikkaus.....	37
	6.2 Muottityöt .....	37
	6.3 Betonointi.....	38
	6.4 Yhteenvedo .....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET .....	41
	Liite 1. Hukkumisvaarallisen työn turvallisuussuunnitelma .....	42
	Liite 2. Henkilönostotöiden turvallisuussuunnitelma.....	44
	Liite 3. Liikenteenohjaussuunnitelma .....	46
	Liite 4. Purkutyön turvallisuussuunnitelma.....	47
	Liite 5. Sukellustyön turvallisuussuunnitelma .....	49
	Liite 6. Työ- ja laatusuunnitelma, vesipiikkaus .....	51
	Liite 7. Työ- ja laatusuunnitelma, raudoitus- ja muottityöt.....	53
	Liite 8. Betonointisuunnitelma .....	55

Liite 9. Betonin laadunvalvontamittaukset.....	57
Liite 10. Toteutunut P-luku laskelma .....	59
Liite 11. Valun lämpötilan kehitys .....	60

**ERITYISSANASTO**

Tankoharaus	Mekaaninen vesisyvyyden mittausmenetelmä, jossa määritellylle syvyydelle asennettua mittaustankoa kuljetetaan mittaustankoteella/alueella erillisellä alustalla tai alukseen suoraan kiinnitettynä.
Contractor-menetelmä	Valutekniikka vedenalaiseen betonointiin, missä tuoretta betonimassaa pumpataan massaan siten, että pumpusta tuleva massa ei ole kosketuksissa veden kanssa.
It-betoni, ITB	Itsetiivistyvä betoni, joka ei vaadi täryttämistä.
Hydrotaatioreaktio	Veden ja sementin muodostama reaktio, jonka myötä betoni kovettuu.
Sementtipasta	Veden, sementin ja betonin lisäaineiden muodostama sementtiliima

## 1 JOHDANTO

Lempäälän kanava sijaitsee Lempäälässä ja se yhdistää Pyhäjärven ja Vanajaveden toisiinsa. Vesistöjen korkeusero on 2,2-2,4 metriä. Kanava on rakennettu 1867-73 ja uusittu vuosina 1958-1961, jolloin rakennettiin betoniset rakenteet. Kanava on 1275 metriä pitkä ja se koostuu yhdestä sulusta sekä ylä- ja alakanavasta. Kallioon louhitun kanavan rakenteena ovat betoniset massiiviverhomuurit, jotka ovat paksuudeltaan noin 2 metriä ja korkeudeltaan noin 5,5 metriä. Sulun teräsbetoniset tukimuurit on perustettu kalliolle ja niiden korkeus vaihtelee 8 ja 9 metrin välillä.

Tässä työssä käydään läpi kanavarakenteiden korjaukseen liittyvät työvaiheet sekä menetelmät. Tehdyssä korjauksessa kanavan massiiviverhomuurit kunnostettiin korkeussuunnassa 2,5 metrin matkalta, josta metrin verran oli vedenpinnan alapuolella. Massiiviverhomuureista vesipiikattiin heikkolaatuinen betoni pois, asennettiin tartuntaraudoitus, rakennettiin muotti ja valettiin itsetiivistyvällä betonilla. Valutapoina käytettiin kahta eri menetelmää veden yläpuolelta Contractor-menetelmällä valaen, sekä veden alta muotin alareunasta pumppaten valuyhteiden kautta.

Työn toteuttamiseksi rakennushankkeessa jouduttiin tekemään paljon sukellustyötä sekä työlautoilta työskentelyä. Työturvallisuuden kannalta huomiokohtia oli useita, kuten veneliikenne, sukellustyö, hukkumisvaarallinen työ sekä oman haasteensa tuottivat vielä kanavan tulvajuoksutukset. Kyseiset korjaukset tehtiin vuosien 2017 ja 2018 aikana, kun kanava oli avoinna jäästä.

Tämä opinnäytetyö keskittyy massiiviverhomuurien kunnostamiseen ja siihen liittyviin työmenetelmiin ja työvaiheisiin. Rakennushankkeeseen kuuluvat muut työt, kuten kaiteiden ja varusteiden uusimiset, kevyenliikenteenväylän rakennekerroksien massanvaihdot sekä rannan kiviverhouksien uusimiset on rajattu pois. Myöskään taloudellisiin asioihin ei kiinnitetä huomiota yksikköhintoina tai euromäärinä.

Työn tavoitteena oli luoda läpileikkaus käytetyistä työmenetelmistä ja työvaiheista sekä tuoda esille tämänkaltaisessa rakennushankkeessa kohdattuja haasteita ja yllättäviä teki-joitä urakoitsijan näkökulmasta katsoen. Opinnäytetyön tarkoituksena on palvella tilaajia, urakoitsijoita ja suunnittelijoita vastaavanlaisen työntoteutuksen aikana.

## 2 TUKIMUURI

Tukimuurilla tarkoitetaan rakennetta, jolla pyritään tasoittamaan maanpinnan korkeuseroja sellaisissa tapauksissa, kun tavanomaisia maaluiskia ei tilanahtauden tai muun syyn vuoksi voida käyttää. Ne ovat maanpaineen ja toisinaan myös vedenpaineen rasittamia muureja, jotka esiintyvät osittain joko itsenäisinä tai muiden rakenteiden yhteydessä. Toimintatapansa mukaan tukimuurit voidaan jakaa massiivisiin tukimuureihin, kulmatukimuureihin ja laippa- sekä siipitukimuureihin. (Helenelund 1957, 184)

Kulmatukimuureissa on teräsbetonista tehty pystysuora rintamuuri ja sen alla leveähkö pohjalaatta. Rintamuurin takana maamassa lepää osittain pohjalaatan päällä vakauttaen rakennetta. Kun pohjalaatta on leveä, voidaan kulmatukimuuuri tehdä huomattavasti massiivista tukimuuria kevyemmäksi. (Helenelund 1957, 188)

Massiiviset tukimuurit saavat riittävän vakavuuden huomattavan omanpainonsa vaikutuksesta. Niiden muoto vaihtelee: etusivu saattaa olla pystysuora ja takasivu vino tai päinvastoin. Myös molemmat sivut saattavat olla vinoja. Massiivisen tukimuurin etuna on yksinkertainen ja helppo rakennustapa, eivätkä ne ole erityisen alttiita halkeamisvaaralle. (Helenelund 1957, 185)

Laippa- ja siipitukimuurit ovat laipoilla ja siivillä vahvistettuja kulmatukimuureja. Laippojen ja siipien avulla saadaan pienemmät taivutusmomentit kuin jäykistämättömissä kulmatukimuureissa. (Helenelund 1957, 189)



### 3 LÄHTÖTIEDOT

Lempäälän kanavan tukimuurit ovat tyypiltänsä massiivi tukimuureja. Sääolosuhteet ja reilusti vaihteleva vedenpinnan korkeus ovat ajan saatossa kuluttaneet massiiviverhomuurin pintaa reilusti. Muurin pinnassa on silminnähdessä havaittavissa rapautumista ja halkeilua. Myös paikoittain massiiviverhomuurien yläreunassa on kalkkisaostumia, jotka kertovat siitä, että vesi on suotautunut muurin läpi kevyenliikenteenväylän rakennekerroksia myöten. Kanavan massiiviverhomuurit on rakennettu vuosina 1958-1961 (Myllykylä 1991, 27) ja ne on valettu 11 metrin lohkoissa ja lohkojen kunto vaihtelee (Kuva 1).



KUVA 1. Lempäälän kanava

Rakennushanketta suunnitellessa oli oletettu, että massiiviverhomuurit ovat raudoittamaton rakenne ja betonin raekoko on standardien mukaista. Urakan alkamisen jälkeen kävi ilmi, että massiiviverhomuurit ovat ”säätöbetonia” eli kiven raekoko on huomattavan suurta (Kuva 2).



KUVA 2. Vesipiikattu massiiviverhomuuri

Säästöbetonirakenne aiheutti huomattavia muutoksia ja sen vaikutukset kertautuivat melkein jokaisessa työvaiheessa, kuten myöhemmin käy ilmi.

Kanavan kunnostus piti toteuttaa ympäristöä vahingoittamatta ja ympäristölle aiheutuvat haitat tuli minimoida. Purkutöissä syntyneen vesipiikkausjätteen sallittiin valua vesistöön, koska purkujäte oli kiviainesta. Rakennushankkeen lopuksi kanavassa tuli suorittaa tankoharaus, jotta varmistutaan kanavan riittävästä syvyyksestä.

## 4 TYÖTURVALLISUUS

### 4.1 Yleistä

Valtioneuvoston rakennustyön turvallisuudesta antama asetus 205/2009 velvoittaa rakennuttajan laatimaan rakentamisen suunnittelua ja valmistelua varten turvallisuusasiakirjan, jossa selvitetään ja esitetään toteutettavan hankkeen ominaisuudet, olosuhteet ja luonteesta aiheutuvat vaara- ja häirtatekijät sekä hankkeen toteuttamiseen liittyvät työturvallisuutta ja työterveyttä koskevat tiedot.

Liikenneviraston ja ELY-keskusten L-vastuualueen hankkeissa turvallisuus-asiakirjan laadinnassa otetaan lisäksi huomioon rautatie-, tie- ja vesiliikenteen turvallisuus sekä liikenteestä aiheutuvat turvallisuusvaikutukset hankkeelle. Turvallisuusasiakirjassa esitetään myös rakennuttajan antamia turvallisuus-velvoitteita, joita urakoitsijan ja hänen aliuurakoitsijansa on noudatettava hankkeeseen kuuluvissa töissä hankkeen turvallisuuden varmistamiseksi. (Turvallisuusasiakirja 2017, 3.)

### 4.2 Urakan ominaisuuksista aiheutuvat vaara- ja häirtatekijät

Urakan ominaisuuksista ei aiheudu tavanomaisesta poikkeavia vaara- ja häirtatekijöitä. Pääsääntöisesti urakan työt tehdään päivällä, kanavan ollessa liikenteellä. Kohteessa tehdään normaalisti näkyvien töiden lisäksi vedenalaisia- sekä sukellustöitä.

Vanhojen rakenteiden toteutusratkaisut ja rakennustavat saattavat aiheuttaa vaaraa, mm. vanhojen betonirakenteiden vesipiikkaustyö. Henkilönostimien ja nosturien pystytyksessä on huomioitava, että maapohjan kantavuudesta ei ole tietoa.

### 4.3 Urakan olosuhteista aiheutuvat vaara- ja häirtatekijät

Urakan olosuhteista johtuvat vaarat / häirtat liittyvät esim. seuraaviin tekijöihin:

- kohteet sijaitsevat virtaavan veden välittömässä läheisyydessä.
- johdot, kaapelit, putket/putkistot, tietoliikenneyhteydet (telematiikka)

- kanavan sulkurakenteet

Työt ajoittuvat keväästä syksyyn. Erityisesti on huomioitava syksyn säiden myötä hämärtyvät olosuhteet sekä mahdollinen näkyvyyttä häiritsevä sumu.

Vene ja laivaliikenne saattavat aiheuttaa vaaraa työmaa-alueella työmaalle sekä työntekijöille.

#### 4.4 Urakan luonteesta aiheutuvat vaara- ja häiritteijät

Urakan luonteeseen liittyvät vaara- ja häiritteijät:

- Vesipiikkaus ym. äänekkäät ja pölyävät työt häiritsevät lähiasutusta ja kanavan liikennettä.
- Rakennuttajan muut tilaamat työt, esim. kanavan ja kanavalaitteiden kunnossapitotyöt.
- Työajasta johtuvat ongelmat: Aamu- ja iltahämärä, sumun vaikutus näkyvyyteen.
- Aikataulujen kireys sekä pitkät työvuorot, sukellustöissä huono näkyvyys, virtaavan veden vaikutus, kylmyys.

Lisäksi pääurakoitsija oli velvollinen laatimaan turvallisuussuunnitelmat seuraavista töistä:

- Hukkumisvaarallisen työn turvallisuussuunnitelma (Liite 1).
- Henkilönostotöiden turvallisuussuunnitelma (Liite 2).
- Liikenteenohjaussuunnitelma (Liite 3).
- Purkutyön turvallisuussuunnitelma (Liite 4).
- Sukellustyön turvallisuussuunnitelma (Liite 5).

Turvallisuussuunnitelmien lisäksi pääurakoitsijan piti myös laatia työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat. Laatusuunnitelmia laadittiin seuraavista työvaiheista:

- Massiiviverhomaan vesipiikkaus (Liite 6).
- Raudoitus- ja muottityöt (Liite 7).
- Betonointi suunnitelma (Liite 8).

Kaikissa työmaalla tehdyissä töissä oli suuri riski pudota ja hukkuu. Näitä asioita painotettiin työmaalla toimiville henkilöille. Jokaisen työmaa-alueella työskentelevän henkilön oli pidettävä paukkuliivejä yllään, sillä kanavan reunan kaiteet purettiin ja riski veden putoamiseen oli hyvin suuri.



## 5 TYÖN TOTEUTUS

### 5.1 Yleistä

Rakennushankkeessa työvälineinä oli käytössä isoja sekä pieniä työlauttoja. Isoimmat työlautat olivat 11 metriä pitkiä ja 6 metriä leveitä. Ne koostuivat kahdesta yhteen hitsatuista 3 metrin levyisistä lohkoista. Lautat oli valmistettu teräksestä ja niiden sisään oli rakennettu väliseinät, joilla osastoitiin lauta kolmeen ns. ponttooniin. Näin ollen jos pohjaan tulisi reikä ja kaksi ponttoonia kolmesta täyttyisi vedellä, lautta silti kelluisi vielä.



KUVA 3. Lauttakalustoa

Raudoituksen ja muottikaluston siirtelyyn ja asennukseen käytettiin pyörälustaista 12 tonnia painavaa kaivinkonetta, joka oli varustettu kauhanpyörittäjällä.

## 5.2 Vesipiikkaus

Vesipiikkauksella tarkoitetaan sitä, että betoniin kohdistetaan pistemäinen vesisuihku erittäin kovalla paineella. Kanavan verhomuurien huonokuntoinen betonirakenne purettiin vesipiikkausroboteilla. Vesipiikkaus ulotettiin 2,5 metriä verhomuurin yläpinnasta alaspäin, josta yksi metri oli vedenpinnan alapuolella. Myös verhomuurin yläpinnan vaakasuora pinta piikattiin. Vesipiikkauksen tavoitetaso oli 100 millimetriä syvyyssuunnassa.

Normaaleissa olosuhteissa betonin runkoaineuksen ollessa nykystandardien mukaista, yhdellä vesipiikkausrobotin ohjelman läpiajolla saavutetaan tavoiteltu 100 millimetrin piikkaussyvyys. Työmenetelmän luonteesta johtuen piikatun pinnan piikkaussyvyys ei ole absoluuttisesti aina sama. Esimerkiksi, kun tehdään 100 mm piikkaussyvyyttä, niin leikatun pinnan syvyys vaihtelut ovat muutaman sentin luokkaa. Jostain kohtaa lähtee enemmän kuin 10 senttiä ja jostain kohtaa vähemmän (Jaakkola 2018).

Tässä rakennushankkeessa robotin ohjelma jouduttiin ajamaan kaksi tai paikoittain jopa kolme kertaa halutun vesipiikkaussyvyuden saavuttamiseksi. Tämä johtui verhomuurien säästöbetonirakenteesta, koska kiviaineksen raekoko oli erittäin suurta ja kiveä oli paljon. Vesipiikkausrobotti ei piikkaa kovaa luonnonkiveä (Jaakkola 2018).

Vedenalainen piikkausosuus jouduttiin ajamaan paikoitellen jopa neljä kertaa, koska robotin ohjaaja ei kunnolla näe veden alle ja veden vastus pienentää vesipiikkauksen tehoa.



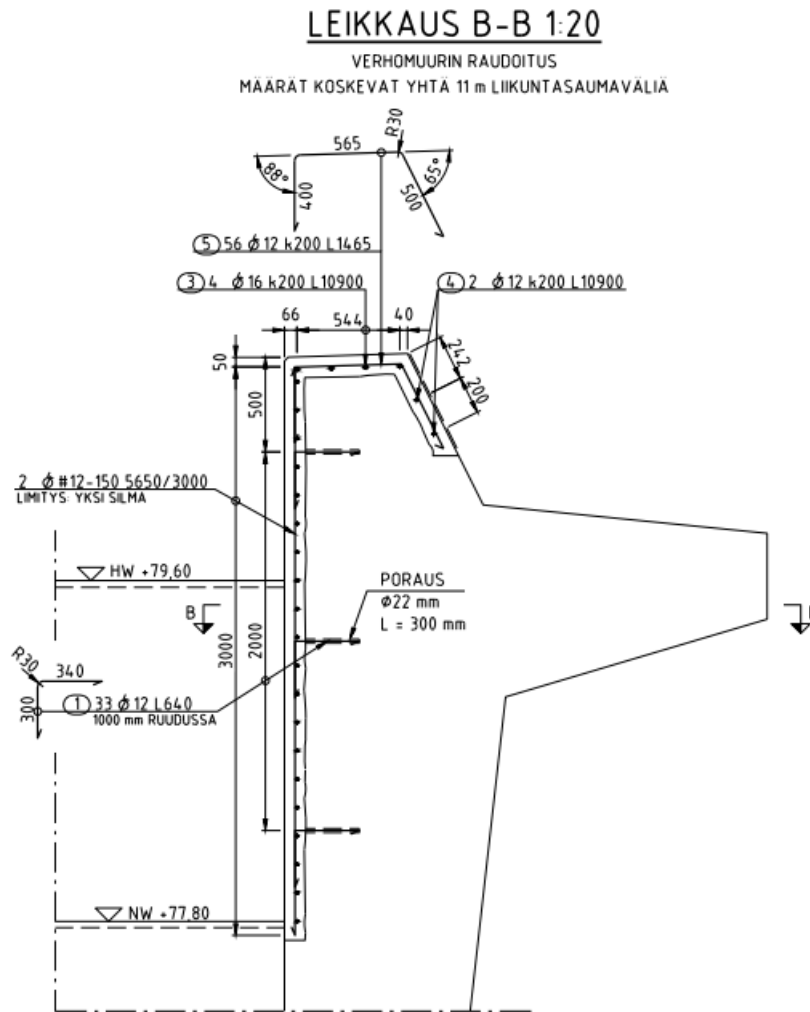
KUVA 4. Vesipiikkausrobotti työssään.

Vesipiikkauskalustoon kuuluu itse piikkausrobotti, voimayksikkö, vesisäiliö, suodattimet sekä paineletkut. Kanavasta nostettiin uppopumpulla vettä vesisäiliöön ja vesisäiliöstä vesi siirrettiin uppopumpulla voimayksikköön. Polttomoottorilla toimiva voimayksikkö syötti paineletkua pitkin 1000 baarin paineella robotille. Robotti kohdistaa betoniin pistemäisen vesisuihkun suuttimen läpi, jonka halkaisija on 3,5 mm. Tällöin vettä kuluu n. 260 litraa minuutissa (Jaakkola 2018).

### 5.3 Tartuntaradoitus

Kuvasta 5. nähdään, miten verhomuurien uudet valut ankkuroitiin nykyisiin betonimuurihin tartuntatangoilla, jotka asennettiin yhden metrin ruudukkoon. Tartuntatankoina käytettävän harjateräksen halkaisija oli 12 mm. Verhomuureihin porattiin tartuntatankoa varten reikä, jonka halkaisija oli 16 mm ja pituus 300 mm. Tartuntateräokset ankkuroitiin muuriin vinyyliesteri pohjaisella kemiallisella ankkurointimassalla, joka soveltuu vedenalaisiin ankkurointeihin (Jalonen 2017b).





KUVA 5. Verhomuurin raudoitus, kuva ei mittakaavassa (Jalonen 2017b)

Näin ollen yhdessä 11 metrin lohossa on 33 tartuntatankoa, joista 11 kappaletta sijaitsee vedenpinnan alapuolella. Vedenpinnan alapuoliset tartunnat jouduttiin poraamaan ja ankuroimaan sukeltajatyönä.

Tartuntatankoihin kiinnitettiin #12-150 raudoitusverkko, eli verkko jonka silmäkoko oli 150 millimetriä ja materiaali 12 mm harjaterästä. Raudoitusverkko kiinnitettiin tartunta-raudoituksiin ja raudoitusverkkoon asennettiin siltakorokkeet, joilla varmistetaan riittävä suojabetonoinnin paksuus (KUVA 6).



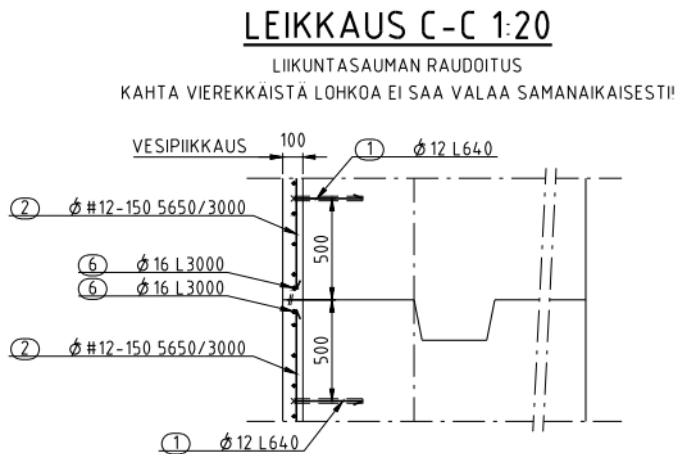
KUVA 6. Tartuntaradoitus ja raudoitusverkko

Kuvan 7. mukaisesti verhomuurin yläpintaan asennettiin neljä kappaletta 11 metriä pitkiä, 16 mm harjateräksiä sekä niiden päälle 200 mm jaolla hakasia 12 mm harjateräksestä. Kuvasta 5. poiketen verhomuurin takaosan viistettä ei tehty (Jalonen 2017b).



KUVA 7. Valmis raudoitus

Jokaisen lohkon reunaan asennettiin pystysuunnassa 16 mm paksu harjateräs, joka toimi liikuntasauaman raudoituksena (Kuva 8).



KUVA 8. Liikuntasauaman raudoitus, kuva ei mittakaavassa (Jalonen 2017b)

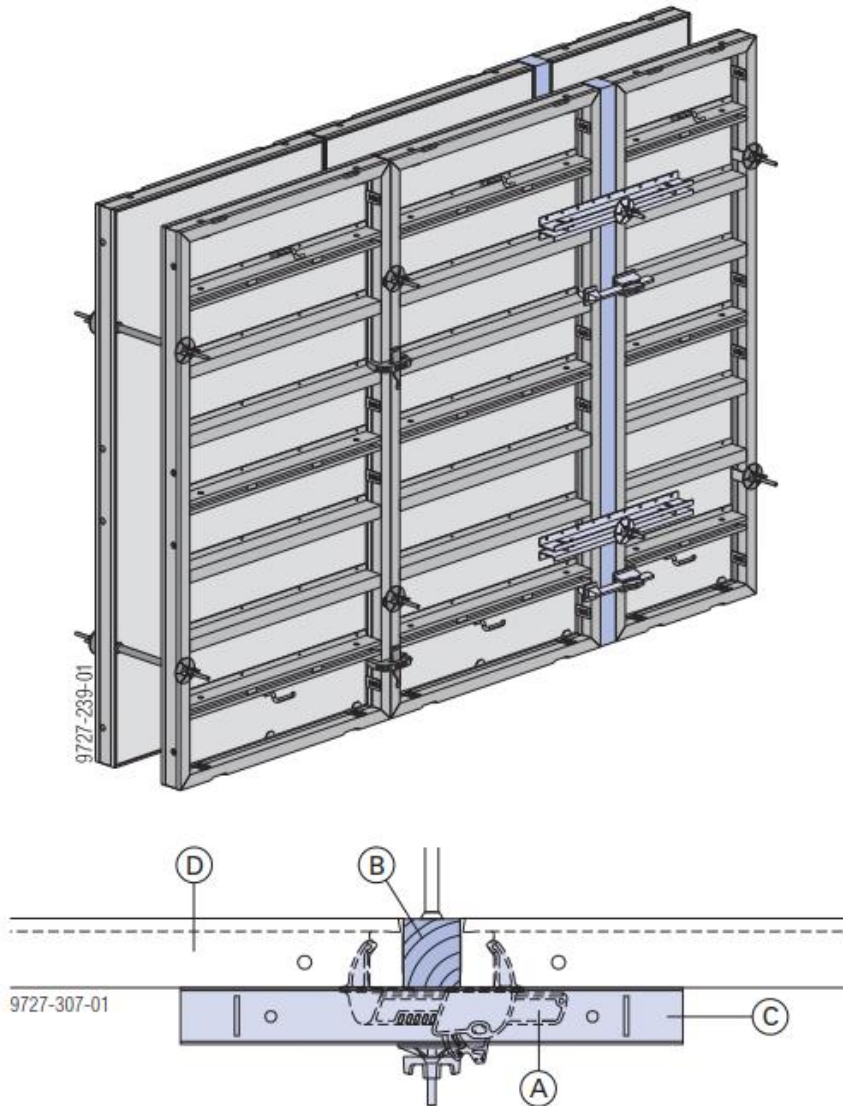
## 5.4 Muottityöt

Rakennushankkeeseen valittiin käytettäväksi Doka Framax Xlife seinämuotti. Valintaan vaikutti suuresti kyseisen yrityksen asiakaspalveluhenkisyys sekä suunnitteluapu. Muotin ankkurointitapaa muokattiin paremmin soveltuvaksi kyseiseen rakennushankkeeseen. Muottivalmistaja laski kyseisen muokkauksen aiheuttamat kuormitukset ankkurille, muottikalustolle sekä ankkurien sijainnit.

### 5.4.1 Doka Framax Xlife -järjestelmämuotti

Framax Xlife on järjestelmämuotti, joka on suunniteltu siten, että se on sovitettavissa täydellisesti mihin tahansa pohjapiirrokseen. Kaikki liitososat ja lisävarusteet soveltuvat saumattomasti muottijärjestelmään, joten tuloksena on nopeat muotitusajat ja taloudellinen lopputulos (Doka Industrie GmbH 2012, 10).

Framax Xlife järjestelmämuotissa on automaattisesti kaksi ankkurointitasoa (Kuva 9). Tässä urakassa oli erittäin tärkeää eliminoida mahdollisimman paljon vedenalla suoritettavaa sukellustyötä, joten muottijärjestelmän ankkurointitapaa sovellettiin. Ankkurointia ei toteutettu muottilohkojen ankkurointireikien kautta vaan muottilohkojen välissä olevien sovituspuiden läpi (Kuva 9). Tällöin päästiin myös vaikuttamaan ankkuritason korkeusasemaan ja saatiin alempi ankkurointitaso nostettua vedenpinnan yläpuolelle.



- A** Framax-säädettävä pikaliitin
- B** Sovituspuu
- C** Framax-jäykistinpalkki (5 cm:n sovitusleveyteen asti ei tarvita jäykistinpalkkeja)
- D** Framax Xlife-muotti

KUVA 9. Ankkurointi sovituspuiden läpi (Doka Industrie GmbH 2012, 41)

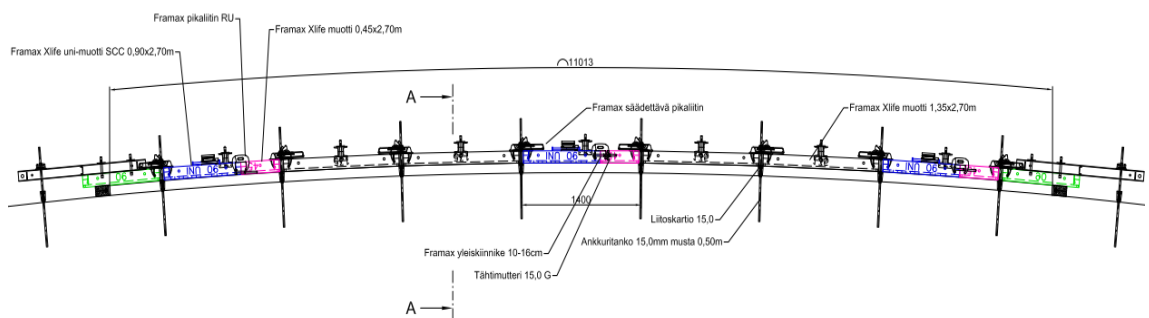


Alareunan ankkurointitarve ei poistu, mutta se hoidettiin erillisellä muotin alareunan konsolilla. Jos olisi käytetty muottilohkoissa oletuksena olevia ankkurointireikiä, niin joista muottilohkoa varten olisi tarvinnut porata kaksi ankkuria vedenalla. Muotin alareunan konsolilla saadaan yhdellä ankkuroinnilla tuettua yksi muottilohko. Näin ollen vedenalla porattavien reikien määrä väheni puoleen.

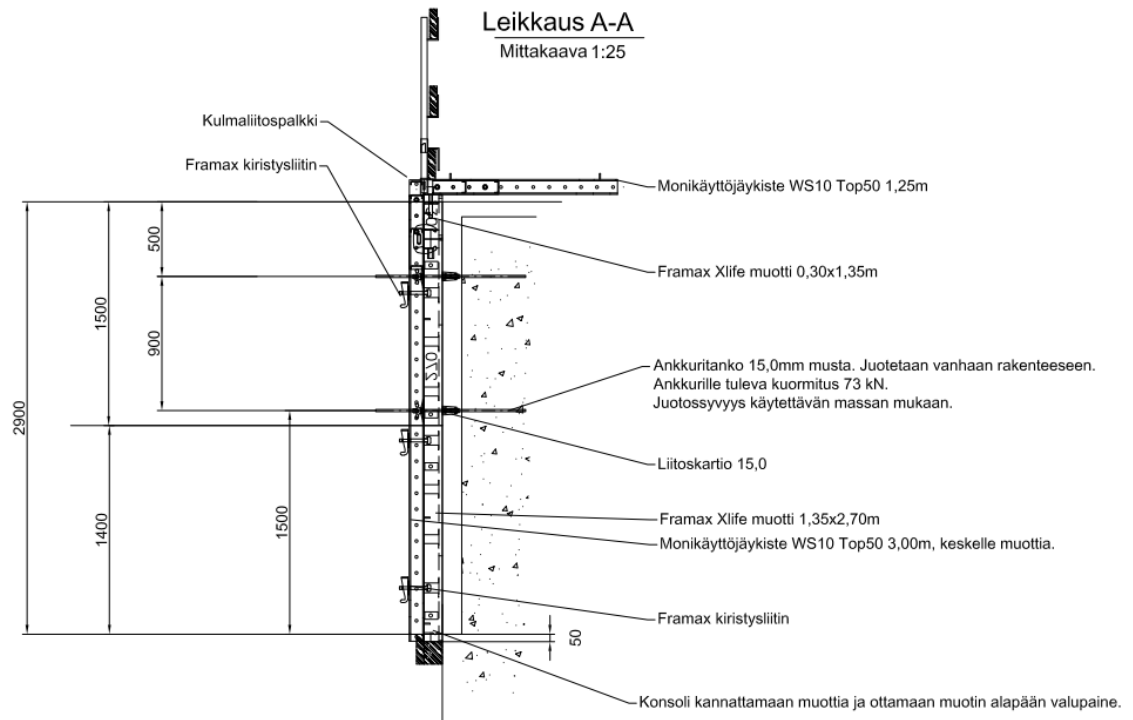
Kuvan 12. mukaan yksi 11 metrin valuusuus koostui kahdestatoista Framax Xlife muotista, joista:

- 4 kpl oli 1,35 x 2,70 m
- 3 kpl oli 0,45 x 2,70 m
- 2 kpl oli 0,90 x 2,70 m
- 3 kpl oli 0,90 x 2,70 m, pumppuyhteellinen

Näiden lisäksi valuusuuteen lisättiin vielä 30 cm korotuskappale, joka toteutettiin käyttäen 1,35 x 0,30 m Framax Xlife muottia, siten että muotti käännettiin lappeelleen (Kuva 10).



KUVA 10. Yhdentoista metrin muottilohko tasokuva (Mensonen 2018)

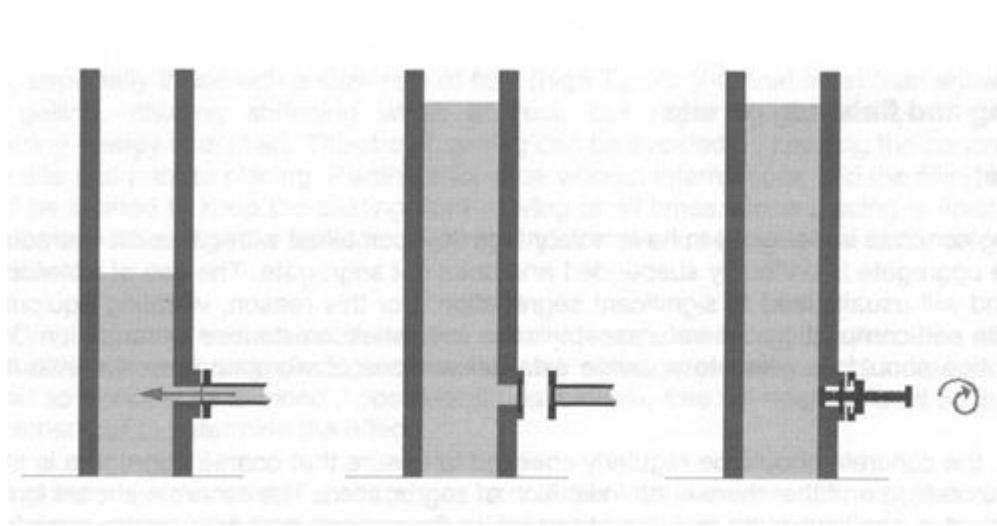


KUVA 11. Muotin pystyleikkaus, ei mittakaavassa (Mensonen 2018)

Kuvasta 11 nähdään muotin ankkurointitasot. Muotin alareuna kiristettiin alakonsolilla, alempi ankkurointitaso sijaitsi juuri vedenpinnan yläpuolella, eli muotin alareunasta mitattuna 1500 mm etäisyydellä ja ylempi ankkurointitaso keskimmäistä tasoa 900 mm ylempänä.

Keskimmäisen ankkurin etäisyys muotin alareunasta on hyvin tarkka. Kyseinen ankkurointitapa on mitoitettu äärimmilleen muotin keston suhteen. Keskimäinen ankkuritaso ei missään nimessä saa olla ylempänä, kuin 1500 mm mitattuna muotin alareunasta, koska muotoin muottikalustoon kohdistuu sallittua suuremmat kuormitukset. (Mensonen 2017)

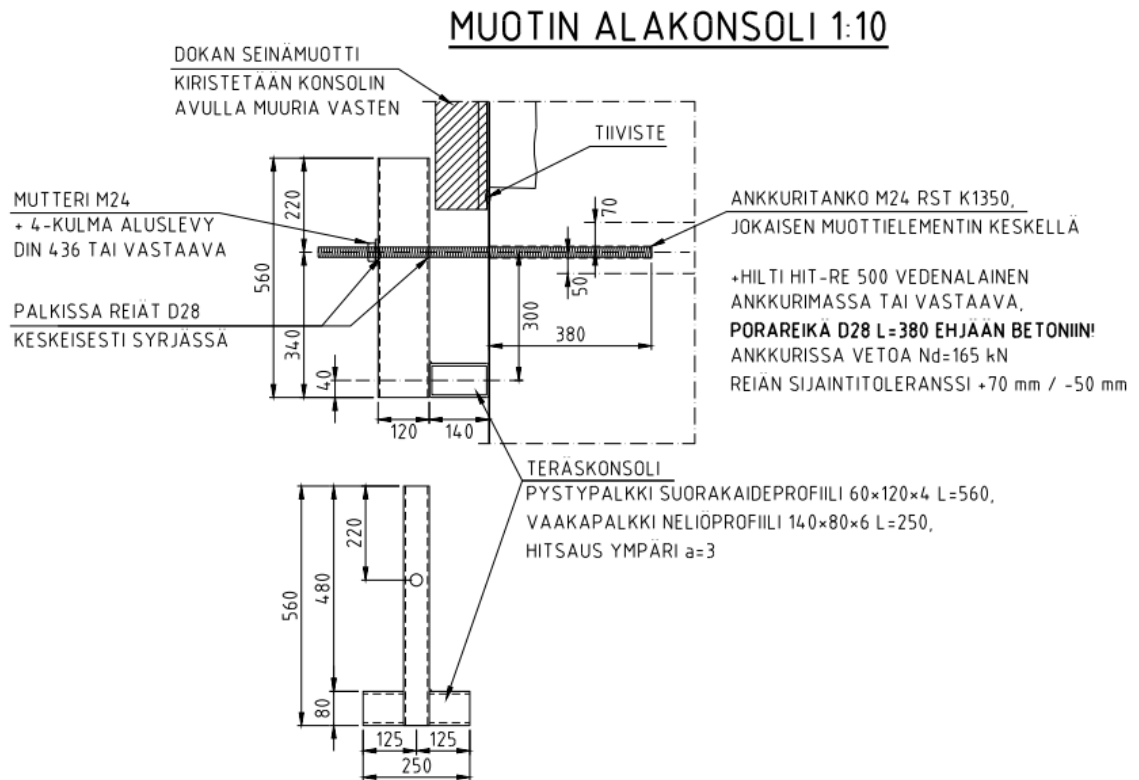
Framax Xlife järjestelmässä on mahdollista käyttää valuyhdemuotteja, joissa on liukuventtiileillä toimiva valuyhde muotin alareunassa. Näitä käyttämällä on mahdollista valaa muotti täyteen alakautta pumppaamalla. Kun betoni on valettu alakautta, venttiili suljetaan ja lukitaan. Tässä vaiheessa esiin työntävä betoni voidaan työntää sileäksi muotin sisäpintaan erityisen karan avulla (Kuva 12).



KUVA 12. Valuyhdemuotin toiminta periaate (Eurooppalainen ohje itsetiivistyvistä betonista 2005, 31)

#### 5.4.2 Muottien toteutus

Itsetiivistyvän betonin suuresta valupaineesta johtuen ankkurointia jouduttiin vahvistamaan alakonsolilla muottien alareunasta. Kuvan 13 mukainen teräsprofiili juotettiin viinyliesteri pohjaisella kemiallisella ankkurointimassalla ehjään betoniin. Ankkurina käytettiin ruostumattomasta teräksestä valmistettua M24 kierretankoa, jonka avulla kiristettiin Dokan seinämuotti verhomuurin pintaa vasten. Alakonsolin suunnitelmat toteutti Destia Oy.



Kuva 13. Muotin alakonsoli, kuva ei mittakaavassa (Iho 2017)

Verhomuurin takaviisteen muotti toteutettiin kuvan 10 mukaan, siten että 22 mm koivu-  
vaneri kiinnitettiin betoniruuveilla takaviisteeseen ja muotin yläosan laajeneminen estet-  
tiin sitomalla vaneri puutavaralla Framax -muottiin (Kuva 14).

Rakennushankkeessa suoritettiin valuja myös loppu syksystä, joten muottiin asennettiin  
myös lämmityskaapelia, jotta betonivalun lämpötila ei laske liian alhaiseksi. Lämmitys-  
kaapeli asennettiin raudoituksen taakse, jotta tarvittava betonipeite säilyy.





KUVA 14. Valmis muotti

## 5.5 Betonointi

### 5.5.1 Yleistä

Valut suoritettiin itsetiivistyvällä betonimassalla ja rakennuskohteessa kokeiltiin kahta eri valutekniikkaa. Betoni kuljetettiin työmaalle Lujabetonin Nokian tehtaalta sekoitussäiliöautolla. Massa siirrettiin muottiin betonipumppuautolla.

Valut oli suoritettava siten, että ensiksi valettiin joka toinen liikuntasaumojen välinen jakso ja vasta muottien purkamisen jälkeen tehtiin väliin jääneet jaksot (Kuva 15). Liikuntasaumat tehtiin puskusaumoina, joista raudoite ei mene läpi (Kuva 8). Valut oli tehtävä mahdollisimman pian muottien ja raudoitusten valmistuttua, etteivät raudoitteet, muotit ja valualusta ehtinyt limoittua.

Muotit sai purkaa, kun betoni oli saavuttanut 30 % korjaussuunnitelmassa edellytetyistä puristuslujuudesta. Muottien purkamisen jälkeen vedenpinnan yläpuolelle jäävät valupinnat oli käsiteltävä välittömästi jälkihoitoaineella tai pidettävä kosteana vesikastelulla 1-2 viikon ajan muottien purusta. (Jalonen 2017a)



KUVA 15. Valamattomia ja valettuja lohkoja

### 5.5.2 Massan ominaisuudet

Kyseinen rakennushanke oli Liikenneviraston tilaama, joten betonoinnin osalta käytettiin samoja ohjeita ja säädöksiä kuin Liikenneviraston sillanrakennushankkeissa. Tämän vuoksi rakennushankkeen betonimassana käytettiin P-luku massaa, eli pakkasenkestävää betonia. Liikenneviraston ohjeen mukaan jokaisesta valusta kuuluu toimittaa toteutunut P-luku laskelma (Liite 10).

Käytetyn betonimassan runkoaineen koko oli #0-16mm ja massa oli ominaisuuksiltaan it-betonia Ro14, R4, C35/45-3, P50 C<sub>nom</sub> = 50 mm, missä:

- Ro14 on rakenneosa

- R4 on rasisluokkaryhmä
- C35/45-3 on lujuusluokka
- P50 on pakkasenkestävyysluokka
- $C_{nom}$  = Betonipeite

Betonin pakkasenkestävyyttä säätelevät sen huokosrakenne ja ulkoiset rasisustekijät. Pakkaskestävyyden kannalta hyvän huokosrakenteen muodostumiseen vaikuttavat eniten vesi-sideainesuhde, sideaineen laatu, ilmahuokosmäärä ja sen jakautuma sekä betonin jälkihoito (Liikennevirasto 2016, 7).

”Tavanomaisen rakennebetonin ilmamäärä on yleensä 1-2 prosenttia massan tilavuudesta. Betonimassan lisähuokostuksella parannetaan kovettuneen betonin pakkasenkestävyyttä eli kovettuneen betonin kestävyyttä toistuvaa jäätymistä ja sulamista vastaan. Huokosia muodostavilla lisäaineilla betonin ilmamäärää nostetaan yleensä 4-8 tilavuusprosenttiin. Ilmamäärän kasvattaminen seurauksena betonin kutistuminen jossain määrin kasvaa vastaavaan huokostamattomaan betoniin verrattuna, koska sementtipastan määrä betonia huokostettaessa kasvaa” (BY67). Taulukosta 1 käy ilmi ilmamäärän vähimmäisvaatimus, kun runkoaineksen ylänimellisraja on 16 mm.

Koska kyseessä oli P-lukumassa, jokaisesta työmaalle saapuneesta betonikuormasta piti mitata ilmamäärät. Jos ja kun, massan leviämä ei täyttänyt it-betonin vaatimuksia, lisäsi pumppuauton kuljettaja notkistinta sekoittimeen. Aina kun massa lisätään työmaalla notkistinta, täytyy ilmamäärät mitata uudestaan kuormasta. Näin myös tehtiin työmaalla ja se dokumentoitiin. Laadunvalvontamittaus dokumentista selviää lisätyn notkistimen määrä, sekä ilmamäärän muutos (Liite 9).

TAULUKKO 1. Betonimassan vähimmäisilmamäärävaatimukset ja ohjeellinen enimmäisilmamäärä eri pakkasenkestävyysluokissa, kun kiviaineksen ylänimellisraja 16 mm (Liikennevirasto 2016, 9)

Vesi- sideainesuhde	Ilmamäärän vähimmäisarvo ja ohjeellinen ilmamäärän enimmäisarvo eri pakkasenkestävyysluokissa			
	P20	P30	P50	P70
0,60	5 – 7 %	5 – 7 %	-	-
0,50	3 – 5 %	4 – 6 %	6 – 8 %	-
0,40	2 – 4 %	3 – 5 %	4 – 7 %	(7 – 9 %) <sup>1)</sup>
0,32	2 – 4 %	2 – 4 %	2 – 5 %	3 – 5 %
<0,32	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.	ei vaat.

### 5.5.3 Valutekniikat

Rakennushankkeen alussa oli ajatuksena, että kanavan massiiviverhомуuriin vesipiikattaisiin valuputkille kolot, joiden avulla valu toteutettaisiin contractor-menetelmällä. Verhомуurien säästöbetonirakenteesta johtuen tämä ei onnistunut. Kiviaines oli niin iso ja sitä oli niin paljon, että valuputkille ei saatu tehtyä riittäviä koloja. Tämän vuoksi valut toteutettiin vedenalaisena valuna, muotin alareunasta ylöspäin pumpaten.

Massa pumpattiin kolmesta valuyhteestä, jotka oli sijoitettu keskeisesti 11 metrin matkalle ja näin mahdollistettiin massan tasainen leviämä. Betonia pumpattiin alhaalta ylöspäin siten, että muotissa oleva vesi nousi ylöspäin pois betonin tieltä. Pumppausta jatkettiin niin kauan, että vesi ja veden sekainen betonilieju tulvivat muotista ulos ja muottiin jäi vain tuoretta ja tasalaatuista betonimassaa (Kuva 16).





KUVA 16. Valettu rakenne

Koska kanavan ympäristö on ahdas ja varsinkin isojen työkoneiden sijoituksen ja kulke-  
misen kannalta haasteellinen, jouduttiin tätä valutekniikka varten ideoimaan tapa, miten  
massa saataisiin pumpattua vain yhdellä pumppuautolla. Myöskin kyseessä on suuri kus-  
tannussäästö, kun valu pystytään suorittamaan vain yhdellä pumppuautolla.

Tämän insinööriyön kirjoittaja, yhdessä pumppuauton kuljettajan kanssa ideoi jakotukin,  
joka mahdollisti yhdestä pumppuautosta pumppaamisen kolmeen valuyhteeseen siten,  
että kivipesän syntymisriski pumppauslinjastoon on mahdollisimman pieni. Jakotukki  
koostui kahdesta Y-haarasta, jotka liitettiin toisiinsa ja edelleen pumppuautoon. Y-haaran  
jokaiseen lähtöön laitettiin säädettävät sulkuläpät, joilla mahdollistettiin pumppausvas-  
tuksen säätäminen ja näin pystyttiin hiukan säätämään, mistä lähdöstä betonimassaa  
kulki eniten (Kuva 17).





KUVA 17. Betonin pumppauksen jakotukki

Urakan myöhemmässä vaiheessa saatiin ideaksi kokeilla ujuttaa valuputki raudoituksen ja muotin väliin (Kuva 18). Tällöin vettä täynnä oleva muotti on mahdollista valaa contractor-menetelmää käyttäen, siten että terve betonimassa syrjäyttää veden pois ja muottiin jää vain erottumatonta betonia.



KUVA 18. Contractor-menetelmällä valaminen valuputkia käyttäen

Suunnitelmien mukaan (Kuva 5.) sijoittamalla valuputken rauditusverkon silmän kohdalle, jää muotin ja raudituksen väliin 62 mm tila. Betonin pumppauslinjaston minimisähalkaisija on kolme tuumaa (Taulukko 2). Näin ollen tarvittava tila valuputkelle on n. 80 mm, kun otetaan huomioon putken materiaalivahvuus.

Teräsverkko on kimmoisa ja sitä saa painettua sisäänpäin hiukan, kun se on kiinnitetty tartuntatankoihin. Valuputket asennettiin teräsverkon ja muotin väliin, siten että teräsverkko hiukan taipui sisäänpäin. Valutapahtuman päätyttyä valuputki nostettiin pois muotista kaivinkoneella ja verkko palautui takaisin suunnitelman mukaiseen asemaansa. Kun käytössä on itsetiivistyvä betoni, on tämän kaltainen valutekniikka mahdollinen. Betoni tiivistää itsensä, vaikka valuputki vedetään pois valusta ja rauditus liikahtaakin parin senttimetrin verran.

TAULUKKO 2. Betonin pumppauslinjan sallitut minimikoot (Suomen Betoniyhdistys ry 2016, 139)

Betonilaatu	Betonin kiviaineksen maksimiraekoko (mm)			
	# 8 mm	# 12 mm	# 16 mm	# 32 mm
Rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Säänkestävä rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Imubetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Korkealujuusbetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Teräskuitubetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)	
Lattiabetoni	2,5" (63 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	
Saumaus-, juotos- ja harkkabetonit	(2" (50 mm)) <sup>1</sup> 2,5" (63 mm)	3" (75 mm)		

#### 5.5.4 Jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin suojaamista betonin suunniteltujen ominaisuuksien saavuttamisen varmistamiseksi. Talviolosuhteissa jälkihoito voi tarkoittaa betonin suojaamista, lämmittämistä ja/tai lämmöneristämistä betonin liian aikaisen jäätyminen estämiseksi (Suomen Betoniyhdistys ry 2017, 72).

Betonin jälkihoito voidaan tehdä esimerkiksi:

- kastelemalla
- käyttämällä jälkihoitoaineita
- jättämällä muotit paikoilleen
- lämmöneristeillä (solumuovi)
- käyttämällä tiiviitä muovipeitteitä

Kyseisessä rakennushankkeessa tehtiin töitä loppusyksystä ja lämpötila laski paikoitellen nollan alapuolelle. Tähän varauduttiin lämmityskaapelein, jotka asennettiin raudoituksen alle (Kuva 14). Lämmityskaapelia asennettiin myös sukeltajatyönä vedenalaiseen osuuteen, sillä veden lämpötila oli syksyllä n. 4-6 astetta. Lämmön johtumisen vuoksi valtava viileä vesimassa muottia vasten ”imee” erittäin tehokkaasti valun lämpöenergian. Lämmityskaapeleilla saatiin tuotettua lisää lämpöä vedenalaiseen osuuteen ja betonin hydraatioreaktio nopeammin käyntiin.

Tukimuurin pystyseinäpinnan jälkihoitona toimi muotti itsestään. Jos muotti purettiin aikaisemmin kuin 7 päivää valun jälkeen, pidettiin seinäpinta kosteana vesikastelulla.

Tukimuurin yläosan vaakapinnan jälkihoitona toimi muovipeite, joka asennettiin pinnan hiertämisen jälkeen. Muovipeite estää veden haihtumisen betonin pinnasta.

Kun lämpötilat lähentelivät nollaa astetta ja yöpakkasia alkoi olemaan, varauduttiin tähän rakennuslämmittimillä, solumuovisilla lämmöneristeillä, sekä kevytpeitteillä. Polttoöljyllä toimiva rakennuslämmitin käynnistettiin työvuoron päätteeksi ja sammutettiin seuraavana aamuna. Valulohko oli peitelty kevytpeitteillä, siten että rakennuslämmittimen puhaltama lämmin ilmavirta, kulki koko 11 metrin valujakson läpi (Kuva 19).





KUVA 19. Valun suojaus ja lämmitys

### 5.5.5 Betonin lujuuden kehitys

Normaaliolosuhteissa eli lämpötilan ollessa +20 celsiusastetta, betoni saavuttaa nimellislujutensa 28 vuorokaudessa, tätä alhaisemmissa lämpötiloissa lujuuden kehitys on hitaampaa ja korkeammassa nopeampaa. Kovettuvan betonin lujuuskehitykseen lämpötilalla on voimakas vaikutus, sillä sitoutumisaika ja hydrataatioreaktioiden nopeus ovat riippuvaisia siitä. Lämpötilan noustessa sitoutumisaika lyhenee ja hydrataatioreaktion nopeus kasvaa. Lämpötilan noustessa 10 celsiusastetta betonin kovettumisreaktionopeus kaksinkertaistuu normaaliolosuhteissa (Suomen Betoniyhdistys ry 2004, 350).

Kylmissä olosuhteissa betonoidessa on äärimmäisen tärkeää, että kovettuva betoni saavuttaa jäätymlujuuden ennen mahdollista jäätymistään. Tällöin se kestää vaurioitumatta veden jäätymisestä aiheutuvat sisäiset rasitukset. Jäätymlujuus on kaikilla betonin lujuusluokilla 5 MN/m<sup>2</sup> (Suomen Betoniyhdistys ry 2004, 345).

Ensisijaisesti betonin lujuus todetaan betonista mitattujen lämpötilojen perusteella, joiden avulla saadaan laskettua kovettuvan betonin kypsyysikä.

Betonin kypsyysikään vaikuttaa lämpötila, mitä korkeampi betonin lämpötila on sitä nopeammin se ”kypsyä” ja kehittää lujuuttansa. Tästä tulee termi kypsyysikä.

### **Betonin kypsyysikä laskenta Nykäsen menetelmällä**

Betonin kypsyysikä voidaan laskea ns. Nykäsen kypsyyslaskelmalla, joka on menetelmänä karkea ja vanhentunut. Menetelmässä lasketaan kovettuvan betonin lämpöastevuorokausisumma. Tulokset ovat suuntaa antavia ja varsinkin korkeissa lämpötiloissa paikkaansa pitämättömiä. Menetelmään kuuluvat vanhat kypsyysastekäyrät ovat vanhentuneet. Ne antavat liian pieniä alkulujuuksia, sillä nykyiset suomalaiset sementit ovat lujuudenkehityksen alussa huomattavasti nopeampia verrattuna vanhoihin sementteihin (Suomen Betoniyhdistys ry 2004, 350).

Nykäsen kypsyyslaskelman kaava on muotoa:

$$N = k(T + 10^{\circ}\text{C}) * t \quad (1)$$

missä  $T$  = betonin lämpötila aikana  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t$  = kovettumis aika [d]

$k = 1$  kun  $+50^{\circ}\text{C} \geq T \geq 0^{\circ}\text{C}$

$k = 0,4$  kun  $0^{\circ}\text{C} > T \geq -10^{\circ}\text{C}$

$k = 0$  kun  $T < -10^{\circ}\text{C}$

### **Betonin kypsyysikä laskenta Sandgroven kaavalla**

Sandgroven menetelmällä lasketaan lämpötilan ja ajan perusteella summa, joka kuvaa betonin kypsyysikä. Kaavalla voidaan vaihtelevissa lämpötiloissa oleva betoni muuttaa vastaamaan kypsyysikä +20 $^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. Uusista kypsyysikä perustuvista käyristä saadaan betonin suhteellinen lujuus. Sandgroven kaava on tarkempi ja luotettavampi, kuin vanhentunut Nykäsen menetelmä.

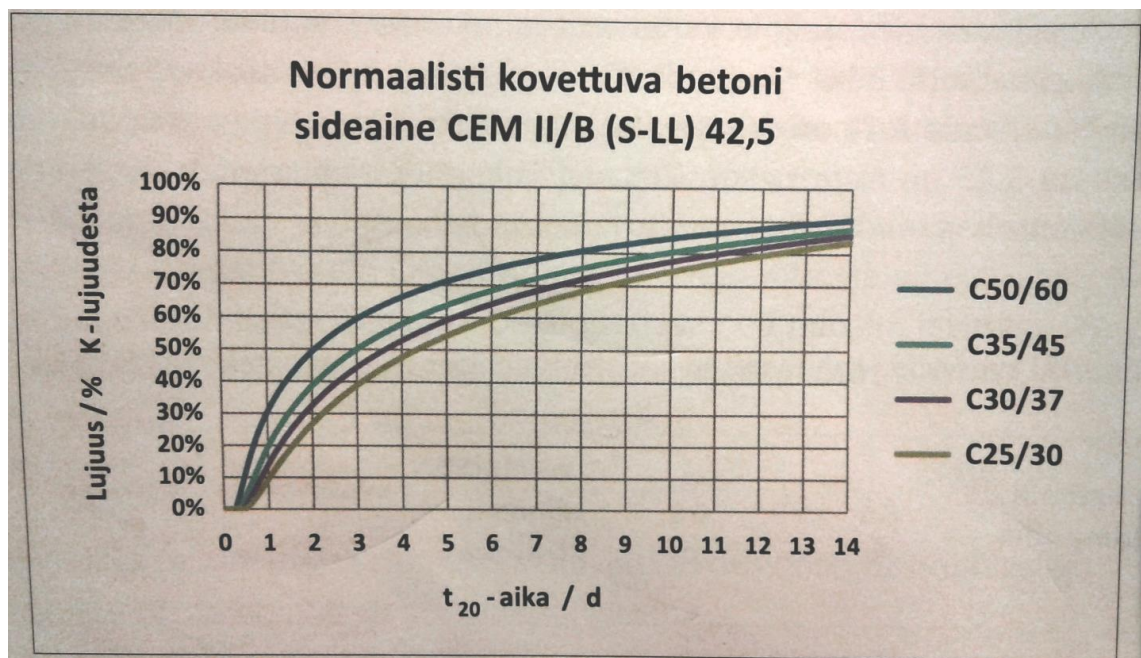
$$t_{20} = \left[ \left( \frac{T+16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t \quad (2)$$

missä  $T$  = betonin lämpötila aikana  $t$  [°C]  
 $t$  = kovettumisaika [d]

Kun lämpötiloja on useita,  $t_{20}$  määritetään summana ajanjaksoista, joissa lämpötila on ollut likimain vakio.

Liitteessä 11 on esitetty 21. päivä marraskuuta valetun lohkon lämpötilan kehitys. Sandgroven menetelmää käyttämällä voidaan laskea, milloin muottien purkulujuus oli saavutettu. Valun lämpötilat ovat alhaisempia vedenalaisessa osuudessa kuin muurin yläpinnassa ja tällöin myös lujuudenkehitys on hitainta siellä. Suunnitelmissa määrätty muottien purkulujuus oli 30% betonin suunnitelmalujuudesta

Kuviosta 1. voidaan nähdä, että C35/45 lujuusluokan betoni, jonka sideaineena on käytetty CEM II/B (S-LL) 42,5 saavuttaa 30% suunnitelmalujuudestaan, kun kypsyysikä  $t_{20} = 1,5$  vuorokautta.



KUVIO 1. Lujuudenkehitys kypsyysikänsä funktiona (Suomen Betoniyhdistys ry 2016, s.74)

Taulukko 3 on Excel 2016 -taulukkolaskentaohjelmasta, jossa on kyseisen valun keskiarvolämpötilat kahden tunnin ajanjaksolta mitattuna. Jokaisesta kahden tunnin ajanjaksosta on laskettu kypsyyssikä oikeaan reunaan ja ne on lopuksi summattu yhteen.

Marraskuun 21. päivä valettu lohko saavutti muotin suunnitelman mukaisen muotin purkulujuutensa, eli 30% suunnitelmalujuudestaan 23. päivä marraskuuta klo 14:00.

TAULUKKO 3. Esimerkki kypsyyssikä laskelmasta

Veden alta			Lämpötila (°C)		
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	12:00:00	7,6	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,035786
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	14:00:00	7,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,036633
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	16:00:00	8,2	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,037805
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	18:00:00	8,6	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,038903
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	20:00:00	8,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,039795
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	22:00:00	9,2	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,040713
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	00:00:00	9,7	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,042533
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	02:00:00	10,5	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,045301
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	04:00:00	11,6	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,049085
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	06:00:00	13,0	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,054004
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	08:00:00	15,0	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,061888
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	10:00:00	17,6	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,072609
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	12:00:00	18,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,078377
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	14:00:00	19,1	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,079371
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	16:00:00	19,1	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,079263
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	18:00:00	18,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,078113
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	20:00:00	18,4	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,076263
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	22:00:00	17,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,074099
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	00:00:00	17,4	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,071785
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	02:00:00	16,8	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,069371
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	04:00:00	16,3	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,067247
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	06:00:00	15,8	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,065165
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	08:00:00	14,9	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,061422
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	10:00:00	13,7	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,056841
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	12:00:00	12,7	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,053129
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	14:00:00	12,0	$t_{20} = \left[ \left( \frac{T + 16^{\circ}\text{C}}{36^{\circ}\text{C}} \right)^2 \right] * t$	0,050236
SUMMA					1,515737

## 6 POHDINTA

### 6.1 Vesipiikkaus

Vesipiikkaustyötä suunnitellessa kannattaa ottaa huomioon, mistä vesi saadaan ja tarvitseeko kalusto puhdasta vettä vai pystytäänkö luonnon vettä hyödyntämään suodattimien läpi, niin kuin tässä rakennushankkeessa tehtiin.

Erityistä huomiota tulee myös kiinnittää voimayksikön ja vesisäiliön tilan varauksiin. Tilan tarve on yllättävän suuri, jopa 40 neliometriä. Paineletkulinja vie tilaa kulkuteiltä ja tärinänsä vuoksi aiheuttaa eroosiota reitille.

Rakenteiden liikunta- ja työsaumat tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sillä vesipiikkauskalustolla ei saada täysin siistiä rajausta tehtyä. Vaihtoehtoiksi voi miettiä timanttisahalla reunan siistimisen tai esimerkiksi jonkinlaisen kulmalistan asentamista vaaluun. Kun valetaan uusi betoni vasten vanhaa betonia, täytyisi saumassa olla kulmari-malla tehty viiste, koska muuten betoni murtuu ensimmäisenä juuri sauman kohdalta.

### 6.2 Muottityöt

It-betonilla valettaessa muottityöskentelyssä täytyy pitää jatkuvasti mielessä muottipinta ja ajatus siitä, miltä valmis pinta tulee näyttämään. It-betoni on erittäin herkkä muottipinnan virheille. Se tiivistyy niin hyvin itsestään, että jopa pienen naulan kannan jättämät rajat näkyvät valmiissa pinnassa. Samasta syystä johtuen muotin täytyy olla tiiviisti tehty ja kiristetty hyvin vanhaa pintaa vasten.

Kun muotti tehdään vanhaa betonipintaa vasten, täytyy vesistökohteissa ottaa eroosion aiheuttama vanhan pinnan epätasaisuus huomioon. Kyseisessä rakennushankkeessa oli vanha betonipinta niin rapautunut, että siellä oli jopa yli 2 sentin koloja. Tämä aiheutti haasteita kunnollisen tiivistysnauhan löytymiseen, koska tiivistenauhalla vaadittiin pak-suutta ja sen täytyi myös puristua hyvin kasaan.

Kun valetaan kovaa seinää vasten it-betonilla, ovat valupaineet valtavan suuria, vaikka valun paksuus ei olisi kovin suuri. Muotin ankkuroinnit vanhaan rakenteeseen täytyy tehdä huolella ja ankkurien sijaintipoikkeamat eivät saa olla suuria. Tämän vuoksi kannattaa varmistua, että työntekijöillä on hyvät edellytykset työn suorittamiseen ja kunnolliset välineet. Muotin pettäminen valaessa tulee huomattavasti kalliimmaksi, kuin paineilmakäyttöisen massapuristimen ostaminen.

### **6.3 Betonointi**

Kyseisen rakennushankkeen suunnitelmissa oli sanottu, että valu on mahdollista toteuttaa kahdella valuputkella / mansetilla. Betonin vierittäminen sivuttaissuunnassa oli sallittu, siten että teoriassa kahdella valuyhteellä olisi voinut valaa 11 metrin mittaisen valujakson.

Käytäntö kuitenkin osoitti, että tällä tavalla laadukkaan valun tekeminen oli käytännössä mahdotonta. Koska kyseessä oli pakkasenkestävä itb-massa, niin se ei levinnyt sivuttaissuunnassa niin tehokkaasti kuin esimerkiksi normaalisti tärytettävä betonimassa leviäisi.

Massan jakautumista Y-haarojen lähdoissä yritettiin tasata jakotukissa olevilla sulkuläpillä. Käytäntö kuitenkin todisti, että kyseinen säätö toimii joskus, mutta useimmiten se aiheuttaa kivipesän johonkin haaraan.

Valuyhteen kautta alhaalta vanhaa rakennetta vasten valaessa täytyy huomioida riittävä syvyys heti valuyhteen jälkeen. Betonipumppu ei jaksaa työntää massaa valuyhteen kautta muottiin, jos heti valuyhteen takana on seinä liian lähellä. Silloin pumppauslinjaston vastus kasvaa liian suureksi, eikä valaminen onnistu.

### **6.4 Yhteenveto**

Tämän kaltaisissa rakennushankkeissa ei voi olla painottamatta työnsuunnittelun tärkeyttä. Vaikka kyseisen rakennushankkeen työt ovat pääpiirteittäin hyvinkin yksinkertaiset: pura, raudoita, rakenna muotti ja vala. Työvaiheet, työmenetelmät, tarvittava kalusto ja sen sijoitus sekä varastoalueet on hyvä käydä läpi ennen töihin ryhtymistä ja mieluusti jo tarjouslaskentavaiheessa.



Tuntuu siltä, että koko rakennusala vaivaa yksi ja sama ongelma: Aikatauluvaatimukset ovat liian tiukkoja ja käytännössä katsoen mahdottomia toteuttaa realistisia resursseja käyttäen. Resursseja ei voi määräänsä enempää lisätä ja loppujen lopuksi sillä ei välttämättä edes saavuteta mitään.

Varmasti jokaisen osapuolen niin tilaajan, urakoitsijan kuin suunnittelijan tavoitteena ja tarkoituksena on tehdä parasta mahdollista laatua. Liian kireällä aikatauluvaatimuksella ei yksikään osapuoli voita mitään.

## LÄHTEET

Doka Industrie GmbH. 2012. Järjestelmämuotti Framax Xlife. Asennus- ja käyttöohje. Selki: Doka Finland Oy

Eurooppalainen ohje itsetiivistyvästä betonista. Määrittely, valmistus ja käyttö. 2005. [www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23159/Itsetiivistyv%C3%A4betoni\\_suomenkielen%20ohje11.doc](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23159/Itsetiivistyv%C3%A4betoni_suomenkielen%20ohje11.doc). Luettu 1.4.2018

Helenelund, K.V. 1957. Pohjarakennus ja maarakennusmekaniikka 2. Espoo.

Iho, J. 2017. Lempäälän kanavan peruskorjaus. Muotin alakonsoli. Tampere.

Jaakkola, T. toimitusjohtaja. 2018. Haastattelu 18.4.2018. Haastattelija Leppänen, J. Lempäälä.

Jalonen, J. 2017a. Korjaussuunnitelma 30042017. Laatuvaatimukset ja työselitys. Tampere.

Jalonen, J. 2017b. Mitta- ja raudoituspöytäkirja 30042017-2. Tampere

Liikennevirasto. 2016. Siltojen P-lukumenettely. [pdf] Julkaistu 16.6.2016. Luettu 1.4.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2016-22\\_siltabetonien\\_p-lukumenettely\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-22_siltabetonien_p-lukumenettely_web.pdf)

Liikennevirasto. 2017. Turvallisuusasiakirja. Lempäälän kanavarakenteiden peruskorjaus. Helsinki.

Mensonen, R. tekninen päällikkö. 2017. Haastattelu 28.9.2017. Haastattelija Leppänen, J. Lempäälä.

Mensonen, R. 2018. Toteutussuunnitelma. Seinämuotti. Selki.

Myllykylä, T. 1991. Suomen kanavien historia. Helsinki: Otava.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. Betonitekniikan oppikirja. BY201. 5. painos. Helsinki: BY-koulutus Oy.

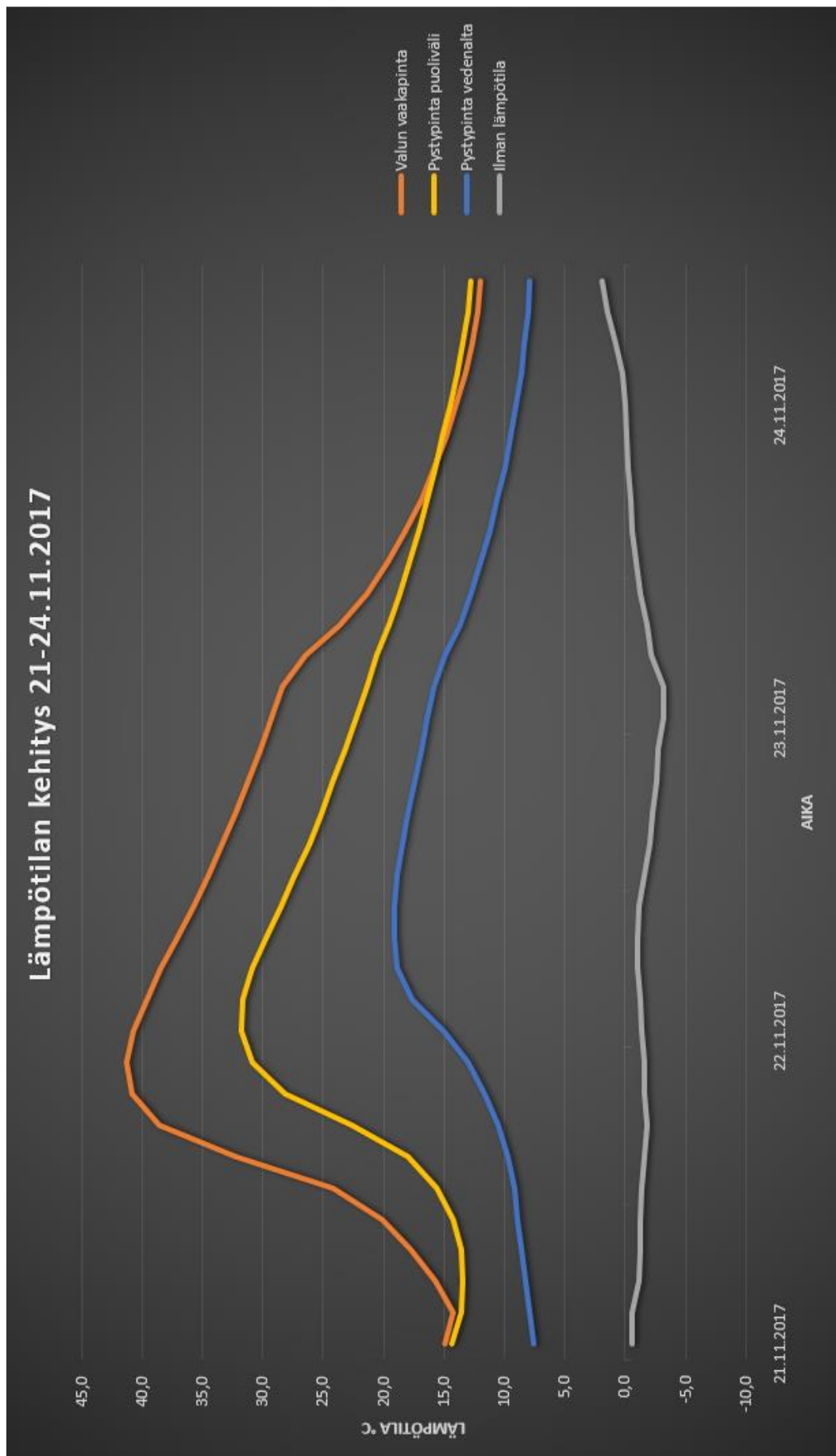
Suomen Betoniyhdistys ry. 2016. BY65. Betoninormit 2016. 2. painos. Helsinki: BY-koulutus Oy.



**LIITTEET**

Liite 1. Hukkumisvaarallisen työn turvallisuussuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 2. Henkilönostotöiden turvallisuussuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 3. Liikenteenohjaussuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 4. Purkutyön turvallisuussuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 5. Sukellustyön turvallisuussuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 6. Työ- ja laatusuunnitelma, vesipiikkaus	(Luottamuksellinen)
Liite 7. Työ- ja laatusuunnitelma, raudoitus- ja muottityöt	(Luottamuksellinen)
Liite 8. Betonointisuunnitelma	(Luottamuksellinen)
Liite 9. Betonin laadunvalvontamittaukset	(Luottamuksellinen)
Liite 10. Toteutunut P-luku laskelma	(Luottamuksellinen)
Liite 11. Valun lämpötilan kehitys	

## Liite 11. Valun lämpötilan kehitys



Valu 21.11.2017 Lohko 21							
Vaakapinta							
Mittauspiste	Mittausaika	Mittausaika	Keskiarvo	Muotin keskivälillä, pinnasta			
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	12:00:00	14,9	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	12:00:00	14,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	14:00:00	14,3	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	14:00:00	13,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	16:00:00	15,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	16:00:00	13,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	18:00:00	17,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	18:00:00	13,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	20:00:00	20,1	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	20:00:00	14,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	21.11.2017	22:00:00	24,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	21.11.2017	22:00:00	15,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	00:00:00	32,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	00:00:00	18,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	02:00:00	38,6	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	02:00:00	22,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	04:00:00	40,8	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	04:00:00	28,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	06:00:00	41,3	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	06:00:00	30,9
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	08:00:00	40,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	08:00:00	31,8
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	10:00:00	39,6	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	10:00:00	31,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	12:00:00	38,4	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	12:00:00	30,8
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	14:00:00	37,1	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	14:00:00	29,7
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	16:00:00	35,8	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	16:00:00	28,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	18:00:00	34,5	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	18:00:00	27,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	20:00:00	33,3	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	20:00:00	26,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	22.11.2017	22:00:00	32,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	22.11.2017	22:00:00	25,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	00:00:00	31,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	00:00:00	24,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	02:00:00	30,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	02:00:00	23,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	04:00:00	29,3	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	04:00:00	22,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	06:00:00	28,4	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	06:00:00	21,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	08:00:00	26,4	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	08:00:00	20,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	10:00:00	23,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	10:00:00	19,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	12:00:00	21,4	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	12:00:00	18,7
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	14:00:00	19,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	14:00:00	17,9
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	16:00:00	18,1	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	16:00:00	17,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	18:00:00	16,9	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	18:00:00	16,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	20:00:00	15,8	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	20:00:00	15,7
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	23.11.2017	22:00:00	14,8	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	23.11.2017	22:00:00	15,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	24.11.2017	00:00:00	14,0	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	24.11.2017	00:00:00	14,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	24.11.2017	02:00:00	13,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	24.11.2017	02:00:00	13,9
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	24.11.2017	04:00:00	12,7	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	24.11.2017	04:00:00	13,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	24.11.2017	06:00:00	12,2	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	24.11.2017	06:00:00	13,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23898 Ch1	24.11.2017	08:00:00	12,0	9.1 Lähetin 23898-23901, 23900 Ch3	24.11.2017	08:00:00	12,8

Veden alta				Ilman lämpötila			
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	12:00:00	7,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	12:00:00	-0,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	14:00:00	7,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	14:00:00	-0,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	16:00:00	8,2	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	16:00:00	-1,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	18:00:00	8,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	18:00:00	-1,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	20:00:00	8,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	20:00:00	-1,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	21.11.2017	22:00:00	9,2	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	21.11.2017	22:00:00	-1,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	00:00:00	9,7	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	00:00:00	-1,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	02:00:00	10,5	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	02:00:00	-1,8
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	04:00:00	11,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	04:00:00	-1,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	06:00:00	13,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	06:00:00	-1,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	08:00:00	15,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	08:00:00	-1,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	10:00:00	17,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	10:00:00	-1,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	12:00:00	18,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	12:00:00	-1,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	14:00:00	19,1	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	14:00:00	-1,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	16:00:00	19,1	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	16:00:00	-1,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	18:00:00	18,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	18:00:00	-1,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	20:00:00	18,4	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	20:00:00	-2,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	22.11.2017	22:00:00	17,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	22.11.2017	22:00:00	-2,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	00:00:00	17,4	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	00:00:00	-2,6
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	02:00:00	16,8	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	02:00:00	-2,7
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	04:00:00	16,3	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	04:00:00	-3,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	06:00:00	15,8	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	06:00:00	-3,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	08:00:00	14,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	08:00:00	-2,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	10:00:00	13,7	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	10:00:00	-1,8
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	12:00:00	12,7	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	12:00:00	-1,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	14:00:00	12,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	14:00:00	-0,9
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	16:00:00	11,2	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	16:00:00	-0,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	18:00:00	10,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	18:00:00	-0,4
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	20:00:00	10,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	20:00:00	-0,3
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	23.11.2017	22:00:00	9,5	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	23.11.2017	22:00:00	-0,1
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	24.11.2017	00:00:00	9,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	24.11.2017	00:00:00	0,0
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	24.11.2017	02:00:00	8,6	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	24.11.2017	02:00:00	0,2
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	24.11.2017	04:00:00	8,3	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	24.11.2017	04:00:00	0,8
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	24.11.2017	06:00:00	8,0	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	24.11.2017	06:00:00	1,5
9.1 Lähetin 23898-23901, 23901 Ch4	24.11.2017	08:00:00	7,9	Vara 1.1 Lähetin 16206, 16206	24.11.2017	08:00:00	1,9