



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joel Ruotanen

Paikallavaletun vesihuoltokanaalin korvaaminen elementtirakenteiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-
ohjelma

Mestarityö

10.11.2020

Tekijä Otsikko	Joel Ruotanen Paikallavaletun vesihuoltokanaalin korvaaminen elementtirakenteiseksi
Sivumäärä Aika	52 sivua + 0 liitettä 10.11.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Laatupäällikkö Antti Värri Infrarakentamisen lehtori Mika Räsänen
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää vesihuoltokanaalin rakentamisen työvaiheet Verkkoosaaren pohjoisosan esirakentamisurakassa. Opinnäytetyössä vertailtiin paikallavalettua rakennetta elementtirakenteeseen sekä kerättyjen tietojen pohjalta laadittiin raporttimuodossa työvaihekohtainen työselostus työn tilaajalle, GRK Infra oy:lle.</p> <p>Opinnäytetyön tiedonkeruu toteutettiin työvaiheiden seurannalla, aiheeseen liittyvällä kirjallisuudella ja haastattelemalla rakenteen kehityksessä ja rakentamisessa mukana olleita henkilöitä. Näiden lisäksi tietoa koostettiin GRK Infra oy:n sisäisistä suunnitelmista sekä rakennussuunnitelmista.</p> <p>Tarkoituksena oli selvittää vesihuoltokanaalin työvaiheet rakenteen valmistumiseen saakka sekä tehdä vertailua rakenneratkaisujen välillä. Opinnäytetyössä käytiin kattavasti läpi alkuperäinen rakenne sekä muutostyön jälkeinen toteutettu rakenne, pohjaolosuhteet, työvaiheet sekä työhön liittyvät suunnitelmat. Työ laadittiin työmaan työnjohtajan näkökulmasta.</p> <p>Vaikka tämä työ vaatii lukijalta perustason ymmärrystä infrarakentamisesta, on asiat pyritty selittämään ja käsitteet avaamaan siten, että lukijan on helppo ymmärtää, mistä on kyse.</p>	
Avainsanat	Vesihuolto, kanaalielementti, vesihuoltokanaali, infrarakentaminen

Author Title	Joel Ruotanen Comparison between cast-on-site channel and concrete element channel
Number of Pages Date	52 pages + 0 appendices 10 November 2020
Degree	Bachelor of construction management
Degree Programme	Construction site management
Professional Major	Infrastructure construction
Instructors	Antti Värri, Quality manager, GRK Infra Ltd Mika Räsänen, Senior Lecturer
<p>The aim of the study was to sort out the stages of constructing a newly innovated channel structure on a Verkkosaari preconstruction site. The structure is built as a supporting form of a sewage line.</p> <p>The thesis includes a comparison between concrete element and cast-in-site channels. The study was written for GRK Infra Ltd, and it serves as a specification for the phases of construction work.</p> <p>The study was carried out on the construction site, by getting acquainted with related literature and interviewing people in the project. GRK Infra's internal plans and blueprints were also used.</p> <p>The purpose of study was to sort out the phases of constructing a channel structure and make a comparison between different kind of canal forms. The thesis explains in detail the original structure and the buildt form, which was ordered as an alteration work. The soil and the blueprints of the site are also explained in the paper.</p> <p>The study does not include the construction of a sewage systems but focuses on the channel foundation of a sewage system.</p>	
Keywords	Infrastructure construction, water resources, sewage, concrete element, channel element

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön taustat	4
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	5
2	Vesihuollosta yleisesti	6
2.1	Vesihuoltokanaali	6
3	Suunniteltu rakenne	8
3.1.1	Combi-kanaali	10
3.1.2	Betonikaukalo	11
3.1.3	Ponttiseinäkaukalo	13
3.2	Muutostyöehdotus	14
4	Verkkosaaren elementtirakenteinen vesihuoltokanaali	16
5	Työtapavertailu	23
6	Maa- ja perustamisolosuhteet	27
6.1	Pohjaolosuhteet työmaalla	27
6.2	Pilaantunut maa	29
7	Työn suunnittelu	30
7.1	Riskienhallinta	30
7.2	Työturvallisuus	32
7.3	Kalusto ja resurssit	33
7.4	Työn vaiheet	34
7.4.1	Paalutus	35
7.4.2	Maanrakennus	37
7.4.3	Elementin asennus	40
7.4.4	Paikallavaluosuudet	44

	2
8 Pohdintaa	49
9 Yhteenveto	51
Lähteet	53

Lyhenteet ja käsitteet

PIMA	Pilaantunut maa-aines
VH-Kanaali	Vesihuoltokanaali, viemäri- ja vesijohtotekniikan tukirakenne
KKHp	Kaivinkone, pyöräalustainen
KKHt	Kaivinkone, tela-alustainen
TRd	Traktoridumpperi, dumpperi
K-m3	Kiintokuutio, maa-aineksen määrämitta. K-m3 kuvastaa sitä määrää maa-ainesta jolloin se on kaivamatta maassa, ns. luonnontilaisena.
Kanto	Paalun ”ylimääräinen” osa, joka leikataan pois. Hukka.
IT-Betoni	Itsetiivistyvä betoni. Kyseinen betonilaatu ei vaadi tiivistystoimenpiteitä valaessa.
RIL	Suomen rakennusinsinöörien liitto. Liitto julkaisee oppaita, joita pidetään alan standardeina työn suorittamiseen.
Kam	Kalliomurske, kiviainesjaloste

1 Johdanto

Kaupunkien kasvu on yksi nykyajan megatrendeistä. Väestövirta maaseudulta kaupunkiin pakottaa kaupungit kasvamaan. Yleensä kaupungeissa hyvälle alueelle on jo rakennettu ja jäljellä on enää vaikeita rakennuspaikkoja. Kaupunkien kasvaessa ja tiivistyessä joudutaan rakentamaan alueille, jotka ovat haasteellisia esimerkiksi maaperän kantavuuden tai alueiden ahtauden vuoksi.

Uusia asuinalueita voidaan joutua rakentamaan meren päälle paaluin tai valtaamaan mereltä tilaa maatäytöin. Lisätilaa asuinrakentamiselle voidaan kaavoittaa teollisuuden alueilta tai satama-alueilta. Tämä johtaa ongelmiin, jotka haastavat rakentajat ja suunnittelijat innovoimaan uudenlaisia rakenneratkaisuja, mitkä ovat ennen kaikkea helppoja ja nopeita, mutta myös kustannustehokkaita toteuttaa.

Yhdyskuntarakentamista suunnitellessa tulee ottaa huomioon rakenteen käyttöiän lisäksi sen huollettavuus. Tiiviillä kaupunkialueilla on kaikkien etu, että maanalaisten rakenteiden ja tekniikan käyttöikä ja täten saneerausten väli on mahdollisimman pitkä. Pitkä käyttöikä pienentää kustannuksia pitkässä juoksussa.

1.1 Opinnäytetyön taustat

Vesihuolto on infrarakentamisen tärkeä osa-alue. Tulevaisuudessa vesihuollon rakentamis- ja korjausurakointi tulee lisääntymään, kun vanhat vesi- ja viemärijohdot ikääntyvät ja tulevat elinkaarensa päähän. Erityisesti kaupungeissa vesihuollon korjaustyöt häiritsevät merkittävästi ihmisten arkea, kun rakennustöitä joudutaan tekemään ahtaissa olosuhteissa, kuten asutusalueilla ja liikenneväylillä. Vesijohto- ja viemärijärjestelmien rakennus- ja kunnostustyöt voivat vaatia mittavia kaivu-, louhinta- tai tukemistöitä riippuen pohjaolosuhteista. Ihanteellisessa tilanteessa voidaan perustaa vesijohtojärjestelmät maanvaraisesti, mutta haastavissa pohjaolosuhteissa joudutaan kehittämään toisenlaisia perustamistapoja.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin GRK Infra oy:n toimeksiannosta. GRK Infra Oy kuuluu GRK-konserniin, joka on erikoistunut haastaviin infrarakentamisen hankkeisiin. Konserni toimii Suomessa, Ruotsissa ja Virossa ja työllistää opinnäytetyön laatimishetkellä yli 600

henkilöä. Vuonna 2019 konsernin liikevaihto oli lähes 300 miljoonaa euroa. Suurimmat asiakkaat ovat valtionhallinto, kunnat ja kaupungit sekä yksityinen sektori. Viimeisen kymmenen vuoden aikana GRK-konserni on kasvanut suomen johtavaksi infra-alan yritykseksi, jonka ydinosamista ovat suurien hankkeiden projektinjohto, väylärakentaminen, raiderakentaminen sekä pohja- ja teollisuusrakentaminen.

GRK Infra Oy urakoi päätoteuttajana Verkkosaaren pohjoisosan esirakentamistyömaalla, jossa rakennetaan kadut, kunnallistekniikka, rantamuuri sekä tehdään mittavia maansiirtotöitä, kuten pilaantuneiden maamassojen kunnostusta. Työmaa rajautuu idässä vanhankaupunginlahteen. Urakan tilaajana on Helsingin kaupunki. Tilaajalle tehtiin muutostyöehdotus koskien työmaalle suunnitellun paikallavaletun vesihuoltokanaalin korvaamista elementtirakenteiseksi. Elementtirakenteiseen ratkaisua perusteltiin haastavien pohjaolosuhteiden, kuten pilaantuneen maa-aineksen, korkean pohjaveden sekä merestä nousevien vesien aiheuttamien haasteiden vuoksi. Alueella aikaisemmin toimineen teollisuuden vuoksi tontilla esiintyi pilaantunutta maata yhteensä noin 250 000 m³. Osa näistä pilaantuneista maa-aineksista sisältää syöpää aiheuttavia aineita, kuten syanidia.

Kuten kaikessa rakentamisessa, ranta- ja satama-aluerakentamisessa on pyrittävä kehittämään keinot pärjätä luonnonvoimien kanssa. Merta ei pysty kontrolloimaan, joten on toimittava luonnonvoimien ehdoilla.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämä opinnäytetyö käsittelee elementtirakenteista vesihuoltokanaalia ja sen rakentamista Verkkosaaren työmaalla. Tutkimuksessa tiedonkeruu tehdään työmaalla, haastatteleamalla projektin kehitys- ja rakennusvaiheessa mukana olleilta, projektin tietopankista sekä GRK Infran sisäisistä suunnitelmista. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia työn tilaajalle raportti, joka sisältää työtapaavertailun paikallavaletun rakenteen ja elementtirakenteen välillä. Opinnäytetyömuotoisessa raportissa käydään läpi työjärjestys, tarvittava kalusto ja resurssit, pohjaolosuhteet, sekä projektissa esiintyneet ongelmat ja ratkaisut niihin. Tavoitteena on laatia kattava tietopaketti vesihuoltokanaalin rakentamisesta Verkkosaarella.

2 Vesihuollosta yleisesti

Vesihuollolla tarkoitetaan ihmiselle elintärkeää puhtaan veden saamista sekä jäteveden poisjohtamista, eli vesijohtoa ja viemäreitä. Osana vesihuoltoa voidaan pitää rakennetun ympäristön sadevesien ohjausta katualueiden pinnanmuodoin ja kaivo- sekä putkijärjestelmin. Näitä sadevesiä kutsutaan hulevesiksi. Vesihuolto on toimivan yhteiskunnan kannalta elintärkeä palvelu. Suomalainen kotitalous käyttää keskimäärin noin 130 litraa puhdasta vettä vuorokaudessa henkilöä kohden (5). Tämä tarkoittaa karkeasti sitä, että vesijohtolinjaa pitkin asuntoon tulee 130 litraa puhdasta talousvettä ja viemäriä pitkin johdetaan 130 litraa jätevettä pois jätevedenpuhdistamolle tai imeytetään maaperään. 130 litraa kattaa ruoanvalmistuksen, astian- sekä pyykinpesun, henkilökohtaisen peseytymisen, sekä juomaveden. Vesihuolto on ihmiselle elintärkeä palvelu, jonka rakennuttamisesta ja ylläpidosta Suomessa vastaa kunnat ja kaupungit. Vesihuoltoa säätelee useat lait ja asetukset, yleisin on vesihuoltolaki. Lisäksi vesihuoltoa säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki, vesilaki sekä ympäristönsuojelulaki ja terveydensuojelulaki (5). Monissa kaupungeissa ja kunnissa aiemmin rakennettu vesihuoltojärjestelmä on rapistunut huonoon kuntoon ja tulevaisuudessa on mittavat vesihuollon korjaustyöt.

Tämä opinnäytetyö ei käsittele varsinaisesti vesihuollon rakentamista, vaikka sitä opinnäytetyössä sivutaankin. Opinnäytetyössä keskitytään Verkkosaaren asuinalueelle rakennettavan vesihuoltojärjestelmän tukirakennetta. Maaperä kyseisellä alueella on vanhaa merenpohjaa, eli koheesiomaata, kuten silttiä ja savea. Lisäksi alueelle on ajettu vuosien saatossa erilaisia jäte- ja täyttömaita. Perustamisolosuhteet kohteessa olivat haastavat, minkä vuoksi putkia ei voitu perustaa maanvaraisesti vaan jouduttiin innovoimaan kallioon paaluin tuettu rakenne.

2.1 Vesihuoltokanaali

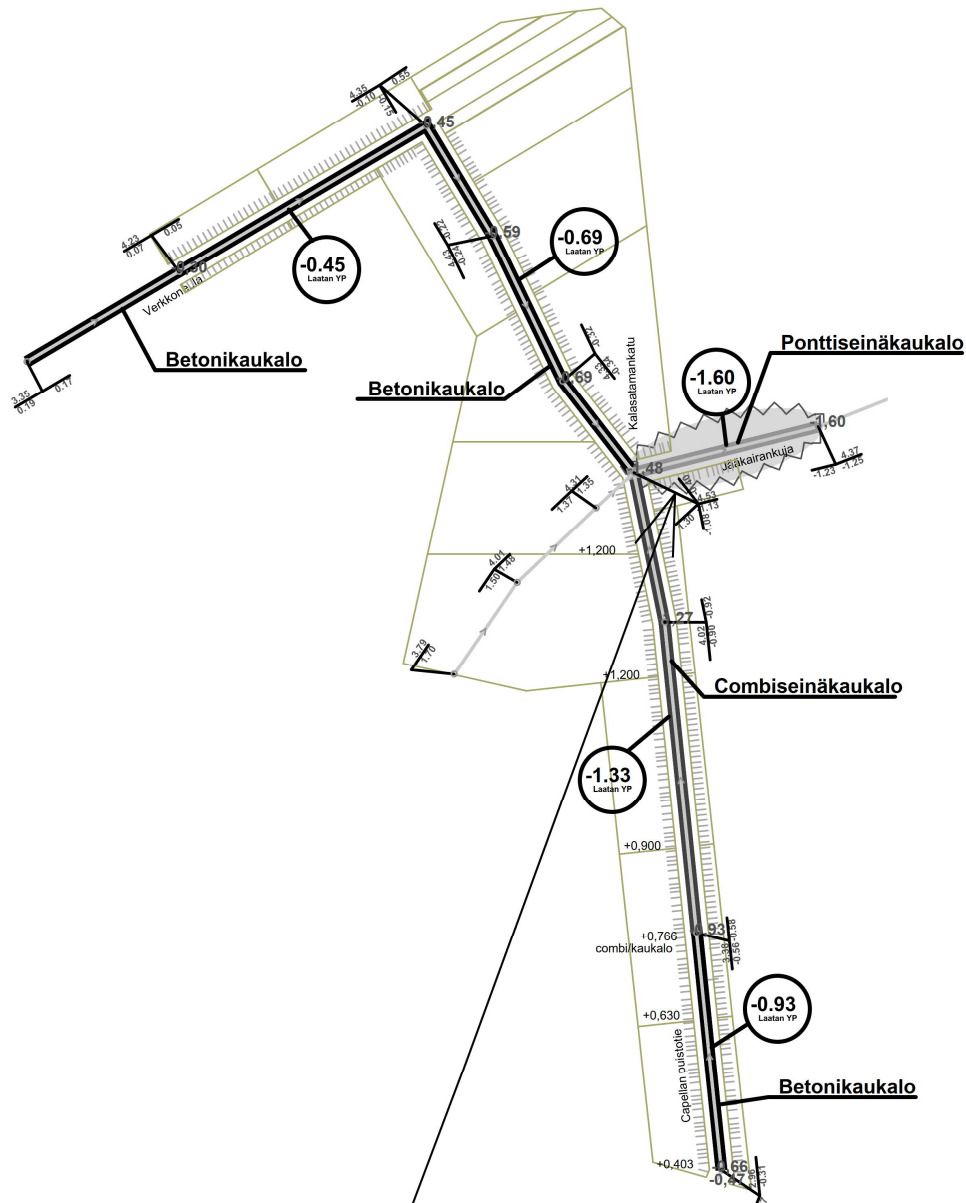
Tiiviillä kaupunkialueella syvälle perustaessa vesihuollon sijoittaminen kanaalirakenteseen on järkevää. Etuina ovat suojattu rakenne ja helpompi huollettavuus. Tulevaisuuden putkisaneerauksien yhteydessä kaivannon sortumisriski on pienempi betonirakenteen ansiosta. (8.) Pohjaolosuhteet Verkkosaaren alueella ovat kelvottomat maanvaraiseen perustukseen. Lisäksi kyseisellä työmaalla haasteita tuotti pilaantunut maa ja sen aiheuttamat riskit työntekijöille.

Rakennettaessa meren läheisyyteen hulevesijärjestelmä on suunniteltava tarkkaan. Meriveden pinnanvaihteluiden vuoksi jonain hetkinä hulevesiputkistot voivat tulvia, kun toisaalta linjat voivat ajoittain olla rutikuivia. Keskeinen syy sille, että hulevesilinjaa ei Verkkosaassa rakennettu paalulaatan päälle, on juuri meren läheisyys sekä aiemmin rakennettujen viettoviemäreiden korkoasema. Hulevesilinjassa ei olisi yksinkertaisesti kaadot riittäneet, mikäli putket olisi perustettu paalulaatan päälle. Toisaalta paalulaattojen korkeusasemaa ei olisi ollut järkevää laskea, sillä tämä olisi kasvattanut rakentamiskustannuksia mittavampien pima-kunnostusten myötä.

Verkkosaareen kanaalia rakennettiin noin 500 metriä. Kanaali suunniteltiin tehtäväksi kolmena erityyppisenä rakenteena.

3 Suunniteltu rakenne

Verkkosaaren pohjoisosan esirakentamisen työmaan rakennesuunnittelijana toimi Sitowise. Sitowisen laatiman suunnitelman mukaan kanaali olisi toteutettu kolmella erilaisella rakenteella. Tukematon kaivanto, johon olisi valettu betonikaukalo, ponttikaivantona sekä combi-seinärakenteisena kanaalina. Tuetuissa kaivannoissa pontit olisi jäänyt pysyväksi tukirakenteeksi. Kaukaloiden betonirakenteiden vaatimukset tulivat InfraRYL:in 42020 Sillan betonirakenteet -ohjeiden mukaan. (14.)



Kuva 1. Verkkoisaaren pohjoisosan VH-kanaalin suunnitelma. Kuvassa Capellan puistotien, Jääkairankujan, Kalasatamankadun sekä Verkkoneulan osuus. Kuvassa ei näy Vanhan talvitien osuutta.

Kanaalien korkeasema oli suunniteltu jo olemassa olevien hule- ja jätevesilinjojen mukaan. Capellan puistotiellä oli aiemmin rakennettu 300 mm betoninen jätevesilinja, johon liitettiin. Verkkoneulan päässä liitettiin 600 mm betoniseen jätevesilinjaan. Kuvassa 1 näkyy kanaalirakenteen yläpinnan korot. Jääkairankujalle rakennettiin jätevesipumppaamo, johon kyseiset linjat viettävät. Vanhalle talvitielle rakennettiin 2000 mm hulevesilinja, joka viettää mereen.

Työn suunnitteluvaiheessa havaittiin, että olosuhteet alueella ovat vaikeat. Riskikartoituksessa todettiin, että työt ovat haastavia toteuttaa turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Töiden koettiin olevan monelta eri kantilta tarkasteltuna niin haastavia, että ruvettiin miettimään muutostyöehdotusta riskien pienentämiseksi.

3.1.1 Combi-kanaali

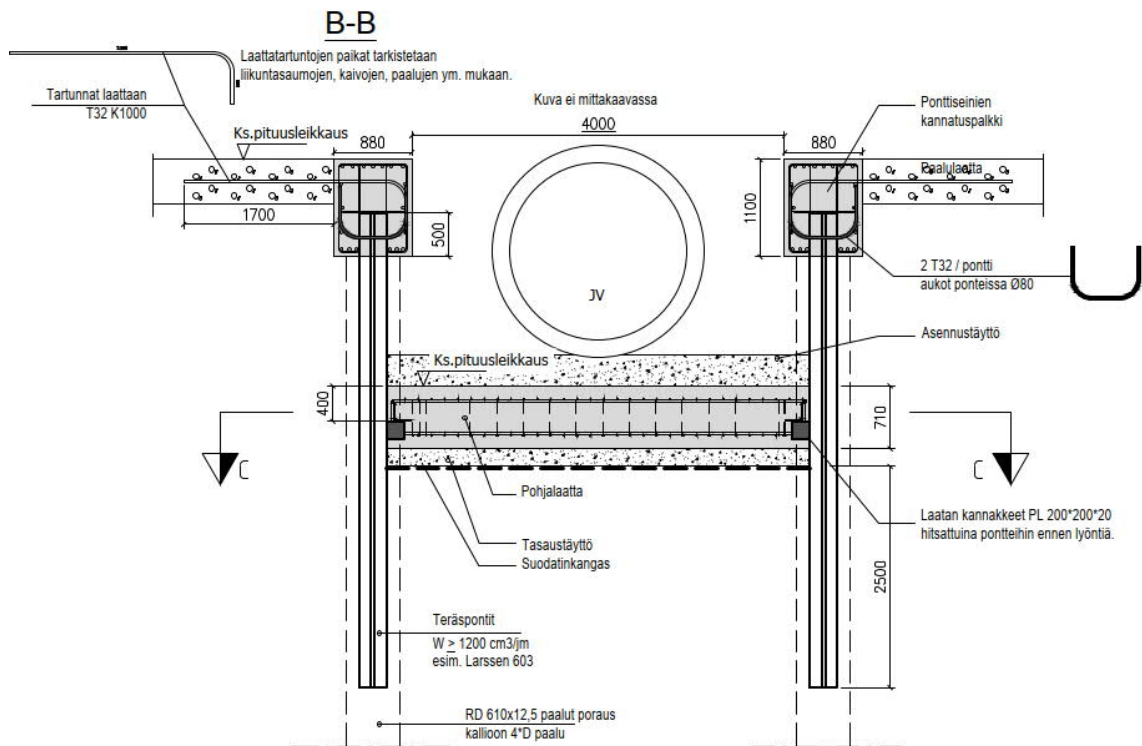
Combi-seinä on hyvin yleinen tukiseinärakenne satamarakentamisessa. Combi-seinä perustuu putkipaaluun, jonka kylkeen on hitsattu pontti tai ponttilukko. Paalutuksen jälkeen paalun lukkoon asennetaan teräsponttirivi, jonka jälkeen asennetaan jälleen uusi paalu. Paalu ottaa maanpaineen vastaan, siirtäen voimat kallioon ja teräspontti toimii seinärakenteena sekä kaivannon tukena. (10.)

Suunnitelmien mukaan combi-seinärakenteen yläpään olisi valettu betoninen palkki, joka tarttuu viereisiin paalulaattoihin. Kaivannon pohjalle olisi valettu paksu pohjalaatta. Kyseessä oleva palkki jalostettiin betonielementtirakenteeseen mukaan muutostyöehdotuksessa.

Maaperä suunnitellulla combi-kanaalin alueella oli vaihtelevaa. Massanvaihto syvälle olisi aiheuttanut rakenteessa suuria aikaa vieviä töitä. Kyseisellä mestalla sijaitsi louhetta, jotka olisi pitänyt poistaa ennen pontin asennustyötä. Työselostuksen mukaan massanvaihto vaadittiin ponttien alareunaan saakka. Tämä tarkoittaa toisin sanoen, että massaa olisi leikattu kaivuutasosta jopa 7 metriä alaspäin. Jotta pontti olisi asettunut mittatarkasti, olisi louheen kaivuutöiden jälkeen luonnollisesti kuulunut tehdä täytöt pienirakeisella kiviaineksella, esimerkiksi kalliomurskeella 0-32 mm.

Tilaja vaati combi-seinärakenteen tuentaa kaivuutöiden yhteydessä. Tilajan ohjeiden mukaan tuenta olisi tehty tukikehikolla, joka olisi jäänyt valetun laatan alle. Lainaus työselostuksesta:

Ponttiseinän kaivutason alapuolisen perusmaan ollessa löyhää silttiä tai savea, pitää ponttiseinää tukea tukikehikolla, jota lasketaan alaspäin kaivun edetessä. Tukikehikko jätetään painelaattavalun alle. Tukikehikon tarve on Vanhalla talvitiellä noin plv 45-80 ja plv 225-275, osuudet varmennetaan ponttien lyönnin yhteydessä. Kitkamailla ja moreenissa tätä tuentaa ei tarvita.



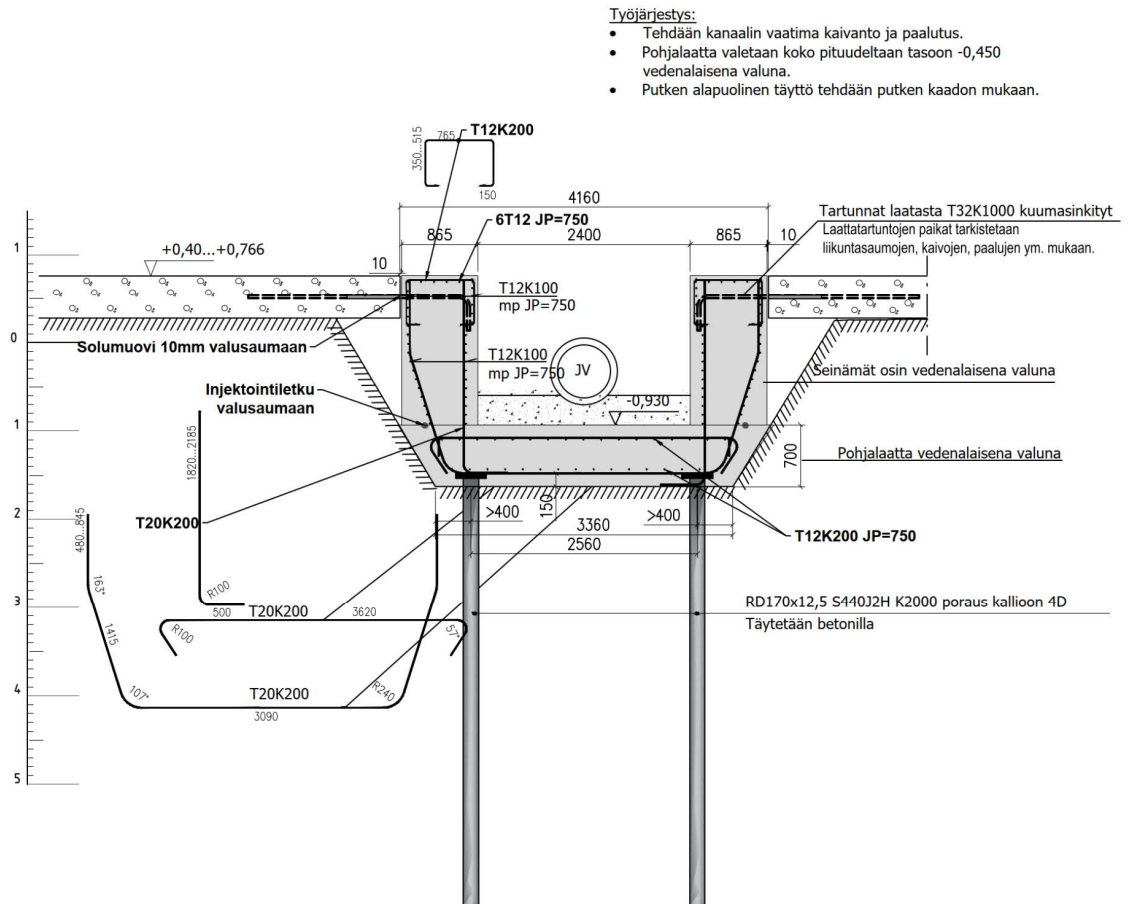
Kuva 2. Suunniteltu combi-seinärakenne.

Ongelmaksi tässä rakenteessa olisi muodostunut esimerkiksi laatan kannakkeiden hitsaus. Suunnitelman mukaan laatan kannakkeet olisi hitsattu pontteihin ennen lyöntiä. Tämänkaltainen työjärjestys olisi ollut haastavaa toteuttaa siten, että kannakkeet olisivat kestäneet maan läpi painamisen. Todennäköisesti urakoitsija olisi toteuttanut työn hitsaamalla kannakkeet vasta pontituksen ja aukikaivun jälkeen. Toisaalta tämänkaltaisessa työjärjestyksessä olisi mahdollisesti jouduttu hitsaamaan kannakkeet vedenalaisena työnä.

3.1.2 Betonikaukalo

Kaukalarakenteen työjärjestystä oli avattu rakennussuunnitelmassa. Kaukalon perustukset olisi porattu kanaalissa vedenalaisena työnä. Suunniteltu paalu oli RD170 porattuna 4D kalliin, jonka jälkeen paalut olisi katkottu korkoon, betonoitu IT-betonilla ja päähän olisi asennettu hattu. 4D tarkoittaa, että paalun halkaisija olisi kerrottu neljällä, ja täten

saatu kallion sisään porattava mitta. Pohjalaatta olisi raudoitettu ja valettu vedenalaisena valuna, valun jälkeen laatan ja kaukalon seinärakenteeseen olisi asennettu vedenalaisena työnä injektointiletkut. Näiden töiden jälkeen kanaalin seinien muottityö olisi tehty osittain vedenalaisena työnä.



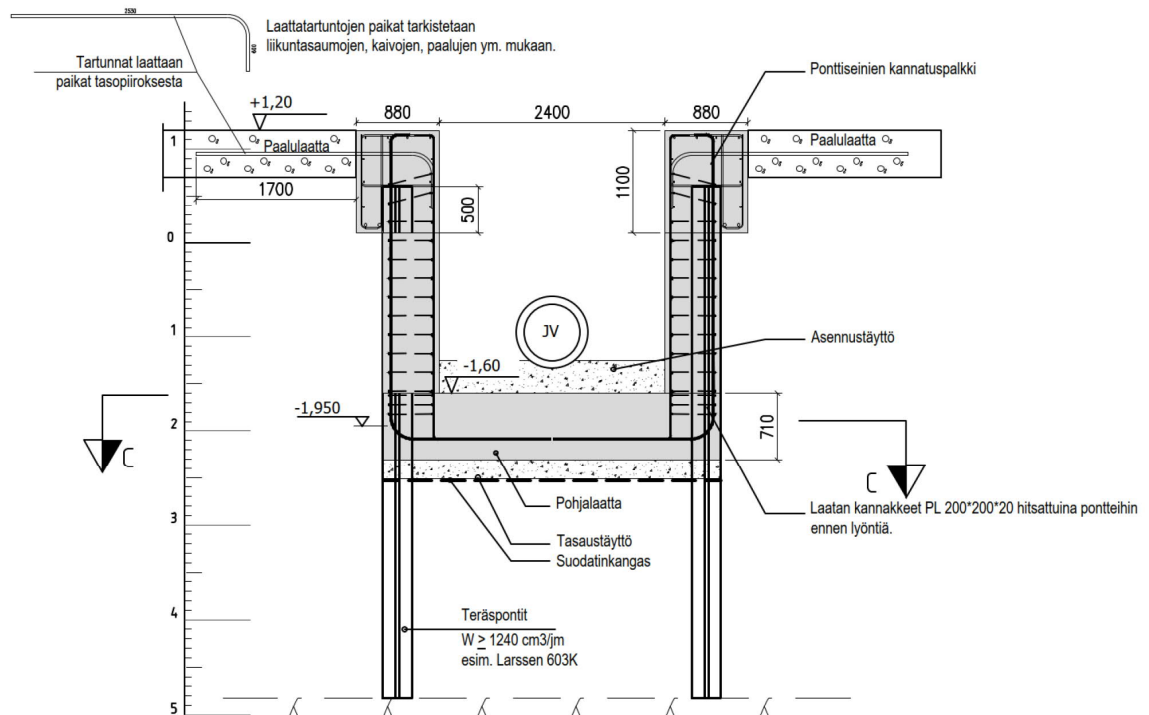
Kuva 3. Paaluin tuettu betonikaukalorakenne.

Kuvassa näkyy rakenteen työjärjestys, kaivannon luiskaukset, kaukalon raudoitus, injektointiletkut sekä tartunnat paalulaattaan. Vasemmalla näkyy korkoasema-asteikko. Raudoitus, laatan valu, injektointiletkut ja seinien muottityö olisi ollut haastavaa.

3.1.3 Ponttiseinäkaukalo

Ponttiseinäkaukalo on rakenteeltaan kenties lähimpänä toteutettua rakennetta. Kyseisessä rakenteessa olisi pohjalaatta sekä seinät valettu pontteja vasten. Lisäksi ponttikaukalon yläpalkki olisi raudoitettu ponttien ympärille.

Jääkairankujalla nousee kallio jyrkästi ylöspäin. Tässä rakenteessa pontit olisi lyöty kalliioon tai kantavaan maaperään asti. Maalajien, erityisesti saven kerrospaksuuden vuoksi rakenne olisi vaatinut massanvaihtotöitä.



Kuva 4. Ponttiseinäkaukalon alkuperäinen rakenne suunnittelijan mukaan.

Tämäkin rakenne olisi tehty osittain vedenalaisena työnä. Kuvassa 4 poikkileikkaus ponttiseinä rakenteesta. Laattarakenne olisi ollut järeä, 710 mm.

3.2 Muutostyöehdotus

Työtä suunnitellessa havaittiin olosuhteiden olevan haastavat, jolloin urakoitsija päätyi ehdottamaan korvaavaa elementtirakennetta. Elementin ideointi ja kehitystyö tehtiin yhteistyössä GRK Infran, Sitowisen, WSP:n sekä Ruskon Betonin kanssa. (8.) Tilaajan suunnitelmilla erityisesti paikallavalettavan kaukalon kaivannosta olisi tullut valtava ja maamassojen leikkuu olisi vienyt resursseja. Pilaantunutta savimaata olisi täytynyt kaivuutöiden yhteydessä luiskata. Luiskaustyöt pilaantuneilla maa-alueilla olisi kasvattanut tilaajan maaperän kunnostuksen kuluja, kun leikattavaa PIMA-massaa olisi kaivettu enemmän.

Tuettu elementtikaivanto pienensi kaivuutöitä ja kasvatti kaivannon geoteknistä vakaavuutta ja täten pienensi riskejä. Sortumavaara pieneni huomattavasti pontein ja soljin tuetussa kaivannossa. Paikallavalurakenteisena kaivannossa työskentelevät olisivat mahdollisesti altistuneet pilaantuneen maan myrkyllisille aineille. Alkuperäisessä rakennussuunnitelmassa työt oli suunniteltu suoritettavan vedenalaisena työnä, mutta varsinaista ohjeistusta paikallavalutyöhön PIMA-kaivannossa ei annettu. Tämä olisi mahdollisesti aiheuttanut riskejä työntekijöille, jotka olisivat kaivannossa altistuneet pilaantuneesta maasta nouseville kaasuille sekä pilaantuneelle pohjavedelle.

Muutostyöehdotuksella pyrittiin saamaan samat hyödyt, kuin suunnitellusta rakenteesta työn tehokkuutta kasvattamalla. Lisäksi laadunvarmistus oli helpompaa, eikä töitä tarvinnut suorittaa vedenalaisesti. Tämä kasvatti myös työturvallisuutta pienentämällä työntekijöihin kohdistuvia riskejä.

Muutostyöehdotuksen vuoksi osa maanalaisesta tekniikasta jouduttiin siirtämään kasvanneen betonipalkin tieltä. Paaluja muutettiin siten, että Capellan puistotiellä RD170-paalut korvattiin RD270 -paaluilla, sekä paalujen vaakasijaintia muutettiin, kun rakenteen tuentatapa muuttui muutostyöehdotuksen myötä. Betonimassan reseptiikka tehtiin elementteihin ja palkkeihin sopivaksi tilaajan, pääurakoitsijan ja betonitoimittajan kanssa yhteistyössä. (11.)

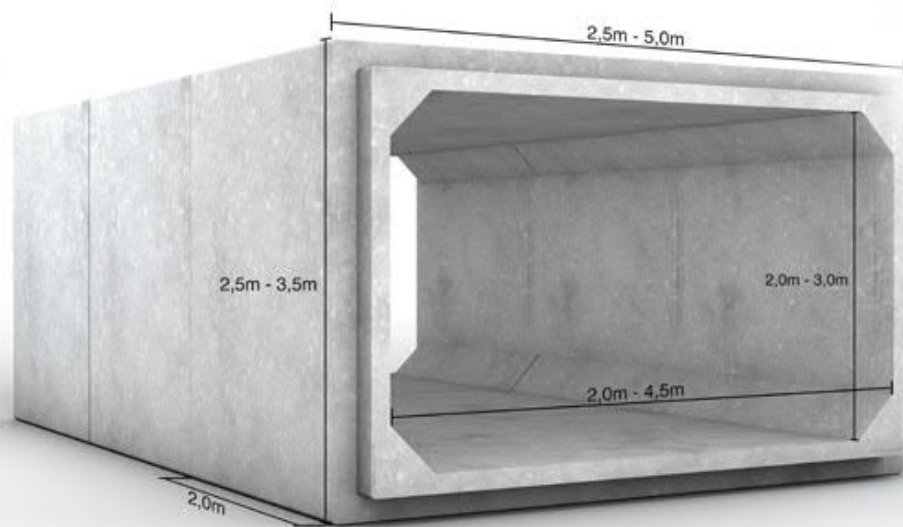
Rakennesuunnittelun laati WSP. WSP laski ja mitoitti palkin sekä paalujen raudoituksen, ja sovitti ne Sitowisen aikaisemmin suunnittelemiin rakenteisiin. (14.) Sitowiseltä saatiin

päivitetyt sijainnit porapaaluille. Betonielementtisuunnittelu tuli Ruskon Betonilta, jotka muuttivat alkuperäisen RB-Kingin seinämävahvuutta ja lisäsivät tarvittavan määrän rautaa elementtiin. (8.) Elementtien asennuskorko tehtiin alkuperäisten suunnitelmien mukaan, jotta kanaaliin rakennettava jätevesi- tai hulevesilinjan korko pysyi alkuperäisellä sijainnillaan.

Muutostyöehdotus laadittiin ja hyväksyttiin tilaajalla rakennusvaiheen aikana. Tilaaja oli myötämielinen ehdotukselle, sillä kyseisestä muutostyöstä ei syntynyt lainkaan kustannuksia tilaajalle. Kaikki rakenteen uudelleensuunnittelutyöt tehtiin GRK Infran lukuun.

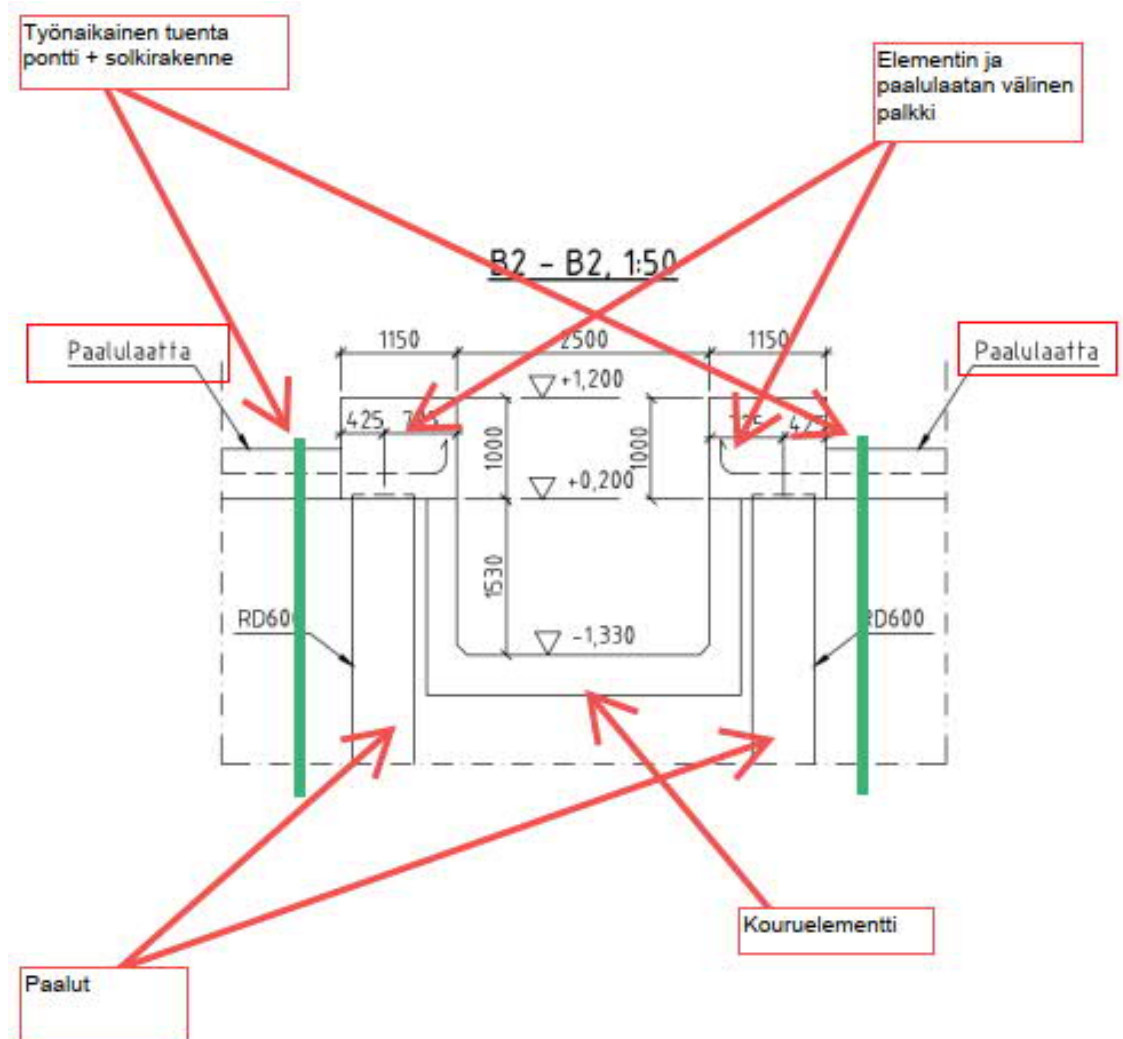
4 Verkkosaaren elementtirakenteinen vesihuoltokanaali

Ruskon Betonilla oli valmiiksi olemassa tuote, RB-king, jota käytettiin infrarakentamisessa eri kohteissa ja käyttötarkoituksissa. RB-kingistä oli helppo jatkojalostaa kyseiseen rakenteeseen sopivaa elementtiä. RB-Kingiä on käytetty ainakin kaapelikaivona, viivytyssäiliönä, tunnelirakenteena, säiliönä ja pumppaamon runkona. (6.)



Kuva 5. Alkuperäisen RB-King:n esimerkkikuva (6)

Alkuperäistä RB-Kingiä muokattiin tekemällä elementti ilman ”kantta” ja lisäämällä raudoitusta sekä tartunnat palkkiin. Elementin rakennepaksuutta kasvatettiin lisääntyneen raudoituksen myötä. Alkuperäinen RB-King tehdään 250 mm seinämävahvuudella, mikä ei olisi verkkosaaren kohteessa riittänyt. Valutapa ja muottitekniikka on erilainen verrattuna alkuperäiseen RB-King-tuotteeseen. (8.) Betonimassana käytettiin tilaajan vaatima Ro31, R1, C35/45-2, XA2, 150 vuoden käyttöiällä. Tämä massa hienosäädettiin elementtien valutekniikkaan sopivaksi. (11.)



Kuva 6. Muutostyöehdotuksen jälkeinen rakenne. Leikkauskuvassa näkyy paalut, palkki ja kaukaloelementti sekä paalulaatta ja tartunnat. Lisäksi vihreällä merkattu työnaikainen tuenta pontein.

Työvaiheiden suunnittelu etukäteen on osa työmaan riskikartoitusta ja GRK Infran toimintajärjestelmää. Työvaihekohtaiset riskit, niin teknilliset kuin taloudelliset, saadaan määritettyä hyvällä suunnittelulla. Hyvä riskikartoitus on työkalu, jonka avulla riskeihin osataan varautua niiden toteutuessa. Työn suorittamisen järjestys meni pääpiirteittäin seuraavanlaisesti:

- Massanvaihto
- Paalutustyöt
- Pontitus ja solkien asennus
- Kaivuu ja asennusalustan teko

- Elementtien asennustyö
- Täyttötyö elementin ja pontin väliin
- Solkien poisto elementtiasennuksen edetessä
- Ponttien poisto
- Palkin muotitus- ja rauditus sekä valu.

Ponttien noston jälkeen asennettiin paaluihin raudoitehäkit. Paalut valettiin suunnitellulla 30/37 IT-massalla, jolla varmistuttiin paalun täytyminen. Valun jälkeen paalujen ja elementin väliin rakennettiin liittorakenteeksi palkki, joka tarttuu sekä elementtiin, paaluun että viereiseen paalulaattaan.

Elementtejä suunniteltaessa vaatimuksena ei ollut vesitiiveys. Elementtien välinen liitos toteutettiin eräänlaisella ponttihuuloksella, johon kiinnitettiin elementtitehtaalla solukuminauha. Työmaalla havaittiin, että kyseinen liitos oli lähes vesitiivis, eikä meriveden noustessa elementtien saumoista noussut vettä kanaaliin, vaikka elementin ulkopuolella veden korkeus nousi. Tämä helpotti putkien asennustöitä. Elementin suunnittelussa noudatettiin InfraRYL:in ohjetta 41120.1.3. veteen asennettavista elementeistä:

Veteen asennettavien betonielementtien asennustoleranssien suunnittelussa tulee ottaa huomioon suuremmat työvarat. Tämä toteutuu parhaiten suunnitelmalla liitokset ja saumavalut selkeästi suuremmilla työvaroilla. Näkyviin jäävien pintojen ja saumojen rakentamistoleransseissa pyritään normaaliluokan tason lopputulokseen.



Kuva 7. Elementin ponttiliitoksen naaraspontti. Kuvassa kaivinkone työntää kauhallaan elementtiä kiinni toiseen elementtiin.

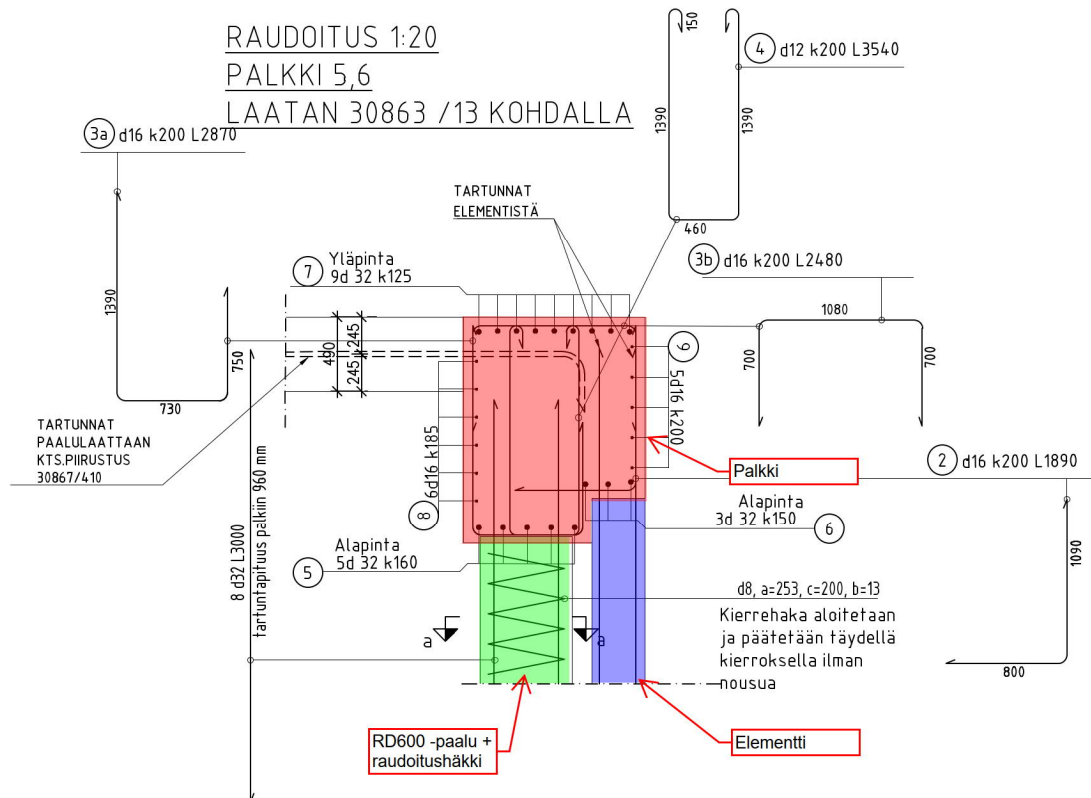
Elementtien asennuksen ja maatyttöjen jälkeen kanaaliin tehtiin sahatavarasta työtaso. Työtason tarkoituksena on taata helppo ja turvallinen työskentely palkin raudoittajille ja kirvesmiehille. Putoamisvaaraa ei ollut, kun työtaso ulottui koko elementin sisäleveydelle. Tason päätyihin rakennettiin sahatavarasta lain vaatimat putoamissuojaukset. Lisäksi työtasolla varastoitiin rakennusmateriaaleja, jäteastioita ja työkalukontteja.

Palkkia rakentaessa tehtiin ensimmäinen muotti pienemmillä kanaalielementtiosuuksilla elementin sisäpuolelle, mutta isommilla elementeillä todettiin ”ykkösmuotin” olevan työteknisesti kannattavaa toteuttaa elementin ulkopuolelle. Näillä kohdin muotti tuettiin ylös nostettuihin pontteihin, jotka toimivat palkin muotin tukirakenteena sekä putoamissuojana mutta ennen kaikkea patorakenteena vesien kontrollointiin.



Kuva 8. Kanaalielementin työtaso ja palkin raudoitus.

Kiinteän, kattavan työtason rakentaminen todettiin työteknisesti kannattavimmaksi vaihtoehdoksi kuin siirrettävät kevyet alumiinitelineet, jotta työt voidaan tehdä tehokkaasti ja turvallisesti. Palkin raudoitustyö oli helppoa, kun raudoittajat saivat nosturiautolla nostettua raudat mestan välittömään läheisyyteen.



Kuva 9. Detaljokuva paalusta, elementistä ja raudoitteista.

Palkin ja viereisen paalulaatan välisen raudoituksen tartuntaterästen asentamista piti miettiä työn sujuvuuden kannalta. B-tyyppin raudoite, joka on muodoltaan L-kirjaimen muotoinen, oli haastava pujottaa muotin läpi, joten tartuntateräs oli helpompi asentaa ensin paikalleen ja suorittaa muotitus tartuntaraudan ympärille. Osassa palkkia jouduttiin käyttämään Dywidag-harvakierretankoja työn tahdistuksen ja veden tason vuoksi. Näiltä osin tartunta asennettiin paikalleen vasta ponttien poiston ja muotinpurun yhteydessä. Ennen valua asennettiin palkkiin 50 mm ryppyputki varaukseksi. Tartuntoja ei olisi pystytty asentamaan, sillä pitkä tartuntarauda olisi vaatinut pontin poistoa ja tällöin pontin

ulkopuolelta olisi tulvinut vettä hallitsemattomasti. Lopuksi tartunnan varausreikä injektoidiin betonimassalla.

Sinkityn 32 mm harjateräksen korvaaminen 20 mm Dywidag-tangolla hyväksyttiin rakennesuunnittelijalla ja tilaajalla. Sitowisen suunnittelijan Jussi Kokkisen mukaan läpimitaltaan 20 mm Dywidag-tangon kapasiteetti on noin 95% 32 mm harjateräksen laskentalujuudesta, ja tartuntaominaisuudet betoniin vähintäänkin yhtä hyvät. (15.)

5 Työtapavertailu

Tarkoitus on tutkia, saavutettiin elementtirakenteella tavoiteltu hyöty. Paikallavalettujen osuuksien työsaavutuksia voidaan seurata ja verrata niitä elementtirakenteisen työsaavutuksiin. Tehdyssä rakenteessa paikallavalettiin vain ne osat, joita ei elementtinä kyetty toteuttamaan. Paikallavalu tehtiin kanaalin risteyksissä ja taitekohdissa, sekä kanaalin yhtyessä vanhaan olemassa olevaan rakenteeseen. Raudoitus- ja muottityö oli vedenalaisena työnä toteutettuna haastavaa. Pilaantuneesta maaperästä nouseva vesi ja sen kontrollointi asetti omat haasteet, kaivantojen kuivana pito oli meriveden noustessa ajoittain mahdotonta.

Vanhalle talvitielle rakennettiin suurin kanaali. Vanhan talvitien elementtien asennustyö eteni keskimäärin 38 metriä viikossa. Vanhan talvitien osuus kanaalista oli veden määrän kannalta kaikkein haasteellisin. Elementtien arina- ja asennustyöt tehtiin osittain vedenalaisena työnä.

Mikäli Vanhalla talvitiellä olisi päädytty suunnittelijan rakenteeseen, ei työt olisi edenneet 38 metriä viikossa. Vaikka combi-seinän rakentaminen olisikin ollut joutuisaa, olisi betonityöt näissä olosuhteissa olleet hitaita eikä vastaaviin työsaavutuksiin olisi päästy.



Kuva 10. Kanaalin Jääkairankujan ja Kalasatamankadun risteys tehtiin paikalla valaen. Kuvassa rauditustyö meneillään. Tätä kaivantoa pidettiin kuivana pontein ja kolmella suurella pumpulla.

Paikalla valaessa voidaan tarkastella mestan tyyppiä, kuten kaivantoa, perustustapaa, massamääriä, mahdollisia paisuntanauhoja tai injektointiletkuja. Betonityönjohtajalla on paljon seikkoja, joita ottaa huomioon ja jotka vaikuttavat työsaavutuksiin. Mikäli työ joudutaan tekemään vedenalaisena, pitää rakenteen valmistamiseen resursoida aikaa enemmän.

Haastattelin paikallavaihtoehtosta työmaalla urakoivaa Anssi Jokista AK-raudoitus Oy:stä (9):

Elementtirakenne on ehdottomasti järkevämpi ratkaisu tällä työmaalla. Alkuperäinen suunnitelma olisi ollut todella haastava toteuttaa, sillä tällaiset kanaalikaivannot ovat yleensä työmaan vetisimpiä paikkoja. Arvioni mukaan olisimme raudoittaneet 2 RAM tiiminä pienintä kanaalirakennetta noin 30 metriä päivässä, ilman palkin teräksiä. Olimme viime kesänä raudoittamassa samankaltaista rakennetta Terrawisen työmaalla Vantaalla. Siellä kanaali toteutettiin paikallavaluna mutta kaivanto oli paljon matalampi, joten raudoitus- ja valutyö kannatti tehdä työmaalla. Kyseisessä kohteessa valettiin ensin paalujen päälle pohjalaatta, jonka jälkeen valettiin viereen paalulaatta ja kanaalin seinät samanaikaisesti. Verkkoosaassa ei tällainen tahdistaminen olisi ollut mahdollista korkeamman rakenteen vuoksi.

Raudoituksen lisäksi resursseja olisi kuluttanut suuritöinen muotitus sekä injektointi- ja paisuntanauhat, sekä pitkäaikainen kaivannon tuenta. Elementtirakenteinen kanaali sitoi pontit paikalleen vain muutamaksi päiväksi, ja kaivuutyöt pääsivät etenemään elementtien asentamisesta seuraavana päivänä. Paikallavalu oli suunniteltu suurelta osin vedenalaisena työnä, jolloin kaivannossa oleva vesi olisi hidastanut töitä merkittävästi. Esimerkiksi laatan pohjien teko sekä raudoitus vedenalaisena työnä olisi ollut todella haastavaa. Lisäksi laadunvarmistus veden alla olevista rakenteista olisi ollut merkittävästi vaikeampaa.

Kanaalin kääntyessä taitekohtiin rakennettiin paikalla valettu osuus. Tähän päädyttiin elementtitekniikan vuoksi, oikeanlaisen elementin valmistus olisi ollut haastavaa tehdasolosuhteissa. Myös asennus ja työvarat olisi ollut hankala toteuttaa. Suuri haaste oli kaivantojen kuivana pitäminen. Elementin laskeminen vetiseen kaivantoon on sujuvaa, sillä betonielementin suunnittelussa ja toleransseissa vedenalainen asennus on otettu huomioon, mutta muotti- ja raudoitustyöt veden alla ovat hitaita ja työläitä. Työmaa sijaitsi meren läheisyydessä, joten kaivantojen vesimäärät mukailivat meriveden korkeustasoja.

Maanrakennuksen kannalta tarkasteltuna työt olivat muutostyöehdotuksen myötä ehkä hieman kevyemmät. Leikattavia massoja oli vähemmän ja massanvaihtoa ei tarvinnut suorittaa yhtä laajamittaisesti. Kaivannon tuennan kustannukset pienenevät, kun työmaan ei tarvinnut jättää pontteja rakenteeseen, vaan tahdistuksen kautta tarvittiin vain tietty määrä pontteja, jotka siirrettiin töiden edetessä uudelle mestalle.

Paalutuskustannukset kasvoivat hieman betonikaukalon osalta, kun muutostyön myötä RD170-paalut vaihdettiin RD270-paaluiksi. Paalujen pituus kasvoi, kun kaukalo oli tarkoitus tukea alhaalta päin. Toteutuneessa rakenteessa rakenne ”roikkuu” paalussa. Paalujen määrä pysyi samana. RD600-paaluihin tuetussa combi-seinäarakenteessa paalumäärä pysyi samana, sijaintia hieman säädettiin toteutuneeseen rakenteeseen sopivaksi. Ponttilukot jäivät pois rakennemuutoksen myötä.

Työselostus vaati laatan valun vedenalaisena työnä. Rakenne olisi ollut työturvallisuuden kannalta suuririskinen. Työntekijät olisivat mahdollisesti altistuneet pilaantuneista maamassoista nouseville vesille, ja työn laadunvarmistus olisi ollut haastavaa. Kaivannon vedet olisi pumpattu työselostuksen mukaan pois, kun laatan betoni olisi saavuttanut 70% suunnitellusta lujudesta. Tämän jälkeen laatta olisi arvioitu silmämääräisesti, ja porattu tarvittaessa koekappaleet betonista. Elementtirakenteella saatiin sivuutettua kaikki nämä ongelmat, kun valmis tuote laskettiin tuettuun kaivantoon.

6 Maa- ja perustamisolosuhteet

Verkkosaaren urakka-alueella maaperässä esiintyy poistetun rakennusjätteen ja täytemaan alla paksu kerros savea ja silttiä, jolle on maaperän ominaisuuksien vuoksi huono perustaa rakenteita. Maaperään oli vuosikymmenien aikana ajettu erilaisia maa- ja jätekuormia täytteeksi, jotka sisälsivät syanidia, asbestia ja muita ihmiselle ja ympäristölle vaarallisia aineita. Lisäksi maaperässä oli paikoin runsaasti louhetta. (12.)

Massanvaihto työmaalla suoritettiin tilaajan ohjeistuksen mukaisesti kerroksittain. Massanvaihtoa suorittaessa haasteena oli maaperän vesi. Massanvaihto kuului tehdä paikoin jopa kolme metriä vedenpinnan alle. (14.)

Pilaantunutta maata esiintyy Verkkosaaren kaupunginosan historian vuoksi alueella merkittävän paljon. Verkkosaassa on toiminut vuosikymmenien aikana tukkuliikkeitä, logistiikka-alan yrityksiä ja alueella on kulkenut satamajuna. Alueelle perustettiin saha vuonna 1888 (3), jonka jätteitä poistettiin maaperästä vuonna 2019. Historiansa vuoksi alueella sijaitsee paljon vanhoja käytöstä poistettuja rakenteita, kuten puupaaluja, rautatien tukirakenteita sekä hylättyjä putki- ja kaapelijohtoja. (12.) Urakkaan kuului poistaa nämä kyseiset rakenteet.

6.1 Pohjaolosuhteet työmaalla

Kyseiseltä alueelta on pohjatutkimusaineistoa 1930-luvulta lähtien. Viimeisimmät tutkimukset tehtiin 2017 käyttäen puristinheijari-, porakone-, sekä siipikairauksia. Lisäksi alueelta on otettu maanäytteitä ja kaivettu koekuoppia. (14.)

Verkkosaaren alue on suurimmaksi osaksi täytettyä vanhaa merenpohjaa. 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa maatäyttöihin on ajettu lajittelematta kaikenlaisia jätteitä ja maa-aineksia. Täytemaakerrosten alla oli paksu kerros savea, jonka alla puolestaan soraa, hiekkaa ja moreenia. Paksuimmillaan täytemaata oli pilkkikadulla, noin 13 metriä. Heikosti kantavien maalajien vuoksi kyseinen alue rakennetaan täysin paalujen varaan. Kaikki katurakenteet, kunnallistekniikka, talot ja muut rakenteet perustetaan paaluin. Vesi- ja viemärihuollon suunniteltu asennuskorkeus ei salli hulevesilinjojen rakentamista paalulaatan päälle.

Suurin vaikuttava tekijä pohjaveden tasoon on työmaan vieressä oleva meri. Pohjaveden korkeus mukaillee merenpinnan korkeutta pienellä viiveellä, ja tämän takia työmaalla seurattiin päivittäin meriveden korkeutta ja ennusteita.

Meriveden korkeudet N2000-järjestelmän mukaisina korkoina Helsingin edustalla vuosina 1904-2013 (13):

- HW = +1.71
- MHW = +1.09
- MW = +0.20
- MNW = -0.43
- NW = -0.73

Esimerkiksi Vanhalle talvitielle suunniteltu combi-kanaalin pohjalaatta olisi kaivettu kokoon -2.27. Vaikka merivesi olisi ollut matalalla, olisi laatan asennusalusta kaivettu 1,5 metriä meriveden pinnan alle.



Kuva 11. Toisinaan veden taso oli hyvin korkealla. Kuvassa pontitustyö kesken.

6.2 Pilaantunut maa

Pilaantuneella maalla tarkoitetaan alueita, joissa esiintyy aineita, jotka ovat ominaisuuksiensa vuoksi riski ympäristölle, eläimille tai ihmisille. Haitalliset aineet päätyvät maaperään ihmisen toiminnan seurauksena, ja joskus ympäristö- tai terveysvaikutukset havaitaan vasta pitkän ajan kuluttua aineen pääsystä maaperään. Aineet voivat kulkeutua maaperän kautta pohjaveteen tai vesistöön. (13.)

Alueella tehdyistä pohjatutkimuksissa on todettu alueen maaperän olevan laajalti pilaantunutta. Tutkimuksissa on havaittu maaperän sisältävän raskasmetalleja, syanidia, öljyhiilivetyjä, PAH-yhdisteitä ja liuottimia. (12.) Pilaantunutta maata poistettiin Verkkosaaren työmaalta noin 250 000 k-m³. (16.) Lain mukaan alueen omistajalla, eli Helsingin kaupungilla on velvoite kunnostaa pilaantuneet maa-alueet.

Tilaaajan vaatimuksen mukaan pilaantuneilla alueilla tehtiin maaperän kunnostustyö ennen paalutus- ja paalulaatan rakennustöitä. Maaperän kunnostustyösuunnitelman laati Ramboll.

Pilaantuneen maan kunnostustyö tehtiin erottelukaivuna porrastaen InfraRYL 1610:n ja tilaaajan PIMA-kunnostusohjeiden mukaan siten, että kivet, maa-ainekset ja jätejakeet erotellaan kaivinkoneella omiin kasoihinsa. Läjityksessä pima-massat sekä jätteet lajitellaan pilaantumisasteen ja jätetyyppien mukaan. (12.)

7 Työn suunnittelu

Työtä suunniteltiin jo ennen rakennusvaiheen aloittamista. Urakoitsija laati tarkat työsuunnitelmat, kartoitti riskit, vaadittavan kaluston, resurssit, sekä laati aikataulun työn suoritukselle. Työn suorittamisen aikana kuitenkin havaittiin ongelmia, joita ei osattu etukäteen arvioida potentiaalisten ongelmien analyysiä laatiessa. Havaittiin esimerkiksi, että häiriintynyt savimaa painoi ponttiriviä solkirakenteesta huolimatta betonoimattomia paaluja vasten, jolloin paalut taipuivat kaivantoon päin. Ongelma johti siihen, että paalujen vapaa väli pieneni ja elementin asennusvaiheessa jouduttiin kaivinkoneella suoristamaan paaluja. Tämä ongelma ratkaistiin siten, että hitsari teki solkien välituet HEB 300 -palkista joka paalun väliin, jolloin maan paine ei päässyt taivuttamaan betonoimattomia paaluja vinoon. Ratkaisun vuoksi elementin nostotyöhön jouduttiin työryhmään resursoimaan yksi hitsari, joka työskenteli solkien parissa elementin asennustyön edetessä. Käytännössä tämä tarkoitti, että aina ennen elementin paikalleen nostoa hitsari siirsi välisolkea pois päin elementin tieltä, jotta elementti saatiin nostettua paikalleen. Tämän jälkeen kaivinkone teki välittömästi tukitäytön elementin ja ponttiseinämän väliin.

7.1 Riskienhallinta

Urakalle luotiin riskienhallintasuunnitelma rakentamisvaiheen alussa urakoitsijan toimesta. Suunnitelmaa päivitettiin rakentamisvaiheen edetessä tarpeen vaatiessa. Suunnitelma on jaettu kahteen osaan: Riskitaulukkoon, jossa käsitellään mahdolliset vaarat, riskit, kuvaus, toimenpiteet, todennäköisyys sekä vakavuusaste ja yhteisvaikutus. Toisessa osassa arvioitiin riskin suuruudet. Riskienhallinta oli yksi niistä syistä, miksi päädyttiin elementtirakenteeseen.

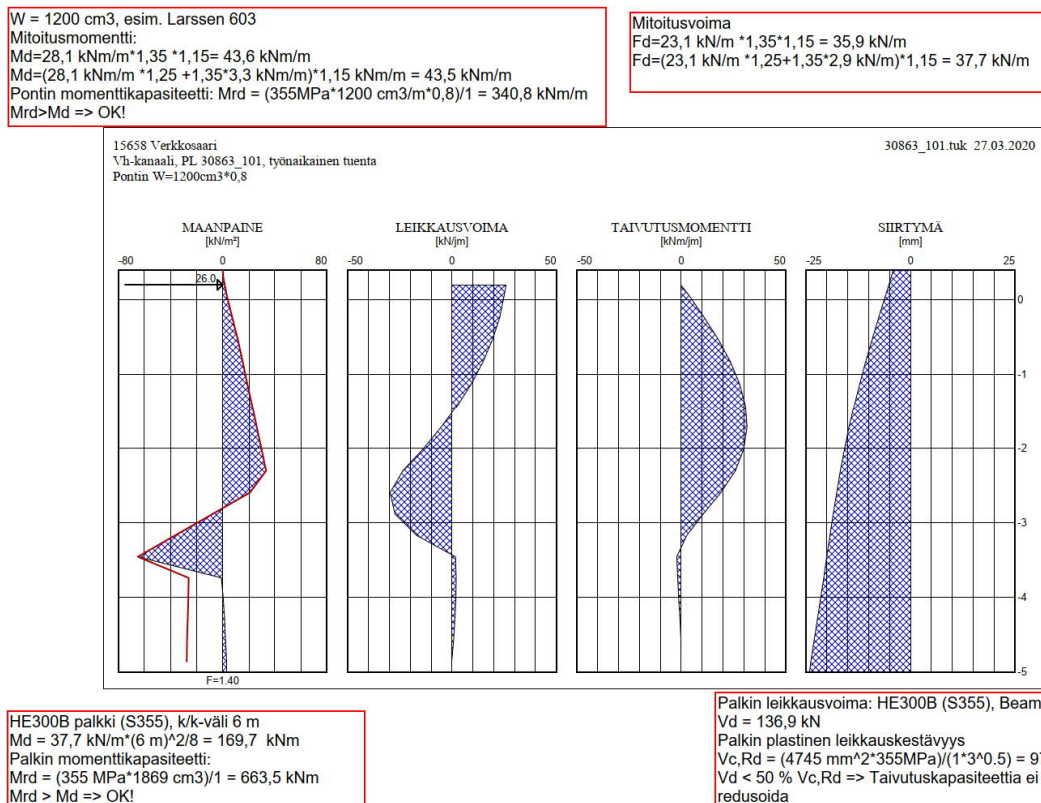
Riskimatriisi on työkalu riskienhallintaan. Riskimatriisilla arvioidaan riskin suuruus ja toimenpiteet. Matriisi erittelee riskin todennäköisyydet, seurausten vakavuudet vahingon tyyppin mukaan sekä toimenpideluokat.

Tässä kyseisessä urakassa tärkeäksi osaksi riskienhallintaa nousi vesistön läheisyys – tämä nähtiin riskienhallinnan näkökulmasta riskiksi niin laadun, työturvallisuuden, ympäristön sekä kolmansien osapuolten kannalta. Lisäksi elementin nosto- ja asennustyöt kartoitettiin merkittäväksi riskiksi, jonka vuoksi toimenpiteet oli suunniteltava etukäteen.

Työntekijät koulutettiin työmaan työnjohdon toimesta GRK:n sisäisessä alamieskoulutuksessa, jossa käytiin läpi nostotyössä olevan alamiehen vastuut, velvollisuudet ja nostojen vaarat. Lisäksi käytiin läpi nostoapuvälineet, niiden oikeat käyttötavat sekä taakan kiinnitysmetodit.

Riskienhallintasuunnitelman lisäksi laadittiin GRK Infra:n toimintajärjestelmän mukaiset työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat. Nostotöistä tehtiin erikseen jokaiselle elementtipäivälle nostotyösuunnitelmat ja töistä tiedotettiin tilaajan edustajille etukäteen.

Riskienhallintaa toteutettiin suunnittelemalla työt etukäteen ja reagoimalla välittömästi havaittuihin riskeihin kentällä. Kanaalikaivannon ponttiseinän tuennan nurjahduslaskemat teki Seppo Rämö insinööritoimisto Pohjatekniikka oy:ltä, ja laskelmien tuloksena saatiin 6 metrin vapaa väli ilman tuentaa. Tämä tarkoittaa sitä, että HEB 300 -välituen tuli olla enimmillään 6 metrin päässä toisesta välituesta tai maatyöstä.



Kuva 12. Ponttikaivannon solkien mitoitusta edeltävät nurjahduslaskemat insinööritoimisto Pohjatekniikka oy:n mukaan.

Yhdeksi riskiksi arvioitiin betonielementtien työnaikainen painuminen, ennen paaluun sitovan palkin valua. Tämän vuoksi betonielementille tehty kaivanto kaivettiin 50 cm ylisväksi ja täytettiin pienlouheella, jonka päälle tehtiin kalliomurskeesta arina. Töiden aikana ei havaittu elementtien painumista. Tämänkaltainen ylikäivuu oli myös osa PIMA-riskinhallintaa, jotta kaivannossa työskentelevät työntekijät eivät altistuisi pilaantuneelle maalle.

Eräänä teknisenä riskinä pidettiin vettä elementtikaivannoissa. Kaivannot pyrittiin pitämään kuivina asennustöiden aikana. Mikäli kaikkea vettä ei saatu pumpattua pois, mittamies sitoi elementtien sijaintimerkit tapein asennusalustaan ja asennustyöryhmä varustettiin kahluuvarustein.

Suurpaalutustyön edetessä osana riskinhallintaa tehtiin paalujen peittäminen, eli paaluille asennettiin väliaikaiset hatut teräslevystä hitsaamalla. Tämä mahdollisti myös paalujen yli rakennettavan työmaatien. Lisäksi oikeaan korkoon katkaistut paalut peitettiin työnaikaisesti kevyemmällä putoamissuojalla, joka rakennettiin vesivanerista ja sahata-varasta.

Mainittakoon eräs toteutunut riski, johon oli varauduttu riskinhallinnassa, oli sääolosuhteet. 17.9.2020 jouduttiin nostotyöt siirtämään kovan tuulen vuoksi. Kyseisenä päivänä oli kova tuuli, puuskissa Helsingin alueella jopa yli 20 m/s.

7.2 Työturvallisuus

Työturvallisuutta Suomessa ohjaa työturvallisuuslaki sekä valtioneuvoston asetukset. Työturvallisuussuunnitelma on osa GRK Infra oy:n sertifioitua toimintajärjestelmää. Työmaalla seurattiin työturvallisuuden tasoa viikoittaisilla MVR-mittauksilla. Työturvallisuuskalibrointi suoritettiin työmaalla GRK Infran riskienhallintajohtajan toimesta.

Työturvallisuutta suunnitellessa kuuluu tehdä työkohtainen riskianalyysi ja miettiä riskinhallinta ja toiminta riskin toteutuessa. Yksinkertaisimmillaan työturvallisuus tarkoittaa

turvallisen työympäristön luomista työn tekijöille. Työturvallisuus on tärkeä osa työmaaorganisaation riskinhallintaa.

Kanaaliin rakennettu työtaso oli osa työturvallisuustoimenpiteitä. Lain vaatima putoamis- suojaelvoite ei täytynyt, mutta katsottiin, että yleisen turvallisuuden ja työn helpottamisen kannalta kannattaa kanaalin päälle rakentaa kiinteä työtaso. Ennen tason valmistamista kanaalikaivannot eristettiin muovivaidoin tai pontein siihen saakka, kunnes putkilinja ja maatäytöt oli rakennettu ja putoamisvaara oli poistunut.

Työturvallisuussuunnitelman tueksi työmaalla laadittiin lukuisa määrä erilaisia suunnitelmia eri työvaiheisiin. VH-kanaalitöitä varten laadittiin omat suunnitelmat, joissa käsiteltiin kaivuu- ja tuentatyöt, nostotyöt, asennustyöt, betonointityöt sekä riskinhallinta.

7.3 Kalusto ja resurssit

Kalustoksi valittiin tällä työmaalla riittävän suuret koneet mittavien massansiirtojen vuoksi. Kaivinkoneet resursoitiin niin, että koneiden työsuoritteet ovat riittävän suuret tämän kokoluokan työmaalle. Suurille maansiirtotyömaille kuuluu valita riittävän suuri kalusto ja maansiirtoon kannattaa harkita traktoridumpperia. 35 tn painoinen dumpperi siirtää lähes yhtä paljon maa-ainesta, kun kasettikuorma mutta traktoridumpperi kulkee huonoilla työmaateilla ketterämmin kuin sorakasettiyhdistelmä. Lisäksi säästytään kasetoinnin vaivalta ja täten työn tehokkuus kasvaa. Tämän kaltaista konetta käytetään usein suurilla maansiirtotyömaille. Pienille työmaille traktoridumpperin käyttöä on vaikea perustella koneen vaatiman tilan ja korkeahkon tuntiveloituksen vuoksi. Kalustohankinnat on tehtävä ennen projektin rakennusvaihetta.



Kuva 13. Dumpperi lastattavana. Kyseisen dumpperin kantavuus on noin 35 000kg

VH-kanaalin rakentamiseen resursoitiin kalustoa seuraavanlaisesti:

- Bauer RTG 15 tai Enteco -porapaalutuskoneet, riippuen paalun pituudesta
- 35t KKht Movax -pontiniskijällä varustettuna
- 30t KKht kaivutöihin
- 35t TRD massansiirtoon
- 220tnm ajoneuvonosturi elementtien nosto- ja asennustyöhön
- Hiab-auto sahatavaran ja raudotteiden nostotöihin.

Lisäksi resursoitiin riittävä määrä rakennusmiehiä ja työkohtaiset työkalut.

7.4 Työn vaiheet

Kanaalirakentamisen työt ovat melko laajat. Urakoitsija laati työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat, joissa kartoitettiin työvaiheet, laatuvaatimukset, sekä riskit. Pima-alueella ensimmäiset työt ovat maaperän kunnostukseen ja pilaantuneiden maiden poistoon liittyvät työt. Tällä työmaalla ennen kanaalin rakennustöitä suoritettiin massanvaihdon yhteydessä kanaalin sijainnilla syvempi kaivuu kanaalin alueelle vaadittuun korkoon saakka. Tämän jälkeen rakennettiin paalupeti 0-90 kalliomurskeesta, tehtiin paalutustyöt ja asennettiin kaivannon tukipontit ja soljet. Solkien asennuksen jälkeen suoritettiin kaivuu suunniteltuun korkoon ja valmistettiin arina elementtejä varten.

Elementtiasennuksen jälkeen katkaistiin ja betonoitiin paalut, valettiin palkki ja asennettiin putkisto kanaalin pohjalle.

Näin monivaiheinen työ vaatii yhteensovittamista työmaaorganisaatiolta. Työt ovat suunniteltava mahdollisimman pitkälle etukäteen. Tahdistus on tärkeää, jotta työ on sujuvaa ja tehokasta.

Kun työssä on monta eri työvaihetta, on urakoitsijoita useita. Kaikkien yhteinen intressi on juuri työn sujuvuus siten, että kaikilla on tasaisesti töitä eikä eteen tule tilannetta, että samalla mestalla on useampi urakoitsija. Verkkosaarella priorisoitiin aliurakkana suoritettavat paalutustyöt tärkeimmäksi. Syy tähän on osaksi kustannukset, mutta myös se, että kaikki muut työt olivat riippuvaisia paalutustyön etenemisestä. Omien työntekijöiden töihin pystyy tekemään helpommin muutoksia kuin aliurakoitsijoiden töihin.

7.4.1 Paalutus

Kanaali perustettiin kallioon porattavin paaluin. Paalukoko oli kanaalin koosta riippuvainen. Paalun pituudet saatiin tilaajalta suunnitelma-asiakirjojen muodossa. Pienemmällä kanaaliosuudella käytettiin RD 270 -paaluja ja suuremmilla osuuksilla maahan porattiin RD 600 -paalut. Paaluteräksenä käytettiin S355J2H -luokan terästä, joka on yleinen paaluteräksen laatu. Paalut jatkettiin hitsaamalla.

Verkkosaaren suurpaalut porattiin uppoporausmenetelmällä. Paalutustyön alustana käytettiin kitkamaata ja häiriintyneillä alueilla teloja tuettiin pelkoin. Paalutustyötä seurattaessa havaittiin, että paalujen pituusmitoitus on työn tehokkuuden kannalta äärimmäisen tärkeää. Suurpaalujen jatkamistyö kannattaa pyrkiä tekemään hitsipedillä etukäteen, mikäli paalukone pystyy poraamaan suunnitellun mittaista paalua. Usein vanhempi kalusto ei kykene poraamaan kuin 12m pituista putkea, jolloin jatkot joudutaan hitsaamaan kesken paalun asennustyön. RD600 paalujatkoksen hitsaus kestää noin tunnin olosuhteet huomioon ottaen. Jos paalu jatkoshitsataan kesken paalutuksen, yhteen paaluun kulunut aika karkeasti arvioituna tuplaantuu, paalutustyön keskeytyessä hitsauksen ajaksi.

Paalutustyön suunnitteluun kannattaa käyttää aikaa ja jos mahdollista, ottaa tarkat pohjatutkimukset kallion sijainnista. Työtä suunnitellessa tehtiin urakoitsijan lukuun

lisäpohjatutkimukset kallion todellisen korkoaseman selvittämiseen. Kairauksen tulokset olivat lähellä tilaajan ilmoittamia tietoja, joten päätyttiin käyttämään tilaajan lähtötietoja paalun pituuksia arvioidessa. Paalun mitan tarkka suunnittelu on hieman haastavaa mutta hyvin onnistuneella arviolla voidaan säästää merkittävästi rahaa. Paalun pituuteen pitää aina laskea mukaan työvara sekä kanto. Kanto tarkoittaa sitä osuutta paalusta, joka on katkaisutason yläpuolella. Kannon voidaankin katsoa olevan työvara, jonka työmaa voi myydä romuteräksenä.

RIL 254-2016 PO-2016, eli RIL:n paalutusohje vuodelta 2016 paalutustyön toteutus- ja laatusuunnitelmasta:

Paalutustyön toteuttaja laatii ennen paalutustyön aloitusta kohdekohtaisen paalutuksen toteutussuunnitelman. Rakennukselle, jonka paalutustyöluokka on PTL2 tai PTL3, on osana toteutussuunnitelmaa laadittava kirjallinen suunnitelma laadunvarmistamisesta.

Toteutussuunnitelmaosassa rakentaja esittää pohjarakenteiden rakentamistavan yksityiskohtaisesti.

(RIL 254-2016, s. 199)

Tilaajan vaatimukset paaluille oli paalutustyöluokka PTL 2, sijaintipoikkeama $+100$ mm, kaltevuuspoikkeama paalulle $\pm 0,02$ (1°), paaluryhmälle $\pm 0,01$ ja paalun upotus palkkiin 50 mm.

Mittamies merkkasi paalut aluksi tapein, mutta paalusta nousevan porasoijan vuoksi havaittiin, että merkit kannattaa sitoa paalun sijainnin läheisyyteen. Mittamies käytti puutappia ja tapin päähän lyötyä merkinaulaa, jotka sijoitettiin 90 asteen kulmaan metrin päähän paalun sijainnista. Mittamies otti valmiin paalun tarkemittaukset ja merkkasi katkaisukoron paaluun.

Paaluttaja teki paalutustyön yhteydessä paalukortit tilaajalle. Korttiin merkataan

- paalun koko
- pituus
- jatkosten pituus
- kaltevuus

- syvyys
- kalliopinnan korko
- kallioon porattu pituus
- poraustyön päivämäärä
- mahdolliset muut huomiot.

Paalutustyön päätyttyä paalu huuhdottiin vesi-paineilmaseoksella. Lopuksi paalutusletka nostettiin ylös, lyhennettiin ja lyötiin valmiin paalun päähän loppulyönnit porakruunun lyöntipinnalla uppoasaraa ja paineilmaa käyttäen. Tällä varmistetaan, että paaluputki on tiiviisti sijoittunut porareiän pohjaan, eikä välystä ole. Lopuksi paalun päähän hitsataan työnaikainen teräslappu putoamissuojaukseksi.

7.4.2 Maanrakennus

Maankaivuvaiheessa suuri etu oli pontein tuettu kaivanto. Pontittamalla kaivanto säästettiin mittavilta luiskaamiskaivuilta sekä pienennettiin sortumisriskiä. Suunniteltu paikallavalurakenne olisi vaatinut Vanhan talvitien kohdalla syvempää kaivantoa kuin toteutetulla elementtirakenteella tarvittiin. Alkuperäisissä suunnitelmissa Vanhalla talvitiellä kanaalin pohjalle olisi valettu 800 mm paksuinen betonilaatta, joka olisi perustettu syvimillään korkoon -2,27. Elementtirakenteessa riitti 400 mm rakennevahvuus, materiaalia kului vähemmän.

Tilaaajan vaatimuksesta pilaantuneilla maa-alueilla kaivantojen kuivanapitoon liittyvät pumppausvedet kuului johdattaa suodatusaltaisiin.

Kaivutöiden valmistuttua kaivannot rajattiin muoviaidoilla. Muoviaidat toimivat sekä putoamissuojana että huomiomerkkeinä. Vaikka osassa kanaalia lain mukainen putoamissuojausvelvoite ei täytynyt vapaan pudotuksen ollessa alle kaksi metriä, päätettiin kaivannot eristää riskinhallinnan vuoksi. Suurempien elementtien kohdalla kaivannot suojattiin täyttötöiden jälkeen nostamalla pontit riittävän ylös, ettei putoamisvaaraa syntynyt. Samalla pontit toimivat palkin muotin tukena palkin raudoitus- ja muottityön aikana.



Kuva 14. Pontin asennustyöt meneillään

Mursketäyttöjen laadun osoittamiseen käytettiin mursketäyttöjen tiiveysmittauksesta tuttua kannettavaa painopudotuslaitetta, Loadmania. Loadman on käsikäyttöinen painopudotuslaite, jolla mitataan maaperän tiiveyttä. Laitteessa on 10 kg painoinen pudotuspunnus, joka tippuu 80 cm:n korkeudesta. Painuma lasketaan kiihtyvyydestä integroimalla. (1) Kanaaliin tehtyjen täyttöjen laadun osoitus olisi ollut hankalaa vaihtoehtoisilla menetelmillä, kuten levykuormituskokeella.

7.4.2.1 Pontitus

Ennen pontitusta laaditaan kaivannon tuentasuunnitelma sekä selvitetään maanalaisten johtojen ja rakenteiden sijainnit. Maaperän laadusta riippuen voidaan joutua tekemään mahdollisia koekaivuita. Ponttien sijainti tulee merkata maastoon. Ponttien pituus tulee suunnitella etukäteen hankintavaiheessa rakennuspiirustuksista päättelemällä.

Kyseisellä mestalla ponttien riittäväksi pituudeksi arvioitiin 6 metriä, joka saatiin suunnitellusta combi-kanaaliosuudesta, jossa ponttien pituudeksi oli suunniteltu 6 metriä.

Pontitustyöt suunniteltiin suoritettavaksi 35 tn kaivinkoneella, joka on varustettu movax -ponttivaralla. Ponttien pituudeksi arveltiin riittävän 6 metriä, sillä kyseisellä mestalla ei kaivannon syvyys ylittänyt 3,5 m kaivutasosta. Paalutustyön valmistuttua aloitettiin pontitustyö. Työt aloitettiin HEB 300 -solkipalkin mitoituksella. Töiden edetessä havaittiin, että solkitukien tulee olla riittävän etäällä paalusta, jottei maanpaine pääse painamaan ponttiriviä ja solkea paalua vasten. Tässä vaiheessa töitä paalu oli vielä betonoimatta. Paalun ja elementin väliin oli suunniteltu 50 mm työvara molemmin puolin, ja jos ponttiseinä pääsi vääntämään paalua, kyseinen työvara pieneni ja johti ongelmiin. Poikittainen HEB-palkki tehtiin riittävän pitkäksi, jotta palkki siirtäisi maanpaineen vastapuolen ponttiriviin paalun sijaan.



Kuva 15. Pontein ja soljin tuettu kaivanto Jääkairankujalla.

7.4.3 Elementin asennus

Jotta elementin asennustyö päästiin aloittamaan, piti todeta edeltävien työvaiheiden olevan valmiit ja tehtävä itselleluovutus kohteesta. Asennusalusta tarkastettiin takymetrillä sekä silmämääräisesti. Kanaalin porapaalutuksen piti olla asennettavalta osuudelta suoritettu ja elementtien toimitus sovittu.

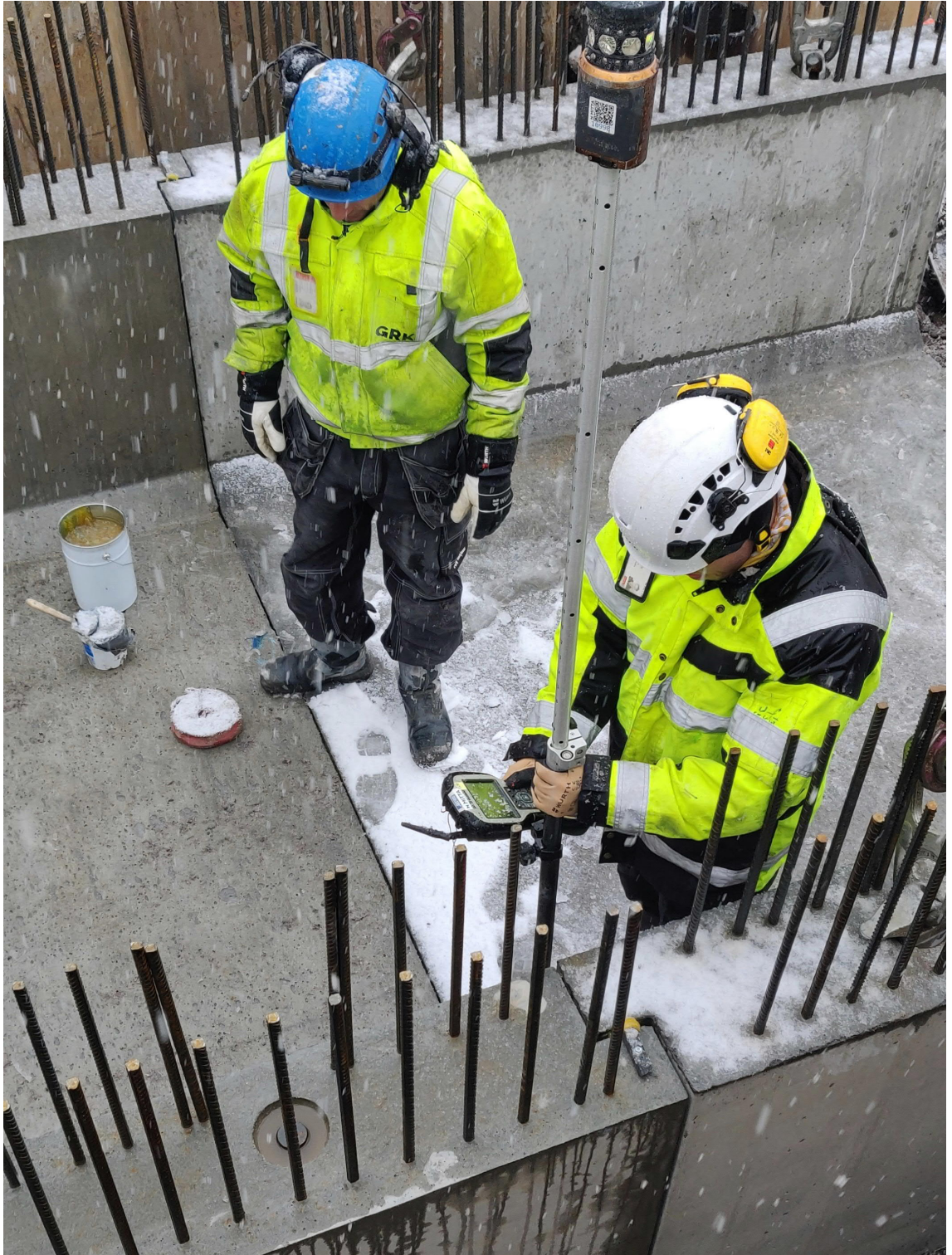
Nostopäivät sovittiin organisaation kesken noin viikkoa ennen nostoja. Ruskon Betoni toimitti elementtejä yleensä 15-21 kappaletta päivässä, riippuen kuljetuskaluston saataavuudesta. Työ oli aikataulutettu siten, että mobiilinosturi varattiin yhdeksi pitkäksi päiväksi. Yleensä nostotyöhön varattiin noin 12 tuntia aikaa.

Ennen nostotöiden aloittamista tarkastettiin nostopaikka sekä nostoapuvälineet. Mobiilinosturin kuljettaja laati pystytyspöytäkirjan, joka toimitettiin työmaan työnjohdolle. Pystytyspöytäkirjasta ilmenee, että vaadittavat tarkastukset on tehty niin koneen kuin nostoapuvälineiden osalta.



Kuva 16. Elementin asennustyöt käynnissä.

Nostotyössä käytettiin radiopuhelimia nostotyöryhmän ja nosturinkuljettajan väliseen kommunikaatioon. Mobiilinosturikuljettajalla ei välttämättä ollut suoraa näköyhteyttä kaivannon pohjalle, jonka vuoksi kommunikointi päätettiin suorittaa radiopuhelimia avuksi käyttäen. Asennustöitä jouduttaa, mikäli nosturiyritys tarjoaa saman kuskin joka nostopäivälle – tällöin kuski tietää työvaiheet, eikä työnjohdon tarvitse perehdyttää uutta kuskaa työhön.



Kuva 17. Paikalleen asennetun elementin tarkemittaustyö meneillään.

Elementtien keskikohta leveysuunnassa mitattiin ja merkattiin kiveen. Ennen nostoa huullukseen asennetut saumanauhat voideltiin liukuvoiteella. Mittamies merkkasi

arinaan elementin keskikohdan ja täten elementti saatiin asennettua oikeaan sijaintiin. Kivi nostettiin neljää kuulapäistä nostolukkoa ja ohjainaruja apuna käyttäen oikeaan paikkaan. Elementin rakenne oli suunniteltu siten, että elementti lasketaan aiemman, paikallaan olevan kiven huullokseen. Asennuksen jälkeen mittamies tarkasti kiven sijainnin ja suoritti tarkemittaukset.

Elementtien mittatarkkuus saatiin työselostuksesta. Työselostuksen vaatimukset tulivat InfraRYL 41120.1.3 seuraavin tarkennuksin (13):

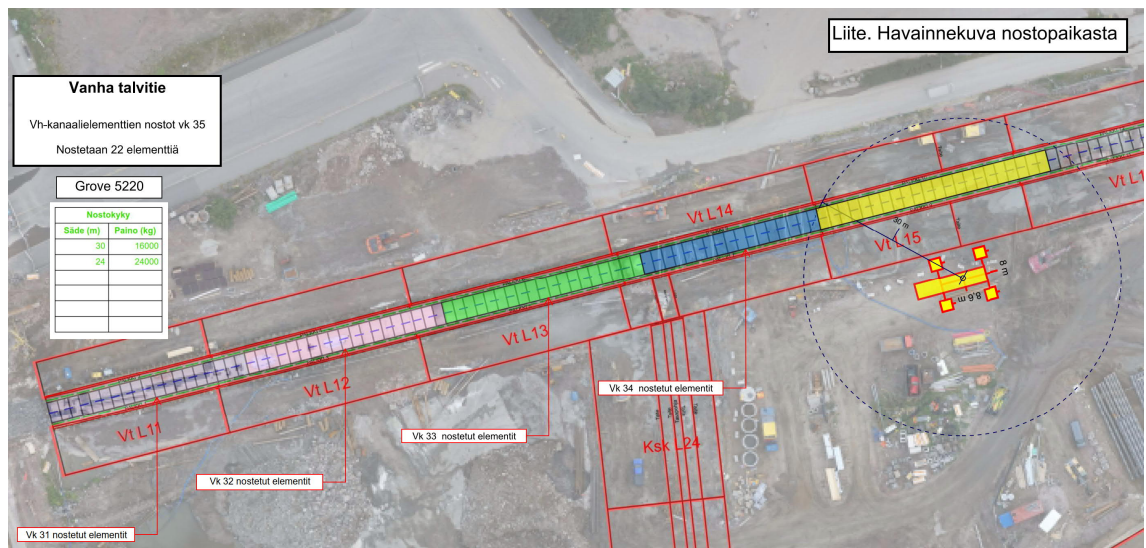
Elementtien valmistus- ja rakentamistoleranssien vaatimukset ovat julkaisun Betonielementtientoleranssit 2003 mukaisia. Elementtien valmistuksen ja rakentamisen osalta noudatetaan normaaliluokkaa (N).

Elementtiasennuksia tehdessä havaittiin, että työn sujuvuuden kannalta logistiikan onnistumisella on tärkeä rooli, etenkin työmaan ja elementtitehtaan etäisyyden ollessa suuri. Elementit valmistettiin Hollolassa, ja yksi elementtirekka kerkesi päivän aikana ajamaan kahdesta kolmeen kuormaa työmaalle Helsinkiin. Usein rekat lastattiin tehtaalla jo nostopäivää aikaisempaan iltana, ja kuormat olivat pihassa jonossa aamulla. Tämä aiheutti sen, että kuorman purun ja asennuksen jälkeen saattoi kulua useampi tunti, ennen kuin uusi kuorma saapui pihaan.

Elementtien nostotyö keskeytettiin kuormien saapuessa työmaalle. Logistiikan jouduttamiseksi päätettiin purkaa elementit rekan lavalta välittömästi välivarastoon, jotta rekka pääsi lähtemään uudelle kierrokselle. Elementtien välivarastoksi oli varattu riittävän suuri tasainen kenttä työmaalta, mobiilinosturin ja elementtikaivannon välittömästä läheisyydestä. Mikäli elementtitehtaan ja työmaan välinen etäisyys on näinkin suuri, työmaan tuotannon tahdistamisen kannalta paras ratkaisu olisi saada aamulla kaikki päivän aikana asennettavat kivet yhtenä ”ryppäänä”. Mikäli työmaalla ei ole välivarastointiin tilaa, on logistiikka suunniteltava elementtitehtaan lähettämön kanssa todella tarkkaan.

Asennustyöhön on tämänkaltaisessa rakenteessa sekä näissä olosuhteissa resursoitava noin 4 rakennusmiestä, mittamies, nosturi sekä kaivinkone. Kaivinkone tekee täyttötöitä sekä poistaa välituet elementtiladonnan edetessä. Lisäksi kaivinkone voi auttaa muissa töissä, esimerkiksi pumppujen siirroissa. Ilman elementin ja pontin välisiä täyttöjä ei voida solkirakennetta purkaa asennuksen edetessä. Mittamiehen on oltava työpisteellä

mittaamassa kivien sijainti ja korko. Tässä urakassa tilaaja vaati myös kattavaa rakenteiden tarkemittausta, joka suoritettiin kiven asennuksen yhteydessä.



Kuva 18. Nostotyösuunnitelman liitteenä havainnekuva nostopaikasta. Nosturin säde piirrettyä suunnitelmaan.

Nosturipalvelun edustajan kanssa on hyvä sopia etukäteen aikataulu ja käydä yhdessä läpi nostotyösuunnitelma, laskea tarvittavan nostokaluston suuruus sekä tehdä työmaakatselmus, jossa katsotaan nostopaikan sijainti ja vaadittava tasaisuus.

7.4.4 Paikallavaluosuudet

Elementin asennuksen jälkeen paalu betonoitiin ja valettiin palkki, jonka rakenteellinen tehtävänä on kiinnittää elementti paaluun ja paalulaattaan. Paalu ottaa voimat vastaan ja siirtää ne kalliin. Paalu betonoitiin IT-massalla ja raudoitettiin valmiilla häkeillä, jotka nostettiin paikalleen kaivinkoneella tai hiab-nosturiautolla.



Kuva 19. RD270-paalun esivalmistetut raudoitehäkit.

Paalun raudoitushäkit päätettiin tilata valmiiksi hitsattuina raudoite-elementteinä raudoittoimittajalta. Kyseinen pääteräkset yhdistävä kierrehaka olisi ollut haastava tehdä työmaalla. Paalut valettiin IT-massalla, jonka ominaisuuksien ansiosta paalut oli helppo valaa täyteen raudoista huolimatta. Betonin aiheuttaman nosteen vuoksi raudoitteet hitsattiin kiinni paaluun ennen valua. IT-massan ominaisuuksista johtuen massaa leviää valutöiden yhteydessä helposti maahan, jonka vuoksi palkin asennusalusta kannattaa tehdä vasta paaluvalujen jälkeen.

Kanaalin taittuessa ja risteyskohdissa tehtiin kanaaliosuus paikalla valaen. Näihin kohtiin jätettiin kaivantotuet paikalleen, jotta työt oli mahdollista toteuttaa. Raudoittajat ja kirvesmiehet varustettiin vedenkestävin saappain, hanskoin ja työpukuun kiinnitettävällä mittarilla, joka seurasi myrkyllisten kaasumuotoisten aineiden määrää työntekijän ympäristössä.



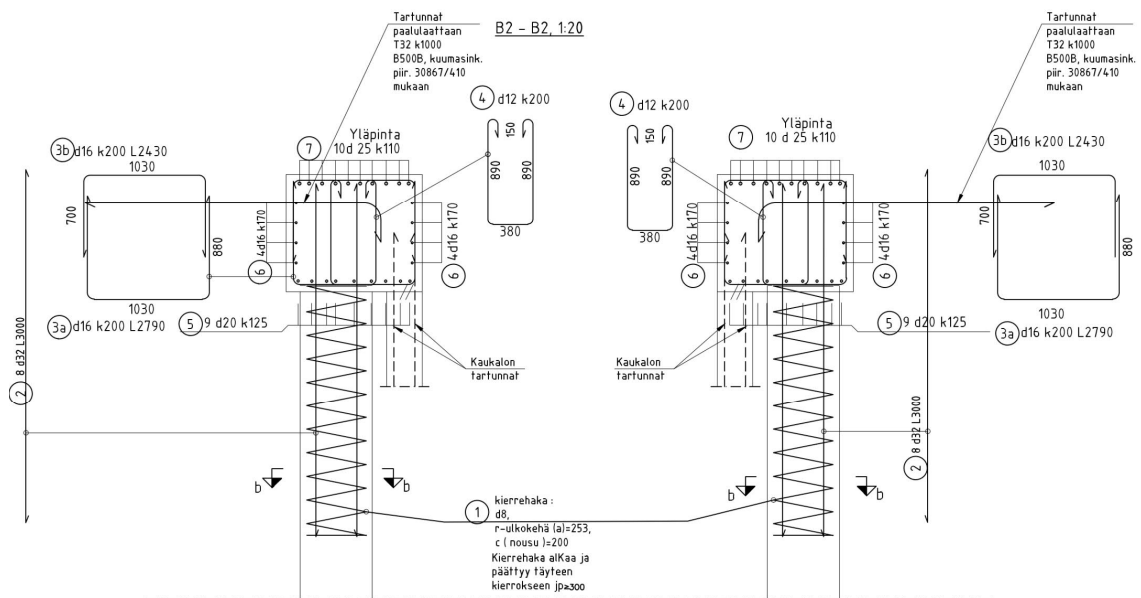
Kuva 20. Kanaalin pääty. Päätyponttien takana aiemmassa urakassa rakennettu paalulaatta sekä tulpattu 300mm betoninen jätevesiputki johon liiityttiin.

Suurin ongelma paikallavaletussa kanaalissa oli riskinhallinnassa esiin tullut veden nousu kaivantoon. Riski toteutui, mutta sen kanssa pystyttiin toimimaan sijoittamalla riittävästi suuritehoisia pumppuja kanaaliin ja seuraamalla meriveden korkeusennusteita. Arinarakenteessa käytettiin sepeliä, joka helpotti veden pumppaustöitä kaivannosta. Työn tahdistus oli seuraavanlainen:

- Arinan teko
- Ykkösmuotti ulkopuolelle
- Laatan raudoitus
- Laatan valu
- Seinien raudoitus ja kakkosmuotti
- Seinien valu
- Muotinpurku.

Muotinpurku oli haasteellinen työvaihe vetisissä kaivannoissa, ja se suoritettiin osin kairinkonetta apuna käyttäen. Valut onnistuivat hyvin, vaikka vesi asettikin omat haasteensa työlle.

Muotinpurun ja täyttöjen jälkeen tehtiin täytöt murskeesta ja tuentapontit purettiin pois paikallavaluosuudelta. Pontin poiston jälkeen tehtiin työalusta palkille.



Kuva 21. Leikkauskuva kanaalin paikallavaletuista betonirakenteista. Kuvassa näkyy elementin ja paalun tartunnat palkkiin.



Kuva 22. Palkin muotti ja rauditus. Ykkösmuotti tuetaan ylösnostettuihin pontteihin.

Palkkirakenteessa ei työtekniisesti ollut mitään erikoista. Palkin sijainti oli riittävän ylhäällä, ettei vedet häirinneet työtä. Tartuntaraidoitteiden asennus tulee suunnitella etukäteen, sillä läpimitaltaan 32 mm L-kirjaimen muotoinen tanko on haastava taitella muotin rakennuksen jälkeen paikalleen.

7.4.4.1 Betonimassa

Betonimassan laatuvaatimus tuli tilaajalta. Kanaalin kaikki rakenteet, niin elementti kuin paikallavalettu palkki vaadittiin tehtäväksi Ro31, R1, C35/45-2, XA2, 150 vuoden suunnitellulla käyttöiällä. Kyseinen massa oli haastava suunnitella, sillä betoninormit eivät tunne 150 vuoden suunniteltua käyttöikää. (11.) Ruskon betonin laatu- ja

kehityspäällikkö Vesa Anttila kertoi puhelinhaastattelussa, että massan reseptiikka suunniteltiin yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa ja hyväksytettiin tilaajalla. Pakkasenkesto ja karbonatisoituminen pystytään laskemaan olemassa olevista tiedoista johdetuilla kaa-voilla, vaikka Anttila huomautti, että tämänkaltaisessa rakenteessa karbonatisoitumis- tai pakkasrasitusta tuskin tulee. XA2-rasitusluokka valittiin maaperän sisältämien myrkkujen vuoksi. P-lukuvaatimus tuli tilaajalta meren välittömän läheisyyden takia. (11.) Meriveden noustessa ja laskiessa rakenne altistuu kloridirasitukselle.

8 Pohdintaa

Voidaan sanoa, että rakenteen toistuvuus on syy, miksi elementtirakenne tällä työmaalla kannatti. Kanaalia rakennettiin eri kokoisina elementteinä yhteensä noin 500 metriä. Arvioni mukaan kanaali kannattaa tehdä elementteinä, mikäli pituutta on kymmeniä metrejä tai enemmän. Tämänkaltaisista elementeistä voitaisiin tehdä myös maanvaraisesti, mikäli jostain syystä tekniikka jouduttaisiin suojaamaan kanaaliin. Tällainen tilanne voisi tulla vastaan vaikka teollisuudessa, lentoasemilla tai raskaan liikenteen aiheuttaman kuorman vuoksi.

Työtapa- ja vertaillessa elementtirakenne todettiin niin teknisiltä kuin aikataulu- sekä kustannusriskeiltä pienemmäksi kuin paikallavalettu rakenne. Työturvallisuus nousi yhdeksi tärkeimmäksi seikaksi, jonka vuoksi elementtirakenteeseen päädyttiin. Lisäksi elementtirakenne takasi työn teon ilman vedenalaisia raudoitus- ja valutöitä. Urakoitsijan kannalta työn aikataulusuunnittelu helpottui, kun elementtirakenteisena kaivannossa oleva vesi ei vaikuttanut työntekoon ratkaisevasti, vaan työt pystyttiin suorittamaan ilman häiriöitä. Tahdistaminen oli helppoa, kun ensimmäisten nostojen jälkeen opittiin tuntemaan työmenekit sekä riskit.

Vedenalaisena suunnitellut työt olisi ollut mahdotonta tehdä talvella, mikäli pakkasen olisi jäädyttänyt kaivannon vedet esimerkiksi raudoituksen ollessa kesken. Vedenalaisien laattojen lämmitys pakkaskelillä olisi vaikeuttanut ja hidastanut töitä, ja riskinä olisi ollut betonimassan jäätyminen ennen riittävää lujudenkehitystä. Lumisateella kanaali-kaivanto olisi arvioni mukaan ollut täynnä lunta, kun tuuli nientostaa lumet kaivantoon

Päätyminen tämänkaltaiseen rakenteeseen vähensi tilaajan osalta pilaantuneen maan kunnostuskustannuksia, kun kaivannot pystyttiin tekemään tuettuina eikä luiskaustöitä tarvinnut tehdä. Tukemattomat kaivannot lisäävät merkittävästi leikkausmassojen määrää verrattuna tuettuun kaivantoon. Mittavat luiskaustyöt etenkin pilaantuneeseen savi-maahan suunnitellussa betonikaukalorakenteessa olisi kasvattanut pilaantuneiden maiden kunnostuskustannuksia oleellisesti

Verkkosaaren vesihuoltokanaalin rakentamisesta saatiin tietoa tulevaisuuden rantarakentamista varten. Kuten merenrannoilla yleensä, kyseisen alueen maaperä on huonosti kantavaa, jonka vuoksi vesihuoltojärjestelmiä ei voida perustaa maanvaraisesti. Vuosien päästä näemme, yleistyykö betonikanaaliin perustettava vesihuolto haastavilla, huonosti kantavilla maaperillä. Tämänkaltaisen rakenne helpottaa tulevaisuudessa vesihuollon saneerauksia rakennetulla kaupunkialueella, kun rakenteen ansiosta vältetään suurilta luiskauksilta ja koheesiomaiden kaivuilta. Betoninen tukirakenne kasvattaa työturvallisuutta tulevaisuuden saneerauskaivuissa, kun kaivannon pettämiskriisi pienenee.

9 Yhteenveto

Ranta-alueille rakentaessa rakentamisen lähtökohdat ovat hyvin erilaiset kuin kuivalle maalle rakentaessa. Meren välitön läheisyys luo omat haasteet niin suunnittelijalle kuin rakentajallekin. Hyvin suunniteltu rakenne on nopea ja kustannustehokas ja täten helppo toteuttaa. Uudet asuinalueet yleensä rakennetaan melko tiiviiksi, joten suunnittelussa on otettava huomioon myös tulevaisuudessa tapahtuvat huoltotyöt ja niiden toteuttaminen ahtailla asuinalueilla.

Onnistuneeseen työhön vaikuttaa hyvin tehty suunnittelu. Tapauksesta riippuen voi alkuperäisiä rakennussuunnitelmia kyseenalaistaa ja miettiä vaihtoehtoisia tapoja rakenteen toteutukseksi.

Kuten rakennusalalla yleensä, myöskin tässä tapauksessa voidaan arvioida esivalmistuksen kannattavan. Työn ollessa näin mittavaa ja toistuvaa, kannattaa rakenteen valmistamista elementteinä miettiä. Tällöin tekniset ja taloudelliset riskit pienenevät ja työ on sujuvaa sekä helposti suunniteltavaa.

Merkittävä haaste alkuperäisessä rakenteessa oli meriveden liikkeet ja vedenalaisena suoritettavat työt, etenkin kun tässä casessa haittana oli maaperän ja veden pilaantuneisuudesta johtuvat turvallisuusriskit työntekijöille. Työntekijöiden altistumisen estäminen rakennustöissä olisi ollut paljon vaikeampaa, mikäli olisi rakennettu alkuperäisen suunnitelman mukaan. Elementtirakenne helpottaa talvella suoritettavia töitä, etenkin jos kivantoihin nouseva vesi jäätyy. Betonin jälkihoito elementtitehtaalla on helpompaa, kun vallitsevia olosuhteita, kuten lämpötilaa voidaan kontrolloida.

Verkkosaaren case on eräänlainen prototyyppi, joka onnistui hyvin ja jolla saavutettiin muutostyön tavoitellut hyödyt. Opinnäytetyön aiheen ollessa tämänkaltainen innovaatio, perustuu opinnäytetyö hyvin pitkälti työmaalla tehtyihin havaintoihin sekä haastatteluihin. Rakennusvaiheen aikana työmaaorganisaatio oppi tämänkaltaisen rakenteen rakentamisesta, työn tahdistamisesta, eteen tulleista ongelmista ja työn suunnittelusta. Tässä työssä on koostettu näitä asioita.

Tästä opinnäytetyöstä on hyötyä yhdyskuntarakentamisen parissa toimiville suunnittelijoille, alan urakoitsijoille sekä mahdollisesti myös betonielementtiteollisuudelle. Lisäksi tästä opinnäytetyöstä voi olla apua tulevaisuudessa kyseisen alueen vesihuollon korjaustöitä tehdessä. Saattaa olla, että tämänkaltaisia kanaaliin rakennettavia vesihuolto-linjoja rakennetaan tulevaisuudessa lisää ranta-alueille.

Tämä opinnäytetyön tiedonkeruu tapahtui huhtikuun ja lokakuun välillä vuonna 2020. Kirjoittamisvaihe alkoi elokuussa ja päättyi marraskuussa 2020.

Lähteet

- 1 Loadmanin valmistajan verkkosivut, <https://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html> vierailtu 1.10.2020
- 2 RIL 254-2016, s. 199
- 3 Helsingin kaupungin aluekehittämisen verkkosivusto, <https://www.uuttahelsinki.fi/fi/kalasadama/asuminen/historia> vierailtu 1.10.2020
- 4 Rakennuslehden verkkosivut, <https://www.rakennuslehti.fi/2020/10/kanaalielementti-helpottaa-tulevia-yhdyskuntatekniikan-korjauksia/> vierailtu 7.10.2020
- 5 Wikipedia, internetissä toimiva vapaan sisällön tietokirja, <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesihuolto> vierailtu 19.5.2020
- 6 Ruskon betonin verkkosivusto, <https://www.rbinfra.fi/tuotteet/rb-king/> vierailtu 19.5.2020
- 7 Ympäristöhallinnon verkkopalvelun sivusto, https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueettu vierailtu 1.10.2020
- 8 Ruskon Betonin Jyri Vedenpään sähköpostihaastattelu 14.10.2020
- 9 Haastattelu Anssi Jokisen kanssa 6.5.2020 Verkkosaarella
- 10 Kari Lotvonen, opinnäytetyö, Combi-seinä satamarakentamisessa
- 11 Puhelinhaastattelu, Vesa Anttila, Laatu- ja kehitysjohtaja, Ruskon Betoni, 26.10.2020
- 12 Verkkosaaren pohjoisosan pilaantuneen maaperän kunnostus, työkohtainen työselostus, Ramboll
- 13 Verkkosaaren pohjoisosan esirakentamisen työselostus
- 14 Sähköpostikeskustelu Jussi Kokkinen – Roope Korpela – Ristomatti Helin 23.7.2020
- 15 GRK Infran oy:n verkkosivusto <https://www.grk.fi/helsingin-verkkosaaren-pohjoisosan-jattiurakka-grkille/> vierailtu 9.11.2020

