



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TUKIMUURIN RAKENTAMINEN

Maljalahden Aurora

TEKIJÄ:

Iiris Tuovinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma, infrarakentaminen	
Työn tekijä(t) Iiris Tuovinen	
Työn nimi Tukimuurin rakentaminen	
Päiväys 20.4.2021	Sivumäärä/Liitteet 18
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia tukimuuriseinän rakentamista talvi- ja kesätyönä. Kohteessa tukimuri rakennettiin veteen tukemaan rakennettavan kerrostalon perustuksia. Tilajana toimi tukimuurit asentanut urakoitsija Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin InfraRYL:n yleisiin laatuvaatimuksiin. Pääpaino kuitenkin oli käytännön toteutuksessa rakennustyön aikana ja siinä, mitä haasteita kohdattiin rakentamisen aikana. Opinnäytetyössä verrattiin tätä sekä vuonna 2019 toteutettua vastaavanlaista projektia sekä pohdittiin kehitysehdotuksia työmaatekniikkaan.</p> <p>Johtopäätöksinä todettiin talvityön aiheuttavan monenlaisia lisäkustannuksia, haasteita ja aikataulun venymistä. Opinnäytetyössä käsiteltiin asentamisen teknisiä ratkaisuja ja haasteita.</p>	
Avainsanat Tukimuri, maarakennus, talvityö	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Iiris Tuovinen	
Title of Thesis Construction of the Retaining Wall	
Date 20 April 2021	Pages/Appendices 18
Client Organisation /Partners Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy	
<p>Abstract</p> <p>The subject of this final project was to study construction of the retaining wall in summer and winter time. The retaining wall was to be built in water to support the foundations of the apartment building. This final project was commissioned by Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy, which was the contractor of the retaining wall.</p> <p>First, the InfraRYL code of building practices was studied. The main focus was on practical solutions during the construction and what kind of challenges were faced. This construction project and a similar project completed in 2019 were compared and development proposals for site practices were discussed in this final project.</p> <p>As a result of this final project it was proved that winter work causes a wide range of additional costs. It also brings various challenges and delays in the schedules. This final project focused on the technical solutions and challenges of the building work in winter conditions.</p>	
<p>Keywords retaining wall, earthwork, work in winter</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Tausta ja tavoitteet	6
1.2	Yritysesittelyt.....	6
1.3	Keskeiset käsitteet.....	6
2	PROJEKTITYÖMAAN ESITTELY	7
2.1	Kohteen esittely	7
2.2	Suunnitelmat ja pohjaolosuhteet.....	7
2.2.1	Tehdyt tutkimukset.....	7
2.2.2	Pohjaolosuhteet.....	7
2.2.3	Perustamistapa.....	8
2.3	Tekniset ratkaisut.....	8
2.4	Toteutusratkaisujen kehittäminen	9
3	PROJEKTITYÖMAAN TOTEUTUS	10
3.1	Louhepenkereen kaivu.....	10
3.2	Elementit ja niiden asennus.....	10
3.3	Porapaalut.....	12
3.4	Porapaalutettavat elementit.....	12
4	RAKENTAMISEN HAASTEET	13
4.1	Talvityön aiheuttamat haasteet.....	13
4.2	Muut haasteet elementtien asennuksessa.....	15
4.3	Porapaalutuksen haasteet	15
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	17
	LÄHTEET	18

KUVALUETTELO

KUVA 1	Kohde merkitty punaisella (muokattu lähteestä Kartta.Kuopio.fi 2021).....	7
KUVA 2	Tukimurielementti ennen lisävalua (Laitinen 2019)	8
KUVA 3	Lisävalu tehty (Tuovinen 2021).....	9
KUVA 4	Ylijäämälouheen kuormausta (Tuovinen 2021).....	10
KUVA 5	Arinan tekoa 3D-koneohjauksessa (Tuovinen 2021)	11
KUVA 6	Elementtien asentamista (Eskelinen 2021)	11

KUVA 7 Jäätynyt lippa (Tuovinen 2021).....	13
KUVA 8 Jäätynyt kauha sulamassa (Eskelinen 2021)	14
KUVA 9 Ruoppauksessa löytyneitä louheita, lähes 3 m halkaisija (Eskelinen 2021).....	15
KUVA 10 Kesäistä rakentamista 2019 (Laitinen 2019).....	17

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää tukimuurin rakentamista louhepenkereeseen veteen talvi- ja kesätyönä. Työssä kartoitetaan talvityön mukanaan tuomia haasteita. Vuonna 2019 rakennettiin viereiselle tontille samanlainen tukimuurin ja tässä opinnäytetyössä vertaillaan näitä kahta samankaltaista projektia ja vertailun pohjalta voidaan esittää kehittämisehdotuksia.

1.2 Yritysesittelyt

Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy on kuopiolainen vuonna 2007 perustettu yritys. Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy tarjoaa asiakkailleen monipuolisesti maa- ja viherrakentamispalveluita, kuljetuspalveluita sekä katujen ja teiden kunnossapitopalveluja. (Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy 2021) Yritys työllistää noin 20 henkilöä ja liikevaihto oli vuonna 2019 2,8 miljoonaa euroa (Finder 2021). Toimialueena on pääasiassa Itä-Suomi.

1.3 Keskeiset käsitteet

KaM 0/32 = kalliosta murskattu kiviaines, jonka maksimiraekoko on 32 mm ja siinä on hienoainesta mukana.

KaM 0/63 = kalliosta murskattu kiviaines, jonka maksimiraekoko on 63 mm ja siinä on hienoainesta mukana.

Louhe = Kalliosta irtilouhittua kiviainesta, jonka maksimi raekoko on 600mm ja hienoainesta on maksimissaan 7%

Louhepengeri = Louheesta kerroksittain rakennettu pengeri

Porapaalu = kallioon porattava paalu

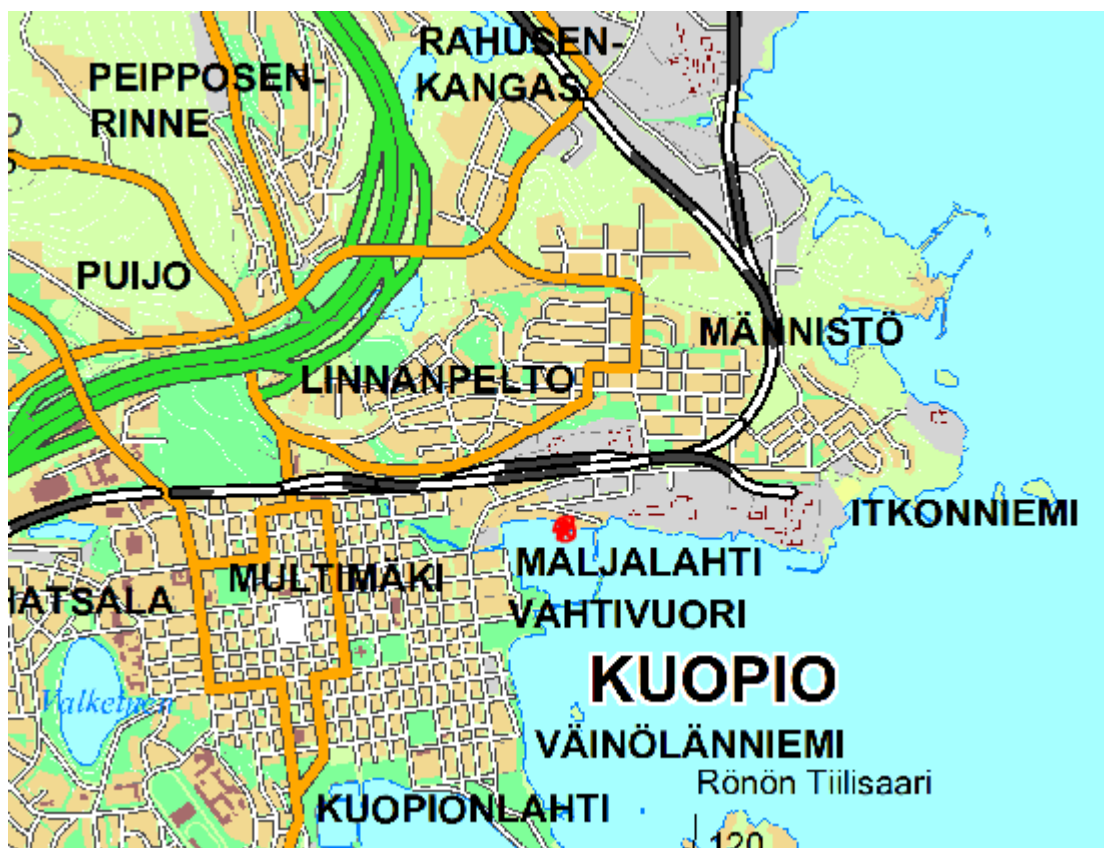
RD-paalu = poraamalla asennettava erikoispaalu, valmistettu pituus- tai kierresaumahitsatuista teräsputkista

Tukimuurielementti = betonista valmistettu elementti, joka ottaa vastaan maanpaineen ja tukee rakenteita sortumalta

2 PROJEKTITYÖMAAN ESITTELY

2.1 Kohteen esittely

Projektissa rakennetaan tukimuuri Maljalahden rantaan Kuopiossa. Fincap Oy rakennuttaa rannalle kerrostalon (Maljalahden Aurora), joka tulee aivan veden rajaan – talon parvekkeet tulevat olemaan veden päällä. Tukimuurin pituus on 90 metriä. Kerrostalo tullaan perustamaan porapaalujen päälle. Talon kohdalla olevien tukimurielementtien läpi porataan porapaalut tukemaan kerrostalon perustamtuksia.



KUVA 1 Kohde merkitty punaisella (muokattu lähteestä Kartta.Kuopio.fi 2021)

2.2 Suunnitelmat ja pohjaolosuhteet

2.2.1 Tehdyt tutkimukset

Tontti pintavaa'ittiin ja kartoitettiin. Pohjatutkimus tehtiin heijarikairaamalla 18 pisteessä, porakonekairaamalla 6 pisteessä, joista kaksi porakonekairausta naapuritontin puolelta, ja ottamalla kolme häiriintynyttä maanäytettä. Lisäksi on hyödynnetty vanhoja paino- ja porakonekairausten tuloksia Kuopion kaupungilta saadusta aineistosta. (Pöryr Finland Oy 2019)

2.2.2 Pohjaolosuhteet

Koko tontin alueella on tehty täyttö veteen pengertämällä. Tontilla on pintakerroksena maa- ja louhetäyttöä. Louhetäyttö sijoittuu varsinkin tontin eteläosalle, jossa tonttia on esirakennettu kaivamalla järven pohjasta pehmeällejukerros pois ja korvaamalla se louhetäytöllä. Tontin keski- ja pohjoisosalle sijoittuvassa maatäytössä on paikoin isoja kiviä ja lohkaraita. Täyttökerroksen paksuus

vaihtelee noin 2 - 8 metriä. Täyttökerrosten alapuolella on tiiviydeltään hyvin löyhästä tiiviiseen vaihtelevia savi-, siltti- ja moreenikerroksia. Osalla aluetta on kairaushavainnoissa myös noin 2 - 4 metrin paksuinen liejukerros täyttökerroksen alla tai pengertämällä tehtyyn täyttöön sekoittuneena. Painokairaukset ovat päättyneet noin 10 - 18 metrin syvyyteen maanpinnasta maapohjassa oleviin lohkkareisiin tai kallioon. Porakonekairausten perusteella kalliopinta vaihtelee tontilla tasovälillä +61,9...+70,5 ollen 13,9...21,2 metrin syvyydellä maanpinnasta. Naapuritontilla tehdyissä porakonepisteissä kalliopinta oli tasoilla +64,2 ja +61,7 ollen 19,6...21,6 metrin syvyydellä maanpinnasta. Heijarikairaukset päättyivät 8,9 – 19,8 metrin syvyyteen maanpinnasta maapohjassa oleviin lohkkareisiin tai kallioon, lukuun ottamatta pisteitä numero 7, 8, 13 ja 15-18, jotka päättyivät 1,6 – 7,8 metrin syvyydellä täyttökerroksessa oleviin lohkkareisiin. (Pöyry Finland Oy 2019)

Pohjavesipinnan voidaan arvioida noudattelevan Kallaveden pinnantasoa ollen runsassateisina vuodenaikoina hieman sitä ylempänä. (Pöyry Finland Oy 2019)

2.2.3 Perustamistapa

Pohjatutkimusten perusteella todettiin, että kerrostalo perustetaan porapaaluille. Porapaaluina käytetään RD-teräsputkipaaluja. Porapaalujen pituudet voidaan arvioida tontilla porakonekairaamalla tehtyjen kalliopintavarmistusten perusteella. Paalujen mitoituksessa pohjamaan leikkauslujuutena voidaan käyttää arvoa 5 kPa ja korroosiovarana 2 mm/100 vuotta. Paalut porataan kallioon RIL 254-2016 Paalutusohjeen mukaisesti. (Pöyry Finland Oy 2019).

2.3 Tekniset ratkaisut

Tukimuurielementteihin tehtiin suunnitelmien mukaiset lisävalut. Kuvassa 2 elementti kesältä 2019 sellaisena, kuin se tuotiin työmaalle ja kuvassa 3 elementti talvella 2021 sisätiloissa tehdyn lisävalun jälkeen.



KUVA 2 Tukimuurielementti ennen lisävalua (Laitinen 2019)



KUVA 3 Lisävalu tehty (Tuovinen 2021)

2.4 Toteutusratkaisujen kehittäminen

Lisävalu tehtiin Rakennustyö Salminen Oy:n toimesta. Vuonna 2019 lisävalu tehtiin työmaalla paikan päällä ja silloin elementtien lisävalun pohjaan tarttui maasta runsaasti murskettä ja pohjasta tuli epätasainen. Tämän välttämiseksi valu suoritettiin nyt sisätiloissa, jotta pohjasta saatiin varmasti suora.

3 PROJEKTITYÖMAAN TOTEUTUS

3.1 Louhepenkereen kaivu

Louhepengeri oli aikoinaan hieman ylitäytetty, koska Kuopion kaupungilla ei ollut tarkkaa tietoa pengertä rakennuttaessa, mitä rannalle tultaisiin myöhemmin rakentamaan. Rantaa jouduttiin ruoppaamaan, jotta tukimuurielementtien arina saadaan tehtyä. Ruoppaus työ oli pienimuotoista (alle 500 m³), ettei siihen tarvittu erikseen vesilain mukaista työlupaa (InfraRYL Maa- pohja- ja kalliorakenteet 2018, s.266). InfraRYL ei myöskään esitä yleisiä vaatimuksia vedenalaisten kaivantojen alustoista.

Louhe nostettiin kaivinkoneella ensin penkan päälle, jotta ylimääräinen vesi valuisi pois ennen kuorma-auton lavalle kuormaamista. Ylijäämälouhe ajettiin uusiokäyttöön Kumpusaareen Lapti Oy:n rakennustyömaalle massanvaihtoon sekä NCC Oy:n kiviainesmyyntipisteelle murskattavaksi.



KUVA 4 Ylijäämälouheen kuormausta (Tuovinen 2021)

3.2 Elementit ja niiden asennus

Tukimuurielementtien arina rakennettiin KaM 0/63 murskeesta 500 mm:n vahvuisiksi. Asennusalustana käytettiin KaM 0/32 murskettä. Kaivussyvyyden ja arinan oikean koron varmistamiseksi veden alla tehtävässä työssä erittäin tärkeää oli kaivinkoneessa oleva 3D-koneohjausjärjestelmä (kuva 5). Oikeastaan se oli ainut menetelmä, millä veden alla sai pohjan koron varmistettua.

Pienemmät (25 kpl) 2,3 metriä korkeat elementit nostettiin paikoilleen 25 tonnin lyhytperäisellä kai-vinkoneella (kuva 7). Elementit asennettiin 20 mm:n raolla toistensa viereen. Korkeampia, 2,9 met-riä korkeita elementtejä oli 5 kpl. Näiden asennuksessa käytettiin suurta ajoneuvonosturia.



KUVA 5 Arinan tekoa 3D-koneohjauksessa (Tuovinen 2021)



KUVA 6 Elementtien asentamista (Eskelinen 2021)

3.3 Porapaalut

Porapaaluja on olemassa erilaisia:

- sydänteräspaalu
- porattava teräsputkipaalu, jonka porausputki jää rakenteen osaksi
- porattava teräsputkipaalu, jonka porausputki nostetaan ylös
- läpi-injektoitavat porapaalut.

Näille kaikille on yhteistä se, että porapaalu porataan aina kallioon asti kantavuuden varmistamiseksi. Porapaalut soveltuvat käytettäväksi erityisesti silloin, kun rakennuspaikalla on vaikeasti läpäistäviä kerroksia, kalliopinta on voimakkaasti viettävä ja paalujen on saavutettava tietty tunkeutumistaso. Porapaalutus ei aiheuta niin suurta tärinää ympäröiville rakenteille kuin lyöntipaalutus. (Väylä.fi 2021).

3.4 Porapaalutettavat elementit

Porapaalutettavissa elementeissä oli valmiina kaksi 400 mm halkaisijaltaan olevaa reikää paaluja varten. Asennuksen yhteydessä reikään asennettiin 315 mm halkaisijaltaan oleva putken pätkä. Putki osoitti elementtiin tehdyn varauksen sijainnin veden alta porapaalun oikealle kohdalle ja antoi tilaa porauksen aikana paalun edestä purkautuvalle maa-ainekselle nousta pois. Kohteessa käytettiin RD-paaluja, joiden porausputki jäi rakenteen osaksi.

4 RAKENTAMISEN HAASTEET

4.1 Talvityön aiheuttamat haasteet

Tukimuurin rakentaminen aloitettiin joulukuussa 2020. Louhepenkereen reunaan muodostui jäätynyt lippa, joka aiheutti sortumavaaran. Kaivinkoneen oli työskenneltävä riittävän etäällä lipan reunasta sortuman välttämiseksi. Tämä taas aiheutti ulottuvuusongelmia kaivinkoneelle kaivu- ja asennusvaiheessa (kuva 7). Asennustyössä käytetty 25 tonnin lyhytperäinen kaivinkone oli nostokykynsä ja ulottuvuutensa rajoilla elementtejä nostettaessa.



KUVA 7 Jäätynyt lippa (Tuovinen 2021)

Elementit varastoitiin työmaalla. Pakkasessa betonielementteihin varastoitui paljon kylmää energiaa, joka aiheutti sulaan veteen laskettaessa jään muodostumista elementtiin. Nämä muodostuneet jäät saattavat aiheuttaa ongelmia, kun jäät sulavat vasta myöhemmin asennuksen jälkeen. Ja tämä saattaa aiheuttaa liikettä elementtiin.

Talvi, lumi ja pakkaset aiheuttivat myös työmaan aikataulutukseen ongelmia. Tammikuun alkupuolella alkoi kunnan pakkaset ja lumisateet. Veden läheisyydessä yli 10 asteen pakkaset alkavat tuntua jo epäinhimillisiltä olosuhteilta työskennellä. Lisäksi asennustyöryhmä oli talven ajan pääasiassa katujen kunnossapitotöissä, joita lumisena talvena taas riittikin.

Sula vesi ja pakkaset aiheuttivat haasteita kaivinkoneelle. Kauha jäättyi umpijähän ja anturit, kauhan kiinnityssysteemit ja nostokoukut jäättyivät paksun jään peittoon (kuva 8). Koneen pienuuden vuoksi kauha jouduttiin irrottamaan aina elementin nostoa varten. Kauhan vaihto oli huomattavasti vaikeampaa jäätymisen vuoksi.



KUVA 8 Jäätynyt kauha sulamassa (Eskelinen 2021)

Samoin kaivinkoneen apumiehellä oli haasteita lämpimänä pysymisessä veden äärellä kovalla pakkasella, tuulella ja sulan veden kanssa tekemisissä ollessaan. Yleensä maarakentamisessa pidetään pakkasrajana -25 astetta pakkasta. Tässä työssä sulan veden kanssa tekemisissä ollessa pakkasrajana voisi pitää melkein -10 astetta, ihan ehdoton maksimi on -15 astetta pakkasta.

4.2 Muut haasteet elementtien asennuksessa

Koska elementit asennettiin talvityönä veteen, oli haastavaa saada asennusalusta varmasti tasaiseksi ja suurin haaste oli saada murskeet pois jo asennetun elementin kyljestä pelkästään kaivinkoneen kauhaa käyttäen. Elementin kylkeen jäädessä yksikin KAM 0/63 murskeen palanen esti seuraavan elementin asentamisen 20 mm:n toleranssilla.

Vuonna 2019 toteutetussa tukimuurin asennusprojektissa harkittiin ensin, että rakentaminen olisi suoritettu padotettuna kuivatyönä. Tämä kuitenkin todettiin mahdottomaksi, koska pengertäytteenä käytetty louhe läpäisee vettä kuin seula ja padotukseen tarvittavien maamassojen paikalle ajaminen olisi tullut aivan liian kalliiksi ja aikaa vieväksi.

Kuten aiemmin mainittiin, Maljalahden ranta oli täytetty louhepenkereellä, jossa maksimi raekoko olisi pitänyt olla 600 mm. Rantaa ruopatessa kuitenkin paljastui, ettei maksimi raekoosta ollut pidetty huolta penkereen rakennusvaiheessa (kuva 9).



KUVA 9 Ruoppauksessa löytyneitä louheita, lähes 3 m halkaisija (Eskelinen 2021)

4.3 Porapaalutuksen haasteet

Kesällä 2019 porapaalutuksessa haasteena oli elementtien liikkuminen paalutuksen aikana, koska elementin läpivientireiästä purkautuu paalun porautumisen aikana syrjäytyvää maa-ainesta ulos.

Vuonna 2019 elementtien rei'issä käytettiin liian pieniä putkia merkinä, joten tämän talvisessa projektissa kasvatettiin putkikokoa, jotta syrjäytyvällä maa-aineksella on tilaa purkautua eikä näin ollen pyrkisi niin voimakkaasti liikuttelemaan elementtiä.

Pohdittiin myös yhtenä vaihtoehtona tehdä paalutus ensin ja asentaa elementti paalujen "läpi". Tässä haasteiksi olisi kuitenkin muodostunut se, ovatko paalut tarpeeksi suorassa ja juuri oikeassa kohdassa, kun elementin läpi jouduttiin asentamaan kaksi paalua. Lisäksi paalutuksen aikana purkautuva maa-aines olisi tässä tapauksessa noussut murskearinnan päälle ja tämän puhdistaminen olisi ollut hankalaa veden alla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus vertailla kahta samankaltaista projektia. Erona toinen tehtiin kesällä ja toinen talvella. Valitettavasti lopullinen kustannusvertailu ei ehtinyt tämän opinnäytetyön aikana valmistua, mutta olen saanut pohdittua näkökulmia työn toteutuksesta ja kustannusvaihteluista.

Kaikista selvin asia on se, että tämän kaltainen maarakennuskohde on helpoin tehdä kesäaikaan. Talvi ja pakkaset aiheuttavat monia haasteita, jotka aiheuttavat myös lisäkustannuksia. Ensinnäkin jäätyneitä louhepengertä joudutaan irrottamaan ensin kaivinkoneen routakoukulla. Veteen kaivettaessa muodostui penkereen reunaan myös jäätyneitä lippejä, jotka aiheuttivat sortumavaaran ja tämän välttämiseksi oli kaivinkoneen työskenneltävä riittävän etäällä. Se taas aiheutti ongelmia ulottuvuudessa ja nostokyvyssä.

Sula vesi ja pakkas aiheuttivat myös monenlaisia ongelmia. Kaivinkoneen kauha letkuineen ja liittimineen jäättyi, sekä kylmiin elementteihin tarttui jäätä niitä sulaan veteen asennettaessa. Työskentelyaluetta jouduttiin myös vähän väliä puhdistamaan järven puolelta tulevista jääautoista, jotka pakkasivat rantaan.

Rakentaminen ei tässä nimenomaisessa projektissa kuitenkaan ollut talvityönä juurikaan kalliimpaa, koska aikataulu oli niin löysä, että pahimmat pakkaskelit voitiin jättää väliin. Kustannukset olisivat varmasti kasvaneet huomattavasti, mikäli hankkeella olisi ollut tiukka aikataulu ja se olisi pitänyt puskea läpi pakkasista välittämättä.



KUVA 10 Kesäistä rakentamista 2019 (Laitinen 2019)

LÄHTEET

Finder 2021. Yrityshaku. Verkkojulkaisu. <https://www.finder.fi/search?what=Koneurakointi%20Laitinen%20%26%20V%C3%A4n%C3%A4n%C3%A4nen%20Oy> Viitattu 24.1.2021

InfraRYL Maa- pohja- ja kalliorakenteet 2018. Rakennustietosäätiö.

Koneurakointi Laitinen & Väänänen Oy 2021. Etusivu. Verkkojulkaisu. <http://www.laitinen-vaananen.fi/fi/Etusivu.html> Viitattu 24.1.2021

Muokattu lähteestä Kuopion karttapalvelu 2021. Verkkojulkaisu. Kartta.kuopio.fi Viitattu 20.3.2021.

Eskelinen, Jorma 2021. Valokuva. Kuopio: Eskelisen Jorman kokoelmat

Laitinen, Hannu 2019. Valokuva. Kuopio: Laitisen Hannun kokoelmat

Tuovinen, Iris 2021. Valokuva. Kuopio: Tuovisen Iiriksen kokoelmat

Pöyry Finland Oy. Pohjatutkimusselostus. 18.3.2019

Väylä 2021. Verkkojulkaisu. <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/porapaalutusohje01.pdf> Viitattu 21.3.2021