



LEIPOJANLAHDEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

Kimmo Lahti
Markus Lindegren

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

LAHTI, KIMMO & LINDEGREN, MARKUS:
LEIPOJANLAHDEN KUNNOSTUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyö 84 sivua, josta liitteitä 34 sivua
Huhtikuu 2012

Anian osakaskunnan vesialueella Pirkkalassa sijaitseva Leipojanlahti on aikojen saatossa rehevöitynyt ja kasvanut umpeen pengertien rakentamisen ja vesistön säännöstelyn johdosta. Umpeenkasvaminen on vuosien saatossa laajentunut ja uhkaa nyt lahtien suulla olevien vapaa-ajan asuntojen virkistyskäyttöä, minkä lisäksi Leipojanlahti on käytännössä ainoa kevätkutuisten kalojen potentiaalinen lisääntymisalue. Työn tarkoituksena oli tehdä suunnitelmat Avesaaren ympäristön luonnontilaisen virtauksen palauttamiseksi. Suunnittelu piti sisällään pengertien alituksen mahdollistavat silta- ja rumpuvaihtoehdot sekä eri ruoppaustapojen vertailun.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kenttätutkimuksia painokairalla, mäntäkairalla ja alueen pinnanmuotojen kartoitusta satelliittipaikannuksella. Mäntäkairalla saaduista näytteistä tutkittiin laboratorioissa vesipitoisuus, leikkauslujuus sekä humuspitoisuus. Kenttätutkimusten ja laboratoriotutkimusten perusteella selvitettiin alueen maaperäolosuhteita.

Suunnitellut siltavaihtoehdot olivat teräsbetoninen ulokelaattasilta ja putkisilta. Suunnitelluista vaihtoehdoista pengertien alituksen ja ruoppauksen osalta tilaaja valitsi kustannuksiltaan edullisimmat vaihtoehdot, joita lähdettiin suunnittelemaan tarkemmin. Valitut suunnitteluvaihtoehdot olivat pengertien alituksen osalta virtausrumpujen rakentaminen ja ruoppauksen osalta 5 metriä leveään väylän ruoppaaminen Leipojanlahteen pengertien molemmin puolin. Tehtyjen suunnitelmien pohjalta tilaaja päätti viedä hankkeen seuraavaan vaiheeseen ja hakea avustuksia hankkeen toteuttamiseen eri tahoilta.

Asiasanat: vesistönkunnostus, putkisilta, ruoppaus, teräsbetoninen ulokelaattasilta, virtausrumpu

ABSTRACT

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

LAHTI, KIMMO & LINDEGREN, MARKUS:
Rehabilitation Project in Leipojanlahti Bay

Bachelor's thesis 84 pages, appendices 34 pages
April 2012

The Leipojanlahti bay in Pirkkala has become more and more eutrophic over the last few decades, due to the culvert construction and the water rationing. Overgrowth in the bay has expanded in recent years and is now threatening the use of recreation areas near the bay. The target of this thesis was to make plans how to restore the bays water flow back to its natural state.

The purpose of this thesis was to make bridge and pipe bridge plans and to compare three different dredging options. Water content, shear strength and quantitative of organic material in the specimens taken with a piston sampler, were studied in a laboratory. Soil conditions were investigated with these field and laboratory researches.

The proposed bridge types were a simple reinforced concrete cantilever slab bridge made from reinforced concrete and a steel pipe bridge. Plans were also made for a smaller pipe without underpass. From the planned options the client chose the most cost-effective ones, which were three smaller pipes with no underpass and 5 meter wide channel both sides to the culvert by dredging. With the selected plans the client chose to apply funding.

Key words: water system rehabilitation, steel pipe bridge, dredging, reinforced concrete slab bridge, pipe

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tausta.....	5
1.2	Kohteen sijainti.....	5
2	PROJEKTIN TAVOITTEET.....	7
2.1	Työn tavoitteet.....	7
2.2	Tutkimusmenetelmät ja rajaukset.....	7
3	TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET.....	8
3.1	Vesistö ja alueen käyttöhistoria.....	8
3.2	Pohjatutkimukset	8
3.2.1	Painokairaus	8
3.2.2	Mäntäkairaus	12
3.3	Laboratoriotutkimukset.....	15
3.3.1	Vesipitoisuuden määrittäminen.....	15
3.3.2	Leikkauslujuuden määrittäminen	17
3.3.3	Humuspitoisuus	20
3.4	Alueen kartoitus	25
3.5	Tehdyt tutkimukset	27
4	RUOPPAUKSEN SUUNNITTELU	29
4.1	Yleistä ruoppauksesta	29
4.2	Ruoppausmenetelmän valinta	30
4.3	Ruoppausvaihtoehdot ja -kustannukset	31
5	SILTA- JA RUMPUVAIHTOEHTOJEN SUUNNITTELU	33
5.1	Siltavaihtoehdot.....	33
5.2	Teräsbetoninen ulokelaattasilta	33
5.3	Teräspankkipilta	37
5.4	Virtausrumpu.....	40
5.5	Siltavaihtoehtojen vertailu	42
6	VALITUT SUUNNITELMARATKAISUT.....	43
6.1	Jatkosuunnittelun lähtökohdat.....	43
6.2	Ruoppauksen jatkosuunnittelu	43
6.3	Virtausrummun jatkosuunnittelu	44
7	POHDINTA JA TULOSTEN TARKASTELU	46
	LÄHTEET	48
	LIITTEET.....	50

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Leipojanlahti sijaitsee Anian osakaskunnan (604-401-876-1) vesialueella Pyhäjärvellä Pirkkalassa. Salmen läpi Avesaareen johtavan pengertien rakentamisen jälkeen alueen umpeenkasvaminen alkoi, koska tiehen ei rakennettu yhtään siltaa tai rumpua, joka olisi mahdollistanut veden luonnollisen virtaamisen salmen kautta. Alue on lisäksi tärkeä kevätkutuisten kalojen lisääntymisalue, koska muut litoraalialueet ovat varsin karuja kivikoita. Pengertien rakentamisen ja vesistön säännöstelyn johdosta kutualue on pääosin tuhoutunut umpeenkasvun ja vedenlaadun heikkenemisen takia. (Pyyvaara 2012.)

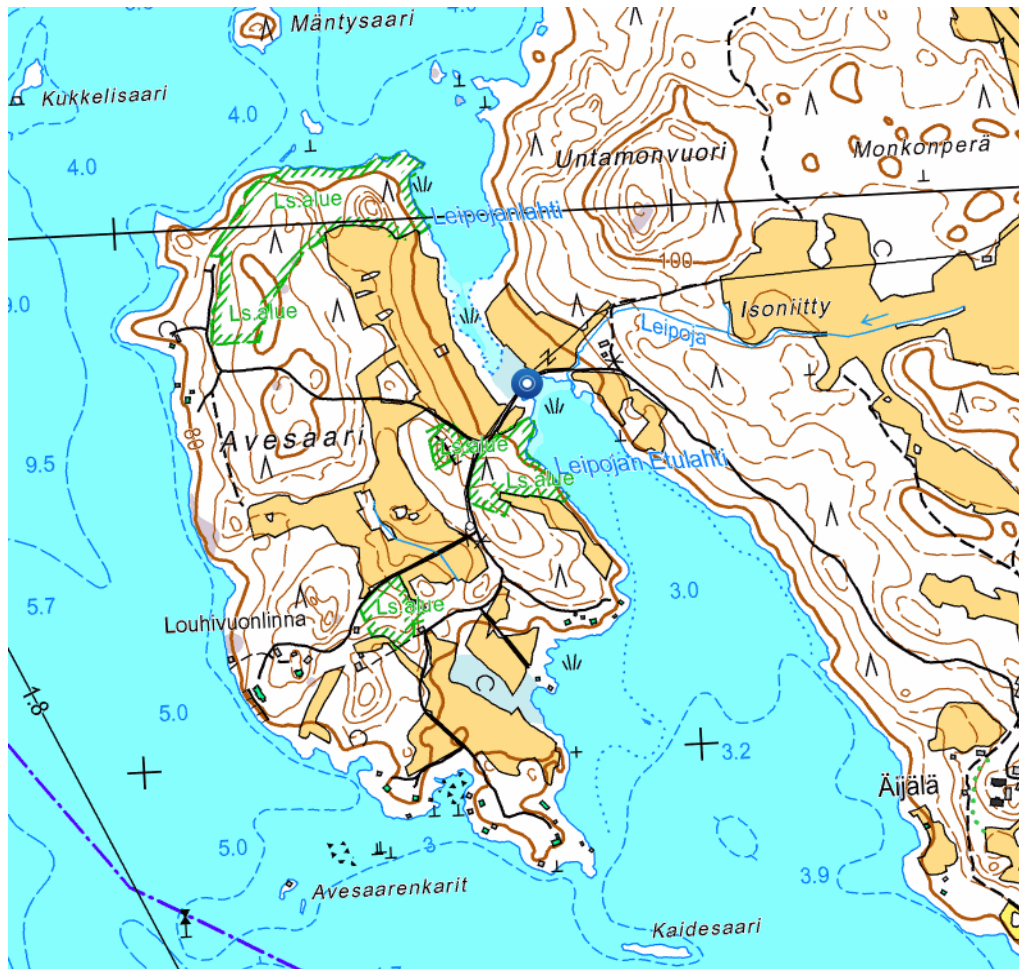
Pirkanmaan ympäristökeskuksen (nykyisin Elinkeino- liikenne ja ympäristöministeriö) vuonna 2007 tekemän Pyhäjärven säännöstelyn aiheuttamien haittojen kartoituksen yhteydessä todettiin, että Pyhäjärvessä sijaitsevan Leipojanlahden umpeenkasvaminen on laajentunut ja uhkaa molempien lahtien suulla olevien vapaa-ajan asuntojen rantoja. Umpeenkasvaminen vaikeuttaa alueen virkistyskäyttöä ja samalla heikentää kaloille tärkeän kutulahden laatua. (Pyyvaara 2012.)

1.2 Kohteen sijainti

Pirkkalan kunta sijaitsee Pirkanmaalla, ja sen naapurikuntia ovat Lempäälä, Nokia, Tampere ja Vesilahti. Tutkimuskohde sijaitsee Pirkkalan kunnan läntisellä alueella Nokian ja Vesilahden kuntien naapurissa Avesaareen johtavan Äijäläntien molemmin puolin (kuvat 1 ja 2).



KUVA 1. Kohteen sijainti on merkitty sinisellä ympyrällä (Eniro)



KUVA 2. Kohteen sijainti on merkitty sinisellä ympyrällä (Eniro)

2 PROJEKTIN TAVOITTEET

2.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli laatia toteuttamiskelpoiset kunnostussuunnitelmat ruoppauksen sekä pengertien sillan ja rumpujen osalta Leipojanlahden alueelle. Suunnitelmien tuli olla sellaiset, että niiden pohjalta voidaan hakea Vesilakiin perustuvat toimenpideluvat sekä pyytää tarjoukset kunnostuksen urakoinneista. Tarkoitus oli myös vertailla eri kunnostusvaihtoehtoja, jotta tilaajan edustajalla olisi mahdollisimman hyvä kuva siitä, miten eri ratkaisut vaikuttavat hankkeen kustannuksiin.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset

Pengertien osalta suunnitelmissa ei otettu kantaa tien rakennekerrokseen eikä sen parantamiseen vaan tarkoitus oli suunnitella vain virtausaukkojen paikat ja rumpukoot sekä sillan sijainti ja rakenneratkaisut. Työssä ei tutkittu kalojen kutualueita eikä veden laatua. Sekä ruoppauksesta että sillasta tehtiin kaksi eri vaihtoehtoa, jotka työn valmistuttua esitettiin tilaajalle sekä hankkeen eri osapuolille.

Ruoppauksen suunnitteluun kuului ruoppausmenetelmän valinta, ruoppaussyvyyden määrittäminen, ruoppausmassojen läjityksen suunnittelu sekä ruopattavan alueen määrittäminen.

Tutkimusmenetelminä käytettiin henkilöhaastatteluja, maaperätutkimuksia painokairalla ja mäntäkairalla sekä maastokartoituksia Topcon hiper pro -laitteella. Lisäksi tehtiin vertailulaskelmia kustannuksista ja tutkittiin kirjallisuuslähteitä.

3 TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET

3.1 Vesistö ja alueen käyttöhistoria

Pyhäjärvi kuuluu Kokemäenjoen vesistöön, ja se ulottuu Lempäälän, Nokian, Tampereen ja Vesilahden alueille. Pyhäjärveen vesi laskee kahta reittiä, Tammerkosken kautta Näsijärvestä sekä etelämpää Vanajavedeltä. Pyhäjärvi kuuluu Tampereen ja sen lähi-kuntien keskeisimpiin vesienkäyttö- ja virkistysalueisiin mutta on myös samalla Kokemäenjoen rehevimpiä johtuen tehokkaasta maanviljelystä ja jätevesikuormituksesta (Bilaltdin, Frisk, Kaipainen, Paananen & Peltonen 2007, 5).

Pyhäjärven veden säännöstely on aloitettu vuonna 1962 ja sen alkuperäisinä tavoitteina olivat vesivoiman tuottaminen sekä tulvasuojelu. Säännöstely on vuorokausisäännöstelyä ja sitä hoidetaan Melon voimalaitospadolla. Suurin säännöstelyväli on 1,55 m, mutta todellisuudessa säännöstelyä ei toteuteta niin voimakkaana kuin lupaehdot sen sallisivat. Säännöstelyn merkittävimmät vaikutukset ovat olleet talvinen vedenkorkeuden lasku, tulvakorkeuksien selvä aleneminen sekä kesäkauden vedenpinnan vakaus. Pyhäjärven keskimääräinen veden korkeus vuosien 1962–2008 välillä on ollut NN+ 76,87 m, ja kesäkuukausina (1.6.–31.8.) NN +77,03 m. Vuosien 1962–2008 alin vedenkorkeus taso on ollut NN+ 75,92 m ja ylin NN+ 77,19 m, joten suurin vedenpinnan tason muutos on ollut 1,27 m. (Pirkanmaan ELY 2011.)

3.2 Pohjatutkimukset

3.2.1 Painokairaus

Painokairaus on Suomessa yleisin pohjatutkimuksissa käytetty kairausmenetelmä ja sitä käytetään maan kerrosrajojen määrittämiseen. Suomen maaperä on erittäin vaihtelevaa, minkä takia maaperätutkimuksissa joudutaan tekemään tiheää kairausruudukkoa ja siihen painokairaus soveltuu nopeutensa ansiota hyvin. Painokairaus sopii hyvin aina pehmeiköiltä keskitiiviisiin moreeneihin asti. Tiiviissä moreeneissa ja kitkamaissa tunkeutuvuus on huono. (Jääskeläinen 2009, 243.)

Painokairauslaitteistoja on monenlaisia. Nykyisin ne ovat lähinnä telaketjuilla liikkuvia monitoimilaitteita, mutta kairauksen perusajatus on kaikissa sama. Tässä opinnäytetyössä kairaukset suoritettiin käsikäyttöisellä painokairalla kairaa koneellisesti kiertäen (kuva 3). Käsikäyttöinen koneellinen painokaira koostuu kärkikappaleesta, kairaustangoista, kehästä, painoista ja erillisestä polttomoottorista, joka pyörittää tankoja hydraulisesti. (Jääskeläinen, Rantamäki, Tamminne 2004, 259.)



KUVA 3. Käsikäyttöinen painokaira. Kuvasta puuttuu polttomoottori

Painokairaus aloitetaan alkukairauksella, joka mahdollistaa kairauksen ja poistaa tulosta vääristävät tekijät. Alkukairauksessa juurakkoisen pintamaa puhkaistaan, rikotaan pintarouta tai porataan kovan pintamaan tai asfaltin läpi reikä. Alkukairauksen jälkeen kairan kärki asetetaan aloitusyvytyteen ja mitataan kärjen syvyys maanpinnasta. (Jääskeläinen 2009, 244.)

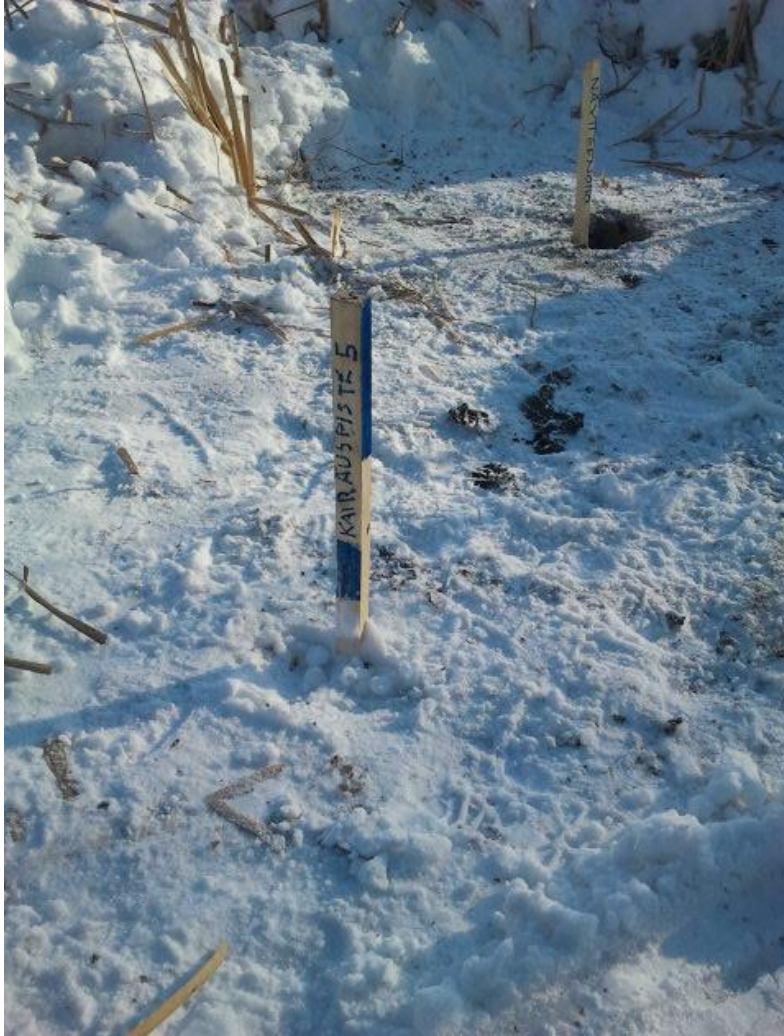
Itse kairaus tapahtuu kolmessa vaiheessa, joista ensimmäisessä mitataan painuuko kaira pelkällä tasaisella kuormituksella. Kuormitusta lisätään 25 kg:n välein aina 100 kg:aan asti ja tarkoitus on mitata sitä minimipainomäärää, jolla kaira painuu. Jokainen painumajakso tulee kirjata kairauspöytäkirjaan (Kuva 4). Kun kaira ei painu enää täydellään kuormituksella, aletaan kairaa kiertää, ja kierrosten lukumäärä merkitään kairaus-

pöytäkirjaan puolikierroksina. Kärjen painumista seurataan mittakepin avulla, ja puolikierrosten lukumäärä merkitään kairauspöytäkirjaan aina 20 cm:n välein. Jos kaira alkaa kesken kiertämisen painua ilman kiertämistä, poistetaan kaikki painot heti, ja jatketaan kairausta ensimmäisen vaiheen mukaan siihen asti, kunnes kaira ei enää painu pelkän kuormituksen avulla, minkä jälkeen kiertämistä jälleen jatketaan. (Jääskeläinen 2009, 244.)

Kairan kiertäminen voidaan lopettaa, kun kaira ei painu enää kolmannellakaan kerralla vaadittavaa 20 cm 125 puolikierrosta kohti. Kun kairan painuminen myös kiertämällä loppuu, otetaan kaikki painot pois ja kairausta jatketaan lyömällä tankoja siihen tarkoitukseen soveltuvalla nuijalla. Sen jälkeen, kun kaira ei painu enää lyömälläkään, voidaan kairaus todeta päättyneeksi ja tangot voidaan nostaa ylös siihen tarkoitukseen valmistetun tunkin avulla. Kun kairaus on saatu päätökseen, tulee kairauspaikka merkitä maastoon, jotta tulevaisuudessa tiedetään, mistä kohtaa kairaukset on suoritettu (kuva 5). Myös paikan koordinaatit tulee merkitä ylös, jos siihen on mahdollisuus. (Jääskeläinen 2009, 244–245.)

SIVU: 1		OY KAIRAUSLIIKE AB		KAIRAAJA VL	
PVM 15.6.79		PL/PISTE 5		VAS OIK	
TILAAJA/TYÖKOHDE		Puh.keskus Lahti		X Y	
TYÖ NO 4911		MAAN/VEDENPINNAN KORKEUS +80.50/+79.40			
<input checked="" type="checkbox"/> PAINOKAIRAUS:		<input type="checkbox"/> KÄSIN <input checked="" type="checkbox"/> KONEELLINEN <input type="checkbox"/> VAUNU			
<input type="checkbox"/> HEIJARIKAIRAUS:		<input type="checkbox"/> HEIJARIPUKKI <input type="checkbox"/> VAPAAPUDDIUS <input type="checkbox"/> MUU			
<input type="checkbox"/> TÄRYKAIRAUS:					
Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolikierrosten määrä	Arvioidut maalajit	Huom. Kuivakuori, rautaraja, alkukalraustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet tautit, kairausrytykset ja kallio
0.30	—	—	—	Hm	Kärki lyöty maahan
0.50	0.20	1.00	30	Si, Sa	
0.70	0.20	1.00	45	Si, Sa	
0.90	0.20	1.00	32	Si, Sa	
1.10	0.20	1.00	11	Si, Sa	Veden pinta 1.1m
1.30	0.20	1.00	—	Sa	
1.62	0.32	0.75	—	Sa	
1.90	0.28	0.50	—	Sa	
4.03	2.13	0.25	—	Sa	
4.32	0.29	0.50	—	Sa	
4.40	0.08	1.00	—	Si	
4.60	0.20	1.00	9	Si	
4.80	0.20	1.00	30	Hk	
5.00	0.20	1.00	48	Hk	
5.20	0.20	1.00	37	Hk	
5.40	0.20	1.00	73	Hk	
5.60	0.20	1.00	92	Hk	Kiviä
5.80	0.30	1.00	100	Mr	
5.85	0.05	1.00	100	Mr	
5.96	0.11	1.00	—	Mr	Lyöty 20 kertaa
					Todennäk. kallio
KAIRAUKSEN PÄÄTTYMINEN: <input type="checkbox"/> MÄÄRÄSYV. <input type="checkbox"/> TIIVIS MAAKERROS					
<input type="checkbox"/> KIVI TAI LOHKARE <input checked="" type="checkbox"/> KIVI, LOHKARE TAI KALLIO <input type="checkbox"/> KALLIO					

KUVA 4. Esimerkki kairauspöytäkirjasta (Jääskeläinen 2009, 245)



KUVA 5. Kairauspaikan merkitseminen maastoon

Taulukossa 1 on esitetty eri kairauspisteistä saatujen tutkimusten tulokset. Pehmeän maan syvyydellä tarkoitetaan sitä syvyyttä, mihin kaira painui ilman kuormitusta tai kiertämistä. Lopetussyvyys on se syvyys, mihin kairaus lopetettiin. Kaikkia kairauksia ei suoritettu loppuun asti, vaan osassa selvitettiin vain pehmeän maan osuus.

TAULUKKO 1. Kairaustulokset

Piste	Pehmeän maan syvyys	Lopetusyvyys	Muuta huomioitavaa
600	9,5	10,1	Kairaus lopetettu lyönteihin
601	6,8	9,8	Kairaus lopetettu lyönteihin
602	7,2	9,5	Kairaus lopetettu lyönteihin
603	9,1	9,1	Mitattu ainoastaan pehmeän maan syvyys
604	5,4	5,7	Kairaus lopetettu lyönteihin
605	6,6	6,7	Lyöty, iso kivi tai kallio
606	6,4	7,3	Kairaus lopetettu lyönteihin
607	9,1	9,2	Mitattu ainoastaan pehmeän maan syvyys

3.2.2 Mäntäkairaus

Vaikka painokairauksella saadaan selville maakerroksien kerrosrajat, se ei kuitenkaan kerro koko totuutta tutkittavasta maaperästä. Pelkästään painokairaustuloksiin perustuvat tutkimukset ovat yleensä epävarmoja ja puutteellisia. Jotta maakerrosten tarkemmat ominaisuudet saadaan selvitettyä, maaperästä tulee ottaa myös näytteitä. Häiriintymättömien näytteiden otto tapahtuu mäntäkairan avulla. (Jääskeläinen ym. 2004, 274.)

Mäntäkairalla (kuva 6) voidaan maaperästä ottaa häiriintymättömiä näytteitä. Häiriintymätön näyte edustaa luonnontilaista maata, jossa maalajin rakenne on säilynyt ehyenä. Näytteenotto soveltuu märälle savelle ja siltille. Näyte otetaan miesvoimin sellaisen kairan avulla, jossa on terävällä leikkuukärjellä varustettu sylinteri. Ennen näytteenottoa päätetään mistä syvyydestä näytteet halutaan maasta ottaa. Maahanpainamisvaiheessa lukittu mäntä sulkee sylinterin niin, että sinne ei pääse ylimääräistä maa-ainesta ennen määräsyvyyttä. Kun haluttu näytteenottosyvyys saavutetaan, männän lukitus avataan ja sylinteriosa painetaan maahan, jolloin näyte pääsee työntymään sylinteriin ja sen sisällä oleviin näytteenottoputkiin. Kuvassa 7 mäntäkairaa ollaan työntämässä näytteenottosyvyyteen siihen tarkoitukseen valmistettujen avainten avulla. (Jääskeläinen ym. 2004, 274,277.)



KUVA 6. Mäntäkairan osat



KUVA 7. Mäntäkaira painetaan maahan kahden avaimen avulla

Näytteenottovaiheessa pitää varmistua siitä, että mäntä pysyy paikallaan ja vain sylinteriosaa painetaan maahan. Mäntätanko ei saa alas painamisen johdosta siirtyä enempää kuin yhden prosentin näytteenottimen tunkeutumissyvyydestä. Kun näyte on saatu näytteenottoputkiin, odotetaan muutama minuutti paineen tasaantumiseksi, jotta ylösnostovaiheessa näyte pysyy putkissa. Myös näytteenottimen etenemää tulee kokoonpuristuksen välttämiseksi seurata, jotta se ei ylitä näytetilan pituutta. (SFS-Käsikirja 179-3 2009, 39.)

Kun mäntäkaira on nostettu takaisin maan pinnalle, työnnetään hukkaputket ja näyteputket varovasti ulos suojaputken sisältä (kuva 8) ja asetetaan näyteputkien päihin tiiviit korkit (kuva 9), joiden tarkoitus on pitää näytteet luonnontilaisina. Näytteet tulee merkitä tarkasti, jotta laboratoriossa tiedetään miten päin maa-aines on luonnossa ollut ja miltei syvyydeltä näytteet on otettu.



KUVA 8. Näyteputket työnnetään suojaputkesta ulos varovasti ja leikataan pinta tasaiseksi



KUVA 9. Näyteputket suojataan tiiviillä korkeilla

3.3 Laboratoriotutkimukset

3.3.1 Vesipitoisuuden määrittäminen

Vesipitoisuudella tarkoitetaan tiettyssä maa-aineksen massassa olevan huokosveden ja vapaan veden massan suhdetta kuivan kiintoaineksen massaan. Vesipitoisuuden määrittämistä tarvitaan luonnon maa-ainesten luokituksessa ja uudelleen tiivistettyjen maiden valvontakriteerinä ja se tehdään yleensä aina kenttätutkimuksissa ja laboratoriotutkimuksissa käytetyistä näytteistä. Ennen koestusta näytteitä tulee säilyttää ruostumattomissa ilmativiissä astioissa noin 3–30°C:n lämpötilassa, ja siihen ei saa kohdistua suoraa auringonvaloa. Yleisin laboratorio-olosuhteissa tehty menetelmä on näytteen kuivaaminen lämpöuunissa. (SFS-Käsikirja 179-2 2008, 10–11.)

Vesipitoisuus määritellään mittaamalla kosteasta näytteestä kuivaamalla poistetun veden massa. Koenäyte laitetaan mitta-astiaan, jonka massa tunnetaan. Tämän jälkeen

koenäyte ja massa punnitaan ja tulokset kirjataan ylös. Punnitus tulee tehdä välittömästi sen jälkeen, kun massa laitetaan astiaan. Hienorakeisen koenäytteen vähimmäismassa tulee olla 25 g. (SFS-Käsikirja 179-2 2008, 10–12.)

Kun astian ja näytteen massa on selvillä, laitetaan astia lämpökaappiin, jonka lämpötila on säädetty 105°C:een \pm 5°C. Näytteitä pidetään maalajista, koenäytteen koosta, lämpökaapin tyypistä ja kapasiteetista riippuen 16–24 tuntia lämpökaapissa. Kun koenäyte on kuivunut vakiopainoon, astia ja näyte poistetaan lämpökaapista ja asetetaan eksikaattoriin, kunnes se on jäähtynyt huoneenlämpöön. Kun näyte on jäähtynyt riittävästi, se poistetaan eksikaattorista ja näytteen sekä astian yhteismassa punnitaan vaa’alla. (SFS-Käsikirja 179-2 2008, 12–13.)

Maan vesipitoisuus saadaan kaavalla

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_c} \times 100 \quad (\text{kaava 1})$$

jossa

w on vesipitoisuus (%)

m_1 on astian ja kostean koenäytteen massa (g)

m_2 on astian ja kuivatun koenäytteen massa (g)

m_c on astian massa (g)

Vesipitoisuuden määrittäminen tehtiin kahdesta eri näytekappaleesta (liite 1), jotka sijaittivat 2,93–3,1 m:n (näyte 1.3) ja 4,05–4,22 m:n (näyte 2.1) syvyyksillä.

Näytekappaleen 1.3 vesipitoisuus on

$$w = \frac{83,998 \text{ g} - 59,630 \text{ g}}{59,360 \text{ g} - 26,536 \text{ g}} \times 100 = 75,1 \%$$

Näytekappaleen 2.1 vesipitoisuus on

$$w = \frac{82,124 \text{ g} - 60,222 \text{ g}}{60,222 \text{ g} - 25,207 \text{ g}} \times 100 = 62,6 \%$$

3.3.2 Leikkauslujuuden määrittäminen

Leikkauslujuus määritetään kartiokokeella (kuva 10), missä eripainoisia ja eri kärkikulman omaavia kartioita asetetaan näytteen pinnalle ja annetaan omalla painolla pudota näytteeseen. Kartiopiikin uppoaman perusteella saadaan näytteen leikkauslujuus suoraan taulukoista ja käyrästä. Kartiokoetta voidaan käyttää vain hienorakeisten maiden, saven ja siltin leikkauslujuuden määrittämiseen. (Jääskeläinen 2009, 110–111.) Tässä tutkimuksessa kartiokoe suoritettiin häirittyyn näytteeseen 10 g:n ja häiriintymättömään näytteeseen 60 g:n painoilla.



KUVA 10. Kartiokoje ja näytepala

Kokeeseen otetaan vähintään 30 mm paksu näyte (kuva 11), joka leikataan lankasahalla tasapaksuksi ja asetetaan alustalle. Mittaukset tulee suorittaa sopivaa kartiota käyttäen siten, että painuma asettuu 4–13 mm:n väliin. Kartiota pudotetaan 5 kertaa näytteen eri kohtiin, ja pudotuskohtien tulee olla yli 10 mm:n päässä toisistaan ja näytteen reunasta. Kartiokojeessa on sähkömagneettilaukaisin, joka vapautetaan, kun kartion piikki on

näytteen pinnalla, ja uppouma luetaan heti pudotuksen jälkeen. Tuloksia analysoitaessa pienin ja suurin arvo jätetään tuloksista pois ja lopuista lasketaan keskiarvo, minkä perusteella taulukoista ja käyrästä luetaan leikkauslujuus. Jos kokeessa käytetään kahta kartiota, otetaan tuloksista molemmilla kartioilla tehtyjen tulosten keskiarvo. (Jääskeläinen 2009, 111.)

Kartiokokeet tehtiin näytteistä, jotka otettiin 2,93–3,1 m:n (näyte 1.3) ja 4,05–4,22 m:n (näyte 2.1) syvyyksistä. Häiriintymättömän näytteen 1.3 leikkauslujuus oli 4,2 kPa ja häirityn näytteen 0,3 kPa. Vastaavat arvot näytteelle 2.1 olivat 3,9 kPa ja 0,2 kPa. Kartiokokeen tuloksien perusteella voidaan todeta, että näytteet olivat hyvin pehmeää savena.



KUVA 11. Näytepala työnnetään koeputkesta tasaisesti ja leikataan lankasahalla tasapaksuksi

Kartiokoetta tehtäessä määritetään yleensä myös näytteen häiriintymisherkkyys eli sensitiivisyys. Häiriintymisherkkyys saadaan kun näytettä leikkauslujuuden määrittämisen jälkeen sekoitetaan voimakkaasti sopivassa astiassa, minkä jälkeen näytteen pinta tasa-

taan ja määritetään kartiokokeella leikkauslujuus käyttämällä eri painoisia kartioita. Jokaisen kokeen jälkeen näyte sekoitetaan ja sen pinta tasataan. Sensitiivisyydellä tarkoitetaan häiriintymättömän ja häirityn maan leikkauslujuuksien suhdetta eli sitä, miten paljon maan leikkauslujuus alenee, kun maa häiriintyy esimerkiksi maahan kohdistuvan tärinän vaikutuksesta. (Jääskeläinen 2009, 111.)

Maan sensitiivisyys saadaan kaavalla

$$S_t = \frac{S_k}{S_{kr}} \quad (\text{kaava 2})$$

jossa

S_t on sensitiivisyys

S_k on häiriintymättömän näytteen kartioleikkauslujuus

S_{kr} on häirityn näytteen kartioleikkauslujuus

Sensitiivisyyden määrittäminen tehtiin kahdesta eri näytekappaleesta (liite 1), jotka sijaittivat 2,93–3,1 m:n (näyte 1.3) ja 4,05–4,22 m:n (näyte 2.1) syvyyksillä.

Näytekappaleen 1.3 sensitiivisyys on

$$S_t = \frac{4,218 \text{ kPa}}{0,285 \text{ kPa}} = 14,8$$

Näytekappaleen 2.1 sensitiivisyys on

$$S_t = \frac{3,895 \text{ kPa}}{0,216 \text{ kPa}} = 18,0$$

Sensitiivisyyden määrittämisen perusteella saven ominaisuuksista selvisi, että molemmat näytteet ovat hyvin pehmeää savea ja myös kohtuullisen sensitiivisiä. Näytekappale 1.3 sisälsi hiukan juurakkoa, joten sen tuloksissa saattaa esiintyä pientä vääristymää.

3.3.3 Humuspitoisuus

Maalajin humuspitoisuus tarkoittaa maalajin sisältämän eloperäisen aineksen suhteellista osuutta kuivan maa-aineksen määrään verrattuna. Tulokset ilmoitetaan tavallisimmin prosentteina. Humuspitoisuuden suuruus vaikuttaa huomattavasti maalajin geoteknisiin ominaisuuksiin. Kuivana humus lisää maalajin lujuutta, kun taas märkänä ja luonnonkosteana se yleensä heikentää maalajin lujuusominaisuuksia. Humuksen määrä lisää maalajin luonnollista vesipitoisuutta ja sitä kautta alentaa maalajin leikkauslujuutta ja vedenläpäisevyyttä sekä lisää maalajin kokoonpuristuvuutta huomattavasti. (Jääskeläinen ym. 2004, 77.)

Humuspitoisuuden lisääntyessä hienorakenteisten maalajien plastisuusominaisuudet muuttuvat, minkä takia humuspitoisuuden määrittäminen on tärkeää. Humuspitoisuuden määrittämenetelmiä on useita, mutta tässä opinnäytetyössä käytettiin kuivapolttomenetelmää. Siinä kuivattu näyte hehkutetaan 800°C:n lämpötilassa polttouunissa (kuva 12) tai heijastuskuumentajalla. Hehkutuksen vaikutuksesta eloperäinen aines palaa ja häviää savukaasuina. (Jääskeläinen ym. 2004, 78.) Humuspitoisuus ilmoitetaan hehkutus häviönä. Humuspitoisuus ilmoitetaan kahden näytteen tulosten keskiarvosta.



KUVA 12. Polttouuni

Humuspitoisuus saadaan kaavalla

$$H_h = \frac{m_k - m_h}{m_k - m_t} \times 100 \quad (\text{kaava 3})$$

jossa

H_h on hehikutushäviö prosentteina

m_k on kuivatun näytteen ja punnitusastian massa ennen hehikutusta

m_h on näytteen ja saman punnitusastian massa hehikutuksen jälkeen

m_t on punnitusastian massa

Humuspitoisuuden määrittämisessä tarkastellaan kahta näytekappaletta ja humuspitoisuus saadaan tulosten keskiarvosta. Tästä on vielä vähennettävä kidevesiosuus, mikä selvitetään areometrikokeella.

Näyte 1.3 (I):

- astian paino	26,3 g
- ilmakeiivatun näytteen ja astian yhteispaino	41,3 g
- uunikeiivatun näytteen ja astian yhteispaino	41,0 g
- poltetun näytteen ja astian yhteispaino	40,5 g

Näyte 1.3 (II):

- astian paino	25,5 g
- ilmakeiivatun näytteen ja astian yhteispaino	40,5 g
- uunikeiivatun näytteen ja astian yhteispaino	40,3 g
- poltetun näytteen ja astian yhteispaino	39,8 g

Näytteen 1.3 (I) kidevedellinen humuspitoisuus

$$H_h = \frac{41,042 \text{ g} - 40,520 \text{ g}}{40,042 \text{ g} - 26,261 \text{ g}} \times 100 = 3,5 \%$$

Näytteen 1.3 (II) kidevedellinen humuspitoisuus

$$H_h = \frac{40,268 \text{ g} - 39,756 \text{ g}}{40,268 \text{ g} - 25,483 \text{ g}} \times 100 = 3,5 \%$$

Näytteiden 1.3 (I&II) keskiarvo

$$ka = \frac{3,532 \% + 3,463 \%}{2} = 3,5 \%$$

Näyte 2.1 (I):

- astian paino	25,0 g
- ilmakeivattun näytteen ja astian yhteispaino	40,0 g
- uunikeivattun näytteen ja astian yhteispaino	39,9 g
- poltetun näytteen ja astian yhteispaino	39,4 g

Näyte 2.1 (II):

- astian paino	24,6 g
- ilmakeivattun näytteen ja astian yhteispaino	39,6 g
- uunikeivattun näytteen ja astian yhteispaino	39,5 g
- poltetun näytteen ja astian yhteispaino	39,0 g

Näytteen 2.1 (I) kidevedellinen humuspitoisuus.

$$H_h = \frac{39,882 \text{ g} - 39,403 \text{ g}}{39,882 \text{ g} - 24,998 \text{ g}} \times 100 = 3,2 \%$$

Näytteen 2.1 (II) kidevedellinen humuspitoisuus.

$$H_h = \frac{39,477 \text{ g} - 38,994 \text{ g}}{39,477 \text{ g} - 24,595 \text{ g}} \times 100 = 3,3 \%$$

Näytteiden 2.1 (I&II) keskiarvo

$$ka = \frac{3,218 \% + 3,525 \%}{2} = 3,2 \%$$

Humuspitoisuudesta tulee vähentää näytteen kidevesiosuus. Kidevesiosuuden määrittämiseksi suoritettiin myös areometrikoe. Ennen koetta areometri on kalibroitava ohjeiden mukaan. Kokeessa valmistetaan tutkittavasta maa-aineksesta liete tislattuun veteen. Tutkimuksessa käytetään luonnonkosteaa savea, minkä määrä saadaan laskettua kaavalla 4. Lietteeseen sekoitetaan 2,23 g natriumpyrofosfaattia. Lietettä sekoitetaan 30 mi-

nuuttia siihen tarkoitettulla sekoittimella ja jätetään seisomaan yön yli. (Geolaboratoryöt 1, 3–4.)

Mittaukset suoritetaan seuraavana päivänä. Ennen mittauksia liettä on sekoitettava uudelleen vähintään 30 minuuttia, niin että kaikki kiintoainne on sekoittunut veteen. Sekoituksen loputtua laitetaan sekuntikello käyntiin ja astia sellaiseen paikkaan, jossa se saa olla paikallaan koko mittauksen ajan. Kokeen alkuhetkestä noin 45 s kuluttua lasketaan areometri varovasti astiaan ja otetaan lukema nestepinnan kohdalta kun koetta on kulunut tasan 1 min. Seuraavat lukemat otetaan vastaavasti kokeen alkuhetkestä 6 min, 1 h, 5 h, ja 1 vrk:n kohdalla. (Geolaboratoryöt 1, 3–4.)

Areometri nostetaan aina näytteiden välillä lietteestä pois ja huuhdellaan tislattulla vedellä. On tärkeää, että astiaa ei liikutella näytteiden oton aikana. Veden pintalämpötila mitataan mittausten yhteydessä. Mittaustulokset merkitään lomakkeelle muistiin ja niiden avulla haetaan raekokotaulukosta (liite 2) ja läpäisevyysprosenttitaulukosta (liite 3) näytteelle raekoot ja läpäisyprosentit. Läpäisyprosentin ja raekoon tuloksista piirretään rakeisuuskäyrä (liite 3). Kidevesiosuus hehikutushäviöstä saadaan sijoittamalla rakeisuuskäyrän 0,002 mm:n kohdalta luettu läpäisyprosentti diagrammiin (kuva 13). (Geolaboratoryöt 1, 3–4.) Kuvassa 13 on esimerkiviiva näytekappaleen 2.1 kidevesiosuuden selvittämiseksi, 54 % kohdalta luetaan tulos 2,8 %. Taulukossa 2 on esitetty näytteiden 1.3 ja 2.1 humuspitoisuudet.

Kideveden osuus näytteissä:

- Näyte 1.3	2,3 %
- Näyte 2.1	2,8 %

Hydrometrikokeeseen luonnonkosteaa näytteen paino saadaan kaavalla

$$m_a = m + \frac{m+w}{100} \quad (\text{kaava 4})$$

jossa

m_a on hydrometrikokeeseen punnittava luonnonkosteaa näyttemäärä

m on näytteen massa kuivana (50 g)

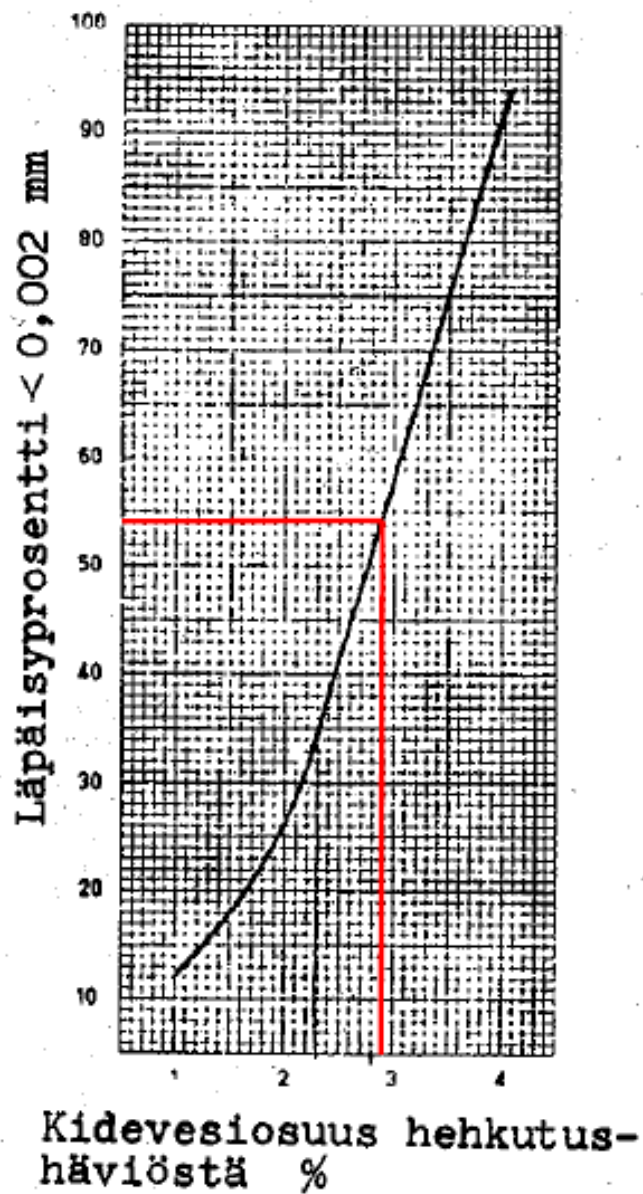
w on näytteen vesipitoisuus (paino- % kuiva-aineksesta)

Tarvittava luonnonkostean saven määrä näytekappaleesta 1.3

$$m_a = 50 \text{ g} + \frac{50 \text{ g} + 75,06 \%}{100} = 87,5 \text{ g}$$

ja näytekappaleesta 2.1

$$m_a = 50 \text{ g} + \frac{50 \text{ g} + 62,55 \%}{100} = 81,3 \text{ g}$$



KUVA 13. Kideveden määrän arvioiminen (Huovinen 1977)

TAULUKKO 2. Näytteiden 1.3 ja 2.1 humuspitoisuudet

Näyte	Kidevedellinen humuspitoisuus %	Näytteen kidevesiosuus %	Humuspitoisuus %	Tulosten keskiarvo %
1,3 (I)	3,5	2,3	1,2	1,2
1,3 (II)	3,5	2,3	1,2	
2,1 (I)	3,2	2,8	0,4	0,45
2,1 (II)	3,3	2,8	0,5	

3.4 Alueen kartoitus

Suunnittelualan kartoitus suoritettiin Topconin hiber pro-laitteella. Sen avulla selvitetiin suunnittelualan pinnanmuodot, sekä rantaviivan- ja pengertien sijainti. Laite toimii GPS+GLONASS kaksitaajuus-teknologialla. Laite perustuu reaaliaikaiseen kinemaattiseen mittaukseen (Real Time Kinematik, RTK) ja siinä täytyy olla vähintään kaksi vastaanotinta: liikkuva vastaanotin (kuva 14), sekä tunnetussa pisteessä oleva vastaanotin (kuva 15), joka toimii tukiasemana. Näiden kahden vastaanottimen välillä täytyy olla jatkuva tietoliikenneyhteys. (Jalo 2011, 16.) Laitteen mittatarkkuus RTK-mittauksessa on horisontaalisessa tasossa 10 mm + 1 ppm ja vertikaalisessa tasossa 15 mm + 1 ppm. (www.topcon.com)

Kartoituksen tarkoitus oli tuottaa karttapohja tekijöille, minkä avulla suunnitelmia pystyttiin viemään eteenpäin. Mittaukset suoritettiin erittäin haasteellisissa olosuhteissa talvella, joten rantaviivan ja pengertien horisontaalinen sijainti voi olla jonkin verran todellisuudesta poikkeava, mutta sillä ei työn kannalta ole juurikaan merkitystä. Myös vertikaalinen taso poikkeaa todellisuudesta, koska mittaukset suoritettiin paksun lumipeitteen läpi. Mittauksia suoritettiin useista sadoista pisteistä, joten alue saatiin kartoitettua niin hyvin kuin mahdollista. Mittaustulokset on esitetty KKK-koordinaattijärjestelmässä ja korkeus on ilmoitettu N60 -korkeusjärjestelmässä.



KUVA 14. Liikkuva vastaanotin



KUVA 15. Tunnetussa pisteessä oleva vastaanotin

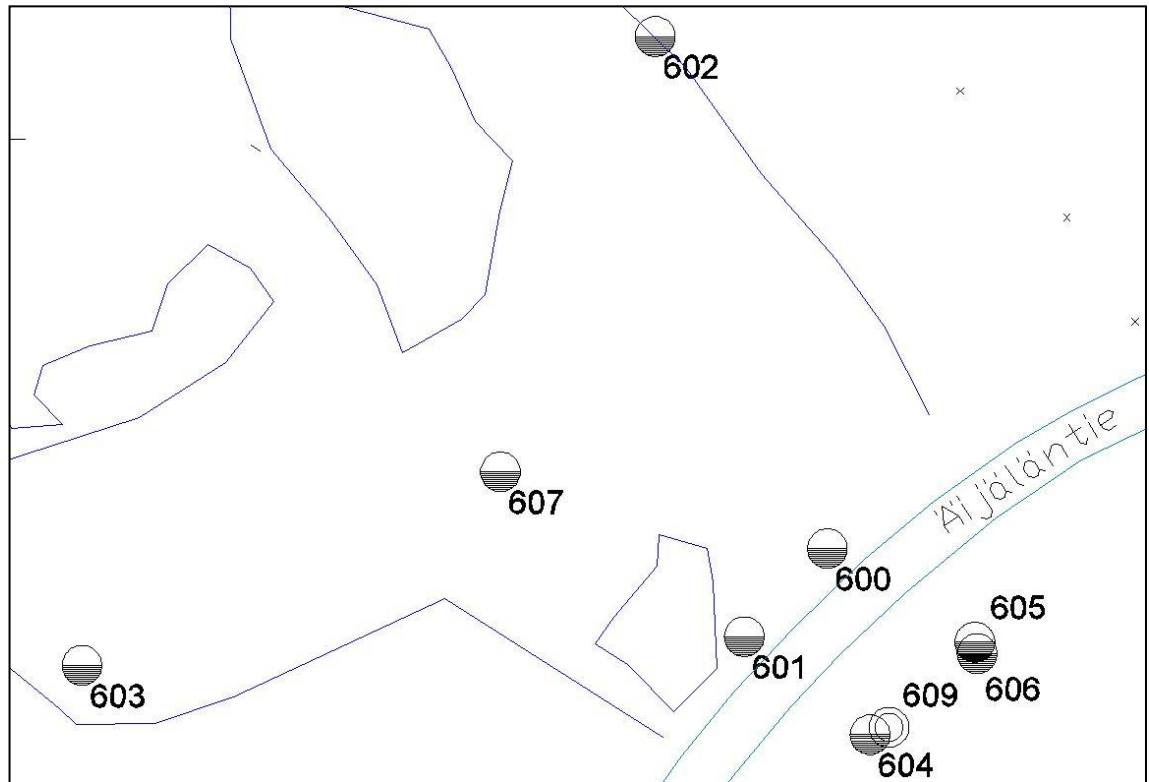
3.5 Tehdyt tutkimukset

Tutkimuksia suoritettiin sekä maastossa, että laboratorio-olosuhteissa. Maastotutkimusten osalta alueella suoritettiin painokairauksia kahdeksan kappaletta, minkä lisäksi mäntäkairalla otettiin maaperänäytteet yhdestä paikasta ja kahdesta syvyydestä (kuva 16). Liitteessä 4 on suoritettujen painokairausten pöytäkirjat ja diagrammit. Kairausten lisäksi alue kartoitettiin satelliittipaikannukseen perustuvalla laitteella. Kairausdiagrammeissa esitetty 0 -taso on mittaushetkellä vallitseva vedenpinnan korkeus, esitettynä N - 60 korkeusjärjestelmässä. Vedenpinnan korkeuden vaihtelu diagrammeissa johtuu mittausolosuhteiden haasteellisuudesta. Mittauspäivän vedenpinnan korkeus NN+ - korkeusjärjestelmässä oli +76,41. Tiepenkereen paksuuden määrittäminen tilattiin pohjatutkimuksiin perehtyneeltä asiantuntijalta.

Painokairauksella saadaan selvitettyä maan kerrosrajat. Kairauspisteet 600, 601, 604, 605 ja 606 on valittu siten, että mahdollisten siltavaihtoehtojen perustamisolosuhteet pystyttiin selvittämään luotettavasti, muut kairaukset suoritettiin pohjaolosuhteiden yleiskuvan luomiseksi. Pisteessä 602 kairaus suoritettiin kuivalta maalta, muut jään päältä. Kaikkia kairauksia ei suoritettu loppuun asti, vaan osassa kairauspisteitä selvitettiin vain pehmeän maan osuus. Tulosten perusteella maan pohjaolosuhteet ovat erittäin saviset ja syvimmillään savikerrokset ulottuivat 9,5 m:n syvyyteen. Mäntäkairalla näytteet otettiin 2,93–3,44 m:n (näytteet 1.1–1.3), sekä 4,05–4,56 m:n syvyydestä (näytteet 2.1–2.3) ja saadut näytteet tutkittiin laboratoriossa. Kuvassa 16 ilmenee painokairalla tehtyjen tutkimusten paikat (600–607), sekä mäntäkairalla otettujen maaperänäytteiden sijainti (609). Mäntäkairalla otetuista näytteistä laboratoriossa tehtyihin tutkimuksiin otettiin ylin ja alin näytekappale, ja ne sijaitsivat 2,93–3,1 m:n (näyte 1.3) ja 4,05–4,22 m:n (näyte 2.1) syvyyksillä. Näytekappaleiden avulla selvitettiin niiden vesipitoisuus, leikkauslujuus, sekä humuspitoisuus.

Vesistön pohjassa on 6-8 m paksu savikerros, jonka leikkauslujuus vaihtelee 3,9 ja 4,2 kPa:n välillä. Savikerroksen alapuolella on kivennäismaakerros tai kallio, sillä 6:ssa kovaan pohjaan asti ulotetussa kairauksessa kaira pysähtyi 0,2–1 m:n jälkeen joko kiveen tai kallioon. Savikerroksen päällä on noin 0,5–1 m:n paksuinen humusta sisältävä liejakerros. Lahden umpeenkasvaneella osuudella on lisäksi useita kymmeniä senttejä paksu kerros orgaanista ainetta ja kasvien juurakkoa. Tämän kerroksen paksuutta ei kairauksin voitu todentaa.

Vesistön syvyyttä kohteessa oli erittäin vaikea arvioida runsaan kasvuston ja jään takia. Pengertien vieressä vesisyvyys on vain noin 0,2 m, mutta pengertiestä kauemmas mentäessä vesisyvyys kasvaa tasaisesti ollen lahden suuaukoilla 1,2–1,7 m:n välillä (Palo 2007). Saven pinta arvioitiin tunnustelemalla noin 0,5–1,5 m:n syvyyteen.



KUVA 16. Pohjatutkimuspisteet. Painokairalla tehdyt tutkimukset tehtiin pisteistä 600–607 ja mäntäkairalla tehty näytteenotto pisteestä 609

Laboratoriossa maaperänäytteiden avulla selvitettiin niiden vesipitoisuus, leikkauslujuus ja humuspitoisuus. Saatujen leikkauslujuuden arvojen perusteella oli tarkoitus suorittaa maaperän kuormituskestävyyden tarkastelu. Tilaajan hylättyä siltavaihtoehdot kyseistä tarkastelua ei rumpujen osalta tarvinnut suorittaa, joten laboratoriotutkimusten tuloksia ei tässä opinnäytetyössä käsitellä tarkemmin, vaan tulokset luovutettiin tilaajalle mahdollista myöhempää käyttöä varten.

4 RUOPPAUKSEN SUUNNITTELU

4.1 Yleistä ruoppauksesta

Ruoppauksella tarkoitetaan veden alla sijaitsevien juurakoiden, maan tai kallion siirtämistä ruoppaajan avulla. Ruoppausmassojen läjittäminen tapahtuu ennalta suunniteltuun paikkaan rannalle tai joissakin tapauksissa veteen. (Luotoharju 2002, 2.) Vesistön ruoppausta tehdään moniin eri tarkoituksiin, mutta tässä opinnäytetyössä ruoppaus tehdään umpeenkasvun lopettamiseksi ja luonnonmukaisen virtaaman palauttamiseksi. Ruoppauksen ajankohta tulee valita siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ja häiriötä vesistölle, vesiluonnolle ja vesistön käytölle. Ruoppausta ei suositella tehtävän 1.4.-30.8. välisenä aikana. (Arvonen 2003.)

Ruoppauksen toteuttamisesta säädetään vesilaissa. Ruoppausta voidaan suorittaa ilman viranomaisen lupaa ilmoittamalla 30 vuorokautta ennen toimenpiteen aloittamista kirjallisesti valtion valvontaviranomaiselle ja vesialueen omistajalle (Vesilaki 587/2011). Vesilain mukaan kaikilla yli 500 m³ hankkeilla tulee kuitenkin olla lupaviranomaisen myöntämä lupa vesialueen ruoppaamiseen, kun kyse ei ole julkisen kulkuväylän kunnossapidosta. Lupa joudutaan hakemaan tarvittaessa myös pienempiin hankkeisiin vaatimusten perusteella. (Vesilaki 587/2011.)

Vesilaissa sanotaan vesistön kunnostamisesta ja ruoppausmassojen sijoituksesta seuraavaa: Lietteestä, matalikosta tai muusta niihin verrattavasta vesistön käyttöä koskevasta haitasta kärsivä saa ilman vesialueen omistajan suostumusta suorittaa haitan poistamiseksi tarpeellisen toimenpiteen vesistön tilan ja käyttömahdollisuuksien parantamiseksi. Oikeuden edellytyksenä on, että toimenpide ei 3 luvun 2 tai 3 §:n nojalla edellytä lupaa eikä työn suorittamisesta aiheudu omistajalle huomattavaa haittaa tai ympäristönsuojelulain 3 §:n 1 momentin 1 kohdassa tarkoitettua ympäristön pilaantumista vesialueella. Sama koskee ruoppausmassan sijoittamista toisen vesialueelle. (Vesilaki 587/2011, 2. luku, 6§.)

Edellä 1 momentissa tarkoitettua toimenpiteestä ja työn suorittamisesta on ilmoitettava vesialueen omistajalle vähintään 30 vuorokautta ennen toimenpiteen suorittamista. Yhteisen alueen järjestäytymättömälle osakunnalle ilmoitus voidaan toimittaa yhteisalueain 26 §:n 3 momentin mukaisesti tai toimittamalla ilmoitus kaikille tiedossa oleville osakkaille. Toimenpiteestä on myös ilmoitettava valtion valvontaviranomaiselle siten kuin tämän luvun 15 §:ssä säädetään. (Vesilaki 587/2011, 2. luku, 6§.)

Ruoppausmassan sijoittamiseen tulee kiinnittää huomiota, koska sen vaikutukset ulottuvat vesistön lisäksi ympäristöön ja yleiseen viihtyvyyteen. Ruoppausmassan sijoittaminen veteen on aina luvanvaraista jos kyse ei ole merkityksettömän pienestä määrästä (Vesilaki 587/2011).

Vesilaissa (587/2011) säädetään ruoppausmassojen sijoittamisesta seuraavaa: Ruoppausmassan sijoittaminen toisen maa-alueelle edellyttää maanomistajan suostumusta. Lupaviranomainen voi kuitenkin myöntää oikeuden ruoppausmassan sijoittamiseen, jos sen sijoittamisesta ei aiheudu alueen käytölle sanottavaa haittaa ja sijoittamiseen ei tarvitse hakea ympäristönsuojelulaissa tarkoitettua ympäristölupaa. (Vesilaki 587/2011, 2. luku, 6§.)

4.2 Ruoppausmenetelmän valinta

Ruoppausta suunniteltaessa tulee kaluston valintaan kiinnittää erityistä huomiota. Ruoppaustapaan ja ruoppauskalustoon vaikuttaa ruopattavan alueen sijainti rantaan nähden, ruoppausvyvyys, sekä ruopattavan alueen laajuus. Ruoppausmenetelmiä on useita ja se valitaan aina vallitsevien olosuhteiden mukaan.

Paras tapa ruoppauksen suorittamiseen on ruoppaus rannalta jos kaivinkoneen ulottumat riittävät ruopattavalle alueelle ja jos rannalle pääsee kaivinkoneella. Jos ruoppaus tapahtuu rannalta esimerkiksi pitkäpuomikaivinkoneella, tarkoittaa se yleensä myös sitä, että rannan puustoa on raivattava paljon (Lassinaro 2002).

Kelluva kalusto on yleensä tarkoitettu suurien töiden tekemiseen korkeiden siirtokustannusten ja hinnan takia. Kalusto on kuitenkin ylivertaista suurissa urakoissa, koska sen syvyysulottuvuus ja irrotusteho ovat omaa luokkaansa. Pienempiin töihin on myös saatavilla esimerkiksi suomalainen Vesimestari, jolta onnistuu kaikenlaiset ruoppaus-työt. Vesimestarin liikuteltavuus ja siirrettävyys ovat vaivattomia ja kustannukset kohtuullisia. Vesimestarin etuna on, että se pääsee itse siirtymään kuljetuskaluston päältä vesistöön. (Lassinaro 2002.) Vesimestarilla pystytään suorittamaan myös imuruoppausta, mutta menetelmän käyttöä on harkittava sillä se vaatii riittävän suuren laskeutusaltaan, jottei lieju valuisi takaisin veteen (Etelä-Pohjanmaan ELY 2012).

4.3 Ruoppausvaihtoehdot ja -kustannukset

Ruoppausvaihtoehtoja oli aluksi kolme: ruoppaus rannalta pitkäpuomisella kaivinkoneella, imuruoppaus ja kelluvalla kaivinkoneella tehtävä ruoppaus. Rannalta tehtävä ruoppaus osoittautui huonoksi vaihtoehdoksi, koska rannan puusto estää kaivinkoneella toimimisen rannalta käsin. Imuruoppauksesta ja kelluvan kaivinkoneen käytöstä aiheutuvat kustannukset osoittautuivat samansuuruisiksi. Imuruoppauksen läjitysaltaan rakentaminen osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, koska ruopattavan väylän molemmin puolin sijaitsevien peltoalueiden maanomistaja ei suostunut ruoppausmassojen läjitykseen, joten ruoppausvaihtoehdoista jäi jäljelle vain kelluvalla kaivinkoneella tehtävä ruoppaustyö, jolloin ruoppausmassojen läjitys voidaan toteuttaa osakaskunnan omistamalle vesijättömaalle.

Ruoppausalan osalta tutkittiin kolmea eri vaihtoehtoa, missä kaikissa kaivuu ulottuu pyöreästi tasoon NN+76,03, joka on noin metrin veneilykauden keskiveden alapuolella. Ensimmäisessä vaihtoehdossa koko Leipojanlahti (6000 m²) oli tarkoitus ruopata ja niittää, mutta tilaaja hylkäsi sen korkeiden kustannusten takia. Toinenkin vaihtoehto, missä oli 10 m:n levyinen väylä (3400 m²), osoittautui liian kalliiksi, joten valitsimme vaihtoehdon, missä alueelle ruopataan 5 m:n levyinen väylä (1500 m²) pengertien molemmin puolin. Valitusta ruoppausvaihtoehdosta laadittiin havainnekuva, jossa esitetään ruoppausväylän karkea sijainti (kuva 17). Taulukossa 3 on esitetty eri vaihtoehtojen kustannukset. Kustannukset ovat arvioita, koska urakoitsijoilta ei ole vielä pyydetty tarjouksia työn suorituksesta. Kustannukset perustuvat Vesimestarilla tehtävään ruoppaustyöhön ja Truxor-laitteella tehtävään niittotyöhön. Niittotyöllä tehtävää määrää oli erittäin vaikea laskea talviaikaan, joten niiton määrät arvioitiin karkeasti ilmakuviosta noin 5000–10000 m²:iin.



KUVA 17. Havainnekuva ruopattavan väylän suurpiirteisestä sijainnista

TAULUKKO 3. Ruoppauksesta aiheutuvien kustannusten arviointi

	ruopattava alue		
toimenpide	6000 m ² (koko alue)	3400 m ² (10 m:n väylä)	1500 m ² (5 m:n väylä)
ruoppaus vesimestarilla (~8€/m ³)	24 000 €	13 600 €	6 000 €
ruoppausmassan läjitys	2 500 €	2 500 €	2 500 €
maisemointi ja jälkihoito	1 500 €	1 500 €	1 500 €
kasvuston poisto (niitto)	6 000 €	3 000 €	2 500 €
kasvimassan poisvienti/läjitys	1 200 €	1 200 €	1 200 €
alueen raivaus ja maisemointi	1 300 €	1 300 €	1 300 €
YHTEENSÄ	36 500 €	23 100 €	15 000 €

5 SILTA- JA RUMPUVAIHTOEHTOJEN SUUNNITTELU

5.1 Siltavaihtoehdot

Tilaaajan toiveena Leipojanlahden kunnostushankkeessa veden virtaaman varmistamisen lisäksi oli mahdollistaa pengertien alitus Buster-luokan veneellä, niin että alituskorkeus olisi noin 1,4 m vedenpinnasta. Tilaaajan sekä ohjaavien opettajien kanssa valittiin tarkasteluun teräsbetoninen ulokelaattasilta ja teräsputkisilta sekä ilman alitusmahdollisuutta oleva virtausrumpu, joka asennettaisiin valittavan siltavaihtoehdon lisäksi. Kaikista vaihtoehdoista laadittiin piirustukset ja kustannusarviot.

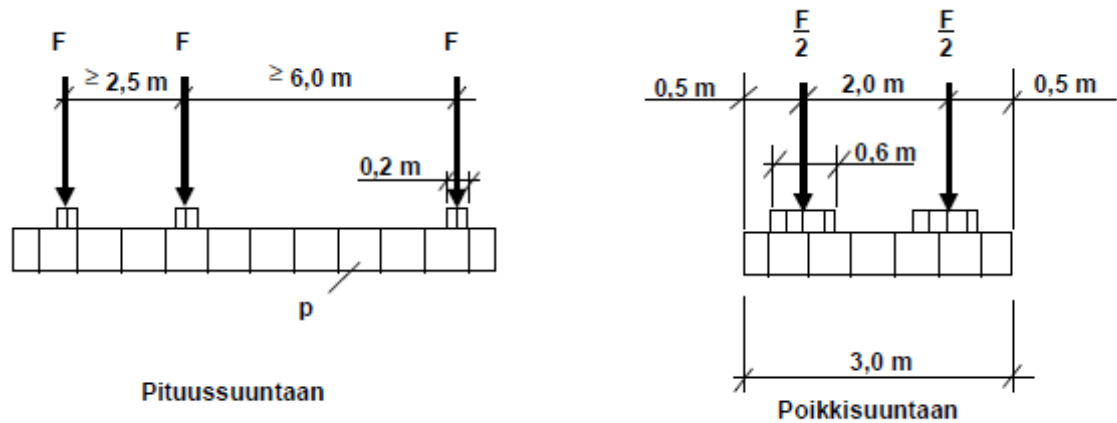
5.2 Teräsbetoninen ulokelaattasilta

Vaihtoehtoisina rakenteina tarkasteltiin karkealla tasolla puu- ja teräsbetonisiltoja. Koska silta tulee perustaa paaluille, on teräsbetoninen vaihtoehto helpompi toteuttaa, joten siltavaihtoehdoksi valittiin rakenteiltaan mahdollisimman yksinkertainen teräsbetoninen ulokelaattasilta, jotta kustannukset pysyisivät mahdollisimman alhaisina. Tämä vaihtoehto on myös vaihtoehdoista esteettisin. Ulokkeellisessa sillassa vältytään maatumien rakentamiselta, joten niiltä osin säästytään kustannuksilta. Sillan alustavat rakenteelliset päämitat valittiin siten, että siltaratkaisulla saavutettaisiin Tiehallinnon kuormaluokan II mukainen kantavuus (taulukko 4 ja kuva 18).

TAULUKKO 4. Kuormaluokille I ja II suunniteltujen siltojen kantavuus ilman raskasta erikoiskuormaa (Tiehallinto 1999.)

Kuormaluokka	I	II
Kantavuus (t)		
akselipaino	16	12
2-aks. teli	21 (24)	16 (18)
3-aks. teli	27 (30)	21 (24)
kokonaispaino	75	60

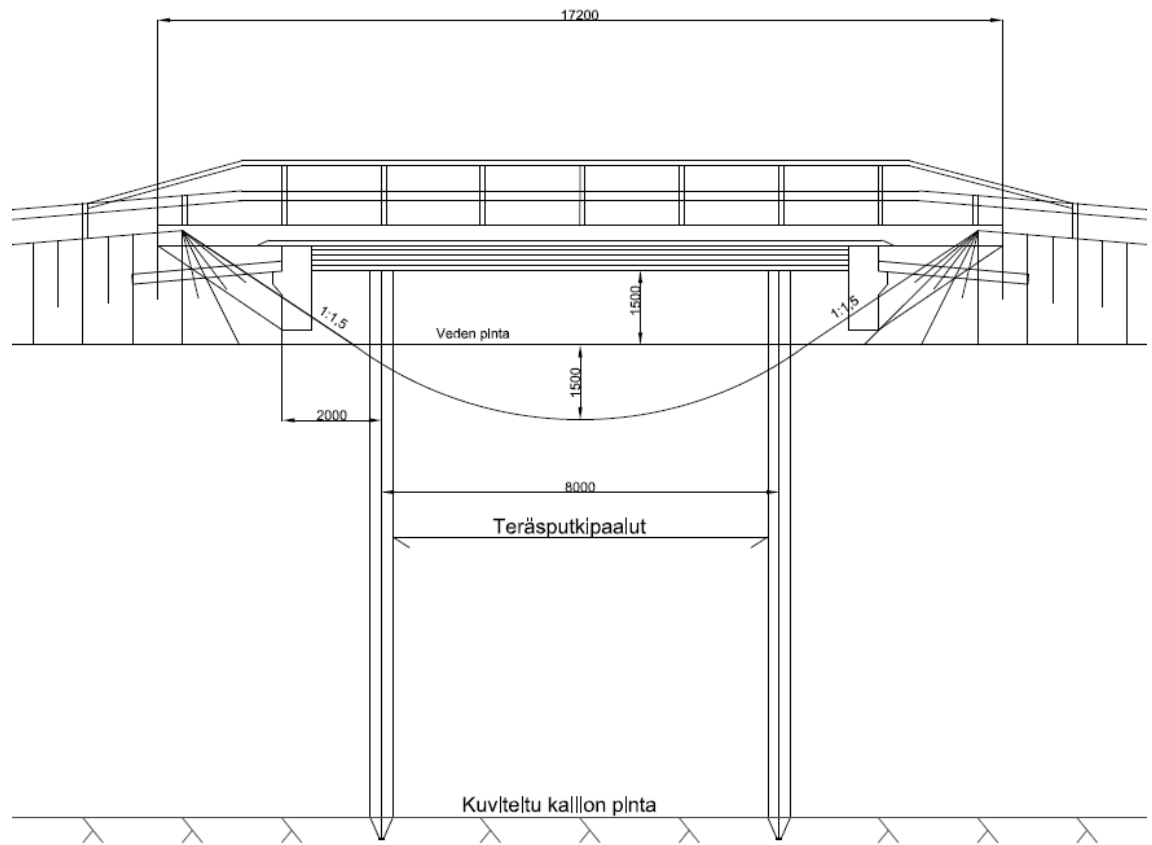
(suluissa akselivälin $\geq 1,3$ m mukaan lasketut telipainot)



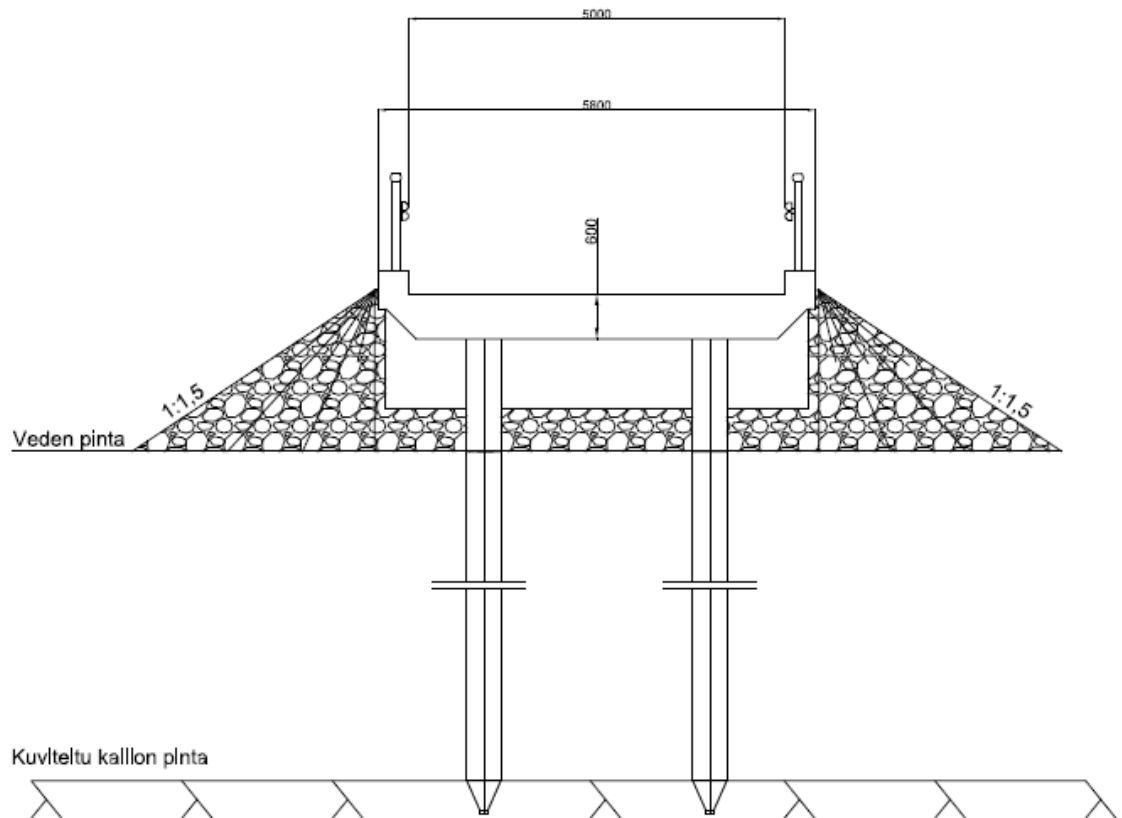
KUVA 18. Kuormakaavio sillan kohdistuvista akselikuormista (Tiehallinto 1999.)

Tehtyjen pohjatutkimusten mukaan paaluperustus jäi ainoaksi toteuttamiskelpoiseksi vaihtoehdoksi. Paalujen pituus perustuu kairauksissa todettuun kovaan pohjan syvyyteen. Paalujen loppusyvyudeksi arvioitiin 13m, joka on noin 3–4 m kovan pohjan alapuolella. Mikäli tämä olisi toteutettava vaihtoehto, tulee porakonekairauksella selvittää kallion pinta, johon paalut perustettaisiin.

Sillasta piirrettiin Auto CAD -ohjelmistolla pituus- ja poikkileikkauskuvat (kuvat 19 ja 20). Hyötyleveys määritettiin nykyisen tien leveydestä noin metrin leveämmäksi, jotta silta ei olisi pullonkaulana liikenteelle. Sillan kokonaispituudeksi muodostui 17 m etuluisien kaltevuuden ollessa uoman pohjasta 1:1,5 ja sillan jännevälin ollessa 8 metriä. Mittakaavassa esitetyt kuvat ovat liitteessä 5.

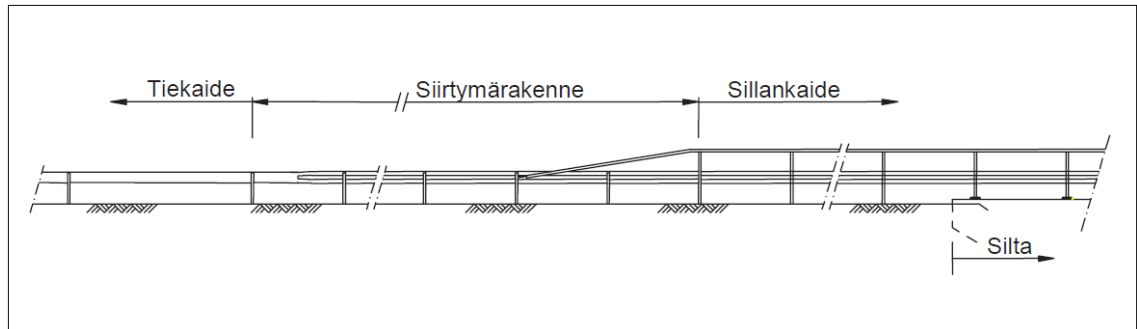


KUVA 19. Teräsbetonisen ulokelaattasillan pituusleikkaus



KUVA 20. Teräsbetonisen ulokelaattasillan poikkileikkaus

Pengertien kaide koostuu kolmesta osasta tiekaide, siirtymärakenne ja sillankaide (kuva 21). Siirtymärakenne tasaa sillankaiteen ja tiekaiteen välisiä jäykkyyseroja. Siirtymärakennetta ei ole pakko liittää tiekaiteeseen, vaan se voidaan myös lopettaa tiekaiteen taapaan, upottamalla loivasti penkereeseen tai törmäysvaimenninta päässä käyttämällä. Siirtymärakennetta tulee käyttää vähintään 16 m ennen sillankaidetta. Mikäli sillalla on liikennettä molempiin suuntiin, pitää siirtymärakennetta olla myös sillankaiteen jälkeen 16 m. Siirtymärakenteella maksimipituus on 80 m. (Tiehallinto 2006, 18.)



KUVA 21. Siltaa edeltävät kaiderakenteet ja niiden nimitykset. (Tiehallinto. 2006.)

Alikulkukorkeus on 1,5 m vedenpinnan ollessa veneilykauden maksimissa (HW) ja 1,73 m vedenpinnan ollessa veneilykauden minimissä (NW) (Ympäristöministeriö 2008). Veden syvyys sillan alla on vastaavasti 1,5 m vedenpinnan ollessa veneilykauden maksimissa ja 1,27 m vedenpinnan ollessa veneilykauden minimissä. Näin ollen vedensyvyys on riittävä sillan alitukselle, vaikka vedenpinta on minimissään. Liitteessä 6 on suunnitelmakarttaluonnos, jossa on esitetty sillan ja rumpujen sijainti.

Piirustuksista laskettiin tarvittavat määrät ja kustannusarvio laskettiin Silava – ohjelmalla, joka on liikenneviraston siltojen rakentamisen laatudokumentointiin kehitetty ohjelmisto ja sen avulla pystytään laatimaan myös sillan kustannusarvio. Sillan kustannusarvio koostuu rakennuskustannuksista, työmaan yhteiskustannuksesta ja kustannustason noususta aiheutuvasta muutoksesta. Laskennassa on käytetty maaliskuun 2012 maarakennuskustannusindeksiä 136,2 %, indeksi 100 = 2005. Näiden lopulliseksi summaksi muodostui 75 100 €. Viranomaistahon edellyttämä siltatason suunnitelmien tarkastukseen varattiin 5 000 €:n suuruinen summa. Pengertiehen kohdistuvat rasitukset suurenevat huomattavasti sillan viereisiltä osilta. Näiden osien vahvistamiseen käytettiin asian-
tuntijakonsultaatiota ja hinnaksi arvioitiin 15 000 €. Sillan tarkempi kustannusarvio löytyy liitteestä 7.

Sillan kustannukset yhteenvetona:

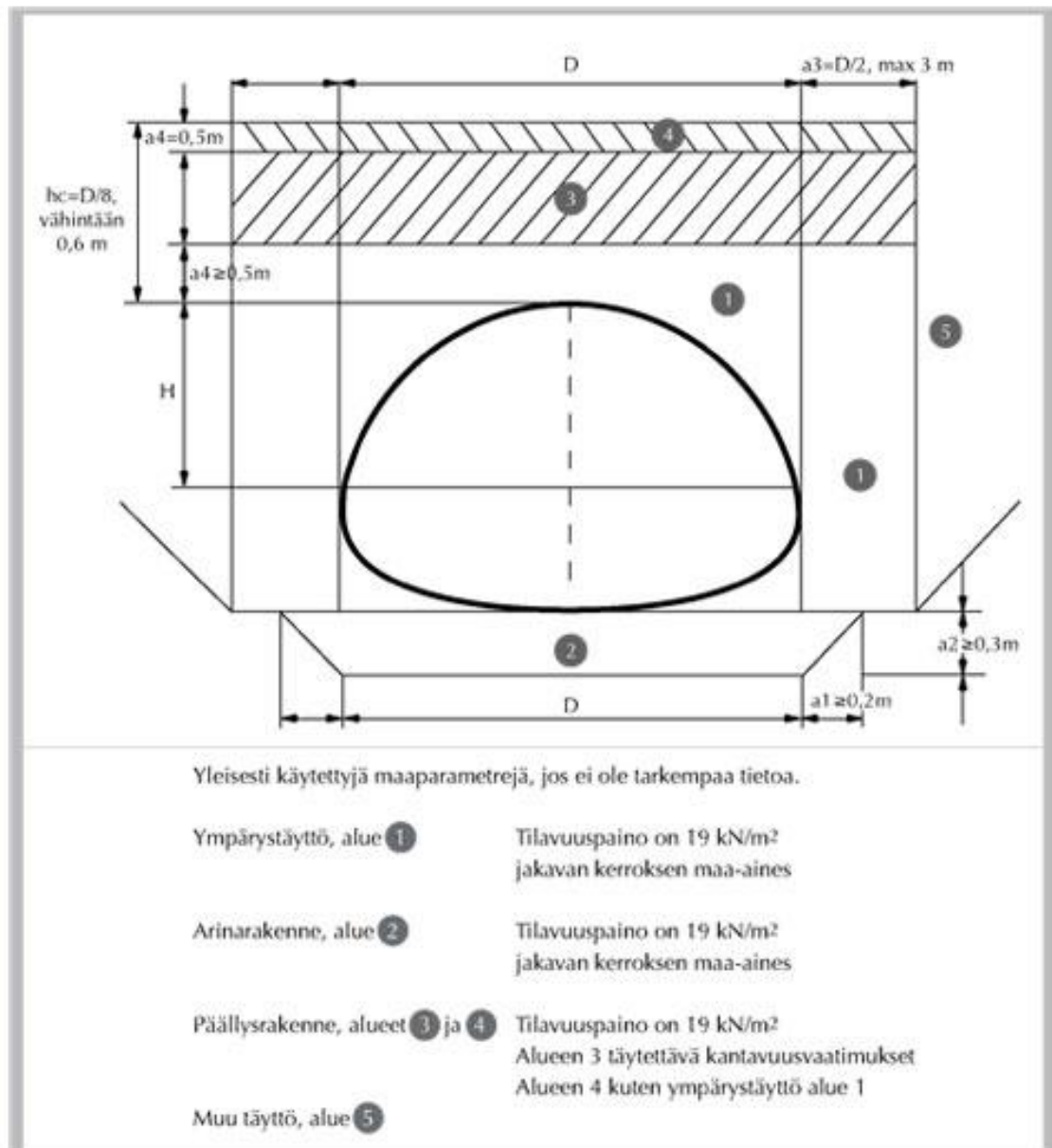
- Sillan kustannukset	75 100,00 €
- Arvonlisävero	17 300,00 € (sillan osuus)
- Suunnitelmien tarkastus	5 000,00 €
- <u>Pengertien vahvistus</u>	<u>15 000,00 €</u>
- Yhteensä	112 400,00 €

5.3 Teräsputkisilta

Putkisilta muodostuu tien alittavasta aallotetusta teräsputkesta, joka on halkaisijaltaan vähintään kaksi metriä. Käytännössä putkisillat ovat kuin suuria rumpuja. Erilaisia teräsputkityyppejä ovat:

- pyöreä
- matalarakenteinen
- alikulkukäytävätyyppi
- elliptinen ja vaakaelliptinen
- teräsholvi

Edellä mainittuja putkityyppejä käytetään vesistösiltojen lisäksi alikulkukäytävinä. Putken muoto on aina harkittava erikseen tapauskohtaisesti paikalliset olosuhteet huomioon ottaen. (Liikennevirasto 2012, 13.) Maarakenteissa käytettävien maa-ainesten on oltava tarpeeksi tasalaatuisia ja niiden tulee soveltua kohteeseen teknisiltä ominaisuuksiltaan. Putkisillan minimipeittosyvyys on kahdeksasosa putken kokonaisleveydestä, kuitenkin vähintään 0,6 m (kuva 22). (Rumtec Oy 2012.) Kaiteiden osalta käytetään samoja ohjeita, kuin teräsbetonisessa sillassa. Kaiteiden kiinnitys eroaa Teräsbetonisesta ulokelaattasillasta siten, että teräsputkisillassa ei ole reunapalkkia mihin kaide kiinnitetään, mutta sillä ei ole suurta vaikutusta kokonaiskustannuksiin.



KUVA 22. Putkisillan mitoitusvaatimukset (Rumtec Oy 2012.)

Putken ympäristäytön materiaaleista ja ympäristäyttöjen tekemisestä löytyy ohjeita muun muassa putkitoimittajien verkkosivuilta.

Ympäristäyttömateriaalina käytetään soraa tai murskettä, joka täyttää jakavan kerroksen vaatimukset. Materiaali ei saa sisältää läpimitaltaan yli 65 mm suurempia kiviä, eikä saa olla jäässä. Siinä ei saa olla myöskään lunta eikä jäätä.

Jos ympäristäyttömateriaali on murskattua kiviainesta, pitää putki suojata suodatinkankaalla. Ympäristäyttö tehdään 200–300 mm kerroksina yhtä aikaa molemmille puolille. Kerros kannattaa muotoilla lievästi kallistuvaksi putkesta pois päin. Jokainen kerros on tiivistettävä huolellisesti. Täytön aikana on tarkkailtava putken muotoa. Liian kovalla tiivistämisellä voidaan putkeen aiheuttaa muodon muutoksia. Varsinkin matalarakentei-

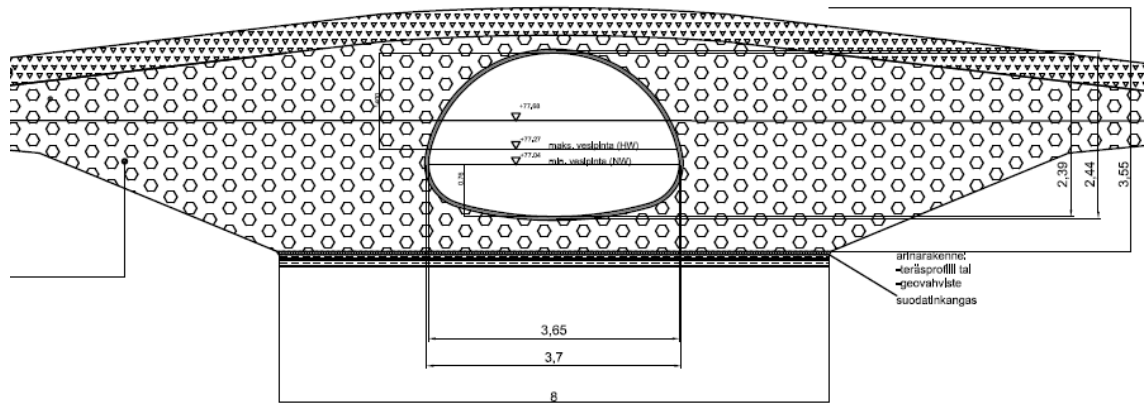
sen putken alaosan täyttöön ja tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Liikatiivistämistä on varottava, koska putki saattaa nousta. Täyttömateriaalia ei saa kipata auton lavalta suoraan putken päälle. Putken yläosalla tiivistämisen saa tehdä, kun peitesyvyys on vähintään 300 mm. Putken yli ei saa ajaa ennen kuin ohjeen mukainen minimi peitesyvyys on saavutettu. (Rumtec Oy 2012.)

Putkisiltatyypin valittiin (erään) putkitoimittajan suosituksen mukaan. Suunnitteluun valittiin matalarakenteinen, leveydeltään 3,65 m ja korkeudeltaan 2,39 m oleva monilevyrakenteinen teräsputkisilta. Yläpituus putkella 6,1 m ja alapituus 10,8 m. Putkisilta on sinkitetty ja lisäksi suojattu epoksinnoitteella.

Putkisillasta piirrettiin poikkileikkaus Auto CAD -ohjelmalla (kuva 23). Piirustuksesta laskettiin määrät kaivu- ja täyttömassoille. Kustannukset muodostuivat materiaalikustannuksista (täyttömaat, putkisilta ja kaiteet) sekä asennustyön kone- ja palkkakustannuksista. Pengertien vahvistukselle on varattava sama summa kuin teräsbetonivaihtoehdossa. Työryhmä koostui kahdesta kaivinkoneesta, kuorma-autosta ja yhdestä rakennusammattimiehestä, yhteensä 210 €/h. Mittakaavaan piirretty kuva on liitteessä 8.

Putkisillan kustannukset yhteenvetona:

- Putkisilta	21 000 €
- Arvonlisävero	4 800 € (sillan osuus)
- Täyttömateriaali	4 400 €
- Työ- ja konekustannukset	3 800 €
- Kaiteet	2 500 €
- <u>Pengertien vahvistus</u>	<u>15 000 €</u>
- Yhteensä	51 500 €



KUVA 23. Matalarakenteisen putkisillan poikkileikkaus

5.4 Virtausrumpu

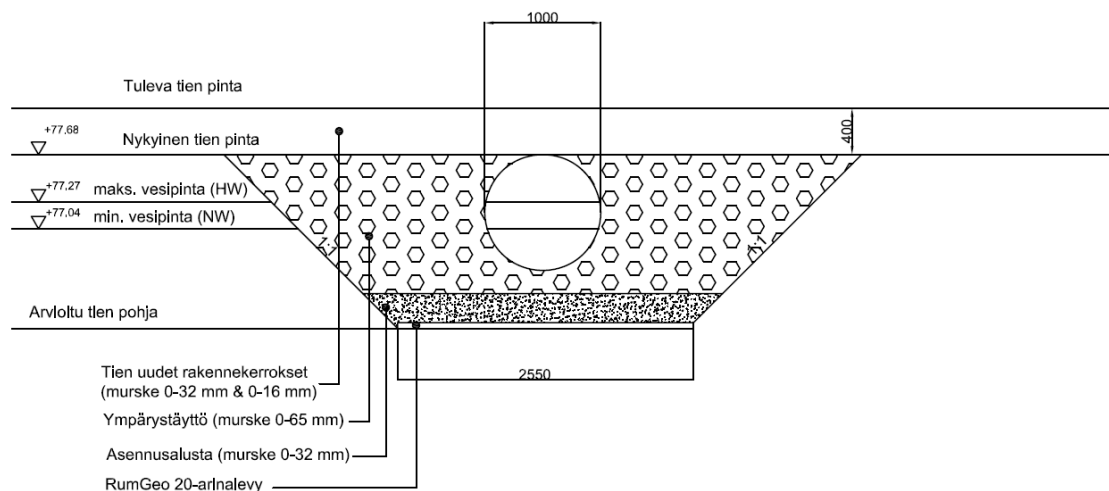
Rumpu on sisähalkaisijaltaan alle 2 m:n levyinen putki. Rummun avulla tie ylittää vesi-uoman. (InfraRYL 2009.) Tässä kohteessa rummun tulee mahdollistaa veden virtaus Leipojanlahden ylittävän pengertien alitse, ja täten hillitä lahden umpeenkasvua.

Yleisimmin käytössä olevat materiaalit tierummuille ovat muovi, sinkitty teräs ja polymeripinnoitettu teräs. Putken alusrakenteeksi tarvitaan sora/hiekka-arina, paksuudeltaan 500 mm heikosti kantavilla pohjamailla. Lisäksi suositellaan suodatinkankaan käyttöä estämään arinarakenteen ja pohjamaan sekoittuminen. Arinapaksuutta voidaan pienentää erilaisilla arinalevyrakenteilla. (Rumtec Oy 2011). Halkaisijaltaan 1000 mm teräsputken vähimmäispeitesyvyys on 300 mm, kun putken kimmainen taivutusjäykkyys EI on 8,0 kNm (taulukko 5). Teräsputken ympärystäyttö on aina tiivistettävä (InfraRYL 2009).

TAULUKKO 5. Pääteiden rumpujen teräsputkien kestävyys- ja peitesyvyysvaatimukset tierakenteissa. (InfraRYL 2009)

Halkaisija d_r , mm	Kimmainen taivutusjäykkyys EI, kNm	
	Vähimmäispeitesyvyys 0,3 m	Vähimmäispeitesyvyys 0,5 m
$d_i \leq 300$	0,8	0,8
400	0,8	0,8
500	0,9	0,9
600	2,3	1,7
800	5,2	3,4
1000	8,0	5,0
1200	—	6,5
1400	—	8,0
1600	—	19
1800	—	30
1990	—	40

Rumpuputkesta piirrettiin poikkileikkaus Auto CAD – ohjelmalla (kuva 24). Piirustuksesta laskettiin määrät kaivuu ja täyttömassoille. Kustannukset määräytyivät materiaalikustannuksista (täyttömaat, rumpuputki) sekä työryhmän tuntikustannuksista. Laskennan perusteena käytetty työryhmä koostui kaivinkoneesta, rakennusammattimiehestä ja kuorma-autosta.



KUVA 24. Virtausrummun poikkileikkaus

Rumpuputken kustannukset yhteenvetona:

- Rumpuputki	2 000 € (ALV 23 %)
- Täyttömateriaali	500 €
- <u>Työ- ja konekustannukset</u>	<u>1 160 €</u>
- Yhteensä	3 760 €

5.5 Siltavaihtoehtojen vertailu

Siltavaihtoehtoja suunniteltiin kaksi erilaista, putkisilta ja teräsbetoninen ulokelaattasilta. Näiden vertailussa tarkasteltiin sopivuutta kohteeseen eri näkökulmista. Nämä kaksi vaihtoehtoa olivat hyvin erilaiset toteuttamistavaltaan kuin myös ulkonäöltään. Betoninen silta on maallikon silmissä helpommin tunnistettavissa sillaksi ja on näistä kahdesta esteettisesti parempi vaihtoehto.

Betoninen silta perustettaisiin teräspaaluille, kun taas putkisillan perustus tapahtuisi maanvaraisesti. Teräsputki tulee todennäköisesti painumaan jonkin verran ajan saatossa, paaluilla perustettava silta taas on painumaton. Näin ollen paaluperustus on varmempi vaihtoehto. Kaidetyyppi on kummassakin siltatyypissä sama. Putkisilta on kokonaispituudeltaan betonisesta sillasta lyhyempi, joten kaidetta tarvitaan lyhyempi määrä.

Putkisilta on betonista siltaa lyhyempi, nopeampi rakentaa ja muutoinkin kustannuksiltaan selvästi halvempi. Teräsbetonisen laattasillan kustannusarvio on 112 400 € (ALV 23 %), kun taas putkisillan 51 500 € (ALV 23 %). Molemmat siltavaihtoehdot jätettiin kustannussyistä pois jatkosuunnittelusta.

6 VALITUT SUUNNITELMARATKAISUT

6.1 Jatkosuunnittelun lähtökohdat

Anian osakaskunnan johtokunnan kokouksessa 6.3.2012 esittelimme tilaajalle eri vaihtoehtot siltojen ja virtausrummun osalta karkeine kustannusarvioineen. Johtokunta päätti luopua teräsbetonisesta ulokelaattasillasta sekä teräsputkisillasta, minkä jälkeen suunnittelu keskittyi pelkkään virtausrumpuun. Ruoppauksen osalta johtokunta päätti, että suunnittelua jatketaan 5 m:n levyisenä väylänä, jota pitkin pienellä veneellä ja kanootilla pääsee kulkemaan.

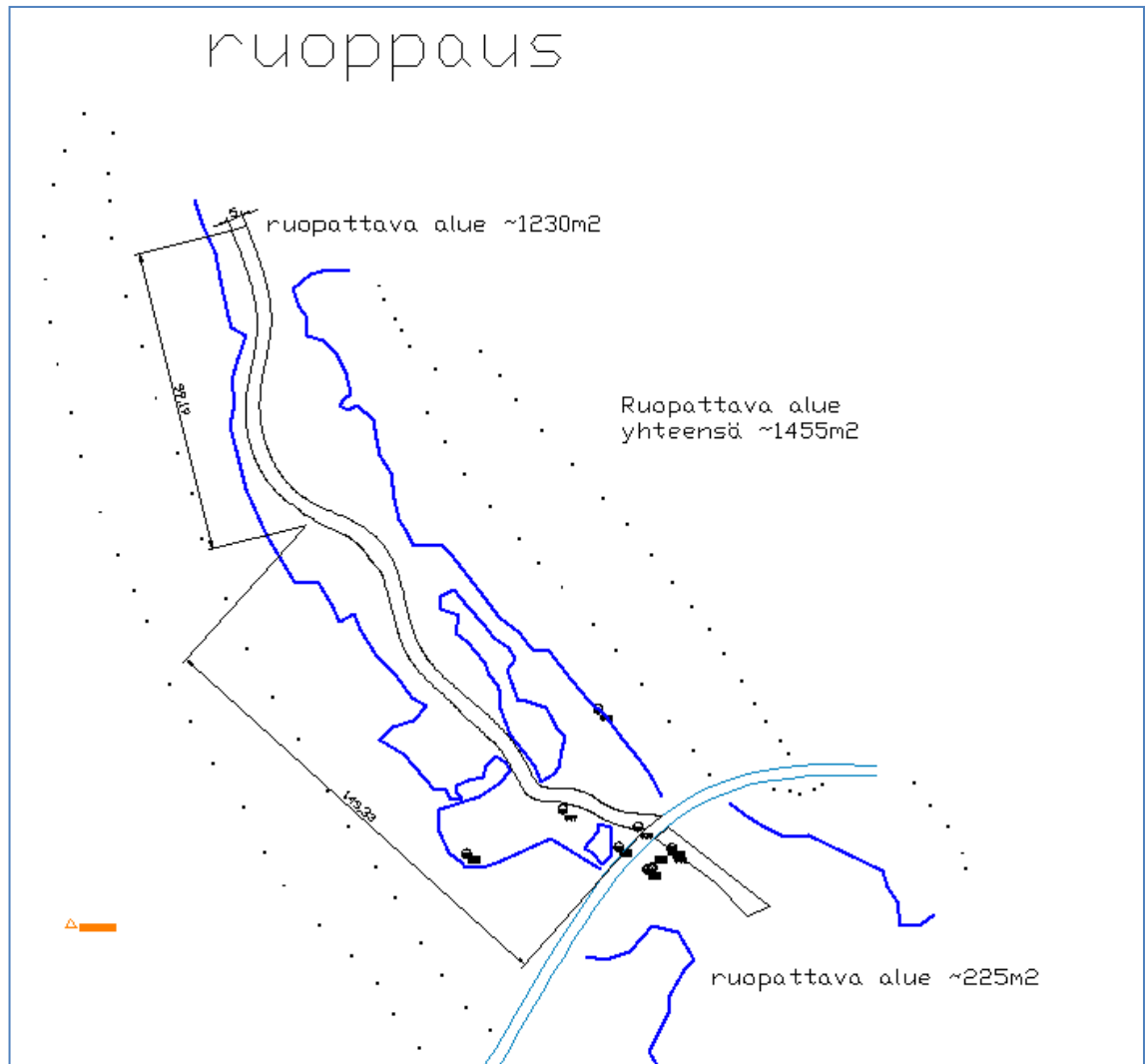
Pehmeiden maaperäolosuhteiden johdosta siltavaihtoehtojen rakentamiskustannukset nousivat niin korkeiksi, että niiden toteuttaminen saatavissa olevien varojen suhteen on mahdotonta. Virtausrumpujen huomattavasti pienemmät rakennuskustannukset osoittautuivat sellaisiksi, että niiden rakentaminen on osakaskunnalle mahdollista saatujen tukien ja omarahoitusosuuden avulla.

Ruoppauksen osalta suunnittelua ohjasi ruoppausmassojen läjittäminen, hinta ja käytävissä olevat ruoppaustavat. Näiden kolmen tekijän pohjalta päädyimme osakaskunnan kanssa ratkaisuun, joka on sekä ruoppausmassojen läjityksen kannalta helpoin, että taloudellisesti edullisin vaihtoehto. Osakaskunnan vesijättömaalle tehtävä läjitys on helppo toteuttaa ja se myös säästää huomattavan suuren kustannuserän, koska ruoppausmassoja ei tarvitse lähteä kuljettamaan pitkiä matkoja erilliselle läjitysalueelle.

6.2 Ruoppauksen jatkosuunnittelu

Anian osakaskunnan johtokunnan kokouksessa esiteltyjen ruoppausvaihtoehtojen pohjalta suunnitelmia lähdettiin viemään eteenpäin siten, että ruopattava alue tulee olemaan 5 metriä leveä väylä (kuva 25), mitä pitkin veneellä pääsee kulkemaan. Ruoppaussyvyyden on noin metrin. Niiltä osin kuin ruoppausta ei tarvitse toteuttaa, suoritetaan vesikasvien niitto. Osakaskunta päätti toteuttaa ruoppauksen viimeistään vuonna 2013 ja ruoppausurakan kilpailutuksen hoitamisesta vastaa tilaaja, joten tarkempia kustannuksia

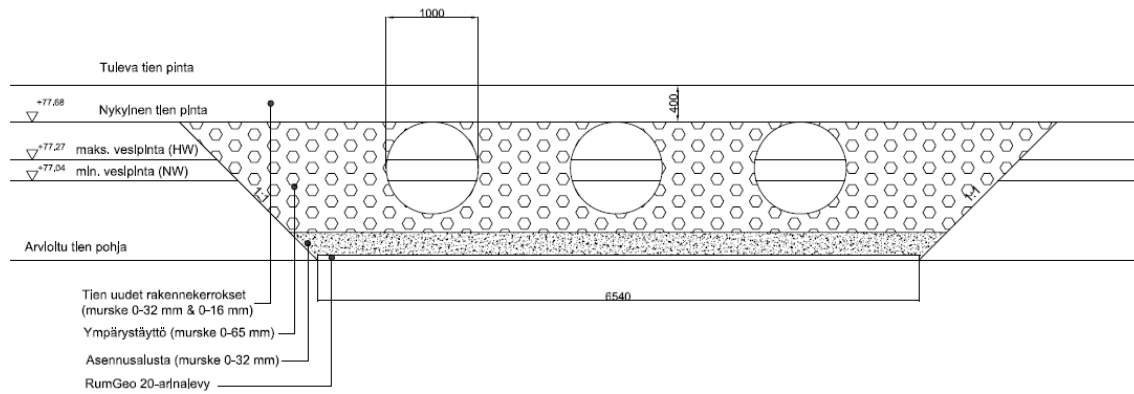
ruoppauksen osalta ei voida tässä opinnäytetyössä esittää. Mittakaavassa oleva kuva ruoppausalueesta on esitetty liitteessä 9.



KUVA 25. Ruopattava alue

6.3 Virtausrummun jatkosuunnittelu

Tilaja halusi suunnitelmat kolmesta virtausrummusta, jotka asennettaisiin vierekkäin samaan kaivantoon. Suunnitelmat tulevat liitteeksi osakaskunnan avustushakemukseen. Virtausrummuista piirrettiin poikkileikkaus Auto CAD -ohjelmalla (kuva 26). Kuva on piirretty InfraRYL osan 16220.3 Rumpukaivantojen tekeminen pohjalta. Kuvasta laskettiin määrät kaivuu ja täyttömassoille.



KUVA 26. Virtausrumpujen poikkileikkaus

Rumpuputkista kysyttiin tarjoukset kahdesta eri yhtiöstä, Miranet ja Rumtec. Tarjoukset sisälsivät hinnat sinkitylle teräsputkelle ja polymeeripinnoitetulle teräsputkelle halkaisijoiltaan 800 ja 1000 mm. Suunnitelmasta lasketuista määristä muodostettiin ratukortistosta löytyvien työtehojen avulla työlle suoriteajat. Työn tekevä työryhmä arvioitiin koostuvan kaivinkoneesta, rakennusammattimiehestä ja kuorma-autosta, joiden yhteistuntihinnaksi muodostuu 145 €. Työn tekemiseen tarvittava aika arvioitiin kahteen työvuoroon, eli laskennallisesta arvosta hieman suuremmaksi, näin varattiin aikaa arinarakenteen, suodatinkankaan ja rummun asennustyölle. Virtausrumpujen mittakavassa oleva kuva on esitetty liitteessä 10 ja tarkempi kustannusarvio liitteessä 11.

Virtausrumpujen kustannukset yhteenvetona:

- Rumpuputket	6 000 €
- Täyttömateriaali	1 400 €
- Työ- ja konekustannukset	2 400 €
- <u>Arinalevyt + suodatinkangas</u>	<u>500 €</u>
- Yhteensä	10 300 €

7 POHDINTA JA TULOSTEN TARKASTELU

Vesistöjen vedenkorkeuden säännöstelyn johdosta umpeenkasvu on yleistynyt huomattavasti. Vedenkorkeuden säännöstely on osaltaan vaikuttanut myös Leipojanlahden umpeenkasvuun yhdessä pengertien rakentamisen kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pengertien alitukseen ja ruoppaukseen käytettävät vaihtoehdot ja niiden kustannukset. Arvioitujen kustannusten perusteella tilaaja laati hankkeen tukihakemukset. Työssä esiintyvät kustannukset ovat työn tekijöiden itsensä laatimia arvioita, ja ne perustuvat urakoitsijoiden ilmoittamiin viitteellisiin hintoihin ja teoreettisiin määriin. Lopulliset kustannukset määräytyvät urakoitsijoiden tekemien tarjousten perusteella. Kustannusarvioiden laadinta onnistui suhteellisen hyvin ja niiden perusteella tilaaja sai hyvän käsityksen eri toimenpiteiden kustannusten kokoluokasta.

Tehdyt maastotutkimukset suoritettiin erittäin huonoissa olosuhteissa talvella runsaan lumen aikaan. Painokairaukset suoritettiin vanhalla käsikäyttöisellä kairalla, ja tulosten tarkastelu on täysin työn tekijöiden laatimaa, joten tuloksissa saattaa esiintyä pieniä vääristymiä työn suorittajien kokemattomuudesta johtuen. Veden pohjapinnan tason arviointi oli erittäin hankalaa, koska olosuhteet olivat erittäin liejuiset ja selkeä raja liejun ja pohjan välillä oli vaikeasti hahmoteltavissa. Tulosten osalta tuli kuitenkin selkeästi ilmi, että pehmeän maan osuus oli erittäin suuri, joten jos alueelle joskus päätetään silta rakentaa, tulee se tehdä paaluperusteisesti. Laboratoriotutkimusten osalta tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska tutkimuksia ohjaamassa oli Tampereen Ammattikorkeakoulun laboratorioinsinööri ja tutkimukset suoritettiin laboratorio-olosuhteissa työohjeita tarkasti seuraten. Tiepenkereen paksuuden arviointi toteutettiin ulkopuolisen urakoitsijan toimesta, joten sitä ei tässä opinnäytetyössä käsitelty. Kaikki alueen kartoitukseen tehdyt mittaukset ovat sidottu N60 -korkeusjärjestelmään, kun taas vedenpinnan korkeudet ovat ilmoitettu NN+ -korkeusjärjestelmään.

Sillan kustannusarviossa on otettu huomioon, että mikäli silta olisi päätetty toteuttaa, suunnitelmat on käytettävä insinööritoimistossa tarkastettavana rakenteen kestävyuden varmistamiseksi. Jatkosuunnittelua ei tehty, koska siltavaihtoehtojen kokonaiskustannukset osoittautuivat liian suuriksi. Kustannusarvio laadittiin SILAVA 2006 ohjelmistolla.

Tekijöiden mielestä työ toteutui halutulla tavalla, sillä kaikki suunnitelmat ja tutkimukset työhön liittyen pystyttiin toteuttamaan tilaajan toivomalla tavalla ja annetuissa aikatauluissa pysyttiin kiireestä huolimatta. Työn tekemisessä pysyttiin hyvin alussa suunniteltujen rajausten sisällä. Yhteistyö eri osapuolten välillä oli saumatonta ja tiedonkulku tapahtui reaaliajassa, mikä helpotti suunnattomasti työn edistymistä, ja näin ollen vältettiin turhalta työltä.

Työn tekeminen kokonaisuutena tarjosi riittävästi haasteita kahdelle tekijälle, koska työn tekeminen vaati kirjallisten lähteiden tarkastelun lisäksi runsaasti erilaisten maastotutkimusten ja laboratorioselvitysten tekemistä.

LÄHTEET

Arvonen, H. 2003. Miten rehevöityneen rannan saisi kuntoon? Luettu 4.2.2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=33491>.

Etelä-Pohjanmaan ELY 2012. Oikeudet ja velvollisuudet. Luettu 3.4.2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=402901&lan=FI>.

Fonecta Oy. Eniron karttapalvelu. Haettu 30.1.2012
<http://www.eniro.fi/kartta/%C3%A4ij%C3%A4ntie+216%2C+pirkkala/>.

Frisk, T., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Paananen, A. & Peltonen A. 2007. Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportteja 03 | 2007. Pyhäjärven kunnostustarpeen selvitys. Tampere: Yliopistopaino Oy.

Huovinen, P. 1977. Geoteknisiä laboratorio-ohjeita.1977. Imatran voima osakeyhtiö.

InfraRYL. 2009. 14342.3 Teräsrumpujen tekeminen. Taulukko 14342:T2 Pääteiden rumpujen kestävyys- ja peitesyvyysvaatimukset tierakenteissa.

InfraRYL. 2009. 12330 Rummut.

Jalo, J. 2011. Esivertailu erilaisista satelliittipaikannusmenetelmistä maastomittauksen ja maanrakennuksen tarpeisiin. Tietotekniikan koulutusohjelma. Ohjelmisto- ja järjestelmätekniikan suuntautumisvaihtoehto. Turun Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Jääskeläinen, R., Rantamäki, M., Tammirinne, M. 2004. Geotekniikka. 20. muuttumaton painos. Helsinki: Oy Yliopistokustannus/Otatieto.

Jääskeläinen, R. 2009. Geotekniikan perusteet. 1. painos, 2009. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus oy.

Lassinaro, K. 2002. Kauharuoppaus. Seminaariesitys. Pienruoppausseminaari 12.12.2002. Reumaliiton kuntoutumislaitos. Kangasala.

Liikennevirasto. 2012. Teräspuutkissillat. Suunnitteluohje. Verkkojulkaisu. Luettu 4.4.2012. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-02_teraspuutkissillat_suunnitteluohje_web.pdf

Luotoharju, M. 2002. Ohjeita rannan ruoppausta suunnittelevalle. Seminaariesitys. Pienruoppausseminaari 12.12.2002. Reumaliiton kuntoutumislaitos. Kangasala.

Palo, R. 2007. Rantojen kunnostustarveselvitys. Maastolomake. Laadittu 20.7.2007

Pirkanmaan ELY 2011. Pyhäjärven säännöstely. Päivitetty 4.2.2011. Luettu 17.4.2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=200436>

Pyyvaara, P. 2012. Hankesuunnitelma. Leipojanlahden alueen kunnostussuunnitelman laatiminen.

Rumtec Oy. Puutkissillan rakentaminen. Haettu 28.2.2012

<http://www.rumtec.fi/suunnittelutyokalut/putkisillanrakentaminen/>

Rumtec Oy. Teräspuutket. Haettu 9.4.2012

http://www.rumtec.fi/tuotteet/tierummutjapyoreatsillat/files/terasputki_20110221web.pdf

SFS-Käsikirja 179-2 Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 2: Maan laboratoriokokeet. 2008. 1. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-Käsikirja 179-3 Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 3: Näytteenotto, pohjavesimittaukset ja yleisesti Suomessa käytettävät kenttäkokeet. Menetelmäkuvaukset soveltamisohjeineen 2009. 1. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Tampereen Ammattikorkeakoulu. Rakennuslaboratorio. Geolaboratoriotyöt 1. Töiden suoritusohje.

Tielaitos. 1999. Sillansuunnittelu. Siltojen kuormat. Helsinki: Edita Oy

Tiehallinto. 2006. Siltojen kaiteet. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Topcon Ltd. HIPer Pro. Luettu 17.4.2012.

<http://www.topcon.com.sg/survey/hiperpro.html>

Vesilaki 27.5.2011/587.

Ympäristöministeriö. 2008. Oiva – ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille. Luettu 5.3.2012. www.ymparisto.fi/oiva

LIITTEET

Liite 1: Kartiokokeen ja vesipitoisuuden määrittämisen tulokset

Liite 2: 1 (2) Mittaustulokset ja areometrikohtainen raekokotaulukko näytteestä 1.3

Liite 2: 2 (2) Mittaustulokset ja areometrikohtainen raekokotaulukko näytteestä 2.1

Liite 3: 1 (2) Areometrin läpäisyprosenttitaulukko ja rakeisuuskäyrä näytteestä 1.3

Liite 3: 2 (2) Areometrin läpäisyprosenttitaulukko ja rakeisuuskäyrä näytteestä 2.1

Liite 4: 1 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 1

Liite 4: 2 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 1

Liite 4: 3 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 2

Liite 4: 4 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 2

Liite 4: 5 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 3

Liite 4: 6 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 3

Liite 4: 7 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 3

Liite 4: 8 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 4

Liite 4: 9 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 4

Liite 4: 10 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 5

Liite 4: 11 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 5

Liite 4: 12 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 6

Liite 4: 13 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 6

Liite 4: 14 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 7

Liite 4: 15 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 7

Liite 4: 16 (17) Kairauspöytäkirja pisteestä 8

Liite 4: 17 (17) Kairausdiagrammi pisteestä 8

Liite 5: 1 (2) Teräsbetonisen ulokelaattasillan pituusleikkaus

Liite 5: 2 (2) Teräsbetonisen ulokelaattasillan poikkileikkaus

Liite 6: Yleiskuva sillasta ja rummuista

Liite 7: 1–5 Teräsbetonisen ulokelaattasillan kustannusarvio

Liite 8: Putkisillan poikkileikkaus

Liite 9: Piirustus ruopattavasta alueesta

Liite 10: Virtausrumpujen poikkileikkaus

Liite 11: Virtausrumpujen kustannusarvio

TAMK Rakennuslaboratorio	KARTIOKOE VESIPITOISUUS	Kohde: Työnumero: Tutki:
---	--	---

Näytteen numero	1,3	2,1					
- piste , paalu							
- syvyys	3.1	4.4					
Maalaji							
Vesipitoisuus							
Humuspitoisuus							

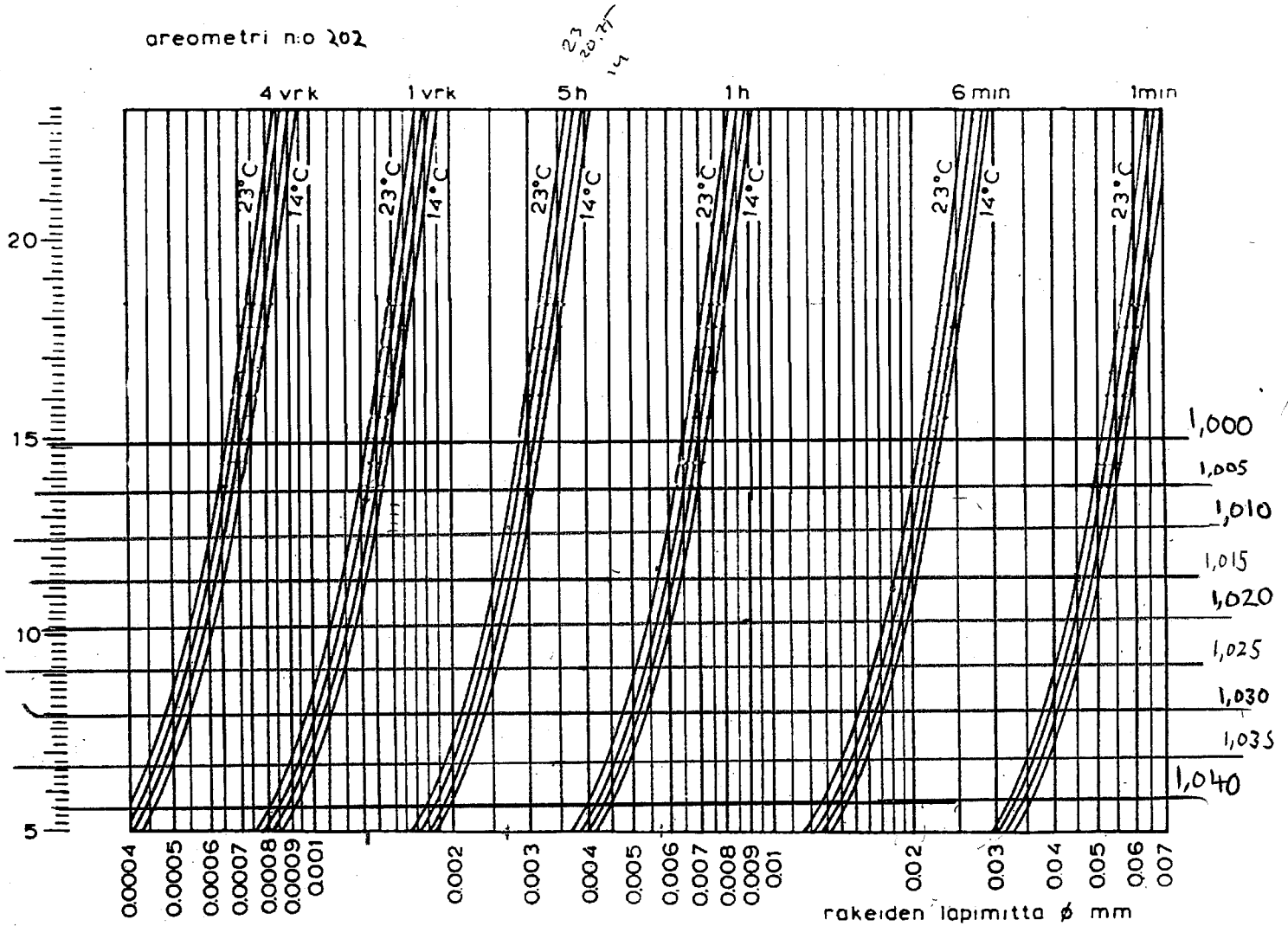
Kartio	g	60	60				
Painumat	mm						
	1	5.0	6.5				
	2	6.0	6.5				
	3	6.5	6.5				
	4	6.5	6.5				
5	6.0	6.5					
l_3	mm	6.167	6.5				
Lujuusluku H_3		25.1	22.8				
Kartiolujuus S_k	kPa	4.218	3.895				

Kartio	g	10	10				
Painumat	mm						
	1	10.0	11.0				
	2	10.0	11.5				
	3	10.0	12.0				
	4	11.0	12.0				
5	10.5	11.5					
l_1	mm	10.167	11.67				
Lujuusluku H_1		1.6	1.22				
Kartiolujuus S_{kr}	kPa	0.285	0.216				
Sensitiivisyys $S_t = S_k / S_{kr}$		14.8	18.03				

Astian numero		1,3	2,1				
Astia + kostea näyte	g	83,998	82,124				
Kostea näyte	g	57,462	56,917				
Vesi	g	24,638	21,902				
Astia + kuiva näyte	g	59,360	60,222				
Astian paino	g	26,536	25,207				
Kuiva näyte	g	32,824	35,015				
Vesipitoisuus	W	%	75,06	62,55			
Kerroin	a	0,68	0,60				
Hienousluku	F						
Maalaji							

1,3 & 2,1
 - Hyvin pehmeää savea
 = Kohtalaisen sensitiivistä

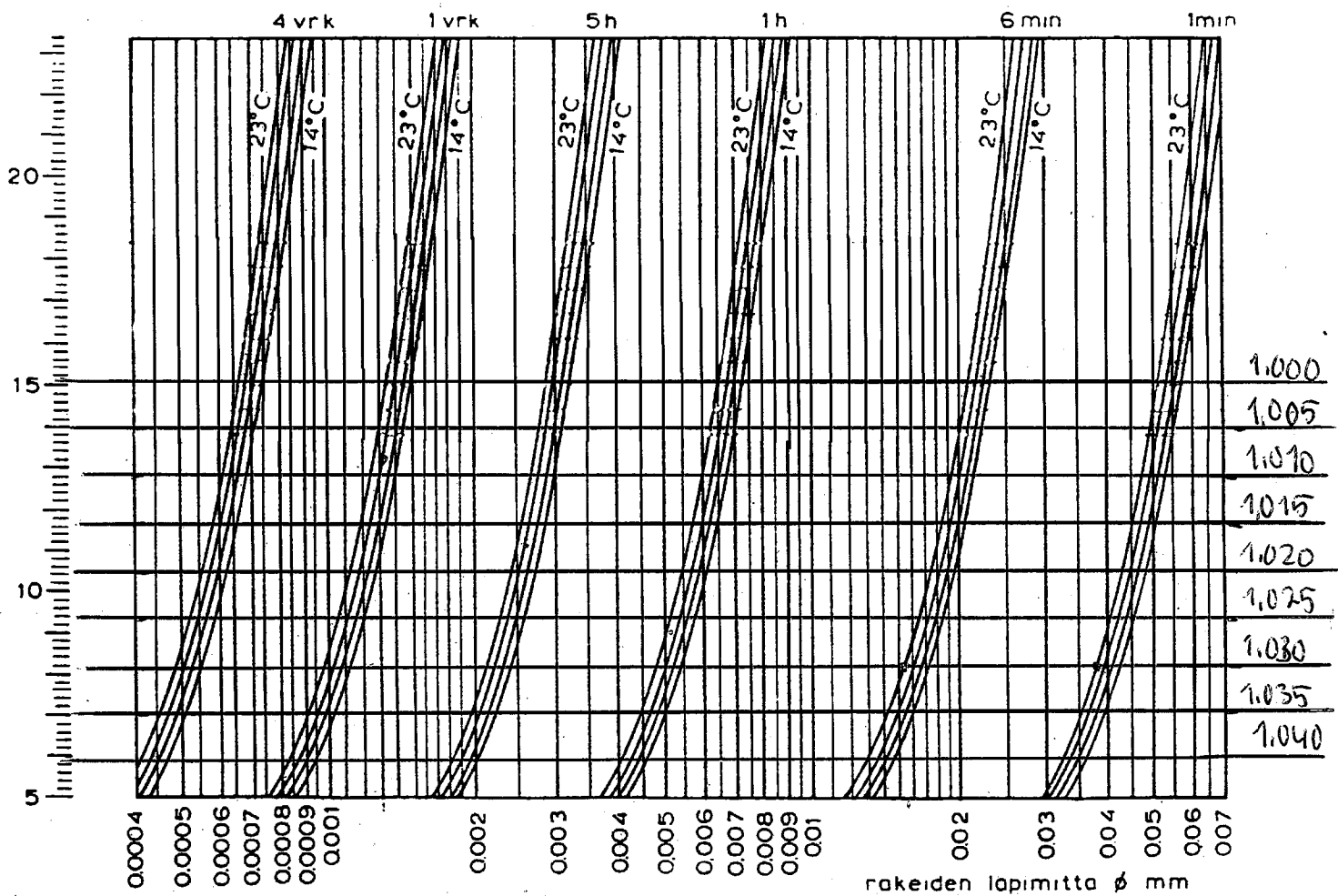
Aika	°C	Klo	Areometri- lukema	Raekoko	Läpäisy %
Alku	---	9.39	---	---	---
1 min.	22.4	9.40	1.016	0.045	56
6 min.	22.3	9.46	1.015	0.018	52
1 h	22.1	10.39	1.014	0.0057	49
5 h	21.9	14.39	1.011	0.0027	39
1 vrk	21.6	9.39	1.0065	0.0014	23
4 vrk					



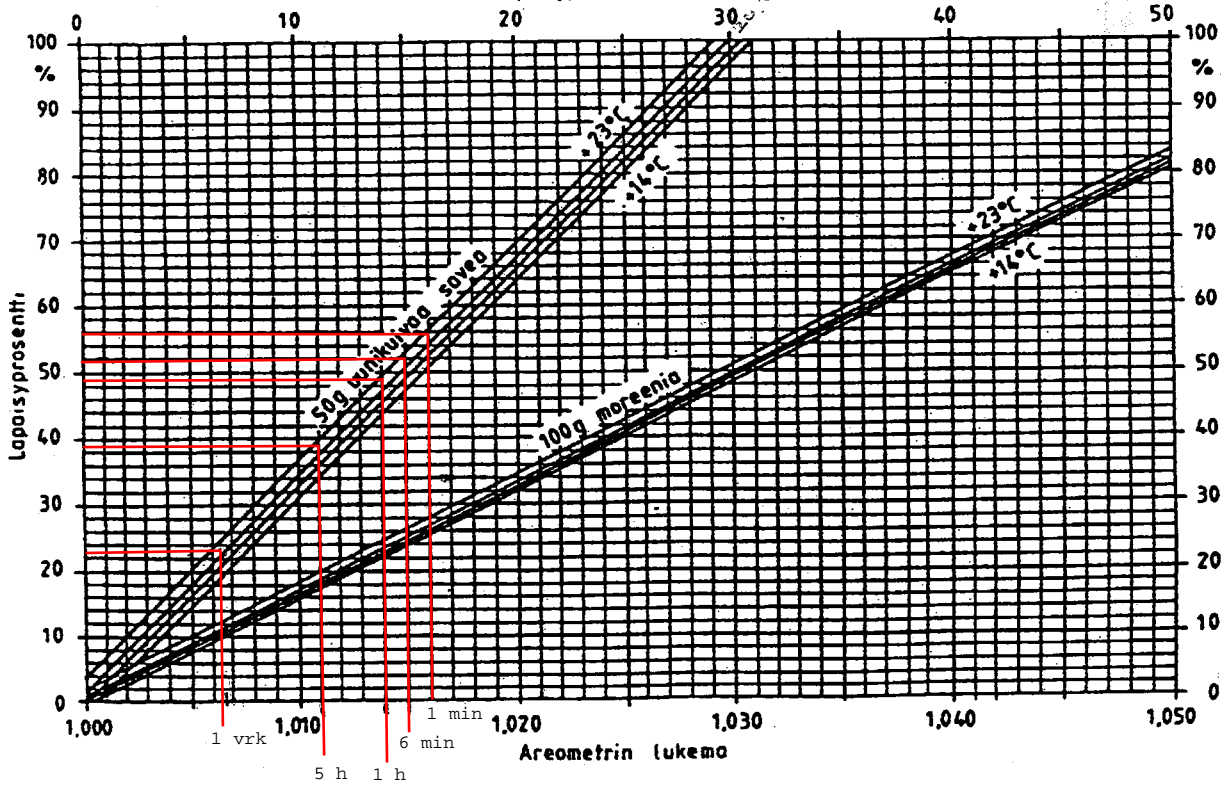
Kuva 2. Areometrikokeen tulkitanomogrammi (areometrikohtainen).

Aika	°C	Klo	Areometri- lukema	Raekoko	Läpäisy %
Alku	---	9.21	---	---	---
1 min.	22.2	9.22	1.030	0.038	100
6 min.	22.2	9.28	1.030	0.0155	100
1 h	21.8	10.21	1.027	0.0051	90
5 h	21.4	14.21	1.0175	0.0026	58
1 vrk	21.1	4.21	1.0085	0.0013	30
4 vrk					

areometri n:o 152

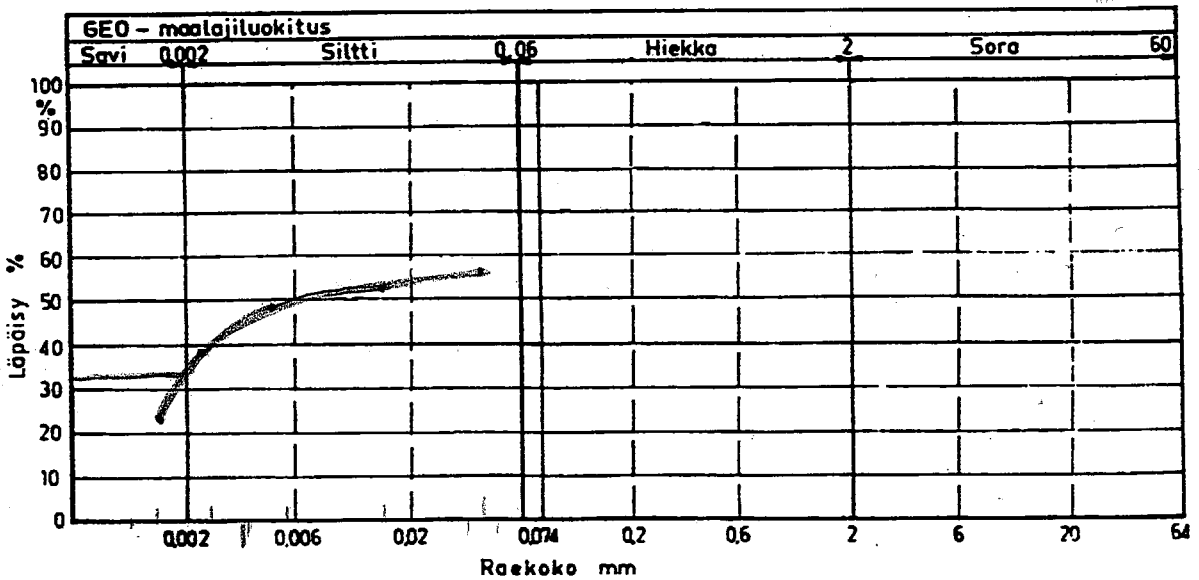


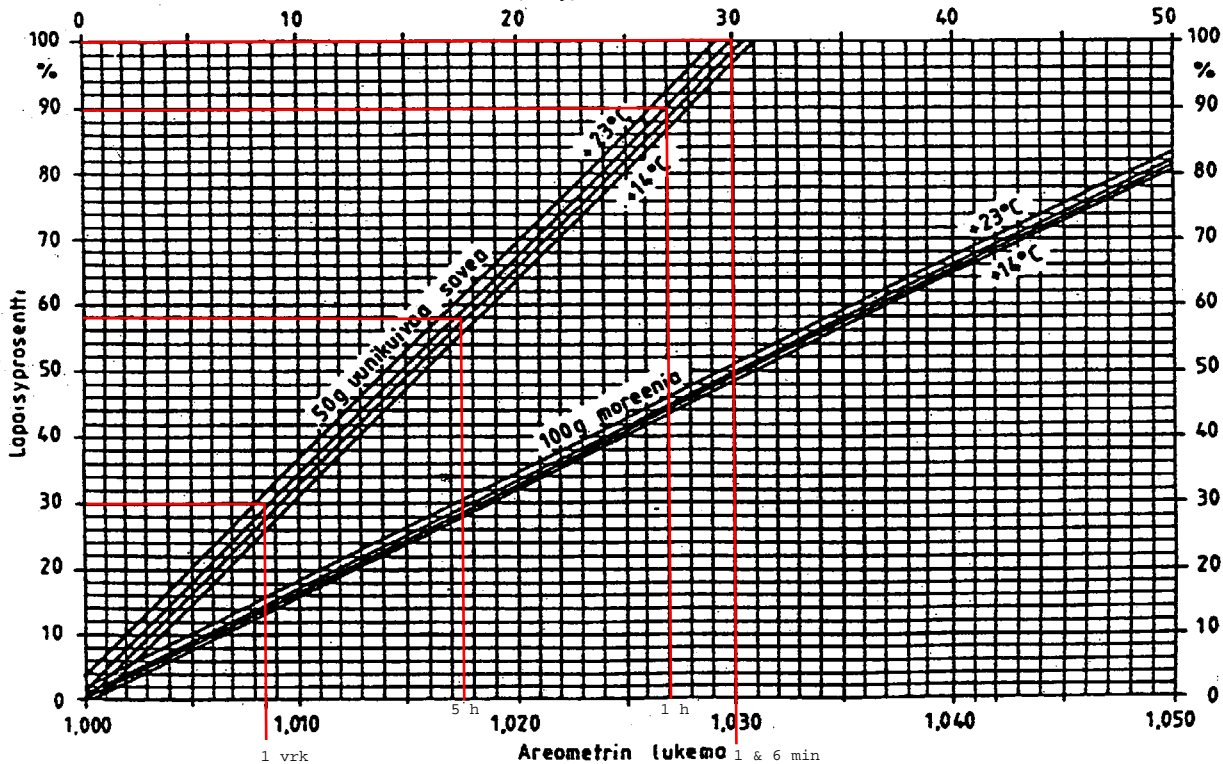
Kuva 2. Areometrikokeen tulkitanomogrammi (areometri-kohtainen).



Kuva 3. Areometrin löpäisyprosenttitaulukko.

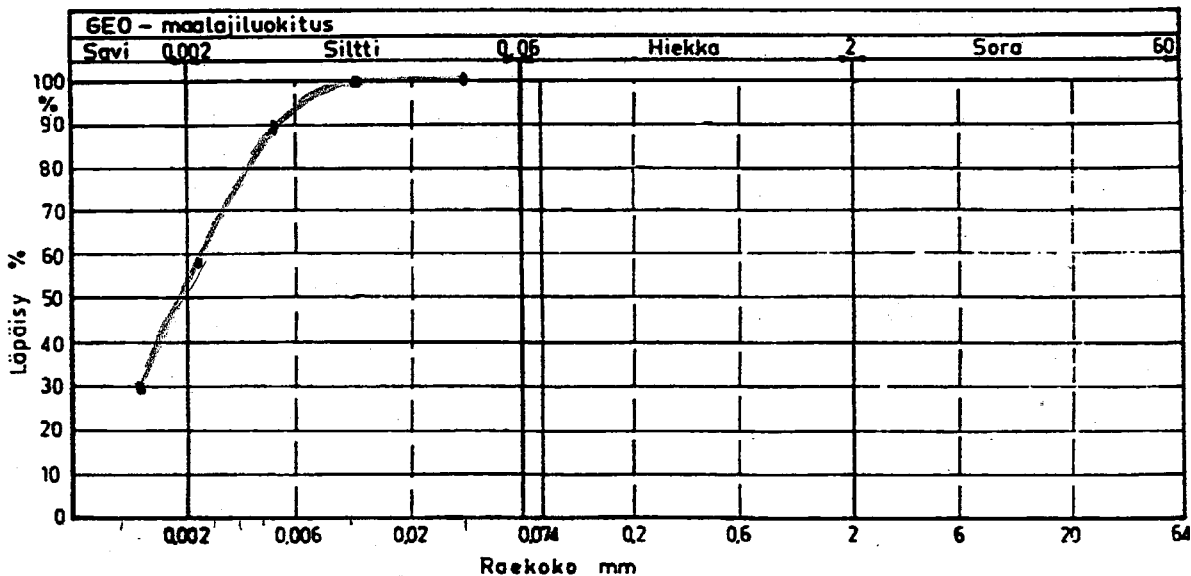
Rakeisuuskäyrä (areometri nro. 202)

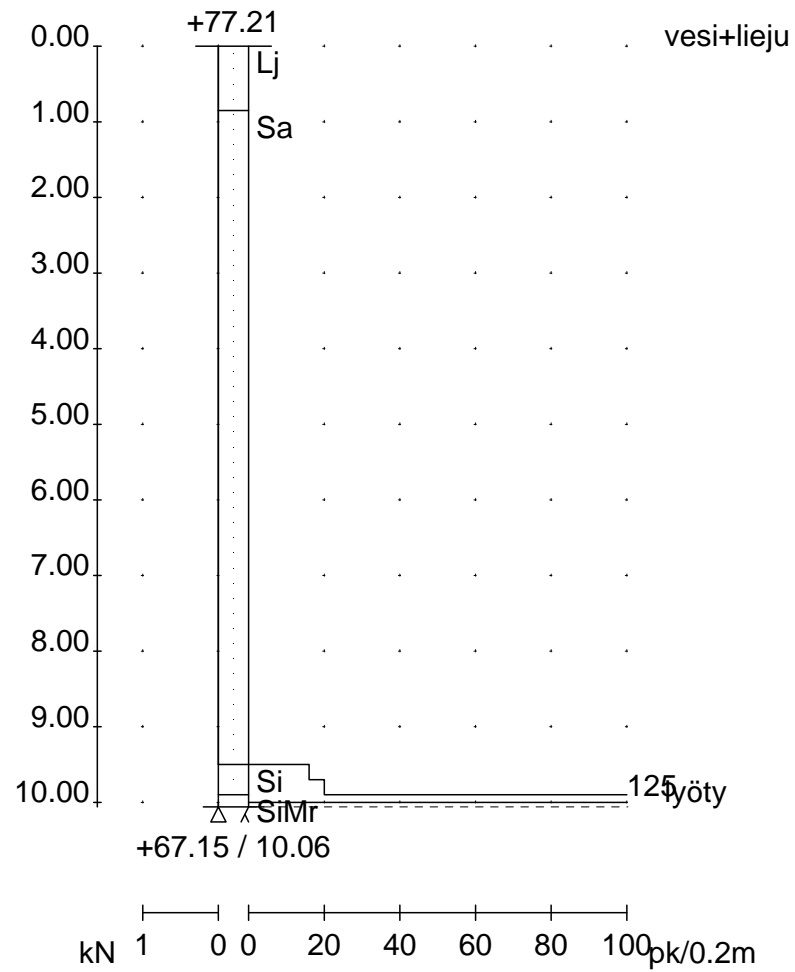




Kuva 3. Areometrin lämpisprosenttitaulukko.

Rakeisuuskäyrä (areometri nro. 152)





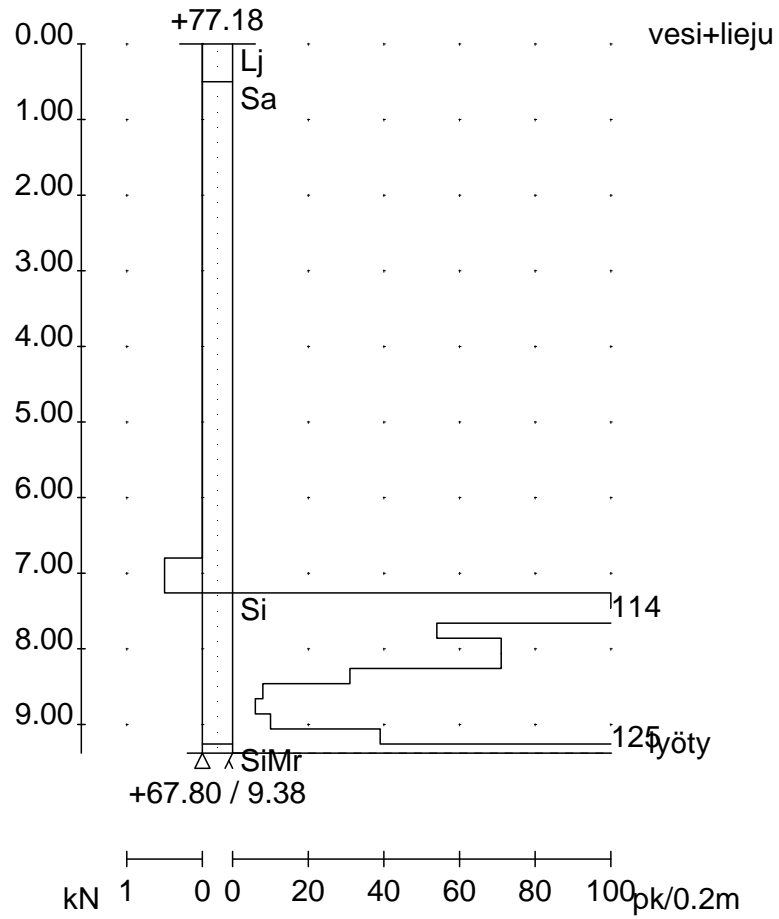
Numero	600	Kairaustapa	PAKL
X	6809806.846 3	Mittakaava	1:100
Y	2473971.400 3	Päivä	19.01.2012

Painokairauspöytäkirja

Sivu: _____ Kairaaja: _____
 Pvm: _____ PL/PISTE: 2 Vas: _____ Oik: _____
 Tilaaja/Työkohde: _____ x: _____ y: _____
 Työnro: _____ Maan/Vedenpinnan korkeus: _____
PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausryitykset ja kallio
6,8 7,0					Aloitussyvyys
	0,46	0,5	—		
	0,20	1	100		
	0,20	1	114		
	0,20	1	54		
	0,20	1	71		
	0,20	1	71		
	0,20	1	31		
	0,20	1	8		
	0,20	1	6		
	0,20	1	10		
	0,20	1	39		
	0,12	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
9,38 9,75					
Kairauksen päättyminen:		määräsyv.	tiivis maakerros		
		kivi tai lohkare	kivi, lohkare tai kallio		kallio

Veden ap.
 kajaan
 50cm



Numero	601	Kairaustapa	PAKL
X	6809800.208 3	Mittakaava	1:100
Y	2473965.135 3	Päivä	19.01.2012

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 20.1.

PL/PISTE: 3

Vas:

Oik:

Tilaaja/Työkohte:

x:

y:

Työnro:

Maan/Vedenpinnan korkeus:

PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
7,23					
	0,015	0,75	—		
	0,015	1	—		
	0,2	1	13		
	0,2	1	15		
	0,2	1	32		
	0,2	1	16		
	0,2	1	62		
	0,2	1	8		
	0,14	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
8,60	—	1	125		
	0,15	—	—		Luoty
	0,14	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
8,89	—	1	125		
8,89	0,2	—	—		Luoty
9,09	0,2	1	113		
9,29	0,2	1	27		
9,49	0,2	1	125		
	—	1	125		
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohcare	tiivis maakerros kivi, lohcare tai kallio		kallio

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 20.1.2012

PL/PISTE: 3

Vas:

Oik:

Tilaaaja/Työkohte: Leipojantakki

x:

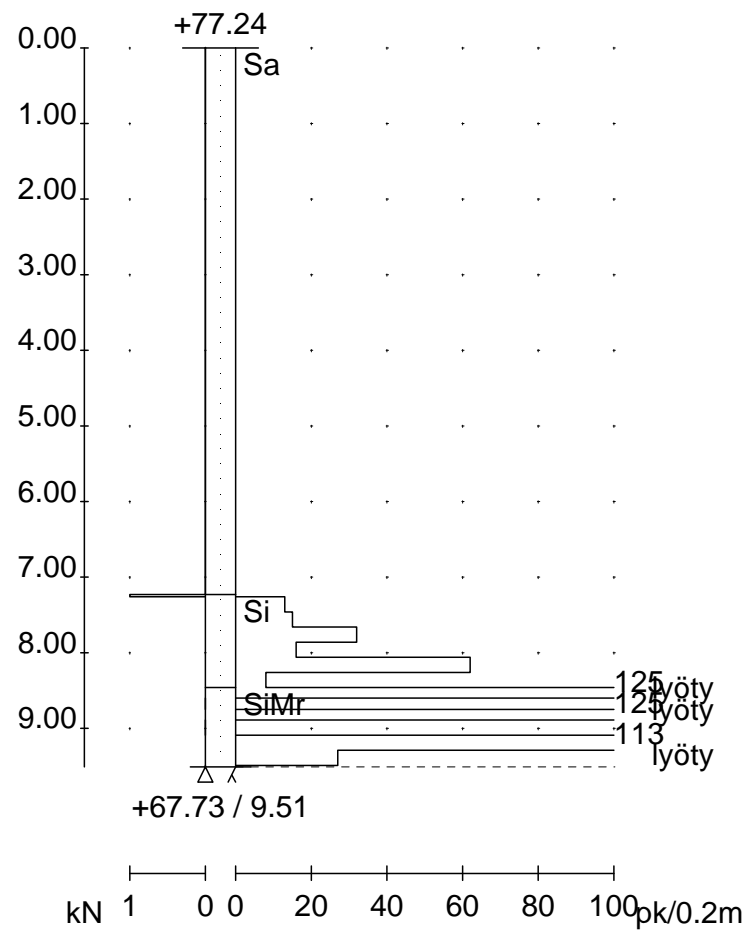
y:

Työnro:

Maan/Vedenpinnan korkeus:

PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
9,49	-	1	125		
	0102	-	-		Luota
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohkare	tiivis maakerros kivi, lohkare tai kallio		kallio



Numero	602	Kairaustapa	PAKL
X	6809845.407 3	Mittakaava	1:100
Y	2473958.432 3	Päivä	20.01.2012

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 20.1.2012 PL/PISTE: 4

Vas: Oik:

Tilaaaja/Työkohte: Leipojärvi

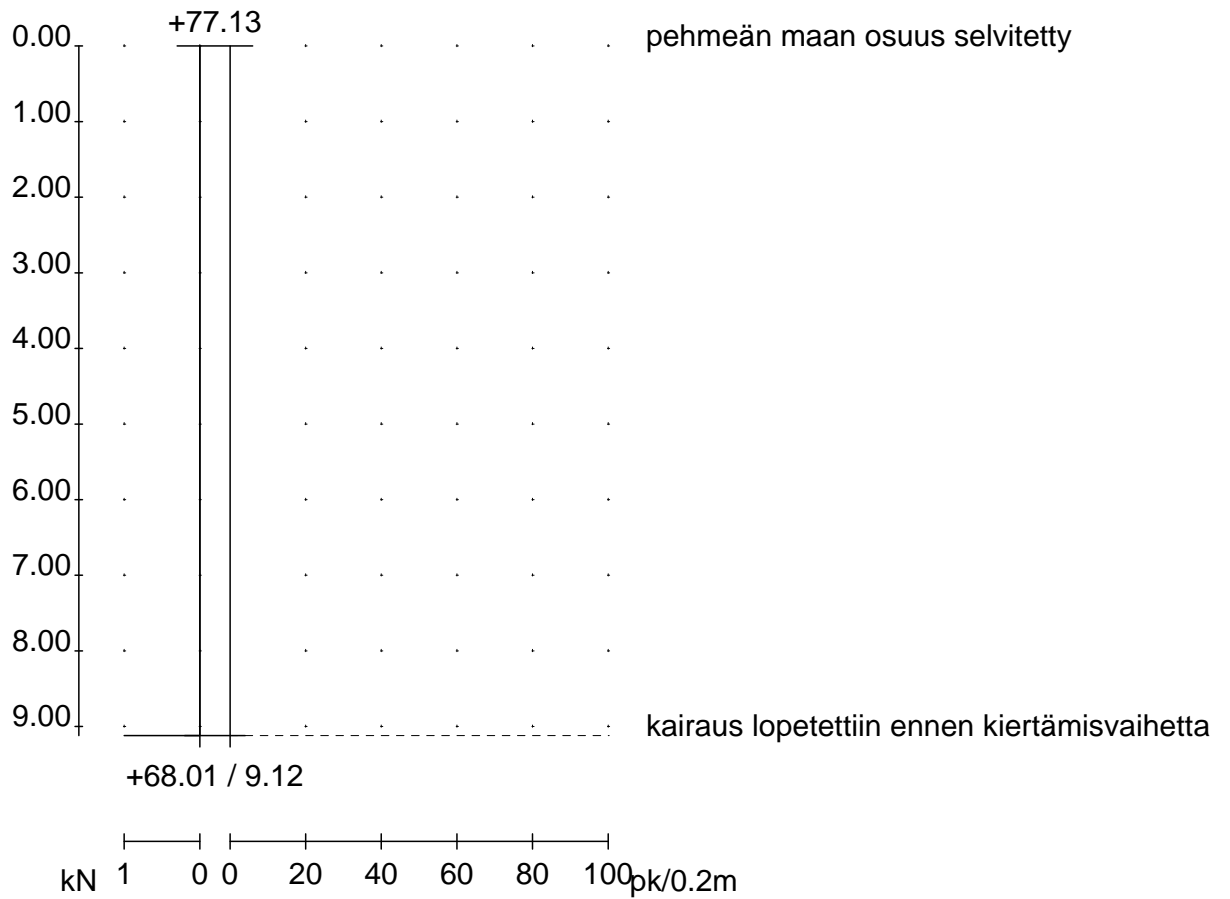
y:

Työnro: Maan/Vedenpinnan korkeus:

PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
9.12	-	7	-		Painamalla
9.12					mittaus lopetettu
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohkare	tiivis maakerros kivi, lohkare tai kallio	kallio	

leijon
ap.



Numero	603	Kairaustapa	PAMS
X	6809798.046 3	Mittakaava	1:100
Y	2473915.220 3	Päivä	20.01.2012

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 13.2.2012

PL/PISTE: 5

Vas:

Oik:

Tilaaja/Työkohde: heikkilampi

x:

y:

Työnro:

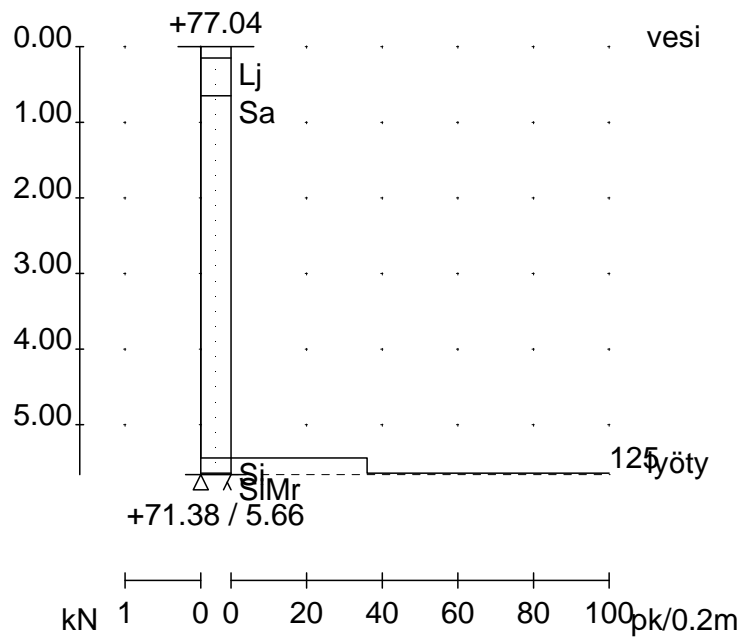
Maan/Vedenpinnan korkeus:

PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
5,44	—	0,5	—		
	—	0,5	—		
	—	1	—		
	0,2	1	36		
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
	0,02	—	—		Lujotte
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
5,66					
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohkare		tiivis maakerros kivi, lohkare tai kallio	kallio

Vettä 15cm Liejua n. 50cm

4m Puusta (2012-02-13-006)



Numero 604

Kairaustapa PAKL

X 6809792.829 3

Mittakaava 1:100

Y 2473974.618 3

Päivä 13.02.2012

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 13.2.2012 PL/PISTE: 6

Vas: Oik:

Tilaaaja/Työkohde: Heipojanlahki

x: y:

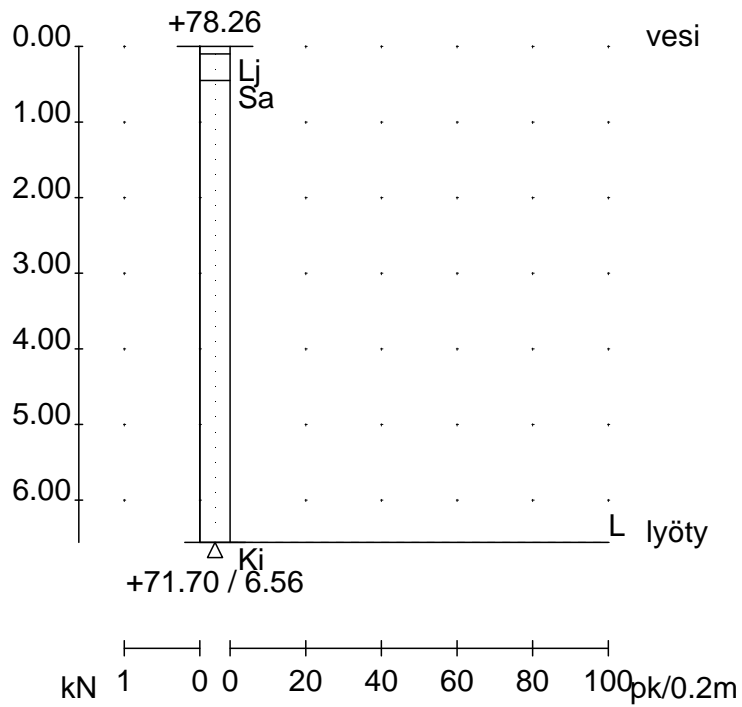
Työnro: Maan/Vedenpinnan korkeus:

PAINOKAIRAUS

Veden y

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
6,56	—	0,5	—		
	—	0,75	—		
	—	1	—		
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	—	—		Lyöty
6,56					140 livi tmi kallio
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohkare	tiivis maakerros kivi, lohkare tai kallio	kallio	

Vettä 10cm



Numero	605	Kairaustapa	PAKL
X	6809799.797 3	Mittakaava	1:100
Y	2473982.523 3	Päivä	13.02.2012

Painokairauspöytäkirja

LIITE 4: 14(17)

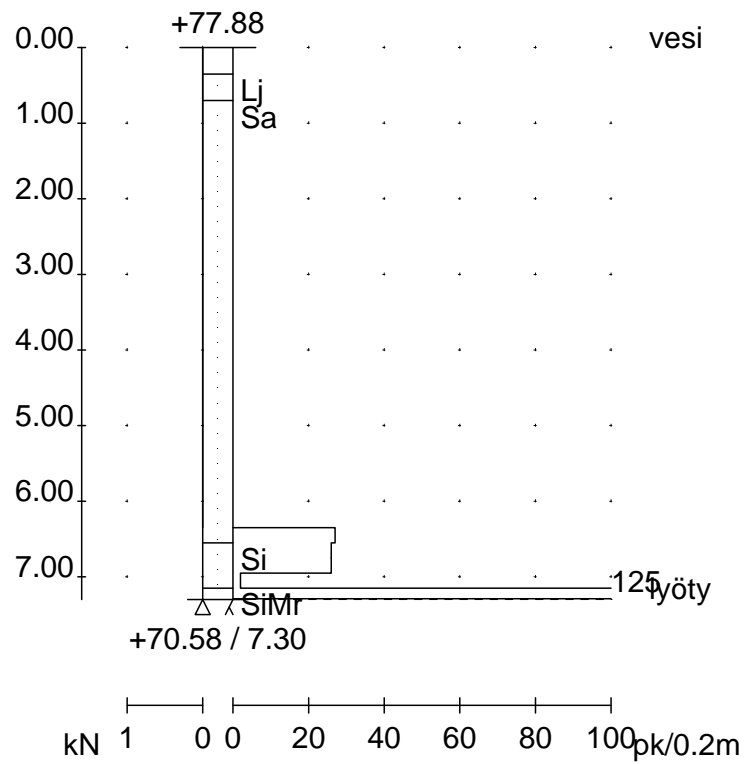
Sivu:		Kairaaja:			
Pvm: 13.2.2012 PL/PISTE: 7		Vas:		Oik:	
Tilaaja/Työkohte: Lippojuhlakoti		x:		y:	
Työnro:		Maan/Vedenpinnan korkeus:			
PAINOKAIRAUS					
Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairautapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
6.35	—	0.5	—		
	—	0.75	—		
	—	1	—		
	0.2	1	27		
	0.2	1	26		
	0.2	1	26		
	0.2	1	2		
	0.14	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
	0.01	—	—		Ligotyt
	—	1	125		
	—	1	125		
	—	1	125		
7.3					
Kairauksen päätyminen:		määräsyv.	tiivis maakerros		
		kivi tai lohcare	kivi, lohcare tai kallio		kallio

Vettä 35

Liejua 35

(2012-02-03-007. 7P2)

Pisteestä 6 1.4m, Pisteestä 5 9.55m



Numero 606

Kairaustapa PAKL

X 6809798.936 3

Mittakaava 1:100

Y 2473982.688 3

Päivä 13.02.2012

Painokairauspöytäkirja

LIITE 4: 16(17)

Sivu:

Kairaaja:

Pvm: 13.2.2012 PL/PISTE: 8

Vas:

Oik:

Tilaaaja/Työkohte: Leipojanlahen

x:

y:

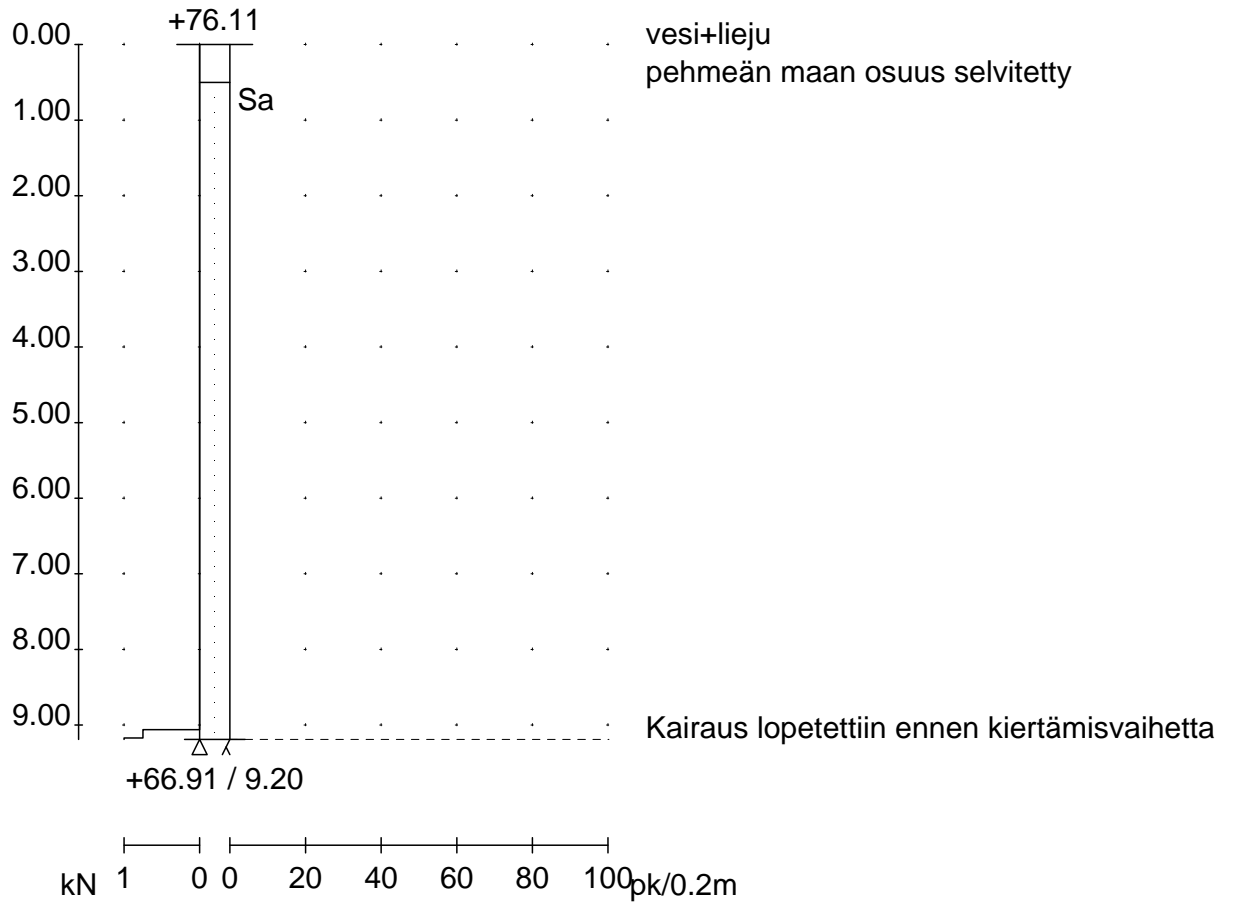
Työnro:

Maan/Vedenpinnan korkeus:

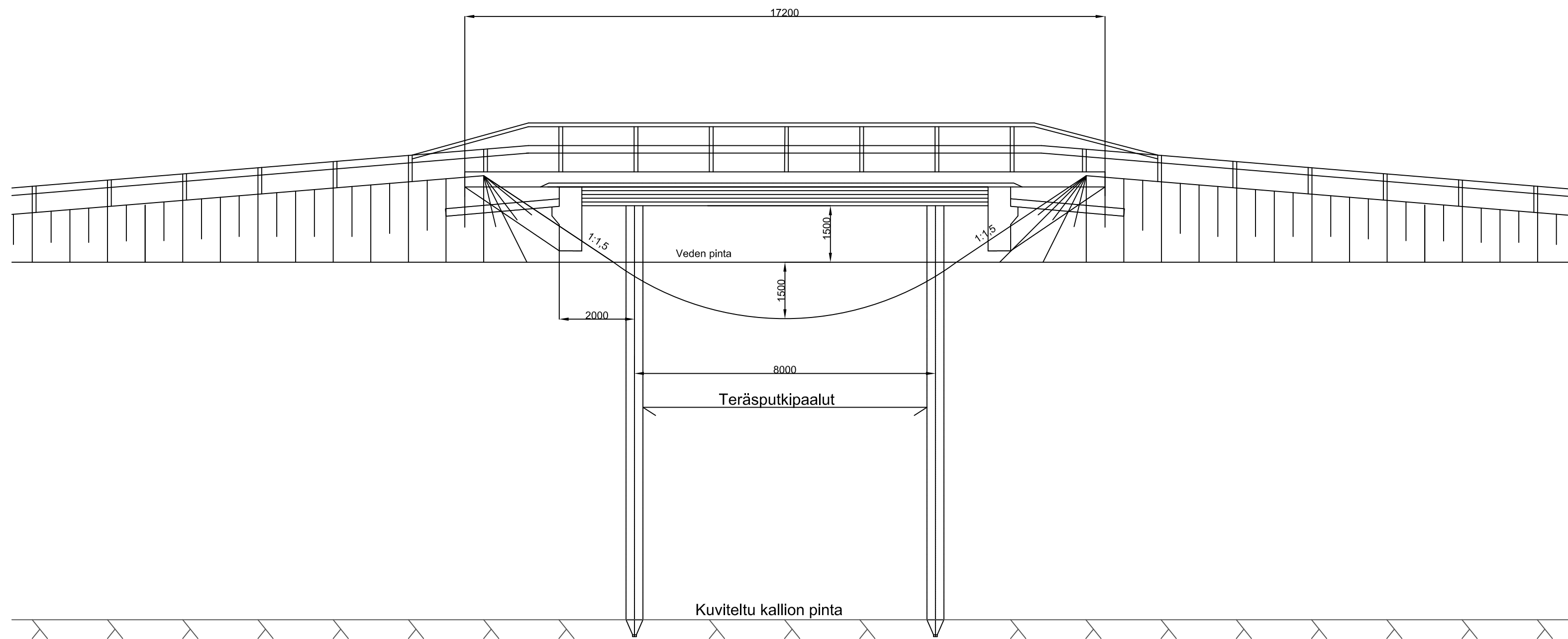
PAINOKAIRAUS

Kärjen syvyys m	Painuma m	Kuormitus kN	Puolik. lukumäärä	Arvioidut maalajit	Huom. kuivakuori, routaraja, alkukairaustapa ja -syvyys, vedenpinta, näytteet, tauot, kairausyritykset ja kallio
9.06					
	—	0,5	—		
	0,11	0,55	—		
	0,025	0	—		
9,195					
Kairauksen päätyminen:		määräsyv. kivi tai lohcare		tiivis maakerros kivi, lohcare tai kallio	kallio

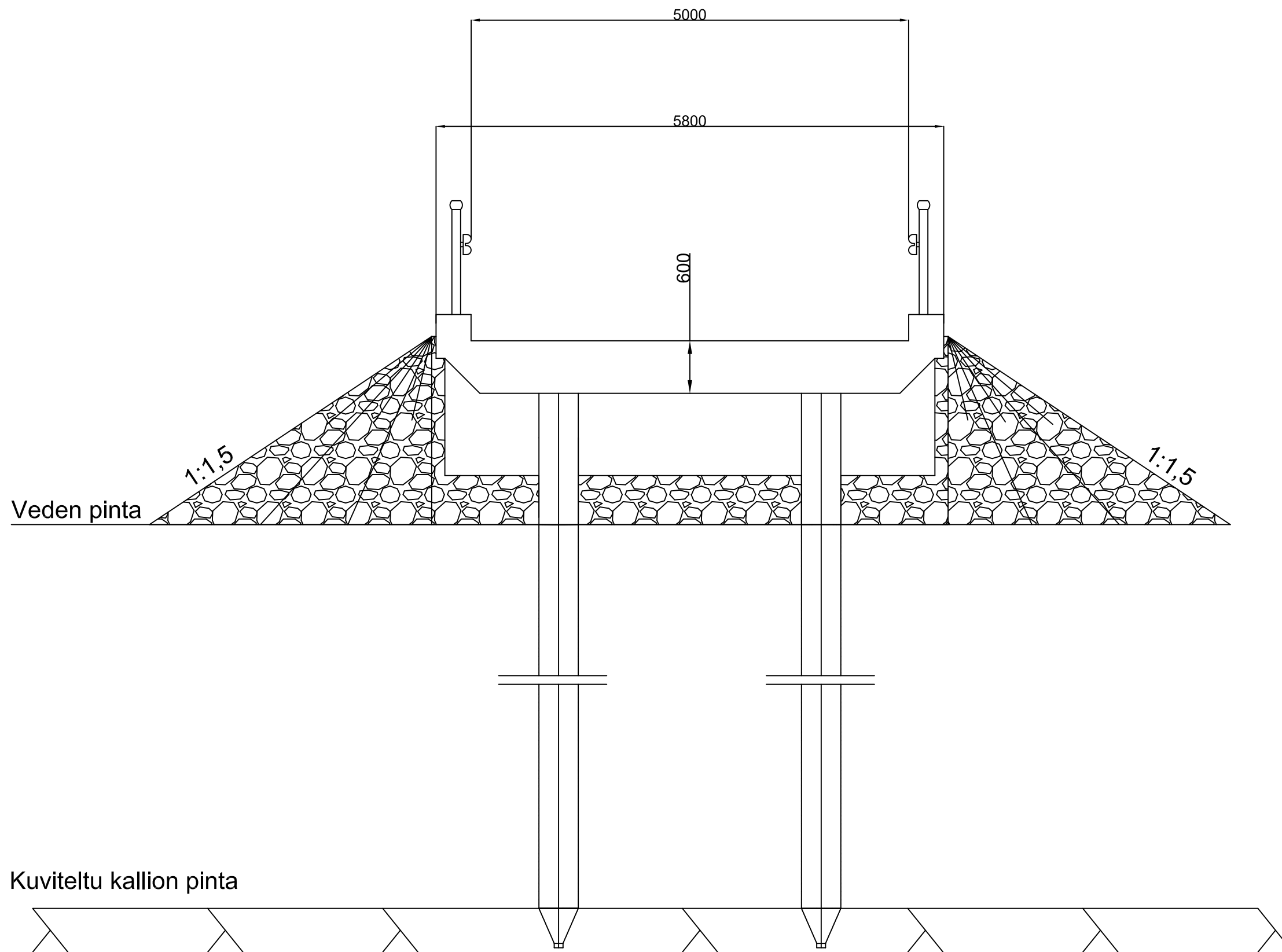
Kairusta 4,45 m (2012-02-13-008)



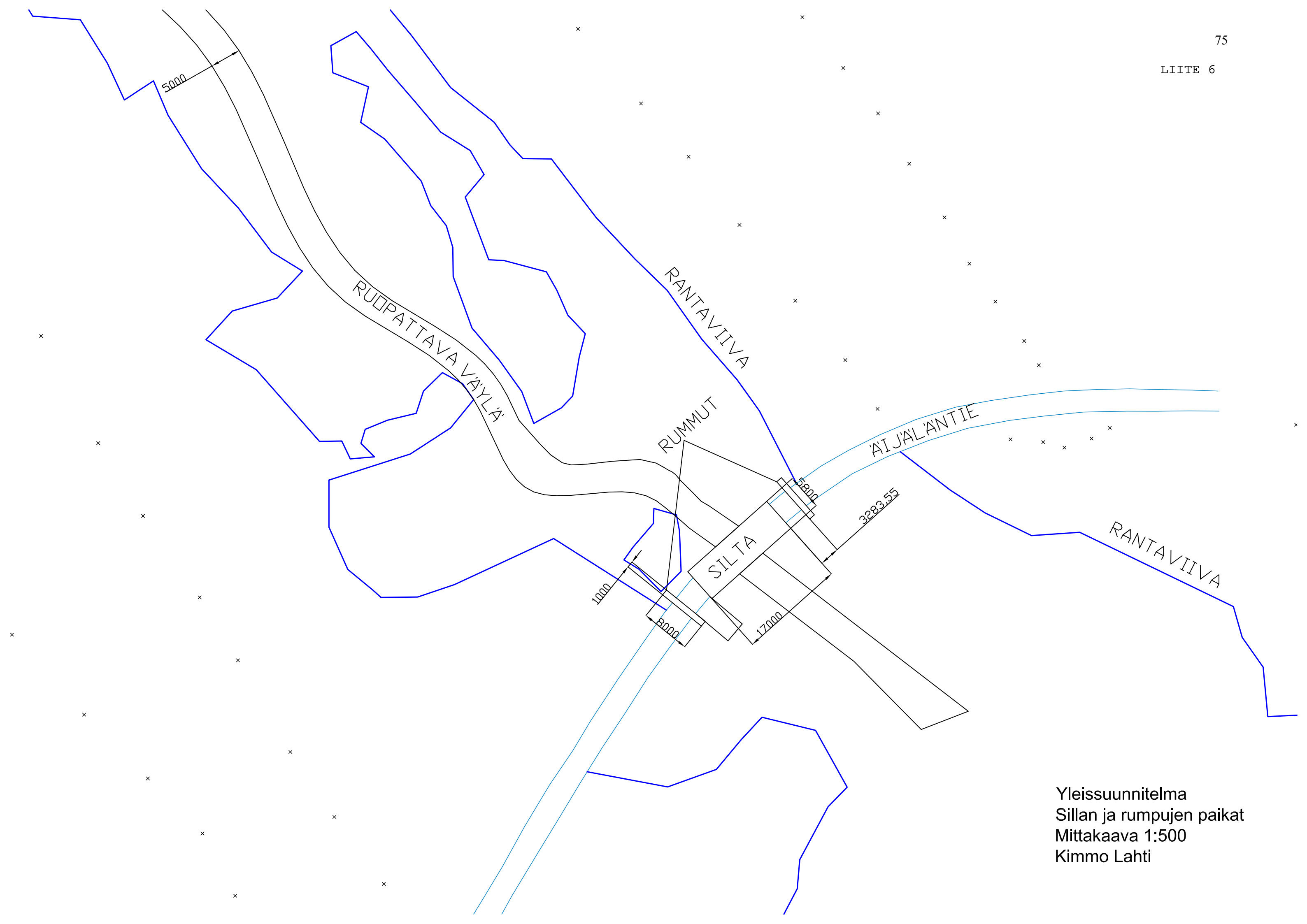
Numero	607	Kairaustapa	PAKL
X	6809812.620 3	Mittakaava	1:100
Y	2473946.754 3	Päivä	13.02.2012



Teräsbetoninen ulokelaattasilta
Pituusleikkaus
Mittakaava 1:100
Markus Lindegren



Teräsbetoninen ulokelaattasilta
Poikkileikkaus
Mittakaava 1:50
Markus Lindegren



Yleissuunnitelma
Sillan ja rumpujen paikat
Mittakaava 1:500
Kimmo Lahti

H (Häme)

Leipojanlahti

/Pirkkala

Suunnitelman numero

Sillan kustannusarvio

Teräsbetoninen ulokelaattasilta (Bul)

Jännemitta (m)	8
Hyödyllinen leveys (m)	5
Vapaa-aukko (m)	7,55
Vinous (gon)	0
Kokonaispituus (m)	17,02
Kannen pituus (m)	17,02
Suunnittelukuorma	

Rakenneosien numerointi

- 000 Koko silta
- 300 Tuet
- 400 Päällysrakenne
- 600 Varusteet ja laitteet

Suunnittelutoimisto

SUUNNITTELIJA

Laati:

Tarkasti:

TILAAJA

Tarkastus

Hyväksyntä

<i>Littera</i>	<i>Kustannuksen laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yks</i>	<i>Yks hinta</i>	<i>Kustannus</i>	<i>Summa</i>
7110	SILTOJEN PERUSKUOPPIEN KAIVUT JA LOUHINNAT					
7111	Kaivu ilman tuentaa	120	m3ktr	4,2	504,00	504,00
7120	MAARAKENTEET JA TÄYTTÖTYÖT					
7124	Perustamistason yläpuoliset täytöt	97	m3rtr	10	970,00	970,00
7130	SILTOJEN PAALUTUKSET					
7133	Teräspaalut					
	- teräspalkkipaalut					
	- - ø 500	52	m	185	9 620,00	
	- - kalliokärki ø 500	4	kpl	420	1 680,00	11 300,00
7170	PÄÄLLYSRAKENTEET					
7171	Teline- ja muottityöt					
	- Telineiden pystytys ja purkaminen					
	- - vesistösilta Va < 20 m	100	m2	47	4 700,00	
	- Muottien pystytys ja purkaminen					
	- - paikalla valetut betonisillat	120	m2	35	4 200,00	
7172	Raudoitustyöt					
	- betoniteräs A500HW	7150	kg	0,85	6 077,50	
7174	Betonointityöt					
	- Massan hankinta					
	- - betoni K35	65	m3	72	4 680,00	
	- - pakkasenkestävyys P20	65	m3	12	780,00	
	- Betonointi	65	m3	19	1 235,00	21 672,50

<i>Littera</i>	<i>Kustannuksen laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yks</i>	<i>Yks hinta</i>	<i>Kustannus</i>	<i>Summa</i>
7180	KANNEN PINTARAKENTEET					
7181	Eristys					
	- - kaksinkertainen, aluskermi paineentatasauskerminä	85,1	m2	15	1 276,50	
7182	Suojakerros					
	- suojabetoni 5 cm	85,1	m2	15	1 276,50	
7185	Muu päällyste					
	- täyte murskeesta	12,8	m3	17	217,60	2 770,60
7190	SILLAN VARUSTEET JA LAITTEET					
7191	Liikuntalaitteet					
	- Laakerit					
	- - kumipesälaakerit paikalleen asennettuna, kiinteä laakeri					
	- siirtymälaatat	3	m3	250	750,00	
7192	Vedenjohtolaitteet					
	- tippuputket	8	kpl	17	136,00	
7193	Suojalaitteet					
	- - harva kaide (H1)	96	m	67	6 432,00	
	- - vinot päät (4 m)	4	kpl	335	1 340,00	8 658,00

<i>Littera</i>	<i>Kustannuksen laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yks</i>	<i>Yks hinta</i>	<i>Kustannus</i>	<i>Summa</i>
	Rakennuskustannukset (i = 104)					45 875,10
600	Työmaan yhteiskustannukset 25%					11 468,78
	Sillan kustannukset (i = 104)					57 343,88
	Kustannustason noususta aiheutuva muutos					17 754,55
	Pyöristys					1,58
	Sillan kustannukset (i = 136,2)					€ 75 100,00

<i>Littera</i>	<i>Kustannuksen laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yks</i>	<i>Yks hinta</i>	<i>Kustannus</i>	<i>Summa</i>
----------------	---------------------------	--------------	------------	------------------	------------------	--------------

Tietöiden rakennuskustannukset (i = 104)

600 Työmaan yhteiskustannukset 25%

Tietyöt siltapaikalla (i = 104)

Kustannustason noususta aiheutuva muutos

Pyöristys

Tietyöt siltapaikalla (i = 136,2)

€

Sillan kokonaiskustannus (i = 136,2)

€ 75 100,00

YHTEENVETO JA ARVONLISÄVEROA KOSKEVA ERITTELY

Sillan kustannukset

- ilman arvonlisäveroa
- arvonlisävero

75 100,00 €
17 273,00 €

Tietyöt siltapaikalla

- ilman arvonlisäveroa
- arvonlisävero

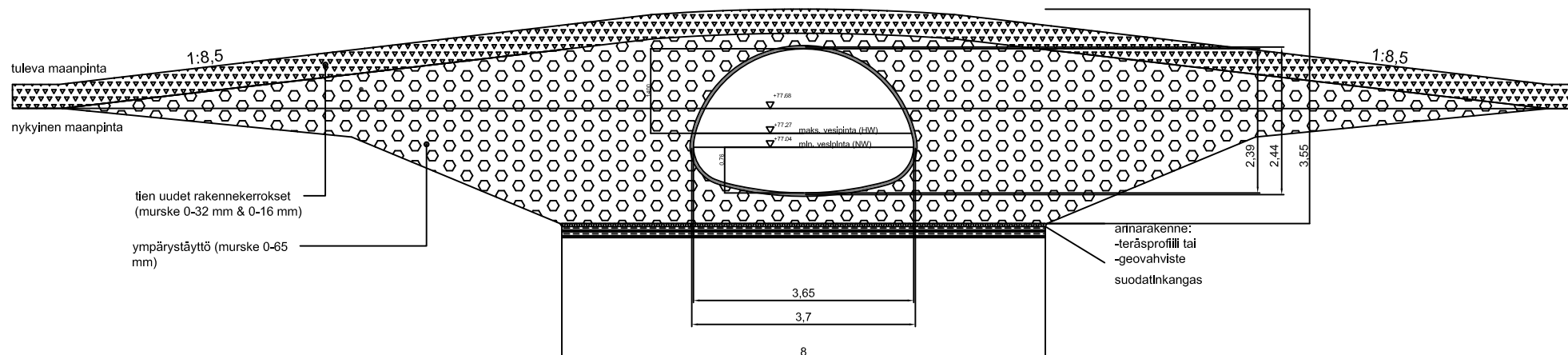
€
€

Sillan ja siltapaikan tietöiden kustannukset

- ilman arvonlisäveroa
- arvonlisävero

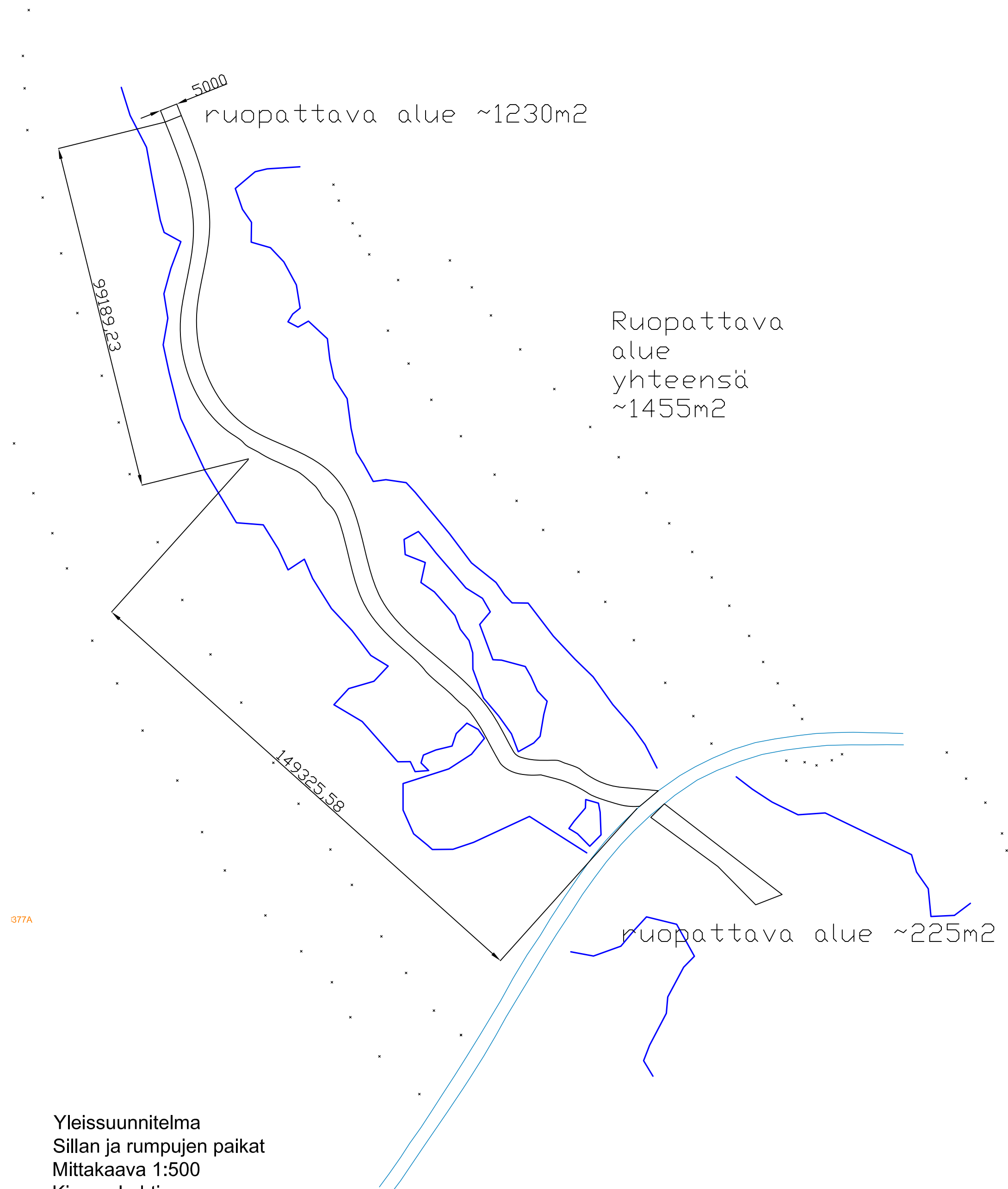
75 100,00 €
17 273,00 €

Kustannukset eivät sisällä rakennuttamiskustannuksia

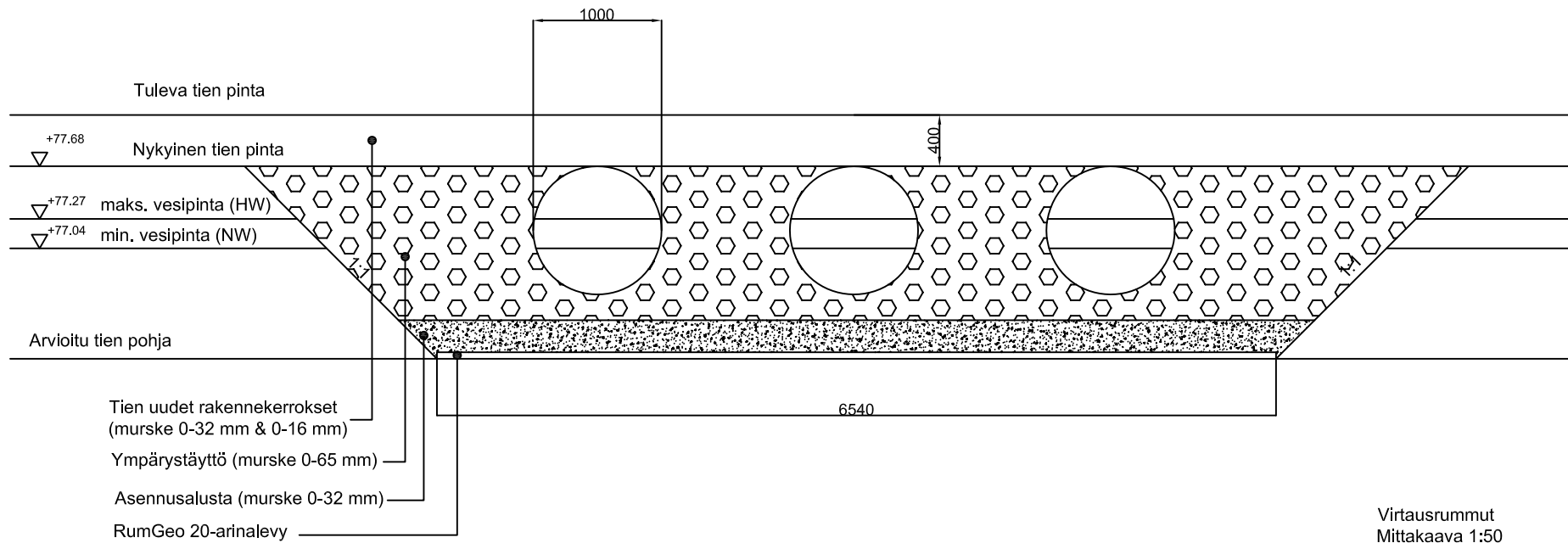


Putkisilta
Poikkileikkaus
Mittakaava 1:100
Kimmo Lahti

RUOPPPAUS



Yleissuunnitelma
Sillan ja rumpujen paikat
Mittakaava 1:500
Kimmo Lahti



Rumpuputkien kustannukset

Putki (Polymeeripinnoitettu teräsputki, Miranet) $200\text{€}/\text{m} * 8\text{m} \approx 1\ 600\text{€} * 1,23 = 2000\text{€} * 3\text{kpl} = 6000\text{€}$

Tarvittava mursketäyttö 0-60 $62\text{m}^3 * 2,2 = 135\text{tn} * 10\text{€}/\text{tn} = 1350\text{€}$

Kaivuu $12\text{m}^2 * 6,5\text{m} = 78\text{m}^3$

työryhmän tuntikustannukset

1 x KKH 65€/h

1 x RAM 25€/h

1 x KA 55€/h

YHT **145€/h**

Putken asentamiseen tarvittava aika on noin kaksi työvuoroa.

$$16\text{h} \cdot 145\text{€/h} = 2320\text{€} \sim 2400\text{€}$$

Arinalevy ja suodatinkangas 500€

YHTEISKUSTANNUS

$$6000\text{€} + 1400\text{€} + 2400\text{€} + 500\text{€} = \mathbf{10\ 300\text{€}}$$