

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Infratekniikka

2019

Matias Kylliäinen

SALON JYLYNJÄRVEN POHJAPATO

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntateknikka, Infrateknikka

Helmikuu 2019 | 58 sivua | 23 liitesivua

Ohjaaja: DI Pirjo Oksanen

Matias Kylliäinen

SALON JYLYNJÄRVEN POHJAPATO

Salon jylynjärven pohjapato on yli 60 vuotta vanha järven säännöstelyä varten rakennettu pohjapato, joka on aikojen saatossa rapistunut ja mahdollisesti painunut. Nyt patoa on suunniteltu korjattavaksi. Keskeisimpinä asioina on järven säännöstely ja padon kynnyksen korkeus. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja esitellä menetelmiä ja vaihtoehtoja pohjapadon korjaamiselle ja parantamiselle.

Jylynjärven padon alueella tehtiin maastotutkimuksia, joihin sisältyivät siipi- ja painokairaukset sekä alueelta otettujen maanäytteiden tutkimukset. Padon ja lasku-uoman alueelta tehtiin korkeusmittaukset. Padon ja sen perustusten kuntotutkimus- ja mahdollisia korjausmenetelmiä käytiin läpi ja niiden perusteella ideoitiin neljä erilaista korjaustapaa: padon puuosan korjaus, uuden padon valaminen sijaintipaikalla, uuden padon rakentaminen betonielementeistä ja uuden padon rakentaminen kokonaan teräsponsteista.

Vaihtoehtoista päädyttiin ratkaisuun, jossa padon puinen osa korjataan, mutta betoninen osa jätetään ennalleen.

ASIASANAT:

pohjapato, vedenpinnan säännöstely, kuntotarkastus, korjaussuunnitelma

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Building and Urban Engineering, Infrastructure Engineering

February 2019 | 58 pages, 23 appendices

Instructor: Pirjo Oksanen, M. Sc

Matias Kylliäinen

THE OVERFLOW DAM OF SALO JYLYNJÄRVI

The overflow dam of Jylynjärvi is a weir built over 60 years ago for lake regulation which has crumbled over time and possibly sunk. Now the dam is designed to be repaired. The key elements are the regulation of the lake and the threshold of the dam. The purpose of this thesis is to study and present methods and alternatives for repairing and improving the weir.

Field surveys were carried out in the Jylynjärvi dam area which including wing and weight drilling and research of soil samples taken from the area. Land surveying measurements were conducted from the dam and bed area. The research and possible repair methods for the condition of the dam and its foundations were reviewed and four different repair methods were proposed. The repair methods were: repairing the wooden part of the dam, building a new dam on site, building a new dam from concrete elements, and building a new dam entirely from steel walls.

The alternatives resulted in a solution to repair the wooden part of the dam, but leave the concrete part intact.

KEYWORDS:

overflow dam, weir, regulation of water elevation, condition inspection, repair plan

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	8
2 VESISTÖN SÄÄNNÖSTELY	10
3 SALON JYLYNJÄRVI	12
3.1 Nykytilanne	12
3.2 Säätöhistoria	14
3.3 Sidosryhmät	14
4 MAASTOTUTKIMUKSET	16
4.1 Maastotiedot	16
4.2 Pohjatutkimukset ja perustamistapalausunto	18
4.3 Padon rakenteet	22
4.4 Padon suotovirtausten selvittäminen	27
4.5 Lasku-uoma	27
5 PADON KUNNON MÄÄRITTÄMINEN	29
5.1 Betonin laatu	29
5.2 Rakenteen kunnon selvittäminen	29
5.2.1 Tyypilliset vauriot	29
5.2.2 Betonin rapautuminen (pakkasrapauma)	29
5.2.3 Biologiset rasitukset	30
5.2.4 Halkeilu	30
5.3 Tutkimusmenetelmät	31
5.3.1 Periaate	31
5.3.2 Silmämääräinen kartoitus	31
5.3.3 Vasarointi	32
5.3.4 Kimmovasaratutkimus	32
5.3.5 Näytteenotto	33
5.3.6 Vetolujuuden määrittäminen laboratoriotutkimuksella	33
5.3.7 Mikrorakennetutkimus	33
6 POHJAPADON PARANTAMISVAIHTOEHDOT	34
6.1 Betonin korjausmenetelmät	34
6.1.1 Laastipaikkaus	34

6.1.2 Korjaus betonoimalla	34
6.1.3 Materiaali	35
6.1.4 Muotit	35
6.2 Maaperän kantavuuden parantaminen	35
6.2.1 Kantavuuden parantamisen tarve	35
6.2.2 Lyötävät teräspaalut	36
6.2.3 Porattavat paalut	37
6.2.4 Suihkuinjektointi	37
6.2.5 Massanvaihto	38
6.2.6 Pintatiivistys	38
6.2.7 Injektointi	39
6.2.8 Stabilointi	39
6.2.9 Lujitekankaat	40
6.3 Tukiseinät	40
6.3.1 Käyttö	40
6.3.2 Teräsponttiseinät	40
6.3.3 Porapaaluseinät	41
6.3.4 Combi-seinät	42
6.4 Korvaavat rakenteet	43
6.4.1 Tarkoitus	43
6.4.2 Uusi betoninen pato ja porapaaluponttiseinät	43
6.4.3 Pato ponttiseinistä	44
7 VAIHTOEHDOT PADON KORJAAMISELLE	46
7.1 Puuosan uusiminen	46
7.2 Uusi betonipato ja teräspaaluperustus	47
7.3 Uusi betonielementtipato ja teräspaaluperustus	49
7.4 Pato teräsponttiseinistä	49
8 UOMAN KORJAUS	51
9 JÄRVEN RUOPPAUS	53
9.1 Säädökset ja asetukset	53
9.2 Ruoppausmassojen sijoittaminen	54
9.3 Työn ajankohta	54
9.4 Ruoppauksen haitat ja niiden välttäminen	54
9.5 Ruoppaustapa	55

10 JOHTOPÄÄTÖKSET	57
--------------------------	-----------

LÄHTEET	58
----------------	-----------

LIITTEET

- Liite 1. Maastomittaukset ja korkeuskäyrät.
- Liite 2. Detalji maastomittauksista.
- Liite 3. Kairaukset A.
- Liite 4. Kairaukset B.
- Liite 5. Vaihtoehdon 1 kustannusarvio.
- Liite 6. Vaihtoehdon 2 kustannusarvio.
- Liite 7. Vaihtoehdon 3 kustannusarvio.
- Liite 8. Vaihtoehdon 4 kustannusarvio.
- Liite 9. Kuivatyön (puuponteilla) kustannusarvio.
- Liite 10. Kuivatyön (teräsponteilla) kustannusarvio.
- Liite 11. Jylynjärven pohjapadon korjauksen työtapaohje.

KUVAT

Kuva 1. Järven sijainti.	12
Kuva 2. Jylynjärvi ilmakuvassa, padon sijainti ja lasku-uoman alkamispaikka on ympyröity punaisella.	13
Kuva 3. Korkeuskäyrät ja mittauspisteet yhdistettynä ilmakuvaan alueesta.	17
Kuva 4. Tehdyt maastomittaukset ja korkeuskäyrät.	18
Kuva 5. Kairauspaikat (ympyröity punaisella). Uoman eteläpuolella tehtiin painokairaus 1. Kairaukset 2 ja 3 tehtiin uoman pohjoispuolelta viimeksi mainitun ollessa idempänä.	19
Kuva 6. Siipikairaustulos. Tuloksen perusteella maa on löyhää savea ja huonosti kantavaa. Kairausta kuitenkin haittasi maan humuspitoisuus, joka vääristää mittaustulosta.	19
Kuva 7. Siipikairaus ja painokairaus 3. Vaakaviivojen väli vastaa viiden metrin matkaa.	20
Kuva 8. painokairaus 1.	20
Kuva 9. painokairaus 2.	20
Kuva 10. Pato helmikuussa 2018 eteläpuoleltakatsottuna. Padon puinen harjaosa on vain hieman lasku-uoman vedenpinnan yläpuolella.	23
Kuva 11. Pato lokakuussa 2018. Lasku-uomanpuoleinen kiviverhous on nähtävissä veden ollessa alhaalla.	23
Kuva 12. Pato lokakuussa 2017 tulvan aikaan.	24
Kuva 13. Padon sivurakenteet. Puuosat ovat voimakkaasti lahonneet.	24
Kuva 14. Padon betoninen osa edestä alkuperäisten piirustusten mukaan.	25
Kuva 15. Pato ja kiviverhous ylhäältä alkuperäisten piirustusten mukaan. Lasku-uoman edessä olevan kiviverhouksen on mitoitettu kattamaan lasku-uoman leveys heti padon alapuolelta. Padon betoninen osa näkyy kuvassa katkoviivalla.	25
Kuva 16. Padon ja perustusten poikkileikkaus alkuperäisten piirustusten mukaan.	26

Kuva 17. 3d-mallinnus nykyisestä padosta.	26
Kuva 18. Tulouoma tulvii usein, jolloin taustalla näkyvä metsikkö jää osittain veden alle.	27
Kuva 19. Paaluperustuksen periaate.	37
Kuva 20. U- ja Z-profiilien geometriat.	41
Kuva 21. Porapaaluseinä rakenne. Paalut ovat lukolla kiinni toisissaan.	42
Kuva 22. Combi-seinän rakenne. Paalujen väliin jäävät U-profiilin teräspontit	43
Kuva 23. Ponttipadon periaate.	45
Kuva 24. Padon puuosa uusitaan ja padolle tehdään siivekkeet teräsponteista.	47
Kuva 25. Uusi paaluilla tuettu pato.	48
Kuva 26. Pato alhaalta nähtynä.	48
Kuva 27. Valmis ponttipato edestä.	50
Kuva 28. ponttipato sivulta. Ponttien väli täytetään soralla.	50
Kuva 29. Pato lasku-uomalta nähtynä.	51
Kuva 30. Uomaan laskeva oja.	52
Kuva 31. Liikakasvustosta raivattu lasku-uoma.	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Korkeusmittaukset 2.2018.	16
Taulukko 2. Maanäytteiden vesi- ja humuspitoisuudet.	21

1 JOHDANTO

Salon Jylynjärven pohjapato on yli 60 vuotta vanha järven säännöstelyä varten rakennettu pohjapato, joka on aikojen saatossa rapistunut ja mahdollisesti painunut. Nyt patoa on suunniteltu korjattavaksi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Jylynjärven pohjapadon kunto sekä tehdä tarpeellisia maastomittauksia lasku-uomasta, padon ja järven ympäristöstä ja padon rakenteista. Opinnäytetyössä selvitettiin pohjapadon mahdolliset parantamistavat ja korjaustavat. Työn keskeisenä kriittisimpänä osana oli toimiva järven säännöstely.

Vesistön säännöstelyssä vedenkorkeuksia ja virtaamia muutetaan pato- tai vesivoimalaitosrakenteiden avulla ja siten edistetään vesistön käytölle ja hoidolle asetettuja tavoitteita. Suomessa on noin 240 vesistön säännöstelyhanketta, joissa on mukana yli kolmesataa järveä. Tämä vastaa noin kolmannesta Suomen järvipinta-alasta. Valtaosa säännöstelyistä on suunniteltu ja aloitettu 1950–1970-luvuilla. Sittemmin vesistöihin liittyvät odotukset ja arvostukset ovat muuttuneet. Säännöstelyjen kehittämisessä pyritään ottamaan huomioon eri tahojen usein ristiriitaisetkin näkemykset. Vesiympäristölle ja virkistyskäytölle aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia on usein pystytty lieventämään. Myös tulva- ja kuivuusriskien hallintaa voidaan edelleen parantaa. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Ympäristö, 2018)

Vesistön säännöstelyyn tarvitaan vesilain mukainen lupa. Lupaehdoissa määritetään vedenkorkeudelle ylä- ja alarajat sekä useimmiten rajaehdoja myös virtaamalle. Säännöstelyluvan haltija noudattaa luvassa asetettuja lupaehdoja. Luvanhaltijana on usein esim. voimayhtiö, kunta tai säännöstely-yhtiö. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) huolehtivat valtion vastuulla olevista säännöstelyistä sekä valvovat lupaehtojen noudattamista. Aluehallintovirastot (AVI) myöntävät vesilain mukaisen säännöstelyluvan. (Ympäristö, 2018)

Pohjapadon korjaaminen on hyvin tapauskohtaista. Suurten patojen parannus- ja korjausmenetelmistä ja erityisesti betonin kunnon määrittämisestä ja korjaamisesta on olemassa paljon tietoa. Jylynjärven pohjapadon kokoisesta padosta ja sen korjaamisesta on kuitenkin hyvin vähän dokumentoitua tietoa ja siksi monista lähteistä löytyviin tietoihin onkin suhtauduttava varauksella.

Fokuksena padon toimivuudelle on kyky säännöstellä järven pintaa. Muut asiat, kuten lietteen ja ravinteiden kulkeutumisen estäminen ovat toisarvoisia. Työ- ja korjausmenetelmät tulee valita juuri tätä asiaa silmällä pitäen. Valittaessa työmenetelmiä padon ja sen ympäristön parantamiselle pitää ottaa myös huomioon kustannukset ja työmenekit. Tiettyjä menetelmiä ei ehkä kannata harkita, mikäli niiden aiheuttamat kustannukset ovat suuresti ristiriidassa hankkeen kokoon ja tärkeyteen nähden.

2 VESISTÖN SÄÄNNÖSTELY

Vesistön säännöstelyssä on kyse tietyntylaisesta veden virtaaman ja korkeuden hallinnasta. Säännöstely sisältyy yleensä lupakokonaisuuteen, jossa on mukana useita erilaisia vesitalouslupaa edellyttäviä hankkeita, kuten patojen rakentamista, vesistön perkaamista ja vesivoiman hyödyntämistä. Säännöstelylupiin liittyy lähes poikkeuksetta kysymyksiä luvan hakijan oikeudesta käyttää toisten omistamia alueita. Vesistön säännöstely on hanketyyppi, jolle on tunnusomaista virtaaman ja vedenkorkeuden jatkuva säätely kulloisenkin vesitilanteen mukaan. Säännöstelyä koskevia säännöksiä ei sovelleta pysyvää vedenkorkeuden muuttamista tarkoittaviin hankkeisiin. (Vesilaki 27.5.2011/587)

Säännöstelynä pidetään muuta kuin vähäistä virtaaman ja vedenkorkeuden jatkuvaa säätelyä sekä veden jatkuvaa juoksuttamista vesistöstä tai sen osasta toiseen. "Jatkuva säätely" ja "muuta kuin vähäistä" ovat avoimia säännöksiä, joiden sisältö määräytyy aiemman oikeuskäytännön kautta. Hanke, joka ei sovi säännöstelyn määritelmään, voi edellyttää vesitalousluvan yleistä luvanvaraisuutta koskevan säännöksen perusteella. Säännöstely liittyy yleensä vesivoiman hyödyntämiseen, vesiliikenteeseen, vedenhankintaan, vesiympäristön suojeluun, tulvasuojeluun tai muuhun niiden kaltaiseen hyödylliseen toimintaan. Vesilain säännökset eivät kuitenkaan sinällään rajaa soveltamisalan ulkopuolelle mitään toimintaa tai tarkoitusta. (Vesilaki 27.5.2011/587)

Vesilain 9 §:n mukaan vesistöön tehdyn rakennelman omistajan on pidettävä rakennelma sellaisessa kunnossa, ettei siitä aiheudu vaaraa taikka yleistä tai yksityistä etua loukkaavia vahingollisia tai haitallisia seurauksia. (Vesilaki 27.5.2011/587)

Ilman lupaviranomaisen lupaa ei saa poistaa rakennelmaa, joka vaikuttaa vedenkorkeuteen tai vedenjuoksuun. Luvan myöntämisen edellytyksenä on, että rakennelman poistaminen ei merkittävästi loukkaa yleistä tai yksityistä etua. Rakennelman poistamista koskevaan päätökseen on liitettävä yleisen tai yksityisen edun turvaamiseksi tarpeelliset määräykset. Poistamisesta johtuva edunmenetys on korvattava. Sillä, joka ei ole osallistunut hankkeen kustannuksiin, ei kuitenkaan ole oikeutta saada korvausta poistettavasta rakennelmasta johtuneen edun menettämisestä. (Vesilaki 27.5.2011/587)

Tämä säädös ei vain mahdollista suunnitelmien mukaista padon korjaamista ennalleen, vaan myös suoraan velvoittaa siihen. Lisäksi pykälässä 10 todetaan:

10 §:n mukaan noron, ojan tai altaan omistaja ei saa estää tai muuttaa veden vapaata juoksua uomassa alapuolella olevan vahingoksi ilman tämän suostumusta. Suostumusta ei tarvita, jos uoman tai altaan omistajan oma käyttötarve vaatii hankkeen toteuttamista. Jos alempana

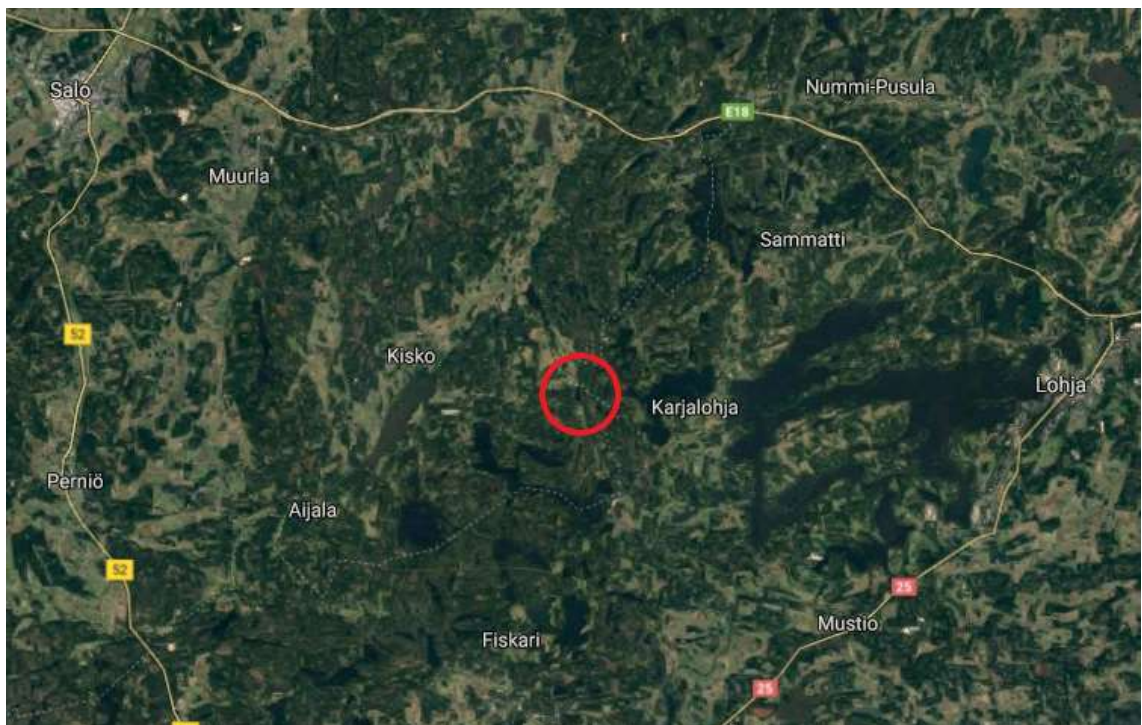
oleva ottaa uomasta vettä kiinteistökohtaista talouttaan varten, ei ylempänä oleva kuitenkaan saa käyttää sitä muuhun tarkoitukseen siinä määrin, että alempana olevan kiinteistökohtaista taloutta varten tarvittavan veden saanti estyy. (Vesilaki 27.5.2011/587)

3 SALON JYLYNJÄRVI

3.1 Nykytilanne

Jylynjärvi sijaitsee Salon kunnassa Etelä-Suomen läänissä. Järven pinta-ala on 27 hehtaaria ja rantaviiva on 2,37 kilometriä pitkä. Järvi on osa Kiskonjoen vesistöä. Se sijaitsee noin 76 kilometriä Turusta itään ja noin 74 kilometriä Helsingistä länteen entisen Kiskon kunnan alueella nykyisen Salon kaupungin ja Karjalohjan kunnan rajalla (kuva 1). Järven eteläpuolella kulkee maantie 186.

Vuosina 2015 ja 2016 tehtyjen vedensyvyys- ja pohjasedimenttikartoitusten perusteella Jylynjärven keskisyvyudeksi mittauslinjalla saatiin 140 cm, syvimmän kohdan ollessa 170 cm ja matalimman 85 cm. Järveen virtaa etelästä ja idästä puroja, joista tärkein on järven eteläpäätyyn laskeva hiljattain kunnostettu Varsaoja.



Kuva 1. Järven sijainti

Asutus sijoittuu pääosin järven itärannalle. Järven länsiranta on Fiskars Oyj:n omistuksessa. Muualla valuma-alueella on asutusta hieman enemmän. Pääosa alueesta on metsätalousmaata, osa siitä on ojikkoja tai luonnontilaista suomaata. Valuma-alueella on

toteutettu hakkuita. Maatalousmaaksi luokiteltavaa maata on ranta-alueen läheisyydessä pohjoisessa ja etelässä. Ainakin eteläpuolen peltoalueilla viljely on loppumassa. Pääosa peltoalueista on nurmella. Valuma-alueella ei sijaitse kuormittavaa teollisuutta. (Ahopelto ym. 2016)

Järven pohjoiskärjen ympäristössä, missä pato ja lasku-uoma sijaitsevat (kuva 2), on peltoalueiden ulkopuolella kasvillisuus kuusi- ja lehtipuuvältaista tuoretta kangasta. osin korpimaista, kosteaa ja selvästi ajoittain tulvivaa. Maapuita on jonkin verran. Lasku-uoman padon ympäristö on myös merkitty SL-alueeksi. Järven pohjoisrannalla on rannan läheisyydessä pihapiirejä ja taustalla vielä aktiivikäytössä olevaa peltoaluetta. Ranta on tällä alueelle soistuva ja korpiluhtainen. Rantaruovikko kiertää rantaa vyöhykkeenä. (Ahopelto ym. 2016)



Kuva 2. Jylynjärvi ilmakuvassa, padon sijainti ja lasku-uoman alkamispaikka on ympyröity punaisella

Jylynjärven virkistyskäyttöä haittaa järven liettyminen ja umpeen kasvaminen. Matala savipohjainen järvi on ihanteellinen kasvualusta ruokokasveille ja siksi erityisesti järven pohjoispää on liettynyt ja kasvamassa umpeen. Umpeen kasvaminen on virtauksen kannalta ongelmallista erityisesti lähellä patoa. Liian tiheä kasvusto haittaa veden virtausta sekä huonontaa kalaston ja linnuston elinolosuhteita. Järven umpeen kasvamisen vuoksi lisääntyntä vesikasvillisuutta voidaan hillitä niittämällä tai ruoppaamalla virkistyskäyttömahdollisuuksien ja maisema-arvojen parantamiseksi.

3.2 Säännöstelyn historia

Vuonna 1955 hyväksytyn kuivaussuunnitelman mukaan Jylynjärven alajuoksulle päätettiin rakentaa kynnykskorkeudelle +6,60 pato, jolla järven keskimääräinen kesäveden korkeus saatiin halutulle tasolle. Valmiin padon kunnossapito siirrettiin asuinalueen osakkaiden vastuulle.

Vanhojen kokousasiakirjojen mukaan myöhemmin kynnykskorkeutta on nostettu korkeuteen +6,80 asentamalla betonisen osan päälle hirsi. Vuonna 1982 korkeus päätettiin kuitenkin palauttaa ennalleen poistamalla hirsi osakkaiden pyynnöstä. Jylynjärven ollessa pieni matala järvi vedenkorkeuden pudottaminen aiheutti vesikasvillisuuden lisääntymistä ja järven umpeen kasvamista. Maanomistajien ja asukkaiden välillä kehkeytyi erimielisyyksiä vedenpinnan tasosta. Hirsirakenne päätettiin palauttaa ja vedenkorkeus nostettiin tasolle +6,80. Tämän jälkeen padon betoniseen osaan on tehty pieniä korjauksia, joista mainittakoon halkeamien tilkitsemistä ja sivustojen tiivistystyöt.

N60-järjestelmässä nämä korkeudet merkitään: +6,60 = +35,28 ja +6,80 = +35,48

3.3 Sidosryhmät

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY) hoitaa valtionhallinnon alueellisia toimeenpano- ja kehittämistehtäviä Suomessa. keskuksen tehtävänä on kehittää ja tukeva taloudellista, sosiaalista ja ekologisesti kestävää hyvinvointia. Keskus tekee yhteistyötä kuivatus ja suojeluyhdistysten kanssa. ELY-keskuksen vastuualueeseen kuuluu ympäristönsuojelu, alueiden käytön ja rakentamisen ohjaus, luonnonsuojelu, ympäristön tilan seuranta, vesivarojen käyttö ja hoito. Esimerkiksi Jylynjärven säännöstelyyn ja patoon

liittyvissä asioissa ELY-keskus on ohjeistanut Jylynjärven kuivatus- ja suojeluyhdistyksiä mm. ympäristön- ja vesiensuojelun näkökulmasta.

Jylynjärven kuivatusyhtiö on hallinnoinut järven säännöstelyä koko padon olemassaolon ajan aina vuodesta 1955 asti. Yhtiö on laatinut järven kuivatussuunnitelman ja hoitanut tarvittavat maastomittaukset ja padon tarkistukset. Järven kunnosta ja viihtyisyydestä on vastannut vuonna 1982 alueen virkistyskäyttäjien perustama Jylynjärven Suojeluyhdistys. Suojeluyhdistys on toteuttanut mm. niittoja järven alueella.

4 MAASTOTUTKIMUKSET

4.1 Maastotiedot

Pato sijaitsee Jylynjärven lasku-uoman suulla järven pohjoispäädyssä. (Kuva 2) ympäröivä maasto on viljeltyä peltoa ja aivan uoman läheisyydessä on tiheäkasvuista kuusi-valtaista usein tulvivaa metsikköä. Järven länsipuolella noin 100 metrin päässä padosta maasto on kallioista ja kohoaa jyrkästi.

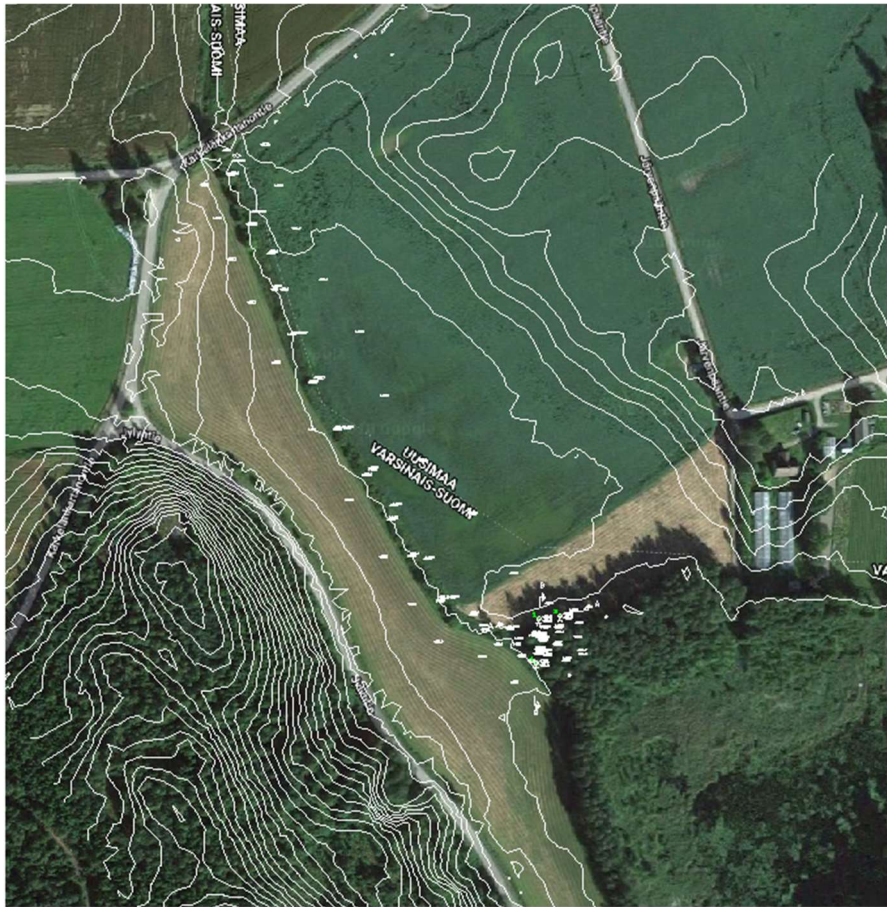
Lähinnä Jylynjärveä länsipuolella sijaitsee hiekka- ja sora-moreenivyöhyke. Pohjoisosassa maaperä on savea ja hiekkamoreenia. Itärannalla sijaitsee karkean hiedan alue ja järven eteläosissa maaperä vaihtuu saven, hienon hiedan ja hiekan alueiksi. Järveä ympäröivät laajat kallioalueet, joissa kallioperää peittää ohut moreenikerros. (Ahopelto ym. 2016)

Padon rakenteet ja lasku-uoman korkeusasemat kartoitettiin G24 koordinaatistoon. Korkeusjärjestelmänä käytettiin N2000-järjestelmää (kuvat 3 ja 4, liitteet 1 ja 2). Mitat otettiin sekä padon betonisen, että puisen osan päältä (taulukko 1). Mittausta jatkettiin lasku-uomaa pitkin noin 200 metrin matkalta. Mittauksen tarkoituksena oli selvittää uoman pituus- ja poikkileikkaukset sekä penkereiden korkeussuhteet.

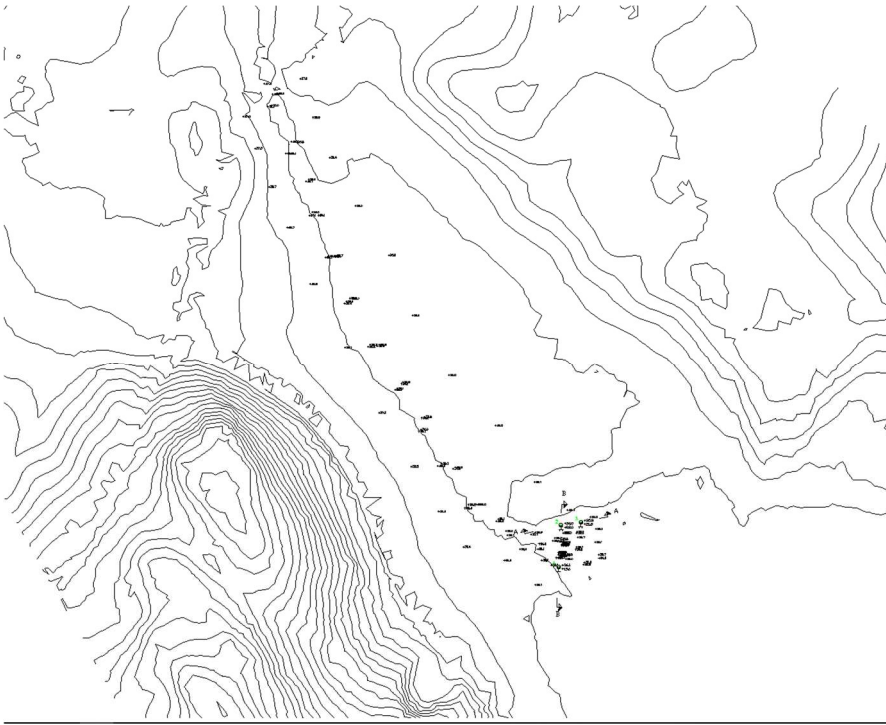
Taulukko 1. Korkeusmittaukset 2.2018

Järven pinta mittaushetkellä	+ 35,7
Betoninen osa, pohj. tulouoma	+ 35,5
Betoninen osa, pohj. lasku-uoma	+ 35,4
Betoninen osa, etelä, tulouoma	+ 35,4
Betoninen osa, etelä, lasku-uoma	+ 35,4
Puinen osa	+ 35,6
Maan pinta järven puolella:	
Pohjoisessa	+ 35,8 – 36,2
Etelässä	+ 34,8 – 35,8

Maastosta otettiin myös mitat noin 10 metrin päästä uomasta. Uoman länsipuolella maaston korkeudet olivat + 36,1 - 37,3, itäpuolella taas + 36,0 – 37,5 (kuvat 3 ja 4).



Kuva 3. Korkeuskäyrät ja mittauspisteet yhdistettynä ilmakehuvaan alueesta

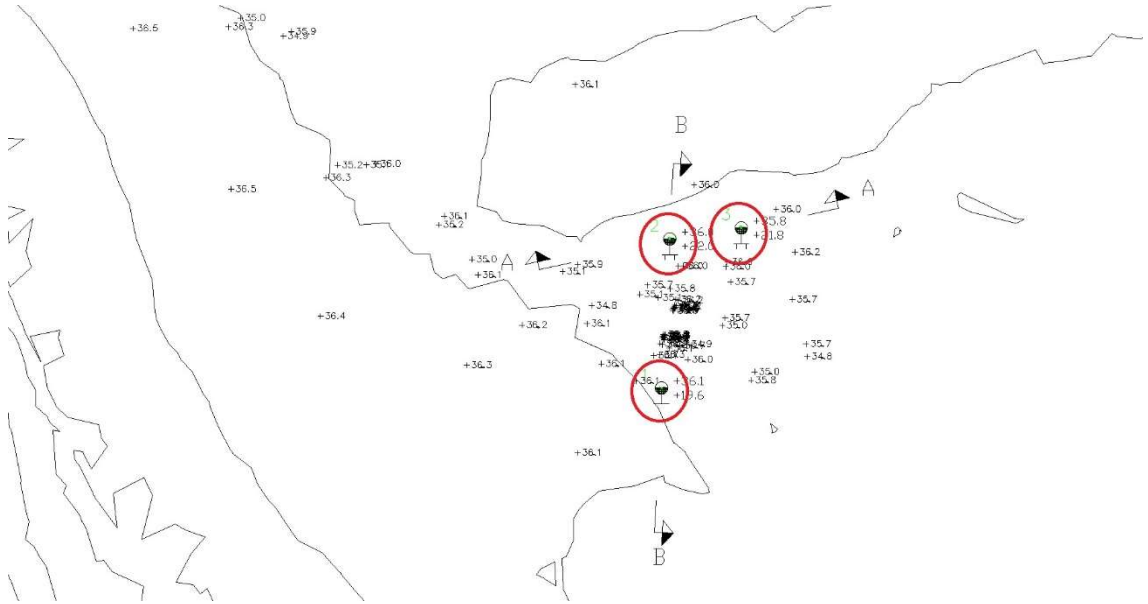


Kuva 4. Tehdyt maastomittaukset ja korkeuskäyrät

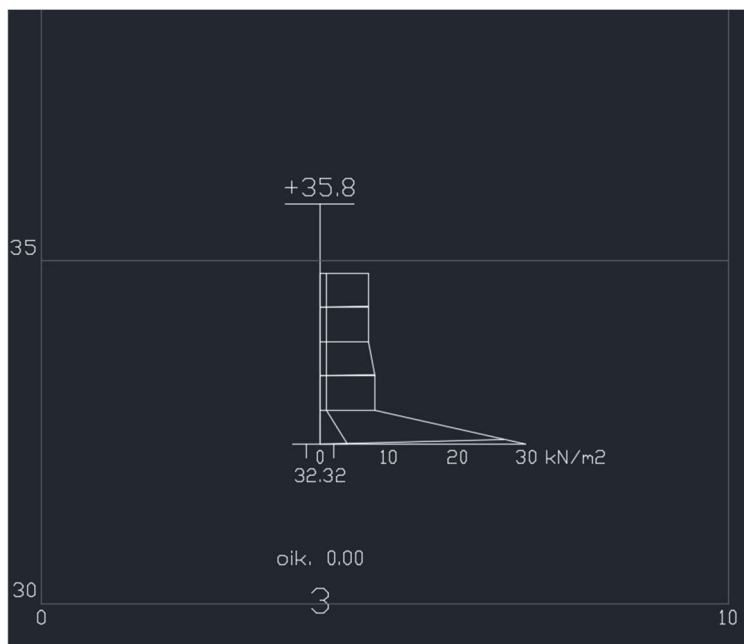
4.2 Pohjatutkimukset ja perustamistapalausunto

Padon lähellä tehtiin kolme painokairausta (kuva 5). Näistä kairauksista saatujen tulosten perusteella maaperä on joko löyhää savea tai silttiä noin 13 metrin syvyyteen (kuvat 7, 8 ja 9, liitteet 3 ja 4). Tämän alla on kestävämpää sora- ja moreenikerrosta. Kairauksen 3 perusteella maa on pehmeää savea ja silttiä kymmeneen metriin saakka. Tämän alla hieman kantavampaa soraa noin metri. Kova moreeni on tässä kohtaa 12,5 m syvyydessä. Kairaus 1 antaa samanlaisen tuloksen. Erona vain on, että maa on lohkarista 12 metrin syvyydessä, minkä jälkeen alkaa sorakerros. Painokairauksen 3 mukaan maa on savea ja siltti aina 13 metrin syvyyteen saakka, jonka jälkeen alkaa kova moreeni.

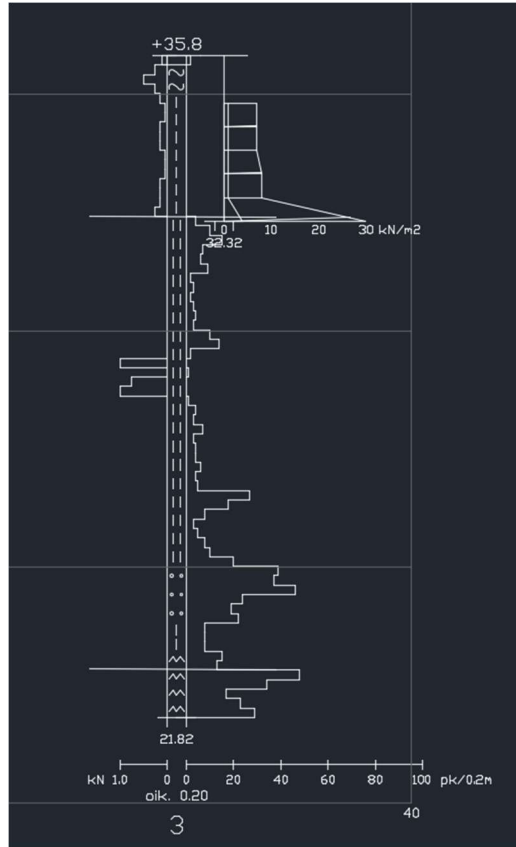
Painokairaus ei ole kaikkein paras kairaustyyppi pehmeän koheesiomaan määrittämiseen, ja siksi tulokset ovatkin suuntaa-antavia. Alueella tehty siipikairaus ei antanut luotettavaa tulosta maan turvepitoisuuden takia. Kuitenkin saadusta siipikairaustuloksesta voidaan kuitenkin päätellä maan olevan hyvin löyhää lähellä pintaa (kuva 6). Siipikairaus otettiin samasta pisteestä kuin painokairaus 3 (kuva 7).



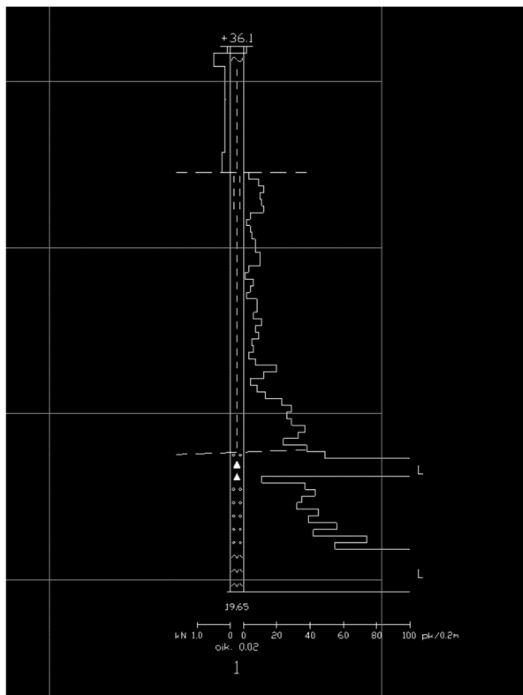
Kuva 5. Kairauspaikat (ympyröity punaisella). Uoman eteläpuolella tehtiin painokairaus 1. Kairaukset 2 ja 3 tehtiin uoman pohjoispuolelta viimeksi mainitun ollessa idempänä.



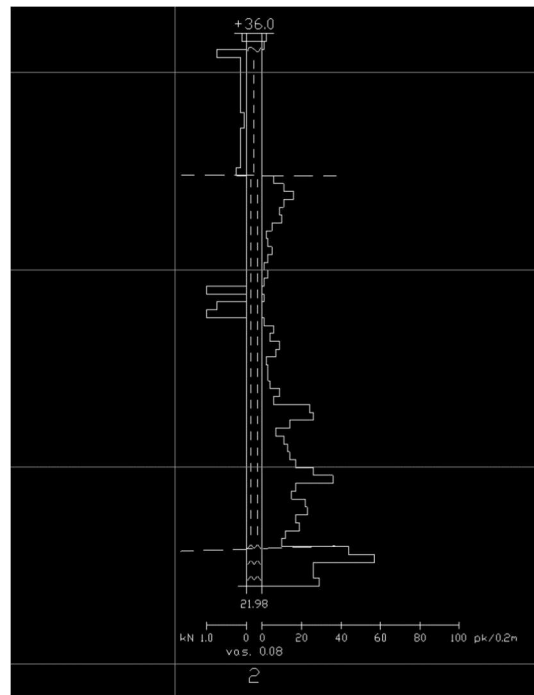
Kuva 6. Siipikairauستول. Tuloksen perusteella maa on löyhää savea ja huonosti kanta-
vaa. Kairausta kuitenkin häiritsi maan humuspitoisuus, joka vääristää mittaustulosta.



Kuva 7. Siipikairaus ja painokairaus 3. Vaakaviivojen väli vastaa viiden metrin matkaa.



Kuva 8. Painokairaus 1.



Kuva 9. Painokairaus 2.

Maaperästä otettiin maanäytteet neljältä eri syvyydeltä. Häirityistä maanäytteistä pystytettiin määrittämään vesi ja humuspitoisuudet sekä nimeämään maalajit (taulukko 2).

Taulukko 2. Maanäytteiden vesi- ja humuspitoisuudet

Näytteen syvyys	Vesipitoisuus %	Humuspitoisuus %
0,5 m	71	35
1,5 – 2 m	44	4
2,5 – 3 m	44	3
3,5 – 4 m	23	1

Nimetyt maalajit olivat:

- 0,5 m lieju
- 1,5 - 2 m liejuinen lihava savi (ljSa)
- 2,5 – 3 m liejuinen laiha savi (ljSa)
- 3,5 – 4 m savinen siltti (saSi)

Tarkastelemalla tuloksia voidaan todeta, ettei maa ole tarpeeksi kantavaa, jotta sen vaaraan voisi rakentaa mitään. Suurimmat ongelmat ovat juuri maan liejuisuudessa ja vetisyydessä.

Pato ei ole painunut huomattavasti koko olemassaoloaikanaan eli yli 60 vuoden aikana. Vaikka maaperä ei anna edellytyksiä rakenteen pysyvyydelle voidaan olettaa, että oikeanlainen ja toimiva perustamistapa estävät myös jatkossa enemmät painumiset. Perustusten alla olevien ponttiseinien ja sora-arinan kunnosta ei ole tarkkaa tietoa, mutta oletettavasti nämä rakenteet estävät patoa painumasta.

Mikäli patoa ei jatkossa tueta tai pohjaa vahvisteta, niin patoon ei saa kohdistua ylimääräisiä rasituksia tai sitä kuormittaa millään tavalla. Myös mahdolliset suotovirtaukset ovat ongelma. Padon alla olevaa maata voidaan vahvistaa useilla eri tavoilla, joista helpoin ja toimivin on massanvaihto. Myös injektointi ja stabilointi ovat harkinnan arvoisia. Pato voidaan tukea myös paalujen vaaraan, mikäli ne asennetaan 13 metrin syvyyteen.

4.3 Padon rakenteet

Jylynjärven pohjapadon pääsääntöinen tehtävä on Jylynjärven säännöstely. Pato pitää järven pinnan halutulla korkeudella estäen liialliset menovirtaukset ja järven pinnan liiallisen laskun. Samalla pato toimii ”ylipaineventtiilinä” joka tulva-aikana päästää veden virtaamaan ylitseen. Pato voidaan luokitella 3-luokan padoksi, joka onnettomuuden sattuessa saattaa aiheuttaa vain vähäistä haittaa. Rakennuksille ei koidu padon murtumisesta vahinkoa, eivätkä alajuoksun tiet ole suuremmin uhattuna. Ainostaan ympäristön viljelysmaille ja kasvustolle voi koitua vähäistä vahinkoa.

Pato on valmistettu betonista paikallaan valamalla. Betonisen osan päälle on asennettu noin 20 cm paksu hirsi nostamaan vedenpinnan padotuskorkeutta (kuvat 10 ja 11). Padon sivuille on rakennettu pienet siivekkeet puisista ponttiseinistä vahvistamaan padon sivuja ja estämään eroosiota ja maan valumista uomaan. Puiset osat ovat kuitenkin jo erittäin huonossa kunnossa ja osin lahonneet (kuvat 12 ja 13). Betonisen osan kylkeen alajuoksun puolelle on rakennettu kiviverhous luonnonkivestä pinoamalla. Kiviverhouksen tehtävänä on estää veden aiheuttamaa eroosiota padon alapuolella nopean ja pyörteisen virtauksen alueella (kuva 11).

Padon betonisen osan ollessa yli 60 vuotta vanha, voidaan padon katsoa kuuluvan vanhempaan rakennuskantaan. Tällöin suunnitteluasiakirjoihin tulee suhtautua varauksella. Vanhojen suunnitelma-asiakirjojen mukaan padon betonisen osan eli kynnyskorkeuden tulisi olla N60-järjestelmän korkeudessa 35,28 (kuvat 14 ja 15).

Pato on perustettu noin 30 cm paksuisen sora-arinan päälle. Padon anturan ja soraarinan molemmin puolin sijaitsee puiset ponttiseinät, jotka tukevat perustuksia. Soraarinan alle ja ponttien väliin jäävä maa-aines on savea. Ponttien syvyydestä ja niihin käytetystä puusta tai sen kunnosta ei ole tietoa (kuvat 16 ja 17).



Kuva 10. Pato helmikuussa 2018 eteläpuoleltakatsottuna. Padon puinen harjaosa on vain hieman lasku-uoman vedenpinnan yläpuolella



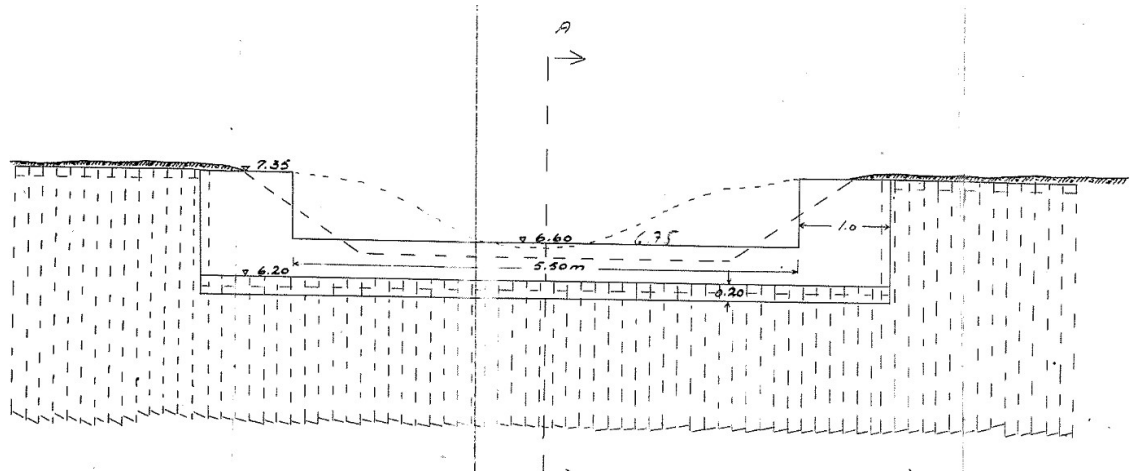
Kuva 11. Pato lokakuussa 2018. Lasku-uomanpuoleinen kiviverhous on nähtävissä veden ollessa alhaalla.



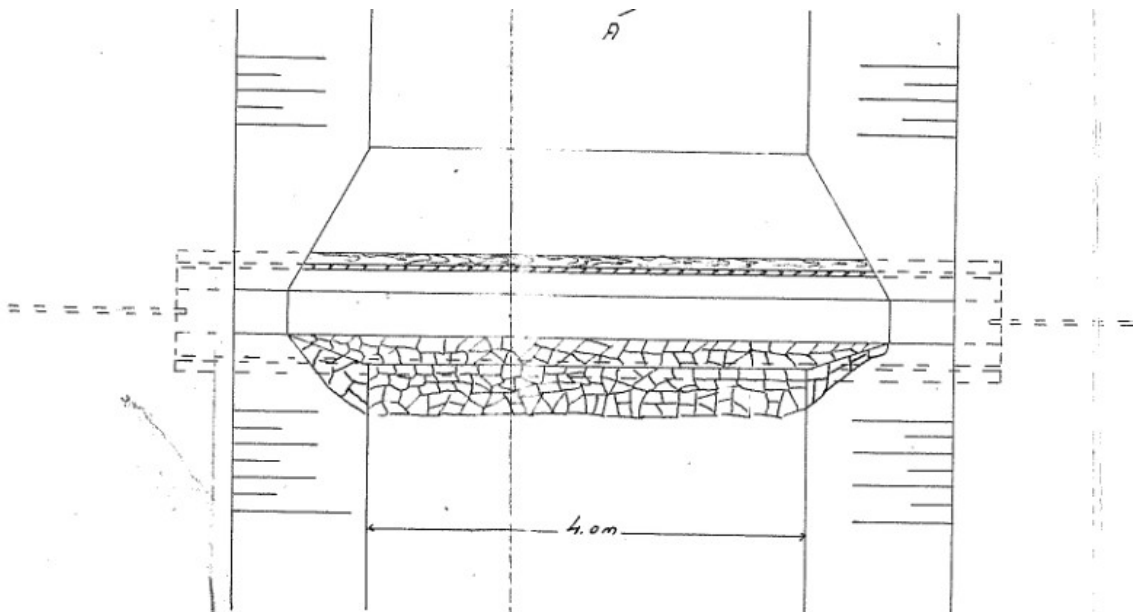
Kuva 12. Pato lokakuussa 2017 tulvan aikaan



Kuva 13. Padon sivurakenteet. Puuosat ovat voimakkaasti lahonneet.



Kuva 14. Padon betoninen osa edestä alkuperäisten piirustusten mukaan.

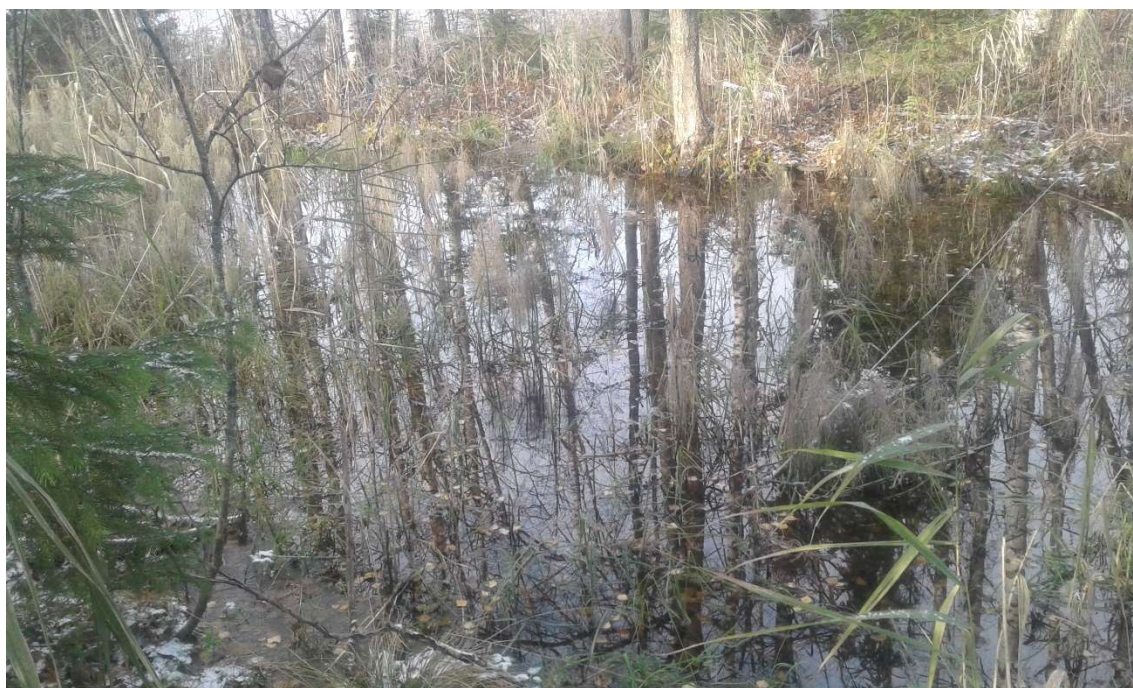


Kuva 15. Pato ja kiverhous ylhäältä alkuperäisten piirustusten mukaan. Lasku-uoman edessä olevan kiverhouksen on mitoitettu kattamaan lasku-uoman leveys heti padon alapuolelta. Padon betoninen osa näkyy katkoviivalla.

4.4 Padon suotovirtausten selvittäminen

Padon perustuksiin on rakennettu molemmille puolille ponttiseinät, joiden periaatteessa pitäisi estää veden suotautuminen padon ali (kuva 17). Näiden ponttiseinien syvyyden ja kunnan selvittäminen vaatii rakenteen kaivamista auki.

Padon sivustan suotautuminen voidaan todeta silmämääräisesti. Tulva-aikana uoman vesi suotautuu penkereiden läpi viereisten peltojen ojiin ja osin myös pelloille. Koska maasto on jonkin verran matalammalla kuin uoman yläjuoksun ja järven säännöstelykorkeus, aiheuttaa suotautuminen selvän riskin viljelyksille (kuva 18).



Kuva 18. Tulouoma tulvii usein, jolloin taustalla näkyvä metsikkö jää osittain veden alle

4.5 Lasku-uoma

Lasku-uomaa kartoitettiin noin 200 m matkalta. Mitat otettiin uoman pohjasta noin metrin päästä vesirajasta sekä törmältä. Tulosten mukaan uoman pohjan korkeusasema tästä kohtaa on välillä 34,8 - 35,1 pohjoiseen päin mentäessä. Muutokset vanhoihin mittauksiin voivat selittyä eroosiolla ja maa-aineksen valumisella uomaan. Törmän korkeus on 36,1 koko matkalta uoman molemmin puolin. Mittauksia hankaloitti vuodenajasta johtuva paksu lumi ja jääkerros sekä kasvillisuus.

Vahojen mittausten perusteella uoman pohjan korkeus vaihtelee välillä 6,62-5,74 mitattaessa järveltä poispäin. N60-järjestelmässä nämä luvut olisivat 35,36 - 34,38.

Alkuperäisissä vuoden 1955 suunnitelmissa keskiylivalumaksi (MHq) on mitattu 0,65 m³/s ja virtaamaksi 0,5 m/s. Suurimmaksi vedenkorkeudeksi (HW) padon kohdalla suunniteltiin 6,96 (N60, 35,7) ja noin kymmenen metrin päässä padolta 6,50 (N60, 35,18). Keskiyliveden korkeudeksi suunniteltiin 6,76 – 6,27 (N60, 35,44 – 34,95). Tämän jälkeen patoa on korotettu ja uoman poikkileikkaus muuttunut eroosion ja kaivamisen seurauksena, joten nämä suunnitelmat eivät enää ole relevantteja.

5 PADON KUNNON MÄÄRITTÄMINEN

5.1 Betonin laatu

Patorakenteissa sotien jälkeen ja vielä 1950-luvulla käytetyn betonin sideaineen laatu ei vastaa pitkäaikaissäilyvyyttä ajatellen nykyisiä vaatimuksia. Osaksi tähän on vaikuttanut betonisideaineen saatavuudessa esiintyneet vaikeudet ja osaksi rakenteiden valmistusajankäisen betoniteknologian taso sekä betonissa käytettävien lisäaineiden ja mineraalisten seosaineiden kuten lentotuhkan laatu ja vähäiset käyttökokemukset.

5.2 Rakenteen kunnan selvittäminen

5.2.1 Tyypilliset vauriot

Vesirakenteissa vauriot ovat pääasiassa betonin pintavaurioita, halkeamia ja raudoituksen korroosiovaurioita. Betonin pintavaurioita ovat pakkasvauriot ja eroosiovauriot. Kavitaatiovaurioita voidaan pitää myös pintavaurioina, vaikka kavitaatiovauriot saattavat ulottua syvälle betoniin. Kavitaatiovaurioihin yhdistyy usein myös eroosio. Pakkasvaurioita ovat säröily, lohkeilu ja rapautuminen. (Rusi Marko, Betonipatojen kuntotutkimus, 2010 s27)

Suomessa pahin vesirakenteita vaurioittava tekijä on betonipinnan toistuva jäätyminen ja sulaminen etenkin vesirajan vaihtelualueella mutta myös veden yläpuolisilla horisontaalipinnoilla. Vesirajan vaihtelualueella pakkasvaurioihin yhdistyy veden ja jään aiheuttamat eroosiovauriot. (Rusi 2010, s27)

5.2.2 Betonin rapautuminen (pakkasrapauma)

Pakkasrasitus aiheutuu betonin huokosverkostossa olevan veden jäätymlaajeneman synnyttämästä paineesta, jota kasvattaa edelleen jääkiteen tilavuuden kasvu lämpötilan uudelleen noustessa. Vapaa vesi laajenee jäätyessään noin 9%. Betonin kapillaarihuokokset täyttyvät nopeasti vedellä, kun betoni kastuu. Vain suojahuokokset jäävät tällöin suuren kokonsa vuoksi ilmatäytteisiksi. (BY 42, 32)

Kaikilla betoneilla on vedenkyllästysaste. Jos kriittinen vedenkyllästysaste ylittyy, syntyy betoniin vaurioita sen jäätyessä. Vedenkyllästysasteeksi kutsutaan sitä osuutta betonin kokonaishuokostilavuudesta, joka on täytynyt vedellä. Jos betonissa on paljon suoja- huokosia, on sen vedenkyllästysaste käytännössä pieni. Kapillaarihuokosissa jäätyvä vesi ja sen aiheuttama paine voi purkautua ilmatäytteisiin suoja huokosiin, eikä syntyvä paine vahingoita betonia. (BY 42, 32)

Pakkasvaurioituminen ilmenee betonin säröilynä. Säröt heikentävät betonin lujuutta ja nopeuttavat veden imeytymistä. Rasituksen jatkuessa on tuloksena betonin rapautuminen. Pitkälle edennyt betonin pakkasrapautuminen näkyy mm. rakenteen pinnan halkeamina ja betonin pinnan lohkeiluna. Rapautuminen heikentää betonin vetolujuutta ja yleensä puristuslujuutta. (BY 42, 32)

Todennäköisin osa padosta, joka altistuu pakkasrapautumiselle, on padon yläosa. Tämä osa on suuren osan ajasta kosketuksessa veden kanssa mutta myös vähiten suojassa pakkaselta.

5.2.3 Biologiset rasitukset

Betonin biologisilla rasituksilla tarkoitetaan sellaisia betonin vaurioitumiseen johtavia suoria tai epäsuoria vaikutuksia, joita aiheuttavat elävä organismi tai mikro-organismi. Kasvillisuus, kuten sammaleet levät ja kasvien juuret, voivat aiheuttaa betonin mekaanista vaurioitumista tunkeutuessaan esim. betonipinnan halkeamiin. (BY 201, 120)

5.2.4 Halkeilu

Halkeilu on betonille ja tämän kaltaisille betonirakenteille tyypillistä. Halkeamat muodostuvat betonin vetolujuuden ylittyessä. Patorakenteen staattisen toiminnan ja sen säilyvyyden kannalta on oleellista, että halkeilu on hallittu ja halkeamaleveydet riittävän pieniä. (BY 201, 92)

Betonirakenteiden halkeilut ovat joko pintahalkeamia (säröjä) tai syviä halkeamia, jotka ulottuvat koko rakenteen läpi. Suuret halkeamat voivat alentaa rakenteen taivutus ja leikkauskestävyyttä kuten myös kantavuutta ja säilyvyyttä. Halkeamat alentavat aina betonin laatua, koska ne lisäävät sen läpäisevyyttä. Halkeamien kautta rakenteeseen voi

päästä tunkeutumaan haitallisia aineita kuten veteen liuenneita klorideja ja hiilidioksidia. Tässä tapauksessa halkeamien korjaamisen tavoitteena on halkeamien sulkeminen.

Kovettuneeseen betoniin voivat aiheuttaa halkeamia ympäristön suuret lämpötilanmuutokset lämpötilaerot rakenteen poikkileikkauksessa, epätasainen kuormitus tai perustusten epätasainen painuminen. (BY 201, 95)

Betonirakenteen halkeamat voivat syntyä joko pian valun jälkeen tai vasta useiden vuosien päästä. Lämpötilaerot betonin kovettumisvaiheessa voivat myös olla syynä halkeamien syntymiseen. Halkeamat syntyvät, kun betonin vetolujuus ja muodonmuutoskyky ylittyvät betonin jäähtymisen aiheuttaman kutistumisen seurauksena. (BY 201, 94)

5.3 Tutkimusmenetelmät

5.3.1 Periaate

Kuntotutkimuksessa periaatteena on, että kuntotutkija muodostaa käsityksen rakenteessa mahdollisesti esiintyvistä vaurioista ja toimintapuutteista, ja tämän perusteella kerää niiden tilaa, etenemistä syitä ja vaikutuksia kuvaavia tietoja. Tapoja tietojen keräämiselle ovat silmämääräiset tarkastelut sekä kenttä ja laboratoriotutkimukset. Lisäksi on tarkasteltava padon vanhoja suunnitelma-asiakirjoja. (BY 42, 97)

5.3.2 Silmämääräinen kartoitus

Silmämääräisessä tutkimuksessa selvitetään ja tarkennetaan varsinaista kuntotutkimuksen tarvetta. Lisäksi sillä voidaan määrittää esiselvitys ja suunnitteluasiakirjojen paikkansapitävyys. Silmämääräisellä tutkimuksella pyritään arvioimaan rakenteen tai rakennuksen rasituksia ja niiden jakaantumisia kohteessa. On tärkeä huomioida, että silmämääräisessä tutkimuksessa voidaan todeta vain pitkälle edenneet vauriot. Rakenteen sisällä olevia vaurioita ja turmeltumisia ei voida havaita. Silmämääräisessä tutkimuksessa ei yleensä käytetä varsinaista tutkimusvälineistöä.

5.3.3 Vasarointi

Päällepäin hyväkuntoisessa rakenteessa voi olla yksittäisiä hyvin pitkälle rapautuneita kohtia Korjaustavan valinnan kannalta on keskeistä, että kuntotutkimuksessa löydetään tällaiset kohdat ja saadaan selville niiden osuus. (BY 42, 104)

Rapautuneiden kohtien löytämiseksi on ainakin padon yläosa kartoitettava perusteellisesti vasaroimalla betonipintaa raskaalla vasaralla. Rapautuneet betonipinnat paljastuvat tavallista matalamman koputusäänen ja vasaran normaalia vaimeamman kimpoamisen perusteella. Vasaroinnin yhteydessä on hyvä suorittaa tarkempi silmämääräinen tarkastelu. (BY 42, 104)

5.3.4 Kimmovasaratutkimus

Kimmovasara on kovettuneen betonin ainetta rikkomaton lujuustestaukseen tarkoitettu laite, jonka toiminta perustuu betonin pinnan kimmoisuuden ja puristuslujuuden väliseen riippuvuuteen. Vasaralla saatavat puristuslujuusarvot ovat suuntaa-antavia. Lisäksi vasaralla saadut lujuusarvot pitävät paikkansa vain suhteellisen uudessa betonissa. Laitteen käyttöön on suhtauduttava varauksella. Muualla kuin aivan pintakerroksissa oleva rapautuminen saattaa jäädä kimmovasaralla havaitsematta menetelmän pintaherkkyiden johdosta. (By 42, 122)

Kimmovasaraa käytetään pakkasenkestävän siltabetonin (P-lukubetonin) puristuslujuuden määrittämisessä Liikenneviraston taitorakenteiden rakennustöissä. Menetelmää ei voida käyttää, jos betonin puristuslujuus ylittää 45 MPa, betonin pinta on jäässä tai jos betonointi ja suojaustyöt ovat epäonnistuneet. Testattavan betonipinnan on oltava hyvälaatuinen ja märkä. (Liikennevirasto, Kimmovasaran käyttäjän ohje, 2014)

Kimmovasaralukemat määritetään märästä, puhtaasta, tiiviistä, sileästä ja sulana olevasta betonipinnasta. Epätasainen betonipinta joudutaan tasoittamaan koneellisella hionnalla. Huokoinen pintakerros, lähinnä yläpinnalla, poistetaan koneellisella hionnalla testattavilta kohdilta. Talviaikaan lukemia ei voida määrittää ilman erikoistoimenpiteitä, koska jäätyneestä betonipinnasta saadaan liian suuria lukemia. Betoni on oltava testattaessa märkää, mikä ei tuota ongelmia vedenalaisen patorakenteen ollessa kyseessä.

Kuivasta betonipinnasta saadaan, lähinnä alhaisella betonin lujuudella, liian suuria luke-
mia, mikä voi johtaa lujuuden määrittämiseen todellista lujuutta suuremmaksi. (Liikenne-
virasto, 2014)

5.3.5 Näytteenotto

Betonirakenteen kuntotutkimukseen sisältyviä laboratoriotutkimuksia varten tutkittavissa
rakenteista on otettava näytteitä. Toimivia näytteenottotapoja ovat lieriöporaus suoraan
betonista timanttikoralla sekä betonikappaleen irrottaminen piikkaamalla tai leikkaa-
malla. Kuntotutkimuksissa käytetään yleensä lieriöporaus, koska sillä voidaan kattaa
useimmat näytetarpeet. Porausta voidaan myös käyttää rakenteiden avaamiseen. Lieriöpo-
rauksen etuna on se, että näytteenotto on suhteellisen nopeaa, ja näytteenottokohdat on
helppo paikata. (BY 42, 118) Mikäli kohteesta päätetään porata näyte, tulisi se ottaa
padon yläosasta.

5.3.6 Vetolujuuden määrittäminen laboratoriotutkimuksella

Rapautumisen seurauksena betoniin syntyy mikrohalkeamia, jotka alentavat betonin lu-
juutta. Puristuslujuutta selvästi merkittävämmiin halkeamiin alentavat betonin vetolu-
juutta. Tämän vuoksi betonin rapautumistilannetta voidaan arvioida betonin vetolujuus-
mittauksilla. Betonin vetolujuuden perusteella voidaan myös arvioida betonin laatua ja
korjattavuutta yleisesti, kuten paikkauslaastien tartuntaa ja uusien pintarakenteiden kiin-
nitysvarmuutta. Vetokokeita voidaan käyttää myös pintatarvikkeiden tartuntalujuuden
selvittämiseen. (BY 42, 109)

5.3.7 Mikrorakennetutkimus

Betonin rapautumisen tutkimisen perusmenetelmä on betonin mikrorakennetutkimus,
jossa betonin rapautumistilanne todetaan mikroskoopilla tarkastelemalla. Rapautumisti-
lanne on syytä varmentaa hietutkimuksella, mikäli betonin rapautumistilanne on kriittinen
rakenteen korjattavuuden kannalta, ja rapautuminen ei ole selkeästi todettavissa muilla
menetelmillä. (BY 42, 107)

6 POHJAPADON PARANTAMISVAIHTOEHDOT

6.1 Betonin korjausmenetelmät

Mikäli kuntotutkimuksessa todetaan laaja-alaista betonin rapaamaa, on vauriokohtien avaaminen syytä tehdä suhteellisen järeällä kalustolla joko mekaanisesti piikkaamalla tai vesipiikkauksella. Laastipaikkauksen käyttöön kannalta on keskeisen tärkeää, että kaikki rapautunut tai muuten haitallisesti vaurioitunut tai kloridipitoinen poistetaan. Tämä on tärkeää silloin, kun korjauskäsittely ei alenna rakenteen kosteusrasitusta siten, että vaurioituminen hidastuisi merkittävästi (BY 41, 38).

6.1.1 Laastipaikkaus

Laastipaikkaus on betonirakenteissa esiintyvien paikallisten ja suhteellisen vähäisten vaurioiden korjaamisen perusmenetelmä. Laastipaikkauksessa vaurioitunut betoni poistetaan piikkaamalla. Piikkauskolot ja muut vauriokohdat täytetään paikkauslaastilla siten, että paikan pinta vastaa ympäröivää betonipintaa riittävällä tarkkuudella. Laastipaikkauskorjaus sopii parhaiten, jos rapautumisesta johtuvat vauriot ovat vain paikallisia. (BY 41, 37)

6.1.2 Korjaus betonoimalla

Padon betonirakenteessa olevia vaurioita voidaan korjata betonoimalla silloin, kun vauriot ovat laajoja eikä paikkaaminen laastilla ole taloudellista. Mikäli korjattavassa rakenteessa pystytään käyttämään muotteja, korjaamisessa voidaan käyttää tavanomaista betonia. Valukorjauksia käytetään tyyppillisesti, kun rakenteessa on pitkälle edennyttä pakkasrapaamaa.

Purettujen kohtien betonointi tullaan suorittamaan normaaliin tapaan. Erityistä huomiota tulee kuitenkin kiinnittää tartuntavyöhykkeiden tiivistykseen. Tiivistys tehdään koneellisesti täryttämällä. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä ei tiivistystä tehdä. Betonin pinta pyritään työstämään haluttuun tasoon ja karkeuteen heti valutyön päätyttyä. (SILKO 2.232)

6.1.3 Materiaali

Valukorjauksen voi tehdä normaalilla valubetonilla, jonka lujuus ja pakkasenkestävyys todetaan riittäviksi. Korjaustyössä käytettävällä kuivatuotteella tulisi olla CE-merkintä tai kansallinen hyväksyntä, jossa on osoitettu tuotteen pakkasenkestävyys. Betoni voi olla joko valmisbetonia tai se voidaan valmistaa paikan päällä kuivatuotteesta.

6.1.4 Muotit

Suuret vauriokorjaukset vaativat usein valun muotittamalla. Muottien tulee olla tukevia ja tiiviitä niin, että ne säilyttävät betonoitaessa muotonsa ja että saumoista ei tapahdu haitallista sementtipasta vuotamista. Mikäli käytetään juotosmassaa tai itsestään tiivistyvää betonia, muotin tulee olla vesitiivis. (BY 41, 45)

Padon korjaamiseen voidaan käyttää joko puisia tai teräksisiä muotteja. Puisten muottien käyttö on täysin toimivaa ja kustannustehokasta mutta tähän työhön soveltuvat parhaiten teräksiset muotit juuri niiden tiiviyden takia.

6.2 Maaperän kantavuuden parantaminen

6.2.1 Kantavuuden parantamisen tarve

Perustusten korjaustarvetta aiheuttavat yleisimmin maaperän routimisen aiheuttamat muodonmuutokset sekä tukimuurille. Routimisongelman korjaamisen lähtökohtana on routivan maan poistaminen muurin perustuksista ja sen korvaaminen routimattomalla kantavalla murskeella tai sepelillä. (RT 89-11184, 2015)

Mikäli vanhan padon tilalle rakennetaan uusi betoni pato, tulee ottaa huomioon perustuksille tulevat uudet alkuperäistä suuremmat kuormat. Kuormituksen lisääntymisen takia tehtävässä perustusten korjaamisessa parannetaan usein kantavuutta. Näissä tapauksissa rakenne vahvistetaan vastaamaan muuttunutta kuormitusta. (RT 89-11184, 2015)

Perustusten vahvistamisen työmenekkiin vaikuttavat mm. tarvittavat tuenta- ja suojaustoimenpiteet, vahvistustapa ja vahvistustoimenpiteiden työjärjestys. Perustusten vahvistamisen työn kestoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kuormien esitunkkaus. Erilaisia menetelmiä ovat muototeräkset ja betonointi, vetoankkurointi ja kantava alapohja. Kuormien siirtämisen työmenekki tulee arvioida aina tapauskohtaisesti. (Ratu F1-0371, 2010)

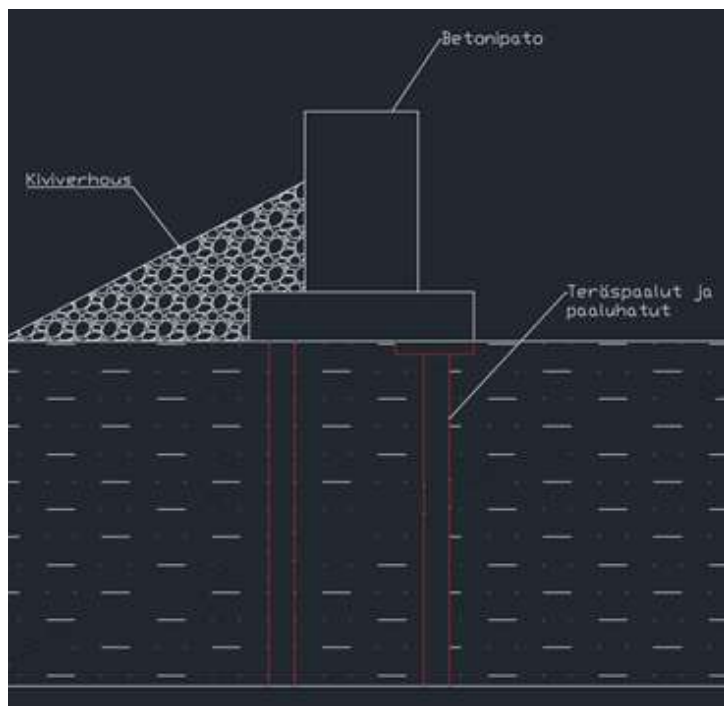
Seuraavissa kappaleissa on esitelty mahdollisia menetelmiä maan vahvistamiseen.

6.2.2 Lyötävät teräspaalut

Pato voidaan tukea kovaan kallioon lyötävien teräspaalujen varaan (kuva 19). Lyöntipaalut sijoitetaan aina vanhojen rakenteiden sivuille. Teräksiset lyöntipaalut voivat olla putkipaaluja tai massiivisia teräsprofiiileja. Lyöntikalusto valitaan paalutyypin ja kohteen mukaan. (Ratu F1-0371, s8, 2010)

Paalu lyödään maahan paineilmavasaralla tai kevyellä pudotusjärkäleellä. Putkipaalujen kärki suojataan maa- tai kalliokärjellä. Putkipaalun suoruutta ja tunkeumaa voidaan tarkastella paalun sisään laskettavalla lampulla tai erityisellä mittauslaitteella. Paalut jatketaan paalukohtaisesti kehitetyillä holkki- ja kitkaliitoksilla. Ristinmuotoiset teräsprofiilipalikit jatketaan kitka- ja pulttiliitoksilla. Myös hitsiliitos on mahdollinen. Tietyissä paalutyypeissä hitsiliitosta käytetään isoissa paalukokoluokissa. (Ratu F1-0371, s8, 2010)

Sekä lyötävissä, että porattavissa paaluissa joudutaan käyttämään esitunkkausta. Menetelmä voi siirtää patorakennetta paikaltaan ja vaikuttaa sen korkeuteen. Siksi on tärkeää tehdä mittauksia siirtymien arvioimiseksi koko työn ajan.



Kuva 19. Paaluperustuksen periaate

6.2.3 Porattavat paalat

Perustusten uudet paalat sijoitetaan vanhan perustuksen alle tai rakenteen molemmin puolin. Porapaalat voidaan tehdä suoraan vanhan anturarakenteen läpi. Tällöin perustusrakenteen ja paalun välinen tila injektoidaan. Kuormat siirretään joko esikuormittamalla uudet paalat kuormien siirron yhteydessä tai ilman esikuormitusta. Mikäli paalat ovat perustusrakenteen molemmin puolin, voidaan rakenteen kuormat siirtää paaluille joko perusmuurin läpi menevillä palkistolla, perusmuurin suuntaisilla tai vanhaa muuria vasten jännitetyillä palkistoilla. Läpimenevät palkit voivat olla joko teräs- tai teräsbetoni-rakenteisia. (Ratu F1-0371, s9, 2010)

6.2.4 Suihkuinjektointi

Ennen varsinaista suihkuinjektointityötä tehdään lähes jokaisessa kohteessa koepila-rointi. Työn aikana tehdään mittauksia (esim. siirtymä- ja painumamittaukset sekä poh-

javeden korkeus). Siirtymä- ja painumamittaukset tehdään mittaussuunnitelman mukaisesti. Mittauksia tehdään tarpeen mukaan myös viereisissä rakennuksissa. (Ratu F1-0358 2010)

Suihkuinjektointi voidaan tehdä suoraan vanhan perustuksen alle, jolloin ei tarvita erityisiä kuormansiirtorakenteita. Työ voidaan tehdä vuorotellen vanhan perusmuurin eri puolin. Suihkuinjektoinnilla voidaan tehdä erimuotoisia, pystysuoria, vinoja tai vaakasuoria kappaleita. Paaluja yhdistelemällä voidaan tehdä erilaisia rakenteita, kuten holveja tai lamelleja. Pysyvissä pilareissa automaattisen tiedon keruun käyttö on suositeltavaa. Työ tehdään siten, että olemassa olevalle patorakenteelle ei aiheuteta siirtymiä tai muita vaurioita. (Ratu F1-0358, 2010)

6.2.5 Massanvaihto

Massanvaihtoa käytetään, kun maanpinnan lähellä on pehmeä kerros, joka muodostaa ongelman rakentamiselle. Menetelmässä padon alla oleva maakerros korvataan toisella lujuudeltaan suuremmalla aineksella. Tässä työssä massanvaihto kannattaa tehdä vain siihen syvyyteen kuin on tarpeellista, mikä voidaan olettaa olevan n. 2-3 m syvyyteen.

Työn voi olettaa olevan suhteellisen edullista. Kaivettu maa voidaan läjittää padon lähelle ja käyttää raaka-aineena penkereiden parannustyöhön. Korvaavana maa-aineena voidaan käyttää perus rakennussora (0-16).

6.2.6 Pintatiivistys

Pintatiivistys voidaan jakaa kahteen menetelmää: Staattinen tiivistys on pitkäaikaista puristusta, esikuormitusta. Dynaaminen tiivistys saa maarakeet värähtelemään ja siirtymään tiiviimpään tilaan. Esikuormitusta käytetään yleisesti hienoaainepitoisten maiden tiivistykseen. Savi-, siltti- ja liejupitoisilla mailla huokostilassa oleva vesi ei irtoa maa-aineesta äkillisellä iskulla. Maaperään tulee aiheuttaa jännitystila, jonka alla kiviainesrungon antaessa periksi ja huokosvesipaineen vastaavasti noustessa tämä kohonnut huokosvesipaine puristaa vettä poistumaan maasta. Ilmiö pysähtyy, kun kiviainesrunko on tiivistynyt niin paljon, että se pystyy kantamaan päälleen asetetun lisäkuorman. Hienohiekkamaissa ja silttimaissa tämä tapahtuu suhteellisen nopeasti, savikoilla voi ilman muuta apua kulua monia vuosia. (Jääskeläinen Raimo, 2009)

6.2.7 Injektointi

Injektoinnin tavoitteena on perustuksen alle sementillä tehtävä pohjanvahvistus. Menetelmää käytetään juuri patorakenteissa, kun tavoitteena on saada aikaiseksi nimenomaan vesitiivyyttä parantavilla aineilla tehtävä tiivistysvyöhyke. Vesitiivyyden parantamiseen on käytettävissä erilaisia kemiallisia aineita, jotka reagoidessaan veden kanssa sulkevat veden virtauksen ja lujittavat samalla maaperää. Sementti-injektointeihin on saatavilla myös erikoisementtejä. Injektoinnilla saadaan selkeä etu, kun halutaan estää veden suotautumista padon alitse.

6.2.8 Stabilointi

Stabilointi tehdään joko massa- tai syvästabilointina. Massastabiloinnissa käsitellään kerrollaan 0,5-3,5 metrin kerros. Sideaine on yleensä sementtiä, kalkkia tai lentotuhkaa. Menetelmässä kaivinkone liikuttaa hammastettua sekoitinrumpua kaivavin liikeradoin syöttäen sideainetta rummun kehälle. Rummun hampaat sekoittavat sideaineen maaperään tasaisesti. Massastabiloitu kerros on kovetuttuaan sellaisenaan valmis pohjanvahvistuksena. Menetelmä soveltuu pehmeiden savi-, lieju- ja jopa turvepitoistenkin kerrostumien lujittamiseen.

Syvästabiloinnissa kone vie sekoitusterän haluttuun syvyyteen, joka voi olla yli 20 m. Ylösnostovaiheessa sekoitusterän pyöriessä syötetään poraustangon läpi sekoitettavaan kohtaan haluttu määrä sideainetta.

Stabiloinnissa on käytetty perinteisesti kalkkia. Sammumaton kalkki muuttuu kalsiumhydroksidiksi reagoidessaan maassa olevan veden kanssa. Ilmiö pienentää saven vesipitoisuutta. Välittömästi tapahtuvassa ionisaatioreaktiossa saven rakeet sitoutuvat isomiksi. Pidemmän ajan kanssa maaperän pii- ja alumiiniyhdisteet reagoivat kalkin kanssa, minkä seurauksena maan lujuus kasvaa. (Jääskeläinen, 2009)

Maan vesipitoisuuden ollessa suuri kalkin teho lujitukseen heikkenee. Eloperäisaineita sisältävissä maissa se on jo hyvin heikko (Jääskeläinen, 2009). Näistä syistä kalkkistabilointi ei sovellu tähän työhön.

6.2.9 Lujitekankaat

Lujite- ja suodatinkankaiden tarkoituksena on päästää vesi, mutta estää maaraikoiden kulkeutuminen lävitseen. Lujitekankaita käytetään niiden erittäin suuren vetolujuuteen perustuen vahvistamaan maarakenteita, jotka muuten jouduttaisiin rakentamaan huomattavasti järeämpinä.

Lujitekangasta kannattaa käyttää, jos padon alle suoritetaan massanvaihto tai tehdään uusi sora-arina. Kangas estää soraa sekoittumasta pehmeään savimaahan lisäksi näin perustusten pysyvyyttä.

6.3 Tukiseinät

6.3.1 Käyttö

Ponttiseinillä voidaan tehokkaasti vahvistaa padon perustuksia ja estää suotausvirtaukset padon ali ja sivuilta. Ponttiseinillä voidaan myös vahvistaa uoman seinämiä ja estää maa-aineksen valumisen uomaan. Tukiseinärakenne voi olla korjaustavasta riippuen joko pysyvä tai väliaikainen.

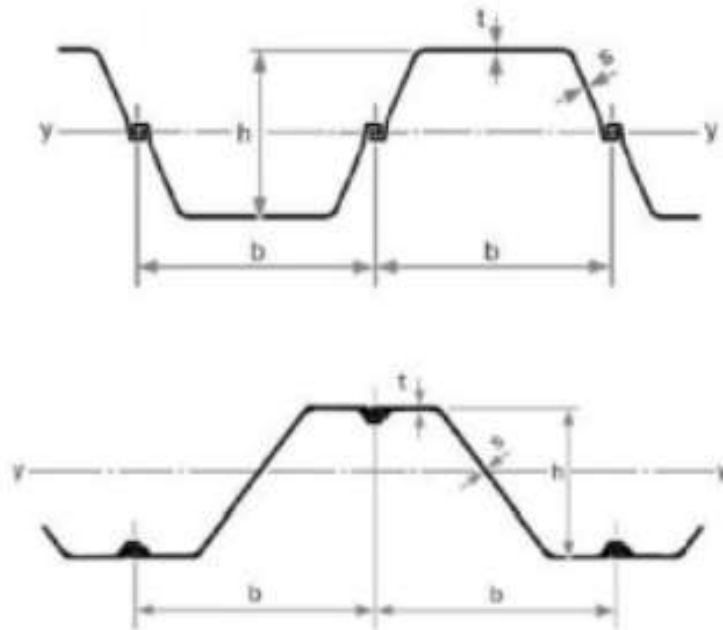
Mikäli valitaan korjaustapa, jota ei voi suorittaa veden alla, joudutaan padon ympärille rakentamaan vesitiivis väliaikainen kaivanto. Kaivanto joudutaan tekemään myös, jos padon rakennetta halutaan päästä tutkimaan tarkasti. Ponttiseinärakenne on lähes pakollinen, jos halutaan suorittaa massanvaihto patorakenteen alla. Uuden kestävän sora-arinan rakentamisessa tarvitaan myös ponttiseinät rakenteen sivuille.

6.3.2 Teräsponttiseinät

Tukiseiniä käytetään yleisesti pehmeissä pohjamaissa, mutta useasti myös kitkamaissa, jos halutaan vesitiiviitä rakenteita. Useimmiten tukiseinät rakennetaan maahan lyötävistä teräsponteista.

Teräsponttiseinä on rakenne, jossa teräsprofiilit asennetaan kiinni toisiinsa niiden ponttilukkorakenteella. Teräsprofiileja voidaan käyttää myös lyömällä ne maahan vierekkäin, mutta ponttiinsa asentamalla seinästä tulee käytännössä vesitiivis. Lisäksi seinän

ollessa yhtenäinen sen taivutusvastus kasvaa huomattavasti. Ponttiprofiileja on erilaisia ja niistä yleisimmin käytetty on U-profiili (kuva 20). Z-profiilin etuna taas on sen suurempi taivutusvastus ja parempi upotusjäykkyys. Näitä profiileja voidaan käyttää tässä työssä kaikissa maakerrostumissa. (Lempinen Vesa, Tukiseinätyöt kaupunkialueella, 2014).



Kuva 20. U- ja Z-profiilien geometriat

6.3.3 Porapaaluseinät

Porapaaluseinä tehdään poraamalla pontillisia teräspaaluja. Putken alapää tuetaan useimmiten poraamalla kallioon. Porapaaluseinä käy hyvin tuentamenetelmäksi tässä tapauksessa, kun tarvitaan jäykkä ja kestävä tukiseinä rakennetta. Porapaaluseinä on seinärakenteena vesitiivis ja putket kiinnittyvät tiivisti kallioon. (Lempinen 2014)

Paalut porataan vierekkäin pontteihinsa niin, että lyhyempi lukko on asennussuuntaa kohti. Porapaalun alapäässä oleva avarrinkruunu tekee tilaa paalun ympärille, jotta paalun kyljessä olevalle lukollekin on tilaa (kuva 21). Seuraavan paalun toinen lukko voi olla pidempi, koska sille on kaksin verroin tilaa (Nyman Jani, 2013) Porapaaluseinää voidaan käyttää tukiseinän lisäksi myös padon perustusrakenteena. Tämä antaa jatkorakentamiselle uusia suunnittelumahdollisuuksia.



Kuva 21. Porapaaluseinä rakenne. Paalut ovat lukolla kiinni toisissaan.

6.3.4 Combi-seinät

Porapaaluja voidaan käyttää myös yhdessä teräsponttien kanssa, ja näin muodostuu ns. combiseinä (kuva 22). Hitsaamalla paalujen kylkeen ponttilukot tai kokonaiset teräspontit saadaan yhdistettyä porapaalut ja teräspontit yhdeksi seinäksi. Combiseinässä putki-paalut kantavat seinään kohdistuvat kuormat, ja väliin asennetut teräspontit tekevät seinästä yhtenäisen. Perinteisesti porapaalu ja combiseiniä on käytetty pysyvinä tukiseinä-rakenteina, satamalaitureissa, rakennusten perustuksissa, liikenneväylärakenteissa ja silloissa. (Lempinen 2014).



Kuva 22. Combi-seinän rakenne. Paalujen väliin jäävät U-profiilin teräspontit

6.4 Korvaavat rakenteet

6.4.1 Tarkoitus

Mikäli päädytään ratkaisuun, että vanha padon kunnostus ei ole mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa, voidaan pato purkaa ja tilalla rakentaa uusi. Patorakenteen toimivuuden kannalta olennaista on järven säännöstely, joten padon korkeus ei saa muuttua. Järven pinta pitää jäädä halutulle tasolle.

Maa- tai louhepatoa ei tässä työssä voi käyttää korvaavana rakenteena. Maapadot eivät ole täysin vedenpitäviä ja ne ovat eroosiolle herkkiä. Myöskään raskasta louhepatoa ei voida rakentaa maan huonon kantavuuden vuoksi.

6.4.2 Uusi betoninen pato ja porapaaluponttiseinät

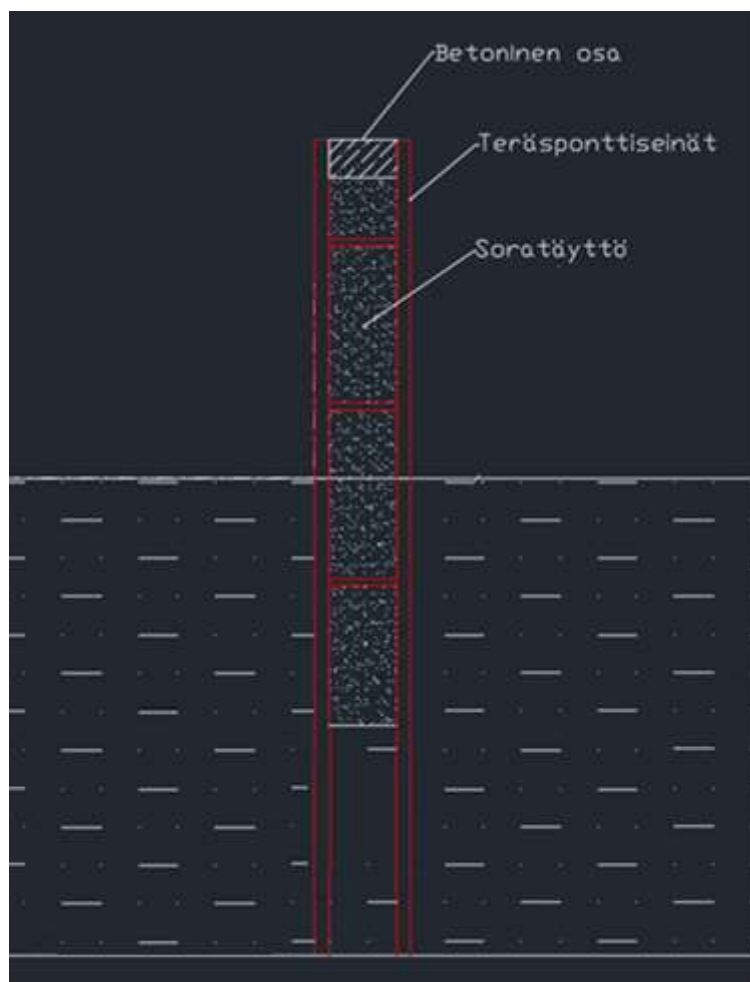
Menetelmä vaatii vanhan betonisen osan purkua. Porapaalut porataan suoraan kallioon saakka ja niiden varaan rakennetaan uusi vastaavanlainen betoninen patorakennelma.

Porapaaluponttiseinä toimii esteenä suotautumiselle, eikä sitä tarvitse erikseen injektoida vedenpitäväksi. Vanhaa ponttirakennetta ei tarvitse erikseen purkaa.

6.4.3 Pato ponttiseinistä

Yhtenä ratkaisuna on rakentaa uusi pato kokonaan teräsponttiseinistä (Kuva 23). Ratkaisussa padon tilalle rakennetaan kaksi toisiinsa ankkuroitua ponttiseinää, jotka lyödään kovaan moreeniin saakka. Ponttiseinien välin jäävä siltti- ja savimaa korvataan soralla noin 2-3m syvyyteen asti. Rakenne voidaan tehdä lyötävistä Z- tai U-profiilin teräspontteista. Teräspontit injektoidaan vedenpitäviksi joko laastilla tai bitumilla suotautumisen estämiseksi. Padon harjaosa valetaan betonista.

Samanlainen rakennelma on mahdollista tehdä myös porapaaluin, mutta kustannukset nousevat. Porapaaluseinän etuna on sen asennettavuus hankalaankin maaperään sekä varmuus kalliokontaktista ja alapään asennustasosta. Nämä asiat poistavat riskejä ja antavat lisätietoa edesauttamaan rakentamista. Asennusta ei estä kivinen maaperä ja porapaalut saadaan porattua suoraan kallioperään. Koska porapaaluseinän alapää on kalliossa poistaa se myös tarpeen seinän alapään ankkuroimiseen/juuritappien tekemiseen, verrattuna ponttiseinään. (Nyman 2013)



Kuva 23. Ponttipadon periaate

7 VAIHTOEHDOT PADON KORJAAMISELLE

7.1 Puuosan uusiminen

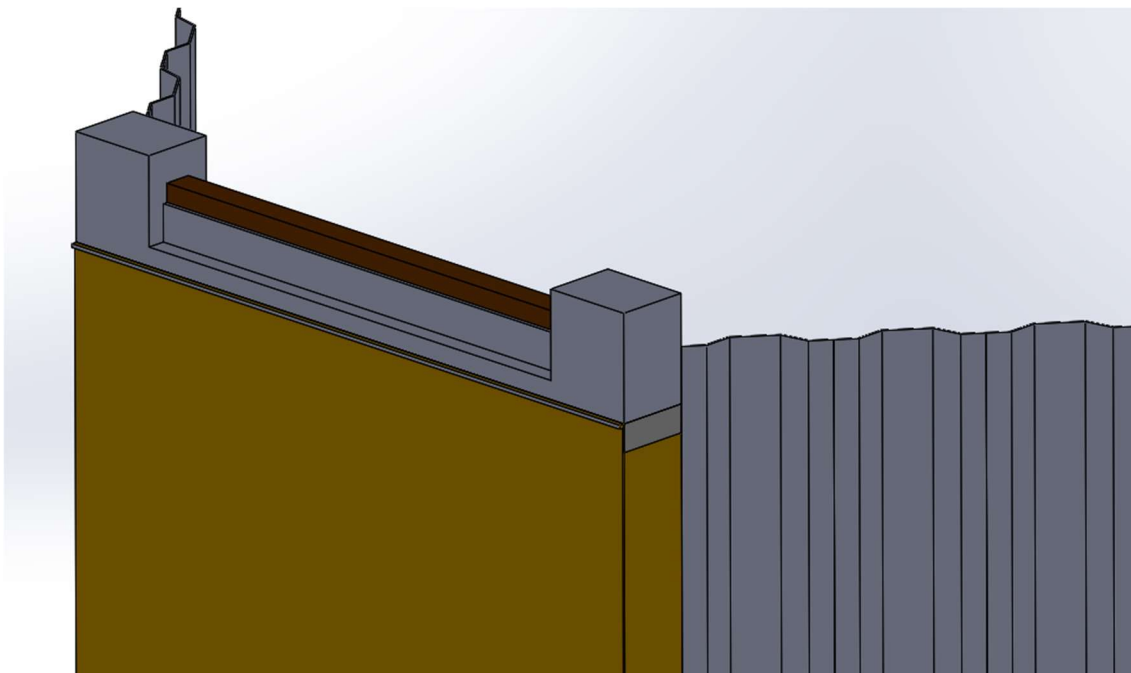
Menetelmässä ainoastaan padon päällä oleva puuosa korjataan (kuva 24). Itse betonista osaa ei korjata eikä sitä muuteta mitenkään, ellei esim. löydetä korjausta vaativia halkeamia. Korjausten yhteydessä ilmi tulleet laajempaa korjausta vaativat toimenpiteet tarkastellaan tarkemmin niiden tultua esille töiden edetessä.

Olemassa oleva vanha lahonnut hirsi poistetaan ja uusi asennetaan tilalle. Puurakenteen nosto tehdään siten ja sellaisilla nostovälineillä, että nostaminen ei aiheuta rakenteeseen haitallisia muodonmuutoksia ja heikennä sen laatua ja lujuusominaisuuksia. Myöskään käytettävät työ- ja kiinnitysmenetelmät eivät saa huonontaa valmiin rakenteen laatua tai lujuusominaisuuksia. Työ tehdään siten, ettei betoniseen osaan kohdistu suuria voimia tai padon kuormaa kasvateta.

Uuden puurakenteen kosteus ei saa asennuksen aikana poiketa haitallisesti lopullisesta tasapainokosteudesta. Mittapoikkeamat otetaan asennettaessa huomioon kirjallisten asennusohjeiden edellyttämällä tavalla.

Sivusuotautumisen estämiseksi padolle tehdään siivekkeet sivuille teräsponteista (Z- tai U-profiili). Ponttiprofiilit tulee upottaa maahan ponttiin lyötyinä. Pontteja voidaan lyödä maahan kaksitoimisella hydraulijuntalla tai paineilmajuntalla. Työ suoritetaan kesällä veden ollessa matalalla. Tällöin kuivatyölle ei ole tarvetta eikä vedenpitäviä ponttirakenteita tarvitse asentaa työn ajaksi.

Arvioitu hinta: 18 800 € (Liite 5)



Kuva 24. Padon puuosa uusitaan ja padolle tehdään siivekkeet teräsponteista

7.2 Uusi betonipato ja teräspaaluperustus

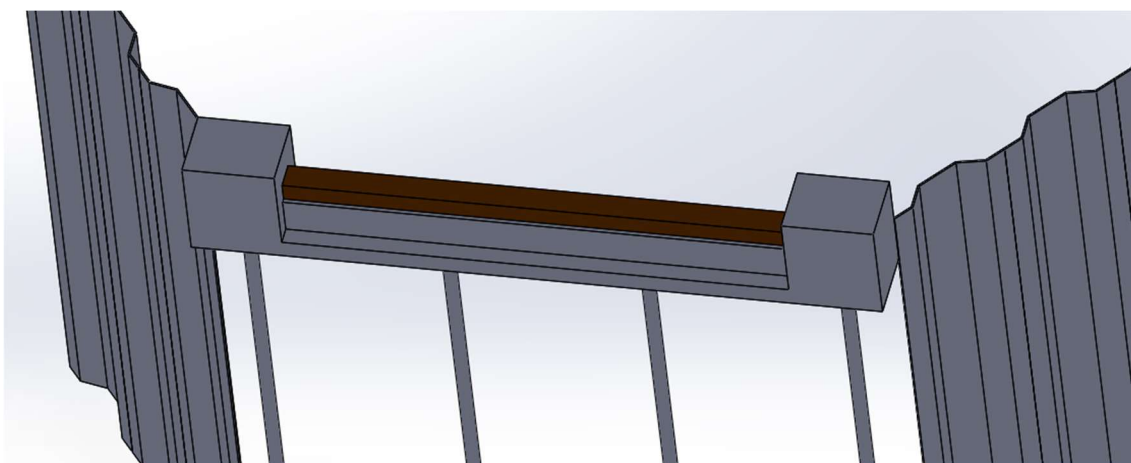
Menetelmässä vanha pato puretaan ja uusi vastaavanlainen rakennetaan valamalla betonista paikan päällä (Kuvat 25 ja 26). Työ joudutaan suorittamaan kuivatyönä rakentamalla vedenpitävä kaivanto joko teräs- tai puuponttiseinää käyttäen. Kesäaikana työ voidaan suorittaa ilman oleellisia sivuvirtauksia.

Uusi pato tullaan perustamaan teräspaaluille, jotka lyödään kovaan kallioon. Paalubetonointi ei ole mahdollista paikan päällä vaan se joudutaan suorittamaan erikseen. Tähän työhön soveltuvat parhaiten putkipaalut massiivisia teräsprofiiileja paremmin. Lyöntikalusto valitaan paalutyypin ja kohteen mukaan. Paalu lyödään maahan paineilmavasaralla tai kevyellä pudotusjärkäleellä. Putkipaalujen kärki suojataan maa- tai kalliokärjellä. Paalut jatketaan paalukohtaisesti kehitetyillä holkki- ja kitkaliitoksilla.

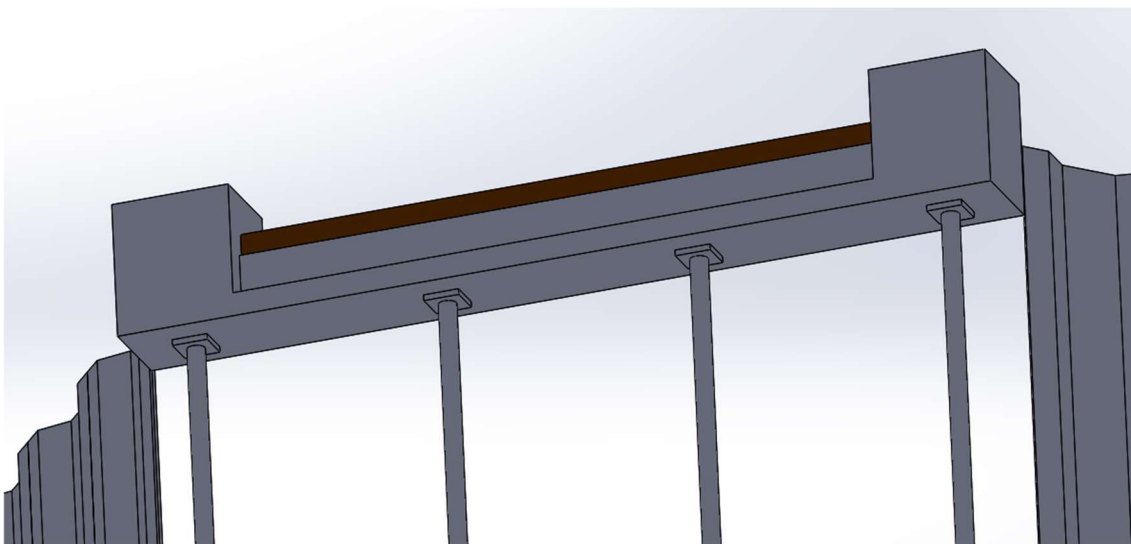
Padon yläosan vanhaa puurakennetta ei voida käyttää hyväksi, vaan se on uusittava. Samoin kiviverhous uusitaan. Vanhan kiviverhouksen materiaalia voidaan käyttää hyväksi pienellä varauksella uuden rakentamisessa. Padon alla olevasta puuponttiseinän kunnosta ja elinkaaresta ei tiedetä, joten sen yläosan kunto tullaan tarkastamaan työn

yhteydessä. Padolle tehdään myös siivekkeet sivuille teräsponteista sivusuotautumisen estämiseksi.

Arvioitu hinta: 40 600 € (Liite 6)



Kuva 25. Uusi paaluilla tuettu pato.



Kuva 26. Pato alhaalta nähtynä.

7.3 Uusi betonielementtipato ja teräspaaluperustus

Tässä vaihtoehdossa vanha pato puretaan ja uusi rakennetaan valmiista betonielementeistä teräspaaluperustukselle. Betonielementtien lukumäärä ja koko jää suunnittelijan vastuulle, mutta helpointa olisi tehdä pato 2-4 betonielementistä. Padon rakentaminen yhdestä elementistä ei ole suositeltavaa, sillä se hankaloittaa kuljetusta ja asennusta. Muuten ratkaisu on samanlainen kuin edellä. Samoin kuin edellisessä vaihtoehdossa työ joudutaan suorittamaan kuivatyönä. Myös tässä ratkaisussa padolle rakennetaan siivekkeet teräsponteista sivusuotautumisen estämiseksi.

Arvioitu hinta: 41 500 € (Liite 7)

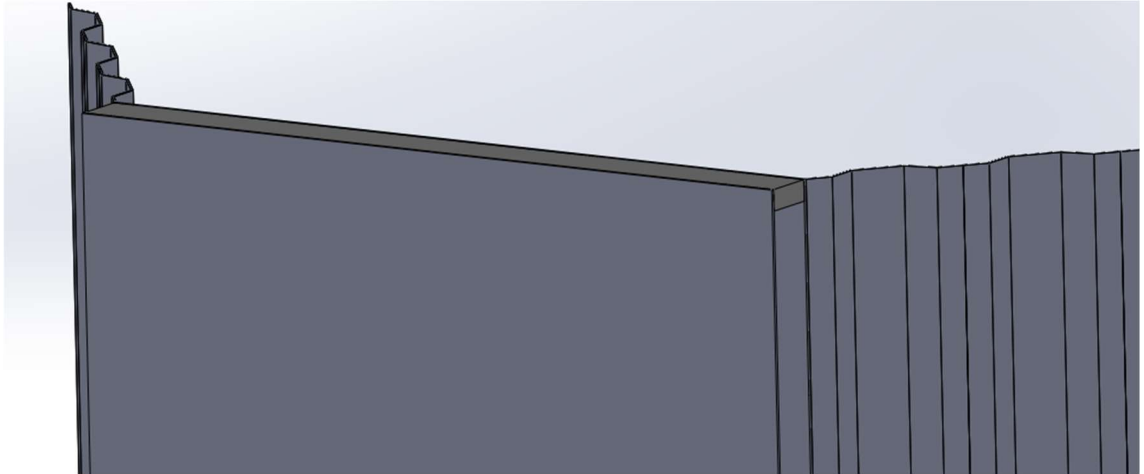
7.4 Pato teräsponttiseinistä

Yhtenä ratkaisuna on rakentaa uusi pato kokonaan teräsponttiseinistä (Kuvat 27 ja 28). Ratkaisussa padon tilalle rakennetaan kaksi toisiinsa ankkuroitua ponttiseinää, jotka lyödään kovaan moreeniin saakka. Ponttiseinien välin jäävä siltti- ja savimaa korvataan soralla siihen asti kuin on tarpeellista. Rakenne voidaan tehdä lyötävistä Z- tai U-profiilin teräsponteista. Teräspontit injektoidaan vedenpitäviksi joko laastilla tai bitumilla suotautumisen estämiseksi. Padon harjaosa valetaan vesitiiviistä betonista.

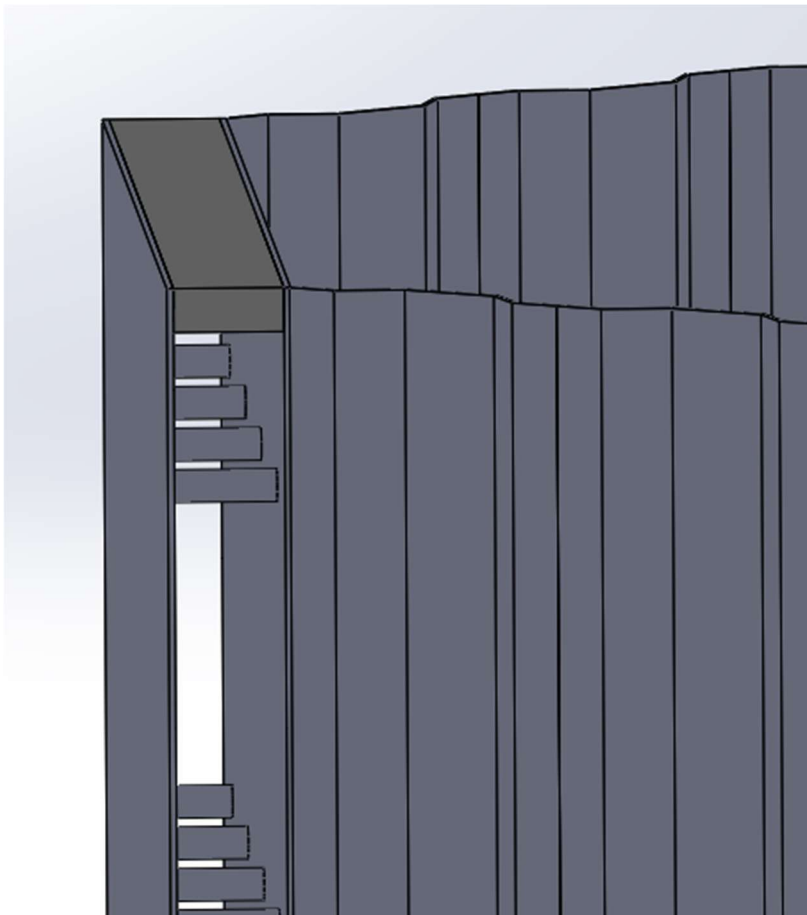
Vanha kiviverhous joudutaan kaivamaan kokonaan pois. Uudelle kiviverhoukselle ei ole tarvetta. Patorakenteeseen tehdään siivekkeet sivuille teräsponteista sivusuotautumisen estämiseksi. Koko työ joudutaan suorittamaan kuivatyönä.

Samanlainen rakennelma on mahdollista tehdä myös porapaaluin, mutta kustannukset nousevat. Porapaaluseinän etuna on sen asennettavuus hankalaankin maaperään sekä varmuus kalliokontaktista ja alapään asennustasosta. Nämä asiat poistavat riskejä ja antavat lisätietoa edesauttamaan rakentamista. Asennusta ei estä kivinen maaperä ja porapaalut saadaan porattua suoraan kallioperään. Koska porapaaluseinän alapää on kalliossa poistaa se myös tarpeen seinän ankkuroimiseen tai juuritappien tekemiseen.

Arvioitu hinta: 64 600 € (Liite 8)



Kuva 27. Valmis ponttipato edestä



Kuva 28. ponttipato sivulta. Ponttien väli täytetään soralla

8 UOMAN KORJAUS

Lasku-uoman korjauksessa on otettava huomioon seuraavat asiat: tulvasyvyyden korottaminen, kasviston perkaus sekä luiskien ja pituuskaltevuuden korjaus. Uoma voidaan kunnostaa kaivamalla kaivinkoneella ilman erinäistä ruoppauskoneistoa.

Uoman alkuperäisessä profiilissa luiskat on kaivettu kaltevuuteen 1:1,5 pohjan ollessa n. 0,5 metriä. Eroosio on kuitenkin muokannut luiskat joltain osin lähes pystysuoriksi ja maa-ainesta on vierinyt pientareilta uoman pohjalle. Suositeltavaa olisi kaivaa uudet luiskat kaltevuuteen 1:1,5 - 1:2. Samalla myös pohjan leveyttä voitaisiin kasvattaa 1 m asti.

Uoma tulee kaivaa 0,3 % pituuskaltevuuteen. Näin taataan virtauksen sujuvuus ja estetään seisovien lammikoiden synty. Liikakaivuuta tulee kuitenkin välttää. Eroosiosta tai muusta syystä liian suuriksi ryöstäytyneet kohdat korjataan täyttämällä kaivumaalla huolellisesti tiivistäen (Kuvat 29, 30 ja 31).

Poistomaa voidaan läjittää ja tiivistää uoman pientareille. Läjitetty maa toimii suojavallina uomalle pelloilta valuville maa-aineksille ja lannoitteille. Uoman kunnostuksen yhteydessä tulee hankkiutua eroon liiasta kasvustosta uomasta kuten puuntaimista ja ruokokasvustosta. Liialliseen kasviston raivaukseen ei tule ryhtyä, sillä esim. pientareilla kasvava ruoho toimii suojana eroosiota vastaan.



Kuva 29. Pato lasku-uomalta nähtynä



Kuva 30. Uomaan laskeva oja



Kuva 31. Liikakasvustosta raivattu lasku-
uoma

9 JÄRVEN RUOPPAUS

9.1 Säädökset ja asetukset

Ruoppauksella tarkoitetaan maa-aineksen ja lietteen koneellista poistamista vesialueen pohjasta. Vedenalaisen kallion louhinta ei ole ruoppausta, ja louhinta saattaa vaatia aluehallintoviraston (AVI) luvan. (Ympäristö)

Ruoppaustoimenpiteet tulee aina suunnitella ja toteuttaa huolellisesti, jotta mahdollisista ympäristöhaitoilta ja naapuririidoilta vältytään. Hankkeen toteuttaja on vastuussa hankkeen lainmukaisuudesta ja aiheuttamistaan haitallisista seurauksista. Ongelmien ja riitosten välttämiseksi tulee keskustella hankkeesta järven alueen asukkaiden ja kiinteistöomistajien kanssa. (Ympäristö)

Ruoppaus on ilmoituksen- tai luvanvaraista. Tilavuudeltaan yli 500 m³ ruoppaukselle tulee aina hakea lupa aluehallintovirastolta (AVI). Pienimmästäkin, massamäärältään enintään 500 m³ koneellisesta ruoppauksesta on tehtävä ilmoitus ELY-keskukselle ja vesialueen omistajalle vähintään 30 vuorokautta ennen töiden aloitusajankohtaa. (Ympäristö)

ELY-keskus ilmoittaa vastaanottaneensa ruoppausta koskevan ilmoituksen tai antaa lausunnon. ELY-keskus ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen voi antaa tarkempia ohjeita tai kehottaa ilmoittajaa hakemaan 30 vuorokauden kuluessa vesilain mukaista lupaa aluehallintovirastolta. Ilmoituksen perusteella luvan tarve arvioidaan tapauskohtaisesti. Lupa vaaditaan, jos toimenpiteistä voi aiheutua haittaa esimerkiksi luonnolle ja kalakannoille. Alle hehtaarin kokoisen luonnontilaisen kaltaisen lammen luonnontilan vaarantaminen on aina kiellettyä ilman aluehallintoviraston lupaa. Aluehallintoviraston luvat ovat maksullisia. (Ympäristö)

Ruoppaamiseen liittyviä vesilain säädöksiä:

- Haitan poistaminen (ruoppaus, niitto), vesilaki 2:6 §
- Haittojen minimointivelvoite, vesilaki 2:7 §
- Ilmoittamisvelvollisuus: vesilaki 2:15 § ja asetus vesitalousasioista 30 §
- Hankkeen vaikutuksiin perustuva luvantarve: vesilaki 3:2 §

- Hankkeen ehdoton luvantarve: vesilaki 3:3 §

9.2 Ruoppausmassojen sijoittaminen

Ruoppausmassoja ei saa läjittää toisen maa-alueelle tai vesijätölle ilman omistajan suostumusta, eikä vesialueelle ilman aluehallintoviraston lupaa. Ruoppausmassojen asianmukainen läjitys tulee varmistaa, jotta ne eivät pääse takaisin vesistöön tulvan, aallokon tai sateen aikana. Läjitysalue ja työstä aiheutuneet jäljet on siistittävä ympäristöön sopivaksi. Irronnut kasvillisuus tulee kerätä pois vesistöä ja sijoittaa asianmukaisesti. Ruoppauksessa ja läjitysmassojen sijoituksessa tulee erityisesti ottaa huomioon luonto- ja vesiympäristö maisema-arvoineen. (Ympäristö)

9.3 Työn ajankohta

Samentumisen ja muiden ruoppauksesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi ruoppaustyö tulisi ajoittaa virkistyskäyttökauden ulkopuolelle. Pieniin ruoppauksiin syksy tai varhainen kevät sopivat hyvin, koska silloin vedenpinnat ovat järvissä yleensä alhaalla ja työ on helpompaa. (Ympäristö)

Isommat ruoppaukset on suositeltavaa tehdä jään päältä, jolloin jää ja maapohja kantavat kaivumassojen kuljetuskaluston. Jos työ tehdään vesialueen ollessa jäässä, on kohdat, joissa työn vuoksi jäätä on rikottu tai jään kantavuus on huonontunut, merkittävä asianmukaisesti. (Ympäristö)

9.4 Ruoppauksen haitat ja niiden välttäminen

Matalat rannat ja niihin usein liittyvät tulva-alueet ovat monimuotoisia elinympäristöjä, joiden lajisto voi kärsiä ruoppauksista tai kadota niiden takia kokonaan. Ruoppaustoimenpiteistä voi aiheutua myös veden samentumista, ravinteiden vapautumista pohjasedimentistä veteen, kalojen kutualueiden tuhoutumista, ranta-alueiden syöpymistä ja sortumista sekä maiseman rumentumista. (Ympäristö)

Vesistöihin vaikuttavien hankkeiden toteuttamista koskee periaate haittojen minimoimista. Hankkeen toteuttaminen on tehtävä mahdollisimman vähän haittaa aiheuttavalla tavalla, mikäli se ei lisää kustannuksia kohtuuttomasti. (Ympäristö)

Ruopattu alue säilyy kunnossa pidempään, jos pohjalle asennetaan suodatinkangas ja sen päälle riittävästi (25– 30 cm) hiekkaa. Suodatinkangas ja hiekka voidaan levittää jään päälle, mistä ne jään sulaessa painuvat pohjaan. (Ympäristö)

Läjäytyspaikka tulee valita ja osoittaa siten, etteivät massat pääse takaisin vesistön tulvan tai sateen aikana. Tämä voi edellyttää kuormausta ja poiskuljetusta. Ravinteista ja humuspitoista massaa voidaan esim. levittää maanparannusaineeksi. Ruoppausmaita voidaan käyttää myös rannan läheisten alueiden korotukseen. Koska ruoppausmaat ovat yleensä hienojakoisia, ne tulee muotoilla riittävän loiviksi. Maat muotoillaan välittömästi tai talvityön jälkeen viimeistään alkukesästä. (Ympäristö)

9.5 Ruoppaustapa

Suosittelava ruoppaustekniikka on imuruoppaus. Imuruoppauksella tarkoitetaan ruoppaustapaa, jossa vettä käytetään irrotettavan aineksen kuljettamiseen putkea pitkin maalla sijaitsevaa erilliseen läjäytysaltaan. Imuruoppaus on menetelmänä usein hyvinkin kustannustehokas, vaikka vaatii yleensä kaivettavan läjäytysaltaan. Menetelmä on verrattain siisti, sillä ruoppausmassa voidaan pumpata letkua tai putkea pitkin läjäytysalueelle jopa yli puolen kilometrin päähän. Tällöin erillistä siirtokalustoa ei tarvita. Imuruoppauksen ruoppausvyvyys on maksimissaan 2 metriä.

Imuruoppaus aloitetaan yleensä syvemältä lähtien ja edeten rantaan päin. Minimi tilapäiselle imuruoppausvyvydelle on n. 0,5 m jotta pumppu saa vettä. Käytännössä minimi laajemmalla alueella on noin 0,8 m. Tehokas imuruoppausvyvyys on noin 3,5 m ja maksimi 5,5 m. Ruopattu pohja tulisi olla vähintään vaakatasossa luonnolliseen syvyyteen asti ja kuopan tekemistä tulee välttää. (Insinööritoimisto Lassinaro Oy, 2018)

Imuruoppauksen tehoon ja kustannuksiin vaikuttaa oleellisesti imuruopattavan massan laatu. Muta, lieju ja teollisuuslietteet ovat helpoimpia, savi, tasarakeinen hiekka ja pehmeä siltti onnistuvat hyvin. Kova siltti ja monirakeinen hiekka ja sora ovat huomattavasti työläämpiä moreenin ollessa lähes mahdotonta. Rantaan usein seuloutunut ns. rantamoreeni onkin parempi kaivaa kuokkakauhalla suoraan rannalle. (Insinööritoimisto Lassinaro Oy, 2018)

Ruopattavan pohjamaan voidaan olettaa olevan eritein hienojakoista ja kasvillisuuden vuoksi humuspitoista. Lähempänä patoa ruopattaessa ongelmia saattavat aiheuttaa puunjuuret. Pohjan kivisyys ja kiinteäjuurakkoinen kasvusto haittaavat imuruoppausta,

ne kannattaa poistaa ennen imua. Tällöin olisi hyvä käyttää apuna kaivinkonetta pohjan kaivamiseen. Vaihtoehtoisesti ruoppauskalustoa valittaessa voidaan päätyä ruoppauskoneeseen, jossa on kaivinkauha. Kauharuoppaus on menetelmänä imuruoppauksen kanssa toimiva ja kustannustehokas.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Fokuksena padon korjaamiselle ja toimivuuden parantamiselle oli toimiva järven säännöstely. Valittaessa työtapaa ja menetelmää tälle oli kustannustehokkuus yksi tärkeimmistä kriteereistä. Vaikka jotkin vaihtoehdoista osoittautuivatkin periaatteessa toimiviksi, niiden aiheuttamat kustannukset ja työn tarve nousivat liian suuriksi.

Salon Jylynjärven pohjapadon toiminnan kannalta kriittisin kohta, padon puinen yläosa, oli eniten korjauksen tarpeessa. Järven halutun säännöstelykorkeuden saavuttaminen ilman tuon osan korjaamista ei ollut mahdollista. Lisäksi reunojen kautta suotautui vettä padon ohi. Padon kunnan ja pohjavahvistusten nykytilaa ei pystytty tarkistamaan veden ollessa ylhäällä.

Kustannustehokkain tapa korjata pato on sen puuosien uusiminen ja suotautumisen estäminen rakentamalla uudet ponttiseinät padon molemmin puolin. Mikäli tässä noudatetaan oikeanlaista korjaustapaa eikä padon perustuksia kuormitettaisi korjauksen aikana, ei perustusten korjaamiselle ole tarvetta. Padon betoninen osa ei ole painunut ja voidaan olettaa, ettei se painu jatkossakaan. Koko padon uusiminen edellyttäisi työn tekemistä kuivatyönä, joka lisää kustannuksia noin 27 000 euroa (liitteet 9 ja 10).

Opinnäytetyössä ei ole varsinaisesti suunniteltu puuosaa eikä sen liittämistä vanhaan patoon, vaikka työstä onkin tehty alustava työsuunnitelma. Varsinainen suunnitelma tulee laatia ennen aloittamista. Padon sivuille suunnitellut teräsponttiseinät tulee suunnitella ja mitoittaa niin, että veden suotautuminen padon sivuilta estyy ja ponttiseinä liittyy kiinteästi olemassa oleviin rakenteisiin (liite 11).

LÄHTEET

Vesilaki. Finlex. Viitattu 1.10.2018

Ramboll Finland Oy 2014. Silko 2.271 Vedenalaisten rakenteiden korjaus – Laatuvaatimukset. Grano Oy. Kuopio

Nyman J. 2013, Vesitiiviin kaivannon rakentaminen (Urheilupuisto). Insinööriyö. Rakennusinsinööri AMK. Rakennustekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.10.2018

Rusi M. 2010, Betonipatojen kuntotutkimus. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.10.2018

Lempinen V. 2014, Tukiseinätyöt kaupunkialueella. Opinnäytetyö. Rakennus tekniikan koulutusohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.10.2018

Uudistunut vesilaki 2011, Keskeinen sisältö ja tärkeimmät muutokset, Ympäristöministeriön raportteja 1, 2012 Helsinki 2012

InfraRYL, TK242 TR1 Päivitys 16.11.2017 / KM 1. viitattu 1.10.2018

Ahopelto H.; Hietaranta J.; Jalonen E.; Kärhä J.; Nurminen H. & Stenwall J. 2016. Salon Kiskon Jylynjärven hoitosuunnitelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu

Liikenneviraston Kimmomasaran käyttäjän ohje, ohjeita 2/2014. Liikennevirasto 2014. Helsinki

Suomen Betoniyhdistys, Betonirakenteiden korjausohjeet 2016, BY 41

Suomen Betoniyhdistys, Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, BY 42

Suomen Betoniyhdistys, Betonitekniikan oppikirja 2004, BY 201

Jääskeläinen R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Tammertekniikka.

Insinööritoimisto Lassinaro Oy 2018, www.lassinaro.fi/ruoppaus/imuruoppaus. Viitattu 1.6.2018

Ympäristö 2018. Säännöstely. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, <https://www.ymparisto.fi/saannostely> Viitattu 1.10.2018.

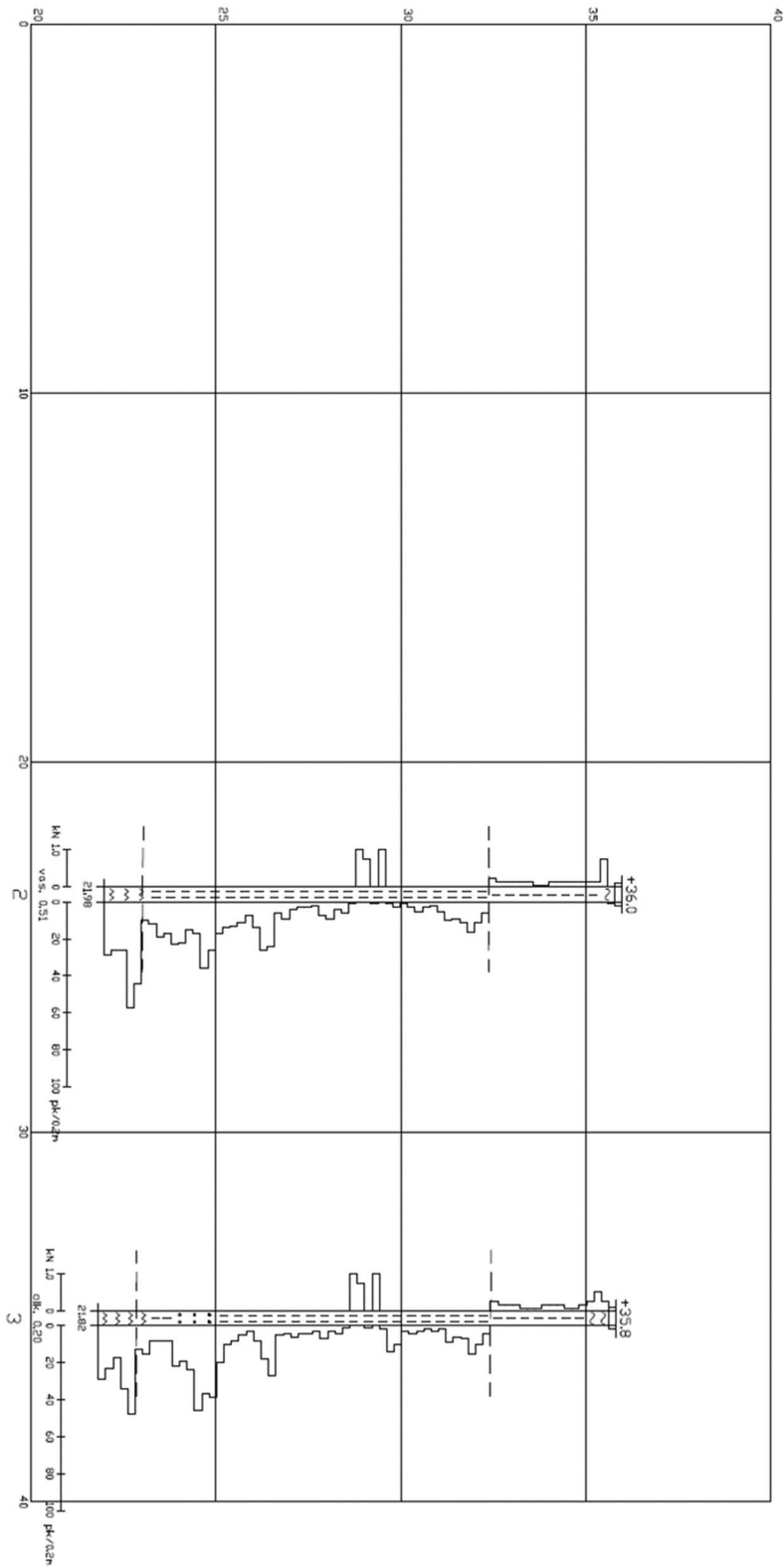
RT 89-11184 Muurien ja tukimuurien korjaaminen. 2015

Ratu F1-0371 Perustusten vahvistaminen betonoimalla, injektoimalla ja pulttaamalla. Menetelmät ja menekkiin vaikuttavat tekijät. 2010

Ratu F1-0358 Suihkuinjektointi. Menetelmät. 2010

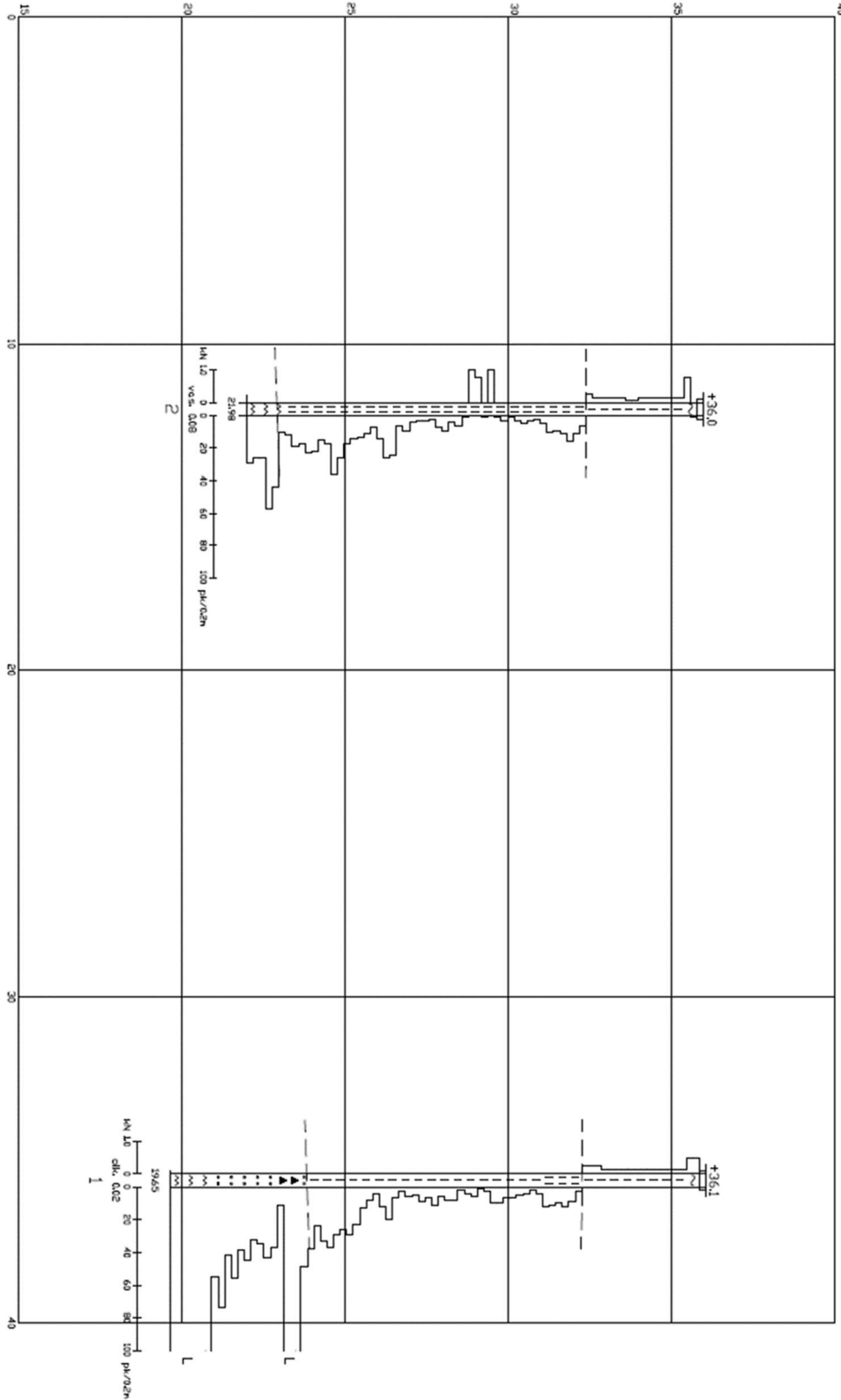
Kairaukset A

LEIKKAUS A - A



Kairaukset B

LEIKKAUS B - B



Vaihtoehdon 1 kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Padon (puuosan) korjaus**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusindeksi: **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **5.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 18 800 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1111	Jätepuun ja kasvillisuuden poisto, vaikea * sis. kaluston, työn ja kuljetukset	m2tr	20	15,00 €	300 €
1112	Hyötypuun hakkuu pienet määrät (alle 10 kpl)	kpl	10	25,02 €	250 €
1632	Pysyvä teräsponttiseinä Padon sivupenkereiden vahvistukseen	m2tr	60	113,87 €	6 832 €
1632	Teräsponttiseinän asennustyö	m2tr	60	9,45 €	567 €
4999	vanhan betonin purku, kuutiometri *	m3	3	350,00 €	1 050 €
4999	Kaluston siirto *	kpl	1	1 500,00 €	1 500 €
4999	Uusi puurakenne + betonin piikkaus *	kpl	1	1 000,00 €	1 000 €
4999	tilapäinen silta ojan yli *	kpl	1	2 000,00 €	2 000 €
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				13 499 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				675 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				270 €
5400	Työmaapalvelut				270 €
5500	Työmaan kalusto				135 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				1 485 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

Työmaatehtävät yhteensä 2 835 €

1000-5500 Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä 16 334 €

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät	1 225 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	1 229 €

Tilajatehtävät yhteensä	2 454 €
--------------------------------	----------------

1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä	18 789 €
------------------	--	-----------------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
------	------	-------	------------	----------

Muut kustannukset yhteensä				
-----------------------------------	--	--	--	--

Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)	18 800 €
----------------------------	------------------	-----------------

	(Alv. 24%)	4 500 €
--	-------------------	----------------

Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)	23 300 €
----------------------------	-------------------	-----------------

Vaihtoehdon 2 kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Uusi pato teräspaaluilla**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusindeksi: **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **5.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 40 600 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1111	Jätepuun ja kasvillisuuden poisto, vaikea * <i>sis. kaluston, työn ja kuljetukset</i>	m2tr	20	15,00 €	300 €
1112	Hyötypuun hakkuu pienet määrät (alle 10 kpl)	kpl	10	25,02 €	250 €
1129	Purkujätteen poiskuljetus lisäkust. *	t	8	35,00 €	263 €
1129	Purkujätteen vastaanottomaksu, betoni alle 150mm, hyödynnettävä	t	8	11,31 €	85 €
1311	Betonisen osan muottityöt, vaikea * <i>Verrattavissa perustusten muottitöihin</i>	m2tr	26	66,56 €	1 730 €
1311	Padon raudoitustyöt betoniteräs A500HW *	kg	30	1,88 €	56 €
1311	Betonipadon betonointityöt betoni C25/30 (K30) (kuljetus < 5 km) *	m3tr	3	91,98 €	285 €
	<i>Verrattavissa perustusten betonitöihin</i>				
1321.1211	Teräsputkipaalu RR75, määrä alle 500 m/vaikeat olosuhteet	mtr	60	26,70 €	1 602 €
1321.1213	+betonoinnin lisäkustannus RR400, teräsputkipaalut	mtr	60	16,13 €	968 €
1323	Paaluhatut 1400 x 1400	kpl	4	137,56 €	550 €
1624	Rakennuskaivanto, laajuus 0-200 m3ktr TAI vaikeat olosuhteet	m3ktr	24	6,70 €	161 €
1624	+Lisäkustannus tuetulle rakennuskaivannolle (vedenalainen työ)	m3ktr	24	11,39 €	273 €
1624.1	+kuljetuksen lisäkustannus (yli 50 km), rakennus- ja silta-kaivannot	m3ktr	24	20,17 €	484 €
1632	Pysyvä teräsponsittiseinä Padon sivupenkereiden vahvistukseen	m2tr	60	113,87 €	6 832 €
1632	Teräsponsittiseinän asennustyö	m2tr	60	9,45 €	567 €
1632	Padotusrakenteen asennustyön ja ylläpidon lisäkust. *	kpl	1	3 000,00 €	3 000 €
1632	Puuponttiseinä Väliaikainen kaivanto	m2tr	80	59,61 €	4 769 €

2112	Suodatinkangas N3 Kiviverhoukseen	m2tr	24	1,36 €	33 €
2223	<i>Kiviverhouksen kunnostus, työ ja uusi materiaali *</i>	<i>m2tr</i>	16	90,00 €	1 440 €
4999	<i>vanhan betonin purku, kuutiometri *</i>	<i>m3</i>	3	350,00 €	1 050 €
4999	<i>tilapäinen silta ojan yli *</i>	<i>kpl</i>	1	2 000,00 €	2 000 €
4999	<i>Uusi puurakenne *</i>	<i>kpl</i>	1	1 000,00 €	1 000 €
4999	<i>Kaluston siirto *</i>	<i>kpl</i>	1	1 500,00 €	1 500 €
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				29 199 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				1 460 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				584 €
5400	Työmaapalvelut				584 €
5500	Työmaan kalusto				292 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				3 212 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

Työmaatehtävät yhteensä	6 132 €
--------------------------------	----------------

1000-5500 Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä	35 330 €
--	-----------------

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				2 650 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				2 659 €

Tilajatehtävät yhteensä	5 308 €
--------------------------------	----------------

1000-5580 Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä	40 639 €
--	-----------------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			40 600 €
	(Alv. 24%)			9 800 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			50 400 €

Vaihtoehdon 3 kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Elementtipato teräspaaluilla**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusind **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **5.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 41 500 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1111	Jätepuun ja kasvillisuuden poisto, vaikea * <i>sis. kaluston, työn ja kuljetukset</i>	m2tr	20	15,00 €	300 €
1112	Hyötypuun hakkuu pienet määrät (alle 10 kpl)	kpl	10	25,02 €	250 €
1129	Purkujätteen vastaanottomaksu, betoni alle 150mm, hyödynnettävä	t	8	11,31 €	85 €
1129	<i>Purkujätteen poiskuljetus lisäkust. *</i>	t	8	35,00 €	263 €
1311	<i>Betonielementti *</i> <i>Verrattavissa perustusten betonitöihin</i>	kpl	1	2 700,00 €	2 700 €
1321.1211	Teräsputkipaalu RR75, määrä alle 500 m/vaikeat olosuhteet	mtr	60	26,70 €	1 602 €
1321.1213	+betonoinnin lisäkustannus RR400, teräsputkipaalut	mtr	60	16,13 €	968 €
1323	Paaluhatut 1400 x 1400	kpl	4	137,56 €	550 €
1624	Rakennuskaivanto, laajuus 0-200 m3ktr TAI vaikeat olosuhteet	m3ktr	24	6,70 €	161 €
1624	+Lisäkustannus tuetulle rakennuskaivannolle (vedenalainen työ)	m3ktr	24	11,39 €	273 €
1624.1	+kuljetuksen lisäkustannus (yli 50 km), rakennus- ja siltakaivannot	m3ktr	24	20,17 €	484 €
1632	Pysyvä teräsponttiseinä Padon sivupenkereiden vahvistukseen	m2tr	60	113,87 €	6 832 €
1632	Teräsponttiseinän asennustyö	m2tr	60	9,45 €	567 €
1632	Puuponttiseinä Väliaikainen kaivanto	m2tr	80	59,61 €	4 769 €
1632	<i>Padotusrakenteen asennustyön ja ylläpidon lisäkust. *</i>	kpl	1	3 000,00 €	3 000 €
2112	Suodatinkangas N3 kiviverhoukseen	m2tr	24	1,36 €	33 €
2223	<i>Kiviverhouksen kunnostus, työ ja uusi materiaali *</i>	m2tr	16	90,00 €	1 440 €
4999	<i>vanhan betonin purku, kuutiometri *</i>	m3	3	350,00 €	1 050 €
4999	<i>Uusi puurakenne *</i>	kpl	1	1 000,00 €	1 000 €
4999	<i>Kaluston siirto *</i>	kpl	1	1 500,00 €	1 500 €
4999	<i>tilapäinen silta ojan yli *</i>	kpl	1	2 000,00 €	2 000 €

1000-4000	Rakennusosat yhteensä	29 827 €
------------------	------------------------------	-----------------

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät	1 491 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut	597 €
5400	Työmaapalvelut	597 €
5500	Työmaan kalusto	298 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät	3 281 €
5761.31	Hintatason muutokset	0 €

Työmaatehtävät yhteensä	6 264 €
--------------------------------	----------------

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä	36 090 €
------------------	--	-----------------

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät	2 707 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	2 716 €

Tilajatehtävät yhteensä	5 423 €
--------------------------------	----------------

1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä	41 513 €
------------------	--	-----------------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			41 500 €
	(Alv. 24%)			10 000 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			51 500 €

Vaihtoehdon 4 kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Pato ponttiseinistä**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusindeksi: **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **5.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 64 600 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1111	Jätepuun ja kasvillisuuden poisto, vaikea *	m2tr	20	15,00 €	300 €
1112	Hyötypuun hakkuu pienet määrät (alle 10 kpl)	kpl	10	25,02 €	250 €
1129	Purkujätteen vastaanottomaksu, betoni alle 150mm, hyödynnettävä	t	8	11,31 €	85 €
1129	Purkujätteen poiskuljetus lisäkust. *	t	8	35,00 €	263 €
1625	Massanvaihdon kaivannot, massojen kuljetus läjitykseen (alle 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet	m3ktr	24	12,43 €	298 €
1625	+Lisäkustannus tuetulle leikkauskaivannolle (vedenalainen työ)	m3ktr	24	17,89 €	429 €
1632	Pysyvä teräsponttiseinä Padon sivupenkereiden tukemiseen	m2tr	60	113,87 €	6 832 €
1632	Pysyvä teräsponttiseinä	m2tr	240	113,87 €	27 329 €
1632	Teräsponttiseinän sisäpuolinen tuenta *	kpl	1	1 500,00 €	1 500 €
1632	Teräsponttiseinän asennustyö	m2tr	300	9,45 €	2 835 €
2223	Kiviverhouksen poisto *	m2tr	24	45,00 €	1 080 €
4999	Vanhan betonin purku *	m3	3	350,00 €	1 050 €
4999	Padon betoninen yläosa *	m3	2	90,00 €	180 €
4999	Soratäyttö (kasetti) *	kpl	1	500,00 €	500 €
4999	Väliaikainen silta ojan yli, kappale *	kpl	1	2 000,00 €	2 000 €
4999	Kuljetuskustannukset *	kpl	1	1 500,00 €	1 500 €
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				46 431 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät	2 322 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut	929 €
5400	Työmaapalvelut	929 €
5500	Työmaan kalusto	464 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät	5 107 €
5761.31	Hintatason muutokset	0 €

Työmaatehtävät yhteensä					9 751 €
1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				56 182 €
Tilaaajatehtävät					
5600	Suunnittelutehtävät				4 214 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				4 228 €
Tilaaajatehtävät yhteensä					8 441 €
1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä				64 623 €
Muut kustannukset					
Nimi		Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä					
Koko hanke yhteensä		(Alv. 0%)			64 600 €
		(Alv. 24%)			15 500 €
Koko hanke yhteensä		(Alv. 24%)			80 100 €

Kuivatyön (puuponteilla) kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Kuivatyö puuponteilla**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusindeksi: **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **8.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 11 400 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1624	Rakennuskaivanto, laajuus 0-200 m3ktr TAI vaikeat olo-	m3ktr	24	6,70 €	161 €
1624	'+Lisäkustannus tuetulle rakennuskaivannolle (vedenalai-	m3ktr	24	11,39 €	273 €
1632	nen työ)				
1632	Puuponttiseinä	m2tr	80	59,61 €	4 769 €
4999	<i>Padotusrakenteen asennustyön ja ylläpidon lisäkust. *</i>	<i>kpl</i>	<i>1</i>	<i>3 000,00 €</i>	<i>3 000 €</i>
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				8 203 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				410 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				164 €
5400	Työmaapalvelut				164 €
5500	Työmaan kalusto				82 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				902 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

Työmaatehtävät yhteensä 1 723 €

1000-5500 Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä 9 926 €

Tilaaajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				744 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				747 €

Tilaaajatehtävät yhteensä 1 491 €

1000-5580 Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä 11 417 €

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			11 400 €
	(Alv. 24%)			2 700 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			14 200 €

Kuivatyön (teräsponteilla) kustannusarvio

KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Jylynjärven pato
 Laskelma: **Kuivatyö teräsponteilla**
 Aluekerroin: 0,96
 Kustannusindeksi: **111,80 (2010=100)**
 Päivämäärä: **8.6.2018**

Laskelman kustannukset yhteensä: 13 200 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1624	Rakennuskaivanto, laajuus 0-200 m3ktr TAI vaikeat olosuhteet	m3ktr	24	6,70 €	161 €
1624	'+Lisäkustannus tuetulle rakennuskaivannolle (veden-alainen työ)	m3ktr	24	11,39 €	273 €
1632	Väliaikainen teräsponttiseinä	m2tr	80	40,04 €	3 203 €
1632	+lisäkustannus vaikeat olosuhteet, teräsponttiseinän ponttaus	m2tr	80	7,37 €	590 €
1632	Teräsponttiseinän asennustyö	m2tr	80	9,45 €	756 €
1632	Teräsponttiseinä, materiaalikustannus (väliaikainen seinä)	m2	80	18,38 €	1 470 €
4999	<i>Padotusrakenteen asennustyön ja ylläpidon lisäkust. * kpl</i>		1	3 000,00 €	3 000 €
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				9 453 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				473 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				189 €
5400	Työmaapalvelut				189 €
5500	Työmaan kalusto				95 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				1 040 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

Työmaatehtävät yhteensä 1 985 €

1000-5500 Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä 11 439 €

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				858 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				861 €

Tilajatehtävät yhteensä				1 719 €
1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä			13 157 €
Muut kustannukset				
Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä		(Alv. 0%)		13 200 €
		(Alv. 24%)		3 200 €
Koko hanke yhteensä		(Alv. 24%)		16 300 €

Jylynjärven pohjapadon korjauksen työtapaohje

Rakennus- ja infratekniikka

Infratekniikka

2018

Matias Kylliäinen

JYLYNJÄRVEN POHJAPADON KORJAUKSEN TYÖTAPAOHJE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

01 YLEISET OHJEET JA VAATIMUKSET

01.1 Rakennushanke

01.1.1 Rakennuskohde ja sen sijainti

Jylynjärven pohjapato sijaitsee Salon Jylynjärven laskuoman suulla järven pohjoispäässä

Valitussa korjausmenetelmässä ainoastaan padon puuosa korjataan. Betonista osaa ei korjata

Olemassa oleva lahonnut puuosa poistetaan ja uusi puu asennetaan tilalle

Padolle tehdään siivekkeet sivuille teräsponteista sivusuotautumisen estämiseksi

Lasku-uoma perataan liiasta kasvustosta ja kaivetaan auki

01.1.2 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena on uudistaa pato täyttämään ne tekniset vaatimukset, että vesivirrat ovat halutuilla korkeuksilla padon ylä- ja alapuolella kaikissa tilanteissa.

Korjausten yhteydessä ilmi tulleet laajempaa korjausta vaativat toimenpiteet tarkastellaan tarkemmin niiden tultua esille töiden edetessä.

Padon kunnostusprojektista on tehty oma raporttinsa, jossa on esitelty työhön liittyvät padon kunnan ja maaperän tutkimusmenetelmät sekä vaihtoehdot korjaustavalle.

Padon korjaukselle on mietitty myös vaihtoehtoja. Yhtenä vaihtoehtona on purkaa vanha pato ja rakentaa uusi joko paikalla valaen tai valmiista betonielementeistä. Pato voidaan tukea teräspalkein. On olemassa myös vaihtoehto, jonka mukaan betoninen patorakenne voidaan korvata teräsponttiseinillä.

01.2 Rakennuttaja

01.3 Suunnittelijat ja asiantuntijat

1 PUUOSAN KORJAUS

1.1 Vanhan puuosan purku

Vanha kulunut puuosa poistetaan vaurioituneen betonin mukana

1.2 Puretun puuaineksen hävitys

Purettua puuosaa tuskin voidaan käyttää hyödyksi, joten se on hävitettävä säädösten mukaisesti.

Puhdas pintakäsittelemätön ja kyllästämätön puutavara voidaan hävittää polttamalla, jolloin se voidaan hyödyntää lämmityksessä.

Painekyllästetty puu luokitellaan erilliskierrätettäväksi jätteeksi. Kaikki käytöstä poistettu kyllästetty puutavara sekä mahdolliset työstöjätteet tulee toimittaa jätelaitosten ja puutavarakauppojen erilliskierrätyspisteisiin.

Koska puutavaran kosteussuojaus-/pintakäsittelyaineesta ole varmuutta, se suositellaan hävitettäväksi kuten kyllästetty puutavara.

1.3 Uusien rakenteiden suunnittelu

Uusien rakenteiden suunnittelu tehdään ennen rakenteiden toteutusta ja hyväksytetään tilaajalla.

1.4 Puuosan materiaalin valinta

Standardin SFS-EN 335-1 mukaan puurakenteiden käyttöluokaksi valitaan luokka 4:

4. Olosuhde, jossa puu tai puupohjainen tuote on kosketuksissa maahan tai makeaan veteen ja siten pysyvästi altistettu kastumiselle.

Koska rakenne on jatkuvassa vesikosketuksessa ja paksuudeltaan yli 50 mm, puurakenteeksi voidaan valita painekyllästetty sahatavara, jonka kyllästysluokka on A.

A-luokan painekyllästettyä puutavaraa käytetään maa- ja vesikosketuksessa olevissa rakenteissa sekä kantavissa ja erityistä turvallisuutta vaativissa rakenteissa, kuten portaissa, laitureissa, meluseinissä, silloissa jne.

Painekyllästettävän puutavaran kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä.

Kreosoottiöljyllä kyllästetty puutavaraa ei suositella käytettäväksi tässä työssä.

1.5 Uuden puuosan asennus

Puurakenteen nosto tehdään siten ja sellaisilla nostovälineillä, että nostaminen ei aiheuta rakenteeseen haitallisia muodonmuutoksia ja heikennä sen laatua ja lujuusominaisuuksia.

Myöskään käytettävät työ- ja kiinnitysmenetelmät eivät saa huonontaa valmiin rakenteen laatua tai lujuusominaisuuksia. Työ tehdään siten, ettei betoniseen osaan kohdistu suuria voimia tai padon kuormaa kasvateta.

Uuden puurakenteen kosteus ei saa asennuksen aikana poiketa haitallisesti lopullisesta tasapainokosteudesta. Mittapoikkeamat otetaan asennettaessa huomioon kirjallisten asennusohjeiden edellyttämällä tavalla.

1.6 Puun liitos betoniin

1.6.1 Mekaaninen liittäminen

Puosan liittäminen betoniin voidaan suorittaa esimerkiksi poraamalla puun läpi betoniruuvit. Toisena vaihtoehtona voisi olla kulmalevyt, jotka kiinnitetään betoniin käyttämällä M10-pultteja ja puuhun CNA4,0xℓ-naulauslevynauloilla tai CSA5,0xℓ-ruuveilla.

Liitoksessa on myös mahdollista käyttää puuosan sisälle asennettavia palkkikannattimia.

Liittimien ja liitososien kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä, kun asetetut kansalliset vaatimustasot tuotteen käyttökohteessa täytetään. Maahan tai

makeaan veteen kosketuksissa olevissa standardin *SFS-EN 335-1* mukaisen käyttöluokan 4 pysyviksi tarkoitetuissa puurakenteissa samoin kuin liittimet ja liitososat on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, vähintään laadusta EN 1.4301. Tämä koskee myös kuparia sisältävillä puunsuoja-aineilla käsiteltyjen (esim. painekyllästys) puutuotteiden liitoksia.

Liittimet ja liitososat ovat samaa metallilaatua galvaanisen korroosion estämiseksi.

Liittimien ja liitososien korroosiosuojauksen vähimmäisvaatimukset:

Liitin	Käyttöluokka
	3
Naulat ja ruuvit, joiden $d \leq 4$ mm	Fe/Zn 25c, Z350
Pultit, tappivaarnat, naulat ja ruuvit, joiden $d > 4$ mm	Fe/Zn 25c, Z350
Hakaset	Ruostumaton teräs
Naulalevyt ja teräslevyt, joiden paksuus on ≤ 3 mm	Ruostumaton teräs
Teräslevyt, joiden paksuus on 3...5 mm	Fe/Zn 25c, Z350
Teräslevyt, joiden paksuus on > 5 mm	Fe/Zn 25c, Z350

1.6.2 Liitos liimaamalla

Liitoksessa on myös hyvä käyttää esimerkiksi bitumipohjaista liimaa tai tartuketta. Bitumilla voi myös tilkitä mahdollisia vuotokohtia puun ja betonin välillä.

Liimojen ja tartukkeiden käytössä noudatetaan valmistajan antamia käyttöohjeita.

Mikäli betonissa havaitaan korjausta tarvitsevia murtumia, voidaan käyttää laastipaikkausta. Samaa laastia voidaan käyttää myös bitumin sijasta tiivistyksessä

2 PADON SIIPIEN TERÄSPONTIT

2.1 Pontitusmenetelmät

Pysyvät teräspontit voidaan upottaa maahan täryttämällä, lyömällä tai painamalla LPO:n mukaisesti. Täryttäminen soveltuu parhaiten käytettäväksi karkearakeisissa maakerroksissa, sorassa tai hiekassa, erityisesti niiden ollessa vedellä kyllästettyjä. Hydrauliset täryjuntat soveltuvat myös vedenalaiseen työskentelyyn. Täryttämistä voidaan käyttää myös hienorakeisissa ja moreenimaakerroksissa.

Täryjunttien taajuudet tulee olla säädettävissä, jotta ympäröivä maa ei joudu resonanssiin.

2.2 Ponttien lyönti

Pontteja voidaan lyödä maahan kaksitoimisella hydraulijuntalla tai paineilmajuntalla.

Ponttiprofiilit tulee upottaa maahan ponttiin lyötyinä. Padon betonisen osan ja teräsponttien välit voidaan tiivistää esimerkiksi bitumilla tai sementillä.

3 LASKU-UOMA

3.1 Kasviston poisto

Lasku-uoma perataan auki suurimmasta kasvillisuudesta. Kaikkea kasvillisuutta luiskien läheisyydestä ei tule eroosioriskin vuoksi poistaa.

3.2 Uoman maankaivuu

Tarpeen vaatiessa uomaa voidaan kaivaa syvemmäksi ja leventää. Liikakaivua pyritään parhaimman mukaan välttämään uoman perkauksessa.

Lasku-uoman pohjan leveys on vähintään 0,5 m. Uoma kaivetaan vähintään 0,3 %:n pituuskaltevuuteen.

Uoman luiskan kaltevuus määritetään seuraavan taulukon perusteella:

Maalaji	Luiskan suurin kaltevuus, kun kaivussyvyys			
	< 1,0 m	1,0...1,5 m	1,5...2,0 m	> 2,0 m
Sora, moreeni, maatumaton turve	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75...1:3
Hiekka, siltti, kuivakuorisavi, maaton turve	1:1,25...1:1,5	1:1,5...1:2	1:1,75...1:2,5	määritetään pohjatutkimusten perusteella
Savi, lieju	1:1,5	määritetään pohjatutkimusten perusteella	määritetään pohjatutkimusten perusteella	määritetään pohjatutkimusten perusteella

Suosittelavaa olisi kaivaa uoman luiskat koko matkalta kaltevuuteen 1:1,5-2. Maata voidaan läjittää suojavalliksi penkoille.