



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAASION PADON MUUTOSTÖIDEN LAADUNVARMISTUSSUUNNITELMA

TEKIJÄ:

Heikki Paavola

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Heikki Paavola			
Työn nimi Raasion padon muutostöiden laadunvarmistussuunnitelma			
Päiväys	02.05.2024	Sivumäärä	45
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia laadunvarmistussuunnitelma Raasion rikastushiekka-altaan padon muutostöihin. Opinnäytetyön taustana oli tuleva louhoslaajennus Yaran Siilinjärven kaivoksella ja sen yhteydessä tehtävät muutokset kaivoksen sisäisessä vesikierrossa. Laajennusta varten oli haettu muutos olemassa olevaan ympäristölupaan, jonka lupaehtoihin sisältyi padon muutostöiden laadunvalvonnan suunnittelu ja raportointi. Lisäksi padon muutostöissä on noudatettava patoturvallisuuslainsäädäntöä.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kahdessa osassa. Teoriaosuudessa perehdyttiin hankkeeseen vaikuttaviin tekijöihin ja rakentamisen laadunhallinnan teoriaan. Ympäristölupaan ja siihen liittyviin menettelyihin perehdyttiin tutkimalla ympäristösuojelulainsäädäntöä ja viranomaisten ohjeistuksia. Keskeinen osa opinnäytetyötä oli tutkia patorakenteita ja niihin liittyen patoturvallisuutta, erilaisia patotyyppisiä ja maapatojen rakenteellisia osia. Osana patorakenteiden tutkimusta perehdyttiin syventävästi maapatojen rakentamiseen ja ominaisuuksiin liittyviin erityispiirteisiin. Patorakenteita tutkittiin perehtymällä patoturvallisuuslainsäädäntöön, viranomaisten ohjeistukseen sekä aikaisempiin julkaisuihin aiheesta. Opinnäytetyön työosuuden tietoperustaksi tutkittiin rakentamisen laadunhallintaa, laadun toteuttamista ja laatuvaatimuksien muodostumista. Työosuudessa tehtiin laadunvarmistussuunnitelma, joka toteutettiin perehtymällä hankkeen suunnitelma-asiakirjoihin ja infrarakentamisen yleisiin laatuvaatimuksiin.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi hankkeen taustoja kuvaava tietoperusta sekä laadunvarmistussuunnitelma, jota voidaan hyödyntää hankkeen laadunhallinnassa. Erityisesti patoturvallisuudesta ja patorakenteista saavutettiin syvempi ymmärrys. Lopputulos on rakentamisen laadunhallintaa ja yleisesti infrarakentamista kuvaava.</p>			
Avainsanat Patorakenteet, rakentamisen laadunhallinta, ympäristölupa, patoturvallisuus, kaivos			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Heikki Paavola	
Title of Thesis Quality Assurance Document for the Modifications of the Raasio Dam	
Date 2 May 2024	Pages 45
Client Organisation /Partners Yara Finland Oy	
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to produce a quality assurance document for the modifications of the Raasio stamp sand pond's dam. The background of this thesis was the forthcoming expansion of the quarry at Yara Siilinjärvi's mine and the re-arrangements to be made in the mine's internal water circulation. For the expansion of the quarry, a change to the existing environmental permit had been applied for. The permit conditions included planning and reporting on the quality control of the dam modification. In addition, dam safety legislation had to be attended during the modifications.</p> <p>The thesis was carried out in two parts. In the theory part, the factors influencing the project and the theory of construction quality management were introduced. The environmental permit and the procedures related to it were studied by researching the environmental protection legislation and the instructions of the authorities. An essential part of the thesis was to research dam structures and the related dam safety, different types of dams and the structural parts of earthen dams. As part of the research of dam structures, the special features related to the construction and properties of earthen dams were thoroughly studied. Dam structures were studied by focusing on dam safety legislation, authorities' instructions and existing publications on the subject. Construction quality management, quality implementation and forms of quality requirements were studied as the basis of the work part of the thesis. In the work part, a quality assurance document was made, which was implemented by studying the construction plans of the project and the general quality requirements of Infrastructure Construction.</p> <p>As a result of the thesis was a database model describing the background of the project. In addition, a quality assurance document was created, which can be utilized in the quality management of the project. Focusing in particular on dam safety and dam structures, a deeper comprehension on these structures was achieved. The end result is descriptive in terms of construction quality management and infrastructure construction in general.</p>	
<p>Keywords Dam structures, quality management, environmental permit, dam safety, mine</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LAATUSUUNNITELMA	7
2.1	Ympäristölupa.....	7
2.2	Laatuasiakirjat infrarakentamisessa	9
2.3	Laadunvarmistussuunnitelma.....	11
2.4	InfraRYL.....	13
3	PADOT	15
3.1	Patolainsäädäntö ja patoturvallisuus.....	15
3.2	Patotyypit.....	18
3.3	Maapatojen rakenteelliset osat.....	22
3.4	Patorakenteiden erityispiirteitä.....	25
4	RAASION PADON MUUTOSTYÖT.....	29
4.1	Raasion padon muutostyöt	29
4.2	Suunnitelma-asiakirjat.....	31
4.2.1	Työselostus	31
4.2.2	Suunnitelmapiiirustukset	38
5	LAADUNVARMISTUSSUUNNITELMA	40
6	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET	44

KUVALUETTELO

Kuva 1 Esimerkki laadunvarmistusmatriisista (J. Yletyinen 2016)	11
Kuva 2 Imtrakosken säännöstelypato on patotyyppiltään ripapato (Eija Isomäki)	20
Kuva 3 Meritulvapenger Helsingissä (Eija Isomäki)	21
Kuva 4 Saint Guérin holvipato (Eija Isomäki).....	22
Kuva 5 maapadon poikkileikkaus ja rakenteelliset osat (Patoturvallisuusopas 2012, 66)	23
Kuva 6 Kriteerejä suodatinmateriaalille (RIL 123 1979, 78)	24
Kuva 7 Häiriötilanteita Suomen jäte- ja kaivospadoilla vuosina 1974-2000 (Sivonen & Frilander 2001, 45)..	28
Kuva 8 Hankealueen yleiskartta	29
Kuva 9 Kuvakaappaus työaikaisesta asemapiirustuksesta	31
Kuva 10 Ponttiseinän täydentäminen	34
Kuva 11 Kuvakaappaus vedenotto-kaivannon leikkauksesta	35
Kuva 12 Kuvakaappaus alitusporauksen toteuttamisesta	36
Kuva 13 Kuvakaappaus lopputilanteen asemapiirustuksesta	39
Kuva 14 Kuvakaappaus poikkileikkauspiirustuksesta	39
Kuva 15 Kuvakaappaus laadunvarmistussuunnitelmasta	41

1 JOHDANTO

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivoksella vuonna 2021 avattu Jaakonlammen louhos laajenee tulevaisuudessa etelään. Laajennukseen liittyen kaivoksen infraan ja vesienhallintaan tullaan tekemään muutoksia. Osa näitä muutoksia on uuden ylivuotoputken rakentaminen Raasion padolle. Raasion patoallas toimii yhtenä rikastushiekan siirtämisessä käytettävän prosessiveden säännöstelyaltaista ja on näin osa kaivoksen sisäistä vesikiertoa. Tehtäessä muutostöitä patorakenteisiin, on noudatettava patoturvallisuuslainsäädäntöä. Kun kyseessä on ympäristölupa perustuvasta toiminnasta, on puolestaan noudatettava ympäristöluvan viranomais määräyksiä.

Patorakenteet ovat olennaisessa osassa kaivosteollisuuden prosessivesien ja kaivannaisjätteiden hallinnassa. Kaivosteollisuuden käyttämät padot ovat tyypiltään lähes poikkeuksetta maapatoja, jonka vuoksi tässä opinnäytetyössä keskitytään niiden rakenteisiin ja ominaispiirteisiin. Betonipatoja sekä muita patotyyppisiä käsitellään osittain aihepiirin syventämiseksi. Patoturvallisuuden ja siihen liittyvän lainsäädännön käsittely on tämän opinnäytetyön keskeinen tavoite. Voimassa oleva patoturvallisuuslainsäädäntö asettaa vaatimuksia patojen koko elinkaarelle niiden suunnittelusta ja rakentamisesta turvalliseen käyttöön ja kunnossapitoon sekä aina padon käytöstä poistamiseen saakka. Nämä vaatimukset koskevat sekä patorakenteita että niiden parissa työskentelevää henkilöstöä.

Kaivoksilla on tavallisesti sisäinen vesikierto ja siihen liittyen useita patoaltaita, joissa prosessivesiä selkeytetään joko uudelleen käytettäväksi prosessissa tai purettavaksi vesistöihin. Kaivoksiin liittyy olennaisena osana toiminnan aiheuttamien ympäristövaikutusten huomioiminen, jonka vuoksi ympäristölupa ja ympäristövaikutusten arviointimenettely ovat osa kaivostoimintaa. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän hankkeen taustalla vaikuttaa ympäristölupa perustuen vaatimukset patotöiden laadunvalvonnasta, joten ympäristölupa perhehtyy osana kokonaisuutta.

Laadunhallinta on osa rakentamista. Tässä opinnäytetyössä käsitellään infrarakentamisen laadunhallintaa ja sen piirteitä, jonka taustalla on vaikuttavina tekijöinä ympäristölupa ja patorakenteet. Infrarakentamisen laadunhallinnasta on oleellista ymmärtää paitsi käytettävät menetelmät ja asiakirjat myös urakkaosapuolien velvollisuudet ja toimintatavat. Laatutavoitteiden täyttyminen on riippuvainen kaikkien rakennushankkeeseen osallistuvien tahtotilasta ja osaamisesta. Kun rakennetaan patorakenteita, joilla on potentiaalia aiheuttaa merkittäviä vahinkoja, korostuu laadunhallinnan ja sen osaamisen merkitys.

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Yara Suomi Oy. Työn tavoitteena on laatia tilaajalle laadunvarmistussuunnitelma Raasion padolla tehtäviin muutostöihin Siilinjärven kaivoksen sisäisen vesikierron järjestelyihin liittyen. Kyseessä on vertaileva tutkimus, jota hyödynnetään rakennuttajaorganisaation sisäisessä toiminnassa. Opinnäytetyön tekijälle asetettu keskeinen tavoite on perehtyä patoturvallisuus lainsäädäntöön ja patorakenteisiin. Aihepiiriin perehtymällä opinnäytetyön tekijä lisää tietämystään saavuttaen tietopohjan, jota patorakenteiden parissa työskenteleviltä henkilöiltä vaaditaan. Tämän opinnäytetyön hiljainen tavoite on antaa mahdollisimman hyvä kokonaiskuva patorakentamisesta kaivosympäristössä infrarakentamisen näkökulmasta.

2 LAATUSUUNNITELMA

2.1 Ympäristölupa

Ympäristölupa vaaditaan toimintaan, joka sisältää vaaran ympäristön pilaantumisesta. Tarve ympäristöluvulle voi perustua joko Ympäristönsuojelulakiin 527/2014 tai Vesilakiin 587/2011. Ympäristönsuojelulakia täsmentää Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. Lisäksi ympäristölupakäsittelyyn vaikuttaa Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. Toiminnan luonteesta ja laajuudesta riippuen ympäristölupaa haetaan joko aluehallintovirastolta tai kunnan ympäristösuojeluviranomaiselta. Ympäristönluvan lupamääräyksiä puolestaan valvovat paikalliset ELY-keskukset ja kunnan ympäristösuojeluviranomaiset. (Suomen Ympäristökeskus 2022)

Toimialoja, joissa yleensä ympäristölupa tarvitaan, ovat muun muassa metsä-, metalli-, kemian- ja kaivosteollisuus, energiantuotanto, elintarvikkeiden tai rehujen valmistus, eläinsuojat tai kalankasvatus sekä jätteen- ja jätevesien käsittelylaitokset. Yksittäisinä toimintoina voidaan mainita esimerkiksi ulkona sijaitsevat ampumaradat, satamat, lentokentät ja krematoriot. Ympäristösuojelulain liitteessä 1. on tarkennettu ympäristöluvan vaativia toimintoja sekä jaettu toiminnot direktiivilaitoksiin ja muihin laitoksiin. Direktiivilaitoksilla tarkoitetaan EU:n teollisuuspäästödirektiivin mukaisia laitoksia, jolloin lupamenettely on tiukempi. Lisäksi Ympäristösuojelulain liite 4. luettelee toiminnot, joihin voidaan ympäristöluvan sijaan soveltaa yleistä ilmoitusmenettelyä. Kaikkia ympäristöluvan vaativia toimintoja on haastava aukottomasti yksilöidä, joten liitteen 1. mukaisten toimintojen lisäksi vaaditaan ympäristölupa Ympäristönsuojelulain 27§:n mukaan

- 1) *toimintaan, josta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista eikä kyse ole vesilain mukaan luvanvaraisesta hankkeesta;*
- 2) *jätevesien johtamiseen, josta saattaa aiheutua ojan, lähteen tai vesilain 1 luvun 3 §:n 1 momentin 6 kohdassa tarkoitetun noron pilaantumista;*
- 3) *toimintaan, josta saattaa ympäristössä aiheutua eräistä naapurussuhteista annetun lain (26/1920) 17 §:n 1 momentissa tarkoitettua kohtuutonta rasitusta.*

Ympäristöluvan tarpeeseen vaikuttaa paitsi arvioitu toiminnan aiheuttama vaara ympäristölle myös toimiala ja tuotantokapasiteetti. Mikäli toiminnan arvioidaan aiheuttavan vain vähäisiä ympäristövaikutuksia, voidaan tällöin soveltaa yleistä ilmoitusmenettelyä. Ilmoitusmenettelyssä hakijan on jätettävä ilmoitus toimivaltaiselle viranomaiselle 120 päivää ennen toiminnan aloittamista. Viranomainen tekee päätöksen ilmoituksen tietojen perusteella. Mikäli viranomainen ei ole tehnyt päätöstä 120 päivässä, voi toiminnan siitä huolimatta aloittaa, mutta omalla vastuulla. Ilmoitusmenettely ei tule kyseeseen seuraavissa tapauksissa (Suomen Ympäristökeskus 2022):

- Toiminnalta vaaditaan ympäristölupa Ympäristösuojelulain 27§:n mukaan.
- Kyseessä on direktiivilaitos.
- Toimintaan sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.
- Toiminta sijaitsee tärkeällä pohjavesi- tai vedenottoalueella.

Jos toimintaan ei voi soveltaa ilmoitusmenettelyä, on haettava ympäristölupaa. Myönteinen lupapäätös on oltava ennen toiminnan aloittamista, kun aloitetaan uutta toimintaa tai jos toiminnassa

tapahtuu olennainen muutos. Jos olennainen muutos ei lisää ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia tai riskejä niin ei myöskään lupaa tai muutoksia olemassa olevaan lupaan tarvita. Ympäristölupahakemuksen liittyy julkinen menettely, jossa lupaviranomainen ensin kuuluttaa hakemuksesta. Kuulutus tulee olla julkisesti nähtävillä vähintään 30 päivän ajan ja yleensä lupaviranomainen myös tiedottaa hankkeen vaikutuspiiriin maa- ja vesialueiden omistajia. Julkisella menettelyllä varmistetaan asianomaisten sekä muiden kuin asianomaisten mahdollisuus ottaa kantaa hankkeeseen. Lupaviranomainen antaa lupapäätöksen valmistelun jälkeen, jonka jälkeen on 30 päivää aikaa valittaa päätöksestä hallinto-oikeuteen. Aluehallintoviranomaisten tavoitteellinen käsittelyaika ympäristölupalle on 10 kuukautta. (Suomen Ympäristökeskus 2022)

Ympäristölupapäätös sisältää kertoelmaosan ja ratkaisuosan. Kertoelmaosassa kuvataan muun muassa ympäristön nykytilaa, toiminnassa käytettäviä prosesseja ja raaka-aineita sekä toiminnan aiheuttamia päästöjä ja jätteitä sekä niiden vaikutusta ympäristöön. Lisäksi kuvataan hakemuksen käsittelyä sekä hakemukseen liittyviä lausuntoja, muistutuksia ja mielipiteitä. Ratkaisuosassa sisältää päätöksen luvasta sekä kuvailee miten hakemukseen liittyvät lausunnot, muistutukset ja mielipiteet on otettu huomioon asian käsittelyssä. Lisäksi jos lupahakemukseen on liittynyt ympäristövaikutusten arviointi, käsitellään ratkaisuosassa myös sen sisältämät arviointiselostus ja päätelmät. Myönteiseen lupapäätökseen liitetään lupamääräykset, joita toiminnalta edellytetään. Lupamääräykset voivat olla tietyille aineille asetettuja päästöraja-arvoja ja muita päästömääräyksiä, joiden noudattamista ja vaikutuksia on seurattava. Lisäksi voidaan määrätä ympäristön pilaantumista ehkäiseviä toimenpiteitä, joita voivat olla esimerkiksi prosessien varajärjestelmiä, rakenteellisia vaatimuksia tai rakennustapaan liittyviä vaatimuksia. Käytännön esimerkkejä rakentamiseen liittyvistä määräyksistä ovat vaatimukset muun muassa vesistön suojaamisesta siltarakentamisessa tai ulkopuolisen laadunvalvonnan toteuttamisesta patorakentamisessa. (Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017, 14§-15§)

Mikäli toiminnalla on todennäköisesti merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia, sovelletaan hankkeeseen ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Menettelyn tavoite on toimia hankkeen suunnittelun apuvälineenä, jolla pyritään vähentämään tai kokonaan estämään haitalliset ympäristövaikutukset. Menettelyssä hankkeesta vastaava taho laatii YVA-ohjelman eli suunnitelman ympäristövaikutusten arvioinnin toteuttamisesta. YVA-ohjelmassa esitetään eri tasoisia vaihtoehtoja hankkeen toteutukselle ja selvitettäviä vaikutuksia. Yhden vaihtoehdoista tulee olla, ettei hanketta toteuteta ollenkaan. Myös järjestelyt tiedottamiseen ja osallistumiseen liittyen tulee käsitellä ohjelmassa. (Suomen Ympäristökeskus 2023)

Varsinainen YVA-menettely alkaa, kun hankkeesta vastaava taho toimittaa YVA-ohjelman yhteysviranomaiselle. Yhteysviranomaisena toimii yleensä paikallinen ELY-keskus. Yhteysviranomainen järjestää YVA-ohjelmalle julkisen menettelyn ja antaa sen jälkeen lausuntonsa ohjelmasta. Näiden jälkeen hankkeesta vastaava taho laatii YVA-selostuksen, joka pohjautuu selvityksiin ympäristövaikutuksista ja järjestettyihin osallistumisiin. Yhteysviranomainen järjestää YVA-selostukselle julkisen menettelyn ja antaa sen jälkeen perustellun päätelmänsä hankkeen ympäristövaikutuksista. YVA-selostus ja perusteltu päätelmä otetaan huomioon lupamenettelyssä. YVA-menettely pidentää

ympäristöluvan hakemista huomattavasti ja keskimääräinen käsittelyaika on noin 18 kuukautta. (Suomen Ympäristökeskus 2023)

2.2 Laatuasiakirjat infrarakentamisessa

Laadunhallinnalla tavoitellaan työn lopputulokselle asetettujen laatutason ja laatuvaatimusten saavuttamista. Näiden tavoitteiden täytyessä rakentamisessa ehkäistään myöhempiä käytön aikaisia ongelmia. Infrahankkeiden laadunhallinta ottaa huomioon rakentamisen erityispiirteet, joita ovat muun muassa rakentamisen kertaluonteisuus, muuttuvat olosuhteet ja rakennusvirheistä aiheutuvat suuret kustannukset. Rakenne, joka tehdään maan sisään ja jonka tavoiteltu käyttöikä on useita vuosikymmeniä, on toteutettava laadukkaasti. Jokaista infrahanketta voi kutsua ainutlaatuiseksi, koska on hyvin epätodennäköistä löytää rakenteiltaan, pohjaolosuhteiltaan ja rakentamisen aikasilta sääolosuhteiltaan kahta samanlaista hanketta. Erityispiirteeksi voidaan kutsua myös infrahankkeisiin osallistuvien eri osapuolien, organisaatioiden ja yritysten, toimintakulttuurien ja henkilöstön osaamisen vaikutusta hankkeeseen ja sen laadunhallintaan. Eri osapuolilla on omat vastuunsa ja mahdollisuutensa vaikuttaa laadun toteutumiseen, joten tällöin myös laadullisten tavoitteiden saavuttamisessa korostuu hankkeen eri osapuolten osaaminen ja tahtotila. (Lindholm & Junnonen 2012, 61-62)

Laatusuunnitelmalla johdetaan yksittäisen infrahankkeen laatua. Laatusuunnitelman tavoite on huomioida hankkeeseen liittyvät erityispiirteet ja kuvata toimintatapoja, joilla asetetut laatuvaatimukset saavutetaan. Toissijainen tavoite on varmistaa hankkeelle asetettujen laatuvaatimusten täyttyminen. Laatusuunnitelman sisältöön vaikuttavat yrityksen tai organisaation omat käytännöt ja rooli hankkeessa. Rakennuttajan laatima laatusuunnitelma keskittyy enemmän laatuvaatimuksiin, jotka ovat viranomaisten asettamia, omalle työlle asetettuja ja urakoitsijalta edellytettäviä. Nämä vaatimukset liittyvät myötävaikutusvelvollisuuteen, jolla tarkoitetaan rakennuttajan velvollisuuksia hankkeessa, ellei toisin sovita. Rakennuttajalla on seuraavia myötävaikutusvelvollisuuksia rakennushankkeessa (Lindholm & Junnonen 2012, 62-63):

- Tarvittavien lupien hankkiminen viranomaisilta.
- Huolehtia suunnitelma-asiakirjojen oikeellisuudesta ja niiden toimittamisesta urakoitsijalle aikataulussa.
- Huolehtia siitä, ettei omilla toimillaan hidasta tai tarpeettomasti häiritse urakoitsijan suoritusta.

Rakennuttaja voi myös esittää vaatimuksia urakoitsijalta, jotka liittyvät toimintatapoihin, työsuoritukseen tai työmenetelmiin. Vaatimus voi olla yksikertaisesti esimerkiksi kohteessa sijaitsevien pihapuiden säilyttäminen niiden tunne- tai maisema-arvon takia. Tärkeä laatutekijä rakennuttajalle on työmaavalvonta. Se on yleensä rakennuttajan pääasiallinen laadunvalvontamenetelmä. Työmaavalvonnalla rakennuttaja varmistaa urakoitsijan suorituksen sopimuksenmukaisuuden. Työmaavalvoja voi olla henkilö rakennuttajan organisaatiosta tai siihen tehtävään voidaan palkata ulkopuolinen konsultti. (M. Sutinen 2023)

Yleensä rakennuttaja turvautuu ulkopuoliseen konsulttiin, kun taustalla viranomaisen antama lupapäätös, kuten ympäristölupapäätös. Tällöin viranomaisen on asettanut lupaehdoiksi ulkopuolisen laadunvalvonnan tai muita laadunvalvontaan liittyviä toimenpiteitä. Ulkopuolinen laadunvalvoja

huolehtii rakentamisen tapahtuvan viranomaisten hyväksymien suunnitelmien mukaisesti ja lupaehtoja noudattaen. Hankkeen toteutusvaiheen jälkeen ulkopuolinen laadunvalvoja laatii raportin toteutuneesta laadunvalvonnasta, joka toimitetaan viranomaisille. Ulkopuolisella toimijalla taataan laadunvalvonnan riippumattomuus.

Urakoitsijan laatima laatusuunnitelma puolestaan keskittyy enemmän työmaahan liittyviin laatutekijöihin. Urakoitsija pyrkii laatusuunnitelmalla välttämään riskejä, jotka toteutuessaan johtavat kasvaviin kustannuksiin ja siten myös urakoitsijan urakasta saaman katteen pienentymiseen. Luonnollisesti heikosti toteutettu tai myöhässä valmistunut urakka voi olla myös mainehaitta urakoitsijalle. (M. Sutinen 2023)

Työmaan laatusuunnitelma on yleensä urakoitsijan laatima ja se sisältää hankkeen toteutusvaiheen kannalta oleelliset laatuasiakirjat. Laatusuunnitelma sisältää kuvaukset työmaahan liittyvistä laatutekijöistä, joita ovat muun muassa

- työmaaorganisaatio ja sen sisäinen vastuunjako
- työmaan yleiset työturvallisuusasiat
- riskianalyysi työvaiheittain
- vaativien työvaiheiden työsuunnitelmat
- aliurakoitsijat ja materiaalitoimittajat
- tiedonkulku ja yhteistoiminta
- laadunvarmistuksen yleissuunnitelma työvaiheittain ja laatukansion sisällysluettelo
- työmaan yleisaikataulu ja työvaiheikataulujen laadintamenettely (Lindholm & Junnonen 2012, 62-64).

Työmaan laatusuunnitelma kuvaa käytännön tasolla työmaalla tapahtuvia asioita, kuten esimerkiksi vastuuhenkilöitä, henkilöstön perehdyttämistä, aliurakoitsijoiden työn valvomista tai työmaan kokousmenettelyjä. Se on eräänlainen käsikirjoitus, jota toteutetaan hankkeen tuotantovaiheessa. Sisällön tavoite on periyttää rakennuttajan ja suunnittelun asettamat laatuvaatimukset urakoitsijan omaan toimintaan sekä edelleen kaikille työntekijöille ja mahdollisille aliurakoitsijoille. Tällöin on tärkeää tunnistaa asetetut laatuvaatimukset ja odotusarvot, jotta ne kyetään siirtämään eteenpäin työsuorituksen kannalta ymmärrettävässä muodossa. (Lindholm & Junnonen 2012, 62-67)

Laatuvaatimukset perustuvat hankkeen sopimusasiakirjojen teknisiin asiakirjoihin. Laatuvaatimukset voivat olla kohdekohtaisia tai yleisiin laatuvaatimuksiin perustuvia. Teknisistä asiakirjoista työselostus ja suunnitelmapiirustukset sisältävät kohdekohtaiset laatuvaatimukset. Kohdekohtaisia laatuvaatimuksia ovat suunnittelijan työkohteelle asettamat tekniset vaatimukset tai muita rakennuttajan urakoitsijalle esittämiä vaatimuksia. Yleisenä laatuvaatimuksena käytetään hankkeeseen sopivaa julkaisua. Näitä ovat esimerkiksi Rakennustieto Oy:n Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset julkaisusarja, joka sisältää muun muassa infrarakentamisessa käytetyn InfraRYL-julkaisun. Vaikka RYL-julkaisut eivät ole sisällöltään virallisia määräyksiä niin ne kuvaavat eräänlaista minimilaatutasoa, kun tavoitellaan hyvän rakennustavan mukaista lopputulosta. Teknisten asiakirjojen laatuvaatimukset eivät saa olla ristiriidassa keskenään, vaan tavoitteena olisi niiden täydentävän toistensa sisältöä. (Lindholm & Junnonen 2012, 66-67)

2.3 Laadunvarmistussuunnitelma

Osana laatusuunnitelmaa tehdään laadunvarmistuksen yleissuunnitelma, joka toimitetaan ennen töiden aloittamista rakennuttajalle ja suunnittelijalle hyväksyttäväksi. Yleissuunnitelma sisältää laadunvarmistusmenettelyt ja laadunvarmistussuunnitelman. Yleissuunnitelman yhteydessä toimitetaan myös kohteen laadunvarmistuksesta koottavan laatukansion sisällysluettelo. Sisällysluettelossa esitetään urakan sisältö rakennusosittain loogisessa järjestyksessä. Urakan edetessä laatukansioon kootaan tiedot tehdyistä laadunvarmistustoimenpiteistä ja niiden dokumentit. Laatukansio on osa urakoitsijalta vaadittua itselle luovutusta, jossa tämä tarkastaa tekemänsä työn oikeellisuuden ja kohteen luovutusvalmiuden ennen rakennuttajalle tapahtuvaa luovutusta. Kohteen luovutuksen yhteydessä, urakoitsija luovuttaa laatukansion rakennuttajalle. (Lindholm & Junnonen 2012, 143-145)

Laadunvarmistusmenettelyillä varmennetaan urakkaan kuuluvien työvaiheiden laatua ja pyritään ottamaan huomioon kunkin työvaiheen laadunvarmistuksen erityispiirteet. Näitä erityispiirteitä voivat olla esimerkiksi työvaiheeseen kuuluvat katselmuksot, suunnitelmat, vaaditut erikoispätevyudet tai mallityöt. Usein menettelyjen esittämiseen käytetään laadunvarmistusmatriisia, josta esimerkki kuvassa yksi. Laadunvarmistussuunnitelma puolestaan sisältää ne työnaikaiset toimenpiteet työvaiheittain, joilla työn laatua todennetaan ja varmistetaan. Työnaikaisia laadunvarmistustoimenpiteitä ovat muun muassa erilaiset työmenetelmäohjeet, mittaukset ja laadunvalvontakokeet. Laadunvarmistussuunnitelma koostuu yksittäisten työvaiheiden laatuvaatimuksista. Kun yksittäisen työvaiheen laatuvaatimukset kootaan yhteen, niistä muodostuu työsuoritusohje, jolla varmistetaan työn virheetön lopputulos. (Lindholm & Junnonen 2012, 138-141)

TARKASTETTAVAT TYÖVAIHEET	Vastuu ja dokumentointi	Tehittäväsuunnitelma	Aloituspöytäkirja	Vastaanotto tarkastus	Mallityön tekeminen	Työkohteen tarkastus	Kokeet ja mittaukset	Muut toimenpiteet	Toimenpiteiden tarkastus

Kuva 1 Esimerkki laadunvarmistusmatriisista (J. Yletyinen 2016)

Laatuvaatimukset koskevat yleensä

- työmenetelmiä ja työturvallisuutta
- materiaaleja
- rakenteiden sijaintia, mittoja ja ominaisuuksia
- valmista rakennetta
- ympäristöä.

Esimerkkinä laatuvaatimuksista voidaan käyttää maanrakentamiselle tyypillisiä kerrosrakenteita, joita käytetään muun muassa tierakenteissa. Ennen kuin työt aloitetaan, on todettava maaperän pohjaolosuhteiden, maaleikkauksen tai muun alustan kelpoisuus kerroksen rakentamista varten. Toinen tässä vaiheessa vaadittava tekijä on kerroksessa käytettävän materiaalin kelpoisuuden osoittaminen joko käyttämällä standardisoitua materiaalia tai varmistamalla kelpoisuus materiaalikokein. Joissakin tapauksissa kerrosrakenteen alla vaaditaan suodatinkankaan tai muiden sovellusten käyttöä. Kun kerrosta rakennetaan, on sille yleensä määritetty tietyt mitat toleransseineen. Näitä mittoja voivat olla esimerkiksi kerrospaksuus, luiskakaltevuus ja taiteviivojen sijainti. Rakentaessa tulee käyttää työmenetelmää, jolla saavutetaan vaadittu tiivistyminen. Kerroksen valmistuttua tiiveys todennetaan siihen soveltuvalla tiiveysmittauksella. Rakentamisessa huomioitavia ympäristövaikutuksia voivat olla esimerkiksi tiivistämisen aiheuttama tärinä tai pölyäminen. (InfraRYL 2024)

Laadunvarmistussuunnitelmassa tulisi yksilöidä ainakin

- rakennusosa tai työvaihe
- laatutekijä
- laatuvaatimus ja/tai toleranssit
- laadunvarmistustoimenpide
- mittaustiheys
- dokumentointi
- vastuhenkilö.

Kun laatuvaatimukset perustuvat hankkeen teknisiin asiakirjoihin niin yleensä tässä yhteydessä määritellään myös niihin soveltuvat laadunvarmistustoimenpiteet ja joissakin tapauksissa myös dokumentointikäytäntö. Toteutuneiden rakenteiden mittaamiseen on olemassa useita eri menetelmiä ja laitteita, joilla ne voidaan toteuttaa. Menetelmän valintaan vaikuttavat mitattavan rakenteen ominaisuudet, mittauksilta vaadittu tarkkuus, käytettävissä olevat mittalaitteet sekä mittaustulosten jatkokäsittely. Mittaustuloksista voidaan tehdä toteumamalli tai ne voidaan arkistoida tietokantaan. Laadunvarmistuskokeita käytetään lähinnä materiaalien ja toteutuneiden rakenteiden kelpoisuuden osoittamiseen. Laadunvalvontakokeista tehdään pöytäkirjat, jotka lisätään liitteinä laatukansioon. Haastavissa työvaiheissa tai normaalista poikkeavissa tilanteissa voi olla laatuvaatimuksena siitä tehtävä suunnitelma, joita ovat muun muassa kaivantosuunnitelma, turvallisuussuunnitelma ja ympäristösuunnitelma. Tällöin suunnitelma itsessään toimii laadunvarmistustoimenpiteenä. Laadunvarmistustoimenpiteinä käytetään myös katselmuksia ja työmenetelmätarkkailua. Katselmus voidaan järjestää, kun rakennuttaja tai urakoitsija haluaa pätevästi todeta jonkun rakennussuoritukseen liittyvän tekijän. Tällöin katselmuksesta tehdään tarkastuspöytäkirja tai kirjataan muilla tavoin toteutuneeksi. Työmenetelmätarkkailu on urakoitsijan vastaavan ja rakennuttajan työmaavalvojan tekemään säännöllistä tarkkailua työkohteessa. Työmenetelmätarkkailu käytetään usein niiden laatuvaatimusten kohdalla, joita ei voida tai ei ole lopputuloksen kannalta järkevää varmistaa muilla keinoilla. Työmenetelmätarkkailusta voidaan tarvittaessa tehdä kirjaus työmaapäiväkirjaan dokumentointina toteutuneesta laadunvarmistustoimenpiteestä. Jokaisen laatuvaatimuksen toteutumista ei ole siis tarkoitus dokumentoida, vaan ne ovat osa laadunvarmistussuunnitelmaa työmenetelmäohje muodossa. (InfraRYL 2024)

2.4 InfraRYL

InfraRYL on Rakennustieto Oy:n julkaisu, joka sisältää infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Julkaisu on infra-alan yhdessä laatima kuvaus tavallisimmista työvaiheista. Sitä hyödyntävät rakennuttajat, suunnittelijat, urakoitsijat, materiaalivalmistajat sekä oppilaitokset. Lisäksi InfraRYL:iä auttaa selkeyttämään sopimusosapuolten tiedonkulkua. Kun ensimmäinen osapuoli viittaa tiettyyn kohtaan infraRYL:ssä, ei kyseistä laatuvaatimusta tarvitse kirjoittaa auki, vaan toinen osapuoli voi tarkastaa kyseisen vaatimuksen sisällön omasta InfraRYL:stä. Julkaisussa on panostettu erityisesti tiedon selkeään jäsentelyyn ja se päivitetään kaksi kertaa vuodessa. (Rakennustieto Oy)

InfraRYL jakaa sisällön neljään päätasoon

- 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
- 20000 Päällys- ja pintarakenteet
- 30000 Järjestelmät
- 40000 Rakennustekniset rakennusosat.

Päätasot jakautuvat uusiksi alatasoiksi, kuten esimerkiksi päätaso 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet jakautuvat alatasoihin 11000 Olevat rakenteet ja rakennusosat, 12000 Pilaantuneen maa-alueen puhdistustarve ja -tavoitteet, 13000 Perustusrakenteet ja niin edelleen. Nämä alatasot jakautuvat jälleen uusiksi tasoiksi, jotka jakautuvat edelleen uusiksi tasoiksi ja niin edelleen tarvittaessa. Esimerkiksi jos haetaan tietoa kaivannon tukemisesta ponttiseinin niin tasoina se näyttäisi seuraavalta:

- 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
 - 16000 Maaleikkaukset ja -kaivannot
 - 16300 Kaivannon tukirakenteet
 - 16320 Ponttiseinät

Kun InfraRYL:ssä saavutetaan alin taso, sisältää se kyseisen rakenteen tekniset vaatimukset. Tekniset vaatimukset esitetään määrättyssä järjestyksessä materiaalit, alusta, työn suoritus, valmis rakenne, kelpoisuuden osoittaminen ja tekemisen ympäristövaikutukset. Esimerkiksi luvun 16320 Ponttiseinät sisältö on jaoteltu kohdittain seuraavasti:

- 16320.1 Ponttiseinien materiaalit
- 16320.2 Ponttiseinien alusta
- 16320.3 Ponttiseinien tekeminen
- 16320.4 Valmis ponttiseinä
- 16320.5 Ponttiseinien kelpoisuuden osoittaminen
- 16320.6 Ponttiseinien tekemisen ympäristövaikutukset.

Jokaisessa kohdassa sisältö esitetään määrättyssä järjestyksessä vaatimus, ohje ja viitteet. Vaatimus pyrkii kuvaamaan lyhyesti ja selkeästi vaatimuksen rakenteelle sen valmistumishetkellä. Vaatimuksen jälkeen tulee ohje, jossa kerrotaan tarkemmin kuinka vaatimusta sovelletaan. Ohjeet voivat koskea esimerkiksi eri olosuhteita, eri käyttötilanteita tai ohjeistavat suunnittelijan ja rakentajan toimintaa. Ohje voi myös ohjata käyttäjän toiseen kohtaan InfraRYL:ssä tai etsimään tarkempia tietoja teoksesta, johon tiedot perustuvat. Ohjeiden jälkeen tulee viitteet, joka on lähdeluettelo

vaatimuksille ja ohjeille. Viitteet sisältävät myös InfraRYL:n sisäiset viittaukset. Näin InfraRYL:n tiedon lähde on aina helppo jäljittää ja helpottaa syventävän tiedon etsintää. (InfraRYL 2024)

3 PADOT

3.1 Patolainsäädäntö ja patoturvallisuus

Patorakenteisiin Suomessa sovelletaan patoturvallisuuslakia 494/2009, jota täydentää Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010. Lisäksi patoturvallisuuslaki on suhteessa muuhun lainsäädäntöön ja niiden asetuksiin, joita ovat muun muassa Vesilaki 587/2011, Ympäristönsuojelulaki 527/2014, Kaivoslaki 621/2011 ja Maankäyttö- ja rakennuslaki 751/2023. Patoturvallisuuslain tavoitteena on varmistaa turvallisuus padon rakentamisessa, kunnossapidossa ja käytössä sekä vähentää padosta aiheutuvaa vahingonvaaraa. Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta täsmentää patoturvallisuuslakia muun muassa pätevyysvaatimusten, hydrologisen mitoituksen, teknisten turvallisuusvaatimusten sekä patoturvallisuuden ja ylläpidon osalta. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 1§-3§)

Suomessa patoturvallisuuslakia valvova viranomainen on Kainuun ELY-keskus. Kainuun ELY-keskus on julkaissut Patoturvallisuusoppaan, jonka tavoite on täydentää ja selventää patoturvallisuuslain toteuttamista käytännön tasolla. Patoturvallisuusopas on julkaistu vuonna 2012 ja päivitetty vuonna 2018. (Suomen Ympäristökeskus 2021)

Patoturvallisuuslain mukaan pato tulee luokitella sen aiheuttaman vahingonvaaran mukaisesti ennen käyttöönottoa. Patoluokittelun tekee patoturvallisuusviranomainen. Patoluokituksia on kolme, jonka lisäksi pato voidaan jättää myös luokittelematta. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 10§-14§)

Padot luokitellaan kolmeen luokkaa vahingonvaaran perusteella seuraavasti:

- 1-luokkaan kuuluvat padot, jotka onnettomuuden sattuessa aiheuttavat vaaraa ihmisille ja ihmishengille, huomattavia omaisuusvahinkoja tai merkittäviä luontoarvojen menetyksiä. 1-luokan patoihin kuuluvat tavallisesti merkittävimmit jokivoimalaitospadot, suurien tekoaltaiden padot sekä suuronnettomuus vaaraa aiheuttavat jätepadot.
- 2-luokkaan kuuluvat padot, jotka onnettomuuden sattuessa aiheuttavat vaaraa ihmisille sekä vaara omaisuusvahingoille tai luontoarvojen menetyksille on vähäisempi kuin 1-luokan padoilla. 2-patoiin kuuluvat tavallisesti padot, jotka eivät sovellu 1- tai 3-luokkaan.
- 3-luokkaan kuuluvat padot, jotka onnettomuuden sattuessa eivät aiheuta vaaraa ihmisille, omaisuusvahingot ovat vähäisiä tai ympäristövaikutukset ovat lyhytaikaisia.
- Pato voidaan jättää luokittelematta, jos patoviranomaisen arvion mukaan padosta ei aiheudu vaaraa.

Patoluokka vaikuttaa patoon sovellettaviin lainkohtiin sekä myös patoturvallisuusviranomaisten antamiin suosituksiin. Esimerkiksi 1-luokan padoille on laadittava vahingonvaaraselvitys ja turvallisuus-suunnitelma. Suunnittelussa puolestaan patoluokka vaikuttaa esimerkiksi hydrologiseen mitoitukseen ja padon rakenteelliseen mitoitukseen. (Patoturvallisuusopas 2012, 18-20)

Patoturvallisuuslaki asettaa padon omistajalle useita velvollisuuksia, jotka liittyvät padon suunnitteluun, rakentamiseen, käyttöön, kunnossapitoon sekä yhteistyöhön patoturvallisuusviranomaisen kanssa. Patoturvallisuusviranomainen tiivistää omistajan velvollisuudet seuraavasti:

Padon omistajan yleisenä velvollisuutena on suunnitella ja rakentaa pato siten, ettei sen käyttämisestä aiheudu vaaraa turvallisuudelle (PTL 7 §). Tämä velvollisuus koskee myös padon korjaus- ja

*muutostöitä (PTL 22 §). Padon omistaja on velvollinen pitämään padon sellaisessa kunnossa, että pato toimii suunnitellulla tavalla ja on turvallinen (PTL 15 §). Patoa tulee käyttää siten, että käytöstä ei aiheudu vaaraa ihmishengelle ja terveydelle (PTL 16 §). Padon omistaja pitää padolla määräaikaistarkastuksen vähintään 5 vuoden välein (19 §) sekä järjestää padontarkkailun tarkkailuohjelman mukaisesti (17 §). Padon omistaja vastaa mahdollisista pato-onnettomuuksista aiheutuvista vahingoista siten kuin vahingonkorvauslaissa (412/1974), vesilaissa (587/2011) ja laissa ympäristövahinkojen korvaamisesta (737/1994) säädetään. ... Padon omistajalla on velvollisuus pato-onnettomuuksien ehkäisemiseen ja onnettomuudesta aiheutuvien vahinkojen rajoittamiseen (PTL 24 §). ... Padon omistajan tulee ilmoittaa patoa koskevasta hätäilmoituksesta välittömästi patoturvallisuusviranomaiselle (PTL 27 §). Padon omistajan tulee ilmoittaa padolla sattuneesta muustakin patoturvallisuuden kannalta poikkeuksellisesta tilanteesta viipymättä patoturvallisuusviranomaiselle (PTL 27 §). (Pato-
turvallisuusopas 2012, 6-7)*

Näiden velvollisuuksien lisäksi padon omistaja tulee säilyttää ja ylläpitää patoturvallisuuskansiota. Patoturvallisuuskansio sisältää patoa koskevat tiedot lupa- ja muista viranomaisten päätöksistä, hydrologisesta mitoituksesta, suunnitteluasiakirjat rakentamisesta ja toteutetuista muutos- ja korjaustöistä, tarkkailuohjelman, tiedot määräaikaistarkastuksista sekä tehdyistä kuntoarvioista. Näiden lisäksi myös vahingonvaaraselvitys, turvallisuussuunnitelma ja kuvaus turvajärjestelyistä, mikäli niitä vaaditaan. Padon omistajan tulee pitää kyseiset tiedot ajantasaisina ja toimittaa ne viranomaisille tietojärjestelmään merkitsemistä varten. Lisäksi patoturvallisuusviranomaiselle tulee toimittaa omistajan yhteystiedot ja padon käyttöhenkilöstön yhteystiedot. Patoturvallisuuskansio ja sen tietojen ajantasaisuus ovat tärkeitä padon mahdollisessa häiriötilanteessa, jolloin kyseisten tietojen tulee olla sekä padon omistajan että patoturvallisuusviranomaisen nopeasti saatavilla. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 33§ ; Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010, 10§)

Omistajan tulee varautua mahdolliseen pato-onnettomuustilanteeseen, jos padon luokittelu niin vaatii. Vahingonvaaraselvitys on laadittava 1-luokan padoille, mutta patoturvallisuusviranomaisen voi päättää sitä vaadittavaksi myös muihin patoluokkiin kuuluville padoille. Vahingonvaaraselvityksessä kuvataan patosortumatilannetta, jossa määritetään sortumasta aiheutuvan tulvan virtaus ja peittävyys sekä arvioidaan vahingot tulva-alueelle sijaitseville kohteille. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 12§ ; Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010, 6§)

Onnettomuuden ja häiriötilanteiden varalta on 1-luokan padoilla laadittava turvallisuussuunnitelma. Turvallisuussuunnitelmassa esitetään ne toimenpiteet häiriötilanteessa onnettomuuden estämiseksi sekä ihmisten, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseksi onnettomuudelta sekä onnettomuudesta ilmoittamiseksi. Suunnitelmassa esitetään myös onnettomuuden torjuntaan varattava materiaali ja kalusto sekä käytettävissä oleva henkilöstö. (Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010, 7§)

Kuvaus turvajärjestelyistä on laadittava 1- ja 2-luokan padoille. Turvajärjestelyiden tavoite on varmistaa padon käyttö häiriötilanteissa, varmistaa vaara-alueella oleskelevien turvallisuus varoitusjärjestelmällä tai muilla järjestelyillä sekä ehkäistä vahingon tai ilkeiden mahdollisuutta. Lisäksi kyseistä lainkohtaa turvajärjestelyistä on täydennetty vuonna 2023 lisäyksellä 272/2023, jonka mukaan 1-luokan patojen parissa työskenteleviin henkilöihin liittyvät riskit on tunnistettava ja arvioitava

turvallisuusjärjestelyihin liittyen. Käytännössä tämä tarkoittaa henkilöturvallisuus selvitystä henkilöturvallisuuslain 726/2014 mukaisesti. (Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010, 9§)

Patoturvallisuuslaki asettaa pätevyysvaatimuksia patorakenteiden parissa työskenteleville henkilöille, joita täsmennetään valtioneuvoston asetuksessa patoturvallisuudesta sekä Patoturvallisuusoppaassa. Patorakenteiden suunnittelijalta vaaditaan soveltuvaa koulutusta sekä riittävää asiantuntemusta ja kokemusta vastaavien rakenteiden suunnittelusta. Patoturvallisuusviranomaisen täsmentää näitä vaatimuksia Patoturvallisuusoppaassa. Esimerkiksi maapadon vastaavalta suunnittelijalta vaaditaan riittävän laajaa aikaisempaa kokemusta maapatojen suunnittelusta. Betonipatojen suunnittelijalla puolestaan vaaditaan patorakenteiden tuntemuksen lisäksi myös betonirakenteiden suunnittelijan pätevyys, jonka taso on riippuvainen suunniteltavan kohteen patoluokasta. Suunnittelijalta vaadittu pätevyys on suhteessa kulloisenkin suunnittelutehtävän vaativuusluokkaan. Suunnittelutehtävän vaativuusluokan määrittäminen perustuu Maankäyttö- ja rakennuslakiin 132/1999. Suunnittelutehtävän vaativuusluokkaan ei vaikuta suunniteltavan padon väliaikaisuus, vaan ne tulee suunnitella samantasoisesti kuin pysyviksi tarkoitettut patorakenteet. Samoin on huomioitava pätevyysvaatimusten koskettavan niin uusien patojen suunnittelua kuin myös olemassa olevien patojen korjaus- ja muutostöitä. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 22§)

Patoturvallisuusviranomaisen kuvaava suunnittelijan roolia maapatojen rakennustöiden toteuttamisessa seuraavasti:

Suunnittelijan työnaikainen tehtävä on asiantuntijavalvonta. Hänen on osallistuttava valvontaan olemalla läsnä ainakin urakan alkuvaiheen ja merkittävimpien työvaiheiden aikaisissa työmaakokouksissa, seuraamalla vaativimpien työvaiheiden toteutusta ainakin niiden alkuvaiheessa sekä tarkastamalla työmaapöytäkirjat. (Patoturvallisuusopas 2012, 71)

Padon käytöstä vastaavalta henkilökunnalta vaaditaan riittävää perehtyneisyyttä padon turvallisuuden vaikuttaviin olosuhteisiin, käyttöön ja turvajärjestelmiin. Patoturvallisuusviranomaisen täsmentää näitä vaatimuksia Patoturvallisuusoppaassa. Soveltuvaa koulutusta ei vaadita, vaan riittävä perehtyneisyys voidaan varmistaa tarvittavalla opastuksella ja koulutuksella. Patoturvallisuusviranomaisen suosittaa kuitenkin padon tarkkailuohjelman laatijalle samantasoisista pätevyyttä kuin padon suunnittelijalle. (Patoturvallisuusopas 2012, 7)

Patoturvallisuusviranomaisen ohjeistaa maapatojen rakennustöiden osalta henkilöstön pätevyysvaatimuksista ja työmaan toimintatavoista seuraavasti:

Työnjohdolla ja valvontahenkilöstöllä tulee olla riittävä kokemus vaativien maanrakennustöiden suorittamisesta ja näistä tehtävistä vastaavilla henkilöillä tulee olla kokemusta aikaisemmista maapatoista. Rakennuttajan valvontahenkilöstön ja urakoitsijan työnjohdon tulee olla toisistaan riippumattomia ja valvontahenkilöstöllä tulee olla oikeus keskeyttää rakennustyöt milloin olosuhteet, käytettävät materiaalit tai työmenetelmät poikkeavat suunnitelma-asiakirjoista. (Patoturvallisuusopas 2012, 71)

Samoin patoturvallisuusviranomaisen ohjeistaa pätevyysvaatimuksia betonipatojen rakennustöiden henkilöstön osalta:

Työmaan betonitöistä vastaavalla työnjohtajalla tulee olla toteutusluokan edellyttämä pätevyys. Patoon liittyvien pohjarakennustöiden työnjohtajalla tulee olla kyseisen vaativuuksluokan edellyttämä pätevyys. (Patoturvallisuusopas 2012, 75)

Patoturvallisuus varmistetaan patokohtaisella tarkkailuohjelmalla, jossa määritellään tarkkailun aikavälit, tarkkailtavat kohteet sekä erilliset toimenpiteet tarkkailuun liittyen. Tarkkailuohjelma muodostuu jatkuvasta tarkkailusta sekä vuosi- ja määräaikaistarkastuksilla. 1- ja 2-luokan patojen kunto ja turvallisuus on tarkastettava vähintään kerran vuodessa. 1-3-luokan padoille on järjestettävä määräaikaistarkastus vähintään viiden vuoden välein ja tarvittaessa useamminkin. Patoturvallisuusviranomaisella ja pelastusviranomaisella on oikeus osallistua määräaikaistarkastukseen. Jos padon turvallisuudesta ei saada riittävää varmuutta määräaikaistarkastuksessa, on padon omistajan tehtävä perusteellinen selvitys padon tai sen osan kunnosta eli kuntoarvio. Tarkkailuohjelman tulee olla patoturvallisuusviranomaisen hyväksymä. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 18§-19§)

Jatkuvan tarkkailun tavoite on havaita mahdolliset ongelmat ajoissa. Tarkkailukertojen aikaväli on riippuvainen useasta asiasta. Esimerkiksi käyttöönottovaiheessa padon tarkkailu on huomattavasti tiiviimpää, jolloin tarkkailua voidaan tehdä useita kertoja päivässä. Puolestaan vanhempaa patoa, jonka vahingonvaara on arvioitu pieneksi, voidaan tarkkailla esimerkiksi kerran kuukaudessa tai harvemmin. Myös ylimääräisten tarkkailukertojen tarve poikkeuksellisten luonnonolosuhteiden, kuten rankkasateiden tai kovien tuulten, seurauksena, on määritetty tarkkailuohjelmaan. Tarkkailtavia kohteita ovat muun muassa patoaltaan veden tai muun padottavan aineen pinnankorkeuden seuraimista, padon näkyvien osien tarkkailu sekä juoksutuksen ja ympäristön tarkkailu. Lisäksi patoihin voi liittyä muitakin tarkkailuvelvoitteita, jotka eivät perustu patoturvallisuuslakiin. Esimerkiksi kaivosteollisuudessa ympäristölupa usein velvoittaa tarkkailemaan kaivospatojen ympäristökuormitusta, joka voi tarkoittaa esimerkiksi säännöllistä suotovesien haitta-ainepitoisuuksien ja virtaamien seuraamista. (Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010, 8§)

Käytännössä siihen mitkä ovat padossa tarkkailtavia kohteita vaikuttaa onko kyseessä maapato vai betonipato. Periaatteet ovat kuitenkin samat. Silmämääräisessä tarkkailussa on kiinnitettävä huomiota halkeamiin, painumiin tai muihin muutoksiin padon rakenteissa. Muutokset vesien tai padottavan aineen liikkeissä tai muutokset padon ympäristössä, kuten vesilammikon muodostuminen läheisyyteen, voivat olla merkkejä ongelmista padon rakenteissa. Patorakenteita voidaan valvoa myös teknisin mittauksin. Maapatojen sisärakenteisiin kuormitusta aiheuttavia suotovesiä voidaan tarkkailla esimerkiksi huokospainemittareiden, pohjavesiputkien, salaojarakenteiden tai kuivatusojien avulla. Puolestaan tavanomaisilla maastomittausmenetelmillä voidaan tarkkailla padon ulkopintoja ja havaita rakenteiden mahdollinen hitaampi liikehdintä. (Patoturvallisuusopas 2012, 71-72)

3.2 Patotyypit

Padolla tarkoitetaan seinämä- tai vallirakenteita, joiden tarkoitus on rajata vesi, muu neste tai neste-mäisesti käyttäytyvä aine rakenteen taakse. Patoja on rakennettu ja rakennetaan yhteiskunnan ja teollisuuden eri tarpeisiin. Käyttötarkoituksesta riippuen padot voidaan varustaa sulkulaitteilla tai tulva-aukoilla, joilla säädellään veden tai muun nesteen pintaa käyttötarkoituksen tai padon turvallisuuden kannalta tavoitellulle tasolle. Patoja voidaan jaotella eri ominaisuuksien perusteella,

esimerkiksi rakennusmateriaalin, käyttötarkoituksen, staattisen toiminnan tai hydraulisten ominaisuuksien mukaan. (RIL 123 1979, 54-56)

Pysyviksi tarkoitettut patorakenteet ovat rakennusmateriaalin mukaan nykyisin joko betonipatoja tai maapatoja. Ennen aikaan luonnonkivestä muuratut padot olivat tavallisia. Myös puusta on ennen aikaan tehty patoja, kuten esimerkiksi uittopatoja ja työpatoja, ja hyödynnetty myös muilla tavoin patorakenteissa. Väliaikaiset patorakenteet ja työpadot ovat nykyään yleensä maapatoja, mutta niiden yhteydessä voidaan hyödyntää erilaisia vesitiiviitä tukiseinärakenteita. Tavallisin lienee teräsponttiseinä, mutta tukiseinätyypin valinta on riippuvainen kohteesta valitsevista pohjaolosuhteista. (RIL 123 1979, 54-56)

Maapatotyyppinä ovat homogeeniset maapadot, vyöhykepadot ja louhepadot. Homogeeninen maapato on suurimmaksi osakseen yhdestä materiaalista rakennettu pato. Tällöin kyseessä on yksi yhtenäinen, tiivis ja vettä pidättävä rakenne. Valittavan materiaalin tulee olla hyvin vettä pidättävää, kuten savea, silttiä, hiekkaa tai moreenia. Muita materiaaleja käytetään padon suodatinrakenteissa ja eroosioverhouksessa. Homogeenisen maapadon luiskat ovat yleensä niissä käytettävistä materiaaleista johtuen loivemmat kuin esimerkiksi vyöhykepadoissa, jolloin padon vaatima tila ja materiaalin menekki ovat myös suurempia. Homogeeniset maapadot ovat korkeudeltaan yleensä alle kymmenen metriä ja keskimäärin pienempiä kuin vyöhykepadot ja louhepadot. (RIL 123 1979, 72)

Vyöhykepadoissa käytetään useita vedenläpäisevyydeltään erilaisia materiaaleja. Tällöin patoon rakennetaan erityinen tiivistysosa, joka katkaisee veden virtauksen padon läpi. Esimerkiksi vyöhykepadon tiivistysosa voidaan rakentaa moreenista, jonka ympärille tulee suodatinrakenne suojamaan tiivistysosaa sisäiseltä eroosiolta. Tukipenkereisiin voidaan käyttää esimerkiksi louhetta. Louheen käyttö vyöhykepadossa mahdollistaa patorakenteeseen jyrkemmät luiskakaltevuudet kuin homogeenisissä maapadoissa ja vähentää näin padon vaatimaa tilaa. Useiden erilaisten materiaalien käyttö ei välttämättä ole kuitenkaan ongelmaton. Esimerkiksi eri materiaalit voivat vaatia erilaisen suodatinmateriaalin, jolloin padon osien yhteensovittaminen on hankalaa. Myös muun muassa erot materiaalien painumaominaisuuksissa tulee ottaa huomioon. (RIL 123 1979, 72-77)

Louhepadot rakennetaan nimensä mukaisesti suurimmaksi osaksi louheesta. Materiaalina voidaan käyttää myös luonnonkiveä. Louhe materiaalina on huonosti vettä pidättävää, joten louhepadot vaativat vyöhykepatojen tapaan tiivistysosan. Mutta esimerkiksi rikastushiekan läjitystä varten louhepato voidaan rakentaa myös ilman tiivistysosaa, jolloin rikastushiekka kuivaa läjityksessä sen siirtämiseen käytetystä prosessivedestä. Louhetta voidaan hyödyntää patorakentamisessa periaatteessa ympäri vuoden. (RIL 123 1979, 72-73)

Betonipatotyyppinä ovat massiivipadot, ripapadot ja holvipadot. Betonia käytetään erityisesti suurissa vesistöpadoissa. Massiivipadot ovat muodoltaan yhtenäisiä, padon harjalta padon juureen levenviä rakenteita. Ripapadot puolestaan muotoutuvat virransuuntaisista tukiseinistä, jolloin ne erottuvat massiivipadoista niiden kuivalla puolella näkyvistä "rivoista". Esimerkki ripapadosta esitetään kuvassa kaksi. Holvipato puolestaan on betoninen ylävirtaan kaarella oleva vesistöpato, jonka reunat tukeutuvat kallioon. (RIL 123 1979, 55)



Kuva 2 Imatrakosken säännöstelypato on patotyyppiltään ripapato (Eija Isomäki)

Patoja rakennetaan eri käyttötarkoituksiin. Patoturvallisuuslaki määrittelee käyttötarkoituksen perusteella padot joko vesistöpadoiksi, jätepadoiksi tai tulvapenkereiksi. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 4§)

Vesistöpadot ovat tyypillisiä yhteiskunnan tarvitsemia rakenteita. Säännöstelypadoilla pyritään varastoimaan vettä, jolloin sitä voidaan hyödyntää muun muassa sähkön tuotannossa, vesiliikenteessä, kalanviljelyssä tai vesilaitosten raakavetenä. Vesistöpadot voivat palvella samanaikaisesti useita eri tarpeita. Kun padolla mahdollistetaan sähkön tuotanto niin samalla se säätelee vesistön korkeutta esimerkiksi mahdollistaen vesiliikenteen tai suojaten yhteiskuntaa tulvilta. (Suomen Ympäristökeskus 2021)

Vesistöpatoja ovat myös pohjapadot. Pohjapato on veden alla oleva rakenne, jolla säädellään padon ylittävän veden määrää. Pohjapadolla voidaan esimerkiksi estää vesistön pintaa laskemasta haluttua korkeutta alemmaksi sulkematta kokonaan veden luonnollista kulkua tai rannikolla rajoittaa meriveden ja jokiveden sekoittumista toisiinsa. (Suomen Ympäristökeskus 2021)

Työpadoilla tarkoitetaan väliaikaista patorakennetta, jolla mahdollistetaan esimerkiksi varsinaisen padon tai muun vesistöön rakennettavan kohteen rakentaminen kuivatyönä. Työpadoit ovat siis rakentamisen kannalta usein välttämättömiä. Työpatojen erityispiirteenä on niiden väliaikaisuus. Työpadoit yleensä puretaan pois varsinaisen kohteen valmistuttua, joka pitää ottaa huomioon työpatoa suunniteltaessa. Väliaikaisuuden vuoksi työpatoihin ei investoida yhtä merkittävästi kuin pysyviin patorakenteisiin. Työpatoihin sovelletaan patoturvallisuuslakia eli niitä koskevat samat määräykset kuin pysyviä patorakenteita. (RIL 123 1979, 95)

Jätepadoilla säilytetään yhteiskunnan ja teollisuuden tuottamia jätteitä, jotka sisältävät terveydelle tai ympäristölle haitallisia tai vaarallisia jätteitä. Jätepadot ovat yleisiä metsäteollisuuden tehtailla,

joissa ne palvelevat tasaus-, selkeytys- tai ilmastusaltaina. Kaivosteollisuuteen liittyviä patoja kutsutaan puolestaan kaivospadoiksi, jotka voivat olla luonteeltaan joko jäte- tai vesistöpatoja. Niiden käyttötarkoitus on lähes poikkeuksetta malmin rikastusprosessiin liittyen joko rikastushiekan varastointi tai prosessivesien selkeyttäminen. Tyypillistä rikastushiekan varastointiin käytettävillä kaivospadoilla on niiden korottaminen täyttymisen mukaan. Korottamalla kasvatetaan tilaa varastoitavalle rikastushiekalle. Jäte- ja kaivospadot ovat Suomessa enimmäkseen maapatoja. (Sivonen & Frilander 2001, 16-21)

Tulvapenkereitä ovat padot, joilla ohjataan ja estetään veden kulkua tavanomaista korkeamman vedenkorkeuden aikana. Tulvapenkereillä tavallisesti suojataan esimerkiksi asutusta tai muita yhteiskunnan rakenteita tulvavesiltä. Näitä patoja voidaan kutsua myös suoja- tai rantapadoiksi. Esimerkki tulvapenkereestä kuvassa kolme. (RIL 123 1979, 54)



Kuva 3 Meritulvapenger Helsingissä (Eija Isomäki)

Padot voidaan jakaa staattisen toiminnan perusteella gravitaatiopadoiksi tai holvipadoiksi. Gravitaatiopatojen toiminta perustuu niiden omaan massaansa, joka painaa rakennetta alaspäin. Tällöin syntyy riittävä kitka, joka pitää padon paikallaan. Padon oman massan lisäksi yleensä hyödynnetään veden tai nesteen aiheuttamaa hydrostaattista painetta patorakenteeseen. Toimintaperiaatteeltaan gravitaatiopatoja ovat muun muassa maapadot, massiivipadot ja ripapadot. (RIL 123 1979, 55)

Holvipatojen toiminta perustuu niiden riittäviin tukirakenteisiin, rakenteen joustavuuteen sekä kykyyn ohjata padottavan aineen aiheuttamaa painetta. Veden paine välittyy patorakenteesta sitä ympäröivään kallioon. Holvipatoja on käytännössä mahdollista rakentaa vain tiiviin ja lujan kallion varaan, joka rajoittaa niiden rakentamista. Suomessa ei ole holvipatoja. Kuvassa neljä on esimerkki Ranskassa sijaitsevasta Saint Guérin holvipadosta. (Suomen Ympäristökeskus 2021)

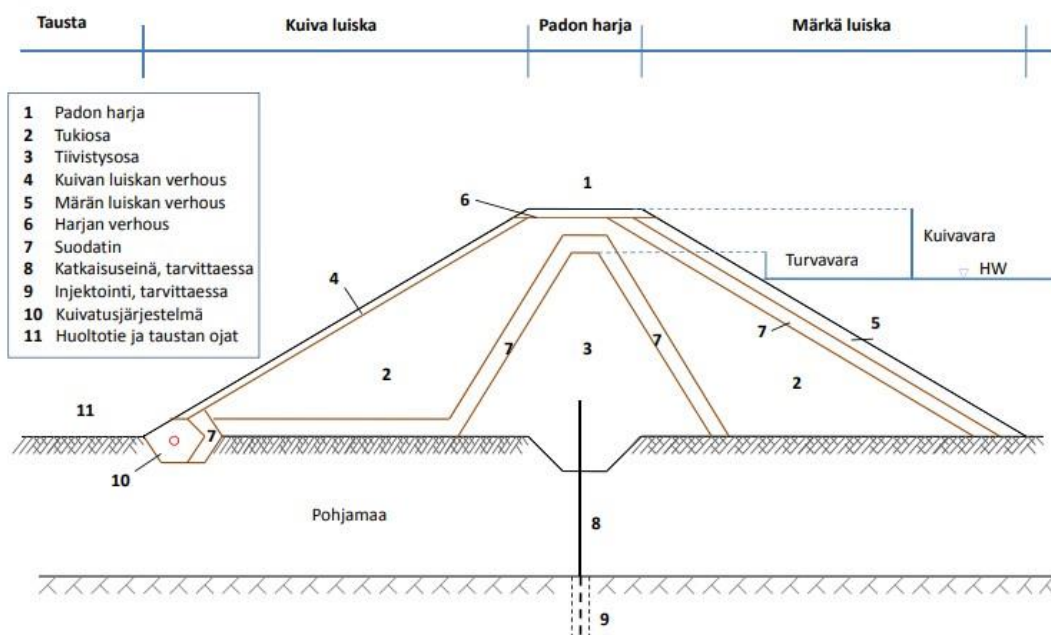


Kuva 4 Saint Guérin holvipato (Eija Isomäki)

Hydraulisten ominaisuuksien perusteella padot voidaan jakaa aukottomiin patoihin, ylivirtauspatoihin tai pohjapatoihin. Aukottomissa padoissa vedellä tai muulla nestemäisellä aineella ei ole mahdollisuutta virrata vapaasti padon yli tai ohi, vaan purku on toteutettu tulva-aukoilla tai sulkulaitteilla. Ylivirtauspadoissa vesi tai muu nestemäinen aine purkautuu suoraan padon ylitse. Pohjapadot puolestaan eivät varsinaisesti padota eivätkä siksi myöskään pura vettä tai muuta nestemäistä ainetta, vaan periaatteessa ainoastaan säännöstelevät pinnan korkeutta, virtausta tai kahden eri nesteen sekoittumista. (RIL 123 1979, 56)

3.3 Maapatojen rakenteelliset osat

Eri rakenteellisilla osilla on omat tehtävänsä maapadossa ja niiden mitoitus perustuu patoon kohdistuviin kuormituksiin. Maapatojen rakenteelliset osat on havainnollistettu kuvassa viisi. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon rakenteen materiaalien oma paino, suotovesivirtausten aiheuttamat kuormitukset eli huokospaineet, aallokon ja roudan aiheuttamat voimat sekä liikennekuorma padon harjalla. Tapauskohtaisesti patoon voi kohdistua myös muita ulkoisia kuormia, kuten esimerkiksi louhintatärinää. Padon stabiiliteettilaskennoissa tarkasteltavat tilanteet ovat rakennusaikainen vakavuus, käyttöaikainen vakavuus ja vedenpinnan nopea laskeminen. (Patoturvallisuusopas 2012, 66)



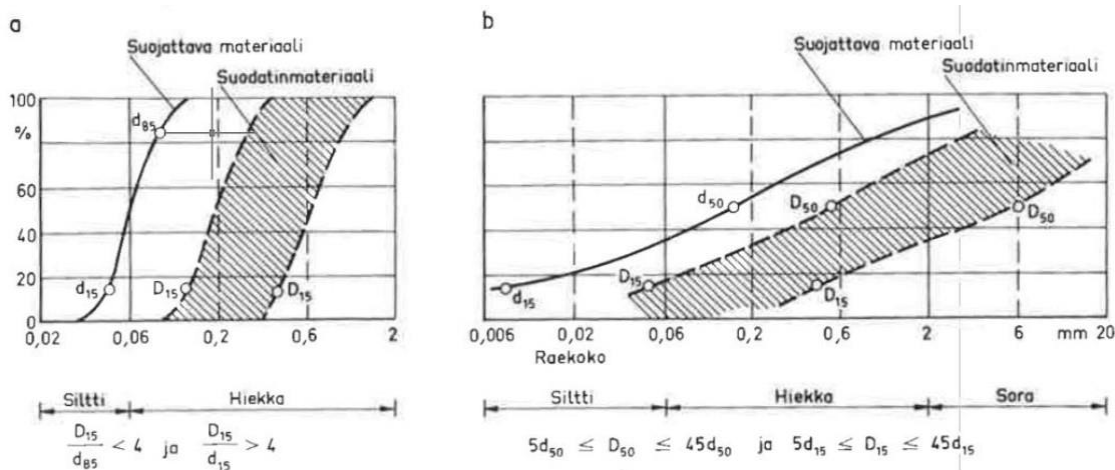
Kuva 5 maapadon poikkileikkaus ja rakenteelliset osat (Patoturvallisuusopas 2012, 66)

Tiivistysosan tehtävä on pysäyttää veden virtaus padon läpi. Tiivistysosalle ei ole tarkkaan määritettyä sijaintia poikkileikkauksessa, vaan voi sijaita joko pystysuuntaisena keskellä patoa tai esimerkiksi kaltevana märän luiskan puolella tai vinona märän luiskan alla. Tiivistysosa voidaan rakentaa erilaisista materiaaleista, kuten esimerkiksi moreenista, savesta, asfaltista, muovista tai teräsbetonista. Maa-aineksia käytettäessä on huomioitava materiaalin vedenläpäisevyys, eroosionkestävyys ja käsiteltävyys eli käytännössä materiaalin tulee olla sellaista, joka on mahdollista tiivistää vettä pidättäväksi saavuttaen vaaditut lujuusominaisuudet. Mitoittaessa patoa tiivistysosan yläpinnan korkeuden tulee olla ylempänä kuin patoaltaan maksimipinnantason, joka on merkitty kuvassa viisi lyhenteellä *HW*. Tätä erotusta kutsutaan myös turvavaraksi. Suomessa patoturvallisuusviranomainen ohjeistuksen mukaan padon turvavaran tulee olla 1- ja 2-luokan padoilla vähintään 0,4 metriä ja 3-luokan padoilla vähintään 0,3 metriä. (RIL 123 1979, 76-77)

Patoa suunniteltaessa on huomioitava mahdollinen vesien suotautuminen padon alitse. Tässä tilanteessa vesi kulkeutuu padon alla olevien vettä läpäisevien maakerrosten kautta ja tällöin riskeinä ovat perusmaan sisäinen eroosio sekä maanpinnan hydraulinen murtuma padontakaisessa maanpinnassa. Suotautuminen padon ali voidaan estää lähes kokonaan rakentamalla katkaisuseinä perusmaan ja tiivistysosan liitoskohtaan. Katkaisuseinässä voidaan käyttää betonia, teräspontteja tai muita tukiseinätyyppejä. Oleellista on saada katkaisuseinän alapinta ulottumaan vettä pidättävään maakerrokseen tai kallioon. Kalliota voidaan myös joutua injektoidaan vesi-sementtimassalla, mikäli suunniteltu pato osuu kallion rakoiluvyöhykkeelle. (RIL 123 1979, 84-85)

Padon suodatinrakenteen tehtävä on suojata padon tiivistysosaa sisäistä eroosiota vastaan ja purkamaan suotovesiä hallitusti padon läpi. Suodatinrakenteita sijoitetaan tarvittaessa myös muihin padon osiin. Suunnitellusti toimiessaan suodatinrakenteet alentaa huokospaineita patorakenteessa ja näin parantaa padon stabiilitettä. Käytettäviä materiaaleja ovat karkea siltti, hiekka, sora sekä murske. Suodatinmateriaalin valintaan vaikuttaa suojattavan materiaalin ominaisuudet. Jos suodatinmateriaali on liian karkeaa sitä ympäröivien materiaalien suhteen, on vaarana hienoainesten

kulkeutuminen suotovesien mukana suodatinrakenteeseen. Tällöin toisaalta suodatinrakenne voi tukkeutua ja toisaalta esimerkiksi tiivistysosan tiiveys ja lujuus heikkenevät. Näin ollen suodatinmateriaalin ja suojattavan materiaalin rakeisuuskäyrien tulisi olla saman muotoisia suodatinmateriaalin ollessa selvästi karkeampaa. Mitoituksessa suodatinmateriaalille asetetaan kriteerit rakeisuuden suhteen ja lisäksi vedenläpäisevyyden tulisi olla satakertainen suojattavaan rakenteeseen nähden. Suodatinkriteerejä on havainnollistettu kuvassa kuusi. Suodatinkerroksen paksuus mitoitetaan osana suotovesivirtauslaskelmia. (RIL 123 1979, 77-78)



Kuva 6 Kriteerejä suodatinmateriaalille (RIL 123 1979, 78)

Suodatinrakenteisiin liittyvien kuivatusjärjestelmien tehtävä on kerätä ja ohjata padon läpi suotautuvat vedet haluttuun paikkaan. Usein vedet johdetaan padon alapuolella jatkuvaan uomaan. Kuivatusjärjestelmä on mitoitettava läpäisemään yli kymmenkertaisesti laskennallinen kokonaissuotovesimäärä. (Patoturvallisuusopas 2012, 69)

Tukipenkereiden tehtävä on pitää pato pystyssä. Käytettäviä materiaaleja ovat muun muassa louhe, sora, hiekka tai vettäläpäisevää moreenia. Materiaalin tulisi olla hyvin vettä läpäisevää, sen leikkauslujuus tulisi olla mahdollisimman suuri ja lisäksi sen tulisi olla halpaa ja helposti käsiteltävää. Materiaalin hyvä vedenläpäisevyys ehkäisee padon stabiiliteetin kannalta haitallisten huokospaineiden muodostumista. Maa-aineksien leikkauslujuus kuvaa materiaalin sisäistä kitkaa. Suuren leikkauslujuuden omaava maa-aines ei murru rakenteessa yhtä helposti ja näin sallii jyrkemmät luiskakaltevuudet. Jyrkät luiskakaltevuudet puolestaan vähentävät rakenteeseen tarvittavan materiaalin määrää. Tukipenkeret eivät ole padon toiminnan kannalta yhtä kriittinen osa kuin tiivistysosa, joten materiaalin valintaan vaikuttaa hinta ja saatavuus. Materiaalin tulee kuitenkin olla sellaista, joka on mahdollista tiivistää saavuttaen vaaditut lujuusominaisuudet. Tukipenkeret tulee mitoittaa patorakenteen stabiiliteetin kannalta riittäviksi. (RIL 123 1979, 80)

Kuivavaralla tarkoitetaan padon harjan ja patoaltaan maksimipinnantason välistä erotusta. Mitoituksessa kuivavara määräytyy joko suurimman aallonkorkeuden tai routamitoituksen perusteella. Suurempi arvo on määräävä. Valtioneuvoston patoturvallisuus asetuksen mukaan 1- ja 2-luokan maapatojen harjan on oltava koko pituudeltaan liikenneöntikelpoinen. Patoturvallisuusviranomaisen täsmentää tätä vaatimusta toteamalla harjan leveyden vähimmäisvaatimukseksi neljä metriä. Harjan

leveyttä tulee myös kasvattaa portaittain padon kokonaiskorkeuden kasvaessa. (Patoturvallisuusopas 2012, 68-69)

Padon märkä luiska verhotaan kestävämmään aaltojen, mahdollisesti virtaavan veden sekä jään aiheuttamat rasitukset. Verhouksessa käytetään yleensä karkeaa mursketta, louhetta tai kiviä, mutta se voidaan rakentaa myös tekoaineesta. Käytettävän materiaalin raekoko ja paksuus määräytyvät suurimman aallonkorkeuden perusteella. Märän luiskan kaltevuus määräytyy stabiliteettilaskennoissa, joissa tarkastellaan erityisesti tilannetta, kun vesi laskee nopeasti patoaltaan maksimipinnankorkeudesta alas. (RIL 123 1979, 91-92)

Johannes Kotila kuvaa kyseisestä tilannetta käsitellessään homogeenisiä maapatoja opinnäytetyösäänsä seuraavasti:

Nestepinnan nopea laskeutuminen vähentää märänluiskan vakavuutta kahdella eri tavalla: vähentämällä ulkoisen hydrostaattisen paineen stabiloivaa vaikutusta ja lisäämällä patorakenteen sisäisten huokosveden paineiden paine-eroja, erityisesti huonosti vettäläpäisevissä maa-aineksissa. Nämä tekijät voivat laukaista märänluiskan sortuman, jos nestepinnan lasku on riittävän nopea. Märänluiskan stabiliteettia voidaan parantaa esimerkiksi louheverhoilulla. (J. Kotila 2023, 12)

Kuivan luiskan verhoukselle ei ole yhtä tiukkoja vaatimuksia kuin märälle luiskalle. Verhouksen tulee kuitenkin olla eroosion kestävä luonnonolosuhteita, kuten sateita, vastaan. Materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi soraa tai mursketta. Kuiva luiska voidaan myös nurmettaa. Kuivan luiskan kaltevuus määräytyy padon stabiliteettilaskennoissa. (RIL 123 1979, 92)

3.4 Patorakenteiden erityispiirteitä

Padot ovat tyypillisesti suuria investointeja, jotka toteutetaan määrättyyn sijaintiin sekä ovat luonteeltaan yksilöllisiä ja pitkäikäisiä. Käytännössä on vain harvoin mahdollista päättää sijainti padolle, vaan pato on rakennettava sinne missä se on mahdollista ja missä sitä on mahdollista hyödyntää. Tällöin maapatojen rakennuskustannuksiin vaikuttavat suuresti materiaalien saatavuus. Suomen olosuhteissa näitä maapatojen rakentamiseen soveltuvia materiaaleja on usein helposti saatavilla, jolloin niitä kannattaa hyödyntää rakentamisessa. Tästä johtuen maapatojen koko suunnitteluprosessi pohjautuu usein paitsi niiden suunniteltuun käyttötarkoitukseen niin myös rakennuspaikan ominaisuuksiin sekä rakennuspaikan läheisyydestä saatavilla oleviin materiaaleihin. (RIL 123 1979, 71)

Kun mahdollisuutta padon rakentamiselle selvitetään, kartoitetaan rakennuspaikkaa ja toteutetaan kattavat pohja- ja kallioperätutkimukset. Maapadon perustuksia varten tulee pohjan olla kantavuudeltaan, painumaltaan ja vesiolosuhteiltaan siihen soveltuvat. Perustettiinpa pato maakerroksen tai kallion varaan, tulee pohjan olla tasalaatuinen ja tiivis sekä tasaiseksi ja sopivasti sivuille päin viettäväksi muotoiltu. Ali ja läpi suotautuvat vedet hakeutuvat läpäisemään padon missä se on helpointa. Suotovedet voivat ohjautua virtaamaan esimerkiksi padon alla olevaan kalliuomaan, jolloin syntyy sisäisen eroosion vaara. Samasta syystä kalliolle perustettaessa on ruhjeet injektoitava vesi-sementtimassalla, etteivät suotovedet ohjautu kallion sisään tai kalliovesi pulppua padon perustuksiin. Maakerroksien sijainti ja erityisesti niiden vedenläpäisevyys voivat vaikuttaa merkittävästi padon muotoiluun ja sijoittamiseen. Ei ole järkevää rakentaa patoa kohtaan, jossa vesi löytää reitin kulkeutua sen ohitse joko pintavirtauksena tai suotautumalla. Samoin tulee huomioida alue eli allas, jonne vesi tai

muu aine padotaan. Patoaltaan rantojen tulee pystyä pidättämään padottavaa ainetta ja olla eroosi-onkestäviä. Rakentamista ajatellen rakennuspaikan kartoituksessa selvitetään maapatomateriaalien saatavuus alueella. (RIL 123 1979, 58)

Kun suunniteltaessa tarkastellaan rakennuspaikan läheisyydestä saatavilla olevia materiaaleja, alkaa hahmottua maapadon yksilölliset piirteet. Siellä missä esimerkiksi moreenia on runsaasti saatavilla, arvioidaan homogeenisen maapadon soveltuvuutta kohteeseen. Voi osoittautua kohteessa ei ole riittävästi tilaa homogeeniselle maapadolle, jolloin suunnittelu ohjautuu arvioimaan vyöhykepadon soveltuvuutta kohteeseen. Jos vyöhykepato osoittautuu mahdolliseksi, on syytä pohtia patoon tarvittavien muiden materiaalien, kuten louheen, saatavuutta sekä yleisesti rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia. Lopulta valitaan patotyyppi tai mahdollisesti yhdistelmä erilaisia patorakenteita, jolloin maapadolle muodostuu sen yksilölliset piirteet rakennuspaikan, materiaalien ja arvioitujen rakennuskustannuksien perusteella. (RIL 123 1979, 72-73)

Materiaalien ominaisuuksilla on suuri merkitys maapadon rakenteellisia osia mitoittaessa. Rakenteelliset osat mitoitetaan yhteensopiviksi, erityisesti vedenläpäisevyys, lujuusominaisuudet ja tiivistymisen huomioiden. Jos padon sisäiset suotovesivirtaukset kasvavat materiaaliin nähden liian suuriksi, sisäinen eroosio lähtee syömään rakenteellisia osia. Tällöin materiaalien tiiveys- ja lujuusominaisuudet heikentyvät johtaen stabiliteetin alenemiseen. Jos vastaavasti vesi ei pääse riittävästi suotautumaan padon läpi, kyllästyminen voi johtaa materiaalien liejumaiseen käyttäytymiseen. Tällöin materiaalien lujuusominaisuudet heikentyvät johtaen stabiliteetin alenemiseen. Patoa ja sen rakenteellisia osia mitoittaessa on huomioitava myös hydrologiset olosuhteet ja paikalliset sääolosuhteet. Suunnittelu ja tutkimukset jatkuvat siirryttäessä rakentamiseen. Yleensä aina rakentaessa paljastuu uusia tekijöitä, jotka vaativat uusien tutkimusten tekoa ja muutoksia suunnitelmiin. Tulevaisuutta ajatellen on myös tärkeää dokumentoida rakentamisen aikana paljastuvia rakennuspaikan pohjaolosuhteita. (RIL 123 1979, 59)

Maapatojen rakentamisessa tavoitellaan saumatonta tiivistymistä. Jotta tämä tavoite voitaisiin saavuttaa, vaaditaan huolellista valmistautumista, soveltuvia työtekniikoita ja otollisia sääolosuhteita. Huolellinen valmistautuminen tarkoittaa useita asioita, kuten työkaluston varaamista ja työmaajärjestelyjä, mutta patorakentamisessa korostuvat materiaalit ja niiden käsittely. Luonnonmateriaaleista tulee ottopaikalla erotella ylisuuret kivet ja epäpuhtaudet. Luonnonmateriaalit vaativat myös jatkuvaa valvontaa ja kokeita. Materiaaleja tulee varata riittävästi koko patoa varten työmaan läheisyyteen ja niitä käsiteltäessä on vältettävä lajittumista. Rakentaminen toteutetaan yleensä kesäkuudella, koska rakennuspohjan ja materiaalien tulee olla sulia ja pysyä sulina. Jotta materiaalit tiivistyisivät mahdollisimman hyvin, tulee niiden olla mahdollisimman lähellä optimivesipitoisuuttaan. Tämän vuoksi otolliset sääolosuhteet ovat toivottavia erityisesti tiivistysosan rakentamisen kannalta. Rankat vesisateet voivat aiheuttaa materiaalin liejuuntumista, jolloin sen käsittely on haastavampaa. Tarvittaessa materiaalia tulee pyrkiä suojaamaan erityisesti varastoinnin aikana. Helteiden aikana puolestaan pitää varautua kastelemaan tiivistysosan materiaalia, jotta se olisi lähempänä optimivesipitoisuuttaan. Puolestaan suodatinmateriaalit sekä murskeet ja louheet vaativat paljon vettä tiivistykseen kunnolla, joten myös niiden kastelemiseen on varauduttava. (RIL A36 1959, 113-115)

Koska sääolosuhteiden vaikutuksiin on haastavaa varautua, pato on pyrittävä rakentamaan mahdollisimman laajoina kerroksina yhdellä kertaa. Tällä ehkäistään sääolosuhteiden vaikutuksia, joka edistää tiivistymisen tasalaatuisuutta. Patoa rakennetaan kerroksittain alhaalta ylöspäin siten, ettei yksikään vyöhyke nouse toista vyöhykettä korkeammalle. Tällä haetaan vyöhykkeiden välistä saumattomuutta ja myös riittävää työnaikaista stabiliteettia. Erityistä saumattomuutta tavoitellaan tiivistysosan kerrosten väliin. Kun edellinen kerros on tiivistetty niin ennen uuden kerroksen rakentamista karhennetaan alle jäävän kerroksen pinta. Tällä toimenpiteellä tavoitteella kerrosten tarttumista toisiinsa. Sääoloja ja niiden vaikutusta jo valmistuneeseen tiivistysosan kerrokseen on tarkkailtava. Erityisesti sateen jälkeen tarkastetaan valmiiden kerrosten pinnat. Jos niistä löytyy valumajälkiä, tulee ne karhentaa uudestaan. Puolestaan helteellä on tarkkailtava halkeamien syntymistä. Tiivistäen voidaan todeta maapadon rakentamisen muistuttavan valtavan ison hiekkakakun valmistamista. (RIL A36 1959, 113-115)

Patojen erityispiirre on myös niiden potentiaali aiheuttaa merkittäviä tuhoja ja haittoja. Patoturvallisuussäädännössä asetetut omistajan vastuut ja patoluokat kuvaavat asian vakavuutta. Padosta riippuen voi pato-onnettomuuden seurauksena olla ihmishenkien menetyksiä, aineellisia vahinkoja, tuotannon menetyksiä ja seuraamusmaksuja sekä haittaa luonnolle. Näistä ihmishenkien menetykset ja luonnolle aiheutuneet pysyvät haitat eivät ole korvattavissa rahalla. Padosta riippuen voi pato-onnettomuudesta aiheutuneet kustannukset olla omistajalleen monikymmenkertaiset verrattuna padon rakentamisen ja ylläpidon kustannuksiin. (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 10§-14§)

Suomessa on tapahtunut pato-onnettomuuksia ja käytön aikaisia häiriötilanteita tapahtuu vuosittain. Vuonna 2019 ilmoitettiin Suomen padoilla 20 häiriötilannetta. Näistä kuusi kappaletta johtui patorakenteen vaurioitumisesta, neljä poikkeuksellisen korkeasta yläveden pinnantasosta, kolme ulkoisesta eroosiosta ja loput seitsemän muista yksittäisistä syistä. Häiriötilanteet ovat yleensä pieniä ja vaarattomia, mutta niiden sivuuttaminen voi johtaa suurempiin ongelmiin ja myös pato-onnettomuuksiin. Ongelmia ja niiden syitä kuvaavat vuosina 1974-2000 kirjatut häiriötilanteet Suomen jäte- ja kaivospadoilla. Ote taulukosta on esitetty kuvassa seitsemän. Tulee huomioida, ettei kyseisen taulukon häiriötilanteiden määrät ole vertailukelpoisia aikaisemmin esitettyihin vuoden 2019 tilastoihin. (Kainuun ELY-keskus 2020)

Ongelma	Ongelmaan johtaneita syitä	Lkm
Padon läpi tapahtunut suoto/vuoto	Lajittunut materiaali, löyhät ja karkeahkot kerrokset, suodattimen puuttuminen, liian paksut sullontakerrokset, sisäinen eroosio, routunut moreeni, saven kuivuminen, suodatinkankaassa ollut aukko.	33
Padon sortuminen/murtuminen	Roudan sulaminen, korotukset talvella, tulva, sateet, huokosvesipinta liian ylhäällä, riittämätön vakavuus, suotautuminen, löyhtynyt patorunko, aallokko, väärät massat patorakenteessa, jyrkät luiskat, putkistorikko.	16
Padossa havaittu painumia/halkeamia	Mahdollisesti puutteellinen tiivistys ja/tai pohjamaan painuminen.	10
Patorakenteessa havaittu syöpyä	Aallokko, liian jyrkät luiskat.	9
Padon harjan yli tapahtunut ylivirtaus	Putkistorikko, puutteellinen vedenpinnan tarkkailu.	4
Tiivistekalvon sauman aukeaminen	-	2
Padon ulkoluiskassa havaittu liukumia	Liian jyrkät luiskat.	2
Padolla esiintynyt tulipaloja	Rakennusmateriaalina olleen kuorijätteen kuivuminen.	1

Kuva 7 Häiriötilanteita Suomen jäte- ja kaivospadoilla vuosina 1974-2000 (Sivonen & Frilander 2001, 45)

Kun tarkastelee kuvassa kahdeksan esitettyjä ongelmaan johtaneita syitä, voi myös pohtia kuinka nämä ongelmat olisivat olleet vältettävissä. Näiden ongelmien voidaan arvioida olevan seurausta

- virheellisistä/puutteellisista suunnitelmista tai suunnitelmia ei ole osattu tulkita oikein
- puutteellisista maa- ja kallioperätutkimuksista tai suunnitelmista poikkeavat pohjaolosuhteet on jätetty huomioimatta
- puutteellisista materiaalikokeista tai riittämättömästä valvonnasta
- soveltumattomista työtekniikoista, osaamattomuudesta tai liian tiukasta aikataulusta
- heikosti toteutetusta padon valvonnasta, kunnossapidosta tai mahdollisten aikaisempien häiriötilanteiden sivuuttamisesta
- poikkeuksellista luonnon olosuhteista
- padon rakenteiden ikääntymisestä
- useamman syyn yhteisvaikutuksesta.

Vaikka kaikkia patojen häiriötilanteita ei todennäköisesti voida välttää, korostuu patoturvallisuuden toteutumiseksi kaksi oleellista tekijää; patoturvallisuuslainsäädännön ja sen ohjeistuksien noudattaminen sekä asianmukainen ja huolellinen laadunhallinta kaikissa rakennushankkeen vaiheissa.

4 RAASION PADON MUUTOSTYÖT

4.1 Raasion padon muutostyöt

Siilinjärven kaivoksella rikastusprosessissa syntynyt rikastushiekka siirretään vettä hyödyntäen Mustin alueelle pastalaitokselle. Pastalaitoksella rikastushiekasta erotetaan siirtämiseen käytetty vesi, joka puretaan takaisin kaivoksen sisäiseen vesikiertoon. Rikastushiekka pumpataan läjitykseen. Prosessivesi kulkeutuu välivaiheittain ensin Mustin vesialtaaseen, josta se johdetaan edelleen Raasion rikastushiekka-altaaseen. Nykytilanteessa Raasion rikastushiekka-allas purkaa prosessiveden Jaakonlampeen, josta se ohjataan pumppaamon kautta joko käytettäväksi uudelleen rikastamon prosessissa tai puretaan Sikapuron selkeytysaltaiden kautta vesistöön.

Jotta Jaakonlammen louhosta voidaan laajentaa, sen eteläpuolella sijaitseva Jaakonlampi kuivataan. Hankkeen tavoitteena on rakentaa Raasion rikastushiekka-altaalta uusi ylivuotoputki prosessivesille Jaakonlammen ja tulevan louhosalueen ohi. Viralliselta nimeltään hanketta kutsutaan Jaakonlammen putkihankkeeksi. Jaakonlammen putkihanke voidaan jakaa kahteen osaan, patotöihin ja putkilinjaan. Hanke rajautuu Jaakonlammen pumppaamoon, jossa uuden putkilinjan liittäminen kaivoksen vesikiertoon toteutetaan erillisenä hankkeena syksyn huoltoseisokin yhteydessä. Hankealue on esitetty kuvassa kahdeksan.



Kuva 8 Hankealueen yleiskartta

Hankkeessa tehtävät padon muutostyöt sijoittuvat Raasion padolle tai tarkemmalta nimeltään Raasion rikastushiekka-altaan pato 2. Pato 2 on rakennettu 80-luvulla ja se on luokiteltu 1-luokan padoksi. Vanhojen suunnitelmien perusteella pato 2 on patotyyppiltään homogeeninen moreenipato. Padon harjan korkeus on noin tasossa +142 (N60), altaan normaali vesipinnan taso noin +133,8 (N60) ja maksimipinnan taso (HW) on +134,8 (N60). Korkeuskäyrien perusteella padon 2 korkeuden voidaan arvioida olevan seitsemästä kahdeksaan metriin, mikä on melko tyyppillinen homogeenisille maapadoille.

Pääpiirteissään uusi putkilinja toteutetaan vasaraporaamalla suojaputki padon 2 läpi, johon sujutetaan varsinainen uusi ylivuotoputki. Padon läpivientirakenne ja uuden ylivuotoputken vedenottoaivo on toteutettava kuivatyönä. Tämän vuoksi Raasion rikastushiekka-altaaseen rakennetaan työpato, joka liitetään patoon 2. Työpadon sisäpuolelle toteutetaan uuden ylivuotoputken ja vedenottoaivon rakentaminen. Työpadon rakentamisessa hyödynnetään louhetta, moreenia ja ponttiseinää. Padon 2 kuivalla puolella putkilinja rakennetaan paikoin pengerrytettynä ja muuten maahan kaivettuna. Työpato jää osittain pysyväksi rakenteeksi. Kun uusi putkilinja on kokonaisuudessa valmis ja liitetty kaivoksen vesikiertoon, rakennetaan työpadon läpi purku-uoma, jota pitkin Raasion altaan vedet pääsevät uuteen putkilinjaansa. Kun hanke saadaan toteutettua, padon 2 nykyinen ylivuotoputki poistetaan käytöstä suunnitellusti.

Hankkeessa noudatetaan Itä-Suomen Aluehallintoviraston antaman ympäristölupapäätöksen 74/2021 lupamääräyksiä. Kyseisessä asiassa on haettu muutosta voimassa olevaan ympäristölupaan ja hakemuksen otsikko on *Ympäristöluvan olennainen muuttaminen kaivoksen toiminnan osalta ja vesitalouslupa Jaakonlammen kuivattamiseksi, Siilinjärvi*. Ympäristölupapäätöksen mukaan patojen tarkennetut rakennussuunnitelmat tulee toimittaa hyvissä ajoin ennen rakentamista hyväksyttäväksi Kainuun ELY-keskuksen patoturvallisuusviranomaiselle ja tiedoksi Pohjois-Savon ELY-keskukselle. Suunnitelmiin tulee liittää laadunvalvontasuunnitelma ja tehdystä laadunvalvonnasta tulee raportoida molemmille ELY-keskuksille. Padon omistajan eli Yara Suomi Oy on päättänyt tilata hankkeeseen ulkopuolisen laadunvalvonnan, joka toteuttaa työmaavalvontaa ja valvoo laadunvarmistusta. Ulkopuolinen laadunvalvoja kirjoittaa raportin toteutuneesta laadunvalvonnasta, joka toimitetaan viranomaisille.

Hankkeen tuotantovaihe on aloitettu maaliskuussa vuonna 2024. Hankkeen ensivaiheen urakka on rakentaa työpato ja vedenottoaivon kaivanto. Tilaajana urakassa on Yara Suomi Oy:n projektiorganisaatio. Hankkeen pääsuunnittelija ja työpadon rakentamisesta vastaava urakoitsija on valittu. Rakennuttajan ja urakoitsijan vastuut hankkeessa poikkeavat tietyiltä osin rakentamisessa usein käytetyistä Rakennusurakan yleisistä sopimusehdoista. Urakan tilaaja osoittaa urakoitsijan käyttöön työhön tarvittavat maa-ainekset eli on velvollinen toimittamaan urakoitsijalle työhön tarvittavat materiaalit maa-ainesten osalta. Tilaaja on vastuussa urakan mittauksista ja toimittaa myös tarvittavat koneohjausmallit urakoitsijalle. Toteutuneiden rakenteiden kartoittaminen, toteutumien tarkastaminen ja arkistointi ovat tilaajan vastuulla. Myös olemassa olevien rakenteiden kartoittaminen ja suojaaminen urakassa kuuluvat tilaajan vastuulle. Puolestaan urakoitsijan vastuulla on tarvittavien työmaateiden rakentamisen lisäksi myös urakan yhteydessä käyttämiensä tiestön kunnossapito. Nämä

poikkeamat tavanomaisista sopimusehdoista voidaan arvioida johtuvan kaivostoiminnan erityispiirteistä sekä myös paikallisista olosuhteista.

4.2 Suunnitelma-asiakirjat

4.2.1 Työselostus

Työselostuksessa käsitellään hankkeeseen liittyvät yleiset asiat, patotöiden toteutus, patotöiden valvonta ja työnaikaiset kokeet sekä putkilinjan tekeminen Jaakonlammen pumppaamolle. Putkilinjan rakentaminen on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, joten sitä käsitellään tässä kappaleessa vain yleisiltä ja patotöihin liittyviltä osin.

Hankkeen yleisiä asioita ovat sen pääpiirteet, rakennustoissa noudatettavat yleiset asiakirjat, hankealueella olemassa olevat rakenteita sekä urakoitsijan ja rakennuttajan vastuut. Rakennustyöt jaotellaan tässä yhteydessä seuraaviin töihin:

- Työpadon louhetukipenkereiden rakentaminen.
- Työpadon moreenitiivisteiden rakentaminen.
- Työpadon ponttiseinän ja kuivatusjärjestelmän rakentaminen.
- Uuden ylivuotoputken ja vedenottoaivon rakentaminen.
- Uuden moreenitiivisteiden rakentaminen ylivuotoputken ympärille.
- Luiskaverhosten rakentaminen.
- Uuden putkilinjan rakentaminen.

Kuvassa yhdeksän on kuvakaappaus työaikaisesta asemapiirustuksesta työpadon alueelta.



Kuva 9 Kuvakaappaus työaikaisesta asemapiirustuksesta

Olemassa olevat rakenteet ja ympäristö ovat tekijöitä, jotka tulee huomioida työmaan toteutusta suunniteltaessa. Esimerkiksi kaupunkialueilla tehtävissä töissä tulee usein tilanteita, joissa kaivannon tekemiselle on hyvin vähän tilaa, alue on liikennöity, lähellä on asutusta sekä ennestään olemassa olevia rakenteita. Nämä tekijät tulee huomioida työmaan suunnittelussa eri keinoin.

Rakennettavan työpadon läheisyydessä sijaitsevat padon 2 nykyinen ylivuotoputki ja Raasion pumpaamo. Erityisesti padon 2 nykyinen ylivuotoputki on tärkeä osa rikastamon vesikiertoa, joten sen tulee säilyä täysin toimintakuntoisena kaikissa vaiheissa. Ylivuotoputken toiminnan häiriintyminen tai rikkoontuminen luokiteltaisiin häiriötilanteeksi padolla. Lisäksi padon 2 päällä sijaitsee rikastushiekkaputkia, vesiputkia ja kaapeleita, jotka on huomioitava rakennustöitä suunniteltaessa sekä tarkkailtava töiden aikana. Rikastushiekkaputkien paikallaan pysymistä tulee tarkkailla erityisesti työvaiheessa, jossa tehdään kaivantoa työpadon sisäpuolelle ja leikataan padon 2 märän puolen luiskaa.

Nykyinen ylivuotoputki ja Raasion pumppaamo sijaitsevat molemmat noin kymmenen metrin etäisyydellä tulevan työpadon louhetukipenkereestä. Tällöin voi arvioida niiden sijaitsevan riittävällä etäisyydellä, jotta niiden toimintakunto voidaan taata alustavasti riittävällä työnaikaisella tarkkailulla ja muilla toimenpiteillä tarvittaessa. Alueella sijaitsevista vesiputkista ja kaapeleista on olemassa tietokanta, jolloin niiden sijainnit voidaan osoittaa ja merkitä työmaan läheisyydessä. Rikastushiekkaputket ovat maanpäällisiä, joten niitä on helppo tarkkailla silmämääräisesti. Tarvittaessa rikastushiekkaputkien paikallaan pysymistä voidaan tarkkailla myös tarkemmittauksin. Padon 2 harja tulee huomioida työmaan suunnittelussa, koska padon harja ei ole mitoitettu kiviautoilla suoritettavan työmaaliikenteen aiheuttamalle liikennekuormitukselle.

Suunniteltu putkilinja kulkee alueen läpi kulkevan kiviautotien lähetyvillä, jonka vuoksi se tulee huomioida toteutuksen suunnittelussa. Lisäksi putkilinja ja kiviautotie risteävät yhdessä kohdassa. Tällöin kiviautotien alitus toteutetaan muuttamalla tie väliaikaisesti yksikaistaiseksi ja rakentamalla putkilinjaa kaista kerrallaan. Putkilinjan toteutuksessa vaaditaan väliaikaisia liikennejärjestelyjen muutoksia ja tarvittavia suojauksia työturvallisuuden toteutumiseksi. Liikennejärjestelyjen muutokset vaativat yhteistyötä kaivoksen louhostuotannon, tilaajan ja urakoitsijan välillä. Urakoitsijan kohdalla tulee myös huomioida aikaisempi kokemus Siilinjärven kaivoksella toimimisesta. Kaivoksen säännöt ja toimintatavat voivat olla tottumattomalle urakoitsijalle alkuun vieraita ja niiden omaksuminen vaatii valvontaa tilaajan toimesta.

Työselostuksen ja suunnitelmapiirustusten lisäksi työssä noudatettavia asiakirjoja ovat muun muassa Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset (InfraRYL), Maahan ja veteen asennettavat kestopuoviputket (RIL 77-2013), Kaivanto-ohje (RIL 263-2014) sekä Liikenneviraston ohje vuodelta 2013 ”Vaara vaanii kaivannossa”. Nämä ohjeet täydentävät työselostusta ja suunnitelmapiirustuksia tässä hankkeessa sekä määrittelevät tason hyvän rakennustavan mukaiselle työsuoritukselle.

Patotöiden osalta työselostus käsittelee rakentamisen louhetukipenkereestä eroosioverhousten rakentamiseen. Patotöiden ja putkilinjan tekeminen rajautuvat padon läpi porattavaan suojaputkeen. Suojaputki, vedenottoaivo ja ylivuotoputki ovat putkilinjan rakenteita, jotka liittyvät patotöissä tehtävään moreeniiviteeseen.

Varsinainen työpadon rakentaminen aloitetaan rakentamalla louhetukipenger rikastushiekka-altaan. Penkereen edestä kaivetaan ja häiritään altaan pohjaan sedimentoitunutta rikastushiekkaa pitkäpuomikaivinkoneella. Näin varmistetaan louheen uppoaminen kantavan moreenipohjan varaan. Penger toteutetaan päätypengerryksenä, jossa louhe kipataan jo tehdyn penkereen päälle ja työnnetään puskukoneella penkereen reunalta veteen. Penkereen päälle kippaamalla ja puskemalla toteutetulla työmenetelmällä penkereen yläpintaan jää louheesta hienorakeisempaa kiviainesta, jolloin yläpinta tiivistyy. Pohjasta kaivettava rikastushiekka läjitetään louhetukipenkereen ulkoluiskaan.

Louhetukipenkereen rakentaminen edellyttää työvaiheena teknisen työsuunnitelman laatimista. Teknisen työsuunnitelman tavoite on huomioida työn onnistumisen kannalta oleelliset seikat. Louhetukipenkereen rakentamisessa tulee huomioida esimerkiksi koneiden työskentelyjärjestys ja niiden vaatima tila. Kun louhetukipenkereellä työskentelevät yhtä aikaa tai vuorotellen pitkäpuomikaivinkone, puskukone ja kiviautot, voi paikoitellen tulla ahdasta. Nämä tulee huomioida työmaateitä ja käänköpaikkoja suunnitellessa. Myös työturvallisuus tulee huomioida samassa yhteydessä. Vahinkoja voidaan välttää rakentamalla suojapenkat, jotka estävät koneiden ajautumista pois penkereen päältä.

Tulevat työpadon rakenteet tulee myös huomioida. Louhetukipengertä ei voi levittää sisäänpäin, koska silloin on todennäköisempää lohkaroiden ajautuminen tulevan ponttiseinän linjalle. Louhetukipengertä voi levittää ulospäin, mutta tällöin tulee huomioida nykyisen ylivuotoputken ja Raasion pumppaamon sijainnit.

Valmiin louhetukipenkereen sisäpuolelle rakennetaan työpadon moreenitiiviste, jonka myöhempi tehtävä on toimia vettä pidättävänä rakenteena louhetukipenkereen ja ponttiseinän välissä. Ennen moreenitäyttöä tukipenkereen sisäpuolinen altaan pohja ruopataan samoin menetelmin kuin aikaisemmassa työvaiheessa. Lisäksi padon 2 luiskaverhous puretaan. Täytön valmisteluilla tavoitellaan tilannetta, jossa tukipenkereen sisäpuoleiseen osaan jää mahdollisimman vähän tiivistymisen ja vedenpidättävyyden kannalta epäedullisia materiaaleja. Moreenitäyttöä tehtäessä pyritään välttämään veden sekoittumista moreeniin. Työselostus tarjoaa tämän toteuttamiseksi kaksi vaihtoehtoista työmenetelmää.

- Täytön tekeminen päätypengerryksenä, jossa moreenia pusketaan louhetukipenkereen päältä mahdollisimman suuria määriä kerralla.
- Täytön nosto veden alle kaivinkoneen kauhalla, jossa moreeni viedään mahdollisimman lähelle pohjaa ennen kippaamista.

Täytön valmistuttua sen päälle rakennetaan ylipenger moreenista. Ylipenger tiivistää täyttöä omalla painollaan ja samalla puristaa vettä ulos materiaalista. Ylipenkereen annetaan vaikuttaa vähintään suunnitelma-asiakirjoissa määritetyn ajan. Purettaessa ylipenkereen moreeni läjitetään louhetukipenkereen ulkoluiskaan, jossa se hidastaa penkereen läpi tapahtuvaa suotautumista.

Työpadon moreenitiivisteiden ja ylipenkereen rakentaminen ovat tavanomaisia maarakennustöitä. Tuleva ponttiseinä on huomioitava moreenitäyttöä tehtäessä käyttämällä vähäkivistä moreenia ponttiseinä linjalla. Ylipenkereelle on työselostuksessa määritetty painumisajaksi vähintään kaksi viikkoa, mutta tämän lisäksi on vaivatonta seurata painuman kehittymistä vaaitusmittauksilla. Padon 2 luiskaverhouksen purkaminen voi olla haastava työ, koska luiskaverhouksen paksuus tai tarkka sijainti

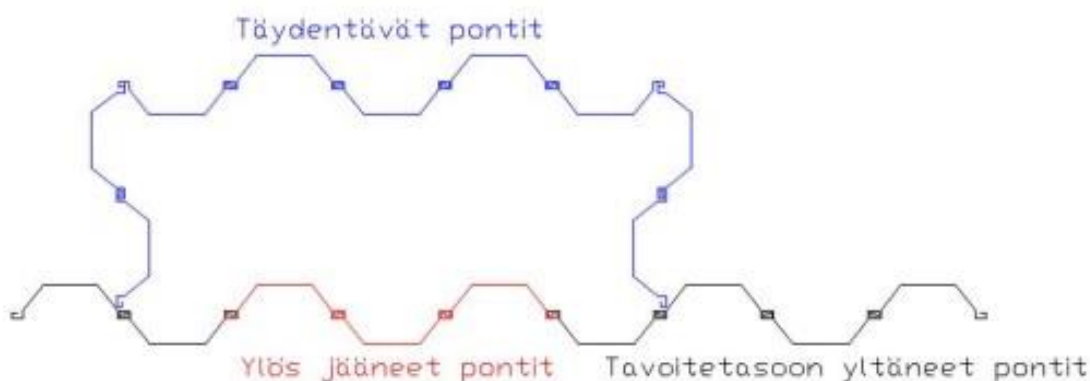
ei ole tiedossa. Lisäksi luiskaverhous jää puolittain veden alle. Työssä voi hyödyntää koneohjausmal-
lia, mutta tärkeämpää on tarkkailla kaivuumassoja. Kun louhe muuttuu moreeniksi, on saavutettu
riittävä leikkaussyvyys. Luiskaverhous tulee poistaa myös padon 2 märkään luiskaan lyötävien pont-
tien kohdassa. Luiskaverhous voi toisaalta haitata ponttien upotusta ja toisaalta voi epähuomiossa
jäädä linjaan kohta, josta vesi pääsee purkautumaan tulevaan kaivantoon.

Vedenotto-kaivon rakennuskaivannon toteuttaminen on haastava työvaihe. Kaivannon kokonais-
syvyys tulee olemaan noin kahdeksan metriä louhetukipenkereen pinnasta. Infrarakentamisen yleis-
ten laatuvaatimusten mukaan yli 2 metriä syviä tai tuettuja kaivantoja tehtäessä vaaditaan seuraa-
via:

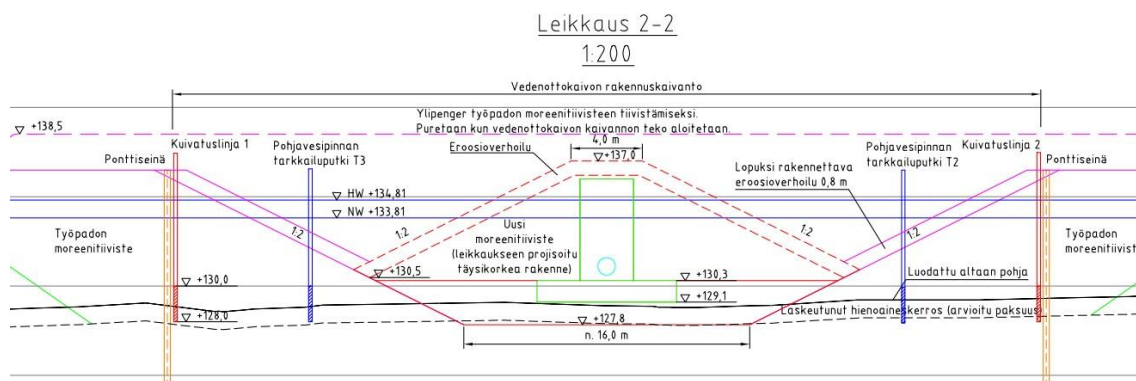
- kaivantosuunnitelma
- riskianalyysi
- työsuunnitelma
- turvallisuuskartoitus ja -suunnitelma
- kaivanto-ohjeen (RIL 263-2014) mukainen pätevyys työnjohtajalta ja kaivannon suunnit-
telijalta.

Näissä asiakirjoissa esitettävät asiat ja vaatimuksien sisältö eritellään tarkemmin Kaivanto-ohjeessa
(RIL 263-2014). Kaivantosuunnitelmaan vaadittavat asema- ja poikkileikkauspiirustukset sekä kai-
vannon stabiilettilaskelmat kuuluvat hankkeen suunnitelma-asiakirjoihin. Myös rakentamisjärjestys
on esitetty piirustuksissa. Puolestaan riskianalyysi, vaativien työvaiheiden suunnitelmat, turvallisuus-
suunnittelu ja henkilöstöltä vaadittavat pätevyudet urakoitsijan tulee esittää osana laatusuunnitel-
maa.

Työpadon vesitiiveyden varmistamiseksi moreenitäyttöön tehdään ponttiseinä. Ponttiseinässä käyte-
tään Larssen 603 -teräsponttilankkuja. Ponttilankkujen asentamista varten selvitetään kalliopinnan ja
louhetukipenkereen alareunan sijainti porakonekairauksin. Tieto kalliopinnan sijainnista on oleellinen
ponttilankkujen upotussyvyyden varmistamisessa. Mikäli ponttilankun upotussyvyys jää vajaaksi,
vesi pääsee virtaamaan kaivantoon pontin alitse. Tarvittaessa suunniteltua ponttiseinälinjaa voidaan
siirtää rakennuttajan ohjeiden mukaisesti tai suunnitella täydentävät pontit upotussyvyydeltään va-
jaisiksi jääneille. Ponttiseinän täydentämisen periaatetta ja kaivannon toteutusta on havainnollistettu
kuvissa kymmenen ja yksitoista.



Kuva 10 Ponttiseinän täydentäminen



Kuva 11 Kuvakaappaus vedenotto-kaivannon leikkauksesta

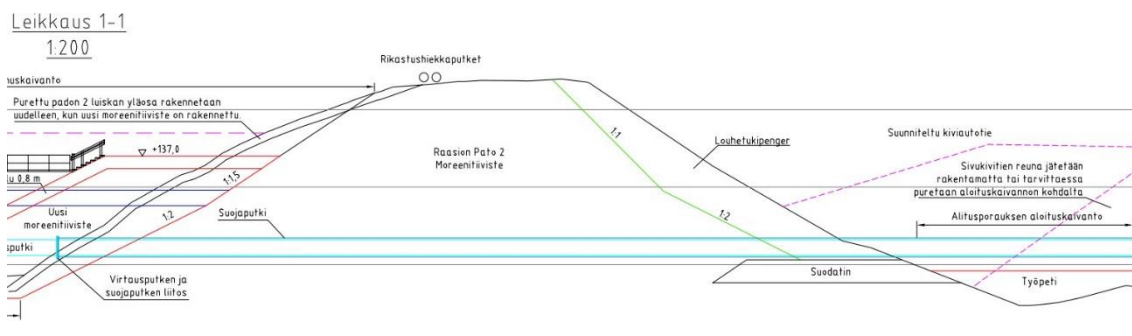
Ponttiseinälinjan sijainnissa on oleellista upotuksen varmistaminen ja riittävä leveys kaivantoa varten. Upotusta varmistetaan porakonekairauksin, mutta tämän lisäksi voidaan ruoppausvaiheessa siistiä ponttiseinälinjan kohtaa kivistä ja lohkarista sekä kartoittaa koneautomaatiota hyödyntäen louhetukipenkereen alaluiskan sijainti. Näin voidaan varmistaa ponttiseinän onnistunutta sijoitusta. Ponttiseinälinjojen sijainti ei ole määritetty tarkaksi, mutta sijainnin siirtäminen sisemmäksi tarkoittaa vastaavasti kaivannon pohjapinta-alan pienentymistä ja edelleen työskentelytilan pienentymistä kaivannossa.

Erytishuomio ponttien asentamisessa tulee kohdistaa padon 2 luiskaan. Padon 2 luiskassa ponttilankut lyödään määräsyvyyteen ja eivät missään tapauksessa saa läpäistä padon tiivistysosaa. Padon 2 luiskaan lyötävät pontit jätetään pysyvästi paikoilleen, koska niiden poistaminen tekisi padon tiivistysosaan vettä johtavan sauman.

Ponttiseinän valmistumisen jälkeen aloitetaan kaivannon kuivatus. Kuivatus toteutetaan asentamalla suodatinputkikaivot ja imulinjat ponttiseinälinjan sisäpuolelle. Lisäksi asennetaan havaintoputket, joista seurataan vedenpinnan alentumista. Häiriintymisen välttämiseksi, kaivutasoa pidetään havaintoputkista todetun vesipinnan yläpuolella.

Urakoitsijan tulee varautua työvaiheeseen tarvittavilla materiaaleilla sekä riittävällä pumppaus- ja konekalustolla tarvittaessa heti käytettäväksi työmaalla. Näillä toimenpiteillä varaudutaan mahdollisesti rakentamisen aikana eteen tuleviin toimenpiteisiin, kuten esimerkiksi työpädon tiivistämiseen moreenilla vuotojen ilmaantuessa. Vedenotto-kaivannon kaivanto toteutetaan suunnitelmapiirustuksissa esitetyillä luiskakaltevuuksilla. Luiskia voidaan tarvittaessa tukea tekemällä mursketäyttöä kaivannon alareunaan. Lisäksi luiskan juureen kaivetaan matala oja, josta kaivantoon suotautuva vesi voidaan pumpata pois.

Kun vedenotto-kaivannon rakennuskaivanto on toteutettu, vasaraporataan ylivuotoputken suoja-putki padon 2 läpi. Alitusporaus toteutetaan padon kuivalta puolelta. Alitusporauksen suuntaus tulee tarkastaa ennen toteutusta. Alitusporauksen toteutusta on havainnollistettu kuvassa 12.



Kuva 12 Kuvakaappaus alitusporauksen toteuttamisesta

Työselostuksessa on huomioitu tilanne, jossa alueelle olisi rakennettu uusi kiviautotie ennen putkilinjan rakentamista. Tällöin uuden kiviautotien alle olisi asennettu valmiiksi suojauputki ja mahdollisesti jätetty osa tiestä rakentamatta alitusporauksen toteuttamista varten. Tässä tapauksessa alitusporauksessa olisi pitänyt huomioida valmiiksi asennettu suojauputki ja tarkastaa porauksen suunta sen mukaiseksi, jotta linjasta olisi tullut suora mahdollistaen uuden ylivuotoputken sujuttamisen suojauputkien läpi. Tien alle asennettu ja padon 2 läpi porattu olisi yhdistetty hitsaamalla kolmas suojauputki niiden väliin. Uutta kiviautotietä ei ole vielä rakennettu, joten työselostusta ei tarvitse tältä osin huomioida alitusporauksen toteuttamisessa.

Alitusporaus voi epäonnistuessaan vaarantaa padon 2 moreenitiivisteiden tiiveyden. Joka tapauksessa moreenitiiviste häiriintyy alitusporauksen kohdalta ja tällöin on vaarana vesien suotautuminen padon läpi läpäisykohdasta. Rakentamalla uutta moreenitiivistettä padon 2 märkään luiskaan ehkäistään tämä tilanne. Työpadon jäädessä osittain pysyväksi rakenteeksi on tarvittaessa helppo tukkia vedenottoaivannon ja Raasion altaan välinen uoma tilanteessa, jossa veden suotautuminen alitusporauksen kohdalta aiheuttaa häiriötilanteen padolla.

Kun suojauputki on porattu padon 2 läpi, voidaan aloittaa uuden moreenitiivisteiden rakentaminen. Rakennettava uusi moreenitiiviste liitetään padon 2 moreenitiivisteeseen. Padon 2 märkää luiskaa leikataan, kunnes saavutetaan moreenitiiviste. Padosta 2 purettava käyttökelpoinen moreeni läjitetään erikseen työalueen läheisyyteen uudelleen käytettäväksi. Liitoskohdat on rakennettava erittäin huolellisesti, jotta moreenirakenteiden väliin ei jää suotovesiä johtavia saumoja. Työselostus sisältää useita vaatimuksia, jotka samalla kuvaavat patorakentamista hyvin.

- Moreenille on asetettu vaatimukset rakeisuuden ja vedenläpäisevyyksikertoimen suhteen.
- Moreeni otetaan rakennuttajan osoittamilta alueilta ja ottopaikalla erotellaan pintamaat, ylisuuret kivet tai muu vaatimukset täyttämätön materiaali. Moreeni ei saa päästä kastumaan, liettymään tai lajittumaan materiaalin oton, kuljetuksen tai varastoinnin yhteydessä.
- Otettavan moreenin tulee olla vesipitoisuudeltaan tiivistettäväksi sopivaa.
- Uusi moreenitiiviste rakennetaan kerroksittain tiivistäen. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus ja tiivistämiseen käytettävä työmenetelmä selvitetään koerakenteiden ja laadunvarmistuskokeiden avulla.

- Padon 2 moreenitiivisteeseen pintaan ei saa muodostua esimerkiksi sadevesien huuhtomaa kerrosta, josta puuttuu hienoaines. Tarvittaessa padon 2 leikkausta viedään syvemmälle samassa tahdissa, kun uutta moreenitiivistettä rakennetaan kerroksittain.
- Tiivistettävien kerrosten väliin ei saa jäädä sileitä pintoja. Alle jäävän kerroksen pinta on karhennettava ennen uuden kerroksen levittämistä.
- Jo rakennettuun moreenitiivisteeseen ei saa syntyä halkeamia tai vettä johtavia saumoja. Tarvittaessa työnseisauksen jälkeen valmiin kerroksen pinta on rikottava, tarvittaessa kastettava ja uudelleen tiivistettävä ennen työn jatkamista.
- Mikäli kerroksen pinta pehmenee sateen seurauksena, on pehmennyt kerros poistettava tai on odotettava sen kuivumista ennen työn jatkamista.
- Erityistä huomioita on kiinnitettävä moreenin erottumisen välttämiseen kerrosten rajoilla. Kiviset ja karkeammat maa-ainekset jäävät helposti koholle kerroksen pintaan, jolloin kerros tiivistyy epätasaisesti.

Vedenotto-kaivo rakennetaan, kun uusi moreenitiiviste on saavuttanut perustamistason. Vedenotto-kaivo perustetaan moreenitiivisteeseen varaan. Jo läpi poratun suojaputken jatkoksi asennetaan suojaputket tulevan kiviautotien alitusta varten liittäen ne hitsaamalla. Uusi ylivuotoputki sujutetaan suojaputkien läpi ja liitetään vedenotto-kaivoon. Ylivuotoputken ja suojaputken väliin tehdään vesitiivisyysliitos molempiin päihin. Suojaputkeen tehdään asennusaukko, jonka kautta asennetaan tiivistysmassa suojaputkien ja varsinaisen ylivuotoputken väliin. Lopuksi asennusaukko hitsataan umpeen.

Moreenitiivisteeseen rakentamista jatketaan, kun vedenotto-kaivo ja ylivuotoputki on liitetty toisiinsa. Patotöissä ylivuotoputken ympärystytössä käytetään moreenia, josta on seulottu raekooltaan yli 60 millimetrinen aines pois. Kun työt kaivannossa ja moreenitiivisteeseen on tehty valmiiksi, voidaan ponttiseinän pontit poistaa lukuun ottamatta padon 2 määrässä luiskassa olevia pontteja. Vedenotto-kaivon kaivanto ja uusi moreenitiiviste viimeistellään rakentamalla niille eroosioverhoilut suunnitelmien mukaisesti sekarakenteisesta louheesta.

Kun putkilinja on rakennettu valmiiksi ja liitetty Jaakonlammen pumppaamoon, toteutetaan putkilinjalle standardien mukainen painekoe. Kun putkilinja ja muut hankkeessa toteutettavat rakenteet on todettu vaatimukset täyttäväksi, tehdään työpatoon luiskaverhoilu uoma vedenotto-kaivon kaivannon ja rikastushiekka-altaan välille.

Työselostuksessa on yhteenveto patotöiden valvonnasta ja työnaikaisista kokeista. Osa näistä on jo käsitelty patotöiden yhteydessä. Oleellisia tietoja laadunvalvonnan kannalta ovat vaatimukset käytettävän moreenin ja uuden moreenitiivisteeseen laadunvarmistuskokeille, tarkkailumittaukset, laadunvarmistustulosten arkistointi ja työmenetelmien tarkistaminen. Moreenille toteutetaan

- rakeisuustutkimus vähintään kolmesta näytteestä
- optimikosteus ja maksimikuivatilavuuspaino parannetulla Proctor-kokeella vähintään yhdestä näytteestä
- vedenläpäisevyys vähintään yhdestä näytteestä.

Käytettävälle moreenin hienoainespitoisuus, eli alle 0,063 millimetrin raekoko, tulee olla vähintään 15 % 5,6 millimetrin seulan läpäisystä maa-ainemäärästä. Moreenin tulee olla vesipitoisuudeltaan

tiivistettävissä vähintään 92 % tiivysasteeseen. Moreenin vedenläpäisevyyskerroin ei saa olla suurempi kuin 10^{-7} m/s eikä mielellään pienempi kuin 10^{-8} m/s.

Uuden moreenitiivisteiden laadunvarmistuskokeisiin kuuluvat tiiveysastemittaukset. Tiiveydeltä vaaditaan vähintään 92 % tiiveysastetta parannetulla Proctor-kokeella määritetystä moreenin maksimikuivatilavuuspainosta. Uuden moreenitiivisteiden kerralla rakennettavan kerrospaksuuden ja tiivistämiseen käytettävän työmenetelmän määritetään materiaalikoekiden ja koerakentamisen kautta. Kun soveltuva työmenetelmä on määritetty, valvotaan sen noudattamista osana moreenitiivisteiden laadunvarmistusta tiiveysastemittausten lisäksi.

Laadunvalvonnasta pidetään päiväkirjaa, josta käy ilmi tehtyjen toimenpiteiden ajankohta, tulokset, mahdolliset poikkeamat sekä poikkeamien seurauksena tehdyt toimenpiteet. Kaikki laadunvalvonnasta syntyvät asiakirjat kootaan yhteen ja arkistoidaan. Lisäksi niistä laaditaan yhteenvedot turvallisuustarkkailua varten. Kaikkien peittyvien rakenneosien sijainti ja yläpinnat sekä lopullisten rakenteiden pinnat kartoitetaan. Mittaustulokset arkistoidaan.

4.2.2 Suunnitelmapiiirustukset

Suunnitelmapiiirustukset täydentävät työselostusta. Suunnitelmapiiirustuksiin kuuluu

- alkutilanteen asemapiirustus
- lopputilanteen asemapiirustus
- poikkileikkauspiiirustukset.

Asemapiirustuksissa on selostettu vedenotto- ja kaivannon rakentamisjärjestys ja käyttöönotto. Alkutilanteen asemapiirustus käsittelee rakentamisen työpadon louhepenkereen rakentamisesta vedenotto- ja kaivannon ja alitusporauksen aloituskäivannon tekemiseen. Lopputilanteen asemapiirustus käsittelee rakentamisen ylivuotoputken suojaputken alitusporauksesta uoman aukaisemiseen ja verhoiluun työpadon läpi. Rakentamisjärjestys on numeroitu ja työkohteen löytää vastaavalla numerolla piirustuksesta. Asemapiirustuksista löytyvät lisäksi

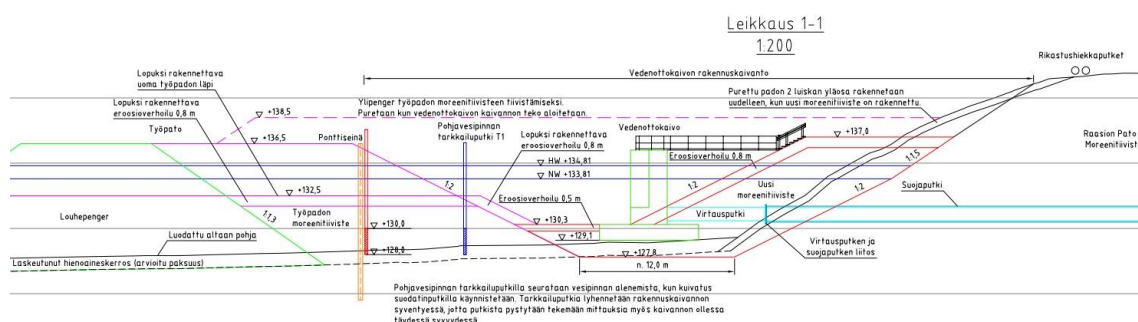
- toteutettavat rakenteet sekä niiden luiskakaltevuuksia ja korkeustietoja
- maaston korkeustiedot ja pohjoisnuoli
- olemassa olevat ja suunnitellut rakenteet, kuten esimerkiksi rikastushiekkaputket, kaapelit, nykyinen ylivuotoputki ja suunnitellut kiviautotiet
- poikkileikkauspiiirustusten sijoitukset
- nimiö, jossa oleellisia tietoja ovat koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä, mittakaava, suunnittelija sekä päivämäärä.

Kuvassa 13 on esimerkki asemapiirustuksen esitystavasta.



Kuva 13 Kuvakaappaus lopputilanteen asemapiirustuksesta

Poikkileikkauspiirustuksissa esitetään samoja asioita kuin asemapiirustuksissakin. Niistä löytyvät samalla tavalla toteutettavat ja olemassa olevat rakenteet. Poikkileikkauspiirustukset täydentävät asemapiirustuksia erityisesti rakenteiden mittojen, luiskakaltevuuksien ja korkeustietojen osalta. Poikkileikkauspiirustukset auttavat hahmottamaan erityisesti vedenottokaivon kaivannon rakenteiden yksityiskohtia. Lisäksi näitä yksityiskohtia täydennetään lyhyillä teksteillä ja mitoilla. Esimerkiksi pohjavesipinnan tarkkailuputkien sijainti ja upotussyvyys on helppo havainnoida. Pohjavesiputkiin liittyvä teksti täydentää työselostusta toteamalla tarkkailuputkien lyhentämisestä kaivussyvyyden edetessä. Poikkileikkauspiirustuksia on havainnollistettu kuvassa 14.



Kuva 14 Kuvakaappaus poikkileikkauspiirustuksesta

Osana tätä opinnäytetyötä toteutettavan laadunvarmistussuunnitelman kannalta oli erityisen tärkeää huomioida suunnitelmapiirustuksissa esitetyt rakenteiden mitat sekä muut yksityiskohtat, joista ei välttämättä ollut mainintaa työselostuksessa. Laadunvarmistussuunnitelman kannalta oli myös oleellista toteuttaa vertailua suunnitelmapiirustusten välillä. Tietyt suunnitelmien yksityiskohtat ovat selkeämmin havaittavissa tietyissä piirustuksissa.

5 LAADUNVARMISTUSSUUNNITELMA

Laadunvarmistussuunnitelma laatiminen toteutettiin tutustumalla hankkeen suunnitelma-asiakirjoihin ja tunnistamalla niiden oleellinen sisältö. Suunnitelmalle asetettiin seuraavat tavoitteet

- Laatuvaatimusten esittäminen rakenneosittain ja työvaiheittain.
- Laatuasiakirjojen eli hankkeen työselostuksen, suunnitelmapiirustusten ja Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimusten kokoaminen yhteen toisiaan täydentäen yhdeksi selkeäksi ja helpoluiseksi asiakirjaksi.

Kappalejaon tekemiseksi patotyöt jaettiin työkohteittain työpatoon ja ylivuotoputken vaatimiin rakenteisiin rajaten vedenottoaivon rakennuskaivanto osaksi työpatoa ja uusi moreeniiviste osaksi ylivuotoputken rakenteita. Rakennusosat ja niiden järjestys määritettiin hankkeen työselostusta hyödyntäen, jolloin rakenne helpottaa laadunvarmistussuunnitelman laatimista ja vastaavasti laadunvarmistussuunnitelman tulkitsemista. Laadunvarmistussuunnitelman rakennusosat järjestyksessään ovat

- Työpato
 - Työpadon louhetukipenger
 - Työpadon moreeniiviste
 - Työpadon ponttiseinä ja vedenottoaivon rakennuskaivanto
- Ylivuotoputken rakenteet
 - Suojaputki
 - Uusi moreeniiviste
 - Uusi ylivuotoputki
 - Eroosioverhoilut

Vastaavasti rakenneosat jaettiin työvaiheittain, kuten esimerkiksi louhetukipenkereen osalta

- Louhetukipenger
 - Työvaiheen valmistelu
 - Vedenalainen maaleikkaus
 - Louhetukipenkereen tekeminen

Seuraavana vaiheena suunnitelman tekemisessä oli esitettävien kohtien määrittäminen. Tämä toteutettiin tutustumalla infrarakentamisen ohje- ja oppikirjoihin sekä Savonian luentomateriaaleihin ja opintojaksojen harjoitustehtäviin. Materiaaleihin tutustumisen ja pohdinnan jälkeen yksilöitiin laadunvarmistussuunnitelmassa esitettävät asiat, joiksi valikoitui

- työvaihe
- laatutekijä
- viittaus suunnitelma-asiakirjoihin
- viittaus Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimuksiin
- laatuvaatimus tai toleranssit rakenteen mitoille
- mittaustapa tai todentamistapa
- mittaustiheys

- dokumentointi
- vastuuhenkilö ja organisaatio
- päivämäärä toteutuneelle laadunvarmistukselle.

Kun laadunvarmistussuunnitelmassa esitettävät kohdat olivat tiedossa, laadittiin taulukko yksilöityjen tietojen kokoamista varten.

Laadunvarmistussuunnitelman täyttäminen aloitettiin kokoamalla työvaiheen laatutekijät, niille asetetut laatuvaatimukset ja laadun todentamisen menetelmät InfraRYL:stä. InfraRYL:in sisältö ei ole suoraan sellaisenaan soveltavissa, vaan sisältöä jouduttiin tulkitsemaan ja valikoimaan se sisältö, joka oli sovellettavissa hankkeen työkohteissa. Valikoitua InfraRYL:in sisältöä verrattiin työselostuksen sisältöön. Sisältöjä vertaamalla laadittiin laatuvaatimukselle ja sen todentamiselle parhaiten soveltuvat määreet. Työselostuksen antamat laatuvaatimukset asetettiin ensisijaiseksi ja InfraRYL:in vaatimukset täydentäviksi. Laatuvaatimuksen kohdalle lisättiin viittaukset, jotta tarvittaessa olisi helppoa löytää vastaava kohta InfraRYL:stä, työselostuksesta tai suunnitelmapiirustuksista. Kuvassa 15 on havainnollistettu opinnäytetyössä toteutettua laadunvarmistussuunnitelmaa.

TYÖKOHDE		1. TYÖPATO					
RAKENNEOSA		1.3 Ponttiseinä ja vedenottokaivanto (3/3)					
TYÖVAIHE	LAATUTEKIJÄ	VIITTAUS SUUNNITELMIIN	VIITTAUS INFRARYL	VAATIMUS/ TOLERANSSI	MITTAUSTAPA	MITTAUSTIHEYD	
Kaivannon tekeminen	Valmis kaivanto ja kelpoisuus	-	16110.4 16110.5	Kaivanto on suunnitelma-asiakirjojen mukainen.		Toteumamalli	-
	Taitteivivojen sijainti vaakasuunnassa	Tasopiirustus 101	16110.4	0...+200 mm		Laserkeilaus- ja/tai dronemittaus	20 m välein
	Leikkauspohjan korkeustaso	Leikkauspääristus 1-1 ja 2-2	16110.4	+127,8 (N60) / 0...-100 mm		Laserkeilaus- ja/tai dronemittaus	20 m välein
	Leikkauspinnan tasaisuus	-	16110.4	Leikkauspinnan tasaisuus todetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa myös 3 metrin oikolautaa käyttäen.		Silmämääräinen	Kerran
	Luisakaltevuudet	Leikkauspääristukset 1-1 ja 2-2	16110.4	Moreentiiivisteessä 1:2. Padon 2 luisikan yläosassa 1:1,5 ja alaosassa 1:2.		Laserkeilaus- ja/tai dronemittaus	20 m välein
	Padon 2 leikkaus	Työselustus, s. 6	16110.4	Patoa 2 leikataan vähintään suunnitelmapiirustuksissa esitettyssä laajuudessa. Tarvittaessa leikkausta vietään syvemmälle moreentiiivisten saavuttamiseksi.		Laserkeilaus- ja/tai dronemittaus	20 m välein

Kuva 15 Kuvakaappaus laadunvarmistussuunnitelmasta

Laatuvaatimusten järjestys suunnitelmassa pohjattiin InfraRYL:in määrättyyn järjestykseen eli materiaalit, alusta, työn suoritus, valmis rakenne, kelpoisuuden osoittaminen ja ympäristövaikutukset. Kuitenkin tarvittaessa tehtiin tähän järjestykseen muutoksia, jos se vaikutti työn kulun kuvauksen kannalta epäloogiselta.

Tässä vaiheessa muodostetut laatuvaatimukset olivat pääasiassa kuvauksia muun muassa käytettävistä materiaaleista, työmenetelmistä ja valmiiden rakenteiden vaatimuksista. Seuraavassa vaiheessa muodostettujen laatuvaatimusten yhteyteen lisättiin suunnitelmapiirustuksista löytyvät rakenteiden mitat ja muut laatuvaatimusta täydentävät tiedot. Näin hankkeen laatuasiakirjojen laatuvaatimukset yhdistettiin lopputulokseksi, jossa ne täydentävät toisiaan.

Viimeinen laadunvarmistussuunnitelman vaihe ennen ulkoasun viimeistelyä oli täydentää tai tarkentaa vielä puuttuvat mittaus- tai todentamistavat, dokumentointikäytännöt ja vastuut. Nämä tiedot määritettiin InfraRYL:in, hankkeesta saatujen tietojen ja opinnäytetyön tekijän harkinnan perusteella. Erityisesti vastuut laadunvarmistuksesta täydennettiin suunnitelmaa tehdessä pitkälti oletuksiin perustuen.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin ympäristölupaa, infrarakentamiseen laadunhallintaa, patoturvallisuutta ja siihen liittyvää lainsäädäntöä sekä patorakenteita. Laadunhallinta on osa infrarakentamista, jossa toteutettavat rakenteet tehdään usein maan sisään ja ovat yleensä käyttöikänsä vähintään usean vuosikymmenen ikäisiä. Nämä rakenteet ovat yleensä myös isoja investointeja ja hankalasti korjattavissa jälkikäteen. Rakennuttajalla ja urakoitsijalla on molemmilla velvollisuutensa laadukkaan rakentamisen varmistamisessa. Urakoitsijan näkökulmasta infrarakentamisen luonteeseen liittyy mahdollisimman suuren katteen tavoittelu urakasta suunnittelemalla sen toteutus mahdollisimman tehokkaasti ja taloudellisesti. Laatusuunnitelma on yksi urakoitsijan käyttämistä työkaluista laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi. Laatusuunnitelma ei pelkästään ohjaa laatua, vaan auttaa urakoitsijaa arvioimaan työkohteeseen liittyviä riskejä. Riskien toteutuminen johtaa usein kasvaviin kustannuksiin ja siten myös urakoitsijan urakasta saaman katteen pienentymiseen.

Kun hankkeeseen tulee ulkopuolinen laadunvalvonta, on taustalla hyvin usein ympäristölupapäätöksen lupaehdot. Vaikka lupaehdoissa ei suoraan vaadittaisikaan ulkopuolista tahoa laadunvalvonnan toteuttamiseen niin voi rakentamisen laadun kannalta ulkopuolinen laadunvalvonta olla pieni lisäkustannus verrattuna hankkeen kokonaiskustannuksiin. Ulkopuolisen toimijalla tavoitellaan toisenlaista näkökulmaa hankkeen toteuttamiseen ja samalla varmistetaan laadunvalvonnan riippumattomuus. Ulkopuolinen laadunvalvonta ei myöskään vähennä rakennuttajan tai urakoitsijan vastuuta laadunvalvonnasta, vaan tällöin suunnitellaan oman laadunvalvonnan todentaminen ulkopuoliselle laadunvalvojalle.

Maapadot ovat maarakentamisen näkökulmasta erityispiirteisiä rakenteita. Maapadot sijoitetaan sellaisiin paikkoihin mihin rakentaminen ja padon hyödyntäminen on mahdollista. Rakentamisessa hyödynnetään usein rakennuspaikan läheisyydestä löytyviä luonnonmateriaaleja. Maapadot suunnitellaan ja rakennetaan veden suotautuminen padon läpi huomioiden.

Patoturvallisuuslain tavoitteena on ehkäistä pato-onnettomuuksia tapahtumasta ja onnettomuustilanteessa rajata vahinkoja. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi patoturvallisuuslaki, valtioneuvoston asetukset patoturvallisuudesta ja patoturvallisuusviranomaisen asettavat vaatimuksensa padon omistajalle, sen parissa työskenteleville henkilöille sekä padolle itsessään. Patoturvallisuuden toteutuminen on tärkeää, koska seuraamukset ovat usein vakavampia kuin padon rakentamiseen ja ylläpitoon tehdyt investoinnit. Rakentamisen laadunhallinta on osa patoturvallisuuden toteutumista.

Opinnäytetyön tekijän näkökulmasta teoriaosuudessa saavutettiin opinnäytetyötä kuvaava kokonaisuus. Ympäristölupa ja ympäristövaikutusten arviointimenettely liittyvät kaivostoimintaan sekä myös patorakentamiseen. Patoturvallisuuslainsäädäntö itsessään asettaa vaatimuksia tavanomaista huolellisempaan laadunvalvontaan ja ympäristöluvan lupaehdot velvoittavat siihen. Laatusuunnitelmaan perehtyminen oli opinnäytetyön tekijällä hyödyllinen kokemus, joka helpottaa hahmottamaan työelämän käytäntöjä ja hankeosapuolien toimintaa. Opinnäytetyön tekijälle asetettu tavoite perehtyä patoturvallisuuteen ja -rakenteisiin todetaan saavutetuksi. Opinnäytetyön tekijällä on nyt olemassa tietopohja, jota on mahdollista kasvattaa edelleen työskentelemällä patorakenteiden parissa.

Opinnäytetyön työosuudessa tutustuttiin Raasion padon muutostöiden suunnitelma-asiakirjoihin ja laadittiin niiden pohjalta laadunvarmistussuunnitelma. Työosuuden kokonaisuus voidaan todeta onnistuneeksi, koska laadunvarmistussuunnitelman laatiminen ei olisi ollut mahdollista ilman huolellista suunnitelma-asiakirjoihin tutustumista. Laadunvarmistussuunnitelman laatiminen osoitti suunnitelma-asiakirjojen ja Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimusten täydentävän toisiaan. Kun työselostus pyrkii tuomaan esille kyseisen työkohteen toteuttamisen kannalta oleellimmat vaatimukset, niin yleiset laatuvaatimukset täydentävät näitä vaatimuksia kuvaamalla hyvän rakennustavan mukaista minimilaatutasoa. Suunnitelmapiirustukset täydentävät työselostusta yksityiskohdillaan. Ilman suunnitelmapiirustuksia työselostuksen sisältö jäisi vajaaksi.

Opinnäytetyön tekijän näkökulmasta työosuuden toteuttaminen kehitti maarakennustekniikan osaamista erityisesti työmenetelmien osalta. Luonnollisesti myös taidot perehtyä ja tulkita suunnitelma-asiakirjojen ja Infrarakentamisen yleisten laatuvaatimusten sisältöä kehittyivät. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia laadunvarmistussuunnitelma Yara Suomi Oy:lle Jaakonlammen putkihankkeen Raasion padon muutostöitä varten. Tämä tavoitteen voidaan todeta saavuttaneen välitavoitteensa tässä opinnäytetyössä. Laadunvarmistussuunnitelma tullaan ottamaan käyttöön osana padon muutostöiden laadunvalvontaa, mutta sen sisältöä tarkastetaan ja muokataan tarpeellisilta osin töiden edetessä. Opinnäytetyössä laadittu laadunvarmistussuunnitelma on lähtökohta ja runko varsinaiselle työlle. Laadunvarmistussuunnitelman voidaan todeta valmiiksi vasta kun patotöiden tuotantovaihe on ohi ja suunnitelma on valmis raportti. Myös tuloksia tulee arvioida tällöin uudestaan.

Opinnäytetyön tekijän näkökulmasta opinnäytetyötä voi kuvata mielettömäksi sukellukseksi patorakentamisen ja maanrakennustekniikan maailmaan, joka suuresta työmäärästään ja ajoittaisista turhautumisistaan huolimatta antoi enemmän kuin otti. On myös arvostettava opinnäytetyön ohjaajan ja tilaajan tukea työlle. Työn tekeminen on miellyttävämpää, kun sen voi kokea merkitykselliseksi.

LÄHTEET

- Patoturvallisuuslaki 494/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090494>.
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100319>.
- Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 272/2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230272>.
- Kainuun ELY-keskus 2012. Patoturvallisuusopas. Pdf-tiedosto. Julkaistu 1.12.2018. <https://www.doria.fi/handle/10024/86120>.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>.
- Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2012. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>.
- Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2012. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170277>
- RIL 123 1979. Vesirakenteiden suunnittelu. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- RIL A36 1959. Maapatotöiden valvonta- ja suoritusohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinööriyhdistys.
- RIL 263 2014. Kaivanto-ohje. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- Lindholm & Junnonen 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Ohjekortti. Rakennustieto Oy.
- InfraRYL 2024. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. RYL-julkaisusarja. Rakennustieto Oy.
- M. Sivonen & R. Frilander 2001. Patoturvallisuuden toteutuminen Suomen jäte- ja kaivospadoilla. Pdf-tiedosto. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/items/8daf6c3b-1320-4419-8cfe-6ee8ce2785f2>.
- M. Sutinen 2023. Laadunhallinta ja riskit. Pdf-tiedosto. Kuopio: Infrarakentamisen tuotannonohjaus ja rakennuttaminen –opintojakson luentomateriaali Savonia. *Lupa materiaalin käyttöön saatu 2.3.2024*.
- J. Ruotsalainen 2013. Patotyömaan laaduntarkkailu ja työmaan valvonta. Opinnäytetyö. Kuopio: Opinnäytetyökokoelmat Savonia. <https://www.theseus.fi/handle/10024/66162>.
- J. Kotila 2023. Patorakenteiden suunnittelu kaivosympäristössä. Opinnäytetyö. Kuopio: Opinnäytetyökokoelmat Savonia. <https://www.theseus.fi/handle/10024/818027>.
- J. Yletyinen 2016. Rakennushankkeen laadunvarmistus. Opinnäytetyö. Kuopio: Opinnäytetyökokoelmat Savonia. <https://www.theseus.fi/handle/10024/112717>.
- vesi.fi. *Vesi.fi on vesiaiheisen tutkitun tiedon lähde, joka palvelee sekä kansalaisia että eri alojen asiantuntijoita. Tietosisällön sivustolle tuottavat Suomen Ympäristökeskus, ELY-keskukset, Ilmatieteen laitos ja Tulvakeskus yhteistyössä vesialan asiantuntijaorganisaatioiden kanssa.*
- Suomen ympäristökeskus 2021. Patoturvallisuus ja sen valvonta. Julkaistu 31.5.2021. <https://www.vesi.fi/vesitieto/patoturvallisuus-ja-sen-valvonta/>.
- Suomen ympäristökeskus 2021. Erilaisia patoja. Artikkel. Julkaistu 31.5.2021. <https://www.vesi.fi/vesitieto/erilaisia-patoja/>.

Kainuun ELY-keskus 2020. Vuosi 2019 patoturvallisuuden näkökulmasta. Artikkel. Julkaistu 27.1.2020.

<https://www.vesi.fi/vuosi-2019-patoturvallisuuden-nakokulmasta/>

E. Isomäki. Tulvapenger Helsingissä. Saint Guérin holvipato Ranskassa. Valokuva. *Lupa valokuvien käyttöön saatu 22.1.2024.* <https://www.vesi.fi/vesitieto/erilaisia-patoja/>.

E. Isomäki. Imatrakosken säännöstelypato. Valokuva. *Lupa valokuvien käyttöön saatu 22.1.2024.* <https://www.vesi.fi/vesitieto/patoturvallisuus/>.

Ymparisto.fi on ympäristöhallinnon sivusto, joka auttaa tekemään ympäristön kannalta kestäviä päätöksiä ja ratkaisuja. Tietosisällön sivustolle tuottavat Ympäristöministeriö, Suomen Ympäristökeskus, ELY-keskukset, ARA ja AVI.

Suomen ympäristökeskus 2022. Ympäristölupa. Informaation sisältö. Julkaistu 28.2.2022, päivitetty 15.1.2024. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-veloitteet/ymparistolupa>.

Suomen ympäristökeskus 2022. Ympäristönsuojelulain mukainen yleinen ilmoitusmenettely. Informaation sisältö. Julkaistu 19.5.2022, päivitetty 5.12.2022. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-veloitteet/ysln-yleinen-ilmoitusmenettely>.

Suomen ympäristökeskus 2023. Ympäristövaikutusten arviointi. Informaation sisältö. Julkaistu 23.2.2023, päivitetty 15.12.2023. <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi>.

Itä-Suomen Aluehallintovirasto 2021. Ympäristölupapäätös Nro 74/2021 Dnro ISAVI/1499/2019. Pdf-tiedosto. <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1593872>.