

# **Digitalisaation hyödyntäminen vesihuolto- ja maarakennustöiden laadunvarmistuksessa**

LAB-ammattikorkeakoulu  
2022  
Insinööri (AMK)  
Miika Halttunen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Halttunen, Miika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 33+1	
Työn nimi Digitalisaation hyödyntäminen vesihuolto- ja maarakennustöiden laadunvarmistuksessa		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Arttu Äikäs, Lohkopäällikkö, YIT Suomi Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia vesihuolto- ja maarakennustöiden laadunvarmistuksen tueksi. Tarkoituksena oli myös kartoittaa nykyisin käytössä olevien digitaalisten laadunvarmistusapuvälineiden käyttöä ja toimivuutta työmaalla.</p> <p>Digitaalisten apuvälineiden toimintaa ja kehitysmahdollisuuksia kartoitettiin Raide-Jokerin työmaalla. Haastattelututkimukseen osallistui työnjohtajia sekä työmaainsinöörejä. Vesihuolto- ja maarakennustöihin liittyviin laadunvarmistusmenetelmiin tutustuttiin ja haettiin tietoa erilaisten julkaisujen kautta.</p> <p>Haastattelujen tuloksena selvisi, että digitaalisten apuvälineiden kehittämiseksi on kysyntää. Tästä syntyi idea digitaalisesta apuvälineestä rakentamisen laadunvarmistuksen tueksi. Sovelluksen hyötyihin ja käyttömahdollisuuksiin perehdyttiin ja sille löydettiin laadunvarmistusprosessia helpottavia ominaisuuksia.</p>		
Asiasanat laadunvarmistus, digitalisaatio, vesihuolto, maarakentaminen		

## Abstract

Author(s) Halttunen, Miika	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 33+1	
Title of Publication Utilization of digitalization in quality assurance of infrastructure building		
Degree and field of study Engineering (AMK), Civil and Construction Engineering		
Name, title and organisation of the client Arttu Äikäs, Construction Manager, YIT Suomi Oy		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to research the possible perks of digitalization in supporting the quality assurance of water maintenance and civil engineering. In addition to that, it was intended to chart the functionality of digital quality assurance tools being currently used at the construction site.</p> <p>The function of the digital tools and development potential was explored at Raide-Jokeri's worksite. For the study, several site supervisors and site engineers were interviewed. Quality assurance methods of infrastructure building were studied from various publications.</p> <p>The outcome of the interviews was that there is a demand for development of digital tools. An idea of a digital tool for support of construction quality assurance came up from these interviews. The perks and possible uses of the application were examined and several qualities were found to facilitate the quality assurance process.</p>		
<p>Keywords</p> <p>quality assurance, digitalization, infrastructure, building</p>		

## Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Vesihuolto- ja maarakentaminen.....	6
2.1	Yleistä vesihuollosta .....	6
2.2	Vesijohdot.....	6
2.3	Jätevesiviemärit.....	7
2.4	Hulevesijärjestelmät.....	7
2.5	Kaivannot .....	8
2.6	Katurakentaminen.....	10
2.7	Työturvallisuus.....	12
3	Laadunvarmistus .....	14
3.1	Yleistä laadunvarmistuksesta .....	14
3.2	Huuhtelu, vesinäyte ja painekoe .....	14
3.3	Viemäriverkoston videokuvaukset .....	15
3.4	Levykuormituskoe.....	16
3.5	Pudotuspainokoe.....	17
4	Digitalisaation hyödyntäminen vesihuolto- ja maarakennustöissä työmaalla .....	20
4.1	Tutkimuksen toteutus.....	20
4.1.1	Open as App.....	20
4.1.2	Congrid.....	21
4.1.3	Infrakit.....	23
4.1.4	M-Files.....	24
4.2	Haasteita laadunvarmistusprosessissa ja digityökaluissa työmaalla .....	24
5	Digitaalinen tarkastuslista laadunvarmistuksen tueksi.....	26
5.1	Tarkastuslistan tarkoitus .....	26
5.2	Tarkastuslistan sisältö ja käyttö .....	26
5.3	Perehdytys .....	27
5.4	Tarkastuslistan hyödyt .....	28
5.5	Tarkastuslistan toimivuuden riskit .....	28
6	Yhteenveto ja pohdinta .....	30
	Lähteet .....	32

## Liitteet.

### Liite 1. Haastattelukysymykset

## 1 Johdanto

Rakennusala on siirtymässä digitaaliseen aikakauteen, joten toimintatapoja ja vanhaa perinteikästä työskentelyä viedään enenevässä määrin digitalisoituneempaan suuntaan. Laadunvarmistus on iso osa rakentamista, joten silläkin saralla digitalisoituminen ja digitaalisten apuvälineiden kehittäminen on ajankohtainen aihe, joka vaatii tutkimusta ja uusien toimintatapojen kehittämistä vanhojen toimintamallien rinnalle.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia vesihuolto- ja maarakennustöiden laadunvarmistuksen tueksi sekä kartoittaa nykyisin olemassa olevien digitalisoitujen laadunvarmistusapuvälineiden toimivuutta ja käyttöä työmaalla. Työssä käydään läpi yleisimpiä infratyömaalla esiintyviä vesihuoltoon ja maarakentamiseen liittyviä töitä ja tutustutaan niiden laadunvarmistusmenetelmiin.

Opinnäytetyön tutkimus on toteutettu haastattelututkimuksena Raide-Jokerin työmaalla. Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa nykyisin käytössä olevien digitaalisten laadunvarmistustyökalujen toimintaa työmaalla ja selvittää mahdollisuuksia laadunvarmistusprosessin kehittämiseksi.

Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimii YIT Suomi Oy. YIT on suurin suomalainen rakennusyritys ja toimii laajalti Pohjois-Euroopassa sekä Keski-Euroopan maissa. YIT:n toimialat ovat asuinrakentaminen, toimitilarakentaminen ja infrarakentaminen. (YIT 2021.)

## **2 Vesihuolto- ja maarakentaminen**

### **2.1 Yleistä vesihuollosta**

Vesihuolto on tärkeä osa yhteiskunnan toimivuutta. Sen tarkoitus ja tehtävä on järjestää ihmisille puhtaan veden saatavuus sekä jätevesien oikeanlainen käsittely. Vesihuolto on käsite jätevesien käsittelylle ja viemäröinnille, sekä puhtaan veden jakelulle ja hankkimiselle. Vesihuolto on laaja käsite ja se kattaa monia erilaisia toimintoja. Juomavedet käsitellään vesilaitoksissa, joista juomavesi pumpataan vesijohtoverkoston kautta kuluttajalle. Vesihuoltoverkostokäsite kattaa myös likaisen veden eli jäteveden keräyksen jätevesiviemärien avulla kuluttajilta jätevedenpuhdistamoille. Jätevedet puhdistetaan ja johdatetaan takaisin ympäristön käyttöön. (Pelto-Huikko & Vieno 2009.)

Ensimmäisiä vesihuoltoverkostoja oli käytössä jo antiikin Roomassa, jossa käytettiin akvedukteja käyttöveden jakamiseen ja kuljettamiseen. Akveduktit olivat painovoiman avulla toimivia vesitorneja sekä vesijohtoja, joissa hyödynnettiin korkeuseroja. Ensimmäinen puusta ja lyijystä valmistettu vesijohto rakennettiin 1200-luvulla Lontooseen. Suomessa vesijohtoja alettiin rakentaa 1560-luvulla. Ensimmäinen vesijohto rakennettiin Turun linnaan, joka oli puusta valmistettua putkea. Helsinkiin perustettiin ensimmäinen vesilaitos vuonna 1876. (Pelto-Huikko & Vieno 2009.)

### **2.2 Vesijohdot**

Vesijohtojen tehtävä on kuljettaa vettä kuluttajien tarpeisiin. Vesijohdot kuljettavat vettä paineen taikka painovoiman avulla. Paineellisten vesijohtojen materiaaleina yleensä käytetään muovisia polyeteeni/polypropeeniputkia, teräsputkia, muovikomposiittiputkia tai valurautaputkia. Käytettävien vesijohtomateriaalien on oltava sellaisia, että vesijohdon veden laatu säilyy hygieenisyyden ja laadun suhteen viranomaisvaatimukset täyttävänä. Vesijohtoputkien materiaalien valintaan vaikuttaa myös soveltuvuus ympäröivään maaperään ja ympäristöolosuhteisiin. (Liikennevirasto 2018a.) Rakennettuja painevesijohtoja testataan ennen niiden käyttöönottoa. Vesijohtojen laadunvarmistusmenetelmiin tutustutaan tarkemmin luvussa 3.2.

Vietolla toimivia vesijohtoja on suhteellisen vähän. Hyvänä esimerkkinä toimii Päijännetunneli. Päijännetunneli kuljettaa raakavettä Päijänteen Asikkalanselältä Helsingin seudulle. Tunneli on 120 kilometriä pitkä ja kulkee 30–100 metrin syvyydessä

maan pinnalta. Vapaalla pudotuksella toimivan tunnelin läpi saatava suurin virtaama olisi noin 10 m<sup>3</sup>/s, mutta nykyisin otettavan veden määrä on rajoitettu 3,3 m<sup>3</sup>/s. Päijänne tunnelia hyödynnetään myös sähkön tuotannossa. Päijänteen ja Silvolan tekoaltaan välistä korkeuseroa hyödynnetään kalliomäen vesivoimalassa tuottamalla virtaavan veden avulla noin 7300 megawattituntia sähköä vuosittain. (HSY.)

## 2.3 Jätevesiviemärit

Jätevesiviemärit ovat osa vesihuoltoverkostoa. Jätevesiviemäreiden tarkoituksena on koota jätevedet viemäriputkistojen kautta jäteveden puhdistamoille, joista ne johdetaan käsiteltäviksi. Taajama-alueilla jätevesiviemärit ovat yleisimmin viettoviemäreitä ja haja-asutusalueilla käytetään paineviemäreitä sekä viettoviemäreitä. (Liikennevirasto 2018a.)

Materiaaleina jätevesiviemäriputkissa käytetään yleensä muovia, valurautaa, terästä ja betonia. Materiaalien jätevesiviemäreissä tulee olla tuotestandardin vaatimukset täyttävä. Putkimateriaalien kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä. CE-merkintä varmistaa tuotteiden ominaisuuksien ilmoittamisen suoritustasoilmoituksella, harmonisoidun tuotestandardin tai ETA:n mukaisella tavalla. Putkimateriaaleille, joille ei ole määritetty harmonisoitua tuotestandardia tai eurooppalaista teknistä arviointia voidaan käyttää valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutusta tai kansallista hyväksymismenettelyä. (InfraRYL 2021d.) Jätevesiviemäreiden asennukseen sovelletaan samoja asennusohjeita kuin hulevesiviemäriin. Valmiita jätevesiviemäreitä tutkitaan videokuvaamalla. Viemäreiden videokuvaukseen tutustutaan tarkemmin luvussa 3.3.

## 2.4 Hulevesijärjestelmät

Hulevesillä tarkoitetaan rakennetuilta alueilta keräytyviä sade- ja sulamisvesiä. Hulevesien johtamisjärjestelmillä kootaan ja johdetaan hulevesiä hallitusti käsiteltäväksi taikka pois kuivatettavalta alueelta. Hulevesien hallintaan on kahdenlaisia menetelmiä, pinta- ja putkijärjestelmiä. Pintajohtamisenmenetelmiä ovat muun muassa avo-ojat, painanteet, kourut ja muut avouomavirtausta hyödyntävät johtamismenetelmät. Pintajohtamisenmenetelmien tarkoitus on ohjata hulevesiä halutulta alueelta pois. Suunnittelun avulla voidaan pintajohtamisenmenetelmiin yhdistää laadullista

hallintaa ja imeytymistä. Imeytymistä, virtaaman hidastumista ja veden puhdistumista voidaan tehostaa johtamisreittien kasvillisuudella, uoman pituudella, riittävän pienellä pituuskaltevuudella, uoman mutkittelulla sekä, leveyden vaihtelulla. Pintakuivatusjärjestelmät soveltuvat parhaiten alueille, joilla rakentaminen ja maankäyttö ovat väljää. Pintajärjestelmiä voidaan käyttää myös tiiviisti rakennetuilla alueilla. Laajempia valuma-alueita palvelevia pintajärjestelmiä varten tarvitaan varaus viheralueelta, katualueelta tai muulta yleiseltä alueelta. (Rakennustieto 2018.)

Hulevesiverkostot koostuvat putkista, kaivoista ja muista laitteista. Materiaaleina hulevesiviemäreissä käytetään yleensä terästä, muovia, muovikomposiittiputkia tai betonia. Putkimateriaalien kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä. CE-merkintä varmistaa tuotteiden ominaisuuksien ilmoittamisen suoritustasoilmoituksella, harmonisoidun tuotestandardin tai ETA:n mukaisella tavalla. Putkimateriaaleille, joille ei ole määritelty harmonisoitua tuotestandardia tai eurooppalaista teknistä arviointia voidaan käyttää valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutusta tai kansallista hyväksymismenettelyä. (InfraRYL 2021e.)

Hulevesiviemäriputket asennetaan yleensä maan alle. Kaivuutyöt putkikaivannolle toteutetaan kaivutyösuunnitelman ja suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti. Putkien ja muiden tarvikkeiden asennuksessa noudatetaan valmistajien ohjeistuksia. Asennettaville putkille ja kaivoille rakennetaan kaivanto ja asennusalue suunnitelmien mukaisesti. Hulevesiputkisto tulee asentaa siten, ettei valmiiseen verkostoon synny routavaurioita. Ennen putkien ja kaivojen asennusta rakennettua kiviainesarinaa testataan pudotuspainokokeella. Pudotuspainokokeella testataan valmiista asennusalueesta maarakenteen tiiveyttä ja kantavuutta. Tarkemmin pudotuspainokokeeseen tutustutaan luvussa 3.4. Hulevesiviemäriputket asennetaan kaivoväleittäin suunnitelmien mukaiseen kaltevuuteen. Hulevesiviemäriputket asennetaan siten, ettei liitoksissa ole kulmapoikkeamia ja putkilinja on suora. Valmista putkilinjaa ja sen kuntoa voidaan tutkia videokuvaamalla kaivoväleittäin. (InfraRYL 2021e.) Tarkemmin Viemäriverkoston videokuvaukseen tutustutaan luvussa 3.3.

## 2.5 Kaivannot

Maarakentamisella tarkoitetaan yleisesti rakentamisen yhteydessä tehtävää maaperän muokkaamista. Maa- ja pohjarakentaminen pitää sisällään esimerkiksi Maaleikkaukset ja kaivannot, rakennettavat pohjarakenteet, perustusrakenteet,



pilaantuneiden maiden tutkimukset ja massanvaihdot, erilaiset kalliorakenteet sekä erilaisten penkereiden ja maatöiden teon. Vesihuolto ja katurakentaminen sisältää paljon erilaisia maarakennus töitä. (InfraRYL 2021b.)

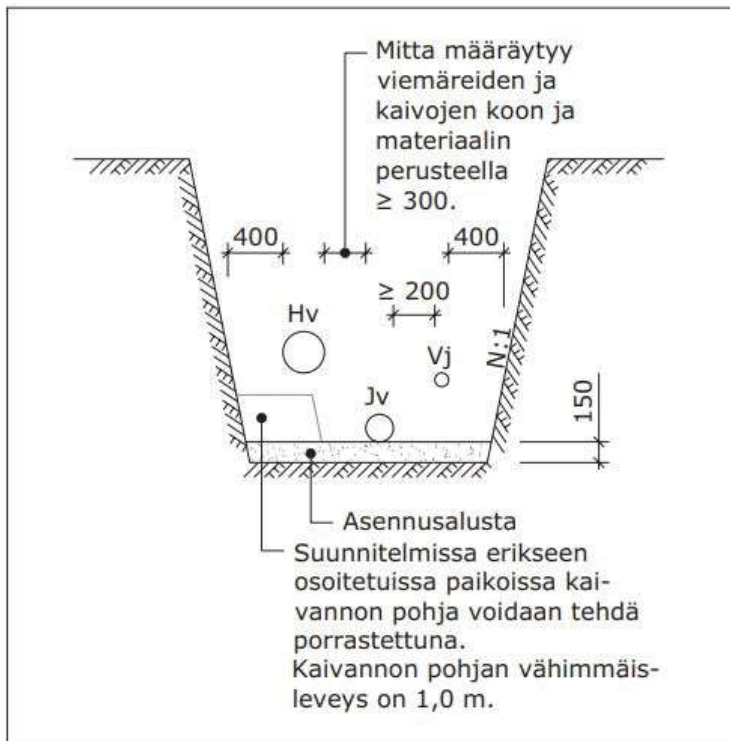
Ennen kaivutöiden aloittamista kaivannosta tehdään kaivantotyön työnsuunnittelu ja riskitarkastelu. Kaivantotyöstä tehdään myös turvallisuussuunnitelma sekä turvallisuuskartoitus. Kaikista yli kaksi metriä syvistä kaivannoista tehdään kaivantosuunnitelma sekä kaivannoista, joissa on olemassa sortumisvaara. Kaivantosuunnitelmassa kuvataan kaivussyvyys, kaivannon ja lähirakenteiden tuenta, luiska kaltevuudet, pohjaveden alentamisen tarve sekä kaivannon vaativuusluokka paikallisten olosuhteiden ja ulkopuolisten kuormitusten mukaan. Kaivanto toteutetaan kaivantosuunnitelmassa kuvatussa laajuudessa kaivantosuunnitelman mukaisesti, jotta varmuus kaivannon sortumista vastaan säilyy. (InfraRYL 2021b.) Kuvassa 1. on kuvattuna lyhytaikaisen kaivannon luiskakaltevuudet syvyyden ja maalajien mukaan.

Syvyys/m	Maalaji	Maan lujuus	Luiska-kaltevuus	Kaivumaiden sijoitus
≤ 2,0	Pehmeä savi	$c_{uk} = 10 \text{ kPa}$	1:3	≤ 1,0 m kerros, etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 8 m
≤ 2,0	Sitkeä savi	$c_{uk} = 20 \text{ kPa}$	2:1	≤ 2,0 m kerros, etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 5 m
≤ 2,0	Löyhä hiekka, keskitiivis siltti	$\varphi = 30^\circ$	1:2	Etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 4 m
≤ 2,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,5	Etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 4 m
≤ 2,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,25	Etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 4 m
2,0...3,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,75	Etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 4 m
2,0...3,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,5	Etäisyys <sup>a)</sup> ≥ 4 m

<sup>a)</sup> Tarkoittaa kaivumaiden etäisyyttä kaivannon luiskan yläreunasta

Kuva 1. Lyhytaikaisen kaivannon luiskakaltevuudet syvyyden ja maalajin mukaan (InfraRYL 2021a)

Putki ja johtokaivannot toteutetaan edellä kuvattujen maakaivantojen tapaan. Johtokaivannon koko ja leveys määräytyy asennettavien putkien ulkohalkaisijan, putkien väliin jäävän etäisyyden sekä putkien ulkoreunan ja kaivannon seinämän väliin jäävän etäisyyden mukaan. Kaivannossa työskennellessä pohjan leveys on oltava vähintään yksi metri. Kuvassa 2. on kuvattuna tukemattoman putki ja johtokaivannon vähimmäismitat. (InfraRYL 2021c.)

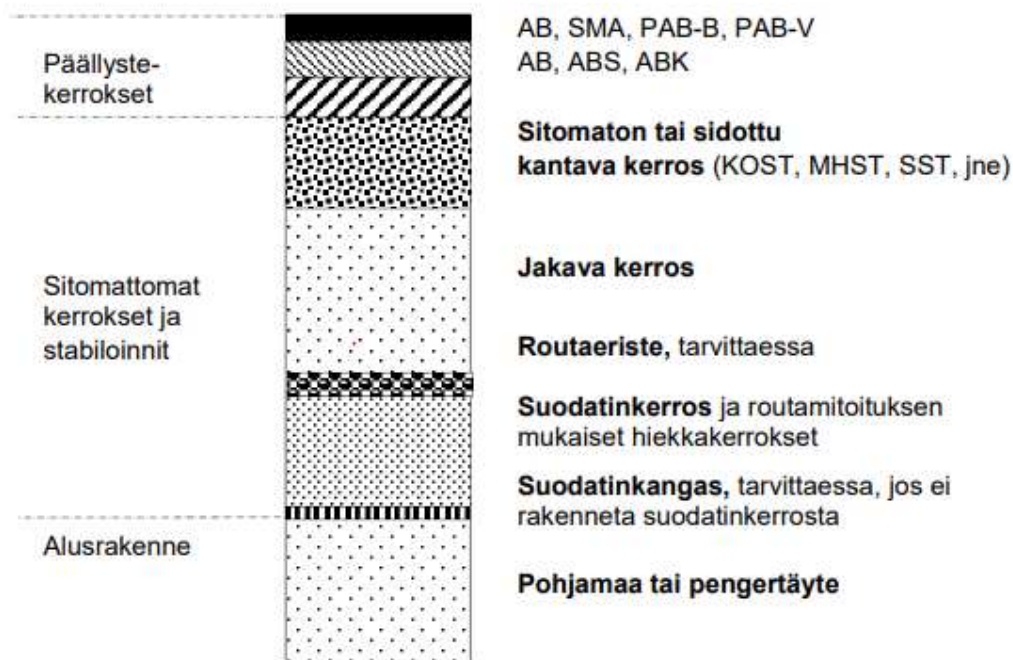


Kuva 2. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (InfraRYL 2021c)

## 2.6 Katurakentaminen

Infrarakentamisen yksi isoimmista alueista on teiden ja katujen rakentaminen. Kadun pinta- ja pohjarakenteita ovat suodatinkerros, jakavakerros, kantavakerros sekä päällyste (Kuva 3.). Rakennekerrosten tarkoituksena on vahvistaa ja luoda pohjaolosuhteet liikennettä ja sääolosuhteita kestäviksi. Rakennekerrosten mitoitus tehdään kahden ominaisuuden mukaan, kantavuuden ja routivuuden. Rakenne mitoitetaan ensin pohjatutkimuksissa havaittujen kantavuuksien mukaan ja todettaessa maapohjan olevan routiva, routivuuden mukaan. Pohjarakenteelle asetetaan jakavan ja kantavan kerroksen kantavuus- sekä tiiveysvaatimus. (Liikennevirasto

2018b.) Rakennekerrosten kantavuuden ja tiiviiden testaamiseen käytetään levykuormituskoetta. Levykuormituskokeeseen tutustutaan tarkemmin luvussa 3.4.



Kuva 3. Kadun rakennekerrokset (Liikennevirasto 2018b)

Kadun päällysrakenteella tarkoitetaan kaikkia pohjamaan tai pengertäytteen yläpuolisia osia. Päällysrakenteita kutsutaan kadun rakennekerroksiksi. Kuten kuvassa kaksi esitetään, voidaan kerrokset jakaa kolmeen pääosioon. Alusrakenne koostuu pohjamaasta ja pengertäytteestä. Pohjamaa tasataan ennen ylempien rakenteiden rakentamista ja tarpeen mukaan erotetaan suodatinkankaalla. Suodatin kankaalla varmistutaan, ettei pohjamaa ja rakennekerrokset sekoitu keskenään. Pohjamaan ja pengertäytteen päälle tulee suodatinkerros. Suodatinkerroksen tarkoituksena on erottaa alusrakenne jakavasta kerroksesta. Suodatinkerros voidaan korvata tarvittaessa suodatinkankaalla. Jakava kerros rakennetaan yleensä kalliomurskeesta, jonka raekoko on maksimissaan 63 tai 90 mm. Suurempiakin raekokoja voidaan käyttää, jos siitä ei koidu haittaa työnaikaiselle liikenteelle ja voidaan varmistua, että valmiin kerroksen laatuvaatimukset täyttyvät. Jakavan kerroksen tarkoituksena on parantaa rakenteen kantavuutta. Jakavan kerroksen jälkeen tulee kantavakerros. Kantavakerros rakennetaan yleensä murskeesta, jonka raekoko on maksimissaan

32–64 mm. Kantavan kerroksen tarkoituksena on parantaa rakenteen kantavuutta sekä luoda päällysrakenteelle tasaiset ja halutun muotoiset pohjat. Kantavankerroksen jälkeen tulee päällysteet. Kadun päällysrakenne jaetaan kolmeen osaan kuluskerrokseen, sidekerrokseen ja kantavan kerroksen sidottuun yläosaan. Kantavan kerroksen sidotun yläosan materiaaleina käytetään asfalttibetonia ABK 31 tai ABK 22. Sidekerroksen materiaalina käytetään normaalisti asfalttibetonia ABS 16-22. Kulutuskerroksen materiaalina käytetään asfalttibetonia AB 6-22. Vilkkaasti liikennöidyillä paikoilla kulutuskerroksena voidaan käyttää kivimastiksiasifalttia eli SMA:ta. (Sikiö 2020.)

## 2.7 Työturvallisuus

Ennen kaivantotöiden aloitusta urakoitsijalla tulee olla laadittuna kaivantotyösuunnitelma. Kaivantotyösuunnitelma laaditaan suunnittelijan kaivantosuunnitelman pohjalta ja se tulee hyväksyttävä rakennuttajalla. Kaivantotyösuunnitelmassa tulee esittää urakoitsijan valitsemat materiaalit, työtavat, kalusto, työvaiheiden järjestys, tarkkailutoimenpiteet sekä kaikki tarvittavat toimenpiteet työn turvallisen toteuttamisen varmistamiseksi. Ennen työn toteutusta työnjohtajan tulee varmistua työntekijöiden perehtymisestä kaivantotyösuunnitelmaan ja sen keskeisiin geoteknisiin perusteisiin työn turvallisen toteutuksen varmistamiseksi. Työmaan turvallisuusohjeet ja henkilökohtaisten suojainten käyttö tulee olla perehdytettynä työntekijöille ennen työn aloitusta. (Rantanen ym. 2013.)

Työturvallisuuden mittarina infratyömailla toimii MVR-mittaus. MVR-mittaus on visuaaliseen havainnointiin perustuva työmaan viikkotarkastus ja turvallisuusmittausmenetelmä. Mittauksessa huomioidaan kaikki merkittävästi työmaan turvallisuuteen vaikuttavat tekijät, joita visuaalisesti on mahdollista havaita. Mittauksessa turvallisuus on jaettu viiteen osioon:

- kalusto
- ajo- ja kulkuväylät
- järjestys ja varastointi
- suojaukset ja varoalueet
- työskentely ja koneenkäyttö. (Infra ry & Työterveyslaitos 2017.)

MVR-mittauksen perusideana on jakaa työmaa alueisiin ja mitata työmaan turvallisuutta alueittain. MVR-mittauksen suorittaja jakaa työmaan pienempiin alueisiin, jolloin havainnointi tehdään kerrallaan pienissä osissa. Työmaan jakaminen pienempiin alueisiin mittauksen aikana helpottaa turvallisuushuomioiden havainnointia. Mittauksessa kirjataan oikein/väärinhavainnot, joiden perusteella syntyy MVR-mittaus-taso prosenttilukuna. Esimerkiksi 85 % MVR-taso kuvaa, että 85 prosenttia mittauksen huomioista oli kunnossa. Tavoitteena MVR-mittauksessa ei ole saada 100 prosentista tulosta vaan huomioida ja korjata turvallisuuspuutteet. MVR-mittari on hyväksytty lakisääteisten viikoittaisten kunnossapitotarkastusten välineeksi. (Infra ry & Työterveyslaitos 2017.) MVR-mittausten apuna toimii Congrid sovellus, johon tarkemmin tutustutaan luvussa 4.2.2.

### 3 Laadunvarmistus

#### 3.1 Yleistä laadunvarmistuksesta

Tässä luvussa tutustutaan vesihuolto- ja maarakennustyömaalla käytössä oleviin laadunvarmistusmenetelmiin. Laadunvarmistus tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä joilla tarpeen mukaan varmistutaan, että rakennuskohde täyttää kaikki sille asetetut laatuvaatimukset.

#### 3.2 Huuhtelu, vesinäyte ja painekoe

Rakennettuja uusia vesijohtoja testataan ennen niiden käyttöönottoa. Putkien ja liitosten kestävyyttä testataan painekokeen avulla. Painekokeessa putki paineistetaan noin 1000 kPa:n paineeseen ja pidetään paine päällä vähintään kymmenen minuuttia. Putkisto täytetään niin, ettei putkistoon jää ilmaa. Muovisissa vesijohdoissa painetta pidetään yllä kolmekymmentä minuuttia tarvittaessa vettä lisäten, jolloin putket laajenevat oikeaan tilavuuteensa. Painetta pidetään yllä vielä 90 minuuttia, jolloin painetaso lasketaan puoleen alkuperäisestä. Jos paine vesijohdossa tasoittuu vakiotasolle, verkosto on tiivis. Putket täytetään puhtaalla talousvedellä tai ilmalla, jos sää esimerkiksi pakkasen vuoksi aiheuttaa jäätymisriskin. (InfraRYL 2021f.) Kuvassa 4. on kuvattuna painekoelaite kiinnitettynä palopostiin.



kuva 4. Painekoelaite

Vesijohdoille suoritetaan ennen niiden käyttöönottoa vielä huuhtelu ja vesinäytteenotto. Huuhtelu suoritetaan käytössä olevasta vesijohdosta ohjaamalla vesi putkistoon. Huuhteluun käytetty vesi johdatetaan jätevesi- tai hulevesiviemäriin. Hulevesi- ja jätevesiviemärin puuttuessa vesi voidaan johdattaa maastoon. Vesijohtojen huuhtelun jälkeen vedestä otetaan laboratorionäyte. Jos vesinäytteestä löytyy laatupoikkeamia tai on mahdollista olettaa, että vesijohto on päässyt saastumaan asennuksen yhteydessä, suoritetaan linjan desinfiointi. Putkien puhdistus suoritetaan täyttämällä ne veden ja kloorikemikaalin seokselle. Seoksen annetaan olla putkissa 1–3 vuorokauden ajan. Puhdistamisen jälkeen putket huuhdellaan käytössä olevasta vesijohdosta ja otetaan käyttöön. (InfraRYL 2021f.)

### 3.3 Viemäriverkoston videokuvaukset

Viemäreiden TV-kuvaus on viemäriverkoston kuntotutkimusmenetelmä, jolla voidaan tutkia putkiston kuntoa visuaalisesti. Viemäreiden kuvauslaitteiden kehitys alkoi 1960-luvulla Saksassa. Suomeen viemäreiden TV-kuvaus saapui 1970-luvun lopulla. (Lampola & Kuikka 2018.)

TV-kuvausta varten viemäriin lasketaan kamera. Yleisimmin käytössä ovat robotiohjatut ryömijät, joita on saatavissa useissa eri kokoluokissa ja varustettuina erilaisilla laitteistoilla. Kuvauksessa käytettävä kamera on myös mahdollista asentaa keltuviin lauttoihin, joilla voidaan tutkia suurikokoisia linjoja. Kamera voidaan myös työntää putkeen esimerkiksi vaijerin avulla. Kuvattaessa kameraa ohjataan manuaalisesti ja kuvaaja pysähtyy havaintojen kohdalle ottaen still-kuvia. Havainnot kirjataan tutkimusraporttiin. Raportointi suoritetaan samaan aikaan, kun kuvaus laitteistoa ohjataan putken läpi. TV-kuvausmenetelmällä pystytään tutkimaan vedenpinnan yläpuolisia rakenteita. Vikojen havainnointi ja kunnan arviointi on riippuvainen kuvaajan tulkinnasta. (Lampola & Kuikka 2018.)

TV-kuvauksen tuloksena syntyy verkostosta videomateriaalia, josta voidaan tulkita viemäriverkoston olosuhteita. Kuvausprosessi tuottaa kuvaa putken sisäpinnalta. Kuvaus ei pysty tuottamaan tietoa rakenteellisesta kunnosta eikä ympäröivän maaperän tilanteesta. TV-kuvauksen avulla voidaan havainnoida putken saostumaa, verkon painumakohtia, ylipitkät liittymäputket, vuotokohdat ja putkessa olevat halkeamat sekä muiden johtojen jakelu- ja risteämäkohdat. (Lampola & Kuikka 2018.)



### 3.4 Levykuormituskoe

Levykuormituskokeilla tutkitaan kerroksellisten rakenteiden ja maapohjan rakenteiden tiiviyyttä ja kantavuutta. Levykuormituskokeessa mitattavaa maapohjaa kuormitetaan yleensä pyöreän teräslevyn välityksellä. Testissä mitataan teräslevyn alapintaan muodostuvan paineen aiheuttamaa painumaa. Koe suoritetaan vastapainoa apuna käyttäen esimerkiksi valssia, kaivinkonetta taikka kuorma-autoa, joka siirretään mitattavan kohdan päälle. Teräslevy asetetaan vastapainon alle mitattavaan kohtaan ja niiden väliin asetetaan hydraulinen puristin. Mittakellot asetetaan paikalleen siten, että ne ovat helposti luettavissa ja ne ovat teräslevyn kolmannespisteissä. (Rakennusteollisuus RT ry 2006.) Kuvassa 5 levykuormituskoe Raide-Jokerin työmaalla.



Kuva 5. Levykuormituskoe Raide-Jokerin työmaalla

Mittaaminen aloitetaan teräslevyn esikuormituksella, jolla varmistutaan mitattavan pisteen tasaushiekan tiivistyminen. Tiivistyksen jälkeen mittarit nollataan. Mitattaessa kuormitusta nostetaan hydraulipumpun avulla mittauslaitteen ohjeistuksen



mukaisesti taikka rakennesuunnittelijan ohjeita noudattaen. Yleensä kuormitusta nostetaan 10 kN kerrallaan aina 60 kN asti. Kun painuntanopeus on levyn kuormitusta nostettaessa pienentynyt alle 0,1 mm/min, aloitetaan mittauslukemien kirjaaminen mittauspöytäkirjaan. Kun 60 kN maksimikuormitus saavutetaan, kirjataan tulokset mittapöytäkirjaan. Kuormitus poistetaan hitaasti, jolloin saavutettu pysyvä painuma havaitaan. Koe suoritetaan kokonaisuudessaan uudestaan samalla tavalla kuin ensimmäinen koe on suoritettu. (Rakennusteollisuus RT ry 2006.)

Levykuormituksessa käytettävän metallilevyn painumaa tarkkaillaan mittausta tehdessä. Kokeen aikana on mahdollista huomata rakenteen murtuma, jos painuma kokeen aikana muuttuu äkillisesti, loppuu kokonaan tai painuminen vähenee huomattavan hitaasti. Tulosten ollessa suuresti poikkeavat oletetusta tuloksesta rakenteen laatu ja homogeenisuus tutkitaan silmämääräisesti noin puolitoista kertaa mittauksessa käytetyn teräslevyn halkaisijan syvyydeltä. Mittauksessa saatuja tuloksien tarkastelua varten havaitut kuormitukset muunnetaan paineeksi levyn alapinnassa sekä lasketaan painumien keskiarvo. Maaperän tiiveystarkastelua varten lasketaan kimmoisuusarvojen suhde. Kimmoisuusarvo E1/E2 tulee olla pienempi kuin rakennussuunnitelmissa on määritetty. Suhteen ylittäessä vaaditun arvon voidaan todeta rakenteen tiivistyneen liikaa. (Rakennusteollisuus RT ry 2006.)

### 3.5 Pudotuspainokoe

Pudotuspainokokeella tutkitaan kerroksellisten rakenteiden ja maapohjan rakenteiden tiiviyyttä ja kantavuutta. Pudotuspainolaite on noin 1,2 metriä korkea kannettava laite ja sen halkaisija on kolmestatoista kuuteentoista senttiä. Laitteen sisällä on 10 kilogrammaa painava metallinen paino. Pudotuspainolaitteita on samalla periaatteella toimivia 50 kilogramman painoisia laitteita, jotka on tarkoitettu tie ja katurakentamiseen. Pudotuspainolaite on kokonsa puolesta toimiva ratkaisu pieniin tiloihin ja kaivantoihin, joihin ei päästä levykuormituskoetta suorittamaan. Mittaukset pudotuspainolaitteella on helppo suorittaa myös yksin ilman erillisiä apuvälineitä. (Rakennusteollisuus RT ry 2006.) Kuvassa 6 Loadman-koe Raide-Jokerin työmaalla.



Kuva 6. Loadman-koe Raide-Jokerin työmaalla

Mitattaessa pudotuspainolaitteella asetetaan aluslevy tasaiselle maanpinnalle, jonka päälle mittauslaite keskitetään. Aluslevynä käytetään yleensä 130 mm, 200 mm tai 300 mm halkaisijaltaan olevaa teräslevyä. Levyä kuormitetaan impulssimaisesti pudottamalla laitteen sisällä olevaa painoa 800 mm:n korkeudelta. Pudotuspainolaitteella mitataan pudonneen painon aiheuttamaa painumaa maaperässä. Pudotetun painon aiheuttamaa kuormitusta mitataan kiihtyvyyssanturin avulla ja painuma lasketaan integroimalla kiihtyvyydestä. Tuloksena mittauksesta saadaan

maksimitaipuma, laskettu kantavuusmoduuli E sekä tiiviyssuhde  $E1/E2$ . (Rakennusteollisuus RT ry 2006.) Loadman-kokeen apuna työmaalla toimii Open as App. Sovelluksessa on valmis mittauspohja, jolle pudotuspainokokeen tulokset ja tarvittavat tiedot voidaan täyttää. Tarkemmin Open as Appiin tutustutaan luvussa 4.2.1.

## **4 Digitalisaation hyödyntäminen vesihuolto- ja maarakennustöissä työmaalla**

### **4.1 Tutkimuksen toteutus**

Tässä luvussa esitellään Raide-Jokerin työmaalla suoritetun haastattelututkimuksen tuloksia ja pohditaan tutkimuksessa esille tulleita asioita. Tutkimus toteutettiin Raide-Jokeri työmaan lohko kolmella. Tutkimuksessa haastateltiin työmaalla työskenteleviä työnjohtajia sekä työmaainsinöörejä. Haastateltavia oli kaikkiaan viisi. Haastateltavien henkilöllisyydet eivät selviä tutkimuksessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa laadunvarmistuksen tukena olevien digitaalisten työkalujen toimivuutta ja käyttöä työmaalla sekä ideoida mahdollisuuksia laadunvarmistusprosessin kehittämiseksi.

Tutkimuksessa kartoitettiin työmaalla käytössä olevia digitaalisia työkaluja, joita haastateltavilla on käytössä työmaalla. Haastatteluissa tuli ilmi monia erilaisia sovelluksia, joita työmaalla käytetään laadunvarmistuksen tukena.

#### **4.1.1 Open as App**

Pudotuspainokokeiden dokumentointiin työmaalla käytössä on Open as App -applikaatio. Sovelluksessa on valmis pohja, johon mittauksen tiedot täytetään ennakoon toimistolla. Mittaustulokset kirjataan työmaalla puhelimen avulla lomakepohjaan. Tulokset ja mittauksen tiedot voidaan lähettää sovelluksesta suoraan sähköpostiin, jossa mittauksen tuloksia voidaan katsella jälkeenpäin. Kuvassa 7 on kuvattuna sovelluksen Loadman työtapatarkkailun pohja. Tarkemmin Loadman-kokeeseen tutustutaan luvussa 3.5.

Kuva 7. Loadman Työtapatarkkailun lomakepohja

#### 4.1.2 Congrid

Turvallisuuden hallinnan tukena haastateltavilla käytössä on Congrid. Congrid on ohjelmisto, jonka tarkoituksena on parantaa rakentamisen laatua. Congrid sovellus on monipuolinen työkalu, jossa voidaan suorittaa erilaisia turvallisuuden ja laadun mittauksia. Congridia voidaan käyttää tietokoneen selaimella taikka mobiililaitteeseen ladattavalla applikaatiolla. (Congrid.) Esimerkkinä laatutarkastuksista toimii hyvin erilaiset vastaanotto katselmukset. Katselmusta suoritettaessa työmaalla voidaan mobiililaitteella kirjata korjauskohteet muistiin ja kuvata korjaus kohteet. Sovellusta käytettäessä tarkastusten tekemiseen saadaan koostettua selkeä lista korjauskohteista sekä merkattua korjauskohteidensijainnit muistiin.

Yleisimpänä työjohtajien jokapäiväisessä työssä näkyy työturvallisuuden huomioiminen Congridilla. Sovelluksen turvallisuusmittaus osiossa on pohja, jolla voidaan suorittaa työmaan viikoittainen MVR-mittaus. Ennen mittausta sovellukseen luodaan uusi mittaus, jonka tietoihin kirjetaan mittaukseen osallistuvat henkilöt sekä voidaan kirjata muita mittauspaikkaan kohdistavia tietoja. Työmaalla kierrettäessä mobiilisovelluksen mittauspohjaan kirjetaan oikein/väärin havainnot. Korjausta

vaativien havaintojen kohdalla sovellukseen voidaan kirjata korjaustoimenpiteet sekä vastuuhenkilöt, jotta ongelma tulee ratkaistua. Kuvassa 8 on kuvattuna Congrid-sovelluksen mittauspohja.

-	1 Työskentely ja koneen käyttö	-
-	2 Kalusto	-
-	3 Suojaukset ja varoalueet	-
-	4 Ajo- ja kulkuväylät	-
-	5 Järjestys ja varastointi	-
+0		-0

Aseta valmiiksi

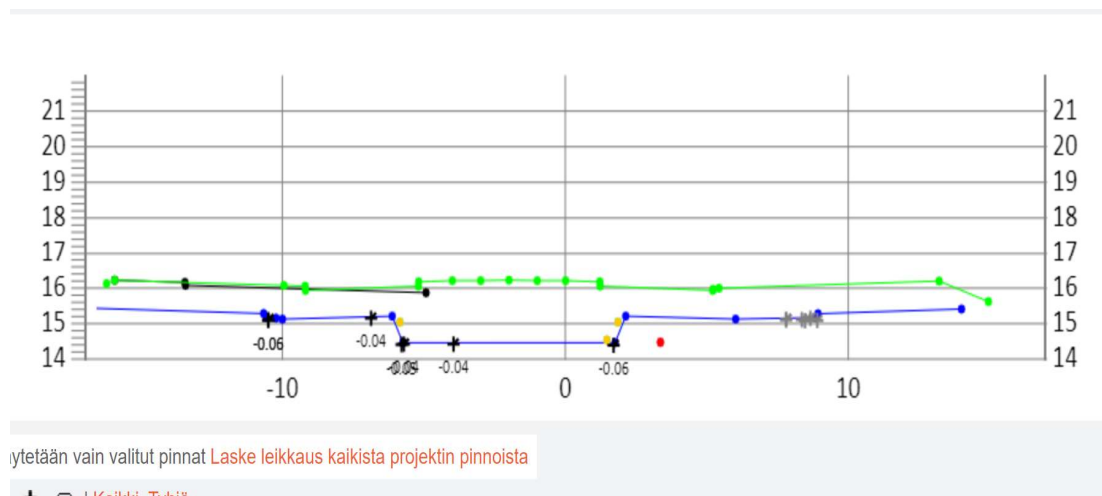
Kuva 8. Congrid-sovelluksen mittauspohja

Turvallisuuden havainnointi on tärkeä osa laadukasta rakentamista. Turvallisuutta tarkastellaan työmaalla muutenkin kuin turvallisuuskierroksilla. Congridin osiossa turvallisuushavainnot, työnjohtaja voi heti ongelman huomattaessaan kirjata havainnon muistiin tarvittavia korjaustoimenpiteitä varten. Havaintoa tehdessä muistiin

kirjataan tiedot ongelmasta, korjaustoimenpiteet, vastuuhenkilö sekä paikkatiedot kohteesta.

#### 4.1.3 Infrakit

Infrakit on 3D-mallipohjainen pilvipalvelu, jota hyödynnetään kaivinkoneiden kone-ohjauksessa sekä kuvien hallinnassa. Infrakitistä on paljon hyötyä mallipohjaisissa hankkeissa. Infrakit pitää sisällään 3D-visualisoinnin, jossa yhdistyy tietomallinnuksen ominaisuudet sekä paikkatietojärjestelmän ominaisuudet. Kuvia ja mallinnuksia voidaan tarkastella ohjelman pituus ja poikkileikkaus työkalulla, jolla halutusta mallinnuksesta saadaan luotua 2D pituus- tai poikkileikkaus. Leikkaus työkalulla päästään tutkimaan tarkasti mallinnettuja rakenteita ja toteumaa. Kuvassa 9 on kuvattuna poikkileikkaus luotuna leikkaustyökalulla.



Kuva 9. Poikkileikkaus luotuna leikkaustyökalulla

Raide-Jokerilla rakentamisessa hyödynnetään paljon valokuvia. Työntekijät, työjohto ja kaivinkoneen kuljettajat voivat lisätä valokuvia työn edetessä suoraan infrakittiin. Valokuvia voidaan lisätä myös tietokoneelta jälkeinpäin ja kohdistaa karttanäkymässä rakennettuun kohteeseen.

#### 4.1.4 M-Files

Rakentamiseen tarvittavien kuvien ja dokumenttien hallintaan Raide-Jokerin työmaalla käytetään M-Files sovellusta, joka toimii projektin tietopankkina. M-Files on pilvipalvelu, jonka avulla mahdollistetaan sujuva tiedonhallinta eri osapuolten välillä.

#### 4.2 Haasteita laadunvarmistusprosessissa ja digityökaluissa työmaalla

Haastatteluissa kartoitettiin digitaalistentyökalujen toimivuutta ja haasteita laadunvarmistusprosessin toimivuudessa. Yleisesti haastateltavat kokivat digitaaliset sovellukset työtä helpottavina ja selkeyttävinä apuvälineinä. Haastatteluiden tuloksena esille nousi muutamia haasteita digitaalisten apuvälineiden käytössä ja haasteita laadunvarmistusprosessissa.

Suurimpina haasteina laadunvarmistusprosessissa koettiin tiedon kulku ja tieto dokumentaatiosta mitä rakennusprojektin eri rakenteista tulee olla luovutusta ajatellen. Tieto kerättävistä laadunvarmistusmateriaaleista, joita työnjohtajien toimesta tulee kerätä työmaan edistyessä, löytyy yleensä työselosteista. Työselosteissa viitataan usein esimerkiksi InfraRYL ohjeisiin. Tieto on usein monen eri ohjeen ja julkaisun takana, joten tiedon löytäminen vie paljon aikaa. Monesti vaatimukset erilaisten rakennushankkeiden välillä eroaa vaadittujen dokumenttien ja laadunvarmistustoimenpiteiden tarpeista. Työmaan alkaessa selkeä listaus tarvittavista laadunvarmistusmateriaaleista voisi helpottaa työnjohtajien työntekoa. Lisäksi monesti työmaille tulee harjoittelijoita ja uusia kokemattomampia työnjohtajia, joilla ei vielä laajaa kokemusta laadunvarmistusprosessista ole. Tiedon etsiminen erilaisten rakenteiden testauksista ja dokumenteista on erityisen haastavaa kokemattomammille työnjohtajille.

Monet laadunvarmistus toimenpiteet ja kokeet tehdään työmaalla ja niistä kirjataan raportti paperiselle dokumentille. Ongelmana paperisissa dokumenteissa on niiden kirjaaminen erillisesti järjestelmiin, jolloin niiden käsittelyyn kuluu ylimääräistä aikaa. Paperidokumenttien käsittelyssä nähdään, myös ongelmana dokumentaation kaatoaminen työmaalla. Laadunvarmistuskokeista usein kirjataan paperinen dokumentti, joka lähetetään sen teettäneelle henkilölle. Rakennusprojekteissa työnjohdolla ja insinööreillä on paljon työtä, jolloin testaustuloksia ei heti kirjata niille



tarkoitettuihin sovelluksiin ja listoihin, jolloin mahdollisuus inhimillisille katoamisille kasvaa.

## **5 Digitaalinen tarkastuslista laadunvarmistuksen tueksi**

### **5.1 Tarkastuslistan tarkoitus**

Haastatteluiden tuloksena löydettiin tarve kehittää laadunvarmistusprosessia työmaalla. Digitaalisia työkaluja laadunvarmistuksen tukena työmaakäytössä on lähes jokaiselle toimenpiteelle omansa. Haastatteluissa syntyi idea digitaalisesta tarkastuslistasta laadunvarmistusdokumentaation keräämisen tueksi.

Rakennustyömailla työskentelevien työnjohtajien arki työmaalla on usein kiireistä ja ylimääräiselle työlle on harvoin aikaa. Digitaalisen tarkastuslistan tarkoitus olisi helpottaa työnjohtajien työskentelyä aikaa säästäen. Tarkastuslistan avulla voitaisiin päästä eroon erilaisten laadunvarmistusdokumenttien etsimisestä ja ylimääräisten Excel taulukoiden täyttämisestä. Sovelluksen olisi tarkoitus olla yksinkertainen työkalu työnjohtajien laadunvarmistuksen tukena.

### **5.2 Tarkastuslistan sisältö ja käyttö**

Digitaalisen tarkastuslistan tarkoituksena olisi helpottaa ja selkeyttää laadun varmistusprosessia työmaalla. Digitaalista tarkastuslistaa voitaisiin käyttää työnjohtajan henkilökohtaiselta mobiililaitteelta sekä tietokoneelta toimistolla. Tarkastuslistan tulisi olla käytettävyydeltään yksinkertainen ja selkeä, jotta sen käyttö olisi helppoa ja mielekästä. Tarkastuslistan tulisi sisältää selkeästi työvaiheittain vaatimukset tarvittavasta laadunvarmistusdokumentaatiosta ja mahdollisista laadunvarmistuskokeista, joita rakennushankkeen edetessä tulisi työmaan toimesta suorittaa. Tarkastuslistaan voitaisiin myös linkittää eri rakennusvaiheissa tarvittavia piirustuksia sekä ohjekortteja, joita rakentamiseen ja sen laadunvarmistamiseen tarvitaan. Kuvassa 10 kuvataan haluttuja ominaisuuksia tarkastuslistalta.



Kuva 10. Tarkastuslistalta haluttavia ominaisuuksia

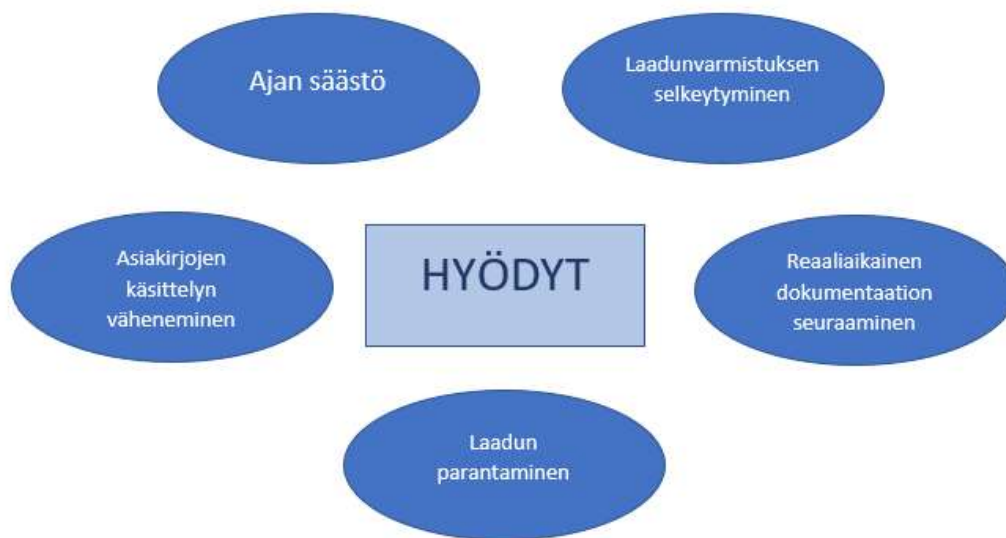
Tarkastuslistan voisi viedä myös työmaalle koneenkuljettajien ja työntekijöiden työskentelyn tueksi. Tarkastuslistasta voitaisiin tehdä rajoitettu versio, jossa dokumentaation muokkaamista rajoitettaisiin. Työmaalla työskentelevät henkilöt saisivat tiedon tarvittavista laadunvarmistusdokumenteista ja kokeista, jolloin työn edetessä niiden oikea-aikainen suorittaminen helpottuisi. Tarkastuslistassa voisi olla selkeästi listattuna esim. tarvittavien valokuvien määrä ja tarpeellisuus rakenteittain, jolloin rakentajat voisivat itsenäisesti kuvata ja dokumentoida työn edistymistä.

### 5.3 Perehdytys

Digitaalisen tarkastuslistan käyttöön perehdyttämiseen ja käyttöönottoon tulisi luoda selkeä opastus, jonka tiimoilta käyttäjällä olisi hyvät edellytykset tarkastuslistan käyttöön. Perehdytyksen voisi liittää työmaalle tullessa suoritettavan työmaaperehdytyksen lisäksi. Tarkastuslistan ollessa selkeä ja helppokäyttöinen perehdytys olisi helppo suorittaa, jolloin käyttäjän ensimmäinen kokemus listan käytöstä olisi positiivinen.

## 5.4 Tarkastuslistan hyödyt

Digitaalinen tarkastuslista helpottaisi työnjohtajien ja insinöörien laadunvarmistusdokumentaation reaaliaikaista seuraamista sekä varmuutta laadunvarmistusdokumentaation tallentumisesta rakentamisen edetessä. Digitaalisella tarkastuslistalla, johon laadunvarmistusdokumentaation tallentuu reaaliaikaisesti, voitaisiin helpottaa ja säästää työnjohtajien aikaa esimerkiksi valokuvien tallentuessa suoraan sovellukseen. Kuvien erillinen kerääminen ja siirtäminen koneelle jäisi pois aikaa säästään. Kuvaan 11 on koottu tarkastuslistan käytölle havaittuja hyötyjä.

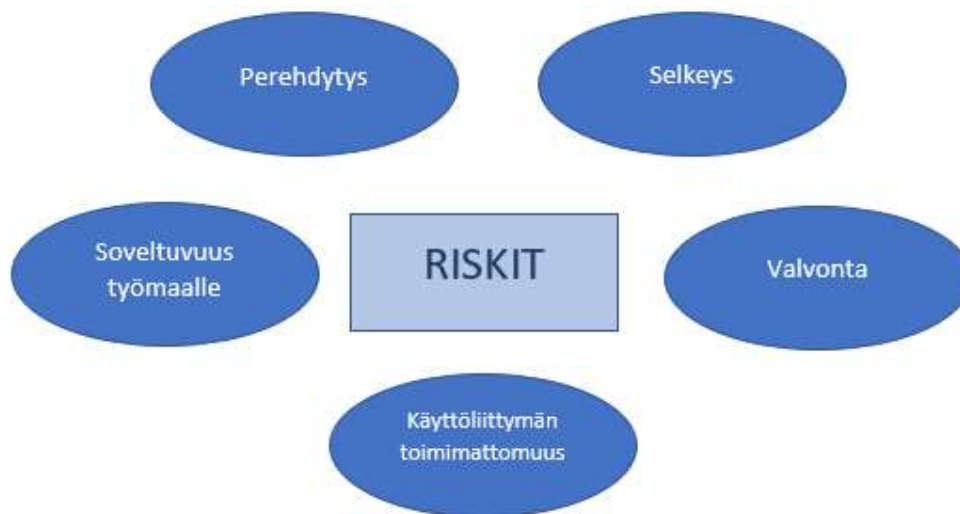


Kuva 11. Tarkastuslistan hyödyt

## 5.5 Tarkastuslistan toimivuuden riskit

Suurimmiksi riskeiksi tarkastuslistan käytölle ja toimivuudelle saattaisi olla käyttöliittymän monimutkaisuus ja rakenteellinen toimivuus. Käyttöliittymän tulisi olla riittävän yksinkertainen ja selkeä, jotta tarkastuslistan käyttö työmaalla olisi helppoa ja nopeaa. Riskiksi tarkastuslistan toimivuudelle saattaisi olla myös sen käyttöön liittyvä perehdytys, jotta jokainen listaa käyttävä osaa ja tietää kuinka sovellusta

käytetään ja jokainen tietää oman osuutensa tehtävistä laadunvarmistustoimenpiteistä. Kuvaan 12 on koottuna sovellukseen ja tarkastuslistaan liittyviä mahdollisia riskejä.



Kuva 12. Tarkastuslistan riskit

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Nykypäivänä infrarakentamisessa käytetään paljon digitaalisia apuvälineitä rakentamisen tukena. Opinnäytetyössä pyrittiin tutustumaan yleisimpiin vesihuolto- ja maarakennustöihin sekä niiden laadunvarmistusmenetelmiin.

Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa työmaalla käytössä olevien digitaalisten laadunvarmistustyökalujen käyttöä ja toimivuutta sekä ideoida työmaan toimihenkilöiden kanssa mahdollisuuksia laadunvarmistusprosessin parantamiseksi. Haastatteluissa kartoitettiin työmaatoimihenkilöiden käytössä olevia digitaalisia apuvälineitä laadunvarmistuksen näkökulmasta ja ideoitiin mahdollisuuksia helpottaa laadunvarmistusprosessia. Laadunvarmistus työmaalla on iso osa työmaatoimihenkilön arkea, joten sen selkeyttämiseen ja kehittämiseen on tärkeää panostaa.

Yhteenvetona haastatteluiden tuloksista voidaan todeta laadunvarmistuksen tukena käytettäviä digitaalisia-apuvälineitä olevan suhteellisen paljon. Digitaaliset apuvälineet helpottavat työnjohtajien jokapäiväistä työskentelyä ja ne ovat apuna rakentamisen laadunvarmistuksessakin. Digitalisaatiota voitaisiin hyödyntää enemmän laadunvarmistuksen tukena helpottamaan laadunvarmistusdokumentaation keräämistä ja vähentää turhaa työtä kadonneiden dokumenttien etsinnässä. Digitaalinen tarkastuslista, johon on sisällytettynä dokumentaation suora tallentaminen voisi parhaimmillaan vähentää laadunvarmistusdokumentaation turhaa etsimistä ja prosessin hallintaa, jolloin muihin työnjohtotehtäviin jää enemmän aikaa. Työnjohdon laadunvarmistusprosessin hallinnan lisäksi digitaalisuutta voitaisiin hyödyntää myös laajemmin työn suorittajien tukena.

Työskennellessäni Raide-Jokerin työmaalla huomasin monien laadunvarmistusdokumenttien olevan hukassa työntekijöiden vaihtumisen sekä inhimillisten kadottamisten johdosta. Digitalisaation hyödyntäminen vesihuolto- ja maarakennustöiden laadunvarmistuksessa valikoitui aiheeksi huomattessani tarpeen kehittää laadunvarmistusprosessia työmaalla.

Digitalisaation hyödyntämiseen rakentamisessa löytyy paljon erilaisia mahdollisuuksia ja sen hyödyntäminen vie hankkeiden ja niiden erilaisten prosessien hallintaa laajasti eteenpäin. Opinnäytetyön tekemisen aikana löytyi mahdollisuus digitalisaation lisäämiselle laadunvarmistusprosessissa, joten opinnäytetyö prosessin voidaan

olettaa onnistuneen. Tarkastuslistan jatkokehitykselle olisi mahdollisuus itse sovel-  
luksen kehittämisvaiheen pohdinnoissa ja mahdollisten lisä ominaisuuksienkehittä-  
misen ja tutkimusten saralla. Tässä opinnäytetyössä tarkastuslistan rakenteelliseen  
kehittämiseen ei perehdytty ominaisuuksien ideointia ja hyötyjä pidemmälle, joten  
itse fyysisen tuotteen kehittämiselle olisi mahdollisuus.

## Lähteet

- Congrid. Congrid yrityksenä. Viitattu 16.3.2022. Saatavissa <https://www.congrid.fi/yritys/>
- HSY. Pääkaupunkiseudun Vesi ja Päijännetunneli. Viitattu 10.1.2022. Saatavissa <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/paakaupunkiseudun-vesi-oy/>
- InfraRYL. 2021a. 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet. Rakennustieto. Viitattu 5.1.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/10000.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/10000.html)
- InfraRYL. 2021b. 16000 Maaleikkaukset ja -kaivannot. Rakennustieto. Viitattu 4.2.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/16000.html](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/16000.html)
- InfraRYL. 2021c. 31000 Vesihuollonjärjestelmät. Rakennustieto. Viitattu 2.3.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/31000.html#TLP31000](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/31000.html#TLP31000)
- InfraRYL. 2021d. 31100 Jätevesiviemärit. Rakennustieto. Viitattu 2.3.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/31000.html#TL31100id815296](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/31000.html#TL31100id815296)
- InfraRYL. 2021e. 31200 Hulevesiviemärit. Rakennustieto. Viitattu 2.3.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/31000.html#TL31200id1590190](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/31000.html#TL31200id1590190)
- InfraRYL. 2021f. 31300.5.3 Vesijohdon kelpoisuuden osoittaminen. Rakennustieto. Viitattu 5.1.2022. Saatavissa [https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021\\_2/31000.html#TL31300id1639388](https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_2/31000.html#TL31300id1639388)
- Lampola, T. & Kuikka, S. 2018. Viemäreiden kuntotutkimusopas. Vesilaitosyhdistys. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa [https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden\\_kuntotutkimusopas](https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden_kuntotutkimusopas)
- Liikennevirasto. 2018a. Vesihuoltoverkostot ja maantiet. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-06\\_vesihuoltoverkostot\\_maantiet\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-06_vesihuoltoverkostot_maantiet_web.pdf)
- Liikennevirasto. 2018b. Tierakenteen suunnittelu. Viitattu 18.3.2022. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-38\\_tierakenteen\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf)
- Pelto-Huikko, A. & Vieno, N. 2009. Tietopaketti juomavedestä ja sen valmistuksesta Suomessa. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Viitattu. 24.11.2021. Saatavissa [http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu\\_tietopaketti\\_juomavedesta.pdf](http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_juomavedesta.pdf)
- Rakennusteollisuus RT ry. 2006. Työmaan laadunvarmistus, tarkastukset ja mittaukset. Rakennustieto. Viitattu 25.10.2021. Saatavissa <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18389#page=1>



Rakennustieto. 2018. RT 103006 Hulevesirakenteet. Viitattu 25.10.2021. Saatavissa <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/2182#page=1>

Rantanen, E., Harju, M., Norokorpi, L. & Uusitalo, J. 2013. Vaara vaanii kaivannossa. Liikennevirasto. Viitattu 5.3.2022. Saatavissa [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts\\_2013-09\\_vaara\\_vaanii\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2013-09_vaara_vaanii_web.pdf)

Sikiö, J. 2020. Kadun rakennekerrokset ja materiaalit. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. Viitattu 3.4.2022. Saatavissa <https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>

YIT. 2021. Vuosikatsaus. Viitattu 23.3.2022. Saatavissa [https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2021/yit\\_vuosikatsaus\\_2021\\_fi.pdf](https://www.yitgroup.com/siteassets/investors/annual-reports/2021/yit_vuosikatsaus_2021_fi.pdf)

## Kysymykset

1. Onko digityökaluista apua rakentamisen laadunvarmistuksessa?
2. Mitä digityökaluja käytössäsi on nyt laadunvarmistuksen tukena? kuinka ne toimivat?
3. Yleisimmät ongelmat laadunvarmistus prosessissa työmaalla?
4. Olisiko uudesta digityökalusta apua työmaalla? Esim. kännykkä sovellus
5. Mitä sen tulisi sisältää?
6. Mitä riskejä näet sovelluksen toimivuudessa työmaalla?