

Saku-Petteri Uunila

**LAADUNVARMISTUS JA RISKIEN TUNNISTAMINEN PERUS-  
TUS- JA POHJARAKENTAMISESSA**

# **LAADUNVARMISTUS JA RISKIEN TUNNISTAMINEN PERUSTUS- JA POHJARAKENTAMISESSA**

Saku-Petteri Uunila  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, infra rakentaminen

---

Tekijä: Saku-Petteri Uunila

Opinnäytetyön nimi: Laadunvarmistus ja riskien tunnistaminen perustus- ja pohjarakentamisessa

Työn ohjaaja: Jarmo Erho, lehtori, Oulun ammattikorkeakoulu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 28 + 4 liitettä

---

Infrarakennushankkeet ovat isoja kokonaisuuksia, joissa riskien tunnistaminen ja niihin varautuminen ovat kokonaisvaltaisen onnistumisen kannalta tärkeitä. Riskien tunnistaminen ja niihin varautuminen ovat olennaisia suunniteltaessa hankkeen laadunvarmistusta. Laadunvarmistamisessa määritellään, kuinka hankkeen laatu todennetaan ja kuinka riskeihin on varauduttu.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella yleisiä virheitä infra- ja pohjarakennustyömailla, sekä tutkia niiden vaikutuksia valmiiseen lopputulokseen. Tavoitteena oli luoda muistilistan tapainen ohje, jossa muistutetaan hankkeiden yleisistä virheistä ja ongelmista, joita ne aiheuttavat.

Tarkastelun pohjalta tilaajalle tehtiin riskilista infra- ja pohjarakennushankkeiden yleisistä virheistä. Tilaajan pyynnöstä riskilistan sisältämät kohdat jaoteltiin vakaviin rakenteellisiin virheisiin, työaikaisiin virheisiin ja pieniin laatuvirheisiin. Lisäksi tehtiin lista urakoitsijan toiminnallisista virheistä rakennusvaiheessa.

---

Asiasanat: laadunvarmistus, laadunvalvonta, riskianalyysi

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil engineering, Municipal engineering

---

Author: Saku-Petteri Uunila

Title of thesis: Quality Assurance and Risk Identification on Foundation Engineering

Supervisor: Jarmo Erho, Lecturer, Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017

Pages: 28 + 4 appendices

---

Civil engineering projects are major entities in which risk identification and preparedness are important for their overall success. Identifying risks and preparing them is essential when designing a project's quality assurance. Quality assurance determinates how the quality of the project is verified and how risks are being handled.

The purpose of this thesis was to look at common flaws on civil and foundation engineering sites, as well as to study their impact on final product. The goal was to create a checklist, which reminds of the general flaws in the projects and problems that those cause.

On the basis of the review, the customer was given a risk list of common flaws in civil and foundation engineering projects. At the request of the customer, the items in the risk list were broken down into the structural flaws, flaws during construction and small quality flaws. In addition, a list of contractor's functional flaws at the construction stage was made.

---

Keywords: quality assurance, quality control, risk analysis

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 LAATU JA LAADUNVALVONTA	7
2.1 Laatu eri näkökulmista	7
2.2 Rakentamisen laatu	8
2.3 Laatuvaatimukset	8
2.4 Laadunvalvonta	10
2.4.1 Tilaajan laadunvalvonta	10
2.4.2 Urakoitsijan laadunvalvonta	11
3 LAADUNVARMISTUS JA LAATUSUUNNITELMAT	13
3.1 Riskianalyysi osan laadunvarmistusta	14
3.1.1 Tilaajan laadunvarmistus	16
3.1.2 Urakoitsijan laadunvarmistus	16
3.1.3 Työnaikainen laadunvarmistus	17
3.2 Työmaakohtaiset laatusuunnitelmat	17
3.2.1 Laadunvarmistussuunnitelma	18
3.2.2 Työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat	18
4 LAATUMITTAUKSET INFRA- JA POHJARAKENNUSTYÖMAILLA	19
4.1 Kiviaineksen laatu	19
4.2 Tarkemittaukset	19
4.3 Määrämittaukset	20
4.4 Kantavuus- ja tiiveyskokeet	20
4.5 Betonikokeet	22
5 INFRARAKENTAMISEN RISKEJA JA URAKOITSIJAN TOIMINNALLISIA VIRHEITÄ	23
6 POHDINTA	24
LÄHTEET	27
LIITTEET	28

# 1 JOHDANTO

Rakentamishankkeissa laadunvarmistus on entistä tärkeämpää. Tämä johtuu laatuvaatimusten tiukentumisesta ja siitä, että asiakas vaatii investoinneilleen enemmän vastinetta. Lisäksi kustannukset hankkeissa ovat kasvaneet ja mitoitettut elinkaaret ovat pidentyneet. Näistä johtuen on tärkeää, että urakoitsija pystyy osoittamaan tilaajalle työnsä laadun täyttävän sille asetetut vaatimukset.

Rakennushankkeissa tilaaja määrittelee kohteelle laatutason. Urakoitsija esittää tarjousvaiheessa tilaajalle oman laatusuunnitelmansa, jossa selviää, kuinka työ toteutetaan, ja miten työnlaatu varmistetaan ja dokumentoidaan. Dokumentoinnissa tärkeää ovat tapahtuneen työvaiheen todennettavuus ja se, että dokumentointi on johdonmukaisesti toteutettu.

Laadunvarmistuksen onnistunut toteutuminen edellyttää hyvää kommunikointia toteutusorganisaation sisällä ja yhteistä käsitystä laadusta. Laadunvarmistukseen liittyvät myös laadunvalvonta ja laatudokumentointi sekä hankekohtainen riskianalyysi. Riskianalyysiin pohjautuvassa laadunvarmistuksessa pyritään havaitsemaan riskit etukäteen ja tekemään suunnitelmat niiden välttämiseksi. Lisäksi dokumentoidaan riskien ennaltaehkäisevät toimenpiteet ja niiden onnistuminen.

Tarkasteltaessa infra- ja pohjarakentamishankkeiden toteutusta nähdään hankkeen sisältävän useita eri riskitekijöitä eri suoritusvaiheissa, jotka vaikuttavat hankkeen laadunvarmistukseen ja lopullisen tuotteen laatuun. Laadunvarmistuksen tarkastelu mahdollisten riskien näkökulmasta antaa hyvät lähtökohdat, jotta hanke saadaan toteutettua laatuvaatimukset täyttäen.

## **2 LAATU JA LAADUNVALVONTA**

Laatu on käsitteenä monitahoinen, ja sitä voidaan määritellä useista eri näkökulmista. Laatua pyritään säätelemään ja määrittelemään erilaisten standardien ja kriteerien avulla. Usein laatua käsitellään lopputuloksen ja asiakkaan odotusten välisenä vertailuna. Laatua voidaan myös käsitellä tuotteesta tai palvelusta saatavan hyödyn perusteella, tai miten tuote tai palvelu soveltuu sille suunniteltuun käyttötarkoitukseen. (1, s. 5 - 6).

Jotta saavutettaisiin paras mahdollinen lopputulos, tulee kaikilla osapuolilla olla sama käsitys laadusta. Laatua on johdettava, valvottava ja varmistettava, jotta saavutettaisiin yhteinen käsitys laadusta. Yritystasolla laatu tulisi jakaa pienempiin osiin, jolloin valvonta ja varmistus ovat helpompaa. Kun laatu jaotellaan pienempiin osiin, voidaan panostaa pienempiin osakokonaisuuksiin ja löytää epäkohtia ja korjata niitä. Haettaessa onnistunutta lopputulosta on tärkeää mieltää laatu asiakkaan tavoin. Laatua pidetään hyvänä, kun palvelun tarjoaja on pystynyt vastaamaan asiakkaan tarpeisiin, ja asiakas on tyytyväinen lopputulokseen. (1, s. 6).

### **2.1 Laatu eri näkökulmista**

Jaoteltaessa laatua voidaan jako toteuttaa tuotteen tai palvelun laadun, ja toiminnan laadun välillä. Kun puhutaan tuotteen laadusta, se koetaan konkreettisenä ja sen mielletään olevan myös kilpailullinen valtti. Tuotteiden laatua mitattaessa laatu määräytyy sen, mukaan kuinka valmis tuote täyttää sille asetetut tavoitteet. Toiminnan laatu on organisaation sisäinen käsite, jota voidaan oikeinkäytettynä tehostaa ja kehittää toimintaa organisaation sisällä. Toiminnan laatu heijastuu suoraan tuotteen laatuun. (1, s. 6 - 7.)

Kun puhutaan suhteellisesta laadusta, tarkoitetaan asiakkaan kokemuksia tuotteesta, ja miten ne vastaavat asiakkaan tuotteelle asettamia odotuksia. Kokeusten ja odotusten kohdatessa tai ylittyessä voidaan tuotteen sanoa olevan laadukas. Laatukokemukseen vaikuttavat myös asiakaskontaktit ja se, kuinka yhteistyö on sujunut. Haettaessa laadukasta lopputulosta tulisi epäkohdat ja virheet korjata mahdollisimman nopeasti. Virheiden ehkäisyssä paras toimintamalli

on huolellinen suunnittelu. Suunnittelun taustalla tulee olla konkreettinen laatu-järjestelmä tai toimintasuunnitelma. (1, s. 6 - 7)

Laatua ei voida mitata pelkästään asiakastyytyväisyydellä. Laatua mitattaessa tulee myös huomioida, kuinka hyvin ja tehokkaasti asiakas on saatu tyytyväiseksi kulut huomioiden. Laatua tulisi parantaa jatkuvasti nostamalla suoritus-tasoa, mikäli kehitys sen sallii. (1, s. 7)

## **2.2 Rakentamisen laatu**

Rakentamishanke kehittyy prosessina koko hankkeen keston ajan vastaamaan tilaajan toiveita ja tarpeita. Valmis hanke on eri toimijoiden ja toiminnan tulos, joka on muodostunut sille annettujen tavoitteiden kokonaisuudesta. Se täyt-tääkö lopputulos sille asetetut vaatimukset, on kaikkien osatekijöiden summa.(1, s. 25).

Rakentamisen laatu syntyy, kun itse rakentamisprosessi ja tuote yhdistetään. Laatu ilmaistaan usein, kuinka tuote vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Tuot-teelle asetetut vaatimukset voidaan jakaa edelleen toiminnallisiin ja teknisiin vaatimuksiin. (1, s. 25)

Toiminnalliset vaatimukset koostuvat soveltuvuudesta suunniteltuun käyttötar-koitukseen ja kustannuksiin tuotteen elinkaaren aikana. Tärkeä osa toiminnalli-sissa vaatimuksissa on tuotteen käytön ja huollon helppous, sekä kuinka erilai-set korjaukset ja laajennukset ovat toteutettavissa. (1, s. 26)

Toiminnalliset vaatimukset rajaavat teknisiä ratkaisuja, ja asettavat niille omat vaatimuksensa. Tekniset vaatimukset voivat koskea käytettäviä materiaaleja, erilaisia turvallisuusratkaisuja, teknisiä toimintoja sekä tuotteen ulkonäköä. (1, s. 27)

## **2.3 Laatuvaatimukset**

Laatuvaatimukset ovat tuotteelle tai työlle asetettuja normeja, jotka niiden tulee täyttää. Työlle asetetut laatuvaatimukset tulisi aina löytyä suunnitelmista, raken-nusselostuksista ja työselostuksista. Rakennusselostuksissa annetaan työlle laatutaso, kun taas piirustuksissa määritellään rakenteiden mitat, sijainti ja niille



annetut toleranssit. Työselosteessa kuvataan suoritukselle annettu laatu. Laatuvaatimukset pohjautuvat pääasiassa olemassa oleviin rakenteille tai työsuorituksille annettuihin asetuksiin tai joissain tapauksissa laatuvaatimukset voivat olla kohdekohtaisia.

Rakennuttajan suunnitelmissaan esittämät laatuvaatimukset on yleensä esitetty viittauksina yleisiin laatuvaatimuksiin ja normeihin. Jos rakennuskohde on erityinen, sille voidaan määritellä myös yksilöllisiä laatuvaatimuksia. Tarkasteltaessa infra- ja pohjarakennustyömaiden laatuvaatimuksia yleisimmät viittaukset ovat:

- työkohtaiset työselitykset
- suunnitelmapiirustukset
- InfraRYL 2010
- pohjarakennusohjeet, RIL
- RakMk, B3, pohjarakennus
- YSE 1998
- rakennuttajan rakennusaikana antamat ohjeet ja määräykset
- betoninormit by50.

Tarkasteltaessa vaatimusten pätemisjärjestystä työselostuksissa esitetyt vaatimukset tulevat aina ennen InfraRYL:n ja muissa yleisohjeissa tulevia vaatimuksia.

Jotta voidaan tuottaa laadukasta työtä, on olennaista ymmärtää laatuvaatimukset ja varmistaa, että laatuvaatimukset ovat yksiselitteisiä. Työnsuorittajalta ei voida odottaa laatuvaatimuksia täyttävää työsuoritusta, jos työnsuorittaja ei tiedä, mitä häneltä vaaditaan. (1, s. 37 – 38).

Tilaaajalla on myös tärkeä rooli, jotta laatu täyttäisi sille sopimuksessa esitetyt vaatimukset. Tilaajan tulee huolehtia, että urakoitsijalla on olemassa laaduntuotoon vaadittavat edellytykset. Tilaajan on varmistettava, jotta (YSE 1998, 9 §) mukaiset myötävaikutusvelvollisuudet täyttyvät. Nämä velvollisuudet ovat:

- viranomaislupien hankkiminen

- kaikki työmaalle toimitetut suunnitelmat ovat tarkastettuja ja niiden yhteensopivuus muiden suunnitelmien kanssa on varmistettu
- urakoitsija saa suunnitelmat sovitun aikataulun mukaisesti
- tilaajan hankinnat tapahtuvat sovitun aikataulun mukaisesti.

## **2.4 Laadunvalvonta**

Laadunvalvontaan sisältyvät kaikki ne toiminnot ja toimenpiteet, joiden avulla voidaan valvoa yrityksen tarjoamien tuotteiden ja palveluiden laatua. Työkohteen laadunvalvontaa suorittaa tilaajan edustaja. Lisäksi urakoitsijan tulee suorittaa myös omakohtaista laadunvalvontaa.

### **2.4.1 Tilaajan laadunvalvonta**

Tilaaja voi suorittaa laadunvalvontaa omana työnään tai vaihtoehtoisesti teettää valvonnan joko kokonaan tai osittain ulkopuolisella konsultilla. Tehtävään asetulla henkilöllä tulee olla riittävät pätevyudet valvontaan yleisten sopimusehtojen mukaan. Tilaajan valvojan ensisijaisena tehtävänä on varmistaa urakoitsijan työn lopputuloksen vastaavan sille asetettuja vaatimuksia. Samalla varmistetaan, että urakoitsija noudattaa viranomais määräyksiä, hyvää rakennustapaa sekä lakeja ja asetuksia. Valvonnalla pyritään estämään ongelmien ja virheiden syntymistä antaen suunnitelmia täsmentäviä neuvoja ja ohjeistuksia. (2, s. 61 - 62).

Valvojan valtuuden määritellään urakkakohtaisesti urakka-asiakirjoissa. Valvojalla ei ole oikeutta määrätä tai sopia muutoksia urakkaan ilman tilaajan valtuutusta. Tilaajan valvoja on oikeutettu tekemään tarkastuksia työn suorituspaikoilla ja rakennustarvikkeiden valmistuspaikoissa. Valvonta tulisi olla tarkastavaa sekä kokeisiin ja mittauksiin perustuvaa. Valvoja on oikeutettu käyttämään urakoitsijan omia mittaus- ja tarkastustietoja omassa työssään. (2, s. 61 - 62.) (3, 59 - 62. §)

Valvojan suorittaman valvonnan tulee täydentää suunnittelijoiden suorittamaa valvontaa. Yleisesti suunnittelijan valvonta tarkoittaa suunnitelmien toteutumisen seuranta, sekä teknisten ohjeiden antamista, jotka täydentävät ja tulkitse-

vat jo olemassa olevia teknisiä ohjeita. Kuitenkaan suunnittelijoilla ei ole oikeutta muutattaa suunnitelmia, ja töiden hyväksyminen edellyttää erillistä tilaajan valtuutusta. (2, s. 61)

Valvoja ei kuitenkaan saa johtaa työtä urakoitsijan puolesta. Havaitessaan virheitä urakkasuoritteessa on niistä huomautettava urakoitsijalle, jonka on korjattava virheet. (2, s. 62).

Tilaajan suorittama valvonta ei vähennä tai rajaa urakoitsijan omaa sopimuskannun mukaista vastuuta, ellei tilaaja ole laiminlyönyt vakavaa laatuvirhettä koskevaa huomautusta. (3, 62. §)

## **2.4.2 Urakoitsijan laadunvalvonta**

Urakoitsijalta edellytetään työmaalla tapahtuvaa laadunvalvontaa, joka on määritelty rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa (YSE 1998). Laadunvalvontaa voidaan suorittaa erilaisin mittauksin, katselmuksin ja tarkastuksin. Lisäksi laadunvalvontaan sisältyy laadunvalvonnasta suoritettujen todistusten tarkastus ja arkistointi. (3, 11. §)

Laadunvalvonnalle on asetettu rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa (YSE 1998) seuraavia määräyksiä:

- Urakoitsijan tulee tarkastaa suorituksensa laatu ja korjata mahdolliset virheet ennen luovutusta tilaajalle.
- Vakavat laatuvirheet tulee ilmoittaa tilaajan edustajalle ja esittää toimenpiteet niiden korjaamiseksi.
- Rakennustavarat ja rakennusosat tulee tarkastaa ennen kuin niitä aletaan käyttämään ja tarkkailla niiden laatua työn aikana. Järjestelmät ja laitteet toimivuus tulee tarkastaa ennen käyttöönottoa tai viimeistään kun vastaanottotarkastusta suoritetaan.
- Urakoitsija vastaa sopimusasiakirjoissa sekä säädöksissä ja normeissa mainituista tarpeellisista kokeista laadun varmistamiseksi
- Sopimuksen vastaiset tarvikkeet ja laitteet on poistettava työmaalta välittömästi.

- Tilaja on perustelluista syistä oikeutettu vaatimaan muitakin puolueettomia kokeita kuin edellä on mainittu. Urakoitsijalla vastaavasti sama oikeus, jos työsuorituksen korjaamista vaaditaan virheellisenä. Näissä tapauksissa kustannuksista vastaa urakoitsija, jos suoritus todetaan virheelliseksi, muissa tapauksissa kustannuksista vastaa tilaja. (3, 11. §)

Laatuvastuurakentamisessa urakoissa tilaja määrittelee laatutason. Urakoitsija suorittaa työn joko tilajan määrittelemällä menetelmällä (T-urakka) tai itse suunnittelemlaan menetelmällä (ST-urakka). LVR-urakoissa urakoitsija todentaa ja osoittaa lopputuloksen laadun tilaajalle raportoimalla urakan toteutumisesta tarjouksessa esitetyn laatusuunnitelman mukaisesti. Osana urakan laatua on myös kahden vuoden takuu aika, jonka aikana urakoitsija on vastuussa lopputuloksessa ilmenevien laatu poikkeamien ja virheiden korjaamisesta. Laatu vastuu urakoissa siis urakoitsija on vastuussa omasta työnlaadustaan ja sen todentamisen raportoinnista ja dokumentoinnista. (4.)

### 3 LAADUNVARMISTUS JA LAATUSUUNNITELMAT

Laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistaa, että tehdyt rakenteet ovat yhteneväisiä verrattaessa niitä suunnitelma-asiakirjoihin. Laadunvarmistuksen kannalta on tärkeää, että laatuvaatimukset ja informaatio kulkevat kaikkien rakennusurakkaan osallistuvien osapuolten välillä. Osapuoliksi rakennushankkeessa luetaan rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsijat, aliurakoitsijat ja myös työntekijät.

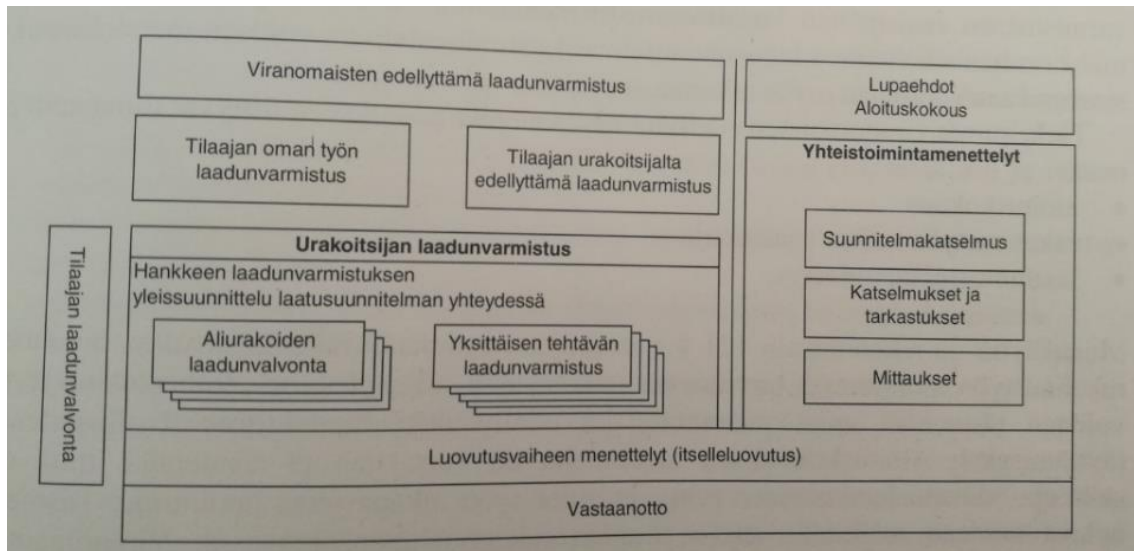
Laadunvarmistus kattaa kaikki toimenpiteet, jotka ovat tarpeellisia vaaditun laadun saavuttamiseksi ja sen varmistamiseksi. Laadunvarmistus pitää sisällään laaduntarkastuksen, joka suoritetaan esim. tekemällä erilaisia kokeita ja mittauksia, joista saatuja tuloksia verrataan asetettuihin vaatimuksiin.

Laadunvarmistus jaetaan sisäiseen- ja ulkoiseen laadunvarmistukseen. Sisäisessä laadunvarmistuksessa urakoitsija vastaa itse omista toiminnoistaan oman laatujärjestelmänsä mukaisesti. Sisäisessä laadunvarmistuksessa on tärkeää, että myös työntekijät ovat tietoisia yrityksen laatujärjestelmästä sekä työn edellyttämistä muista laadullisista toimenpiteistä. Ulkoisessa laadunvarmistuksessa laadunvarmistus annetaan ulkopuolisen toimijan valvottavaksi. Ulkopuolinen toimija raportoi oman näkemyksensä edelleen asiakkaalle. Tarvittaessa ulkopuolinen valvoja puuttuu ja raportoi havaitsemansa puutteet ja epäkohdat sekä urakoitsijalle, että asiakkaalle.

Jotta työnlaatu vastaisi laatuvaatimuksia ja virheiltä vältyttäisiin, ei laadunvarmistamista voida jättää pelkästään tarkastusten varaan. Laadunvarmistuksen kannalta siis on tärkeää, että itse työntekijä saa tarvittavat tiedot työlle asetetuista laatuvaatimuksista ja ymmärtää niiden merkityksen. Eri osapuolten yhteistoiminnan kehittäminen on myös laadunvarmistamisen osatekijä. (1, s. 36 - 39).

Laatusuunnitelma on urakoitsijan omaa toimintaa ohjaava ja varmistava asiakirja. Laatusuunnitelmassa urakoitsija esittää tilaajalle tiedot itsestään, urakkaiset menettely ja toiminta tavat, laadunohjauksen ja laadunvarmistuksen toimen-

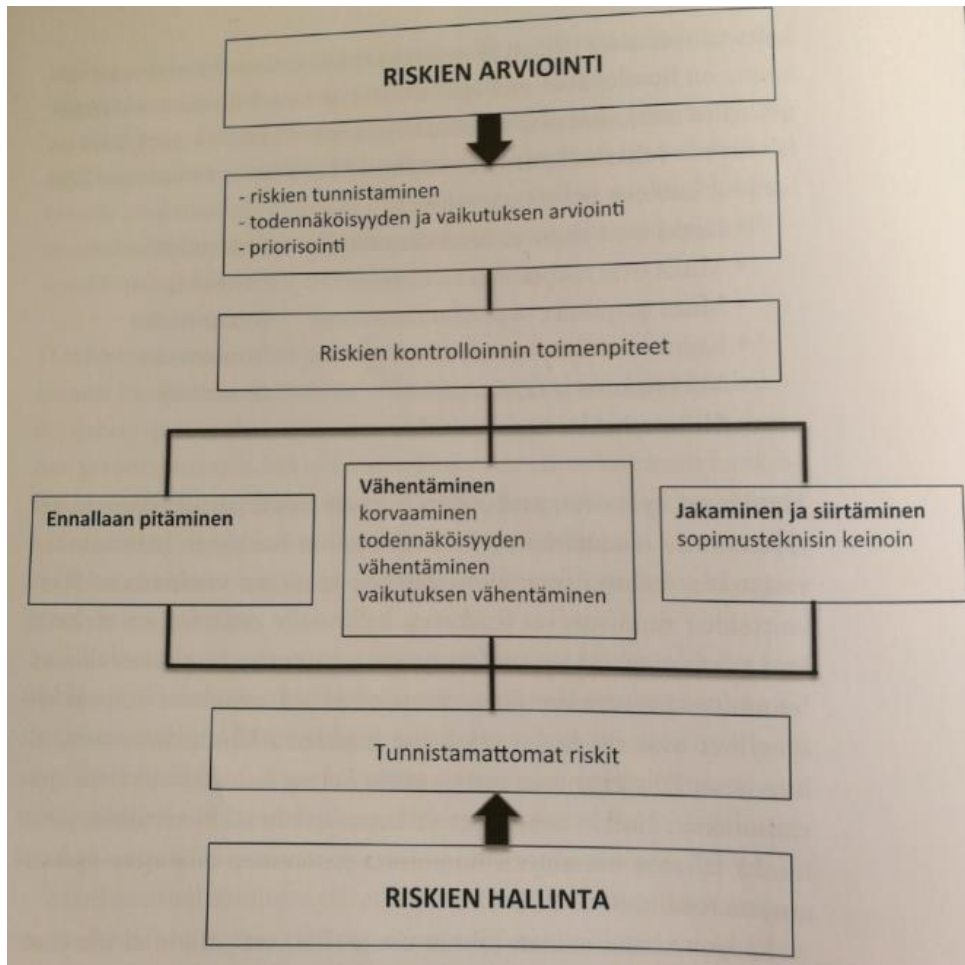
piteet sekä toiminnan ja laadunvarmistuksen dokumentointitavat. Laatusuunnitelmassa esitetään myös liikenne- ja työturvallisuuden huomioiminen ja ympäristöasiat. Laatusuunnitelma esittää urakoitsijan keinot ja toimintatavat, joilla varmistetaan urakan toteutuminen tilaajan vaatimusten mukaisesti. Työmaalla on yleensä työmaan yleinen laatusuunnitelma ja lisäksi jokaista päätyövaihetta koskevat omat työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat.



KUVA 1. Työmaan laadunhallinnan osatekijät (1, s.39).

### 3.1 Riskianalyysi osan laadunvarmistusta

Riskianalyysin tarkoituksena on tunnistaa, ja ennaltaehkäistä tai minimoida riskien negatiiviset vaikutukset rakennushankkeeseen. Samalla pyritään selvittämään riskien toteutumisen todennäköisyydet ja mitkä ovat aiheutuneet seuraukset, jos riski toteutuu. Rakennushankkeen riskianalyysiä tehtäessä käytetään hyväksi olemassa olevaa tietoa ja aiempia kokemuksia vastaavista työkohteista. Riskianalyysin perusteella voidaan suunnitella toimenpiteet riskien kontrolloimiseksi, ja kuinka riskien toteutumisen ennaltaehkäisevät toimenpiteet ja niiden onnistuminen dokumentoidaan. (1, s.49 – 53) (5, s.74 - 78)



KUVA 2. Riskienhallinta prosessi (5. s.76).

Infrahankkeiden riskit ovat tyypillisesti luonteeltaan monitahoisia. Riskien toteutuminen johtuu yleisesti siitä, että niihin ei osata varautua, huomata tai kiinnitetä huomiota riittävän aikaisin. (5, s.75).

### **3.1.1 Tilaajan laadunvarmistus**

Tilaajalla on myös tärkeä rooli, jotta laatu täyttäisi sille sopimuksessa esitetyt vaatimukset. Tilaajan tulee huolehtia, että urakoitsijalla on olemassa laaduntuotoon vaadittavat edellytykset. Tilaajan on varmistettava, jotta YSE 1998, 9 § mukaiset myötävaikutusvelvollisuudet täyttyvät. Nämä velvollisuudet ovat:

- tarvittavien viranomaislupien hankkiminen
- työmaalle toimitetut suunnitelmat ovat tarkastettuja ja niiden yhteensopi-  
vuus muiden suunnitelmien kanssa on varmistettu
- urakoitsija saa suunnitelmat sovitun aikataulun mukaisesti
- tilaajan hankinnat tapahtuvat sovitun aikataulun mukaisesti.

Tilaajan pääasiallinen tehtävä on toteuttaa rakentamisvaiheen työmaavalvonta (YSE 1998, 59-62 §). Yleensä työmaavalvonnan suorittaa tilaajan nimeämä työ-  
maavalvoja. Työmaavalvojan ensisijaisena tehtävänä on varmistaa urakoitsijan  
tekemän työn sopimuksenmukaisuus. Toissijaisena tehtävänä on virheiden ja  
ongelmien ennaltaehkäisy. (1, s. 43 – 44).

### **3.1.2 Urakoitsijan laadunvarmistus**

Laadunvarmistus on osa hankkeen suunnittelua ja toteutusta. Lähtökohtana urakoitsijan laadunvarmistukselle ovat tilaajan työlle edellyttämät laadunvarmistustoimet. Nämä tilaajan asettamat vaatimukset luovat yleissuunnitelman laadunvarmistukselle. Yleissuunnitelman lisäksi tehdään työkohtainen laadunvarmistussuunnitelma, jolla urakoitsija varmistaa oma työsuorituksensa laatuvaatimusten täyttymistä. Laadunvarmistukseen kuuluvat vielä yleisten sopimusehtojen edellyttämät katselmukset, mittaukset, tarkastukset ja lopullisen urakan vastaanotto. YSE 10.1 § mukaan urakoitsija on velvollinen noudattamaan sopimusasiakirjoissa esitettyä laadunvarmistusta.

Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteissä tehtävät jakautuvat koko työmaan kattaviin laadunvarmistustoimenpiteisiin, sekä lukuisiin yksittäisiin tehtäviin koskeviin laadunvarmistustoimenpiteisiin. Urakoitsijan tulee vaadittaessa esittää



kirjallisesti esittää laadunvarmistuksensa tilaajalle rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998) mukaan. Laadunvarmistus on yleensä osana urakoitsijan laatusuunnitelmaa. Urakoitsija on velvollinen tekemään itselleluovutuksen ennen kohteen luovuttamista rakennuttajalle. (5, s. 138-141.)

### **3.1.3 Työnaikainen laadunvarmistus**

Laadunvarmistaminen esitetään tilaajalle kirjallisesti ennen töiden aloitusta. Urakoitsija toimittaa tilaajalle työmaata koskevan laatusuunnitelman. Laatusuunnitelman tulee sisältää myös työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat. Työt voidaan aloittaa vasta sitten, kun tilaaja on hyväksynyt urakoitsijan laatusuunnitelmat. (5, s. 138.)

### **3.2 Työmaakohtaiset laatusuunnitelmat**

Laatusuunnitelmassa esitetään urakassa käytettävät materiaalit, urakassa käytettävät resurssit ja esitellään toteuttamisesta vastaavat henkilöt ja heidän vastualueensa. Laatusuunnitelma kertoo, miten toiminnan ja tuotteiden laatu varmistetaan. Lisäksi esitetään, kuinka tiedot kerätään ja raportoidaan tilaajan edustajalle. (1, s.48 – 51).

Hyvän laatusuunnitelman tulisi sisältää seuraavat asiat:

- yrityksen sisäisen laatujärjestelmän
- laatusuunnitelman tavoitteet ja tarkoituksen
- riskianalyysin
- rakennuskohteen
- urakoitsijan organisaation
- riskikartoituksen
- työntekijöiden perehdytyksen
- materiaalien hankinnan ja niiden laadunvarmistuksen
- mahdollisten aliurakoitsijoiden käytön
- tiedonkulun ja laadunvarmistamisen
- menettelyt poikkeustapauksissa.

### **3.2.1 Laadunvarmistussuunnitelma**

Laadunvarmistussuunnitelma on osa laatusuunnitelmaa, jolla on tarkoitus osoittaa laatuvaatimusten todentaminen ja kuka todentamisesta on vastuussa, sekä selvittää kuinka tiedot dokumentoidaan.

Laadunvarmistussuunnitelmien ideana on paikallistaa ja torjua etukäteen suunnittelussa, toteutuksessa ja lopputuloksessa mahdollisesti syntyviä virheitä ja suunnitella, kuinka nämä voidaan estää. Samalla voidaan varmistua siitä, että työt valmistuvat ajallaan ja töiden lopputulos vastaa sille annettuja laatuvaatimuksia. (1, s.48 – 49)

### **3.2.2 Työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat**

Jokaiselle kohteen päätyövaiheelle laaditaan oma työvaihekohtainen laatusuunnitelma. Työvaihekohtaisten laatusuunnitelmien perustana käytetään työselosteissa eri säädösten ja normien antamia ohjeita. Infra- ja pohjarakentamisen ohjeina toimivat yleensä InfraRYL 2010 ja RIL-ohjeistuksia.

Työvaihekohtaisen laatusuunnitelman tulisi sisältää työvaiheessa tarvittavat resurssit ja materiaalit. Työvaihetta edeltävät valmistelut, erityisesti peittyvissä rakenteissa on tärkeää hyväksyttävä peittyvä rakenne ennen seuraavan vaiheen aloittamista. Kiinnitetään huomio työturvallisuuteen, laatuvaatimukseen ja siihen kuinka laatu varmistetaan. (1, s.53 - 54).

Infra-työmailla työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat laaditaan yleensä maanleikkauksille, alku- ja lopputäytöille, eristyksille, kerrosrakenteille, putkilinjoille, kun käytetään kaivantotukia sekä pilaantuneiden maiden käsittelylle.

## **4 LAATUMITTAUKSET INFRA- JA POHJARAKENNUSTYÖ- MAILLA**

Infra-ja pohjarakennustyömailla laadunvalvonnassa ja -varmistuksessa käytetään lukuisia erilaisia mittauksia todentamaan työnlaatu. Mittauksista ja kokeista saatavia tuloksia voidaan verrat helposti annettuihin arvoihin, ja näin varmistua työnlaadusta.

### **4.1 Kiviaineksen laatu**

Rakennuskohteeseen tuodusta kiviaineksestä tulee olla saatavilla rakeisuus-  
käyrät, lisäksi kiviaines täytyy olla muiden rakennustuotteiden tavoin CE-merkit-  
tyä. Kiviaines CE-merkitään tuotteittain ja käyttökohteittain. CE-merkinnästä tu-  
lee selvitä tuotteen tekniset ominaisuudet. CE-merkinnän hankinnasta vastaa  
tuotteen valmistaja ja CE-merkinnän voi antaa ainoastaan hyväksytty laborato-  
rio. (6, s.3 - 7)

### **4.2 Tarkemittaukset**

Tarkemittauksia suoritetaan pääasiassa satelliittipaikannuksella tai täkymetrimit-  
tauksena. Mittauksia tehdään maanleikkauksista, eri rakennekerroksista, kaa-  
peleista, putkilinjoista ja kaivoista sekä rakenteista. Mittauksessa valmis ra-  
kenne mitataan ja saadun mittausdatan perusteella voidaan varmistaa, ovatko  
rakenteet niille määrätyillä paikoilla. Mittauksella voidaan tarkistaa rakenteen  
korkeusasema ja sijainti (x, y, z-koordinaatistossa).

Mittausdatasta saadaan piirrettyä tarkepiirustukset. Tarkepiirustuksista voidaan  
verrata suunniteltua rakennetta toteutuneeseen, ja näin ollen osoittamaan työn-  
laatu.



*KUVAT 3 ja 4. Täkyometri, ja GPS-sauva ja maastotietokone.*

### **4.3 Määrämittaukset**

Toteutuneet massamäärät todennetaan yleensä Infra 2015 Määrämittausohjeen mukaisesti. Rakennuskohteelle tehdään uusi pintavaaitus, jota verrataan joko edeltävään tai alkuperäiseen pintavaaitukseen. Mittaustulosten erotus vastaa toteutunutta massamäärää.

### **4.4 Kantavuus- ja tiiveyskokeet**

Kantavuus- ja tiiveyskokeilla tarkastellaan täyttö- ja pohjatöiden laatua. Infra- ja pohjarakennustyömailla yleisesti käytössä olevat menetelmät ovat Troxler-laitteella suorittu tiiveyden mittausta. Troxler-laitteella suoritettuja mittaustuloksia verrataan laboratorio-olosuhteissa suoritettuun paranneltuun Proctor-sullontakokeen tuloksiin.



*KUVA 5. Troxler 3440-laitteisto*

Rakenteiden kantavuuden määrittämiseksi voidaan työmaalla tehdä perinteinen, staattinen levykuormituskoe. Levykuormituskokeessa vastapainona toimii yleensä jokin työmaalla olevista työkoneista.



*KUVA 6. Levykuormituskoe työmaolosuhteissa*

## 4.5 Betonikokeet

Isompia betonivaluja suoritettaessa betonimassasta otetaan tilaajan osoittama määrä koekappaleita. Koekappaleille suoritetaan SFS-standardien määräämät puristuslujuuskokeet, joilla varmistetaan betonin tavoitelujuuden saavuttaminen. Lisäksi varmistetaan betonin pakkasenkestävyys suorittamalla huokosjakotutkimus, sekä tehdään betonointipöytäkirjat ja suoritetaan betonirakenteen lämpötilanseuranta.



*KUVA 6 ja 7. Betonin testausmuotteja ja puristuslujuuden testauslaitteisto*

## **5 INFRARAKENTAMISEN RISKEJA JA URAKOITSIJAN TOIMINNALLISIA VIRHEITÄ**

Varsinainen työ tehtiin yhteistyössä Fingrid Oyj:n suunnittelija Mikael Wírenin kanssa. Kahdenkeskisten keskusteluiden ja sähköpostitse käytyjen pohdintojen pohjalta luotiin riskilista yleisistä infra- ja pohjarakennustyömailla tapahtuvista ja tapahtuneista virheistä. Listaan pyrittiin avaamaan eri työvaiheiden virheitä ja niiden aiheutumisen syitä. Virheet pyrittiin jaottelemaan kolmeen eri kategoriaan: vakaviin rakenteellisiin virheisiin, pieniin laatuvirheisiin ja työnaikana korjattaviin virheisiin. (Liitteet 1 ja 2)

Samalla laitettiin alulle tietopankki, johon lisättiin jo tapahtuneita rakennusvirheitä. Tulevaisuudessa virheen tapahduttua virhe tulee analysoida ja lisätä tietopankkiin. Tietopankin ideana on muistuttaa rakennuttamisen eri vaiheissa tapahtuneista virheistä, jotta samoja virheitä ei toistettaisi.

Lisäksi haluttiin erillinen selvitys urakoitsijan toiminnallisista virheistä rakennusvaiheen aikana ja niiden vaikutuksesta rakennushankkeeseen. Urakoitsijan toiminnallisiin virheisiin kerättiin virheitä, joita urakoitsijat ovat omalla toiminnallaan aiheuttaneet. Pääkohtina urakoitsijan toiminnallisista virheistä nousivat esille huono kommunikointi ja tiedonkulku, puutteellinen dokumentointi, piittaamattomuus työkohdetta kohtaan sekä ongelmat aikataulujen ja lupauksen pitämisessä. (Liite 3)

Lopuksi tehtiin muutama esimerkki infra- ja pohjarakentamisen laatudokumenteista. Kyseisissä dokumenteissa käsitellään betonirakenteita ja niitä edeltäviä töitä, kuvatusjärjestelmiä ja työtapamenettelyn hyväksyntää. (Liite 4)

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin infra- ja pohjarakentamisessa tapahtuvia laatuvirheitä riskianalyysin kautta, sekä urakoitsijan toiminnasta johtuvia virheitä. Tapahtuneiden laatuvirheiden kautta luotiin riskilista, johon listattiin yleisiä infra- ja pohjarakennustyömailla tapahtuvia laatuvirheitä ja niiden aiheutumisen syitä. Lisäksi pohdittiin virheiden aiheuttamia ongelmia, niiden laajuutta ja niistä aiheutuvia kustannuksia. Tutkittaessa rakennusvirheitä ja niistä aiheutuvia seurauksia huomattiin, että jopa pieneltä tuntuvat virheet voivat aiheuttaa vakavia rakenteellisia virheitä, kun ne jäävät huomaamatta. Riskien tunnistamisen pohjalta niihin voidaan kiinnittää huomiota laadunvarmistuksen näkökulmasta.

Pohjana luoduille dokumenteille käytettiin Fingrid Oyj:n suunnittelija Mikael Wírenin antamia tietoja ja ehdotuksia. Lisäksi käytin omia henkilökohtaisia kokemuksia ja tietoja eri infrarakennushankkeiden toteuttamisesta urakoitsijan työnjohtajana ja työmaapäällikkönä.

Kun virheitä ryhdytään vähentämään koko rakennusketjun aikana, hyvä kommunikaatio koko rakennuttamiseen osallistuvan organisaation välillä on ensiarvoisen tärkeää. Kommunikaation tulee toimia työolosuhteissa molempiin suuntiin. Kommunikaation toimiessa organisaation eri toimijoiden välillä ongelmat ja virheet on mahdollista paikallistaa ja huomata ajoissa. Tällöin virheisiin voidaan puuttua, kun niitä ei ole vielä tapahtunut tai ne eivät ole kasvaneet liian suuriksi ja ne on vielä mahdollista korjata.

Ennen suunnitteluvaihetta tulisi rakennuskohteen lähtötiedot kartoittaa nykyistä huolellisemmin. Tämä tarkoittaa, että rakennuskohteelle tulisi tehdä pinta-vaaitus, entistä paremmat ja kattavammat maaperätutkimukset ja kartoittaa olemassa olevat rakenteet alueella. Lähtötietojen tarkentamisella luotaisiin suunnittelijoille paremmat edellytykset toteuttaa laadukas suunnittelutulos.

Suunnitteluvaiheessa keskeiseksi asiaksi nousi suunnitelmien tarkastaminen ja suunnittelijan käyminen varsinaisella toteutuspaikalla. Käymällä toteutuspaikalla suunnittelija saisi kuvan alueesta ja voisi myös todentua saamistaan lähtötie-



doista, sekä tarvittaessa pyytää lisäinformaatiota. Suunnitelmat tulisi aina tarkastaa ristiin mahdollisten virheiden ja poikkeamien löytämiseksi. Niin ikään vanhoista rakenteista tulisi saada tietoon ns. as built-kuvat, jotta uuden rakenteen liittyminen vanhaan voitaisiin varmistaa. Näiden lisäksi olisi suotavaa sijoittaa rakenne sijoituskohteen 3D-malliin. Näin varmistuttaisiin, että varsinaisessa rakennusvaiheessa ei tulisi yllättäviä sovitusongelmia.

Varsinaisessa toteutusvaiheessa huolellinen suunnittelu on avain hyvään lopputulokseen. Eri työvaiheiden suunnittelussa on tärkeää tiedostaa työvaiheen sisältämät riskit ja pyrkiä poistamaan mahdolliset riskitekijät. Mikäli riskitekijöitä ei voida kokonaan poistaa niiden aiheuttamat vaikutukset tulee minimoida varautumalla niihin. Hyvä työvaiheen suunnittelu ei pelkästään riitä, vaan myös työntekijöiden tulisi noudattaa työsuunnitelmaa. Omakohtaisien kokemusten pohjalta tämä toimii parhaiten kertomalla työntekijöille, miksi työ suoritetaan tietyllä tavalla ja jakamalla heille vastuuta työnsä suorituksesta.

Hyvä dokumentointi on olennainen osa lopullista laadunvarmistusta. Hyvässä dokumentoinnissa avainasemassa ovat selkeys, järjestelmällisyys, paikannettavuus ja todennettavuus. Dokumentteja tehtäessä niistä tulee käydä selkeästi ilmi se mitä, miten ja miksi on tehty. Huolellisella dokumentoinnilla voidaan varmistaa tehtyjen rakenteiden laatuvaatimusten täyttyminen. Nykyään dokumentit ovat yhä enemmän digitaalisessa muodossa ja jokaisella työmaalla olevalta henkilöltä löytyy jonkinlainen kameralla varustettu puhelin. Tämän vuoksi dokumentteihin olisi hyvä lisätä entistä enemmän kuvia työn suoritusvaiheista. Kuviin on mahdollista lisätä myös paikkakoordinaatit, jotka helpottavat kuvan paikantamista. Yhdistettäessä nämä suoritettuihin mittaus tuloksiin saadaan aikaan hyvä laadunvarmistusdokumentointi.

Virheitä tapahtuu aina, vaikka hankkeen kaikki vaiheet ovat suunniteltu kuinka hyvin tahansa. Kun virhe huomataan tapahtuneen, on tärkeää reagoida siihen välittömästi. Virheeseen reagoinnin tapahtuessa nopeasti voidaan virhe eliminoida hyvinkin pienillä korjaustoimenpiteillä. Korjaavien toimenpiteiden lisäksi

on tärkeää selvittää, mikä tai miksi virhe on aiheutunut. Virheen syistä, seurauksista ja korjaustoimenpiteistä tehdään raportti, jonka tallennetaan tietopankkiin, jotta virhettä ei toistettaisi tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

1. Kankainen, Jouko - Junnonen, Juha-Matti. Rakennustieto 2001. Laatuajat-  
telu ja rakennustyömaan laatutoiminnot
2. Kankainen, Jouko - Junnonen, Juha-Matti. Rakennustieto 2001. Rakentami-  
nen
3. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. Helsinki: Rakennustieto  
Oy.
4. Erho, Jarmo. Infrahankkeen rakennuttaminen kurssimateriaali
5. Lindholm, Mika - Junnonen, Juha-Matti. Suomen Rakennusmedia Oy 2012.  
Infrahankkeen tuotannonhallinta
6. Infra ry. Kiviainesten laatuvaatimukset hankinnoissa  
[http://www.infra.fi/files/3740\\_CEmerkintjahankinnoissakytettvtkiviainestenlaatu-  
vaatimukset.pdf](http://www.infra.fi/files/3740_CEmerkintjahankinnoissakytettvtkiviainestenlaatu-<br/>vaatimukset.pdf)

## **LIITTEET**

Liite 1 Infra55-riskilista

Liite 2 Vakavat rakenteelliset virheet, työnaikaiset virheet ja pienet laatuvirheet

Liite 3 Urakoitsijan toiminnalliset virheet

Liite 4 Laatudoku

