



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Rinta-Keturi

# PUTKISTOSUUNNITTELUPROSESSIN TARKASTUS- JA HYVÄKSYNTÄKÄYTÄNNÖT

Case Sweco Finland Oy

Tekniikka  
2024

## TIIVISTELMÄ

|                    |  |
|--------------------|--|
| Tekijä             | Rinta-Keturi, Niko   |
| Opinnäytetyön nimi | Putkistosuunnitteluprosessin tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt Case Sweco Finland Oy |
| Vuosi              | 2024   |
| Kieli              | suomi  |
| Sivumäärä          | 56 + 2 liitettä  |
| Ohjaaja            | Shekhar Satpute  |

---

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on edistää suunnittelutyön tarkastus- ja hyväksymisprosessien kehitystä Sweco Finland Oy:n Teollisuus ja energia-liiketoimintayksikössä osana Pakki 2.0 -kehityshaketta. Tarkoituksena on systemaattisesti arvioida nykytilanne sekä hahmottaa erilaisia toimintatapoja taustatutkimuksen pohjalta.

Tutkimus toteutetaan haastattelututkimuksella, jonka avulla pyritään ymmärtämään teollisuuden putkistosuunnittelun tarkastuksen ja hyväksynnän prosessin vaatimuksia ja etenemistä. Haastattelututkimus toteutetaan haastatteleamalla projektihenkilöitä, joiden näkökulmasta selvitetään nykyisiä käytäntöjä ja prosessin vaiheita.

Haastattelututkimuksen avulla kerättyjen tietojen pohjalta muodostettiin kattava kokonaiskuva putkistosuunnittelun tarkastuksen ja hyväksynnän toteuttamisen vaiheista Sweco Finland Oy:ssä. Tämän opinnäytetyön avulla pystyin myös luomaan itselleni vahvan tietopohjan putkistosuunnittelun laadunvarmistusprosesseista. Hankitut tiedot tulevat tukemaan omaa työskentelyä putkistosuunnittelun parissa.

## ABSTRACT

|                    |  |
|--------------------|--|
| Author             | Rinta-Keturi, Niko   |
| Title              | Piping Design Process Inspection and Approval Practices<br>Case Sweco Finland Oy |
| Year               | 2024   |
| Language           | Finnish  |
| Pages              | 56 + 2 Appendices  |
| Name of Supervisor | Shekhar Satpute  |

---

The purpose of this study is to promote the development of inspection and approval processes in the Industrial and Energy business unit of Sweco Finland Oy as part of the Pakki 2.0 development project. The aim is to systematically assess the current situation and outline various approaches based on background research.

The study will be conducted through interview research, aiming to understand the requirements and progression of inspection and approval processes in industrial piping design. The interview research will be carried out by interviewing project personnel, whose perspectives will be used to investigate current practices and process stages.

Based on the information collected through the interview research, a comprehensive overall picture of the stages of implementation of pipeline design inspection and approval was formed at Sweco Finland Oy. With the help of this thesis, I was also able to create for myself a strong knowledge base about the quality assurance processes of pipeline design. The acquired information will support my own work on pipeline design.

---

Keywords                    inspection,    approval,    design,            piping design

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | JOHDANTO.....  | 9  |
| 1.1 | Opinnäytetyön tausta .....   | 10 |
| 1.2 | Tutkimuksen tavoite .....  | 11 |
| 2   | YRITYSESITTELY .....   | 12 |
| 2.1 | Sweco Finland .....  | 12 |
| 2.2 | Teollisuus ja Energia -liiketoimintayksikkö .....                            | 13 |
| 2.3 | Pakki 2.0 -kehityshanke .....  | 13 |
| 3   | TUTKIMUKSEN METODOLOGIA .....  | 14 |
| 3.1 | Tutkimusongelma .....  | 14 |
| 3.2 | Tutkimusmenetelmä.....   | 14 |
| 4   | PUTKISTOSUUNNITTELUN DOKUMENTAATION TARKISTUS- JA<br>HYVÄKSYNTÄPROSESSI..... | 16 |
| 4.1 | Laatu yleiskäsitteenä.....   | 18 |
| 4.2 | Laadunhallinta ja -varmistaminen osana suunnitteluprojektia.....             | 20 |
| 4.3 | Putkistosuunnittelun tavoitteet.....   | 21 |
| 4.4 | Lait ja standardit osana putkistosuunnittelua .....                          | 22 |
| 4.5 | Suunnitteluvaiheen aikainen tarkastaminen ja hyväksyminen .....              | 23 |
| 4.6 | Mallikatselmointi .....  | 29 |
| 4.7 | Loppudokumentaation tarkastaminen ja hyväksyminen .....                      | 30 |
| 5   | TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....  | 36 |
| 6   | TUTKIMUSTULOKSET JA ANALYSOINTI.....   | 39 |
| 6.1 | Prosessin vaiheet .....  | 39 |
| 6.2 | Laadunvarmistusmenetelmät.....   | 41 |
| 6.3 | Muutokset ja poikkeamien käsittely.....                                      | 42 |
| 6.4 | Laadunhallinnan dokumentointi.....   | 43 |

|  |    |
|--|----|
| 6.5 Aikataulu ja resurssienhallinta..... | 46 |
| 6.6 Ohjelmistot ja työkalut .....        | 47 |
| 6.7 Tuloksien analysointi.....           | 48 |
| 7 YHTEENVETO .....                       | 52 |
| LÄHTEET .....                            | 54 |
| LIITTEET .....                           | 57 |

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

|  |    |
|--|----|
| <b>Kuva 1.</b> Kodakin viisi laadun periaatetta.....   | 10 |
| <b>Kuva 2.</b> Asiantuntijoiden jakautuminen eri toimialojen kesken Sweco Finlandin organisaatiossa (Sweco Finland Oy, 2022).....          | 13 |
| <b>Kuva 3.</b> Esimerkki putkistosuunnitteluprojektin projektiorganisaatiosta. ....  | 17 |
| <b>Kuva 4.</b> Putkiston PED-luokka määräytyy sen ominaisuuksien mukaisesti (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2024).....                 | 25 |
| <b>Kuva 5.</b> Erillisen laskennan prosessikaavio. ....  | 26 |
| <b>Kuva 6.</b> Esimerkki putkistoisometristä (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2003). ..  | 32 |
| <b>Kuva 7.</b> Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin kulku osana suunnittelutyötä (Sweco Finland Oy, 2024c).....                               | 35 |
| <b>Kuva 8.</b> Esimerkki projektin mahdollisesta laadunhallinnan tehtävälisestä Teams -palvelussa.....                                     | 45 |
| <b>Kuva 9.</b> Esimerkki ProjectWise -dokumentinhallintaohjelmaan luodusta projektista (Bentley Systems, 2024). ....                       | 48 |
|  |    |
| <b>Taulukko 1.</b> Kuvaus putkistosuunnitteluprojektin tarkastukseen ja hyväksyntään liittyvistä rooleista (Pennanen & Larsen, 2023). .... | 18 |
| <b>Taulukko 2.</b> Laadun eri osa-alueet ja kuvaukset määriteltynä osana putkistosuunnittelua (Pennanen & Larsen, 2023). ....              | 21 |
| <b>Taulukko 3.</b> Katselmointimallin sisällä tehtävän läpikäynnin kohteita. ....  | 28 |
| <b>Taulukko 4.</b> Vaadittavat tiedot isometripiirustuksessa. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2003.).....                                 | 30 |
| <b>Taulukko 5.</b> Haastattelun rakenne aihealueittain. ....   | 38 |

## LYHENTEET

|              |   |
|--------------|---|
| CAD          | Computer Aided Design   |
| PI-kaavio    | Putkitus- ja instrumenttikaavio   |
| Layout-kuva  | Tekninen kuva, joka esittää suunnittelukohteen paikkatiedot ylhäältä päin katsottuna. |
| Sweco@work   | Swecon käytössä oleva projektien johtamisjärjestelmä                                  |
| EPCM-malli   | Malli, jossa toimittaja vastaa hankkeesta kokonaisuudessaan                           |
| PSK 5803     | Putkistopiirustuksia ja isometrejä käsittelevä standardi                              |
| SFS-EN 13480 | Standardi, joka määrittelee metallisten teollisuusputkistojen vaatimukset.            |
| NDT          | Non-Destructive Testing, rikkomaton aineenkoetus                                      |

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Haastattelukysymykset

**LIITE 2.** Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohje – ehdotus sisällysluettelosta

## 1 JOHDANTO

Putkistosuunnittelu on keskeinen osa laitossuunnitteluprojekteja. Se sisältää monimutkaisen prosessin, jossa suunnitellaan putkien reitit, mitoitetaan putkien koot ja valitaan sopivat materiaalit. Putkistosuunnittelu varmistaa, että laitoksen nesteiden ja kaasujen siirto on tehokasta, turvallista ja taloudellista, ottaen huomioon prosessin vaatimukset, ympäristönormit ja erilaiset lait ja standardit. Putkistosuunnittelun tuotettu laatu varmistetaan projektityössä tarkastus ja hyväksyntäprosessin avulla.

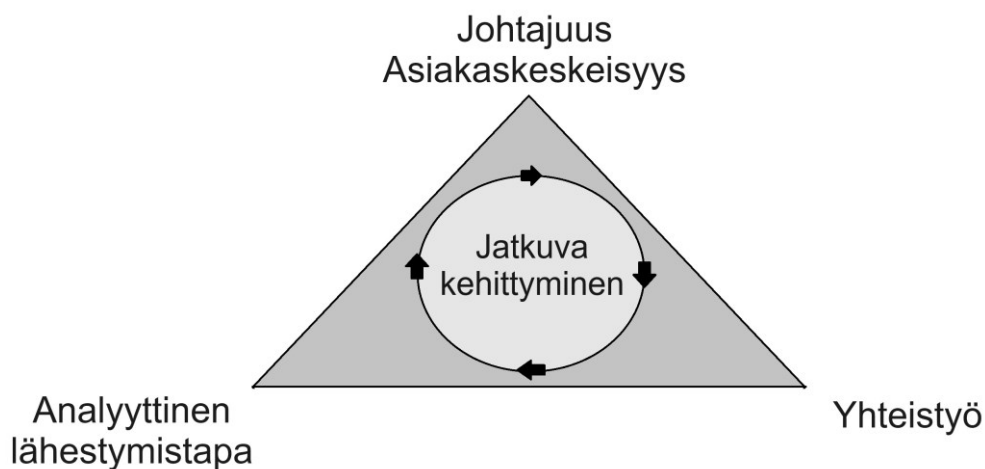
Putkistosuunnittelun keskiössä on tuotettava laatu. Putkistosuunnittelun laadunhallinta perustuu sisäiseen laadunvarmistusprosessiin, joka tavoittelee aktiivista laadun kehittymistä jatkuvan syklin kautta.

Useimmat organisaatiot näkevät laadun enemmän prosessina kuin tuotteena. Se on jatkuvasti kehittyvä prosessi, jossa opittu tietotaito käytetään tulevaisuuden tuotteiden ja palveluiden parantamiseen. Projektinhallinnan tietokirjallisuuden mukaan (Kernzer, 2002, s. 875–876) laadunhallinnan ja jatkuvan laatukehityksen taustalla ovat seuraavat prosessit,

- Säilyttää olemassa olevat asiakkaat
- Tuoda takaisin menetetyt asiakkaat
- Hankkia uusia asiakkaita.

Laadun kehittymistä voidaan tarkastella prosessina Kodakin viiden laadun periaatteen avulla (kuva 1). (Kernzer, 2002, s. 877).

Kodakin viiden laadun periaatteen (Kodak's five quality principles) mukaan johtajuus, asiakaskeskeisyys, yhteistyö ja analyyttinen lähestymistapa luovat jatkuvan kehittymisen syklin tuotetulle laadulle. (Wever & Vornhauer, 1993.)



**Kuva 1.** Kodakin viisi laadun periaatetta.

Suunnittelutyön laatu voidaan määritellä myös tehokkuutena, joka perustuu henkilöstön osaamiseen, tietoon ja asenteisiin eli inhimilliseen pääomaan. Työn tehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi yhtenäistämällä toimintatapoja ja luomalla ohjeita työskentelyn tueksi. Yhdenmukaistetuilla työskentelyprosessilla on mahdollista helpottaa muun muassa lisäresurssien integrointia jo käynnissä oleviin prosesseihin ja taata lopputuotteen tasainen ja korkea laatu. (Larjovuori ja muut, 2015.)

### 1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ohje suunnittelutyön tarkastuksen ja hyväksymisen tueksi Sweco Finlandin sisäiseen käyttöön. Opinnäytetyö tehdään Sweco Finland Oy:n Teollisuus ja energia-liiketoimintayksikön sisäiseen käyttöön osana Pakki 2.0 -kehityshaketta. Työn tarkoituksena on kartoittaa lähtötilanne ja erilaiset toimintatavat taustatutkimuksen avulla. Yksi keskeisimmistä syistä tutkimuksen käynnistämiseen on eri paikkakuntien mukautuneet käytännöt vakituisten asiakkaiden kanssa. Nyt halutaan tuottaa yhteinen Sweco-malli, joka kokoaa nämä hyväksi havaitut toimintatavat ja käytännöt yhden dokumentin alle.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään teollisuuden putkistosuunnittelun tarkastuksen ja hyväksynnän

- Prosessin vaatimukset
- Prosessin kulku
- Ositetaan vaiheet tarkastustyössä
- Tuotettava dokumentaatio
- Vastuuhenkilöt.

Taustatutkimus suoritetaan projektihenkilöstön haastattelujen avulla. Haastattelut suoritetaan Microsoft Teams -ohjelmassa pidettävänä kokouksina ja ne tallennetaan tulosten analysointia varten.

## **1.2 Tutkimuksen tavoite**

Opinnäytetyön tavoitteena on analysoida haastattelututkimuksesta saadun aineiston perusteella selkeän ja yhtenäisen putkistosuunnittelun tarkastuksen ja hyväksynnän ohjeen tarpeellisuutta sekä sisältöä. Tutkimuksen lopputuloksena saadaan selville ohjeen tarpeellisuus sekä yksityiskohtainen sisältö tarkastus- ja hyväksyntätyöhön.

Ohjeistus yhdenmukaistaa ja selkiyttää tarkastus- ja hyväksyntätyötä sekä kehittävät prosessin laatua. Ohje tuotetaan erillisenä toimeksiantona opinnäytetyön ulkopuolella ja se tulee sisältämään putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt-ohjeen ja check-listan. Ohjeessa tullaan käsittelemään tarkastuksen ja hyväksynnän merkitystä osana sisäistä laadunvarmistusprosessia, ositetaan prosessin vaiheet ja määritellään sen vastuuhenkilöt.

## 2 YRITYSESITTELY

Sweco on suuri kansainvälinen yritys, joka tarjoaa suunnittelun- ja konsultoinnin palveluita asiakkailleen. Sweco työllistää yhteensä noin 22 000 asiantuntijaa ja on alansa johtava toimija Euroopassa. Swecon liikevaihto vuonna 2023 oli noin 2,5 miljardia euroa ja se on listattuna Tukholman pörssiin (Nasdaq). (Sweco Finland Oy, 2024d.)

Swecon toimitusjohtajana toimii Åsa Bergman. Swecolla on toimipisteitä 15 eri maassa ja yritys toteuttaa vuosittain noin 150 000 projektia 70 maassa ympäri maailmaa. (Sweco Group, 2024.)

### 2.1 Sweco Finland

Sweco Finland on osa kansainvälistä Sweco-konsernia. Yhtiö työllistää Suomessa ja Virossa noin 3000 henkilöä ja sen liikevaihto on 318 miljoonaa euroa. Sweco Finlandin palvelut kattavat koko rakentamisen prosessin hankkeen esiselvityksistä aina kohteen valmistumisen jälkeisiin laadunvarmistus- ja ylläpitopalveluihin asti. Swecolla on toimistoja 28 eri paikkakunnalla ja se suorittaa yli 13 000 toimeksiantoa vuosittain. Suomessa yritys jakautuu kuuteen eri toimialaan, joita ovat arkkitehtuuri ja kaupunkisuunnittelu, infra ja liikenne, johdon konsultointi, projekti-johto ja rakennuttaminen, talot ja kiinteistöt sekä teollisuus ja energia. (Sweco Finland Oy, 2024b.)

Huippuasiantuntijoista yli kolmannes on talojen ja kiinteistöjen, noin neljännes teollisuuden ja energian sekä viidennes infran ja liikenteen asiantuntijoita. Lisäksi asiantuntemusta on projektijohtamisen ja rakentamisen, arkkitehtuurin ja kestävä liiketoiminnan aloilla. Kuvassa 2 esitetään henkilöstön jakautuminen osaamistautaan mukaisesti Sweco Finlandin sisällä. (Sweco Finland Oy, 2022.)



**Kuva 2.** Asiantuntijoiden jakautuminen eri toimialojen kesken Sweco Finlandin organisaatiossa (Sweco Finland Oy, 2022).

## 2.2 Teollisuus ja Energia -liiketoimintayksikkö

Teollisuus ja energia on Sweco Finlandin alla toimiva liiketoimintayksikkö, joka keskittyy pääasiassa tarjoamaan erilaisia ratkaisuja teollisuuteen liittyviin konsultointi-, suunnittelu-, projektinjohtopalveluihin. Yksikön pääliiketoiminta-aloja ovat energian tuotanto, massa- ja paperiteollisuus, kemianteollisuus, petrokemiateollisuus sekä kaivosteollisuus. (Sweco Finland Oy, 2024a.)

## 2.3 Pakki 2.0 -kehityshanke

Pakki 2.0 on sisäinen kehityshanke, jonka tavoitteena on kehittää Teollisuus ja Energia -liiketoimintayksikön Pakki-alustaa. Pakki on Swecon Teollisuus ja Energia -liiketoimintayksikön tiedon ja ohjeiden tietosijainti, joka perustuu Microsoft SharePoint -pilvipalveluun. Pakki kokoaa yhteen kaikki saatavilla olevat työkalut, ohjeet, dokumentit, dokumenttipohjat ja linkit ulkoisille sivustoille.

### **3 TUTKIMUKSEN METODOLOGIA**

#### **3.1 Tutkimusongelma**

Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmana oli selvittää toimeksiantajayrityksen teollisuus ja energia-liiketoimintayksikön eri projektien käytössä olevat putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt. Tutkimuksen oletuksena, että käytössä olevat putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt eivät ole täysin yhtenäisiä, vaan variaatiota syntyy esimerkiksi eri paikkakuntien ja asiakkaiden välillä. Syynä tähän voisi olla eri paikkakuntien vakiintuneet asiakassuhteet, joita myötäileviksi käytännön tavat ovat muodostuneet. Swecon tavoitteena on kuitenkin toiminnan yhtenäisyys, jonka avulla taataan laadun varmistumista.

#### **3.2 Tutkimusmenetelmä**

Tämän työn taustatutkimus suoritettiin laadullisena eli kvalitatiivisena tutkimuksena. Kvalitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, jossa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti (Jyväskylän yliopisto, 2015). Laadullinen tutkimus pyrkii vastaamaan kysymyksiin ”miten” ja ”miksi”. Laadullinen tutkimus on aina empiiristä eli erilaisiin aineistoihin ja niiden analyysiin perustuvaa. Empiirisyys ei kuitenkaan sulje pois teoreettisuutta. Käytännössä empiirisen laadullisen tutkimuksen toteuttaminen edellyttää lähtökohtaisesti teoreettista pohjaa, jonka avulla voidaan ymmärtää ja tulkita kerättyjä havaintoja (Tampereen yliopisto, 2021).

Tämän tutkimuksen aineisto kerättiin haastattelujen avulla. Haastatellut henkilöt ovat suunnitteluprojekteissa toimineita asiantuntijoita. Haastattelu toteutettiin hyödyntämällä teemahaastattelua. Teemahaastattelu on esimerkki sovelletusta puolistrukturoidusta haastattelusta ja on yksi käytetyimmistä haastattelutyypeistä. Tämä haastattelun muoto antaa mahdollisuuden haastattelijan ja haastateltavan väliselle monipuoliselle vuorovaikutukselle. Näin pystyttiin jättämään

haastattelutilanteeseen mahdollisuus lisäkysymyksille. Tämä mahdollisti laajan aineiston keräämisen eri rooleissa toimivilta henkilöiltä. (Näpärä, 2017.)

## 4 PUTKISTOSUUNNITTELUN DOKUMENTAATION TARKISTUS- JA HYVÄKSYNTÄPROSESSI

Putkistosuunnittelun dokumentaation tarkastus- ja hyväksyntäprosessilla tarkoitetaan prosessia, jonka avulla sekä putkistosuunnittelu ja tuotetun dokumentaation tarkistus ja hyväksyntä suoritetaan erillisten vaiheiden mukaisesti. Näin varmistetaan myös, että kaikki vaiheet noudattavat asianmukaisia ohjeita ja standardeja. Prosessin tarkoituksena on varmistaa tuotettava laatu osana suunnittelu-työtä.

Keskeisessä osassa eri suunnitteluprojekteja ovat projektitiimin jäsenet, jotka varmistavat tuotetun laadun omalla toiminnallaan. Projektiryhmä koostuu projektipäälliköstä ja joukosta yksilöitä, jotka toimivat yhdessä saavuttaakseen projektille asetetut tavoitteet. Projektiryhmään kuuluu projektipäällikkö, projektinhallinnan henkilöstö ja muut tiimin jäsenet, jotka suorittavat työtä, mutta eivät välttämättä ole mukana projektin hallinnassa. Tämä ryhmä koostuu yksilöistä tai ryhmistä, joilla on tiettyä asiantuntemusta tai taitoja projektin suorittamiseen. Projektiryhmän rakenne ja ominaisuudet vaihtelevat paljon eri projektien välillä, mutta projektipäällikön rooli pysyy samana. (Project Management Institute, 2013, s. 35.)

Projektitiimi koostuu siis eri alojen asiantuntijoista, jotka toimivat eri rooleissa osana projektiorganisaatiota (Project Management Institute, 2013, s. 255). Erilaisia rooleja putkistosuunnitteluprojekteissa ovat esimerkiksi projektipäällikkö, pääsuunnittelija, suunnittelualuevastaava ja suunnitteluinsinööri (taulukko 1). Suunnitteluprojektin organisaatio voi rakentua esimerkiksi kuvassa 3 esitetyllä tavalla.



**Kuva 3.** Esimerkki putkistosuunnitteluprojektin projektiorganisaatiosta.

Osana putkistosuunnitteluprojektia toimii myös tarkastajia ja hyväksyjä. Tarkastajien ja hyväksyjien rooli projektissa on tarkastaa ja hyväksyä tuotetut suunnitteludokumentit ja näin varmistaa tuotettu laatu. Tarkastajana tai hyväksyjänä toimivalla henkilöllä voi olla myös muita rooleja projektin sisällä, mutta esimerkiksi suunnittelijana toimiva henkilö ei voi itse suorittaa virallista tarkastusta tai hyväksyntää itse tuottamalleen suunnitelmalle. Taulukossa 1 on määritelty esimerkkikuvaukset eri putkistosuunnitteluprojektin rooleille, jotka on koottu haastattelujen, omien kokemusten ja Swecon sisäisten ohjeistusten pohjalta. (Pennanen & Larsen, 2023.)

**Taulukko 1.** Kuvaus putkistosuunnitteluprojektin tarkastukseen ja hyväksyntään liittyvistä rooleista (Pennanen & Larsen, 2023).

| Rooli projektissa                                 | Tehtäväkuvaus/vastuut  |
|---|--|
| Projektipäällikkö (project manager)               | Projektipäällikkö on yleensä vastuussa koko projektin johtamisesta. Hänen tehtäviinsä kuuluu projektisuunnitelman laatiminen, resurssien hallinta, aikataulutusta ja budjetointi. Projektipäällikkö pitää yhteyttä asiakkaaseen, raportoi projektin edistymisestä ja varmistaa, että kaikki projektin osa-alueet etenevät suunnitelman mukaisesti. |
| Pääsuunnittelija (engineering manager)            | Vastaa suurempien suunnittelukokonaisuuksien jakamisesta ja aikataulutamisesta projektitiimin jäsenille. Hän valvoo suunnitelmien laatua ja vastaa suunnitteluohjeiden luomisesta, päivittämisestä ja mahdollisesti lähtötietojen hankkimisesta.   |
| suunnittelualavastaava (discipline lead engineer) | Vastaa tietyn osa-alueen suunnittelusta ja siihen kohdennettujen resurssien hallinnasta. Erilaisia suunnittelun osa-alueita ovat esimerkiksi putkistot, layout ja laitteet.  |
| Suunnitteluinsinööri (design engineer)            | Tuottaa CAD-ohjelmistolla ja muulla vastaavalla suunnittelu-työkalulla tarkat ja yksityiskohtaiset piirustukset ja tekniset suunnitteludokumentit suunnittelukohteesta.  |
| Tarkastaja (reviewer)                             | Tarkastajana toimii saman suunnittelualan edustaja tai esihenkilö. Tarkastuksen suorittajalla tulee olla riittävä ammattitaito kyseisestä suunnittelun alasta. Tarkastajan tulee olla eri henkilö kuin suunnitelman laatija.   |
| Hyväksyjä (approver)                              | Dokumentin hyväksyjänä voi toimia suunnittelualavastaava, pääsuunnittelija tai projektipäällikkö. Hyväksyjän tulee olla eri henkilö kuin suunnitelman laatija tai tarkastaja.  |

#### 4.1 Laatu yleiskäsitteenä

Laatu määritellään yleensä asteeksi, jossa joukko ominaisuuksia täyttää halutut vaatimukset (SFS Suomen standardit ry, 2016). Laatu määräytyy sen mukaan, mikä on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaiden tarpeet sekä vaatimukset ja mikä on niiden tarkoitettu ja tahaton vaikutus olennaisiin sidosryhmiin. Tuotteen tai palvelun laatuun sisältyy käyttötarkoituksen ja toimivuuden lisäksi myös asiakkaan kokemus arvo ja saama hyöty. Laadun määritelmä on myös standardisoitu osana SFS-EN ISO 9000 -standardia. Standardin määritelmä laadusta korostaa, että laadulla ei viitata ainoastaan tuotteen tai palvelun ominaisuuksiin vaan myös siihen,

että kuinka hyvin nämä ominaisuudet täyttävät asiakkaan tai muiden sidosryhmien tarpeet ja odotukset (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2015).

Laadun määritelmä (Kernzer, 2002, s. 875.) voidaan myös jakaa viiteen osaan, jotka ovat

- Sosiaalinen hyväksyttävyyys (Social acceptability)
- Kyvykkyys (Operability)
- Saatavuus (Availability)
- Luotettavuus (Reliability)
- Huollettavuus (Maintainability).

Sosiaalinen hyväksyttävyyys tarkoittaa tuotteen tai prosessin yhteiskunnan arvojen tai normien mukaisuutta. Sosiaalinen hyväksyttävyyys voi vaihdella eri kulttuureissa, yhteisöissä ja ajassa. (Kernzer, 2002, s. 875.)

Kyvykkyydellä tarkoitetaan järjestelmän tai laitteen kykyä toimia tehokkaasti ja luotettavasti tietyissä olosuhteissa tai ympäristöissä. Teollisuudessa sillä viitataan esimerkiksi tuotantolinjojen tehokkaaseen toimintaan ja nopeaan vianmääritykseen. (Kernzer, 2002, s. 875.)

Saatavuus tarkoittaa järjestelmän tai laitteen kykyyn olla käytettävissä tai toiminnassa tietyn ajanjakson aikana. Tärkeää on, että tuote tai laite on käytettävissä silloin kun sitä tarvitaan. (Kernzer, 2002, s. 875.)

Luotettavuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla tuote toimii tarvittaessa tyydyttävästi, kun sitä käytetään tarkoituksenmukaisella tavalla. Tärkeää on, että tuote tai järjestelmä suoriutuu tehtävästään johdonmukaisesti ja ennustettavasti ilman odottamattomia vikoja tai toimintahäiriöitä. (Kernzer, 2002, s. 875.)

Huollettavuudella tarkoitetaan kykyä, jolla tuote voi säilyttää tai palauttaa suorituskyvyn halutulle tasolle, kun suoritetaan määrätty huoltotoimenpide. Se kuvaa

sitä, kuinka helppoa ja taloudellista prosessin huolto ja ylläpito on. (Kernzer, 2002, s. 875.)

Asiakkaan vaatimukset tulee käsitellä kokonaisvaltaisen laadunhallinnan (Total Quality Management, TQM) avulla. Kokonaisvaltaisen laadunhallinnan tavoitteena on järjestelmä, joka integroi erilaiset organisaation sisäiset elementit suunnitteluun, kehitykseen ja valmistukseen. Lopputuloksena pystytään tarjoamaan kustannustehokkaita tuotteita tai palveluita, jotka tyydyttävät loppuasiakkaan tarpeet täydellisesti (Kernzer, 2002, s. 875).

#### **4.2 Laadunhallinta ja -varmistaminen osana suunnitteluprojektia**

Projektin laadunhallinta käsittää suorittavan organisaation prosessit ja toiminnot, jotka määrittävät laadun politiikat, tavoitteet ja vastuut niin, että projekti tyydyttää sen toteuttamisen tarpeet. Projektin laadunhallinnan avulla pyritään varmistamaan, että kaikki projektin vaatimukset täytetään ja validoidaan (Project Management Institute, 2013, s. 227).

Laadunhallinnan tarkoituksena on tuotetun palvelun tai tuotteen laadun varmistaminen. Sen tarkoituksena on järjestelmällisesti hallita ja parantaa organisaation prosesseja, tuottavuutta ja lopulta asiakastyytyväisyyttä (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2015).

Putkistosuunnittelussa laadun toteutuminen on sidoksissa määrättyihin normeihin ja standardeihin. Laadun varmistamiseksi suunnitteluprosessissa käytetään usein laadunhallintajärjestelmiä, kuten ISO 9001 -standardia, jotka sisältävät ohjeita ja prosesseja laadun suunnittelusta, seurannasta ja parantamisesta. Tavoitteena on varmistaa, että lopputulos täyttää kaikki asetetut vaatimukset ja että mahdolliset ongelmat tunnistetaan ja korjataan ajoissa. Kun putkistosuunnittelun laatua tarkastellaan, tärkeitä asioita ovat myös esimerkiksi toiminnallisuus, turvallisuus, käyttöikä, huollettavuus ja kustannustehokkuus ja dokumentaatio. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015.)

**Taulukko 2.** Laadun eri osa-alueet ja kuvaukset määriteltynä osana putkistosuunnittelua (Pennanen & Larsen, 2023).

| Laadun osa-alue putkistosuunnittelussa | Kuvaus  |
|--|---|
| Tekniset vaatimukset                   | Suunnittelussa noudatetaan määriteltyjä standardeja, asiakkaan ja prosessin vaatimuksia sekä lainsäädännöllisiä määräyksiä, kuten SFS-EN, PSK, ISO ja asiakkaan omat standardit.                            |
| Toiminnallisuus                        | Varmistetaan, että suunnitelmat ovat käytännöllisiä ja putkistojärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla. Suunnittelussa on huomioitu putkiston käyttöikä ja kyky kestää käyttöolosuhteita.                 |
| Turvallisuus                           | Putkistojen on oltava turvallisia käyttäjille ja ympäristölle.  |
| Huollettavuus                          | Käyttämällä standardoituja materiaaleja ja ratkaisuja varmistetaan putkiston huollettavuus ja käyttöikä.  |
| Taloudellisuus                         | Laadukkaalla suunnittelulla vältetään tarpeetonta materiaalien käyttöä ja optimoidaan putkistojärjestelmän toimivuutta.   |
| Dokumentaatio                          | Suunnittelutyöstä on tuotettava vaatimuksien mukainen ja selkeä dokumentaatio. Dokumentaatio toimii myös ”opittuina tunteina” (”lessons learned”), jotta tehtyjä virheitä ei toisteta enää tulevaisuudessa. |

Taulukossa 2 kuvataan putkistosuunnittelun keskeisiä laatuvaatimuksia. Lopputuloksen kannalta on tärkeää, että suunnittelu noudattaa standardeja ja vaatimuksia, suunnittelun aikana on varmistettu putkiston käytännöllisyys ja toimivuus, putkiston kokonaisturvallisuus, huollettavuus ja taloudellisuus on taattu. Lopuksi laadittu selkeä dokumentaatio, jonka avulla pyritään välttämään vastaavat virheet tulevaisuudessa. (Pennanen & Larsen, 2023.)

### 4.3 Putkistosuunnittelun tavoitteet

Putkistosuunnittelu on laitossuunnittelun osa, jossa suunnitellaan laitoksen prosessin vaatimat ja määrittämät putkistot. Nämä prosessit ovat monesti erittäin

herkkiä ulkoisille tekijöille ja prosessin käyttämät aineet haitallisia tai jopa vaarallisia ympäristölle. Tämän takia suunnitteluprosessi noudattaa tiukkoja standardeja, jotka toimivat ohjeistuksena ja perustana kaikelle toiminnalle.

Hyvässä putkistosuunnitelmassa huomioidaan tarkasti myös putkistojen ympäristö, kuten tilavaraukset. Myös putkistojen asennettavuus ja huolto täytyy ottaa huomioon suunnitellessa kokonaisuutta. Tärkeää on myös huomioida pääsy putkistoille ja laitteille, jotka saatetaan asentaa vasta myöhemmässä vaiheessa. Eri-laiset teollisuuden laitokset muuttuvat koko olemassaolonsa ajan ja täten vanhoja putkia poistetaan ja uusia lisätään tilalle. (Sweco Finland Oy, 2024c.)

#### **4.4 Lait ja standardit osana putkistosuunnittelua**

Suunnittelutyön tärkein prioriteetti on tuottaa turvallinen ja toimiva putkistokokonaisuus asiakkaan tarpeet huomioiden. Teollisuuden prosessiputkistot sisältävät erilaisia kaasuja, nesteitä ja höyryjä, jotka voivat olla myrkyllisiä, syövyttäviä tai räjähdysherkkiä (May, 2009). Standardit varmistavat, että putkijärjestelmät suunnitellaan kestäväksi odotettavissa olevat paineet ja lämpötilat, mikä ehkäisee mahdollisten vuotojen syntymistä tai putkiston rikkoutumista käytön aikana. Turvallisuusstandardeja noudattamalla voidaan vähentää henkilövahinkojen riskiä sekä suojella ympäristöä mahdolliselta saastumiselta.

Standardien noudattaminen on myös tärkeä osa laadukasta suunnitteluprosessia ja täten laadun varmistamista. Laadukkaasti suunnitellut putkistot kestävät aikaa ja käyttöä ilman toistuvia korjauksia tai huoltotoimenpiteitä. Standardit määrittelevät vaatimukset materiaaleille ja komponenteille sekä varmistavat, että valmiit järjestelmät ovat luotettavia. Tämä on erityisen tärkeää teollisuuslaitoksissa, joissa seisokit voivat johtaa tuotannon menetyksiin ja taloudellisiin tappioihin. Standardit mahdollistavat eri valmistajien ja toimittajien tuotteiden integroimisen yhtenäiseksi globaaliksi järjestelmäksi, joka tyydyttää teollisuuden ja asiakkaiden tarpeet maailmanlaajuisesti (Sutton, 2017, s. 5). Tämä helpottaa suunnittelutyötä,

asennusta, huoltoa ja mahdollistaa myös laajennukset tuotantoon tulevaisuudessa.

Tehokas viestintä on keskeistä putkistosuunnittelun kaikissa vaiheissa. Standardit tarjoavat yhteisen terminologian ja ohjeistuksen, mikä vähentää väärinkäsityksiä ja virheitä. Tämä yhtenäistää alan ammattilaisten kommunikaatiota ja varmistaa, että kaikki osapuolet ymmärtävät toisiaan selvästi. Standardien avulla voidaan myös vähentää suunnitteluun ja valmistukseen liittyviä kustannuksia, koska ne mahdollistavat materiaalityöntekijöille suurempien tuote-erien valmistamisen ja vähentävät tarvetta yksilöllisiin ja monesti kalliisiin ratkaisuihin. Standardoitujen osien käyttö suunnittelussa helpottaa myös osien saantia ja korvaavuutta, mikä voi alentaa pitkän aikavälin ylläpito- ja korjauskustannuksia. Lainsäädäntö ja sääntely ovat myös sidoksissa standardeihin. Laki siis edellyttää määrättyjen standardien vaatimusten täytön, jotta suunnitellut putkistojärjestelmät ovat sallittuja ja laillisia.

Teollisuuden putkistosuunnittelun kannalta tärkeimpänä standardina voidaan pitää standardia SFS-EN 13480 ja tarkemmin sen osaa 13480–3. Tämä standardi käsittelee metalliputkistojen suunnittelua.

#### **4.5 Suunnitteluvaiheen aikainen tarkastaminen ja hyväksyminen**

Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäprosessi on laitossuunnitteluprojektin osa-alue, jossa varmistetaan suunnitelmien tekninen paikkansapitävyys, soveltuvuus, turvallisuus ja eri lakien, standardien ja säädösten noudattaminen. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2024.)

Tämä prosessi koostuu useista vaiheista ja siihen osallistuvat eri sidosryhmät, kuten suunnittelijat, suunnittelualuevastaavat, projektinjohto, asiakas ja mahdolli-

sesti konsultoivat viranomaisorganisaatiot. Erilaisia konsultaatiota tarjoavia viranomaisia ovat esimerkiksi turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes, energiavirasto, säteilyturvavirasto ja palo- ja pelastusviranomaiset. (Pennanen & Larsen, 2023.)

Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäprosessi alkaa lähtötietojen oikeellisuuden tarkastamisesta. Lähtötiedoista selviää esimerkiksi käyttötarkoitus, käytettävät materiaalit ja virtaava aine. Lähtötietojen avulla suunnittelija tuottaa CAD-ohjelmistolla ja muulla vastaavalla suunnittelutyökalulla tarkat ja yksityiskohdalliset suunnitelmat, piirustukset ja tekniset suunnitteludokumentit suunnittelu-kohteesta. Putkistosuunnitteluprojektissa tuotettavat loppudokumentit ovat yleensä putkistoisometri ja katselmointimalli. Suunnittelutyön on noudatettava teknisiä standardeja ja vaatimuksia, jotta se toimii tarkoitetulla tavalla ja on turvallinen käyttää.

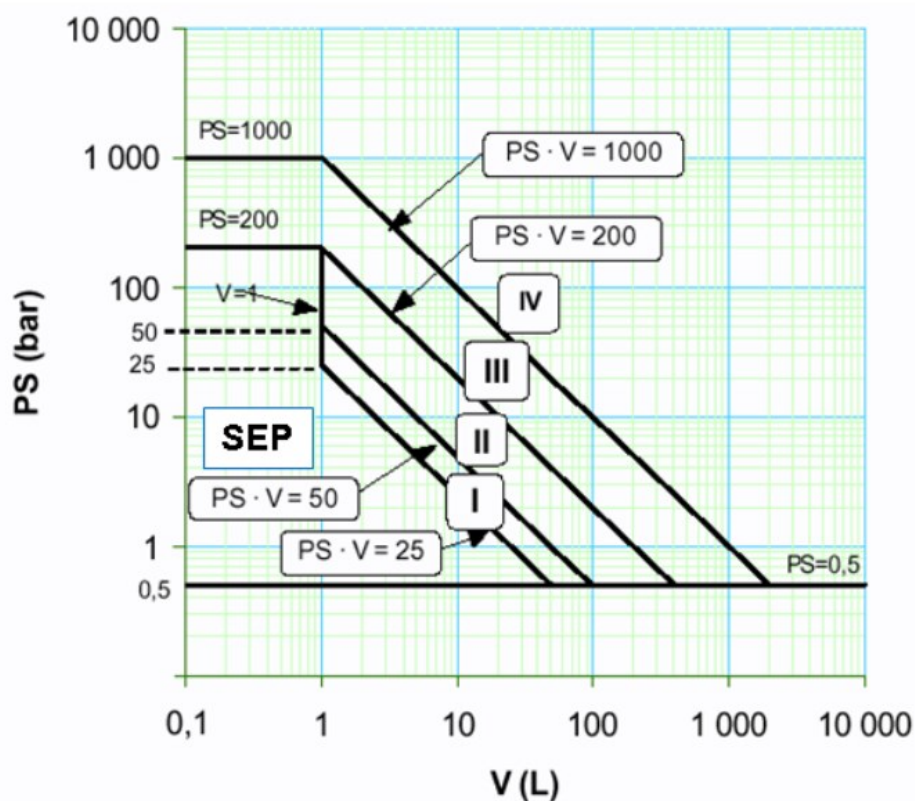
Muita dokumentteja, jotka käydään läpi osana tarkastus- ja hyväksyntäprosessia ovat esimerkiksi kannakepiirustukset, detaljipiirustukset, sekundaarikannakkeet, erilaiset kannakekartat ja muut putkistokartat. Tarkastusprosessi kattaa suunnittelun aikaisen tarkastustyön ja loppudokumentaation tarkastus- ja hyväksyntäprosessin.

Teollisuuden suunnitteluprojekteissa haetaan monesti ratkaisuja koskien esimerkiksi vaarallisten kemikaalien käsittelyä, siirtoa, varastointia ja lastausta. Teollisuuslaitoksissa käsitellään usein ympäristölle vaarallisia ja helposti syttyviä prosessiaineita. Näiden aineiden käsittelyyn liittyy erilaisia lakeja ja viranomaismääräyksiä, joiden noudattamisen osalta yhteistyötä tehdään. Putkistosuunnittelun osalta tärkein noudatettava laki on painelaitelaki, joka määrittää höyrykattiloiden, paineastioiden, putkistojen ja turvalaitteiden suunnitteluun, valmistukseen, asennukseen, käyttöön ja tarkastukseen liittyvät vaatimukset.

Painelaitteella tarkoitetaan säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, sekä painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia. (L 2016/1144, 2016.)

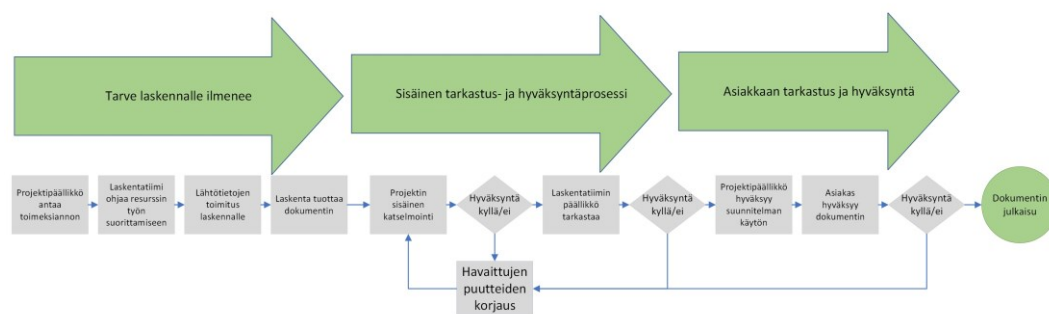
Painelaitelaki on osa kansallista lainsäädäntöä, joka perustuu Euroopan unionin asettamaan painelaitedirektiiviin (1548/2016). Suomessa painelaitedirektiivin vaatimukset on sisällytetty kansalliseen lainsäädäntöön ja se määrittää ne painelaitteet ja putkistot, jotka vaativat viranomaisten hyväksynnän. Painelaitelakia sovelletaan sellaisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar<sup>3</sup>. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2024; L 2016/1144, 2016.)

PED-luokitus perustuu putkiston tai laitteen aiheuttamaan riskitasoon ja se jaotellaan luokkiin SEP, I, II, III ja IV, joista SEP on riskiltään pienin ja IV suurin. Kuvassa 4 esitetään painelaitteen paineluokan määräytyminen sen käyttöpaineen (PS) ja tilavuuden (V) mukaisesti. (L 2016/1144, 2016.)



**Kuva 4.** Putkiston PED-luokka määräytyy sen ominaisuuksien mukaisesti (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2024).

Jos putkiston PED-luokitus on II tai korkeampi, se vaatii valvovan viranomaisen hyväksynnän. Teollisuuden projekteissa sopimuksen mukaisesti joko suunnittelua tuottava yritys tai asiakas kokoaa ja toimittaa tarvittavan dokumentaation viranomaiselle. Tähän dokumenttipakettiin kuuluu yleensä putkistoisometri ja mahdollinen jännitysanalyysi tai lujuuslaskentareportti. Suunnittelua tarjoavilla yrityksillä on yleensä oma sisäinen laskentaa tuottava osasto, joka suorittaa tarvittavan laskentatyön ja tuottaa siitä dokumentaation (kuva 5). Laskenta perustuu toimitettuihin lähtötietoihin, joita ovat esimerkiksi putkiluokat ja materiaalit, putkiston geometria, kannakointi, käyttöolosuhteet, virtaavat aineet ja mahdolliset dynaamiset kuormat. Laskentatyön avulla varmistetaan, että putkisto täyttää EN 13480-standardin vaatimukset ja sallitut kuormat toteutuvat. Laskentaa tuottavalla toimijalla tai osastolla on yleensä vetäjä tai laskentavastaava, joka hyväksyy tuotetut laskentareportit. Osana suunnittelutyön loppudokumentaatiota toimitetaan vielä vaatimuksenmukaisuusvakuutus, jolla suunnitelmien tuottaja vakuuttaa, että suunnitelma on tehty vaadittavien lakien, standardien ja asetusten mukaisesti. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, 2024; Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2021.)



**Kuva 5.** Erillisen laskennan prosessikaavio.

Lisäksi suunnittelun aikana tehdään monesti yhteistyötä palo- ja pelastusviranomaisen kanssa koskien turvallisuussuunnittelua. Viranomaisen kanssa käydään lävitse esimerkiksi tarvittavat standardit, joita suunnittelussa täytyy huomioida. Suunnitteluaineistosta tarkistetaan, että viranomaisen määrittämät ehdot toteu-

tuvat esimerkiksi paloturvallisuuden osalta. Monissa teollisuuden laitoksissa tulipalot ja räjähdykset muodostavat suuren riskin ja tällaiset tapahtumat voivat joutaa paitsi ihmishenkien menetykseen ja vakaviin vammoihin, sekä myös laajoihin laitevahinkoihin ja sitä myötä taloudellisiin tappioihin (Sutton, 2017, s. 2). Läpikäytäviä asioita ovat esimerkiksi laitoksen eri kulkureitit, saapuminen ja poistuminen laitokselta sekä pelastautuminen hätätilanteessa. Viranomaiskonsultaatiolla pyritään varmistamaan, että tehdyt ratkaisut ovat säännösten, lakien ja asetusten mukaisia.

EPCM-malli (Engineering, Procurement and Construction Management) on teollisuuden projekteissa käytetty investointihankkeiden toteutuskonsepti, jossa EPCM-palveluita toimittava yritys vastaa kaikesta investointiin liittyvästä suunnittelusta, koordinoinnista ja työmaavalvonnasta noudattaen asiakkaan kanssa sovitua budjettia ja aikataulua (AFRY AB, 2024). EPCM-projekteissa suunnittelua tuottava yritys ottaa monesti kokonaisuudessaan vastuun suunnitelmien oikeudellisuudesta ja täten tarve viranomaisen konsultoinnille nousee (Sweco Finland Oy, 2024d).

Suunnitteluvaiheen aikainen tarkastustyö tehdään pääosin katselmointimallia hyväksikäyttäen. Tällöin puhutaan siis mallipohjaisesta tarkastuksesta. Katselmointimalli mahdollistaa suunnittelun eri disipliinien välisen yhteistyön ja kokonaisuuden tehokkaan hallinnan. Katselmointityökaluna teollisuuden projekteissa on yleisesti käytössä Autodesk Navisworks. Navisworks mahdollistaa suurten ja monimutkaisten 3D-mallien tarkastelun, yhdistämisen ja analysoinnin. Navisworks myös tukee eri suunnitteluohjelmistoista peräisin olevien mallien integroimista yhteen kokonaisuuteen sekä tarvittavan datan siirron ja tarkastelun ohjelman sisällä.

Mallipohjaintarkastus on prosessi, jossa tarkastellaan ja analysoidaan projektin digitaalisia 3D-malleja. Katselmointimallissa tehtävä tarkastustyö ja läpikäynti on tärkeä osa laitossuunnittelua, koska se mahdollistaa virheiden huomaamisen jo

mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektia. Katselmointityön avulla huomataan esimerkiksi mahdolliset putkilinjojen törmäykset ja muut epäkohdat suunnittelussa. Katselmointi mahdollistaa myös kokonaisuuden tehokkaan hallinnan. Katselmointimallissa suoritettava läpikäynti voi sisältää esimerkiksi taulukossa 3 esitettyjä kohteita.

**Taulukko 3.** Katselmointimallin sisällä tehtävän läpikäynnin kohteita.

| Läpikäynnin kohde          | Selite  |
|----------------------------|---|
| Kokonaisuuden katselmointi | Koontimallin eri osa-alueiden, kuten putkien reititysten, laitteiden sijoittelun ja prosessien toiminnan arviointi kokonaisuutena.  |
| Törmäystarkastelut         | Varmistetaan, että suunnitellut putkilinjat eivät leikkaa tai törmää muiden rakenteiden tai laitteiden kanssa.  |
| Putkiston reititykset      | Varmistetaan suunniteltujen putkilinjojen optimaalinen toiminnallisuus, huollettavuus ja turvallisuus.  |
| Materiaalien käyttö        | Tarkastellaan putkilinjojen materiaalikäyttöä linjakohtaisesti. Esimerkiksi ylimääräisiä mutkia ja käännöksiä putkiston geometriassa pyritään välttämään. Tutkitaan myös, että suunnittelussa on käytetty oikeita materiaaleja. |
| Laitteet                   | Tarkastellaan putkistojärjestelmään liittyviä komponentteja, kuten pumppuja, lämmönvaihtimia, säiliöitä ja muita prosessilaitteita.   |
| Kannakointi                | Käydään linjan kannakointi läpi ja varmistetaan esimerkiksi ovatko kannakevälit oikeat ja onko käytössä oikeanlaiset kannaketyypit.   |
| Prosessitiedot             | Käydään läpi ohjelmaan ajettuja prosessitietoja. Varmistetaan, että ne on tuotu oikein ja eivät sisällä virheitä.   |
| Putkiston instrumentit     | Verrataan esimerkiksi PI-kaaviota tai instrumenttiluetteloa suunniteltuun linjaan. Varmistetaan oikeiden instrumenttien käyttö.   |
| Venttiilit                 | Verrataan esimerkiksi PI-kaaviota tai venttiililuetteloa suunniteltuun linjaan. Varmistetaan oikeiden venttiilien käyttö.   |

#### 4.6 Mallikatselmointi

Katselmoinnit ovat osa laitossuunnitteluprojektia ja ne tarjoavat mahdollisuuden tarkastella projektin eri vaiheita. Katselmointien avulla varmistetaan, että suunnitelmat täyttävät kaikki vaatimukset ja standardit. Katselmointeja järjestetään projektin eri vaiheissa ja ne käsittelevät yleensä jotain tiettyä ennalta määrättyä kokonaisuutta. Katselmointeja on järjestettävä projektikohtaisesti riittävä määrä suunnitellun laadun varmistamiseksi. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2021.)

Putkistosuunnittelun yhteydessä tämä tarkoittaa erityisesti putkistojärjestelmien suunnittelumallien läpikäyntiä. Katselmointi tapahtuu erilaisten 3D-mallien kautta, jotka kokoavat halutun suunnitteludatan yhteen. Tällöin puhutaan koontimallista. Erilaiset katselmointityökalut, kuten Autodesk Navisworks, mahdollistavat myös koontimallin rajaamisen ja haluttujen osien tai alueiden piiloutuksen katselmoinnin ajaksi. Näin voidaan keskittää katselmointi haluttuun osa-alueeseen ja piilottaa esimerkiksi mallissa olevat keskeneräiset osat.

Katselmointeja voi olla sekä sisäisiä että ulkoisia. Sisäinen katselmointi on suunnittelua tuottavan tahon sisäinen prosessi, jossa projektin suunnittelutiimi sekä muut sidosryhmät tarkastelevat suunnitelmia. Katselmointeja järjestetään yleensä alueittain ja niiden tavoitteena on tunnistaa ja korjata mahdollisia ongelmia ennen suunnitelmien esittämistä asiakkaalle. Sisäisten katselmointien tarkoituksena on arvioida kokonaisuuden sopivuutta ja toimivuutta kaikkien suunnittelualojen näkökulmasta huomioiden esimerkiksi määritellyt perusvaatimukset sekä paikalliset olosuhteet. (Pennanen & Larsen, 2023.)

Ulkoisessa katselmoinnissa suunnitelmat esitellään projektin ulkopuolisille tahoille, kuten asiakkaalle, viranomaiselle tai alihankkijalle. Katselmoinnin aikana keskitytään erityisesti asiakkaan vaatimuksiin ja odotuksiin. Ulkoisessa katselmoinnissa voidaan käsitellä esimerkiksi toiminnallisuutta, turvallisuutta, kustannustehokkuutta ja laatua (Pennanen & Larsen, 2023).

#### 4.7 Loppudokumentaation tarkastaminen ja hyväksyminen

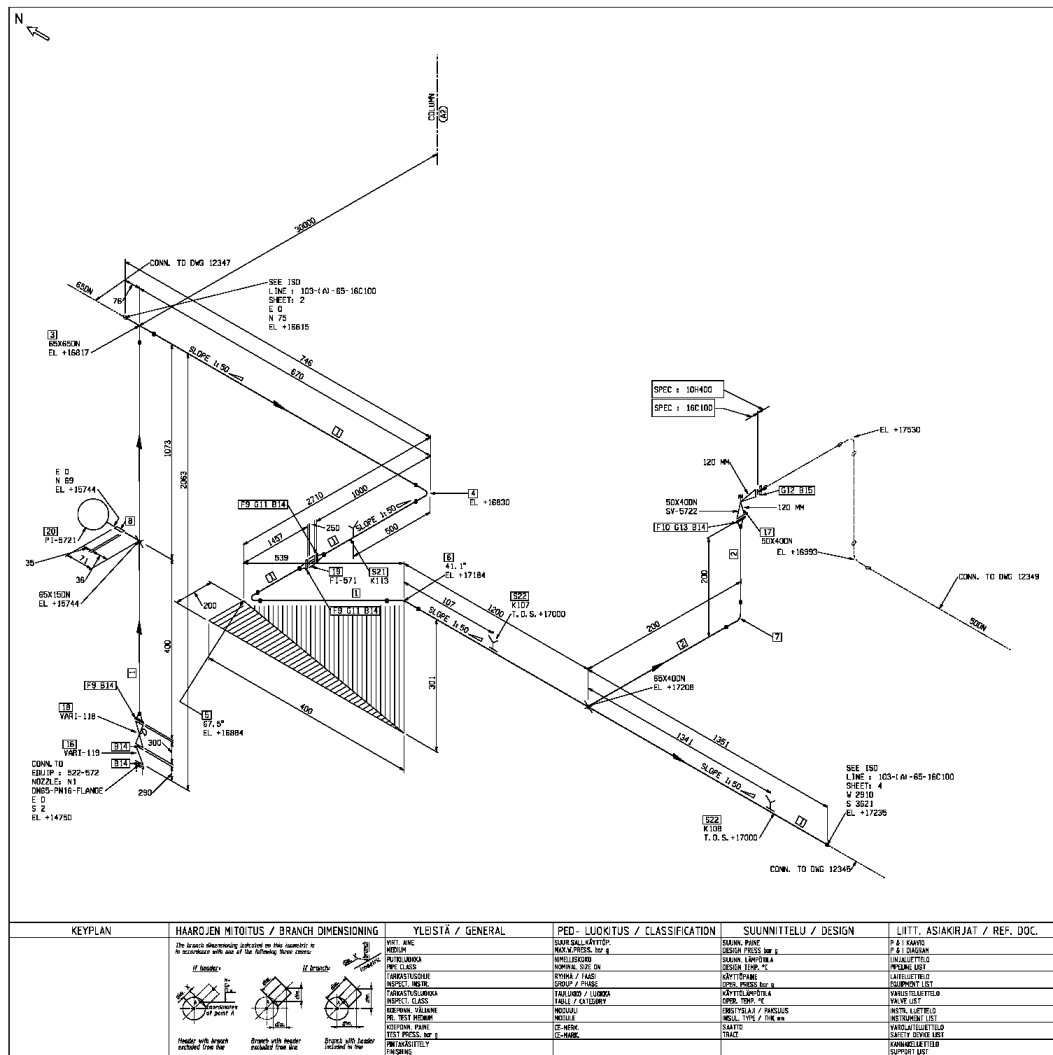
Putkistosuunnittelun lopputuotteena valmistetaan putkistoisometri. Se on tekninen piirros tai kaavio, joka kuvaa putkistojen asettelua ja mitoitusta kolmiulotteisesti (Sutton, 2017, s. 18). Isometri sisältää kaikki tarvittavat tiedot materiaalin hankintaan, valmistukseen, asennukseen ja testaukseen (Alberto, 2019). Isometripiirustukset eroavat tasokuvista siten, että tasokuvat esittävät rakenteita kaksiulotteisesti, kun taas isometrinen piirustus esittää kokonaisuuden pituus-, leveys- ja korkeussuunnissa. Näin kaikki tarvittava tieto nähtävissä yhdessä kuvassa. Isometri antaa tarkan kuvan siitä, miten putkisto on reititetty, mitkä ovat putkiston liitospisteet toisiin putkiin ja laitteisiin. Suomessa isometripiirustukset on standardisoitu ja ne noudattavat PSK 5803 -standardia. PSK 5803 -standardin mukaisesti putkistoisometrissa tulee esittää taulukossa 4. esitetyt tiedot. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2003.)

**Taulukko 4.** Vaadittavat tiedot isometripiirustuksessa. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2003.)

| Vaadittu tieto (isometissä)                 | Selite   |
|---|--|
| Sijaintitiedot                              | Putkiston sijainti mitoitettuna sivu- ja korkeussuunnassa peruslinjoista, pilareista, seinäpinnoista, laitteiden keskiviivoista tai muista sopivista mitoituskohdista.   |
| Varusteet ja mitat                          | Putkisto ja varusteet mitoitettuna   |
| Laiteliitännät ja mitat                     | Putkiston laiteliitännät mitoitettuna.   |
| Putkiston ja sen laitteiden tunnistustiedot | Putkilinja-, putkivaruste-, instrumentti- ja laitetunnukset ilmoitettuna (TAG).  |
| Varusteiden asennot                         | Varusteiden asennot ilmansuuntien mukaan ilmoitettuna.   |
| Vietot                                      | Mahdolliset kaadot eli vietot putkilinjan geometriassa.  |
| Putkiston toimitusrajat                     | Rajataan suunnitellun putkiston scope eli suunnittelun alue. Ilmoitetaan merkinnöillä mihin mahdolliset liitynnät tulevat (esimerkiksi laitteet, olemassa olevat putkilinjat, scopen ulkopuolella olevat asiat). |

| <b>Vaadittu tieto (isometissä)</b>      | <b>Selite</b>  |
|---|--|
| Kannakointitiedot                       | Kannakoinnin tunnuksot, kannaketyypit ja sijaintimitoitukset.  |
| Esijännitykset                          | Putkiston mahdollinen esijännitys eli kahden kiintopisteen välisen putkiston lyhentäminen suhteessa arvioituun lämpölaajenemaan. |
| Hitsaus- ja lämpökäsittelytiedot        | Hitsaukseen ja lämpökäsittelyyn liittyvät tiedot (esimerkiksi hitsisaumaluettelo).   |
| Virtaussuunnat                          | Putkiston virtaussuunnat esitetty nuolella selvästi alku- ja loppupisteiden välillä.   |
| Viranomaisvaatimukset                   | Putkiston mahdolliset viranomaisvaatimukset tuotu esille.  |
| Eristys ja pintakäsittely               | Putkilinjan mahdolliset eristeet tai pintakäsittely, mahdollisen eristyksen paksuus.   |
| Tarkastusvaatimukset                    | Esimerkiksi NDT-menetelmä, muut mahdolliset vaatimukset.   |
| Koeponnistustiedot                      | Koeponnistuspaine ja siihen käytettävä väliaine.   |
| Putkiluokat                             | Määritetty mitä putkiluokkia on käytetty.  |
| Liittyvien putkilinjojen tunnuksot      | Toisiin piirustuksiin liittyvien putkilinjojen tunnuksot.  |
| Liittyvät piirustukset ja asiakirjat    | Liittyvien piirustusten ja asiakirjojen numerot luettelona.  |
| Mahdolliset yksityiskohtaiset kuvainnot | Yksityiskohtaisia kuvainnot tarpeen mukaan.  |
| Erikseen sovitut asiat                  | Muut erikseen sovitut asiat.   |
| Esitystapa                              | Yleensä yksi putkilinja per isometripiirustus.   |
| Osaluettelo (liite)                     | Osaluettelossa ilmoitetaan asennukseen ja valmistukseen tarvittavat määrä- ja materiaalitiedot.                                  |

Isometriset piirrokset (kuva 6) ovat tärkeitä putkistojärjestelmien suunnittelussa, asennuksessa ja huollossa. Ne sisältävät tarvittavat mitat, materiaalitiedot ja muut tekniset tiedot, jotka ovat välttämättömiä putkistojen valmistuksessa ja asennuksessa. Isometrissä käytetään standardisoituja merkintätapoja ja symboleita, jotta dokumenttia voivat lukea ja ymmärtää kaikki alan ammattilaiset.



| KEYPLAN | HAARJOJEN MITOITUS / BRANCH DIMENSIONING  | YLDISTÄ / GENERAL  | PED- LUOKITUS / CLASSIFICATION   | SUUNNITTELU / DESIGN   | LIITT. ASIAKIRJAT / REF. DOC.  |
|---------|---|--|--|--|--|
|         | <p>The branch dimensioning is defined as the isometric or to accordance with use of the following three cases:</p> <p><i>If Isometric</i></p> <p><i>If Isometric</i></p> <p><i>Isometric with Isometric</i></p> | <p>ISO 15021<br/>MEDIUM<br/>PUMP/VALVE<br/>PIPE CLASS<br/>TUBES/VALVES<br/>INSPECT. METHOD<br/>PUMP/VALVE/PIPE<br/>INSPECT. CLASS<br/>MATERIAL / VALVE<br/>RE. TEST METHOD<br/>SECTION POINT<br/>SECTION POINT<br/>TEST PRESS. NO. &amp;<br/>PRESSURE/TEMP.<br/>INSURING</p> | <p>ISO 15021<br/>MEDIUM<br/>PUMP/VALVE<br/>PIPE CLASS<br/>TUBES/VALVES<br/>INSPECT. METHOD<br/>PUMP/VALVE/PIPE<br/>INSPECT. CLASS<br/>MATERIAL / VALVE<br/>RE. TEST METHOD<br/>SECTION POINT<br/>SECTION POINT<br/>TEST PRESS. NO. &amp;<br/>PRESSURE/TEMP.<br/>INSURING</p> | <p>ISO 15021<br/>MEDIUM<br/>PUMP/VALVE<br/>PIPE CLASS<br/>TUBES/VALVES<br/>INSPECT. METHOD<br/>PUMP/VALVE/PIPE<br/>INSPECT. CLASS<br/>MATERIAL / VALVE<br/>RE. TEST METHOD<br/>SECTION POINT<br/>SECTION POINT<br/>TEST PRESS. NO. &amp;<br/>PRESSURE/TEMP.<br/>INSURING</p> | <p>P &amp; I DRAWING<br/>P &amp; I DRAWING<br/>MECHANICAL LIST<br/>EQUIPMENT LIST<br/>VALVE LIST<br/>MATERIAL LIST<br/>INSPECTION LIST<br/>MATERIAL LIST<br/>MATERIAL LIST<br/>MATERIAL LIST<br/>MATERIAL LIST</p> |

Kuva 6. Esimerkki putkistoisometrissä (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2003).

Isometri ajetaan 3D-mallinnetusta putkilinjasta käyttäen putkiston mallinnusohjelmaa. Erilaisia putkistosuunnitteluohjelmia, jotka mahdollistavat isometriä ajamisen ovat esimerkiksi Autodesk AutoCAD Plant3D ja AVEVA E3D. Ohjelmiston avulla ajettu isometri voi vaatia vielä manuaalisia muokkauksia visuaaliseen toteutuksen selventämiseksi. Muokkauksen tarkoituksena on tehdä isometrissä mahdollisimman helposti luettava ja selkeä. Kun isometri on ajettu ja tarvittavat muokkaukset tehty, siirrytään isometrin tarkastus- ja hyväksyntäprosessiin. Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tarkoituksena on varmistaa tuotetun dokumentin laatu ja paikkansapitävyys.

Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tukena käytetään erilaisia dokumentin- tai projektinhallintaohjelmia. Teollisuuden putkistosuunnitteluprojekteissa käytettäviä ohjelmistoja ovat esimerkiksi ProjectWise (Bentley Systems) ja SokoPro (iBinder Group). Molemmat ohjelmistot tarjoavat käyttäjälleen keskitetyn alustan projektin dokumenttien hallintaan. Molemmat ohjelmat sisältävät tarkastus- ja hyväksyntäprosessin suorittamisen työkalut ja käyttäjä voi esimerkiksi kommentoida, merkitä muutoksia ja lähettää palautetta suoraan alustalla. Molemmat ohjelmat pystyvät myös dokumentoimaan tarkastus- ja hyväksyntäprosessin ja tarjoavat auditointi- ja revisiohistorian. Tarkastus- ja hyväksyntäprosessi voidaan hoitaa myös joidenkin suunnitteluohjelmien sisällä.

Isometrin tarkastusprosessi alkaa dokumentin tuottaneen suunnittelijan itse tekemällä tarkastustyöllä. Suunnittelija siis tarkastaa kokonaisuudessaan tuottamansa dokumentin, että se vastaa sille annettuja laatuvaatimuksia. Jos dokumentti vastaa sille asetettuja laatuvaatimuksia niin suunnittelija hyväksyy sen ja toimittaa sen eteenpäin projektin käytäntöjen mukaisesti esimerkiksi dokumentinhallintaohjelmaan, projektin tiedostoasemaan tai muuhun käytössä olevaan paikkaan, josta se siirtyy tarkastajan käyttöön. Joskus oman tarkastuksen yhteydessä saatetaan hyödyntää suunnittelijoiden välistä vertaisarviointia. Tässä tapauksessa esimerkiksi eri projekteissa toimivat suunnittelijat tarkastavat toistensa tekemät suunnitelmat.

Kun dokumenttiin on suoritettu oma tarkastus, se toimitetaan tarkastusta suorittavalle henkilölle. Tarkastajat voivat olla joko sisäisiä tai ulkopuolisia asiantuntijoita. Teollisuuden suunnitteluprojekteissa tarkastustyötä tekevät siihen tarvittavan tietotaidon omaavat henkilöt. Tarkastajana saattavat toimia esimerkiksi kokeneet suunnittelijat, osa-alue vastaavat, pääsuunnittelijat tai suunnittelutiimin päälliköt. (Pennanen & Larsen, 2023.)

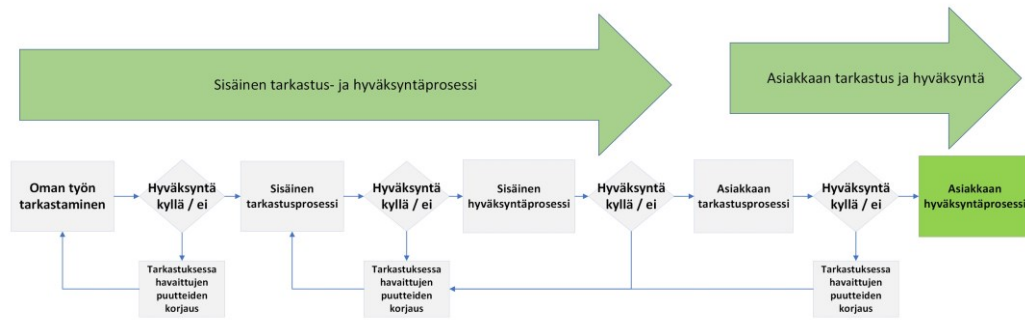
Tarkastusvaiheessa tarkastaja käy suunnitelmat huolellisesti lävitse ja varmistaa, että ne täyttävät kaikki sovellettavat standardit, määräykset ja lainsäädännön vaatimukset. Tässä vaiheessa tarkastajat voivat pyytää lisäselvityksiä tai muutoksia suunnitelmiin. Tarkastus on iteratiivinen prosessi, jossa suunnitelmat palautuvat

suunnittelijalle korjattaviksi ja täsmennettäväksi tarpeen mukaan. Tarkastusprosessin kriteerit määräytyvät myös muun muassa tarkastettavan dokumentin luonteesta, projekti- ja laatusuunnitelmassa vaadittavista asioista sekä suunnittelua tuottavan yrityksen omista vaatimuksista. Kun tarkastus saadaan suoritettua ja tarkastaja hyväksyy dokumentin, dokumenttiin lisätään tarkastusmerkintä. Tarkastusmerkintä ilmaisee tarkastajan tiedot ja tarkastuksen suorituksen päivänmäärän. Kun tarkastus on suoritettu, dokumentti siirtyy hyväksyjälle. (Pennanen & Larsen, 2023.)

Tarkastajan hyväksymä suunnitelma esitetään siis hyväksyttäväksi projektin käyttöön ja julkaistavaksi eteenpäin. Dokumentin hyväksyntäkriteerit määräytyvät myös dokumentin luonteen, projektisuunnitelman, laatusuunnitelman ja muiden suunnittelua tuottavan yrityksen vaatimusten mukaisesti. Kun hyväksyntä saadaan suoritettua ja hyväksyjä hyväksyy dokumentin, dokumenttiin lisätään hyväksynnän merkintä. Merkintä ilmaisee hyväksyjän tiedot ja hyväksynnän päivänmäärän. Mikäli dokumentti täyttää kaikki annetut vaatimukset, se voidaan hyväksyä ja toimittaa asiakkaalle toteutusvaiheeseen. (Pennanen & Larsen, 2023.)

Dokumenttien julkaisu tapahtuu teollisuuden projekteissa siten, että valmiit dokumentit kootaan dokumenttilähetyksiksi. Dokumenttilähetyksien aikataulu on yleisesti sidottuna kokonaisprojektin aikatauluun. Dokumenttilähetyksen aikataulun mukaisuus on tärkeää, koska niiden myöhästymisestä saattaa seurata projektisopimuksessa eriteltyjä sakkoja. Nämä sakkomaksut taas heikentävät projektin kättä ja taloudellista kannattavuutta. (PSK Standardisointiyhdistys ry, 2022.)

Lopullisen hyväksynnän jälkeen siirrytään toteutusvaiheeseen, jossa piirustusten ja suunnitelmien mukaiset putkistot asennetaan. Toteutusvaiheessa on tärkeää, että työmaalla on saatavilla ajan tasalla olevat suunnitelmat. On myös tärkeää valvoa asennusta säännöllisesti, että se vastaa tehtyjä suunnitelmia. Kokonaisuutena suunnitteluprojektin tarkastus- ja hyväksyntäprosessi voi rakentua esimerkiksi kuvassa 7 esitetyllä tavalla.



**Kuva 7.** Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin kulku osana suunnittelutyötä (Sweco Finland Oy, 2024c).

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli syventää ymmärrystä putkistosuunnittelun eri prosesseista ja niiden optimoinnista. Kysymysten suunnittelussa ja valinnassa on keskitytty prosessin eri vaiheisiin ja niiden merkitykseen suunnittelutyössä. Tutkimuksen kysymykset käsittelivät kuutta aihealuetta. Taulukossa 5 on eritelty haastattelun aihealueet, jotka ovat: prosessin vaiheet, laadunvarmistusmenetelmät, muutokset ja poikkeamien käsittely, dokumentointi, aikataulu ja resurssienhallinta sekä ohjelmistot ja työkalut.

Valitsin haastattelututkimuksen, koska se antaa mahdollisuuden saada syvällistä tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastattelussa voidaan käsitellä laajoja teemoja ja antaa vastaajille tilaa tuoda esiin omia näkökulmiaan. Näin mahdollistetaan uusien ajatusten ja yhteyksien esilletuominen. Haastattelututkimus mahdollistaa myös tutkittavien omien käsitysten ja kokemusten esiintuomisen, mikä on arvokasta erityisesti silloin, kun tutkitaan subjektiivisia ilmiöitä. (Kallinen & Kinnunen, 2021.)

Haastatteluissa käsiteltiin aiheita, jotka rajattiin osana tämän opinnäytetyön aloituspalaveria. Aihe rajattiin sillä tavalla, että se mahdollisti aiheen tutkimisen laajasti, kunhan se palvelee tutkimuksen tarkoituksia. Haastattelut nähtiin myös osana tekijän omaa oppimisprosessia aiheen parissa. Itse aiheen valinta perustuu oletamaan siitä, että tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt saattavat joiltain osin erota eri paikkakuntien ja projektien välillä. Tutkimuksen avulla haluttiin myös laajemmin tutkia laadun varmistumista putkistosuunnittelun alueella.

Haastattelun aiheiden valinta perustui useisiin tekijöihin, jotka yhdessä muodostivat kattavan pohjan kysymysten kehittämiseen. Kysymykset luotiin käyttämällä lähtötietona saatua aineistoa, omaa projekti- ja suunnittelukokemusta sekä ulkoista ja sisäistä koulutusaineistoa. Lähtötietona saatu aineisto tarjosi viitekehykset, joiden pohjalta varsinaisia aihealueita pystyttiin lähteä tutkimaan. Oma projekti- ja suunnittelukokemus helpotti myös kokonaisuuden hahmottamista ja lähtötietojen keräämistä erilaisista sisäisistä ja ulkoisista lähteistä.

Näiden kolmen elementin yhdistelmä mahdollisti mielestäni kohdennetun ja hyvin suunnitellun haastattelun toteuttamisen. Lopuksi esittelin tuottamani kysymykset kehitysprojektin johdolle ja sain niille hyväksynnän. Kysymysten kohdentaminen oikein oli tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta ja ne tuli muotoilla niin, että ne tukevat kehityshankkeen tavoitteita.

Haastattelun rakenteen tarkoituksena oli lähteä liikkeelle laajemmilla koko prosessia käsittelevillä kysymyksillä ja jakaa niitä sen jälkeen yksityiskohtaisemmillä tarkennuksilla. Haastattelujen tarkoituksena oli hankkia mahdollisimman laaja aineisto, joka tukisi mahdollisimman hyvin analysoitavan kokonaisuuden hahmottamista. Haastattelujen aikana heräsi kohtalaisen paljon lisäkysymyksiä ja ne kerättiin myös osaksi tutkimusaineistoa. Lisäkysymykset keskittyivät yleensä tarkentamaan jotain käsiteltävän prosessin osa-alueita, kuten yksittäisiä vastuualueita tai tiettyjen ohjelmistojen ominaisuuksia. (Muotio, 2022.)

Tutkimus toteutettiin haastatteleamalla Swecon Teollisuus ja Energia - liiketoimintayksikön projekteissa toimivia henkilöitä. Haastattelut järjestettiin Microsoft Teams -alustalla pidettyinä kokouksina ja haastatteluiden kesto oli noin 60 minuuttia. Haastattelun kysymykset (taulukko 5) olivat ennalta määrättyjä ja ne toimitettiin haastateltaville hieman ennen haastattelun aloittamista. Haastattelut tallennettiin videomuodossa analysointia varten. Haastattelukutsut lähetettiin 17 henkilölle ja haastatteluun halusi lopulta osallistua 13 henkilöä. Haastateltavien henkilöiden rooleja eri projekteissa oli esimerkiksi projektipäällikkö, tiimipäällikkö, suunnittelualuevastaava ja suunnittelija. Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina 19.1.2024—14.2.2024 välisenä aikana. Haastatteluista saatu aineisto kirjoitettiin myös sanalliseen muotoon analysoinnin helpottamiseksi.

Kaikille haastateltaville lähetettiin sähköpostin välityksellä haastattelukutsu, jossa kerrottiin haastattelun tavoitteet, tausta ja muoto. Viestissä ilmaistiin myös vastausten käyttötarkoitus ja käyttötapa osana kehityshanketta ja tätä opinnäytetyötä. Kutsussa kerrottiin myös, että tulokset tullaan käsittelemään anonyyminä. Haastattelumateriaaliin pääsy kokonaisuudessaan rajattiin myös kehityshankkeen

sisälle. Haastatteluun osallistuneilta henkilöitä varmistettiin myös halukkuus osallistua haastatteluun samalla, kun sovimme sopivan ajan haastattelun pitämiseksi. Haastattelun ajankohta sovittiin Microsoft Teams -palvelun välityksellä. Haastattelukutsusta kieltäytyi kaksi kutsun saanutta henkilöä.

**Taulukko 5.** Haastattelun rakenne aihealueittain.

| Tutkimuksen teemat | Haastattelukysymys   |
|--------------------|--|
| 1                  | <b>Prosessin vaiheet:</b><br>- Miten kuvailisitte projektinne sisäisen tarkastusprosessin vaiheet?   |
| 2                  | <b>Laadunvarmistusmenetelmät:</b><br>- Millaisia laadunvarmistusmenetelmiä käytätte varmistaaksenne suunnitelmien teknisen paikkansapitävyyden?<br>- Kuinka varmistatte, että suunnitelmat ovat linjassa voimassa olevien lakien, asetusten ja standardien kanssa? |
| 3                  | <b>Muutokset ja poikkeamien käsittely:</b><br>- Mitä toimenpiteitä teette, jos tarkastuksessa havaitaan virheitä tai puutteita suunnitelmissa?   |
| 4                  | <b>Laadunhallinnan dokumentointi:</b><br>- Miten dokumentoitte tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tulokset?   |
| 5                  | <b>Aikataulu ja resurssienhallinta:</b><br>- Miten tarkastus- ja hyväksyntäprosessi vaikuttaa projektin aikatauluun ja resurssienhallintaan?<br>- Miten sen vaikutuksiin varaudutaan?  |
| 6                  | <b>Ohjelmistot ja työkalut:</b><br>- Onko teillä käytössä erityisiä ohjelmistoja tai työkaluja tarkastusprosessin hallintaan ja seurantaan?  |

## 6 TUTKIMUSTULOKSET JA ANALYSOINTI

Tämän tutkimuksen tavoitteena on analysoida puolistrukturoidun haastattelun tuloksia, jotka on kerätty kirjoitetun haastattelumateriaalin perusteella. Haastattelu jakautui kuuteen eri osa-alueeseen, mikä mahdollisti kattavan ja monipuolisen tietopohjan muodostamisen tutkittavasta aiheesta. Jokaisen kysymyksen kohdalla analyysi suoritetaan systemaattisesti prosessin kolmen keskeisen vaiheen kanalta, joita ovat

- Suunnittelun aikainen tarkastustyö
- Loppudokumentaation tarkastaminen
- Loppudokumentaation hyväksyminen.

Analyysin tulokset muodostavat pohjan tutkimuksen jatkosuunnitelmien tekemiselle ja mahdollisille muille toimenpiteille, jotka tähtäävät haastatteluiden sisältämien havaintojen hyödyntämiseen.

### 6.1 Prosessin vaiheet

Ensimmäinen aihe haastattelussa käsitteli suunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäprosessin vaiheita. Prosessin eri vaiheet ja kriteerit ovat keskiössä projektin laadunvarmistuksen kannalta. Haastatteluissa pyrittiin hakemaan kokonaiskuvaa siitä, miten prosessi on rakennettu, millaisia vaiheita se sisältää ja kuinka nämä vaiheet vaikuttavat lopullisen suunnitelman laatuun. Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin ymmärtäminen auttaa tunnistamaan mahdollisia pullonkauloja ja kehittämään tehokkaampia työtapoja.

Haastattelujen perusteella suunnittelun aikainen tarkastustoiminta ei suoranaisesti seuraa mitään tiettyä tai määrättyä prosessia. Tarkastustoiminta perustuu tässä vaiheessa lähinnä kokonaisuuden läpikäyntiin. Kokonaisuuden läpikäynti sisältää esimerkiksi lähtötietojen vertaamista mallinnettuja putkilinjoja vasten. Läpikäynnin avulla pyritään etsimään esimerkiksi erilaisia huolimattomuusvirheitä, systemaattisesti tehtyjä virheitä, lähtötietojen puutteita, erilaisia epäselvyyksiä ja

muita mahdollisia puutteita. Osa haastateltavista kertoi myös, että he ajavat jo suunnittelun mallinnusvaiheessa erilaisia raportteja ja listoja esimerkiksi käytössä olevista materiaaleista, eristeistä ja linjatunnuksista. Näin voidaan esimerkiksi selvittää kootusti käytössä olevat eristetyypit ja verrata niitä eristysohjeessa saatuihin lähtötietoihin. Suunnitteluvaiheen tarkastustyötä putkistosuunnittelun osalta tekee lähtökohtaisesti suunnittelualuevastaava tai joku erikseen projektissa määritelty henkilö.

Suunnittelutyön aikaiseen tarkastustyöhön kuuluu myös erilaiset katselmoinnit. Projektin riskitasosta riippuen katselmointeja järjestetään erikseen sovittava määrä ja ne jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin katselmointeihin. Sisäisiä katselmointeja järjestetään suunnitteluvaiheen ollessa monesti kesken ja niissä käydään läpi ulkoiseen katselmointiin menevä materiaali. Ulkoisessa katselmoinnissa on yleensä mukana projektin asiakas ja sen tarkoituksena on hakea asiakkaan hyväksyntä tai mielipide toteutettuihin ratkaisuihin.

Suunnitteluvaiheen aikaisessa tarkastustyössä tämä mallissa tapahtuva tarkastus ja läpikäynti on haastateltavien mielestä keskiössä. Haastattelujen aikana painotettiin myös erityisesti sitä, että loppudokumentaation tuottaminen pystytään aloittamaan vasta kun kokonaisuus on riittävällä tasolla.

Loppudokumentaation tarkastamisen ja hyväksymisen osalta vastaukset olivat erittäin yhtenäisiä. Sweco on määritellyt sisäisessä laadunvarmistusprosessissaan tarkastuksen ja hyväksynnän vaiheet, jotka koskevat kaikkia yrityksen tuottamia projekteja. Loppudokumentaation tarkastaminen sisältää ensin suoritettavan oman työn tarkastamisen, jonka jälkeen dokumentti toimitetaan sisäiselle tarkastajalle. Tarkastusvaiheessa dokumentti käydään kokonaisuudessaan läpi tarkastajan toimesta. Jos tarkastaja huomaa dokumentissa virheitä tai puutteita, niin se palautetaan takaisin suunnittelijalle. Dokumentin palautuksen yhteydessä eritellään myös syy dokumentin hylkäämiselle. Suunnittelija käy läpi tarkastajien kommentit ja tekee tarvittavat muutokset suunnitelmiin. Muutosten jälkeen dokumentit palautetaan tarkastukseen. Tarkastusvaihe on iteratiivinen prosessi, jossa

suunnitelmat palautuvat takaisin suunnitteluun, kunnes tarkastaja hyväksyy ne. Haasteltavat asiantuntijat painottivat erityisesti sitä, että riippumatta dokumentin aikaisempien tarkastuskertojen määrästä, tarkastus aloitetaan aina alusta dokumentin saapuessa tarkastukseen. Eroavaisuutta toimintatavoissa oli havaittavissa, kun osa haastateltavista kertoivat tarkastavansa koko dokumentin, vaikka siitä löytyisikin jo alkuvaiheessa virheitä. Osa haastateltavista taas kertoi, että lopettavat dokumentin tarkastamisen jo alkuvaiheessa, jos merkittäviä virheitä löytyy. Haastattelujen mukaan tarkastaja voi toimia projektista riippuen tarvittavan tietotaidon omaava henkilö, joka voi olla esimerkiksi suunnittelualuevastaava, kokeempi suunnittelija tai muu erikseen määrätty henkilö. Lopputarkastajana ei kuitenkaan voi toimia henkilö, joka on itse tuottanut dokumentin. Haastattelussa kävi ilmi myös, että korkean riskiluokan dokumenteissa saatetaan käyttää projektin ulkopuolisia tarkastajia.

Kun tarkastaja on käynyt läpi koko dokumentin ja toteaa, että se täyttää määritellyt laatuvaatimukset se siirtyy hyväksyntään. Hyväksyntäprosessista vastaa yleensä projektipäällikkö, suunnittelupäällikkö tai joku muu erikseen määrätty henkilö. Hyväksyntävaiheessa hyväksyjänä toimiva henkilö varmistaa tarkastustyön oikeellisuuden ja käy dokumentin läpi. Hän keskittyy muun muassa dokumentin yleisilmeeseen, tärkeisiin kokonaisuuksiin ja muihin mahdollisesti projektiohjeessa sovittuihin asioihin. Haastateltavat ilmaisivat, että varsinainen laatu varmistetaan osana tarkastustyötä ja hyväksyntävaihe keskittyy varmistamaan, että laadunvarmistusprosessi on tuotettu laatusuunnitelman mukaisesti. Jos hyväksyntävaiheessa havaitaan puutteita tuotetussa dokumentissa, se palaa takaisin suunnittelijalle, joka korjaa havaitut puutteet. Haastateltavat painottivat vielä, että tämän jälkeen tarkastusprosessi aloitetaan jälleen alusta.

## **6.2 Laadunvarmistusmenetelmät**

Toinen haastattelun aihe koski laadunvarmistusmenetelmiä ja sitä kuinka olennaisia riskejä hallitaan ja minimoidaan. Haastatteluiden avulla pyrittiin selvittämään, millaisia menetelmiä käytetään, kuinka ne integroituvat suunnitteluprosessiin ja

miten ne edistävät projektin laatutasoa. Yleisellä tasolla kaikki Swecon tuottaman suunnittelun laatu taataan Swecon Sweco@work -laatu järjestelmän avulla. Sweco@work on sertifioitu ISO 9001-, ISO 14001- ja ISO 45001 -standardien mukaisesti.

Haastattelujen mukaan suunnittelun aikaisen tarkastustyön laadunvarmistuksen tärkein asia on, että kaikki tuotettu suunnittelu perustuu voimassa oleviin lakeihin, asetuksiin ja standardeihin. Suunnitteluvaiheen tarkastuksen kannalta on tärkeää, että jokaisella projektin suunnittelijalla on tiedossa edellä mainitut säädökset ja normit. Projektijohdon vastuulla on taas valvoa laadun toteutumista ja tiedottaa mahdollisista muutoksista. Projektin alussa luodaan lähtökohtaisesti aina suunnitteluohje, josta nämä asiat käyvät ilmi. Tarvittaessa ohjetta myös päivitetään. Suunnitteluvaiheessa tarkastusta suorittava henkilö myös seuraa aktiivisesti tuotettavaa suunnittelua ja puuttuu tarvittaessa havaittuihin poikkeamiin. Suunnittelijoilta vaaditaan kuitenkin myös omaa aktiivisuutta ja valmiutta kysyä apua epäselvissä tilanteissa.

Loppudokumentaation tarkastuksen ja hyväksynnän osalta laadun varmistuminen taataa esimerkiksi erilaisten tarkastuslistojen avulla. Erilaisten tarkistuslistojen avulla pystytään käydä kohta kohdalta lävitse, että kaikki vaadittavat asiat on huomioitu esimerkiksi isometripiirustuksessa tai layout-kuvassa. Haastattelujen perusteella erilaisia tarkastuslistoja oli usein käytössä, mutta ne olivat monesti henkilö- tai projektikohtaisia. Erilaisten projektien kohdalla vaaditaan ilmeisesti erilaisia tarkastuslistoja, joissa listan vaiheet määräytyvät projektin luonteen mukaisesti. Eri projekteissa on erilaisia vaatimuksia ja esimerkiksi asiakas voi vaatia tietynlaisia tarkastusvaiheita.

### **6.3 Muutokset ja poikkeamien käsittely**

Kolmas aihe käsitteli muutosten ja poikkeamien käsittelyä. Putkistosuunnittelu projekteissa muutoksia tulee monesti paljon projektin edetessä ja kokonaisuuden hahmottuessa. Muutoksien ja poikkeamien hallinta on merkittävä osa projektin

kokonaisuuden hallintaa sekä yleistä laatuprosessia. Haastattelujen avulla pyritään selvittämään prosessin kulku sekä kuinka muutostarve tunnistetaan, toteutetaan ja lopuksi tarkistetaan ja hyväksytään.

Suunnitteluvaiheessa erilaisia poikkeamia ja muutostarpeita havaitaan yleensä mallissa käytävän tarkastuksen ja läpikäynnin tuloksena. Erityisesti muutostarpeita esiintyy yleensä katselmointien yhteydessä. Haastateltavien mukaan tarkastusvaiheessa ilmi tulleiden yksittäisten virheiden myötä ollaan yhteydessä kyseiseen suunnittelijaan ja käydään asia lävitse sekä korjataan. Erilaisia muutoksia tehdään myös erilaisten katselmointien jälkeen. Muutoksen luonteesta riippuen voidaan myös joutua arvioimaan toivotun muutoksen toteutusmahdollisuutta. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi käytössä olevan tilan rajoitteet tai projektin scopen eli rajauksen määrittelemät asiat. Asiakkaan toiveet pyritään kuitenkin mahdollisuuksien mukaan huomioimaan.

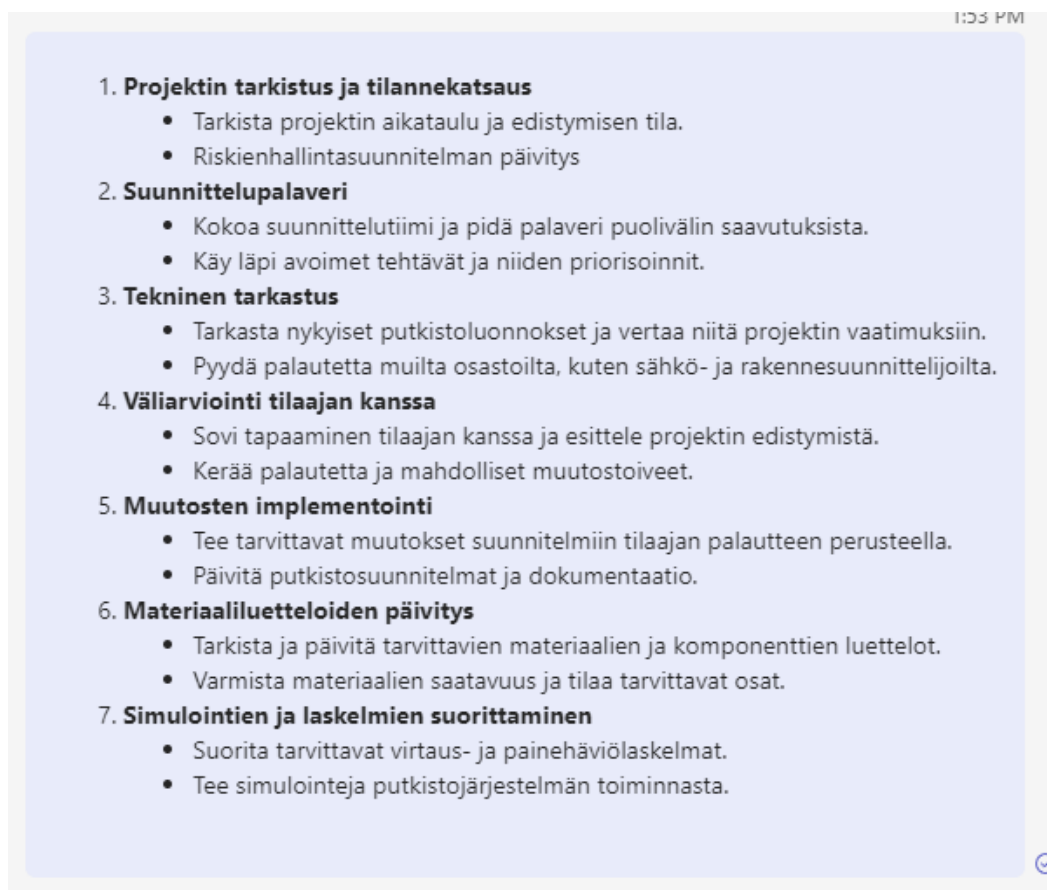
Loppudokumentaation tarkastus- ja hyväksyntävaiheessa poikkeamat huomataan lähtökohtaisesti tarkastuksen yhteydessä. Hylätty dokumentti palaa yleensä sen tehneelle suunnittelijalle. Muutama haastateltava kertoi, että on mahdollista myös, että dokumentin korjaa joku toinen suunnittelija. Tämä voi johtua esimerkiksi aikataulullisista syistä. Aina kun loppudokumentaatioon tehdään muutoksia, niin dokumentista tehdään uusi revisio, jossa on uusi revisiomerkintä. Dokumenttien revisiot käyvät myös saman tarkastus- ja hyväksyntäprosessin lävitse, eikä prosessiin tule esimerkiksi kevennyksiä. Prosessi on aina sama, ei ole väliä onko kyseessä 2. vai 10. revisio. Tätä asiaa moni haastateltava painotti erityisesti haastattelun aikana.

#### **6.4 Laadunhallinnan dokumentointi**

Neljäntenä aiheena käsiteltiin tarkastus- ja hyväksyntäprosessin dokumentointia. Dokumentointi käsittää eri dokumenttien revisiohallinnan, tarkastuksen ja hyväksynnän merkinnät ja dokumenttihistorian. Haastatteluilla pyritään selvittämään

erilaisia dokumentointikäytäntöjä ja niiden vaikutusta tiedonkulkuun projektin tarkastus- ja hyväksyntäprosessin aikana.

Haastattelujen mukaan suunnittelun aikaisesta tarkastustyöstä tuotettu dokumentaatio perustuu erilaisiin palaverimuistioihin, katselmointipöytäkirjoihin ja muuhun dokumentoituun sisäiseen ja ulkoiseen viestintään. Tämän vaiheen dokumentaatio voi perustua esimerkiksi eri poikkeamien ilmenemisen seurauksena tehtyihin kirjauksiin projektin aikana. Projektin kaikista palavereista ja katselmoineista kirjoitetaan aina muistio, josta ilmenee käsitellyt asiat. Jos muutostarpeita, virheitä tai muuta tärkeää huomioitavaa ilmenee, niistä löytyy kirjaukset projektin muistiosta. Haastateltavat kertoivat myös, että eri projekteissa saattaa olla käytössä niin sanottuja TODO-listoja eli tehtävälistoja. Näille listoille voidaan nostaa myös laadunhallinnan tehtäviä. Nämä tehtävälistat on yleensä jaoteltu eri disipliinien välillä ja niitä ylläpidetään esimerkiksi Teams-alustalla (kuva 8). Alustalla kommunikoidaan suunnittelualueiden tai disipliinien välillä esimerkiksi työnjaosta. Alustalla saattaa olla erikseen myös alue, jonne esimerkiksi asiakkaalla ja urakoitsijalla on pääsy. Alustalla ei varsinaisesti voida käydä virallisia keskusteluja, mutta esimerkiksi viestihistoria on kaikkien nähtävillä ja tukemassa työn edistymistä.



**Kuva 8.** Esimerkki projektin mahdollisesta laadunhallinnan tehtävälisestä Teams -palvelussa.

Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tulokset dokumentoidaan yleensä projektin dokumentinhallintajärjestelmään, joka voi olla esimerkiksi ProjectWise, SokoPro tai jokin muu vastaava järjestelmä. Haastattelujen perusteella joissain projekteissa saattaa olla myös käytössä erilaisia projektiasemia dokumentaation hallintaan ja säilyttämiseen. Esimerkiksi pienemmissä projekteissa projektiaseman käyttö dokumentinhallinnassa on yleistä. Dokumentinhallintajärjestelmä pitää kirjata kaikista versioista ja muutoksista, jotta projektin historiasta on selkeä kuva. Tämä helpottaa myös myöhemmin projektin elinkaaren aikana tehtäviä päivityksiä tai tarkastuksia. Jos projektin käytössä on projektiasema niin dokumenttien hallinnassa hyödynnetään erilaisia nimettyjä kansioita, jonne dokumentit tallennetaan. Dokumentteja siirretään vaiheiden mukaisesti määrättyyn paik-

kaan. Vanhat dokumenttirevisiot tallennetaan mahdollisesti omaan kansioon. Hyväksyntävaiheen jälkeen hyväksytyt ja lopulliset versiot dokumenteista arkistoidaan käytössä olevaan järjestelmään, josta ne ovat helposti löydettävissä ja käytettävissä tarvittaessa.

Tehokkaalla dokumentinhallinnalla pyritetään varmistamaan, että kaikki projektin osapuolet pysyvät ajan tasalla projektin kulusta ja dokumentit ovat aina ajantasaisia ja saatavilla. Haastattelujen perusteella dokumenttien hallinnan prosessit muokautuvat vahvasti toisiaan, mutta pieniä eroavaisuuksia on havaittavissa. Nämä johtuvat pääasiassa erilaisten dokumentinhallinnan työkalujen käytöstä.

### **6.5 Aikataulu ja resurssienhallinta**

Viidennen aihealueen muodostavat aikataulu ja resurssienhallinta. Pyrin haastattelujen avulla tutkimaan sitä, miten projektin johtohenkilöt tasapainottavat aikatauluja ja resursseja vastatakseen projektin vaatimuksiin.

Koko tarkastus ja hyväksyntäprosessin kannalta isoimmaksi nostettu huomio oli varmasti työmäärän jaon hahmottaminen eri vaiheiden kesken. Haastattelujen perusteella mahdollisesti jopa 90 % ajasta pitäisi käyttää 3D-mallin kautta tehtävään työhön, tai se olisi ainakin tavoitteena.

Haastattelujen perusteella tarkastus- ja hyväksyntäprosessi vaikuttaa projektin aikatauluun merkittävästi, sillä sen muodostuessa pullonkaulaksi aiheutuu helposti viivästyksiä. Tarkastuksessa tarvitaan aikaa ja resursseja, ja se voi luoda painetta sekä aiheuttaa pullonkauloja, erityisesti kun tuotanto ja suunnittelu tapahtuvat samanaikaisesti. Asiakkaan aikataulutoiveet ja projektien tiukat tuntimäärät voivat myös asettaa aikataulullisia haasteita.

Tarkastusprosessin vaikutuksiin varaudutaan huomioimalla tarkastukselle tarvittava aika projektin aikatauluissa ja varmistamalla riittävät resurssit. Haastattelun mukaan tärkeää on asettaa selkeät julkaisupäivämäärät ja tavoitteet. Niiden avulla pystytään hallitsemaan paremmin aikataulua ja luoda edellytykset dokumenttien

tarkastukselle ja korjaukselle ennen niiden luovutusta asiakkaalle. Tehokkaat ja selkeät dokumentinhallintajärjestelmät kuten ProjectWise, vähentävät virheiden mahdollisuutta ja suoraviivaistavat tarkastusprosessia. Lisäksi on tärkeää varautua riittävällä henkilöstöresurssilla erityisesti projektin loppuvaiheeseen, johon dokumenttien lopputarkistus keskittyy.

## **6.6 Ohjelmistot ja työkalut**

Kuudes aihe oli erilaiset ohjelmistot ja työkalut osana tarkastus- ja hyväksyntäprosessia. Haastattelujen tarkoituksena on selvittää mitä ohjelmistoja on käytössä tai todettu hyödylliseksi, miten nämä ohjelmistot vaikuttavat tarkastus- ja hyväksyntäprosessiin ja sen hallintaan ja mitkä ovat niiden vahvuudet ja heikkoudet.

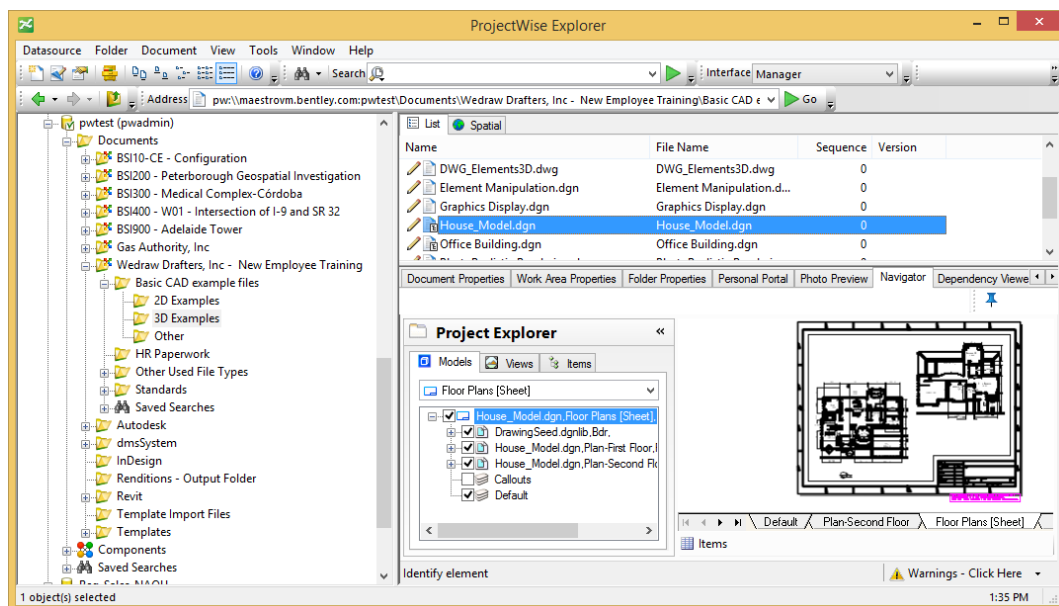
Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin eri vaiheissa on käytössä useita ohjelmistoja ja työkaluja, jotka on tarkoitettu tarkastusprosessin hallintaan, seurantaan ja tehdyn suunnittelun läpikäyntiin. Näitä ohjelmistoja ovat muun muassa ProjectWise ja So-koPro.

Eryteisesti suunnittelun aikaisen tarkastustyön tukena käytetään erilaisia Excel -taulukkoita ja listoja, Autodesk Navisworks -katselmointityökalun koontimalleja ja edistymän seurantaan luotuja malleja, Navisworks Manage -ohjelmiston törmäys-tarkastelua ja mahdollisesti myös AVEVA E3D- ja Vertex Flow -ohjelmistojen seurantatyökaluja. Käytettävät ohjelmistot jakautuivat eri projektien kesken paljon ja käytössä oli yleensä paikkakuntaakohtaisesti tai edellisistä projekteista tutut järjestelmät.

Loppudokumentaation tarkastukseen ja hyväksyntään käytettävät ohjelmistot olivat enemmän linjassa keskenään, mutta pieniä eroavaisuuksia löytyi myös niiden osalta. Haastattelujen mukaan dokumentinhallintajärjestelmänä Swecon projekteissa on käytössä lähtökohtaisesti ProjectWise (kuva 9), mutta osa haastatelta-

vista kertoi, että esimerkiksi pienemmissä projekteissa käytössä on erilaisia projektiasemia. Myös joissain projekteissa on käytössä SokoPro asiakkaan toiveesta johtuen.

Projekteissa, jotka hyödyntävät ProjectWisea dokumentinhallintajärjestelmänä dokumentaation tarkastus, hyväksyntä, kommentointi, dokumenttien jakaminen ja tilan määrittäminen hoidetaan ProjectWisen kautta. Tarkastuksen ja hyväksynnän tukena voi olla myös erilaisia pdf – tiedostojen merkintä-, yhdistely- ja muokkaustyökaluja. Tällaisena työkaluna käytetään esimerkiksi PDF-XChange Editor. ProjectWisen käyttöön halutaan kuitenkin yleisesti pyrkiä, koska se tarjoaa korkeatasoisen tietoturvan, käyttäjäkohtaisesti määriteltävät käyttöoikeudet ja muokattujen dokumentaation historiatietojen säilyttämisen.



**Kuva 9.** Esimerkki ProjectWise -dokumentinhallintaohjelmaan luodusta projektista (Bentley Systems, 2024).

## 6.7 Tuloksien analysointi

Tutkimuksen tavoitteena oli syventyä putkistosuunnitteluprojektien laadunvarmistusprosesseihin analysoimalla puolistrukturoituja haastatteluja. Haastattelut

tarkastelivat suunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäprosesseja, laadunvarmistusmenetelmiä sekä muutoksien ja poikkeamien käsittelyä eri projektin aikana.

Haastattelujen perusteella vaikuttaa siltä, että tarkastustoiminta suunnittelun aikana ei ole erityisen formalisoitu tai standardisoitu, vaan se perustuu kokonaisvaltaiseen tarkasteluun, katselmointiin ja virheiden etsintään. Tarkastus on iteratiivinen prosessi ja sitä jatketaan, kunnes kokonaisuuden koetaan olevan riittävällä tasolla loppudokumentaation tuottamiseen. Mallipohjaisen läpikäynnin osalta erilaisten hyväksi todettujen tapojen ja käytäntöjen kokoaminen yhteen voisi vielä lisätä laadunvarmistusprosessin tehokkuutta. Tuotettavaan dokumenttiin voitaisiin listata erilaisia käytäntöjä sekä koota esimerkiksi ohjeita ja vinkkejä läpikäynnityön tueksi. Näin pystyttäisiin valjastamaan eri projektien jo olemassa oleva tietotaito ja inhimillinen pääoma kootusti koko organisaation käyttöön ja saataville.

Sweco noudattaa tarkasti määriteltyjä prosesseja loppudokumentaation tarkastamisessa ja hyväksymisessä. Prosessin kulku on erikseen määritelty ja se on osa yrityksen sisäistä laadunvarmistusprosessia. Haastattelujen yhteydessä mainittiin erityisesti standardien, säädösten ja normien noudattamisen tärkeys osana koko suunnitteluprosessia. Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tukena olevien tarkastuslistojen käyttö auttaa myös varmistamaan loppudokumentaation korkean laadun. Projekti- ja tarkastajakohtaisten listojen pohjalta voitaisiin tuottaa koko organisaatiota palveleva tarkastusohje. Haastattelujen pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että laadunvarmistukseen tarvittavat tiedot ovat olemassa, mutta erilaiset käytännöt luovat variaatiota eri projektien välillä. Tarkastuksen ja hyväksynnän tueksi tuotettavan ohjeen avulla voitaisiin luoda yhtenäinen pohja tarkastustoiminnalle, joka voisi toimia pohjana erilaisten projektikohtaisten listojen luonnissa. Tämän ohjeen avulla voitaisiin myös tarvittaessa kouluttaa uutta henkilöstöä Swecon toimintatavoista.

Muutosten ja poikkeamien hallinta projektin aikana on olennaista laadun ja projektin kokonaisuuden kannalta. Haastattelut osoittavat, että Swecon tuottamisissa

projekteissa on erinomainen kyky reagoida muutoksiin ja hallita projektia kokonaisuutena. Esimerkiksi asiakkaan toiveet ja vaatimukset pyritään huomioimaan mahdollisimman tarkasti koko tarkastus- ja hyväksyntäprosessin ajan. Muutokset ja poikkeamat käsitellään erilaisissa palavereissa, jotka voivat olla projektihenkilöstön sisäisiä tai ulkoisesti asiakkaan tai urakoitsijan kanssa pidettäviä. Kaikista palavereista tehdään Swecon projekteissa aina muistio. Haastattelujen perusteella voitiin havaita, että erilaisten muistioiden ja työlistojen toteutustavoissa oli pientä hajontaa ja mielestäni myös nämä käytännöt voitaisiin kerätä yhteen ja sisällyttää osaksi tuotettavaa putkistosuunnittelun tarkastus ja hyväksyntäohjetta.

Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tukena Sweco käyttää erilaisia dokumentinhallintajärjestelmiä, kuten ProjectWise ja SokoPro. Lisäksi joissain projekteissa on käytössä erilaisia projektiasemia, joiden kautta dokumentinhallinta tapahtuu. Swecon projekteissa ensisijainen dokumenttienhallintajärjestelmä on ProjectWise, mutta eri projekteissa saatetaan hyödyntää myös muita vastaavia työkaluja tai erilaisia projektiasemia. ProjectWisen käyttö dokumentinhallinnassa tulisi mielestäni ulottaa myös pienempiin projekteihin, jotta prosessin kulkua pystyttäisiin entisestään yhtenäistämään. Asiakas voi kuitenkin vaatia tietyn dokumentinhallintaohjelman käyttöä ja valmiudet eri ohjelmistojen käyttöön on hyvä olla olemassa. ProjectWise tarjoaa myös ohjelmistoon valmiiksi integroidut työkalut tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tueksi sekä mukautetun dokumenttistorian, jonka avulla dokumentin ajantasainen revisiohistoria on aina helposti saatavilla. ProjectWise mahdollistaa myös dokumenttien selkeän identifioinnin tarkastusprosessin vaiheen mukaisesti, henkilökohtaisten käyttöoikeuksien asettamisen ja tehokkaan tiedonsiirron sisäisesti sekä eri sidosryhmien välillä. Swecolla on myös kattava sisäinen dokumentaatio ProjectWisen käyttöön. Dokumentinhallintajärjestelmän käyttö vähentäisi yleisesti myös virheiden mahdollisuutta ja suoraviivaistaisi tarkastusprosessia.

Kokonaisuutena Swecon eri projektien putkistosuunnittelun laadunvarmistusprosessi täyttää sille annetut vaatimukset. Tämän työn tuloksena ehdotan kuitenkin

kootun putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohjeen tuottamista, jonka avulla voidaan yhdistää olemassa oleva inhimillinen pääoma ja henkilöstön tietotaito tukemaan koko organisaation toimintaa. Tämä ohje sisältäisi ositettuna

- Tarkastus- ja hyväksyntäprosessin vaiheet
- Tarkastuksen ja hyväksynnän kriteerit
- Laadunvarmistuksen menetelmät ja standardit
- Viestinnän ja raportoinnin ohjeet
- Ohjeet muutosten ja poikkeamien käsittelyyn.

Ohjeen avulla voitaisiin myös kouluttaa yrityksen nykyistä ja uutta henkilöstöä prosessin vaiheista, vaatimuksista ja tavoitteista. Ohjeeseen kootuilla hyväksi todetuilla toimintatavoilla ja työkaluilla pystytään myös mahdollisesti vaikuttamaan projektien tuottamaan laatuun ja tehokkuuteen. Selkeiden ohjeiden ja yhtenäisten toimintatapojen avulla on myös helpompaa integroida uusi henkilöstö osaksi jo käynnissä olevia projekteja.

## 7 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli syventyä putkistosuunnitteluprojektien laadunvarmistusprosesseihin ja selvittää Sweco Finland Oy Teollisuus ja Energia -liiketoimintayksikön eri projektien käytössä olevat putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäkäytännöt. Tutkimuksen avulla tavoiteltiin parempaa ymmärrystä siitä, miten eri projektien tarkastus- ja hyväksyntäprosessit toimivat käytännössä, miten laadunvarmistusmenetelmiä sovelletaan, kuinka muutoksia ja poikkeamia käsitellään projektin aikana, miten prosessin dokumentointi toteutetaan ja erityisesti miten erilaiset käytännöt saattavat erota eri projektien välillä.

Tutkimus toteutettiin käyttämällä puolistrukturoituja haastatteluja, koska se mahdollisti syvällisen analyysin ja yksityiskohtaisten tietojen keräämisen suunnittelu- prosessista ja sen laadunvarmistuksesta. Haastattelujen avulla saatiin selville prosessien subjektiivisia näkökulmia ja kokemuksia, jotka eivät välttämättä tulisi esiin muilla aineistonkeruumenetelmillä. Tutkimuksen aineisto koostui haastatteluista, jotka suoritettiin putkistosuunnitteluprojektien tarkastuksen ja hyväksynnän parissa työskentelevän henkilöstön kanssa. Haastattelut tarjosivat laajan pohjan sekä ensikäden tietoa ja kokemuksia suunnittelun laadunvarmistuksesta Sweco Finland Oy:ssä.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan päätellä, että laadunvarmistukseen tarvittavat tiedot ovat olemassa, mutta erilaiset käytännöt luovat variaatiota eri projektien välillä. Tarkastuksen ja hyväksynnän tueksi tuotettavan ohjeen avulla voitaisiin luoda yhtenäinen pohja tarkastustoiminnalle, joka voisi toimia pohjana erilaisten projektikohtaisten listojen luonnissa. Tutkimuksen perusteella ehdotan seuraavia toimenpiteitä:

- Luodaan yhtenäinen putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohje.
- Selvitetään ja kootaan käytössä olevat parhaat käytännöt ja menetelmät ohjeen tueksi.

- Laajennetaan dokumentinhallintajärjestelmien käyttöä kaikenkokoisiin projekteihin.

Opinnäytetyön tavoite saavutettiin ja opinnäytetyöllä onnistuttiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Ohje koettiin tarpeelliseksi käytäntöjen yhtenäistämiseksi. Opinnäytetyössä onnistuttiin kokoamaan haastattelujen pohjalta aineistoa, jonka avulla pystytään toteuttamaan tarkastus- ja hyväksyntäohjeistukselle tarkoituksenmukainen sisältö.

Jatkotutkimusaiheena voisi olla ehdotetun tarkastus- ja hyväksyntäohjeen toteutuksen ja vaikutusten arviointi. Lisäksi voitaisiin tutkia miten digitalisaatio ja tekoäly voivat entisestään parantaa laadunvarmistusprosesseja putkistosuunnittelussa.

## LÄHTEET

- Alberto, J. B. (2019). What are the inputs for an isometric drawing? Noudettu 17.4.2024 osoitteesta <https://www.linkedin.com/pulse/what-inputs-isometric-drawing-dr-javier-blasco-alberto/>
- Anttila, J. & Jussila, K. (2016). Maailma, minä ja laatu – käsitteellistä laatupohdiskelua. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta [https://www.researchgate.net/publication/295235896\\_Maailma\\_mina\\_ja\\_laatu\\_-\\_kasitteellista\\_laatupohdiskelua](https://www.researchgate.net/publication/295235896_Maailma_mina_ja_laatu_-_kasitteellista_laatupohdiskelua)
- AFRY AB. 2024. Projektin avaimet käteen -toteutus EPCM-toimituksena. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://afry.com/fi-fi/palvelu/epcm>
- Bentley Systems.2024. ProjectWise Explorer Window Layout. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://docs.bentley.com/LiveContent/web/ProjectWise%20Explorer%20Help-v11/en/GUID-7A0E5E3A-1FE9-4068-C4A2-AC9F22A17A9B.html>
- Jyväskylän yliopisto. (2015). Laadullinen tutkimus. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>
- Kallinen, T. & Kinnunen, T. (2021). Haastattelut. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Noudettu osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- Kernzer, H. (2002). Project management. John Wiley Sons Inc.
- L 2005/390. (2005). Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2005/20050390>
- L 2016/1144. (2016). Painelaitelaki. Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144>
- Larjovuori, R-L., Manka, M-L & Nuutinen, S. Inhimillinen pääoma, Työhyvinvointia, tuloksellisuutta, pidempiä työuria? Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/70342>

- Larsen, S. & Pennanen R. 2023. Projektin ja toimeksiannon laadunhallinta. [Intranet].
- May, G. H. (2009). Introduction to Piping Engineering. Noudettu 17.4.2024 osoitteesta [https://www.wermac.org/pdf/piping\\_engineering.pdf](https://www.wermac.org/pdf/piping_engineering.pdf)
- Muotio, L. (2022). Teemahaastattelu tutkimusmenetelmänä. Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://www.muotoilu.info/index.php/tutkiva-muotoilu/metodit/teemahaastattelu-tutkimusmenetelmana>
- Näpärä, L. (2017). Haastattelun lajityypit. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://spoken.fi/haastattelun-lajityypit/>
- Project Management Institute. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition. Project Management Institute.
- PSK Standardisointiyhdistys ry. (2003). PSK 5803. Putkistopiirustukset. Isometrisen piirustus. (PSK 5803).
- PSK Standardisointiyhdistys ry. (2021). PSK 2402. Teollisuuden putkistot. Putkistosuunnittelun perusteet. (PSK 2402).
- PSK Standardisointiyhdistys ry. (2022). PSK 5813. Dokumenttien hallinta. Dokumenttilähettykset. (PSK 5813).
- SFS Suomen standardit ry. (2016). Mitä laatu on? Noudettu 3.4.2024 osoitteesta <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>
- Suomen standardoimisliitto SFS ry. (2015). SFS-EN ISO 9000. Quality management systems. Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2015).
- Suomen standardoimisliitto SFS ry. (2021). SFS-EN 13480-3. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta (EN 13480-3:2021).
- Sutton, I. (2017). Plant Design and Operations. Gulf Professional Publishing.
- Sweco Finland Oy. (2022). Sweco Finland-yritysesittely. Intranet.
- Sweco Finland Oy. 2024a. Palvelumme. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.sweco.fi/palvelumme/teollisuus-energia-ja-ymparisto/teollisuuden-suunnittelu-ja-konsultointi/>

- Sweco Finland Oy. 2024b. Projektin toteutus EPCM mallilla keventää teollisuusinvestoija työtaakkaa. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.sweco.fi/ajankohtaista/uutiset/projektin-toteutus-epcm-mallilla-keventaa-teollisuusinvestoijan-tyotaakkaa/>
- Sweco Finland Oy. 2024c. Swecon sisäinen dokumentaatio. [Intranet].
- Sweco Finland Oy. 2024d. Tietoa Swecosta. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>
- Sweco Group. 2024. Sweco Group Presentation. Noudettu 7.4.2024 Swecon Intranetistä.
- Tampereen yliopisto. (2021). Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Noudettu 7.4.2024 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullisen-tutkimuksen-ominaispiirteet/>
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2024. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. Noudettu 26.4.2024 osoitteesta <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>
- Wever, G. H. & Vornhauer, G.F. (1993). Kodak's framework and assessment tool for implementing TQME Noudettu 15.4.2024 osoitteesta <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tqem.3310030103>

## LIITTEET

### LIITE 1. Haastattelukysymykset

Taustatutkimuksessa tutkittiin:

1. Miten kuvailisitte projektinne sisäisen tarkastusprosessin vaiheet?
2. Millaisia laadunvarmistusmenetelmiä käytätte varmistaaksenne suunnitelmien teknisen paikkansapitävyyden?
3. Kuinka varmistatte, että suunnitelmat ovat linjassa voimassa olevien lakien, asetusten ja standardien kanssa?
4. Mitä toimenpiteitä teette, jos tarkastuksessa havaitaan virheitä tai puutteita suunnitelmissa?
5. Miten dokumentoitte tarkastus- ja hyväksyntäprosessin tulokset?
6. Miten tarkastus- ja hyväksyntäprosessi vaikuttaa projektin aikatauluun ja resurssienhallintaan? Miten sen vaikutuksiin varaudutaan?
7. Onko teillä käytössä erityisiä ohjelmistoja tai työkaluja tarkastusprosessin hallintaan ja seurantaan?

## LIITE 2. Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohje – ehdotus sisällysluettelosta



2024-03-14

Tekijä: Niko Rinta-Keturi

### Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohje

#### Sisällysluettelo

|  |    |
|--|----|
| Putkistosuunnittelun tarkastus- ja hyväksyntäohje .....    | 1  |
| 1 Johdanto .....   | 2  |
| 2 Suunnitteluvaihe ja sen aikainen tarkastustyö .....      | 3  |
| 2.1 Putkistosuunnittelun lähtötiedot .....                 | 4  |
| 2.2 Standardit .....                                       | 4  |
| 2.3 Läpikäynti suunnittelun aikana .....                   | 4  |
| 2.4 Viranomaisten konsultointi .....                       | 5  |
| 2.5 Lujuuslaskelmat .....                                  | 5  |
| 2.5.1 Esimerkkitalanteet .....                             | 6  |
| 3 Tarkastuskäytännöt .....                                 | 6  |
| 3.1 Tarkastuksen aikataulu .....                           | 6  |
| 3.2 Tarkastuksen vastuuhenkilöt .....                      | 7  |
| 3.3 Tarkastusprosessi .....                                | 7  |
| 3.4 Tarkastuksen kriteerit .....                           | 7  |
| 3.5 Tarkastusprosessin dokumentointi ja arkistointi .....  | 9  |
| 4 Hyväksyntäkäytännöt .....                                | 9  |
| 4.1 Hyväksynnän aikataulu .....                            | 9  |
| 4.2 Hyväksynnän vastuuhenkilöt .....                       | 9  |
| 4.3 Hyväksyntäprosessi .....                               | 9  |
| 4.4 Hyväksynnän kriteerit .....                            | 10 |
| 4.5 Hyväksyntäprosessin dokumentointi ja arkistointi ..... | 10 |
| 5 Laadun varmistaminen .....                               | 10 |
| 5.1 Laadunvalvonnan menetelmät .....                       | 10 |
| 5.2 Laadunvarmistuksen standardit .....                    | 10 |
| 6 Riskienhallinta .....                                    | 11 |
| 6.1 Riskien tunnistaminen .....                            | 11 |
| 6.2 Riskien arviointi .....                                | 11 |
| 7 Viestintä ja raportointi .....                           | 11 |
| 7.1 Sisäinen viestintä .....                               | 11 |
| 7.2 Ulkoinen viestintä .....                               | 12 |
| 7.3 Raportointivaatimukset .....                           | 12 |
| 8 Muutokset tarkastus- ja hyväksyntäprosessissa .....      | 12 |
| 8.1 Muutosten käsittely .....                              | 12 |
| 8.2 Muutosten dokumentointi .....                          | 12 |
| 9 Liitteet .....   | 12 |
| 10 Viittaukset ja lähteet .....                            | 12 |