



Hetti Sipiläinen

Putkistosuunnittelu Streamline-projektin selvitysvaiheessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

19.10.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Hetti Sipiläinen
Otsikko: Putkistosuunnittelu Streamline-projektin selvitysvaiheessa
Sivumäärä: 36 sivua
Aika: 19.10.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine: Kemian prosessitekniikka
Ohjaajat: Layout and Piping Manager Jukka Sorsa
Lehtori Timo Seuranen

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella nestemäistä propaania sisältävä putkilinja Nesteen jalostamolle Porvoon Kilpilahteen. Työn taustalla oli korvata vetykaasun tuotannossa käytettävä maakaasu propaanilla. Maakaasu haluttiin korvata mahdollisimman nopeasti sen rajun hinnannousun johdosta, jonka takia putkistosuunnitteluprojektilla oli tiukka aikataulu.

Putkilinjan suunnittelu aloitettiin tutustumalla Nesteen käyttämiin standardeihin ja spesifikaatioihin sekä putkistosuunnitteluprojektin kulkuun. Neste käyttää pääasiassa jalostamollaan omia NOS-standardejaan ja spesifikaatioitaan, jotka on sovellettu SFS:n, PSK:n sekä ASME:n standardeista. Projekti toteutettiin Streamline-projektina, joka on yksinkertaistetumpi putkistosuunnitteluprojekti. Streamline-projektit sopivat yksinkertaisille tai laajuudeltaan pienille projekteille.

Putkistosuunnittelun dokumentointi riippuu projektista ja projektin asiakkaasta. Projektissa putkistoisometrien lisäksi laadittiin työmäärityt asennettavasta putkistosta ja eristystöistä sekä palloventtiilien hankintamääritys. Suunniteltavasta linjasta tehtiin MTO, joka on oleellinen osa putkiston kustannusarviota. MTO:hon listattiin putken pituus, putkikäyrien määrä sekä PI-kaavion mukaiset putkikomponentit.

Putkilinjan suunnittelu käynnistyi nopealla aikataululla, koska linjan alkuosa rakennettiin jo syksyn huoltokatkossa. Alkuosan suunnittelun jälkeen putkilinjaa mallinnettiin alueen testimalleihin. Projektin selvitysvaiheen lopussa projektin laajuus lisääntyi, PI-kaavioita muutettiin sekä 3D-suunnitteluohjelma vaihdettiin. Suunnitteluohjelman vaihdos ei toteutunut aikataulussa, ja tämän insinööriyön osalta projektin tarkastelu päättyi selvitysvaiheen loppuun.

Aikataulullisista haasteista johtuen alustavia suunnitelmia ei voitu vertailla lopullisiin suunnitelmiin. Suunnitelmien vertailu olisi ollut työn kannalta mielenkiintoista, jotta olisi nähty, kuinka paljon alustavat suunnitelmat muuttuivat projektin edetessä. Aikatauluhaasteita lukuun ottamatta putkistosuunnitteluprojekti sujui hyvin ja selvitysvaiheen osalta päästiin odotettuun lopputulokseen.

Avainsanat: putkisto, suunnittelu, standardi, 3D-suunnittelu, putkilinja

Abstract

Author: Hetti Sipiläinen
Title: Pipeline Design in Study Phase of Streamline Project
Number of Pages: 36 pages
Date: 19 October 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major: Chemical Engineering
Supervisors: Jukka Sorsa, Layout and Piping Manager
Timo Seuranen, Senior Lecturer

The aim of this thesis was to design a pipeline for liquid propane transportation for Neste refinery in Kilpilahti, Porvoo. The reason for the thesis was the decision to replace the natural gas, which is used in the production of hydrogen gas, with propane. Natural gas was to be replaced as quickly as possible due to its drastic price increase. Therefore, the piping design project had a strict schedule.

The design of the pipeline started by getting familiar with the standards and specifications which are used at Neste. In addition, the progress of the pipeline design project was studied. Neste mainly uses its own NOS standards and specifications which are applied from SFS, PSK and ASME standards. The project was implemented as a streamline project, which is a simplified pipeline design project, and it is suitable for simple or small scoped projects.

Documentation in a pipeline design project depends on the project and the project's customer. In addition to piping isometrics, work specifications for the piping installation and insulation work as well as a procurement specification for ball valves were drafted in the project. A MTO was made of the designed line and it is an essential part of the pipeline cost estimates. The length of the pipe, the number of pipe bends and the pipe components according to the PI diagram were listed in the MTO.

The designing of the pipeline started on a fast schedule because the first part of the line was already built during the autumn maintenance break. After the design of the beginning of the pipe, the pipeline was modeled in test models of the area. At the end of the study phase the scope of the project was extended, the PI diagrams were modified, and the 3D design program was changed. The change of the design program did not take place on schedule, and for this thesis, the review of the project ended at the end of the study phase.

Due to scheduling challenges, the preliminary plans could not be compared to the final plans. A comparison of the plans would have been interesting in order to see how much the initial plans changed as the project progressed. Apart from the schedule challenges, the pipeline design project went well, and with regard to the study phase the expected result was reached.

Keywords: piping, design, standard, 3D-design, pipeline

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Putkistosuunnittelu	2
3	Standardit	3
4	Suunnittelun dokumentointi	4
4.1	Putkistoisometrit	5
4.2	Taso- ja leikkauspiirustukset	6
4.3	MTO	6
4.4	Työmäärittelyt	7
4.5	Dokumenttien arkistointi	7
5	Putkistosuunnitteluprojektin vaiheet	8
5.1	Selvitysvaihe	9
5.2	Suunnitteluvaihe	10
5.3	Toteutusvaihe	11
5.4	Streamline-projektin kulku	12
6	Projekti	13
6.1	Projektin tausta	15
6.2	Käytetyt 3D-järjestelmät	16
6.2.1	PDS	16
6.2.2	AutoCAD Navisworks	17
6.2.3	SmartPlant 3D	18
6.3	Projektin alku	18
6.4	Putkilinjan suunnittelu	20
6.5	Venttiilit	24
6.6	Tyhjennykset	26
6.7	Virtausmittaus	26
6.8	Kannakointi	28
6.9	Putkiston eristykset ja sähkösaatto	29
6.10	Projektin selvitysvaiheen loppu	30

7 Yhteenveto

34

Lähteet

35

Lyhenteet ja käsitteet

AFC	Approved for Construction. Hyväksytty rakentamista varten
AFD	Approved for Design. Hyväksytty suunnittelua varten.
ASB	As-Built. Vastaa rakennettua tilaa.
ASME	American Society of Mechanical Engineers. Amerikkalainen standardoimisjärjestö.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
ES	Neste Oyj:n Engineering Solutions -osasto.
FC	For Comments. Kommentointia varten.
HSE	Health Safety Environment. Terveys, turvallisuus, ympäristö.
MTO	Material Take Off. Materiaalilista, jota käytetään osana projektin kustannuslaskelmaa.
NOS	Neste Oil Standards. Nesteen standardit, joita käytetään Nesteen jalostamoilla.
PDS	Plant Design System. Integraphin 3D-suunnittelujärjestelmä.
PED	Pressure Equipment Directive. Painelaitedirektiivi. 2014/68/EU.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
SESKO ry	Sähkötekniikan alan kansallinen standardointijärjestö.

- SPF Smart Plant Foundation. Nesteen elinkaaridokumenttien hallintajärjestelmä.
- TL4 Tuotantolinja 4 Nesteen jalostamolla Kilpilahdessa.
- VY3 Vety-yksikkö 3 Nesteen jalostamolla Kilpilahdessa.

1 Johdanto

Putkistosuunnittelun tavoitteena on suunnitella asiakkaan tilaama putkisto siten, että sen hankinta ja asentaminen on mahdollista. Putkistosuunnittelua tehdään useille eri teollisuuden aloille, kuten kemianteollisuudelle, elintarviketeollisuudelle ja öljynjalostukselle. Eri teollisuuden aloilla ja suunnitteluyrityksillä on eri toimintatapoja ja toteutusmalleja, miten putkistosuunnitteluprojekti toteutetaan ja minkälaista dokumentaatiota vaaditaan. Putkistosuunnitteluprojektissa käytettävät standardit riippuvat suunnitteluyrityksestä, kohdemaasta sekä asiakkaan vaatimuksista. Myös suunnitteluprojektissa laadittava dokumentaatio on asiakaskohtaista. Projektissa käytettävät standardit ja vaadittava dokumentaatio on sovittava asiakkaan kanssa aina projektin alkaessa. [1.]

Tämä insinööri työ tarkastelee putkistosuunnitteluprojektia putkistosuunnittelijan näkökulmasta. Insinööri työ on toteutettu yhteistyössä Neste Oyj:n Engineering Solution-osaston eli ES:n kanssa. Työ tehtiin osana putkistosuunnitteluprojektia, jonka tavoitteena oli suunnitella putkilinja Nesteen tuotantolaitokselle Porvoon Kilpilahteen. Suunnittelun lisäksi työssä käsitellään putkistosuunnitteluprojektin kulkua ES:llä, siihen liittyviä standardeja ja Nesteen vaatimia suunnitteludokumentteja. Suunnittelutyön tukena käytettiin ES:n spesifikaatioita ja ohjeistuksia.

Neste Oyj on suomalainen öljynjalostusyritys, jonka tytäryhtiönä toimi Neste Engineering Solutions Oy. Keväällä 2022 ilmoitettiin, että Neste Engineering Solutions Oy yhdistetään kokonaan Neste Oyj:hin, ja yhdistyminen tapahtui syyskuun lopussa. Syyskuun jälkeen Neste Engineering Solutionin työntekijät työskentelevät Nesteellä Engineering Solutions -osastolla. ES työllistää noin 750 ammattilaista Suomessa ja sen pääkonttori sijaitsee Porvoon Kilpilahdessa. ES tarjoaa teknologia-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluita, ja sen asiakaskunta koostuu eri öljy-, kaasu-, petrokemian- sekä bioteollisuuden alojen yrityksistä. [2.]

2 Putkistosuunnittelu

Eri kohteet ja käyttötarkoitukset luovat vaatimuksia putkistolle, minkä vuoksi putkistosuunnittelulla on monta eri rajapintaa muihin suunnittelualoihin. Putkistosuunnittelu tekee tiivistä yhteistyötä niin prosessisuunnittelun kuin sähkö- ja rakennussuunnittelunkin kanssa. Usein suunniteltavaan putkistoon liittyy laitteita ja instrumentteja, jotka on sijoitettava putkireitille niin, että prosessi toimii suunnitellusti. Putkistosuunnittelun vastuulla on sijoittaa prosessin vaatimat laitteet, putkikomponentit ja instrumentit putkilinjalle niin, että niitä voidaan käyttää tarkoituksenmukaisesti ja huoltaa tarvittaessa. [3, s. 5; 4, s. 3.]

Putkistosuunnittelun perustana toimii prosessisuunnittelun tuottama PI-kaavio, josta voidaan nähdä putkilinjaan sijoitettavat laitteet sekä instrumentit. PI-kaavion lisäksi prosessisuunnittelu määrittää putkiluokan ja mahdolliset putkeen liittyvät muut linjat. Putkiluokasta nähdään putkimateriaali, nimellispaine sekä putken seinämänpaksuus, joka määrittää virtaavan aineen, lämpötilan, paineen ja korroosio-olosuhteiden perusteella. [3, s. 6.]

Putken reitityksen sekä laitteiden ja instrumenttien sijoittamisen lisäksi putkistosuunnittelun tulee suunnitella putkilinjan kannakointi. Putkilinja kannakoidaan käyttäen putkikannakkeita, jotka tukevat putkistoa ja tarvittaessa rajoittavat putkiston liikettä. Kannakoinnin avulla varmistetaan, että putkisto kestää siihen kohdistuvan rasituksen. [3, s. 5.]

Putkistosuunnittelu tehdään hyödyntäen eri 3D-mallinnusohjelmia, ja suunnitteluprojektissa käytettävä ohjelma määritellään aina projektin alkaessa. 3D-mallinnuksen avulla on helppo hahmottaa putkiston reitti ja sen vaatima tila. 3D-mallista riippuen ympäristö voi vastata tarkastikin todellista ympäristöä, jolloin pystytään havaitsemaan mahdolliset törmäykset muihin putkistoihin, laitteisiin tai rakenteisiin. Mallissa voi olla myös mallinnettuna alueella sijaitsevat teräsrakenteet, jolloin reittiä suunniteltaessa voidaan huomioida sen kannakointi. [3, s. 5–6; 4, s. 4.]

3 Standardit

Putkistosuunnittelua ohjaavat standardit, jotka yhtenäistävät suunnittelua ja vähentävät suunnittelussa tapahtuvia virheitä. Standardit jaetaan kolmeen eri tasoon: kansainvälinen, eurooppalainen ja kansallinen taso. Putkistosuunnittelussa käytettävät standardit riippuvat kohdemaasta ja täten suunnittelua on hattu yhtenäistää eurooppalaisilla EN-standardeilla. Suomessa standardoinnin keskusjärjestöinä toimivat SFS (Suomen Standardisoimisliitto) ja SESKO ry (Sähköteknisen alan kansallinen standardointijärjestö). Näiden lisäksi PSK-standardisointi luo standardeja teollisuuteen. Yleisten standardien lisäksi yrityksillä on myös olemassa omia ohjeita ja spesifikaatioita suunnittelun tukena. [5, s. 2–5.]

PSK:n standardit perustuvat eurooppalaisiin, kansainvälisiin sekä SFS-standardeihin. Putkistosuunnittelun näkökulmasta yksiä oleellisimpia standardeja ovat ryhmän 42 putkiluokkastandardit. Putkiluokkastandardeilla on voitu yhtenäistää samaan putkilinjaan kuuluvien putkien ja putkenosien mitoitusta ja materiaaleja. Putkiluokat helpottavat putkistosuunnittelua, hankintaa, rakentamista sekä kunnossapitoa. Putkiluokissa määritellyt mitat ja materiaalit ovat syötettynä useimpiin suunnitteluohjelmiin, jolloin putken ja putkenosien mitat ovat oikeellisia jo putkiston suunnitteluvaiheessa. Lisäksi putkiluokat luovat varmuutta putkenosien valmistukseen, kun tiedetään, että samoja osia ja materiaaleja käytetään myös muissa projekteissa. Kun osien valmistus on vakaata, putkenosien toimitusvarmuus ja saatavuus paranee. PSK:n putkiluokkien lisäksi yrityksillä voi olla käytössä omia putkiluokkia. [6.]

ASME (American Society of Mechanical Engineers) on amerikkalainen standardoimisjärjestö, jonka standardit ovat maailmanlaajuisesti käytettyjä putkistosuunnittelussa, etenkin petrokemian laitoksilla. Myös Neste käyttää ASME:n standardeja jalostamoillaan. Oleellisimpia standardeja ovat Boiler & Pressure Vessel Code (BPVC) -kokoelman standardit, jotka sisältävät painekattiloiden ja -laitteiden suunnitteluun ja valmistukseen liittyvät ohjeistukset. Painelaitestandardien lisäksi oleellisia ASME-standardeja ovat ASME B31.1 ja ASME B31 -

standardit. Nämä sisältävät edellytyksiä putkiston suunnittelulle, valmistukselle, materiaaleille ja tarkastukselle. [5, s. 10–13.]

ASME:n lisäksi Neste käyttää omia NOS-standardeja, jotka on pitkälti sovellettu ASME:n standardeista. Standardien päivityksestä ja revisioinnista vastaavat Nesteen työntekijät. Jokaiselle standardille on nimetty vastuhenkilö, joka vastaa siitä, että standardi on ajan tasalla. NOS-standardien lisäksi Nesteellä käytetään putkistosuunnittelun tukena Nesteen omia spesifikaatiota ja ohjeita. [7.]

Putkistosuunnittelua ohjaavat standardit noudattavat painelaitedirektiiviä, eli PED:tä (2014/68/EU), joka perustuu painelaitelakiin (1144/2016). Painelaitedirektiivi velvoittaa, että painelaite täyttää lainsäädännön vaatimat turvallisuusvaatimukset ja sen tavoitteena on turvata painelaitteiden vapaa liikkuvuus ja korkea turvallisuustaso. PED koskee painelaitteita, joissa suurin sallittu käyttöpaine ylittää 0,5 baaria. Painelaite voi olla säiliö, putkisto, varolaitte tai paineenalainen lisälaitte. Varolaitteita ovat esimerkiksi varoventtiilit tai erilaiset rajoinlaitteet. Paineenalaisilla lisälaitteilla tarkoitetaan esimerkiksi venttiileitä, paineensäätimiä tai painemittareita. [8.]

Painelaitedirektiivissä olevalla arviointimoduulilla arvioidaan painelaitteen vaatimustenmukaisuutta. Käytettävä arviointimoduuli riippuu painelaitteen luokasta. Luokkia on neljä ja ne määräytyvät laitteen mahdollisesti aiheuttaman vaaran mukaan. Kun laite on direktiivin vaatimusten mukainen, se saa CE-merkinnän. CE-merkinnällä taataan, että painelaite saa liikkua vapaasti Euroopan unionin alueella. [8.]

4 Suunnittelun dokumentointi

Putkilinjan suunnittelusta laaditaan Nesteen vaatimat dokumentit, kuten putkiston taso- ja isometriset piirustukset, hankinta- ja työmääritykset sekä tekninen dokumentointi, kuten CAD-tiedostot (Computer Aided Design -tiedostot). Nämä

dokumentit arkistoidaan Nesteen ohjeistuksen mukaisesti Nesteen tekniseen arkistoon. [9, s. 19.]

4.1 Putkistoisometrit

Suunnitellusta putkilinjasta laaditaan putkistoisometri, joka on yksinkertaistettu putkipiirustus. Se sisältää kaikki putkeen suunnitellut osat mitoitettuna, kuten esimerkiksi putken pituuden, putkikäyrien määrän, putkilinjaan sijoitetut instrumentit, venttiilit ja kannakkeet. Isometriä ei esitetä mittakaavassa, joten yhdessä isometrissä voidaan esittää pitkiäkin putkiosuuksia. Piirustuksessa tulee myös näkyä putkilinjan suunta, joka usein esitetään koordinaattiakselien avulla, sekä mahdollisesti siihen liittyvät laitteet tai muut putkilinjat ja niiden tunnuksset. Isometrissä on otsikkotaulu, jossa tulee olla merkittynä putken tunnus, materiaali sekä PI-kaavion tunnus, jossa linja on esitetty. Suunnitteluarvot, lämmönsaattotapa sekä erityystyyppi ja -paksuus tulee myös olla merkittynä isometrin otsikkotauluun. [10, s. 2–3; 11.]

Näiden lisäksi Neste vaatii, että isometrissä näkyy piirustuksen laatijan, tarkastajan ja hyväksyjän tunnuksset sekä suunnittelun taso. Suunnittelun tasoja on neljä:

- FC (For comments) -merkitty dokumentti lähetetään kommentoitavaksi projektin jäsenille, jotka voivat tarvittaessa antaa muutosehdotuksia dokumenttiin.
- AFD (Approved for design) -merkitty dokumentti on hyväksytty suunnittelua, esimerkiksi seuraavassa projektin vaiheessa tapahtuvaa suunnittelua, varten.
- AFC (Approved for construction) -merkitty dokumentti on hyväksytty rakennuttamista varten, eli esimerkiksi sen pohjalta voidaan toteuttaa isometrissä esitetty putkisto.
- ASB (As built) -merkitty dokumentti vastaa rakennettua tilaa. Putkiston asennuksen jälkeen isometri tulee päivittää ASB-tasolle.

Jos putkilinja on mitaltaan pitkä, se olisi hyvä pilkkoa useampiin isometreihin, jotta sen tulkitseminen olisi mahdollisimman vaivatonta. Isometrin tarkoituksena

on varmistaa, että kaikki putkeen suunnitellut putken osat saadaan varattua ja sen avulla voidaan esivalmistaa ja asentaa suunniteltu putkisto. [11.]

4.2 Taso- ja leikkauspiirustukset

Putkistosuunnittelussa laaditaan myös tasopiirustus, joka kuvaa ylhäältä päin putkilinjan sijaintia ympäröiviin rakenteisiin, laitteisiin ja muuhun putkistoon. Jos suunniteltavassa kohteessa on päällekkäisiä putkistoja, niistä tehdään leikkauspiirustukset, jossa putkistoa kuvataan eri korkeuksista. Tarvittaessa leikkauspiirustuksia tehdään myös vaakasuuntaisina. Vaakasuuntaiset kuvat ovat hyödyllisiä esimerkiksi laitteiden sijoittelussa. [12.]

Tasopiirustukset myös mitoitetaan ja niiden tulee vastata putkistosometrejä. Putkilinja- ja laitetunnukset sekä putken halkaisijan ja virtaava aineen tulee olla esitettyinä. Tasopiirustusta hyödynnetään putkiston asennusvaiheessa ja se hyödyttää myös muita teknisiä toimialoja, kuten sähkösuunnittelua. [12.]

4.3 MTO

Materiaalilista, eli MTO (Material Take Off), on oleellinen osa putkistosuunnitteluprojektin kustannusarviota. Materiaalilistaan listataan putkiston rakentamiseen tarvittavat osat, kuten putken ja putkenosien määrä, tarvittavat laipat, venttiilit ja instrumentit. Kun materiaalit on listattu, voidaan laskea kustannusarvio putkilinjan materiaaleista. [13.]

Projektin alussa MTO voi olla hyvinkin karkea arvio tarvittavista materiaaleista. Venttiilien, instrumenttien ja tarvittavien laippojen määrä perustuu PI-kaavioon. Putken pituus ja käyrien määrä perustuu arvioon, joka tehdään 3D-mallia hyödyntäen. Projektin edetessä MTO:ta tarkennetaan sitä mukaa, kun putkea reititetään. Reitin varmistuttua MTO:n avulla voidaan laskea hyvinkin tarkka arvio putkilinjan kustannuksista. [13.]

Putkilinjan rakentamiseen tarvittavien materiaalien lisäksi, MTO sisältää arvion putkilinjan rakennukseen tarvittavien rakennustelineiden määrästä. Telineiden määrä lasketaan kuutiona. Tällöin pituudeltaan pitkää ja korkealla kulkevaa putkilinjaa rakennettaessa rakennustelineiden määrä voi olla suuri osa putkilinjan rakennuskustannuksista. [13.]

4.4 Työmäärittelyt

Putkistosuunnitteluprojekteissa myös laaditaan työmäärittelyitä, joita käytetään rakentamis- ja asennustyökohteiden, työn laajuuden sekä työssä käytettävien suunnitteludokumenttien ja spesifikaatioiden määrittämiseen. Projektin aikana tarvittavista työmäärittelyistä tehdään kaksi versiota. Ensimmäistä versiota tarvitaan urakkakyselyitä varten, toista versiota toteutusta varten. [14.]

Jos kyseessä on laajuudeltaan suuri projekti, työmäärittelyt tehdään työlajeittain, kun taas pienissä projekteissa usein yhdistetään työlajeja samaan työmäärittelyyn. Työmäärittelyt tehdään muun muassa maanalaista putkistoista, maanpäälisistä putkistoista, liitännöistä, purkutöistä, teräsrakenteista, laiteasennuksista, eristyksistä ja happopesuista. Jokaiselle tarvittavalle työmäärittelylle on olemassa mallityömäärittely, jota tulee käyttää laadittavan määrittelyn runkona. Mallimäärittelystä voi tarvittaessa poistaa tarpeettomia kohtia, sillä mallityömäärittelyt on tehty mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Mallityömäärittelyillä varmistetaan siitä, että työmäärittelyiden sisältö on yhtenäinen ja siinä on esitettyinä kaikki oleellinen. [14.]

4.5 Dokumenttien arkistointi

Suunnittelun dokumentit arkistoidaan Nesteen tekniseen arkistoon. Dokumentoinnin tulee olla tasoltaan sellaista, että se mahdollistaa putkiston valmistuksen ja asennuksen sekä tulevaisuudessa mahdolliset muutostyöt. Jos olemassa olevaan putkilinjaan tehdään muutoksia, dokumentaatio on päivitettävä vastaa-

maan nykytilaa. Jos asennusvaiheessa putkilinjaan on tehty muutoksia ja poikettu suunnitellusta, suunnitelmat päivitetään asennusten mukaisiksi. Asennuksen jälkeen putkilinjasta tehdään ASB-tasoinen isometri. [9, s. 19; 15, s. 7.]

Dokumentteja hallitaan ja arkistoidaan Nesteen sähköiseen dokumenttienhallintajärjestelmään *Found!DMS*:ään. *Found!DMS* toimii projektien aikaisena dokumentointijärjestelmänä. Jokaiselle projektille avataan oma kansionsa projektin alkaessa ja kaikilla Nesteen työntekijällä on oikeus projektin kansioon. Tämä mahdollistaa dokumenttien tarkastuksen ja kommentoinnin projektin aikana. Järjestelmässä on myös mahdollisuus tehdä sähköisiä hyväksyntöjä dokumenteille, kuten projektin aikana laadituille isometreille. Tarvittaessa järjestelmässä voi tilata muutosraportteja haluamistaan dokumenteista, jos huomaa dokumentin olevan virheellinen tai puutteellinen. [16.]

Nesteellä on myös käytössä elinkaaridokumenttien hallintajärjestelmä SmartPlant Foundation eli SPF. SPF:ään ladataan kaikki lopulliset dokumentit, eli As-is tai ASB-versiot. SPF:ään ei ladata projektin aikaisia dokumentteja, vaan niitä käsitellään *Found!DMS*-järjestelmässä. Projektin päättyessä lopulliset dokumentit siirtyvät SPF:ään ja niiden tulee vastata nykyistä tilaa. [16.]

5 Putkistosuunnitteluprojektin vaiheet

Putkistosuunnitteluprojekti on laaja kokonaisuus, jossa tarvitaan monien eri alojen osaamista. Jotta suunnitteluprojektin aikataulun hallitseminen olisi helpompaa, yrityksillä on usein käytäntönsä sille, kuinka suunnitteluprojektin tulisi edetä. Nesteellä on olemassa oma ohjeistuksensa, kuinka putkistosuunnitteluprojekti etenee putkistosuunnittelijan näkökulmasta ja mitä dokumentteja tulee olla valmiina kussakin projektin vaiheessa. Projekti jaetaan usein kolmeen osaan: selvitysvaihe, suunnitteluvaihe sekä toteutusvaihe. Suunnitteluprojekti voidaan myös toteuttaa Streamline-projektina, joka poikkeaa aikataulullisesti ja sisällöllisesti normaalista suunnitteluprojektista.

5.1 Selvitysvaihe

Putkistosuunnitteluprojektit alkavat usein selvitysvaiheella, jonka tarkoituksena on selvittää putkiston tilavaatimukset sekä tarpeet. Selvitysvaiheessa usein luodaan tarvittavat layout-suunnitelmat ja kartoitetaan pääputkiston reittivaihtoehtoja. Pääputkiston reitityksessä huomioidaan alueen palovesijärjestelmät, viemärit sekä muut alueen putkistot, jotka vaikuttavat layout-suunnitelmaan. Myös putkiston mahdolliset liitoskohdat on kartoitettava. [17.]

Kun alustava layout-suunnitelma on tehty ja reitti pääputkistolle on kartoitettu, tehdään alustava MTO, jotta saadaan alustava arvio putkilinjan kustannuksista. Tässä vaiheessa projektia MTO sisältää hyvin karkean arvion putkilinjan pituudesta ja putkikäyrien määrästä, koska putkilinjaa ei ole vielä mallinnettu. [17.]

Selvitysvaiheessa putkistosuunnittelija laskee yhteistyössä rakennussuunnittelijan kanssa teräsrakenteiden tarpeen ja niille kohdistuvan painon. Myös vanhojen putkistoiden ja teräsrakenteiden purkutarve täytyy selvittää ja purkutöistä tehdään alustava kustannusarvio. Purkutöiden osalta on tarpeellista tehdä alustava tutkimus siitä, sisältävätkö purettavat rakenteet vaarallisia aineita, kuten asbestia. Putkilinjalle tulisi suorittaa alustavat jännityslaskelmat, mikäli se on tarpeellista. Tässä vaiheessa jännityslaskelmat tehdään vain kriittisten putkilinjojen osalta. [17.]

Selvitysvaiheessa tehdyt alustavat layout-suunnitelmat ja pääputkilinjan reititysvaihtoehdot käydään läpi niin Layout ja putkisto -osaston sisäisissä kokouksissa kuin myös muiden suunnittelualojen välisissä kokouksissa. Kokousten perusteella tehdään selvitysvaiheen suunnitelmiin tarvittavat muutokset ja ne revisoidaan ohjeistusten mukaisesti. [17.]

5.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa putkistosuunnittelijalla on käytössä prosessisuunnittelulta saadut PI-kaaviot sekä linjaluetelot, joista näkyy esimerkiksi käytettävä putkikoko, sen materiaali sekä putken eristyspaksuus. Myös alustavat kaapelihyllyjen reitit ovat luotuna instrumentoinnin ja sähkösuunnittelun osalta, joten putkistosuunnittelija pystyy aloittamaan putkilinjojen reitityksen. Putkilinjat mallinnetaan 3D-malliin aloittaen prosessin kannalta oleellisimmasta putkilinjasta ja edeten kohti pienempiä putkilinjoja. 3D-malliin mallinnetaan kaikki PI-kaaviossa esiintyvät linjat venttiileineen sekä instrumentteineen ja niiden reitityksessä tulee huomioida primääriset ja sekundääriset kannakkeet, ilmaus- ja tyhjennysyhdyt, maadoituskorvakkeet sekä putkieristysten paksuudet. Suunniteltavien putkilinjojen vaikutusta olemassa oleviin putkilinjoihin selvitetään kenttäkäyntien avulla. Kenttäkäynneillä myös arvioidaan tarvittavien kannakkeiden ja perustusten määrää. [17.]

Selvitysvaiheessa luotua layout-suunnitelmaa tarkennetaan ja sen tulee olla työn laajuuden mukainen. Layoutissa tulee olla laitteiden, putkisiltojen, kaapelihyllyjen, rakennusten ja kulkuväylien keskipisteet sekä ääriviivat. Myös prosessin kannalta tärkeimpien laitteiden etäisyydet putkilinjasta tulee olla esitettynä. Lisäksi MTO:ta tarkennetaan ja suunnitteluvaiheessa voidaan tehdä kustannusarviot esimerkiksi putkimateriaalin, putkieristyksen, kannakkeiden, putkikomponenttien ja mahdollisten purkutöiden osalta. Putkikomponenttien, esimerkiksi venttiilien ja laippojen, määrä perustuu PI-kaavioon. [17.]

Putkistosuunnitteluprojektissa 3D-mallista pidetään katselmuksia Nesteen ohjeistusten mukaisesti. Katselmuksia pidetään projektin aikana yhteensä kolme, riippuen siitä, missä vaiheessa 3D-mallinnus on. Projektin asiakas osallistuu jokaiseen kolmeen katselmukseen ja tarvittaessa esittää muutoksia. Asiakkaan tulee hyväksyä suunnitelma jokaisen katselmuksen jälkeen. [17.]

Suunnitteluvaiheessa pidetään ensimmäinen katselmus, eli 30 % -katselmus, jossa keskitytään laitoksen operoitavuuteen ja käytettävyyteen. Tässä vai-

heessa asiakkaan toiveet ovat vielä hyvin toteutettavissa ja asiakas pystyy vaikuttamaan laitoksen rakennettavuuteen kuten pääputkiston reititykseen tai patterirajan sijaintiin. Muita käsiteltäviä teemoja ovat muun muassa eli HSE-asiat (Health Safety Environment), laitoksen rakennettavuus, huollettavuus sekä layout. [17.]

5.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa päivitetään edellisen vaiheessa luotua layout-suunnitelmaa ja laitoksen laitteet, putkisillat, hoitotasot mallinnetaan alustavasti 3D-malliin. Myös putkiston 3D-mallinnus ja kannakointi tehdään valmiiksi. 3D-mallin pohjalta voidaan luoda putkistoisometrit ja tarkentaa MTO:ta isometrien ja mallin mukaiseksi. [17.]

Rakennus- ja eristystöistä tehdään työmäärityt yhteistyössä projektipäällikön ja työmaapäällikön kanssa. Putkistosuunnittelija toimittaa teknisen dokumentaation rakennus- ja eristystöitä varten urakoitsijalle. Jos kohteessa tehdään purkutyötä, niistä tulee toimittaa purku ja putkiliitossuunnitelmat. Purku ja putkiliitossuunnitelmat perustuvat PI-kaavioihin, linjalistoihin ja putkiliitosluetteloon, jotka saadaan prosessisuunnittelulta. [17.]

Putkimateriaaleista ja niiden osista, kuten laipoista, tiivisteistä ja venttiileistä, tehdään hankintamäärityt ja niiden tulee olla teknisesti soveltuvia kohteeseen. Tarvittavat materiaalit ostetaan esimerkiksi MTO:n perusteella. Tilattu materiaali määrä tulee perustua työn laajuuteen ja projektin teknisen dokumentaation. [17.]

Kun mallinnus on valmis, putkiston jännityslaskenta voidaan tehdä. Jännityslaskenta suoritetaan ES:n ohjeistusten mukaisesti ja se perustuu PI-kaavioihin sekä linjalistoihin. Vaikka reititys ja putkiston kannakointi ovat tässä vaiheessa jo valmiita, niitä voidaan joutua muuttamaan riippuen jännityslaskennan tuloksista. [17.]

Toteutusvaiheessa pidetään myös kaksi viimeistä katselmusta. 60 % -katselmus järjestetään, kun suurin osa isompien putkien reitityksestä on valmistunut. Tällöin voidaan varmistua laitoksen operoitavuudesta ja huollettavuudesta venttiilien ja instrumenttien osalta. Viimeinen, eli 90 % -katselmus, järjestetään, kun laitos tai putkilinja on miltei valmis rakennettavaksi. Viimeisessä katselmuksessa käydään läpi mahdolliset muutokset putkiston reitissä sekä pienet yksityiskohdat. Putkiston reitti on voinut muuttua edellisen katselmuksen jälkeen, esimerkiksi prosessi- tai lujuusteknisistä syistä ja asiakkaan tulee hyväksyä tehdyt muutokset ennen rakennustöiden aloitusta. [17.]

Putkiston asennuksen jälkeen tehdään ASB-tasoinen dokumentaatio. Jos putkistoon on tehty asennusvaiheessa muutoksia, ne tulee mallintaa vastaamaan todellista tilaa. Kun projektissa tehdyt dokumentit ovat valmiit, ne arkistoidaan Nesteen arkistoon. [17.]

5.4 Streamline-projektin kulku

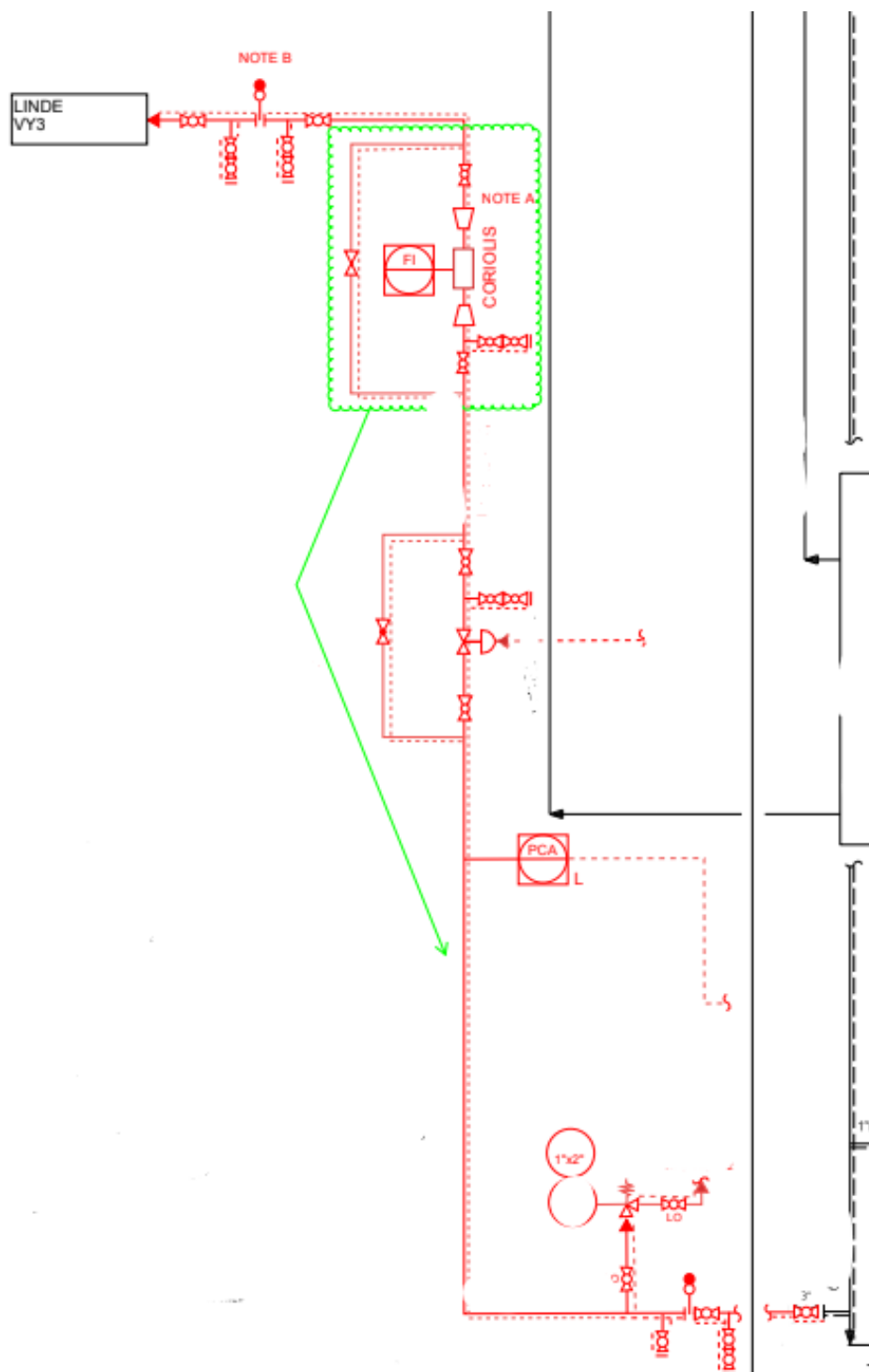
Putkistosuunnitteluprojekti voidaan toteuttaa myös Streamline-projektina, joka on toteutukseltaan yksinkertaisempi kuin standardisuunnitteluprojekti. Streamline-projektit sopivat erityisesti pienemmille ja yksinkertaisimmille projekteille, jotka eivät vaadi koko projektiprosessia. Tällöin projektin eri vaiheita usein yhdistellään tai poistetaan kokokaan ja projektin varmuusvaatimuksia vähennetään. [17.]

On myös mahdollista, että projekti suoritetaan vain osittain Streamline-projektina ja osittain perinteisenä standardiprojektina. Esimerkiksi selvitysvaihe voidaan suorittaa Streamline-projektina, jolloin selvitysvaihe on yksinkertaisempi ja suunnittelu- ja toteutusvaihe toteuttaa standardiprojektina tai vaihtoehtoisesti toisinpäin. [17.]

6 Projekti

Insinööriyö tehtiin osana Streamline-projektia, joka toteutettiin yhteistyössä Neste Oyj:n kanssa. Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa nestemäistä propaania sisältävä 3-tuumainen putkilinja Nesteen tuotantolaitokselle Kilpilahteen. Putkilinja kulkee tuotantolinja 4:ltä, eli TL4:ltä, vety-yksikkö 3:n, eli VY3:n, patterirajalle. Patterirajalla linjaan liittyy Linde plc, joka vastaa putkilinjan suunnittelusta ja toteutuksesta patterirajan jälkeen. Linde on yksi Pohjoismaiden ja Baltian alueen johtavia kaasu- ja teknologiayrityksiä ja niiden tavoitteena on tuottaa nestemäisestä propaanista vetykaasua [18].

Projektilla oli tiukka aikataulu, koska maakaasu haluttiin korvata mahdollisimman nopeasti propaanilla. Alustavan aikataulun mukaan putkilinja tulisi olla rakennettuna kevättalven 2023 aikana. Tällöin selvitysvaihe toteutettiin mahdollisimman ripeällä aikataululla. Projektin kiireinen aikataulu asetti myös haasteita, koska tällä hetkellä materiaalien saatavuus on heikkoa. Tämän vuoksi oli tärkeää, että tarvittavat materiaalit saatiin tilattua toimittajilta mahdollisimman nopeasti, jotta toteutusvaiheessa aikataulu ei venyisi ja putkilinja saataisiin käyttöön laaditussa aikataulussa. Kuvassa 1 näkyy suunniteltavan putkilinjan alustava PI-kaavio, jota hyödynnettiin selvitysvaiheen alustavissa suunnitelmissa.



Kuva 1 Suunniteltavan propaanilinjan alustava PI-kaavio.

PI-kaaviosta voidaan nähdä, että suunniteltavaan linjaan sijoitettiin kaupallinen coriolis-virtausmittaus. Virtausmittauksen jälkeen putkilinjaan sijoitettiin venttiili-

ryhmä, jossa on XCV-venttiili, joka on automaattisesti toimiva sulkuventtiili. Putkilinjan alkuun sekä loppuun sijoitettiin venttiiliryhmät, jotka koostuvat 3-tuumaisista palloventtiileistä sekä 1-tuumaisista tyhjennysventtiileistä. Ennen coriolismittausta linjaan sijoitettiin painemittari, jotta propaanilinjan paine ei laskisi liian matalaksi. Paineen laskiessa asetetun rajan alle, XCV-venttiili sulkeutuu. Lisäksi linjaan tuli soihtuliitântä, jossa liitettiin jo olemassa olevaan soihtulinjaan. Putkilinjan tulee olla liitettynä soihtulinjaan. Jos prosessissa tapahtuu virhe, putkilinjan sisältö voidaan purkaa soihtulinjaan ja soihduttaa.

6.1 Projektin tausta

Projektin taustalla on korvata vedyn tuotannossa käytetty maakaasu propaanilla. Aikaisemmin tuotantolaitoksella vety on tuotettu maakaasusta, mutta helmikuussa 2022 Venäjän hyökättyä Ukrainaan ja tästä johtuvien EU-pakotteiden sekä Venäjän asettamien vastapakotteiden vuoksi maakaasun hinta on noussut huomattavasti. Nykyisin vedyn tuottaminen maakaasusta ei ole enää liiketoiminnallisesti kannattavaa. Myös Neste on linjannut, ettei se tue Venäjän hyökkäyssotaa, ja Neste aikoo vähentää maakaasun käyttöä Kilpilahden jalostamolla sekä lopettaa Venäjältä tulevan raakaöljyn käytön kokonaan. [19.]

Suurin osa vedystä tuotetaan maakaasusta höyryreformoinnilla. Höyryreformoinnissa maakaasun metaani reagoi korkeassa lämpötilassa höyryn kanssa, jolloin syntyy vetyä sekä hiilimonoksidia. Reaktiota jatketaan vielä lisäämällä höyryä sekä katalyyttia, jolloin hiilimonoksidista syntyy hiilidioksidia. Vetyä voidaan myös tuottaa höyryreformoinnilla propaanista, jolloin propaani reagoi höyryn kanssa tuottaen hiilidioksidia ja vetyä. Propaanin ja höyryn reaktiolämpötila on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin metaanin ja höyryn, jolloin reaktio vaatii vähemmän energiaa. Tällöin reaktiolla on myös alhaisempi hiilijalanjälki, joten maakaasun korvaaminen propaanilla on myös ympäristöystävällinen ratkaisu. Vetyä voidaan myös tuottaa propaanista kuivareformoinnin tai hapetusreformoinnin avulla. [20; 21.]

6.2 Käytetyt 3D-järjestelmät

Projektissa putkistosuunnittelussa käytettiin kahta 3D-suunnitteluohjelmaa, Plant Design Systemiä, eli PDS:ää, ja SmartPlant 3D:tä. Näiden tukena hyödynnettiin AutoCADin Navisworks-ohjelmaa, jonka avulla katseltiin alustavia suunnitelmia todellisessa ympäristössä.

Projektin alun suunnitelmat sekä projektin selvitysvaiheen alustavat suunnitelmat tehtiin PDS:llä. Vähitellen Nesteen malleja siirretään nykyaikaisempaan suunnittelujärjestelmään SmartPlant 3D:hen. Suunnittelujärjestelmän vaihdos tapahtui projektin aikana ja toteutusvaiheen suunnitelmat tullaan tekemään SmartPlant 3D:llä.

6.2.1 PDS

PDS on 1980-luvulla kehitetty Integraphin suunnittelujärjestelmä, jolla voidaan suunnitella prosessilaitoksia. Suunnittelujärjestelmä on yksi maailman käytetyimpiä ja myös Nesteellä on paljon malleja PDS-ympäristössä. [4, s. 5–6.]

PDS sisältää monia eri moduuleita eri käyttötarkoituksiin. Putkistoa suunniteltaessa käytetään Piping designer -moduulia. Aluksi putkelle luodaan segmentti, eli keskiviiva, jolle syötetään alkutietoja, kuten putkimateriaali, putken halkaisija, tarvittava eristyspaksuus, lämpösaattotyyppi, suunnittelulämpötila ja -paine sekä käyttölämpötila ja -paine. Segmentin ympärille tulee ns. putken ”kuoret”, jotka kuvaavat putken oikeaa kokoa. Kuorien ympärille tulee näkyviin katkovivoin putken todellinen eristyspaksuus. Tämän ansiosta on helppo nähdä putken todellinen koko ja suunniteltaessa voidaan välttyä törmäyksiltä. Putkistoon voidaan liittää varusteita, kuten venttiileitä, kartioita ja laippoja. Varusteet näkyvät myös mallissa oikean kokoisina, kun segmentille on syötetty oikeat tiedot.

PDS:ssä voidaan suunnittelun apuna käyttää eri testimalleja, joihin voi hahmotella suunnittelemaansa putkilinjaa. Muutokset eivät näy alueen malleissa, jotka

vastaavat nykytilaa, jolloin riski suunnitteluvirheille on pienempi. Jotta testimalliin saadaan näkyviin laitoksen putket, käytetään apuna eri referenssimalleja, jotka vastaavat alueen nykyistä tilaa. Referenssien avulla voidaan suunnitella putkilinja testimalleihin törmäämättä jo olemassa oleviin linjoihin. Kun putkilinja on saatu suunniteltua testimalliin, se voidaan kopioida alueen virallisiin malleihin.

Kun putkilinja on saatu suunniteltua, se on helppo jakaa PDS:n avulla osiin. Jos linja on pitkä ja siitä on tarkoitus luoda useampi isometri, pilkotaan linja eri sivunumeroille. Tällöin segmentti katkaistaan halutusta kohdasta ja luodaan uusi sivunumero. Kun segmenteillä on eri sivunumerot, ne tulostuvat erillisiksi isometreiksi.

Piping designer -moduulin lisäksi PDS:ssä on muitakin moduuleita, kuten laitesuunnitteluun käytettävä Equipment Modeling. Sen avulla voidaan suunnitella laitosten laitteita, kuten pumppuja, kolonneja tai lämmönvaihtimia. Myös Equipment Modelingista voidaan tuoda referenssejä Piping Designer -moduuliin, jolloin voidaan nähdä alueen laitteet ja teräsrakenteet putkistoa suunniteltaessa.

6.2.2 AutoCAD Navisworks

AutoCAD Navisworks on AutoCADin omistama 3D-ohjelma, jolla voidaan katsoa eri suunnitteluohjelmilla suunniteltuja malleja yhdessä. Ohjelmaa hyödynnetään etenkin, kun suunnittelualojen välillä käytetään eri 3D-mallinnusohjelmia. Navisworksin avulla kaikki tiedot saadaan samaan yksittäiseen malliin, joka helpottaa suunnittelua huomattavasti. Mallissa pystyy ikään kuin ”kävelemään” ja katselemaan putken reittiä kaikista mahdollisista kulmista, mikä ei ole mahdollista esimerkiksi PDS:llä mallintaessa. [22.]

Ohjelman avulla voidaan katsella myös eri PDS-moduuleiden malleja samanaikaisesti, joka auttaa havainnollistamaan mahdollisia törmäyskohtia moduuleiden välillä. Esimerkiksi Navisworksin avulla voidaan katsella PDS:n testimalleja todellisissa ympäristöissä, joka auttaa putken reittivalinnassa.

6.2.3 SmartPlant 3D

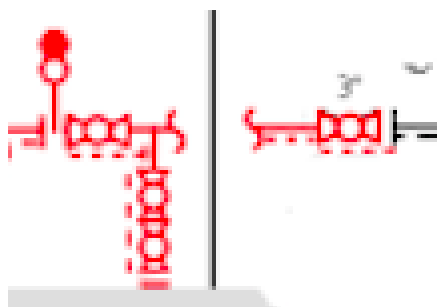
Kuten PDS, myös SmartPlant 3D, eli S3D, on Integraphin kehittämä 3D-mallinnusohjelma. S3D on yksi maailman käytetyimpiä 3D-suunnitteluohjelmia ja on myös ES:llä pääasiallinen suunnitteluohjelma. Järjestelmän suunnittelutiedot ovat tietokannoissa, eikä se sisällä graafisia malleja. Moduuleita on erilaisia eri suunnittelualoille, joista putkistosuunnitteluun käytetään Piping modeling -moduulia. [22.]

Mallinnus perustuu objekteihin, kuten venttiileihin, putkiin ja putkenosiin. Objekteihin liitetään ominaisuustietoja, jotka päivitetään viitetietokantoihin, eli katalogeihin. Jokainen malliin sijoitettu objekti on yhteydessä katalogiin, joten tietokantaan tehty muutos näkyy automaattisesti mallissa. Erona PDS:ään on, että suunnittelijat voivat työskennellä samassa mallissa samanaikaisesti ja nähdä reaaliajassa toistensa tekemät muutokset, mikä voi tehostaa suunnittelutyötä. [22.]

6.3 Projektin alku

Suunniteltava propaanilinja lähtee vanhasta 6-tuumaisesta propaanilinjasta, jossa oli valmiina 3-tuumainen putkiyhde. Suunnittelutyö aloitettiin etsimällä 3D-mallista putken liitoskohta, minkä jälkeen voitiin kartoittaa mallista mahdollisia reititysvaihtoehtoja. Varsinainen suunnittelutyö käynnistyi ripeällä aikataululla, sillä TL4:lle oli tulossa huoltokatko, jolloin vanha linja tyhjennettiin. Koska huoltokatkoa haluttiin hyödyntää, putkilinjan alkuosa suunniteltiin mahdollisimman nopeasti projektin käynnistyttyä.

Putken alkuosan suunnittelua varten saatiin prosessisuunnittelulta kuva PI-kaaviosta (kuva 2), jonka pohjalta putken alkuosa suunniteltiin. Tässä vaiheessa koko linjan PI-kaavio ei ollut vielä valmis, joten putken alkuosa suunniteltiin kuvan tietojen pohjalta.



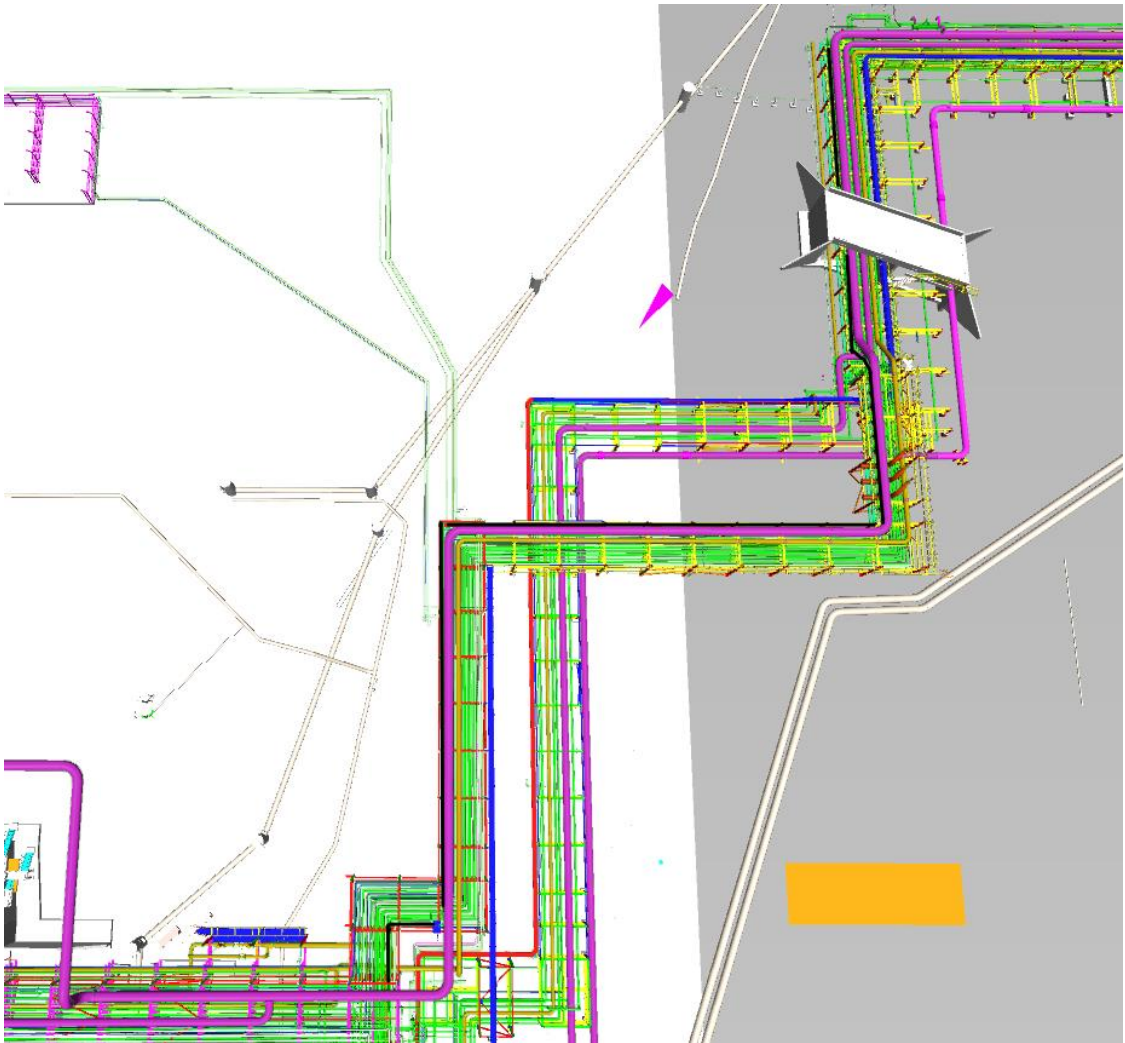
Kuva 2 Projektin alussa saatu kuva putken alkuosan venttiilien sijoituksesta.

Oleellisena osana putkiston suunnittelua on kenttäkäynnit. Ainostaan vierailemalla tuotantolinjoilla saadaan todellinen kuva ympäristöstä ja mitoista. Heti projektin alussa vierailtiin TL4:llä, koska haluttiin varmistua putkilinjan alkupään mahdollisesta reitityksestä ja venttiileiden sijoittamispaikasta. Venttiilit tulee sijoittaa siten, että ne ovat helposti operoitavissa ja huolettavissa. Venttiilien sijoituksessa on myös huomioitava, että hoitotasojen ja kulkusiltojen määrä pysyisi mahdollisimman vähäisenä, joten venttiiliryhmä sijoitettiin läheisen hoitotason yhteyteen, jossa voidaan taata venttiilien turvallinen operointi ja huolto. Operoitavuus katsotaan olevan mahdollista, kun venttiilit ovat sijoitettuna maksimissaan 2 100 mm:n korkeuteen maanpinnasta tai hoitotasolta. Jos venttiilit sijaitsevat ylempänä, on rakennettava lisähoitotaso. [15, s. 9.]

Kun putken alkupää oli suunniteltu ja sen reitistä oli varmistuttu kenttäkäynnillä, putkilinjasta luotiin putki-isometri. Luotu isometri materiaaliluetteloiheen toimitettiin TL4:n kunnossapidon henkilökunnalle, koska ne vastasivat putken alkupään toteutuksesta ja tarvittavien materiaalien tilaamisesta. Materiaaliluettelosta näkyy putkilinjassa käytettävä putkimateriaali, putkikäyrien ja putkilaippojen määrä sekä tarvittavat venttiilit. Kun isometri oli toimitettu kunnossapitoon, kunnossapidon henkilökunta varasi ja tilasi tarvittavat materiaalit ja venttiilit syksyn huoltokatkoa varten.

6.4 Putkilinjan suunnittelu

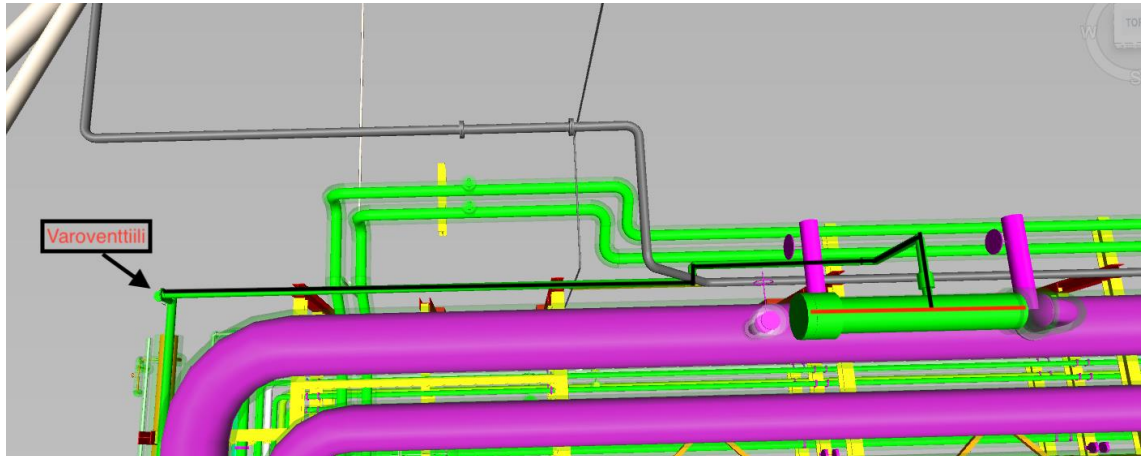
Suunnittelua jatkettiin mallintamalla loppuosaa putkilinjasta PDS:n testimalleihin. Putkireitti kulkee TL4:n putkisillalla kohti pohjoista, jonka jälkeen putki vaihtaa reittiään toiselle putkisillalle, joka kulkee kohti VY3:a. Kuvasta 3 näkyy putken reitti ensimmäisellä putkisillalla. Putki on hahmoteltu kuvaan mustalla viivalla.



Kuva 3 Putken reitti ensimmäisellä putkisillalla.

Soihtuliitännässä hyödynnettiin jo olemassa olevaa 16-tuumaista venttiiliä, joka on rakennettu soihdulinjaan aikaisemman projektin yhteydessä. Venttiili sijaitsee ensimmäisen putkisillan lopussa, joten siihen on helppo ja lyhyt matka liittyä.

Liittymistä varten 16-tuuman putkea jatkettiin ja linjaan lisättiin uusi samanlainen 16-tuumainen luistiventtiili. Tällöin linjaan pystytään liittymään mahdollisesti myös muissa projekteissa. Kuvassa 4 soihtulinjaan liittyvä putkiosuus on esitetty mustalla viivalla ja 16-tuuman putkiosuus punaisella viivalla.



Kuva 4 Kuva mallinnetusta linjasta, joka liittyy soihtulinjaan.

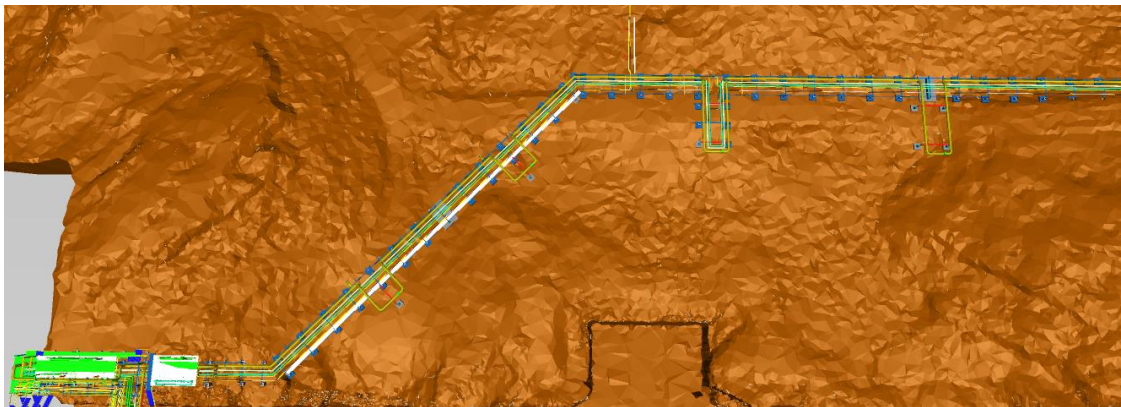
Varoventtiili sijoitettiin ensimmäiseen mutkaan, koska varoventtiilille tulevan putkiosuuden pituus haluttiin minimoida. Ennen varoventtiiliä sijoitettiin yksi palloventtiili ja varoventtiilin jälkeen toinen alustavan PI-kaavion mukaisesti.

Kuvissa 5 ja 6 näkyy toinen putkisilta, jossa putki jatkaa matkaansa kohti VY3:a. Putkisilta on esitetty kahdessa kuvassa, koska se on pituudeltaan pitkä. Kuvassa 6 putkisilta jatkuu siitä, mihin se kuvan 5 vasemmassa reunassa päättyy. Koska putkisilta on mitaltaan pitkä, reitille jouduttiin suunnittelemaan joustolenkkejä. Joustolenkillä vähennetään putkeen kohdistuvaa jännitystä. Mitä suurempi putken halkaisija on, sitä suurempi jännitys putkeen kohdistuu ja sitä suuremman jouston putki tarvitsee. Täten tarvittavien joustolenkkien määrä ja pituus riippuu putken halkaisijan suuruudesta. Mitä suurempi putken halkaisija on, sitä useampi ja pidempi joustolenkki tarvitaan. Tässä tapauksessa putken halkaisija

on suhteellisen pieni, joten kaksi joustolenkkiä riittänee. Joustolenkit tulee suunnitella siten, että halkaisijaltaan suurimmat putket kulkevat uloimpina.



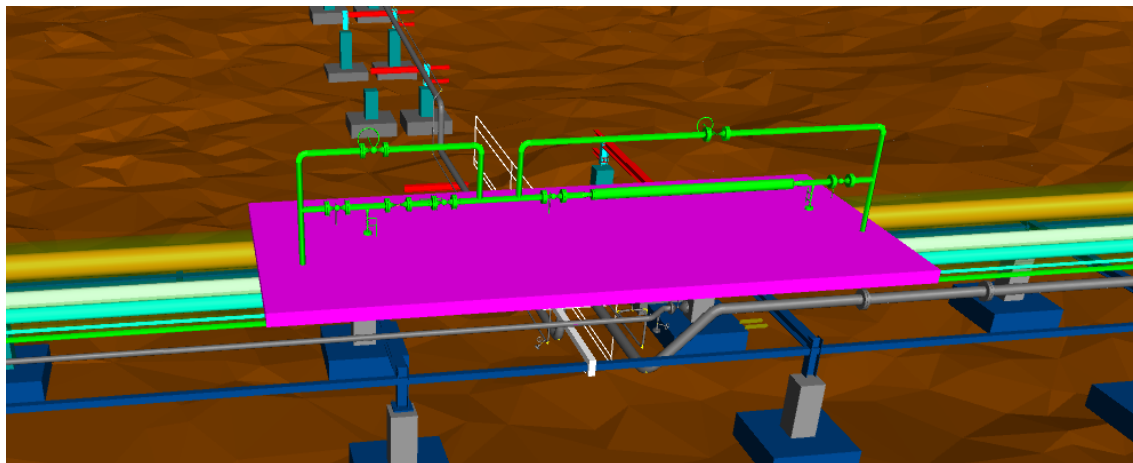
Kuva 5 Putkilinja kulkee toisella putkisillalla kohti VY3:a.



Kuva 6 Putken reittiä putkisillalla. Vasemmassa alakulmassa näkyy patteriraja, johon putkilinjan suunnittelu päättyy.

Kun ensimmäinen reittivaihtoehto oli mallinnettu testimalleihin, käytiin reitti tarkistamassa paikan päällä. Kenttäkäynnillä huomattiin, että putkilinjaan jouduttiin tekemään pieniä muutoksia, koska alueella oli kaapelihyllyjä, joita ei näkynyt alueesta laaditussa Navisworks-mallissa. Lisäksi kenttäkäynnillä kartoitettiin mahdollista uuden hoitotason sijaintia. Pisimmillään coriolis-virtausmittari on noin kolmemetrinen. Tällöin virtausmittari ja sen jälkeinen venttiiliryhmä eivät

mahtuisi olemassa oleville hoitotasoille niin, että niiden operoiminen olisi mahdollista. Kuvassa 7 on alustava hahmotelma mahdollisen uuden hoitotason paikasta ja sille sijoitettavista putkikomponenteista.



Kuva 7 Alustava suunnitelma venttiiliryhmästä ja virtausmittauksesta. Tässä vaihtoehdossa virtausmittarin pituus on kolme metriä.

Ensimmäiseen reittivaihtoehtoon tehtiin tarvittavat muutokset ja niiden pohjalta luotiin toinen reittiehdotus, jonka jälkeen putkilinjasta luotiin ensimmäiset isometrit. Isometreistä saatiin tietoon putkilinjan alustava pituus sekä putkikäyrien määrä. Alustava putkilinjan pituus ja putkikäyrien määrä ovat tärkeää tietoa projektin prosessisuunnittelijalle prosessilaskelmia varten ja sähkösuunnittelijalle putken sähkösaattojen suunnitteluun.

Isometrien avulla saatiin luotua alustava MTO, johon listattiin kaikki linjaan tarvittavat putken osat projektin kustannusarviota varten. Kun linja oli jo alustavasti mallinnettuna, pystyttiin arvioimaan hyvinkin tarkasti tarvittavan putken määrä sekä linjan rakentamiseen tarvittavien rakennustelineiden määrä kuutioina. Yleensä tässä vaiheessa projektia putkea ei ole vielä mallinnettu ja MTO perustuu alustaviin arvioihin ja PI-kaavioon. Kun MTO oli saatu valmiiksi, se toimitettiin projektin kustannuslaskijalle, joka pystyi laskemaan sen perusteella materiaaleihin kuluvat alustavat kustannukset.

Suunnitteluvaiheen lopussa haluttiin pitää ensimmäinen 3D-katselmus putkilinjan reitistä. Katselmuksessa ei havaittu ongelmia, jotka olisivat vaikuttaneet putken reittiin. Venttiilit, jotka tarvitsevat operointia, on sijoitettu sellaisille korkeuksille, että niiden operoiminen on mahdollista. Soihdulinjan varoventtiili on sijoitettu sellaiseen paikkaan, että sen operoiminen tarvitsee väliaikaisten telineiden rakentamista. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut varoventtiilin sijoituspaikkaan, koska venttiilin ei tarvitse olla jatkuvan operoinnin alaisena.

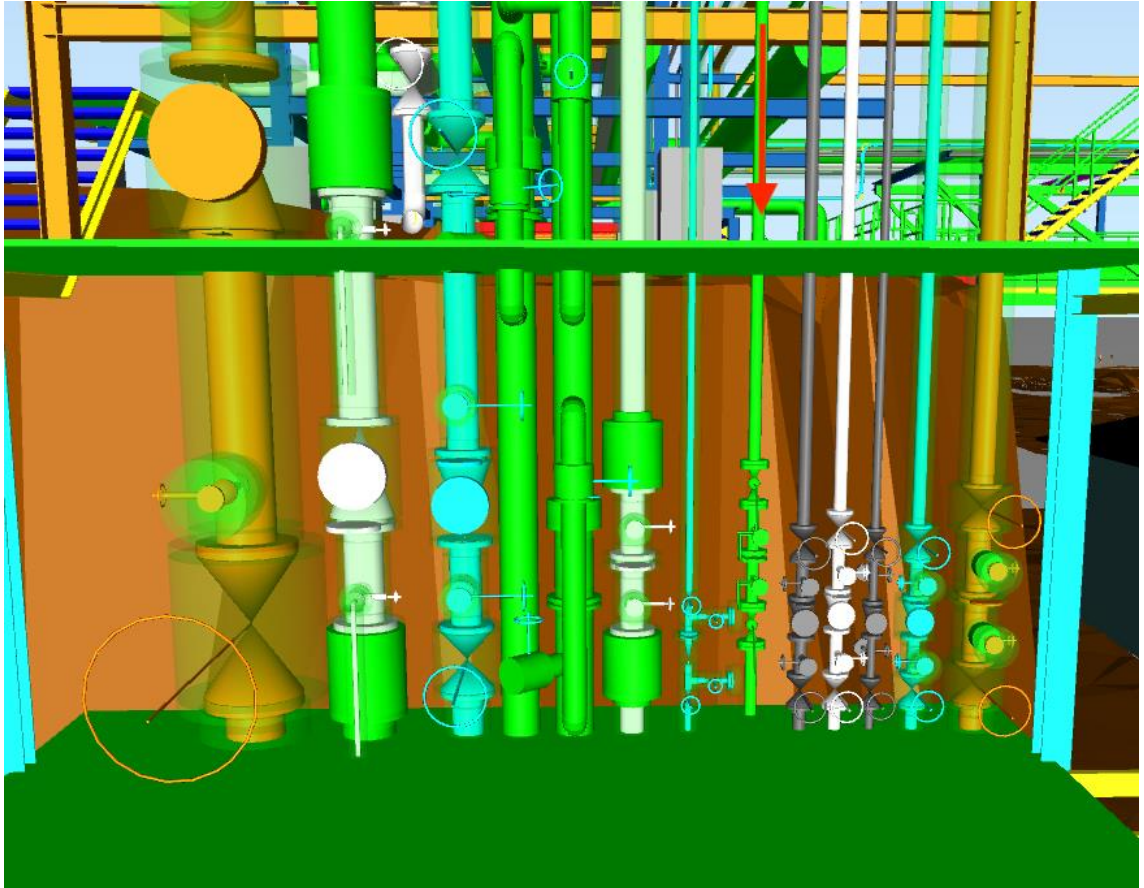
6.5 Venttiilit

Venttiileitä sijoitetaan putkilinjaan, kun halutaan sulkea virtaus, säätää virtauksen suuruutta, estää takaisin virtausta tai kuristaa virtausta. Toiminnaltaan venttiilit voivat olla joko automaattisia tai käsiventtiileitä. Automaattiset venttiilit voivat esimerkiksi sulkeutua tai avautua, jos putkilinjan paine ei pysy mittausalueella. Venttiilin tyyppi riippuu prosessista, virtaavasta aineesta, putkilinjasta ja venttiilin koosta. Esimerkiksi usein pienet tyhjennysventtiilit ovat käsin säädettäviä palloventtiileitä. Linjaan voidaan sijoittaa myös varoventtiileitä, jotka suojaavat putkistoa ylipaineelta. [15, s. 20–21.]

Nesteen ohjeistuksen mukaisesti linjassa käytettävät venttiilit tulee valita sisälön ja käyttökohteen mukaan. Yleensä venttiilit ovat putkiluokan mukaisia, joko laipallisia tai hitsattavia venttiileitä. Putkiluokasta riippuu, onko venttiili laipallinen vai hitsattava. Yleisesti jos putken koko on yli 2-tuumaa, venttiili on laipallinen. Jos taas venttiili on kooltaan pienempi, venttiili on yleensä hitsattava. Kuitenkin poikkeuksena hyvin myrkylliset aineet, kuten rikkivety (H_2S), jolloin laipallisia venttiilejä ei voida käyttää, vaikka putken koko sen vaatisikin. Tällöin minimoidaan riski mahdollisiin laippavuotoihin. [15, s. 20–21.]

Nestemäiset kaasut vaativat prosessissaan pääsääntöisesti palloventtiileitä [15, s. 20]. Tämän vuoksi putkilinjan miltei kaikki venttiilit ovat tyypiltään käsin säädettäviä palloventtiileitä. Palloventtiileiden sijoittamisessa tulee huomioida venttiilin karan asento. Kara tulee sijoittaa joko ylöspäin tai vaakatasoon. Karan

osoittaessa alaspäin syntyy vuotoriski. Palloventtiilien lisäksi linjassa on yksi automatisoitu XCV-venttiili sekä soihtuliitännän varoventtiili, joka suojaa putkistoa paisumiselta. Säätoventtiilillä halutaan välttää linjassa liian suuri paineenousu. Kuvassa 8 on alustavasti mallinnettuna putkilinjan loppupään venttiiliryhmä. Linja on merkitty punaisella nuolella.



Kuva 8 Propanilinjan loppupään venttiilit alustavasti mallinnettuna.

Venttiileitä sijoittaessa tuli huomioida niiden operoitavuus. Näin ollen venttiileitä ei voi sijoittaa liian korkealle. Rajana on 2 100 mm:ä hoitotasolta, mutta venttiilit ovat sijoitettu huomattavasti alemmas. Hoitotasolta etäisyys korkeimpaan olevaan venttiiliin on noin 1 600 mm:ä.

6.6 Tyhjennykset

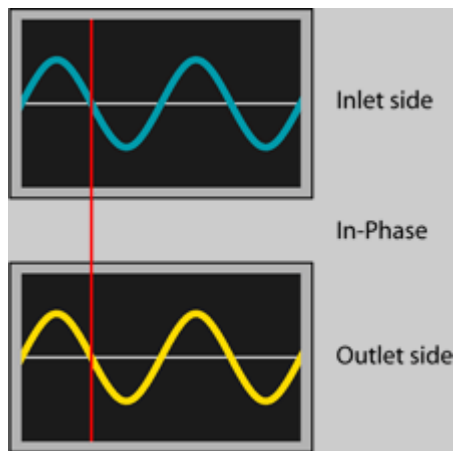
Nesteellä putkilinjan tyhjennykset suunnitellaan aina PI-kaavion sekä Nesteen omien ohjeistusten mukaisesti. Alustavissa suunnitelmissa linja sisälsi yhteensä kuusi tyhjennystä, joilla voidaan varmistaa linjan koestus, käyttöönotto sekä turvallinen käyttö. Tyhjennykset tulee suunnitella aina mahdollisuuksien mukaan pystysuoriksi, jotta tyhjentäminen olisi mahdollisimman helppoa. Suunnittelussa tulisi huomioida, että vapaa tila laipan ja tason tai maanpinnan välissä olisi vähintään 200 mm:ä. Tyhjennyksen koko määräytyy PI-kaavion mukaan, mutta useimmissa tapauksissa tyhjennyksen halkaisija on vähintään 1-tuumaa. [15, s. 35–36.]

Kuten alustavasta PI-kaaviosta voidaan nähdä, tyhjennyksissä käytetään kahdennettuja palloventtiileitä. Kahdennetut venttiilit ovat tarpeellisia, kun kyseessä on nestekaasuputkisto ja venttiileitä operoidaan laitoksen käynnin aikana [15, s. 29]. Tyhjennyksissä käytetyt venttiilit ovat myös tyypiltään erilaisia. Ulompi tyhjennysventtiili on jousella sulkeutuva palloventtiili. Tällöin mahdollisten vuotojen riski on minimoitu.

6.7 Virtausmittaus

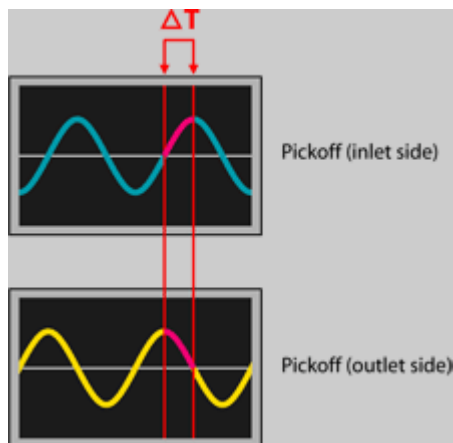
PI-kaavion mukaisesti propaanilinjaan sijoitettiin kaupallinen coriolis-virtausmittari. Coriolis-mittaus perustuu coriolis-ilmiöön, jolla tarkoitetaan maanpinnalla havaittavaa ilmiötä, joka johtuu maapallon pyörimisliikkeestä. Esimerkiksi merivirtojen kiertoliikkeet, ballistiset lentoradat ja ilmavirtaukset ovat seurauksia coriolis-ilmiöstä. Ilmiötä voidaan hyödyntää myös teollisuuden massavirran mittaamisissa. Virtauksen mittaus voidaan suorittaa joko pyörivällä tai värähtelevällä mittausputkella, joista jälkimmäinen on huomattavasti yleisempi. Mittausputki tuetaan päistään liikkumattomaksi, ja kohdistamalla mittausputken keskiosaan poikkeuttava voima mittausputki alkaa värähtelemään. Värähtely on amplitudiltaan hyvin pientä, eikä sitä voida havaita muuten kuin koskettamalla mittausputkea. Mittausputken keskikohdan kummallekin puolelle sijoitetaan anturit, jotka

mittaavat putken liikettä. Kun mittausputkessa ei ole virtausta, mittausputken molemmat puolet liikkuvat värähtelyn mukaisesti (kuva 9). [23, s. 6–11.]



Kuva 9 Mittausputkessa ei ole virtausta ja mittausputken alku- ja loppupäät liikkuvat poikkeuttavan voiman aiheuttaman värähtelyn mukaisesti. [24.]

Kun mittausputkessa kulkee virtaava ainetta, mittausputken alku- ja loppupäät ovat eri asennoissa kuvan 9 mukaisesti. Virtauksen suuruutta mitataan antureiden vaihe-eron avulla.



Kuva 10 Mittausputkessa on virtausta ja mittausputken antureiden välillä on vaihe-ero. [24.]

Vaihe-ero ilmaistaan aikaerona, eli Δt :n avulla. Aikaeron suuruus on suhteellinen virtauksen suuruuteen. Antureiden lisäksi, kaupallisissa coriolis-mittauslaitteissa on myös lähetin, joka analysoi antureiden signaaleja ja laskee virtaustietoja.

Verrattuna muihin virtausmittauksiin coriolis-mittaus ei tarvitse pitkää suoraa häiriötöntä putkiosuutta ennen mittauslaitetta. Tämän lisäksi coriolis-mittauksen tarkkuus on hyvä, jolloin se soveltuu myös kaupalliseen käyttöön. Koska häiriötöntä putkiosuutta ei tarvinnut huomioida suunnittelussa voitiin virtausmittauksen yhteyteen sijoitettava venttiili sekä tyhjennys suunnitella lähelle mittausputken alkupäätä. [23, s. 15–16.]

6.8 Kannakointi

Kun putkisto oli suunniteltu ja sen reitistä varmistuttu, aloitettiin linjan kannakointi. Jo putken reititystä suunnitellessa kartoitettiin myös mahdollisia kannakointipaikkoja. Tällöin pystyttiin hyödyntämään mahdollisimman paljon jo olemassa olevia teräsrakenteita ja alentamaan projektista syntyviä kustannuksia. Kannakoinnin avulla tuetaan putkistoa ja ohjataan sen lämpöliikkeitä. Putkistoon kohdistuu erilaisia dynaamisia voimia, kuten paineiskuja, ja kannakkeet varmistavat putkiston toiminnan paineiskujen vaikuttaessa. Putkistoa suojataan dynaamisilta kuormilta sijoittamalla putkistoon kiintopisteitä ja ohjauksia. [25, s. 6.]

Kannakkeet jaetaan primääri- ja sekundäärikannakkeisiin. Primäärikannakkeet kiinnitetään suoraan putkeen ja sekundäärikannake kiinnittyy primäärikannakkeesta rakennukseen tai sen rakenteisiin. [25, s. 6]. Yleisin primäärikannaketyyppi on liukukannake, joka mahdollistaa putkelle suuretkin liikkeet ja niitä käytetään usein pitkillä putkisilloilla. Jos putkistoa ei voida tukea alhaaltapäin, tällöin riippukannake on hyvä vaihtoehto. Riippukannake vastaa ominaisuuksiltaan liukukannaketta, mutta tuenta tapahtuu ylhäältä päin. [25, s. 12–16.]

Kannakoinnissa noudatettiin ES:n spesifikaatioita sekä yleisiä standardeja. Putkistolle on suunniteltava tarvittavat kiintopiste- ja ohjainrakenteet putkistokuormien vastaanottamista ja ohjaamista varten, jottei putkistoon kohdistu liian suurta jännitystä. Kannakointia suunniteltaessa tulee huomioida, että putkisto saa riittävän tuen ja kannakointityyppi mahdollistaa putken lämpöliikkeet. Mahdollisuuksien mukaan putkisto on mieluummin tuettava alapuolisilla teräskannakkeilla kuin riippukannakkeilla. Kannakointia suunniteltaessa on myös huomioitava linjan laitteet sekä varusteet, kuten venttiilit ja pumput. Linjan tulee olla tuettuna siten, että varusteita voidaan poistaa korjauksia varten ilman, että tilapäisiä putkitukia tarvitaan. [15, s. 62–63.]

Putkisillalla kannakointi on suhteellisen yksinkertaista, koska teräsrakenteita on paljon. Kannakointia suunniteltaessa nyrkkisääntönä putkisillalla pidettiin, että joka toinen kannake on liukukannake, joka toinen on ohjauskannake. Kannakkeiden lisäksi pitkille suorille sijoitettiin hitsattuja kiintopisteitä noin 20 metrin välein. Kiintopisteillä vähennetään putkeen kohdistuvia dynaamisia voimia ja ne estävät putken liikkeet kaikkiin tukemissuuntiin.

6.9 Putkiston eristykset ja sähkösaatto

Jos putkisto eristetään, se tulee suunnitella siten, että eristykselle jää tarpeeksi tilaa ja sen asentaminen on mahdollista. Jos suunniteltava kohde sisältää vierekkäisiä pieniä putkia, ne voidaan suunnitella siten, että putket kulkevat saman eristyksen sisällä. Putkikomponenttien eristyksessä käytetään ensisijaisesti eristekouruja. Venttiilit ja laipat eristetään esivalmistetuilla koteloilla. [26, s.7–8.]

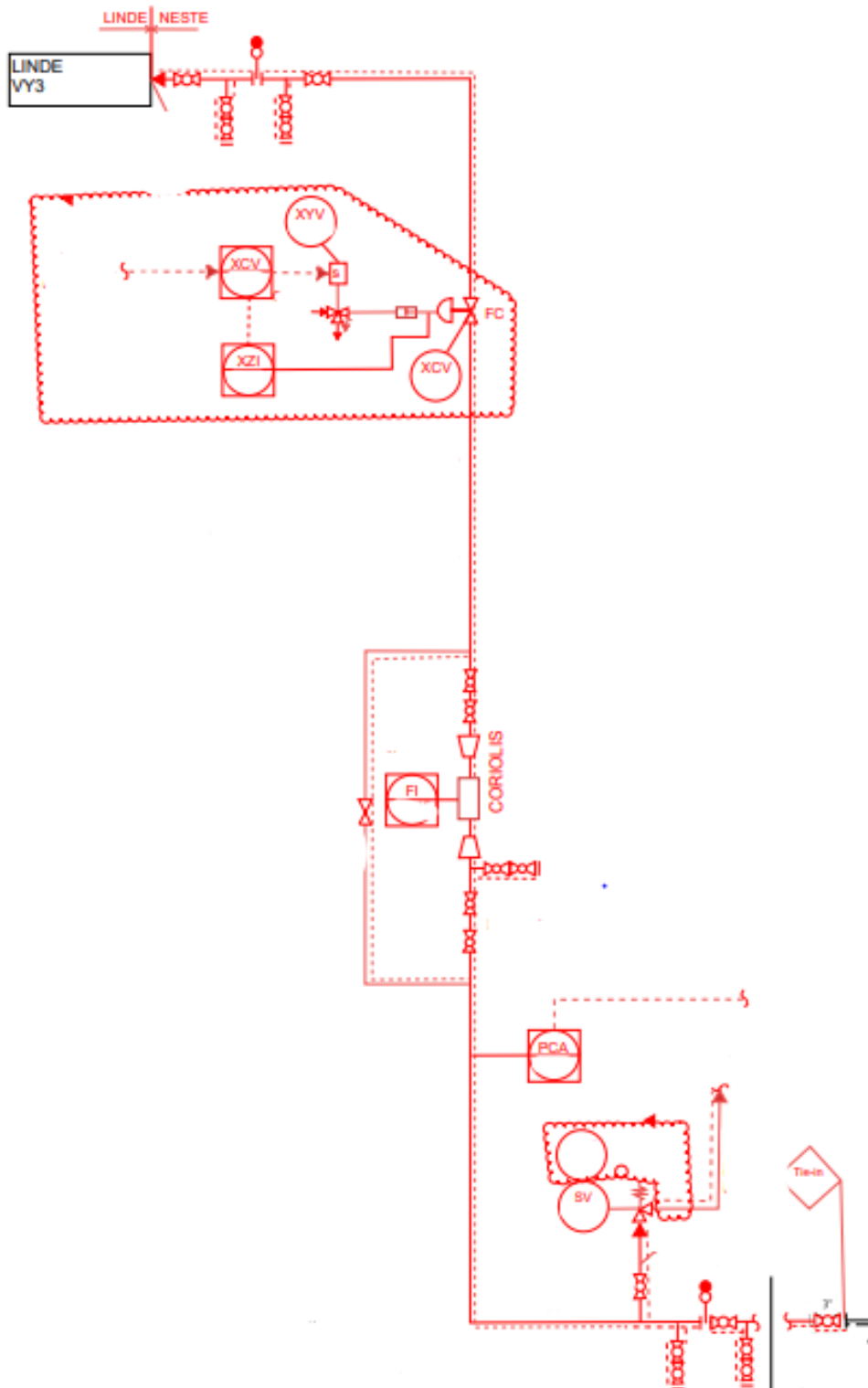
Eristystyyppi ja -paksuus ovat määritelty linjaluetelossa. Putki voidaan eristää lämpöeristyksellä, suojaeristyksellä tai jäätymissuojaeristyksellä. Lämpöeristystä käytetään, kun halutaan estää lämmön siirtyminen ympäristöön. Pääsääntöisesti virtaavan aineen ollessa yli 10 °C putki lämpöeristetään. Suojaeristystä käytetään, kun eristettävän kohteen pintalämpötila on yli 65 °C, mutta lämpöeristystä ei tarvita. Suojaeristyksellä halutaan suojella henkilöstöä palovammoilta tai tapaturmilta, jotka johtuvat kuumasta putkesta. Jäätymissuojaeristystä

käytetään, kun halutaan estää eristettävän putken sisällön jäätyminen. Jos kohde voi jäätä, esimerkiksi pakkasella, käytetään usein sähkö- höyry tai kuumaöljysaattoa jäätyksen estämiseksi. [26, s. 4–5.] Prosessi- tai instrumentti-suunnittelu luokittelevat sähkösaatot vaadittavan toimintavarmuuden ja käyttö-tarkoituksen mukaan, ja luokituksen perusteella sähkösuunnittelu valitsee kohteeseen tarvittavan teknisen ratkaisun. [27, s 10.]

Putkiston vaatima eristyspaksuus määritellään virtaavan aineen käyttölämpötilan ja saattotyypin perusteella. Jos käytetään höyry- tai kuumaöljysaattoa, eristyspaksuuden tulee olla vähintään 60 mm. Eristysmateriaalin tulee olla palamaton, vettä hylkivää ja lahoamatonta materiaalia, joka ei syövytä eristettävää kohdetta. Eristysmateriaalina Nesteen jalostamoilla käytetään standardin SFS 3976 ja SFS 3978 mukaisia materiaaleja, kuten mineraalivillakouruja tai -verkkomattoja tai -levyjä. Päälysteenä käytetään PVC-pinnoitettua kuumasinkittyä terästä, jonka paksuus on 200 µm:ä juovakuviointuna. [26, s. 7–11.] Putkistoon liittyvistä eristyksistä putkistosuunnittelija tekee eristystyömäärittelyn, jossa käsitellään tarkemmin eristettävää kohdetta ja kohteeseen liittyviä palosuojauksia.

6.10 Projektin selvitysvaiheen loppu

Selvitysvaiheen lopussa projektin laajuuteen ja propaanilinjan alustaviin suunnitelmiin tehtiin muutoksia. Alustavaan PI-kaavioon (kuva 1) tehtiin muutoksia ja selvitysvaiheen lopussa julkaistiin uusi PI-kaavio (kuva 11). Aikaisemmassa PI-kaaviossa XCV-venttiilille oli suunniteltu ohitus ja palloventtiilit ennen sekä jälkeen XCV-venttiin, jotka ovat uusimmasta PI-kaaviosta poistettu. Lisäksi XCV-venttiin jälkeinen kahdennettu tyhjennys on poistettu.



Kuva 11 Selvitysvaiheen lopussa julkaistu uudistettu PI-kaavio.

Coriolis-mittausta ennen ja jälkeen sijainneet palloventtiilit on korvattu kahden-
netuilla erotusventtiileillä. Kahdennettujen erotusventtiileiden tiivisteet tulee olla
erityyppisiä, toisen on oltava metallitiivisteinen, toisen pehmeätiivisteinen. Linjan
alku- ja loppupään venttiiliryhmiin ei tullut muutoksia. Soihdulinjassa varoventtii-
lin jälkeinen venttiili poistettiin.

Alustavissa suunnitelmissa coriolis-mittauksen pituudeksi oli suunniteltu kolme
metriä, koska tällöin ei vielä tiedetty mittauslaitteen todellisia mittoja. Projektin
selvitysvaiheen lopussa selvisi, että coriolis-mittaus on noin 600 mm:ä pitkä, jo-
ten aiemmin suunniteltu hoitotaso oli liian suuri tarpeeseen nähden. Alustavissa
suunnitelmissa oli myös mallinnettuna säätöventtiilin venttiiliryhmä, jota ei ole
kuvan 10 PI-kaaviossa. Tämä myös pienentää tilantarvetta hoitotasolla. Kun
hoitotason tilantarve pieneni huomattavasti, uuden hoitotason rakentamiseen ei
ole enää tarvetta. Olemassa olevaa hoitotasoa laajentamalla vaaditut putkikom-
ponentit voidaan sijoittaa siten, että niiden operoiminen on mahdollista.

Putkistosuunnitteluprojekteissa on yleistä, että projektin laajuutta joudutaan
muuttamaan kesken projektin, jos ongelmia ilmenee. Myös tässä projektissa
selvitysvaiheen loppupuolella projektin laajuutta jouduttiin lisäämään PI-kaa-
viomuutosten lisäksi. Propaanilinjan lisäksi projektissa tuli mallintaa 2-tuumai-
nen lauhdelinja Nesteen ja Linden patterirajalta VY3:lle. Koska projektin laajuus
muuttui kesken insinööriyön, linjan mallinnusta ei otettu osaksi tätä työtä. Lauh-
delinjan suunnittelussa noudatettiin samoja periaatteita ja Nesteen spesifikaati-
oita kuin tässä työssä on esitetty. Projektin alussa tehtyä alustavaa MTO:ta jou-
duttiin muuttamaan uuden PI-kaavion mukaiseksi. Myös lauhdelinjan putkikom-
ponentit sekä arvioitu putken pituus lisättiin MTO:hon. Koska suunnitteluohjel-
man vaihto oli kesken, lauhdelinjaa ei voitu alustavasti mallintaa, vaan putken
pituus sekä tarvittavien käyrien määrä perustui arvioon, joka tehtiin 3D-mallista.
Päivitetty MTO ladattiin *Found!DMS*:ään.

Projektin putkistosuunnittelua hidasti PDS:n 3D-suunnittelumallien siirto Smart
3D:lle. Mallien siirrossa ilmeni ongelmia, ja siirto vei odotettua kauemmin aikaa.
Suunnitteluohjelman vaihto kesken projektin loi aikataulullisia haasteita, sillä

putkilinjan mallinnusta ei voitu tehdä viikkoihin. Tämän lisäksi täysin uuden suunnitteluohjelman oppiminen ja sisäistäminen kesken projektin loi haasteita. Putkilinja oli jo pitkälti mallinnettuna PDS:n testimalleihin jo selvitysvaiheessa. Kuitenkin PI-kaavion muutokset ja putkiston kannakointi tuli suorittaa ennen kuin putkilinja voitiin lähettää lujuuslaskentaan. Putkiston reittiä voidaan joutua vielä muuttamaan riippuen lujuuslaskennan tuloksista. Vasta tämän jälkeen putkistosta voidaan luoda AFC-tasoiset isometrit.

Projektin alussa tehty putkilinjan alkuosa oli selvitysvaiheen lopussa valmistunut ja isometri päivitettiin ASB-tasolle. Koska asennusvaiheessa oli poikettu suunnitellusta, isometri päivitettiin vastaamaan asennettua. Tätä varten käytiin vierailemassa TL4:llä, jossa putkiosuuden mitat mitattiin ja isometri päivitettiin mittojen mukaiseksi, jonka jälkeen se ladattiin *Found!DMS*:ään.

Selvitysvaiheen lopussa linjaan sijoitettavista palloventtiileistä tehtiin hankintamäärittelyt. Putkistosuunnittelija tekee hankintamäärittelyt linjaan sijoitettavista venttiileistä pois lukien instrumentti- tai laitesuunnittelua vaativat venttiilit kuten instrumentti-ilmaa vaativat säätöventtiilit tai varoventtiilit. Niiden hankintamäärittelyistä vastaavat instrumenttisuunnittelijat sekä laitesuunnittelijat. Hankintamäärittelyssä määritellään muun muassa venttiilin rungon materiaali, tiivisteiden materiaalit, käsivarren pituus sekä käyttölaite. Venttiileiden hankintamäärittely tehdään yhteistyössä venttiiliasiantuntijan kanssa, jolla on tarkempaa tietoa esimerkiksi kohteen ja virtaavan aineen vaatimista tiivistemateriaaleista. Hankintamäärittelyn pohjalta venttiilit tilataan toimittajalta.

Hankintamäärittelyn lisäksi täytettiin myös putkistoon liittyvät muut dokumentit, kuten työmäärittelyt, piirustus- ja isometriluettelo sekä liitännämäärittely ja -luettelo. Työmäärittelyt tehtiin asennettavasta putkistosta sekä eristystöistä. Suunnittelutyön lopuksi täytetään vielä suunnitelmatarkastusvakuutus-lomake, jossa vakuutetaan, että suunniteltu putkisto on toteutettu painelaitedirektiiviä ja kansallista lainsäädäntöä noudattaen.

7 Yhteenveto

Tämä insinöörityö antaa hyvän käsityksen putkistosuunnittelun kulusta Nesteellä. Suunnittelu perustuu standardeihin, joista Neste on laatinut omia spesifikaatioita ja ohjeistuksia putkistosuunnittelun tueksi. Spesifikaatioita ja ohjeistuksia on paljon, ja osa niistä on hyvinkin laajoja. Tässä työssä pyrittiin yksinkertaistamaan ja yhdistämään eri spesifikaatioita aloittelevalle putkistosuunnittelijalle. Työ antaa hyvän käsityksen siitä, miten putkistosuunnitteluprojekti etenee ja mitä tulee ottaa huomioon kussakin projektin vaiheessa.

Putkistosuunnitteluprojekti käynnistyi kiireisellä aikataululla kesän 2022 aikana. Projektin alku sujui hyvin ja alustavat suunnitelmat saatiin luotua hyvinkin nopealla aikataululla. Putkiston reitti on muutamaa kohtaa lukuun ottamatta hyvin yksinkertainen, sillä putki kulkee pääasiassa jo olemassa olevilla putkisilloilla, joissa oli hyvin tilaa uudelle putkelle. Haastavimmat kohdat olivat reitin alussa sekä lopussa, joissa oli paikoitellen hyvinkin ahdasta.

Haasteita loi myös projektin tiukka aikataulu sekä suunnitteluohjelman vaihdos kesken projektin. Uudet PI-kaaviot tehtiin toteutusvaiheeseen projektin laajuuden muutettua ja putken loppuosan suunnitelmia jouduttiin muuttamaan. Uusia suunnitelmia ei voitu kuitenkaan toteuttaa tämän työn aikana, sillä suunnitteluohjelman vaihdosta ei saatu toteutettua aikataulussa.

Projektin aikataulujen venyessä putkistosuunnittelua ei saatu valmiiksi ja tämän työn osalta projekti jäi selvitysvaiheen loppuun. Tästä syystä lopullisia suunnitelmia eikä projektin toteutusvaiheen kulkua voitu esittää tässä työssä. Putkistosuunnitteluprojekti elää koko ajan ja harvoin alustavat suunnitelmat ovat lopullisia. Kuitenkaan tämän työn osalta ei päästy vertailemaan alustavia suunnitelmia lopullisiin. Alustavien ja lopullisten suunnitelmien vertaileminen olisi ollut työn kannalta mielenkiintoista. Tällöin olisi konkreettisesti nähty, kuinka paljon suunnitelmia joudutaan muuttamaan projektin aikana ja miten eri ongelmia pystytään ratkaisemaan.

Lähteet

- 1 Jaatinen, Taisto. 2021. Yleistä putkistosuunnittelusta. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Sieppi, Susanna. 2022. Nesteen kokonaan omistama Neste Engineering Solutions Oy sulautuu kokonaan Neste Oyj:hin. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <<https://www.neste.fi/tiedotteet-ja-uutiset/sijoittajat/nesteen-kokonaan-omistama-neste-engineering-solutions-oy-sulautuu-neste-oyjhin>>. 29.4.2022. Luettu 9.9.2022.
- 3 Jäntti, Juha. 2020. Putkistosuunnittelu. Insinööryö. LAB-Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Piispa, Petteri. 2011. Putkistosuunnittelu osana laitosinvestointiprojektia. Insinööryö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Horto, Dora. 2020. Standardien vertailu putkistosuunnitteluprojektissa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 PSK 4201. Putkiluokat. 2022. Määrittely. PSK-standardisointi.
- 7 Neste Oyj:n standardien numerointi, jakelu ja ylläpito. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 8 Painelaitedirektiivi. 2014. 2014/68/EU.
- 9 H100 General specification of piping manufacturing (Specification). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 10 PSK 5803. Putkistopiirustukset. 2003. Isometrinen piirustus. PSK-standardisointi.
- 11 Isometric Piping Drawings (Work Procedure). 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 12 Tasopiirustukset ja Keyplan Porvoon Jalostamo (Work Procedure). 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 13 Piping MTO (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 14 Työmäärittelyt (Work Procedure). 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.

- 15 H101 Piping Design Specification. 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 16 Dokumenttienhallintajärjestelmät (Standard). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 17 Layout and Piping Design (Work Procedure). 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 18 Meistä. Verkkoaineisto. The Linde group. <https://www.linde-gas.fi/fi/all_about_us/index.html>. Luettu 13.8.2022.
- 19 Nesteen lausunto Ukrainan sotaan liittyen. 2022. Verkkoaineisto. Neste. <<https://www.neste.fi/konserni/journeytozerostories/arkisto/2242-ajankoh-taista/nesteen-lausunto-liittyen-ukrainan-sotaan>>. Luettu 13.8.2022.
- 20 Aartun, Ingrid; Gjervan, Torbørn; Venvik, Hilde; Görke, Oliver; Pfeifer, Peter; Fathi, Marcus; Holmen, Anders; Schubert, Klaus. 2004 Catalytic conversion of propane to hydrogen in microstructured reactors. Verkkoaineisto. Science Direct. Luettu 13.8.2022.
- 21 Rapier, Robert. 2020. Propane-made hydrogen. Verkkoaineisto. Propane. <https://propane.com/wp-content/uploads/2020/06/Propane-made-Hydrogen-Propane.com_.pdf>. 2.6.202. Luettu 13.8.2022.
- 22 Layout and Piping Engineering general design tools (Work Procedure). 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 23 Hulkkonen, Sami. 2019. Coriolis-virtausmittari. Diplomityö. Lappeenrantaan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Lutpub-tietokanta.
- 24 Lipponen, Timo. Coriolis-ilmiö. Luentomoniste. Oulun Ammattikorkeakoulu.
- 25 Pulliainen, Laura. 2020. Pienputkien kannakointi. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 26 L101 Lämmöneristyspesifikaatio. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy.
- 27 N108 Sähköistyksen yleisspesifikaatio. 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Neste Engineering Solutions Oy