



MONIKÄYTTÖVARAAJAN TESTAUSYMPÄRISTÖN 3D- SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

Katja Multanen

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Suunnittelutekniikka

Hyväksytty _____.____._____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, VARKAUDEN YKSIKKÖ

Koulutusohjelma

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Katja Multanen

Työn nimi

Monikäyttövaraajan testausympäristön 3D-suunnittelu

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

10.12.2010

Sivumäärä

60 + 4

Työn valvoja

Seppo Ryytänen Eero Jaakkola

Yrityksen yhdyshenkilö

Yritys

Savonia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena oli suunnitella monikäyttövaraajan testausympäristö kolmiulotteista (3D) mallinnusta apuna käyttäen. Työ tehtiin Savonia-ammattikorkeakoululle Varkaudessa.

Testausympäristöä lähdettiin suunnittelemaan PI-kaavion mukaan. 3D-mallinnus päätettiin toteuttaa PDMS-suunnittelutyökalua apuna käyttäen. 3D-mallinnuksen tuloksia käytettiin asennustarjouskyselyissä, putkisto-osien määrän selvittämisessä tilauksia varten ja asennustyössä.

3D-malli saatiin tehtyä ja sen pohjalta rakennettiin monikäyttövaraajan testauslaitteisto.

Avainsanat

Monikäyttövaraaja, testausympäristö, 3D-suunnittelu

Luottamuksellisuus

Julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, BUSINESS AND ENGINEERING, VARKAUS

Degree Programme

Mechanical Engineering and Production Technology

Author

Katja Multanen

Title of Project

Designing a 3D-modelling Testing Environment for a Multi-Purpose Boiler

Type of Project

Final Project

Date

10.12.2010

Pages

60 + 4

Academic Supervisor

Seppo Ryyänen and Eero Jaakkola

Company Supervisor

Company

Savonia University of

Abstract

The purpose of the work was to design a testing environment for a multi-purpose boiler by using three-dimensional (3D) modelling. The work was made for Savonia University of Applied Sciences in Varkaus.

The designing of the testing environment was begun by following the process flowchart. It was decided to make the 3D-model by using PDMS. The outcomes of 3D-model were used for submitting requests for quotation concerning assembly, to find out the number of piping elements for the orders and in assembly work.

The 3D-model was made. A testing environment for the multi-purpose boiler was built based on the 3D-model.

Keywords

Multi-purpose boiler, testing environment, 3D-modelling

Confidentiality

Public

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO.....	4
SELITTEET.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 PROJEKTIN ESITTELY.....	8
3 3D-MALLINNUS.....	9
3.1 Yleistä.....	9
3.2 3D-mallinnuksen työvaiheet.....	9
3.2.1 Esivalmistelut.....	10
3.2.2 Mallinnus.....	10
4 PDMS.....	12
4.1 Yleistä.....	12
4.2 PDMS käyttöohjeita.....	12
4.2.1 Hierarkia.....	12
4.2.2 Säiliön teko.....	13
4.2.3 Laitteen valinta standardiluettelosta.....	15
4.2.4 Kopiointi.....	17
4.2.5 Suuttimen teko.....	18
4.2.6 Putkien teko.....	21
4.2.7 Putkistokuvat.....	30
4.2.8 Raportin teko.....	31
5 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA.....	36
5.1 Turvallisuus.....	36
5.2 Kustannukset.....	36
5.3 Asennus.....	36
5.4 Muuta huomioitavaa tämän työn kannalta.....	37
6 TYÖN KULKU.....	39
6.1 Prosessi- ja instrumentointisuunnittelu ja hankintojen lähtötiedot.....	39
6.1.1 PI-kaavio.....	39
6.1.2 Prosessikuvaus.....	40
6.1.3 Laite-, putkisto- ja venttiililuettelot.....	41
6.2 3D-mallinnus ja laitteistosuunnittelu PDMS:llä.....	42
6.2.1 Esivalmistelut.....	42
6.2.2 Karkea luonnos.....	42

6.2.3 3D-suunnittelu.....	43
6.3 Valmistuksen ja asennuksen lähtötiedot	47
6.3.1 Osaluettelo, katkaisu- ja asennuslistat	47
6.3.2 Asennuskuvat	48
6.4 Kannakointi.....	48
6.5 Asennuksessa tehdyt muutokset ja as-built 3D-malli	49
6.5.1 Muutokset	49
6.5.2 As-built 3D-malli ja rakennettu testausympäristö.....	50
7 TYÖN POHDINTAA	53
7.1 Esivalmistelut	53
7.2 3D-suunnittelu	55
7.3 Suunnittelun tulosteet ja asennuskuvat.....	55
7.4 Muuta pohdintaa.....	56
8 YHTEENVETO.....	58
LÄHTEET.....	59
LIITTEET	60

SELITTEET

ANSI	American National Standards Institute, yhdysvaltalainen organisaatio, joka valvoo erilaisten standardien kehittymistä Yhdysvalloissa.
EN	Eurooppalaisen standardin tunnus.
KKS-järjestelmä	KKS Power Plant Classification System, standardisoitu luokitusjärjestelmä voimalaitoksille.
PDMS	Plant Design Management System, Avevan kehittämä laitossuunnitteluohjelmisto.
PI-kaavio	Prosessi- ja instrumentointikaavio, josta ilmenee prosessi ja instrumentointi.
3D-mallinnus	3D-mallinnuksella tarkoitetaan kappaleen, osan tai kokoonpanon suunnittelua kolmiulotteisesti.

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli tehdä tilankäyttö ja mekaaninen suunnittelu monikäyttövaraajan testausympäristölle kolmiulotteista (3D) mallinnusta hyödyntäen, Energia-, voimalaitos- ja painelaitteosaamisen kehitysympäristöprojektia ja Energiatekniikan käyttö- ja kunnossapidon uusien mittausmenetelmien kehitysympäristöprojektia varten. Testauslaitteiston suunnittelussa huomioitiin ensisijaisesti se, että laitteisto on helposti siirrettävissä ja laajennettavissa. 3D-malli tehtiin PDMS:llä.

Työssä keskityttiin putkiston ja kehikon 3D-suunnitteluun ja siinä sivuttiin asennusluettelon ja asennuskuvien tekoa. Työssä ei käsitelty putkistomateriaalien valintaa, putkiston mitoitusta eikä lujusteknillisiä asioita. PDMS:n käyttöohjeet on rajattu käsittelemään tämän työn kannalta olennaisia ohjeita.

2 PROJEKTIN ESITTELY

Keväällä 2009 tehtiin PK-sektorin yrityksille suunnattu uusiutuvan energian järjestelmien ja materiaalien testauksen yritystarvekartoituskysely. Yrityksiltä kyseltiin kiinnostusta lämmitykseen ja lämmönsiirtoon liittyvien materiaalien ja laitteiden testaukseen. Alustavaa virtauskaavioita monikäyttötetauslaitteistosta käytettiin siinä vaiheessa herättämään kiinnostusta yrityksissä. Muutama yritys vastasi kyselyyn ja tarkentavien keskustelujen jälkeen alkoi tässä työssä esiteltävän testausympäristön kehittäminen toteutettavaksi laitteistoksi.

Suunnittelussa testausympäristössä voidaan testata jäähdytintä, monikäyttövaraajaa ja lämmönvaihtimia. Laitteistotestauksissa sähkökattilalla voidaan simuloida eri lämmitysmuotoja.

Testausympäristön suunnittelussa otettiin huomioon, että lämpöä voidaan tuottaa eri menetelmillä kuten lämpöpumpulla, aurinkokeräimellä ja kiinteille polttoaineille tarkoitetulla biopolttoainekattilalla. Suunnittelussa huomioitiin lämpöloukkujen tarve eli lämpöä voidaan kuluttaa eri kohteisiin kuten kuumaveden tuottoon tai patteriverkkoon. Lämpöä voidaan varastoida joko monikäyttövaraajaan tai lämpöloukkuihin, eli lattialämmitystä ja patteriverkkoa vastaavaan piiriin. Lisäksi testausympäristössä on kuumen käyttöveden tuotanto.

Testausympäristön suunnittelussa huomioitiin, että testattavien laitteiden tehoalue on 5 - 85 kW ja maksimilämpötila on 120 °C ja maksimipaine on 10 baaria.

3 3D-MALLINNUS

3.1 Yleistä

3D-mallinnuksella tarkoitetaan kappaleen, osan tai kokoonpanon suunnittelua kolmiulotteisesti. Kappaleelle annetaan kaikki ne fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla kappaleella todellisuudessakin on. Kappale suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaattiakseleista. (Tuhola & Viitanen 2008, 17.)

3D-mallilla tarkoitetaan kolmiulotteista tuotetta, joka vastaa ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan lopullista tuotetta. 3D-mallia voidaan tarkastella kolmiulotteisessa avaruudessa kolmella eritavalla. Rautalankamalli tuo esiin vain ääriviivat ja sitä käytetään kun halutaan valita särmiä. Pintamallissa on näkyvissä vain pinnat, joista tuote koostuu. Pintamallia käytetään yleensä valettavien ja pursotettavien tuotteiden suunnitteluun. 3D-mallissa on näkyvissä kaikki tieto, josta malli koostuu. Tällöin mallia voidaan tarkastella sellaisena kuin se todellisuudessa on. 3D-mallia kutsutaan myös solidi- ja tilavuusmalliksi. 3D-mallinnuksessa voidaan käyttää kutakin mainituista tarkastelutavoista helpottamaan visuaalista työskentelyä mallinnuksen erivaiheissa. (Tuhola & Viitanen 2008, 20- 23.)

Mallinnuksen tarkoituksena on saada tuotettua kappaleesta, osasta tai kokoonpanosta mahdollisimman laadukkaita 2D-piirustuksia. Mallin avulla saadaan myös käsitys suunniteltavan kappaleen toimivuudesta todellisessa ympäristössä. Jotta malli toimisi, on sen vastattava tarkasti todellisuutta. (Tuhola & Viitanen 2008, 47.)

3.2 3D-mallinnuksen työvaiheet

Mallintaminen tapahtuu tietyllä kaavalla, johon kuuluu eri vaiheita. Mallinnusta varten tarvitaan mitoituksen tai esisuunnittelun lähtötiedot. Suunnittelija saa valmiin luonnoksen tai toimeksiannon, jota hän lähtee työstämään. Lisäksi täytyy tehdä esivalmisteluja ennen varsinaisen mallinnuksen aloittamista. (Tuhola & Viitanen 2008, 19.)

3.2.1 Esivalmistelut

Ennen kuin mallinnus aloitetaan, on järjestelmä, jolla 3D-malli tehdään, viritettävä tarpeita vastaavaksi. Yksityisessä käytössä standardiasetukset yleensä riittävät, mutta yrityksillä on lähes poikkeuksetta käytössä omia piirustuslomakkeita, standardeja, komponenttikirjastoja ja varaosaluetteloita, joihin luotavilla malleilla täytyy olla yhteys. 3D-malleja luotaessa määritellään mallin raaka-aine ja tekniset parametrit. Mallinnuksessa on otettava huomioon myös lujuusteknillisiä asioita. (Tuhola & Viitanen 2008, 45 -47.)

3.2.2 Mallinnus

Aluksi suunnittelija tekee karkean luonnoksen eli sketsin toimeksiannon pohjalta. Sketsit voidaan jakaa karkeasti neljään ryhmään: aloitus-, muokkaus-, apu- ja 3D-sketsit. Aloitussketsillä aloitetaan mallinluonti. Muokkaussketsillä muokataan mallin muotoa tai lisätään piirteitä olemassa olevaan malliin. Apusketsejä on kahdenlaisia: informatiivisia ja runkosketsejä. Apusketseillä voidaan lisätä olemassa oleviin kappaleisiin informaatiota, joka voidaan tuoda jälkikäteen näkyviin. Runkosketseillä voidaan määrittää kokoonpano-osien sijoituksen runko. 3D-sketsit piirretään suoraan kolmiulotteiseen koordinaatistoon. 3D-sketsejä käytetään yleensä pintojen muotoilussa ja putkilinjoissa. (Tuhola & Viitanen 2008, 19, 64, 70 -72.)

Sketsistä luodaan malli. Malli voidaan luoda kappalemallina tai levymallina. Kappalemallilla on yleensä kaksi käyttötapaa: tilavaraus kokoonpanossa ja tuotantokappaleen kuvamateriaalin generointi eli mallia käytetään 2D-kuvien luomista varten. Mikäli tuotteesta ei tehdä 2D-piirustuksia, mallin tarvitsee vastata todellisuutta ainoastaan ulkomuodoltaan. Jos taas mallista tehdään 2D-piirustukset tuotantoa

varten, on mallin vastattava tarkasti tuotettavaa lopullista kappaletta. Levymallilla on myös kaksi käyttötapaa: tilavaraus kokoonpanossa ja tuotantokappaleen kuvamateriaalin tuotto. Kappale luodaan aina levymallina, kun sitä taivutetaan. (Tuhola & Viitanen 2008, 19, 80- 82.)

Malli pyritään yksinkertaistamaan käyttämällä yksinkertaisia operaatioita, esimerkiksi suosimalla standardipiirteitä ja -kirjastoja. Myös mahdolliset osamallit tehdään, joista muodostetaan kokoonpano. Mallin viimeistelyssä on syytä tarkistaa mallin rakenne ja sen mitat kertaalleen. (Tuhola & Viitanen 2008, 19, 83, 91.)

Lopuksi mallista tehdään piirustukset, joissa esitetään kaikki valmistuksen vaatima informaatio. Piirustusten tulee täyttää piirustusteknisesti kunnollisten konepiirustusten vaatimukset. (Tuhola & Viitanen 2008,19, 91.)

4 PDMS

4.1 Yleistä

PDMS eli Plant Design Management System on Avevan kehittämä laitosuunnitteluohjelmisto. PDMS:llä voi suunnitella koko tuotantolaitoksen 3D-mallina. PDMS:stä saadaan muun muassa myös putkistosometrit ja laiteluettelot. Työssä käytettiin Aveva PDMS 12.0 versiota.

4.2 PDMS käyttöohjeita

PDMS sisältää eri sovelluksia, joilla luodaan kullakin omia tuotantolaitoksen osia. Sovellusalueet jakautuvat osiin seuraavasti: general, equipment, pipe work, cable trays, HVAC designer, structures, design templates ja cabling systems. Tässä työssä käytettiin pipe work-, equipment-, ja structures-sovellusta. Pipe work -sovelluksella tehdään putkistot, equipment-sovelluksella laitteet ja kappaleet, structures-sovellus on taas jaettu useampaan alaan, joilla voidaan luoda palkit ja pylväät, levyt ja pellit, seinät ja lattiat sekä portaat ja tikkaat.

Esimerkin vuoksi ohjeita tarkastellaan luomalla pieni laitteisto. Ohjeissa keskitytään lähinnä tämän työn kannalta olennaisiin ohjeisiin.

4.2.1 Hierarkia

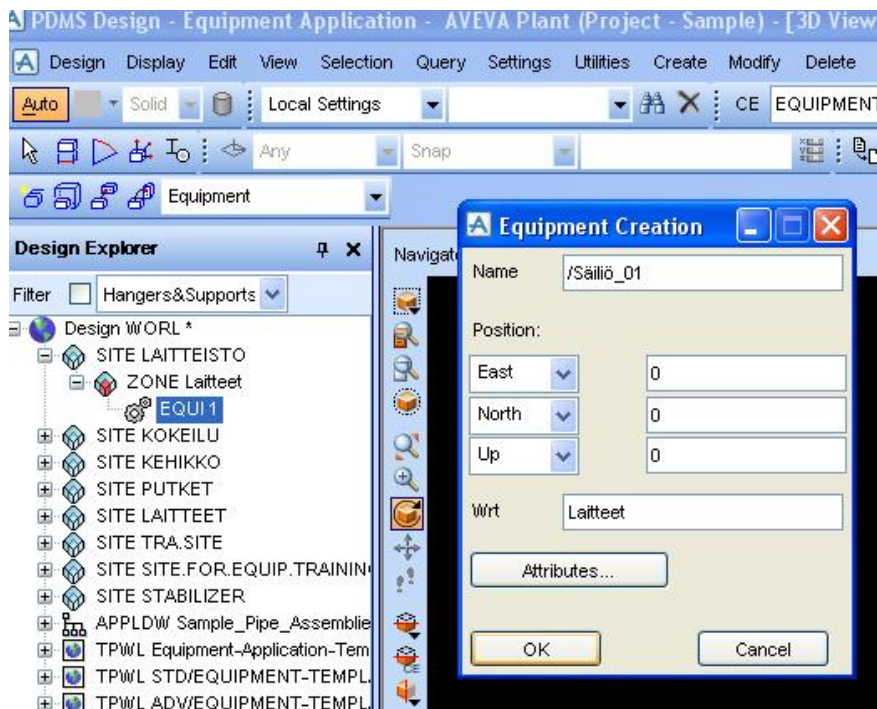
PDMS:ssä on oma hierarkiansa, jonka alle kappaleet ja laitteet sijoittuvat. Laitteiston luonnissa lähdetään liikkeelle luomalla SITE, joka nimetään Laitteistoksi. Luonti tapahtuu niin, että klikataan hierarkiassa Design World * aktiiviseksi ja valitaan Create > Site. Näkyviin tulee ikkuna, jossa Site nimetään Laitteistoksi ja painetaan OK. Seuraavia hierarkian osia tarkastellaan laitteiston luonnin edetessä.

4.2.2 Säiliön teko

Säiliön voi tehdä kahdella tavalla, joko käyttämällä sylinteriä ja lautasta tai valitsemalla standardiluettelosta valmiin säiliön, jonka mittoja voi muokata haluamallaan tavalla. Tehdään säiliö sylinteristä ja lautasista ja katsotaan standardilaitteen luomista vasta pumppujen kohdalla.

Aluksi valitaan oikea sovellus. Säiliöt tehdään Equipment-sovelluksessa, joten valitaan Design > Equipment. Seuraavaksi luodaan hierarkiaan ZONE. Klikataan SITE Laitteisto aktiiviseksi ja valitaan Create >Zone. Annetaan Zone:lle nimi Laitteet ja klikataan OK.

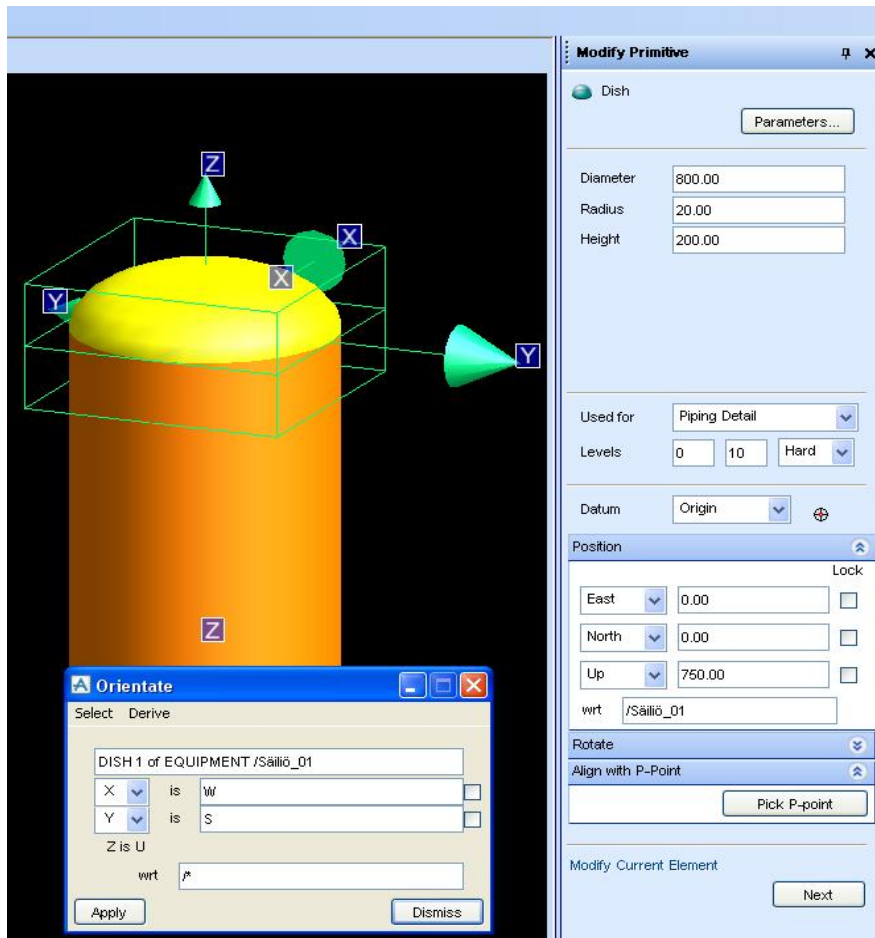
Luodaan säiliö käyttämällä sylinteriä ja lautasia. Zone Laitteet alle luodaan Equipment. Valitaan Create > Equipment. Näkyviin avautuu kuvan 1 mukainen ikkuna. Nimitetään se Säiliö_01:ksi ja painetaan OK.



KUVA 1. Equipment Creation. Nimeämällä hierarkiaan luotavia kappaleita, hierarkia pysyy selkeänä. (Aveva PDMS 12.0)

Valitaan Create > Primitives ja avautuneesta palkista Cylinder. Annetaan sylinterille korkeudeksi 1500 mm ja halkaisijaksi 800 mm. Painetaan Create. Painetaan Next ja valitaan Dish. Annetaan lautaselle seuraavat mitat: halkaisijaksi 800 mm, säteeksi 20 mm ja korkeudeksi 200mm. Painetaan Create.

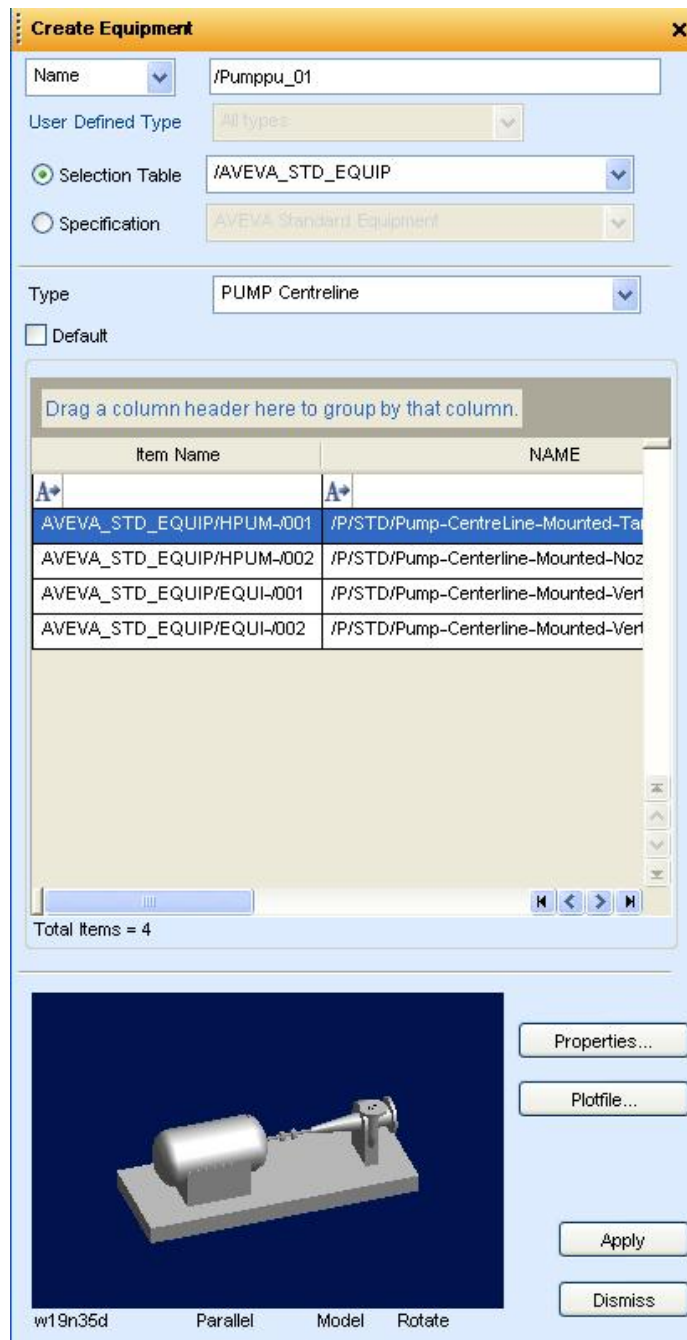
Ohjelma luo lautasen Säiliö_01:n keskipisteeseen. Lautanen saadaan haluttuun paikkaan kun klikataan kuvassa 2 näkyvää Aling with P-Point -valikon alaista Pick P-point -painiketta. Seuraavaksi klikataan hiirellä sylinterin päätä ja lautanen siirtyy sinne. Lautanen täytyy kääntää oikein päin valitsemalla Orientate > Axes ja muuttamalla Y:n N-suunta S:ksi. Painetaan Apply. Luodaan vielä säiliön alle toinen lautanen, niin säiliö on valmis.



KUVA 2. Lautasen kohdistaminen oikein säiliöön nähden. Orientate-toiminnolla on yksinkertaista pyöryttää kappale haluttuun suuntaan. (Aveva PDMS 12.0)

4.2.3 Laitteen valinta standardiluettelosta

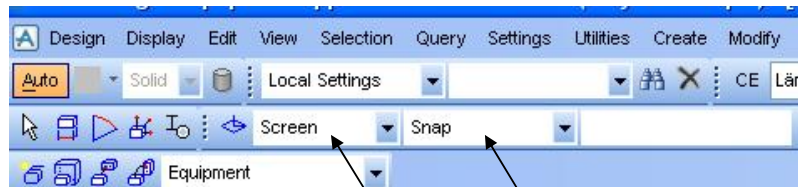
Standardiluettelosta löytyy pumppuja, lämmönvaihtimia, jäähdyttimiä ja säiliöitä. Tehdään pumppu valitsemalla se standardiluettelosta. Klikataan Zone Laitteet aktiiviseksi ja valitaan Create > Standard Equipment. Esiin avautuu kuvan 3 mukainen ikkuna. Nimetään laite Pumppu_01:ksi ja valitaan Type-valikosta PUMP Centreline. Valitaan ensimmäinen pumppu. Klikkaamalla Properties, esiin avautuu ikkuna, josta pumppun mittoja voi muuttaa, mutta annetaan niiden olla entisellään.



KUVA 3. Standardilaitteen luominen. (Aveva PDMS 12.0)

Pumppu saadaan näkyviin kun painetaan Apply ja valitaan Screen ja Snap kuvan 4 mukaisesti ja klikataan mallinnusympäristössä siihen kohtaan, johon pumppu

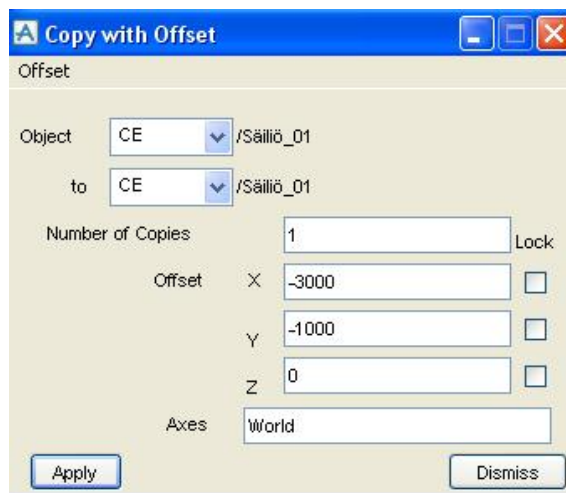
halutaan. Sen jälkeen ikkunan voi sulkea painamalla Dismiss. Tarkennetaan pumpun sijaintia valitsemalla Position > Explicitly. Annetaan pumpulle sijainniksi West 700, South 2500 ja Down 700.



KUVA 4. Nuolet osoittavat Screen ja Snap valintojen sijainnin. (Aveva PDMS 12.0)

4.2.4 Kopiointi

Luodaan toinen säiliö kopiaamalla Säiliö_01. Valitaan Create > Copy > Offset. Näkyviin saadaan kuvan 5 mukainen ikkuna. Annetaan säiliölle etäisyys x -3000 ja Y -1000. Painetaan Apply ja hyväksytään kopioitu kappale.

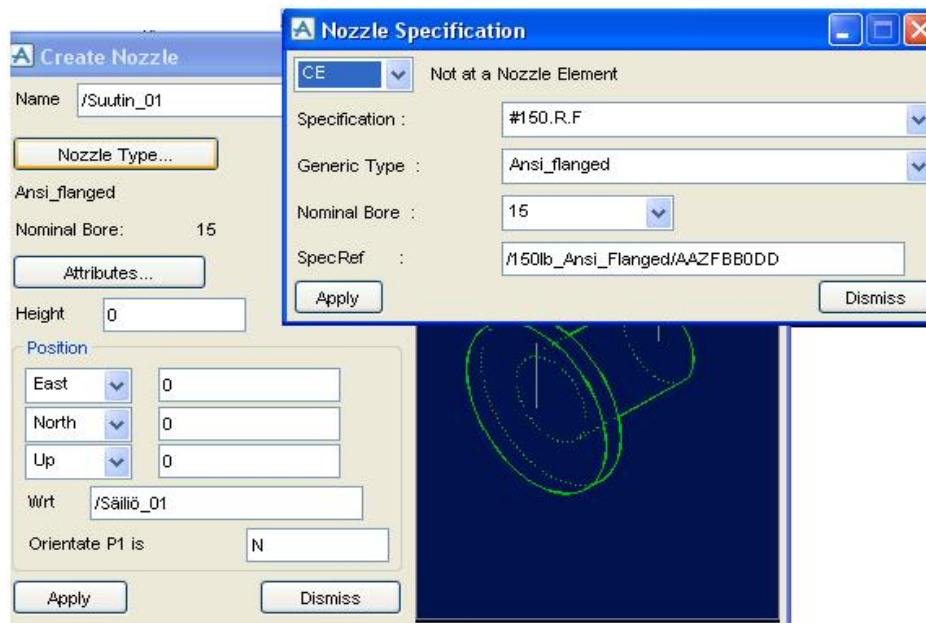


KUVA 5. Kopiointi-ikkuna. Kopioidessa kappaletta voidaan valita, kuinka monta kopiota kappaleesta halutaan ja mille etäisyydelle ne sijoitetaan toisiinsa nähden. (Aveva PDMS 12.0)

Nimetään kappale uudelleen menemällä hierarkiassa kappaleen päälle ja klikkaamalla hiiren oikean puoleista painiketta. Esiin tulevasta valikosta painetaan Rename ja annetaan kappaleelle nimi Säiliö_02 ja painetaan Apply.

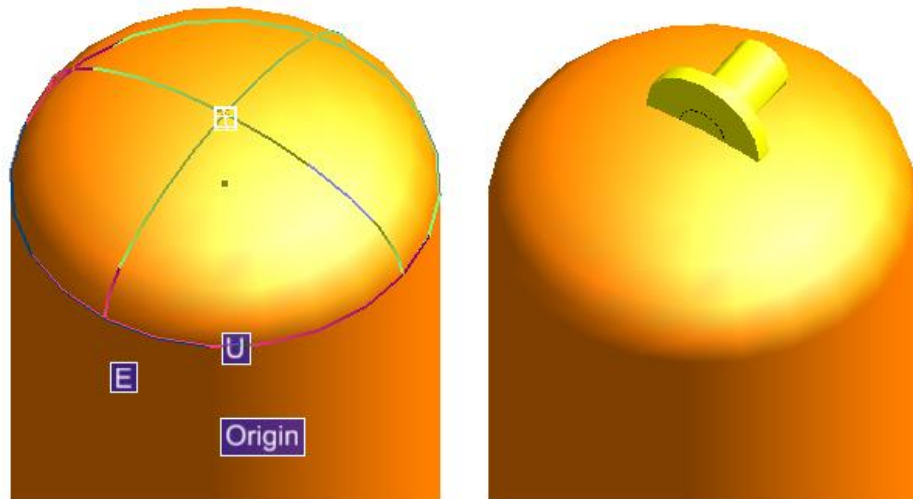
4.2.5 Suuttimen teko

Tehdään säiliöihin suuttimet. Klikataan Säiliö_01 aktiiviseksi, valitaan Create > Nozzles ja esiin avautuu kuvassa 6 näkyvä alimmainen ikkuna. Nimetään suutin Suutin_01:ksi ja klikataan Nozzle type. Esiin tulee kuvassa 6 näkyvä päällimmäinen Nozzle Specification ikkuna. Valitaan Specification kohdasta ANSI-NOZZLES, Generic Type kohdasta 300lb Ansi Flanges ja annetaan Norminal Bore:ksi 100. Painetaan Apply ja Dismiss. Annetaan Create Nozzle ikkunassa, kohdassa Height suuttimelle korkeudeksi 200. Painetaan Apply ja Dismiss.



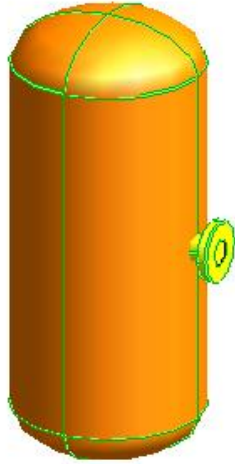
KUVA 6. Suuttimen teko. PDMS sisältää useita erimallisia suuttimia. Suutinten sijainti määräytyy sen kappaleen mukaan, johon suutin tehdään.(Aveva PDMS 12.0)

Suutin tulee keskelle säiliötä, joten se täytyy kohdistaa oikein. Valitaan Position > Explicit. Etsitään hiiren vasemman puoleinen painike alas painettuna säiliön yläpuolen keskipiste kuvan 7 mukaisesti. Lasketaan sormi näppäimeltä, kun piste löytyy ja painetaan Apply. Suutin ilmestyy kuvan 7 mukaisesti säiliön yläpuolelle. Käännetään suutin oikein päin. Valitaan Orientate Axes ja muutetaan x-akseli osoittamaan alas, valitsemalla x:n kohdalle D. Muutetaan vielä suuttimen paikkaa, siirtämällä sitä Explicit Position ikkunassa 100 mm ylöspäin.



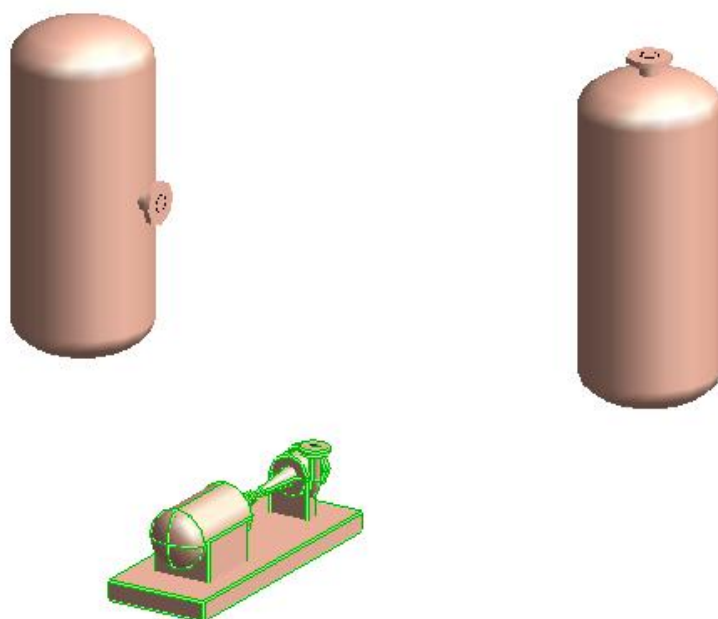
KUVA 7. Suuttimen kohdistaminen oikeaan kohtaan. Kuvassa vasemmalla näkyy säiliön yläpuolen keskipisteen etsiminen ja oikealla suutin keskipisteessä. (Aveva PDMS 12.0)

Tehdään myös toiseen säiliöön suutin. Annetaan suuttimelle nimeksi Suutin_02 ja sijoitetaan se säiliön sivuun muuttamalla mitat West 2500, South 1000 ja Down 0. Käännetään suutin vielä kuvan 8 mukaisesti.



KUVA 8. Säiliö_02 ja Suutin_02 sen kyljessä. (Aveva PDMS 12.0)

Muokataan vielä pumppujen suuttimet samanlaisiksi kuin säiliössä. Klikataan hierarkiasta pumpun alta Nozz1 aktiiviseksi ja valitaan Modify > Nozzle Specification. Muutetaan avautuvasta ikkunasta suuttimen tiedot säiliöiden suuttimien tietoja vastaaviksi. Tehdään Nozz2:lle samoin, mutta annetaan Norminal Bore:n olla 50. Nyt suuttimet on tehty ja kokonaisuuden tulisi näyttää tässä vaiheessa samalta kuin kuvassa 9.



KUVA 9. Pumppu ja säiliöt.(Aveva PDMS 12.0)

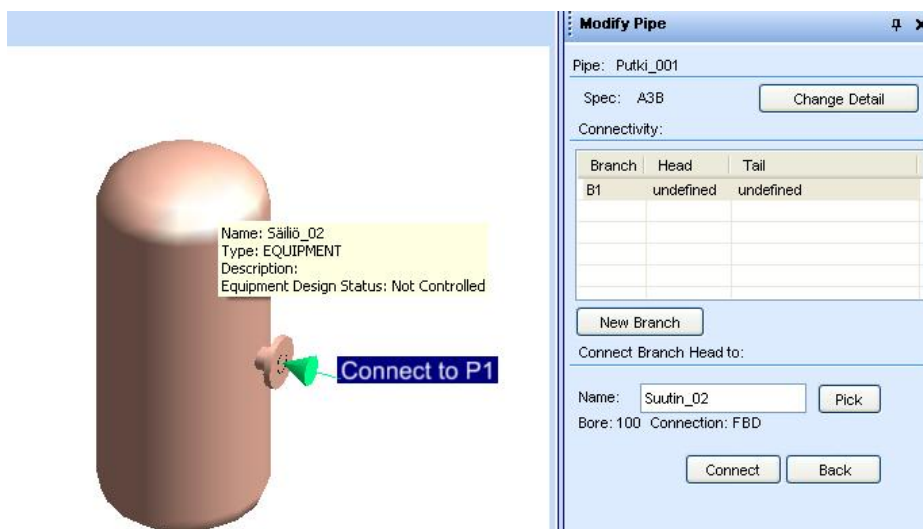
4.2.6 Putkien teko

Putkien tekoa varten täytyy vaihtaa sovellusta. Valitaan Design > Pipework. Luodaan uusi Zone ja annetaan sille nimi Putket. Seuraavaksi painetaan kuvassa 10 näkyvää nuolen osoittamaa Show pipe creation form laatikkoa. Annetaan putkelle nimi Putki_001, valitaan laatikosta A3B ja annetaan Bore:ksi 100.



KUVA 10. Painike, josta putken ominaisuudet määritetään. (Aveva PDMS 12.0)

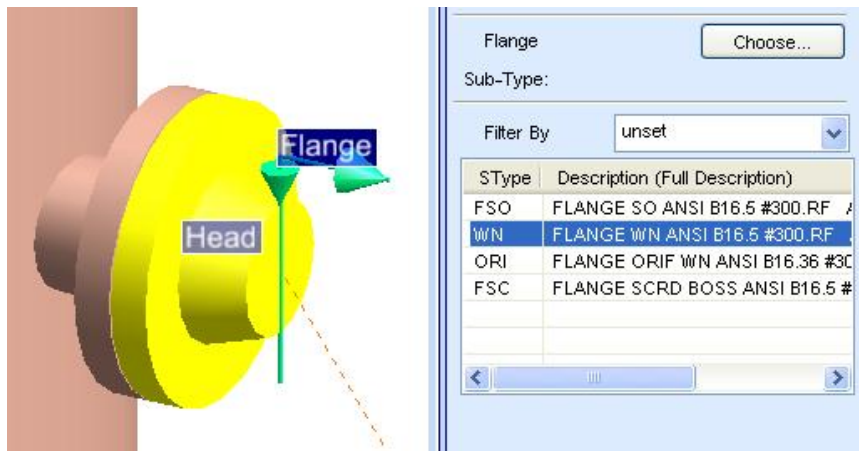
Painetaan Apply ja esiin tulee laatikko, jossa määritetään putken reitti. Head Connection otsikon alla lukee Undefined. Painetaan Change niin päästään määrittämään putken lähtöpiste. Klikataan Pick ja valitaan Suutin_02. Esiin ilmestyy kuvan 11 mukaisesti nuoli suuttimen päähän, jonka jälkeen painetaan Connect.



KUVA 11. Putken lähtöpisteen määrittäminen. (Aveva PDMS 12.0)

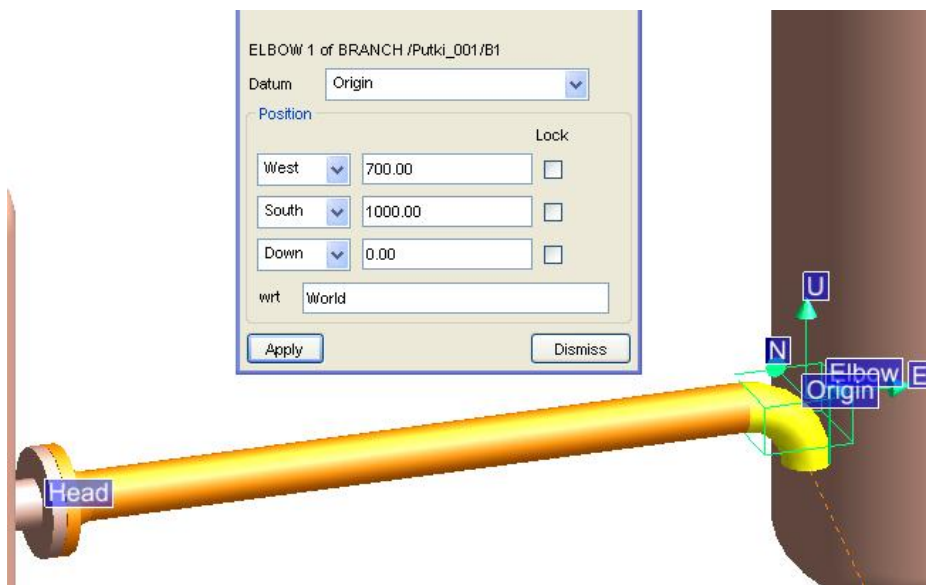
Määritetään putken loppupiste pumpun Nozz1:een Tail Connection -otsikon alla olevasta Change -painikkeesta samalla tavoin kuin putken lähtöpistekin. Pisteiden välille syntyy katkoviiva. Seuraavaksi voidaan aloittaa putken teko.

Valitaan Show pipe component creation form. Valitaan laatikosta flange ja valitaan kuvan 12 mukaisesti WN flange ja painetaan Connect. Laippa ilmestyy suuttimen päähän niin kuin kuvassa 12. Virtaussuunnan täytyy olla valittuna virtaussuunnan mukaisesti eli With Flow. Choose painiketta klikkaamalla päästään taas osavälkköön. Valitaan seuraavaksi elbow. Valitaan EL 90 mutka ja lisätään se. Käännetään mutka osoittamaan alaspäin.



KUVA 12. Laipan teko. (Aveva PDMS 12.0)

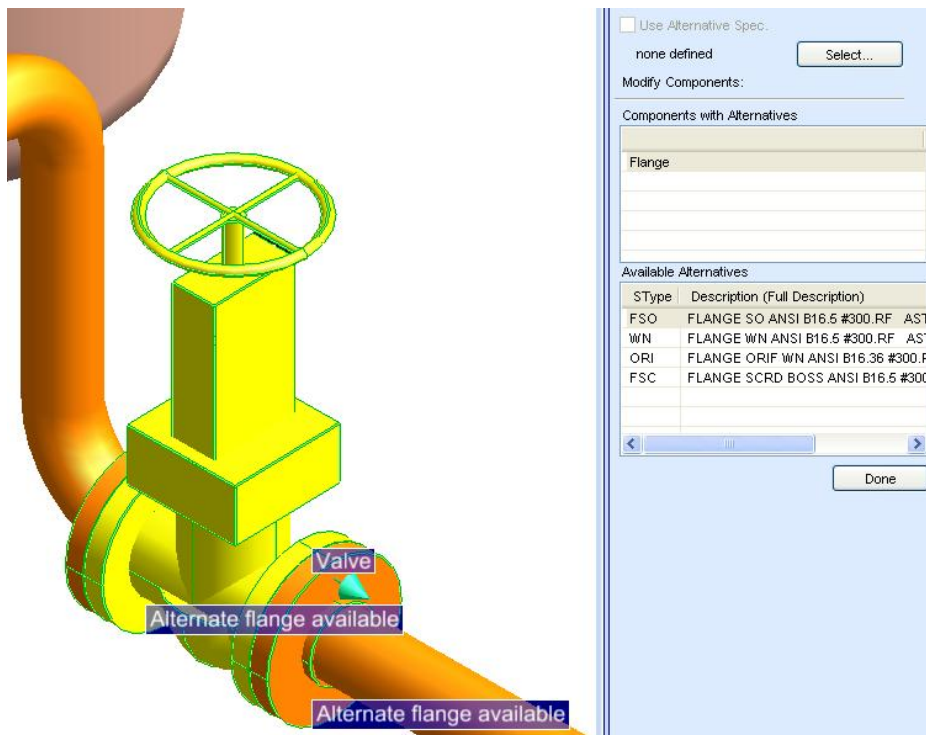
Siirretään mutka oikeaan kohtaan. Putken päätepisteen sijainti on suunnassa West 700. Valitaan mutka aktiiviseksi ja annetaan sille sijainniksi suunnassa West 700. Mutka siirtyy, muodostaen putken laipan ja mutkan välille, niin kuin kuvassa 13.



KUVA 13. Mutkan siirtäminen. Kuvassa näkyy laipan ja mutkan väliin muodostunut putki. (Aveva PDMS 12.0)

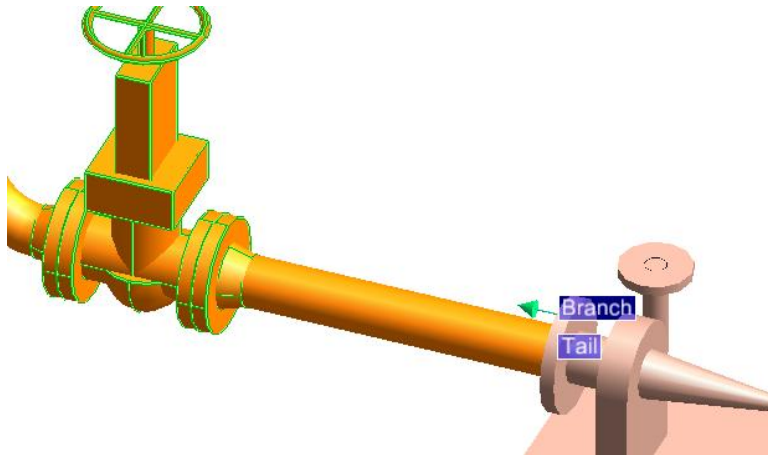
Tehdään toinen mutka ja sijoitetaan se putken päätepisteen eli Nozz1:n kanssa samalle korkeudelle eli Down 700. Putki muodostuu automaattisesti pumpun suuttimen ja mutkan välille. Tehdään vielä kuitenkin venttiili ja pumpun suuttimen päähän laippa.

Otetaan valikosta valve, valitaan ensimmäinen venttiili ja painetaan Connect. Kuvassa 14 näkyy venttiili ja valinta laatikko, josta voi valita venttiin päähän toiset laipat. Valitaan laatikosta WN laipat ja painetaan Done.



KUVA 14. Venttiili ja venttiin laippojen valinta. Viereisestä laatikosta on mahdollista valita uudet laipat venttiin päihin. (Aveva PDMS 12.0)

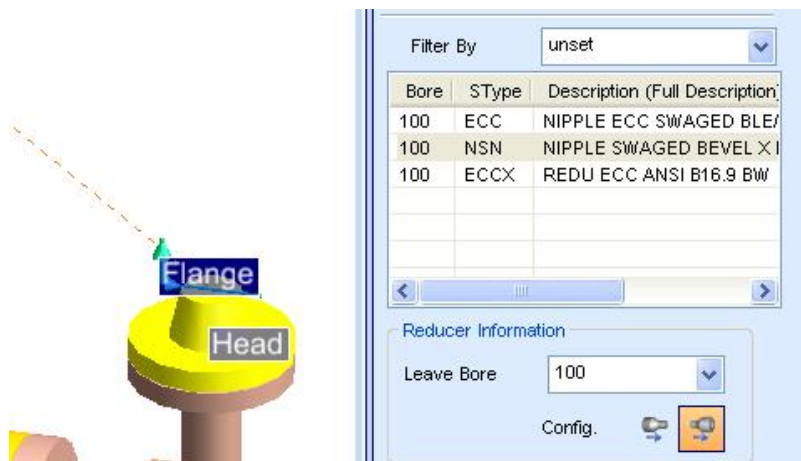
Klikataan Bran Putki_01 aktiiviseksi. Tehdään uusi WN laippa, mutta muutetaan virtaussuunta vastakkaiseksi, Against Flow. Nuoli ilmestyy putken päätepisteeseen kuvan 15 mukaisesti ja kun painetaan Connect, siihen saadaan laippa. Näin ensimmäinen putki on valmis.



KUVA 15. Putken osien teko virtaussuuntaa vastaan. Vihreä nuoli osoittaa mistä ja mihin suuntaan putken osa muodostuu. (Aveva PDMS 12.0)

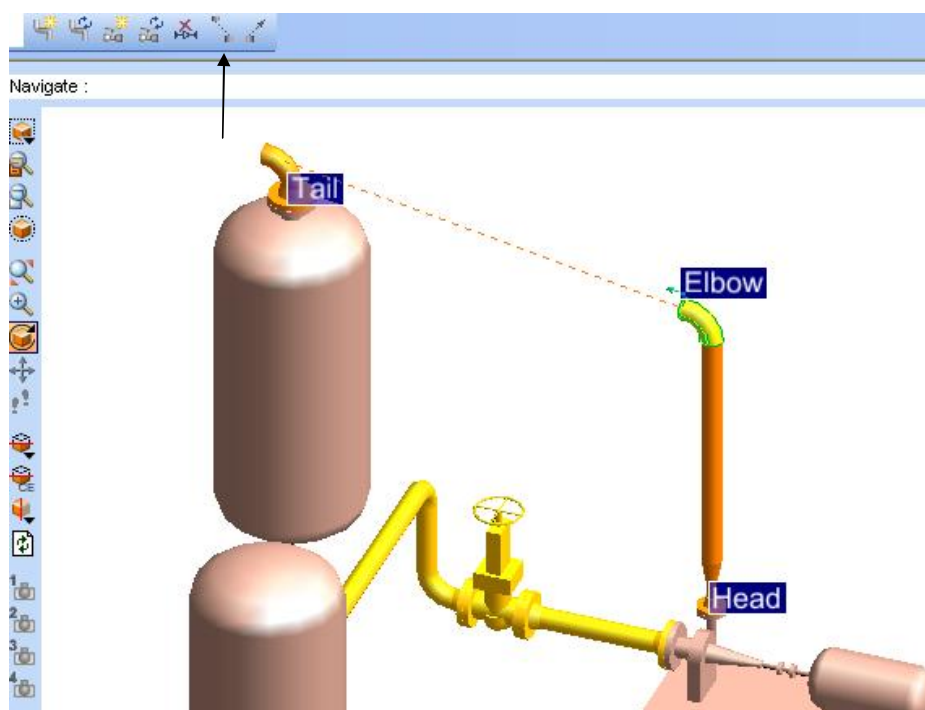
Tarkastellaan vielä supistuksen ja t-haaran teko. Tehdään ensin uusi putki. Nimetään se Putki_002:ksi, annetaan sille samat ominaisuudet kuin ensimmäiselle putkelle ja pannaan se kulkemaan pumpun Nozz2 suuttimesta Säiliö_01:n suuttimeen.

Aletaan tehdä putkea virtaussuunnan mukaisesti. Tehdään suuttimen päähän ensin WN laippa. Sen jälkeen laajennetaan putki. Valitaan taulukosta reducer. Asetetaan Config. kuvan 16 mukaisesti pienemmästä suurempaan, valitaan 100 NSN ja painetaan Connect.



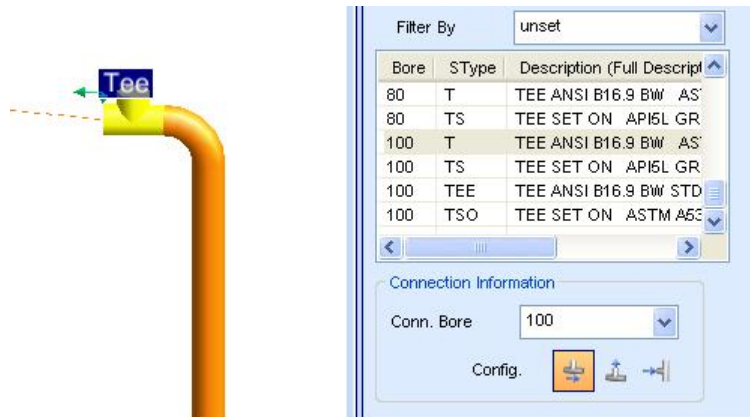
KUVA 16. Supistimen teko. Config:lla määritetään halutaanko putkeen tehdä supistus vai laajennus. (Aveva PDMS 12.0)

Tehdään seuraavaksi säiliön suuttimen päähän WN laippa ja laipan jälkeen mutka. Siirretään alkupään mutka nyt samalle korkeudelle kuin laipan päässä oleva mutka. Se onnistuu kun klikataan alkupään mutka aktiiviseksi ja painetaan Align selection/component -painiketta (kuva 17). Alkupään mutka siirtyy samalle korkeudelle toisen mutkan kanssa.



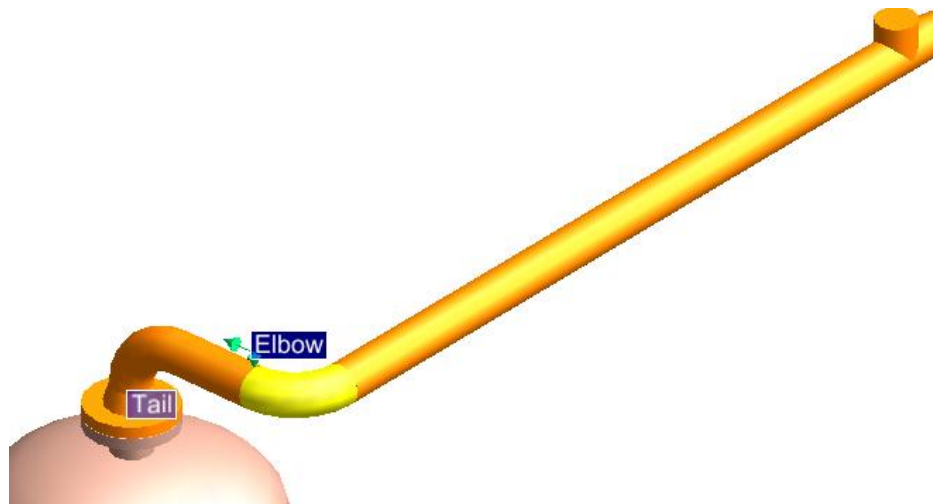
KUVA 17. Putken osien asetus samalle korkeudelle. Nuolen osoittamaa nappia painamalla putken osa voidaan asettaa helposti samaan korkeuteen toisen osan kanssa. (Aveva PDMS 12.0)

Jatketaan putken tekoa virtaussuunnan mukaisesti. Tehdään seuraavaksi mutkan päähän t-haara. Valitaan tee ja otetaan taulukosta 100 T, sekä tarkistetaan, että config. on asetettu kuvan 18 mukaisesti.



KUVA 18. T-haaran teko. (Aveva PDMS 12.0)

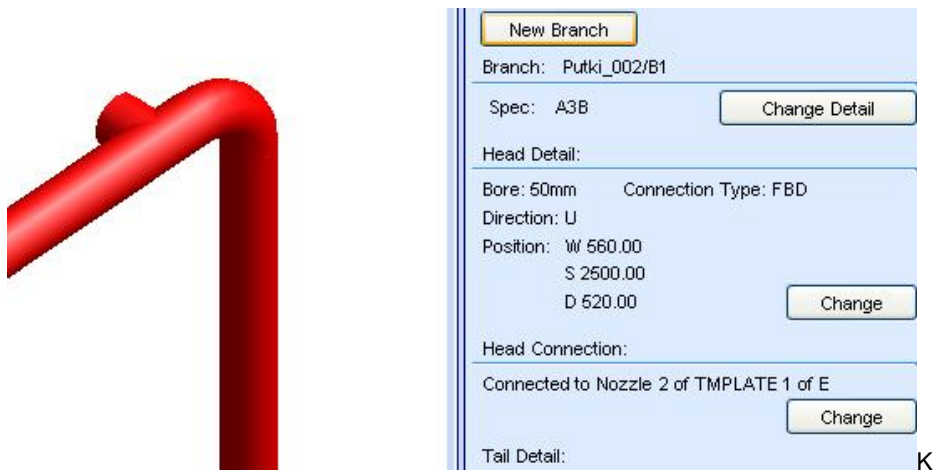
Seuraavaksi tehdään toinen mutka ja suunnataan se sekä laipan päässä oleva mutka toisiaan kohti (kuva 19). Kun painetaan taas Align selection/component -painiketta, mutka asettuu oikealle kohdalle ja putket muodostuvat.



KUVA 19. Mutkan siirtäminen oikealle paikalle käyttäen Aling selection/component painiketta ja putken muodostuminen mutkien välille. (Aveva PDMS 12.0)

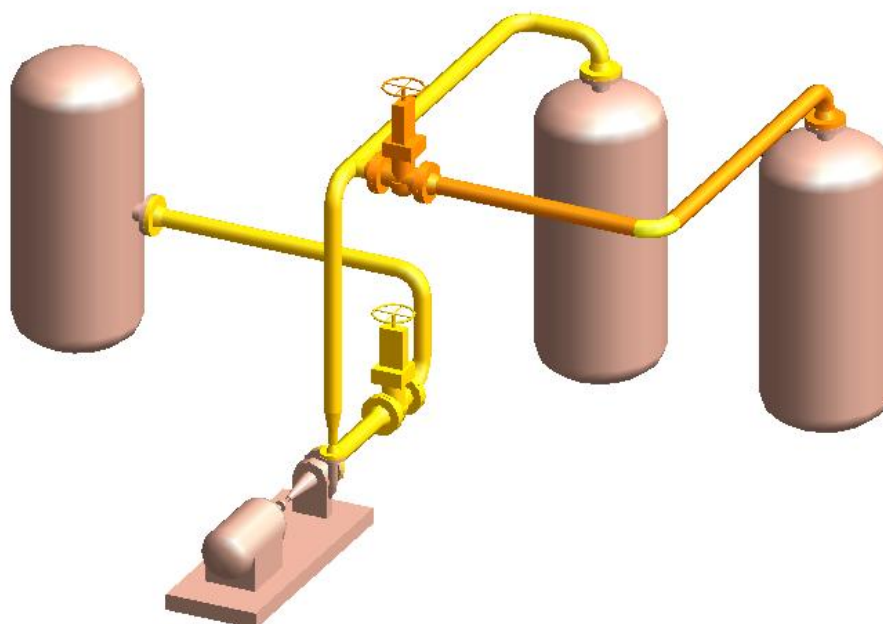
Tehdään seuraavaksi Säiliö_01:stä kopio 1500 x-suuntaan. Nimetään se Säiliö_03:ksi. Käännetään tässä vaiheessa t-haara oikein eli muutetaan Y osoittamaan ylös. Muodostetaan Putki_002:n alle toinen Branch painamalla New

Branch painiketta Show pipe modification form -valikosta (kuva 20). Pannaan putki kulkemaan t-haarasta Säiliö_03:n suuttimeen.



KUVA 20. Uuden putkihaaran luominen. (Aveva PDMS 12.0)

Aletaan tämän jälkeen tehdä putkea virtaussuunnan mukaisesti. Tehdään t-haaran jälkeen GATE venttiili WN laipoilla ja tehdään putki loppuun kuvan 21 mukaisesti.



KUVA 21. Kuva valmiista laitteistosta. Oranssin värinen putki on Säiliö_03:n ja t-haaran välinen putki. (Aveva PDMS 12.0)

Putken ominaisuuksia ja osien kokoa voidaan muuttaa valitsemalla `Modify > Pipe > Component Bore/Specification`. Avautuvasta ikkunasta voidaan muuttaa esimerkiksi putken halkaisijaa (kuva 22). Listasta voidaan valita kerralla useampia putken osia, joita muokataan. Kun painetaan hiiren oikeanpuoleista painiketta, voidaan valita, mitä ominaisuutta muutetaan. Muutokset täytyy hyväksyä painamalla `Apply`.

Modify Components

Component List | Error Messages | Highlighting

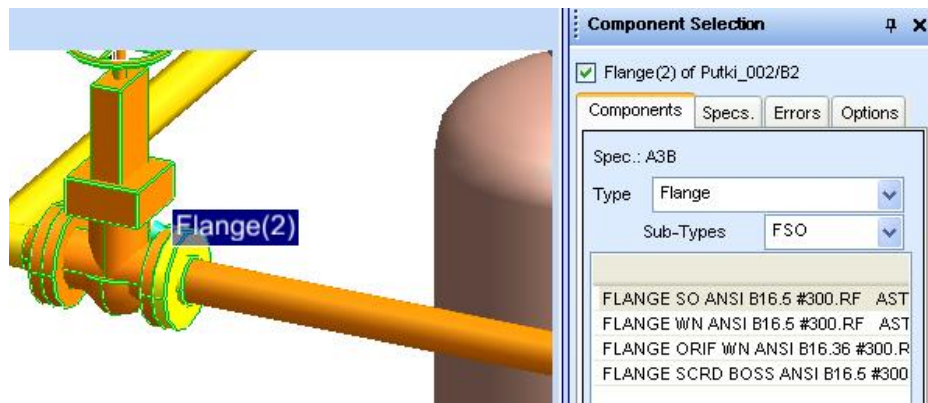
Current Element: PIPE: Putki_002 SPEC: A3B Select from graphics Insulation Spec Tracing Spec

Design Element	Component Description	PBORE1	PBORE2	PBORE3	Spec Component	New Spec Comp
GASKET 1 of BRANCH /Putki_002/B1	GASKET RF 1.5MM ANSI B16.5 #300 SS & ASB	50mm	50mm	-	A3B/GC50	
leave tube of GASKET 1 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH80 ANSI B36.10 ASTM A106 GR.B	50mm	50mm	-	A3B/PA50	
FLANGE 1 of BRANCH /Putki_002/B1	FLANGE WN ANSI B16.5 #300.RF ASTM A105	50mm	50mm	-	A3B/FWD50	
leave tube of FLANGE 1 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH80 ANSI B36.10 ASTM A106 GR.B	50mm	50mm	-	A3B/PA50	
REDUCER 1 of BRANCH /Putki_002/B1	NIPPLE SWAGED BEVEL X PLAIN ASTM A234-WPB	50mm	100mm	-	A3B/NS100X50	
leave tube of REDUCER 1 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH40 ANSI B36.10 API5L GR.B	100mm	100mm	-	A3B/PA100	
ELBOW 1 of BRANCH /Putki_002/B1	ELBOW LR ANSI B16.9 BW ASTM A234-WPB	100mm	100mm	-		
leave tube of ELBOW 1 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH40 ANSI B36.10 API5L GR.B	100mm	100mm	-		
TEE 1 of BRANCH /Putki_002/B1	TEE ANSI B16.9 BW ASTM A234-WPB	100mm	100mm	100mm		
leave tube of TEE 1 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH40 ANSI B36.10 API5L GR.B	100mm	100mm	100mm		
ELBOW 2 of BRANCH /Putki_002/B1	ELBOW LR ANSI B16.9 BW ASTM A234-WPB	100mm	100mm	-		
leave tube of ELBOW 2 of BRANCH /Putki_002/B1	PIPE SCH40 ANSI B36.10 API5L GR.B	100mm	100mm	-		

Total Items = 38

KUVA 22. Putken osien ominaisuuksien ja koon muuttaminen. (Aveva PDMS 12.0)

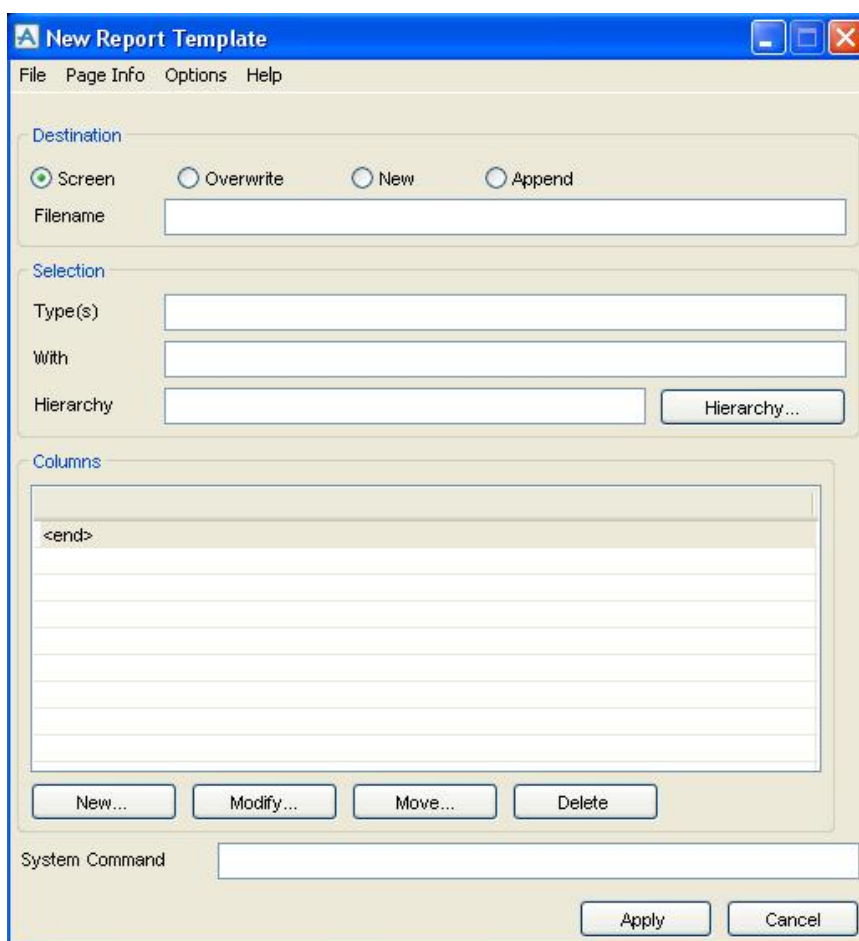
Putken osia voidaan muuttaa klikkaamalla putken osa aktiiviseksi ja painamalla Show pipe component selection form -painiketta (kuva 23). Listasta voidaan valita toisen mallinen osa. Muutokset päivittyvät automaattisesti ilman että niitä hyväksytään.



KUVA 23. Putken osien vaihtaminen. (Aveva PDMS 12.0)

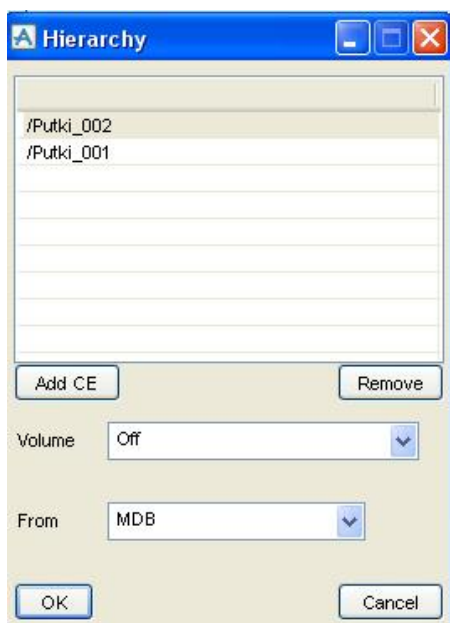
4.2.7 Putkistokuvat

Putkesta saadaan isometrikuva kun valitaan Utilities > Pipe Isometric. Kuvasta saadaan putkien pituudet ja viereisessä laatikossa näkyy kuinka paljon putkea on käytetty sekä kuinka paljon se sisältää eri komponentteja (kuva 24).



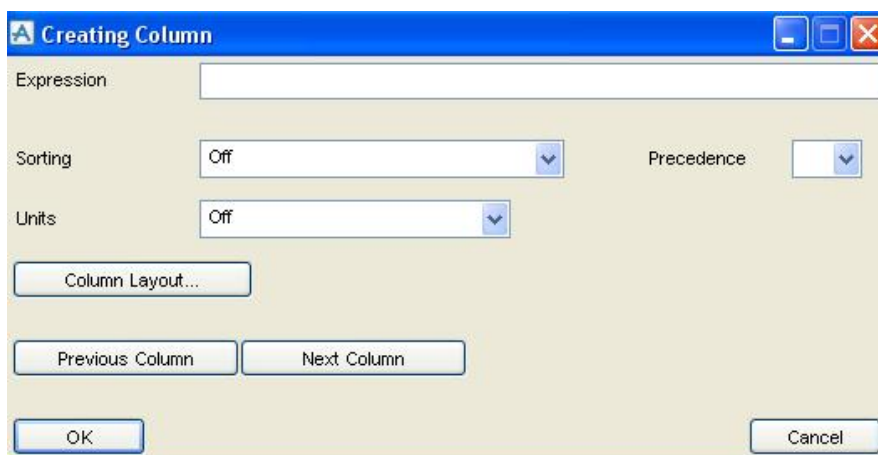
KUVA 25. Tyhjä raporttipohja. (Aveva PDMS 12.0)

Selection määrittää, mistä osista raportti tehdään ja mistä alueesta hierarkiassa. Luodaan raportti putkista. Kirjoitetaan Type(s):n kohdalle BRAN ja klikataan Hierarchy:a. Poimitaan avautuneeseen ikkunaan hierarkiasta Putki_001 ja Putki_002 (kuva 26). Putket saadaan sinne klikkaamalla niitä hierarkiassa ja painamalla Add CE -painiketta. Painetaan OK ja ryhdytään tekemään sarakkeita.



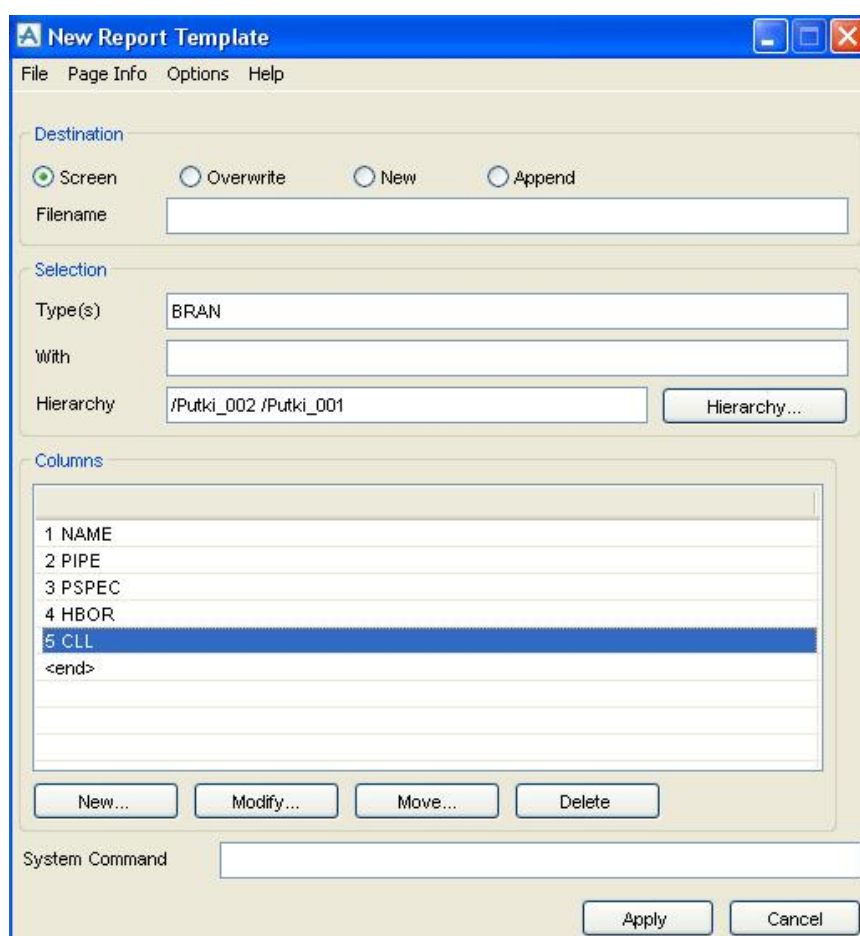
KUVA 26. Putkien valitseminen hierarkiasta raporttiin. (Aveva PDMS 12.0)

Painetaan New ja esiin tulee kuvan 27 kaltainen ikkuna. Expression kertoo sarakkeen asiasisällön. Units -valikosta saadaan määritettyä asianomaiset yksiköt. Column Layout -painiketta käytetään, kun halutaan muotoilla sarakkeita.



KUVA 27. Sarakkeiden teko. Raporttiin voidaan luoda erilaisia sarakkeita sen mukaan, mitä putken ominaisuuksia raportista halutaan saada selville. (Aveva PDMS 12.0)

Kirjoitetaan Expression kohtaan NAME ja klikataan Next Column. Creating Column ikkuna tyhjenee ja näin voidaan tehdä toinen sarake. Kirjoitetaan Expression kohtaan PIPE ja painetaan taas Next Column. Seuraavaksi kirjoitetaan Expression kohtaan PSPEC ja painetaan Next Column. Kirjoitetaan HBOR ja valitaan Units -laatikosta Any/mm, painetaan Next Column. Viimeiseksi Expression kohtaan kirjoitetaan CLL ja valitaan Units -laatikosta taas Any/mm. Nyt painetaan OK ja raportin pohja on valmis (kuva 28).



KUVA 28. Valmis raporttipohja. (Aveva PDMS 12.0)

NAME ja PIPE kertovat putken nimen. PSPEC kertoo, mistä materiaalista putki on ja HBOR kertoo putken halkaisijan putken lähtöpisteessä. Vastaavasti TBOR kertoisi putken halkaisijan putken päätepisteessä. CLL tarkoittaa Centre Line Length, joka

kertoo, kuinka pitkä putki kokonaisuudessaan on kaikkine osineen. Raportti saadaan ajettua painamalla Apply. Esiin tulee Kuvan 29 mukainen ikkuna, josta nähdään putkien halutut tiedot.



The screenshot shows a window titled "AVEVA PDMS Design Command Output". The window contains a table with the following data:

NAME	PIPE	PSPEC	HBOR
/Putki_002/B1	/Putki_002	/A3B	50.00 4913.01
/Putki_002/B2	/Putki_002	/A3B	100.00 4306.86
/Putki_001/B1	/Putki_001	/A3B	100.00 3709.18

KUVA 29. Valmis raportti. (Aveva PDMS 12.0)

5 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA

5.1 Turvallisuus

Laitteistot on aina suunniteltava turvallisiksi käyttää ja huoltaa. Laitteiston on sisällettävä riittävästi varoventtiilejä ja paisuntasäiliöitä. Pintalämpötilan ylittäessä 50 astetta celsiusta putket on eristettävä.

Varsinaisessa laitteiston mallinnuksessa huomioitavia turvallisuusasioita ovat mahdolliset turvaetäisyydet. Lisäksi putkistosuunnittelussa on hyvä välttää sijoittamasta putkia niin, että ihminen voi löydä niihin päänsä.

5.2 Kustannukset

Turhia rakennus- ja käyttöaikaisia kustannuksia on aina syytä välttää. Suunnitteleamalla putkisto mahdollisimman yksinkertaiseksi sekä välttämällä turhia mutkia ja hitsausaumoja, säästyy aikaa ja rahaa. Mutkia kannattaa välttää myös siksi, että ne saavat aikaan ylimääräistä painehäviötä ja vaikuttavat sitä kautta pumpun mitoitukseen ja tehon kulutukseen käytön aikana.

Laitteisto kannattaa suunnitella niin, että sen voi rakentaa mahdollisimman pitkälle työpajalla. Asennuspaikalla rakentaminen on aina kalliimpaa kuin rakentaminen työpajalla. Laitteisto kannattaa siis jakaa mahdollisimman suuriin moduuleihin, jotka tarvitsee vain liittää asennuspaikalla toisiinsa.

5.3 Asennus

Suunnittelussa otettiin huomioon myös asennusvaihe. Putkisto kannattaa suunnitella niin, että se ei ole vaikea toteuttaa käytännössä tai peräti mahdoton. Asentajilla täytyy

olla riittävästi säädettäviä putkia ja putkistoa ei saa suunnitella liian tarkasti, niin ettei missään ole säätövaraa, sillä asennuksessa tulee helposti muutaman millin eroja. On myös huomioitava, mitä hitsausmenetelmää käytetään mahdollisten hitsausvarojen jättämistä varten.

5.4 Muuta huomioitavaa tämän työn kannalta

Tässä työssä lähtökohtana oli tehdä laitteistosta helposti laajennettavissa oleva, helposti siirrettävä ja modulaarinen. Turvallisuuden, kustannusten ja asennuksen lisäksi putkistosuunnittelussa on huomioitava muitakin asioita.

Laitteisto jaetaan moduuleihin kustannusten säästämiseksi sekä helpottamaan laitteiston siirrettävyyttä. Siirrettävyys on tärkeä tekijä tämän laitteiston suunnittelussa, sillä laitteisto tullaan purkamaan ja siirtämään muualle koejakson jälkeen. Moduuleiden liittämässä toisiinsa käytettiin laippoja. Kustannuksia vältettiin sovittamalla laipallisia laitteita kohtiin, joista moduulit irrotetaan toisistaan.

Laitteiston tulee näyttää siistiltä ja yksinkertaiselta. Tämän vuoksi suuremmat laitteet kuten pumput tulee sijoittaa ryhmäksi. Laitteet pitää sijoittaa myös niin, että niihin pääsee helposti käsiksi. Pienen käytössä olevan tilan vuoksi laitteet priorisoitiin sen mukaan kuinka tärkeä on päästä laitteisiin helposti käsiksi. Laitteet priorisoitiin seuraavasti:

1 venttiilit

2 ilmaukset, tyhjennykset ja täytöt

3 pumput

4 mittaukset.

Pumpuille täytyy varmistaa hyvä luokse päästävyys huolto- ja korjaustöitä varten. Putket eivät saa kulkea niin, että ne estävät laitteiden luokse päästävyys tai haittaavat ihmisten kulkua. Putkien ympärillä on oltava riittävästi tilaa erityistä varten ja koska putkistoa on voitava laajentaa, on laajennuksia varten jätettävä riittävästi

tilaa. Korjaus- ja huoltotöille on jätävä tarpeeksi tilaa. Laitteistossa täytyy olla myös riittävästi vapaita putkia, joista se voidaan kannakoida. Putkien reitityksessä täytyy huomioida se, kuinka putkilinjat tulevat monikäyttövaraajaan kiinni.

Paine- ja virtausmittaukset tarvitsevat putkeen suoran osuuden ennen ja jälkeen mittauksen niin, että virtaus putkessa ehtii kehittyä stabiiliksi. Tarvittava rauhoitusmatka painemittaukselle arvioitiin kokemusten mukaan olevan 100 mm ennen ja jälkeen mittauksen. Virtausmittauksella rauhoitusmatka on ennen mittausta viisi kertaa mittauksen DN-koko ja jälkeen mittauksen kolme kertaa mittauksen DN-koko. Virtausmittaukset täytyi myös suunnitella niin, että niitä on mahdollista vaihtaa keskenään. Mittaukset täytyi panna laippojen väliin ja sovittaa rauhoitusmatkaputkilla samanpituisiksi. Lämpötilamittauksissa ainut vaatimus oli, että ne kannattaa sijoittaa mutkiin virtaussuuntaa vastaan jos mahdollista. Tyhjennykset sijoitettiin putkiston alimpaan kohtaan ja ilmaukset ylimpään. Tyhjennykset sijoitettiin niin, että putkisto ja siinä olevat laitteet tyhjentyvät kaikilta osin tyhjäksi saakka.

6 TYÖN KULKU

6.1 Prosessi- ja instrumentointisuunnittelu ja hankintojen lähtötiedot

6.1.1 PI-kaavio

Suunnittelussa lähdettiin liikkeelle valmiiksi tehdystä PI-kaaviosta (liite 1). Monikäyttövaraajan testauslaitteiston putkisto on jaettu viiteen piiriin, jotka ovat:

- sähkökattila- ja lämpöpumppupiiri eli GAE-piiri
- lämpimän käyttövedenpiiri eli GAF-piiri
- lämmönkulutuskohteenpiiri GAD-piiri
- radiaattori- eli GAA-piiri sekä
- porakaivopiiri eli GAB-piiri.

Piirit on nimetty KKS-voimalaitosluokitusjärjestelmän mukaan (Wikipedia.) G merkitsee veden jakelu- ja käsittelyjärjestelmää (Wikipedia.) Kuvassa 30 on näkyvissä pääjärjestelmistä käytettävät lyhenteet.

Function Key	Main Groups
A	Grid and distribution systems
B	Power transmission and auxiliary power supply
C	Instrumentation and control equipment
E	Conventional fuel supply and residues disposal
F	Handling of nuclear equipment
G	Water supply and disposal
H	Conventional heat generation
J	Nuclear heat generation
K	Reactor auxiliary systems
L	Steam, water, gas cycles
M	Main machine sets
N	Process energy supply for external users
P	Cooling water system
Q	Auxiliary systems
R	Gas generation and treatment
S	Ancillary systems
U	Structures
W	Renewable energy plants
X	Heavy machinery (not main machine sets)
Z	Workshop and office equipment

KUVA 30. Voimalaitosten pääjärjestelmien lyhenteet KKS-voimalaitosjärjestelmän mukaan. (Wikipedia)

Laitteistoon on liitetty erilaisia mittauksia. Lyhenne TI tarkoittaa lämpötilamittausta, FI virtausmittausta, PI painemittausta ja PID paine-eromittausta. Mittaukset on lisäksi numeroitu esimerkiksi TI001 ja PI002, sillä eri mittauspaikoissa tarvitaan erilaisia mittalaitteita.

6.1.2 Prosessikuvaus

Monikäyttövaraajan testausympäristössä on latauspiiri (GAE), kaksi kuormituspiiriä (GAF ja GAD) ja jäähdytyspiiri (GAA).

Varaajan latauspiirin ja siihen liittyvien säätöjen avulla mallinnetaan todellista käyttötilannetta vastaavaa varaajan latausta. Latauspiirissä olevien säätöventtiileiden avulla säädetään varaajan eri osiin tulevia massavirtoja ja niiden lämpötiloja. Säätöpiiriin (GAE) on kytketty optiona lisäksi lämpöpumpun prosessin säätöpiiri (GAB). Tätä piiriä ei kuitenkaan ole vielä toteutettu. Latauspiirissä (GAE) lämpöenergian tuotantoyksikkönä toimii 50 kW sähkökattila.

Varaajaa kuormituspiirien (GAF ja GAD) ja niihin liittyvien säätöjen avulla mallinnetaan todellista käyttötilannetta, jossa varaajan sisältämää energiaa käytetään käyttöveden lämmitykseen (GAF) ja esimerkiksi kiinteistön lämmitykseen (GAD). Kuormituspiireissä olevien säätöventtiileiden avulla säädetään kuormituspiireissä virtaavien vesien massavirtoja ja niiden lämpötiloja.

Varaajan jäähdytyspiirillä (GAA) ja siihen liittyvien säätöjen avulla mallinnetaan todellisessa käyttötilanteessa lämmityksen ja käyttöveden kiertopiirin lämpöhäviöiden aiheuttamaa lämpönielua. Lämpönieluna toimii ilmajäähdytteinen radiaattori. (Lankinen R, 2010, sähköpostiviesti.)

6.1.3 Laite-, putkisto- ja venttiililuettelot

Pumppujen tiedot olivat saatavilla. Pumpuista saatiin tarjous, josta näkyi pumpun positio ja tyyppi (kuva 31). Tarjouksessa oli liitteenä pumppujen tiedot, josta saatiin tarvittavat mitat suunnittelua varten. Myös lämmönvaihtimista saatiin samalla tavoin tarjous ja liitteenä tekniset tiedot.

Positio	kpl	Tyyppi	liitäntä imu/paine	tuotto l/s	nostokorkeus kPa	Vyöhykkeet kpl	moottorin kiertosäuku r/min	moottorin nimellisteho kW	moottorin virta- avo A	kappale paino kg
P001	1	MVV18-30	G 2"	4,5	250	3	2850	3	6,90	47
P002	1	MVV10-30	G 1 1/2"	2	250	3	2850	1,1	3,20	30
P003	1	MVV10-30	G 1 1/2"	1,7	250	3	2850	1,1	3,20	30
P004	1	MVVF24-60	DN65	7	200	6	1425	3	6,90	99
P005	1	MVV10-30	G 1 1/2"	1,8	250	3	2850	1,1	3,20	30
P006	1	MVV10-30	G 1 1/2"	2,5	200	3	2850	1,1	3,20	30
Vaihtoehto integ.tamulla										
P001	1	MVV18-30TCG	G 2"	4,5	250	3	2850	3	6,90	47
P002	1	MVV10-30TCG	G 1 1/2"	2	250	3	2850	1,1	3,20	30
P003	1	MVV10-30TCG	G 1 1/2"	1,7	250	3	2850	1,1	3,20	30
P004	1	MVVF24-60TCG	DN65	7	200	6	1425	3	6,90	99
P005	1									
P006	1	MVV10-30TCG	G 1 1/2"	2,5	200	3	2850	1,1	3,20	30

KUVA 31. Tarjotut pumput. Pumppuerittelyssä näkyy Kolmeksin tarjoamat pumput kuhunkin positioon. (Kolmeksin pumppuerittelytarjous)

Putkiston suunnittelua varten oli saatavilla putkiluettelo, josta näkyi putken sijainti, koko ja materiaali (liite 2). Venttiileistä ei ollut mittoja tiedossa käynnissä olleen tarjouskilpailun vuoksi, joten mitat arvioitiin antamaan jonkinlaista osviittaa. Varsinaiset putkisto-osat, kuten mutkat, laipat, t-haarat ja nipat, valittiin ja tilattiin vasta kun 3D-malli oli valmis.

6.2 3D-mallinnus ja laitteistosuunnittelu PDMS:llä

6.2.1 Esivalmistelut

Mallinnusohjelmassa ei tehty esivalmisteluja.

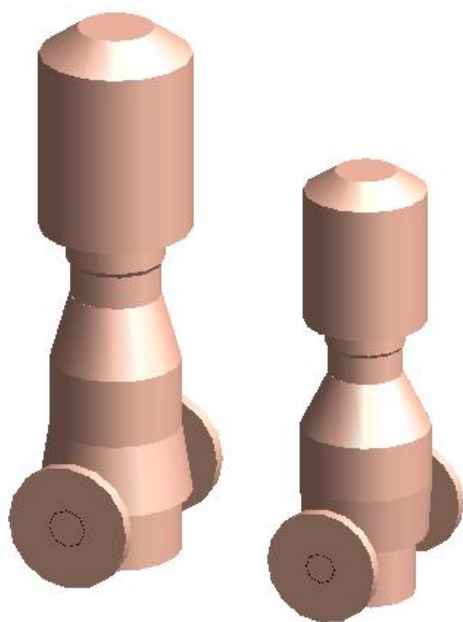
6.2.2 Karkea luonnos

Suunnittelu aloitettiin hahmottelemalla karkeita piirroksia paperille. Piirroksissa sijoitettiin laitteet ja putket eritavoin. Näistä valittiin paras sijoitustapa eli se, jossa mutkia oli mahdollisimman vähän ja joka oli siistein ja selkein. Koska piirejä on viisi, hahmoteltiin piirit yksi kerrallaan suurimmasta alkaen. Kun suurin piiri eli sähkökattila-

ja lämpöpumppupiiri oli hahmoteltu, oli helpompi sijoittaa loput piirit sen ympärille. Näiden luonnosten avulla lähdettiin mallintamaan testauslaitteistoa PDMS:llä.

6.2.3 3D-suunnittelu

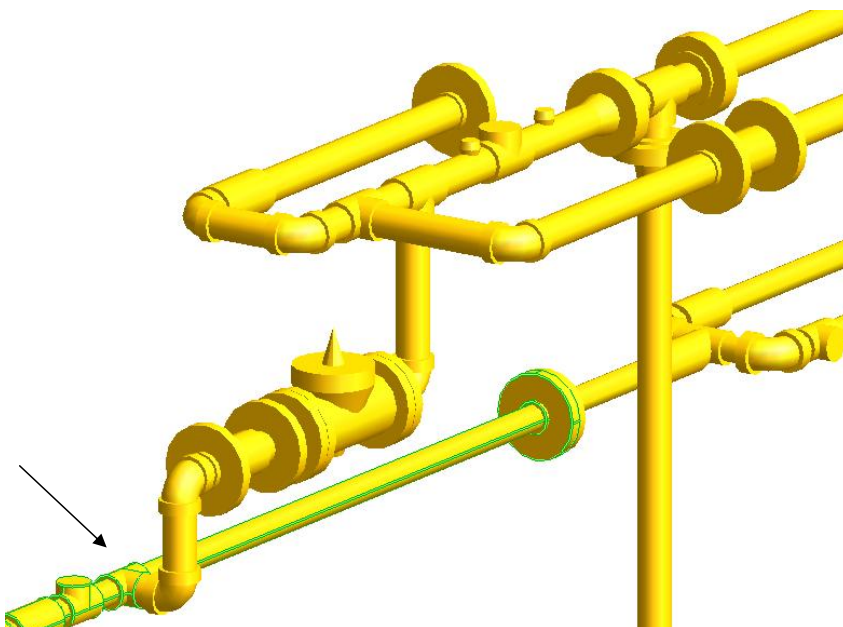
Suunnittelu PDMS:llä lähti liikkeelle sähkökattilapiirin ja lämpöpumppupiirin pumppujen mallinnuksesta ja sijoittamisesta (kuva 32). Pumput mallinnettiin käyttämällä hyväksi PDMS:n valmiita standardipumppuja. Pumppujen tärkeimmät mitat vain muutettiin vastaamaan laitteistoon tulevien pumppujen mittoja. Pumppujen ympärille lähdettiin mallintamaan putkia laitteineen. Mallinnus eteni näin piiri kerrallaan. Mallintaessa täytyi muistaa huomioida laitteiston vaatimuksia koskevat asiat eli rauhoitusmatkat, modulaarisuus, vähäiset mutkat ja muut luvussa 5 mainitut asiat.



KUVA 32. PI001 ja PI002. Sähkökattila- ja lämpöpumppupiirin pumpuista aloitettiin koko suunnitellun laitteiston mallinnus. (Aveva PDMS 12.0)

Mallia joutui muokkaamaan hyvinkin paljon suunnittelun edetessä. Testauslaitteistoon haluttiin myös pari uutta putkea, jotka täytyi sovittaa malliin. Kun venttiilit ja putkisto-

osat oli tilattu, tuli eteen muutama ongelma. Koska mallissa käytetyt putkisto-osat ja venttiilit eivät vastanneet todellisia laitteistossa käytettäviä osia, jotkin paikat mallissa oli suunniteltava uudelleen. Ongelmia tuotti erityisesti mutka ja t-liitos -putkisuorat sekä t-liitos ja t-liitos -kohdat, koska putken osat olivat todellisuudessa pitempiä kuin ohjelmassa. Kuten kuvasta 33 ilmenee, yhden mitan muuttuminen vaikuttaa useampaan putkeen. Koska putket täytyi suunnitella mahdollisimman pieneen tilaan, muutaman millimetrin mittainen muutos oli hankala korjata ilman usean putken muuttamista tai mutkien lisäämistä.



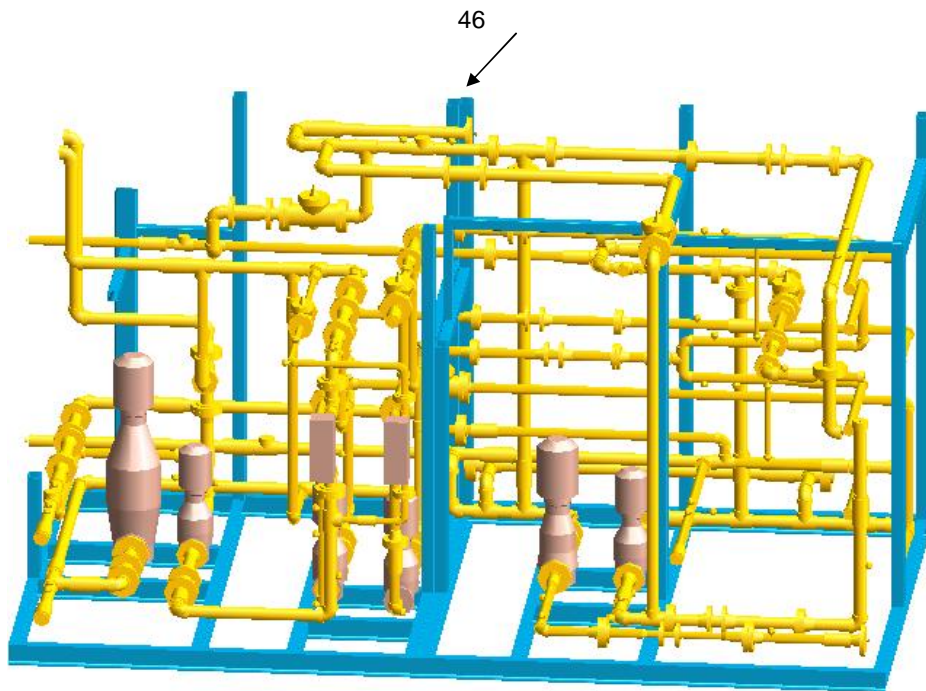
KUVA 33. Kuvasta ilmenee, kuinka nuolen osoittaman t-liitos ja mutka putkisuoran mitan muuttuminen vaikuttaa olennaisesti useaan putkeen, sillä pelivaraa ei löydy kovinkaan monesta putkisuorasta. (Aveva PDMS 12.0)

Koska t-liitokset ja mutkat olivat erikokoisia todellisuudessa ja mallissa, täytyi malliin tulevat yhteen hitsattavat t-liitokset sijoittaa niin, että ne vastaavat todellisuutta. Kuvassa 34 olevat kaksi t-liitosta ja mutka hitsataan yhteen ilman kuvassa näkyviä putken pätkiä, mutta jättämällä putken pätkät malliin saadaan mutkan ja t-liitosten todelliset keskipisteet näkymään mallissa ja tällöin malliin ei synny virheitä mittoja laskettaessa.

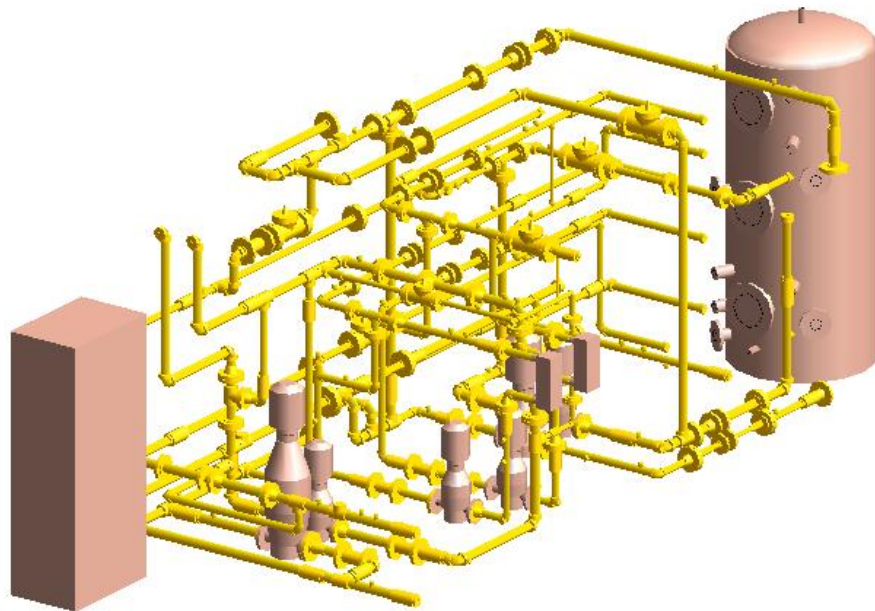


KUVA 34. Mutkan ja t-liitosten välillä näkyvät putken pätkät, joita suunniteltuun laitteistoon ei todellisuudessa tule. (Aveva PDMS 12.0)

Mallista tehtiin modulaarinen ja siihen tehtiin huoltovälejä niin, että laitteiston mittauksiin, venttiileihin ja pumppuihin pääsee käsiksi. Pumput päätettiin jakaa kahden ryhmään ja niiden välille suunniteltiin huoltovälit (kuva 35). Kuvassa 35 on näkyvässä laitteiston modulaarisuus. Laitteisto on jaettu kahteen moduuliin. Laitteistolle suunniteltiin kaksi toisiinsa liitettävää teräskehikkoa, jotka tukevat laitteistoa. Laitteiston putket täytyi suunnitella teräskehikoiden yhtymäkohdalla niin, että ne ovat irrotettavissa toisistaan ja liitettävissä toisiinsa. Täten sekä teräskehikko että laitteisto irtoavat samasta kohden ja muodostavat erillään kaksi selkeää moduulia. Lopullinen malli näkyy kuvassa 36. Putket eivät ole mallissa kiinni monikäyttövaraajassa, sillä ne liitettiin kiinni toisiinsa taipuisalla teräsputkella.



KUVA 35. Mallinnus suunnitellusta laitteistosta. Kuvassa näkyvät huoltovälit. Nuoli osoittaa kohdan, jossa moduulit yhdistyvät toisiinsa. Moduulien yhdistymiskohdassa näkyy teräskehikkojen liittyminen toisiinsa ja laippaliitoskohdat putkistossa, jotta myös laitteisto saadaan katkeamaan samasta kohti. (Aveva PDMS 12.0)



KUVA 36. Valmis 3D-malli, jossa näkyvät varaaja ja sähkökattila. (Aveva PDMS 12.0)

6.3 Valmistuksen ja asennuksen lähtötiedot

6.3.1 Osaluettelo, katkaisu- ja asennuslistat

Mallin valmistuttua tehtiin ensimmäiseksi osaluettelo (taulukko 1). Osaluetteloon merkittiin muun muassa kaikki mutkat, laipat, supistukset, venttiilit ja putkien yhteispituudet. Osaluettelo tehtiin käymällä 3D-malli läpi ja laskemalla siinä olevat osat ja putken pituudet piiri kerrallaan. Osaluettelon valmistuttua tilattiin putket ja putkisto-osat sekä venttiilit. Kun osat olivat tulleet, ne mitattiin asennus- ja katkaisulistaa varten.

TAULUKKO 1. GAD-piirin osaluettelo. Osaluetteloon merkittiin kuviossa näkyvät putkistopiirin osat ja niiden DN-koko.

GAD piiri		TI-mittaukset	DN 15	DN 25	DN 40	DN 50
T-liitos					1	
Laippa			2		24	
Nippa			2		5	
Muhvi		4	4			
90-mutka					9	
Putki			1019		9984	
Venttiili			2		4	
45-käyrä						
Supistus					2 x DN 40x32, 2 x DN 40x25, 2 x DN 25x15	
Tiiviste			2		13	
Ilmain			1			
Paisuntasäiliö			1			
WEXON Venttiilit			3			

Myös PDMS:ssä putkien isometrikuvista olisi saanut suurin piirtein samat tiedot, hieman erimuodossa, mutta käymällä itse malli läpi ja laskemalla osat, saatiin varmemmat tiedot.

Katkaisulista ja asennuslista tehtiin myös itse käymällä malli läpi ja merkitsemällä osien ja putkien pituudet listaan (liite 3). Tämä oli työläämpää kuin, että olisi luottanut PDMS:n antamiin putkien isometrikuviin, mutta monelta virheeltä vältyttiin.

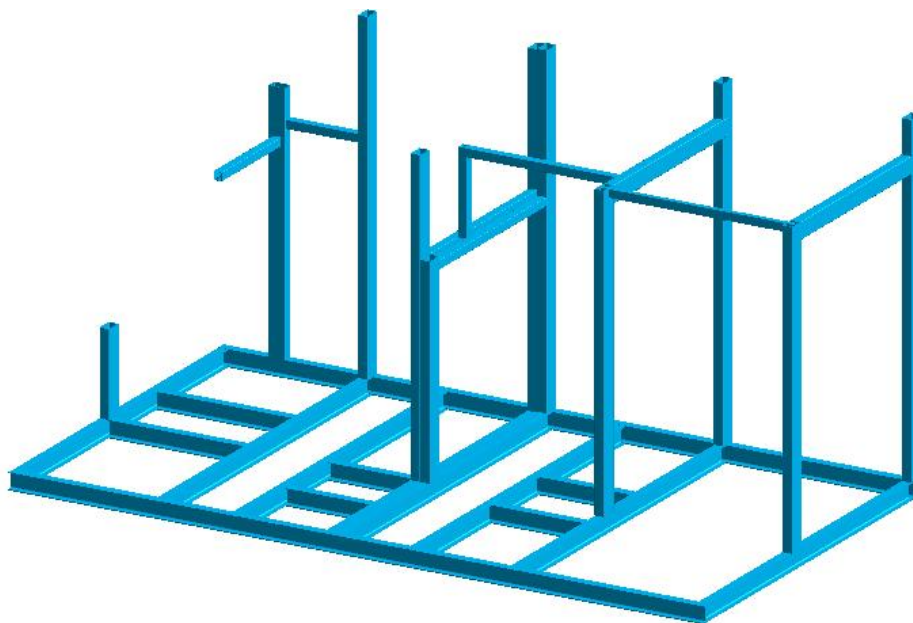
Asennuslistassa sattui sellainen virhe, että hitsisaumojen väliin jätettiin kolmen millin hitsausvara, jota ei olisi tarvittu sillä hitsaaminen tehtiin TIG:llä.

6.3.2 Asennuskuvat

Asennuskuvina ei käytetty PDMS:n antamia putkien isometrikuvia, sillä niissä olisi ilmennyt liian paljon virheitä puutteellisten asetusten vuoksi. Sen sijaan asennuskuvat piirrettiin lyijykynällä paperille. Kuvia ei piirretty piiri kerrallaan vaan sopivissa kokonaisuuksissa. Asennuskuvat numeroitiin ja niihin merkittiin putkien nimet. Asennuskuvissa näkyy, putkien pituudet, säädettävät putket, putkenkoko, venttiilit ja niiden pituudet ja koot sekä kaikki putkisto-osat kuten nipat ja laipat sekä niiden pituudet ja koot (liite 4). Asennuskuvista olisi saanut siistimmät ja selkeämmät jos ne olisi tehnyt jollain ohjelmalla, mutta kiireellisen aikataulun vuoksi, ne oli nopein ja helpoin piirtää käsin.

6.4 Kannakointi

Testausympäristö päätettiin rakentaa kahden toisiinsa liitettävien teräskehikoiden päälle. Teräskehikot suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaisiksi. Pumppujen kohdille piti suunnitella vahvikkeet, joiden päälle voitiin asettaa teräslevyt, joiden päälle taas pumput asennettiin. Teräskehikoihin suunniteltiin lähinnä tärkeimmät tukiraudat (kuva 37). Muuten laitteiston tukemista ajatellen asentajille annettiin vapaat kädet, sillä huomioon otettiin asennusvaiheessa mahdollisesti eteen tulevat muutokset. Kannakointipaikat oli kenties helpoin katsoa näin pienessä laitteistossa asennusvaiheessa, kunhan suunnitteluvaiheessa on huomioitu se, että kannakointia varten on jätetty niin sanottua tyhjää putkea.

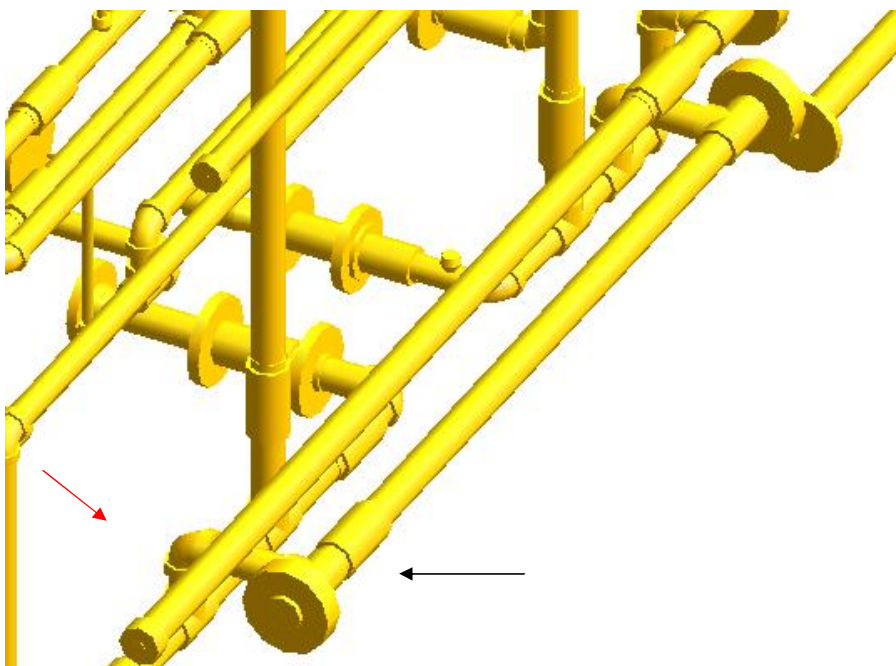


KUVA 37. Teräskehikko. (Aveva PDMS 12.0)

6.5 Asennuksessa tehdyt muutokset ja as-built 3D-malli

6.5.1 Muutokset

Asennusvaiheessa tulee helposti muutaman millimetrin heittoja. Koska laitteisto täytyi suunnitella mahdollisimman pieneen tilaan, ei malliin jäänyt putkien ympärille riittävästi asennusväljyyttä. Muutamia muutoksia malliin jouduttiin tekemään. Kuvassa 38 näkyvä putki ei mahtunut sille suunnitellulle paikalle, sillä vastaan tulivat teräskehikon tukiraudat. Putki jouduttiin siirtämään vastakkaiselle puolelle kuvassa 38 näkyvän punaisen nuolen osoittamaan kohtaan. Muita suurempia muutoksia testauslaitteistoon ei suunniteltuun malliin verrattuna tullut.



KUVA 38. Muutospaikka. Kuvassa näkyvä mustan nuolen osoittama putki ei sopinut sille suunnitellulle paikalle. (Aveva PDMS 12.0)

6.5.2 As-built 3D-malli ja rakennettu testausympäristö

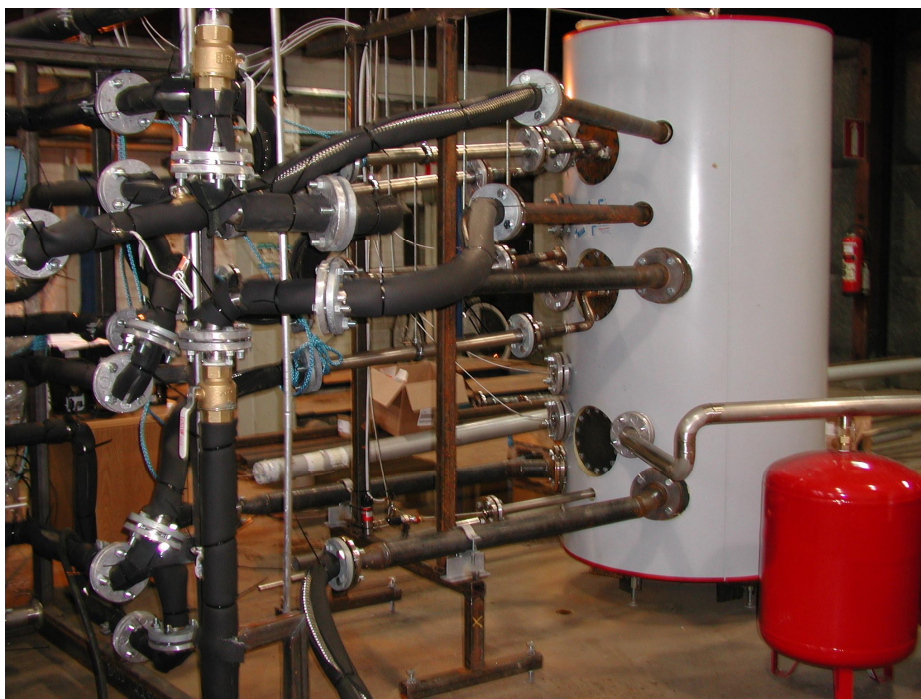
Yleensä valmiista rakennelmasta tehdään as-built 3D-malli. Tämän työn tiimoilta aika ei riittänyt mallin tekemiseen. Kuvassa 39 näkyy rakenteilla oleva testauslaitteisto. Nuolten osoittamat putket johtavat radiaattorille. Valmiissa 3D-mallissa putket loppuivat suurin piirtein ennen laippoja olevien mutkien kohdalle, joiden jälkeen asentajille annettiin vapaat kädet tuoda putket radiaattorille, sillä radiaattorin sijoituspaikkaa ei tiedetty mallinnusvaiheessa. Radiaattori sijoitettiin sen rakennuksen ulkoseinään, jossa testauslaitteisto sijaitsee ja putket johdettiin ulos ikkunoista. Kuvassa 40 näkyy mekaanisesti melkein valmiiksi rakennettu monikäyttövaraajan testausympäristö. Rakennettu testausympäristö on hyvin lähellä suunniteltua 3D-mallia. Kuvassa 41 näkyy testausympäristöön kuuluvien putkien kiinnittyminen monikäyttövaraajaan taipuisilla teräsputkilla.



KUVA 39. Rakenteilla oleva testausympäristö.



KUVA 40. Kuvassa näkyy melkein valmis monikäyttövaraajan testausympäristö.



KUVA 41. Monikäyttövaraaja ja siihen tulevat putket.

7 TYÖN POHDINTAA

3D-mallinnus ei sujunut tämän työn osalta aivan ihanteellisesti. Valitettavasti 3D-malli ei vastannut totuutta, sillä erinäisten syiden, kuten osaluetteloiden päivittämisen puutteen takia sitä ei voitu toteuttaa. Vastaisuuden varalle ja mahdollisesti 3D-mallinnuksen opetusta ajatellen käydään läpi, mitä puutteita mallinnus sisälsi ja miten ongelmat voitaisiin ratkaista.

7.1 Esivalmistelut

Onnistuneen 3D-mallin kannalta on tärkeää, että suunnittelussa on lähtötiedot saatavilla. Tällöin suunnitteluohjelma voidaan virittää niin, että se vastaa todellisuutta. Tätä työtä tehtäessä lähtötiedot eivät olleet riittävät. Toinen ongelma oli se, että vaikka lähtötiedot olisivat olleet saatavilla, ei löytynyt riittävää osaamista siihen, kuinka uudet osaluettelot olisi luotu PDMS:ään.

PDMS sisältää valmiiksi ANSI-putkiosat ja tarvittavat EN-putkiosat puuttuvat. Tämä ongelma on mahdollista ratkaista luomalla tarvittavat osaluettelot. Valitettavasti tarvittavaa osaamista esivalmistelujen ja ohjelman virittämiseen sille tasolle, että sitä voitaisiin käyttää aidoissa projekteissa, eikä vain PDMS:n perusteiden opetuksessa, ei ollut saatavilla.

Vaikka lähtötiedotkaan eivät olleet riittävät, se ei aiheuttanut suurta haittaa, sillä 3D-mallinnuksen kannalta niistä ei olisi ollut paljon hyötyä tähän työhön. Mallista kuitenkin saadaan putkisuorien pituudet ja putkien lähtöpisteet, vaikka osat ovat väärät. Tämä oli itse työn kannalta olennaisen tärkeää. Ainoastaan edellä mainitut suorat t-haara- ja mutkaliitokset aiheuttivat ongelmia, sillä ne olivat todellisuudessa pidempiä kuin mallissa. Lähtötietojen puutteellisuus on kuitenkin helppo korjata, kun vain päätetään ennen mallinnuksen alkua, mitä putkisto-osia käytetään. Tässä työssä kuitenkin päätettiin putkiosat vasta kun 3D-malli oli valmis ja saatiin tietää kuinka paljon eri osia tarvittiin. Vasta tilatuista osista saatiin mitattua osien pituudet asennuskuvia varten. Tähän vaikutti muun muassa budjetti. Voitiinko tilata kalliimpia

osia, jos osia on vähän vai tilataanko halvempia jos budjetti ei anna periksi? Venttiileiden ja muiden laitteiden osalta lähtötietojen puute johtui käynnissä olevasta tarjouskilpailusta. Tarjousaikaa jouduttiin myös jatkamaan, sillä kaikki eivät lähettäneet tarjoustaan määräaikaan mennessä. Projektin aikataulu oli kuitenkin sen verran tiukka, että tarjouskilpailun lopputulosta ei olisi voinut jäädä odottamaan. Sinänsä muutamien osien kuten esimerkiksi venttiileiden vaihtaminen 3D-mallissa on niin yksinkertaista, että sen voi tehdä jälkeenkäinkin. Venttiileiden pituudet kuitenkin arvioitiin hyvinkin lähelle totuutta, joka helpotti suunnittelua.

Yleensä putkisto-osien tiedot ovat selvillä, kun projektia aloitetaan. Tällöin suunnitteluohjelmasta voidaan ottaa käyttöön suoraan kyseisen standardin mukaiset putkiosat ja mallista saadaan suunniteltua todellisuutta vastaava. Tämä kuitenkin edellyttää, että mallinnusympäristö on muokattu projektin tarpeita vastaavaksi. Oppilaitosten tulisi paneutua mallinnusympäristön muokkaamiseen omana opintokokonaisuutena nykyisen teollisuuden näkökulma huomioon ottaen. Muuten oppilaille muodostuu väärä käsitys mallinnusympäristön toimivuudesta (Tuhola & Viitanen 2008, 45).

Tätä 3D-mallinnusta tehtäessä esivalmisteluja ei tehty, koska siihen tarvittavia lähtötietoja ei ollut saatavilla ja ei tiedetty miten ohjelma viritetään projektin tarpeita vastaavaksi. Mallinnuksessa eteen tulleet ongelmat ilmenivät vasta myöhemmin, mutta siinä vaiheessa aika ei olisi enää riittänyt niiden korjaamiseen ja tuskinpa budjettikaan. Koko ajan tiedossa oli, että mallista ei tule näin tehtynä totuudenmukainen, mutta virheellisesti oletettiin, että osat voidaan vaihtaa malliin jälkeenkäin.

Vaikka tietotaitoa olisikin löytynyt, voi olla, ettei sitä olisi pystytty hyödyntämään sen paremmin, sillä siihen olisi mahdollisesti kulunut liikaa aikaa ja rahaa. Käytössä olisi näin ollen pitänyt olla tarvittava muokattavissa oleva mallinnusympäristö valmiina. Muuten 3D-mallinnus onnistui niin hyvin kuin sen vain pystyy näillä työkaluilla tekemään. Erityisesti tilankäytön suunnittelussa 3D-mallinnus on lyömätön apuväline ja malliin saatiin luotua tärkeimmät tiedot eli putkisuorien pituudet sekä putkien lähtö- ja päätepisteet.

7.2 3D-suunnittelu

3D-mallin suunnittelu sujui kohtuullisen hyvin. PDMS on näppärä ja helppokäyttöinen työkalu mallinnuksessa. Oppilaitoksen järjestämä PDMS-kurssi antoi riittävät valmiudet mallin piirtämiseen. Ohjelman käytössä ei siis mallinnuksen aikana ilmennyt ongelmia.

Itse suunniteltuun malliin sen sijaan tuli joitakin ongelmia. Vaikka testauslaitteisto pitikin suunnitella mahdollisimman pieneen tilaan, olisi putkien ympärille siitä huolimatta pitänyt jättää enemmän tilaa, sillä yksi putki ei sopinut sille suunniteltuun paikkaan vaan sen kulkureittiä piti muuttaa. Muuten mallinnuksessa ei tullut vakavia puutteita. Venttiilit, pumpput, mittaukset ja tyhjennykset saatiin sijoitettua niin, että ne ovat helposti käytettävissä. Mallista saatiin myös suhteellisen selkeän näköinen ottaen huomioon sen, että monien putkien piti olla yhteydessä toisiinsa.

Laitteisto saatiin myös jaettua kahteen moduuliin. Tosin joitakin ylimääräisiä laippoja jouduttiin laitteistoon lisäämään, jotta moduulit olisivat irrotettavissa toisistaan. Suurimmaksi osaksi saatiin kuitenkin hyödynnettyä laippaliitoksia venttiilejä ja mittauksia, suunnittelemalla ne moduuleiden irrotuskohtiin.

7.3 Suunnittelun tulosteet ja asennuskuvat

Työtä tehtäessä oli tiedossa, että PDMS:llä voi tulostaa suoraan osaluettelot. Osaluetteloiden tulostaminen ei kuitenkaan tapahdu nappia painamalla, niin kuin oletettiin, vaan raporttien teon kautta. Raporttien tekeminen ei ole kovin nopeaa ja raporttiin on mahdollisuus saada useita eri ominaisuuksia. Ominaisuudet kuitenkin määritetään raporttiin erilaisilla kirjainlyhenteillä, joihin perehtyminen vie aikaa. Raporttien teko ei onnistu PDMS:n käyttöohjeita lukemalla kovinkaan helposti. Esimerkiksi raporttien käyttöä kuitenkin voisi harjoitella valmiiksi tehdyn raporttipohjan avulla. Raporttien tekeminen kuitenkin vaatii syvempää perehtymistä asiaan. Nyt osaluettelot tehtiin Excelillä, käymällä 3D-malli läpi ja laskemalla siinä olevat osat. Tämä aiheutti ainoastaan lisätyötä, mutta ei kovin paljon.

Asennusluettelo tehtiin myös Excelillä. Tämä ei kuitenkaan ollut huono asia, sillä näin malli tuli käytyä läpi tarkasti ja monelta asennusvaiheesta eteen tulevalta ongelmalta säästyttiin. Asennusluetteloon merkittiin putkien ja putkisuorien pituudet, sekä kaikkien osien ja laitteiden pituudet. Näin asennusluettelosta saatiin apua asennuskuvien tekemiseen, jotka tehtiin käsin piirtämällä.

PDMS antaa isometrikuvat helposti. Se tapahtuu nappia painamalla (4.2.7 putkistokuvat). Näistä ei kuitenkaan ollut tämän työn tiimoilta hyötyä juuri siitä syystä, että 3D-mallissa olevat putkisto-osat ja venttiilit eivät vastanneet todellisuutta. Putkien reititys niistä kuitenkin ilmeni. Näin ollen isometrikuvissa eteen tulleet ongelmat ja niiden käytökelvottomuus asennuskuvina johtavat suoraan osaluetteloiden päivityksen tarpeeseen.

PDMS Draft:lla olisi saanut tehtyä paljon asennusvaiheessa tarvittavaa materiaalia. Draft on oma alueensa PDMS:ssä, kuten design on omansa. Draft on niin laaja kokonaisuus, että sen käyttö vaatii kouluttautumista. Oppilaitokselle, jossa järjestetään PDMS-kursseja, voisi suositella myös kurssia, jossa Draftin käyttö opetellaan omana kokonaisuutenaan. Työelämää ajatellen tästä olisi varmasti paljon hyötyä.

7.4 Muuta pohdintaa

PDMS on erittäin monipuolinen suunnitteluohjelma. Koulun tarjoama opetus ei kuitenkaan riitä esimerkiksi putkistosuunnittelun tekemiseen, niin että ohjelmaa hyödynnettäisiin niin paljon kuin sillä on tarjottavaa. Tällä hetkellä opiskelijoille muodostuu vääränlainen kuva siitä, kuinka 3D-mallinnusohjelmat todellisuudessa toimivat, ajatellen omaa opiskelua Varkauden Savonia-ammattikorkeakoulussa. Jos suunnitteluun erikoistuville opiskelijoille halutaan antaa mahdollisimman hyvät eväät työelämään, silloin varmasti 3D-suunnitteluun liittyvää opiskelua kannattaisi tehostaa ja syventää sovelluspakettien mukaan esimerkiksi putkistosuunnitteluun, teräsrakenteidensuunnitteluun, kappaleidensuunnitteluun ja niin edelleen.

Koska tiedossa on, että PDMS on varsinkin paikallisten yritysten käyttämä ohjelma, olisi hyödyllistä syventää opettajien osaamista ja oppilaiden kouluttamista PDMS:n käyttöä ajatellen.

3D-suunnittelu on laaja kokonaisuus ja siihen liittyy erilaisia osa-alueita kuten järjestelmän muokkaaminen, itse suunnittelu, osaluetteloiden teko ja asennuskuvien teko. 3D-suunnittelu on loistava apuväline suunnittelussa ja sen vuoksi ohjelmien kokonaisvaltaiseen opiskeluun panostaminen olisi opiskelijoiden tulevaisuutta ajatellen kannattavaa.

8 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tehdä tilankäyttö ja mekaaninen suunnittelu monikäyttövaraajan testausympäristölle kolmiulotteista (3D) mallinnusta hyödyntäen. Testauslaitteisto suunniteltiin helposti siirrettäväksi ja laajennettavaksi.

Monikäyttövaraajan testausympäristön 3D-mallinnus onnistui kohtuullisen hyvin. Työssä oli paljon haasteita, sillä laitteistoon tuli paljon mittauksia, useat putket olivat yhteydessä toisiinsa, laitteisto piti suunnitella mahdollisimman pieneen tilaan ja lisäksi se oli jaettava vielä kahdeksi moduuliksi.

Putkistosuunnittelu oli minulle uusi asia. Jälkeenpäin katsottuna, joitakin asioita olisi pitänyt tehdä toisin 3D-mallinnusvaiheessa, kuten huomioida asennusvaiheessa tulevat heitot ja siksi jättää enemmän tilaa putkien ympärille. Valitettavinta kuitenkin on se, että osaluetteloiden vajavuuden takia 3D-mallista ei tullut täysin totuudenmukainen. Tämä ei kuitenkaan onneksi vaikuttanut putkisuorien todelliseen pituuteen ja putkien lähtö- ja päätepisteiden todellisiin sijainteihin, vaan ne saatiin vastaamaan suunnitelman mukaista mallia.

3D-mallinnus on loistava apuväline putkistosuunnittelussa. Varsinkin laitteistossa, johon tulee paljon ristiin rastiin meneviä putkia, 3D-mallin avulla saadaan helposti havaittua mahdolliset törmäykset. 3D-mallin avulla havaitaan myös käytettävissä oleva tila.

LÄHTEET

KKS Power Plant Classification System [verkkajulkaisu]. Wikipedia [viitattu 16.08.2010]. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/KKS_Power_Plant_Classification_System.

Lankinen R. Monikäyttövaraajan projekti [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Katja Multanen. Lähetetty 17.09.2010 [viitattu 27.09.2010].

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. *3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

LIITTEET

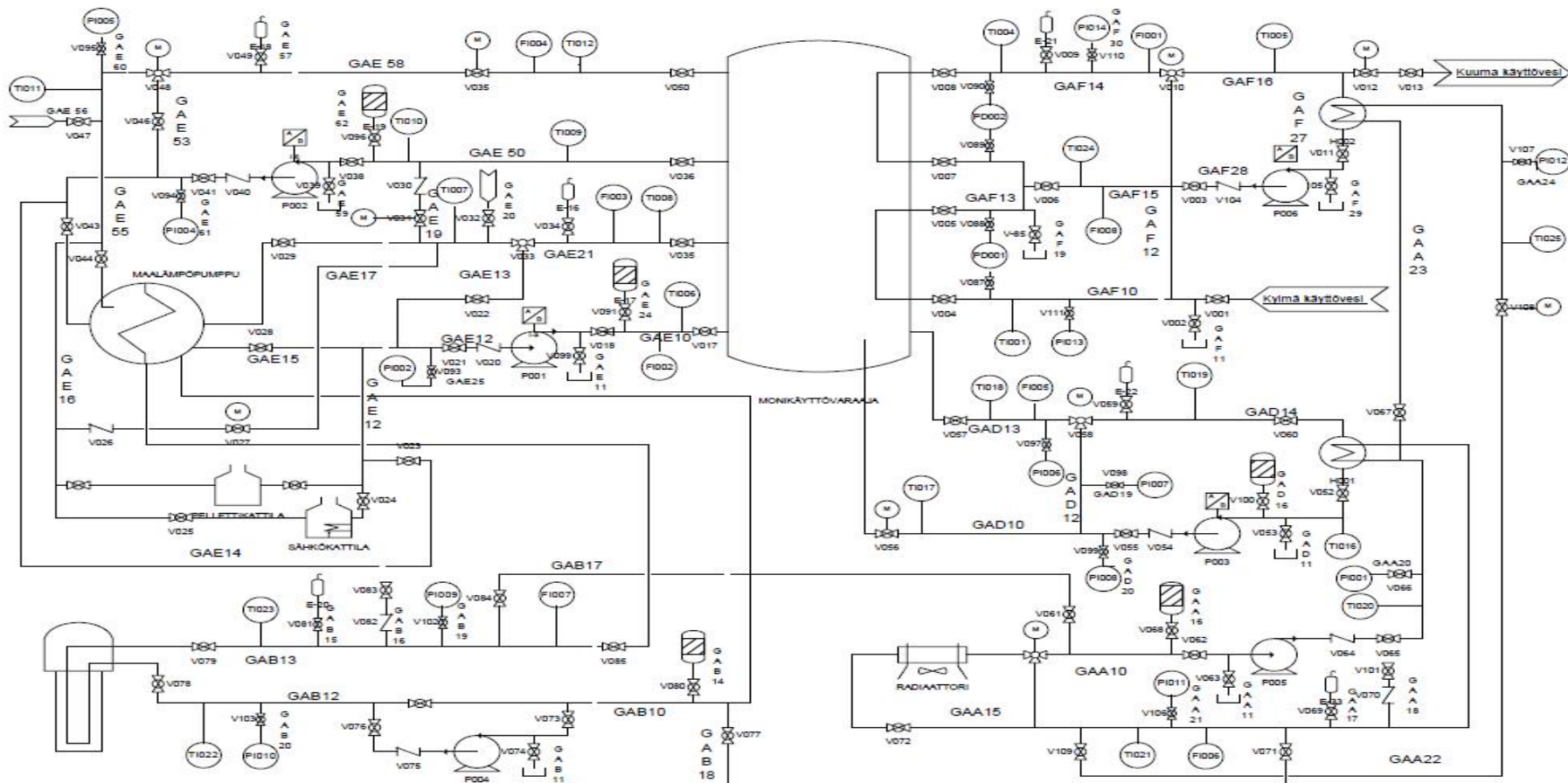
Liite 1. PI-kaavio.

Liite 2. Osa putkiluettelosta.

Liite 3. Osa asennuslistasta.

Liite 4. Asennuskuva.

LIITE 1.



PUMP CODING			PUMP INFORMATION					
Pump c	Pump ty	KKS co	Pump size	Pesän materiaali	Nostokorkeus			
Pumpu	Pumpun	Kilpinimi	Pumti Liityntä		Paine ennen pumti	Identif. Coc	From	
			DN		bar(a [m]	Linjatunnus	Mistä	
HEAT EXCHANGER CODING			HEAT EXCHANGER INFORMATION					
Heat e)	Heat ex	KKS co	Ensiö Liityntä		Tin Tout	Identif. Coc	From	
Lämmö	Lämmör	Kilpinimi			°C °C	Linjatunnus	Mistä	
MEASUREMENT CODING			MEASUREMENT INFORMATION					
Measur	Measure	KKS co	Mittali Liityntä	Lisätie	Signaa min max	Yksikö	Identif. Coc	From
Mittauk	Mittauks	Kilpinimi					Linjatunnus	Mistä
VALVE CODING			VALVE INFORMATION					
Valve c	Valve ty	KKS type	Valvnt Liityntä	Varustus	Rajat		Identif. Coc	From
Venttiili	Venttiilit	KKS-tyy	DN	hits./laipat	Ylä Ala	Asentotieto	Linjatunnus	Mistä
V001	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF10	Kylmä käyttövesi
V002	Pallo	AA801					GAF11	GAF10
V003	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF12	GAF10
V004	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF10	Kylmä käyttövesi
V005	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF13	Monikäyttövaraaja
V006	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF15	GAF13
V007	Pallo	AA201	32	hitsattava			GAF13	Monikäyttövaraaja
V008	Pallo	AA201	40	hitsattava			GAF14	Monikäyttövaraaja
V009	Pallo	AA201					GAF18	GAF14
V010	Kolmitie	AA001	40	laipat	sähköinen toir	Ei Ei Kyllä	GAF14	GAF14
V011	Pallo	AA201	40	hitsattava			GAF27	GAF16
V012	Säätöpa	AA001	40	laipat	sähköinen toir	Ei Ei Kyllä	GAF17	GAF17
V013	Pallo	AA201	40	hitsattava			GAF17	GAF17
V014	Pallo	AA201					GAF20	Monikäyttövaraaja
V015	Varoven	AA401	??	laippa/kie	(liitetään 1 - 3 m3 kokoiseen lä		GAF21	Monikäyttövaraaja
V016	Pallo	AA201					GAF22	Monikäyttövaraaja
V086	Pallo	AA201					GAF19	GAF13
V087	Pallo	AA201					GAF23	GAF10
V088	Pallo	AA201					GAF24	GAF13
V089	Pallo	AA201					GAF25	GAF13
V090	Pallo	AA201					GAF26	GAF14
V104	Takaisk	AA301	40	laipat			GAF28	P006
V105	Pallo	AA201					GAF29	GAF27
V017	Pallo	AA201					GAE10	Monikäyttövaraaja
V018	Pallo	AA201					GAE10	Monikäyttövaraaja
V019	Pallo	AA801					GAE11	GAE10
V020	Takaisk	AA301	40	laipat			GAE12	P001
V021	Pallo	AA201					GAE12	P001
V022	Pallo	AA201					GAE13	GAE12
V023	Pallo	AA201					GAE14	GAE12
V024	Pallo	AA201					GAE12	P001
V025	Pallo	AA201					GAE16	Sähkökattila
V026	Takaisk	AA301	50	laipat			GAE17	GAE16
V027	Säätöpa	AA001	50	laipat	sähköinen toir	Ei Ei Kyllä	GAE17	GAE16
V028	Pallo	AA201					GAE15	GAE12

LIITE 3

GAF10	Nippa	DN	40		37	37	}	1384
GAF 10 V001	Venttiili	DN	40		200	200		
GAF10	Nippa	DN	40		37	37		
GAF10BR01	Putki	DN	40		1046	- 1052		
GAF10BR GAF11	Istutus	DN	15 kohta	300				
GAF10BR GAF31	Istutus		kohta	450				
GAF10BR TI001	Istutus		kohta	600				
GAF10	90 mutka	DN	40		58	58	}	750
GAF10BR02	Putki	DN	40		428	- 434		
GAF10BR GAF23	Istutus	DN	15 kohta	240				
GAF10 V004	Venttiili	DN	40		200	200	}	660
GAF10	90 mutka	DN	40		58	58		
GAF10BR03		DN	40		581	- 587	}	660
GAF10	Laippa	DN	40		15	15		
GAF13	Laippa	DN	40		15	15	}	660
GAF13BR01	Putki	DN	40		581	- 587		
GAF13	90 mutka	DN	40		58	58		
GAF13BR02	Putki	DN	40		112	- 118		
GAF13 V005	Venttiili	DN	40		200	200		
GAF13BR03	Putki	DN	40		410	X 416		
GAF13BR GAF24	Istutus	DN	15 kohta	150				
GAF13BR TI002	Istutus		kohta	280			}	850
GAF13BR GAF19	Istutus	DN	15 kohta	380				
GAF13	90 mutka	DN			58	58		
GAF13	T-liitos	DN	40		113	119	}	235
GAF13	90 mutka	DN	40		58	58		
GAF13BR04	Putki	DN	40		525	- 531	}	850
GAF13BR TI003	Istutus		kohta	90				
GAF13BR GAF25	Istutus	DN	15 kohta	290				
GAF13 V007	Venttiili	DN	40		200	203	}	265
GAF13	90 mutka	DN	40		58	58		
GAF13BR05	Putki	DN	40		143	- 149	}	265
GAF13	90 mutka	DN	40		58	58		

