



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUHA TUOMENSAARI

Esitaivutetun hydrauliiikkaputken suunnitteluohje

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2022

Tekijä(t) Tuomensaari, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä huhtikuu 2022
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Esitaivutetun hydrauliiikkaputken suunnitteluohje		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Opinnäytetyön toimeksiannosta laadittiin esitaivutetun hydrauliiikkaputken suunnitteluohje. Suunnitteluohjeen avulla yrityksen suunnittelijat voivat ottaa käyttöön uuden osan SolidWorks 3D CAD-ohjelmistossa, sekä uusia työskentelymenetelmiä hydrauliikkaputkistojen suunnittelussa.</p> <p>Tehtävän perusteella opinnäytetyössä tutustuttiin hydrauliikkaputkistojen osiin ja tuotesarjoihin, putkien taivutusmenetelmiin ja 3D CAD-työkalujen käyttöön putkistoreittien suunnittelussa, sekä tarkasteltiin alan kirjallisuutta ja aiheeseen liittyviä standardeja.</p> <p>Suunnitteluohjeeseen koottiin keskeisiä käsitteitä, menetelmiä, parametrien määritelmiä, käyttöönotto- ja käyttöohjeita sekä oleellisia taulukoita ja kuvauksia putkituksen reititykseen, mallintamiseen ja tiedon tallentamiseen liittyen.</p> <p>Työn tuloksena kirjoitettua suunnitteluohjetta kehitetään tulevaisuudessa edelleen saadun palautteen ja kerättyjen käyttökokemusten perusteella.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> SolidWorks, hydrauliiikka, putket, suunnittelu</p>		

Author(s) Tuomensaari, Juha	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2022
	Number of pages 34	Language of publication: Finnish
Title of publication Design guide for prefabricated hydraulic tube		
Degree program Mechanical Engineering		
<p>As an assignment to the thesis was to write a design guide for prefabricated hydraulic tubes. The design guide allows company designers to deploy of a new add-in of SolidWorks 3D CAD software, as well as implement new workflows while designing hydraulic tubing.</p> <p>Based on the assignment, the thesis explored the basic components and key product series of hydraulic pipelines, tube bending methods and the use of 3D CAD tools in piping and tubing design, as well as reviewed the literature and related standards in the field.</p> <p>Information involving key concepts, design methods, definitions of parameters, instructions for deployment and use, relevant tables and figures were compiled in the design guide for tube routing, modelling and data management.</p> <p>As the result of the work, the design guide written will be developed further in future based on the feedback and gathered user experiences.</p>		
<u>Key words</u> SolidWorks, hydraulics, pipes and tubes, design		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 YRITYSESIITTELY	7
3 HYDRAULIIKKAPUTKISTOJEN OSAT	7
3.1 Liittimet	8
3.1.1 Hydrauliiikkaliittimien kokomerkinnot	9
3.2 Putket	10
3.3 Putkikiinnikkeet.....	10
4 HYDRAULIIKKAPUTKIEN KONEELLINEN TAIVUTUS	11
4.1 Putken taivutusmenetelmät	12
4.2 Suunnittelunäkökohtia	14
4.3 Koneellinen valmistus.....	15
4.3.1 Putken taivutuskoneen työkuvaus	15
4.4 Putken pään kartiointi	18
5 HYDRAULIIKKAPUTKISTOJEN 3D-SUUNNITTELU	19
5.1 SolidWorks Routing	20
6 KOMPONENTTIKIRJASTOT	21
6.1 Komponenttien laatiminen Routing Component Wizardilla.....	22
7 ROUTINGIN YHTEISKÄYTTÖ PDM-JÄRJESTELMÄN KANSSA	26
8 SUUNNITTELUSSA TUOTETTAVAT TIEDOT JA DOKUMENTOINTI.....	28
9 SUUNNITTELUOHJEEN KIRJOITUSPROSESSI	30
10 SUUNNITTELUOHJE JA KÄYTTÖÖNOTTO.....	32
11 YHTEENVETO.....	33
LÄHTEET	

LYHENTEITÄ JA KÄSITTEITÄ

2D	two dimensional; kaksiulotteinen
3D	three dimensional; kolmiulotteinen
ANSI	American National Standards Institute; Yhdysvaltain kansallinen standardointilaitos
BOM	Bill Of Materials; osaluettelo
BSPP	British Standard Pipe Parallel, lieriömäinen putkikierre
BSPT	British Standard Pipe Taper, kartiomainen putkikierre
CAD	Computer-Aided Design; tietokoneavusteinen suunnittelu
DIN	Deutsches Institut für Normung; saksalainen standardointilaitos
EN	norme européennes; eurooppalainen standardi
ISO	International Organization for Standardization; Kansainvälinen standardisoimisjärjestö
JIC	Joint Industrial Council
Metadata	metatieto, SolidWorks Custom Properties
NC	Numerical Control; numeerinen ohjaus
P&T DB	Piping and Tubing DataBase; Routing komponenttikirjasto
PCF	Piping Component File
PDM	Product Data Management; tuotetiedon hallinta
PI-kaavio	Prosessi- ja Instrumentointikaavio
PSK	Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus
RCW	Routing Component Wizard
RLM	Routing Library Manager
SAE	Society of Automotive Engineers
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
STEP	STandard for the Exchange of Product model data
UN(F)	Unified National thread (Fine)

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantona oli laatia esivalmistettujen hydrauliihkaputkien suunnitteluohje. Toimeksiantajayrityksellä on käytössä Dassault Systèmes SolidWorks 3D-CAD-ohjelmisto, jolloin oli luontevinta, että suunnitteluohjeen ohessa tutkittiin ensisijaisesti SolidWorks käytettävyyttä ja käyttöönottoa yrityksen putkistusten suunnittelussa. Yrityksessä ei ennestään ollut tuoretta käyttökokemusta SolidWorksista putkireittien suunnittelussa. Lisäksi työn aikana tutkittiin mahdollisuuksia hyödyntää laajemmin SolidWorksin ominaisuuksia, joilla voitaisiin vähentää niin sanotun taulukkotiedon määrää, joita suunnittelija perinteisesti on hakenut erilaisista taulukoista. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi erilaiset malliin kirjatut tiedot tai piirteet, kuten kierrekoot tai -tyypit.

Tehtävä alkoi toimeksiannon määrittelyillä – mitä halutaan saavuttaa? Millä menetelmillä pyritään pääsemään tavoitteeseen? Tästä seurasi jatkokysymykset: ”miten työkalua käytetään?”, sekä ”mitä käyttöönotto edellyttää?”.

Suunnitteluohjeen tarkoitus on perehdyttää työyhteisölle työskentelymalli uusia suunnittelumenetelmiä käyttöönotettaessa, jotta suunnittelussa tuotetun tiedon laatu säilyy tai paranee. Suunnitteluohje on laadittu osana laajempaa tuotekehitysprojektia, jonka tavoitteena on siirtyä käyttämään yrityksen laitteissa esitaivutettuja hydrauliihkaputkia. Esitaivutettuja hydrauliihkaputkia käyttämällä voidaan vähentää tuotannossa kokoonpanoon kuluva aikaa, sekä tarjota loppuasiakkaille laadukkaampaa varaosapalvelua.

Suunnitteluohjeeseen koottiin perusratkaisuja putkistojen reitityksestä, kannakoinnista ja putkiliitoksista, sekä parametritaulukko esivalmistuksen vaatimuksista käytössä oleville johdinputkille. Taulukosta on löydettävissä käytettävät taivutussäteet, jättöpään pituudet sekä muut tarpeellisiksi katsotut parametrit.

Nämä parametrit voivat vaihdella käytössä olevien koneiden, työkalujen tai taivutusmenetelmien välillä.

Toiminnoista ja käskyistä työssä on käytetty SolidWorks 2020 -version englanninkielisen käyttöliittymän mukaisia ilmaisuja.

2 YRITYSESITTELY

Steerprop Oy on vuonna 2000 perustettu raumalainen yritys, jonka liiketoimintaan kuuluu laivojen ohjattavien potkurilaitteiden sekä niiden ohjausjärjestelmien kehitys, suunnittelu, markkinointi, myynti, toimitus ja huolto sekä kokoonpano, että testaus yrityksen tuotantotiloissa. (Steerprop, 2021, s. 4.)

Steerprop Oy:n tuotteita on käytössä ympäri maailmaa sadoissa aluksissa mitä vaativimmissakin kohteissa ja olosuhteissa. Niiden merkittävimmät käyttökohteet ovat offshore-alukset, hinaajat ja työveneet, arktisten olosuhteiden alukset, kuten jäänmurtajat, sekä risteilijät. (Steerprop, n.d.)

Toimipaikkoja Steerprop Oy:lla on kolmella paikkakunnalla Suomessa: toimistot Vantaalla ja Jyväskylässä, sekä toimisto ja tuotantotilat Raumalla. Yritys työllistää henkilöstön, kumppani- ja alihankintaverkostot mukaan luettuna yli 450 työntekijää. (Steerprop, n.d.) Yrityksen vuoden 2020 liikevaihto oli 16 miljoonaa euroa (Steerprop Oy, n.d.).

3 HYDRAULIIKKAPUTKISTOJEN OSAT

Hydrauliikkajärjestelmän yksi tärkein osa on putkisto. Hydrauliikkaputkiston pääkomponentit ovat putket ja letkut, liittimet sekä kiinnittimet (Pöysti, 1988, osa Tiivistelmä). Putket ja letkut toimivat johtimina tehonsiirtämiseen

hydraulinesteen avulla (Sampsa Virta, 2010, s. 2). Liittimillä putket ja letkut voidaan yhdistää joko hydraulijärjestelmän toimilaitteisiin tai toisiin putkiin ja letkuihin (Alexander, 2020a, osa What is a tube fitting?). Hydrauliikkaliittimiä on useita eri sovelluksiin sopivia tuoteperheitä sekä standardisarjoja (Pöysti, 1988, s. 30). Kiinnittimillä putkisto ja järjestelmään liittyviä toimilaitteita tuetaan haitallisten värinöiden ja melun ehkäisemiseksi (Pöysti, 1988, s. 42). Hydraulii-
kan liittimiä valmistavilla yrityksillä on saatavilla erilaisia teknisiä käsikirjoja ja suunnitteluohjeita, joista löytyy myös työkaluja systemaattiseen tuotevalin-
taan.

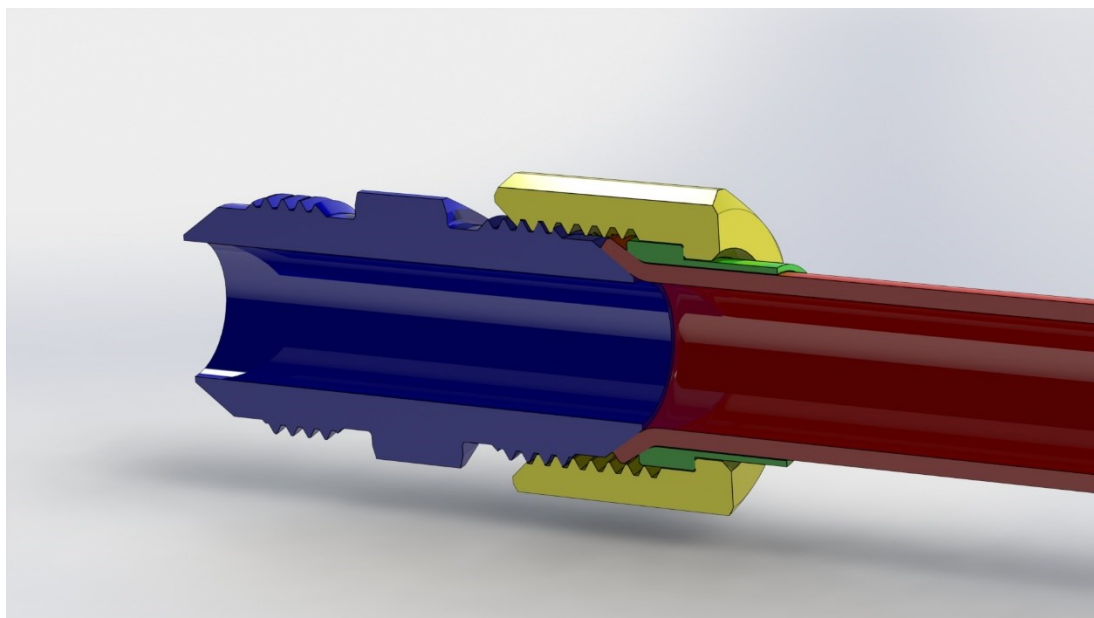
3.1 Liittimet

Päistään kartioitujen putkiliitosten historia ulottuu 1900-luvun alkuun mootto-
roitujen ajoneuvojen ensivaiheisiin. Parker Hannifin kehittämä Triple-Lok 37°
kartioliittimet tulivat ensimmäisenä käyttöön maatalouden ja maansiirtokonei-
den hydrauliikkajärjestelmissä niiden soveltuessa korkeammille paineille.
Triple-Lok liittimien maailmanlaajuisen käytön yleistymisestä seurasi, että lii-
toksen malli vakioitiin JIC-standardiksi ja myöhemmin SAE- ja ISO-standar-
deiksi. (High Pressure Connectors Europe Division, 2021, s. A23–A26.)

ANSI/SAE J514 on yhdysvaltalainen standardi 37° kartioliittimille, joita käyte-
tään letkujen ja rautapitoisten ja raudattomien putkien kanssa. SAE J514 kan-
sainvälinen metrinen vastine on ISO 8434-2. Standardi ISO 8434-2 määrittää
mitat ja yleiset vaatimukset 37° kartioliittimien (tunnetaan myös JIC-liitin tai
JIC37-liitin) rakenteelle ja teknisille ominaisuuksille. Sarjojen liittimet ovat suu-
relta osin vaihtokelpoiset, koska ISO 8434-2 standardia laadittaessa on pää-
tetty pitäytyä J514 standardin mukaisissa UN(F)-tyyppisissä kierteissä vaihto-
kelpoisuuden säilyttämiseksi. ISO 8434-2 mukaisiin liittimiin sopii metriset
standardityökalut. (ISO 8434-2:2007, 2007.)

Rakenteeltaan 37° kartioliitokseen kuuluu varsinaisen liitinrungon ja putken li-
säksi putken kaulalle ennen kartiointia asetettavat tukiholkki ja vaippamutteri.
Liitosta kiristettäessä vaippamutteri puristaa tukiholkin välityksellä putken

kartioidun pään tiiviisti liittimen kartion otsapintaa vasten. (High Pressure Connectors Europe Division, 2021, s. A24–A25.) Kuva 1 on esitetty liittoksen osat halkileikattuna. Liitin sinisellä, putki punaisella, tukiholkki vihreällä ja kiristysmutteri keltaisella.



Kuva 1 37° kartioliitoksen rakenne halkaistuna (Tuomensaari Juha, 2022)

3.1.1 Hydraulikkaliittimien kokomerkinnot

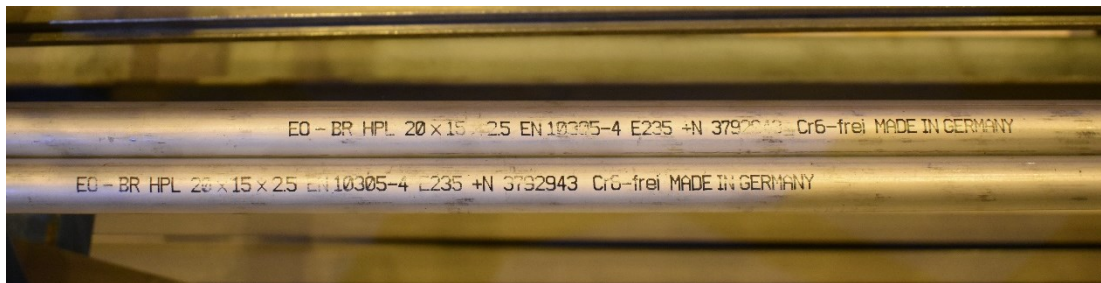
Putkiliittimien kokomerkinnot vaihtelevat eri liitinvalmistajien välillä, mutta eräs laajasti käytössä oleva kokomerkintäjärjestelmä on Dash-kokojärjestelmä (Valtanen, 2016, s. 956). Parker Hannifin käyttää suurimmalle osalle hydraulikan putki- ja letkuliitinten tuotesarjoistaan Dash-kokomerkintöjä (High Pressure Connectors Europe Division, 2022, Luku Dimensioning).

Dash-kokojärjestelmä perustuu tuuman kuudestoistaosiin. Esimerkiksi Dash-kokomerkintä '8' tarkoittaa 8/16 tuumaa eli ½ tuumaa. Tällöin ulkohalkaisijaltaan ½ tuuman putken liittimen Dash-koko on 8 (Alexander, 2020a, osa Tube fitting size). Ulkohalkaisijaltaan metrisille johdinputkille on laadittu muunnostaulukot, joissa erikokoisille putkille löytyy sopivat liittimet Dash-merkinnän mukaisina. Lisäksi Dash-järjestelmästä löytyy muunnostaulukot muille yleisille eri

kierretyyppien koille, kuten ISO 228-1 -kierteille, eli BSPP-kierteille. (High Pressure Connectors Europe Division, 2022, s. K4.)

3.2 Putket

Hydrauliikan johdinputki (tube) on muodoltaan ontto ja lieriömäinen. Johdinputkien tärkeimpiä parametreja ovat sen ulkohalkaisija, seinämävahvuus sekä valmistus- ja materiaalispesifikaatiot. (Alexander, 2020b, osa Tube; EN 10305-4:2016, 2016, s. 7–8.) Kuva 2 ilmenee tyypilliset johdinputken merkinnät.



Kuva 2 Johdinputken tunnistemerkinnot (Tuomensaari Juha, 2022)

Teräksisiä 37° kartioliittimiä käytettäessä suositetaan käyttämään pääsääntöisesti standardin EN 10305-4 vaatimukset täyttäviä, eli saumattomia kylmäveidettyjä normalisointihehkutettuja tarkkuusteräsputkia, niiden hyvien ominaisuuksien, kuten tarkkojen mittatoleranssien, hitsattavuuden ja taivutettavuuden, ansiosta (High Pressure Connectors Europe Division, 2022, s. B15-16, S3–S5).

Useissa yhteyksissä EN 10305-4 standardiin rinnastetaan vanha DIN 2391, joka on mittastandardi saumattomille tarkkuusteräsputkille (Hydraulic Piping Standard Handbook, 2014, s. 16; Pöysti, 1988, s. 20–22).

3.3 Putkikiinnikkeet

Putkiston tuennan kaksi tärkeintä tehtävää ovat kiinnitys ja värähtelyjen vaimennus. Lisäksi sovelluksenmukaisella putkien kiinnityksellä voidaan vähentää järjestelmästä aiheutuvaa melua. (Tube Fittings Division, 2021, s. R46.)

Suunnittelijan on otettava kiinnikkeitä valitessa ja kiinnityksiä suunnitellessa huomioon useita eri seikkoja, kuten riittävän kiinteä tuenta, kiinnitysten paloturvallisuus ja muut ulkoiset rasitukset, äänieristys sekä korroosio ja lämpötila (Pöysti, 1988, s. 42). Lisäksi on esitetty vaatimuksia, joita suunnittelijan tulisi huomioida kannakoinnissa, kuten, että putkia ei saa tukea toisiinsa tai laitteita ei saa tukea putkistoon, että putki tulisi tukea mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman läheltä käyrää ja liitoksia, sekä, että putkistoon ei saa johtua värähtelyä muista laitteista. (Teollisuushydraulijärjestelmän suunnittelu ja hankinta, 2006, osa PSK 6706, 3.3.)

Yksiä yleisimpiä käytössä olevia putkikiinnikkeitä eli niin sanotut STAUFF-kiinnikkeet, jotka ovat saaneet nimensä niiden valmistajan mukaan. STAUFF-kiinnikkeet on standardoitu DIN 3015 -sarjan standardeilla, joissa osat -1...-3 määrittelevät kolme perusrakennetta kiinnikkeille: vakiosarja tai kevyt sarja, raskas sarja sekä kaksoiskiinnitinten sarja. (Pöysti, 1988, s. 43–44.) Kuva 3 on kuvattuna vakiosarjan kiinnike ja siihen asennettu putki.



Kuva 3 DIN 3015-1 mukainen vakiosarjan putkikannake (Tuomensaari Juha, 2022)

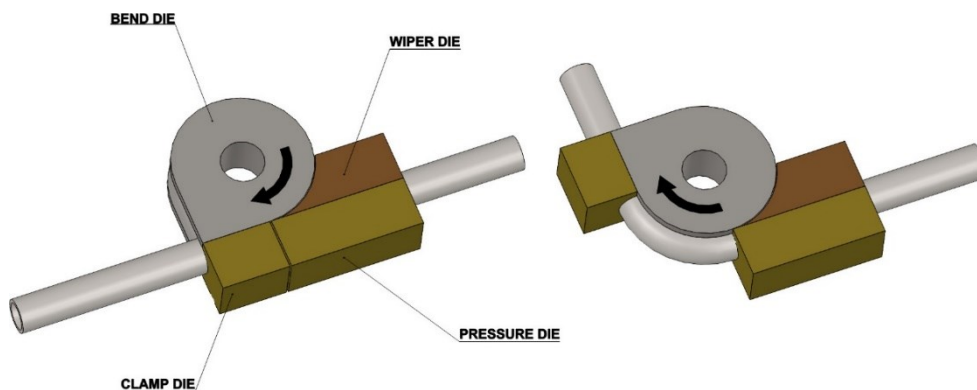
4 HYDRAULIIKKAPUTKIEN KONEELLINEN TAIVUTUS

Tuotekehitysprojektin tavoitteena on tutkia hydrauliiKKaputkien koneellista valmistettavuutta suunnitteluvaatimusten ja mallinnusmenetelmien näkökulmasta.

4.1 Putken taivutusmenetelmät

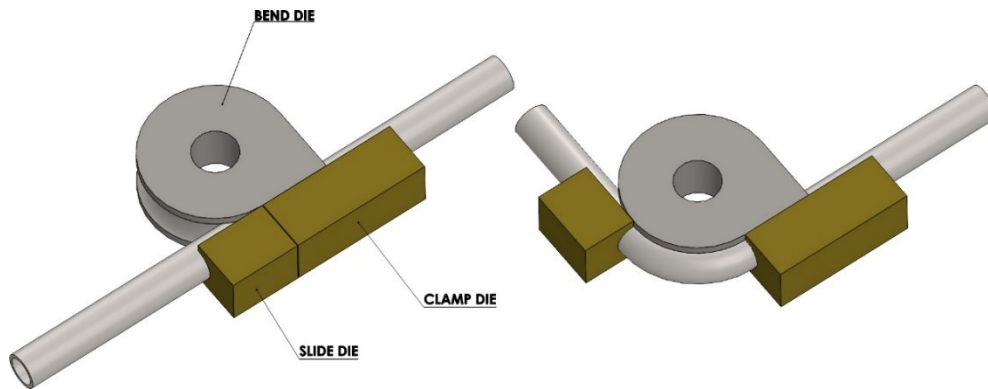
Putken taivutuksen neljä päämenetelmää ovat vetotaivutus, työntötaivutus, rullataivutus ja puristintaivutus (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 26).

Vetotaivutuksessa (draw bending) putken taivutus tapahtuu lukitusleuan (clamp die) ja taivutuslestin (bend die) yhtenäisellä pyörähdysliikkeellä, jolloin samalla putken jättöpää liukuu tukileukaa (pressure die) vasten, kuten Kuva 4 käy ilmi. Lisäksi menetelmässä voidaan käyttää tuurnaa (mandrel) putken sisällä sekä erillistä poimunestäjää (wiper die) poimujen muodostumisen estämiseksi taivutuksen sisäkaaren puolelle. (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 26–28.)



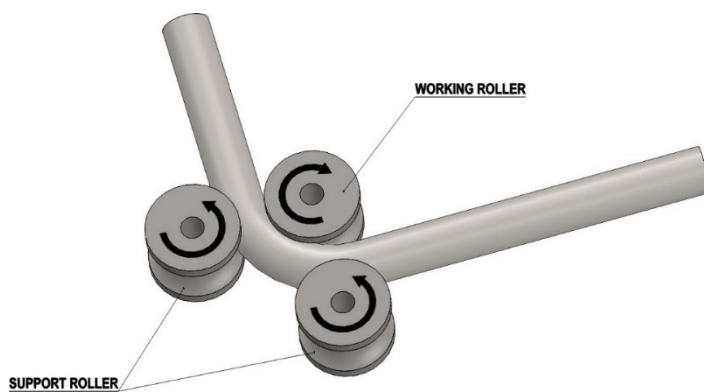
Kuva 4 Vetotaivutuksen osat ja periaate (Tuomensaari Juha, 2022)

Työntötaivutus (compression bending) on menetelmänä hyvin samankaltainen vetotaivutuksen nähden, mutta siinä ei käytetä tuurnaa tai poimunestäjää ja muut osat liikkuvat tai pysyvät paikoillaan päinvastaisesti vetotaivutukseen verrattuna, kuten Kuva 5 voi havaita. Taivutuslestin (bend die) ja lukitusleuka (clamp die) pysyvät paikoillaan puristaen putken jättöpäätä, kun tukikisko (slide die) liikkuu taittaen putken vapaapäätä taivutuslestin vasten. (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 31–32.)



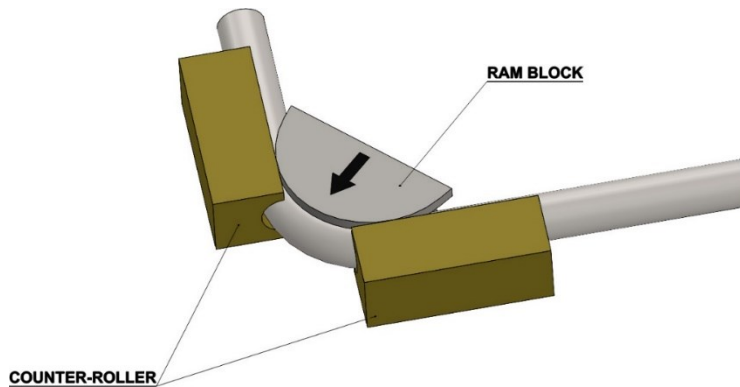
Kuva 5 Työntötaivutuksen osat ja periaate (Tuomensaari Juha, 2022)

Kuva 6 on esitettyinä rullataivutuksen (roll bending) periaate. Putki taivutetaan ohjaamalla se säädettävien rullien välistä. Menetelmällä voidaan tehdä loivia taivutuksia melko yksinkertaisesti. Taivutuksen sädettä voidaan muuttaa taivutettaessa. (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 33–34.)



Kuva 6 Rullataivutuksen osat ja periaate (Tuomensaari Juha, 2022)

Puristintaivutus (ram bending) perustuu taivutuslestin lineaariseen liikkeeseen putkea vasten, kun putki on tuettu taivutuskohdan molemmilta puolilta. Kuva 7 esitetty puristintaivutus soveltuu loivien taivutusten tekemiseen melko yksinkertaisesti. (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 34–35.)



Kuva 7 Puristintaivutuksen periaate (Tuomensaari Juha, 2022)

4.2 Suunnittelunäkökohtia

Putken koneellisen valmistettavuuden kannalta tärkeimpiä huomioitavia asioita ovat vapaapään ja jättöpään pituus, suoran pituus kahden taivutuksen välillä sekä taivutusten väliset suhteelliset taivutustasot. (Virta, 2019.)

Vapaapään ja jättöpään pitää olla riittävän pitkät, jotta kartiointi voidaan tehdä ja koska liitoksessa käytetään putken kaulalle asennettavia tukiholkkeja ja vaippamuttereita, ne tulee pystyä siirtämään pois tieltä, kun kartiointi tehdään. Tätä varten suunnitellessa ja mallintaessa putkien päille määritetään suoran putken minimipituus. Lisäksi joko suunnittelussa tai viimeistään valmistuksessa, on huomioitava kartioinnin vaatima putken mitta, josta kartio muodostetaan. Putken kartiointivara ulkohalkaisijan mukaan voi olla 2...5 mm, mutta arvoissa tulee noudattaa liitinvalmistajan ohjeistusta. (Virta, 2019.)

Suora kahden taivutuksen välillä tarvitaan, jotta koneen lukitusleualla on tilaa puristaa putki taivutuslestiä vasten. Mitta määräytyy käytössä olevien työkalujen dimensioiden mukaan. (Virta, 2019.)

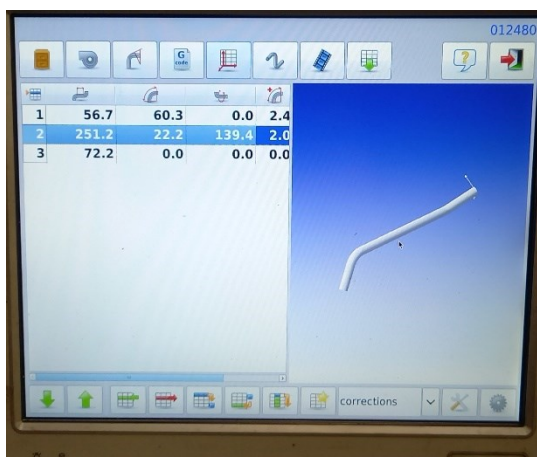
Mikäli putkessa on useita taivutuksia eri avaruudellisissa tasoissa, voi sen taivutettavuuden kanssa ilmetä ongelmia. Monimutkaisen putken vapaapää voi osua koneeseen, työkaluihin tai lattiaan. Tätä asiaa suunnittelijan on usein vaikea välttää muutoin kuin kokemuksen karttuessa. Taivutustyö tarkastetaan, että taivutus voidaan suorittaa, etukäteen joko taivutuskoneen käyttöliittymällä tai esikäsitteilyohjelmistossa. (Virta, 2019.)

4.3 Koneellinen valmistus

Tyypillinen NC-ohjattu putkentaivutuskone perustuu vetotaivutusmenetelmään. Putken vetotaivutus koneellisesti on monipuolinen ja suhteellisen nopea ratkaisu tarkkojen ja pienisäteistenkin taivutusten tekemiseen, mutta menetelmä edellyttää muihin menetelmiin nähden enemmän työkaluja. Työkalujen määrään vaikuttaa taivutettavan putken ulkohalkaisijan suhde sen seinämävahvuuteen. Suhteellisesti ohuempiseinämaisillä putkilla on taipumus poimutua tai rypytyä taivutuksen sisäkaarteesta pienemmillä taivutussäteillä, mikäli putkea ei ole tuettu poimunestäjällä taivutuksen sisäsyryltä ja tuurnalla putken sisältä. Tuurnia on useita erityyppisiä ja niille on eri käyttösovellutuksia. Hydraulikkaputkien taivutus ei yleensä edellytä tuurnan tai poimunestäjän käyttämistä, koska putket ovat suhteellisesti paksuseinäisiä. (Röytiö & Söderberg, 1994, s. 26–30.)

4.3.1 Putken taivutuskoneen työkuvaus

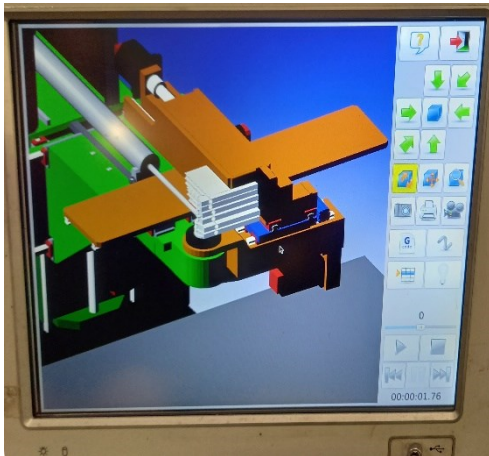
Putkesta laadittu 3D-malli syötetään koneeseen tai koneelle syötetään taivutustaulukko taivutettavasta putkesta. Kuva 8 koneen näytöllä näkyy putken malli oikealla ja työn taivutustaulukko oikealla.



Kuva 8 Putken malli ja taivutustaulukko taivutuskoneella (Hakala, 2019c)

Taivutustyö simuloidaan koneella, jotta varmistetaan, että putki on taivutettavissa. Kuva 9 keskellä vaalealla värillä näkyy taivutuslesti, lukitusleuka ja

tukileuka, oranssilla työkalukiinnittimet ja liikkuvat akselit ja vihreällä taivutus-
koneen runko.

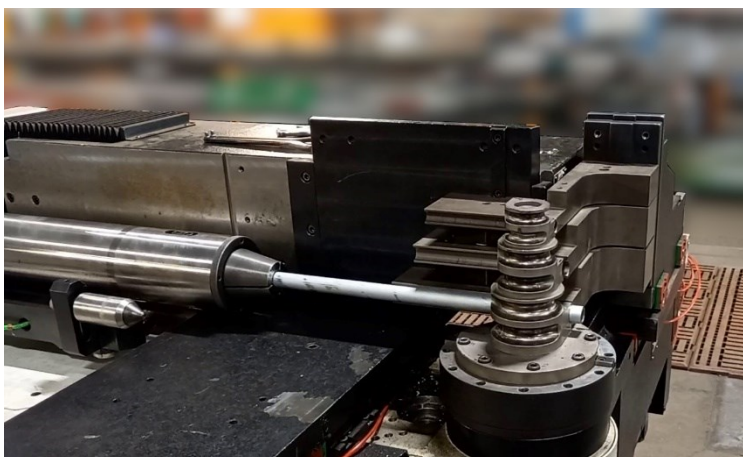


Kuva 9 Putken taivutuksen tarkastus taivutuskoneella (Hakala, 2019d)

Putkiaiho leikataan pituuteen ja syötetään koneen istukkaan.

Istukka siirtää putken taivutuslestiä vasten saattaen putken vapaapään ohi taivutuksen alkupisteestä.

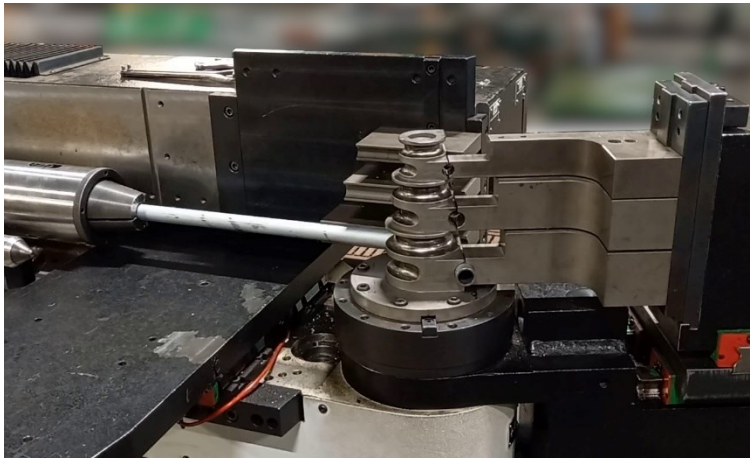
Lukitusleuka puristaa putken taivutuslestiä vasten ja tukikisko siirretään paikalleen ohjaamaan putken liukua. Kuva 10 vasemmassa reunassa näkyy koneen lieriömäinen istukka ja oikeassa reunassa taivutustyökalut.



Kuva 10 Putki aseteltuna valmiiksi ensimmäiseen taivutukseen (Hakala, 2019e)

Lukitusleuka ja taivutuslesti pyörähtävät taivutuskulman verran huomioiden putken elastisuudesta aiheutuvan takaisinjouston samalla, kun putken

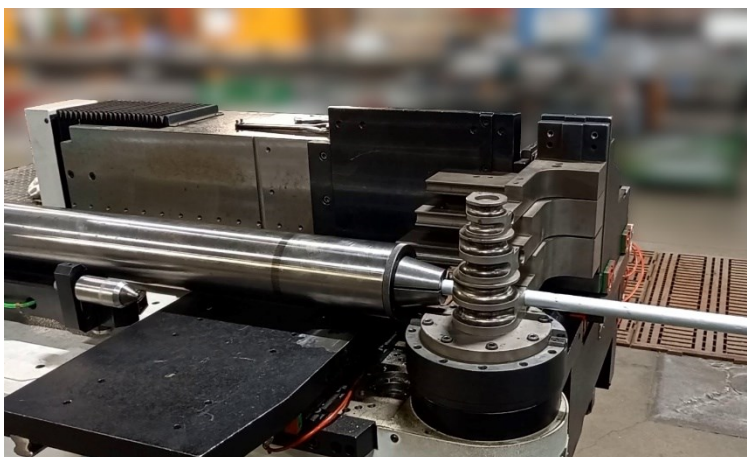
jättöpää liikuu istukasta ja tukeutuu tukikiskoa vasten. Kuva 11 ilmenee työkalujen asennot ensimmäisen taivutuksen lopussa.



Kuva 11 Kone on tehnyt ensimmäisen taivutuksen (Hakala, 2019b)

Istukka, Kuva 12 keskellä poikittain, tarttuu putkeen, tukikisko siirtyy irti putken pinnasta ja lukitusleuka palautuu alkuasentoon vapauttaen putken vapaapään puristuksesta.

Istukka siirtää putken taivutuslestiä vasten seuraavan taivutuksen alkupisteesen kääntäen putkea sen jättöpään pituusakselin ympäri, mikäli taivutus ei tapahdu samassa tasossa edellisen taivutuksen kanssa.



Kuva 12 Kone asettelee putken toiseen taivutukseen (Hakala, 2019a)

Taivutuksen työkierto alkaa uudestaan.

Viimeisen taivutuksen jälkeen putken voi poistaa koneesta.

4.4 Putken pään kartiointi

Putken pään kartiointi voidaan tehdä varsinaisen putken taivutusmenetelmästä riippuen joko ennen tai jälkeen taivutuksen. Taivutuskoneisiin on saatavilla kartiointikoneita, jolloin putkien taivutusten yhteydessä kone kartioi putkien päät valmistuen koko putkiasennelman yhtenä työprosessina.

Kartio voidaan valmistaa joko valssaamalla tai tyssäämällä. Valssaavassa menetelmässä putken pää muovataan pyörivällä liikkeellä asteittain muottia vasten ja tyssäävässä menetelmässä kartiomaisen tuurnan avulla putken pää levitetään muottia vasten kartion muodostamiseksi työkalun pitkittäisellä liikkeellä. Kuva 13 on tyssäävä kartiointikone. Kartiointituurnaa ei näy kuvassa.



Kuva 13 Putken pään kartiointikone (Hakala, 2019d)



Kuva 14 Kartiointilestit, putki, tukiholkki ja kiristysmutteri (Hakala, 2019a)

Menetelmästä riippumatta, valmistettaessa putkia 37° kartioliitoksille on tärkeää, että tukiholkit ja kiristysmutterit ovat asennettuna putken kaulalla ennen putken pään muovausta sekä putken päässä tulee olla riittävästi tilaa siirtää tukiholkki ja kiristysmutteri pois, Kuva 14 keskellä näkyvien, kartiointilestien tieltä (Virta, 2019).

5 HYDRAULIIKKAPUTKISTOJEN 3D-SUUNNITTELU

Ulkonäöltään samanlainen lopputulos voidaan saavuttaa usealla eri työskentelymenetelmällä ja tämä pätee myös putkien mallintamiseen. Se, mikä erilaiset työskentelymenetelmät erottelevat toisistaan, on niiden suhteellinen hitaus tai nopeus. ”Nopeutta” voidaan lähestyä myös monelta kannalta. Nopeutta voi olla tarvittujen hiiren liikkeiden ja painallusten määrä. Nopeutta voi olla myös aika, jonka tietokone käyttää piirteiden ja geometrian laskentaan. Lisäksi nopeutta voi olla luodut dokumentit tai muu tekninen tieto, jota voidaan käyttää kappaleen valmistamiseen.

Alla on lueteltuna muutamia suunnitteluohjelmistoja, joihin sisältyy tai on saatavilla putkistojen suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmamoduuleja, kuitenkin rajoittumatta mainittuihin.

Inventor on Autodeskin CAD-ohjelmisto, jonka Tube & Pipe -laajennuksen suunnittelutyökaluilla voi mallintaa putkia ja letkuja mekaanisiin kokoonpanoihin (About Tube and Pipe, 2022).

NX on Siemensin CAD-ohjelmisto. NX Routed Systems on sarja työkaluja, jossa yhdistyy toimintoja kaapelointien, johtosarjojen, putkistojen ja kanavistojen suunnitteluun (NX Electrical and Mechanical Routing, 2012; Routed Systems, 2020).

Vertex G4 on suomalaisen Vertex Systemsin mekaniikkasuunnitteluohjelmisto. Mekaniikan putkistot on erillinen lisäoptio Vertex G4 -ohjelmaan, jonka avulla käyttäjä voi mallintaa sekä hitsattavia, että taivutettuja putkiasennelmia. (Mekaniikan putkistot, n.d.)

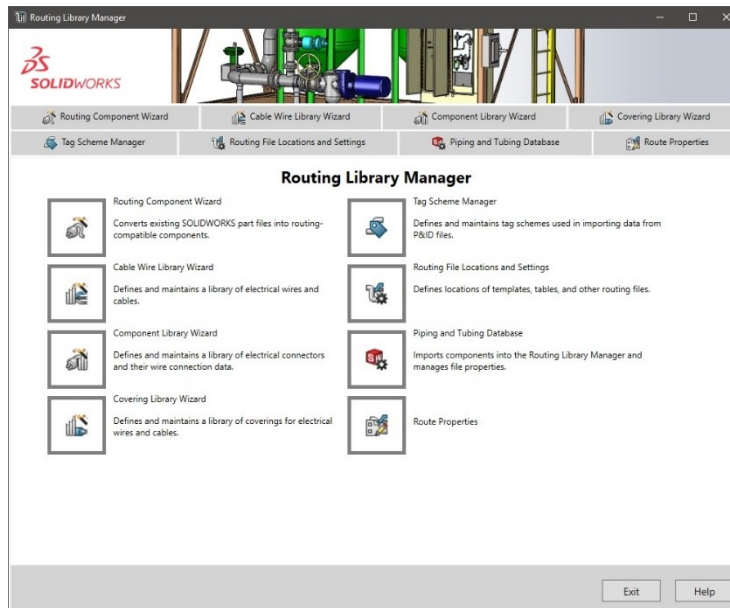
Creo on PTC:n 3D CAD-ekosysteemi. Creon peruspakettiin sisältyvä PCX (Piping and Cabling Extension) tarjoaa työkaluja putkitusten ja kaapelointien reitien suunnittelussa. Yhdessä Creo Schematicsin kanssa PCX:llä on

mahdollista automatisoida reittien 3D-mallintamista 2D-kaavioiden perusteella. (Creo Design Packages Overview, 2021; Creo Piping and Cabling Extension, 2018.)

5.1 SolidWorks Routing

Koska Steerprop:lla on käytössä 3D CAD-ohjelmistona SolidWorks, on luontevinta, että työssä on syvennytty erityisesti SolidWorksin ja Routingin käyttöön hydrauliiikkaputkistojen suunnittelussa.

SolidWorks Routing on SolidWorks Premium -paketin laajennus, johon sisältyy neljä moduulia: Piping, Tubing, User defined (esim. ilmanvaihtokanavat ja johdotourut) sekä Electrical (kaapelit, johtimet ja johtosarjat) (SOLIDWORKS 3D CAD, 2017, osa Compare features). Tämän lisäksi SolidWorks Routing sisältää valikoiman erityyppisiä valmiita komponenttimalleja (SolidWorks, 2021, Luku 5). Routing Library Managerin (Kuva 15) Component Wizard -työkalu opastaa käyttäjää lisäämään komponentteja Routingin komponenttikirjastoon. Tällöin käyttäjä voi myös luoda parametrisesti konfiguroidun emomallin yhden kanava- tai putkilaadun eri kokovariaatioille, jolloin samoilla periaatteilla laaditut muut komponenttimallit osaavat seurata kanavan tai putken muuttumista esimerkiksi putkikoon vaihtuessa. (SolidWorks Web Help, Luku Routing Libraries and the Routing Component Wizard.)



Kuva 15 SolidWorks Routing Library Manager etusivu (Tuomensaari Juha, 2022)

SolidWorks Routingilla luoduissa putkistoissa merkittävimmät piirteet ovat reititikokoonpanot (route assembly) sekä komponenttimalleihin lisätyt connection pointit (CPoint; (liitospiste)) ja route pointit (RPoint; (kulkupiste/reittipiste/linjauspiste)). Näitä pisteitä Routing käyttää putkistoa luotaessa. CPoint on piste, josta putkilinja alkaa tai johon linja päättyy. CPoint sisältää tietoja, kuten reitin tyyppi ja laatu ja komponentin tyyppi. RPointeja Routing käyttää sijoitettaessa komponentteja linjaan. RPoint auttaa osan asemoinnissa putkilinjaan nähden. (SolidWorks Web Help, Luku Routing, Getting Started.)

6 KOMPONENTTIKIRJASTOT

Komponenttikirjastoksi (component library; SolidWorks Design Library) kutsutaan usein luokiteltua tai lajiteltua kokoelmaa 3D-malleja tai detaljeja. Esimerkiksi SolidWorks Toolbox -laajennuspaketti sisältää laajan valikoiman eri standardien mukaisia komponentteja, muiden muassa ruuveja, muttereita, aluslaattoja ja laakereita (SolidWorks Web Help, Luku SolidWorks Toolbox Overview). Komponenttikirjastoja voi laatia yrityksen sisäisesti tarpeista riippuen ja se voi sisältää monia muitakin asioita kuin standardiosia. Komponenttikirjaston

tavoite on helpottaa toistuvasti käytettävien osien tai piirteiden lisäämistä osiin, kokoonpanoihin ja piirustuksiin drag-and-drop periaatteella. Keskitetyn komponenttikirjaston kautta työyhteisön kaikilla käyttäjillä on kaikki komponentit käytettävissään, eikä rinnakkaisia versioita tarvita.

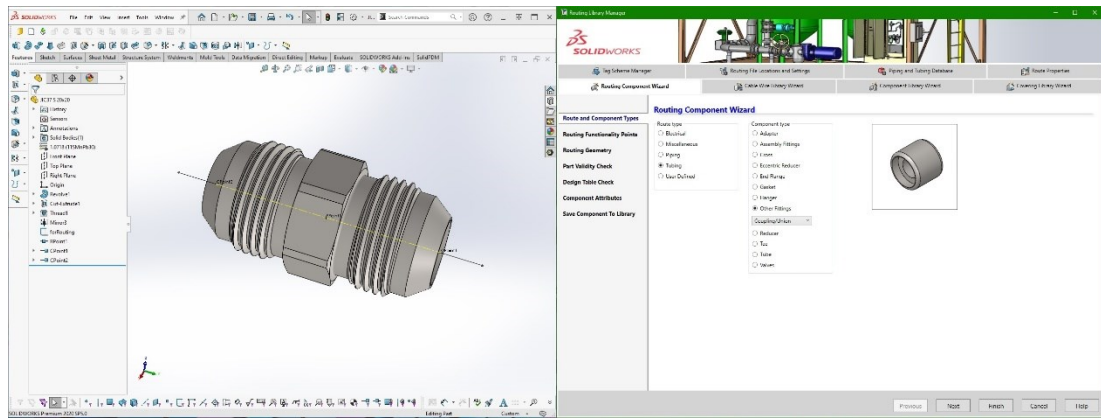
Koska Routingin mukana tuleva komponenttikirjasto ei ole kaikenkattava, voidaan päätyä laatimaan oma komponenttikirjasto tarpeiden mukaan ja tällöin Routingin komponenttikirjaston pohjana on luonnollista hyödyntää olemassa olevia malleja lisäämällä niihin piirteitä, joita Routing tarvitsee toimiakseen (SolidWorks Web Help, Luku Creating and Adding Components to the Library). Yksi työn vaiheista oli tunnistaa tarvittavat piirteet ja yksityiskohdat Routingin toiminnassa, jotta vältetään tuotetiedonhallintajärjestelmän ulkopuoliselta komponenttikirjastolta.

6.1 Komponenttien laatiminen Routing Component Wizardilla

Routing Component Wizard (RCW) on Routing Library Managerista löytyvä työkalu, joka avustaa käyttäjää lisäämään tarpeelliset piirteet komponenttiin, jotta se toimii yhdessä Routingin muiden ominaisuuksien kanssa.

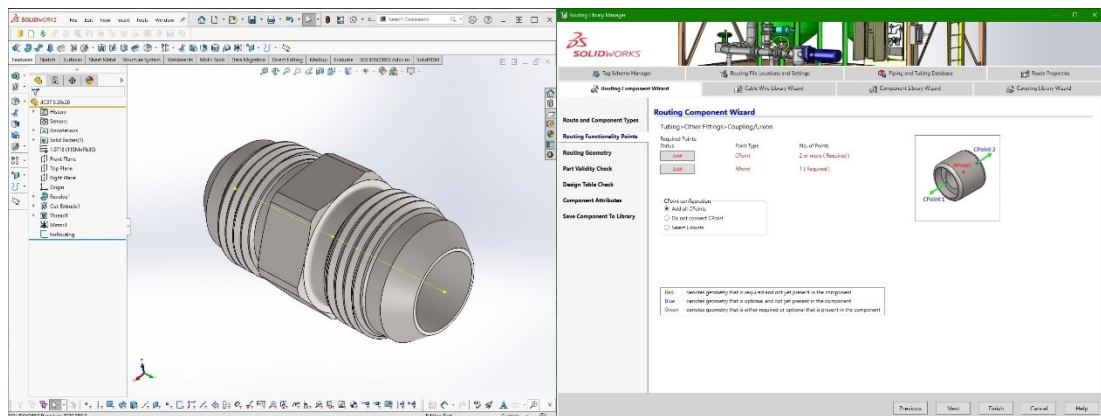
Käyttäjällä tulee olla SolidWorksissa auki ja aktiivisena se osa tai kokoonpano, jolle Routing-piirteet lisätään. RCW tunnistaa aktiivisena olevan dokumentin ja seuraa sille tehtäviä toimenpiteitä prosessin ajan.

Ensimmäiseksi käyttäjä määrittää reittityypin käyttökohteen mukaisesti: Electrical, Miscellaneous, Piping, Tubing ja User Defined, sekä komponenttityypin. Komponenttityypivalikoima riippuu valitusta reittityypistä (Route and Component Types). Tubing-reittityypille mahdolliset komponenttityypit ovat: Adapter, Assembly Fittings, Cross, Eccentric Reducer, End Flange, Gasket, Hanger, Other Fittings, Reducer, Tee, Tube ja Valves. Kuva 16 vasemmalla on SolidWorksin näkyvässä esimerkissä käytetty suora jatkoliitin ja oikealla RCW:n ensimmäisen vaiheen valikot.

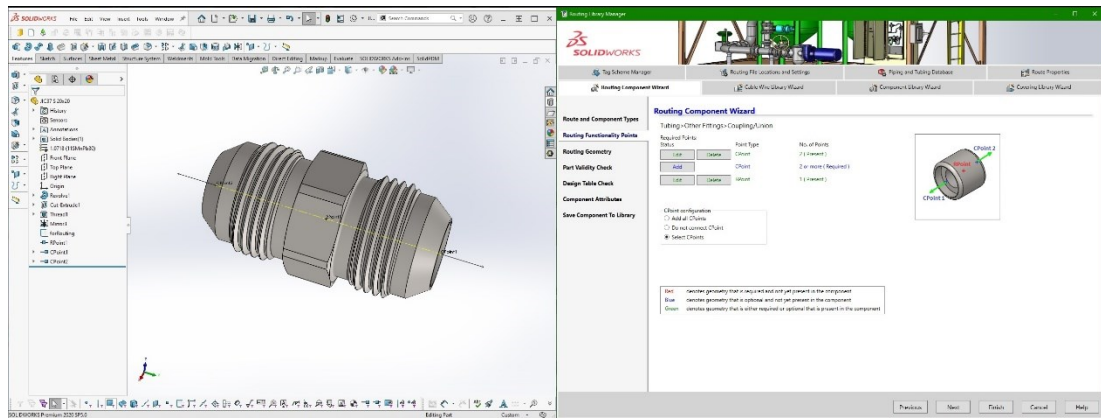


Kuva 16 Reitti- ja komponenttityypin valinta (Tuomensaari Juha, 2022)

Toisessa vaiheessa 3D-malliin lisätään tarvittavat toiminnalliset pisteet (Routing Functionality Points). Kuten Kuva 17 käy ilmi, RCW listaa tarvittavat pisteet tyypeittäin ja määrittäin. Värikoodattu käyttöliittymä auttaa hahmottamaan aktiivisena olevan mallin tilan. Punaiset rivit ovat vaadittuja piirteitä, siniset valinnaisia ja vihreät rivit mallista jo löytyviä piirteitä. Esimerkin liittimelle tarvitaan kaksi CPointia ja yksi RPoint, jotka näkyvät Kuva 18 liittimen päissä ja yksi keskellä.

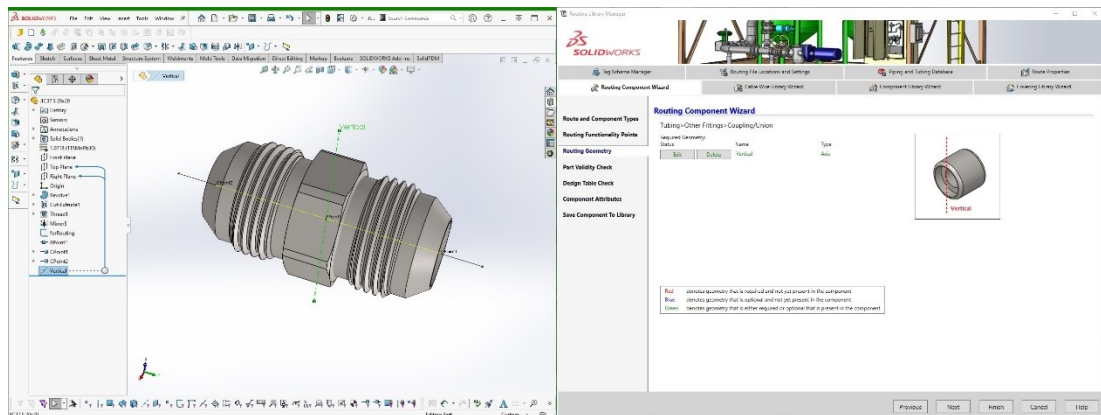


Kuva 17 Vaadittujen toiminnallisten pisteiden lisääminen malliin sketsin avulla (Tuomensaari Juha, 2022)



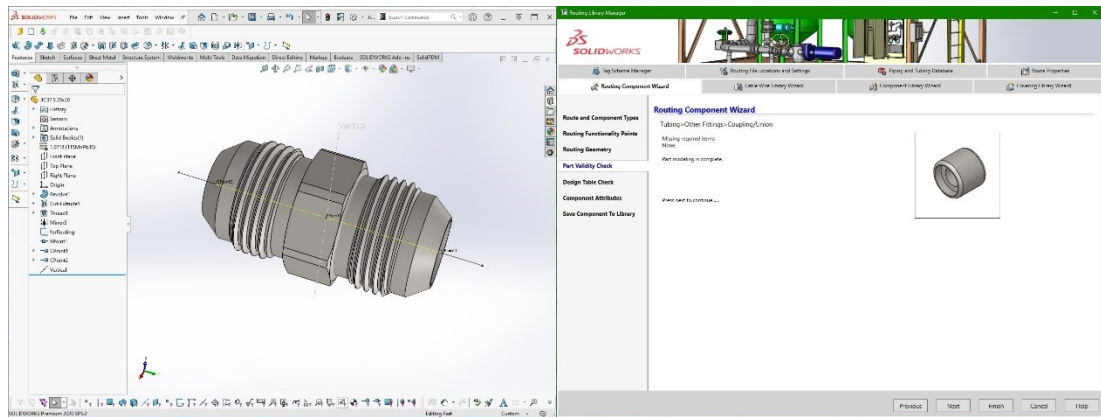
Kuva 18 Kaksi CPointia ja yksi RPoint lisättyinä malliin (Tuomensaari Juha, 2022)

Kolmannessa vaiheessa (Routing Geometry) komponentille määritetään mahdolliset apugeometrit, kuten pyörähdysakselit. Esimerkin liittimelle täytyi määrittää vertikaaliakseli ja se näkyy Kuva 19 vihreällä katkoviivalla esitettynä.



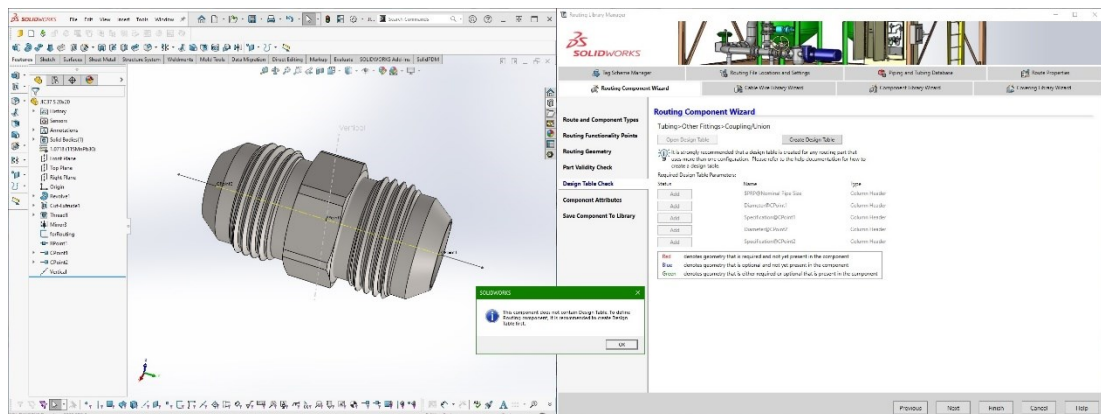
Kuva 19 Vaadittu apugeometria, vertikaaliakseli, lisättyinä malliin (Tuomensaari Juha, 2022)

Neljäs, Part Validity Check, vaiheen tarkoitus on varmentaa aiemmin määritetyt piirteet ja todentaa niiden oikeellisuus. Neljäs vaiheen tilanne Kuva 20.



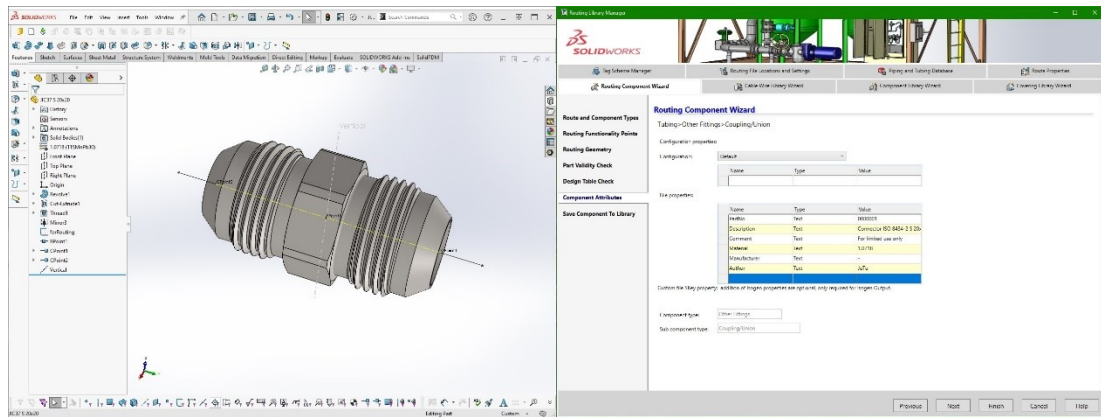
Kuva 20 Validointivaihe (Tuomensaari Juha, 2022)

Design Table Check tarkastaa komponentin mahdollisen Design Tablen syntaksin oikeellisuuden. Esimerkin komponentille ei ole luotu Design Tablea, jolloin RCW huomauttaa asiasta ponnahdusikkunalla, kuten Kuva 21 ilmenee. RCW edellyttää ja/tai ehdottaa erilaisia mahdollisia parametreja, joita taulukossa voi käyttää, riippuen komponentin tyypistä. Design Tablen käytöllä voidaan välttyä useiden eri komponenttidokumenttien ylläpidolta, kun yksi malli on konfiguroitu ilmentämään useita eri kokovariaatioita.



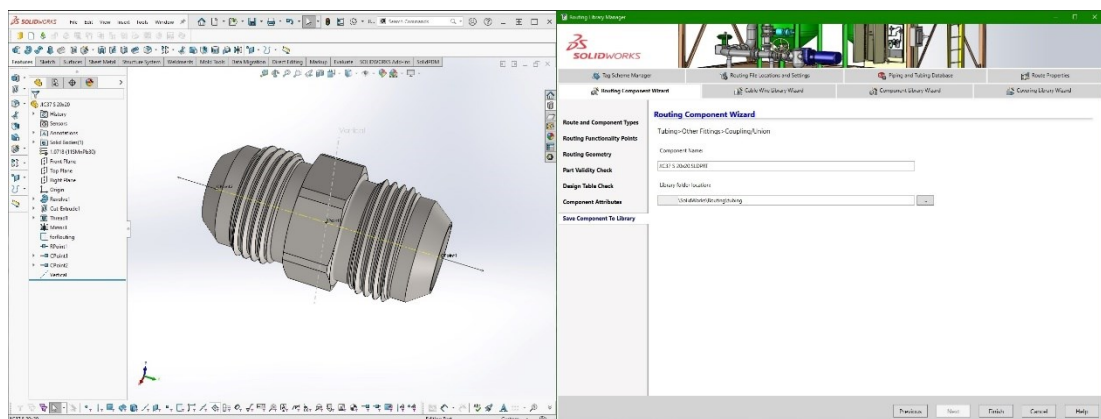
Kuva 21 Design Tablen tarkastus ja täydennys (Tuomensaari Juha, 2022)

Component Attributes -vaiheessa komponentille voi lisätä sekä dokumentti-, että konfiguraatiokohtaisia metatietoja. RCW ehdottaa oletuksena osanumeroa (PartNo), kuvaus (Description), kommentti, materiaali ja valmistaja (Manufacturer), mutta muitakin voi käyttää. Kuva 22 voi havaita, että liittimelle ei lisätty konfiguraatiokohtaisia metatietoja, mutta dokumenttikohtaisia metatietoja on täytetty.



Kuva 22 Metatietojen täydentäminen sekä dokumentille, että sen mahdollisille konfiguraatioille (Tuomensaari Juha, 2022)

Viimeisenä vaiheena Routing Component Wizard varmistaa käyttäjältä dokumentin tiedostonimen sekä tallennuspolun ja lisää komponentin Routingin Piping and Tubing Databaseen. Kuva 23 näkyy RCW ehdottama tiedostonimi ja tallennuspolku.



Kuva 23 Komponentin tallennus tietokantaan (Tuomensaari Juha, 2022)

7 ROUTINGIN YHTEISKÄYTTÖ PDM-JÄRJESTELMÄN KANSSA

Toimeksiantoon liittyen merkittävä kohde työssä oli perehtyä menetelmiin, joilla SolidWorks Routing, sekä yrityksessä käytössä oleva Aton PDM-järjestelmä käsittelevät SolidWorksilla tehtyjä ja tallennettuja tiedostoja.

RCW kirjoittaa sillä laadittujen komponenttien metatietoihin (metadata; SolidWorks File Properties, Custom Properties tai Component Attributes) useita tietoja, vaikka käyttäjä ei niitä erikseen lisäisi RCW Component Attributes -vaiheessa. Nämä tiedot käsittävät tyypillisesti reittityypin, komponenttityypin ja mahdollisen CPointien käyttötavan, mutta myös muita voi olla. (Brinkhuis, 2020, osa 10.)

Varsinaisia putkia Routing käsittelee hieman eri tavalla verrattuna muihin komponentteihin (Brinkhuis, 2020, osa 2). RCW:llä laadittu putki on aihiomalli, josta putkireittiä mallinnettaessa Routing luo kopiomallin.

Mallinnusmenetelmiltään Piping- ja Tubing-tyyppien reitit toimivat eri periaatteilla. Piping-putket muodostetaan peräkkäin liitetyistä suorista ja putkikäyristä, jotka seuraavat määritettyä reittiä. Tubing-tyypin putket ovat yhtenäisiä johtimia reitin alusta loppuun, joissa suorien kohtien risteyskohtaan muodostetaan taivutus. Tubing-putket voidaan myös mallintaa spline-käyrällä vapaamuotoisiksi, jolloin voidaan ajatella kyseessä olevan letku tai muutoin taipuisa putki. Routing kirjaa putkikokoonpanon (routeAssembly) metatietoihin putkireitin pituuden, joka on yksi olennainen tieto putkia valmistettaessa.

Aton PDM käyttää myös metatietoja SolidWorksin dokumenttien tietojen välittämiseen, mutta vain PDM-järjestelmässä olevien dokumenttien osalta. Aton kirjoittaa dokumentteihin muun muassa dokumenttitunnuksen, revisiotunnuksen ja kuvauksen. Lisäksi Aton pystyy lukemaan dokumentista materiaalin aihiomitat ja siten käyttämään niitä osana piirustuksien osaluettelointia.

Aloitettaessa mallintamaan uutta putkea Routingilla, Routing luo pääkokoonpanoon putkikokoonpanon ja siirtyy 3D sketch -tilaan. Kun putken reitti on mallinnettu, Routing piirtää sille putken P&T DB:stä valitun putkilaadun ja -koon mukaan. Tässä vaiheessa PDM ei vielä seuraa putkea tai sen tietoja. Vasta, kun putkikokoonpano on valmis vietäväksi PDM:ään, PDM kirjaa putkikokoonpanolle ja sen sisältämille osille tarvittavat metatiedot ja alkaa seurata niiden käsittelyä. Viimeistään piirustustentekovaiheessa suunnittelijan on varmistettava putken pituus ja tarkastettava, että pituus BOM:ssa on oikein.

Atonia on mahdollista käyttää SolidWorksissa komponenttikirjastona. Toisin sanoen, SolidWorksiin on Aton-käyttöliittymä, jonka kautta voidaan hakea dokumentteja, komponentteja tai niiden tietoja suoraan SolidWorksillä. Tämä mahdollistaa PDM:n käytön komponenttikirjastona esimerkiksi kokoonpanoja mallinnettaessa. Aton-käyttöliittymästä voi lisätä komponentteja kokoonpanoon luontevasti raahaamalla ja komponenttikirjastosta voidaan hakea erityyppisiä osia teemoittain, kuten hydraulikkaliittimiä. Lisäksi Routing tunnistaa komponentteihin lisätyt Routingin käyttämät piirteet ja geometriat ilman, että niistä on rinnakkaista kopiota P&T DB:ssä. Täten vältetään luomasta PDM:stä irrallista kirjastoa ja kaksoiskappaleita dokumenteista.

Saatujen kokemusten perusteella päädyttiin alustavasti luomaan P&T DB:hen vain ahiomallit eri hydraulikkajohdinputkille. Muut Routingin piirteet ja geometriat lisättiin tarvittavilta osin suoraan dokumentteihin, jotka löytyvät PDM-järjestelmästä.

8 SUUNNITTELUSSA TUOTETTAVAT TIEDOT JA DOKUMENTOINTI

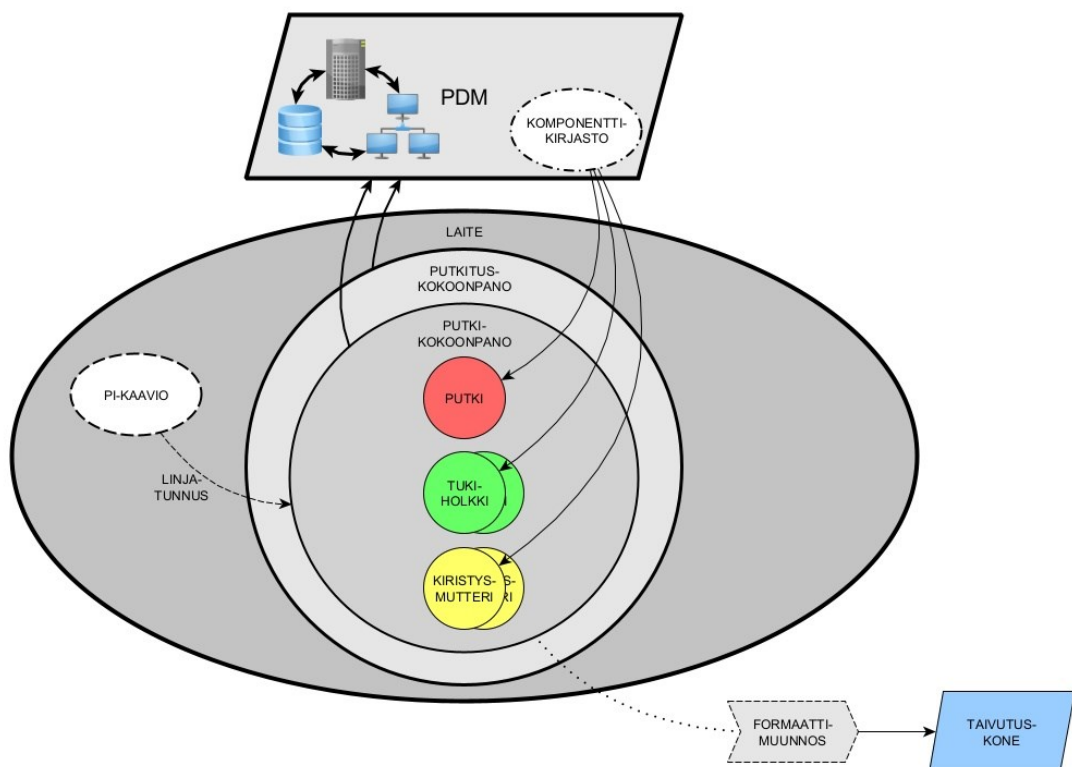
Komponentista tuotettavan tiedon ja dokumentoinnin tyypit ja laajuus riippuu sen asemasta lopullisen tuotteen hierarkiassa. Piirustukset eivät aina ole komponentin valmistamisen edellytys. Esimerkiksi putkien 3D-malleista voidaan tuottaa geometria taulukkomuotoon, joka voidaan syöttää valmistavaan koneeseen. Kuva 24 on esitettyinä dokumenttien ja tietojen suhteita ja käyttöä.

SolidWorks Routingin toimintoihin lukeutuu mallinnuksen työkalujen ja komponenttikirjaston lisäksi myös dokumentoinnin apuvälineitä, kuten putkipiirustus, putken geometriatiedon ulosvienti (Export Pipe and Tube Data) ja taivutustaulukko.

Taivutustaulukossa esitettyjä koordinaattitietoja voidaan käyttää putken ko-
neellisessa valmistuksessa ja myöhemmin geometrian verifiointissa. Risteys-
pisteet kuvaavassa taulukossa annetaan koordinaatit kaikille pisteille, joissa
taivutuksen edeltävä ja seuraava suora risteävät.

Mikäli tuotettu dokumentti sisältää Isogen-metatietoja, voidaan SolidWorks
Routingilla laadituista ja exportatuista putkistoista laatia isometripiirustukset,
joita tyypillisesti käytetään laitosputkistojen valmistuksessa.

3D-malleja voidaan siirtää ohjelmistoista toisiin eri tiedostomuotojen avulla,
kun lukeva ohjelma ei pysty avaamaan ja lukemaan alkuperäisen suunnitte-
luohjelmiston käyttämiä tiedostoja. Yksi edellä kuvattuun käyttöön soveltuva
tiedostomuoto on STEP. Piping Component File (PCF) on tiedostomuoto,
jonka avulla voidaan siirrellä putkistojen tietoja ohjelmasta toiseen esimerkiksi
isometripiirroksien laatimista varten.



Kuva 24 Suunnittelutietojen lähteet ja käyttö putkikokoonpanon
suunnittelussa (Tuomensaari Juha, 2022)

Kokoonpanon ja valmistettavuuden kannalta yrityksessä päädyttiin laatimaan piirustukset toistaiseksi vain kokoonpanotasolla eli yksittäisesti putkiasennelmista ei tehtäisi piirustuksia vaan tärkeämmässä roolissa olisivat 3D-mallit.

9 SUUNNITTELUOHJEEN KIRJOITUSPROSESSI

Tehtävän alkua oli pohjustanut hydraulikkajärjestelmän putkiston mallintaminen toteutuneiden projektien pohjalta, jota seurasi putkiston suunnittelu uudelle projektille. Nämä vaiheet antoivat runsaasti eväitä putkistosuunnittelun periaatteisiin sekä lisäksi tutuksi tuli käytössä olevat putkistokomponentit. Putkiston mitoitus ja käytettävien komponenttien valinta ei sisällynyt toimeksiantoon, sillä kaaviot olivat jo olemassa ja hydraulikkaliitinten tuotesarja entuudestaan käytössä. Täten suunnitteluohjeen tuli kattaa mallinnustyökalun käyttöönotto yksittäisen käyttäjän näkökulmasta sekä ohjeet peruskäyttöön. Lisäksi suunnitteluohjeeseen laadittiin taulukoituja ohjearvoja, jotka juontuvat koneellisen taivutuksen asettamista vaatimuksista ja rajoitteista.

Tutustuminen SolidWorks Routingin käyttöön alkoi oppaita lukemalla, opetusvideoita katsomalla sekä luonnollisesti kokeilemalla. Tästä hahmottui perusteet, joiden päälle pystyi rakentamaan syventävää osaamista. Routingin toimintoihin syventyminen lisäsi myös yleistä SolidWorksin tuntemusta. Viime kädessä suurimmat läpimurrot Routingin ymmärtämisessä tapahtuivat omien kokeilujen kautta, koska valmiita ohjeita ei löytynyt.

Aluksi putkien mallintamista Routingilla kokeiltiin mielivaltaisessa kokoonpanorakenteessa, jota seurasi mallinnuskokeet hydraulikkakoneikon kokoonpanossa ja myöhemmin vielä hydraulikkajärjestelmän kokoonpanossa. Mallinnuskokeiden kautta löydettiin ratkaisuja yhteiskäyttöön PDM:n kanssa sekä muodostettiin toimintamallit piirustuksien laatimiseen.

Suunnitteluohjeen laatimisessa merkittävässä roolissa oli käytössä oleviin tuotesarjoihin tutustuminen, sekä niihin liittyviin ratkaisuihin perehtyminen ja omaksuminen.

Kirjallisuuden lisäksi käytännön näkökulmia putkistojen reitityksen ja kannakoinnin suunnitteluun saatiin keskusteluista tuotannon asentajilta, alihankkijoilta ja tutkimalla vanhojen projektien dokumentoinnista. Vierailu alihankkijan toimipisteellä auttoi hahmottamaan taivutetun putken valmistusprosessia.

Kokoonpanopiirustuksien laatimiseen kokeiltiin erilaisia käytäntöjä tekstikentistä osanumeropallojen tyyliin. Ensimmäiset versiot osoittautuivat tarpeettoman työläiksi ja virheiden mahdollisuus oli suuri. Linjatunnuksen lisääminen osanumeropallon rinnalle oli myös virhealtis. Helpommaksi ratkaisuksi havaittiin SolidWorksin vakio-osanumeropallon tyylin vaihtaminen putkien osalta halkaistuksi kaksiosaiseksi palloksi. Tällöin pallo sisältää kaksi erillistä tekstikenttää, joista toinen ilmaisee osanumeron BOM:sta ja toiseen kirjoitetaan putken linjatunnus, kuten Kuva 25. Sekä osanumeron, että linjatunnuksen esittäminen piirustuksessa helpottaa hydraulikaavion ja kokoonpanopiirustuksen vertailua, esimerkiksi kokoonpanovaiheessa. Linjatunnukset eri putkille on koottu hydraulikaavioon.

Ohjeessa on omat osuutensa Routingin käyttöönotosta ja yksityiskohtaisempia vaihekuvauksia eri tilanteista, kuten uuden putkireitin aloittaminen, putkikokoonpanon vieminen PDM:ään, linjatunnuksien käytöstä ja dokumentoinnin kokoamisesta.

Suunnitteluohjeen loppuun on koottu mittataulukoita, esimerkkejä ja viimeiselle sivulle kaavio työnkulusta Routingilla työskentelystä.

Suunnitteluohjeen käytettävyyttä ja toimivuutta tullaan kokeilemaan tulevien projektien yhteydessä ja ohjetta kehitetään ja täydennetään saadun palautteen perusteella.

11 YHTEENVETO

Työskentely putkituksen ja suunnitteluohjeen parissa on ollut opettavaista. Ammatillinen osaamiseni on kehittynyt mielestäni valtavasti ja olen oppinut paljon sekä SolidWorksista, että Aton PDM-järjestelmästä. Lisäksi olen oppinut paljon hydrauliiikan komponenteista ja niihin liittyvistä standardeista. Minulle on kehittynyt vahvat valmiudet putkistojen suunnitteluun ja näkemystä komponenttivalintoihin sekä yleisemmin koneteknisiin ratkaisuihin.

Suunnitteluohje laadittiin tarpeeseen, sillä Steerprop Oy:ssä on jo useamman vuoden ajan ollut vahva intressi kehittää suunnittelutekniikkaa ja -menetelmiä sekä parantaa käytössä olevien työkalujen käyttöastetta.

Kääntöpuolena voisi mainita myös muutoksen vaikeuden. Suunnittelun laajentaminen kattamaan putkistot yksityiskohtaisemmin kuin ennen on myös ollut vaikea prosessi, sillä se lisää suunnittelijoiden työmäärää ja edellyttää uusien toimintamallien oppimista, joka ei tapahdu itseksensä.

Vaikka päätöstä Routingin käyttöönotosta ei kirjoitushetkellä ole vielä tehty, on suunnitteluohjeen laatiminen myös auttanut SolidWorksin niin sanottujen vanilla-menetelmien käytössä putkistoja suunniteltaessa. Projektin aikana on valittu ja vakiintunut menetelmiä, joilla putkistojen tietoja käsitellään ja tallennetaan tiedonhallinnanjärjestelmään ja ensimmäisiin toimitusprojekteihin on erinomaisella menestyksellä hankittu putkia esivalmisteina. Tästä on saatu merkittävä hyöty kokoonpanon läpimenoaikoihin ja niistä syntyviin kuluihin.

LÄHTEET

About Tube and Pipe. (23.2.2022). Autodesk Knowledge Network. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Inventor-Help/files/GUID-90D32FC9-621B-4DE0-B5DB-6691E4641A1B-htm.html>

Alexander, E. (2020). First Day with Tube Fittings: Fittings 101 the Basics. Motion and Control Technology Blog. Haettu 20.10.2021 osoitteesta <http://blog.parker.com/first-day-with-tube-fittings-fittings-101-the-basics>

Alexander, E. (2020). Second Day with Fittings: Common Terms and Definitions. Motion and Control Technology Blog. Haettu 20.10.2021 osoitteesta <http://blog.parker.com/second-day-with-fittings-common-terms-and-definitions>

Brinkhuis, P. (2020). How to create Routing components. CAD Booster. Haettu 25.3.2021 osoitteesta <https://cadbooster.com/how-to-create-routing-components/>

Creo design packages overview. (2021). PTC. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/CAD/Creo8/packages/creo-design-packages-overview-brochure-en.PDF>

Creo Piping and Cabling Extension. (2018). PTC. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/CAD/Creo/Creo-Piping-and-Cabling-Extension-Datasheet-English.PDF>

EN 10305-4:2016. (2016). Steel tubes for precision applications - Technical delivery conditions - Part 4: Seamless cold drawn tubes for hydraulic and pneumatic power systems. European Committee for Standardization. https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=CEN:110:0:::FSP_PROJECT:38315&cs=192272061A86C917A7C7A53695CFDCB2B

Hakala, A. (2019). Kuva 8 [Valokuva]. Julkaistu Fluiconnecto Oy:n luvalla.

Hakala, A. (2019). Kuva 9 [Valokuva]. Julkaistu Fluiconnecto Oy:n luvalla.

Hakala, A. (2019). Kuva 10 [Valokuva]. Julkaistu Fluiconnecto Oy:n luvalla.

Hakala, A. (2019). Kuva 11 [Valokuva]. Julkaistu Fluiconnecto Oy:n luvalla.

Hakala, A. (2019). Kuva 12 [Valokuva]. Julkaistu Fluiconnecto Oy:n luvalla.

High Pressure Connectors Europe Division. (2022). Industrial Tube Fittings Technical Handbook CAT-4100-UK. Parker Hannifin. <https://www.parker.com/literature/HPCE/New/CAT-4100-UK.pdf>

Hydraulic piping standard handbook. (2014). GS-Hydro. https://se.gshydro.com/wp-content/uploads/2020/09/gs-hydro_hydraulic_piping_standard_handbook_revision_1.pdf

ISO 8434-2:2007. (2007). Metallic tube connections for fluid power and general use - Part 2: 37 degree flared connectors. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/39278.html>

Mekaniikan putkistot. (n.d.). Vertex G4 2022 tuotedokumentaatio. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://kb.vertex.fi/g42022fi/g4-perustoiminnallisuus/vertex-g4-n-lisaeoptiot/mekaniikan-putkistot>

NX electrical and mechanical routing. (2012). Siemens Product Lifecycle Management Software. Haettu 2.3.2022 osoitteesta https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/4181_tcm1023-47161.pdf

Pöysti, T. (1988). HydrauliiKKaputkistojen suunnittelu ja asennus. Metalliteollisuuden kustannus.

Routed Systems. (23.4.2020). Siemens Digital Industries Software. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/mechanical-design/routed-systems.html>

Röytiö, H. & Söderberg, K. (1994). Ohutseinäputket: ominaisuudet ja käyttö. Metalliteollisuuden kustannus.

SolidWorks. (2021). SolidPractices: Routing. Dassault Systèmes. <https://my.solidworks.com/support/solidpractices>

SOLIDWORKS 3D CAD. (27.11.2017). SolidWorks. Haettu 16.3.2022 osoitteesta <https://www.solidworks.com/product/solidworks-3d-cad>

SolidWorks Web Help (2020 SP5.0). [tietokoneohjelma]. Dassault Systèmes.

Steerprop. (2021). Toimintakäsikirja. Steerprop intranet.

Steerprop. (2022). Kuva 25 [kuvankaappaus]. Julkaistu Steerprop Oy:n luvalla.

Steerprop. (n.d.). About Steerprop. Steerprop Oy. Haettu 31.12.2021 osoitteesta <https://steerprop.com/about-us>

Steerprop Oy. (n.d.). Kauppalehti. Haettu 28.3.2022 osoitteesta <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/steerprop+oy/16127372>

Teollisuushydraulijärjestelmän suunnittelu ja hankinta =: Design and procurement of industrial fluid power systems. (2006). PSK standardisointiyhdistys.

Tube Fittings Division. (2021). Industrial Tube Fittings, Adapters and Equipment - Cat. 4300. Parker Hannifin. https://www.parker.com/literature/Tube%20Fittings%20Division/4300_Catalog_Cover.pdf

Valtanen, E. (toim.). (2016). Tekniikan taulukkokirja (21. p.). Genesis-Kirjat.

Virta, Sampa. (2019). Keskustelu toimittajavierailun yhteydessä Fluiconnecto Loimaan toimipisteelle.

Virta, Sampsa (toim.). (2010). Hydrauliputkistot =: Hydraulic pipelines. KP-Media.