



# Työnsuunnittelun ja työnseurannan kehittäminen

Frans Hoppi

Oskari Ahvenjärvi

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2021

Konetekniikka  
Automaatio- ja lentokonetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Automaatio- ja lentokonetekniikka

Hoppi, Frans & Ahvenjärvi, Oskari  
Työnsuunnittelun ja työnseurannan kehittäminen

Opinnäytetyö 31 sivua  
Kesäkuu 2021

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää PrePipe Oy:n työnsuunnittelua ja työnseuranta teollisuusputkistojen valmistuksessa. Kehitystyöllä onnistuisi työajan säästäminen tietyistä vaiheista suunnittelua. Lisäksi edistymän seurannasta tulisi reaaliaikaisempaa sekä tiedon käyttökelpoisuus parantuisi. Ennen varsinaista opinnäytetyön aloittamista tutkittiin käytössä olevaa Navisworks-ohjelmaa, jota käytetään yrityksessä putkistojen 3D-mallien tarkasteluun. Ohjelmaa hyödynnetään työnsuunnittelussa nykyisessä toimintamallissa. Nykyiseen toimintamalliin perehdyttiin huolellisesti, jotta kehityskohteet ja kunnossa olevat asiat saatiin selville ja eriteltyä.

Ohjelman käyttömahdollisuuksien laajentaminen ja kehittäminen onnistuu iConstruct-lisäosaa käyttämällä, jolloin ohjelman käyttöä voitiin hyödyntää myös edistymän seurannassa. Lisäosan käyttäminen sisälsi Excel-taulukoiden luomista ja muokkaamista, joista tietoa voitiin tuoda ja viedä iConstruct-lisäosalle ja taas eteenpäin putkistojen 3D-malliin. Lisäosassa käyttöön otettiin myös väriyökalu, jolla Excel-taulukossa prosentteina määritetty valmiusaste värittää komponentin 3D-malliin.

Työnsuunnittelussa työaikaa säästävänä ominaisuutena oli putkitietojen eli muun muassa koon, pituuden ja määrän tuominen malliin sekä valmiusasteen perusteella määritetyt värit kappaleille. Edistymän tarkistelussa hyödyttävimmät muutokset olivat muun muassa tietojen kokoaminen yhteen paikkaan, reaaliaikaisen tiedon saaminen sekä osakokonaisuuksien ja komponenttien jaottelu väreillä valmiusasteen mukaan.

Edellä mainituista parannuksista saatiin lupaavia tuloksia ja hyvää palautetta PrePipe Oy:ltä, kun kehitetty toimintamalli ja sen peruseriaate otettiin testikäyttöön. Toimintamalli otettiin hyvin vastaan ja edistymän seurannan helppous ja reaaliaikaisuus, ajalliset säästöt työnsuunnittelussa sekä 3D-malleista saatavat monipuolisemmat tiedot olivat hyödyllisiä muutoksia.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine Automation and Aircraft Engineering

HOPPI, FRANS & AHVENJÄRVI, OSKARI:  
Development of Work Planning and development of Progression Monitoring

Bachelor's thesis 31 pages  
June 2021

---

The main goal of this thesis was to develop work planning and progression monitoring at PrePipe Oy. Crucial aspects for success were improving task efficiency and ease of use. By making data available at a more frequent update rate information obtained would be more precise and easily readable. In the first stage of this study, research was done on the Navisworks software. Navisworks was already in use at PrePipe Oy. Current procedure was studied carefully to find out what needed the most improvement.

iConstruct is a program which expands Navisworks features. By using iConstruct it is possible to edit, extract and import data to Navisworks easily. iConstruct also allows user to colour code different objects of a 3D model with desired colours.

One of the main benefits of the newly developed system was the ability to gather properties of the pipelines to a 3D model using Excel, and vice versa. These properties include size, length and quantity, et cetera. Colour coding turned out to be an extremely useful way to represent project progression and it does not require many additional steps from the user after gathering the progression status to Excel.

The new system achieved promising results and received positive feedback from PrePipe when it was introduced and tested for the first time. Especially the ease of use of progression monitoring gained support. Data exporting from Navisworks models proved to be very useful for many tasks too.

---

Key words: work planning, progression monitoring, practice, affordances

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	PREPIPE OY .....	7
3	SUUNNITTELUOHJELMAT .....	8
3.1	3D-suunnittelu- ja mallinnusohjelmien historiaa .....	8
3.2	3D-suunnitteluohjelmien perusteet ja toimintaperiaate.....	8
3.3	Suunnitteluohjelmien hyödyt ja heikkoudet .....	10
4	SUUNNITTELUOHJELMIEN KÄYTTÖ .....	12
4.1	Suunnitteluohjelmien käyttö teollisuudessa.....	12
4.2	Suunnitteluohjelmien käyttö putkistojen valmistuksessa .....	12
5	TYÖN SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN.....	15
5.1	Työnsuunnittelu yleisesti .....	15
5.2	Työnsuunnittelu PrePipellä .....	17
5.3	Toimintamallin ja työnsuunnittelun kehittäminen .....	18
6	TYÖN SEURANNAN KEHITTÄMINEN.....	25
6.1	Työnseuranta yleisesti .....	25
6.2	Työnseuranta PrePipellä.....	25
6.2.1	Työnseurannan kehittäminen .....	26
7	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET.....	31

**LYHENTEET JA TERMIT**

CAD	Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing eli tietokoneavusteinen valmistaminen
NC	Numerical Control eli numeerinen ohjaus
FEM	Finite Element Method eli elementtimenetelmä, jota käytetään esimerkiksi lujuuslaskennassa, tunnetaan myös termillä FEA

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään teollisuusputkistojen valmistuksen kehittämistä työn suunnittelun ja työn seurannan kannalta. Suunnittelussa pyritään kehittämään ajankäyttöä, yksinkertaistamaan suunnitteluprosessia ja välittämään tarvittavat tiedot eteenpäin suunnitellusta mallista. Työn etenemisen seurannassa kehityskohteena on reaaliaikaisempi tiedonsaanti tuotteiden edistymisestä tuotannossa. Kehitystyötä tehdään annetun suunnitteluaineiston sekä 3D-mallien pohjalta. Suunnitteluaineistoon kuuluu muun muassa isometrejä yksittäisistä putkista ja putkistoista. 3D-mallit sisältävät useimmiten putkistosuunnitelmia kolmiulotteisena. Opinnäytetyön tarkoituksena on löytää kehityskohteet suunnitteluun ja seurantaan, perustella niiden toimivuus ja tehdä tarvittavat muutosehdotukset. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää PrePipe Oy:n teollisuusputkistojen valmistuksen suunnittelua ja etenemisen seurantaa. Aihe rajattiin koskemaan suunnittelun ja työnseurannan kehittämistä, jotta suunniteltuun aikatauluun päästäisiin.

## 2 PREPIPE OY

PrePipe Oy on 2006 perustettu lappeenrantalainen keskisuuri teollisuusputkistojen valmistukseen ja kunnossapitoon erikoistunut yritys. Se tarjoaa myös säiliöasennuksia, hoitotasojen ja teräsrakenteiden urakointia, CAD-suunnittelua, lujuuslaskentaa, projektibudjetointia, kustannuslaskentaa sekä projektien laatu- ja asennusvalvontaa.

PrePipen vuosiliikevaihto on noin 10 miljoonaa ja se työllistää yli 50 henkilöä toimistolla, tehtaalla sekä urakointikohteissa. Päämarkkina-alue on Suomi, mutta satunnaisia urakoita on maailmanlaatuisesti.

Tärkeimpiä asiakaskohteita ovat prosessi-, metsä- ja kemianteollisuus sekä voimalaitokset. PrePipe on tunnettu laadustaan ja luotettavuudestaan. Sillä onkin suuria pitkäaikaisia yhteistyökumppaneita, kuten Storaenso, UPM, Valmet ja Andritz. PrePipellä on myös oikeus käyttää Luotettava kumppani ja Valttikortti merkintöjä markkinoinnissaan. (PrePipe Oy ; Myllys 2021.)

### **3 SUUNNITTELUOHJELMAT**

#### **3.1 3D-suunnittelu- ja mallinnusohjelmien historiaa**

3D-suunnittelu- ja mallinnusohjelmilla eli tietokoneavusteisella kolmiulotteisella mallinnuksella ja suunnittelulla on korvattu lähes täysin 1990-luvulta eteenpäin perinteinen paperille tehtävä tekninen piirtäminen. Tarve tietokoneavusteiselle suunnittelulle eli CAD-suunnittelulle syntyi teknisten piirustusten muuttuessa yhä monimutkaisemmiksi ja vaikeammin ymmärrettäviksi. Suunnitteluohjelmilla monimutkaistenkin mallien ymmärtäminen saatiin huomattavasti helpommaksi paperiseen piirustukseen verrattuna, koska mallia voidaan esimerkiksi tarkastella eri puolilta. Tekniseen piirustukseen käsiteltävä kohde sen sijaan piirrettiin useimmiten yhdestä suunnasta ja kohdetta havainnollistettiin kolmiulotteisella kuvalla erityisesti koneenpiirustuksessa. Luonnollisesti suuret vaikuttavat tekijät suunnitteluohjelmien käytön lisääntymiseen ovat mallien välittämisen ja muokkaamisen helppous, suunnittelun nopeus ja lopulta säästäminen suunnittelu-, valmistus- ja asennuskustannuksissa

Tietokoneavusteisen suunnittelun rinnalle on noussut myös CAM eli tietokoneavusteinen valmistaminen, vaikka ne olivatkin erikseen käytössä aiemmin. Kyseisellä muutoksella saadaan kätevästi CAD-malli työstömalliksi, jonka työstökone ymmärtää. Koneenpiirustusta taas ei voida suoraan välittää työstökoneelle, vaan koneenkäyttäjän on ohjelmoitava työstöohjelma numeerista ohjausta käyttäen eli NC-ohjausta käyttämällä. (Aaltonen 1982) Varsinkin monimutkaisissa työstettävissä kappaleissa huomataan CAD/CAM-ohjelmien tuoma nopeus ja tehokkuus teollisuuden valmistamiseen.

#### **3.2 3D-suunnitteluohjelmien perusteet ja toimintaperiaate**

Suunnitteluohjelmien toimintojen perusta on yksinkertainen eikä suoranaisesti eroa perinteisestä paperipiirroksesta eli isometrikuvasta. Tietokoneiden kehittyessä kyettiin ensin luomaan vähemmän laskentatehoa vaativia ohjelmia ja tietokonemallinnuskin tapahtui lähinnä kaksiulotteisesti. Tehokkaampien laitteiden



yleistyessä myös ohjelmat ovat alkaneet monimutkaistua ja 3D-mallit mahdollistuvat. Digitaalisessa muodossa esitettyjä kolmiulotteisia rakennelmia ominaisuustietoineen kutsutaan tietomalleiksi (Palkama 2015, 10).

Suunnitteluohjelmat perustuvat usein kaksi- ja kolmiulotteiseen XYZ-koordinaatistoon ja sen hyödyntämiseen. Kolmiulotteinen malli saadaan aikaiseksi piirtämällä kaksiulotteinen kuva valittuun tasoon niin sanotussa luonnostelutilassa. Tämä kuva pursotetaan kolmannen dimension suuntaan, jolloin saadaan aikaiseksi kolmiulotteinen kappale. Kuva voidaan paikoittaa eri referenssipisteisiin kuten koordinaatiston origoon ja itse mallin yksinkertaiset osat toisiinsa. Esimerkiksi kuutio voidaan valmistaa piirtämällä kaksiulotteinen neliö, joka pursotetaan kolmannen koordinaattiakselin suuntaisesti. Monimutkaisemmat kappaleet mallinnetaan purkamalla piirtäminen ja hahmottelu osiin. Edellä mainittua kuutiota voitaisiin hyödyntää esimerkiksi aidanseipään pohjavaluna. Itse aidanseiväs voitaisiin piirtää kaksiulotteisena kuution pintaan ja sitten pursottaa se kolmannen dimension suuntaan halutun korkuiseksi.

Vaikka suunnitteluohjelmat ja niiden perustoimintaperiaatteet perustuvat edellä kuvattuun ajatusmaailmaan sisältävät ne nykypäivänä huomattavan määrän niin kutsuttuja työkaluja. Luonnostelutilan käyttö perustuu työkaluihin, joilla voidaan piirtää helposti geometrisiä kuvioita kuten suunnikas ja ympyrä. Muutamia yleisimmin käytettyjä työkaluja moniulotteisten kappaleiden muokkaamiseen ovat reiäntekotyökalu, pyöristystyökalu ja peilaus. Eri työkalujen on tarkoitus helpottaa suunnittelijan rutiinitoimintoja.

Työkalujen toimintaperiaatteen havainnollistamisen avuksi otetaan jälleen tarkasteluun aiemmin mallinnettu kuutio. Kuutioon voidaan tehdä reunojen pyöristys tarkastelemalla jokaista terävää reunaa erillisenä tapauksena ja piirtämällä ne yksitellen pyöreäksi luonnostelutilassa. Työkalun avulla työ kyetään tekemään helpommin ja tehokkaammin. Ainakin Vertex G4-suunnitteluohjelmassa valitaan vain pyöristystyökalu ja kappaleen sivut, joihin sitä halutaan käyttää. Tämän jälkeen ilmoitetaan vain haluttu pyöristyssäde ja ohjelma tekee pyöristyksen jokaiselle sivulle ennalta asetettujen parametrien mukaisesti.

### 3.3 Suunnitteluohjelmien hyödyt ja heikkoudet

Vaikka suunnitteluohjelmat mahdollistavatkin paljon asioita, ne eivät ole syrjäyttäneet perinteisiä menetelmiä ja tiedonvälitystapoja täysin. Suunnitteluohjelmat ovat mahdollistaneet suurien kokoonpanojen ja tehtaiden mallintamisen ja visualisoinnin helposti. Kerran mallinnettua valopylvästä tai kannaketta voidaan kopioida helposti ja nopeasti jokaiseen tarvittavaan paikkaan. Virheitä on myös vaivatonta korjata tai mallin skaalausta muuttaa. (Hintikka 2021.) Lisäksi suurestakin kokoonpanosta voidaan helposti tehdä erilaisia versioita esimerkiksi erilaisilla valopylväsmalleilla.

Valmiit mallit muutetaan edelleen useimmiten perinteisiksi isometrikuviksi. Mallinnusohjelmissa on usein toiminto, jolla tämä on vaivatonta ja yleisesti ne tallennetaan PDF-tiedostoksi ja edelleen tulostetaan tarvittaessa. Tablettitietokoneisiin on kehitetty paljon ohjelmistoja, joilla malleja voidaan tarkastella helposti esimerkiksi tehdasympäristössä. Nämä ohjelmistot ovat yleensä kevyempiä ja rajoitetumpia ominaisuuksiltaan suunnitteluohjelmiin verrattuna. Yksittäisten tulosteiden etu onkin helppo kuljetettavuus ja muistiinpanojen tai muutosten merkintä. Tulosteet eivät myöskään tarvitse lisenssimaksua, sähköä tai erillistä ja rikkoutuvaa mukana kannettavaa laitetta.

Päänvaivaa suunnitteluohjelmien käyttöön ja tiedostojen muokkaamiseen tuottavat ohjelmistojen tuottajien kilpailu. Käytännössä jokainen ohjelmisto käyttää omaa tiedostotyyppiään ja niinpä suunnittelutoimiston valitsema yhteistyökumppani määrittää pitkälti koko valmistusketjun käyttämän ohjelmistotarjoajan. Laitteiden ja ohjelmistojen yhteensopivuus onkin tärkeää tehokkuuden saavuttamiseksi ja hyödyn maksimoiseksi. (Myllys 2021.) Suunnitteluohjelmiin lisätään 3D- ja 2D-kääntäjiä, jotta eri ohjelmien tuottamien mallien ja piirustusten tarkastelu on mahdollista. G4Plant-ohjelmassa käytössä olevat vakiokääntäjät kykenevät lukemaan 3D-malleista esimerkiksi STL-tiedostomuotoa ja 2D-piirustuksista taas DWG-tiedostomuotoa. (Suorituskykyä suurten projektien suunnitteluun. Vertex G4Plant laitos- ja putkistosuunnitteluohjelmisto n.d.) Vakiokääntäjien tiedostomuotojen lista on kuitenkin varsin rajallinen, joten esimerkiksi uudelta asiakkaalta saatavien mallien tai piirustusten tulkinta saattaa olla hankalaa ja aikaa vievää.

Suunnitteluohjelmien hyötyihin kuuluu muun muassa FEM-laskennan eli lujuuslaskennassa pääosin käytetyn elementtimenetelmän hyödyntäminen. Esimerkiksi Autodesk Inventor -ohjelmassa toiminnon löytää Stress Analysis -nimellä eli kappaleelle määritetään materiaali ja sille tyypilliset ominaisuudet, minkä jälkeen kappaleeseen kohdistetaan voimia esimerkiksi sen kiinnityskohtiin. Tällöin ohjelma määrittää kappaleeseen syntyvät vertailujännitykset, joista voidaan päätellä kappaleeseen tarvittavat mahdolliset muutokset, jotta esimerkiksi venymää, kiertymää tai murtumista ei tapahdu. Vaikka yleisesti ohjelman suorittamien laskentojen paikkansapitävyys on hyvä, suositellaan kuitenkin laskujen tarkistamista käsin. Erityisesti suurien rasittavien voimien laskennassa täytyy olla erittäin tarkka, jotta valmistettu kappale ei petä kuorman alla, eikä syytä voida langettaa ohjelman niskoille vaan suunnittelijan. Tällöin yhtenä ”heikkoutena” suunnitteluohjelmissa saatetaan nähdä helposti muodostuva liiallinen luottamus.

Suunnitteluohjelmilla saadaan suunniteltua todella usein malli niin sanotusti kerasta oikein eli toisin sanoen ne säästävät työaikaa. Suunnitteluohjelma voi joskus viedä harhaan ja esimerkiksi valmistettavat mallit eivät välttämättä onnistukaan niin kuin tietokoneen ruudulla, joten mallit ja piirustukset on syytä tarkistaa.

## **4 SUUNNITTELUOHJELMIEN KÄYTTÖ**

### **4.1 Suunnitteluohjelmien käyttö teollisuudessa**

Yhä useammissa teollisuuden yrityksissä hyödynnetään suunnitteluohjelmia tuotteiden suunnitteluun, mekaaniseen suunnitteluun ja jopa kokonaisen teollisuushallin putkilinjojen suunnitteluun. Suunnitteluohjelmia käytetään myös tuotteiden valmistuksessa apuna niiden tuoman valmistus- ja kustannustehokkuuden vuoksi. Valmistustehokkuuden parantaminen on jokaiselle yritykselle päämäärä eli kaluston päivittäminen uuteen on käytännössä pakollista suunnitteluohjelmiin siirtymisen lisäksi, mikäli kilpailukykyisenä pysymisellä on merkitystä.

Suomalaisia suunnitteluohjelmia on tarjolla lähes kaikille teollisuuden aloille sähkösuunnittelusta mekaniikkasuunnitteluun, mistä hyviä esimerkkejä ovat CADS Electric ja Vertex G4. Suomalaisissa suunnitteluohjelmissa käyttöliittymä tehdään usein myös suomeksi, mutta se ei kuitenkaan ole ainoa syy niiden suosiolle. Tiedostomuotojen yhtenäisyys asiakkaan ja yrityksen välillä on erittäin suuri tekijä käytettävän ohjelman valinnalle. Yhtenäisillä tiedostomuodoilla voidaan säästää esimerkiksi suunnittelukuluissa tilanteessa, jossa asiakkaalla on valmiina CAD-malli tuotteesta, jonka haluaa valmistettavaksi. Tällöin tuote saadaan nopeammin ja edullisemmin asiakkaalle verrattuna uudelleen mallinnetun tuotteen toimitusaikaan ja hintaan.

Useiden yritysten myynti koostuu kuitenkin ulkomaille tehtävästä myynnistä, joten suunnitteluohjelman vaihto ulkomaiseen yhteensopivaan ohjelmaan on kenties tarpeen. Suurimpiin ulkomaisiin suunnitteluohjelmien valmistajiin kuuluvat esimerkiksi Autodesk, PTC ja Siemens.

### **4.2 Suunnitteluohjelmien käyttö putkistojen valmistuksessa**

Putkistoteollisuudessa käytetään useimmiten sekä laitos- ja putkistosuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia että mekaniikkasuunnittelun ohjelmia. Kotimaisena esimerkkinä laitos- ja putkistosuunnitteluohjelmista voidaan mainita Vertex G4Plant,

kun taas ulkomaisista ohjelmista lähes vastaava Autodesk Revit ja enemmänkin mallin tarkasteluun tarkoitettu Autodesk Navisworks. Putkistosuunnitelmia laitoksiin tehtäessä suunnittelu on kriittinen vaihe, jotta minimoidaan muun muassa yllätykset, materiaalihukat, törmäykset, väärät putkikoot sekä ylimääräiset kustannukset. Asennusta tehtäessä yllätyksiä saattaa kuitenkin tulla, vaikka mallissa ongelmia ei vastaan tulisikaan. Suurissa putkistokokonaisuuksissa kokoonpanojärjestykselläkin saattaa olla merkitystä ja tiettyjen osioiden kasaaminen etukäteen saattaa joskus olla välttämätöntä. (Myllys 2021). Tällöin suunnitteluohjelmissa oleva simulointi auttaa kyseisten ongelmien havaitsemisessa jo suunnitteluvaiheessa eikä vasta asennuksen puolivälissä.

Laitos- ja putkistosuunnitteluohjelmiin sisällytetään yleisesti komponenttikirjastot, joissa on muun muassa yleisimpien standardien mukaiset putkikoot ja niiden kannakkeet. Putkikomponenttikirjasto säästää huomattavasti aikaa suunnitteluprosessissa, koska jokaista komponenttia ei tarvitse erikseen mallintaa mekaniikkasuunnittelussa ja siirtää eteenpäin toiseen ohjelmaan. Komponenttikirjastosta voidaan myös eritellä putkiston vaatimustiedon, kuten paine- ja lämmönkestävyys perusteella näkyviin vain komponentit, jotka täyttävät määritetyt ehdot (Kaijansinkko 2021). Lisäksi malliin lisätyt komponentit tulevat oikein osalistaan, eikä niitä tarvitse listata yksitellen käsin.

Navisworks-ohjelmassa voidaan tarkastella putkistosuunnitteluohjelmassa luotua mallia kokonaisuudessaan sekä tarkastella mahdollisia päällekkäisyyksiä ja tehdä simuloiteja. Mallista voidaan muun muassa ottaa talteen kappale- ja materiaaliuettelo. Ohjelmaan on saatavilla myös lisäosia, joilla voi viedä dataa tarkasteltavasta mallista eteenpäin esimerkiksi Exceliin tai tuoda dataa Excelistä malliin. Exceliin voi luoda taulukon esimerkiksi tuotteiden edistymisestä prosentteina ja antaa prosenttialueille värikoodit tietystä valmiusasteesta. Taulukosta valitaan siirrettävät tiedot ja ne voidaan tuoda malliin esimerkiksi iConstruct-lisäosan avulla, jolloin mallista voidaan nähdä eri osien valmiusaste niiden värin perusteella. Ominaisuuden hyödyntäminen nopeuttaa projektin edistymän seuraamista. (iConstruct 2019 ; Profox companies 2020.)

Suunnitteluohjelmiin tehdään päällekkäisyyksien tai ristiriitojen tunnistamiseksi ominaisuus, joka taas säästää suunnittelu-aikaa. Ohjelmat listaavat ristiriidat

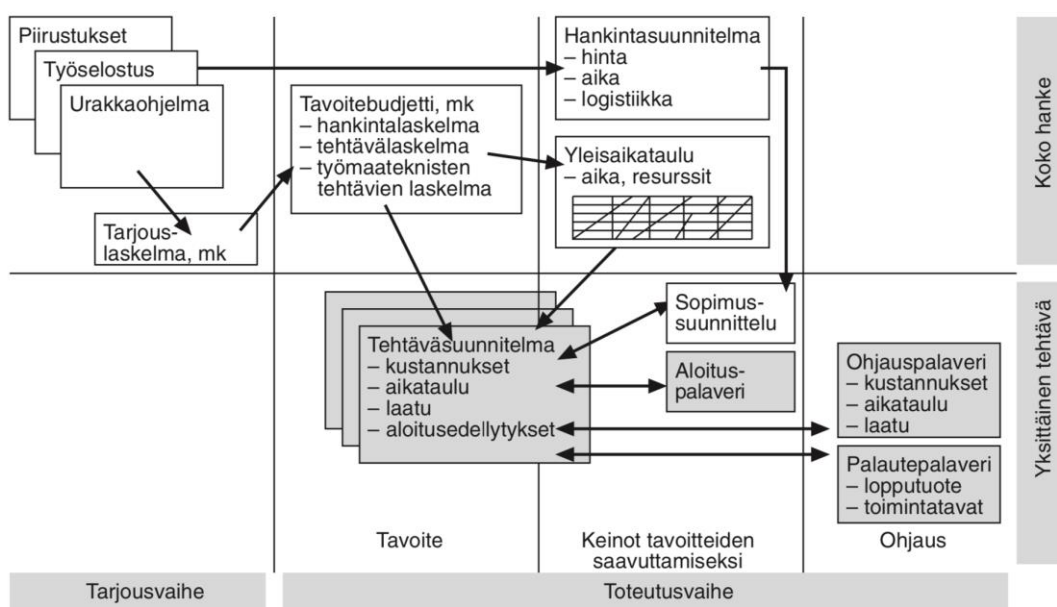
yleensä erilliseen ikkunaan, josta niitä voidaan kuitata esimerkiksi korjatuksi, hyväksytyksi tai korjausta vaativaksi. Virheitä pääsee korjaamaan helposti erillisessä käyttöliittymässä, jolloin koko malli ei tule näkyviin. Esimerkiksi Vertex G4Plant mahdollistaa dynaamisen ristiriidan tunnistuksen, jolloin käyttäjää estetään asettamasta osakokonaisuuksia päällekkäin (The completely new Vertex G4Plant Plant and Piping Design Software n.d., 3-4). Tällöin kokoonpano on sujuvampaa, kun kappaleet menevät niin sanotusti oikeille paikoilleen, vaikka niitä täytyisikin vielä hienosäätää.

Putkisto- ja laitosmalleja voidaan jakaa suunnittelutoimiston kesken useammalle henkilölle, joko tarkastelutilaan tai muokkaustilaan reaaliaikaisesti. Varsinkin suurimmissa malleissa useamman suunnittelijan yhteistyö nopeuttaa edistymistä huomattavasti. Reaaliaikaisella yhteistyöllä useat suunnittelijat voivat tehdä eri osa-alueita mallista eteenpäin samanaikaisesti. Eri osa-alueet mallista edistyvät yhtenäisemmin, jolloin toisistaan riippuvien osa-alueiden suunnittelijat eivät joudu odottelemaan toisen edistymistä niin paljon. Jaetusta mallista näkee tietyillä oikeuksilla myös siitä tehdyt piirustukset, komponenttilistat sekä malliin tehdyt muutokset. Tällöin lopullinen tarkistus voidaan esimerkiksi jakaa eri suunnittelijoiden vastuulle.

## 5 TYÖN SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN

### 5.1 Työnsuunnittelu yleisesti

Työnsuunnitteluprosessiin kuuluu tiettyjä vaiheita tilauksen saamisesta tilauksen toimittamiseen asti. Työn suurpiirteinen suunnittelu aloitetaan useimmiten tarjouksen tekemisen jälkeen tai sen aikana, mutta tätä tarkennetaan huomattavasti kaupan varmistumisen jälkeen. Yleensä isommalle tilaukselle nimetään vastaava, joka toimii työnsuunnittelijana tai projektipäällikkönä. Seuraavaksi tilaukseen liittyvät suunnitelmat käydään läpi ja aloitetaan materiaalitilausten tekeminen sekä resurssien varaaminen. Samassa vaiheessa päätetään useimmiten projektin tai tilauksen aikataulutuksesta. (Kaijansinkko 2021; Mäki n.d.) alla oleva kuva havainnollistaa mahdollisia projektin toteutuksen vaiheita.



KUVA 1. Tehtäväsuunnittelu tuotannonsuunnittelun osana (Mäki n.d)

Työnsuunnittelusta vastaava selvittää tuotannon vastuuhenkilöiden kanssa käytävissä olevat resurssit ja työmenetelmät. Tuotteita ei aina valmisteta niin sanotusti omatuotantona puuttuvista koneista, valmistusmenetelmistä tai liiallisesta työkuormasta johtuen. Mahdolliset alihankinnat päätetään mahdollisimman aikaisin viivästyksien minimoimiseksi. Työjärjestys vaiheineen päätetään lopullisesti

yleensä mahdollisten alihankintojen varmistumisen jälkeen. Kaikkien edellä mainittujen vaiheiden jälkeen työnsuunnittelusta vastaava ennakoi aikataulussa pysymistä, materiaalien riittävyyttä sekä alihankintojen ja valmistuksen etenemistä.

Tehokas työnsuunnittelu on merkittävä tekijä työtehon kasvattamisessa ja hukan vähentämisessä. Työnsuunnittelijan valinnat ovatkin kriittisiä onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi kerralla. (Myllys 2021.) Jopa yhdestä väärän kokoisesta, väärän muotoisesta tai liian suuresta esivalmisteesta voi syntyä useiden työtuntien tappiot niin valmistuksessa kuin asennuksessa. Putkien hitsaus on hyvin aikaa vievää ja hitsisaumojen tarkistaminen kallista. Osakokonaisuudet pyritäänkin valmistamaan pääosin mahdollisimman pienellä määrällä hitsisaumoja. (Myllys 2021.) Halkaisijaltaan pienekköiden putkien hitsisaumojen määrää voi vähentää esimerkiksi pokkaamalla eli taivuttamalla käyrät. Valmistettavan putkikoon noustessa myös yhden hitsisauman tekoon vaadittava aika kasvaa huomattavasti eikä suuria putkia pystytä pokkaamaan ilman kalliita ja suuria laitteita. Tällaiset esivalmisteet kannattaa tehdä mahdollisimman valmiiksi omalla tehtaalla, jossa on käytössä pyörityspöydät ja työntekijöiden ergonomiasta on huolehdittu parhaalla mahdollisella tavalla.

Suunnittelutoimiston ja valmistajan välinen kommunikaatio on myös tärkeässä asemassa työtehon kasvattamiseksi ja valmistuksen optimoimiseksi. Usein projektit venyvät suunnitellusta aikataulusta erilaisten muutosten vuoksi. Tyypillisesti suunnitelmien ja materiaalilistojen saanti venyy sovitusta ja se jo itsessään venyttää valmistusaikataulua (Kaijansinkko 2021). Lisäksi jokaisessa projektissa syntyy muutoksia, jotka pahimmassa tapauksessa saattavat tehdä jo valmistetuja kappaleita turhiksi. Valmistusmateriaalitkin on tilattava ajoissa ja siksi suunnitelmien revisiot eli uudet versiot alkuperäisestä suunnitelmasta saattavat tuottaa suuren määrän hukkatavaraa. Tarkka tieto projektin vaatimuksista on oleellista pelkästään projektin kuormitusasteen määrittämiseksi. Kaikissa projekteissa syntyy muutoksia ja ongelmatilanteita, mutta huolellinen työskentelyote ja hyvä kommunikaatio vähentävät niitä merkittävästi.

Pienemmissä teollisuuden yrityksissä työnsuunnittelusta vastaa yleensä tuotantopäällikkö, jonka vastuulle tilauksen saaminen ajoissa asiakkaalle useimmiten langetetaan. Tällöin työnsuunnittelun aikatauluun kuuluu tuotesuunnittelijan arvio



suunnittelun kestosta, johon lisätään tuotteen tai tuotteiden valmistusaika, tarvittavien valmistusmateriaalien tai alihankintojen kesto ja lopuksi taas toimitusajan huomioon ottaminen. Olettaen kaiken sujuvan optimaalisissa olosuhteissa ilman viivästystä aiheuttavia tekijöitä. Mahdolliset tuotannonpysähtymiset esimerkiksi konerikon vuoksi tuottavatkin runsaasti ongelmia aikataulussa pysymiseen. Yleisempiin huomioon otettaviin asioihin kuuluvat kuitenkin muun muassa suunnitelmien revisiot, valmistusmateriaalin vaihtuminen, tuotteen valmistustavan vaihtuminen, valmistusvirheet sekä toimitusten ja alihankkijan viivästykset. Työnsuunnittelussa valmistusvaiheessa tuotantopäällikkö järjestee tuotteiden valmistuksen sarjoihin, jotka voidaan valmistaa esimerkiksi samalla koneensäädöllä nopeammin. Suuressa, vaihtelevia tuotteita sisältävässä asiakkaan tilauksessa hyvä työnsuunnittelu erottuu parhaiten. Kyseisessä tilanteessa hyvä aikataulutusta, oikea valmistusjärjestys ja materiaalien tilaaminen ajoissa ratkaisevat lopputuloksen. (Mäki n.d.)

Työnsuunnittelussa merkittävää on myös huomioida, että työn suorittaja ymmärtää ohjeistuksen mahdollisimman hyvin ja yksiselitteisesti. Hukkapaleiden määrän minimointi tuo selvää säästöä työajassa ja materiaaleissa. Selkeä ohjeistus ja työjärjestyksen optimointi vähentää valmistusmateriaalien etsimistä ja liikkumista sekä mahdollistaa tehokkaamman esivalmisteen rahtaamisen. (Myllys 2021 ; Kaijansinkko 2021.)

## 5.2 Työnsuunnittelu PrePipellä

Karkea työnsuunnittelu alkaa, kun asiakas jättää tarjouspyynnön. Projektivastaa laskee karkean arvion projektin materiaali- ja työ kustannuksista sekä tekee tarjouksen. Jos urakkasopimuksesta päästään yhteisymmärrykseen saadaan jossain vaiheessa projektisuunnitelma, isometrit ja materiaaliluettelo suunnittelu-toimistolta. Nykyisellään ensin mietitään projektin materiaalit tarpeita ja osien valmistusjärjestystä. Isometrit tulostetaan isoina A2-papereina ja käydään läpi yksitellen. Tässä vaiheessa työnsuunnittelun suorittaja myös miettii, miten jokainen osa kannattaa valmistaa ja merkitsee mahdollisimman selkeät valmistusohjeet isometriin, joka toimitetaan aikanaan itse valmistuksen tai asennuksen suorittajalle. (Myllys 2021 ; Kaijansinkko 2021.)

Myös alihankintana valmistettavat kappaleet erotellaan tässä vaiheessa.

Esimerkiksi suurimpien suorien putkien katkaisu on tehokasta toteuttaa laserleikkurilla ja suuremmat erät tuotetaan yhteistyökumppanilla. Kulkutasot ja kaiteet tuotetaan yleensä alihankintana. Putkistojen valmistuksessa työläimpiä työvaiheita on käyrien ja istutusten teko. Istutusten valmistus on haastavinta ja siksi ne tehdään poikkeuksetta itse. Halkaisijaltaan suurien putkistojen istutuksien leikkuutyö tilataan toisinaan alihankintana laserleikkurilta. Usein alihankintaa ei tehdä, jos valmistuksen aikataulu on pikainen tai kappalemäärä pienehkö. Eri taivutusasteisten käyrien ja istutusten valmistusta on toistaiseksi vaikea automatisoida. Niiden valmistus onkin PrePipen erityisosaamisaluetta. (Myllys 2021 ; Kajansinkko 2021.)

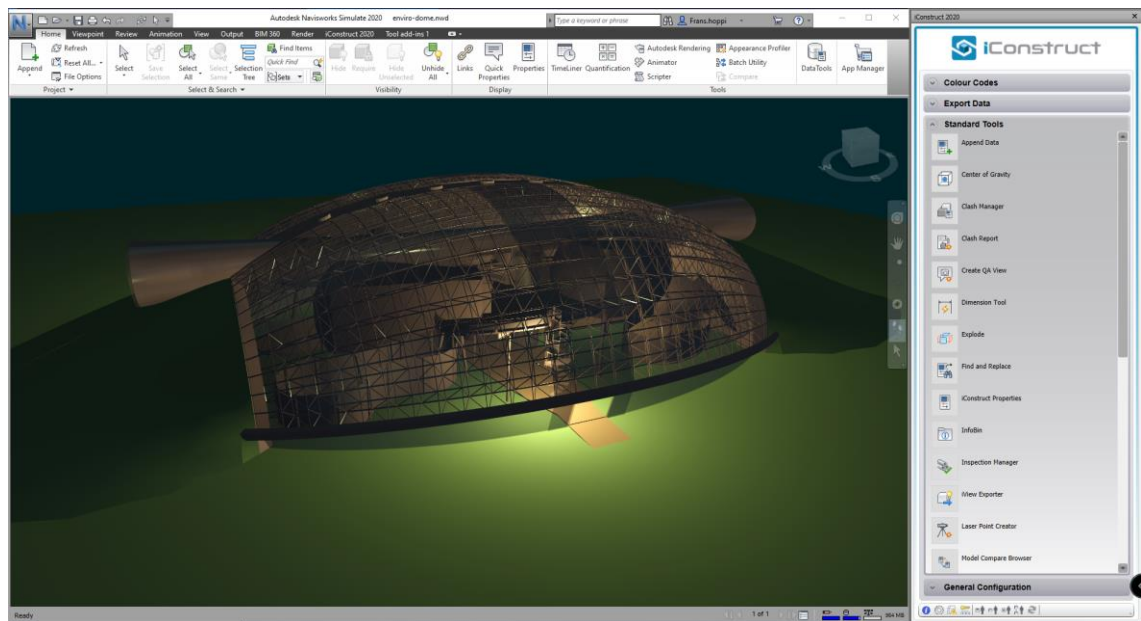
Hankaluuksia työnsuunnitteluun tuottaa projektin revisiointi. Käytännössä jokaisessa projektissa tapahtuu valmistuksen aikana muutoksia suunnitelmiin ja kyky reagoida niihin nopeasti on tärkeä osa kustannustehokkuuden lisäämiseen. Valmistettavia asioita voi poistua kokonaan revisioiden yhteydessä tai niitä voi tulla lisää. Tämä vaatii lisäsuunnittelua ja pahimmillaan muutoksien tuoma liiallinen työkuorman kasvu on lähes katastrofaalista yrityksen taloudelle. Muutoksista johtuen ennalta valmistettujen kappaleiden hylkääminen voi myös tuottaa merkittäviä tappioita.

### **5.3 Toimintamallin ja työnsuunnittelun kehittäminen**

Työnsuunnittelun toimintatapoja tarkastellessa merkittävimmäksi hidasteeksi suunnitteluprosessin etenemiselle ilmeni suunnitteluaineiston saannin viivästyminen. Toinen merkittävä hidaste on epätarkka suunnitteluaineisto. Ilman projektin suunnitelmia tai puutteellisilla suunnitelmissa on hankalaa tehdä materiaalilausta, suunnitella valmistusta tai tilata rahteja. Edellä mainitussa tilanteessa valmistuksen aloittaminen ajallaan on käytännössä mahdotonta ja niinpä syntyy haasteita saada projekti valmiiksi aikataulussa. Tämän hetken toimintamallissa tilannetta kompensoidaan kokemusperäisellä arviolla suunnittelumateriaalin saannin viivästyksestä, kun työn toteutuksen aikataulua suunnitellaan.

Suunnitteluaineiston saannin aikatauluun on vaikea vaikuttaa. Se riippuu liian monesta muuttujasta, jotka eivät ole hallittavissa PrePipen toimesta. Suunnitteluaineiston kattavuuteen ja laatuun sen sijaan voidaan vaikuttaa aktiivisella yhteistyöllä tilaajan ja suunnittelutoimiston kanssa. Käytäntö on myös osoittanut, että projektista tehtävien 3D-mallien saanti on esimerkiksi isometrien ja materiaaliluettelon saantia nopeampaa. Useimmiten 3D-malleista löytyy tai niihin on saatavilla suurin osa työnsuunnitteluun ja materiaalitilauksiin tarvittavasta tiedosta. Niinpä lähdettiin etsimään ratkaisua tarvittavien tietojen keräämiseen 3D-mallista.

Yhtenä osana toiminnan tehostamiseksi todettiin, että kannattaa ottaa avuksi nykyajan tekniikka ja suunnitteluohjelmat. Ratkaisua lähdettiin hakemaan etsimällä ohjelmistoja, joilla voisi toteuttaa haluttuja toimenpiteitä eli suorittaa edistymän seuranta ja saada komponenttitietoja suunnittelumallista. PrePipen toiveesta yksi edistymän seuranta helpottava tapa olisi saada putkilinjat esitettyä eri väreinä riippuen niiden valmiusasteesta. Lähtökohtaisesti haluttiin hyödyntää Navisworks- ohjelmaa (KUVA 2), koska sen ilmaisversio nimeltään Freedom on jo ollut PrePipellä käytössä mallien katselua varten. Ongelmaksi muodostui ilmaisen lisäosan tai ohjelman löytäminen, jolla olisi voinut suorittaa haluttuja toimintoja. Tämän johdosta päädyttiin tutkimaan maksullisia vaihtoehtoja ja lopulta löydettiin tarpeita vastaava lisäosa nimeltään iConstruct. Se on Profox-yrityksen tarjoama maksullinen lisäosa Navisworksin maksulliseen Simulate-ohjelmistoversioon. Tarvittava lisäosa ja ohjelma hankittiin käyttöön. Kyseisestä lisäosasta löytyy paljon erilaisia ominaisuuksia, mutta käyttöohjeita tarkastelemalla tutustuttiin tämän työn kannalta tärkeimpiin eli värikoodaukseen ja tietojen ulosvientiin mallista.



KUVA 2. Autodesk Navisworksin perusnäköymä

Navisworks toimii pääosin kuten muutkin AutoDeskin 3D-ohjelmat. Visuaalisesti se muistuttaa esimerkiksi AutoDeskin Inventor-ohjelmistoa. Näkymän yläosassa on tiedostonhallintatyökalut ja asetukset. Ohjelman toiminnot on jaettu ryhmiin kuten näkymä, esikatselu ja animointi. Näiden ryhmien alta aukeaa erilaisia työkaluja välilehtinä. iConstruct on erillinen ohjelma, joka aukeaa Simulaten kanssa samanaikaisesti. Sen muoto ja osa toiminnoista on nähtävillä kuvan 1 oikeassa reunassa. iConstructissa voi tallentaa useita profiileja, joiden avulla voidaan siirtää tai lähettää luotuja työkaluasetuksia esimerkiksi muille projektin parissa työskenteleville. Tämän työn tavoitteelle hyödyllisimmät työkalut ovat värikoodaus sekä tietojen vientityökalu (KUVA 3).

**Export Configuration**

Template:  [Save] [X]

**Selection**

Object Type:  [v]  
☐ Disable Recursion  
☐ Ignore Items within inserts

**Report**

Template Type:  [v]  
 Report Title:   
 Report Logo:  [Browse]  
 Report Address:  [Browse]  
 Report Page Size:  [v]  
☒ Force Text [Report Designer...]

**Fields to Add to Export**

- ☒ Geometry
- ☒ Item
- ☐ Material
- ☒ PDMS
  - ☐ .COMPBORE
  - ☐ .COMPTYPE
  - ☐ .CUTLENGTH
  - ☐ .DESIGN\_PRES
  - ☐ .DESIGN\_TEMP

**Data**

Datalink:  [v]  
 MDB File:  [Browse]  
 MDB Table:   
☐ Prompt if MDB Exists [SQL Configuration]

**Fields**

	Required	Attribute	Property	Display Name	Group
▶	<input checked="" type="checkbox"/>	PDMS	NAME	PDMS NAME	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	PDMS	TYPE	PDMS TYPE	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	PDMS	DTXT	PDMS DTXT	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	PDMS	MTXX	PDMS MTXX	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	Item	Name	Item Name	<input type="checkbox"/>

[Close]

KUVA 3. Vientityökalun asetukset

Vientityökalun käyttö muuttuu yksinkertaiseksi, kun asetukset on kertaalleen määritetty ja ymmärretty. Kerran määritettyä asetuspohjaa voidaan käyttää jälkeenpäin yhdellä napinpainalluksella, joten määrittystä ei tarvitse suorittaa uudelleen jokaisella käyttökerralla. Työkalun toiminta perustuu eri komponenttien ominaisuustietojen vientiin ulos ohjelmasta. Yleinen vientitapa on muunnos Excel-tiedostoksi (KUVA 4), mitä tässäkin tapauksessa hyödynnettiin, koska haluttiin hyödyntää yleisesti käytössä olevia ohjelmistoja.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PDMS NAME	PDMS TYPE	PDMS DTXT	PDMS MTOX	Item Name	PDMS TEST_MEDIA	PDMS DESIGN_TEMP	Maara	PDMS BRAN LENGTH
2		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
3		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
4		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
5		ELBO	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
6		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
7		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
8		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
9		ELBO	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
10		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
11		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
12		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
13		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
14		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
15		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
16		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
17		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
18		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
19		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
20		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
21		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
22		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
23		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
24		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
25		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
26		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
27		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
28		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
29		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
30		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
31		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
32		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
33		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	41425
34		TUBI	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
35		ELBO	88.9x2	EN 1.4307				1	41425
36		TUBI	60.3x2	EN 1.4307				1	42039
37		ATTA	PSK 7320	See supportlist				1	42039
38		TUBI	60.3x2	EN 1.4307				1	42039

KUVA 4. Viety Excel-tiedosto

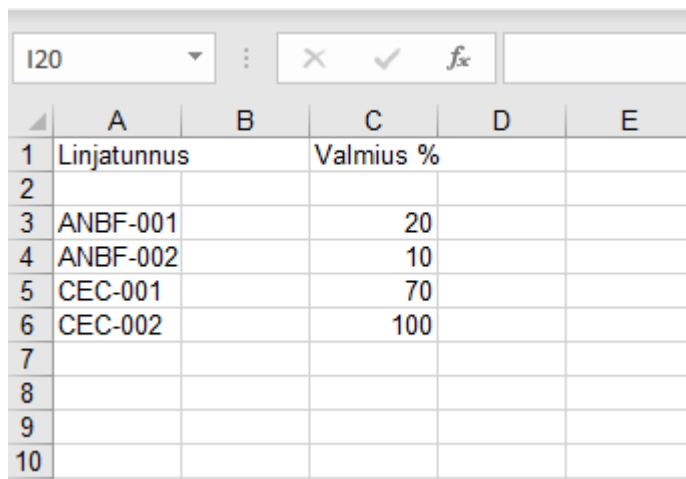
Exceeliin tuodun datan sarakeotsikot ja niiden alle tuodut tiedot määräytyvät asetusikkunassa valittujen kenttien perusteella. Datan tuonti Exceeliin poistaa Navisworksin rajoitukset ja mahdollistaa sen monipuolisemman käsittelyn esimerkiksi Pivot-taulukon (KUVA 5) avulla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1																											
2																											
3		Määrä / Määrä	Sarakeotsikot																								
4		Riviot	ATTA	ELBO	TEE	TUBI	(tyhji)	Kaikki yhteensä																			
5		114.3x2		3	17			20																			
6		168.3x2		2	8			10																			
7		168.3x4		2	8			10																			
8		219.1x6.3		2	8			10																			
9		250/100x3.2mm		1				1																			
10		273x3.2		3	32			35																			
11		273x4		6				6																			
12		323.9x5		3	11			14																			
13		323.9x7.1		3	10			13																			
14		48.3x2		3	17			20																			
15		60.3x2		3	17			20																			
16		88.9x2		3	17			20																			
17		PSK 7320		62				62																			
18		PSK 7321		23				23																			
19		PSK 7323		6				6																			
20		PSK 7324		20				20																			
21		(tyhji)																									
22		Kaikki yhteensä		111	33	1	545	290																			
23																											
24																											
25																											
26																											
27																											
28																											
29																											
30																											
31																											
32																											
33																											
34																											
35																											
36																											
37																											
38																											

KUVA 5. Excel-datan hyödyntäminen Pivot-taulukossa

Kun työssä oli perehdytty työkalujen toimintaperiaatteisiin, alettiin soveltaa niiden käyttöä vanhojen toimintatapojen kanssa. Aiemmin projektin työkuormaa ja edistymää on seurattu Excel-taulukon (KUVA 6) avulla, johon työnjohto on merkinnyt arvioituja edistymän prosenttilukuja linjanumerokohtaisesti. Valmiusprosenttia hyödyntäen on Excel-taulukko laskenut myös projektin kuormitusennusteen ja piirtänyt sen pohjalta valmiutta ilmaisevan s-käyrän. Tämä on koettu PrePipellä hyväksi tavaksi toimia, koska näin saadaan selville myös projektin työteho. Työtehon ja edistymän pohjalta muokataan projektiin varattujen resurssien määrää aktiivisesti koko projektin ajan.

Edellä mainitun lisäosa iConstructin väri työkalu kykenee lukemaan Excel-taulukosta linjanumeron ja värjäämään sitä vastaavan komponentin 3D-mallissa riippuen siitä, mille sarakkeelle X on sijoitettu Excel-taulukkoon. Tämän pohjalta luotiin aiemmin käytössä olleeseen Excel-taulukkoon viittaus ja laskentakaavat, joilla työnjohtajien merkitsemät prosenttiluvut muuttavat linjoja eri värisiksi halutulla tavalla. Tämä nopeuttaa työnsuunnittelua huomattavasti, kun mallista on heti nähtävissä, minkä projektin osan isometrit ovat saapuneet. Suurin hyöty värikoodauksesta on kuitenkin työnseurannan tehostuminen. Aihetta käsitellään laajemmin kappaleessa 5.1.3.



	A	B	C	D	E
1	Linjatunnus		Valmius %		
2					
3	ANBF-001		20		
4	ANBF-002		10		
5	CEC-001		70		
6	CEC-002		100		
7					
8					
9					
10					

KUVA 6. Valmiuden merkintä

Exceeliin tuotua dataa ja pivot-taulukoita hyödynnettiin muun muassa materiaalityö-  
lausten tekoon, alihankittavien kappaleiden erotteluun ja eristettävien kappalei-  
den määrän laskuun ja hankintaan. Pivot-taulukoiden avulla kyetään laskemaan  
erittäin nopeasti koko projektiin vaadittavat putkien pituudet sekä t-kappaleiden

ja käyrien kappalemäärä koko- ja materiaaliluokittain. Saatuja putkien pituustietoja on hyödynnetty suorien putkien tilaamiseen laserleikkurilta.

Säästyneen työajan määrän tarkka mittaaminen on hyvin hankalaa eri projektien vaiheiden ja muutosten vaihteluiden vuoksi. PrePipen projektipäälliköiltä saadun palautteen perusteella voidaan todeta sen olevan merkittävä. Pivot-taulukon avulla saadaan edellä mainitut tiedot laskettua minuuteissa, kun aikaisemmin samat tiedot on pitänyt laskea esimerkiksi suunnittelijan luovuttamista materiaallistoista käsin tai tavallisella Excel-taulukolla. Pahimmillaan katkaisupituuksia ei ole ollut saatavilla ollenkaan (Kaijansinkko 2021).

Uuden toimintamallin idea ja periaate esiteltiin muutamalle projektipäällikölle, jotka totesivat sen hyväksi. Toimintamalli käyttöön otettiin opettamalla heille ohjelmistojen ja toimintatapojen käyttö. Käytettiin ohjelmistoa myös itse ja suoritettiin aktiivista opastusta opinnäytetyön loppuun asti.

Muutamia ongelmiaakin Navisworksin ja iConstructin käytössä ilmeni. Tietyillä mallinnusohjelmistoilla tehdyissä malleissa voi olla määritettynä niin sanottuja attachment pisteitä, jolloin liukukiinnikkeen tai putki-istutuksen keskikohta katkaisee suoran putken pituuden. Ongelma täytyy tiedostaa ja ratkaista joko käyttäjän toimilla datan käsittelyssä tai suunnittelutoimiston toimesta muuttaa näitä pisteitä. Myös mallin suunnittelutavalla on merkitystä. Suunnittelijan tekemällä putkilinjojen ja komponenttien nimeämistavalla on suuri merkitys mallin selkeyteen, sekä datan sisään- ja ulosajon tarkkuuteen. Jos malleissa olevat yksittäiset komponentit rakennetaan yleisellä nimityksellä putkilinjatunnuksen alle puurakennetta tarkastellessa. Näin toteutettuna malliin ei kyetä ajamaan lisätietoa eikä tekemään värikoodausta yksittäisille komponenteille.

Käytössä on myös huomattu, että purkaessa malli osiin esimerkiksi rajaamalla täydestä tehdasmallista yksittäisen pumppuhuoneen putkilinjat tarkasteltavaksi laskee export-työkalu putken pituuden linjatunnuksen mukaan myös rajatun alueen ulkopuolelta.



## 6 TYÖN SEURANNAN KEHITTÄMINEN

### 6.1 Työnseuranta yleisesti

Termillä työnseuranta viitataan projektin etenemisen seurantaan. Tapoja työnseurantaan on yhtä monta kuin on yrityksiä ja projektejakin. Usein jo urakkasopimuksessa määritellään projektin valmistumiselle takaraja sekä väliseurantaetappeja tilaajan puolesta. Lisäksi usein muun muassa työtehon määrittämisen ja seurannan vuoksi halutaan suorittaa yrityksen sisäistä työnseurantaa. Työnseurantaa voidaan siis suorittaa hyvin vaihtelevalla tarkkuudella. (Koulutus.fi 2020 ; Kaijansinkko 2021.)

Pienessä ja hallitussa yrityksessä tai projektissa ei välttämättä ole tarve minkäänlaiselle työnseurannalle, kun se vain on valmis ajallaan. Toisaalta suuren ja pitkäaikaisen projektin hallinnassa on lähes pakollista suorittaa työnseurantaa, jotta projektin kulku on hallittua ja tehokasta.

### 6.2 Työnseuranta PrePipellä

PrePipellä työnseurantaa suoritetaan aktiivisesti. Yrityksen johto tietää tarkasti mitä missäkin tehdään ja kuinka edistytään. Edistymän seurannassa on kuitenkin selvä kehityksen paikka, sillä seuranta ei ole erityisen koordinoitua tai hallittua. Seuranta tapahtuu Excel-taulukon avulla, johon on koottu tietyn projektin eri osien tunnuksien perään arvioitu valmiusprosentti ja työkuorma. Valmiusprosentin ja arvioidun työkuorman kautta Excel-taulukko laskee kokonaiskuormituksen ja edistymän ja näyttää ne graafisesti.

Järjestelmä itsessään on hyvä, mutta sen käytössä ja käytön tehostamisessa olisi kehitettävää. Nykyisellään työnjohtajat täyttävät sitä tarpeen vaatiessa karkeilla arvioilla, yleensä noin viikoittain. Projektin tilanne on siis selvillä, mutta kukaan muu kuin tietystä projektista vastaava työnjohtaja ei siis tiedä reaaliaikaista tilannetta helposti. Tämä laskee työskentelyn tehokkuutta, mikäli jonkun muun kuin projektista vastaavan täytyy ottaa ohjat esimerkiksi sairaustapauksissa tai kiiretilanteissa.

### 6.2.1 Työnseurannan kehittäminen

PrePipellä työnseurannan kehitystarve syntyi materiaalisäästöjen ja työajan vähentymisen toivossa. Kehitystyö työnseurannassa ja luonnollisesti edistymän seurannassa aloitetaan alkuperäisen toimintamallin perusteellisella selvityksellä. Tällöin havaitaan parhaiten selkeät toimivat ratkaisut ja kehitystä kaipaavat kohteet. Työnseurannan työnsuorittamisen tasolla huomattiin olevan vähintäänkin riittävä eli tiedetään mitä tehdään, milloin tehdään, missä tehdään ja ketkä tekevät. Työnseurannassa edistymän tasolla löydettiin kuitenkin puutteita esimerkiksi koordinoinnissa ja hallinnassa. Koordinoinnilla tarkoitetaan tässä tapauksessa edistymän seurannan keskittämistä yhteen paikkaan, josta kaikki tiedot ovat saatavilla. Hallinnalla tarkoitetaan edistymistiedon käyttämistä ja tiedon välittämistä, joka tässä tapauksessa on puutteellinen. Tällöin tieto edistymästä jää esimerkiksi vain projektivastaavalle ja reaaliaikaisen tiedon saaminen eteenpäin on vaikeaa.

Työn edistymisen seurannassa haluttiin reaaliaikaisempi tieto jokaisen valmistettavan komponentin tilanteesta, että lisäksi edistymän päivittäminen onnistuisi kaikilta projektissa mukana olevilta henkilöiltä. Tietoon käsiksi pääsemisestä haluttiin sujuvampaa. Vaatimukset voidaan täyttää pitkälti Navisworks-ohjelman iConstruct-lisäosan avulla. Projektiin kuuluvat putkilinjat on listattu Excel-taulukoon ja taulukkoon asetetaan halutun putkilinjan kohdalle prosentteina sen valmiusaste. Valmiusasteille on annettu kolme värikoodia ja näiden lisäksi tehtiin kaksi ylimääräistä värikoodia. Myös iConstruct-lisäosaan määritetään värikoodit ja niiden selitteet (KUVA 7), jotta ne saa käyttöön. Kaksi ylimääräistä värikoodia on varattu ilmaisemaan suunnitelmien puuttumista ja kuvien saapumista. Taulukosta esimerkiksi alkuvaiheessa olevien tuotteiden löytäminen nopeutuu korostusvärien avulla, mutta suuressa mallissa tai projektissa samaa värikoodiakin voi olla paljon. Ongelma voidaan kuitenkin ratkaista määrittämällä uusia värikoodeja esimerkiksi kiireellisille esivalmisteille.

Colour Code Configuration

DataSource Type: Excel

Template Name: Mallikuva

MS Excel Setup

File Name: C:\User: ...

Data Link

Apply To: Groups and Items

NW Attribute: Item

Table: Navisworks valmius

Database Link Field	NW Link Property
LINJATUNNUS	Name
*	

Saved Templates

Mallikuva  
värifesti

Get NW Props

Load

Save

Delete

Close

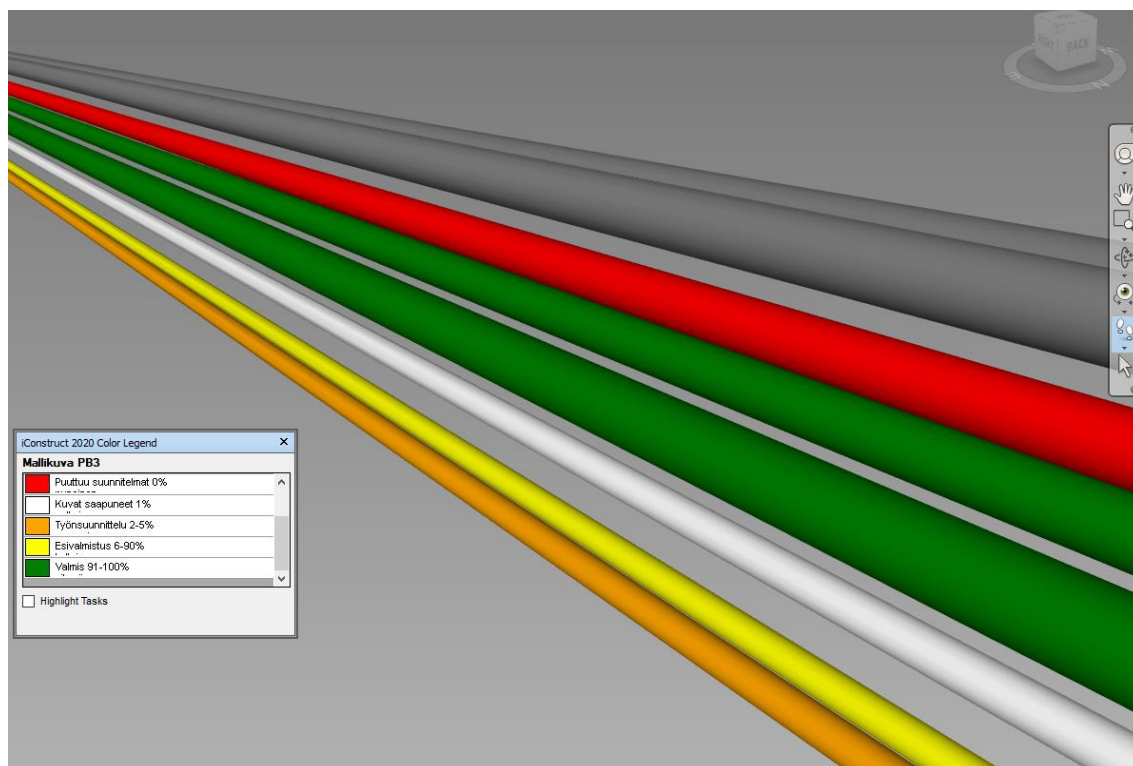
Data Fields

Field	Display	Condition	Colour
LINJATUNNUS	LINJATUNNUS		
Linjatunnuksen korjaus	Linjatunnuksen korjaus		
Puuttuu suunnitelmat 0%punainen	Puuttuu suunnitelmat 0%punainen	Not Null	Red

Show Advanced Options

KUVA 7. Värikoodien ja selitteiden muokkausikkuna iConstruct-lisäosassa

Varsinainen hyöty määritetyistä värikoodeista (KUVA 8) tulee kuitenkin esille laajassa Navisworks-mallissa ja näin ollen laajassa tilauksessa tai projektissa. Komponentin etsimiseen mallista ja taas uudestaan taulukosta menee suurissa osaluetteloissa ja tilauksissa aikaa vanhalla toimintamallilla. Kehitetyn version mahdollistamat työajan säästöt näissä tapauksissa ovat yllättävänkin merkityksellisiä. Työnseurannasta vastaavalle jää enemmän aikaa muihin työtehtäviin ja edistymätiedon kokoaminen yhteen paikkaan tekee seurannasta kätevää.



KUVA 8. Värikoodit ja niiden selitteet määritettyinä

Reaaliaikaisen tiedon vastaanottaminen ja edistymän kirjaaminen myös muille projektin henkilöille voidaan mahdollistaa paremmin, kun tiedot on koottu yhteen. Tiettyjen osakokonaisuuksien valmistuksesta vastaava kykenee merkitsemään tuotteiden edistymistä taulukkoon, jolloin osien valmiudesta ei jää epäselvyyksiä. Muun muassa mahdollista materiaalihukan riskiä vähennetään, kun ylimääräisiä osia ei tule vahingossakaan tehtyä. Riskeinä voidaan tarkastella esimerkiksi työntekijöiden ahkeruutta päivittämisessä eli tuleeko edistymä myöhässä, vaikkapa valmiiksi kuittaamisen unohtuessa. Kehitetyn toimintamallin käyttöönotto voi olla alussa hankalaa ja sen mahdollistamia ominaisuuksia ei välttämättä tule täysin vielä hyödynnettyä. Edellä mainitut riskit voidaan kuitenkin pääasiassa hoitaa riittävällä perehdytyksellä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää PrePipen teollisuusputkien valmistuksen suunnittelua ja etenemisen seuranta. Tarkoituksena oli löytää kehityskohteet suunnitteluun ja seurantaan, perustella niiden toimivuus ja tehdä muutosehdotukset.

Opinnäytetyön tuloksena syntyivät uudet toimintamallit suunnitteluun ja seurantaan. Sen seurauksena ehdotuksen mukaisesti yrityksessä otettiin käyttöön Autodesk Navisworksin maksullinen versio sekä iConstruct-lisäosa. Lisäosan käytöstä saatiin lupaavia alustavia tuloksia ja hyvää palautetta. 3D-mallista saatavat monipuolisemmat tiedot komponenteista, reaaliaikaisemman edistymän seurannan helppous ja värikoodien käyttöönotto linjatunnusten valmiusasteisiin olivat tervetulleita muutoksia.

Saadun palautteen ja tuloksien perusteella työn tavoitteet eli työnsuunnittelun ja työnseurannan tehostaminen saavutettiin. Hyödyt ovat olleet huomattavia ja toimintamallia aiotaan jatko kehittää aktiivisesti. Erityisesti mallista saatavat tiedot putkilinjojen osista nopeuttivat ja helpottivat työnsuunnittelua ja resurssinhallintaa. Sen lisäksi värikoodausta on käytetty aktiivisesti ja siitä on saatu hyvää palautetta myös PrePipen yhteistyökumppaneilta. Värikoodauksesta on ollut apua niin työnsuunnittelussa kuin työnseurannassakin.

Opinnäytetyötä tehdessä ideoitiin, selvitettiin ja osin toteutettiin myös aiheen ulkopuolelle rajautuvia tuotantoketjua ja putkiston huoltoa tehostavia toimia. Yhtenä toimena mahdollisuus avata putkilinjan isometrit 3D-mallissa olevasta linkistä tai skannaamalla QR-koodi valmiin putkilinjan kyljestä. Myös alihankintaa tehostava automaattinen STEP-tiedostomuotoisten mallien luonti putkista on tarkoitus ottaa käyttöön. STEP-tiedostot ovat ISO organisaation standardi ISO 10303 mukainen tiedostomuoto (ISO 10303 2021). Autodesk Inventor ohjelmaan kytetään luomaan automatisointi, joka tekee Navisworksistä Excel-taulukoon ajetuista suorinen putkien tiedoista STEP tiedostot. Nämä tiedostot ovat suoraan yhteensopivia yhteistyökumppanin laserleikkauskoneen kanssa.

Jatkokehitysmahdollisuudet toimintamallille ovat siis laajat ja monipuoliset. Tulevaisuudessa kehitystyötä kannattaa ohjastaa myös valmistuksen automaatiota kohti. Valmistuslinjalta voidaan ottaa esimerkiksi heräte tietyistä vaiheista valmistusta, mikä taas automaattisesti muuttaisi taulukkoon komponentin valmiusasteen. Tällainen heräte voidaan ottaa esimerkiksi logiikkaohjelmasta tai valmistuslinjalle sijoitetulta anturilta. Datan käytössä ja välittämisessä esteinä tai ainakin hidasteina voivat olla tiedostotyyppien muuttaminen ja ohjelmien koodaukset. Lisäksi täytyy huomioida millainen automaatio säästää riittävästi työaikaa, että investointi automaatioon on kannattava.

Jatkokehitys edistymän seurannassa voi alkaa automaatioon siirtymistäkin ennen. Tällöin seuraavana askeleena käyttöönotetusta toimintamallista olisi esimerkiksi työntekijöiden käyttöön annettujen tablettien käytön monipuolistaminen. Tableteilla edistymää voi seurata ja päivittää, siihen voi lisätä muistiinpanoja ja niin edelleen. Tablettien avulla 3D-mallien tarkastelu onnistuu myös suhteellisen pienellä vaivalla eli Autodeskin tarjoaman A360-ohjelman lataamisella ja perehdytyksellä ohjelman käyttöön. Ohjelma on tarkoitettu 2D- tai 3D-mallien tarkasteluun ja kommentointiin reaaliaikaisesti mobiililaitteilla. Osakokonaisuuksien hahmottaminen on helpompaa työntekijöille, kun malleja voi katsella kaikista suunnista. Erityisesti vaikeampien osien kanssa valmistuksessa hyvänä tukena toimii selkeä 3D-malli valmistettavasta osasta, vaikka normaaleilla isometreillä hyvin yleensä pärjättäisiinkin.

## LÄHTEET

Aaltonen, K. 1982. Konepajateollisuuden tietokoneavusteinen suunnittelu ja valmistus. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2021.

<https://cris.vtt.fi/en/publications/konepajateollisuuden-tietokoneavusteinen-suunnittelu-ja-valmistus>

Hintikka, P. Suunnittelija. 2021. Useita haastatteluja kevät 2021. Haastattelija Hoppi, F. Lappeenranta

iConstruct. 2019. iConstruct2019.User-Guide. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.6.2021

ISO 10303-210:2021.2021. Industrial automation systems and integration. Viitattu 5.6.2021. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://www.iso.org/standard/72406.html>

Kaijansinkko, T. Projektipäällikkö. 2021. Useita haastatteluja kevät 2021. Haastattelija Hoppi, F. Lappeenranta

Koulutus.fi. 2020. Mitä on projektinhallinta ja mitä projektipäällikkö tekee? Päivitetty 28.10.2020. Viitattu 5.6.2021

<https://www.koulutus.fi/oppaat/projektinhallinta/mita-on-projektinhallinta-19228>

Myllys, M. Projektipäällikkö. 2021. Useita haastatteluja kevät 2021. Haastattelija Hoppi, F. Lappeenranta

Mäki, T. n.d. Tehtäväsuunnittelu työmaajohtamisen välineenä. Viitattu 5.6.2021

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020503.pdf>

Palkama, T. 2015. 2D- ja 3D-suunnittelutöiden kustannusvertailu ja 3d-järjestelmän hyödyt työmaalla. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 6.6.2021

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87363/Palkama\\_Tomi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87363/Palkama_Tomi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PrePipe Oy. n.d. Teollisuusputkistot PrePipe. Viitattu 5.6.2021

<https://www.prepipe.fi>

Profox companies. 2020. Navisworks 2020 peruskoulutus. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.6.2021.

Suorituskykyä suurten projektien suunnitteluun. Vertex G4Plant laitos- ja putkistosuunnitteluohjelmisto. n.d. Vertex Systems Oy. Verkkosivu. Viitattu 5.3.2021

<https://vertex.fi/g4plant/>

The completely new Vertex G4Plant Plant and Piping Design Software. n.d. Vertex Systems Oy. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.3.2021

<https://vertexcad.com/g4plant/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/G4Plant-brochure.pdf>