

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2025

Galina Danilina

Ostorakenteen luomisprosessin kehittäminen



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Koneautomaatio

2025 | 69 sivua

Galina Danilina

Ostorakenteen luomisprosessin kehittäminen

Opinnäytetyön aihe oli tullut suomalaisesta yrityksestä Afore Oy, jonka tavoite oli saada yhteinen osaluettelo heidän valmistamille testaus- ja kalibrointilaitteille. Laitteiden merkitsevän eron osaluettelon rakenteessa oli päätetty keskittymään osaluetteloiden kehittämiseen. Parantaakseen datan jäljitettävyyttä ja hyödynnettävyyttä Oscar-toiminnanohjausjärjestelmässä, oli selvitettävä nykyisten osaluetteloiden luomismenetelmät ja yhteisen osaluettelon luomisprosessin kehittämiskeinot. Kehitetyn osaluettelon tuli olla toimia hyödyllisenä ostorakenteena Afore Oy:n toiminnanohjausjärjestelmässään Oscar, joten työ syventyi sen järjestelmän ominaisuuksiin hankintaprosessissa.

Menetelminä käytettiin Lean-ajattelu, The 5 why's -menetelmä ja Plan-Do Check-Act -ongelmaratkaisukierros. Analyysin perusteella havaittiin, että sähkökomponenttien tietojen hallinta ja tilaamistapa vaikuttivat olennaisesti yrityksen datan selkeyteen ja hankintaprosessin tehokkuuteen. Havaintojen perusteella kehitettiin ratkaisu, jossa jokaisen laitteen sähköosien osaluettelo tallennettiin erilliseksi sähkökokoonpanoksi SolidWorks 3D CAD -ohjelmaan tiettyä makroa käyttämällä.

Johtopäätöksenä voi todeta, että kehitystyön seurauksena syntyi uusi prosessi ja toimiva työkalu. Se mahdollisti laitteiden yhteisten osaluetteloiden tekemistä mekaniikkasuunnitteluohjelmaan sekä koko laitteen hankintaprosessin yksinkertaistamista ja nopeuttamista Oscar-järjestelmässä.

Asiasanat:

Osaluettelo. Oscar. SolidWorks 3D CAD. Tietojen integrointi.
Prosessikehittäminen. Lean-ajattelu.

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2025 | 69

Galina Danilina

Developing of the creation process of bill of materials

The topic of the thesis was commissioned by a Finnish company Afore Oy, whose goal was to unify part lists for their testing and calibration devices. Due to significant structural differences in the parts lists of the devices, it was decided to focus on the development process for the parts lists. There were three purposes of the research: to improve data traceability and usability within the Oscar enterprise resource planning system, to identify the current methods used for creating parts lists, and to explore techniques for improving the process of creating a unified parts list.

Lean thinking, The 5 Why's method, and the Plan-Do-Check-Act problem-solving cycle were used as the main problem-solving methods. Based on the analysis data, it was found that the data management and ordering method of electrical components had a significant impact on the clarity of company data and the efficiency of the procurement process. As a result, a solution was developed where electrical parts lists for each device were saved as a separate electrical assembly in the SolidWorks 3D CAD software using a special macro.

The development work resulted in a new process of saving data and a functional tool to create new assemblies in the SolidWorks 3D CAD software based on .txt-files. It enabled the creation of unified parts lists for the devices in the mechanical design software, as well as the simplification and acceleration of the entire procurement process in the Oscar resource planning system.

Keywords:

Bill of Materials. Oscar. SolidWorks 3D CAD. Data integration. Process development. Lean Thinking.

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	8
1 Johdanto	9
2 Ostorakenteen tarkastelu	10
2.1 Osaluettelo	11
2.2 Ostorakenteen sovellukset	13
2.2.1 Oscar Pro -toiminnanohjausjärjestelmä	15
2.3 Mekaniikka- ja sähkökokoontalon erot	16
2.3.1 Taulukkolaskentaohjelmat	18
2.3.2 3D-mallinnus ohjelma ja tietokanta	18
2.3.3 Sähkösuunnitteluohjelma	20
3 Yrityksen sisäisten prosessien ja niiden ominaisuuksien tutkinta	22
3.1 Valmistettavien tuotteiden komponenttien merkintätapa	22
3.1.1 Merkintätapa ja sen rooli	23
3.1.2 Komponenttien säilytystapa	24
3.2 Työnumeroiden luomistavat ja niiden käyttö Oscar-järjestelmässä	25
3.3 Komponenttien tilaamisprosessi Oscar-järjestelmässä	29
4 Prosessin kehittäminen	33
4.1 Prosessin kulku ennen kehitystyötä	33
4.2 Vanhan hankintaprosessin aikana mahdollisesti syntyvät ongelmat	35
4.3 Prosessin kehittämisideat	36
4.3.1 Lean-ajattelu	38
4.3.2 The 5 why's -menetelmä	39
5 Ideoiden toteuttaminen	40
5.1 Sähkökomponenttien ostolistan siirtäminen suoraan Oscar-tilaukseen	40
5.1.1 Tilausrivien siirto suoraan taulukkotiedostosta tyhjään ostotilaukseen	41
5.1.2 Tilausrivien siirto tilaukseen, missä on jo olemassa olevat rivit	43

5.2 Muiden ratkaisutapojen tutkinta: Design Table ja AutomateWorks	44
5.2.1 Makron itsenäinen käyttö	46
5.3 Valmistelu makron tilaamiseen muualta	47
5.3.1 Sähkökokoonpanon lisääminen SolidWorks-ympäristöön ja koetulokset	49
6 Yhteenveto	53
Lähteet	55

Liitteet

Liite 1. The 5 why's -menetelmän käyttö juurisyyn tutkimuksessa

Liite 2. Open AI Chat GPT :n käyttö makron kirjoittamiseen

Liite 3. Esimerkki sähkökokoonpanon osaluettelosta .txt-tiedostona

Kuvat

Kuva 1. Kokoonpanopiirustuksen osaluettelon esimerkki (Afore Oy).	10
Kuva 2. Osaluettelon näkymä ohjelmassa Solidworks PDM Vault (Afore Oy).	11
Kuva 3. Esimerkkikokoonpanon osaluettelot Solidworks PDM Vault -ohjelmassa (vasemmalla) ja 2D-piirustuksessa (oikealla) (Afore Oy).	12
Kuva 4. Kuvakaappaus: Oscar software -ohjelman etusivu ja välilehdet (Afore Oy).	15
Kuva 5. Vasemmalla on 3D-mallin esinäkymä ja ladattava tiedosto. Oikealla on sähköosan valokuva (Phoenix Contact Oy 2025, End bracket Clipfix 35-5).	17
Kuva 6. Kuvakaappaus Oscar-toiminnanohjausjärjestelmän ikkunasta.	
Työnumeron luomisen esimerkki, tyhjä malli (Afore Oy).	26
Kuva 7. Kuvakaappaus Oscar-toiminnanohjausjärjestelmästä. Esimerkki: työnumeron tekeminen myyntitilauksesta MT1250. (Afore Oy.)	27

Kuva 8. Kuvakaappaus Oscar-toiminnan ohjausjärjestelmästä, työnumeroiden selailu -välilehti. Työnumeron materiaalirivien haku ja rivien tilan tarkistus työnumeron avulla. (Afore Oy.)	28
Kuva 9. Kuvakaappaus Oscar-järjestelmästä, hankintaehdotusten luonti työnumeroilta. Esimerkkitalanne, kun haussa on työnumero väliltä 000000-999999. (Afore Oy.)	30
Kuva 10. Kuvakaappaus. Hankintojen suunnittelu -välilehti ja esimerkki hankintaehdotusriveistä Oscar-toiminnanohjausjärjestelmässä (Afore Oy).	31
Kuva 11. Esimerkki vanhasta tavasta esittämään sähköosan tuotetiedot. Kuvakaappaus sähköosien osaluettelosta (Afore Oy).	36
Kuva 12. Kuvakaappaus Oscar:n ostotilauksen avaamisesta tietokoneen työpöydän taulukkolaskentaohjelmaan. Myös kuvasta näkyy "Lue data" -toiminto. (Afore Oy.)	41
Kuva 13. Avattu ostotilaus LibreOffice Calc -ohjelmaan (Afore Oy).	42
Kuva 14. Kuvakaappaus. Oscar-tuotannonohjausjärjestelmän ilmoitus onnistuneesti suoritetusta tietojen tuonnista (Afore Oy).	42
Kuva 15. Kuvakaappaus. Ostotilauksen sisältö Oscar-järjestelmässä datan lisäämisen jälkeen "Lue data" -komennolla (Afore Oy).	43
Kuva 16. Kuvakaappaus tyhjästä ostotilauksesta Oscar-järjestelmässä. Rivit 5-15 olivat luotu järjestelmässä. Niiden alla olevat rivit C-koodien kanssa olivat lisätty "Lue data" -komennolla. (Afore Oy.)	44
Kuva 17. Kuvakaappaus Solidworks 3D CAD :n työkalupalkista. Punaisella neliöllä on korostettu E-BOM -painike, joka käynnistää makron ajo. (Afore Oy.)	50
Kuva 18. Kuvakaappaus E-BOM -painikkeesta avatusta ikkunasta. Käyttäjä valitsee oikean .txt-tiedoston uuden sähkökokoospanon luomiseen tai jo olemassa olevan kokoonpanon päivittämiseen. Ikkunan yläpuolella on molempien prosessien ohjeet. (Afore Oy.)	50
Kuva 19. Esimerkkitalanne sähkökokoospanon osaluettelosta Excel-taulukkona (Afore Oy).	51
Kuva 20. Esimerkkitalanne työnumeroiden avulla tehdystä sähköosien ostotilauksesta (Afore Oy).	52

Kuva 21. Kuvakaappaukset esimerkkitalauksista. Sähkökokoonpanon (taulukko yllä) ja mekaniikkakokoonpanon (taulukko alla) ostotilausten vertailu. Ostotilaukset on tehty Oscar-järjestelmässä käyttämällä työnumeroita. (Afore Oy.)	54
Kuva 22. Esimerkki sähkökokoonpanon osaluettelosta .txt-tiedostona.	69

Kuviot

Kuvio 1. Kuvaava esimerkki kokoonpanon rakenteesta. Ylin kokoonpano A, jossa on alikokoonpano B, sen alikokoonpanot C ja D.	28
Kuvio 2. Kokoonpanon komponentin eli kokoonpanon rivin nimen muutos työnumeroissa ja hankintaehdotuksissa.	29
Kuvio 3. Prosessin kulkukaavio suunnittelun valmistuksesta hyllyttämiseen.	34
Kuvio 4. Alustavan PDCA-ongelmaratkaisukierroksen mukaisesti piirretty kehityssuunnitelma.	39
Kuvio 5. Oppinäytetyössä esitetty PDCA-ongelmaratkaisukierroksen mukainen kehityssuunnitelma. Muutetut kohdat ovat korostettu vihreällä.	53

Taulukot

Taulukko 1. Ote kolmen komponentin tiedoista Eplan-kirjasto (Afore Oy).	20
Taulukko 2. The 5 why -menetelmän käyttö juurisyyntutkinnassa.	58

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
BOM	Bill of materials
Eplan	Eplan Electric P8 (sähkösuunnitteluohjelma)
ERP	Toiminnajoitusjärjestelmä (engl. Enterprise Resource Planning)
Oscar	Oscar software Oy:n kehittämä toiminnajoitusjärjestelmä
SolidWorks	Solidworks 3D CAD (mekaniikkasuunnitteluohjelma)
XML	Laajennettava merkintäkieli (engl. Extensible Markup Language)

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia ja kehittää yrityksessä valmistavien tuotteiden yhtenäisen osaluettelon luomisprosessia, jota yritys voisi hyödyntää ostorakenteena myöhemmin, esimerkiksi osien hankintaprosessissa. Kehittäminen perustuu Lean-johtamisfilosofian ja -parantamismenetelmään. Lean-filosofian käyttö erityyppisillä yrityksillä yleistyy ja saa suosiota. Sen keskeisenä ajatuksena on pyrkimys minimoimaan ja poistamaan yrityksen materiaalihukkaa ja aikahukkaa, mikä johtaa yrityksen voiton korottamiseen toisin sanoen yrityksen menestykseen. Jo olemassa olevan prosessin kehittäminen on yksi tavoista parantaa tuotantoa pienillä kustannuksilla, mistä johtuu merkitsevä vaikutus yrityksen hyvinvointiin ylipäätään. Lean-filosofian käyttö ei ole rajoitettu tiettyihin aloihin, siksi sen käyttökohdat ovat rajattomat ja mielenkiintoiset.

Tässä opinnäytetyössä lähestytään ostorakenteen luomisen kehitysprosessia ottamalla huomioon ostotilausten tekemistä lopputuotteen ostorakenteen perusteella. Toisella tavalla sanottuna parantamisen jälkeen lopputuotteeksi pitää muodostua sellainen menetelmä, jolla yritys saa täydellisen ja automatisoidun tuotteen ostorakenteen, josta näkyy kaikki tuotteen rakentamiseen tarvitsevat komponentit sekä jonka pohjalta komponenttien tilaaminen olisi nopea ja vähentäisi manuaalista työtä.

Opinnäytetyön aihe on tarjottu kansainvälisellä yrityksellä Afore Oy, joka on myös tunnettu nimellä AEM Afore Wafer Level Test Solutions. Afore Oy:n toiminta on keskittynyt piensarjatuotantoon - se valmistaa patentoidut testaus- ja kalibrointilaitteet erilaisten alojen asiakkaiden tarpeiden täyttämiseen. Kuten esimerkiksi paineantureiden testaamiseen (AIOLOS-tuotesarja), gyroskooppien kalibrointiin ja MEMS-kiihtyvyyssantureiden testaamiseen (KRONOS-sarja), E-kompassin ja magnetometrin kalibrointiin ja testaamiseen (MSU10-sarja), kryogeeninen puolijohdekiekkojen testaaminen (CWP-HE -sarja), inertia-anturin kalibrointiin ja testaamiseen (METIS-sarja ja APOLLON-sarja). (AEM Wafer test solutions 2024.)

2 Ostorakenteen tarkastelu

Melkein jokainen esine ympärillä on kokoonpano eli koostuu vähintään kahdesta yhdistetystä osasta – komponentista. Esimerkiksi kierrevihko on myös tavallaan kokoonpano, joka koostuu paperilehdistä ja kartongeista sekä on nidottu metallilangalla.



Selittääkseen rakennetta jokaisesta kokoonpanosta tehdään kokoonpanopiirustus. Kokoonpano esitetään 2D-muotoon piirrettynä kuvana. Piirustuksen oikeassa alakulmassa on osaluettelo, missä luettelokenttiin (engl. part list) ovat koottu kaikki kokoonpanon komponentit (kuva 1). Toisin sanoin kokoonpanon osaluettelo on niin kuin reseptin ainekset, joiden perusteella tehdään ostoslista kauppaan eli kokoonpanon ostorakenne.

9	Lock nut		DIN985 M6		2	
8	Hexagon socket screw		DIN 7991 M6x16		4	
7	T-nut	MayTec	1.324.EM6		2	SKS
6	Anti-twist device for 8 mm slot	Dirak	265-1101.00-00000		2	S&N
5	Anti-twist device for panel element	Dirak	265-1103.00-00000		2	S&N
4	Hinge	Dirak	265-9204.00-00000		2	S&N
3	Lock	Southco	E3-106-055		2	Bufab
2	Plate		129352	A	2	
1	Plate		129344	-	1	
Part	Description	Material	Form, dimension, drw no.	Rev	Q-ty	Note

↑
Luettelokenttä

Material: Sharp edges to be chamfered!

Surface treatment:

 Vakiote 5 FIN-21420 LIETO Tel. +358 2 274 6040	Design	Date	Dimension	0 - 50	50 - 150	150 - 300	300 - 1000	1000 -
	SR	21.08.2020	Machining	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1
	Drawn	SR	21.08.2020	Welding	±0.5	±1	±2	±3
	Appr	TS	03.06.2021	Assessed mass kg	4.39		Surface	Scale

Drawing: 135212 Door assembly

Rev: -

Kuva 1. Kokoonpanopiirustuksen osaluettelon esimerkki (Afore Oy).

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on kehittää osaluettelon luomisprosessia sillä tavalla, jotta myöhemmin tuotteen osaluetteloa voisi käyttää avuksi ostotilausten perustaessa sekä seurattaessa. Tavoitteen toteuttaminen vaatii ennen kaikkea ymmärtämistä, millaisista prosesseista ja vaiheista mainittu luomisprosessi koostuu, sekä millaiset työkalut ja menetelmät käytetään sen aikana.

2.1 Osaluettelo

Osaluettelo tai materiaaliluettelo (engl. bill of materials eli BOM) tarkoittaa luetteloa lopullisen tuotteen kaikista komponenteista. Osaluettelo yleensä esitetään taulukkomuodossa, mikä auttaa lukijaa ymmärtämään jokaisen komponentin ominaisuudet sekä samalla sallii helposti järjestämään dataa halutulla tavalla. Taulukossa pakollisina sarakkeina ovat jokaisen komponentin oma nimi/nimike, jota saadaan esimerkiksi käyttämällä valmistajan tuotenumeroa, yrityksen omia koodia tai molempia tuotekoodeja käyttäen, ja kappalemäärä. Riippuen ohjelmasta missä BOM on tehty, tälle listalle pystyy lisäämään muun muassa seuraavia sarakkeita: komponenttikotainen sanallinen kuvaus ja hinta, valmistajan ja toimittajan nimet, komponenttia sisältävän kokoonpanon nimi sekä numero jne. (Kuva 2).

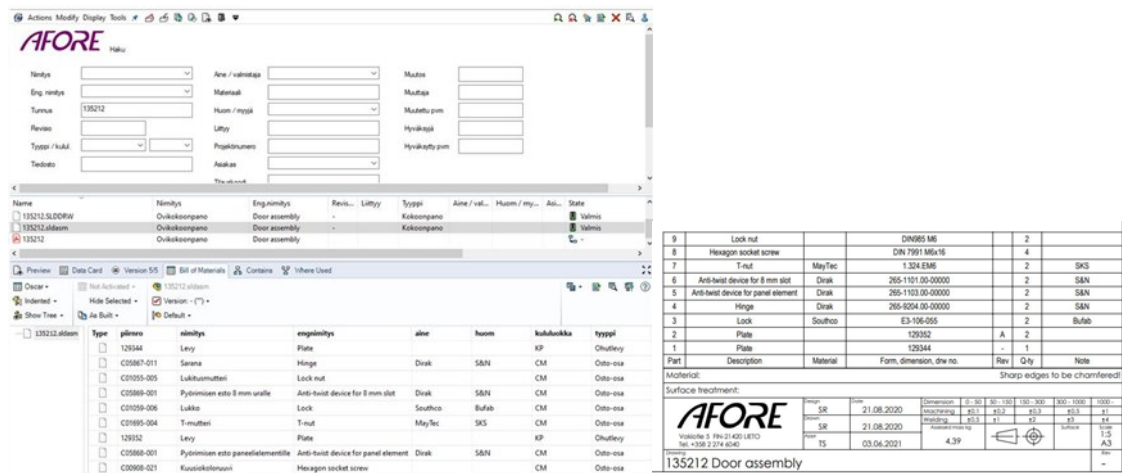
Type	piirnro	nimitys	engnimitys	aine	huom	kululuokka	tyyppi	Part Number	Reference ...	materiaali	massa
	142060	Kulmatuki 1	Corner support 1			KP	Ohutlevy	142060	2	Stainless steel (RST)	
	C06623-002	Johtokouru	Cable channel			CM	Osto-osa		2		
	C00752-135	Korotustappi	Spacer			CM	Osto-osa		3		
	142469	Power brac...	Power bracket ...				Kokoonpano		1		
	C06587-001	Virtalähde	Power supply			CS	Osto-osa		1		

Kuva 2. Osaluettelon näkymä ohjelmassa Solidworks PDM Vault (Afore Oy).

Osaluettelon on määriteltävä aivan kaikki lopputuotteessa kulutetut osat. Tällä tavalla yrityksen arkisoihin jää realistinen tieto valmistetusta tuotteesta, sekä minimoituu riski väärän komponentin hankkimisesta ja siksi toimitusten myöhästymisistä. Samalla hankintakustannukset on helpompi ennustaa ja seurata, kun on selvillä kaikki hankittavat tuotteet, niiden kappalemäärät, jokaisen valmistajan toimitusajat ja mahdolliset toimituskustannukset.

Nykyään tuotannon automatisoinnin yhteydessä yrityksissä voi samaan aikaan olla käytössä monta suunnitteluohjelmaa, kuten esimerkiksi erilliset ohjelmat mekaniikka-, sähkö-, pneumatiikka- ja hydraulikkakokonaisuuksien suunnitteluun. Kaikista ohjelmista saadun datan yhdistäminen tuotekohtaisen ostorakenteeseen on äärimmäisen tärkeää.

Jos yrityksessä on käytävissä vain yksi suunnitteluohjelma lopputuotteen mallintamiseen, siinä tapauksessa BOM-listan saaminen on suhteellisesti helppo prosessi. Jokaiseen suunnitteluohjelmaan on sisällytetty toiminto viedä ohjelmasta eli importoida suunnitteluprojektissa käytetyt komponentit taulukkotiedostoon, kuten esimerkiksi Excel- tai Linux-taulukkoihin. Esimerkiksi alla on esitetty kaksi osaluetteloa: SolidWorks 3D CAD -mallinnusohjelmasta SolidWorks PDM Vault -tietokantaan siirretyt komponentit PDM Vault:n taulukkoon ja saman kokoonpanon 2D-piirustukseen tulostettu osaluettelo (kuva 3). Molemmista tapauksissa osaluetteloiden riveillä niiden järjestyksestä riippumatta ovat täsmälleen samalla tavalla esitetyt samat komponentit samoissahan kappalemäärissä. Toisin kuin 2D-piirustuksen osaluettelo, SolidWorks PDM Vault-tietokannassa olevaa luetteloa voi kutsua aktiiviseksi – BOM-listan voi tulostaa Excel-taulukoksi tai viedä muihin ohjelmiin, etsiä komponentit ja kokoonpanot hakutoiminnolla reaaliajassa.



QTY	Part	Description	Material	Form dimension, draw no.	Rev	Qty	Note
2	Lock nut		DIN985 M6			2	
4	Hexagon socket screw		DIN 7991 M6x15			4	
2	Plate		Maytec			2	SKS
2	Anti-hold device for 8 mm slot	Drak	265-1101.00.0000			2	S&N
2	Anti-hold device for panel element	Drak	265-1103.00.0000			2	S&N
2	Hinge	Drak	265-6204.00.0000			2	S&N
2	Lock	Southco	E3-106-055			2	Bufab
2	Plate		129352		A	2	
1	Plate		129344			1	

Kuva 3. Esimerkkikokoonpanon osaluettelot Solidworks PDM Vault -ohjelmassa (vasemmalla) ja 2D-piirustuksessa (oikealla) (Afore Oy).

Jos yrityksessä on käytössä vähintään kaksi suunnitteluohjelmaa, silloin datan integrointiin yleensä on toteutettu jompikumpi alla olevista vaihtoehdoista tai jopa molemmat:

- a) saman valmistajan ohjelmat: esimerkiksi SolidWorks Electrical 3D ja SolidWorks 3D CAD, jolloin SolidWorks on vastuullinen integraation kaikista yksityiskohdista,
- b) jommankumman ohjelman integraatiotyökalu: esimerkiksi Eplan Electric tarjoaa EPLAN Integration Suite, joka pystyy yhdistämään tiedot moniin nykyisiin ERP-, PDM- ja PLM-järjestelmiin; ohjelmien kytkentä yhteen voi vaatia ylimääräistä työtä integraatiotyökalun valmistajalta.

On olemassakin kolmas vaihtoehto, kun eri ohjelmista saadut osaluettelolistat yhdistetään kolmanteen ohjelmaan, kuten esimerkiksi Excel-taulukkoon. Tällä tavalla koottu BOM-lista sopii tilanteeseen, kun komponenttien tilaamisprosessi tapahtuu manuaalisesti ja listaa käytetään vain ohjeena, tai kun kyseisen tuotteen osaluettelon on tarkoitus arkistoida yrityksen palvelimeen. Jotta ostorakenne olisi aktiivinen eli jotta sen voi käyttää automatisoidussa tilaamisprosessissa, ja jotta yritys voisi käyttää hyväkseen kaikki aktiiviseen ostorakenteeseen liittyvät potentiaaliset edut, ostorakenteen on siirrettävä toiminnanohjausjärjestelmään. Siinä järjestelmässä ostorakenteen pohjalta on mahdollista luoda ostotilauksia, seurata komponenttien toimitusaikoja ja saatavuutta yrityksen omassa varastossa sekä suorittaa muitakin tehtäviä.

2.2 Ostorakenteen sovellukset

Kun koko tuotteen osaluettelo on koottu yhteen, jokainen komponentti sijaitsee erillisellä rivillä. Jos sama komponentti liittyy useampaan kokoonpanoon, se komponenttirivi voi esiintyä listalla saman verran kertoja. Riippuen rivien määrästä tilaamisprosessi voi olla joko manuaalinen, automatisoitu tai osittain automatisoitu. Manuaalinen hankintaprosessi on sellainen tilaamisprosessi, joka on suoritettu työntekijällä täysin manuaalisesti. Tähän liittyy tilattavien rivien selvittäminen, rivien lajitteleminen toimittajittain, tilausten koonti sekä

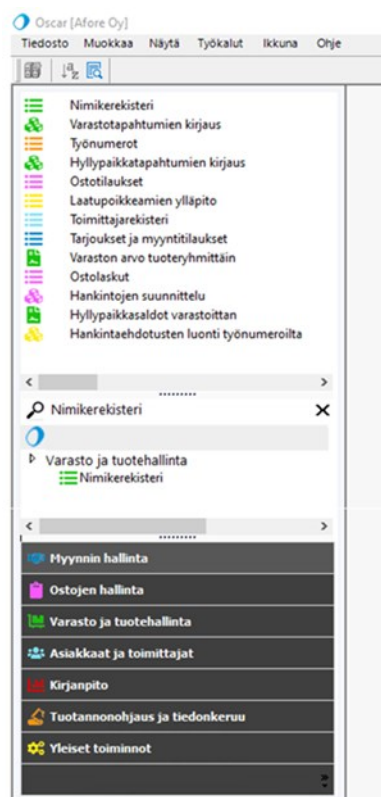
lähettäminen toimittajille. Automatisoidussa hankintaprosessissa aikaisemmin mainitut rutiinitehtävät työntekijän sijaan suorittaa järjestelmä, kuten esimerkiksi ERP-järjestelmä. Tämä ero säästää valtavaa määrää työntekijöiden aikaa, mahdollistaa erilaisia toimintoja tulevan datan kanssa, vähentää erilaisten virheiden määrää tai eliminoi virheet kokonaan. Osittain automatisoitu prosessi voi olla pääpiirteittäin manuaalinen, mutta kaikkia mahdollisia ns. mekaanisia toimintoja, kuten esimerkiksi komponenttien syöttäminen tietokoneeseen, ovat automatisoidu. Tuotannon automatisointi tuo yritykselle monia muitakin etuja ja kehittämispotentiaalia.

ERP-järjestelmä (engl. enterprise resource planning) eli toiminnanohjausjärjestelmä, joka oman nimen mukaan ohjaa tuotannon prosesseja ja yhdistää kaikenlaista dataa yhteen. Toiminnanohjausjärjestelmät eivät ole uppouusi keksintö vaan sillä on pitkä kehityshistoria, joka pohjautuu tarvelaskentajärjestelmään (engl. Material Requirement Planning tai lyhyempi MRP). Tarvelaskentajärjestelmät olivat syntyneet ja laajasti käytetty noin 1960- ja 1970-luvuilla ja olivat suunnattu seuraamaan yritysten materiaalien käyttöä tuotannossa. Tämä materiaalien valvonta edisti ylläpitämään tuotannon toimivassa rytmissä. Tietysti paljon aikaisemminkin ihmiset tekivät materiaalien laskennat ja suunnitelmat, mutta käyttäminä työkaluina olivat paperi ja kirjoitusvälineet. (McCue 2020.)

ERP-järjestelmä auttaa seuraamaan materiaalien kulutusta, kerätä hankintaehdotuksia ja tarvittaessa tekemään ostotilauksia. Järjestelmä sallii ylläpitämään varastossa olevien tuotteiden kappalemääriä, hintoja ja sijaintia varaston hyllyillä. Tämän lisäksi toimintaohjausjärjestelmään tallennettujen komponenttien osto- ja myyntihistoriaa ovat nähtävissä. On olemassa erilaisia toimintajärjestelmiä, kuten esimerkiksi SAP ERP, Total ERP by Pinja, Fikuro ERP sekä tässä opinnäytetyössä käsitelty Oscar Software Oy:n valmistama Oscar Pro -toiminnanohjausjärjestelmä.

2.2.1 Oscar Pro -toiminnanohjausjärjestelmä

Oscar software on monikielinen pilvipohjainen toimintajärjestelmä, jota pystyy käyttämään paljon käyttäjiä samaan aikaan. Kun työntekijällä on pääsy Internet-ympäristöön ja kaikki tarvittavat salasanat kirjautumiseen, hän pääsee järjestelmään maailman jokaisesta kohdasta. Tämä ominaisuus tarjoaa mahdollisuuksia esimerkiksi tarkistamaan yrityksen varastossa olevien varaosien kappalemääriä, rekrytoida asiantuntijoita ympäri maailmaa, saada päivitettyä dataa reaaliajassa ja monta muuta toimintoa. (Kuva 4).



Kuva 4. Kuvakaappaus: Oscar software -ohjelman etusivu ja välilehdet (Afore Oy).

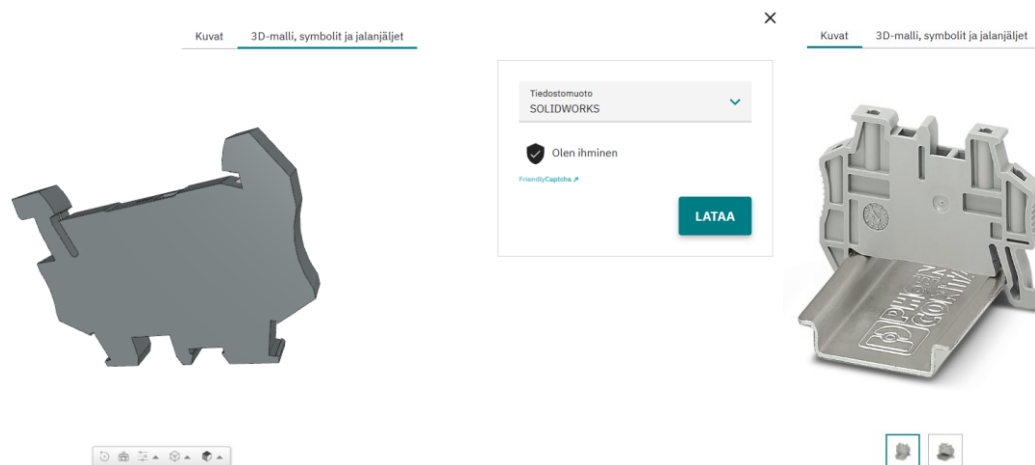
Pääsääntöisesti yrityksissä ei käytetä ERP-järjestelmiä itsenäisinä ja ainoana työkaluina. Niitä yhdistetään esimerkiksi mallinnusohjelmiin tai tuotetiedonhallintajärjestelmiin. Integraatio tarkoittaa sisältämistä ja sopeuttamista toiseen ympäristöön. Tässä kontekstissa ohjelmien integraatio on ohjelmien, järjestelmien tai vaan datan lisäämistä toiseen dataympäristöön

saadakseen yhteyttä ohjelmien välissä, kuten esimerkiksi ohjelmaan, järjestelmään. Integrointi helpottaa ja nopeuttaa datansiirtoa, mikä laajentaa käytettävien ohjelmien ja apuohjelmien määrää muun muassa suunnittelu- ja rankentamivaiheessa. Tarkasti suunniteltu ja toteutettu integrointi vähentää siirrettävien tietojen menetystä ja vaurioitumista, säästää aikaa sekä kasvattaa ja monipuolistaa yrityksen mahdollisuuksia.

2.3 Mekaniikka- ja sähkökokoontamisen erot

Kun valmistettava tuote sisältää itsensä sekä sähköisiä että mekaanisia osia, tuotteen suunnittelu jaetaan kahdelle ryhmälle: sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijoille. Jokainen ryhmä keskittyy omaan vastuualueeseen, sekä työskentelee omassa erillisessä ohjelmassa. Suurin riski, mitä voi johtua tällaisesta tilanteesta, on kahden ryhmän välisen kommunikoinnin ja tiedonsiirron puute ja/tai toimintahäiriö, mistä mahdollisesti syntyvät eri rakenneosien yhteensopivuusongelmat.

Komponenttien täytyy sopia fyysisesti toisiinsa: kaikki suunnitellut ja muualta hankitut tuotteet pitävät mahtua kokoonpanoosiin juuri sillä tavalla, miten se olikin esitetty CAD-ohjelmissa. Varmistaakseen osien fyysistä yhteensopivuutta on rakennettava 3D-malli, missä huomioidaan sähköosien ja tarvittaessa pneumatiikkaosien dimensiot mekaniikkakokoonpanoissa. Moni sähköosien valmistaja tarjoaa verkkosivuillaan komponenttien tarkat kuvat ja 3D-mallit haluttuna tiedostotyyppinä. Tällä tavalla sähkösuunnittelija näkee kytkennän ominaisuudet kuvasta, ja mekaniikkasuunnittelija saa käyttöön täydellisen mallin rakenneosasta, ns. ”mockup component” tai ”dummy part”. Esimerkkinä on Phoenix Contact :n valmistama tuote (kuva 5).



Kuva 5. Vasemmalla on 3D-mallin esinäkymä ja ladattava tiedosto. Oikealla on sähköosan valokuva (Phoenix Contact Oy 2025, End bracket Clipfix 35-5).

Toinen haaste, mikä voi nousta esiin vääränlaisesta datan hallitsemisesta, on vaikeudet datan jäljitettävyydessä. Kun tuotekehityksen aikana syntyy monta versiota tulevasta tuotteesta, on tärkeää seurata ja merkitä kirjallisesti, kumman version sähkökuvat vastaavat kumpaa versiota mekaniikan piirustuksia. Tämä tapa auttaa kokoamaan tuotteen yhteisen rakanteen.

Yhdistääkseen sähkö- ja mekaniikkasuunnittelu voi käyttää saman kehittäjän valmistamia ohjelmia ja sovelluksia, kuten esimerkiksi SolidWorks 3D CAD ja SolidWorks Electrical Professional, AutoCAD Mechanical ja AutoCAD Electrical. Tilanteessa, kun datan siirto tai integrointi ohjelmasta toiseen tulisivat tarpeellisiksi, se tapahtuisi suhteellisesti helpommin saman kehittäjän dataympäristön sisällä. Toisaalta usein ohjelmien valmistajat tarjoavat jo valmiit erikoisratkaisut omien ohjelmien integrointiin. Tämän esimerkkinä on EPLAN GmbH & Co. KG :n valmistama EPLAN Integration Suite (Eplan 2024). Tämän lisäksi on olemassa yrityksiä, joiden toiminta on erikoistunut integraatioiden suorittamiseen, kuten esimerkiksi suomalainen ohjelmistoajan yritys ATR Soft Oy ja heidän perustettu ryhmä CUSTOMTOOLS, joka on erikoistunut Solidworks:n ja Solidworks PDM:n yhteensopivuudet, kuten esimerkiksi CAD-PDM-ERP -ohjelmien integrointimahdollisuudet (ATR Customtools 2024).

Tässä opinnäytetyössä selvitetään tapoja yhdistää dataa neljästä eri lähteestä: Eplan Electric P8, SolidWorks 3D CAD 2021, SolidWorks PDM Vault-tuotetiedonhallinta ja Oscar Pro -toiminnanohjausjärjestelmä, käyttämällä apuna Microsoft Excel - ja LibreOffice Calc -sovelluksia ja ATR software - integraatiotyökaluja.

2.3.1 Taulukkolaskentaohjelmat

Microsoft Excel on Microsoft Corporation, Inc:n taulukkolaskentaohjelma, jossa käyttäjä pystyy operoimaan suuria tietoaineistoja datan analysointiin ja tulosten visualisointiin. Monissa suunnitteluohjelmissa ja tuotannonohjausjärjestelmissä on mahdollisuuksia datan exportille eli tietojen viennille ohjelmasta tai järjestelmästä Excel:n taulukkomuotoon sekä datan importille eli tietojen tuonnille Excel-taulukoista ohjelmaan/järjestelmään. Toisaalta tietyissä ohjelmissa, esimerkiksi Oscar Pro -järjestelmässä käytetään LibreOffice:n LibreOffice Calc – taulukkolaskentaohjelma, jonka mahdollisuudet suureinpiirtein vastaavat Microsoft Excelin toimintoja. (Microsoft Excel 2024.)

Taulukkolaskentaohjelmia voidaan käyttää apuna raporttien tekemisessä tai esimerkiksi aputyökaluna varastotyöntekijöiden päivittäisissä tehtävissä keräily- ja tarkistuslistojen tekemiseen.

2.3.2 3D-mallinnus ohjelma ja tietokanta

Afore Oy:ssä käytetään SolidWorks 3D CAD mallintamiseen ja SolidWorks PDM tietokantana. Tällä hetkellä SolidWorks 3D CAD -ohjelmalla ja SolidWorks PDM -tietokannalla on suurin vaikutus Oscar-toimintaohjausjärjestelmään ja siksi kaikkiin tuotannon prosesseihin. Tieto valmiiksi suunnitelluista rakenteista siirtyy Oscar-toimintaohjausjärjestelmään, mutta Oscar-järjestelmän käyttäjä ei pääse vaikuttamaan takaisin SolidWorks:n ohjelmiin. Voisi sanoa, että SolidWorks 3D CAD ja siksi SolidWorks PDM ovat pääohjelmat eli master-ohjelmat.

SolidWorks 3D CAD on mallinnusohjelma, missä käyttäjä pystyy luomaan erillisten osien ja niiden kokoonpanojen 3D-malleja ja 2D-piirustuksia, sekä suorittamaan muita toimintoja mallien perusteella (SolidWorks 2024). Yllä mainitut erilliset itsenäiset osat ovat .sldprt -tiedostomuodossa, siksi näitä osia myös kutsutaan partti-osiksi, ja kokoonpanotiedostot ovat .sldasm – muodossa. Tiedostotyyppien nimissä "sld"-lyhenne viittaa SolidWorks:n omaan nimeen, "prt"-lyhenne englanninkieliseen sanaan "part", ja vastaavasti "asm" on lyhenne sanasta "assembly". Kokoonpanot koostuvat komponenteista, jotka voivat olla partti-osia tai myös alikokoonpanoja. SolidWorks 3D CAD -mallinnusohjelmassa komponentteja kokoonpanoon pystyy lisäämään monella eri tavalla. Esimerkiksi kokoonpanon valittuun kohtaan voi piirtää täysin uuden osan, tai lisätä käsin valitsemalla haluttuja tiedostoja jo olemassa olevien tiedostojen luettelosta yksittäin tai monta komponentteja samaan aikaan näppäimistön ctrl -näppäintä käyttämällä (SolidWorks 2024). Sen lisäksi komponenttien lisäämistä kokoonpanoon voi ohjelmoida.

SolidWorks 3D CAD -ohjelman tietokanta on yhdistetty Solidworks PDM -järjestelmään. SolidWorks PDM on tuotetiedon hallintajärjestelmä, missä sisäänkirjautuneella käyttäjällä on pääsy kaikkiin yrityksen SolidWorks 3D CAD -ohjelmaan luotuihin komponentteihin reaaliajassa. (SolidWorks 2024).

Oscar Pro -järjestelmän ja PDM Vault:n integraatio on toteutettu ensisijaisesti ATR Softin Customtools-tuotteen kanssa, koska heillä on jo ymmärrys Oscarin tietokantarakenteista, tietomalleista ja valmis lisäosa juuri Oscar integraatiota varten. Integraatio toimii Oscar OIL palvelun kautta, jossa tietoa välittyy XML-laajennettavan merkintäkielen standardin (engl. Extensible Markup Language) sanomana tavallisesti nimikkeistä ja nimikerakenteista. Yleinen käytätapaus on se, että materiaali- ja ostonimikkeet perustetaan Oscar Pro:hon ja suunniteltavat nimikkeet puolestaan luodaan Oscariin 3D mallin hyväksynnästä. (Oscar software 2024.)

2.3.3 Sähkösuunnitteluohjelma

Eplan Electric P8 (jatkossa lyhennettynä Eplan:ksi) on ohjelma, jossa sähkösuunnittelijat rakentavat sähköisiä kaavoja. Ohjelmasta tulostetuissa sähkökuvissa on muun muassa eritelty taulukkoihin komponenttiluettelo ja kooste tarvittavista lisensseistä. Aikaisemmin yrityksessä jonkin ajan oli käytetty muita sähköpiirustusten suunnitteluun erikoistuneita ohjelmia, kuten esimerkiksi Solidworks Electrical ja CADs, mutta Eplan Electric P8 on toiminut ja vastannut parhaiten Afore Oy:n tarpeisiin.

Eplan Electric P8 sallii tallentamaan omaan tietokantaan käyttäjän antamat komponenttien ERP-järjestelmässä käytetyt nimikenumerot komponenttien valmistajan merkinnän ja teknisten ominaisuuksien lisäksi (taulukko 1). Jokaiselle sähköiselle osalle voi määrittellä ERP-numeron käsin yksitellen tai päivittää usean nimikenumeron kerralla. Tallentaakseen monta numeroa kerrallaan Eplan:n käyttäjän on ensin tulostettava ohjelmasta kaikkien osien luettelo taulukkomuotoon, sitten täyttää tarvittavat kohdat ja syöttää muokatun taulukon takaisin ohjelmaan. ERP-järjestelmän mukaisten koodien lisääminen Eplan:iin lyhentää komponenttien hakuaikaa Oscar-järjestelmän tietokannasta tilausten perustaessa sekä mahdollistaa seuramaan komponenttien ostohistoriaa.

ERP number	Part number	Order number	Type number	Part description EN
C30543-002	HELU.37061	37061	H07RN-F	H07RN-F 5G1,5 mm ² BK
C02898-001	PXC.3209510	3209510	PT 2,5	Feed-through terminal block, PT 2,5
C30183-006	OMR.XS6W- 6LSZH8SS20CM-Y	XS6W- 6LSZH8SS20CM-Y	XS6W- 6LSZH8SS20CM-Y	EtherCat cable, 0.2m yellow

Taulukko 1. Ote kolmen komponentin tiedoista Eplan-kirjasto (Afore Oy).

Jokaisella osalla Eplan-ohjelmassa on kymmeniä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi kuvaus usealla kielellä, osan fyysiset ulkomitat, jännite, virta, valmistaja, toimittaja, varaosa. Monet ominaisuudet ovat peräisin Eplan:n kirjastoista, toisia pystyy määrittämään ohjelman käyttäjä. Osien kuvausten

sekä osaluettelon oletuskieli on englanti. Type number -sarake sisältää tiedon tuotekoodista, johon on salattu tuotteen ominaisuudet. Order number -sarakkeessa on tuotteen tilauskoodi. Osalla tuotteista Part number ja Type number ovat melkein tai täysin identtisiä koodeja. Toisilla tuotteilla Part number ja Order number ovat melko samanlaisia. (Taulukko 1.)

3 Yrityksen sisäisten prosessien ja niiden ominaisuuksien tutkinta

Luvussa 2.2 oli korostettu toiminnanohjausjärjestelmän tärkeä rooli hankintaprosessissa ja sen merkitsevä vaikutus kaikkiin tuotannon toimintoihin. Ennen osaluetteloiden muodostumistapojen analysointia oli perehdyttävä Oscar-toiminnanohjausjärjestelmän työkaluihin ja prosesseihin syvemmin.

3.1 Valmistettavien tuotteiden komponenttien merkintätapa

Afore Oy:ssä valmistetaan erikokoisia ja toimiltaan eroavia testauslaitteita pienissä sarjoissa. Erottaakseen laitteita toisistaan jo suunnitteluvaiheessa jokaiselle määritellään yksilöity nimi ja numerosarjat. Esimerkiksi merkintä "1234 Apollon 1 123456" tarkoittaa: "Projektinumero (1234) x Laitteen sarjan nimi (Apollon) x Laitteen järjestysnumero sarjassa (1) x Ylimmäisen piirustuksen numero (123456)". Yllä mainittu tapa mahdollistaa tarkempaa dokumentointia, helpottaa osien tilaamista ERP-järjestelmässä, parantaa varaosien jäljittävyyttä sekä tietojen hakua arkistosta. Yrityksen sisäisessä toiminnassa useimmiten käytetään pelkkää projektinumeroa ja laitteen sarjan nimeä, esimerkiksi 1234 Apollon. Kaikissa mallinnusohjelmissä sekä Oscar:ssa on käytössä myös kuusinumeroinen piirustusnumero koko tuotteelle, esim. 123456.

Projektinumero on neljänumeroinen järjestysnumero, jonka laite saa, kun suunnitteluprosessi alkaa. Projektinumero auttaa erottamaan eri laitteiden komponentteja toisistaan tilaamisessa, säilytyksessä ja asennuksessa. Projektinumero on kriittinen ominaisuus projektien hallinnalle – jokainen toiminta materiaaleille sekä työajalle on yhdistettävä johonkin projektinumeroon, jotta Oscar-järjestelmässä materiaali- ja aikakustannukset täsmäsivät. Myös varaosa- sekä huoltopalveluille on nimetty omat projektinumerot. Jokaisen projektin rakennekomponentteja voi jakaa ryhmiin: mekaniikka ja pneumatiikka (molemmat suunnitellaan ohjelmassa SolidWorks 3D CAD), sähköisiä osia

(ovat suunniteltu ohjelmassa Eplan Electric 8) ja erikseen hankittavat ohjelmistot ja lisenssit (yleensä ovat mainittu erikseen sähkökuvissa).

3.1.1 Merkintätapa ja sen rooli

Ylläpitämään projektien ei-suunniteltuja komponentteja yrityksessä käytetään omia koodeja. Afore Oy:n piirustusten mukaisesti tehdyille mekaniikkaosille ja mekaniikkakokoonpanoille automaattisesti määräytyy kuusinumeroinen sarjanumero suuruusjärjestyksessä. Sarjanumero eli piirustusnumero (tai nimike Oscar:ssa) on esimerkiksi aikaisemmin mainittu 123456. Muualta ostettaville komponenteille generoidaan tai luodaan manuaalisesti 9-merkintöinen C-kirjaimella alkava koodi, esimerkiksi C00001-001 tai C30001-001. Kuusinumeroisen koodin idea on peräisin SolidWorks 3D CAD -ohjelmasta, missä jokaiselle osalle aina annetaan kuusimerkintöinen koodi, jota tarvittaessa voi laajentaa lisäkoodilla, joka on koottu keskiviivasta ja kolmesta numerosta.

Uuden koodin tuotteelle on mahdollista perustaa kahdessa ohjelmassa samanaikaisesti: SolidWorks:ssa sekä Oscar:ssa. On päätetty, että SolidWorks:ssa luodut koodit aina alkavat samalla kahdella merkeillä - C0, ja Oscar:ssa perustetut koodit alkavat merkeillä C3. Myös yrityksessä pyritään siihen, että jokainen seuraava koodi olisi suuruusjärjestyksessä eli esimerkiksi C30001-001, C30002-001, C30003-001. Samantyyppisiä komponentteja kirjataan saman ns. pääkoodin alle, kuten esimerkiksi C00001-001, C00001-002, C00001-003. Tämä tapa on suunnattu ryhmittämään komponentteja, mikä voi auttaa myöhemmin komponenttien haussa, mutta myös säätämään koodien määrään. Solidworks:n ja Oscarin integraation ominaisuuksien vuoksi, uusien koodien automaattinen siirto ohjelmasta toiseen tapahtuu vain yhteen suuntaan: SolidWorks:ssa tehdyt koodit päivittyvät Oscar:in heti. Oscar:ssa luodut koodit on lisättävä SolidWorks:in manuaalisesti, jos halutaan niitä nähdä Solidworks:n data-arkistossa.

3.1.2 Komponenttien säilytystapa

Oscar:ssa pystyy rakentamaan monta toisista riippumatonta varastoa. Se mahdollistaa eri säilytyspaikoilla olevien tuotteiden kappalemäärien eli saldojen erikseen tarkistuksen. Afore Oy:ssä tätä toimintoa hyödynnetään perustamalla kaksi varastoa: varasto numero 1 toisin sanoen aktiivinen projektihylly ja varasto numero 2 tai 2.varasto eli varastoidut tuotteet, joiden käyttö ei ole rajattu yhteen projektiin. Uuden projektin aloitteessa sille määritellään projektihylly, missä jokaiselle kokoonpanolle viedään erillinen laatikko sen komponenttien säilytystä varten ennen kokoamista. Näissä laatikoissa säilytetään mekaniikka- ja pneumatiikkakomponentteja. Projektin sähköisen komponentit pidetään erillisellä hyllyllä sekä osan sähköisistä komponenteista asentajat ottavat suoraan 2.varastosta asentamisen aikana.

Mekaniikka- ja pneumatiikkaosia päätyvät oikeisiin kokoonpanolaatikoihin Oscarin tilaamisprosessin ominaisuuksien ansiosta. SolidWorks:ssa mallinnettujen osien ja kokoonpanojen tieto siirtyy PDM:n kautta Oscar:in. Siitä seuraa, että jos kokoonpanolle Oscar:ssa määrittää työnumeron, ja sitten käyttää syntynyttä työnumeroa tilaamisprosessia, se numero siirtyy Oscarin ostotilaukseen. Tavaraan saapuessa lähetysten vastaanottaja näkee työnumerosta kokoonpanonumeron jokaiselle osalle, mutta myös projekti- ja varaston numeron. Koska kokoonpanoissa olevat mekaniikka- ja pneumatiikka komponentteja täysin vastaavat kokoonpanopiirustusten osaluetteloa, tulostettuja kokoonpanopiirustuksia käytetään myös tarkistus- tai saapumislistoina. Listalle merkitään, kun kappale on tullut ja tarvittaessa sen tarkemman sijainnin toisella hyllyllä, jollei se mahtunut kokoonpanolaatikkoon. Näin sekä asentajan, että hyllyttäjän työ projektien osien käsittelyssä on standardisoitu, ja siksi helpotettu.

Sähkökuvat piirretään toisessa ohjelmassa – Eplan:ssa, missä komponentteja ei jaeta useampiin pienempiin kokoonpanoihin. Tästä seuraa se, että sähköisiä komponentteja ei pystytetä järjestämään projektihyllyssä samalla tavalla kuin mekaanisia ja pneumaattisia osia.

3.2 Työnumeroiden luomistavat ja niiden käyttö Oscar-järjestelmässä

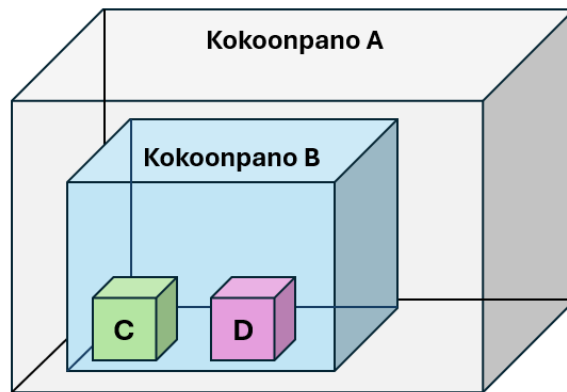
Oscar-toiminnanohjausjärjestelmä tarjoaa käyttäjälle tavan automatisoimaan komponenttien hankinnan valituille kokoonpanoille työnumeroiden avulla. Työnumero on juokseva numero, ja se on uniikki jokaiselle kokoonpanolle. Projektinumeron ja laitteen sarjan järjestysnumeron lisäksi työnumero on kolmas tapa erottaa kehitettävän tuotteen muista tuotteista. Uuden työnumeron perustettaessa sille määritellään, mille kokoonpanolle ja projektille se kuuluu, joten ei voi olla olemassa kaksi kokoonpanoa samalla työnumerolla. Tämän lisäksi työnumerolle lisätään asiakkaan, jolle tätä kokoonpanoa rakennetaan, esimerkiksi se yritys itse tai ulkopuolinen asiakas. Myös rajoitetaan valmistusaika ja -määrä eli kuinka kauan tämä työnumero on aktiivinen sekä montako tätä kyseistä kokoonpanoa on tarkoitus tehdä. Valmistusaika jakautuu aloitukseen ja valmistumiseen, missä työn aloitus on se päivämäärä, milloin kokoonpanon komponenttien pitää viimeistään saapua ja olla hyllytettynä kokoonpanolaatikoihin. Samalla tavalla työnumeron valmistuminen johtuu päivämäärästä, milloin kokoonpanon osia halutaan olla valmiina asentamista varten. Näiden etukäteen tallennettujen tietojen vuoksi ostotilauksiin tulee automaattisesti laskettu tarvittava määrä komponentteja, työnumerot sekä tilausten toimitusaikoihin kopioituu työnumeron aloitusaika. Kuvassa 6 on kuvakaappaus 003322-työnumeron luomisesta ja mahdollisista täydentävistä yksityiskohdista.

The screenshot shows a web-based application window titled 'Työnumero 003322'. The interface is divided into several sections for data entry:

- Header:** 'Perustiedot' (Basic info) with tabs for 'Valmistumisen kirjeus', 'Materiaaliotto', 'Kustannukset', 'EDI', and 'Tuotot ja kustannukset'.
- Order Info:** 'Työnumero' 003322, 'Vaihe' 000 KESKEN, 'Myyntitilaus', 'Tilausriivi' 0, 'Rakenneriivi', 'Vastuuhenkilö', 'Asiakas', 'Paättyö', 'Ylättyö'.
- Product Info:** 'Nimike', 'Versio', 'Nimi', 'Varasto'.
- Production Info:** 'Valmistusmäärä' table with 'Suunniteltu' and 'Toteutunut' columns for 'Varastomäärä' and 'Tuotantomäärä'.
- Scheduling:** 'Valmistumisen suunnittelu' with 'Aloituspäivä' (05.10.2022), 'Viikko' (2022-40-3), 'Klo' (00:00), 'Valmistumispäivä' (01.01.1900), 'Viikko' (1900-01-1), 'Sovittu aika' checkbox, and 'Tot.viikko' (1900-01-1).
- Classification:** 'Luokitus', 'Taso', 'Alkuperä', 'Kielikoodi', 'As. tilausno', 'Asiakasmerkki', 'Asiakasviite'.
- Administrative:** 'Kustannuspaikka', 'Kustannuslaji', 'Projekt', 'Tulosyksikkö', 'Osasto', 'Tiimi', 'Littera', 'Pääsuunnittelija', 'Solu', 'Aktivoitava', 'Laskutetaan, kun työ valmis', 'Ei toteumalaskutusta', 'Työvaiheen valmiiksi kuittauksen esto työajanseurannassa'.
- Output Options:** 'Työmääräin' (radio buttons for 'Ei tulosteta', 'Tulostetaan', 'Tulostettu'), 'Ajoitus tyyppi' (radio buttons for 'ERP', 'GANTT', 'FIXED'), 'Työrivit' (checkboxes for 'Työrivit', 'Tekstirivit', 'Materiaalirivit', 'Hienokuormitusväri', 'Edelleenveloitus').
- Footer:** A navigation bar with various menu items like 'Materiaalirivit', 'Materiaalirivin teksti', 'Materiaaliotto', etc.

Kuva 6. Kuvakaappaus Oscar-toiminnanohjausjärjestelmän ikkunasta. Työnumeron luomisen esimerkki, tyhjä malli (Afore Oy).

Oscar-toiminnanohjausjärjestelmässä on kaksi tyyppiä tilauksia: ostotilauksia ja myyntitilauksia. Ostotilaukset tarkoittavat yrityksen omaan käyttöön menevien tuotteiden tilaamista tai valmistettavien tuotteiden komponenttien hankintaa. Myyntitilauksiin kuuluu varaosien myynti ja yrityksen valmistamien tuotteiden myynti. Molemmissa tilauksissa pystytään hyödyntämään työnumeroiden etuja. Avattaessa ostotilaukseen lisätty työnumero, näkyy kokoonpanon numero, johon kyseinen komponentti kuuluu. Tämä toiminto helpottaa hyllytystä tilattujen komponenttien saapuessa, sekä tarkistusta, jos halutaan erikseen tarkistaa tiettyyn kokoonpanoon tilattuja komponentteja. Jokaisesta myyntitilauksesta voi tehdä työnumeron Oscar:ssa (kuva 7). Silloin myyntitilauksessa olevan kokoonpanon työnumero koostuu myyntitilauksen koodista, keskiviivasta ja automaattisesti generoituvasta juoksevasta viisimerkitsevästä numerosta. Esimerkiksi myyntitilauksesta MT1996 135212-kokoonpanolle tehty työnumero on MT1996-00599.



Kuvio 1. Kuvaava esimerkki kokoonpanon rakenteesta. Ylin kokoonpano A, jossa on alikokoonpano B, sen alikokoonpanot C ja D.

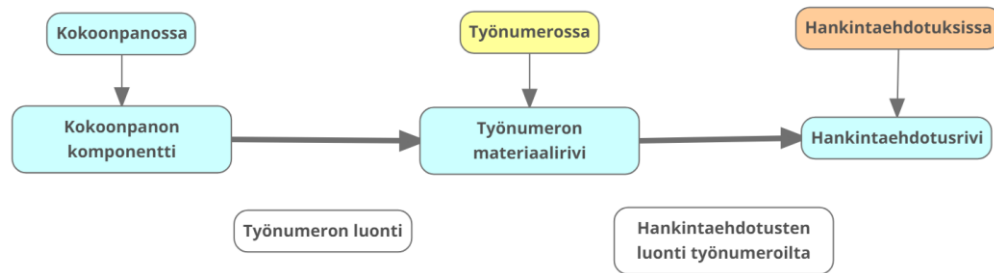
Oscar-järjestelmän käyttäjä pääsee näkemään jokaisen työnumeron rivin tilanteen syöttämällä työnumeron koodia hakukenttään Työnumeroiden selailu -välilehdellä. Jos rivillä on merkitty ostotilausnumero, niin rivin tuote oli tilattu Oscar:n hankintaehdotusten avulla. Avoin määrä tarkoittaa, kuinka monta tuotteen kappaletta on vielä saapumatta. 2.varaston saldo -sarake viittaa varaosien varastossa olevaan sen tuotteen kappalemäärään. Oscar-järjestelmässä välilehtien sarakkeita pystyy lisäämään, poistamaan, nimeämään uudelleen, järjestämään uuteen järjestykseen sekä mm. asettamaan sarakkeiden riveille värjäyskomentoja. Esimerkiksi kuvassa 8 Avoin määrä -sarakeelle on ohjelmoitu, että kun sen sarakkeen arvo on nolla, se värjätään vihreällä. (Kuva 8).

Työnnumero	Osittainen	Yhteinen	Materiaalirivit	Tyypin	Hes	Hes koki	Tuotteen	Ostotilausnumero	Su. tilin päivänpäivä	Op. k. vaihtoehto	Avoin määrä	2.varaston saldo	3.varaston saldo	Su. tilin kappalemäärä
MT1996-00599	30	1977	T-mutteri	Ovikokoonpano	135212	C01695-004		0018350		030	0,00	030	2,00	0,00
MT1996-00599	40	1977	Pyörinisen esto paneeli	Ovikokoonpano	135212	C05868-001		0018356		045	0,00	030	2,00	10,00
MT1996-00599	10	1977	Sarana	Ovikokoonpano	135212	C05867-011		0018356		045	0,00	030	2,00	11,00
MT1996-00599	20	1977	Pyörinisen esto 8 mm L	Ovikokoonpano	135212	C05869-001		0018356		045	0,00	030	2,00	100,00
MT1996-00599	5	1977	Levy	Ovikokoonpano	135212	129344		0018321		030	1,00	030	1,00	1,00
MT1996-00599	35	1977	Levy	Ovikokoonpano	135212	129352		0018321		030	2,00	030	2,00	1,00
MT1996-00599	15	1977	Lukitusmutteri	Ovikokoonpano	135212	C01055-005					2,00	030	2,00	1,00
MT1996-00599	25	1977	Lukko	Ovikokoonpano	135212	C01059-006		0018360		030	2,00	030	2,00	8,00
MT1996-00599	45	1977	Kuusiokolorauvi	Ovikokoonpano	135212	C09008-021					4,00	030	4,00	1,00

Kuva 8. Kuvakaappaus Oscar-toiminnan ohjausjärjestelmästä, työnumeroiden selailu -välilehti. Työnumeron materiaalirivien haku ja rivien tilan tarkistus työnumeron avulla. (Afore Oy.)

3.3 Komponenttien tilaamisprosessi Oscar-järjestelmässä

Kun kokoonpanolle on tehty työnumero, kokoonpanon komponenteista voi automaattisesti koota ostotilauksia käyttämällä Oscar:n hankintaehdotusten työkaluja. Ensin on luotava hankintaehdotusrivejä työnumeron eli kokoonpanon riveistä. Vaikka tarkoitetaan samaa asiaa, kokoonpanon komponentti eli kokoonpanorivi kutsutaan eri tavalla, kun tarkoitetaan samaa komponenttia työnumerossa ja myöhemmin hankintaehdotuksissa (kuvio 2).



Kuvio 2. Kokoonpanon komponentin eli kokoonpanon rivin nimen muutos työnumeroissa ja hankintaehdotuksissa.

Hankintaehdotusrivien luominen tapahtuu Oscar:ssa avaamalla Hankintaehdotusten luonti työnumeroilta -välilehtiä ja syöttämällä työnumeroväliin ne työnumerot, joiden komponenttia on tilattava, ja käynnistetään luontiajon (kuva 9). Tämän toiminnon ominaisuuden takia on suositeltava, että hankittavien kokoonpanojen työnumerot olisivat suuruusjärjestyksessä peräkkäin.

Kuva 9. Kuvakaappaus Oscar-järjestelmästä, hankintaehdotusten luonti työnumeroilta. Esimerkkutilanne, kun haussa on työnumero väliltä 000000-999999. (Afore Oy.)

Tehdyt hankintaehdotusrivit löytyvät Hankintojen suunnittelu -välilehdestä. Hankintojen suunnittelu -välilehden ikkunan ylimmässä osassa on hakukenttiä, joiden avulla Oscar-järjestelmän käyttäjä pystyy suodattamaan rivejä. Suodatus voi tehdä esimerkiksi rivillä olevan tuotteen toimittajan tai hankintaehdotusrivin tekijän mukaan, näytä ja piilota rivit, joita on jo lisätty tarjouspyyntöön/-öihin jne. Myös samalla alueella sijaitsevat toimintanapit, joita painamalla (kun yksi tai monta haluttua riviä on valittu), riveistä voi mm. perustaa ostotilaukset, tehdä tarjouspyynnöt, tallentaa muutokset jne. Hakukenttien alta löytyy kaksi työaluetta, missä molemmissa ovat hankintaehdotusrivit taulukkomuodossa. Alinta taulukkoa mainittua prosessia varten ei käytetä. Hankintojen koonti tilauksiin ja tarjouspyyntöihin tapahtuu ainoastaan ylimmässä taulukossa. (Kuva 10.)

Kuva 10. Kuvakaappaus. Hankintojen suunnittelu -välilehti ja esimerkki hankintaehdotusriveistä Oscar-toiminnanohjausjärjestelmässä (Afore Oy).

Ennen kaikkea on varmistettava, että jokaisella rivillä on täytetty Toimittajatunnus-ruutu (Tm.Tunnus-sarake). Tähän taulukkoon tieto tuotteen toimittajasta kopioituu komponentin nimikkeen ominaisuuksista Nimikerekisteri-välilehdeltä. Jollei siihen nimikkeen perustaessa ole valittu toimittajaa, hankintaehdotusriville jää tyhjä kohta, vaikka tuotetta olisi ostettu aikaisemmin joltain toimittajalta, ja nimikkeen ostohistoriaan on jäänyt jälki tilauksesta.

Nimikerekisteriin toimittaja on lisättävä käsin, sillä Oscar ei täytä automaattisesti toimittajaruutuja nimikkeen tietoihin eikä hankintariveille nimikkeen ostohistorian mukaan. Hankintaehdotusrivejä voi järjestää suuruus- tai aakkosjärjestyksessä painamalla halutun sarakkeen nimeä kerran. Sen jälkeen Oscar:n käyttäjä valitsee samalle toimittajalle kuuluvat rivit ja joko heti tekee ostotilauksen näistä riveistä painamalla Tilaa valitut -nappia, tai luo ensin tarjouspyynnön painalla Tee tarj.p -nappia. Tarjouspyyntö Oscar:ssa eroaa ostotilaukselta suhteellisesti vähän. Tarjouspyynnöllä on oma vaihekoodinumero, jolla niitä pystyy erottamaan kaikista ostotilauksilta sekä muuttaa tarvittaessa tavallisiksi ostotilauksiksi. Tarjouspyyntöä voisi ajatella ostotilauksen luonnoksi, siinä on

koottu kaikki tarvitsevat nimikkeet, niiden määrät, työnumerot, päivämäärät, projektinumero jne. Ainoa kohta, mikä erottaa tarjouspyynnön ostotilaukselta, on päivitetty ostohinnat. Tulostettaessa tarjouspyyntöä .pdf-tiedostoon jokaiselle komponentille tallennetut hinnat eivät tule näkyviin, ainoastaan tuotteiden koodit ja kappalemäärät. Tehty tarjouspyyntö lähetetään toimittajalle, ja tarjouksen saapuessa ostohinnat päivitetään tarjouspyyntöön Oscarissa, jonka jälkeen tarjouspyyntöä voi muuttaa tavalliseksi ostotilaukseksi yhtä nappia painamalla.

4 Prosessin kehittäminen

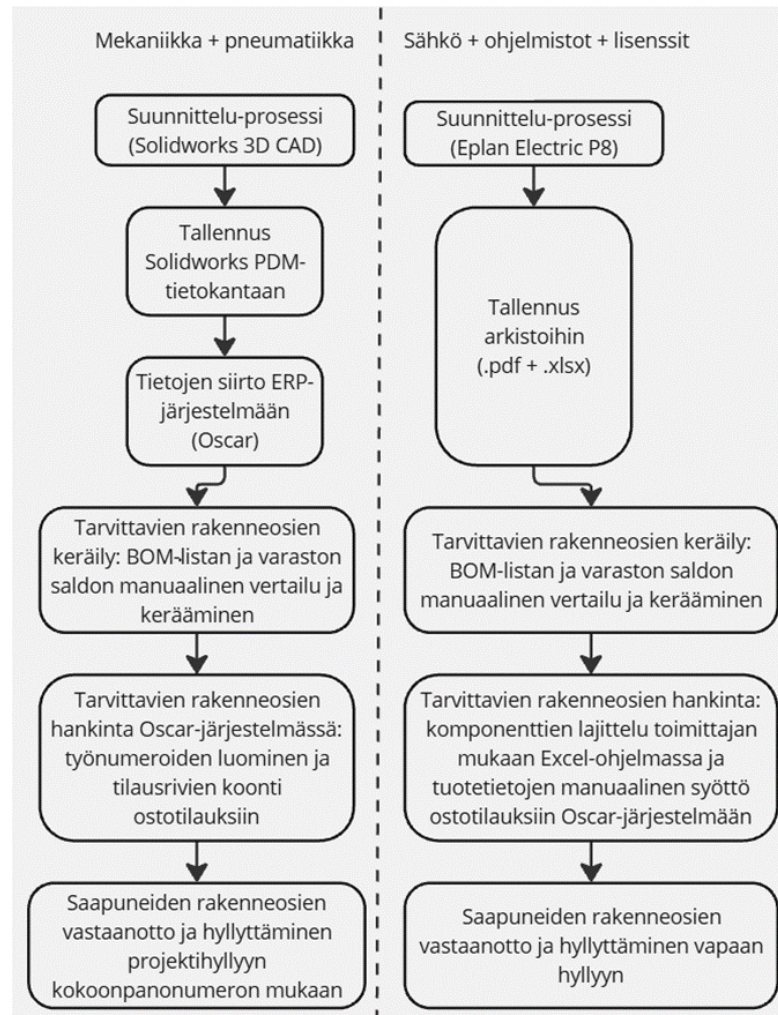
Ensimmäinen askel prosessin kehittämisessä on nykyisen prosessin tutkiminen. Jotta mistä tahansa prosessista tulisi toimiva prosessimalli on ensin dokumentoitava kaikki prosessin aikana suoritettavat toiminnot kirjalliseen ja kuvalliseen muotoon. Tämä keino auttaa korostamaan todella tarpeelliset teot ja päästää eroon turhista, prosessia hidastuvista ja hankaloittavista vaiheista. Kyse voi olla päätösten hyväksyjien henkilömäärän vähentämisestä, tietokonetiedoston tai fyysisen tuotteen siirtämiskertojen rajoittamista. On määriteltävä jokaiseen prosessiin menevää aikaa, sekä selvítettävä mahdollisten odottamisviiveiden syy. Usein syy odottamisesta ja pitkistä prosesseista voi johtua huonosta kommunikoinnista ryhmäjäsenten kesken tai liiallisesta käsittelystä, jonka seurauksena ovat päällekkäisiä prosesseja ja datan uudelleen syöttäminen, mitkä taas ovat inhimillisten virheiden ja lisääntyneen toteuttamisajan syinä. (Blinkey 2020, 15-17).

4.1 Prosessin kulku ennen kehitystyötä

Ennen oppinäytetyön tekemisen alkamista Afore Oy:n suunnitteli heidän tuotteensa samanaikaisesti eri suunnitteluryhmissä kahdessa erilaisessa suunnitteluohjelmassa: SolidWorks 3D CAD -ohjelmassa ja Eplan:ssa. SolidWork:sta Oscar:iin siirrettävissä tiedoissa olivat mukana seuraavat komponentit: mekaniikan, pneumatiikan ja mekaniikkakokoonpanoihin lisätyt sähköosat. Eplan:sta viedyt sähkökuvat (.pdf-tiedostoina) ja osaluettelolistat (.xlsx-tiedostoina) sisälsivät sähkökomponentteja ja lisenssejä. Nämä tiedostot menivät suoraan yrityksen arkistoihin. Hankintaprosessin alkaessa ostoryhmä haki tarvittavat BOM-listat arkistoista manuaalisesti.

Sähköosien hankinta projektille alkoi 2.varaston saldon tarkistuksesta. Jos BOM-listan mukaiset komponentit löytyivät saldoilta, ne siirrettiin projektin sähköosien hyllyyn sekä kirjattiin Oscar:ssa saman projektin alle. Kaikki muut komponentit ryhmitettiin toimittajien mukaan Excel-taulukkolaskentaohjelman

kautta. Jokaisesta ryhmityksestä oli luotu oma tilaus Oscar:ssa. Saapuessaan tilattavien sähköosien hyllytys oli suoritettu kappaleessa 3.1.2 esitetyn tavan mukaan. (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Prosessin kulkukaavio suunnittelun valmistuksesta hyllyttämiseen.

Tiedot osien valmistajasta sekä mahdollisesta toimittajasta siirtyivät sähköosien BOM-listoihin Eplan:n tietokannasta, mutta ostaja voi tehdä muutokset toimittajavalintaan optimoidakseen tilaustenmäärä, tai toimituskuluja, tai lisämaksuja jne. Projektin BOM-listalta ostotilauksiin kopioitiin kaikki tarvittavat tuotetiedot, kuten tuotekoodit, projektinumerot, kappalemäärät. Osalle komponenteille voi olla määritelty C-koodi entuudestaan, osalle koodit oli luotava alusta alkaen.

4.2 Vanhan hankintaprosessin aikana mahdollisesti syntyvät ongelmat

Suunnittelun jälkeen sähkökomponenttien ja -kuvien tietojen hallinta tapahtui suurelta osin manuaalisesti, mikä saattoi aiheuttaa erilaisia haasteita ja ratkaistavia ongelmia hankintaprosessissa.

Ensimmäinen haaste oli voinut ilmetä jo suunnitteluvaiheessa – esimerkiksi väärin C-koodien käyttö Eplan:n osaluettelossa tai tuplakoodien luominen. Koska Eplan:ssa ei ollut määritelty vastaavia C-koodeja suurimmalle osalle komponenteista, sähköosien tilausvaiheessa ostajalla ei ollut käytettävissään ennalta varmennettuja koodeja. Tilausvaiheessa ostajan oli etsittävä hänen mielestensä sopiva C-koodi Oscar:n nimikerekisteristä osaluettelossa olevan tuotekuvauksen perusteella, esimerkiksi käyttämällä valmistajan numeroista tai kirjaimista koostuvaa tuotekoodia. Ostajan vastuulla oli varmistettava, että Oscar:ssa oleva C-koodi todellisesti viittaa tiettyyn haluttuun sähkökomponenttiin, että Eplan:iin on tallennettu aktiivisessa käytössä oleva C-koodi, jolla komponentti tilataan 2.varastoon, ja samalla tarkistaa, ettei samalla komponentilla ole kahta C-koodia.

Toinen haaste piili sähkökuvien päivityksissä. Kun päivityksiä oli kertynyt tarpeeksi, tallennettiin uusi sähkökuvaversio, mitä oli merkitty seuraavalla aakkoskirjaimella. Tilanteessa, kun sähkökomponenttien tilausprosessi oli aloitettu tai jo suoritettu, ostaja sekä projektivastaava eivät olleet saaneet automaattista ilmoitusta ohjelmista uuden päivitetyn osaluettelon olemassaolosta. Ajankohtainen kommunikointi oli täysin sähkötekniikan osaston vastuulla. Päivitetyn komponentin tarkistus ja tilausten korjaaminen käsin lisäsivät inhimillisten virheiden mahdollisuutta, mikä johti kolmanteen haasteeseen – komponenttien manuaalinen syöttöön ostotilauksiin.

Tilanteessa, kun komponentille oli määritelty C-koodi osaluettelossa, sen lisääminen tilaukseen sujui melko ongelmitta – C-koodin kopiointi ja liittäminen. C-koodin puutteessa hankintaprosessin nopeuttamiseksi, ostotilaukseen oli syötetty pelkkä valmistajan tuotekoodi. Näin olleen syntyi inhimillinen riski, että joko tuotteen kuvauksessa tai kappalemäärässä saattoi tapahtua kirjoitusvirhe.

Neljäs mahdollisesti esiintyvä haaste oli voinut syntyä hiljaisen tiedon seurauksena. Hiljaisella tiedolla tarkoitetaan tietoa (tässä tapauksessa komponentin valmistajasta, ominaisuuksista jne.), jota ei ole kirjoitettu mihinkään tiedostoon, vaan oletetaan, että kyseinen tieto on itsestäänselvyys kaikille työntekijöille. Esimerkiksi, jos pitkään aikaan oli käytetty vain tietynlaisia rakennneosia tietyltä valmistajalta tai toimittajalta, tai jos rakenneosalle ei ollut määritelty tarkkoja vaatimuksia ja päätös jäi ostajalle. Sellainen ostokomponentti saattoi jäädä tallentamatta ERP-järjestelmään, joten tieto säilytys- ja ostopaikasta yleensä oli yleensä ainoastaan työntekijöiden muistissa. Esimerkiksi kuvakaappauksessa kuvassa 11 on esitetty vanha tapa merkitä LED-valonauhan sähköosien osaluetteloon (kuva 11). Sähkökuvassa ei ollut erikseen mainittu tuotekoodia eikä valonauhan pituutta, toivottua kytkentätapaa tai valon väriä.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Job numb	1955													
2	Project de	Aiolos													
3	Make	001													
4	Location c	Manufact	Supplier	ERP number	Part number	Order number	Type number	Quantity	Total amo	Total cabl	Discontini	Part: Designation 1			
5	Autoload							0	0,00						
6	Autoload	AFORE	AFORE	C32163-004	Euro IEC cable 3m	C13 IEC to CEE 7/	Euro IEC cable	3	0,00			Euro IEC cable 3m			
7	CC1	AFORE	AFORE	C32251-005	Fuse 5x20mm, 5A T	Fuse 5x20mm, 5A	Fuse 5x20mm, :	1	0,00			Fuse 5x20mm, 5A T			
8	CC1	AFORE	AFORE	C32251-009	Fuse 5x20mm, 200r	Fuse 5x20mm, 20	Fuse 5x20mm, :	1	0,00			Fuse 5x20mm, 200mA T			
9	OP1	AFORE	AFORE	C32193-001	Keyboard	USB Keyboard	Keyboard	1	0,00			USB Keyboard			
10	CC1	AFORE	AFORE		Led strip light	Led strip light	Led strip light	1	0,00			Led strip light			

Kuva 11. Esimerkki vanhasta tavasta esittämään sähköosan tuotetiedot. Kuvakaappaus sähköosien osaluettelosta (Afore Oy).

4.3 Prosessin kehittämisideat

Kun koko kehitettävä prosessi on dokumentoitu ja sen heikot vaiheet on selvitetty, on tarkistettavaa myös muita ei suoraan prosessin menoon liittyviä tekijöitä, kuten esimerkiksi vastaako yrityksen tuotteiden tarjonta asiakkaiden kysyntää. Tämä on toinen asia, mikä voi hidastaa prosessin menestystä, ja se liittyy ylituotantoon tai ylimääräisiin varaosien ostoihin eli "just-in-case" -hankittaviin tuotteisiin. Tämä ongelma voi johtaa varaston ylikuormitukseen, milloin tila tuotteiden säilyttämiseen niille merkityillä paikoilla loppuu ja niitä joudutaan siirtämään muualle. Tällöin voi ilmestyä riski tuotteiden eksymiseen varasatoon tai tilan loppumiseen. Jos yritys osaa ennustaa, kuinka monta

kappaletta tuotteita asiakas voi ostaa kerralla tai kuinka paljon tuotteita menee yrityksen omaan kulutukseen, sekä jos tuotteita on vaikeasti saatavilla tai jos toimituksessa voi ilmetä muita haasteita, on hyvä pitää tietty määrä sellaista tuotetta omassa varastossa. Toisaalta varastoidun kappalemäärän ei saisi erota merkittävästi tarpeen ennusteesta. Tässä tapauksessa yrityksen tekemät sijoitukset varastoituihin ylimääräisiin osiin voivat olla uhattuna. Kyseinen tuote voi olla varastossa liian pitkään ja menettää osittain laatuominaisuuksiaan, tai se voi korvautua uudella revisiolla/konfiguraatiolla, tai tuote voi olla vaihdettu toiseen. (Blinkey 2020, 16).

Yhteenvedona edellisestä kappaleesta voi todeta, että yrityksen käyttämien rakenneosien käyttö- ja ostohistorian seuranta tarjoaa reaaliaikaista tietoa ostoryhmälle tuotannossa hyödyllisistä rakenneosista. Näin ollen olisi mahdollista välttää varaston yli- tai alikuormitusta. Lisäksi organisoitu ja tarkka osaluettelorakenne tukee tosiarvoihin perustuvaa tarve-ennustetta.

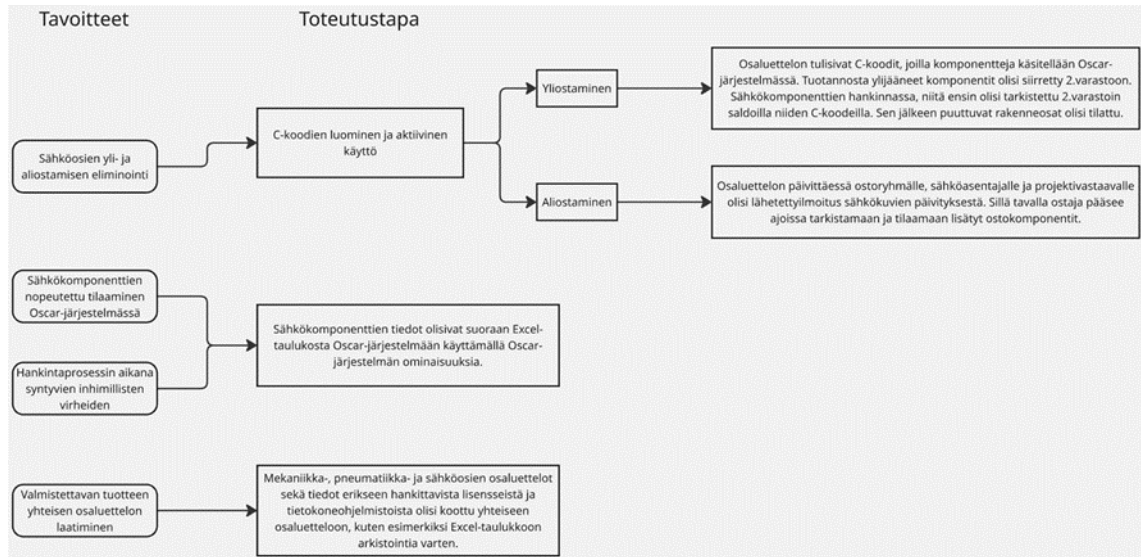
Ostorakenteen luomisprosessin kehittäminen oli keskitetty eliminoimaan sähköosien yli- ja alioistamista, nopeuttamaan sähkökomponenttien tilaamista Oscar-järjestelmässä, kokoamaan valmistettavan tuotteen yhteisen osaluettelon sekä vähentämään mahdollisia inhimillisiä virheitä hankintaprosessin aikana. Ensimmäisen ongelman ratkaisuksi oli valittu C-koodien luominen Oscar-järjestelmään sekä näiden C-koodien lisääminen Eplan-sähkösuunnitteluohjelman komponenttikirjastoon, jollei komponentilla aiemmin ollut koodia tai sitä ei ollut vielä tallennettu ohjelmaan. C-koodien avulla ostaja pääsee tarkistamaan ostokomponenttien edelliset tilaukset ja niiden varastosaldot. Samanaikaisesti tavoitteena olisi sähkökomponenttien tilaamisprosessin automatisointi. Menestyksen saavuttamiseksi kehitysprosessin menoa on käsiteltävä eri prosessikehitysmenetelmien näkökulmista. Nämä ratkaisut pohjautuvat Lean-ajatteluun ja erityisesti PDCA-ongelmaratkaisukierroksen toimintatapaan.

4.3.1 Lean-ajattelu

Siinä tapauksessa, jos prosessin kehittämistavat eivät ole helposti havaittavissa, on suositeltavaa hyödyntää Lean-johtamisfilosofiaa. Lean-ajattelu pohjautuu tuotannon järkevään resurssien hallintaan. Se pyrkii vähentämään erilaisia menetyksiä, kuten esimerkiksi aika- ja resurssien hukka. Nykyään tunnettu Lean-menetelmä pohjautuu 1940-luvun jälkeen syntyneen japanilaisen Toyota Production System:n johtamisfilosofiaan, jonka seurauksena Toyota:n yritys teki vallankumouksen teollisuudessa. On erilaisia työkaluja, mitkä käyttämällä pystyy ratkaisemaan prosessin aikana syntyviä ongelmia, saavuttaakseen Lean-periaatteiden mukaisesti toimivan systeemin. Seuraavissa kappaleissa käsitellään näitä työkaluja ja niiden sopivuutta ostarakenteen luomisprosessin kehittämiseen. (Blinkey 2020, 24-25).

PDCA-ongelmaratkaisukierroksen eli Plan-Do Check-Act -menetelmän toimintatapa perustuu nimensä mukaan kolmeen vaiheeseen: tavoitteiden ja niiden toteuttamistavan suunnitteluun, tehdyn suunnitelman toimivuuden tarkistamiseen korjatakseen sen puutteita ja suunnitelman toteuttamiseen. Menetelmän kuvauksen perusteella voi päätellä, että se sopisi parhaiten prosessin perustamisvaiheessa, kun kaikki tarvittavat vaiheet eivät ole vielä selvitettyjä. (Blinkey 2020, 24-25).

Prosessin kehittämistavoitteiksi oli asetettu 4 pääkohtaa: sähköosien yli- ja aliostamisen eliminointi, sähkökomponenttien tilaamisen nopeuttaminen Oscar-järjestelmässä, hankintaprosessin aikana syntyvien inhimillisten virheiden poistaminen ja valmistettavan tuotteen yhteisen osaluettelon laatiminen. Jokaiselle tavoitteelle oli määritelty alustava toteutustapa: C-koodien luominen ja aktiivinen käyttö, sähkökomponenttien siirto Excel-taulukosta suoraan Oscar-järjestelmään sekä kaikkien mekaniikka-, pneumatiikka- ja sähköosien koonti tuotteen yhteiseen osaluetteloon. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Alustavan PDCA-ongelmaratkaisukierroksen mukaisesti piirretty kehityssuunnitelma.

4.3.2 The 5 why's -menetelmä

The 5 why's eli 5 kertaa miksi -menetelmän käyttö sallii päästämään prosessin ongelman juurisyyanalyysin. Sen aikana ongelman ratkaisemiseen lähestytään löytämällä syntyneen ongelman todellinen syy - ongelman määrittämisen jälkeen kysytään ”miksi”-kysymys viisi kertaa ja vastataan niihin. (Blinkey 2020, 25).

Liitteessä 1 olevassa taulukossa 2 esitetään tässä opinnäytetyössä käsiteltävän ongelman syyn tutkiminen The 5 why's -menetelmää käyttäen.

5 Ideoiden toteuttaminen

Sähkökomponenttien tilaamisen nopeuttamiseksi ja kirjoitusvirheiden todennäköisyyden vähentämiseksi oli kehitettävä tapa liittämään osaluettelon komponentit eli ostorakenteen sisältö Oscar-järjestelmään syöttämättä niitä manuaalisesti.

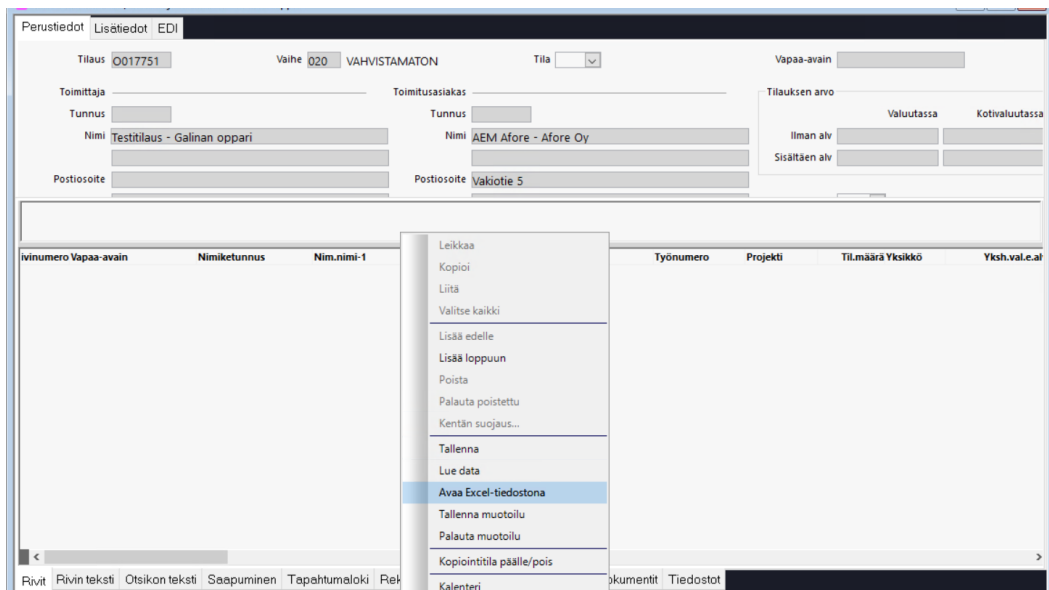
5.1 Sähkökomponenttien ostolistan siirtäminen suoraan Oscar-tilaukseen

Tässä luvussa tutkittiin menetelmä, milloin Oscar:n käyttäjä pystyisi kopioida ja lisätä sähkökomponenttien tietoja osaluettelosta (.xls-tiedostosta) suoraan Oscar-järjestelmässä oleviin ostotilauksiin. Silloin uusi tilaamisprosessi alkaisi ensin nykyisellä tavalla: ostaja ensin tarkistaisi sähkökomponenttien 2.varaston saldot ja hakisi tuotteet sieltä. Sitten hän säätäisi osat toimittajan mukaan Excel-tilauksessa tai tarvittaessa siirtäisi data toiseen Excel-pohjaan, joka vastaisi Oscar:n toiminnon vaatimuksia. Tämän jälkeen tiedot tilattavista komponenteista siirtyisivät Oscar:n tilausriveille, ja tilaus olisi valmis lähetettäväksi.

Suunnitelman toimivuuden varmistamiseksi oli löydettävä tapa siirtämään tiedot taulukkotiedostosta Oscar-järjestelmään. Oscar software:n laatimassa ohjekirjassa oli mainittu "Lue data" -toiminto, joka mahdollistaa tietojen päivittämisen useille nimikkeille samanaikaisesti lukemalla data taulukkotiedostosta. Ohjekirjan mukaan "Lue data" -toiminto auttaa käyttäjää esimerkiksi muokkaamaan varastosaldot tai hintatiedot. Toisaalta kun järjestelmän käyttäjä avaa ikkunan kaikista ostotilaukselle mahdollisista toiminnoista, yksi vaihtoehdoista on "Lue data" -toiminto. Näin olleen pääteltiin, että "Lue data" -toiminto voisi hypoteettisesti olla hyödyllinen ostotilausten täyttäessä.

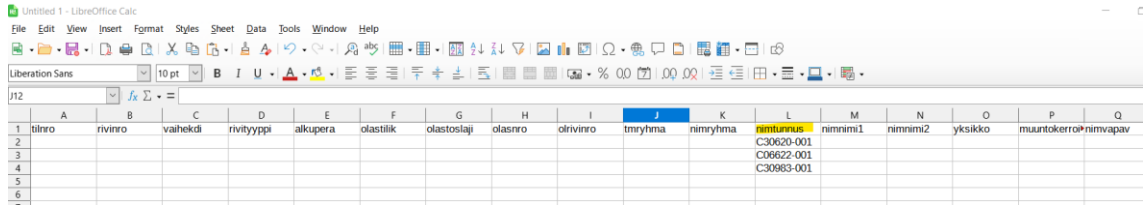
5.1.1 Tilausrivien siirto suoraan taulukkotiedostosta tyhjään ostotilaukseen

Ensin tutkittiin menetelmä, milloin data taulukkotiedostosta siirtyisi suoraan tyhjään Oscar-ostotilaukseen. Oli luotu testitilaus O017751, mille määriteltiin projektinumero 1973. Sitten ostotilaus oli avattu taulukkolaskentaohjelmaan Oscar-järjestelmän toiminnon ”Avaa Excel-tiedostona” avulla (kuva 12), mikä nimensä huolimatta Oscar:n viime päivityksen jälkeen avaa tiedoston LibreOffice Calc-tiedostona.



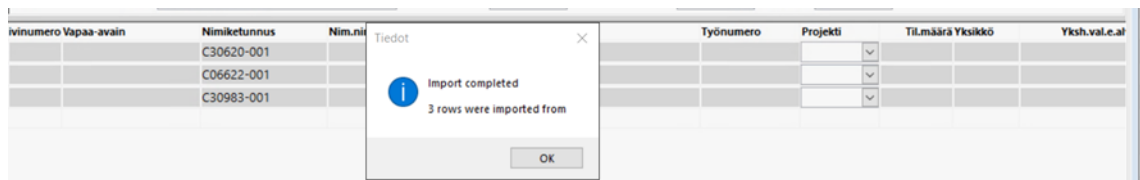
Kuva 12. Kuvakaappaus Oscar:n ostotilauksen avaamisesta tietokoneen työpöydän taulukkolaskentaohjelmaan. Myös kuvasta näkyy ”Lue data” -toiminto. (Afore Oy.)

Luodulla ostotilauksella ei ollut tilausrivejä, joten avattu LibreOffice Calc - taulukko sisälsi vain Oscar-järjestelmästä siirtyneet sarakenimet. Seuraavaksi nimitunnus-sarakkeeseen lisättiin kolmen komponentin C-koodit (kuva 13), minkä jälkeen tiedosto tallennettiin .txt -tiedostona (text csv). Suunnitelman mukaan Oscar- toiminnanohjausjärjestelmä osaisi hakea tietoja tyhjiin sarakkeisiin .txt -tiedostosta ja täyttää niitä, kun taulukkoa syötetään Oscar-järjestelmään takaisin toiminnolla ”Lue data”.



Kuva 13. Avattu ostotilaus LibreOffice Calc -ohjelmaan (Afore Oy).

Muokattu tekstitiedosto oli sisälletty samaan ostotilaukseen. Oscar-järjestelmä ilmoitti käyttäjälle ikkunalla onnistuneesta datan tuonnista. Toiminnon seurauksena ostotilaukseen ilmestyi kolme C-koodia. (Kuva 14.)



Kuva 14. Kuvakaappaus. Oscar-tuotannonohjausjärjestelmän ilmoitus onnistuneesti suoritetusta tietojen tuonnista (Afore Oy).

Tavallisesti, kun Oscar-järjestelmän käyttäjä syöttää C-koodi tai kuusinumeroinen Solidworks-koodi Nimiketunnus-sarakkeeseen, Oscar-järjestelmä hakea koodien takana olevat tiedot ja täyttää niitä ostotilaukseen automaattisesti. Kuitenkin tässä tapauksessa Oscar-järjestelmä ei tunnistanut aktiivisia C-koodeja Nimiketunnus-sarakkeessa, minkä vuoksi kaikki muut sarakkeet jäivät täyttämättä nimikerekisterin tiedoilla. Myös se, ettei Rivinnumero-sarakkeeseen tullut rivinumeroa sekä virheilmoituksen puute, vahvistaa saman tuloksen, ettei Oscar-järjestelmä tunnistanut tyhjiin tilaukseen lisättyä tekstiä. Mahdollisesti se voisi johtua siitä, että Nimiketunnus oli ainoa sarake, missä oli tekstiä. Valitettavasti ostotilauksen tallentamisen jälkeen lisätyt C-koodit ja kaikki kolme riviä hävisivät tilaukselta. (Kuva 15.)

Ostotilaus O017751, toimittaja Testitilaus - Galinan oppari

Perustiedot Lisätiedot EDI

Tilaus O017751 Vaihe 020 VAHVISTAMATON Tila [▼] Vapaa-avain []

Toimittaja [] Toimitusasiakas [] Tilauksen arvo []

Tunnus [] Nimi Testitilaus - Galinan oppari Nimi AEM Afore - Afore Oy Valuutassa [] Kotivaluutassa []

Postiosoite [] Postiosoite Vakiotie 5 Ilman alv [] Sisältäen alv []

C30620-001	Multi approval control cable	Tilattu/osto	136,00	Varattu/tuotanto	0,00	Kok. saldo	246,00	
Muutospäivä	28.9.2023	JZ-603 5G0,75 mm ² (19 AWG) GY	Varattu/myynti	0,00	Kesken/tuotanto	0,00	Vapaana	382,00

Ivinumero	Vapaa-avain	Nimiketunnus	Nim.nimi-1	Nim.nimi-2	Työnumero	Projekti	Til.määrä	Yksikkö	Yksh.val.e.alv	Toim.määrä
[]	[]	C30620-001	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	C06622-001	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	C30983-001	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

Kuva 15. Kuvakaappaus. Ostotilauksen sisältö Oscar-järjestelmässä datan lisäämisen jälkeen "Lue data" -komennolla (Afore Oy).

5.1.2 Tilausrivien siirto tilaukseen, missä on jo olemassa olevat rivit

Tarkistaakseen voiko 5.1.1 -kappaleessa esitettyllä tavalla lisätä data jo olemassa oleviin tyhjiin riveihin sekä tuleeko data tallentumaan, oli suoritettu toinen yritys. Sitä varten samaan ostotilaukseen oli ensin luotu kolme uutta tilausrivejä, joihin ei ollut kirjattu mitään dataa, jonka jälkeen tilaus oli tallennettu. Sen jälkeen ostotilaus avattiin LibreOffice Calc -tiedostona, johon oli kirjoitettu kolme C-koodia. Seuraavaksi tallennettu .txt -tiedosto avattiin Oscar-ostotilaukseen "Lue data" -toiminnolla. Testin tuloksena oli ostotilaus, jossa oli kuusi tilausrivejä, joista vain kolme Oscar-järjestelmässä luotu riviä oli tunnistettu toimiviksi riveiksi (kuva 16). Tämä johtopäätös oli seurauksena siitä, että niille automaattisesti oli tullut rivinumerot, projektinumero tilauksen tiedoista sekä symbolit muihin sarakkeisiin, kuten esimerkiksi hinnat.

The screenshot shows a software window titled "Ostotilaus 0017751, toimittaja Testitilaus - Galinan oppari". The interface includes tabs for "Perustiedot", "Lisätiedot", and "EDI". Below the tabs are various input fields for order details such as "Tilaus" (0017751), "Vaihe" (020 VAHVISTAMATON), "Tila", "Toimittaja", "Toimitusasiakas", "Nimi" (Testitilaus - Galinan oppari), and "Postiosoite" (Vakiotie 5). There are also fields for "Tilauksen arvo" (Value) and "Tilauksen arvo" (Net value). At the bottom, there is a table with columns: "Ivinumero", "Vapaa-avain", "Nimiketunnus", "Nim.nimi-1", "Nim.nimi-2", "Työnumero", "Projekti", "Til.määrä", "Yksikkö", "Yksh.val.e.alv", and "Toim.määrä".

Ivinumero	Vapaa-avain	Nimiketunnus	Nim.nimi-1	Nim.nimi-2	Työnumero	Projekti	Til.määrä	Yksikkö	Yksh.val.e.alv	Toim.määrä
5						1973			0,00	0,00
10						1973			0,00	0,00
15						1973			0,00	0,00
		C30620-001								
		C06622-001								
		C30983-001								

Kuva 16. Kuvakaappaus tyhjästä ostotilauksesta Oscar-järjestelmässä. Rivit 5-15 olivat luotu järjestelmässä. Niiden alla olevat rivit C-koodien kanssa olivat lisätty "Lue data" -komennolla. (Afore Oy.)

Ostotilauksen tallenteessa Oscar-järjestelmä varoitti käyttäjää päällekkäisyyksistä: ilmoitusten mukaan tilauksen projekti sekä tili eivät olleet voimassa. Korjaamaan tilannetta oli poistettu ylimmäiset rivit 5-15 sekä numeroitu manuaalisesti jääneet rivit, joilla on C-koodit, numeroilla 5, 10, 15, sekä lisätty Oscar-järjestelmässä uusi rivi 20 tavallisella tavalla. Ostotilaukselle oli määritetty toimittaja. Näitä lisäyksiä huolimatta ostotilausta ei pystytty tallentamaan. Sähkökomponenttien hankintaprosessi ei tule kehittymään, jollei ostaja käytä C-koodeja, ja siksi ostohistoria, varastosaldot jne. Päädyttiin etsimään toinen ratkaisu syöttää osaluettelon komponenttitiedot ostotilauksiin.

5.2 Muiden ratkaisutapojen tutkinta: Design Table ja AutomateWorks

Työntekijöiden haastattelujen perusteella todettiin, että nykyinen mekaniikka- ja pneumatiikkakomponenttien hankintaprosessi ja tietojen käsittelymenetelmä vastaavat parhaiten Afore Oy:n tarpeita. Tämän vuoksi päätettiin, että sähkökomponenttien (sekä mahdollisesti tarvittavien lisenssien, tietokoneohjelmistojen jne.) tulisi noudattaa samoja tapoja ja menetelmiä. Ratkaisuksi valittiin uuden kokoonpanon luominen Solidworks-suunnitteluohjelmassa. Kokoonpano oli tarkoitettu koostumaan yksinomaan sähköisistä osista, ja sitä kutsuttiin sähkökokoonpanoksi. Jokaiselle yrityksen

valmistamalle testauslaitteelle tehtäisiin oma sähkökokoontapano, joka olisi testauslaitteen päämekaniikkakokoontapanon alikokoontapanona muiden alikokoontapanojen ja osien lisäksi. Idean toteuttaminen jaettiin kahteen osaan: puuttuvien nimikkeiden lisääminen Solidworks-ohjelmaan ja komponenttien lisääminen uuteen kokoontapanoon taulukkotiedoston datan pohjalta. Apua SolidWorks:n toiminnoista ja mahdollisuuksista oli kysytty: Afore Oy:n henkilökunnalta, SolidWorks:n suomen jälleenmyyjältä CadWorks Oy ja käytetty SolidWorks:n koulutussivustot, kuten Knowledge Base ja 3DEXPERIENCE platform.

Suurin osa sähkökomponenttien C-koodeista oli perustettu manuaalisesti Oscar-järjestelmässä, minkä vuoksi niiden komponenttitiedot puuttuivat Solidworks-suunnitteluohjelman ja PDM:n kirjastoista. Uuden sähköosan perustamiseen oli syötettävä Solidworks-ohjelmaan osan C-koodi, sanallinen kuvaus, tuotekoodi, tyyppi eli osto-osa ja osan kululuokka eli SC (sähkökomponentti). Lisättävien osien määrä oli yli 300 kpl, joten oli löydettävä tapa automatisoida osien perustaminen Solidworks-ohjelmaan sekä tietojen täyttäminen vastaaviin kenttiin.

Sähkökokoontapanon perustamista varten tarvittiin tyhjä Solidworks-kokoontapano, johon sähkökomponentit lisättiin käyttäjän määrittämän koodiluettelon mukaisesti. Koodien suuren kappalemäärän vuoksi tämä prosessi oli myös automatisoitava. Molempien prosessien automatisointia varten tutkittiin Solidworks-suunnitteluohjelman työkalut taulukkotietojen käsittelyyn: Design Table, AutomateWorks sekä erikseen luotu macro.

Design Table on tapa ohjamaan kappaleen tai kokoontapanon erilaisia konfiguraatioita Excel-tilin avulla. Kyseinen työkalu nopeuttaa kokoontapanojen eri konfiguraatioiden kokoamista ohjelmassa sekä erikokoisten, samankaltaisten kappaleiden mallinnusprosessia. Kuvauksen perusteella todettiin, ettei Design Table soveltunut kumpaankaan prosessin tavoitteiden toteuttamiseen. (SolidWorks 2025).

AutomateWorks on CadWorks Oy:n kehittämä työkalu, jonka avulla pyrittiin tukemaan SolidWorks-suunnitteluohjelman käyttöä automatisoimalla suunnittelun toistuvia tehtäviä, kuten mitta- ja konfiguraatiomuutoksia. Sen tarkoituksena oli selkeyttää Solidworks-mallinnusohjelman käyttöä, mikä mahdollisti sen hyödyntäminen ilman laajaa CAD-osaamista. AutomateWorks myös hyödynsi Excel-tiedostoja, mutta oli keskittynyt käyttämään niitä kappaleen ominaisuuksien muuttamiseen. C-koodien lukeminen ja syöttäminen mallinnusohjelmaan edellytti kuitenkin erillistä sovittamista sekä lisäkoodausta. Tämän vuoksi päätettiin keskittyä suoraan koodauksen eli makron kehittämiseen. (CadWorks 2025).

5.2.1 Makron itsenäinen käyttö

Makro (engl. macro) on sarja komentoja ja tapahtumia, jotka on ryhmitetty yhteen yksittäisenä käskynä. Esimerkiksi sarja voi koostua lyhyistä komentojonoista tai laajemmasta kokonaisesta prosessista. Makron käynnistäminen suorittaa toimintasarjan automaattisesti ennalta määrättyllä tavalla käyttäjän haluaman toistomäärän mukaisesti. Makrojen ohjelmoinnissa käytettävä ohjelmointikieli vaihtelee sen mukaan, minkä ohjelmiston yhteydessä makroa käytetään. (Microsoft Support 2025).

Tämän opinnäytetyön laatimisessa tekijä on käyttänyt tekoälytyökalua ChatGPT teoksen luvussa 5.2.1 selvittääkseen mahdollisuudet luomaan toimiva Solidworks-makro muokkaamalla Chat GPT:n tuottamaa makropohjaa (OpenAI 2024). Testin tavoitteena oli selvittää, kuinka haastavaa C++ -ohjelmointikieleen perusteita hallitsevalle henkilölle olisi tuottaa toimivan Solidworks-makro ilman Solidworks-ohjelmiston ja CadWorks Oy:n asiantuntijoiden apua. Toisaalta oli käytetty Afore Oy:n mekaniikkasuunnittelijan apua tulleen makron muokkaamisessa ja testiajoissa.

Aluksi perehdyttiin SolidWorks-makrojen perusominaisuuksiin tutustumalla 3D knowledge -ohjeisiin. Tämän jälkeen selvitettiin makrojen käyttöesimerkkejä samankaltaisten ongelmien ratkaisemiseksi hyödyntämällä YouTube-

videopalvelua. Malliksi valittiin Comprehensive guide to SOLIDWORKS macros -videossa (Xarial 2023) esitetty toimintamenetelmä ja samassa videossa mainittu koodirakenne (Codestack 2024). Tämän pohjalta Open AI:n Chat GPT – virtuaaliavustajalle annettiin kaksi tehtävää ja jokaista varten pyydettiin erillinen koodi. Yksi tehtävistä oli yksinkertaisempi, ja toinen monimutkaisempi. Ensimmäisessä tehtävässä makron tuli luoda uusi .sldprt -tiedosto, antaa sille Excel-taulukon määrittämistä soluista haettu osanumero (part number), nimi/kuvaus (description) ja tallentaa tiedosto. Toisen makron tarkoituksena oli lukea Excel-taulukosta osanumero, vertailla sitä jo olemassa oleviin Solidworks-tiedostoihin. Tilanteessa kun Solidworks-tietokannasta löytyi osa sillä numerolla, osa oli ohittava tekemättä sille mitään toimintoja. Mikäli osaa vastaavalla numerolla ei löytynyt, tuli luoda uusi .sldprt-tiedosto ensimmäisen tehtävän tapaan. (Liite 1.)

Vaikka molempien koodien rakenne näytti toimivan ja sen vaiheet muistuttivat Comprehensive guide to SOLIDWORKS macros -videossa näytetyn koodin vaiheet, kumpikaan niistä ei ollut toimivaa. Ensimmäinen koodi ilmoitti virheestä jo alkuvaiheessa, kun ohjelma ei pystynyt lukemaan kumpaakaan tietoa taulukon soluista. Toisessa koodissa edellä mainitun ongelman lisäksi puutteena oli määrittämätön paikka, mistä löytyisivät ne kaikki tiedostot, joihin luettua osanumeroa piti vertailla. Toisin sanoen makro:n kirjoittavalla henkilöllä pitää olla ymmärrys sekä ohjelmointikielistä että Solidworks API:n toimintamenetelmistä ja sen tavoista käsitellä tietoja ja käskyjä.

5.3 Valmistelu makron tilaamiseen muualta

Toimivan makron kirjoittaminen oli tilattu ulkopuoliselta yritykseltä. Ennen työn aloittamista oli haastateltu Afore Oy:n työntekijöitä löytääkseen mitkä kriteerit nimike- ja sähkökokoontiedoissa ovat tärkeimpiä eri työryhmien näkökulmasta: asentajat ja projektipäälliköt, sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijat, ostoryhmä. Tavoitteena oli selvittää esimerkiksi mitkä tiedot ovat pakollisia Oscar-järjestelmän ja SolidWorks-ohjelman kannalta, mitkä tiedot olisivat hyödyllisiä sähköasentajille, mitkä tiedot on hyvää pitää tallessa testauslaitteen

datan arkistoinnin näkökulmasta jne. Haastatteluista saatujen tietojen pohjalta laadittiin sähkökokoonpanojen integrointia kuvaava vuokaavio ja lyhyt raportti makron alustavasti halutuista toimintaperiaatteesta Afore Oy:n käyttöön.

Suunniteltu vuokaavio esitti integraatioprosessin vaiheittain, jotta mahdolliset heikot tai ristiriitaiset kohdat voitiin tunnistaa jo varhaisessa vaiheessa sekä määrittää niille hyväksyvät ratkaisut. Koska vuokaavio on tarkka suunnitelma, sen avulla varmistettiin, että sekä asiakkaalla että toimijalla oli yhtenäinen käsitys prosessin kulusta, ehdotetuista ratkaisuista ja odotetuista lopputuloksista. Vuokaavion avulla voi korostaa asiakkaalle kriittiset kohdat, kuten esimerkiksi vaiheiden järjestys ja ideaali alku-/lopputilanne. Myös se tarjoaa mahdollisuuden toimijayritykselle arvioimaan, tulisiko tehdä jonkun suunnitelman realisointi juuri märityllä tavalla mahdolliseksi tai esittää vaihtoehtoisia, mahdollisesti parempia toteutusratkaisuja.

Tulevan makron toimintaperiaate sisälsi kolme päävaihetta: C-koodien lukeminen vuorotellen määrätystä kohdasta, koodien vertailu SolidWorks 3D CAD-kirjaston olemassa oleviin koodeihin (mikäli koodia ei löytynyt - uuden koodin luominen annetuilla tiedoilla) ja nimikkeiden lisääminen valitun sähkökokoonpanon alle. Makron oli tarkoitus käynnistyä painettaessa tiettyä painikettä SolidWorks 3D CAD -ohjelman työpalkissa.

Ennen työn valmistamista eli päätettävä koodi sekä nimeämistapa sähkökokoonpanolle. Koodille oli esitetty kaksi vaihtoehtoa: kuusinumeroinen koodi (mekaniikkakokoonpanon tapaan) tai ainoastaan sähkökokoonpanolle uniikin koodin käyttöönotto. Toisen vaihtoehdon vaatimukseen kuului merkkimäärä, jonka tuli vastata joko mekaniikkakokoonpanon koodin tai Oscar-järjestelmän C-koodin pituutta. Kuusinumeroisen koodin (esim. 123456) etuna oli, että sen perustaminen ja kokoonpanon käsittely voitiin toteuttaa samalla tavalla kuin mekaniikkakokoonpanon kohdalla. Tämän lisäksi PDM-tietokannassa olisi käytetty vain yksi tapaa kokoonpanon merkitsemiseen, mikä olisi hyödyllistä tilanteessa, jossa yrityksen olisi siirryttävä SolidWorks-ohjelmasta toiseen mallinnus- ja PDM-ympäristöön. Tällöin mekaniikkasuunnittelijan oli ensin luotava kokoonpano SolidWorks-ohjelmaan ja

sen jälkeen välitettävä sähkökoonpanon koodi sähkösuunnittelijalle, jotta tämä voisi tallentaa sen sähkökuviin.

Toisaalta uniikkiin sähkökoonpanokoodiin voitiin sisällyttää hyödyllistä tietoa. Kuten esimerkiksi koodi E01931-001 viittasi 1931-projektille suunnitteluun sähkökoonpanoon. Mikäli testauslaitteessa oli useita eri sähkökokonaisuutta, koodin päätte ilmaisi tällaisten kokonaisuuksien määrän: päätte -001 päätte voitiin kasvattaa järjestyksessä seuraavaan numeroon. Tällöin sähkösuunnittelija tiesi etukäteen tulevan sähkökoonpanon koodin, mikä vähensi koonpanon luomiseen vaadittavia vaiheita. Molemmissa tapauksissa sähkökoonpanon nimeksi oli valittu ”Electrical assembly”.

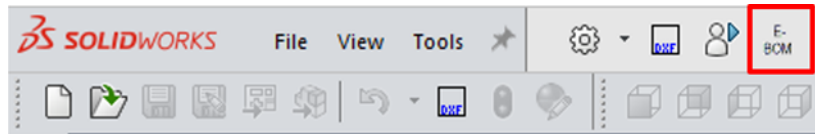
5.3.1 Sähkökoonpanon lisääminen SolidWorks-ympäristöön ja koetulokset

Useiden keskustelujen jälkeen oli päätetty sähkökoonpanon luomisprosessin etenemismalli. Suunnittelussa oli otettu huomioon mahdolliset virhetilanteet, kuten C-koodin puuttuminen osaluettelosta. Silloin makron tuli ilmoittaa virheestä ja keskeyttää koko sähkökoonpanon luomis- tai päivitysprosessin. Tämän vuoksi oli suositeltavaa varmistaa etukäteen, että koodi-sarake oli täytetty ennen makron käynnistämistä.

Sähkökoonpanon luomisprosessi sisälsi seuraavat vaiheet:

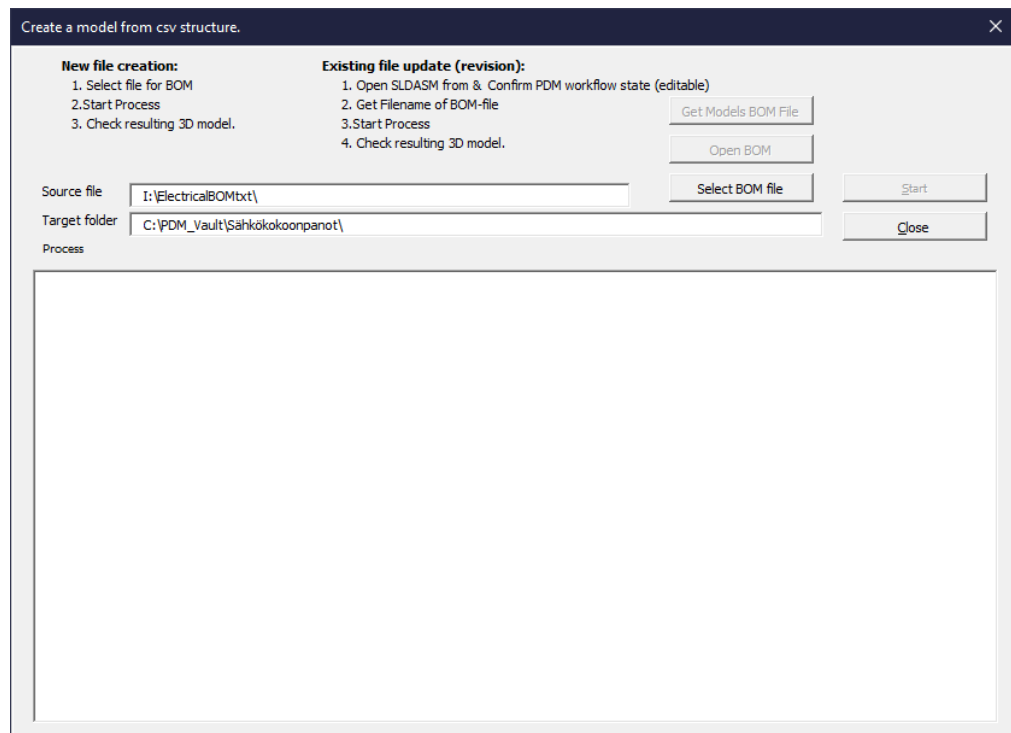
- 1 - Kun projektinumero oli tiedossa, sähkökuvat piirrettiin eplan-ohjelmassa ja tallennettiin .pdf -tiedostoina sekä osaluettelo .xlsx -tiedostona projektikansioon. Osaluettelo tallennettiin myös erillisinä .txt-tiedostoina määrättyyn kansioon.
- 2 - Sähkösuunnittelija ilmoitti ensimmäisestä valmiista osaluettelosta mekaniikkasuunnittelijalle.
- 3 - Mekaniikkasuunnittelija loi uusi koonpano SolidWork-ohjelmaan annetulla sähkökoonpanon koodilla ja nimellä.
- 4 - Kun sähkökoonpanon oli avattu SolidWorks:n työpöydällä, mekaniikkasuunnittelija käynnisti makro työpalkista (kuva 17). Makron

sisäisten ohjeiden mukaisesti valittiin tarvittava .txt -tiedosto määrätystä kansioista.



Kuva 17. Kuvakaappaus Solidworks 3D CAD :n työkalupalkista. Punaisella neliöllä on korostettu E-BOM -painike, joka käynnistää makron ajo. (Afore Oy.)

Makron ajo käynnistettiin Start-painikkeella (kuva 18). Mikäli virhetilanteita ei ilmennyt tai ne ratkaistiin onnistuneesti, sähkökokoontalo tallennettiin. Käytetty .txt -tiedosto siirtyi toiseen määrättyyn kansioon.



Kuva 18. Kuvakaappaus E-BOM -painikkeesta avatusta ikkunasta. Käyttäjä valitsee oikean .txt-tiedoston uuden sähkökokoontalon luomiseen tai jo olemassa olevan kokoonpanon päivittämiseen. Ikkunan yläpuolella on molempien prosessien ohjeet. (Afore Oy.)

5 - Mekaniikkasuunnittelija hyväksyi sähkökokoontalo. Tieto kokoonpanon olemassaolosta ja sen osto-osista siirtyi Oscar-järjestelmään. (Nämä

uudet tiedot korvasivat Oscar-tietokannassa aiemmin olleet nimike- ja kokoonpanotiedot.

Uuden sähkökokoonpanon perustaminen ja jo olemassa olevan kokoonpanon muokkaaminen SolidWorks-ohjelmassa olivat hyvin samanlaiset. Tarvittaessa uuden version lataamisen yhteydessä mekaniikkasuunnittelijan oli mahdollista lisätä sähkösuunnittelijan kommentti muokkauksen syystä sekä lisätyistä osista kokoonpanon tietoihin.

Ensimmäisten koeajojen jälkeen makron toimintaan tehtiin useita muutoksia. Näihin kuului muun muassa makron sisäisen koodin muokkaaminen paremmaksi virhetilanteiden vähentämiseksi sekä osaluettelon sarakkeiden ja SolidWorks-ohjelman ja Oscar-järjestelmän nimiketietojen yhteensopivuuden parantaminen. Lisäksi vaihdettiin osaluettelon solu, josta makro luki tiedot lisättäväksi osto-osan tuotetiedoiksi Oscar-järjestelmän Nimi2-sarakkeeseen. Käytetty tieto haettiin osaluettelon sarakkeista D (C-koodi), L (kuvaus) ja G (tuotekoodi). Suuremmalla osalla kaapeleista ja useilla muilla sähkökomponenteilla Type number -sarakkeen (G-sarake) merkintä oli identtinen Designation -sarakkeen (L-sarake) nimikkeen kuvauksen kanssa (kuva 19).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Job numb	1955																
2	Project de	Aiolos																
3	Make	001																
4	Location c	Manufact	Supplier	ERP number	Part numb	Order number	Type number	Quantity unit	Total amo	Total cabl	Discontini	Part: Designation 1						
44	OP1	Farnell	Farnell	C32196-001	M11Q061	1124084	M11Q061P	1	0,00			Joystick 2-axes Skohm						
45	CC1	Farnell	Farnell	C32253-001	Resistor 1	Resistor 1,5k	Resistor 1,5k	4	0,00			Resistor						
46	CC1	Farnell	Farnell	C32253-009	Resistor 1	Resistor 120R	Resistor 120R	6	0,00			Resistor						
47	Frame	Gems		35008000	35008000	4A05E000	350080004A05E000	2	0,00			Pressure Transducer						
48	CC1	HELU	HELU	C30543-001	HELU.370	37062	H07RN-F	m	1	0,00		H07RN-F 5G2,5 mm² BK						
49	CC1	Frame	HELU	STOCK	C30573-001	HELU.837	83793	Helukabel UL (LYCY-TP)	m	13	0,00	UL (LYCY-TP) 2x2x0,23 mm² (24 AWG) GY						
50	CC1	HELU	HELU	STOCK	C30628-001	HELU.837	83795	Helukabel UL (LYCY-TP)	m	3	4,00	UL (LYCY-TP) 4x2x0,23 mm² (24 AWG) GY						
51	CC1	HELU	STOCK	STOCK	C30641-001	HELU.837	83794	Helukabel UL (LYCY-TP)	m	8	5,00	UL (LYCY-TP) 3x2x0,23 mm² (24 AWG) GY						
52	CC1	HELU	STOCK	STOCK	C31960-001	HELU.837	83774	Helukabel UL (LYCY-TP)	m	3	5,00	UL (LYCY-TP) 1x2x0,14 mm² (26 AWG) GY						

Kuva 19. Esimerkkutilanne sähkökokoonpanon osaluettelosta Excel-taulukkona (Afore Oy).

Samanlaisen merkinnän seurauksena kyseisten tuotteiden sanallinen kuvaus ja tuotekoodi Oscar-järjestelmässä olivat lähes identtiset. Kun näitä nimikkeitä lisätiin ostotilauksiin, nimikkeen Nimi1- ja Nimi2-kenttien tiedot eivät tarjonneet tarvittavaa tietoa ostotilauksen tekijälle. Nimi1- ja Nimi2- sarakkeissa sallittu merkkimäärä oli rajallinen. Kaapelien osalta ilmeni, että tuotekoodi oli kirjoitettu

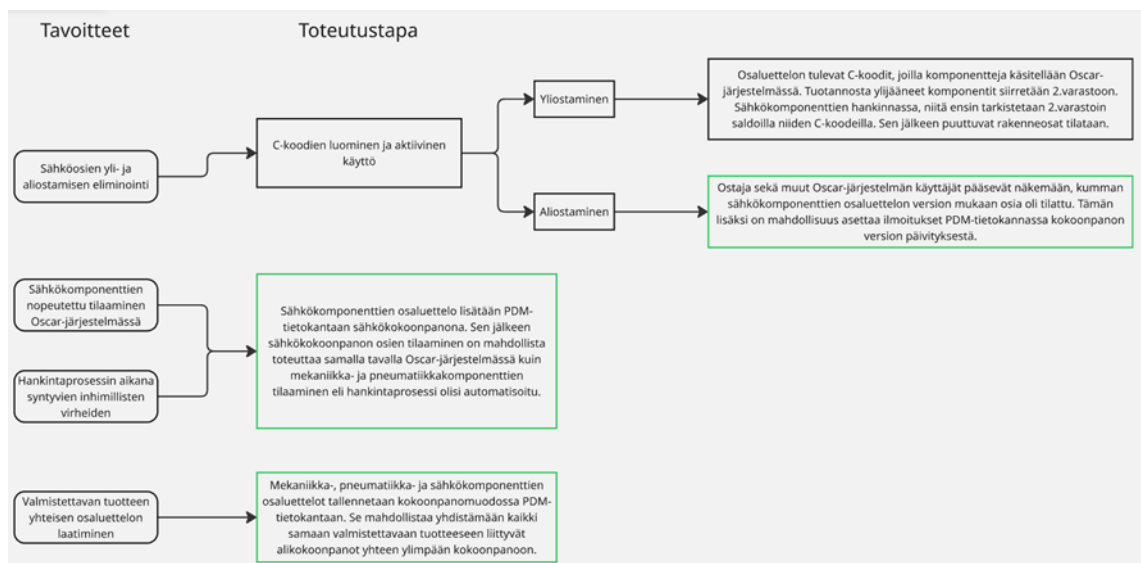
osaluettelon sarakkeeseen F, mutta kaapelin koko ei mahtunut näkyviin ostotilauksessa (kuva 20).

Ostotilaus	Muutospvm	Nimiketunnus	Nim.nimi-1	Nim.nimi-2	Työnumero	Projekt	Til.määrä	Yksikkö	Yksk.val.e.alv	Toim.määrä	Ale-%	Yht.val.e.alv Toim.pvm	Varasto	Ostotili	
C31950-003	06.11.2024	MULTIFLEX 512®-C-PUR UL/CSA	MULTIFLEX 512®-C-PUR UL/CSA	MULTIFLEX 512®-C-PUR UL/CSA	1979	1979	6,00	kpl	Vapaana	0,00	0,00	0,00	19.11.2024	1	1

Kuva 20. Esimerkkitalanne työnumeroiden avulla tehdystä sähköosien ostotilauksesta (Afore Oy).

6 Yhteenveto

Oppinäytetyön määrättyjen tavoitteiden suorittamisen aikana seurattiin PDCA-ongelmaratkaisukierroksen mukaisesti rakennettua alustavaa Tavoitteet-Toteutustapa-kaaviota (kuvio 4). Työn edetessä kolmen tavoitteen toteutustapaa muokattiin, jotta voitiin saavuttaa paras mahdollinen ratkaisumalli, mikä on olennainen osa PDCA-menetelmän soveltamista. Lopullinen PDCA-menetelmän mukainen kehityssuunnitelma suunnattiin mahdollistamaan sähkökokoonpanon integrointi koko testauslaitteen rakenteeseen siten, että noudatettiin mahdollisimman tarkasti jo olemassa olevien mekaniikka- ja pneumatiikkakokoonpanojen mallia. Sen lisäksi muokatut toteutustavat olivat keskitetty sähkökokoonpanon komponenttien hankintaprosessin suunnitteluun sekä osien seurannan helpottamiseen. (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Oppinäytetyössä esitetty PDCA-ongelmaratkaisukierroksen mukainen kehityssuunnitelma. Muutetut kohdat ovat korostettu vihreällä.

Suoritettuna työn tuloksena oli menetelmä, joka mahdollisti sähkökokoonpanon osien hankintaprosessin suorittaminen samalla tavalla kuin mekaniikkakokoonpanon. Siitä seuraa, että monet prosessivaiheet samantyyppiset tai jopa samanlaiset, mikä helpottaa perehtymistä menetelmään sekä standardisoi sen. (Kuva 21.)

ivinumero	Vapaa-avain	Nimiketunnus	Nim.nimi-1	Nim.nimi-2	Työnumero	Projekti	Til.määrä	Yksikkö	Yksh.val.e.alv	Toim.määrä	Ale-%	Yht.val.e.alv	Toim.pvm	Varasto	Ostotili	Kust.laji
5		C02832-008	Servomoottori	JHN2-0095-0	003793	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
10		C30781-001	Servo motor w.	JHN2-0095-0	003793	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
15		C30783-001	Servo motor w.	JL1-0020-004	003793	1979	4,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
20		C31648-001	JetMove 100, -KAY_0626_03i		003793	1979	4,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
25		C31680-002	JetMove 100, -KAY_0623_03i		003793	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
30		C31680-003	JetMove 100, -KAY_0623_03i		003793	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS
35		C32204-001	Servo motor w.	JHN2-0028-0	003793	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		15.11.2024			CS

ivinumero	Vapaa-avain	Nimiketunnus	Nim.nimi-1	Nim.nimi-2	Työnumero	Projekti	Til.määrä	Yksikkö	Yksh.val.e.alv	Toim.määrä	Ale-%	Yht.val.e.alv	Toim.pvm	Varasto	Ostotili	Kust.laji
5		127206	E-kajun kinnike		003791	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		27.11.2024			KK
10		127244	E-kajun kinnike		003791	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		27.11.2024			KK
15		134682	Kaapelikouru, X-kaikka		003791	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		27.11.2024			KK
20		135973	Z-akseli, taittopöyrän tuki		003777	1979	6,00	kpl		0,00	0,00		27.11.2024			KK
25		143542	Mutterin kansi		003778	1979	2,00	kpl		0,00	0,00		27.11.2024			KK

Kuva 21. Kuvakaappaukset esimerkkituloista. Sähkökokoontalon (taulukko yllä) ja mekaniikkakokoontalon (taulukko alla) ostotilausten vertailu. Ostotilaukset on tehty Oscar-järjestelmässä käyttämällä työnumeroita. (Afore Oy.)

Sähkökokoontalon käsittelyaika makron kautta riippui uusien C-koodien määrästä: mitä enemmän uusia osia makron tuli lisätä SolidWorks-ohjelmaan, sitä kauemmin sähkökokoontalon integrointi kesti. Esimerkiksi noin 50 rivin sähkökokoontalon lisääminen, jossa noin 60 % C-koodeista oli uusia, kesti hieman yli 30 minuuttia. Tulevaisuudessa voisi parantaa makron toimintaa käsittelyajan vähentämiseksi.

Seuraavaksi mahdolliseksi kehitystyöksi voisi merkitä SolidWorks PDM :n ilmoitusten ohjelmointi erikseen määritetyille työntekijöille tai jopa ryhmille päivitetyistä kokoonpanoista. Se olisi hyödyllistä ostoryhmälle hankintaprosessin aikana tai esimerkiksi sähköasentajille komponenttien asennusvaiheessa.

Lähteet

AEM Wafer test solution. AEM Afore Oy. Viitattu 28.3.2024.

<https://aem.com.sg/solutions/wafer-test-solution/>.

ATR Soft Oy. Customtools. Viitattu 28.3.2024.

<https://www.atrsoft.com/customtools/>.

Blinkey, MJ. 2020. Lean enterprise. Build a Lean Business with Six Sigma, Kanban, and 5S Methodologies. UK: Milton Keynes.

CadWorks. 3D-suunnittelun tuotteet. AutomateWorks. Viitattu 5.3.2025.

<https://www.cadworks.fi/fi/products/automateworks>.

Eplan. EPLAN integrations for ERP, PDM and PLM. EPLAN GmbH & Co. KG.

Viitattu 28.3.2024. <https://www.eplan-software.com/solutions/pdm/-/plm-integration/>.

Microsoft Excel. Microsoft Corporation, Inc. Viitattu 28.3.2024.

<https://www.microsoft.com/fi-fi/microsoft-365/excel>.

Microsoft support. Create or run a macro. Viitattu 5.3.2025.

<https://support.microsoft.com/en-us/office/create-or-run-a-macro-c6b99036-905c-49a6-818a-dfb98b7c3c9c#id0ebbd=web>.

McCue, Ian. 2020. The History of ERP. Business Solution Articles. Oracle NetSuite. Viitattu 28.3.2024.

<https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-history.shtml>.

OpenAI 2024. ChatGPT (GPT-4 versio) [Suurikielimalli]. Viitattu 18.2.2024

<https://chat.openai.com/chat>.

Oscar Software Oy 2024. Viitattu 25.3.2024. [https://www.oscar.fi/oscar-t5-toiminnanohjausjarjestelman-](https://www.oscar.fi/oscar-t5-toiminnanohjausjarjestelman-hinta/?gad_source=1&qclid=Cj0KCQjwqpSwBhCIARIsADIZ_TIAbB6aWFDBuEn_MBGvlel2T1IRWxG8cpag89nQTY16ylob4qclymoaAoXcEALw_wcB)

[hinta/?gad_source=1&qclid=Cj0KCQjwqpSwBhCIARIsADIZ_TIAbB6aWFDBuEn_MBGvlel2T1IRWxG8cpag89nQTY16ylob4qclymoaAoXcEALw_wcB](https://www.oscar.fi/oscar-t5-toiminnanohjausjarjestelman-hinta/?gad_source=1&qclid=Cj0KCQjwqpSwBhCIARIsADIZ_TIAbB6aWFDBuEn_MBGvlel2T1IRWxG8cpag89nQTY16ylob4qclymoaAoXcEALw_wcB).

Phoenix Contact Oy 2025. End bracket Clipfix 35-5. Verkkokauppa. Viitattu

28.3.2024. <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/tuotteet/end-block-clipfix-35-5-3022276>.

SolidWorks help. Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation. Viitattu 18.3.2024.

https://help.solidworks.com/2024/english/SWConnected/swdotworks/r_welcome_sw_online_help.htm.

SolidWorks help. Excel Design Table PropertyManager. Viitattu 5.3.2025.

https://help.solidworks.com/2025/English/SolidWorks/sldworks/HIDD_DVE_DG_NTBL.htm?utm_source=chatgpt.com.

SolidWorks. Design/Engineering. Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation. Viitattu 18.3.2024. <https://www.solidworks.com/domain/design-engineering>.

Solidworks. Solidworks PDM 2024. Dassault Systèmes - SolidWorks Corporation. Viitattu 18.3.2024. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-pdm>.

Excel macro to manage custom properties in SOLIDWORKS files. CodeStack 2024. Xarial Pty Limited. Viitattu 27.3.2024

<https://www.codestack.net/solidworks-document-manager-api/document/data-storage/custom-properties/excel-functions/>.

Comprehensive guide to SOLIDWORKS macros 2023. Xarial-kanavan video YouTube-videopalvelussa. Viitattu 27.3.2024

<https://www.youtube.com/watch?v=2P3L6PS1-RU&t=54s>.

Tämän opinnäytetyön kieliasun tarkastamiseen on käytetty tekoälytyökalua ChatGPT. Tekijä on tarkistanut ja muokannut työkalun laatimaa sisältöä ja ottaa täyden vastuun teoksen sisällöstä.

Opinnäytetyön tekijä esittää kiitoksensa yrityksen työntekijöille hyödyllisistä huomautuksista ja annetusta aiheesta.

The 5 why's -menetelmän käyttö juurisyyn tutkimuksessa

Ongelma	Lopputuotteella ei ole yhteistä osaluetteloa.
Seuraus	Monimutkainen komponenttien tilaamis- ja käsittelyprosessi.
Syyn tutkimus:	
1-Miksi	Tuotteella on kaksi eri ohjelmista tulevaa osaluetteloa
<i>Selitys-1</i>	Automatisoidu mekaniikka- ja pneumatiikkakomponentit - osaluettelo (Solidworks 3D CAD) ja sähkökomponentit - osaluettelo Excel-taulukossa (Eplan Electric P8).
2-Miksi	Jokaisesta suunnitteluohjelmasta tulevien osaluetteloiden listojen yhdistäminen ei ole automatisoitu.
<i>Selitys-2</i>	Osaluettelot tallennetaan arkistoon erillisinä osaluetteloina. Myös molemmille osaluetteloista tuleville ostorakenteille on omat tilaamistavat, joten komponentteja ei yhdistetä tilaamista varten; ostorakenteet tallennetaan arkistoon erillisinä ostorakenteina.
3-Miksi	Toiminnanohjausjärjestelmään eli ERP-järjestelmään on integroitu vain yhden suunnitteluohjelman data.
<i>Selitys-3</i>	Solidworks 3D CAD -ohjelmassa luodut tiedostot ovat integroitu Oscar- toiminnanohjausjärjestelmään SolidWorks PDM - tietokantaa käyttämällä. Eplan Electric P8 ei ole yhdistetty Oscar-järjestelmään eikä SolidWorks PDM -tietokantaan.
4-Miksi	Eplan-ohjelmasta puuttuu osa ERP-järjestelmässä käytettyjä nimikenumeroita ja Eplan-ohjelmasta tulevien komponenttilistojen siirto Oscar-järjestelmään ei ole tutkittu.
<i>Selitys-4</i>	Eplan:sta vietyä ostorakennetta on melko mahdotonta käyttää muissa ohjelmissa, jos jokaiselle riville ei ole mainittu komponentin ERP-numeroa eli Oscar-järjestelmässä ja SolidWorks PDM -tietokannassa käytettävää koodia.
5-Miksi	Eplan-ohjelmaan ei ollut lisätty kaikki käytössä olevat komponenttien ERP-numerot

(jatkuu)

Taulukko 2 (jatkuu).

<i>Selitys-5</i>	Lopputuotteiden valmistus oli suunnattu erityisesti piensarjatuotannolle, jolloin manuaaliryö määra oli suhteellisesti sopivaa. Usein tilauksissa Oscar-järjestelmässä ei ollut käytetty C-koodeja vaan suoraan tuotteen koodi säästääkseen aikaa C-koodin perustamisella, eikä sähkökuvia käyttäjällä ollut tarvetta C-koodeihin.
<i>Ratkaisu</i>	Excel-taulukon pohjalta ostotilausten luomisen nopeuttaminen tai Eplan:n datan (=tuotteen BOM-listan) integrointi ERP-järjestelmään

Taulukko 2. The 5 why -menetelmän käyttö juurisyyn tutkimuksessa.

Open AI Chat GPT :n käyttö makron kirjoittamiseen

Annettu tehtävä: Koodi, joka tarkistaa part number SolidWorks:n kirjasosta ja luo uuden .sldprt -tiedoston.

Open AI Chat GPT :n vastaus ja tekemä makro C++ -kielellä:

Below is a VBA macro for Solidworks that reads part numbers from an Excel file, checks if each part number already exists in the Solidworks library, and creates new .sldprt files for parts not found in the library. This code assumes that the part numbers are in the first column of the Excel file and the descriptions are in the second column.

```
Sub CreatePartsFromExcelData()  
    Dim xlApp As Object  
    Dim xlWorkbook As Object  
    Dim xlSheet As Object  
    Dim swApp As Object  
    Dim swModel As Object  
    Dim partNumber As String  
    Dim description As String  
    Dim found As Boolean  
  
    ' Initialize Solidworks API  
    Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")  
    swApp.Visible = True ' Optionally make Solidworks visible  
  
    ' Open Excel file  
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")  
    Set xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("path_to_your_excel_file.xlsx")
```

```
Set xlSheet = xlWorkbook.Sheets(1) ' Assuming data is in the first sheet

' Loop through each row in Excel
For i = 1 To xlSheet.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
    ' Read data from Excel
    partNumber = xlSheet.Cells(i, 1).Value
    description = xlSheet.Cells(i, 2).Value

    ' Check if part number exists in Solidworks library
    found = CheckPartNumberInLibrary(partNumber)

    ' If part number not found, create new part file
    If Not found Then
        Set swModel = swApp.NewDocument("Part", 0, 0, 0)
        ' Add features, dimensions, etc. to the part as needed
        ' Save the part file with part number and description
        swModel.SaveAs3 "path_to_save_location\" & partNumber & "_" &
description & ".sldprt", 0, 1
        swModel.Close
    End If
Next i

' Close Excel
xlWorkbook.Close False
xlApp.Quit

' Clean up objects
```

```
Set xlSheet = Nothing
Set xlWorkbook = Nothing
Set xlApp = Nothing
Set swModel = Nothing
Set swApp = Nothing
End Sub
```

```
Function CheckPartNumberInLibrary(partNumber As String) As Boolean
    ' This function checks if the part number exists in the Solidworks library
    ' You need to implement your own logic to check if the part number exists in
    the library
    ' For demonstration purposes, this function always returns False

    ' Example logic:
    ' If partNumber exists in library then return True
    ' Else return False

    ' Implement your logic here to check if the part number exists in the library

    ' For demonstration purposes, always return False
    CheckPartNumberInLibrary = False
End Function
```

Please note the following:

1. Replace "path_to_your_excel_file.xlsx" with the actual path to your Excel file containing the part numbers and descriptions.

2. Replace "path_to_save_location\" with the actual path where you want to save the new .sldprt files.
3. You need to implement the logic to check if the part number exists in the Solidworks library within the CheckPartNumberInLibrary function. This function should return True if the part number exists in the library and False otherwise.
4. Make sure that the Solidworks library path is accessible and that you have the necessary permissions to save new files to the specified location.
5. This macro will iterate through each part number in the Excel file, check if it exists in the Solidworks library, and create a new .sldprt file if it does not exist in the library.

Annettu tehtävä: Komponenttien (.sldprt) lisääminen jo olemassa olevaan kokoonpanoon (.sldasm)

Open AI Chat GPT :n vastaus ja tekemä makro C++ -kielellä:

Below is a VBA macro for Solidworks that adds parts to an existing assembly based on a list of part file paths specified in an Excel file. This macro assumes that the paths to the part files are listed in the first column of the Excel file.

```
Sub AddPartsToAssemblyFromExcel()
```

```
    Dim xlApp As Object
```

```
    Dim xlWorkbook As Object
```

```
    Dim xlSheet As Object
```

```
    Dim swApp As Object
```

```
    Dim swModel As Object
```

```
    Dim swAssembly As Object
```

```
    Dim partPath As String
```

```
    ' Initialize Solidworks API
```

```
Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
swApp.Visible = True ' Optionally make Solidworks visible

' Open Excel file
Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
Set xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("path_to_your_excel_file.xlsx")
Set xlSheet = xlWorkbook.Sheets(1) ' Assuming data is in the first sheet

' Open existing assembly
Set swModel = swApp.ActiveDoc
If swModel.GetType <> swDocumentTypes_e.swDocASSEMBLY Then
    MsgBox "Please open an assembly before running this macro."
    Exit Sub
End If
Set swAssembly = swModel

' Loop through each row in Excel
For i = 1 To xlSheet.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
    ' Read part file path from Excel
    partPath = xlSheet.Cells(i, 1).Value

    ' Add part to assembly
    swAssembly.AddComponent3 partPath, "", False, "", 0, 0, 0

    ' Optionally, you can specify transformation parameters for the added
    components
    ' For example:
```

```
' swAssembly.AddComponent3 partPath, "", False, "", 0, 0, 0, 0, 0, 0
```

```
' You can adjust the transformation parameters as needed
```

```
' Refresh the graphics window
```

```
swApp.ActiveWindow.GraphicsRedraw
```

```
Next i
```

```
' Close Excel
```

```
xlWorkbook.Close False
```

```
xlApp.Quit
```

```
' Clean up objects
```

```
Set xlSheet = Nothing
```

```
Set xlWorkbook = Nothing
```

```
Set xlApp = Nothing
```

```
Set swModel = Nothing
```

```
Set swAssembly = Nothing
```

```
Set swApp = Nothing
```

```
End Sub
```

Please note the following:

1. Replace "path_to_your_excel_file.xlsx" with the actual path to your Excel file containing the list of part file paths.
2. Ensure that the paths listed in the Excel file are valid paths to existing part files that you want to add to the assembly.

3. Make sure to have the assembly open in Solidworks before running the macro. The macro will add the parts to the currently active assembly.
4. You can adjust the transformation parameters (translation and rotation) for the added components as needed. The parameters 0, 0, 0 represent the default position.
5. After adding each component, the macro refreshes the graphics window to update the display.

This macro will iterate through each part file path listed in the Excel file and add the corresponding parts to the existing assembly in Solidworks.

Open AI Chat GPT :n vastaus ja tekemä makro C++ -kielellä (olemassa oleva kokoonpano on nimetty " 000001"):

Below is a modified version of the macro to specifically add parts to an existing assembly named "000001" from a list specified in an Excel file.

```
Sub AddPartsToAssemblyFromExcel()
```

```
    Dim xlApp As Object
```

```
    Dim xlWorkbook As Object
```

```
    Dim xlSheet As Object
```

```
    Dim swApp As Object
```

```
    Dim swModel As Object
```

```
    Dim swAssembly As Object
```

```
    Dim partPath As String
```

```
    ' Initialize Solidworks API
```

```
    Set swApp = CreateObject("SldWorks.Application")
```

```
    swApp.Visible = True ' Optionally make Solidworks visible
```

```
    ' Open Excel file
```

```
Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
Set xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Open("path_to_your_excel_file.xlsx")
Set xlSheet = xlWorkbook.Sheets(1) ' Assuming data is in the first sheet

' Find existing assembly named "000001" and activate it
Dim swModelDoc As Object
Set swModelDoc = swApp.GetFirstDocument()
Do While Not swModelDoc Is Nothing
    If swModelDoc.GetType = swDocumentTypes_e.swDocASSEMBLY Then
        If swModelDoc.GetTitle = "000001" Then
            Set swAssembly = swModelDoc
            Exit Do
        End If
    End If
    Set swModelDoc = swModelDoc.GetNext()
Loop

If swAssembly Is Nothing Then
    MsgBox "Assembly '000001' not found."
    xlWorkbook.Close False
    xlApp.Quit
    Exit Sub
End If

' Loop through each row in Excel
For i = 1 To xlSheet.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row
    ' Read part file path from Excel
```

```
partPath = xlSheet.Cells(i, 1).Value
```

```
' Add part to assembly
```

```
swAssembly.AddComponent3 partPath, "", False, "", 0, 0, 0
```

' Optionally, you can specify transformation parameters for the added components

' For example:

```
' swAssembly.AddComponent3 partPath, "", False, "", 0, 0, 0, 0, 0, 0
```

' You can adjust the transformation parameters as needed

' Refresh the graphics window

```
swApp.ActiveWindow.GraphicsRedraw
```

```
Next i
```

```
' Close Excel
```

```
xlWorkbook.Close False
```

```
xlApp.Quit
```

```
' Clean up objects
```

```
Set xlSheet = Nothing
```

```
Set xlWorkbook = Nothing
```

```
Set xlApp = Nothing
```

```
Set swModel = Nothing
```

```
Set swAssembly = Nothing
```

```
Set swApp = Nothing
```

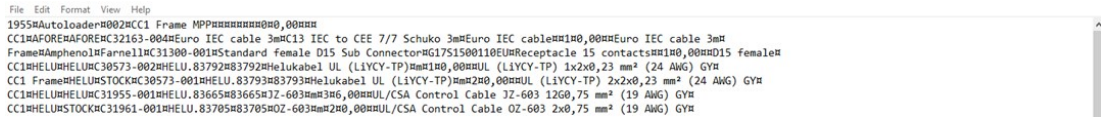
```
End Sub
```

Please note the following:

1. Replace "path_to_your_excel_file.xlsx" with the actual path to your Excel file containing the list of part file paths.
2. Ensure that the assembly named "000001" exists in your Solidworks session before running the macro. The macro will search for and activate this assembly to add parts to it.
3. Make sure the paths listed in the Excel file are valid paths to existing part files that you want to add to the assembly.
4. You can adjust the transformation parameters (translation and rotation) for the added components as needed. The parameters 0, 0, 0 represent the default position.
5. After adding each component, the macro refreshes the graphics window to update the display.

This macro will add the specified parts to the existing assembly named "000001" in Solidworks.

Esimerkki sähkökoonpanon osaluettelosta .txt-tiedostona



```
File Edit Format View Help
1955#AutoLoader#002#CC1 Frame MPP#####0,00###
CC1#AFORE#AFORE#C32163-004#Euro IEC cable 3m#C13 IEC to CEE 7/7 Schuko 3m#Euro IEC cable#1#0,00#Euro IEC cable 3m
Frame#Ampheno#Farnell#C31300-001#Standard female D15 Sub Connector#G17S1500110#EUR#Receptacle 15 contacts#1#0,00#D15 female#
CC1#HELUM#HELUM#C30573-002#HELUM.83792#83792#Helukabel UL (LIYCY-TP)#mm#1#0,00#UL (LIYCY-TP) 1x2x0,23 mm² (24 AWG) GY#
CC1 Frame#HELUM#STOCK#C30573-001#HELUM.83793#83793#Helukabel UL (LIYCY-TP)#mm#2#0,00#UL (LIYCY-TP) 2x2x0,23 mm² (24 AWG) GY#
CC1#HELUM#HELUM#C31955-001#HELUM.83665#83665#JZ-603#mm#3#6,00#UL/CSA Control Cable JZ-603 12G0,75 mm² (19 AWG) GY#
CC1#HELUM#STOCK#C31961-001#HELUM.83705#83705#OZ-603#mm#2#0,00#UL/CSA Control Cable OZ-603 2x0,75 mm² (19 AWG) GY#
```

Kuva 22. Esimerkki sähkökoonpanon osaluettelosta .txt-tiedostona.

Tiedostossa säilytettiin sama järjestys kuin osaluettelon Excel-taulukossa: sarakkeet ja rivit. Jokainen solu erottui seuraavasta samalla rivillä olevasta solusta valitulla merkillä, jota ei käytetty EPLAN-ohjelmassa sähkökomponenttien merkinnöissä.