



Laserkeskuksen hyödyntäminen EPLAN-suunnitteluohjelman avulla

Tero Hyvönen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

HYVÖNEN, TERO:

Laserkeskuksen hyödyntäminen EPLAN-suunnitteluohjelman avulla

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2024

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan EPLAN-suunnitteluohjelman ja Perforex-laserkeskuksen toimintaa yhdessä. Työssä käsitellään aukotuskuvan suunnittelemisen vaiheita sekä niiden käyttöönottoaminen laserkeskuksella. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on toiminut EC Electro Center Oy, joka on Tampereen Hankkiossa sijaitseva sähkö- ja automaatoratkaisuja tarjoava yritys.

Opinnäytetyössä tutustutaan CAD-suunnittelun sekä lasertyöstämisen historiaan, kehittymiseen ja käyttämiseen teollisuudessa. Työssä tarkastellaan myös standardeja sekä niiden luomia sääntöjä, joita sähkökeskuksen suunnittelemisessä tulee ottaa huomioon.

Työn käyttöohjeisuus painottuu vahvasti sähkösuunnittelussa käytettyyn EPLAN Pro Panel sekä Perforex-laserkeskuksen toimintaan. Työssä luotujen kuvien avulla korvataan yrityksen aiemmin käytössä olleet vakiomallikeskuksen vanhat aukotuskuvat.

Työn lopputuloksena käsitellään laserkeskuksen avulla saavutettuja hyötyjä kustannustehokkuudessa, materiaalin säästymistä sekä laserkeskuksesta syntyviä kuluja. Suurimmat hyödyt saavutetaan säästämisen, kuljetuskustannusten vähenemisen sekä toistuvien keskusten ansiosta.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, lasertyöstäminen, sähkökeskus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

HYVÖNEN, TERO:
Utilization of the Laser Centre Using the EPLAN Design Software

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 2 pages
May 2024

The purpose of this thesis was to examine the operation between the EPLAN design software and the Perforex laser centre together. The thesis focused mainly on the designing of a 2D drilling pattern for switchgear and its implementation in a laser centre. The thesis was commissioned by EC Electro Center Oy that is specialised in electricity and automation solutions.

The theoretical section explores the history, development and use of CAD design and laser machining in industry. The thesis also deals with standards and rules that must be considered when designing the switchgear.

The empirical part consists of the EPLAN Pro Panel software and Perforex software. The drilling pattern created in this thesis will be used to replace the company's old drilling patterns for one specific switchgear.

As a further result of this study, an analysis was created on the benefits and expenses the usage of the laser centre brings in terms of cost efficiency, loss of material and maintenance. The greatest benefits are achieved by saved time, reduced transportation costs, and frequently made switchgear systems.

Key words: electrical design, laser machining, switchgear

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SÄHKÖKESKUSTEN SUUNNITTELU.....	7
	2.1 Suunnitteluohjelmien historia	7
	2.2 Suunnitteluohjelmien käyttö ja hyödyntäminen teollisuudessa.....	7
	2.3 Keskusten standardointi	8
	2.4 EPLAN-suunnitteluohjelma	10
3	LASERTYÖSTÖ	11
	3.1 Laserin käyttö historiasta nykypäivään.....	11
	3.2 Lasertyöstämisen käyttö ja hyödyntäminen teollisuudessa	11
	3.3 Perforex LC 3015 -laserkeskus	13
4	EC ELECTRO CENTER OY AUKOTUSPALVELUT.....	14
5	AUKOTUKSEN TOTEUTUS EPLAN-SUUNNITTELUOHJELMALLA... 17	
	5.1 Eplan-suunnitteluohjelman käyttäminen sähkökeskusten suunnittelemisessa ja toteutuksessa.....	17
	5.2 Eplan-suunnitteluohjelman ja Perforex-sovelluksen toiminta yhdessä.....	25
	5.3 Aukotuskuvien käyttöönotto	29
6	ANALYYSI	36
	6.1 Laserkeskuksen tuottamat hyödyt.....	36
	6.2 Laserkeskuksen tuottamat kulut.....	38
7	POHDINTA	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	41
	Liite 1. EC Electro Center Oy:n aukotustyökalu (kuvakaappaus yrityksen sisäisestä materiaalista).....	41
	Liite 2. Sähköpostihaastattelun kysymykset 29.4.2024	42

LYHENTEET JA TERMIT

Al	Alumiini
ASCII	7-bittinen tietokoneiden merkistö (American Standard Code for Information Interchange)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Tietokoneavusteinen valmistamisjärjestelmä
CO ₂ -laser	Hiilidioksidia käyttävä laser
Fe	Teräs
HST	Haponkestävä teräs
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio (International Electrotechnical Commission)
ISO	Kansainvälinen standardoimisjärjestö (International Organization for Standardization)
LED	Valodiodi (Light-emitting diode)
RST	Ruostumaton teräs
SFS	Suomen standardisoimisliitto

1 JOHDANTO

Sähkökeskusten valmistuksessa koteloiden sekä kansien aukottaminen on hyvin paljon aikaa vievä työvaihe, jos käytössä ei ole siihen soveltuvia laitteistoja. Aukottamiseen voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia poria, sahoja, rei'ittämiä tai präsesejä, joista kaikki vaativat työntekijältä jatkuvaa tarkkaavaisuutta sekä hermoja. Kaikista tarkimman ja siisteimmän tuloksen saa kuitenkin käyttämällä lasertyöstökeskusta. Lasertyöstökeskus on kustannustehokas sekä käytännöllinen laite, jonka avulla pystytään nopeuttamaan ja helpottamaan sähkökeskusten valmistamista huomattavasti.

Tämä opinnäytetyö käsittelee EPLAN-suunnitteluohjelman käyttämistä Perforex-lasertyöstöohjelman sekä -laitteiston kanssa. Opinnäytetyössä luodaan ohjekirja, jonka avulla kerrotaan, miten EPLAN-suunnitteluohjelmalla tehdään aukotuskuvat keskukselle. Aukotuskuvat otetaan käyttöön yrityksessä ja työstetään Perforex-laserkeskuksen avulla. Opinnäytetyössä käydään läpi suunnittelun vaiheita sekä kerätään yritykselle tietoa heillä käytössä olevista laitteistoista ja ohjelmitoista. Opinnäytetyössä tutkitaan myös aukotuksesta syntyviä etuja sekä kustannuksia ja pohditaan mahdollisia kehittämissideoita. Yrityksen hankkima Perforex LC 3015 -lasertyöstökeskus on ollut toiminnassa vuodesta 2017 ja se on tuonut yritykselle uudenlaisia palveluita sekä mahdollisuuksia tarjota asiakkaalle aina paremmin räätälöitäviä keskuskokoonpanoja.

Opinnäytetyö tehdään yritykselle EC Electro Center Oy. Yrityksen toimipiste sijaitsee Tampereella ja se on erikoistunut tarjoamaan ratkaisuja sähkö- ja automaatiokeskusten, erilaisten sähkötilojen sekä muuntajahuoneiden valmistamiseen ja suunnitteluun. Yrityksen arvopohja perustuu vahvasti avoimuuteen asiakkaan kanssa, kehittymiseen, itsenäisyyteen sekä asiakkaan tarpeen huomioimiseen. Yritykselle muita tärkeitä tavoitteita on panostaa turvallisuuteen, ympäristöystävällisyyteen ja kestävyyskehittämiseen. Yrityksen merkittävimmät markkinasegmentit koostuvat satamista, kaivoksista, lasinjalostuksesta, paperiteollisuudesta, laivateollisuudesta sekä uusiutuvasta energiasta. (Yritysesittely 2024.)

2 SÄHKÖKESKUSTEN SUUNNITTELU

2.1 Suunnitteluohjelmien historia

Computer Aided Design (CAD) eli tietokoneavusteisella suunnittelulla tarkoitetaan tietoteknisten laitteistojen hyödyntämistä suunnittelussa. CAD-järjestelmät toimivat suunnittelussa apuvälineenä niiden vuorovaikutteisen graafisen järjestelmänsä ansiosta. (Vuorensivu 1987, 7.)

Tietokoneavusteinen suunnittelu voi sisältää käytännössä piirustuksen laatimisen ja siihen liitettävän erilaisten automaattisten luetteloiden luonnin piirustusten tietojen pohjalta. Tietokoneavusteiseen suunnitteluun luetaan myös muita työvaiheita kuten optimointi sekä lujuus- ja mitoituslaskelmat. Suppeammin rajattuna tietokoneavusteinen suunnittelu tarkoittaa piirtämistyön automatisointia. Tämä voidaan myös nähdä osana tietokoneavusteista suunnittelua koska sille on myös termiä tietokoneavusteinen piirtäminen. (Vuorensivu 1987, 7.)

Tietokoneavusteisesta piirtämisestä puhuttiin varsinkin suunnitteluohjelmien alkuaikoina, kun ohjelmilla pyrittiin matkimaan piirustuslaudan käyttämistä. Suunnitteluohjelmien käyttö oli rajoittunut kaksikulotteiseen maailmaan ja jokainen projekti täytyi piirtää erikseen. Piirustuksia pystyttiin kopioimaan, mutta jos niihin tuli muutoksia, täytyi ne tehdä erikseen jokaiseen piirustukseen, sillä projekteja ei pystynyt kytkemään toisiinsa. (Hietikko 2013, 14–15.)

2.2 Suunnitteluohjelmien käyttö ja hyödyntäminen teollisuudessa

Tietokoneiden grafiikkaa on hyödynnetty monilla eri aloilla, joista ensimmäisiä olivat vaatetus- ja tekstiiliteollisuus. Tietokoneiden teknisen laskennan hyödyntäminen on alkanut metalliteollisuudessa 1960-luvusta alkaen. (Vuorensivu 1987, 7.) Piirrosten tekeminen tapahtui kuitenkin pääasiassa käsin 70-luvulla. CAD-järjestelmien käyttö alkoi yleistymään vasta 1980-luvulla tietokoneiden yleistyessä markkinoilla. (Hietikko 2013, 14.)

CAD-järjestelmien käyttö koki suuren mullistuksen 2000-luvun alussa. Erilaisten suunnitteluohjelmistojen lisääntyessä sekä järjestelmien ylläpidon halventumisen ansiosta CAD-järjestelmien suosio kasvoi huomattavasti. Erilaiset sovellutukset hyödyntävät tietokoneavusteista suunnittelua jatkuvasti lisääntyvissä määrin. Tietokoneavusteisten suunnittelujärjestelmien kehittymisen ansiosta laskennan tuloksia on pystytty hyödyntämään graafisen tuotannon parissa. Sovellusten keskenäisen toiminnan kehittäminen on tärkeää, jotta niistä saatavat hyödyt voidaan maksimoida. CAD-järjestelmien käyttö alkoi eroamaan aiemmasta siten, että 2D-mallintamiseen kulutettu aika väheni ja 3D-mallintamiseen alettiin panostamaan. (Vuorensivu 1987, 7; Nyemba 2023.)

CAD-järjestelmien integroitumista tietokoneavusteisten valmistamisjärjestelmien (CAM) kanssa tapahtuu yhä enenemissä määrin. Tämän ansiosta CAD-järjestelmissä luotuja malleja voidaan tuoda CAM-järjestelmiin helpommin. Asiantuntijat ovat ennustaneet, että tulevaisuudessa CAD-järjestelmät tulevat kehittymään hyvin paljon eteenpäin. Kolmiulotteinen tulostaminen sekä rakentaminen CAD-tekniikan avulla koettiin mahdottomana vielä ennen 2010-lukua. (Nyemba 2023.)

Nykyään kolmiulotteinen tulostaminen on saavuttanut todella laajan levikin tulosteiden ollessa käytännössä mitä vaan työkaluista proteeseihin ja proteeseista figureihin sekä tuliaseisiin. CAD-järjestelmien tulevaisuudesta pidetään varmana asiana sitä, että yritykset alkavat käyttöönottamaan standardoituja CAD-järjestelmiä, jotka perustuvat tiedonvälittämisen sekä yleisen selvyuden vuoksi avoimeen asiakirjamuotoon. (Nyemba 2023.)

2.3 Keskusten standardointi

Standardoinnin avulla pyritään pitämään toimintaa avoimena, läpinäkyvänä, tehokkaana, johdonmukaisena sekä puolueettomana. Standardoinnin tärkeä periaate on, että kaikki eri sidosryhmät pystyvät osallistumaan niiden laatimiseen. Sidosryhmien on huomioitava eettiset ohjeet, jotka koskevat ISO:n teknistä työtä. (SFS-opas 4:2023, 6.)

SFS-standardit tarkoittavat Suomessa kehitettyjä standardeja, joiden pitää olla mahdollisimman objektiivisia yksittäisten yritysten huomioonottamiseksi. SFS-standardien laatiminen voi tapahtua täysin kansallisten lähtökohtien kautta. Suomessa standardien laatimisessa käytetään konsensusperiaatetta, jonka avulla pyritään sovitteluun eri osapuolien ristiriitoja standardin etenemisen hyödyksi. Mahdollisten riitatilanteiden tapahtuessa päätökset tapahtuvat enemmistöpäätöksinä. Toimialayhteisöt ovat vastuussa standardiehdotuksista sekä niiden arvioinnista, jos osapuolten välillä ei saavuteta riittävää yhteisymmärrystä. (SFS-opas 4:2023, 6.)

IEC-standardoimisjärjestö on maailmanlaajuisesti toimiva kansallisista sähköteknisistä komiteoista koostuva järjestö. Järjestön päämäärä on selventää sekä edistää kansainvälisen yhteistyön toimintaa sähkö- ja elektroniikka-alaan liittyvissä toimintaperiaatteissa ja kysymyksissä. IEC-standardoimisjärjestö kehittää kansainvälisiä standardeja, jotka sisältävät erinäisiä teknisiä raportteja, spesifikaatioita ja oppaita. IEC ei voi luovuttaa minkäänlaisia merkintöjä hyväksynnästä, eikä sille voi antaa vastuuta laitteistoista, joiden perustellaan olevat IEC-standardien mukaisesti valmistettu. (SFS-EN 62023, 6.)

Useita standardeja hyödynnetään myös sähkökeskusten suunnittelemisessa. Näitä standardeja käytetään selventämään sääntöjä ja avustamaan toiminnan yhtenäistämistä. Tärkeitä sähkökeskusten suunnittelussa huomioon otettavia standardeja ovat esimerkiksi:

- SFS-EN 61082-1. Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt
- SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset
- SFS-EN IEC 61439-2:2021:en. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies
- SFS-EN IEC 61439-5:2023:en. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 5: Assemblies for power distribution in public networks
- SFS-EN 62023. Teknisen informaation ja dokumentaation jäsentely
- SFS-EN 62027. Osaluetteloiden ja kohdeluetteloiden laatiminen
- SFS-EN IEC 62208:2023:en. Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirements.

2.4 EPLAN-suunnitteluohjelma

EPLAN on yksi maailman johtavista keskus-, laite- ja konevalmistuksessa käytettyjen suunnitteluohjelmistojen tarjoaja. EPLAN-ohjelmistoratkaisut kattavat sähkösuunnittelun, mekatronisensuunnittelun sekä automaatio-suunnittelun osa-alueet. EPLAN tarjoaa mahdollisuuden tiedon vaihtamiseen kaksisuuntaisesti PDM-, ERP- sekä PLM-järjestelmien kanssa rajapintojen ja integraatioiden ansiosta. Yrittäjä-johtoinen Friedhelm Loh Group on perustanut EPLAN GmbH & Co.:n Saksassa vuonna 1984. (EPLAN n.d.)

EPLAN Electric P8 antaa hyvän perustan nopealle, integroidulle sekä tehokkaalle suunnittelujärjestelmälle kun käyttötarkoituksena on koneistojen ja laitteistojen sähköisten kaavioiden suunnittelu. Ohjelmistolla pystytään käyttämään useita erilaisia suunnittelumenetelmiä, kuten komponenttien asettelu manuaalisesti mallipohjaisiin sekä standardoituihin tapoihin. EPLAN Electric P8 avulla pystytään generoimaan automaattisesti piirikaavioihin tai 3D-kuviin perustuvia raportteja, jotka sisältävät johdin-, riviliitin- ja osaluetteloita sekä muita projektin edetessä tarvittavia tietoja kuten kokoonpano-, hankinta- ja käyttöönottodokumentteja. Makroteknologiansa ansiosta EPLAN Electric P8 pystyy luomaan yhteensopivan perustan prosessien standardoimiseen. (EPLAN n.d.)

Eplan Pro Panel on kehitetty tarjoamaan keskusvalmistamisen teollistamiseen sekä automatisointiin vakautta, mahdollistaen kojeisto- ja energianjakelujärjestelmien sekä ohjauskeskusten 3D-suunnittelun. EPLAN Pro Panel -ratkaisu kiteyttää asennuspiirustusten 3D-suunnittelun, kaavioiden luonnin sekä pneumaattisten- ja hydraulistenliitännöiden reitityksen. EPLAN Pro Panel tarjoaa kattavia ja automatisoituja valmistusdokumentaatioita, joita voidaan hyödyntää ohjauskeskusten tuotannossa. EPLAN Pro Panel -ratkaisun avulla luotuja asennusaukko-, kierre- ja poraustietoja pystytään hyödyntämään helposti NC-työstökoneissa sekä Rittalin 3D-lasertyöstökeskuksissa. (EPLAN n.d; Rittal n.d.)

EPLAN Data Portal on EPLAN-suunnitteluohjelmissa käytettävä tietokantapohjainen komponenttien hallintajärjestelmä. Data Portal -ratkaisu sisältää jatkuvasti kasvavia korkealaatuisia ja standardoituja komponenttivalikoimia EPLAN Cloud nimisessä pilviympäristössä. (EPLAN n.d.)

3 LASERTYÖSTÖ

3.1 Laserin käyttö historiasta nykypäivään

Sana laser on tullut englanninkielisistä sanoista Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, joilla tarkoitetaan valon vahvistamista säteilyn stimuloitulla emissiolla. Ensimmäisen laserin toimintaperiaatteen on esittänyt Albert Einstein vuonna 1916. Vuonna 1960 Theodore Maiman onnistui kehittämään ensimmäisen laser-laitteiston, joka lähetti näkyvää valoa. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2012, 379.) Laserteknologia on muihin teknologioihin sekä tieteisiin verrattuna hyvin uusi tulokas, joka on kehittynyt valtaisesti. Nykyään on hyvin vaikea löytää mitään elämänosa-aluetta, jossa ei oltaisi hyödynnetty laserteknologiaa. Laserilla työstettävien materiaalien määrä on lisääntynyt sekä laserin käyttö on levinnyt myös viestinnän sekä kuvituksen pariin. (Chunlei & Subhash 2021, ix.)

Laserin monipuolisia toimintomahdollisuuksia on hyödynnetty vuoden 1960 jälkeen useissa tuhansissa erilaisissa sovellutuksissa kuten lääketieteessä, mittauksissa sekä materiaalinkäsittelyssä. Laserin kehittämisen jälkeen siitä on luotu myös useita satoja erilaisia variaatioita, joiden avulla sovellutuksia on pystytty luomaan. Nämä erilaiset variaatiot syntyvät pienten fysikaalisten peruseriaatteiden joukosta, josta riippuvaisia ovat lasersäteen toiminta sekä vuorovaikutus materiaalin kanssa. (Chunlei & Subhash 2021, 1.)

3.2 Lasertyöstämisen käyttö ja hyödyntäminen teollisuudessa

Lasertyöstölaitteistoilla on useita eri sovellutuksia kuten merkkkaus, hitsaus, leikkaus, höyrystys sekä juottaminen. Näistä vakiintuneimmat tuotantomenetelmät ovat laserleikkaus sekä lasermerkkkaus, joita suositaan elektroniikkateollisuudessa, konepajaympäristöissä sekä mekaniikan sovellutuksissa. Laser tarjoaa useita mahdollisuuksia, joiden hyötyjä tutkitaan teollisuudessa jatkuvasti. (Kujanpää, Salminen & Vihinen 2005, 14.)

Lasertyöstökoneet sekä prosessit kasvavat nopeasti laitteiston tehon ja laitekonstruktioiden kehittyessä. Lasertyöstötekniikan kehitys on itseään ruokkiva kehä, jolla tarkoitetaan sitä, että uuden laitteen tullessa laitteistolle kehitetään lisää sovelluksia ja uusien sovellusten kehittäminen luo tarvetta erityyppisille sekä tehokkaammille laserlaitteistoille. Kehityksen suuntaa ohjaa erilaisissa prosesseissa sekä materiaaleissa käytettävät aallonpituudet. Erinäiset materiaalit sekä prosessit vaativat niille ominaista aallonpituutta, jonka avulla absorptiota nostetaan sen vaaditulle tasolle. Absorptioksi kutsutaan materiaaliin tunkeutuvaa valon osaa, joka voi aiheuttaa materiaalin lämpenemistä, sirottumista tai läpäisemistä. (Kujanpää, Salminen & Vihinen 2005, 14–15.)

Kehityksen toivotaan johtavan mahdollisimman pieneen sekä edulliseen laseriin, jonka energian tai leikkauskaasun kulutus pysyisi hyvin pienenä ja se tuottaisi laadultaan hyvän säteen. Toisena tavoitteena pidetään laserin tehon kasvattamista yhä suuremmaksi. Lasereiden kehittymistä voidaan kuvailla useilla erilaisilla mittareilla, joista yleisimpänä käytetään ryhmittelyä saavutettavissa olevan tehon sekä säteenlaadun mukaan. Säteenlaadun parantuessa saavutetaan mahdollisuus tehdä suurempaa sekä tarkempaa tehotiheyttä vaativaa lasertyöstöä. (Kujanpää, Salminen & Vihinen 2005, 16–17.)

Laserleikkaus prosessina tarkoittaa materiaalin sulattamista tai höyrystämistä työkappaleen päälle fokusoidulla säteellä, josta muodostetaan polttopiste. Suuren energiatihedden avulla mahdollistetaan työkappaleen läpi muodostuva sylinterimäinen reikä, josta sulanutta materiaalia puhalletaan pois kaasuvirtauksen avulla. Laserleikkaus tarkoittaa perinteisesti kappaleiden leikkaamista CO₂-laserialla. Nykypäivänä laserleikkaamisella korvataan lävistämistyövaihe, johon kuului myös materiaalin muovaaminen tai särmääminen. (Kujanpää, Salminen & Vihinen 2005, 21–22.)

3.3 Perforex LC 3015 -laserkeskus

Perforex LC 3015 -laserkeskus on suunniteltu vastaamaan tarvetta automatisoidulle vakiokytkentäkaappien modifioinnille. Laserkeskus tarjoaa värinätöntä sekä kosketuksetonta 3D-työstöä erilaisille koteloille, asennuslevyille ja kytkentäkaapeille. Värisemättömyyden ja koskettamattomuuden ansiosta laserkeskus ei vaurioita tai naarmuta käsiteltävien koteloiden maalipintaa eikä se myöskään aiheuta työkalujen kulumista. (Rittal n.d.)

Työstettäväksi asetettavat kotelot voivat olla eri kokoisia ja eikä työkappaleiden työstäminen vaadi kiinnittämistä. Perforex LC on noin kaksikymmentä kertaa nopeampi työstämään ruostumatonta terästä verrattuna perinteisiin jysintäprosesseihin. Laserkeskus pystyy käsittelemään työstettävää koteloa viideltä eri puolelta samaan aikaan. Keskuksen käyttämän työlaserin luokka on 4 ja se tarjoaa hyvin kapeaa noin 0,3 mm leikkausleveyttä. (Rittal n.d.)

Laserilla muokattavaksi materiaaliksi soveltuu maksimissaan 3 mm paksu alumiini (Al), teräslevy (Fe), galvanoitu teräs, ruostumaton teräs (RST) sekä haponkestävä teräs (HST). Perforex-laserkeskuksen ohjaus voidaan suorittaa käyttämällä verstasohjelmointia tai hyödyntämällä EPLAN Pro Panel ohjelmiston tarjoamaa DXF-muotojen siirtoa. (Rittal n.d.)

4 EC ELECTRO CENTER OY AUKOTUSPALVELUT

EC Electro Center Oy (kuva 1) aukotuspalvelut tarjoavat koteloiden, asennuslevyjen sekä kansien tai ohutlevyjen työstämistä ja aukottamista Perforex LC 3015-laserkeskuksen avulla. Laserkeskuksen ansiosta pystymme tarjoamaan asiakkaillemme hyvin monipuolista sekä korkeatasoista leikkujälkeä ilman maalipinnan vaurioitumista. Asiakkaan on mahdollista luoda aukotuskuvat henkilökohtaisesti käyttäen hyväksi EPLAN-suunnitteluohjelmaa, Rittalin tarjoamaa RiPanel konfiguraattoria, joka kattaa Rittalin koko kotelo valikoiman lisävarusteineen tai hyödyntää meidän osaamistamme haluamallaan tavalla. (Nieminen 2024.)



KUVA 1. EC Electro Center Oy (Maarit Heikkilä 2024)

Aukotusten hinnoittelu tapahtuu käyttämällä liitteessä 1 näkyvää aukotustyökalkua. Aukotustyökalkun avulla voidaan laskea tilauskohtaisesti aukotustyön hinta, joka perustuu aukotusten tarvitsemaan työstöaikaan. Aukotustyökalku vaatii asiakkaalta erilaisia tietoja, kuten koteloiden ja aukotettavien kappaleiden lukumäärän. Aukotustyökalkulla voidaan määrittää aukotuksen muodot ja koot millien tarkkuudella. Muita aukotustyökalkussa kysyttäviä tietoja ovat kääntämisen tarve, erilaisten aukotuskuvien tekemisen tarve sekä kierteitettyjen reikien määrät.

EC Electro Center Oy:n laserkeskuksen operaattori Niko Pöysti kertoo haastattelussa (liite 2), että uuden operaattorin kouluttamiseen varataan mieluiten muutamia viikkoja, ennen itsenäisen työskentelyn aloittamista. Uutta työntekijää voidaan tutustuttaa laitteen käyttöön valmiiden aukotuskuvien avulla, jonka jälkeen voidaan aloittaa uusien ohjelmien tai kuvien piirtämisen harjoittelu. Laserkeskuksessa on kuitenkin turvatoimia, joiden ansiosta osaamaton operaattori ei voi aiheuttaa suurempia vahinkoja itse laitteistolle. (Pöysti 2024.)

Perforex-laserkeskus ei välttämättä vaadi ohjelmointitaitoja sen käyttämistä varten. Laserkeskuksen operointia voi kuitenkin helpottaa G-koodin osaaminen, sillä laserkeskus muuntaa käytettävät ohjelmat G-koodimuotoon. G-koodi on yleisesti käytetty numeerisen ohjauksen kieli. G-koodin käyttäminen on kuitenkin työllistävämpi sekä hitaampi tapa luoda käytettäviä ohjelmia kuin EPLAN, RiPanel tai Perforex:in oma ohjelmisto. (Pöysti 2024.)

Laserkeskuksen tuotantokapasiteetti riippuu hyvin paljon aukotettavista tuotteista kuten koteloista, levyistä tai ovista. Esimerkiksi Galvanoidun 700x1900 3 mm vahvuisen asennuslevyn aukottamiseen, johon aukotetaan 101 kappaletta 3,3 mm - 7 mm kokoisia reikiä, kuluu 15 min ja 25 s. Ruostumattomasta teräksestä valmistetun 380x380x210 kotelon aukottamiseen, johon työstetään 3 kappaletta 45 mm ja 4 kappaletta 9 mm kokoisia reikiä kestää 2 min ja 35 s. Laserin pään lähestymiseen aukotettavaa kappaletta kohti kestää noin minuutti. Perforex on kuitenkin kehittänyt päivitystä laserkeskukselle, joka ansiosta lähestymisen aikaa tullaan supistamaan viiteen sekuntiin. (Pöysti 2024.)

Laserkeskus tulee tarkistaa päivittäin silmämääräisesti ennen käyttöönottoa. Laserkeskus vaatii useita erilaisia huoltotoimenpiteitä. Tällaisia huoltotoimenpiteitä ovat esimerkiksi ylijäämä materiaalin poisto, aukotuskoneen pölynkeräysastian tyhjentäminen, kierteytysnesteen lisääminen, kierretappien sekä laserin suoja-linssin vaihto ja kompressorin keräämän kondenssiveden poistaminen. Aukotusten mittaheittoja havaittaessa tulee suorittaa koneen kalibrointi ja laserin keskitäminen. (Pöysti 2024.)

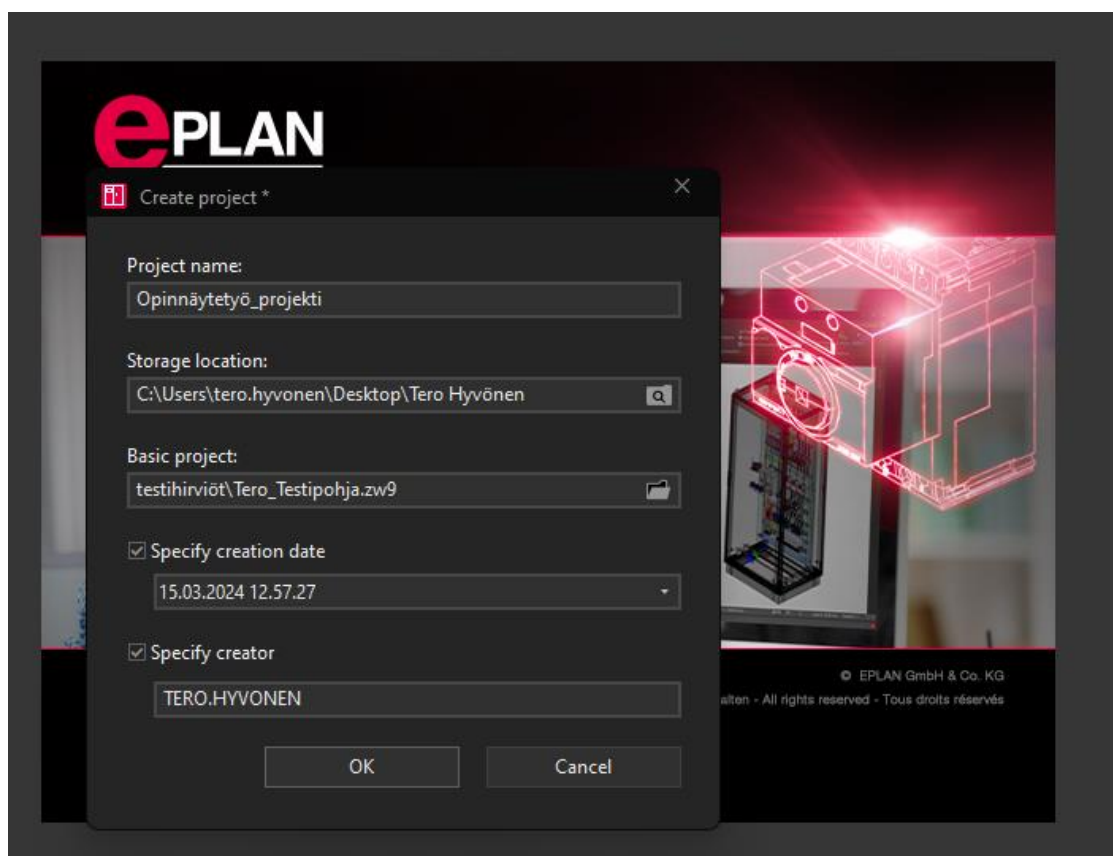
Laserkeskuksen lähetyksillä on otettava huomioon muutamia turvallisuustoimenpiteitä. Operaattorin on käytettävä nostamiseen tarkoitettuja apuvälineitä painavimpien työstettävien kappaleiden nostamisessa. Laserkeskuksen sisällä ei saa säilyttää mitään helposti syttyvää tai ylimääräistä tavaraa, johon laser voisi törmentä. Operaattorin on ymmärrettävä koneen toimintatavat ja huolehtia ettei laserkeskuksen seinien yläpuolella ole mahdollisia työntekijöitä, joihin lasersäde voisi osua. Koteloiden ja varsinkin ruostumattomasta teräksestä valmistuneiden koteloiden jälkeen tulee antaa imurin käydä, jottei laserkeskuksen sisälle jää leijaillevaa metallipölyä. (Pöysti 2024.)

Muihin vastaavanlaisiin laserkeskuksiin verrattuna Perforex LC 3015 -laserkeskus tarjoaa useita erilaisia hyötyjä. Laserkeskus on kustannustehokas työstölaite, joka ei jätä polttojälkiä maalattuihinkaan kappaleisiin. Perforex-laserkeskus tarjoaa 3D-aukottamista, jonka ansiosta kaikkia sivuja voidaan työstää samanaikaisesti. Laserkeskuksella pystytään hoitamaan myös kierteyttämistä, mutta sitä voidaan hyödyntää vain 2D-työstötilassa. Laserkeskuksen avulla aukotus voidaan tehdä alle millin tarkkuudella riippuen käytettävissä tuotteissa olevista heitoista. (Pöysti 2024.)

5 AUKOTUKSEN TOTEUTUS EPLAN-SUUNNITELUOHJELMALLA

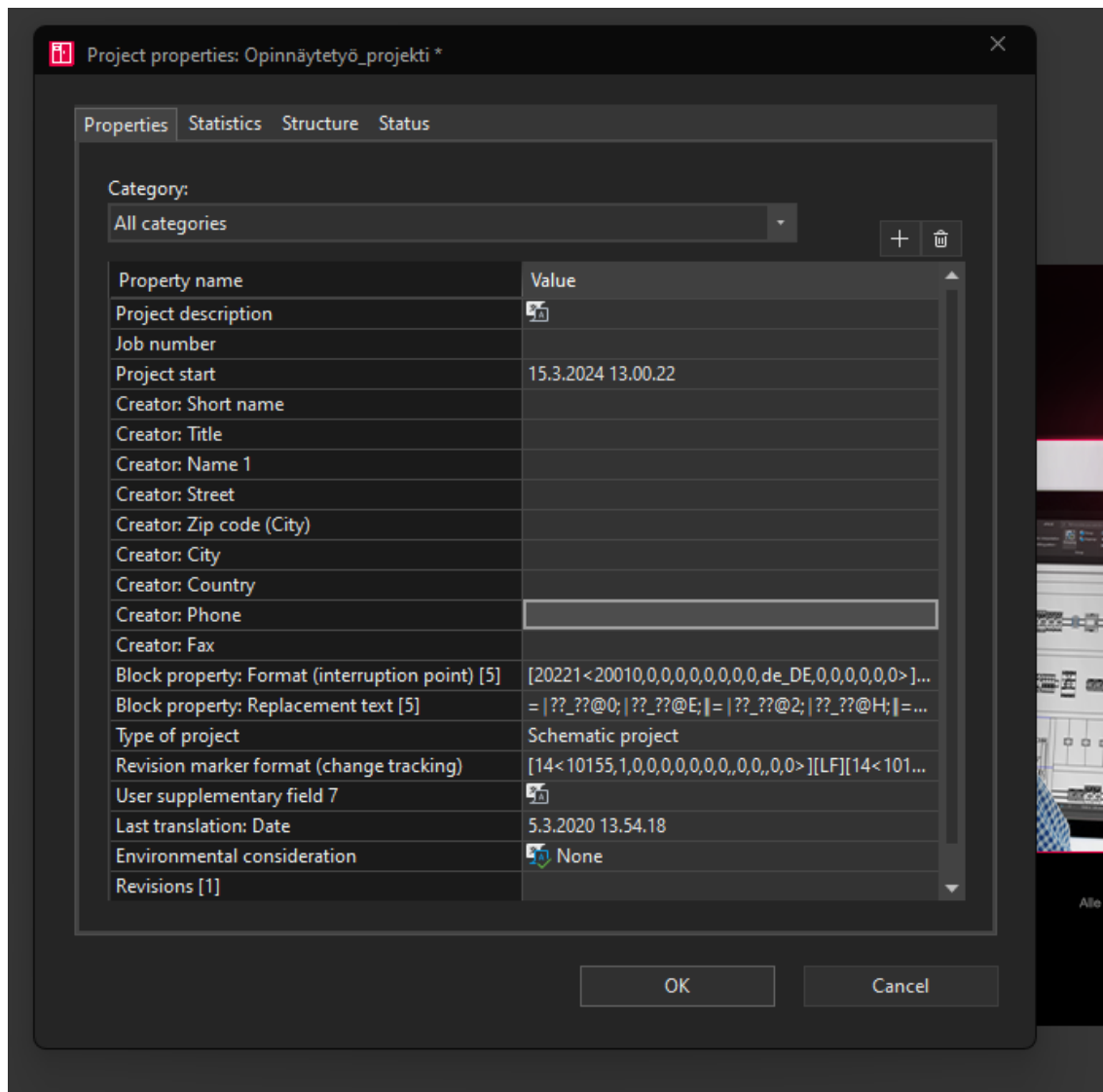
5.1 Eplan-suunnitteluohjelman käyttäminen sähkökeskusten suunnittelmisessa ja toteutuksessa

EC Electro Center Oy käyttää sähkökeskusten suunnitteluun sekä toteuttamiseen suunnitteluohjelmia nimiltään EPLAN Pro Panel ja EPLAN Electric P8. Sähkökeskuksia suunnitellaan sekä tilausten, että vakiomallien pohjalta, joissa otetaan huomioon asiakkaan asettamat vaatimukset. Järjestelmän selittäminen onnistuu luontevimmin käytännön esimerkin avulla. Tässä työssä suunnitellaan esimerkkiprojekti, jonka avulla luodaan aukotuskuvat ovea varten. Suunnittelu aloitetaan uuden projektin luomisella, jossa määritetään työlle nimi, tallennuskansio sekä projektissa käytettävä projektipohja (kuva 2).



KUVA 2. Projektin luominen

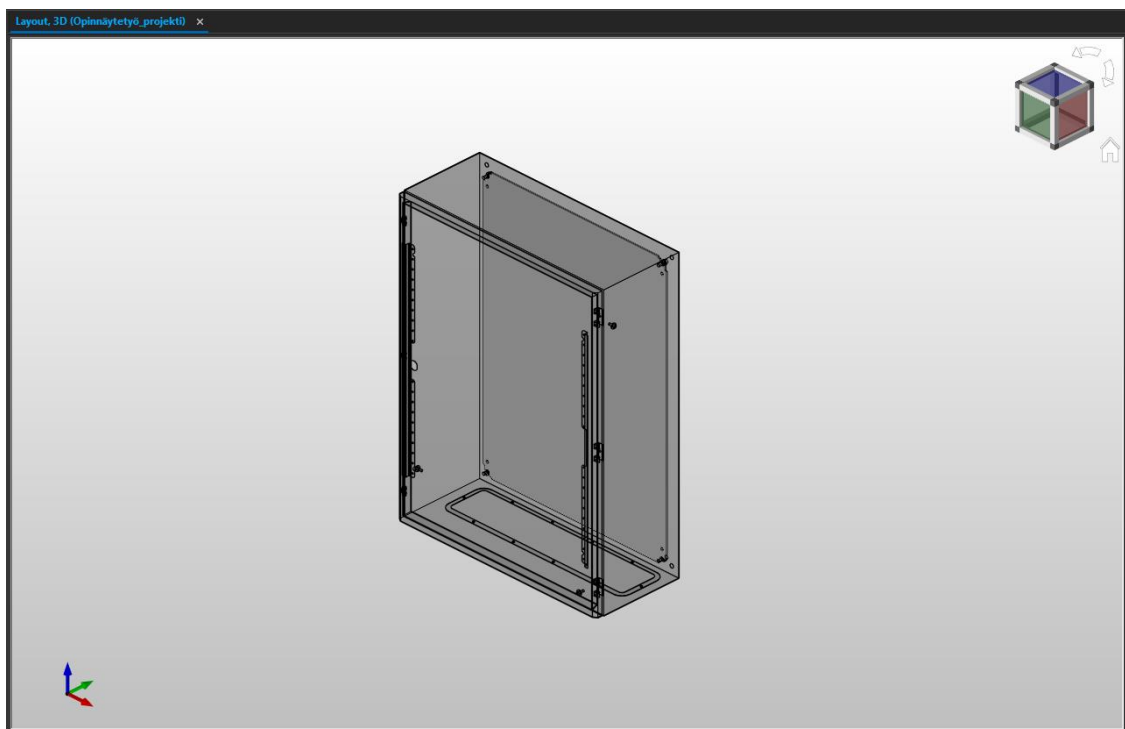
Projektin luomisen jälkeen avautuu ikkuna, jossa voidaan asettaa projektille halutut asetusarvot, kuten työnnumero, nimi tai projektin luojan tiedot. Projektille asetetut tiedot voidaan asettaa näkymään piirikaavioihin tai etusivulle (kuva 3). Projektin asetusarvot ovat täysin suunnittelijan räätälöitävissä tarpeen mukaisesti. Projektin asetusarvojen ikkunassa voidaan myös määrittää projektissa käytettävät mitta-asteikot sekä käytettävä kieli.



KUVA 3. Projektin asetusarvot

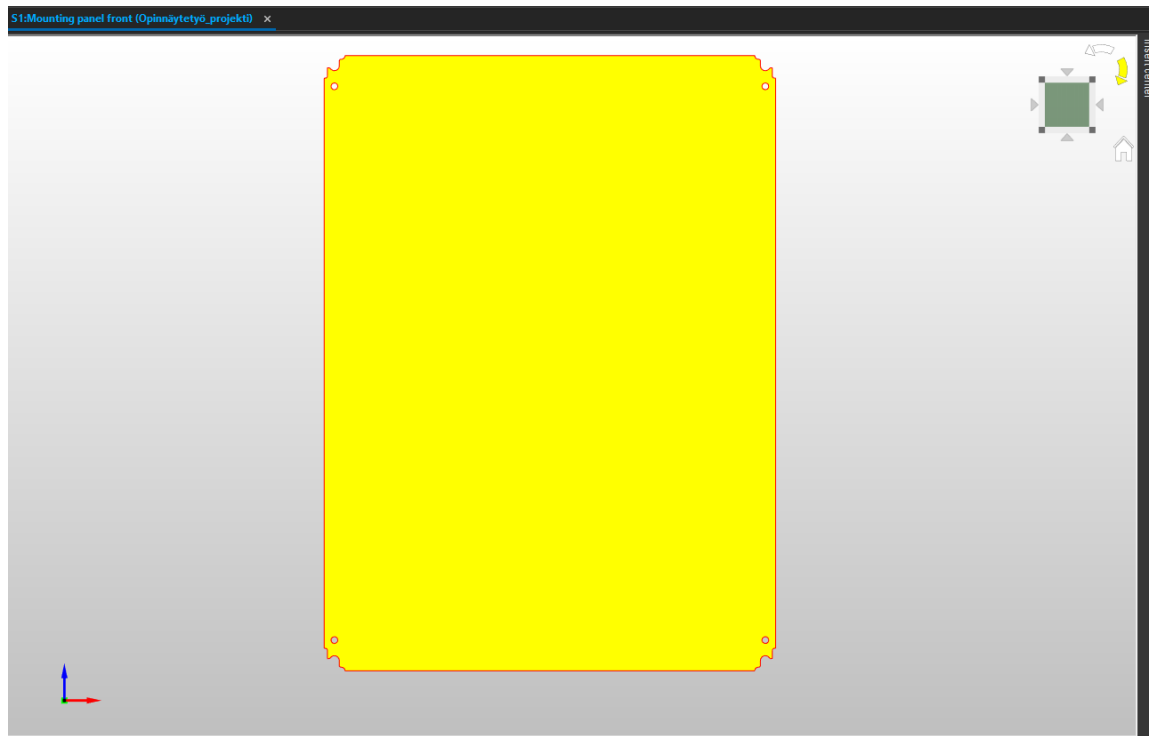
Projektin luomisen jälkeen aloitetaan keskuksen suunnittelu. Suunnitteluvaiheessa keskukselle asetetaan halutut komponentit sekä sille suunnitellaan tarvittaessa piirikaavio. Tässä työssä käsitellään keskuksen aukottamista, joten työssä luodaan ainoastaan 3D Layout eikä piirikaaviota tarvitse tehdä. Keskuksen 3D

Layout:in luominen aloitetaan asettamalla 3D layout -avaruuteen työtä varten haluttu kotelo. Kotelon asettaminen tehdään Insert-valikon kautta valitsemalla Devices-sarakkeesta Enclosure. Työssä käytettäväksi koteloksi valitaan Schneider Electricin valmistama NSYS3D8625P ja kotelo asetetaan 3D Layout -avaruuteen (kuva 4).



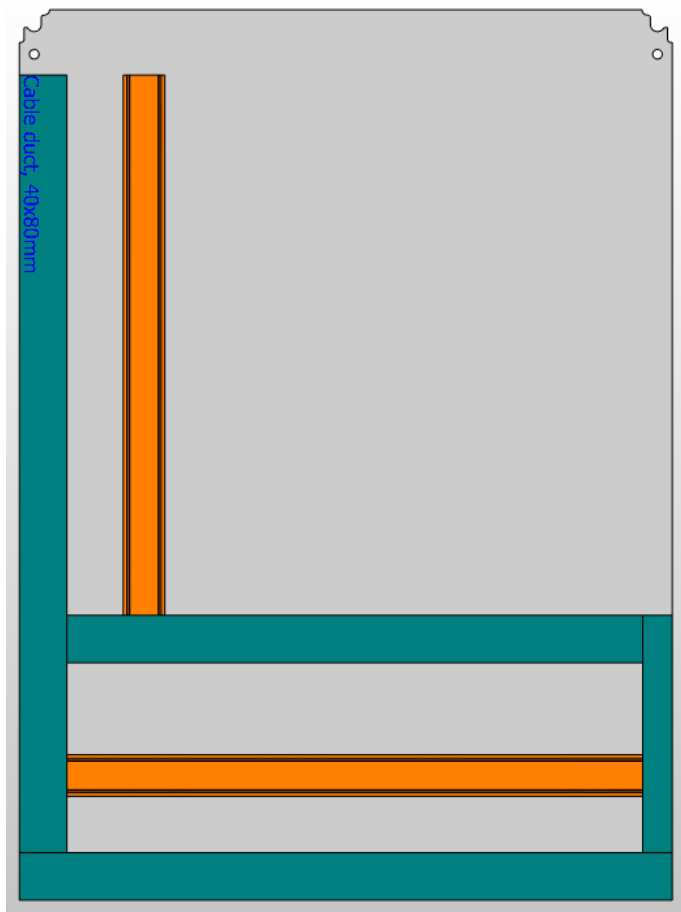
KUVA 4. Kotelo asetettuna 3D Layout avaruudessa

Kotelon laippa-aukko sijaitsee alapuolella, joten kotelo tulee kääntää käyttämällä Rotate around axis -työkalua, jolla kierretään valittua objektia pyörimisakselin ympäri halutun astemäärän verran. Kotelon kalustamista varten valitaan työstettävä taso. Kotelossa on valmiiksi useita asetettuja työstettäviä tasoja, kuten asennuspohjat, ovien ja laippojen sisä- sekä ulkopuoli. Suunnitteluohjelman avulla voidaan tarvittaessa luoda helposti uusi työstettävä taso eli Mounting surface, jos sellaista ei ole vielä asetettu. Työstettäväksi tasoksi valitaan kotelon asennuspohja eli Mounting panel (kuva 5).



KUVA 5. Asennuspohja 3D Layout -avaruudessa

Asennuspohjalle asetetaan työhön tarvittavat DIN-kiskot, kaapelikourut ja komponentit. DIN-kiskojen ja kaapelikourujen asettaminen sekä valitseminen tapahtuu Insert-valikon alla olevasta Device-sarakkeesta valitsemalla DIN-kiskon tapauksessa Mounting rail tai kaapelikourun tapauksessa Wire duct. Valitsemalla, joko Mounting rail tai Wire duct, avautuu Part selection -ikkuna, josta löytyy listattuina käytössä olevat komponentit. Sieltä valitaan sopiva komponentti painamalla OK-painiketta. Komponenttien asettamisessa voidaan hyödyntää suunnitteluohjelman tarjoamia välineitä, joiden avulla pystytään muuttamaan esimerkiksi osan pituutta tai sijaintia sekä mittaamaan etäisyyksiä komponenttien välillä. Kuvassa 6 nähdään asennuspohjalle asetetut DIN-kiskot sekä kaapelikourut.

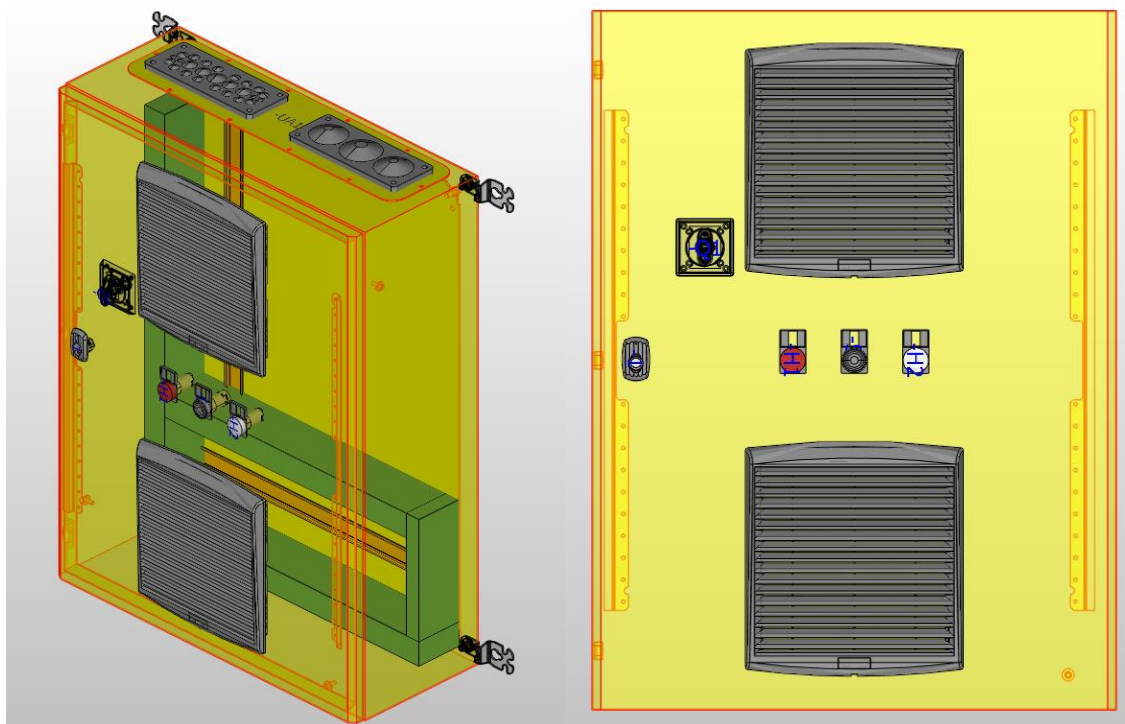


KUVA 6. Asennuspojalle asetetut komponentit

Komponenttien lisääminen suoritetaan käyttämällä suunnitteluohjelman Incert center -valikkoa, josta löytyy kaikki Data Portal -tietokannasta ladatut sekä Parts management -ikkunassa luodut komponentit. Keskukseen halutaan asettaa neljä seinäkiinnikettä, kaksi läpivientilaippaa, kaksi poistoilmasuodatinta, kaksi LED-lamppua, yksi painonappi sekä pääkytkimen väännin. Kotelon takaseinään ei ole asetettu työstettävää tasoa, joten seinäkiinnikkeitä varten tulee luoda uusi taso, jonka nimeksi asetetaan Rear panel outside. Seinäkiinnikkeet asetetaan kotelossa olevien seinäkiinnikereikien mukaisesti. Läpivientilaippojen asettamista varten, valitaan aktiiviseksi Flange plate -työstötaso. Työstötason ollessa aktiivinen, läpivientilaipat voidaan asettaa helposti niille tarkoitettujen aukkojen päälle. Loput komponentit asetetaan oveen, jolloin työstötasoksi valitaan Door outside.

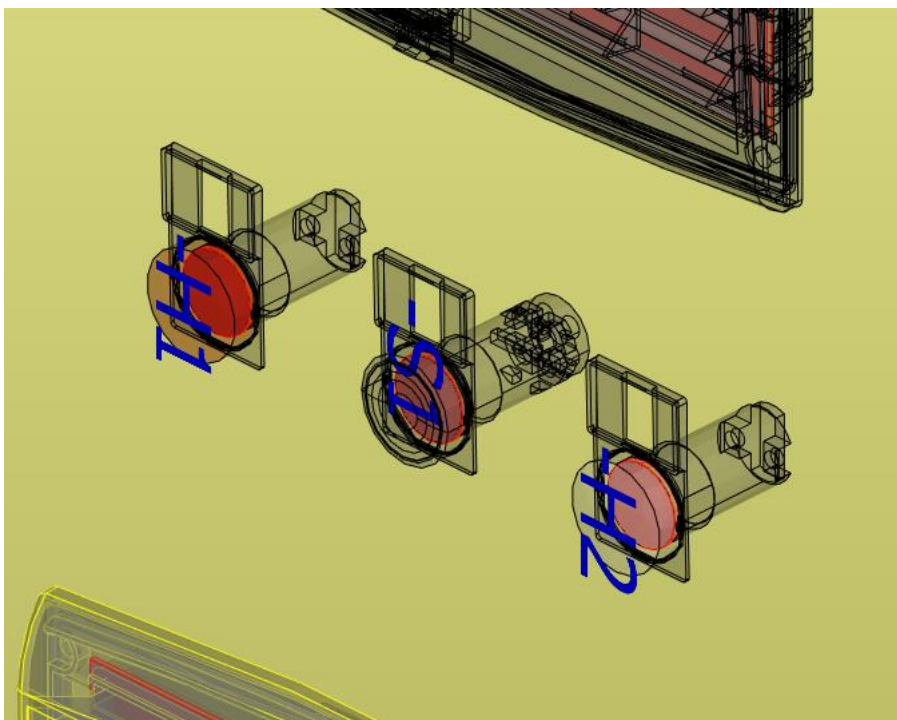
Painonappi S1 sekä LED-lamput H1 sekä H2 asetetaan puoleenväliin ovea siten, että painonappi S1 sijaitsee keskellä ovea, LED-lamppu H1 sijaitsee 70 mm painonapista vasemmalla ja LED-lamppu H2 sijaitsee 70 mm painonapista oikealla.

Poistoilmasuodattimet asetetaan keskelle ovea siten, että poistoilmasuodattimien reikien ja oven ylä- sekä alareunaan jää 60 mm väliä. Pääkytkimen väännin sijoitetaan paikkaan, johon pääkytkin oletettavasti asettuu. Kuvassa 7 nähdään asetettujen komponenttien lopullinen sijainti kotelossa sekä ovesa.



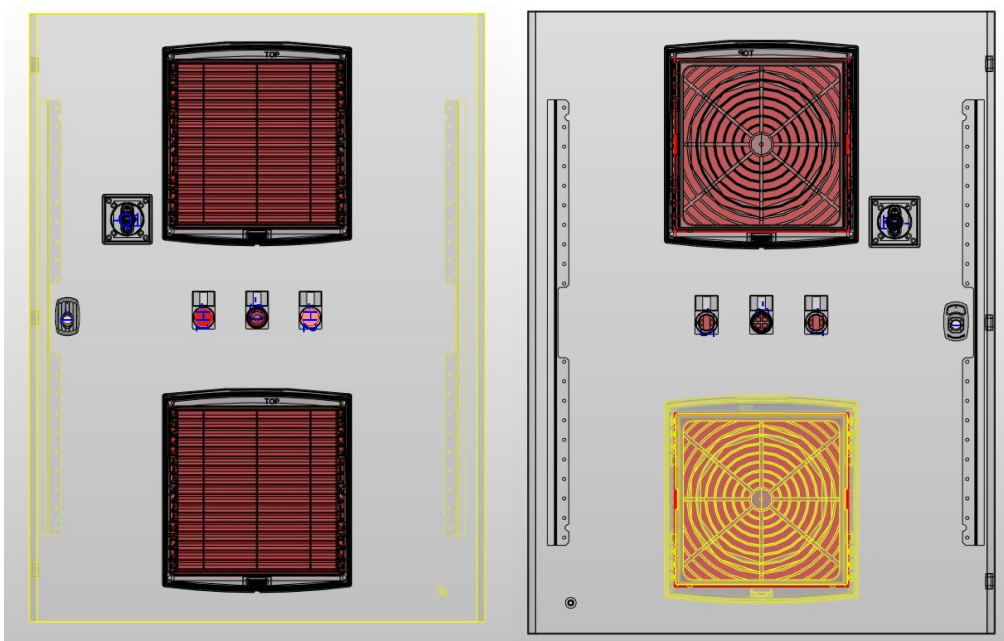
KUVA 7. keskuksen SE-kuvakulma ja ovi edestä kuvattuna

Jokaiselle komponentille on mahdollista luoda sekä asettaa osakohtainen aukotusdata, jonka suunnitteluohjelma lisää haluttaessa automaattisesti työstettävälle tasolle. Suunnitteluohjelman aukottamistyökalun avulla pystytään luomaan useita erimuotoisia aukkoja kuten ympyröitä, neliöitä, kuusikulmioita tai käyttäjän itse suunnittelemissa muotoja. Aukkojen sijainti voi olla niin kotelossa kuin asennuspohjassa. Aukotusdataa varten suunnitteluohjelman tulee tietää aukotettavan kohdan paksuus, jonka se pystyy laskemaan kahden vastakkaisen työstötason väliltä. Aukotusdatan saa näkyviin View-valikon alla olevasta Drilling view -painikkeesta. Kuvaa 8 tarkasteltaessa nähdään LED-lamppujen sekä painonapin osakohtaiset aukotukset, joiden halkaisijat LED-lampuille ovat 22,3 mm ja painonapille 22,5 mm.



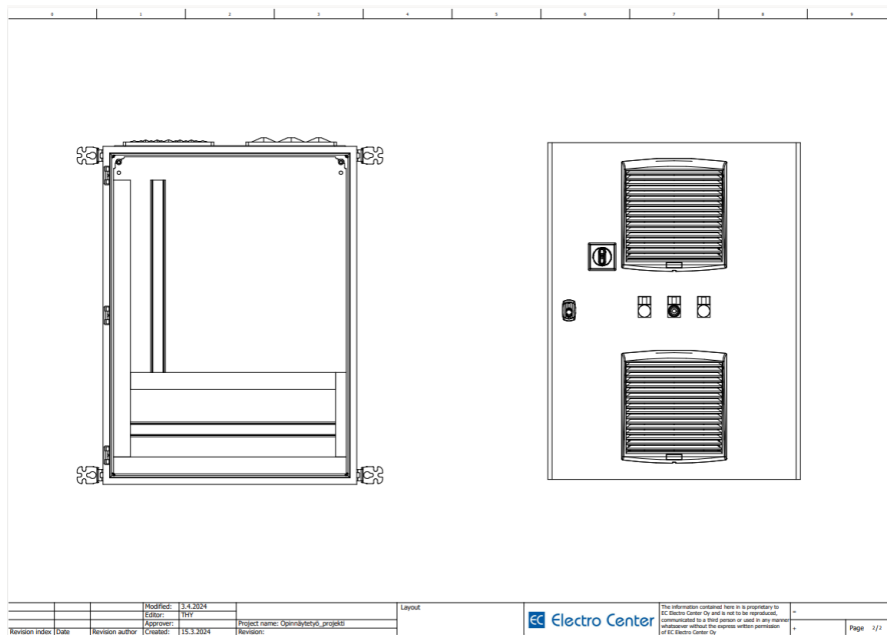
KUVA 8. LED-lamppujen sekä painonapin osakohtaiset aukotukset

Kuvasta 9 nähdään koko oven tehtävä aukotus. Kotelon oveen tulee viisi aukkoa, joista huomattavasti suurimmat ovat poistoilmasuodattimia varten tehtävät neliönmuotoiset aukotukset, joiden mitat ovat 223x223 mm. Pääkytkimelle ei anneta aukotusdataa sillä pääkytkimen sijainti voi muuttua keskuskohtaisesti. Koteloon tai sen oveen voidaan halutessa asettaa myös aukotuksen estäviä alueita, joiden kohdalle työstökone ei voi suorittaa aukottamista.



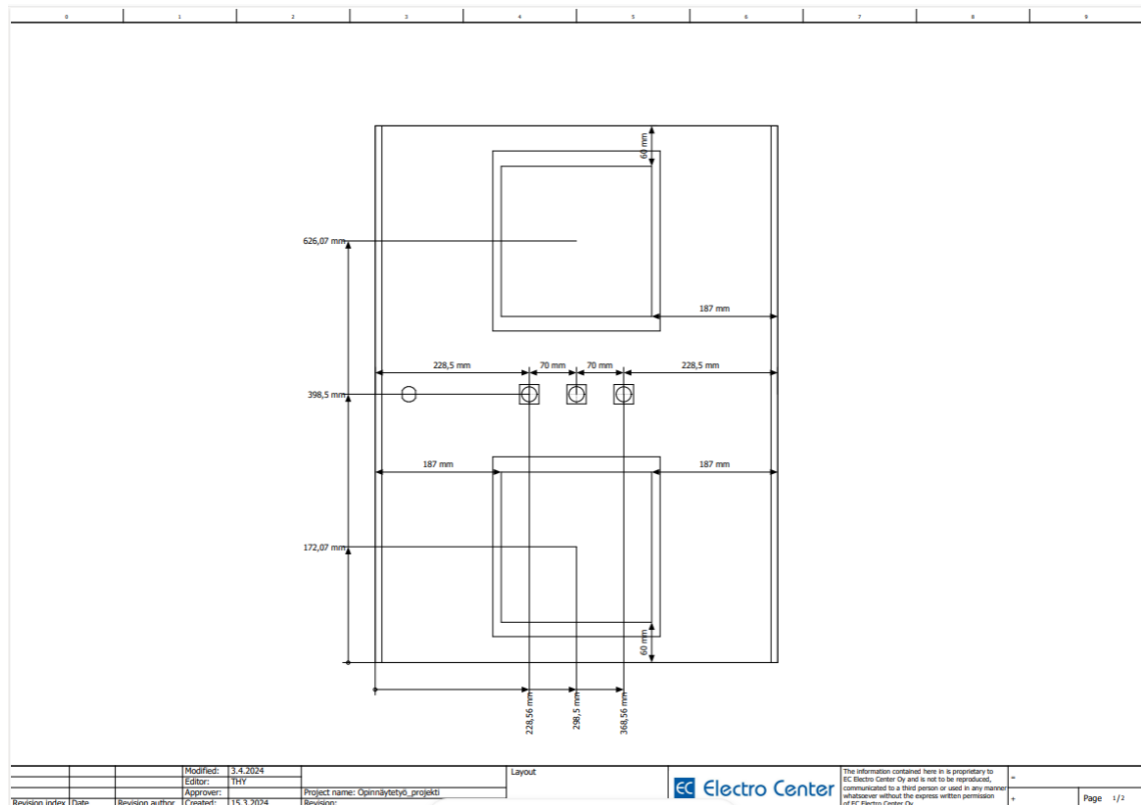
KUVA 9. Oven aukotus ulko- sekä sisäpuolelta

Koteloon asetettujen komponenttien avulla suunnitteluohjelma pystyy luomaan automaattisesti useita erilaisia raportteja sekä kuvia, joista tärkeimpiä ovat komponentti- ja kaapelointilistat sekä keskuksen layout-kuvat. Näiden raporttien avulla asentajalle tulee ilmi, mitä komponentteja keskukseseen tulee sijoittaa ja mille kohdalle ne asennetaan. Layout-kuvat voidaan asettaa asiakkaan haluamalla tavalla sekä niissä voidaan ilmoittaa komponenttien nimiä, kotelon mittoja tai mahdollisia asennusehdotuksia (kuva 10).



KUVA 10. Keskuksen kuva edestäpäin

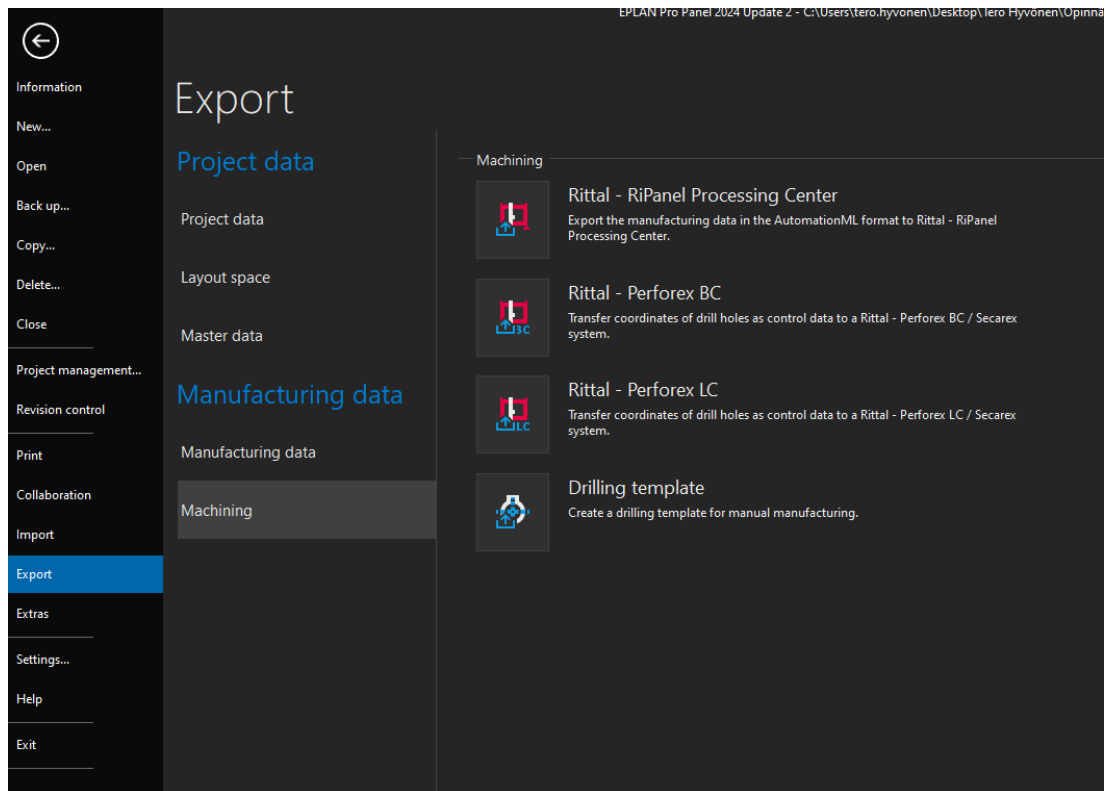
Suunnitteluohjelman avulla voidaan myös luoda aukotuskuva, jonka avulla nähdään koteloon tehtävien aukotusten tarkat sijoituskohdat, muodot sekä mitat. Aukotuskuva luodaan käyttämällä 2D Drilling view -työkalua Insert-valikon alta ja valitsemalla uudelta sivulta haluttu alue kuvaa varten. Erillistä aukotuskuvaa voidaan hyödyntää esimerkiksi työstökoneen vioittumisen aikana, kun asentaja joutuu tekemään aukotuksen itse (kuva 11).



KUVA 11. Oven aukotuskuva

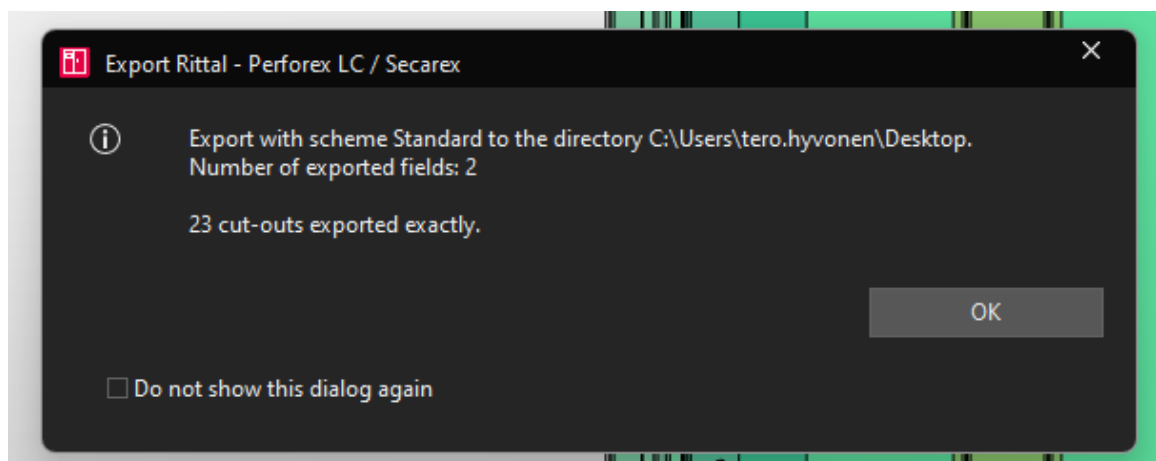
5.2 Eplan-suunnitteluohjelman ja Perforex-sovelluksen toiminta yhdessä

Projektin aukotusdatan vieminen Perforex-sovellukselle tehdään avaamalla EPLAN Pro Panelin File-valikko. File-valikon sivupalkista valitaan Export, joka sisältää erilaisia projektidatan siirtämiseen luotuja vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi projektille luotujen sivujen tulostaminen PDF-tiedostona, osien tuominen Excel-tiedostona tai projektin muuntaminen DXF/DWG-tiedostoiksi muita CAD-ohjelmistoja varten. Export-valikon tarjoamista vaihtoehdoista valitaan Manufacturing datan alla oleva Machining-alavalikko, josta löytyy EPLAN Pro Panelin tarjoamat vaihtoehdot kotelolle tehtävää koneistusta varten. Avautuneista vaihtoehdoista valitaan Rittal - Perforex LC, jonka avulla muunnetaan projektissa oleva data yhteensopivaksi Perforex LC -laserkeskusten kanssa (kuva 12).



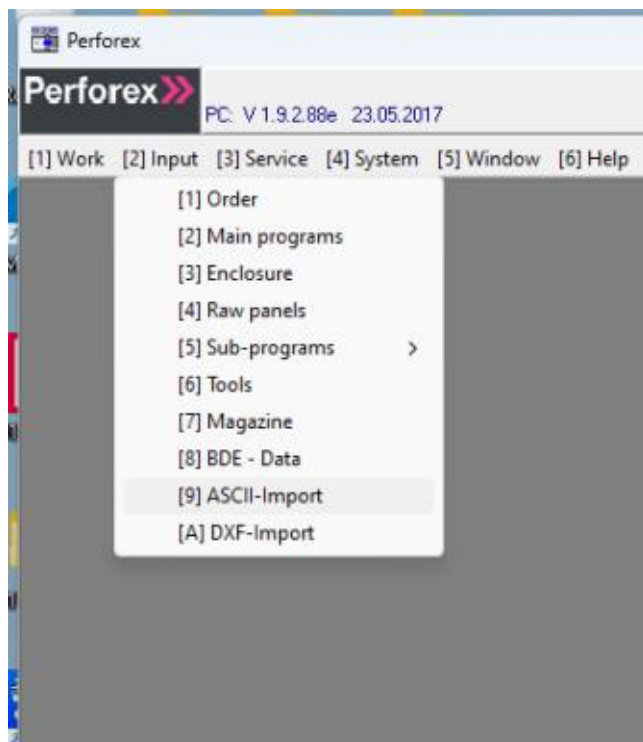
KUVA 12. Machining-alavalikko

Valinnan jälkeen avautuu ikkuna, jossa voit valita työstettävän materiaalin sekä asettaa tiedostoille halutun tallennuspaikan. Painamalla painiketta OK, nähdään avautuvassa ikkunassa suunnitteluohjelman hakemat tasot, joille on asetettu aukotusdataa sekä niille tulevien aukotusten määrä. Export Rittal -ikkunasta nähdään, että suunnittelun aikana aukotettavia komponentteja on asetettu kahdelle eri tasolle ja tulevien aukotusten määrä on 23 kappaletta (kuva 13). Tämän jälkeen suunnitteluohjelma luo Perforex-tiedostot sille asetettuun tallennuspaikkaan.



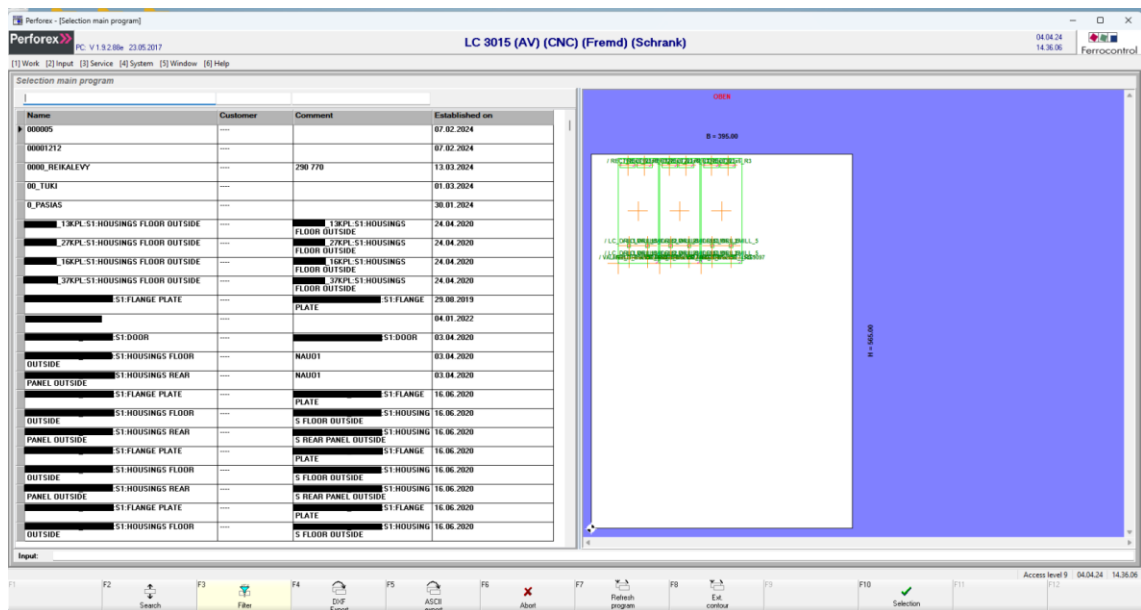
KUVA 13. Aukotettavat tasot sekä aukotusten määrä

Avataan Perforex-sovellus ja ladataan siihen vastaluodut tiedostot. Tiedostojen hakeminen tapahtuu valitsemalla Perforex-sovelluksesta [2] Input-valikko ja valitsemalla sieltä [9] ASCII-Import (kuva 14). ASCII-Import -työkalun avulla Perforex-sovellus pystyy tuomaan sille ulkoista dataa ja luomaan niistä aukotuskuvat. Avautuvassa ikkunassa haetaan aiemmin luotu tiedosto ja valitaan Start-painike, jolloin Perforex-sovellus tuo luodun tiedoston ja lataa sen tietokantaan. Painamalla Abort-painiketta päästään takaisin sovelluksen alkuvalikkoon.



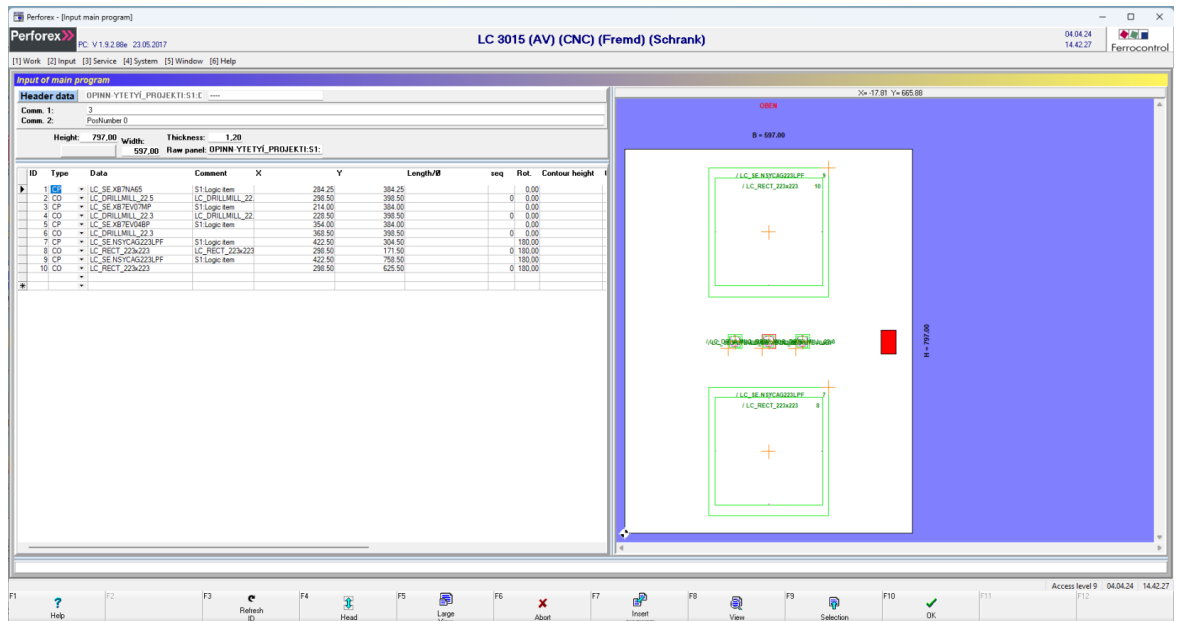
KUVA 14. Perforex-sovelluksen Input-valikko

Perforex-sovellukselle tuodut aukotuskuvat löytyvät [2] Input-valikosta ja valitsemalla sieltä [2] Main programs. Tämän jälkeen avautuvassa Selection main program -ikkunassa nähdään kaikki sovellukseen tuodut aukotuskuvat sekä niiden nimet, asiakastiedot, kommentit ja tuontipäivämäärä. Tiettyä aukotuskuvaa voidaan etsiä valitsemalla alavalikosta Filter ja kirjoittamalla tuodun tiedoston nimi hakupalkkiin (kuva 15). Perforex-sovellus ei tunne ääkkösiä, joten se muuntaa tiedoston nimen Opinnäytetyö projekti muotoon OPINN-YTETÍ_PROJEKTI ja lisää nimen perään kotelolle asetetun nimen sekä työstettävän kappaleen osatar Kennuksen.



KUVA 15. Perforex-sovelluksen Filter-hakutoiminto

Aukotuskuvia voidaan tarkastella tuplaklikkaamalla niiden nimen päältä. Oikealla puolella nähdään suunniteltu aukotuskuva, johon on merkitty suunniteltujen aukkojen paikoitus, aukon tyyppi sekä halkaisija (kuva 16). Aukotuskuvissa vasemmalla alanurkassa näkyvä mustavalkoinen pallo kertoo sen pisteen, josta ohjelma laskee mitat tehtäville aukotuksille. Aukotuskuvassa näkyvä kirjain B kertoo aukotettavan työtason leveyden ja kirjain H kertoo työtason korkeuden. Aukotuskuvan punainen alue näyttää suunnitteluohjelmassa asetetun erillisen rajoitetun leikkausalueen, joka estää lasertyöstökoneen toiminnan sen alueen sisällä. Vasemmalla puolella nähdään eriteltyinä työstettävän tason korkeus, leveys ja paksuus sekä jokaisen työstötason asetetun komponentin tai reiän tiedot että mitat XY-koordinaatistossa.



KUVA 16. Ovelle luotu aukotuskuva Perforex-sovelluksessa

5.3 Aukotuskuvien käyttöönotto

Yrityksellä on käytössä Perforex LC3015-laserkeskus, joita on Suomessa kaksi kappaletta (kuva 17). Laserkeskuksella voidaan luoda aukotukset keskuskohtaisesti käyttäen Perforexin omaa sovellusta, EPLAN- tai muuta vastaavaa suunnitteluohjelmaa. Laserkeskuksen operointi tapahtuu yhden koulutetun asiantuntijan toimesta, joka operoi laserkeskusta sen ohjausyksikön avulla.



KUVA 17. Perforex LC 3015 -laserkeskus

Perforex LC 3015 -laserkeskuksen sisällä on peti, jonka päälle asetetaan työstettäväksi tarkoitettu kotelo, asennuslevy tai ovi (kuva 18). Peti saadaan vedettyä työstökeskuksen ulkopuolelle työstettävien tuotteiden käsittelyn helpottamiseksi. Petiin on asetettu tuet, joita voidaan liikuttaa haluttuihin kohtiin työstettävän tuotteen mukaisesti tarvittaville paikoille. Laserkeskuksen sisällä on myös kuvassa 18 näkyvä laser, joka liikkuu kuuden eri akselin mukaisesti mahdollistaen aukotamisen viidestä eri suunnasta saman työstökerran aikana.



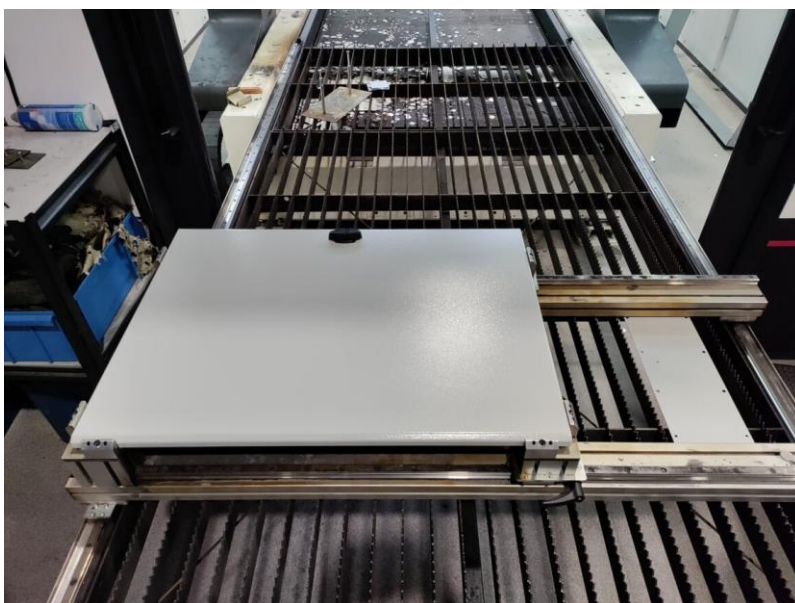
KUVA 18. Laserkeskuksen peti sekä laser

Luotujen aukotuskuvien käyttöönotto aloitetaan hakemalla kuvat Perforex LC 3015 ohjausyksiköstä (kuva 19). Ohjausyksikkö käyttää samaa Perforex-sovelusta sekä se on yhdistetty samaan tietokantaan, jolloin päivitettyt aukotuskuvat ovat nopeasti saatavilla. Aukotuskuvat haetaan jälleen valitsemalla alareunassa näkyvistä valinnoista Filter ja kirjoittamalla työn nimi hakupalkkiin. Valittu oven aukotuskuva vapautetaan Perforex LC 3015 -laserkeskukselle painamalla alareunassa näkyvää Data release -painiketta.



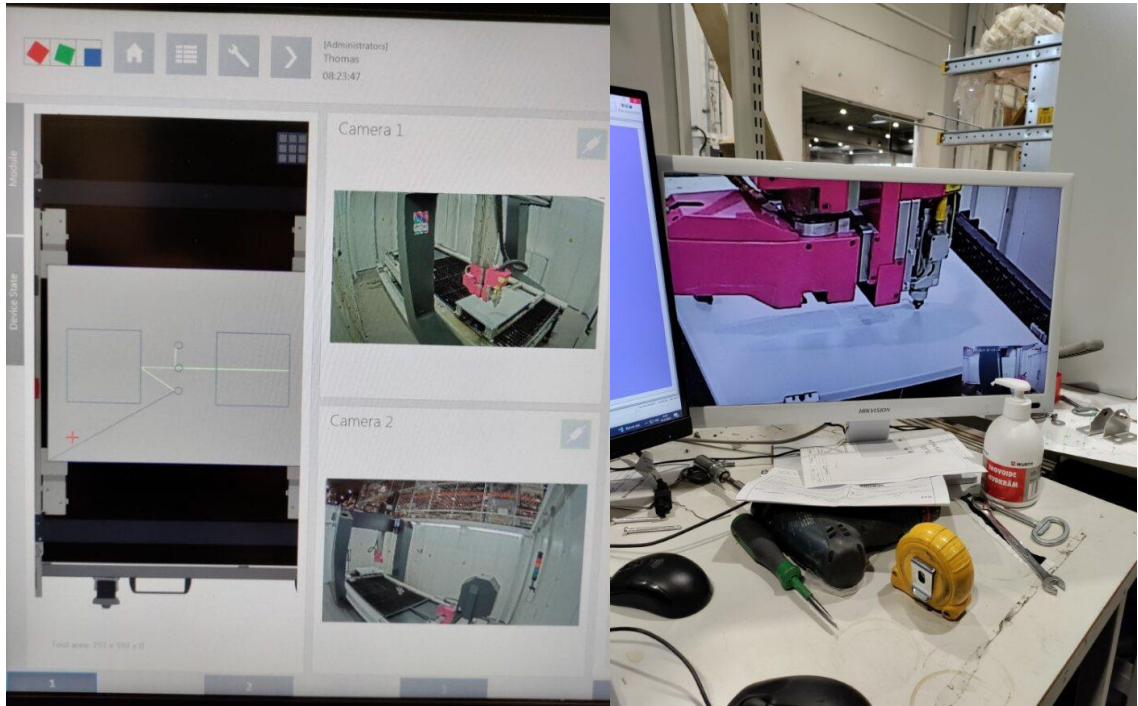
KUVA 19. Kuvien hakeminen operaattorin ohjausyksiköstä

Aukotuskuvien vapauttamisen jälkeen työstettävä kappale asetetaan pedillä olevien tukien päälle ja peti työnnetään laserkeskuksen sisälle (kuva 20). Laserkeskuksen oviin on asetettu suojakytkimet, joiden avulla estetään laserin toiminta ovien ollessa auki. Ovet suljetaan ja työstäminen aloitetaan painamalla ohjausyksikössä olevaa START-painiketta.



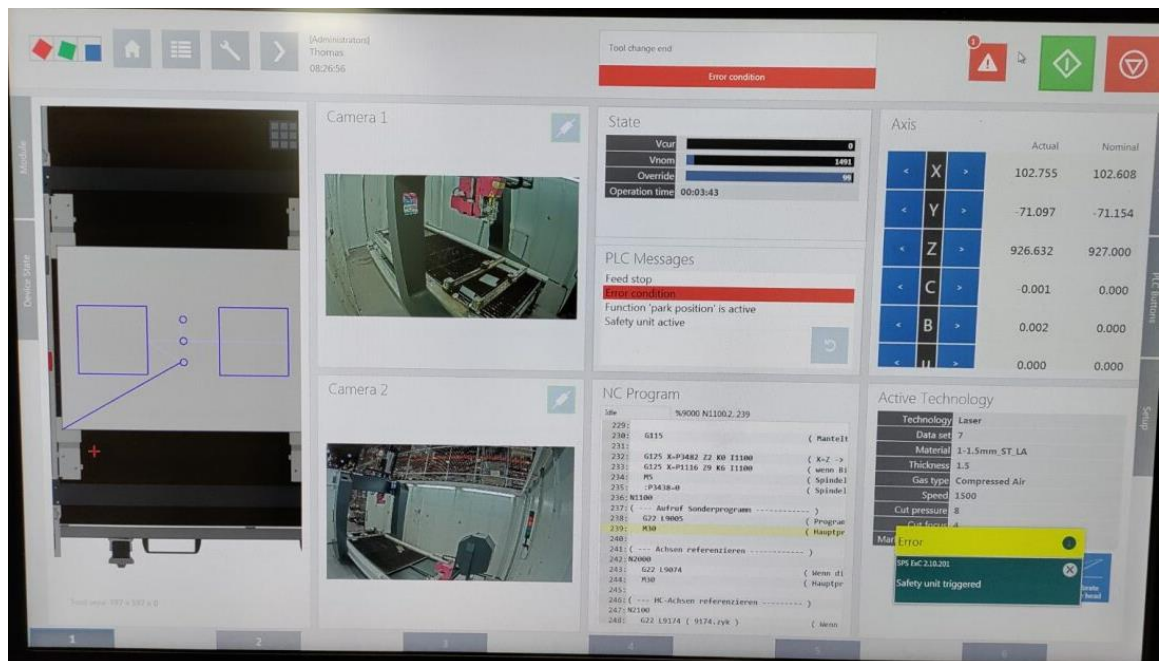
KUVA 20. Työstettävänä oleva ovi laserkeskuksen pedillä

Perforex LC 3015 -laserkeskuksessa on kaksi eri kameraa, joista voidaan tarkkailla työstettävän kohteen valmistumista eri kulmista. Kameroita voidaan seurata ohjainyksiköstä tai laseryksikön vieressä olevalta tietokoneelta olevalta tietokoneelta (kuva 21). Ohjainyksikköön piirtyy myös kuva Perforex-ohjelman suunnitelmasta laserin kulkureitistä työstettävän kappaleen mukaisesti.



KUVA 21. Operaattorin näkymä laserkeskukseen

Laserkeskuksen ollessa valmis, peti vedetään ulos ja työstettävä kappale irroitetaan tuista. Kuvasta 22 voidaan tarkastella ohjainyksikön näyttöä työstämisen jälkeen. Näytöltä nähdään työstämiseen käytetty operaatioaika, joka on 3 minuuttia ja 43 sekuntia, laseryksikön akseleiden paikoitus, numeerisen ohjauksen koodi sekä aktiivisena olleet teknologiat. Näyttöä tarkastellessa havaitaan myös virhekoodi, joka on aiheutunut oven avaamisesta työstön jälkeen.



KUVA 22. Ohjausyksikkö työstön ollessa valmis

Kuvassa 23 nähdään tässä työssä tehdyn oven aukotuskuvan tuottama lopputulos kotelon ovesta. Laserin leikkaama jälki on hyvin tarkkaa, eikä siihen ole jäänyt yhtään epätasaisuuksia tai ei toivottuja palojälkiä. Epätasaisuuksien tai huomattavien palojälkien ilmaantuessa niitä voidaan poistaa säätämällä laserkeskuksessa olevia parametrejä. Leikattujen aukkojen mitat sekä paikoitus on onnistunut juuri suunnitellulla tavalla ja toivotun laadun mukaisesti.



KUVA 23. Työstetty ovi

Laserkeskuksen pedillä oleviin tukiin voidaan kiinnittää myös pienempiä tuotteita kuten laippoja (kuva 24). Tätä keskusta varten laippaan tehdään kaksi aukotusta sekä pulttien reiät läpivientilaippoja varten. Peti siirretään laserkeskuksen sisälle ja ovet suljetaan. Laippojen aukotuskuvat haetaan ohjausyksikön avulla ja ne vapautetaan jälleen laserkeskukselle työstämistä varten.



KUVA 24. Laippa kiinnitettynä tukiin

Aukottamisen jälkeen ovi ja laippa asetetaan takaisin koteloon odottamaan asentajan sille tekemää saranoiden puolen vaihtoa sekä kojeistamista (kuva 25). Asentaja aukottaa pääkytkimelle tarvittavan reiän hyödyntäen reikäleikkuria tai käsikäyttöistä reikäprässiä. Mahdollisten aukotuskuvissa olevien virheiden sattuessa, laserkeskuksen asiantuntija voi helposti muokata tai luoda uusia kuvia.



KUVA 25. Työstetty kotelo kasattuna

6 ANALYYSI

6.1 Laserkeskuksen tuottamat hyödyt

Aukottamiseen kuluva aika hyvin suuri tekijä keskusvalmistamisen sekä keskuksen hinnoittelun yhteydessä. Perforex LC 3015 -laserkeskus on tuonut useita erilaisia hyötyjä sekä ratkaisuja karsimalla aiemmin paljon aikaa kuluttaneita työvaiheita EC Electro Center Oy:n tarjoamasta aukotuspalvelusta. Laserkeskus tarjoaa nopeaa sekä hyvin tasalaatuista jälkeä ja poistaa keskusvalmistuksen aukotustyövaiheelta useita virheen mahdollisuuksia vähentäen materiaalihukkaa.

Ennen laserkeskusta aukottaminen tapahtui kahdella eri tavalla, joko asentajan itse tekemänä tai tilaamalla aukotuspalveluita toisilta yrityksiltä. Asentajan tekemänä aukottamiseen kuului useita aikaa vieviä työvaiheita kuten mitoittaminen, kannen suojaaminen, mahdollisen sabluunan käyttö tai teko sekä itse aukottaminen. Mitoittaminen tapahtui suunnittelijan tekemien mittakuvien perusteella ja se tuli tehdä hyvin tarkasti, jotta kaikki komponentit saatiin samaan linjaan sekä saman mittaisten välien päähän toisistaan. Mitoittamisen avuksi voitiin tehdä sabluunoita, jotka sisälsivät esimerkiksi erilaisia mittoja komponenttien aukotuksista. Perinteisiä pyöreitä aukotuksia varten käytettiin hydraulista prässää, johon oli saatavilla erikokoisia aukotusteriä. Neliön- tai muiden kulmikkaiden aukotusten tekeminen tapahtui piirtämällä oveen leikattavan aukon reunat, suojaamalla oven työstämätön alue esimerkiksi teipillä ja sahaamalla aukko kuviosahalla.

Aukotusten sahaaminen sisälsi useita mahdollisia riskejä, jotka saattoivat vaikuttaa työn aikaan sekä siitä syntyvään hukkaan. Asentaja oli saattanut mitoittaa tai leikata aukon epätasaisesti, joka johti komponentin menemiseen vinoon tai liian suureen aukkoon, josta komponentti valahti läpi. Sahausten aikana oven kanteen saattoi syntyä syviä naarmuja, jonka takia työstettävänä ollut ovi jouduttiin lähettämään uudelleen maalattavaksi.

Omaan kokemukseeni perustuen arvioisin samankaltaisen oven aukottamisen mitoittamiseen kuluvan ajan olevan noin 10–15 minuuttia ilman työtä varten tehtyä sabluunaa ja sabluunan kanssa noin 2–4 minuuttia. Aukotusten merkitsemisen

jälkeen oveen tulevien neliönmuotoisten aukotusten reunojen suojaamiseen kuluu ajaksi arvioisin noin 10 minuuttia. Olettaen, että pyöreät aukotukset tehdäisiin käyttämällä hydraulista prässää, kaikkien kolmen aukotuksen tekemiseen menisi noin 2 minuuttia. Aukotettaessa kolmea pyöreää aukotusta, hoidettaisiin samalla myös neliönmuotoisen aukotuksen kulmiin reiät kuviosahaa varten. Aukotettava ovi tulee tukea pöytään ennen sahaamisen aloittamista. Tukeminen sekä sahaaminen voisi viedä aikaa molemmilta aukotuksilta noin 15–30 minuuttia riippuen tekijästä ja aukotettavan oven materiaalista. Sahaamisen jälkeen aukkojen reunat tulee hioa tasaisiksi, jottei ne vahingoita asentajaa, komponenttia tai johdotuksia. Hiomiseen käytettäväksi ajaksi arvioisin noin 10–15 minuuttia. Omien kokemusten perusteella arvioisin ilman sabluunaa tehtävän aukotuksen kestoksi noin 60 minuuttia ja käytössä olevan sabluunan avulla noin 50 minuuttia.

Aukotuspalveluiden tilaaminen toisilta yrityksiltä aiheutti kuormitusta varastolle, sillä keskuksesi tuli pakata ja lähettää varaston työvaiheena. Aukotettavaksi lähetettiin pääasiassa ruostumattomasta- tai haponkestävästä teräksestä tehdyt kotelot. Koteloiden aukottamisprosessiin varattiin noin 2 viikkoa aikaa mukaan luetuna kuljetukset.

Laserkeskuksen avulla voidaan säästää suuria määriä materiaalia vähäisen työstövirheen mahdollisuuden ansiosta. Laserkeskuksen aiheuttama materiaalihukka koostuu pääasiassa aukotettavien kappaleiden leikattavasta materiaalista. Operaattori voi säätää välittömästi laserkeskuksessa käytettäviä parametrejä, mikäli hän havaitsee epätasaisuutta, joka voisi johtaa mahdolliseen materiaalihukkaan.

EPLAN-suunnitteluohjelmistojen yhteensopivuus Rittalin tarjoaman Perforex-sovelluksen sekä laserkeskuksen kanssa tarjoaa suuren hyödyn tiedonsiirron sujuvoittamisen kanssa suunnittelun ja valmistuksen välillä. EPLANin tehdessä syvää yhteistyötä Rittalin kanssa, niiden käyttämät ohjelmistot keskustelevat hyvin keskenään tarjoten useita mahdollisuuksia sähkösuunnittelun parissa.

Rahallisesti EC Electro Center Oy hyötyy laserkeskuksen käyttöönoton ansiosta. Yritys on pystynyt helpottamaan sekä nopeuttamaan ennen asentajan vastuulle osuneita työvaiheita, joka säästää aikaa huomattavasti. Yrityksen arvioinnin mukaan laserkeskuksen avulla saavutetaan jopa 2–3 henkilötyövuotta säästöä ja

laserkeskus maksaa itsensä takaisin noin 4–5 vuoden aikana (Vaherla 2024.). Laserkeskusta pystyy operoimaan yksi käyttäjä, mutta sattumanvaraisia tapauksia varten yrityksellä on kaksi koulutettua operaattoria.

Perforex LC 3015 –laserkeskus on tarjonnut valtavasti hyötyä toistuvien ja samankaltaisten keskusten tuotannossa. Tässä opinnäytetyössä suunniteltu keskus on yksi vakiomallisista keskuksista, jota aletaan hyödyntämään tuotannossa. Vakiomallisilla keskuksilla tarkoitetaan asiakkaan tilattavissa olevia keskuskokonaisuuksia. Tässä työssä tehdyn oven aukottamisesta havaittiin, että kahdelle neliönmuotoiselle ja kolmelle ympyränmuotoiselle aukotukselle saatiin operointiajaksi 3 minuuttia sekä 43 sekuntia. Asiakkaan tilatessa esimerkiksi 10 kappaletta kyseistä keskusta, säästetään huomattavan suuria määriä aukotukseen käytetyissä työtunneissa sekä materiaalihukan mahdollisuus pienenee.

6.2 Laserkeskuksen tuottamat kulut

Perforex LC 3015 -laserkeskuksen tuottamat kulut koostuvat laitteiston hinnan lisäksi pääasiassa keskuksen sähkönkulutuksesta ja huollosta. Perforex LC 3015 -laserkeskuksen tarvitsema nimelliskäyttöjännite on 400 volttia kolmivaiheisena ja taajuus on 50 hertsiä. Laserkeskuksen vaatima nimellisteho on 1,5 kilowattia.

Yritys voi hoitaa laserkeskuksen huoltamiseksi vaadituista toimenpiteistä leikkauskaasun lisäämisen, rasvaprässien ja poistoilmasuodattimien vaihtamisen sekä ylläpitää laserkeskuksen sisätilojen puhdistamista siellä syntyvästä epäpuhtauksista. Sisätilojen puhdistamista helpottaa laserkeskuksen ulosvedettävä peti, jonka ansiosta operaattori pääsee imuroimaan tai lakaisemaan työstöaluetta.

Materiaalihukkaa voi syntyä myös suunnittelijan tekemästä mitoitusvirheestä, joka voi kostautua huomattavasti esimerkiksi vakiomallisten keskusten kohdalla. Virhe voi pahimmassa tapauksessa monistua useisiin aukotuksiin, joissa käytetään kyseisiä kuvia ennen kuin se havaitaan.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö tarkoituksena oli käsitellä EPLAN-suunnitteluohjelman toimintaa Perforex-laserkeskuksen kanssa ja tutkia Perforex LC3015 -laserkeskuksen tarjoamia hyötyjä sekä siitä aiheutuvia kuluja. Omien aikaisempien kokemuksieni mukaan aukotusten tekemiseen voi kuluttaa yllättävän paljon aikaa varsinkin, jos kyseessä on jonkun muun muotoinen aukko kuin neliö. Perforex LC3015 -laserkeskuksen nopeus sekä tarkkuus antaa EC Electro Center Oy:lle huomattavan paljon etua sellaisiin yrityksiin verrattuna, joissa aukotukset tehdään asentajan toimesta käsin.

Opinnäytetyön tekemisen aikana pohdittiin myös kehitysideaa useiden koteloiden ovien aukottamisesta samanaikaisesti. Aukottaminen olisi periaatteessa mahdollista, mutta aukottamista varten tulisi tehdä muutamia esivalmisteluita. Aukotuskuvien teko Perforex-sovellukselle on tehty normaalisti yhden oven mittoja ajatellen. Useamman oven samanaikaisesti aukottaminen vaatisi suuremman kuvakonaisuuden, jonka Perforex näkisi kuitenkin yhtenä ovena. Laserkeskuksen sisällä olevan pedin päälle tulisi rakentaa jokaista ovimäärää varten omanlainen tukikehikko, johon ovet voitaisiin asettaa aina yhtä tarkasti vierekkäin. Pienikin mahdollinen virhe ovien asettelussa voisi johtaa mittavirheisiin koskien jokaisen oven aukotusta. Useiden ovien työstäminen voisi olla siis mahdollista, mutta se vaatisi paljon suunnittelua, jotta virheiden mahdollisuudet saataisiin minimoitua.

Opinnäytetyö onnistui mielestäni pääosin hyvin, eikä sen tekemisen aikana koinut hankaluuksia. Työssä on käyty selkeästi läpi keskuksen aukotuksen suunnitteluun kuuluvat työvaiheet EPLAN-suunnitteluohjelman avulla sekä tutustuttu Perforex LC 3015 -laserkeskuksen käyttämiseen. Laserkeskuksen aukotuskuvien käyttöönotto oli itselleni täysin uusi työvaihe ja tämän opinnäytetyön tekeminen auttoi minua ymmärtämään laserkeskuksen toimintatapoja. Opinnäytetyön avulla tutustuttiin laserkeskuksen käytöstä saavutettaviin hyötyihin ja kuluihin. Laserkeskuksen suurimmat hyödyt ovat, että keskusvalmistuksessa tehtävät aukotukset voidaan hoitaa yrityksen sisäisesti säästäten aikaa mahdollisten kuljetusten tai virheiden kohdalla sekä asentajan tekemiä työvaiheita on pystytty helpottamaan ja nopeuttamaan huomattavasti.

LÄHTEET

Chunlei, G., Subhash, C, S. 2021. Handbook of Laser Technology and Applications: Lasers Applications: Materials Processing and Spectroscopy (Volume Three). 2.painos. Boca Raton: CRC Press

EC Electro Center Oy. n.d. EC Electro Center. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2024
<https://e-c.fi/>

EPLAN. n.d. EPLAN – efficient engineering. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2024.
<https://www.eplan.fi/>

Hietikko, E. 2013. SolidWorks. Tietokoneavusteinen suunnittelu 2014. 6. uud. painos. Helsinki: Books on Demand.

Kujanpää, V., Salminen, A. & Vihinen, J. Lasertyöstö. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova Oy.

Nieminen, P. Avainasiakaspäällikkö. Haastattelu 17.4.2024. EC Electro Center Oy.

Nyemba, W. 2023. Computer Aided Design. Engineering design and modeling using AutoCAD. 1. painos. E-kirja. CRC Press.

Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2012. Insinöörin (AMK) Fysiikka. Osa II. 8. painos. Saarijärvi: Lahden Teho-Opetus Oy.

Pöysti, N. Laserkeskuksen operaattori. 2024. Haastattelu. Sähköpostiviesti 30.4.2024

Rittal. n.d. Rittal – The System. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2024
<https://www.rittal.com/fi-fi/>

SFS-opas 4:2023. 2023. Suomalaisen SFS-standardin laadinta ja rakenne. 13. painos. Helsinki: SFS. Viitattu 18.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 62023. 2011. Teknisen informaation ja dokumentaation jäsentely. 2. painos. Helsinki: SFS. Viitattu 18.4.2024. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Vuorensivu, K. 1987. Tietokoneavusteinen suunnittelu CAD. Jyväskylä: Rakentajain Kustannus Oy.

Vaherla, M & Ylitalo, T. 2024. Haastattelu 24.4.2024. EC Electro Center Oy

Yritysesittely. 2024. Tampere: EC Electro Center Oy. Sisäinen materiaali. Saatavilla kysyttäessä. Viitattu 4.3.2024.

Liite 2. Sähköpostihaastattelun kysymykset 29.4.2024

Moro!

1. Kuinka kauan operaattorin kouluttamiseen käytetään aikaa, jotta laserkeskusta voidaan käyttää?

- Tähän ei ole oikein yhtä oikeaa vastausta, muutaman viikon jälkeen ehkä uskaltais päästää uuden käyttäjän itsenäisesti, varsinkin valmiita aukotuskuvia aukottamaan. Uusien kuvien / ohjelmien piirtäminen vie sitten oman ajan. Melko fiksua konea kuitenkin, ei ihan helpolla anna aiheuttaa katastrofia.

2. Vaatiiko laserkeskuksen käyttäminen ohjelmointitaitoja?

- Lähtökohtaisesti ei, mutta G-koodin edes vähäisestä ymmärtämisestä ei ole haittaa.

Koneen oma piirustusohjelma muuttaa ohjelmat G-koodiksi. Toki itsekin pystyy kirjoittamaan suoraan G-koodilla ohjelmat, mutta se on huomattavasti hitaampaa kuin tuolla perforexin omalla ohjelmalla, Eplanilla tai asiakkaille käyttöstävällisellä Rittalin Ripanel selainohjelmalla.

3. Kuinka suuri tuotantokapasiteetti laitteella on? Kuinka monta koteloa pystytään työstämään tunnin tai päivän aikana?

- Tähän ei ole oikein suoraa vastausta, riippuu aukotettavista kotelosta/kaapeista tai levyistä, aukotusten määrästä. Esim. Galvanoitu 700x1900 3mm vahvuisen asennuslevyn aukotus johon 101 reikää kooltaan 3.3mm-7mm aukotus kestää 15min 25sek. Rst kotelo 380x380x210, kotelon pohjaan 3 x 45mm reiät, taustaseinään seinäkiinnike reiät 4kpl (9mm) ajaa tuommoista 2min 35sek.

Toki noista aukotuksista tällä hetkellä kuluu minuutti laserin päälle lähestymiseen aukotettavan kappaleen pintaan, tähän tulossa päivitys jotta saadaan lähestyminen pintaan jatkossa ~5 sekuntiin joten jatkossa noista aukotus ajoista voi about minuutin vähentää työstö ajasta.

4. Vaatiiko laserkeskus säännöllistä huoltoa tai ylläpitoa?

- Huolto/ylläpito hommia päivittäin visuaalinen tarkastus koneelle käyttöönottaessa, tarvittaessa: lisätä kierteytysnestettä, vaihtaa kierretappeja, laserin suojaalussin vaihto, suodattimien vaihto, leikkuupöydän tyhjentäminen leikatuista ylijäämä paloista, aukotuskoneen imurin pölynkeräys astian tyhjennys. Sekä jokapäivä kompressorin kondensiovedet pois. Töitä tehdessä näkee hyvin mikäli mittahaiteita aukotuksissa, koneen kalibrointi tarvittaessa. ja laserin keskitys.

5. Millaisia turvallisuustoimenpiteitä operaattorin on noudatettava?

- Koneeseen nostaessa painavemmat kaapit/kotelot/levyt tarvittavaa nostoapua käyttäen,

helposti syttyvät aineet/kappaleet pois koneen sisältä sekä ylipäättään muutkin ylimääräiset pois pediltä ettei laser törmää, koneen toimintatavan ymmärtäminen, huolehtii että kukaan ei tee töitä koneen seinien yläpuolella jolloin olisi mahdollista että lasersäde voisi osua. Myös rst koteloida aukottaessa hyvä antaa hetken imurin käydä aukotuksen jälkeen ennen ovien avaamista että ei varmasti jää pölyä leijallemaan ilmaan.

6. Voitko/osaatko kertoa mahdollisia eroja muihin vastaaviin laserkeskuksiin?

- Kustannustehokkuus

- Puhdas polttojälki maalatuissakin kappaleissa.

- 3d aukotus, eli yhdellä kerralla kaikki sivut + kierteytys tarvittaessa (kierteytys onnistuu vain 2d eli ei pysty kierteyttämään kotelon kylkeä, kääntämättä koteloa.)

- Alle millin tarkka aukotus lähtökohtaisesti. (välillä voi olla heittoa aukotettavissa kaapeissa/koteloidissa, joista voi aiheutua pientä heittoa)

Kysy toki tarkentavia kysymyksiä jos sellaisia tulee.

Niko