VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lauri Hakola

MAVIKO OY TUOTANNON TARKASTELU

Tekniikka
2022

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lauri Hakola
Opinnäytetyön nimi	Maviko Oy tuotannon tarkastelu
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	47
Ohjaaja	Mikko Västi

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä huomioita Mavikon uuden tehtaan työnteon käytänteistä sekä mihin näillä on pyritty ja miten siinä on onnistuttu. Osaltaan tämä opinnäytetyö toimii myös aivan uuden työntekijän ensiperehdytyksenä hänen tulevaan työhönsä.

Opinnäytetyöstä saadaan myös ammennettua materiaalia mahdollisesti uusiin oppaisiin työntekijöille/aliurakoitsijoille.

Työ on pääasiassa tehty työnteon ohessa tehdyistä havainnoista, muita työntekijöitä haastattelemalla sekä jo olemassa olevista ohjeista koostetuista materiaaleista.

Avainsanat: tuotanto, tehokkuus, sähköala, sähkönjakelu

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikka

ABSTRACT

Author	Lauri Hakola
Title	Performance of Production at the Maviko Factory
Year	2022
Language	Finnish
Pages	47
Name of Supervisor	Mikko Västi

The purpose of this thesis was to examine the methods and principles of manufacture in the new Maviko factory and to assess the difference between what was striven for and what was achieved. This thesis can also be in some parts used to introduce the manufacturing process to a new worker.

Most of the material for the thesis was gathered by observations made at work and by interviewing workers working in the factory. Some of the material was gathered from existing guides.

This thesis can also be used in the future as a reference material for different kinds of guides and instructions related to this thesis.

Keywords: production, efficiency, electricity sector, distribution of electricity

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

1 JOHDANTO ... 7

1.1 Tavoite ... 7

1.2 Yritysesittely ... 7

2 ÄLYMUUNTAMO I1000 ... 9

2.1 Variaatiot ... 9

2.2 Valmistusprosessi ... 11

3 TEHTAALLA TAPAHTUVA KOKOONPANO ... 15

3.1 Tehtaan Layout ... 15

3.2 Kokoonpanoprosessi ... 16

3.3 Kokoonpanoa ohjaavat periaatteet ... 20

3.4 Asiakaspalautteen vaikutus tuotantoon ... 21

4 TEHTAALLA TAPAHTUVA KOESTUS ... 22

4.1 Viimeistely ... 22

4.2 Tarkistettavat asiat ... 23

4.3 Sähköiset koestukset ... 25

4.3.1 Apujännitteiden jakelu ja automaatio ... 25

4.3.2 Signaalikoestus ... 26

4.3.3 Mittaukset ... 28

4.3.4 Koestuksen viimeistely ... 28

5 KULJETUS ... 30

5.1 Kuljetuksen valmistelu ... 30

5.2 Sidonta ... 31

5.3 Nostaminen ... 33

6 KOHTEESSA TAPAHTUVA ASENNUS ... 36

6.1 Maatyöt ... 36

6.2 Muuntamon nostaminen ja laskeminen 38
6.3 Kaapelipäätteiden asennus 39
6.4 Käyttöönotto 45
7 YHTEENVETO 47
LÄHDELUETTELO 48

KUVALUETTELO

Kuva 1. Älymuuntamon eri variaatioita. 10
Kuva 2. Puistomuuntamoprojektin vuokaavio. 12
Kuva 3. Tehdas koostuu kahdesta hallista ja toimistotiloista. 16
Kuva 4. Kokoonpanoprosessin vuokaavio. 18
Kuva 5. Muuntamon KJ-kojeisto asiakkaan haluamilla merkinnöillä. 23
Kuva 6. Muuntamon ovet lukittu pulteilla kuljetuksen ajaksi. 31
Kuva 7. Kuljetuksen sidontalenkit näkyvät muuntamon alakulmissa. 32
Kuva 8. Muuntamo oikein sidottuna kuljetusta varten. 32
Kuva 9. Katossa olevat nostolenkit. 33
Kuva 10. Katon kiinnitysmekanismin sijainti. 34
Kuva 11*. Katon ja rungon lukitusvivut.* 35
Kuva 12*. Katon kulmapultit.* 35
Kuva 13*. Periaatekuva muuntamon pohjatyöstä.* 37
Kuva 14*. Betoniperustuksella varustetun muuntamon nostaminen.* 38
Kuva 15*. Muuntamo KJ-puolelta kuvattuna.* 39
Kuva 16*. Muuntamo työvaiheilla numeroituna.* 40
Kuva 17*. Muuntamon alaluukku on poistettu.* 41
Kuva 18*. Kennon sisällä oleva kojeiston kiinnityspultti.* 41
Kuva 19*. Tuulihaan kiinnitysmutteri.* 42
Kuva 20*. Tuulihaka on lukittunut kiinniasentoon.* 42
Kuva 21*. Tasopellin kolme päällekkäistä pulttia.* 43
Kuva 22*. Pellit irrotettuna ja maahan laskettuna. Sekä harmaa seinäpelti että kirkas tasopelti lähtevät ulos yhtenäisenä kappaleena.* 44
Kuva 23*. Sivunäkymä peltien kiinnityspulttien sijainneista.* 45

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä Mavikon älymuuntamon kokoonpano-, koestus-, kuljetus-, ja asennuskäytännöt yksiin kansiin, sekä tarkastella tehtaan toimintatapoja ja käytäntöjä.

1.1 Tavoite

Kasvavaan ja jatkuvasti uusia aluevaltauksia tekevään yritykseen saapuu uusia työntekijöitä ja tuotteita, joten laadun varmistamiseksi ja uusien työntekijöiden perehdytyksen helpottamiseksi on järkevää saada jonkinlainen opas. Mavikolla on jo uusille työntekijöille tarkoitettu perehdytysopas, mutta luonteeltaan se on enemmän työntekijän oikeuksiin ja velvollisuuksiin keskittyvä. Tämän oppaan tarkoitus on painottua työn tarkasteluun ja selventää eri roolien ja työtehtävien tarkoituksia.

Opinnäytetyö on tehty Maviko Oy:n Vaasan toimipisteen tuotannon tarpeita palvelevaksi, osittain se toimii myös esittelymateriaalina itse i1000 älymuuntamoon.

1.2 Yritysesittely

Maviko Oy on innovatiivinen sähkönjakelun palveluyritys. Mavikolla on vahva osaaminen energiainfran toiminnoissa sekä sähköasemaurakoinnissa.

Maviko on laajentanut vuosien varrella osaamistaan maasulkuvirran kompensointilaitteiston maahantuonnista ja myynnistä loistehon kompensointiin, sähköasemien saneeraukseen ja rakentamiseen, sekä uusimpana aluevaltauksena älymuuntamoiden valmistukseen. Tarjolla on myös erilaisia koestus- ja dokumentointipalveluja sähköverkkoyrityksille. Maviko tarjoaa jopa ”avaimet käteen” -projekteja, jossa Maviko hoitaa kokonaisvaltaisesti kaiken suunnittelusta käyttöönottoon sekä kaiken siltä väliltä.

Työntekijöitä Mavikolla on tällä hetkellä 25 ja määrä kasvaa koko ajan[1].

[1] www.maviko.fi/yritys/

2 ÄLYMUUNTAMO I1000

Mavikon älymuuntamo on täysin kotimainen ja kilpailukykyinen muuntamo, kun halutaan muuntamo kokonaisvaltaisella palvelulla suunnittelusta maastossa tehtäviin ensiökokeisiin saakka. Saatavilla myös ilman muuntajatilaa pelkkänä katkaisija- ja erotinasemana.[2]

Muuntamoiden valmistus on laadunhallintastandardi ISO 9001 ja ympäristöjohtamisstandardi ISO 14001 sertifioituja.

Sähkön jakeluverkon käytettävyysvaatimukset kasvavat jatkuvasti. Sähkökatkojen maksimiajat on kirjattu sähkömarkkinalakiin ja sähkökatkot ovat yhtiöille entistä kalliimpia. Sähköverkkojen älykkyyttä, etäkäyttöominaisuuksia ja suojausta on kannattavaa lisätä. Automaatiolla, etäkäytöllä ja lisäsuojauksella keskeytysaikoja on mahdollista lyhentää, sekä rajata keskeytyksien vaikutusaluetta merkittävästi. Nykyaikaisilla suojalaitteilla pystytään lisäksi ennakoimaan verkossa kehittyviä vikoja. Mavikon Älymuuntamo tarjoaa tähän markkinoiden parhaan ratkaisun: Helposti asiakkaan toiveisiin mukautuvalla muuntamopohjalla saadaan jokaiseen tilanteeseen sopiva ratkaisu.

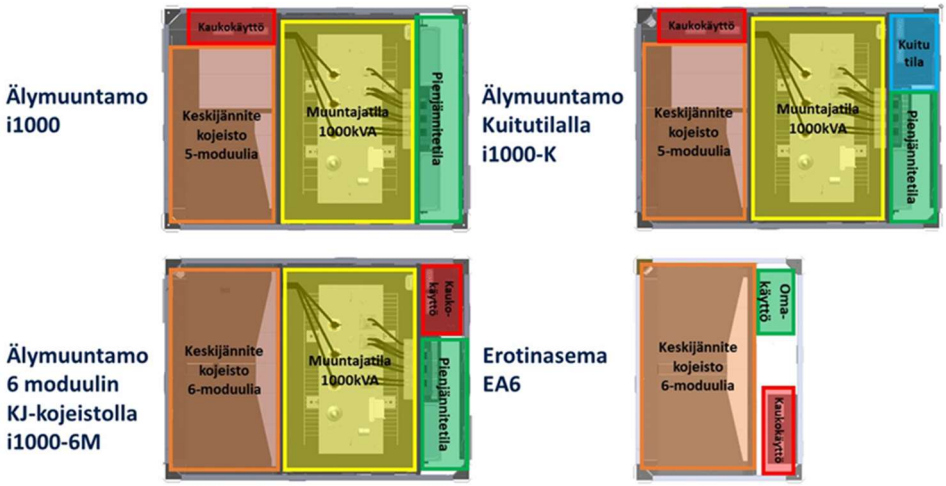
2.1 Variaatiot

Älymuuntamot ovat täysin asiakkaan toiveiden mukaan kustomoitavissa. Muuntamossa voi olla KJ-kennoja asiakkaan toiveiden mukaan jopa kuusi, katkaisijalla tai ilman. Muuntamoa voidaan kustomoida niinkin pitkälle, ettei se ole enää muuntamo ollenkaan, vaan esimerkiksi erotinasema tai hajautetun kompensoinnin asema.

---

[2] Maviko Oy: Älymuuntamo i1000 - Enemmän kuin muuntamo

Kuvasta 1 nähdään eri variaatiot ylhäältä kuvailtuna.



Kuva 1. Älymuuntamon eri variaatioita.

Kustomoituja muuntamoita on toimitettu asiakkaille jo kaikkina yllä näkyvinä variaatioina. Tampereen sähköverkolle on toimitettu myös muuntamo, jossa on muuntajan sijasta yhdistetty maasulkuvirran kompensointikela ja loistehon kompensointireaktori.

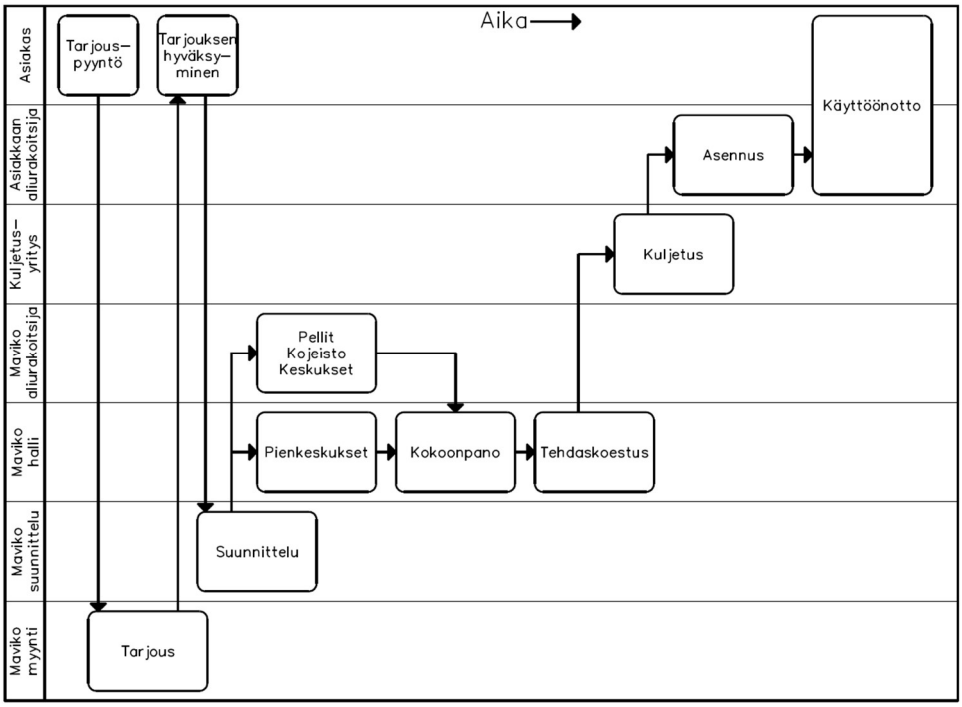
Älymuuntamo i1000 on perusversio, joka voidaan varustaa viidellä KJ-kennolla ilman modifikaatioita. Erillisellä kuitutilalla saadaan kaikki tietoliikennelaitteet omaan lukittuun tilaansa, jolloin erillisellä lukolla ja avaimella saadaan eristettyä kuitu ja -sähkötilat henkilöiltä, joilla ei ole oikeutta käydä tiloissa. Kuuden moduulin kojeisto vie enemmän tilaa, jolloin Kaukokäyttötila joudutaan siirtämään muuntamon toiselle puolelle. Tästä johtuen ratkaisu on monimutkaisempi valmistaa, mutta joissain tilanteissa kuudes kenno on perusteltu ja järkevä ratkaisu.

Erotinasema poistaa koko muuntamotilan. Tällöin tuotteesta saadaan kevyempi, pienempi, edullisempi ja tarkoitusta vastaava.

2.2 Valmistusprosessi

Tyypillisen älymuuntamon valmistaminen vaatii usean tahon yhteistyötä. Vuokaaviossa ”Kuva 2” on listattu seitsemän selkeästi eroteltavissa olevaa toimijaa:

1) **Asiakas:**
   Tyypillisesti suomalainen sähköverkkoyritys. Vastaa omasta sähköverkostaan ja sen kunnosta.
2) **Asiakkaan aliurakoitsija:**
   Joko asiakkaan oman yrityksen asentajia tai aliurakoituja asentajia. Asentavat ja käyttöönottavat laitteiston maastossa.
3) **Kuljetusyritys:**
   Toimittaa laitteiston Mavikon tehtaalta asennuspaikalle.
4) **Mavikon aliurakoitsijat:**
   Muuntamoihin tarvittavat mekaaniset osat, pellit ja vastaavat tilataan muualta. Samoin keskijännitekojeisto, mittamuuntajat ja vastaavat on tilattava alihankkijoilta. Suuremmat keskukset teetetään aliurakoitsijalla.
5) **Mavikon tehdastyöntekijät:**
   Vastaavat muuntamon kokoonpanosta ja koestuksesta.
6) **Mavikon suunnitteluosasto:**
   Suunnitteluosasto kokoaa asiakkaan haluamasta tuotteesta kuvat ja välittää ne tehtaan puolelle.
7) **Mavikon myyntiosasto:**
   Myyntiosasto keskustelee asiakkaan kanssa ja tarjoaa asiakkaan tarpeisiin sopivaa ja tehtävissä olevaa ratkaisua.



Kuva 2. Puistomuuntamoprojektin vuokaavio.

Vuokaaviossa on visualisoitu älymuuntamoprojetkin eri työvaiheet ja niistä vastaavat toimijat. Periaatteessa asennuskin voitaisiin järjestää Mavikon omilla asentajilla, mutta se ei ole tavallinen käytäntö.

Puistomuuntamoprojektin vuokaavion työvaiheet avattuna:

- **Tarjouspyyntö:**
  Asiakas pyytää yritykseltä ratkaisua tarpeisiinsa. Tarjouspyyntö sisältää yleensä vähintään seuraavat tiedot: Millaiseen tarpeeseen tuote tulee, kuinka monta kappaletta tuotetta halutaan ja milloin ne halutaan. Jotkut asiakkaat tietävät hyvinkin tarkasti mitä haluavat, kun taas osa voi odottaa enemmän ohjausta Mavikolta sopivan ratkaisun löytämiseksi.

- **Tarjous:**

  Yritys esittää ratkaisunsa asiakkaalle. Tarjous on erinäköinen riippuen Tarjouspyynnöstä, mutta seuraa tyypillistä tarjouspohjaa[3] sisältäen nämä osiot tai elementtejä niistä:

  - Asiakkaan ongelman määrittely.
  - Tarjottu ratkaisu.
  - Tarjotun ratkaisun hyödyt.
  - Aikataulu.
  - Hinta.
  - Referenssit, eli aiemmat kokemukset ja työt.
  - Yrityksen esittely.

- **Tarjouksen hyväksyminen:**

  Asiakas hyväksyy yrityksen esittämän ratkaisun, tai hylkää sen.

- **Suunnittelu:**

  Tuotteen suunnittelu tai olevassa olevien suunnitelmien räätälöinti aloitetaan asiakkaan toiveisiin perustuen. Kappaleessa 2.1 on esitelty tavallisimmat variaatiot.

- **Pellit, kojeisto, keskukset:**

  Mavikon aliurakoitsijat toimittavat/ovat toimittaneet mainitut komponentit tehtaalle. Nämä komponentit ovat massatavaraa, joita voi tilata varastoon.

- **Pienkeskukset:**

  Pienemmät sähkökeskukset valmistetaan paikan päällä Mavikon tehtaalla. Sähköasentajat tekevät keskuksia varastoon ja tarpeen mukaan.

- **Kokoonpano:**

  Tehtaan kokoonpanijat kokoavat muuntamon. Lisätietoa kohdassa 3.2

---

[3] Täydellisen tarjouksen 5 elementtiä, Yrityksen-perustaminen.net

- **Tehdaskoestus:**

  Koestaja varmistaa mittauksilla ja testeillä, että tuote on halutunlainen ja toimiva asiakkaalle toimitettuna. Lisätietoa kohdassa 3.2
- **Kuljetus:**

  Kuljetusyritys noutaa muuntamon Mavikon tehtaalta ja toimittaa sen asiakkaalle.
- **Asennus:**

  Tuote asennetaan tyypillisesti asiakkaan omilla asentajilla maastoon. Maviko voi tarvittaessa tehdä myös itse maastossa asennuksen.
- **Käyttöönotto:**

  Asiakas suorittaa vielä omat testinsä maastossa ja toteaa tuotteen vastaavan tilattua. Kaiken olevan kunnossa tuote voidaan kytkeä verkkoon.

Kokoonpanotoimintaan on saatu oman tehtaan valmistuttua suurempi vaihde silmään ja toimintaa kehitetään jatkuvasti.

3 TEHTAALLA TAPAHTUVA KOKOONPANO

Vuonna 2021 valmistui Vaasan Runsoriin Mavikon uusi tehdas. Tehtaassa valmistetaan pääasiassa muuntamoita, laitesuojia ja hajautetun loistehon kompensoinnin yksiköitä. Tehtaassa työskenteli vuoden 2022 alussa täysipäiväisesti viisi työntekijää ja yksi toimihenkilö[4].

3.1 Tehtaan Layout

Runsorissa sijaitsevan Mavikon tehtaan uudessa layoutissa on pyritty kokoonpanijoiden osalta mieluisaan ja tehokkaaseen työympäristöön. Työtehtävää vastaavat osat ja työkalut sijaitsevat lähellä työpistettä.

Kuvassa 2 on havainnollistettu materiaalivirtaa vihreillä nuolilla.

Koottavien tuotteiden osalta on yritetty saavuttaa mahdollisimman pieni määrä edestakaista siirtelyä, sekä järkevä reitti tuotteen kokoonpanon edetessä. Tuotannossa on otettu mallia 5S menetelmästä[5]. Tavarat toimitetaan halliin takapihan oikeanpuoleisesta ovesta aivan varastotilojen viereen, jossa trukilla on vapaasti tilaa toimia olematta kokoonpanijoiden tiellä tai toisinpäin. Tuotteiden mekaaninen kokoonpano suoritetaan pääasiassa hallin keskellä olevan nosturin ympäristössä.

Sähkökeskukset kasataan etupihan puoleisella seinustalla, jonne on koottu kaikki sähkökeskuksiin liittyvät asennustarvikkeet ja työkalut.

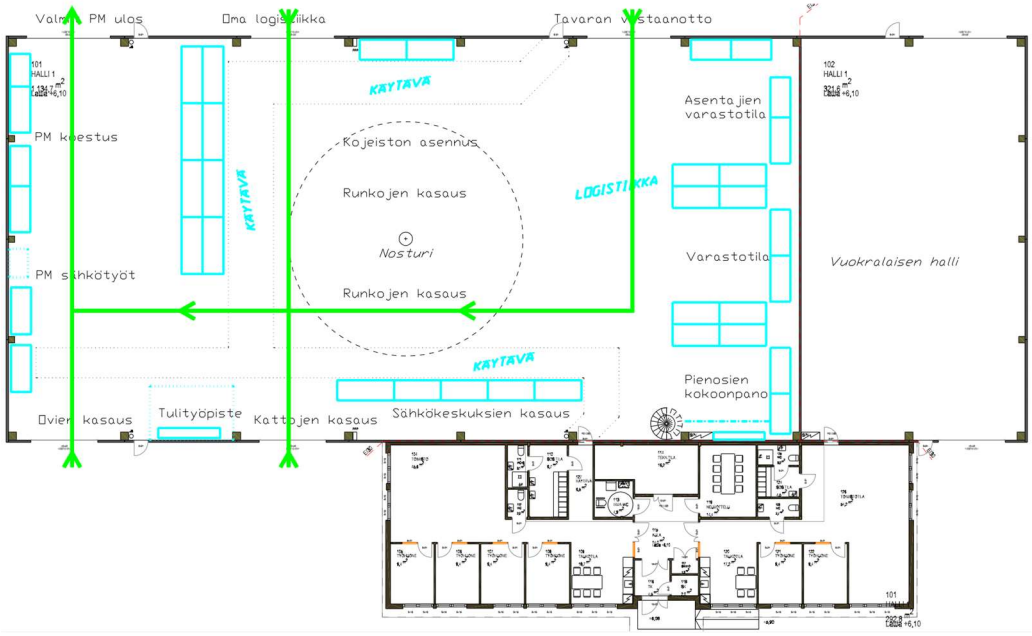
Muuntamon sähköasennukset pyritään suorittamaan kojeiston osalta mahdollisimman pitkälle kojeiston asennukseen varatulla alueella. Loput sähköasennukset tapahtuvat hallin vasemmalla seinustalla ennen koestuspistettä.

---

[4] www.maviko.fi/yritys/
[5] 5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace (For Your Organization!)

Muuntamon ovet ja katto ovat vain tiellä sähkö- ja muita asennuksia tehdessä, joten ne lisätään vasta viimeisenä mahdollisuuksien mukaan.

Tehdas aloitti toimintansa keväällä 2021 ja layout-muutos aloitettiin joulukuussa samana vuonna valmistuen tammikuussa 2022. Tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa layout-muutoksen vaikutuksesta työmukavuuteen ja tehokkuuteen ei ole vielä paljolti tietoa.



Kuva 3. Tehdas koostuu kahdesta hallista ja toimistotiloista.

Tehdashallien lisäksi kompleksissa on kaksi erillistä toimistoa, isommassa on neljä työhuonetta ja avokonttori, pienemmässä toimistossa kaksi työhuonetta ja avokonttori.

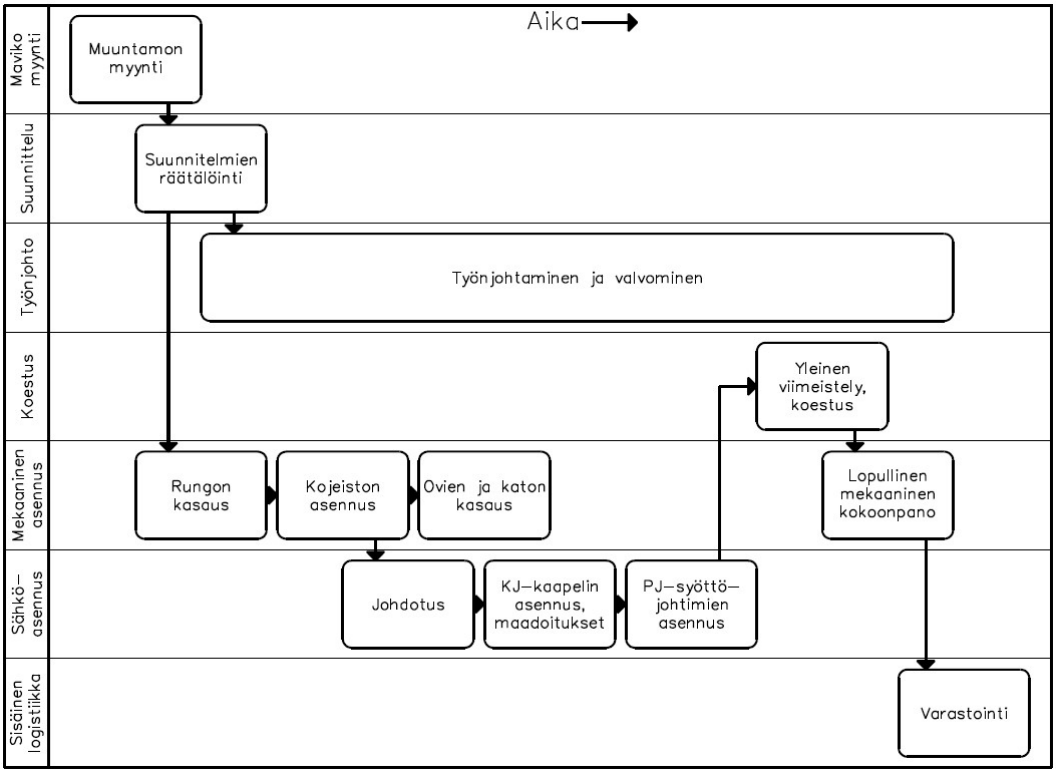
3.2 Kokoonpanoprosessi

Kuvassa 4 on esitettynä älymuuntamon kokoonpanoprosessi vuokaaviomuodossa. Kaaviossa prosessi alkaa kohdasta ”Muuntamon myynti” ja päättyy ruutuun ”Varastointi”.

Kokoonpanoprosessi on jaettu vuokaaviossa seitsemään eri toimijaan:

1) **Maviko myynti:**
   Mavikon myyntiosasto keskustelee ja sopii asiakkaan kanssa parhaiten asiakkaan toiveisiin sopivan ratkaisun.
2) **Suunnittelu:**
   Sunnitteluosasto muokkaa ja piirtää sähkökuvat asiakkaan toiveet täyttäviksi.
3) **Työnjohto:**
   Työnjohto jakaa tuotteen kuvat ja ohjeet työntekijöille ja kertoo mitä ollaan tekemässä ja milloin sen täytyy olla valmis. Työnjohto varmistaa koko prosessin ajan, että työntekijät pysyvät aikataulussa ja työn jälki on hyvää.
4) **Koestus:**
   Kun kokoonpanijat ovat saaneet tuotteen valmiiksi siirtyy tuote koestajan työpisteelle. Koestaja varmistaa, että tuote toimii kuten kuuluu ja viimeistelee itse puutteet. Koestuksen jälkeen tuote on viimeisiä mekaanisia kokoonpanoja vaille valmis.
5) **Mekaaninen asennus:**
   Tehdastyössä tyypillisesti työtehtävät on jaettu kyseisiin tehtäviin erikoistuneille työntekijöille, jolloin työn laatu ja nopeus paranevat. Mekaanisessa kokoonpanossa kootaan itse muuntamo ja asennetaan kojeisto yms.
6) **Sähköasennus:**
   Sähköasentajat ja mekaaniset asentajat ovat erikseen, sähköasennuksessa muuntamo johdotetaan ja tehdään sisäiset kytkennät. Sähköasennukseen voidaan katsoa kuuluvan myös keskuksien tekeminen.
7) **Sisäinen logistiikka:**
   Sisäinen logistiikka vastaa siitä, että tavarat liikkuvat hyllyille ja hyllyiltä, tuotteet liikkuvat tehtaassa oikealle työpisteelle ja lopuksi maailmalle.

Kokoonpanoprosessia pyritään jatkuvasti muokkaamaan tehokkaammaksi ja työntekijöitä vähemmän kuormittavaksi.



Kuva 4. Kokoonpanoprosessin vuokaavio.

Vuokaaviossa esitetyt roolit ja työtehtävät eivät ole kiveen hakattuja, toiminta kehittyy ja hioutuu koko ajan, mutta kaavio antaa silti hyvä käsityksen kokoonpanon nykyisestä rakenteesta. Kaikki kaavion roolit ovat talon sisäisiä henkilöitä.

Alla on avattu kokoonpanoprosessin työtehtäviä:

- **Muuntamon myynti:**
  Asiakas ja myyntiosasto ovat päässeet yhteisymmärrykseen mitä halutaan ja mitä voidaan tehdä.
- **Suunnitelmien räätälöinti:**
  Asiakkaiden toiveet eroavat toisistaan, joten yleensä jokaiselle asiakkaalle on tehtävä muutoksia olemassa oleviin kokoonpano- ja sähkökuviin.
- **Työnjohtaminen ja valvominen:**
  Työnjohto ohjaa ja valvoo projektia.

- **Rungon kasaus:**
  Mekaanisesta kokoonpanosta vastaavat työntekijät kokoavat muuntamon rungon alihankkijan toimittamista osista.
- **Kojeiston asennus:**
  Samat kokoonpanijat asentavat muuntamon keskijännitekojeiston, mikäli sellainen tulee.
- **Ovien ja katon kasaus:**
  Mekaanisen kokoonpanon työntekijät kokoavat muuntamon ovet ja katon ja siirtävät ne sivuun odottamaan.
- **Johdotus:**
  Sähköasentajat asentavat ja kytkevät muuntamon ohjauskaapelit.
- **KJ-kaapelin asennus, maadoitukset:**
  Muuntajan syöttökaapeli asennetaan valmiiksi syöttökennoon, toinen pää viedään muuntajatilaan odottamaan muuntajaa, joka lisätään vasta maastossa.
- **PJ-syöttöjohtimien asennus:**
  Pienjännitesyöttöjohtimet asennetaan muuntamotilassa oleviin PJ-kiskoihin, jotka syöttävät PJ-tilassa olevaa kiskostoa. Johtimien toinen pää kytketään maastossa muuntajan PJ-napoihin.
- **Yleinen viimeistely, koestus:**
  Koestaja viimeistelee muuntamon, samalla tarkastaen asennukset ja tarkistusten jälkeen testaa muuntamon toiminnan.
- **Lopullinen mekaaninen kokoonpano:**
  Kun muuntamo on saatu koestettua eikä sitä tarvitse enää työstää, voidaan muuntamon katto ja ovet, jotka ovat muutoin vain tiellä, lisätä.
- **Varastointi:**
  Sisäinen logistiikka vastaa muuntamon valmistelusta varastointiin ja varsinaiseen varastointipaikkaan siirrosta. Kun kuljetusyritys tulee hakemaan muuntamoa, sisäinen logistiikka tietää mistä se löytyy.

3.3 Kokoonpanoa ohjaavat periaatteet

Kaikelle tehdaskokoonpanolle tyypillisesti työtehtävät on pyritty jakamaan erikseen niihin koulutetuille henkilöille. Yksi Mavikon vahvuus perinteisesti on kuitenkin ollut työtehtävien opettaminen myös työntekijöille, joille se ei ensisijaisesti kuulu. Tällöin yhden ja kahden työntekijän sairastuminen ei pysäytä koko toimintaa ja eri osa-alueiden kiireisiin viikkoihin saadaan tarvittaessa siirrettyä työntekijöitä muualta.

Kokoonpanotoimintaa ohjaavat kuitenkin seuraavat periaatteet:

1) **Rajatut työtehtävät:**
   Kun samoja työtehtäviä suorittaa pääsääntöisesti samat henkilöt, pystyy jokainen työntekijä hiomaan oman tekemisensä mahdollisimman tehokkaaksi.
2) **Monipuolinen koulutus:**
   Edelliseen kohtaan hieman ristiriitaisesti kaikki työntekijät osaavat myös hieman naapurinsa tehtäviä, jolloin kiireisiin hetkiin saadaan tarvittaessa nopeasti apukäsiä tai sijaisia esimerkiksi sairastapauksissa.
3) **Materiaalivirta:**
   Vältetään tavaroiden siirtelyä tehtaassa edestakaisin, osat siirretään hyllyille lähelle asennuspaikkaa ja muuntamo liikkuu pitkin tehdasta työpisteestä toiselle ja lopuksi ulos varastoon.
4) **Työturvallisuus:**
   Kaikki työtehtävät tehdään turvallisesti asianmukaisin suojavarustein ja tarvittavalla henkilömäärällä. Painavat osat, kuten ovet siirretään aina kahdestaan ja tarvittaessa nosturilla. Mitään koneita ei saa käyttää ilman virallista perehdytystä.
5) **Jatkuva oppiminen:**
   Tehdastyö on vielä uutta toimintaa Mavikolle ja oppimisprosessi on jatkuvaa. Yrityksessä ei ole tapana rangaista virheistä, sillä niistä saadaan arvokasta oppia kaikille ja toimintaa saadaan kehitettyä.

3.4 Asiakaspalautteen vaikutus tuotantoon

Mavikon vahvuuksiin muuntamopuolella kuuluu nopea reagointi sekä hyvään että huonoon asiakaspalautteeseen. Hyvästä palautteesta saadaan heti muodostettua vakituinen käytäntö ja mikäli muutamassa muuntamossa on havaittu parannettavaa, saadaan parannus implementoitua yleensä jo seuraaviin muuntamoihin.

Tuotannon mittakaavan ollessa markkinoihin nähden vielä pientä, mutta laadukasta, saadaan pienillä tuotantoerillä reagoitua nopeammin muuttuviin toiveisiin.

4 TEHTAALLA TAPAHTUVA KOESTUS

Koestajana toimii tehtaalla sähköinsinööri ja hänen vastuihinsa kuuluu varsinaisen koestamisen lisäksi viimeistely ja dokumenttien pakkaus. Tarrojen liimaus on hyvä jättää koestajalle koska silloin koestaja saa esimerkiksi vaihemerkintöjä laittaessa samalla tarkastettua vaihejärjestyksen ja asennusjäljen silmämääräisesti.

4.1 Viimeistely

Viimeistelyyn kuuluu kaikki pienet työt, jotka asentajat ovat jättäneet koestajalle. Edellä mainituista syistä esimerkiksi juuri tarrojen liimaaminen. Tarrat/merkinnät ovat myös asiakkaasta riippuen aina erilaiset, joten on parempi tehdä ne ajatuksen kanssa koestuksen ohessa.

Tietyt liittimet jätetään asentajien toimesta kytkemättä, ettei esimerkiksi akustosta UPSin kautta tule jännite vääriin paikkoihin kesken asennuksen, hajottaen mahdollisesti joitain komponentteja.

Dokumenttien kerääminen kuuluu koestajalle. Jokaisessa muuntamossa on oma yksilöllinen kojeisto jolle alihankkija (kuten ABB, Siemens) on tehnyt omat testinsä ja näiden testien tulokset on kerätty heidän dokumentteihinsa ja nämä tulokset pätevät vain kyseiseen kojeistoon, jolloin dokumentit eivät saa mennä sekaisin näennäisesti identtisen kojeiston kanssa. Sarjanumerot on täsmättävä kaikessa, kommunikointilaitteissa sarjanumeroiden täsmääminen on erityisen tärkeää, sillä juuri sarjanumerolla saadaan oikea osoite, jolla laitteeseen saadaan yhteys.

Muuntamon yleisilmeen viimeistely ja kaikkien asennuksien silmämääräinen tarkastus. Katkomatta jääneet nippusiteet ja rosoiset kulmat antavat huolimattoman kuvan tuotteesta.

Kuva 5. Muuntamon KJ-kojeisto asiakkaan haluamilla merkinnöillä.

4.2 Tarkistettavat asiat

Ennen sähköisten koestusten aloittamista täytyy kaikki asennukset tarkastaa visuaalisesti ja esimerkiksi johtimien liitoksille on tehtävä ”nykäisytesti”, jolla löydetään löysät liitokset. Vaihejärjestysten tarkastus, liitoksien tarkastus, ettei kuparia näy liittimistä sekä ettei johtimen muovi ole liittimessä.

Kojeiston katkaisimen ja erottimien mekaaninen toiminta on tarkistettava ennen kuin niitä voi alkaa ohjata sähköisesti. Kaapeleiden sidonnan ja vedonpoiston tarkistus, ettei kaapeleihin kohdistuva mekaaninen rasitus välity sähköliitoksiin.

Muuntamot sijaitsevat monesti huonosti maadoitetuilla alueilla, erityistä huomiota on kiinnitettävä muuntamossa olevien maadoitusjohtimien oikeelliseen asennukseen.

Alla otteita i1000 Älymuuntamon tarkistuslistasta[6] tarkistettavista asioista:

- Tarkista kojeiston vastaanottotarkistuslomake.
- Skannaa ABB Safeplus routine test report talteen (merkitse yläkulmaan asiakas ja sarjanro).
- Tarkista, että merkinnät ovat ohjeen mukaiset.
- J01 kennon kaapelitilasta löytyy ”Kaapelivirtasensorin asennus ohje”.
- Tarkista, että kaapelit on sidottu oikein.
- Tarkista, että kojeiston kaapelitiloista löytyy kaapelikiinnikkeet.
- Tarkista, että holkkitiivisteet ovat kunnolla kiinni ja kiristetty.
- Tarkista jännitteenmittauksen ja virranmittauksen piirit.
- Tarkista muuntamotilan PJ-johtimet ja virtakiskosto.
- Tarkista virtasensoreiden abiko-liittimet (nykäisytesti).
- Tarkista, että virtasensorit ovat pareja, oikein päin asennettu ja oikein merkitty.
- Tarkista, että kaikissa kaapeleilla on oikeat kaapelimerkit.

Maadoitukset

- 2x MKEM 50 KEVI Kojeiston kisko.
- MKEM 50 KEVI Omakäyttökeskus.
- MKEM 50 KEVI Automaatiokaappi.
- MKEM 50 KEVI Muuntajan KJ-kaapelipäätteet.
- MKEM 50 KEVI Muuntajan runko.
- MKEM 50 KEVI Muuntajan kansi.
- Jännitesensoreiden maadoitukset.
- Muuntajan päätteiden maadoitukset.
- Virtasensoreiden maadoitukset kytketty/ehjät koestuksen ajaksi.

---

[6] Älymuuntamo i1000 Koestajan lista

- Automaatiokaapin PE-kisko->Runko ja PE-kisko->Ovi ketju.
- Automaatiolaitteiden maadoitukset kytketty/ehjät.

4.3 Sähköiset koestukset

Sähköisen koestamisen tavoitteena on varmistaa, että muuntamon kommunikaatio toimii, kaikki mittaukset saapuvat perille oikean suuruisina ja muuntamon kojeistoa pystytään ohjaamaan etänä.

Mittaamalla pystytään varmistamaan muun muassa AC ja DC järjestelmien erotus sekä jännitteiden oikeat kiertosuunnat.

Alla otteita i1000 Älymuuntamon tarkistuslistasta sähköisestä koestuksesta:

4.3.1 Apujännitteiden jakelu ja automaatio

- Tarkista kojeiston oikosulkusillat ja siltojen väliset erotinlevyt.
- Tarkista, että kojeiston apureleet ovat pesässä.
- Irrota Routerin syöttöliitin.
- Asenna tietoliikenne kaapelit.
- Tarkista, että virtasensorit on kytketty oikein automaatiokaapin päässä.
- Tarkista yleismittarin ohmialueella, että jännitesensorit ovat oikein kytketty (vaihejärjestys ja napaisuus).
- Akkukengät kiinni ja napahatut peittävät navat kunnolla.
- Johdonsuojakatkaisijoiden liitokset kunnossa (ei eristettä välissä ja ruuvit kiinni).
- Mittaa yleismittarin DC-jännitealueella, että akkujen navat on kytketty UPS ACCU1 ja ACCU2 liittimiin oikein ja jännitetaso akuissa on oikea.
- Kaikki johdonsuojakatkaisijat, pääkytkin ja nokkakytkimet kiinni asennossa, testaa yleismittarin ohmialueella UPS 24 VDC bufferista, että järjestelmässä ei ole oikosulkuja.

- Mittaa yleismittarin ohmialueella, että AC ja DC järjestelmät eivät ole suorassa yhteydessä.
- Irrota DC-järjestelmän miinus-maaketju ja mittaa yleismittarin ohmialueella, että DC-järjestelmä kelluu. Kytke DC-järjestelmän miinus-maaketju takaisin.
- Tarkista yleismittarin ohmialuetta käyttäen, että DC-jakelun +/- kierto on oikein jokaisella toimilaitteella.
- Varmista, että kaikki johdonsuojakatkaisijat ja nokkakytkimet ovat auki asennossa.
- Kytke koestussyöttö AC-järjestelmään.
- UPS DC DOA tarkistus: Käynnistä UPS ON/OFF painikkeella, odota hetki ja sammuta UPS.
- UPS AC DOA tarkistus: Laita AC johdonsuojakatkaisijat kiinniasentoon ja tarkista, että UPS lähtee käyntiin.
- Tarkasta että jokainen varoke syöttää vain sille kuuluvaa laitetta.
- Testaa termostaatin ja lämmittimen toiminta käyttäen kylmäspraytä.

4.3.2 Signaalikoestus

- Muodosta yhteys RTU:un käyttäen koestustietokonetta ja koestusmodeemia.
- Tarkista, että HMI tilatiedot ja mittaukset täsmäävät todellisuuteen.
- Tarkista toimilaitteiden IRF-ketju sekä visuaalisesti että sähköisesti.
- Tee ”nykäisytesti” automaatiokaapin johtimiin ja tarkista myös tuliko HMI tapahtumalistalle ylimääräisiä tapahtumia.
- Irrota laitteiden kommunikointi liittimet ja tarkasta että kommunikointi lakkaa. Palauta liittimet paikoilleen.
- Tarkista webHMI-näkymästä UPS akkujen latausjännite, AC jännite ja akkujen lämpötila.

- Katkaise automaation AC-syöttö. Tarkista, että VAC 230 tilatieto antaa hälytyksen ja AC-mittaus menee nollaan. Palauta AC-syöttö ja tarkista, että hälytys poistuu ja jännitteenmittaus palaa.
- Irrota akkujen liitin. Tarkista, että BATTERY MISSING hälytys tulee ja akkujen jännitteenmittaus menee nollaan. Kytke akut takaisin ja tarkista, että hälytykset poistuvat ja jännitteenmittaus palaa.
- Käytä johdonsuojakatkaisijat auki asennossa yksi kerrallaan ja tarkista, että MCB TRIP hälytystieto tulee jokaisesta.
- Tarkista jokaisesta kennosta Local/Remote tilatieto.
- Tarkista, että kennoista tulee INTERLOCK-tilatieto, kun maadoituserottimet ovat kiinni.
- Tarkista kennojen maadoituserottimien tilatiedot (AUKI-KIINNI-AUKI).
- Tarkista, että kennoista poistuu INTERLOCK-tilatieto, kun maadoituserottimet ovat auki.
- Tarkista kennoista ”kampi pesässä” INTERLOCK tilatiedot.
- Jomppilangalla oikosulkemalla tarkista SF6-hälytys ja INTERLOCK tilatieto jokaisesta kennosta.
- Tarkista erottimien tilatiedot (kojeiston painonapilta ajamalla).
- Tarkista katkaisijan tilatieto (kojeiston painonapilta ajamalla).
- Ohjaa erottimia webHMI-näkymästä.
- Ohjaa katkaisijaa webHMI-näkymästä.
- Ohjaa kaikkia erottimia ja katkaisimia erikseen kyseisen kennon INTERLOCK ja OHJAUKSET ESTETTY tilaa vasten webHMI-näkymästä (muut kennot sallittu asennossa). Ohjaus ei saa toimia.

Muuntamon laukaisut testataan KATKAISIJA ESTETTY tilassa niin, että katkaisijan ja hälytyssignaalien toiminta tulee testatuksi samalla. Katkaisijan on auettava aina vian sattuessa, vaikka kaikki ohjaukset olisikin estetty.

Kojeistomallista ja muuntamoon valituista ominaisuuksista riippuu, mitä kaikkia hälytyksiä ja laukaisuja on testattavana.

4.3.3 Mittaukset

Kaikille kennoille suoritetaan virran ja jännitteenmittaustesti. Koestuslaitteella (Omicron) syötetään virranmittauksessa virtaa koestuslaitteella suoraan kennon KJ-napoihin. Jännite syötetään RTU:n mittauspisteelle toisioarvona.

- J0X virtamittaukset näkyvät webHMI-näkymässä
- J0X L1 virtamittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.
- J0X L2 virtamittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.
- J0X L3 virtamittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.

- J0X jännitemittaukset näkyvät webHMI-näkymässä
- J0X L1 jännitemittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.
- J0X L2 jännitemittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.
- J0X L3 jännitemittaus näyttää oikein webHMI-näkymässä.

Virtoja ja jännitteitä syötettäessä täytyy olla varovainen, koestuslaite ei tiedä koestettavan piirin virran-/jännitteenkestoa. Arvoja mitattaessa ei voi syöttää pelkästään symmetristä kuormaa, sillä silloin ei vaihejärjestyksen oikeellisuutta saada varmistettua.

4.3.4 Koestuksen viimeistely

- Tarkista, että tilatiedot ovat kunnossa webHMI-näkymässä.
- Kytke Routerin syöttö kiinni ja tarkista, että ledit syttyvät.
- Poista koestus kaapeli Ethernet liittimestä ja kytke automaatiolaitteiden oma kaapeli tilalle. Tarkista, että porttien ledit alkavat vilkkua.
- Poista koestus AC-syöttö ja varmista, että kaikki kytkimet, johdonsuojakatkaisijat ja toimilaitteet ovat pois päältä.
- Varmista, että kaikki irrotettavat liittimet ovat kiinni.

- Kerää dokumentit paketin mukaan (käyttö- ja asennusohje, loppukuvat, kojeiston dokumentit, sensoreiden dokumentit).
- Tarkista, että VIM1 jännitteenilmaisin on paketin mukana.
- Ovien toiminta.
- Ovien maadoitukset ehjät ja oikein kytketty.
- Hengenvaarakyltit joka sivulla.
- Tietoliikenneantenni asennettu (tippalukko läpiviennissä).
- Dokumenttitasku asennettu.
- Ohjetaulut asennettu (TEKO, sähkötapaturma, nostaminen, kojeistoohje ja pääkaavio).
- Asiakkaan riippulukot mukana.
- Tyyppikilpi paikoillaan (sarjanro).
- Automaation tyyppikoodikilpi paikoillaan.
- Aseman dokumentaatio dokumentti taskussa.

Viimeistelyn jälkeen muuntamo on valmis varastoitavaksi. Katto ja ovet kiinnitetään paikalleen viimeistään tässä vaiheessa.

5 KULJETUS

Tehtaasta ulos tullessaan muuntamot varastoidaan tehtaan takapihalle odottamaan kuljetusta työmaalle. Kuljetus tapahtuu tavallisimmin avolavettisella nosturiautolla, jolloin lastaamiseen ja purkamiseen ei tarvita tehtaalla eikä maastossa erikseen nostokoneita. Tällainen toimintatapa myös nopeuttaa koko asennusta, jos työmaalla on maatyöt juuri saatu valmiiksi kuljetuksen saapuessa, voi kuljetusauto nostaa muuntamon suoraan asemaansa.

5.1 Kuljetuksen valmistelu

Muuntamon kuljettaminen on sen elinkaaren rajuin kokemus. Kuljetuksessa muuntamo joutuu alttiiksi heilumiselle, tuulelle, lialle ja tärinälle, jollaista se ei tule enää asennettuna kokemaan.

Näistä syistä on erityisen tärkeää, että muuntamo valmistellaan kuljetukseen hyvin muutamalla yksinkertaisella toimenpiteellä:

1) **Ovien lukitseminen**
   Ovien rivoissa olevat munalukon paikat lukitaan pultilla. Mikäli ovet jätetään lukitsematta, kuljetuksessa syntyvä tärinä avaa helposti oven kahvan, jolloin 80 km/h ilmavirta saa repäistyä koko oven irti saranoiltaan. Katso kuva 6.
2) **Muuntamon suojaaminen**
   Puhdas maalipinta on edustavampi ja säästää aikaa työmaalla, kun koko ulkopintaa ei tarvitse pestä satojen maantiekilometrien jäljiltä. Muovi myös suojaa muuntamon maalipintaa kivien ja nastojen iskuilta kuljetuksen aikana. Tällä hetkellä on kokeilussa erilaisia keinoja muuntamon suojaamiseksi kuljetuksen ajaksi, kuvassa 8 nähdään yksinkertainen muovitus.

Kuva 6. Muuntamon ovet lukittu pulteilla kuljetuksen ajaksi.

5.2 Sidonta

Kaikissa i1000-muuntamoon perustuvissa tuotteissa on sidontalenkit jokaisessa alakulmassa, jotka ovat vahvoilla pulteilla suoraan kiinni muuntamon rungossa. Sidontalenkit nähdään kuvassa 7.

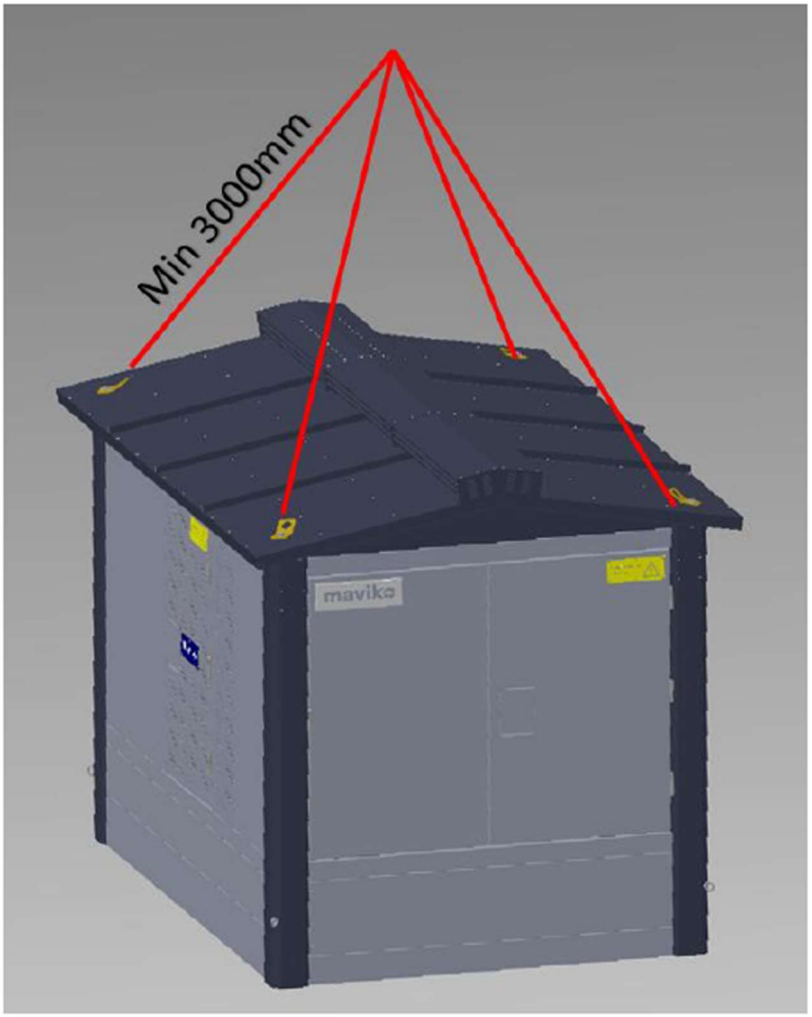
Kuva 7. Kuljetuksen sidontalenkit näkyvät muuntamon alakulmissa.

Muuntamo kiinnitetään kaikista neljästä alakulmasta kuljetusauton lavetille kuormaliinoilla tai ketjuilla, kuten kuvassa 8.

Kuva 8. Muuntamo oikein sidottuna kuljetusta varten.

5.3 Nostaminen

Nostamista varten i1000-pohjaisissa tuotteissa on katossa neljä nostolenkkiä. Muuntamon paino on ilman muuntajaa n. 3500 kiloa. Nostettaessa on varmistuttava nosturin ja nostoliinojen nostokyvystä. Muuntamo on nostettava ilman muuntajaa, ellei muuntamoon ole valittu betonipohjaa.

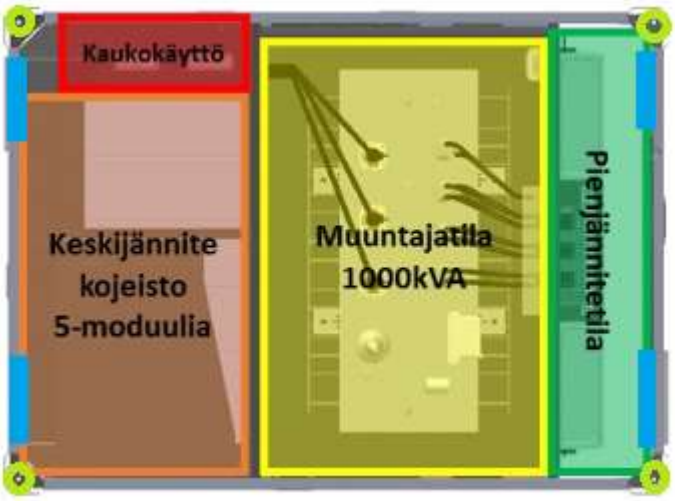


Kuva 9. Katossa olevat nostolenkit.

Ennen nostamista täytyy myös varmistaa, että muuntamon katto on tukevasti kiinni muuntamon rungossa. Jokaisessa katon kulmassa, kuvassa 10, muuntamon sisällä on M16-pultti, joiden on oltava aina kiinni, kun muuntamoa nostetaan tai

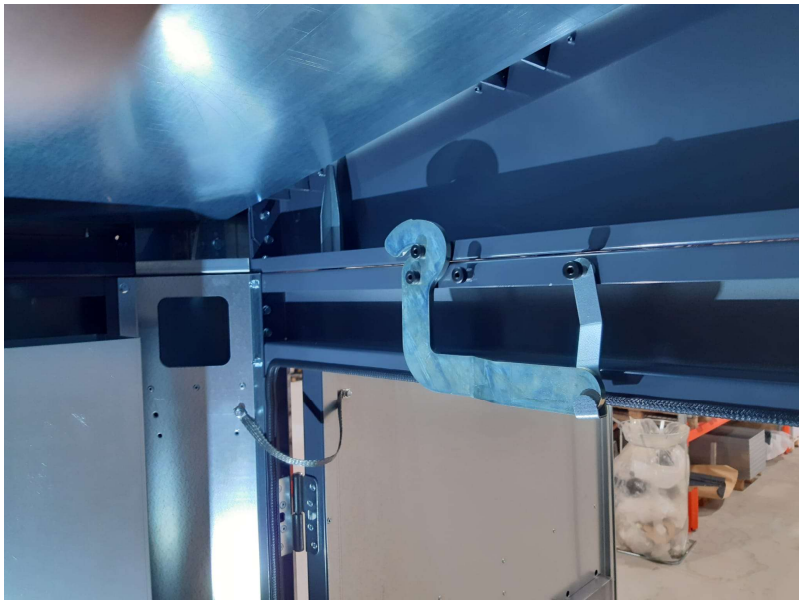
kuljetetaan. Näiden pulttien lisäksi muuntamon kummallakin lyhyellä sivulla on ovien yläpuolella, muuntamon sisällä kaksi lukitusvipua, joiden on oltava lukitussa asennossa. Kuvassa 9 vipu on lukitussa asennossa.

Kuvassa 10 katon kulmapultit merkitty vihreällä ja lukitusvivut vaaleansinisellä.



Kuva 10. Katon kiinnitysmekanismin sijainti.

Muuntamovariaatiosta (muuntamo, erotinasema) riippumatta, katon kiinnitysmekanismi on aina samanlainen.



Kuva 11*. Katon ja rungon lukitusvivut.*

Kattoa kiinni pitävät pultit ja vivut ovat avattava, kun katto siirretään pois muuntajan asentamista varten. Kun katto lasketaan takaisin, täytyy pultit ja vivut muistaa kiinnittää.

Kuva 12*. Katon kulmapultit.*

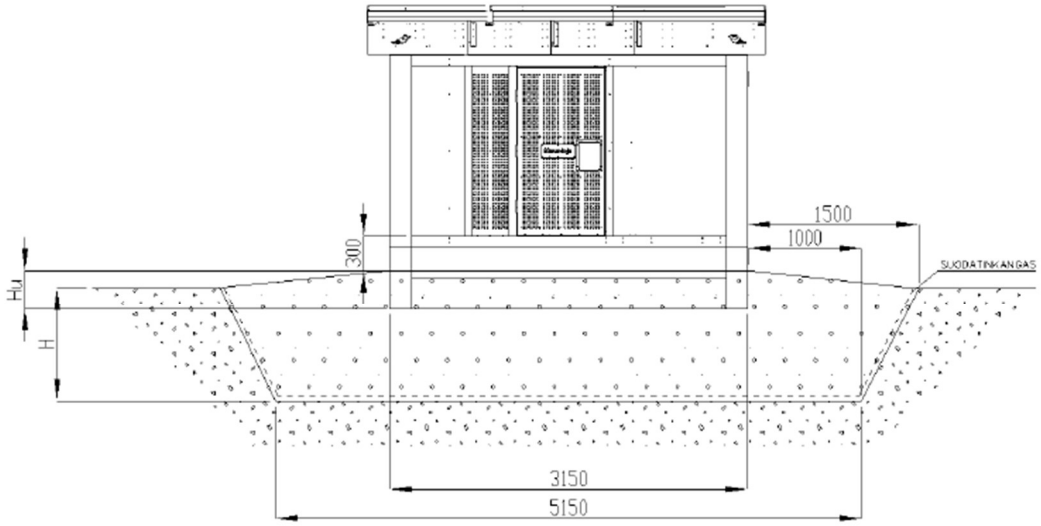
6 KOHTEESSA TAPAHTUVA ASENNUS

Maastossa tapahtuva asennus tapahtuu tyypillisesti asiakkaan omien asentajien tekemänä. Mavikon älymuuntamon asentaminen ei eroa tavallisen ”tyhmän” muuntamon asentamisesta:

1) **Maatyöt**
   Muuntajan sijoituspaikalla tehdään tarvittavat salaojitukset ja massanvaihdot, routaeristys sekä pohja tasataan vaateriin.
2) **Muuntamon nostaminen ja laskeminen**
   Nostaminen tapahtuu työhön kykenevällä nosturilla. Muuntamo nostetaan katossa olevista nostokoukuista, tai betonipohjan lenkeistä ja lasketaan tasatulle pohjalle.
3) **Kaapelipäätteiden asennus**
   Muuntamosta puretaan tarvittavat pellit keskijännitepuolen kojeiston edestä, asennetaan KJ-kaapelit päätesarjan ohjeiden mukaan ja kasataan puretut muuntamon osat takaisin. Yksityiskohtaset ohjeet kappaleessa 6.3.
4) **Käyttöönotto**
   Tarpeelliset kaukokäyttöasettelut testataan ja todetaan toimiviksi, asennukset tarkastetaan ja todetaan oikein tehdyiksi, jonka jälkeen muuntamon voi kytkeä verkkoon.

6.1 Maatyöt

Maatyöt kuten muukin maastossa tapahtuva asennus on tyypillisesti asiakkaan itsensä järjestämää, esimerkiksi sähköverkkoyhtiön omilla asentajilla. Heille on olemassa yksityiskohtainen asennusohje, ”Älymuuntamo i1000 betoniperustuksen asennusohje”. Tähän tekstiin on otettu otteita kyseisestä ohjeesta.



H = routimissyvyys (min. 1 m syvyydelle muuntamon/perustuksen alareunasta)
Hu = muuntamon upotussyvyys noin 250 mm - 350 mm

Kuva 13*. Periaatekuva muuntamon pohjatyöstä.*

Muuntamoa varten korvataan maa-aines routimissyvyyteen asti noin metrin yli jokaiselta muuntamon sivulta. Maa-aines korvataan soralla, joka on raekooltaan 0-32 mm. Pinta viistetään poispäin muuntamosta noin 1,5 metrin etäisyydeltä veden perustukseen kertymisen estämiseksi. Perusmaan ja soran väliin asennetaan tarvittaessa suodatinkangas. Periaatekuva, kuva 13, havainnollistaa muuntamon maatöitä hyvin.

Muuntamo voidaan perustaa myös betoniperustukselle. Tällöin upotussyvyyteen tulee lisätä perustuksen paksuus 300 mm.

Betoniperustusta käytettäessä muuntamo on tehtaalla asennettu ja kiinnitetty perustuksen päälle. Muuntamo nostetaan betoniperustuksen nostolenkeistä yhtenä

pakettina asennuspaikalleen. Lopuksi ympäristö täytetään haluttuun muuntamon upotussyvyyteen.[7]

6.2 Muuntamon nostaminen ja laskeminen

Muuntamon nosto ilman betoniperustusta tapahtuu katon neljästä nostokoukusta. Mikäli muuntamoon on valittu betoniperustus, on muuntamoa nostettava betoniperustuksessa olevista nostosilmukoista, sekä käytettävä nostoliinojen levittäjiä.

Betoniperustuksella olevaa muuntamoa ei saa nostaa katon nostolenkeistä. Betoniperustuksella oleva muuntamo on mahdollista nostaa myös muuntajan kanssa.[8]

Kuva 14*. Betoniperustuksella varustetun muuntamon nostaminen.*

Kuvassa 14 nähdään nostoliinojen levittäjän tarve räystään suojaamiseksi.

[7] Älymuuntamo i1000 betoniperustuksen asennusohje
[8] Älymuuntamo i1000 betoniperustuksen asennusohje

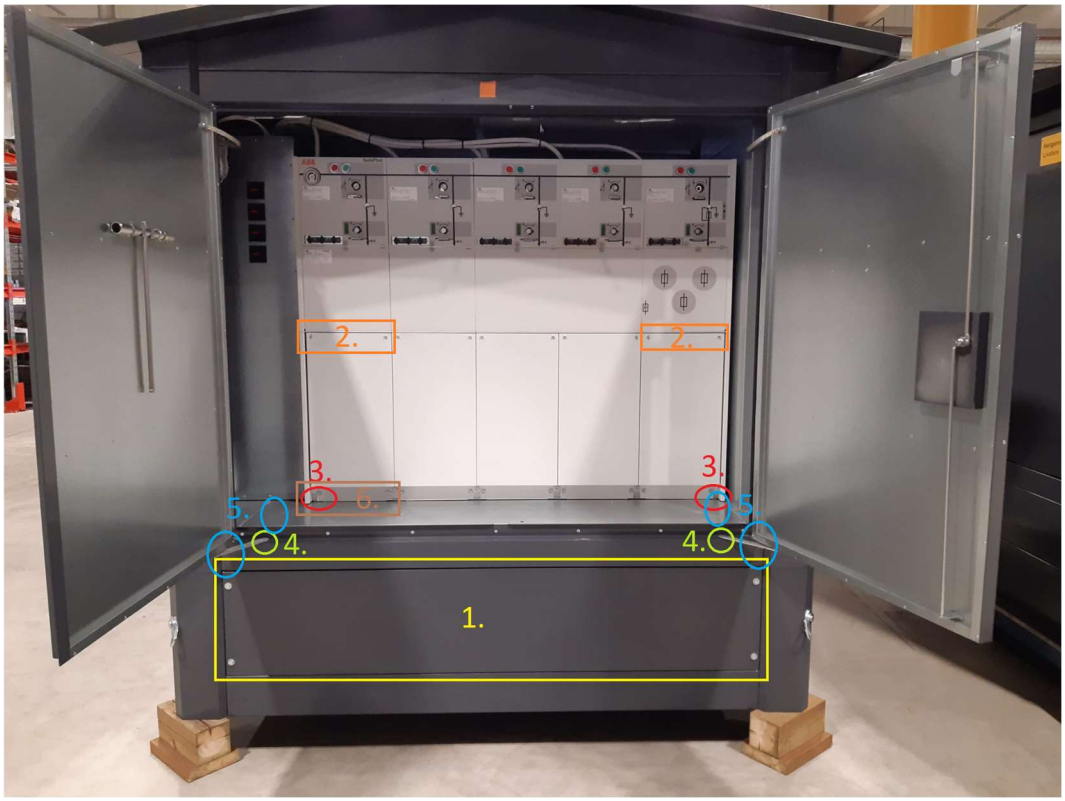
6.3 Kaapelipäätteiden asennus

Muuntamon keskijännitekojeistossa on KJ-lähtöjä jopa viisi. Kaapelityypin ollessa erityisen järeä voidaan keskijännitekojeiston edessä oleva pelti purkaa pois, jolloin kaapeleita ei tarvitse pujottaa kennoon, vaan ne voidaan niin sanotusti taittaa paikoilleen.

Kaapelityypin ollessa AHXAMK-W 3x185/35 vastaavaa tai järeämpää on pelti asennuksen sujuvuuden kannalta pakko purkaa, käytettäessä tuplapäätteitä on pellin purkaminen järkevää kaapelikoosta riippumatta.

Kuva 15. *Muuntamo KJ-puolelta kuvattuna.*

Jos muuntamo on oikein asennettu, maanraja kulkee alimman pellin yläreunassa jättäen keskimmäisen, neljällä pultilla kiinni olevan pellin vapaaksi. Kuvassa 16 on esitettynä väreillä missä eri työvaiheet sijaitsevat.



Kuva 16*. Muuntamo työvaiheilla numeroituna.*

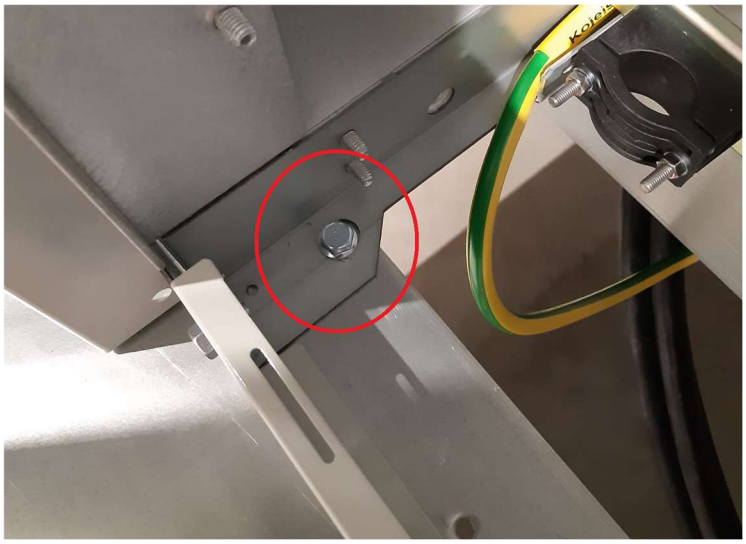
Ensimmäinen työvaihe on avata ison luukun neljä M8 pulttia. Pultit eivät irtoa kokonaan vaan jäävät roikkumaan luukkuun mutterien varassa. Luukku irtoaa tämän jälkeen vetämällä alimmista pulteista suoraan.

Luukku asennetaan takaisin liu'uttamalla yläreuna ensiksi paikoilleen, jonka jälkeen luukun alareuna työnnetään kiinni. Neljä pulttia kiristetään sopivalle kireydelle.

Seuraavaksi irrotetaan kahden reunimmaisen kennon luukut, jotka ovat kiinni yläreunasta kukin kahdella M6 pultilla. Nämäkin pultit jäävät roikkumaan mutterienvarassa. Luukut lähtevät irti yläreunasta vetämällä ja nostamalla.

Kuva 17*. Muuntamon alaluukku on poistettu.*

Kennojen luukkujen puoleisissa ulkoreunoissa on kummassakin kennossa yksi M8 pultti (kuva 18), joka kiinnittää kojeiston tasopeltiin kiinni. Nämä pultit irrotetaan ja otetaan talteen. Tämä oli kolmas työvaihe.



Kuva 18*. Kennon sisällä oleva kojeiston kiinnityspultti.*

Neljännessä työvaiheessa avataan ovien alareunassa olevien tuulihakojen kiinnitysmutterit. Mutterit sijaitsevat tasopellin alla, tuulihakojen päässä, katso kuva 19. Tuulihaan on oltava kokonaan alhaalla, kuten kuvassa 20, jotta mutterin irrotuksen jälkeen tuulihaan kierretangon saa nostettua ylös reiästään.

Kuva 19*. Tuulihaan kiinnitysmutteri.*

Kuvassa 19 oven tuulihaan nyloc-mutteri ympyröitynä keltaisella.

Kuva 20*. Tuulihaka on lukittunut kiinniasentoon.*

Asennettaessa tuulihakaa takaisin on huomioitava, että tuulihaan mutteria ei kiristetä loppuun asti. Tuulihaan on voitava liikkua vapaasti ylös ja alas sen luotettavan toiminnan takaamiseksi.

Kun tuulihaka on irti voi sen kääntää pois tieltä.

Tuulihaan valkoiset muoviholkit on otettava talteen.

Viides työvaihe on itse tasopellin kymmenen M6-pultin ja neljän M6-mutterin irrotus. Mutterit sijaitsevat tasopellin alla kojeiston luona, pultit taas katsojaa lähinnä pellin etureunassa harmaan etupellin takana, kuvassa 16 ympyröitynä sinisellä.

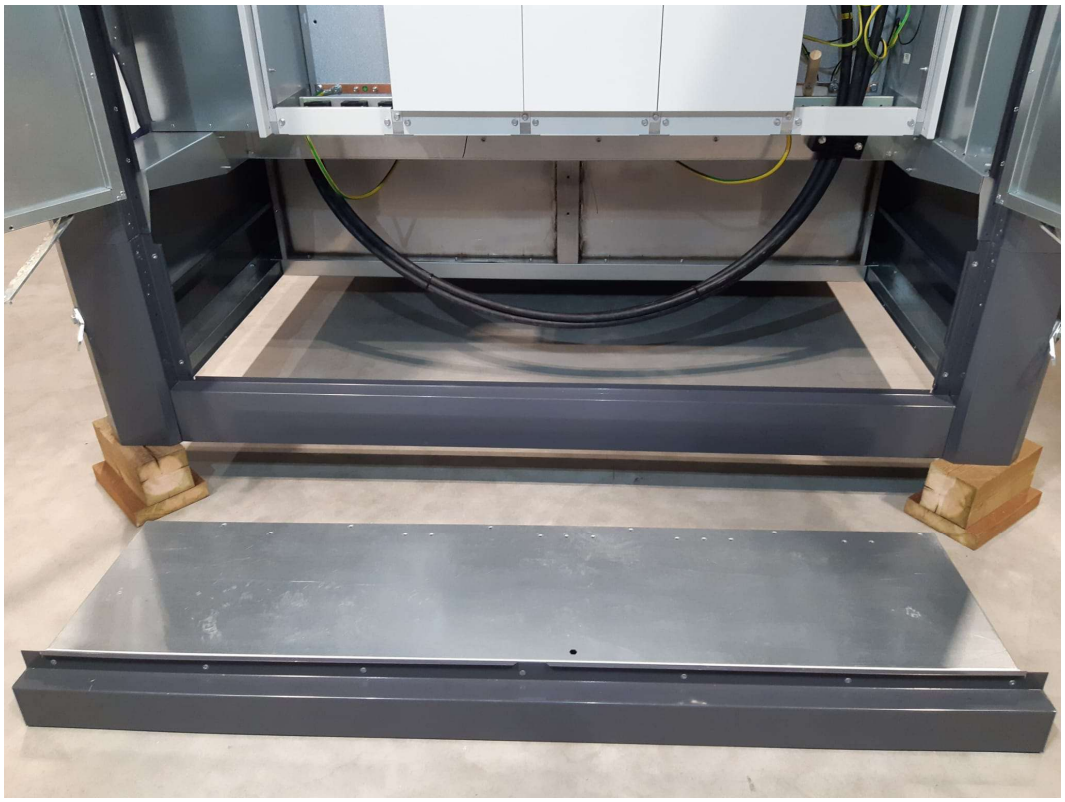
Kuva 21*. Tasopellin kolme päällekkäistä pulttia.*

Kolmesta päällekkäin olevasta pultista keskimmäisen voi löysätä ja jättää paikalleen, pultti ohjaa kasattaessa pellin oikealle uralle. Kolmoispulttien vieressä olevat kaksi pultti poistettava kokonaan.

Takana, kojeiston alla olevat mutterit löysätään. Muttereita ei tarvitse irrottaa kokonaan, pelissä on lovet, joista mutterit mahtuvat.

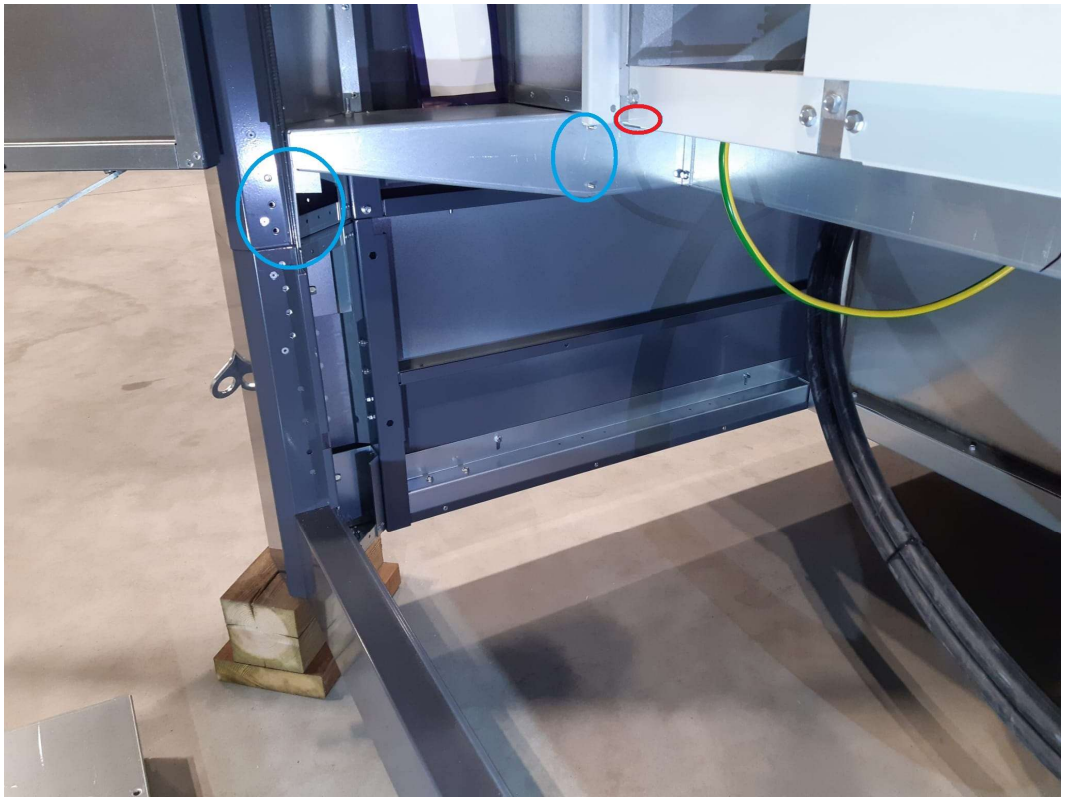
Kun tasopellistä on irrotettu kaksi M8-pulttia kojeiston reunoista, kymmenen M6-pulttia pellin etureunasta, neljä M6-mutteria pellin takareunasta sekä kaksi tuulihakojen M6-nyloc-mutteria, lähtee kapea harmaa seinäpelti sekä tasopelti yhtenä

osana suoraan ulospäin vetämällä. Osa keskijännitekojeiston painosta lepää pellin päällä, joten irrottaminen voi vaatia voimaa.



Kuva 22. Pellit irrotettuna ja maahan laskettuna. Sekä harmaa seinäpelti että kirkas tasopelti lähtevät ulos yhtenäisenä kappaleena.

Viimeinen vaihe on irrottaa halutun kennon kaksi alapellissä olevaa pulttia, joiden jälkeen kennon pienen valkoisen alapellin voi ottaa pois ja KJ-kaapelin kääntää paikoilleen.



Kuva 23. *Sivunäkymä peltien kiinnityspulttien sijainneista.*

Kaikkien KJ-kaapeleiden asennuksen jälkeen pellit voi asentaa takaisin päinvastaisessa järjestyksessä.

6.4 Käyttöönotto

Käyttöönotto on asiakkaan omien työntekijöiden hoitamaa, johon saadaan tarvittaessa myös Mavikolta apua. Käyttöönottotavat voivat poiketa asiakkaalta toiselle, mutta kaiken käyttöönoton tavoitteena on varmistaa, että muuntamo tulee toimimaan kaikissa tilanteissa oikein ja käyttöönoton päätteeksi muuntamo liitetään verkkoon.

Mavikon Älymuuntamo i1000 sisältää käytännössä aina myös kaukokäyttöominaisuudet jolloin myös nämä on testattava käyttöönotossa.

Muuntamon käyttöönotto-osiota varten on haastateltu Voimatel Oy:n henkilöstöä, haastattelu alla.

1) **Kuka käyttöönoton suorittaa?**

   Käyttöönoton kentällä suorittaa asentajat, yleensä se asennuspari joka projektin on tehnyt, jonne muuntamo kuuluu. Toki sen voi mitata myös toinen asennuspari, koska kaikki asentajat mittaavat samalla tavalla käyttöönoton. Mikäli muuntamo on kaukokäyttöinen niin silloin kaukokäyttö testataan käyttöönoton yhteydessä verkkoyhtiön valvomon kanssa.

2) **Milloin muuntamo voidaan käyttöönottaa, mitä testejä täytyy olla suoritettu ennen sitä?**

   Muuntamo voidaan käyttöönottaa, kun keskijännitekaapeli /kaapelit on kytketty kiinni keskijännitekojeistoon ja kaapeleille on tehty käyttöönottömittaus. Riippuen tietysti onko muuntaja asennettu muuntamoon tehtaalla vai kentällä.

3) **Kuinka kauan käyttöönotto kestää?**

   Muuntamon käyttöönotto riippuu monesta asiasta, esim. kuinka monta KJ-kaapelia tulee KJ-kojeistoon, pitääkö muuntaja asentaa kentällä, paljonko PJ-kaapeleita tulee PJ-puolelle, minkälaisessa paikassa muuntamo on. Jotkut ovat nopeampia tehdä kuin toiset.

4) **Minkälaisia määräaikaishuoltoja/-tarkastuksia muuntamolla on käyttöönoton jälkeen?**

   Käyttöönoton jälkeen urakoitsijalla on kahden vuoden takuu ja verkkoyhtiö suorittaa omat määräaikaistarkastukset ulkopuolisella tarkastajalla oman tarkastusaikataulunsa mukaan. Mahdolliset puutteet korjaa alueen sopimusurakoitsija mikäli puutteet ovat tulleet takuuajan ulkopuolella.[9]

[9]Haastattelu Voimatel. (Huhtikuu 2022). Muuntamon käyttöönotto.

7 YHTEENVETO

Mavikon älymuuntamokonsepti tarjoaa asiakkaille täysin riippumattoman ja räätälöitävän kommunikaatioon kykenevän muuntamon. Tuotteena älymuuntamo on saanut hyvän vastaanoton sähköalalla.

Tehdasvalmistus on Mavikolle uutta toimintaa ja menee varmasti vielä muutama vuosi, että toiminta saadaan täysin optimoitua, vaikka nykytilanteessakin tavaraa saadaan tuotettua enemmän kuin alihankkijat pystyvät omalta osaltaan komponentteja toimittamaan. Esimerkiksi sähkökeskuksissa alihankintaa kannattaisi monipuolistaa, varsinkin korona-aikana yksi työntekijä voi tartuttaa koko alihankkijan pienen yrityksen, jolloin koko kyseinen komponentti jää mahdollisesti viikoiksi toimittamatta.

Tehdastyöntekijöiden määrää on lisättävä ja ainakin alkukeväästä 2022 Mavikolla oli vielä rekrytointi juuri näihin työtehtäviin käynnissä.

Tehtaassa tehtiin alkuvuodesta 2022 layoutmuutos ja ainakin tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa muutos näyttää olevan oikein toimiva. Kyseisen muutoksen vaikutuksesta voisi mahdollisesti tulevaisuudessa joku opiskelija kirjoittaa oman opinnäytetyönsä. Toinen mahdollinen jatkotutkimusaihe olisi hajautetun kompensoinnin reaktoriyksiköiden tuotannon tarkastelu.

Monet muutokset tehtaan henkilöstössä, layoutissa, alihankkijoissa sekä tehtaan tuotteiden painottumisessa hajautetun loistehonkompensoinnin tuotteisiin muuntamoiden sijaan opinnäytetyön kirjoittamisen aikana aiheuttivat omia haasteitaan.

LÄHDELUETTELO

Hirano, H. 1996. *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace (For Your Organization!).* Productivity Press.

Maviko Oy. 2018. *Älymuuntamo i1000 asennus- ja käyttöohje.*

Maviko Oy. 2021. *Älymuuntamo i1000 betoniperustuksen asennusohje.*

Maviko Oy. 2022. *Maviko Oy: Älymuuntamo i1000 - Enemmän kuin muuntamo*. https://www.maviko.fi/tuotteet-ja-palvelut/alymuuntamo/

Maviko Oy. 2022. *Yritys, Maviko Oy*. www.maviko.fi/yritys/

Maviko Oy. 2022. *Älymuuntamo i1000 Koestajan lista.*

Tiimipäällikkö, Voimatel. Haastattelu 5.2022.

Yrityksen-perustaminen.net. 2022. *Täydellisen tarjouksen 5 elementtiä, Yrityksen-perustaminen.net*. https://yrityksen-perustaminen.net/taydellisen-tarjouksen-5-elementtia/