



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Sebastiano Sulli

# Satamanosturin sähköhuoneen kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

15.5.2019

Tekijä Otsikko	Sebastiano Sulli Satamanosturin sähköhuoneen kehittäminen
Sivumäärä Aika	50 sivua + 1 liite 15.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	diplomi-insinööri Ville Mykkänen lehtori Arja Ristola
<p>Insinöörityön tavoitteena oli kehittää modulaarinen ja täysin testattava sähköhuone Konecranesin kumipyöräkonttinosturille. Työn toimeksiantaja oli Konecranes Finland Oy, joka valmistaa monipuolisia nostolaiteratkaisuja.</p> <p>Työn alussa käytiin läpi nosturin rakenne ja toimintaperiaate. Tämän jälkeen annettiin laaja katsaus yhdestä yleisestä sähköhuoneratkaisusta. Seuraavaksi tunnistettiin, mitkä asiat aiheuttavat muutoksia sähköhuoneeseen eri projektien välillä sekä kehitettiin työkalu, jolla muutoksia on helppo hallita. Lopuksi vielä perehdyttiin siihen, kuinka komponentit tulee nimetä uudessa sähköhuoneessa.</p> <p>Työssä tutkittiin lukuisia edellisiä kumipyöräkonttinosturi-projekteja erilaisten asiakasvaatimusten ja tuotteen loppusijoitusmaan aiheuttamien muutosten tunnistamiseksi. Muutoksia aiheuttavat asiat tunnistamalla uusi sähköhuone kyettiin suunnittelemaan modulaariseksi kokonaisuudeksi, mutta täysi testattavuus jäi saavuttamatta.</p> <p>Työn tuloksena onnistuttiin kehittämään konfiguraattori Zuken E3 -suunnitteluohjelmaan, jonka avulla sähköhuoneen kojelevyt voidaan jatkossa suunnitella vaivattomasti ja aikaa säästään. Työn aikana todettiin, että konfiguraattori voidaan luoda myös sähköhuoneen piirikaavioiden piirtämistä varten. Konfiguraattori otetaan käyttöön yrityksessä heti, kun se on saatu kehitettyä loppuun asti.</p>	
Avainsanat	modulaarinen, RTG-nosturi, taajuusmuuttaja, invertteri, sähköhuone

Author Title	Sebastiano Sulli Development of an Electrical Equipment Room of a Port Crane
Number of Pages Date	50 pages + 1 appendix 15 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Ville Mykkänen, Master of Science Arja Ristola, Senior Lecturer
<p>The goal of this Bachelor's Thesis work was to develop a modular and fully testable electrical equipment room for the RTG-crane of Konecranes. The project work was done as an assignment for Konecranes Finland PLC, who produces various versatile lifting solutions.</p> <p>The work started by going through the structure and the functionalities of a RTG-crane. Next, an overview of one possible electrical room design was given. After this, all possible electrical room alternatives were studied to identify what causes changes to the electrical equipment room in different projects. After identifying all possible changes, a configurator was created to ease the control of the changes. Last, how to rename all the components inside the new electrical equipment room was considered.</p> <p>In this thesis work multiple previous RTG-projects were studied to identify different changes to the electrical equipment room caused by customer demands or the delivery country of the crane. When all the changes were identified, it was possible to design a new modular electrical equipment room. The new product is still not fully testable, so that goal was not achieved.</p> <p>As the end result of this study, a configurator was created into a planning software called Zuken E3. With this configurator the assembly plates of the new electrical equipment room will be easy and effortless to design. During this work, it was realized that a configurator can also be created for drawing the schematics of the new electrical equipment room. This configurator will be taken in use immediately after it has been fully developed.</p>	
Keywords	Modular, RTG-crane, frequency converter, electrical equipment room

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	RTG-nosturi	3
2.1	Nosturin mekaaninen rakenne	4
2.2	Nosturin sähköinen rakenne	6
2.3	Nosturin toiminnot	7
3	Sähköhuone	11
3.1	Sähköhuoneen rakenne	11
3.2	Kojelevyt	14
3.3	Taajuusmuuttajakäytöt sähköhuoneessa	21
3.3.1	DynAReg Vector II-verkkosuuntaaja (D2R)	21
3.3.2	Invertterit	23
3.3.3	DynAcon-laite	25
3.4	Sähköhuoneen katto	26
4	Sähköhuoneen mallintaminen konfiguroitavaksi	28
4.1	Tietoa tuotekonfiguroinnista	28
4.2	Kehitysprojektin tavoitteet	28
4.3	Muutosten tunnistaminen sähköhuoneessa	29
5	Uuden sähköhuoneen suunnitleminen	41
5.1	Moduulien määrittäminen ja suunnittelu	41
5.2	Sähköhuoneen komponenttien nimeäminen	45
5.2.1	Kohteen jäsentelyn periaatteet	45
5.2.2	Viitetunnusten muodostaminen	46
6	Yhteenveto	48
	Lähteet	49
	Liite 1. Kohteen jäsentelyn periaatteet	

## Lyhenteet ja käsitteet

ACM	Active Control Machinery. Koneisto, joka hienosäätää kuormauselintä ja poistaa heiluntaa kuormasta.
CMS	Crane Monitoring System. Tietokone, joka tarkkailee nosturin toimintoja.
CSA	Canadian Standards Association. Kanadalainen standardisoimisjärjestö.
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälisesti hyväksytty sähköalan standardisoimisjärjestö.
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor. Taajuusmuuttajateknologiassa käytetty transistori.
NEC	The National Electrical Code. Yhdysvalloissa käytetty sähköstandardi.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
RTG	Rubber Tired Gantry. Englanninkielinen ilmaisu kumipyöräkonttinosurille.
Skew	Toinen tapa poistaa heiluntaa kuormasta.
STS	Ship-To-Shore. Nosturi, jota käytetään laivojen lastaamisessa.

## 1 Johdanto

Globalisaatio sekä yhteiskunnan jatkuva kehittyminen aiheuttavat nykyisin 6 %:in kasvun vuosittaiseen merikonttiliikenteeseen. Lisääntynyt konttiliikenne on kiihdyttänyt satamien kasvua sekä uusien satamien perustamista. Jotta satamat pysyisivät kasvavan konttiliikenteen mukana, on niiden panostettava satamainfrastruktuuriin ja toimittava tehokkaammin. Tehokkaalla toiminnalla tarkoitetaan esim. automatisoitujen ratkaisujen käyttämistä konttiliikenteen nopeuttamiseksi ja käyttäjän aiheuttamien virheiden minimoimiseksi. (Siapartners 2015.) Konttiliikenteen lisääntyminen ja satamien kasvu mahdollistavat satamalaitteita toimittaville yrityksille uusien tilausten saamisen.

Koska kilpailu nostolaitevalmistajien kesken on kovaa, on valmistajien huolehdittava, että tuotteet pysyvät kilpailukykyisinä. Satamien kehittyessä on myös satamanostolaitteidenkin kehityttävä jatkuvasti. Erityisen tärkeää tuotteita kehitettäessä on ottaa huomioon etenkin asiakkaiden muuttuvat vaatimukset, mutta myös itse tuotteen on pysyttävä kustannustehokkaana kilpailukykyisyyden takaamiseksi.

Pysyäkseen kilpailukykyisinä ovat tuotteita valmistavat yritykset kehittäneet ja markkinoineet uusia tuotteita ja tuotevariantteja kiihtyvällä tahdilla. Ongelmana on kuitenkin se, että huomattava määrä eri tuotevariantteja joudutaan räätälöimään erikseen asiakkaan vaatimusten mukaisiksi, mikä on kallis ja kuormittava toimintatapa. Kilpailukykyyn parantamiseksi ja asiakkaiden muuttuvien vaatimusten täyttämiseksi ovat useat yritykset siirtyneet kohti tuoteperheajattelua ja tuotteiden modulaarista rakennetta. Tuotteen modulaarinen rakenne mahdollistaa esimerkiksi modulaarisen suunnittelun, jossa tuotekokonaisuus suunnitellaan valitsemalla ennalta suunnitelluista moduuleista sopivimmat. Modulaarinen rakenne mahdollistaa lyhyemmät läpimenoajat ja tuotteiden nopeamman saamisen markkinoille. (Österholm ja Tuokko 2001, 4–6.)

Insinööriyö tehdään osana kehitysprojektia, jonka tavoitteena on suunnitella kokonaisuudessaan uusi modulaarisempi ja täysin testattava sähköhuone uuteen kumipyöräkonttinosturimalliin. Kyseinen projekti toteutetaan, koska nykyinen tapa tuottaa asiakasräätälöity sähköhuone on kallis ja monimutkainen.

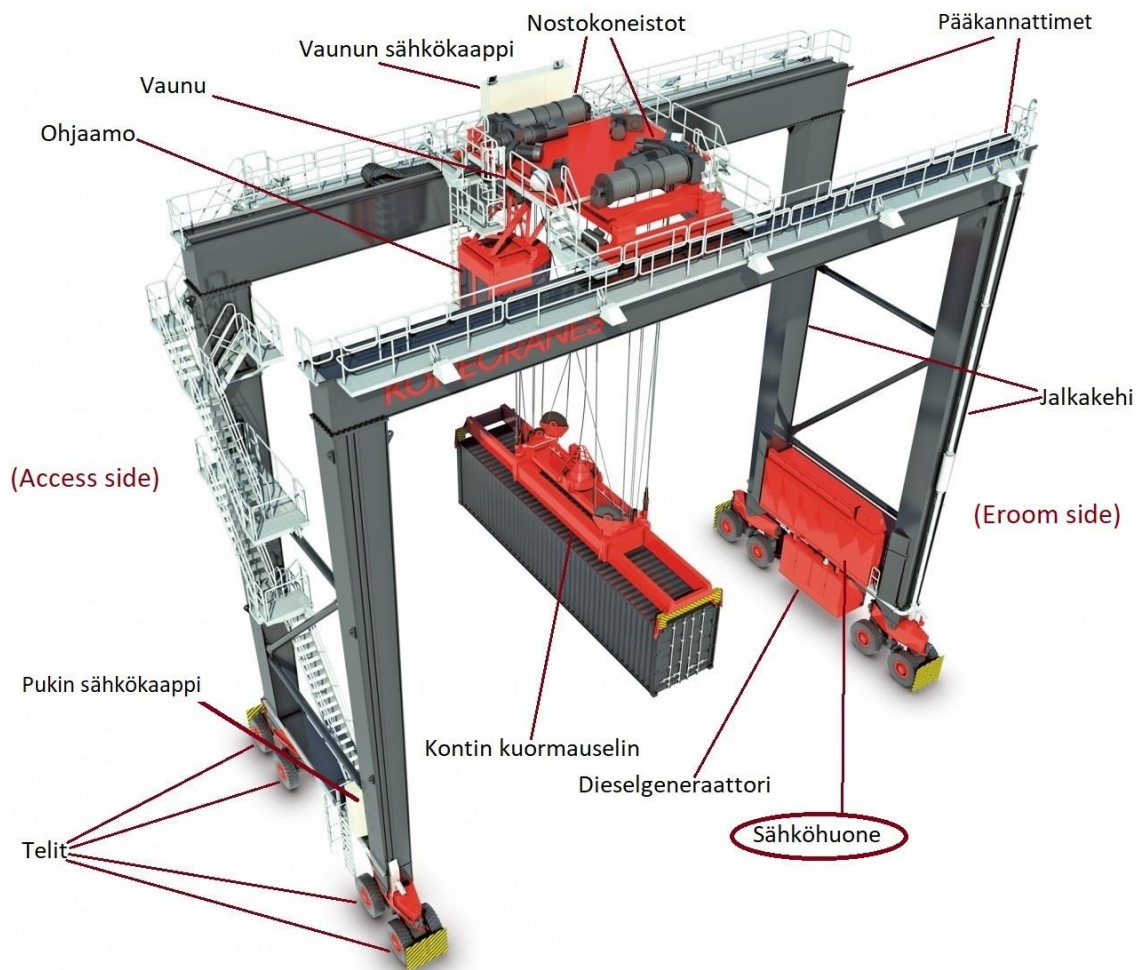
Vastakohta asiakasräätälöidylle tuotteelle on massatuotettu tuote. Nosturin sähköhuone ei voi olla massatuotettu, koska sen toteutuksessa ja suunnittelussa on otettava huomioon asiakastoiveet sekä loppusijoitusmaan standardit. Projektin tavoite on löytää ratkaisu täysin asiakasräätälöidyn ja massatuotetun tuotteen välistä.

Ratkaisu pyritään löytämään kehittämällä standardisoitu ja modulaarinen sähköhuone, jossa asiakas- ja maakohtaiset muutokset voidaan toteuttaa ennalta suunnitellusti ja ne tapahtuvat ennalta sovituissa paikoissa nosturin sähköhuoneessa pitäen sähköhuoneen moduulien rajapinnat aina samoina. Projekti toteutetaan yhteistyössä sähkö- ja mekaniikkasuunnittelun sekä tuotteesta vastaavan ryhmän kanssa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Konecranes Finland Oy Hyvinkää. Hyvinkään Ports-osasto vastaa satamalaiteratkaisujen suunnittelusta ja myynnistä. Konecranes kuuluu maailman johtaviin nostolaittevalmistajiin, ja se toimittaa erilaisia nostolaiteratkaisuja muun muassa satamille, telakoille ja terminaaleille, ydinvoima-, jätteenkäsittely-, auto- ja konepajateollisuudelle. Vuonna 2018 Konecranesin liikevaihto oli 3156 miljoonaa euroa ja sillä oli 16 100 työntekijää 50 eri maassa. (Vuosikertomus 2018.)

## 2 RTG-nosturi

RTG-nosturilla tarkoitetaan kumipyöräkonttinosturia, joka on satamanostureihin kuuluva konttienkäsittelynosturi. RTG on lyhenne englannin kielen sanoista Rubber Tyred Gantry. Konecranes valmistaa kahta eri RTG-nosturi mallia, 8- ja 16-pyöräisiä, joiden nostokapasiteetti on yleisimmin 40,6 tai 50,8 tonnia. (Konecranes RTG 2013). RTG-nosturi on apuna satamaterminaaleissa avustamassa laivojen purkua ja lastausta. Rah-tialusten saapuessa satamaan, niissä olevat kontit puretaan STS (Ship-To-Shore) nos-turilla, jonka jälkeen kontit siirretään terminaalin välivarastoon ennen kuin ne matkaavat eteenpäin. Tässä vaiheessa RTG-nosturien tärkeä rooli tulee esiin, koska ne käsittelevät tätä välivarastoa. RTG-nosturi liikkuu välivarastoiksi kutsuttujen konttirivistöjen päällä, ja sillä siirretään kontteja pinosta toiseen ja lastataan kontteja kuorma-autojen laveteille ja laveteilta pois. Jokaisessa konttirivissä on rekkakaista rekkojen lastaamista varten. Nos-turin perusrakenne on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Kumipyöräkonttinosturin rakenne (Operators manual 2016).

## 2.1 Nosturin mekaaninen rakenne

RTG-nosturi on suuri hitsaamalla kasattu teräsrakenteinen nostolaite, joka koostuu kahdesta pääkannattimesta ja niiden väliin kohtisuoraan alapuolelle asennetuista jalkakehistä. Jalkakehiin on kiinnitetty joko neljä tai kahdeksan teliä riippuen onko nosturi 8- vai 16-pyöräinen. Nosturin toisella puolella jalkakehien väliin on sijoitettu sähköhuone. Pääkannattimien päältä löytyy kiskoilla liikkuva vaunu, jonka pääosia ovat kehikko, nostokoneistot ja ohjaamo. Vaunussa on näiden lisäksi nostoköysillä kiinni kuormauselin, joka huolehtii konttiin kiinnittämisestä.

Kuvassa 1 on merkittynä Access side ja Eroom side. Nämä kaksi merkintää määrittelevät nosturin kaksi eri puolta kuvan mukaisesti. Access side tarkoittaa nosturin sitä puolta, mitä kautta ohjaamoon kiivetään. Eroom side on sähköhuoneen puoli nosturissa.

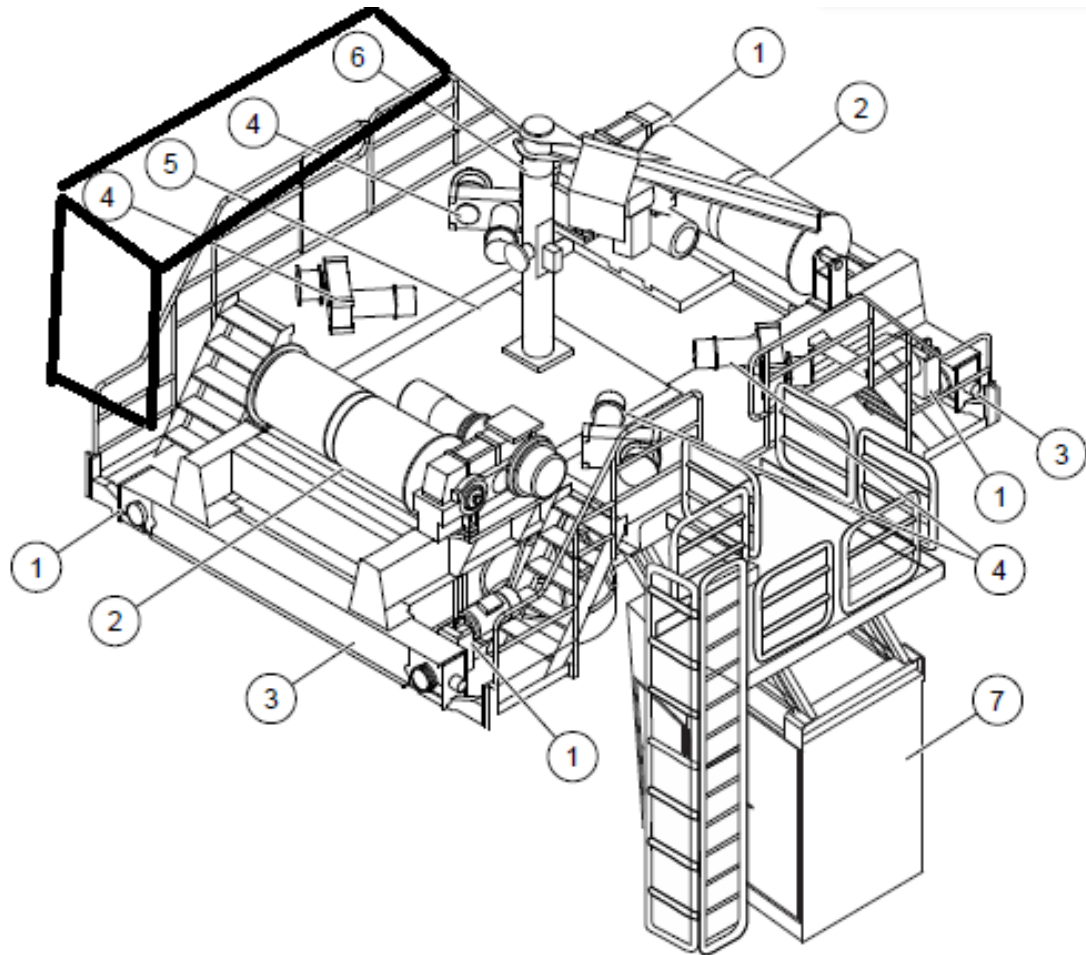
RTG-nostureita on eri kokoisia ja ne mitoitetaan aina asiakkaan tarpeiden mukaan. Nosturin leveys kertoo, kuinka monta konttia voidaan sijoittaa sen jalkojen väliin rekkakaistan lisäksi. Korkeus taas kertoo, kuinka monen kontin yli se pystyy nostamaan liikuttamansa kontin. Toisin sanoen korkeus kertoo, kuinka monta konttia voidaan pinota päällekkäin siten, että yksi kontti saadaan vielä siirrettyä pinon yli. Konecranesin tuotevalikoimassa RTG-nosturit pystyvät pinoamaan maksimissaan seitsemän konttia vierekkäin ja kuusi konttia päällekkäin. Minimissään RTG-nosturi pinoaa viisi konttia vierekkäin ja kolme konttia päällekkäin.

Pääkannattimet ja jalkakehät muodostavat nosturin rungon, jota kutsutaan pukiksi. Kaikki muut komponentit ja osat kuten vaunu, sähköhuone, dieselgeneraattori ja pukin sähkökaappi kiinnitetään pukkiin. Pukkia ajetaan yleensä konttipinon päällä ohjaamosta katsottuna vasemmalle ja oikealle. Pyörien kääntäminen mahdollistaa myös poikittaisen ajon siirryttäessä esimerkiksi konttipinolta toiselle. (Operators manual 2016).

### Vaunu

Vaunu on nosturin pääkannattimien päällä kiskoilla kulkeva kokonaisuus, johon kuuluu ohjaamo, vaunun siirtokoneisto, päänostokoneistot, apunosto eli heijauksenestokoneisto, vaunun sähkökaappi ja huoltonosturi. Nosturin ohjaamo on kiinnitetty vaunun

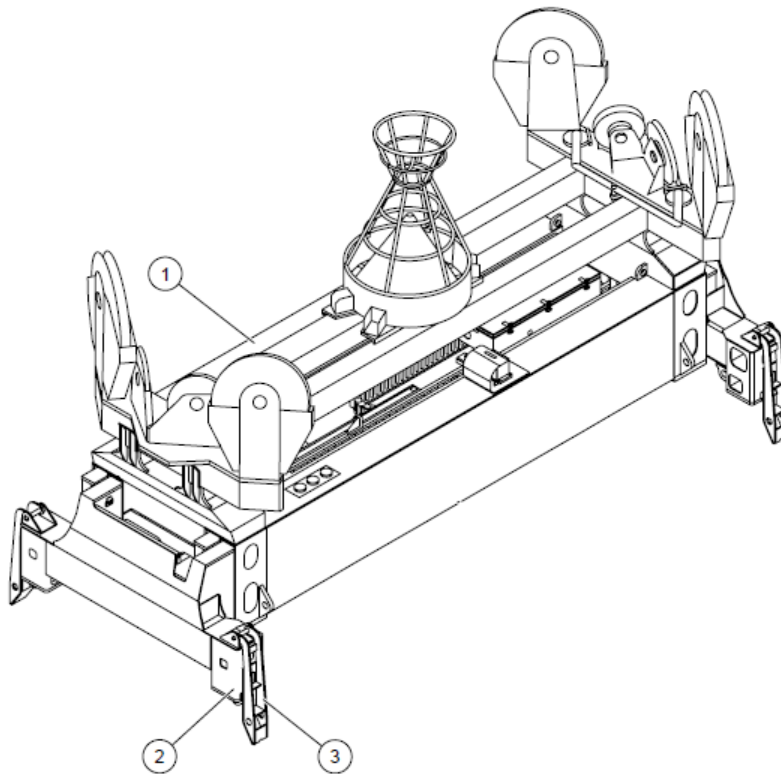
alapuolelle, mikä takaa hyvän näkyvyyden kuljettajalle. Vaunun rakenne ja sen pääkomponentit on esitetty kuvassa 2. Vahvennetulla mustalla piirretty osa on vaunun sähkökaappi.



Kuva 2. Vaunun rakenne. 1. Vaunun siirtokoneisto 2. Nostokoneistot 3. Päätylaipat 4. Apunostokoneistot 5. Vaunun runko 6. Huoltonosturi 7. Ohjaamo. (Operators manual 2016).

### Kuormauselin

Kuormauselin roikkuu suoraan vaunun alapuolella ja se on kiinnitetty vaunuun päänostoköysillä ja apunostoköysillä. Kuormauselin on nosturin osa, joka laskeutuu tavarakontin päälle ja lukittuu siihen. Konttiohjurit ohjaavat kuormauselimen oikeaan kohtaan ja kääntyvät lukitustapit varmistavat lukittumisen. Kuormauselin on varustettu teleskooppi-varrella, joka mahdollistaa tarttumisen erimittaisiin kontteihin. Kuormauselimen perusrakenne on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kuormauselimen perusrakenne. 1. Teräsrunko 2. Kääntyvät lukitustapit 3. Konttiohjurit. (Operators manual 2016).

## 2.2 Nosturin sähköinen rakenne

RTG-nosturi liikkuu useiden taajuusmuuttajaohjattujen vaihtosähkömoottoreiden avulla. Käyttövirtansa se saa joko dieselgeneraattorista, virtakiskostosta ja apudieselgeneraattorista tai kaapelikelasta ja apudieselgeneraattorista. Käytettäessä virtakiskostoa tai kaapelikelaa nosturi kytketään syöttöverkkoon mekaanisella ja sähköisellä liitännällä.

Virtakiskostomallissa nosturissa on kiinni laahain, joka tarttuu kiinni satamaverkossa olevaan virtakiskostoon. Laahain liikkuu virtakiskostoa pitkin nosturin liikkeiden mukaisesti. Kaapelikelamallissa nosturi käyttää virransyöttönä kaapelikelaa, josta kaapeli purkautuu ja rullautuu takaisin kelalle nosturin liikkeiden mukaan. Kaapelikela- ja virtakiskostomalleissa on apudieselgeneraattori, joka antaa nosturille käyttövirran konttipinolta toiselle siirtymistä varten. Ennen nosturin siirtämistä konttipinolta toiselle nosturi irrotetaan syöttöverkosta ja uudella konttipinolla se kytketään syöttöverkkoon takaisin kiinni. (RTG Power options 2012.)

RTG-nostureissa on myös pistoke seisontasähköä varten. Tätä pistoketta käytetään, kun nosturi on poissa käytöstä. Pistokkeen tehtävä on taata sähkö sellaisille laitteille, jotka vaativat sähköä nosturin ollessa pysäköineenä. Näitä laitteita ovat esimerkiksi valaistukset, pistorasiat sekä ilmastointi.

Nosturin sähköinen rakenne mahdollistaa nosturin liikuteltavuuden. Sähköisen rakenteen perusosia ovat virransyöttö, sähköhuone, vaunun sähkökaappi ja pukin sähkökaappi. Vaunun sähkökaappi on kiinni vaunussa ja se ohjaa ja valvoo vaunun toimintoja. Pukin sähkökaappi sijaitsee pukissa sähköhuoneen vastakkaisella puolella. Pukin sähkökaappi sisältää komponentit vain sen puolen pukin toiminnoille, millä sähkökaappi sijaitsee. Pukin toisen puolen toiminnoista vastaa sähköhuone.

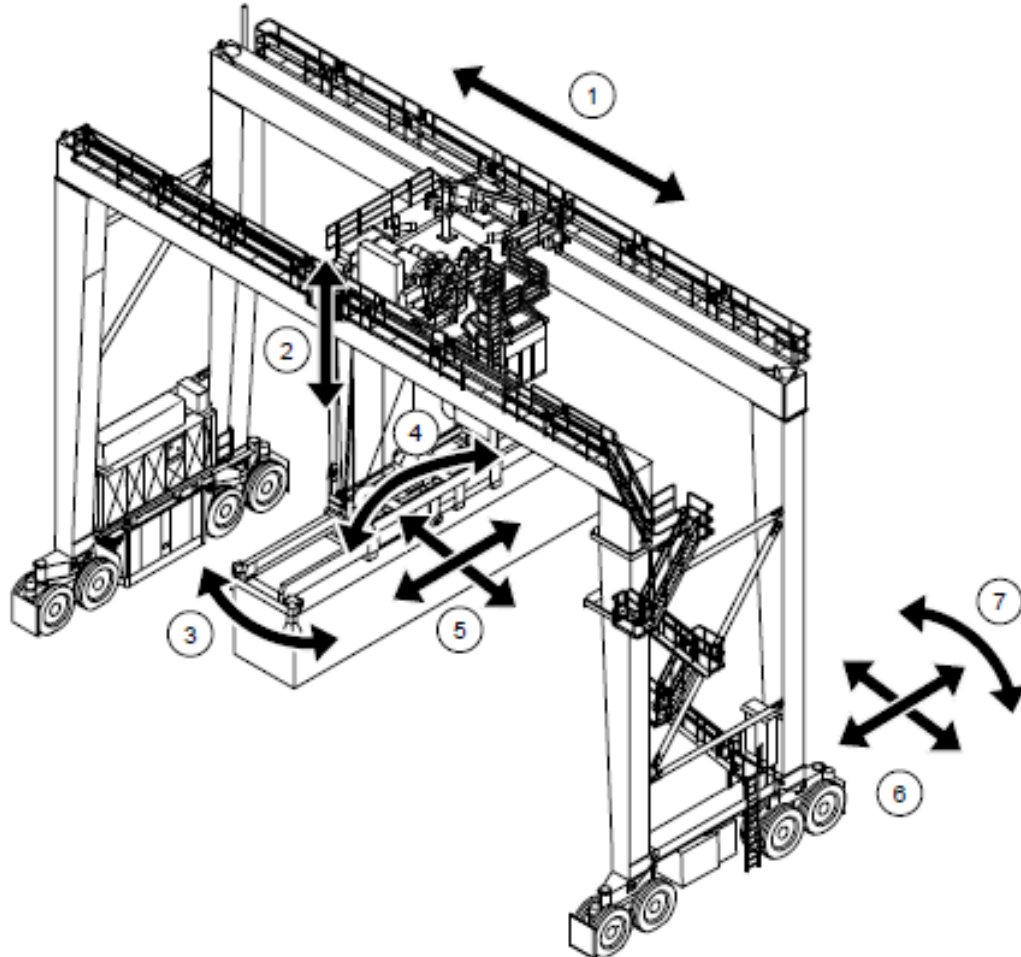
Sähköinen rakenne voidaan jakaa myös piireittäin pääpiiriin ja apupiiriin. Nosturin sähköinen pääpiiri toteuttaa kaikki siirtoliikkeet taajuusmuuttajien avulla. Apupiireihin kuuluvat valaistus- ja lämmityspiiri sekä ohjauspiiri.

### 2.3 Nosturin toiminnot

RTG-nosturin toiminnot muodostuvat yksilöllisistä toiminnoista ja päätoiminnoista. Päätoiminnot ovat yleisiä toimintoja, ja ne löytyvät myös muilta laitevalmistajilta. Päätoimintoihin kuuluvat tavarakontin nostaminen ja laskeminen, vaunun siirto, kuormauselimen kääntäminen horisontaalisesti ja vertikaalisesti, rungon eli pukin siirtäminen ja kääntäminen. Näiden lisäksi päätoimintoihin kuuluvat mikroliikkeet. Mikroliikkeellä tarkoitetaan kuormauselimen tarkkuutta vaativaa hienosäätöä horisontaalisessa tasossa. Mikroliikkeiden avulla laskettava kontti saadaan kohdistettua tarkasti esimerkiksi kuorma-auton lavetin päälle. Nosturin päätoiminnot on havainnollistettu kuvassa 4.

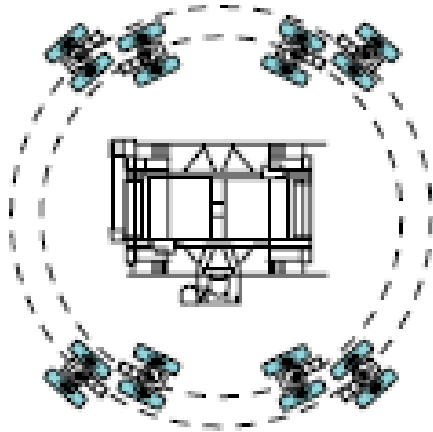
Yksilölliset toiminnot ovat projektikohtaisesti laitteisiin haluttuja toimintoja eli optioita, joita nosturin tilaaja haluaa laitteesta löytyvän. Yksilölliset toiminnot voivat myös olla maakohtaisia lainsäädännön vaatimia toimintoja tai ominaisuuksia. Näitä toimintoja ovat esimerkiksi mahdollisuus nostaa ylikuormaa, törmäyksenestojärjestelmä, kameroilla toteutettu valvontajärjestelmä, GPS-paikannusjärjestelmä (Global Positioning System), vaunun paikkatiedon nollaus sekä kuormauselimen eri säätömahdollisuudet. RTG-

nosturin perusmallissa kuormauselimellä voidaan siirtää joko 20- tai 40-jalkaisia kontteja, mutta optiona asiakas pystyy valitsemaan kuormauselimeen myös eri mittaisten konttien siirtomahdollisuuden. Näitä mahdollisuuksia ovat 30- ja 45-jalkaisten konttien siirtäminen sekä kahden 20-jalkaisen kontin samanaikainen siirtäminen. (Operators manual 2016.)



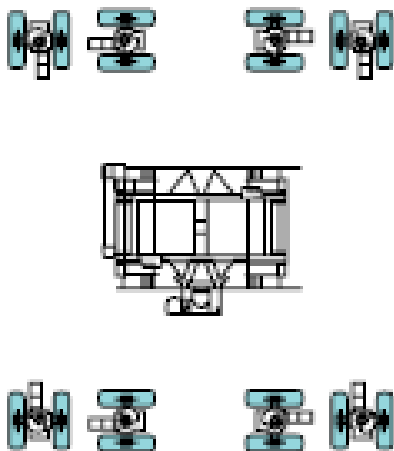
Kuva 4. RTG-nosturin päätoiminnot havainnollistettuna. 1. Vaunun liikkuminen 2. Kontin nosto ja lasku. 3. Kuormauselimen horisontaalinen kääntäminen 4. Kuormauselimen vertikaalinen kääntäminen 5. Mikroliikkeet 6. Pukin liikkuminen 7. Pukin kääntäminen. (Operators manual 2016).

RTG-nosturissa jokaisella telillä vain toinen pyörä on kytkettynä moottoriin ja toinen pyörä on vapaana akselillaan. Tämä toteutustapa mahdollistaa nosturin pukin kääntämisen. Kääntäminen tapahtuu mekaanisesti poistamalla aluksi telin lukitustappi, jotka estävät telien kääntymisen. Lukitustappien poiston jälkeen telin pyörää ajetaan, jolloin teli alkaa kääntyä. Kun kaikki telit ovat asetettu oikeaan kulmaan, lukitustappi laitetaan takaisin kiinni, ja nosturi pääsee pyörimään oman akselinsa ympäri kuvan 5 mukaisesti.



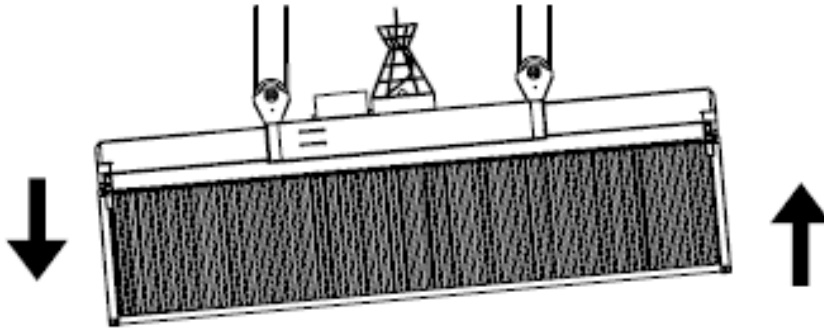
Kuva 5. Telien asettuminen pukin kääntämistä varten. (Operators manual 2016).

Kun nosturia ei käytetä, se pysäköidään. Nosturin pysäköinti tapahtuu samalla periaatteella kuin pukin kääntäminenkin. Pysäköitäessä, kulmissa olevat telit käännetään kuvan 6 mukaisesti 90 astetta, joka on myös maksimikulma, jonka telit pystyvät kääntymään. Tämä pysäköintitapa estää nosturin liikkumisen esimerkiksi kovan tuulen vaikutuksesta sen ollessa pois käytöstä.



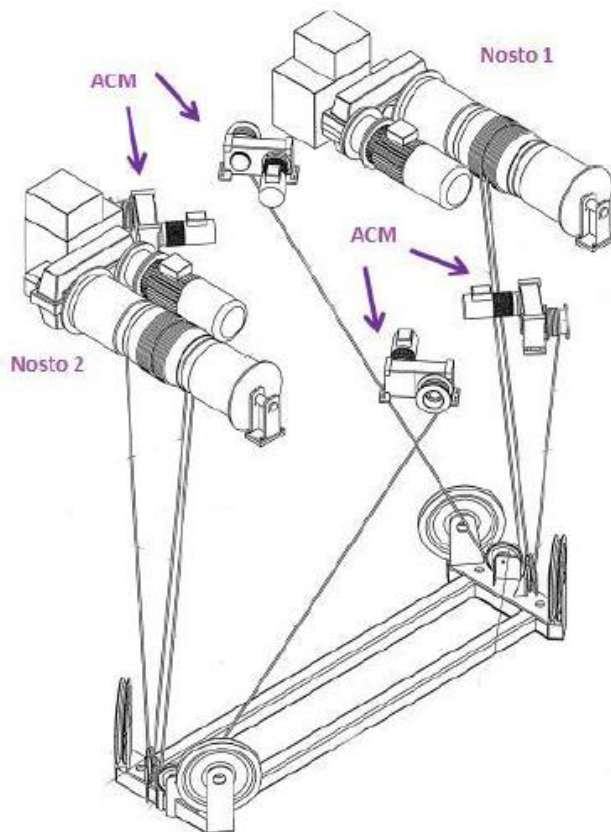
Kuva 6. Telien asettuminen parkkeeraus tilannetta varten. (Operators manual 2016).

Vaunussa sijaitsevat nosto- ja apunostokoneistot vastaavat nostettavan kuorman hallinnasta. Kaksi nostokoneistoa vastaavat kuorman nostamisesta ja laskemisesta. Kaksi erillistä nostokoneistoa mahdollistaa kuormauselimen hienosäädön vertikaalisesti kuvan 7 mukaisesti. Toimintoa toteutettaessa toista puolta nostetaan ja toista puolta lasketaan samanaikaisesti säätöön kuluvan ajan minimoimiseksi.



Kuva 7. Kuormauselimen vertikaalinen hienosäätö. (Operators manual 2016).

Neljä ACM-koneistoa (engl. Active Control Machinery) eli apunostokoneistoa vastaavat heijauksenestosta eli kuormaa liikuteltaessa ne estävät kuorman heilumisen ja näin ollen varmistavat turvallisen operoinnin. ACM-koneistot kiinnittyvät kuormauselimeen apunostoköysillä. Pitämällä nämä apunostoköydet kiristettyinä kuormaa liikuteltaessa, voidaan heiluntaa estää. Tämä heilunnanestotoiminto on täysin automaattinen eikä se vaadi nosturin käyttäjältä toimenpiteitä. Nostokoneistojen sekä ACM-koneistojen kiinnittyminen kuormauselimeen on havainnollistettu kuvassa 8.



Kuva 8. Nosto- ja apunostokoneistojen kiinnittyminen kuormauselimeen. (Operators manual 2016).

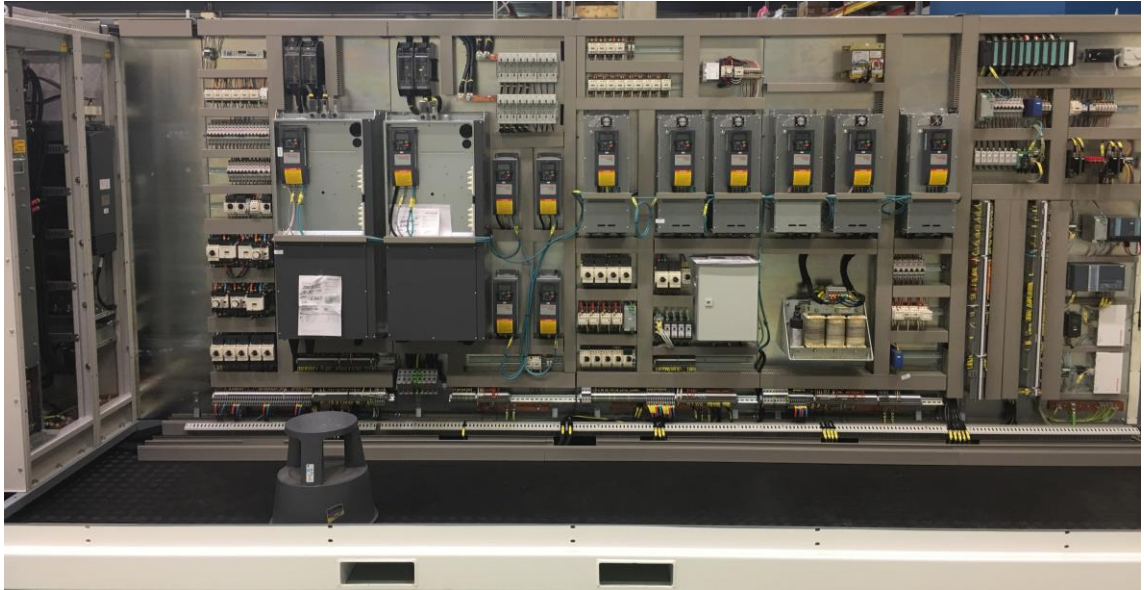
### 3 Sähköhuone

RTG-nosturin sähköhuone on säänkestävä kontti, jossa sijaitsee suurin osa nosturin sähkökomponenteista. Sähköhuone sijaitsee nosturin jalkojen välissä olevan alapalkin päällä. Suoraan sähköhuoneen alapuolella sijaitsee dieselgeneraattori, jolla syötetään virtaa sähköhuoneeseen. Muita sähkönsyöttötapoja ovat jo aikaisemmin mainitut kaapelikela sekä virtakiskosto, joiden molempien kanssa käytetään apudieselgeneraattoria. Apudieselgeneraattoria ei ole nosturissa, jos siinä on tavallinen dieselgeneraattori.

Tässä luvussa selostetaan yksi sähköhuoneratkaisu ennen kehitystyön aloittamista. Vain yksi ratkaisu voidaan esittää, koska erilaisia sähköhuonevariantteja on valmistettu useita satoja. Sähköhuoneet ovat vaihdelleet projektikohtaisesti riippuen siitä, mitä toimintoja ja toiminnallisuuksia asiakas on vaatinut siitä löytyvän.

#### 3.1 Sähköhuoneen rakenne

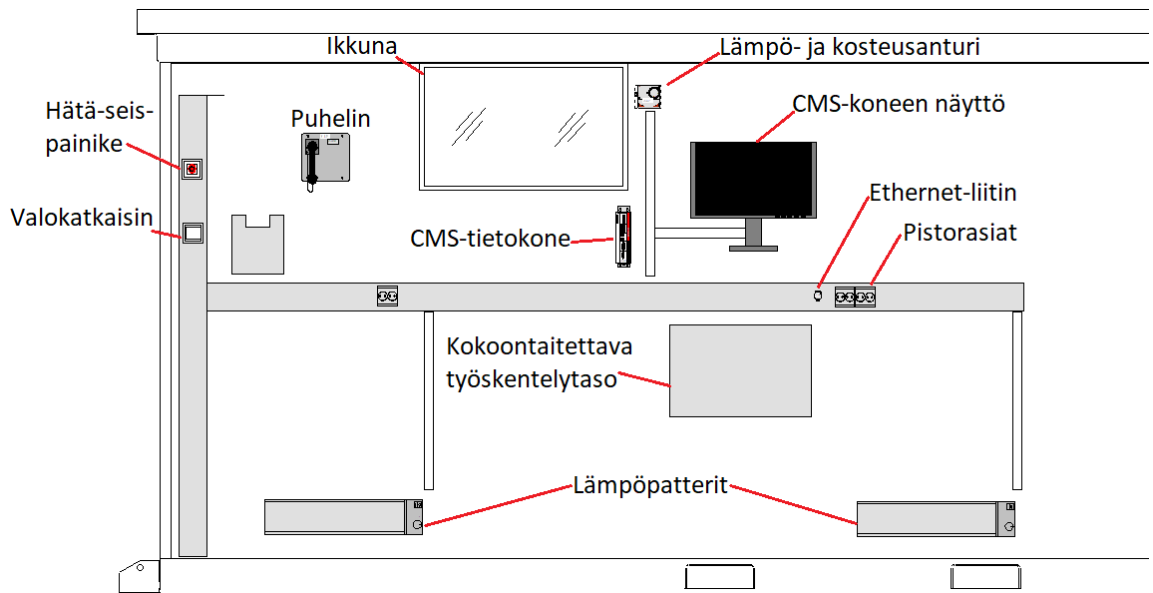
Sähköhuone on ulkomitoiltaan 6 m pitkä, 1,5 m leveä ja 2,4 m korkea. Sähköhuoneen seinät ja katto ovat pulttiliitoksilla kiinni toisissaan. Sähköhuoneen toinen pitkä seinä on sisäpuolella päällystetty kojelevyillä. Kojelevyt asennetaan sähköhuoneen seinälle yläkautta. Asentamista varten katto ja toinen pitkä seinä puretaan irti tehtaalle tulleesta sähköhuoneesta ja ne kiinnitetään takaisin vasta lopputestien valmistuttua. Toinen pitkä seinä irrotetaan, jotta asentajilla olisi enemmän tilaa työskennellä sähköhuoneen sisällä kojelevyjen asennusvaiheessa. Kuvassa 9 on sähköhuone kuvattuna, kun sen seinä ja katto ovat irti.



Kuva 9. Sähköhuone ilman kattoa ja seinää.

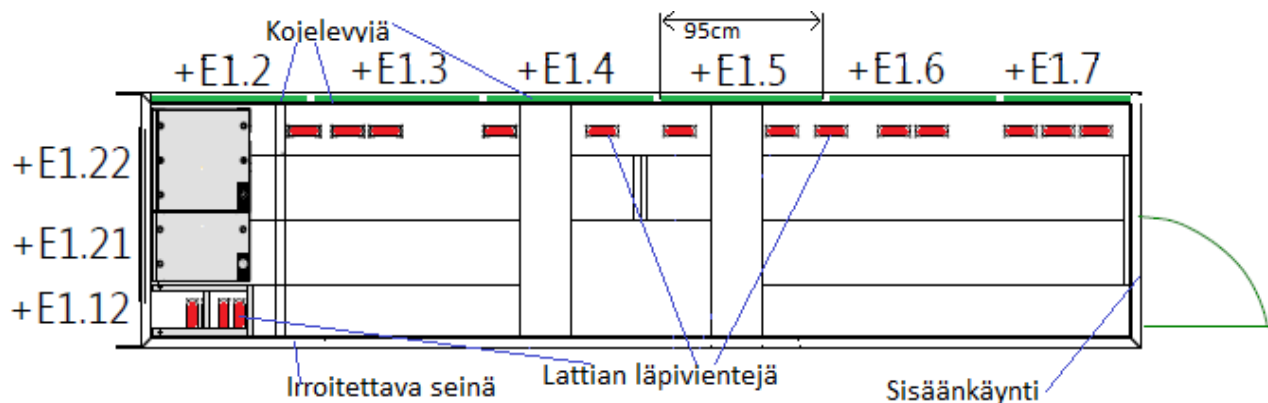
Sähköhuoneen irrotettavalla seinällä, jolla ei ole kojelevyjä, on muita sähköhuoneeseen liittyviä komponentteja. Irrotettavalla seinälle sijaitsee lämpö- ja kosteusanturi, valokatkaisija sähköhuoneen valoille, hätä-seis-painike, kaksi lämpöpatteria, pistorasioita, puhelin, Ethernet-liitin, CMS-tietokone ja näyttöpaneeli tietokonetta varten. Näiden lisäksi seinältä löytyy kokoontaitettava työskentelytaso. Tällä irrotettavalla seinällä olevia komponentteja ei pystytä testaamaan koeajotilanteessa, koska seinä on irti sähköhuoneesta koeajo vaiheen aikana.

CMS tulee englannin kielen sanoista Crane Monitoring System. CMS-tietokoneella tarkkaillaan nosturin toimintoja ja tallennetaan nosturin käyttöön liittyvää dataa, kuten kuinka usein nosturia käytetään ja millaisia kuormia sillä käsitellään. Huoltomiehet käyttävät puhelinta nosturin huoltotilanteissa. Sähköhuoneessa olevalla puhelimella voi tarvittaessa soittaa nosturin ohjaamoon tai nosturin Access-puolelle. Sähköhuoneen irrotettava seinä ja sen komponentit on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Sähköhuoneen irrotettava seinä ja sen komponentit. (E3-sähkökuvat 2019).

Kuvassa 11 on sähköhuone kuvattuna ylhäältä päin. Merkinnot +E1.2...+E1.7 kuvaavat kojelevyjen sijaintia sähköhuoneessa. +E1.12 osoittaa, missä valaistus- ja lämmityspiirin muuntaja sekä virransyötön kojelevy sijaitsevat. +E1.21 & +E1.22 kuvaavat luvussa 3.3.1 esitettävää verkkosuuntaajaa ja sen sijaintia. Sähköhuoneen lattiassa on välipohja kaapelointeja varten ja kuvassa olevat punaisella merkityt suorakulmiot kuvaavat välipohjan läpivientejä.



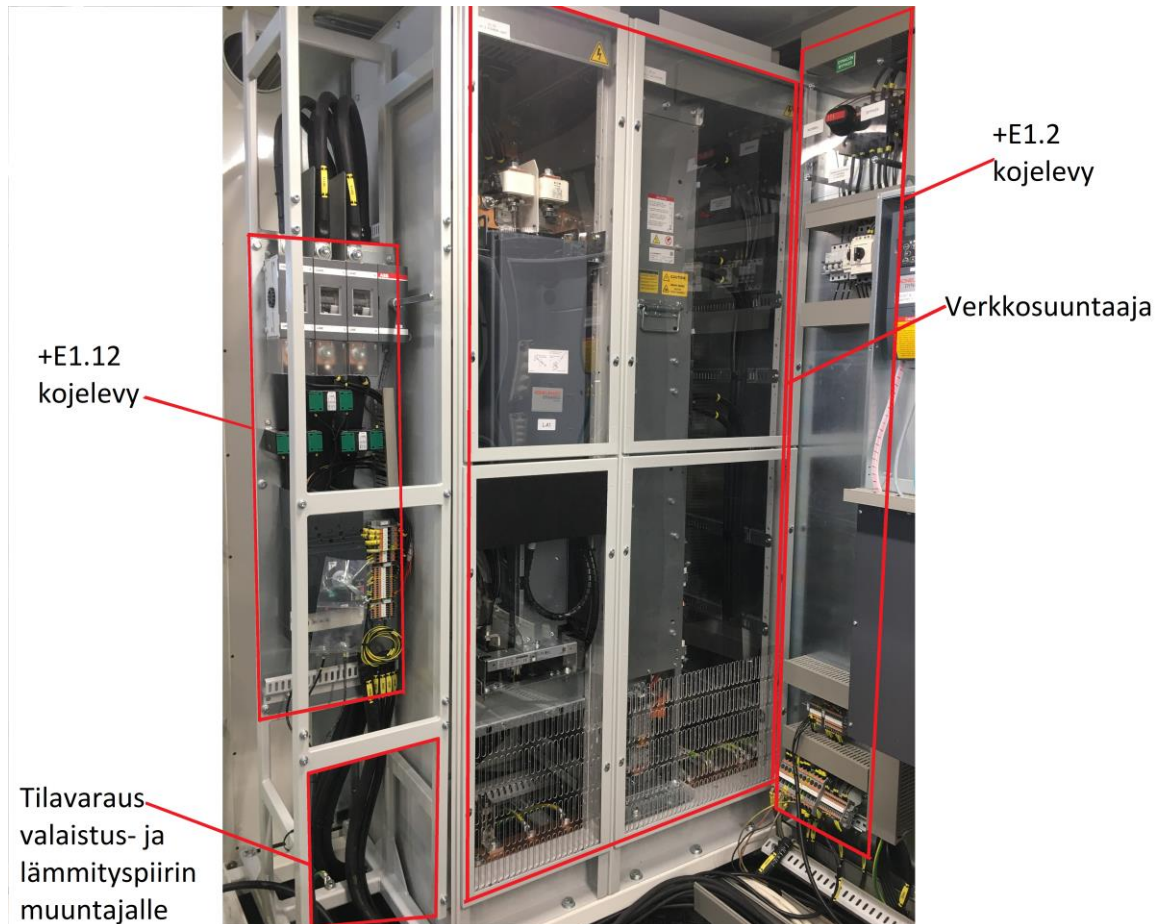
Kuva 11. Sähköhuone ylhäältäpäin kuvattuna. (E3-sähkökuvat).

### 3.2 Kojelevyt

Sähköhuoneen pitkän seinän kojelevyt ovat 209 cm korkeita, 95 cm leveitä ja 0,5 cm paksuja teräksestä valmistettuja levyjä. +E1.12 sijainnissa käytetty kojelevy on 100 cm korkea ja 30cm leveä. +E1.21 on verkkosuuntaajan tehoyksikkö, joka on asennettu 40 cm leveään kaappiin. +E1.22 on verkkosuuntaajan LCL-suodatin ja latauspiiri, jotka ovat asennettu 60 cm leveään kaappiin. Molemmat kaapit ovat 60 cm syviä ja 2 m korkeita, ja ne kiinnitetään pulttiliitoksin sähköhuoneen lattiaan kiinni.

Kojelevyt kalustetaan ja johdotetaan siihen varatulla alueella tehtaalla. Suurin osa sähköhuoneen komponenteista, kuten rajapinnoiksi kutsutut riviliittimet, kiinnitetään 35 mm:n DIN-kiskoon, joka kiinnitetään kojelevyyn. Loput komponentit kuten invertterit sekä suuret kontaktorit ja moottorinsuojakatkaisijat pultataan suoraan kojelevyihin kiinni. Kojelevyjen sisäiset johdotukset vedetään kouruiksi kutsuttuihin muovisiin johtokanaviin. Tyypillisimmät käytetyt mitat kouruille ovat 40 x 80 mm, 60 x 80 mm ja 80 x 80 mm. Kalustamisen ja johdottamisen jälkeen kojelevyt kiinnitetään sähköhuoneen seinään kiinni, jonka jälkeen kojelevyjen väliset kaapelit ja johtimet kytketään. (Konecranes E3 sähkökuvat)

Kuvasta 11 voidaan myös havaita, että +E1.2-kojelevystä saadaan vain puolet käyttöön, koska verkkosuuntaaja peittää puolet kojelevystä, eikä tätä tilaa voida hyödyntää muille komponenteille. Kuva 12 kuvaa tositilanteessa +E1.2-kojelevyn peittymistä verkkosuuntaajan taakse sekä +E1.12-kojelevyä ja muuntajaa sen alapuolella. Tietyillä kojelevyillä on yleensä sijoitettuna tietyn toiminnon alaisia komponentteja.



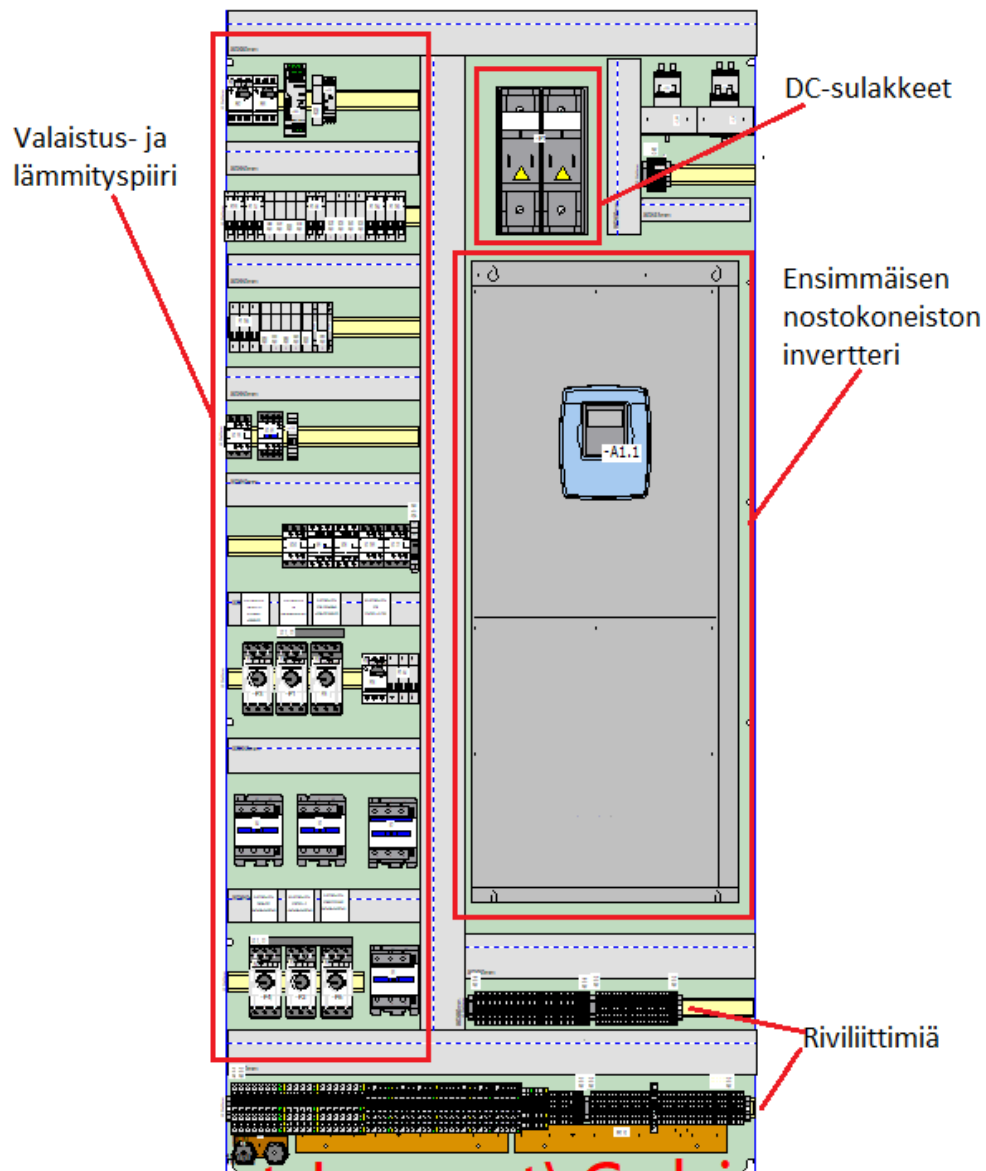
Kuva 12. Sähköhuoneen päätyseinä, missä tilavaraus muuntajalle, +E1.12-kojelevy, verkkosuuntaaja. +E1.2-kojelevy pitkällä seinällä.

+E1.12-kojelevyä kutsutaan nosturin virransyötön ensimmäiseksi kojelevyksi. Nosturin virransyöttökaapeli tuodaan dieselgeneraattorilta +E1.12-kojelevyllä sijaitsevaan nosturin virransyötön pääkatkaisijaan. Pääkatkaisija on moottorinsuojakatkaisijatyypinen suojalaite, jonka tehtävä on suojata sähköhuonetta dieselgeneraattorilta tulevalta mahdolliselta ylivirralla. Pääkatkaisija on säädettävissä 250...630 A:n välille riippuen nosturin nimellisvirrasta. Pääkatkaisijan lisäksi +E1.12-kojelevyllä sijaitsevat virtamittamuuntajat sekä verkkosuuntaajan pääkytkin. Virtamittamuuntajat mittaavat dieselgeneraattorilta tulevan virran ja ne syöttävät saadun tiedon takaisin dieselgeneraattorille. Lisäksi kojelevyn alapuolella, sähköhuoneen lattiatasossa sijaitsee valaistus- ja lämmityspiirin muuntaja. (E3-sähkökuvat.)

+E1.2-kojelevyä kutsutaan virransyötön toiseksi kojelevyksi. Tämän kojelevyn keskeisimmät komponentit ovat valaistus- ja lämmityspiirin pääkatkaisija sekä DynAcon

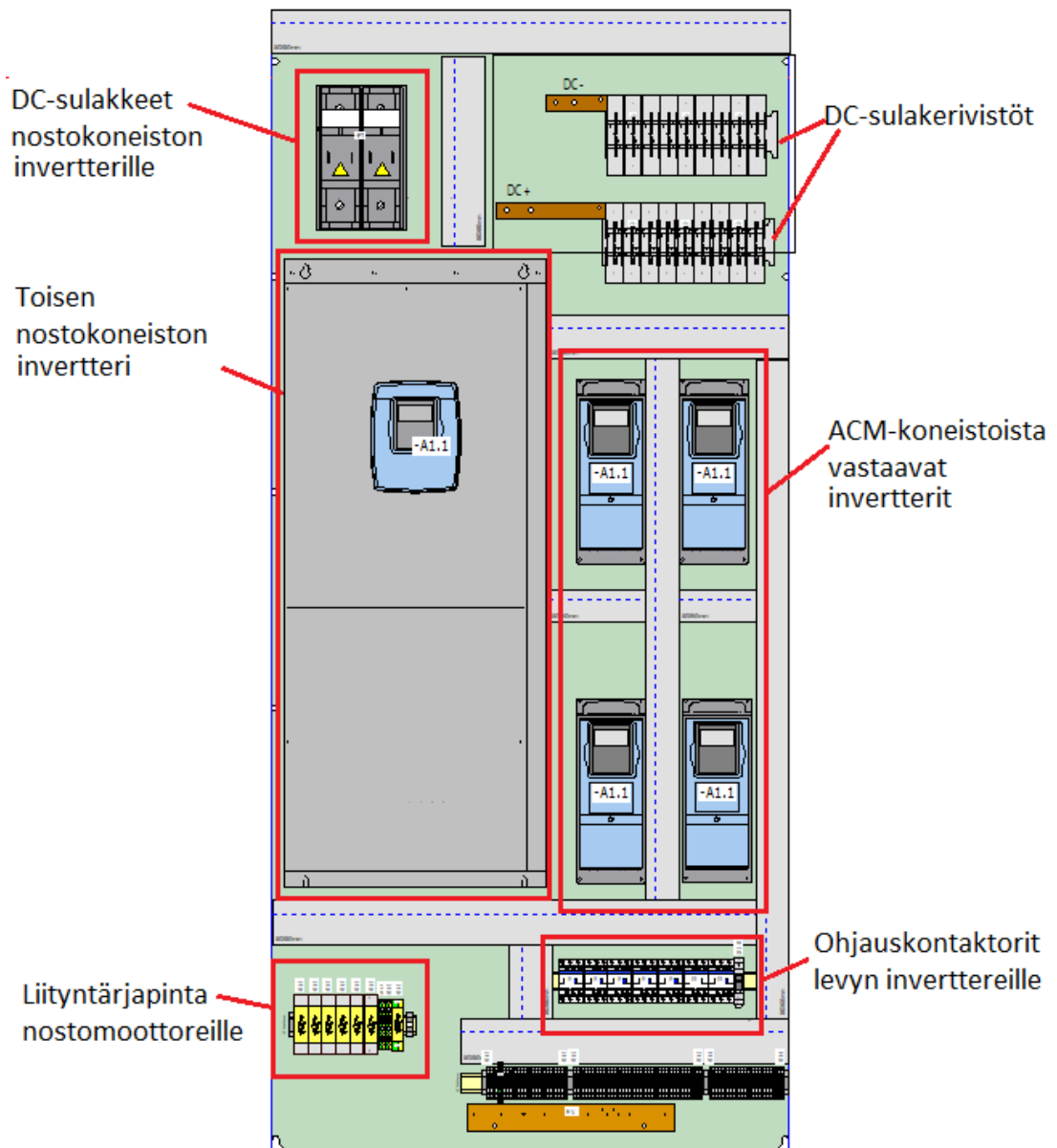
laitteen ohituskytkin. Valaistus- ja lämmityspiirin pääkatkaisija saa sähkönsyötön +E1.12-kojelevyltä, virransyötön pääkatkaisijan jälkeen.

+E1.3-kojelevy on jaettu kahteen selkeään osaan. Nämä osat ovat valaistus- ja lämmityspiiri sekä ensimmäisestä nostokoneistosta huolehtiva osa, johon kuuluvat DC-sulakkeet ja nostokoneiston invertteri. Invertteri on laite, joka muokkaa tasavirrasta vaihtovirtaa moottoreille. Valaistus- ja lämmityspiiriin kuuluu useita komponentteja, kuten johdon-suojakatkaisijoita, kontakteja ja moottorinsuojakatkaisijoita. Kuva 13 näyttää yhden toteutuneen projektin komponenttien sijoittelun +E1.3-levylle.



Kuva 13. Valaistus- ja lämmityspiirin sekä ensimmäisen nostokoneiston komponenttien asettuminen +E1.3-kojelevylle. (E3-sähkökuvat).

+E1.4-kojelevyllä on toisen nostokoneiston invertteri ja tämän DC-sulakkeet samalla tavoin kuin +E1.3-levyssä, mutta kojelevyn vasemmalla puolella. Tämän lisäksi kojelevyltä löytyy neljä invertteriä, joilla ohjataan apunostokoneistoja eli ACM-koneistoja, ohjauskontaktorit levyn inverttereille sekä DC-sulakerivistöt. DC-sulakerivistöistä syötetään ACM-invertterejä ja myös levyillä +E1.5 ja +E1.6 olevia invertterejä. +E1.4-kojelevyn layout-piirustus on esitetty kuvassa 14.

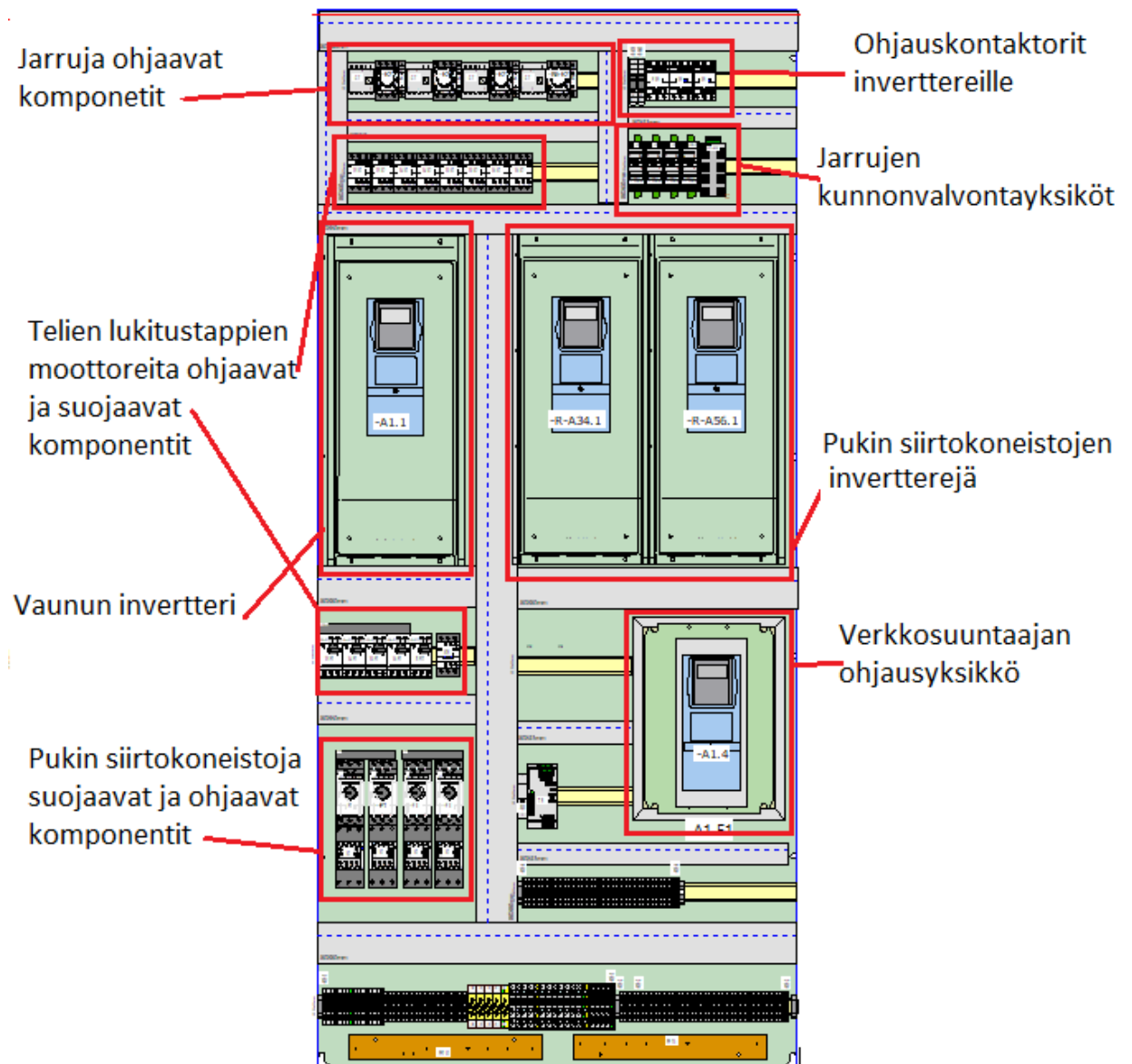


Kuva 14. +E1.4-kojelevyn layout-piirustus. (E3-sähkökuvat).

+E1.5-kojelevyllä sijaitsevat vaunun siirrosta vastaava invertteri sekä kaksi pukin siirrosta vastaavia invertterejä (sähköhuoneen puoli). Invertterien lisäksi levyllä on sähköhuoneen puoleisten telien ja pyörien ohjaukseen ja suojaukseen tarkoitetut komponentit sekä verkkosuuntaajan ohjausyksikkö. Sähköhuoneen puoleisten telien ja pyörien ohjaukseen ja suojaukseen liittyvät komponentit ovat

- telien lukitustappien moottoreita suojaavat ja ohjaavat komponentit
- pyörien siirtokoneistojen moottoreita suojaavat ja ohjaavat komponentit
- pyörien siirtokoneistojen moottoreiden jarruja ohjaavat komponentit ja jarrujen kunnonvalvontayksiköt.

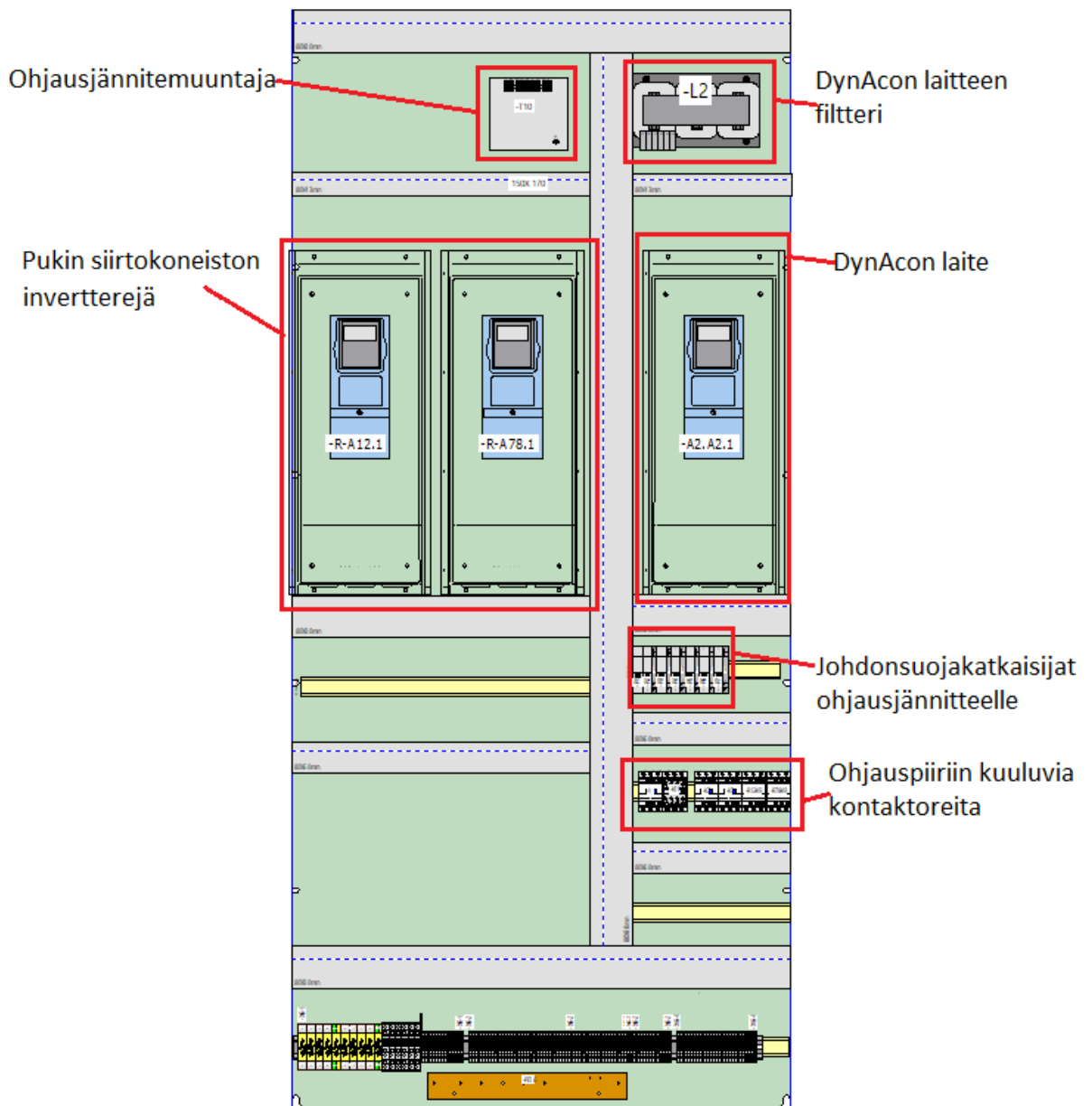
+E1.5-kojelevyn layout-piirustus on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. +E1.5-kojelevyn layout-piirustus. (E3-sähkökuvat).

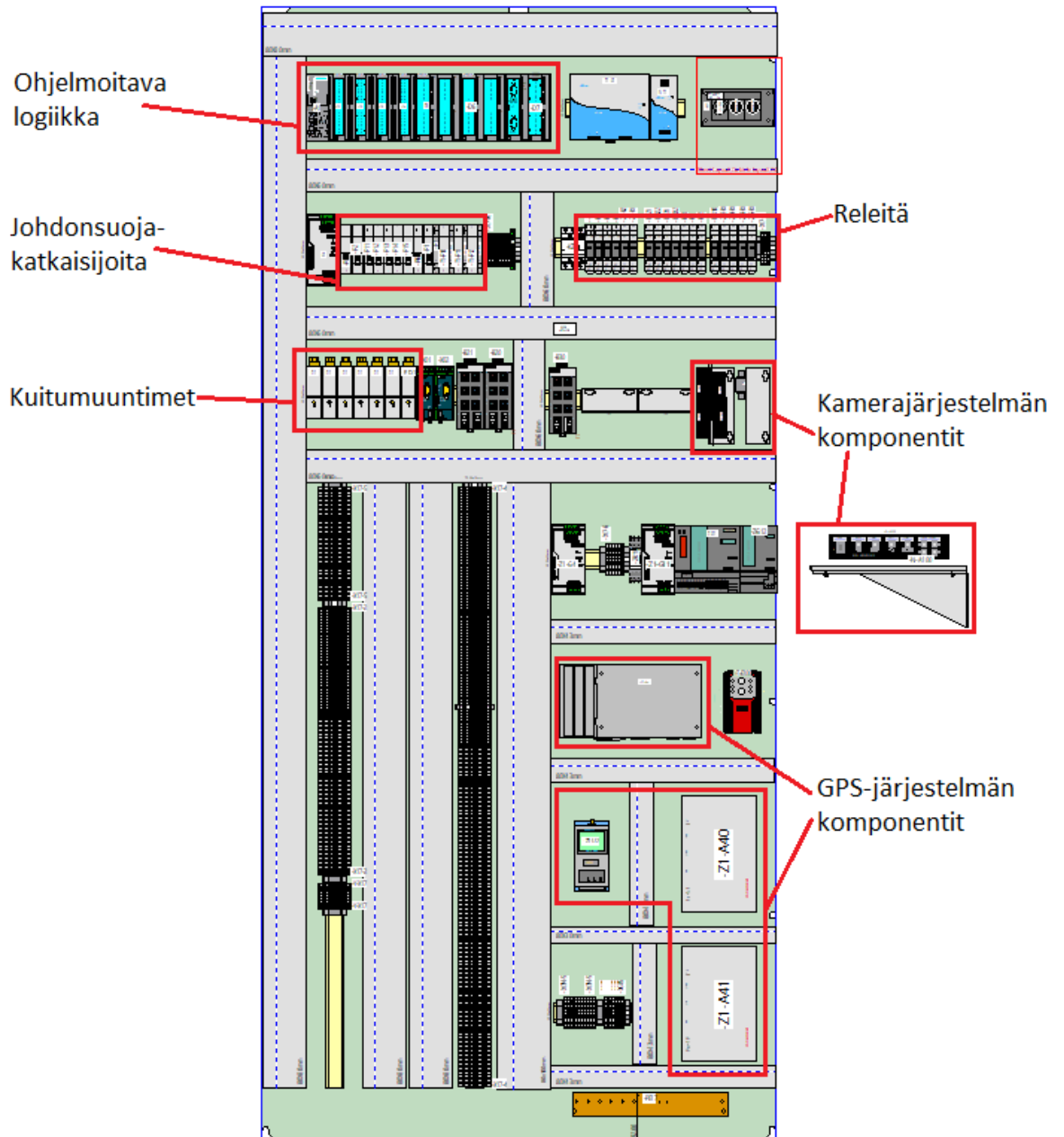
+E1.6-kojelevyllä on myös kaksi pukin siirrosta vastaavaa invertteriä (Access side). Invertterien lisäksi tällä levyllä sijaitsevat DynAcon-laite, DynAcon-laitteen filtti, ohjausjännitemuuntaja, johdonsuojakatkaisijat ohjausjännitteelle sekä ohjauspiiriin kuuluvia kontakteja. +E1.6-kojelevyn layout-piirustus on esitetty kuvassa 16.

Tällä kojelevyllä ei ole telien ja pyörien ohjaukseen ja suojaukseen liittyviä komponentteja kuten +E1.5-levyllä, koska kyseiset komponentit sijaitsevat pitkien kaapelointien välttämiseksi toisella puolella nosturia, pukin sähkökaapissa.



Kuva 16. +E1.6-kojelevyn layout-piirustus. (E3-sähkökuvat).

+E1.7 on sähköhuoneen viimeinen kojelevy ja sitä kutsutaan logiikan levyksi tai Z-levyksi. Tärkeimmät tällä levyllä sijaitsevat komponentit ovat PLC (engl. Programmable Logic Controller) eli ohjelmoitava logiikka, kuitumuuntimet invertterien takaisin kytkennälle, GPS eli paikannusjärjestelmä sekä kamerajärjestelmän komponentit. Näiden komponenttien lisäksi levyllä on virtalähteitä, johdonsuojakatkaisijoita sekä pieniä releitä. +E1.7 kojelevyn layout-piirustus on esitetty kuvassa 17. Huomionarvoista on, että kamerajärjestelmän videolähetin on asennettu telineeseen kojelevyn ulkopuolelle, sähköhuoneen sisäänkäynnin oikealle puolelle. (E3-sähkökuvat.)



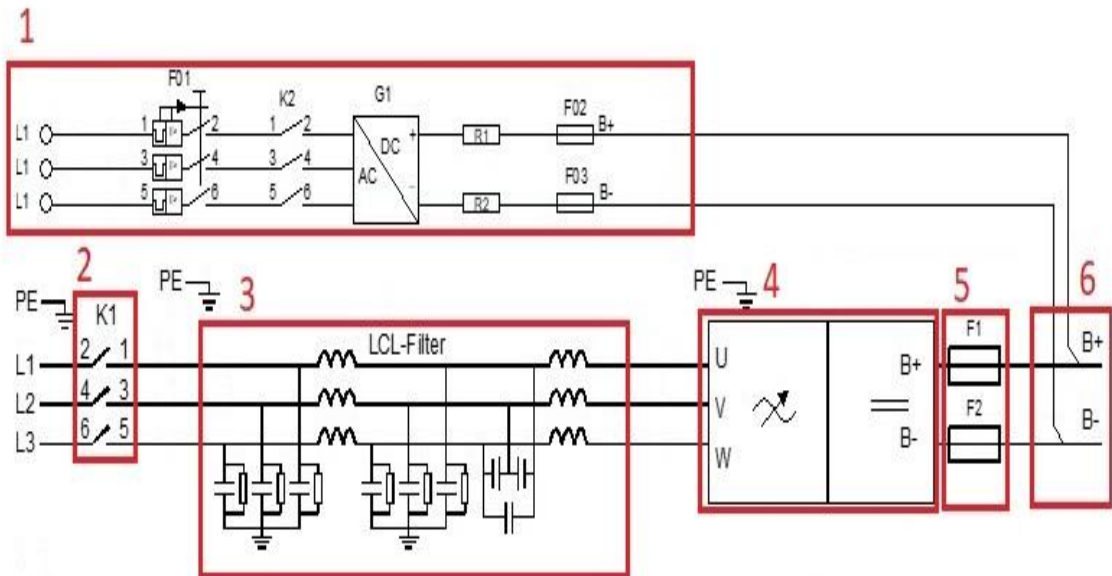
Kuva 17. +E1.7-kojelevyn layout-piirustus. (E3-sähkökuvat).

### 3.3 Taajuusmuuttajakäytöt sähköhuoneessa

#### 3.3.1 DynAReg Vector II-verkkosuuntaaja (D2R)

Yleisimmin RTG-nosturi saa käyttövirtansa dieselgeneraattorilta, joka syöttää nosturia 500 V:n nimellisjännitteellä. Tämä 500 V:n jännite syöttää DynAReg Vector II-verkkosuuntaajaa (D2R). Kyseinen verkkosuuntaaja toimii *tasasuuntaajana* common DC-piirille eli tasajännitevälipiirille, josta kaikki invertterit saavat käyttövirtansa. Verkkosuuntaaja mahdollistaa myös tehon syöttämisen takaisin sähköverkkoon, jolloin se toimii invertterinä. Tehon syöttäminen takaisin verkkoon on kuitenkin mahdollista vain tapauksissa, joissa on virransyöttötapana kaapelikela tai virtakiskosto. Tehoa ei voida syöttää takaisin verkkoon nosturimalleissa, joissa on käytössä pelkkä dieselgeneraattori virransyöttönä. Konecranesilla on käytössä RTG-nostureissaan 250 kW:n tehoinen D2R laite.

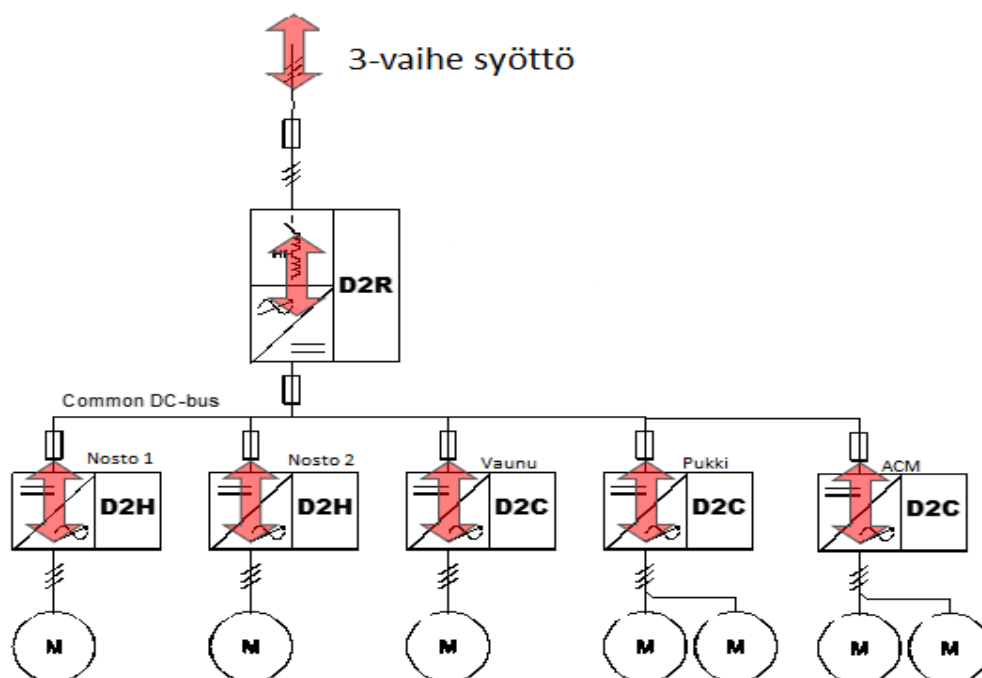
D2R verkkosuuntaaja on kaappikokonaisuus, joka koostuu LCL-suodattimesta, tehoyksiköstä, latauspiiristä, pääkontaktorista, DC-sulakkeista ja kuparikiskoista valmistetusta DC-välipiiristä. LCL-suodatin on passiivinen suodatin, jota käytetään jännite- ja virtapiikkien minimoimiseksi. LCL-suodatin koostuu sarjaan kytketyistä keloista ja niiden väliin asennetusta kondensaattorista. Latauspiiriä käytetään välipiirin jännitteen nostamiseksi ja inverttereissä olevien kondensaattorien lataamista varten ennen pääkontaktorin sulkemista ja varsinaisen tasasuuntaamisen aloittamista. Tehoyksikkö on verkkosuuntaajan osa, joka suorittaa tasasuuntaamisen. Tehoyksikkö koostuu IGBT-transistoreista (Insulated Gate Bipolar Transistor) ja niiden rinnalle kytketyistä nolladiodeista. D2R-verkkosuuntaajan rakenne on esitetty piirikaaviona kuvassa 18. (Konecranes intranet.)



Kuva 18. verkkosuuntaajan piirikaavio, missä 1. Latauspiiri 2. Pääkontaktori 3. LCL-suodatin 4. Tehoysikkö 5. DC-sulakkeet 6. DC-välipiiri. (Konecranes intranet).

Jotta D2R-verkkosuuntaaja voidaan asentaa sähköhuoneeseen, se vaatii myös erillisen ohjausyksikön parametrien asettamista varten. Ohjausyksikkö liitetään tehoysikköön optisen kaapelin avulla. Tämä ohjausyksikkö on tyypillisesti sijoitettu +E1.5-kojelevylle erillisen kotelon sisään.

Kuvassa 19 on esitetty D2R-verkkosuuntaajan yksinkertaistettu kytkentäperiaate sekä yleisimmät toiminnot, jotka vaativat taajuusmuuttajan. Nämä käytöt ovat nostotoiminnot, vaunun liikuttaminen, pukin liikuttaminen ja heijauksenesto eli ACM-järjestelmä. Punaiset nuolet kuvassa havainnollistavat, että teho voi siirtyä molempiin suuntiin. Kuvasta poiketen pukin liikuttaminen ja ACM-järjestelmä toteutetaan neljällä taajuusmuuttajalla yhden sijasta. Kuvassa olevat moottorit eivät myöskään kuvaa moottorien todellista lukumäärää.



Kuva 19. D2R verkkosuuntaaja kytkentäperiaate. (Konecranes intranet).

### 3.3.2 Invertterit

Konecranes käyttää RTG-nostureissaan kahta eri invertterityyppiä, jotka kuuluvat samaan DynA Vector II-tuoteperheeseen kuin verkkosuuntaaja D2R. Nämä kaksi invertterityyppiä ovat DynA Hoist (D2H) ja DynAC (D2C). D2H invertteri on kehitetty erityisesti nostosovelluksille, ja D2C invertteri on tarkoitettu erityisesti muille siirtoliikkeille. Nämä invertterit on kehitetty yhteistyössä vaasalaisen Vacon Oyj:n kanssa. (Konecranes intranet.)

DynA invertteriteknologia on kehitetty Konecranesilla nosturikäyttöjä varten. Inverttereissä on sisäänrakennetut turvaominaisuudet sekä muita nosturikäyttöön kehitettyjä ominaisuuksia kuten shokkikuorman esto, löysän nostoköyden tunnistus, kuorman keltuttaminen, kuorman punnitseminen sekä tuumaus. Tuumaus tulee englannin kielisestä sanonnasta inching ja se tarkoittaa kykyä liikuttaa suurta kuormaa todella hitaalla nopeudella. (Superior Crane Drive Technology DynA Vector II 2009, Konecranes intranet.)

RTG-nosturin taajuusmuuttajakäytöt on siis sovellus, jossa on yksi verkkosuuntaaja ja monta invertteriä. Verkkosuuntaaja voi joissain tilanteissa ottaa verkosta tehoa ja

toisissa tilanteissa syöttää tehoa verkkoon päin eli toimia vaihtosuuntaajana. Moottoreita syöttävät invertterisillat toimivat ajotilanteessa inverttereinä (muokkaavat DC:stä AC:ta moottoreille) ja jarrutustilanteissa tasasuuntaajina (eli muokkaavat AC:sta DC:tä).

Invertterejä ohjataan Profibus-kenttäväylän ja ohjelmoitavan logiikan avulla. Lisäksi inverttereissä on oma ohjausyksikkönsä. Ohjausyksikön sisällä on viisi paikkaa turvakortteille, joilla voidaan toteuttaa haluttuja turvaominaisuuksia. Ohjausyksikölle vedetään oma sähkönsyöttö, jotta invertterin parametrejä voidaan säätää ilman, että tehoyksikkö on päällä. Kuvassa 20 on kuvattu invertterin perusrakenne sekä ohjausyksikkö avattuna.



Kuva 20. Invertterin perusrakenne ja ohjausyksikkö avattuna. (Konecranes intranet).

Invertterejä käytetään RTG-nostureissa kaikissa liikkeissä, missä liikkeen nopeutta pitää pystyä säätämään. Yleisimpien liikkeiden kanssa käytettyjen taajuusmuuttajien määrät, tehot ja tyypit on ilmoitettu taulukossa 1.

Taulukko 1. Yleisimpien liikkeiden kanssa käytettyjen invertterien määrä, teho ja tyyppi.

Liike	Invertterien määrä	Teho/kpl (kW)	Invertterin tyyppi
Kuorman nostaminen ja laskeminen	2	132	D2H
Vaunun siirtäminen	1	45	D2C
Pukin siirtäminen	4	45	D2C
ACM-koneistot	4	5	D2C

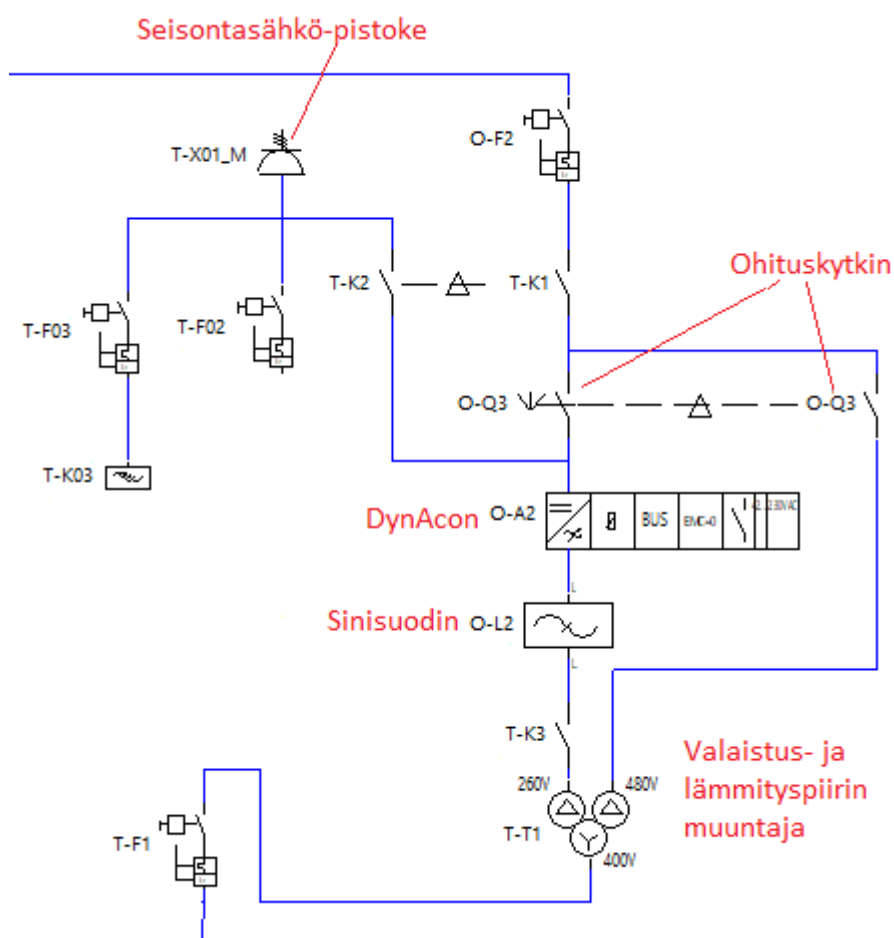
### 3.3.3 DynAcon-laite

DynAcon on taajuusmuuttaja, jota käytetään RTG-nosturissa valaistus- ja lämmityspiirin muuntajan syöttämiseen. DynAcon-laitetta käytetään, koska sähköä syöttävästä dieselgeneraattorista tai vaihtoehtoisesti kaapelikela- tai virtakiskovirransyötössä asiakkaan sähköverkosta tuleva sähkö ei ole aina tasalaatuista. Kun sähkö syötetään ensin DynAcon-laitteelle, joka tasasuuntaa ja uudelleen vaihtosuuntaa sähköä, on sähkö valaistus-, lämmitys- ja ohjauspiirissä aina tasalaatuista. DynAcon-laite on teholtaan 45 kW ja se on fyysisiltä mitoiltaan samankokoinen ja -näköinen kuin 45 kW:n invertteri.

Koska DynAcon-laite vastaa RTG-nosturin koko valaistus-, lämmitys- ja ohjauspiirin virransyötöstä, niin sen vikaantuessa olisi koko nosturi käytännössä käyttökelvoton. Tämän vuoksi DynAcon-laitteelle asennetaan ohituskytkin (DynAcon Bypass), jotta valaistus- ja lämmityspiirin muuntajaa voidaan syöttää rikkoutuneen laitteen ohi. Valaistus- ja lämmityspiirin muuntajalla on kaksi ensiökäämiä. Itse DynAcon-laite saa 500 V:n sähkönsyötön, jonka se muuntaa 260 V:n arvoon. Tämä 260 V:n jännite syötetään sinisuotimen ja kontaktorin läpi valaistus- ja lämmityspiirin muuntajan 260 V ensiöön. Ohituskytkintä käytettäessä 500 V:n sähkönsyöttö syötetään suoraan muuntajan 480 V ensiöön (20 V ylijännite ei aiheuta ongelmia). DynAcon-laitteen kytkentäperiaate on esitettyinä kuvassa 21 yksitiejohtokaaviona. (E3-sähkökuvat.)

DynAcon-laitetta tulee käyttää sinisuotimen kanssa siten, että laitteen ja sinisuotimen välinen kaapelointi tai johdotus on mahdollisimman lyhyt. Sinisuotimen tehtävä on tasoittaa taajuusmuuttajan pulssinleveysmodulaatiosta johtuvaa kantikasta jännitettä mahdollisimman sinimuotoiseksi. Sinisuodin valitaan taajuusmuuttajan kytkentätaajuuden

perusteella, joka on DynAcon-laitteella 7,5 kHz. (Konecranes intranet, Schneider-electric 2015)

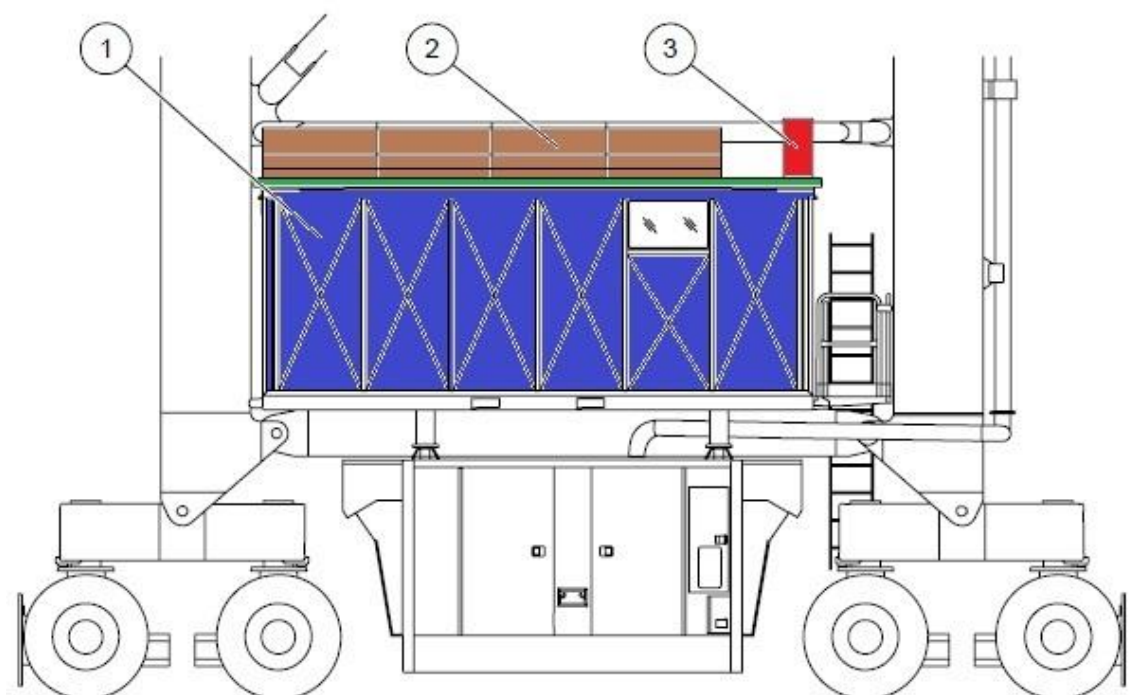


Kuva 21. Yksitiejohtokaavio DynAcon-laitteen, ohituskytkimen, sinisuotimen ja valaistus- ja lämmityspiirin muuntajan kytkentäperiaatteesta. (E3-sähkökuvat).

### 3.4 Sähköhuoneen katto

Sähköhuoneen katolla eli yläulkopinnalla sijaitsevat jarruvastukset sekä ilmastointilaitte, jotka molemmat kytketään sähköhuoneeseen seinässä olevan läpiviennin kautta. Jarruvastukset on asennettu metallikoteloon, ja niiden tehtävä on muuttaa kuorman laskemisesta aiheutuva sähköenergia lämpöenergiaksi. Katolta löytyvällä ilmastointilaitteella tarkoitetaan ilmalämpöpumpun tyypillistä ulkoyksikköä. Ilmastointilaitteen tehtävä on taata viileä ilma huoneen sisällä kuumissakin käyttöoloissa ja estää muiden

sähkökomponenttien ylikuumentuminen. Jarruvastukset sekä ilmastointilaitteen ulkoyksikkö on esitetty kuvassa 22. Kuvan vihreä osa kuvaa katon pintaa.



Kuva 22. 1. Sähköhuone 2. Jarruvastukset 3. Ilmastointilaitte. (Operators manual 2016).

## 4 Sähköhuoneen mallintaminen konfiguroitavaksi

### 4.1 Tietoa tuotekonfiguroinnista

Konfiguroinnilla tarkoitetaan prosessia, jolla kyetään muuttamaan lähtötiedot, kuten asiakasvaatimukset tai tehdastilaus spesifikaatioksi seuraavan prosessin vaiheen vaatimaan muotoon kuten esim. valmistusdokumenteiksi. Valmistusdokumenteina toimivat tässä tapauksessa kojelevyjen layout-piirustukset, osaluettelot sekä piirikaaviokuvat.

Jotta konfigurointi onnistuu, pitää konfiguroitavalla tuotteella olla konfigurointimalli, joka sisältää konfiguroinnin tarvitsemat säännöt ja kysymykset. Konfigurointi voi olla manuaalinen tai automaattinen prosessi. Koska konfigurointiin liittyy valtava määrä tietoa, on sen parempi olla automaattinen prosessi. Automaattista tuotekonfigurointia voidaan pitää toimintatapana, jolla voidaan suorittaa järjestelmällistä asiakasmuuntelua. Konfiguroinnin suorittavaa automaattista IT-järjestelmää kutsutaan konfiguraattoriksi. (Martio 2015, 13.)

Peltosen ym. (2002, 79) mukaan konfiguroitavalla eli asiakaskohtaisesti muunneltavalla tuotteella on seuraavat ominaisuudet:

- Jokainen tuoteyksilö toteutetaan tilauskohtaisesti asiakkaan vaatimusten mukaisesti.
- Tuote on etukäteen suunniteltu täyttämään joukko samankaltaisia asiakastarpeita.
- Tuoteyksilö muodostetaan yhdistelemällä etukäteen suunniteltuja komponentteja.
- Tuoteyksilöt perustuvat etukäteen suunniteltuun rakenteeseen.
- Tuoteyksilön muunteluun tarvitaan vain rutiininomaista ja järjestelmällistä työtä.

### 4.2 Kehitysprojektin tavoitteet

Tämän kehitysprojektin päätavoite on modulaarisen ja täysin testattavan sähköhuoneen kehittäminen. Ensimmäisessä projektipalaverissa päätettiin tuoteryhmän kanssa asiasta, jotka halutaan ottaa huomioon toteutettaessa uutta sähköhuonetta. Päätettiin, että

sähköhuoneen fyysisiä mittoja ei tulla muuttamaan, mutta sähköhuoneen katolle voidaan asentaa kattoteline lisätilan saamiseksi joillekin komponenteille. Katolla olevia jarruvastuksia halutaan myös muuttaa siten, että pituus puolitetaan ja korkeus kaksinkertaistetaan (tämä mahdollistaa kattotelineen asennuksen ja lisätilan saamisen katolle). Lisäksi katolla olevat komponentit halutaan liittää sähköhuoneeseen läpivientien sijasta pistokeilla.

Työn tavoitteiden saavuttamiseksi ja konfiguraattorin muodostamiseksi, tulee ensiksi tunnistaa asiat tai valinnat, jotka aiheuttavat muutoksia sähköhuoneessa. Työ aloitettiin tutustumalla ja tutkimalla lukuisia aiemmin toteutettuja RTG-projekteja muutosten tunnistamiseksi.

#### 4.3 Muutosten tunnistaminen sähköhuoneessa

Koska RTG-projektit myydään asiakastoiveiden mukaisesti toteutettuina, on luonnollista, että asiakkaalle annetaan tilausprosessissa nosturia koskevia valintoja tehtäväksi. Nämä valinnat, joita asiakas tekee, vaikuttavat myös sähköhuoneeseen. Näitä valintoja kutsutaan optioiksi ja varianteiksi. Optiot ovat valintoja, jotka asiakas voi joko ottaa tai jättää kokonaan pois, kuten esimerkiksi hydraulinen kuormauselin. Variantit taas ovat valintoja, jotka asiakkaan on pakko tehdä. Esimerkiksi asiakkaan on pakko valita, haluaako hän tilata nosturin 8- vai 16-pyöräisenä.

#### Standardien ja toimitusmaan aiheuttamat muutokset

RTG-nostureita myydään ympäri maailmaa. Tämän vuoksi nostureiden suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon loppusijoitusmaassa käytetyt sähköstandardit. RTG-nostureissa sovellettavat sähköstandardit ovat kanadalainen CSA-standardi (Canadian Standards Association), yhdysvaltalainen NEC-standardi (The National Electrical Code) sekä kansainvälinen IEC-standardi (International Electrotechnical Commission).

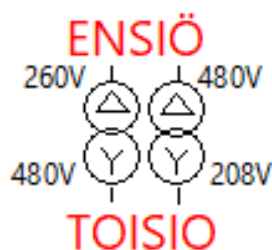
IEC-standardi määrittelee minimiturvallisuusvaatimukset komponenteille, CSA-standardi määrittelee tarkemmin sallitut käytettävät laitteet ja komponentit. Yleisesti ottaen

Pohjois-Amerikkalaiset standardit ovat vaativimpia kuin IEC-standardi. CSA-standardi vaatii käytettäväksi muun muassa paremmin kosketussuojattuja komponentteja. (What is the difference between UL and IEC standard 2016.)

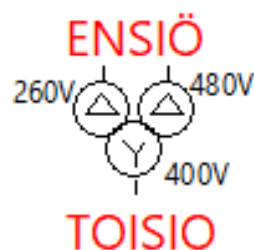
IEC- ja NEC-standardien mukaisesti toteutetuissa RTG-nostureissa käytetään Siemensin johdonsuojakatkaisijoita. CSA-standardin mukaisesti toteutetuissa nostureissa taas käytetään ABB:n johdonsuojakatkaisijoita, koska Siemensin johdonsuojakatkaisijat eivät täytä CSA-standardin vaatimuksia. ABB:n johdonsuojakatkaisijat ovat fyysisiltä mitoiltaan suurempia kuin Siemensin vastaavat. Lisäksi käytettäessä CSA-standardia, käytetyt filterit/sinisuoitimet ovat myös fyysisiltä mitoiltaan suurempia.

NEC- ja CSA-standardin mukaisesti toteutetuissa nostureissa käytetään 480 V / 60 Hz pääjännitettä sekä 115 VAC & 24 VDC ohjausjännitettä. Eurooppaan ja muualle maailmaan toimitettaessa käytetään yleensä IEC-standardin mukaisesti 400 V / 50 Hz pääjännitettä sekä 230 VAC & 24 VDC ohjausjännitettä. Nosturin tilaaja on kuitenkin joka tapauksessa se, kuka käytettävän standardin valitsee. Sähköhuoneen valaistus- ja lämmityspiirin muuntaja valitaan pääjännitteen perusteella. Pääjännitteen ollessa 400 V, muuntajalla on 260 V & 480 V ensiökäämit ja 400 V toisiokäämi. Jos pääjännite on 480 V, on muuntajalla 260 V & 480V ensiökäämit ja 480 V & 208 V toisiokäämit. NEC/CSA ja IEC standardeissa käytettyjen muuntajien käämitykset on esitetty kuvassa 23.

## NEC / CSA



## IEC



Kuva 23. NEC / CSA & IEC standardeissa käytetyt muuntajat. (E3-sähkökuvat).

NEC ja CSA projekteissa muuntajan 208 V toisiokäämiä käytetään syöttämään käyttölaitteita, jotka vaativat matalamman jännitteen. 208 V pääjännitteellä vaihejännite on 120 V, jota käytetään pistorasioiden, valaisimien, lämmittimien ja hakkuriteholähteiden syöttämiseen. Edellisistä poiketen ilmastointilaitte vaatii toimiakseen korkeamman jännitteen, jolloin käytetään kahden vaiheen välistä jännitettä, joka on 208 V.

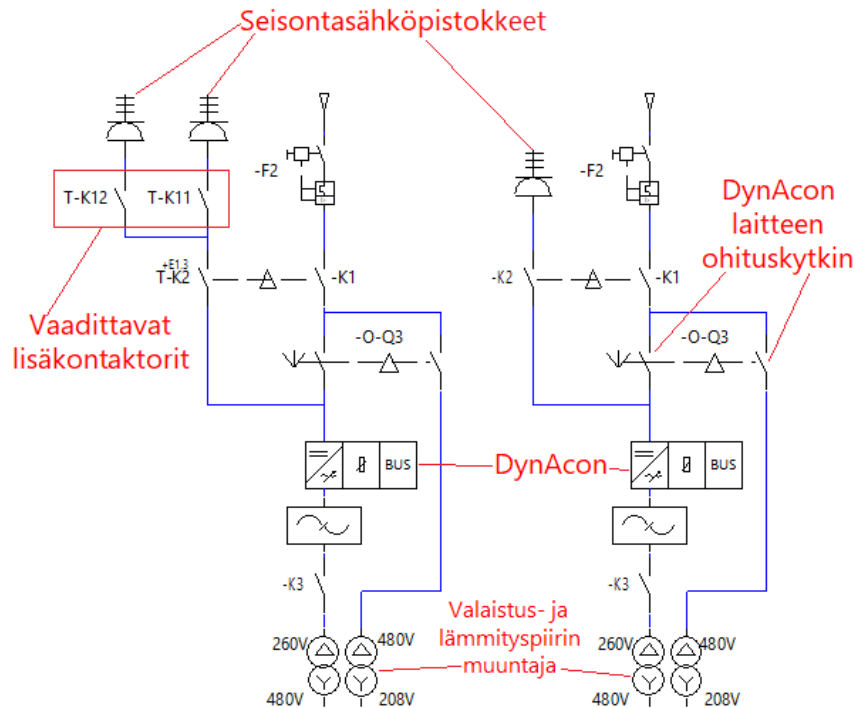
Ohjausjännitteen muutos vaikuttaa ohjausjännitemuuntajan kytkentään sekä sähköhuoneessa käytettävien kontaktorien tyyppiin, koska kontaktorin kelaa syöttävä jännite muuttuu. Kontaktorit ovat ohjausjännitteestä riippumatta fyysisiltä mitoiltaan saman kokoisia ja näin ollen vaihtuva kontaktorityyppi ei aiheuta näkyviä muutoksia sähköhuoneessa. Jos ohjausjännite on 230 V, niin ohjausjännitemuuntajan kaksi 115 V toisiokäämiä kytketään sarjaan, jolloin ulos saatava jännite on 230 V. Jos vaadittava ohjausjännite on 115 V, niin molemmat toisiokäämit kytketään rinnan ja ulos saatava jännite on 115 V. 24 VDC jännite toteutetaan sähköhuoneissa hakkuriteholähteillä.

Sähköhuoneessa käytetyt pistorasiat valitaan loppusijoitusmaassa käytettävien pistorasioiden mukaisesti. Johdinvärit valitaan myös loppusijoitusmaan mukaan. loppusijoitusmaassa käytetty kieli vaikuttaa millä kielellä sähköhuoneen kyltit kirjoitetaan. Kieli vaikuttaa myös CMS-koneen käyttökieleen.

#### Seisontasähköpistokkeet

RTG-nostureissa voi olla yksi tai kaksi pistoketta seisontasähköä varten. Jos käytettäväksi tulee vain yksi seisontasähköpistoke, asiakas saa valita kummalla puolella nosturia se sijaitsee. Jos asiakas vaatii seisontasähköpistokkeet molemmille puolille nosturia, sähköhuoneeseen tarvitaan kaksi lisäkontaktoria. Näiden kontaktorien tehtävä on valita, kummasta pistokkeesta sähkö otetaan seisonnan aikana. Kontaktorit myös estävät oikosulun syntymisen, mikäli molemmat pistokkeet kytkettäisiin verkkoon samanaikaisesti.

Seisontasähkö syötetään pistokkeiden lukumäärästä riippumatta DynAcon-laitteelle. Ennen DynAcon-laitetta on kaksi kontaktoria, joilla valitaan, syötetäänkö sähkö laitteelle seisontasähköpistokkeesta vai nosturin omasta virransyötöstä. Seisontasähköpistoketta voi käyttää valaistus- ja lämmityspiirin syöttämiseen DynAcon-laitteen ohi vain erikoistapauksissa. Kuva 24 esittää yksitiejohtokaaviot tapauksille, joissa on käytössä yksi tai kaksi seisontasähkö-pistoketta.



Kuva 24. Yksitiejohtokaaviot yhdellä ja kahdella seisontasähköpistokkeella. (E3-sähkökuvat).

Seisontasähkön jännitetaso riippuu sataman verkossa käytetystä jännitteestä, joka perustuu yleensä maan standardiin. NEC- tai CSA-standardia käytettäessä seisontasähkö syötetään DynAcon-laitteelle 480 V / 60 Hz jännitteellä. IEC-standardia käytettäessä seisontasähkö syötetään DynAcon-laitteelle 400 V / 50Hz jännitteellä.

DynAcon-laite vaatii toimiakseen syöttävän jännitteen, joka on 380...500 V. Erikoistapauksissa, missä seisontasähköpistokkeesta tuleva sähkö on yli 500 V, seisontasähkö syötetään DynAcon-laitteen ohi suoraan valaistus- ja lämmityspiirin muuntajalle. Tällaisessa erikoistapauksessa vaaditaan käytettäväksi muuntajaa, jolla on kolmas ensiökäämi, joka vastaa seisontasähköpistokkeen jännitettä. Kuvassa 25 on esitetty yksitiejohtokaaviona erikoistapaus muuntajan ja seisontasähköpistokkeen kytkennästä, jännitteen ollessa 575 V.



## Samanaikaisten siirtoliikkeiden lukumäärä

RTG-nostureita voi tilata joko kahdella tai kolmella samanaikaisesti toteutettavalla siirtoliikkeellä. Kolmella siirtoliikkeellä vaunua, pukkia ja nostoa voi ajaa samanaikaisesti, koska kaikille liikkeille on omat invertterinsä. Kahdessa samanaikaisessa siirtoliikkeessä nosto ja pukin liikuttaminen toteutetaan samoilla inverttereillä eli niin sanotusti jaetuilla käytöillä. Kahden siirtoliikkeen nosturissa voi samanaikaisesti ajaa vaunua ja pukkia tai vaunua ja nostoa.

Tämä on suurin muutoksen aiheuttaja sähköhuoneessa. Jaetuilla käytöillä toimiessaan sähköhuoneesta jää kaikki neljä pukin siirrosta vastaavaa 45 kW taajuusmuuttajaa pois, mutta kontaktoreja sekä moottorinsuojakatkaisijoita vaaditaan enemmän. Koska samat invertterit toteuttavat kahta eri siirtoliikettä, täytyy pienemmän virran tarvitsevat moottorit (eli tässä tapauksessa pukin siirrosta vastaavat moottorit) suojata ylimääräisillä moottorinsuojakatkaisijoilla. Kontaktoreja tarvitaan vaihtaessa siirtoliikkeestä toiseen. Taulukossa 3 on esitetty kahden ja kolmen yhtäaikaisen liikkeen vaatimat komponentit. Oranssilla maalatut solut auttavat hahmottamaan eron komponenttien lukumäärässä.

Taulukko 3. Kahden ja kolmen yhtäaikaisen liikkeen vaatimat komponentit.

Liike	Komponentti	3 liikettä	2 liikettä
Nosto/pukki	132kW Invertteri	2	2
Vaunu	45kW Invertteri	1	1
Pukki	45kW Invertteri	4	0
Nosto	Vaihtokontaktori	0	2
Pukki	Vaihtokontaktori	0	4
Pukki	Moottorisuoja	0	2

## Nosturin pyörien lukumäärä

RTG-nosturia valmistetaan 8- ja 16-pyöräisenä. Nämä kaksi mallia kulkevat nimillä 8W ja 16W. Näissä kahdessa eri mallissa sähköhuoneen komponenttien määrät eroavat te-lien lukitustappien ja pukin jarrujen piireissä. Lisäksi pukin siirtoon käytettävät

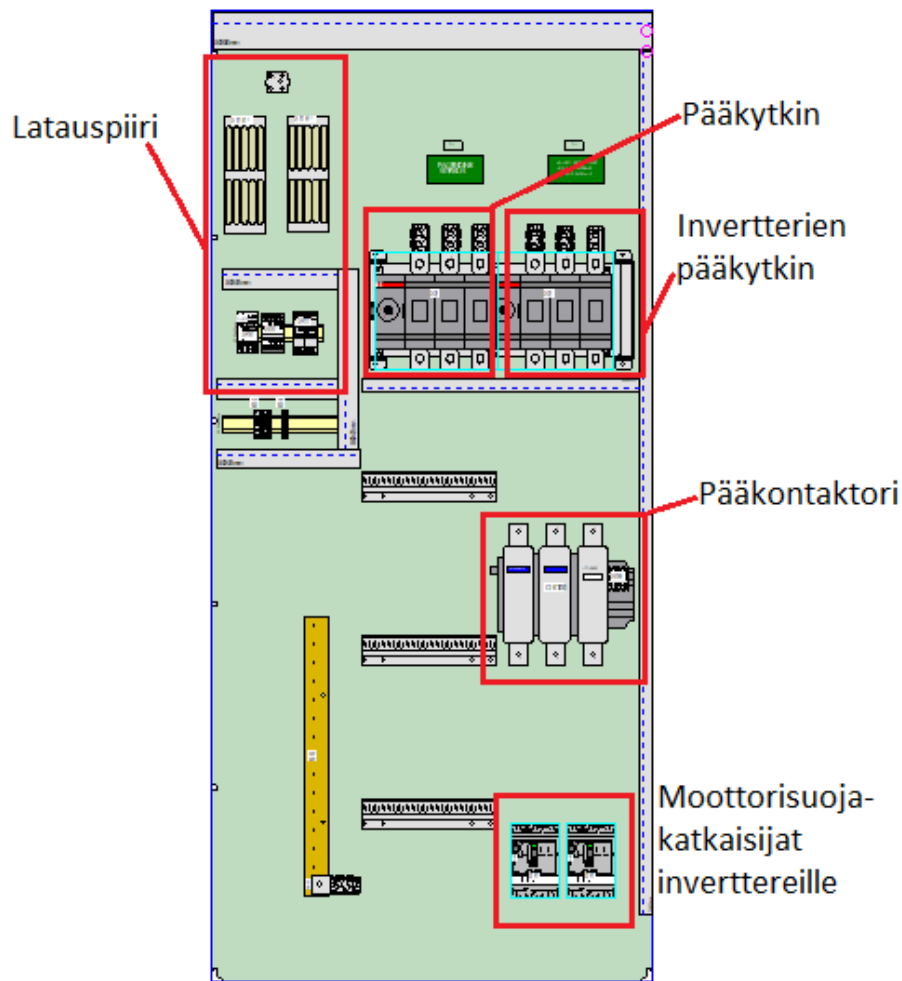
komponenttityypit ja määrät ovat erilaiset. Kaikki komponenttierot on esitetty taulukossa 4. Taulukon oranssit solut havainnollistavat eroa komponenttien lukumäärissä ja keltaiset solut havainnollistavat eroa komponenttityypeissä.

Taulukko 4. Komponenttierot 8- ja 16-pyöräisen RTG-nosturimallin välillä.

Toiminto	Komponentit	8W Valmistaja & Tyyppi	16W Valmistaja & tyyppi jos eri kuin 8W	KPL/8W	KPL/16W
Telien lukitustapit	Moottorisuoja	Schneider GV3P25		1	1
Telien lukitustapit	Kontaktori	Schneider LC1D32		1	1
Telien lukitustapit	Moottorisuoja	Schneider GV2P07		2	4
Telien lukitustapit	Kontaktori	Schneider LC1D18		4	8
Pukin jarrut	Moottorisuoja	Schneider GV2P10		1	1
Pukin jarrut	Kontaktori	Schneider LC1D12P7		2	4
Pukin jarrut	Tasasuuntaaja	Konecranes ESD141		2	4
Pukin jarrut	Kunnonvalvontayksikkö	Konecranes BMU		2	4
Pukin jarrut	Ethernet switch	Phoenix Contact		1	1
Pukin siirto	Moottorisuoja	Schneider NSX100N/L	Schneider GV3P50	2	4
Pukin siirto	Kontaktori	Schneider LC1D115	Schneider LC1D50A	4	4

#### Verkkosuuntaaja

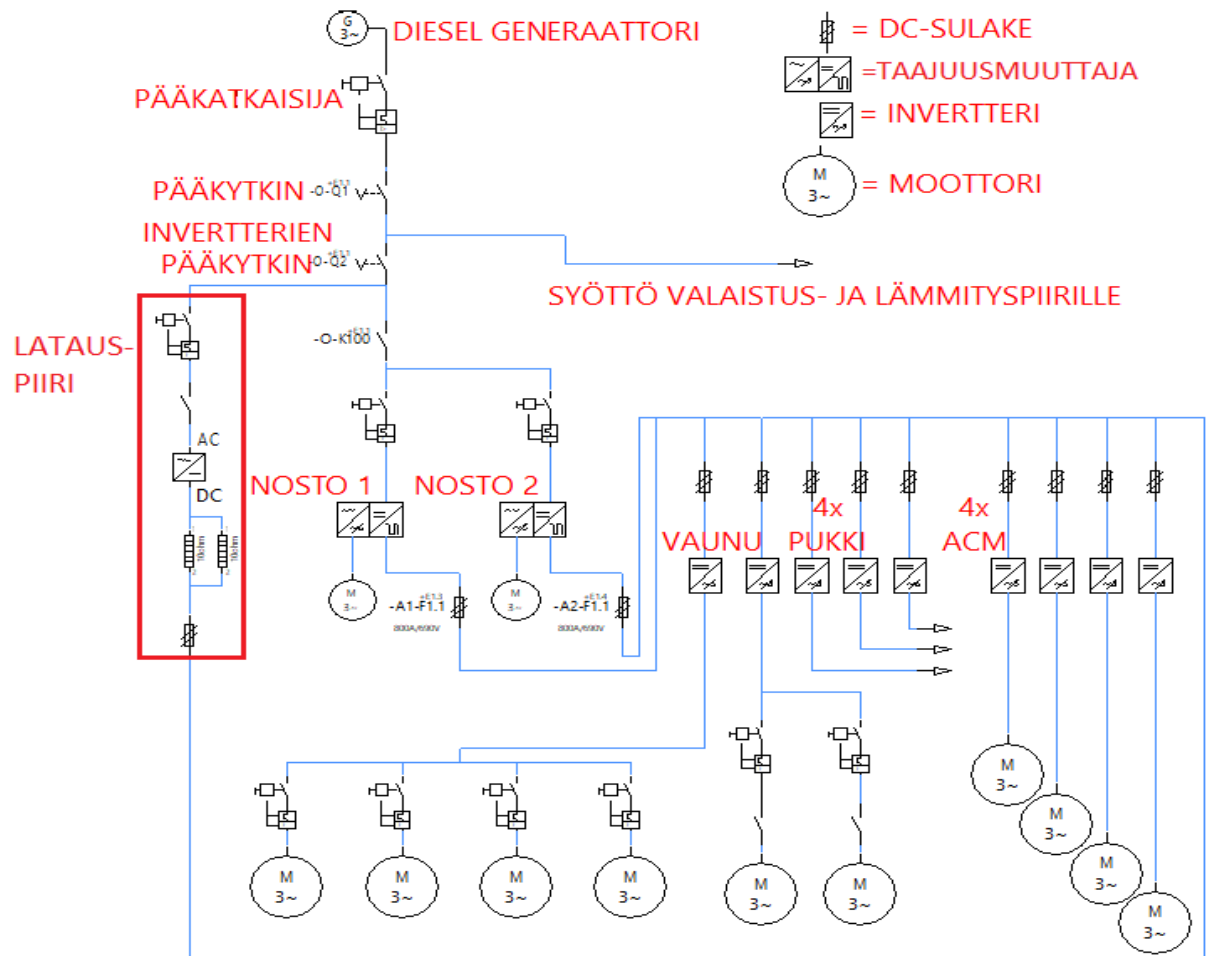
RTG-nosturi on myös mahdollista tilata ilman jo esiteltyä verkkosuuntaajaa. Tässä tapauksessa verkkosuuntaajan tilalle asennetaan +E1.1-kojelevy, mutta +E1.12-kojelevy sekä verkkosuuntaajan ohjausyksikkö jää sähköhuoneesta kokonaan pois. +E1.1-kojelevy toteuttaa siis verkkosuuntaajan pois jäädessä virransyötön kojelevy. Verkkosuuntaajan pois jäädessä latauspiiri toteutetaan myös +E1.1-kojelevyllä. +E1.1-kojelevyn layout-piirustus on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. +E1.1-kojelevyn layout-piirustus. (E3-sähkökuvat).

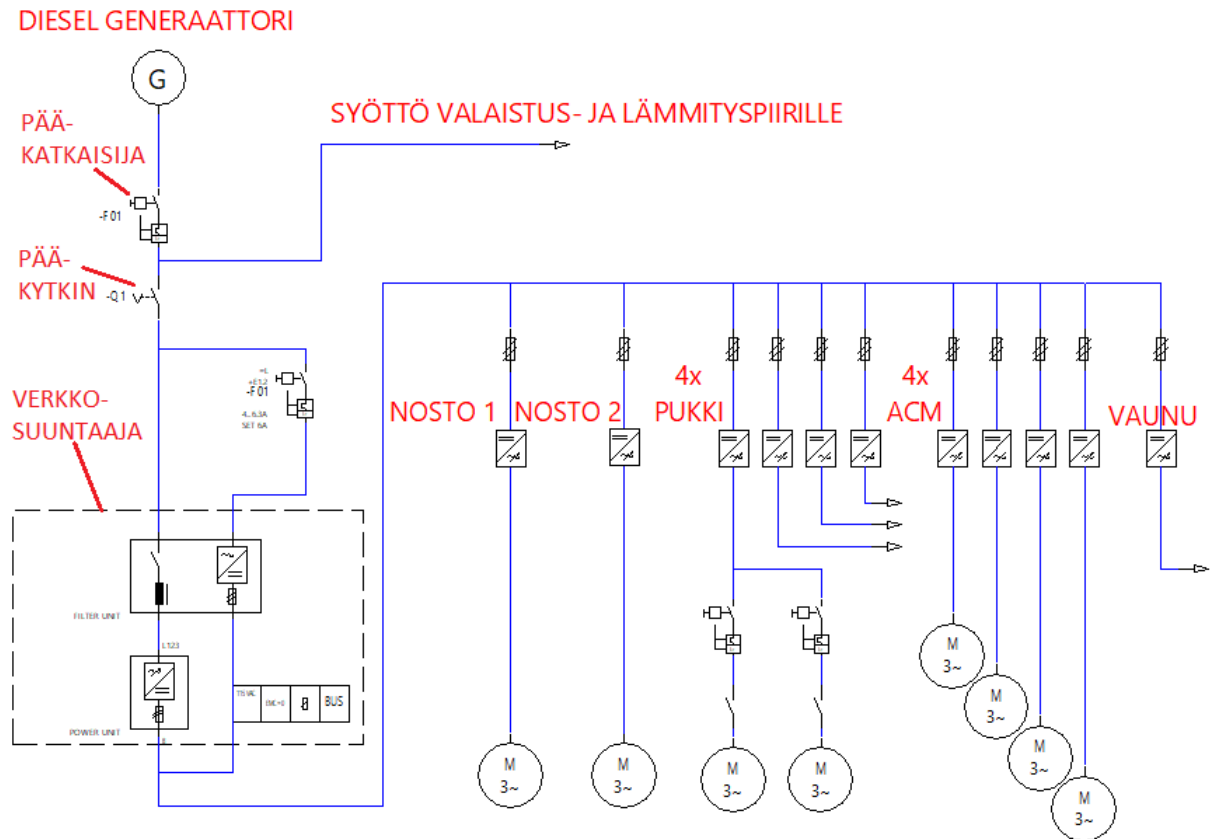
Jos verkkosuuntaajaa ei valita käytettäväksi niin sähköpiiri muuttuu siten, että nostoliik-  
keessä käytetään invertterien sijasta taajuusmuuttajia. Molemmat noston taajuusmuut-  
tajista syöttävät nostomoottoreita vaihtovirralla, mutta samalla taajuusmuuttajien DC-vä-  
lipiiristä otetaan DC-syöttö, jolla syötetään sähköhuoneen invertterejä.

Kuvassa 27 on esitetty yksitiejohtokaaviona invertterien ja noston taajuusmuuttajien kyt-  
kentäperiaate ilman verkkosuuntaajaa. Kuvan oikeassa ylä laidassa on selitetty olennai-  
simmat piirrosmerkit kuvan ymmärtämisen kannalta. Kuvan 27 jälkeen tulee kuva 28,  
joka näyttää invertterien kytkentäperiaatteen malleissa, joissa on verkkosuuntaaja.



Kuva 27. Invertterien kytkentäperiaate ilman verkkosuuntaajaa. (E3-sähkökuvat).

Kuvassa 27 näkyy, kuinka noston taajuusmuuttajat syöttävät sekä nostomoottoreita että DC-välipiiriä. Latauspiirin tehtävä on ladata täyteen inverttereissä olevat kondensaattorit sekä nostaa välipiirin jännite haluttuun arvoon ennen kuin noston taajuusmuuttajat kytetään päälle. Kuvasta nähdään myös, että vaunun invertteri syöttää neljää moottoria, kukin pukin inverttereistä syöttää kahta moottoria ja ACM-invertterit syöttävät kukin yhtä moottoria.



Kuva 28. Invertterien kytkentäperiaate mallissa, jossa on verkkosuuntaaja. (E3-sähkökuvat).

Kuvassa 28 näkyy, millainen on invertterien kytkentäperiaate mallissa, jossa on verkkosuuntaaja. Oleellinen ero edelliseen kuvaan on se, että tässä mallissa verkkosuuntaaja suorittaa tasasuuntaamisen DC-välipiirille.

### Virransyöttötapa

RTG-nosturin virransyöttö on mahdollista toteuttaa kolmella eri tavalla. Nämä tavat ovat: 1. dieselgeneraattori. 2. kaapelikela ja apudieselgeneraattori. 3. virtakiskosto ja apudieselgeneraattori. Näistä kolmesta pelkkää dieselgeneraattoria voidaan pitää yleisimpänä toteutustapana. Jos kaapelikela ja apudieselgeneraattori valitaan virransyöttötavaksi, se ei aiheuta muutoksia sähköhuoneessa.

Jos nosturiin valitaan virransyöttötavaksi virtakiskosto ja apudieselgeneraattori, se tuo sähköhuoneeseen monia virtakiskoston laahaimen ohjaukseen liittyviä komponentteja.

Koska laahaimen on osuttava virtakiskostoon sekä pystysuorasti että vaakasuorasti, sitä ohjataan kahden taajuusmuuttajan avulla. Toinen taajuusmuuttaja ohjaa pystysuoraa liikettä ja toinen ohjaa vaakasuoraa liikettä. Molemmat taajuusmuuttajat vaativat moottorinsuojakatkaisijat sekä jarruvastukset sähköhuoneeseen. Lisäksi virtakiskostoa käytettäessä sähköhuoneeseen tulee oma ohjelmitava logiikka virtakiskoston laahaimen ohjaamista ja valvomista varten. Kaikki virtakiskoston tuomat komponentit sähköhuoneeseen ovat:

- taajuusmuuttaja laahaimen pystysuoralle liikkeelle
- taajuusmuuttaja laahaimen vaakasuoralle liikkeelle
- jarruvastus pystysuoraa liikettä ajavalle taajuusmuuttajalle
- jarruvastus vaakasuoraa liikettä ajavalle taajuusmuuttajalle
- 2 kpl moottorinsuojakatkaisijoita
- ohjelmitava logiikka
- ohjausreleitä.

#### Hydraulinen kuormauselin

RTG-nostureihin voi valita optiona hydraulisen kuormauselimen. Hydraulisessa kuormauselimessä on hydrauliliikkapumppu, jonka avulla kuormauselimen pituutta voidaan säätää. Toinen vaihtoehto hydrauliselle kuormauselimelle on tavallinen kuormauselin, jossa pituuden säätäminen tapahtuu sähkömoottorien avulla. Jos nosturiin valitaan hydraulinen kuormauselin, se tuo sähköhuoneeseen seuraavat komponentit lisää:

- 15 kW invertteri
- sinisuodin invertterille
- 2 kpl DC-sulakkeita.

#### Kamerajärjestelmä

RTG-nosturin voi tilata kamerajärjestelmällä tai ilman sitä. Kamerajärjestelmä mahdollistaa pukin automaattisen ohjaamisen konttipinon suuntaisesti. Kamerajärjestelmän avulla nosturi myös pysähtyy automaattisesti tullessaan konttipinon päähän. Jos nosturiin valitaan käytettäväksi kamerajärjestelmä se tuo sähköhuoneeseen videovastaanottimia saman verran kuin kameroita on käytössä. Videovastaanottimien lisäksi kamerajärjestelmä

tuo sähköhuoneeseen videolähettimen, joka lähettää kameroilta saadun videokuvan nosturin ohjaamoon.

### GPS-paikannusjärjestelmä

GPS-paikannusjärjestelmä on RTG-nostureissa valinnainen optio. GPS-paikannusjärjestelmä mahdollistaa tarkan sijaintitiedon saamisen siitä, missä nosturi on. GPS-paikannusjärjestelmä toimii nosturiin sekä satama-alueelle sijoitettujen antennien avulla.

Mikäli nosturiin valitaan käytettäväksi GPS-paikannusjärjestelmä, se tuo sähköhuoneeseen seuraavat komponentit:

- teollisuustietokone
- radiomodeemi
- 2 kpl YARDGPS-laitteita
- 12 V:n virtalähde

## 5 Uuden sähköhuoneen suunnittelu

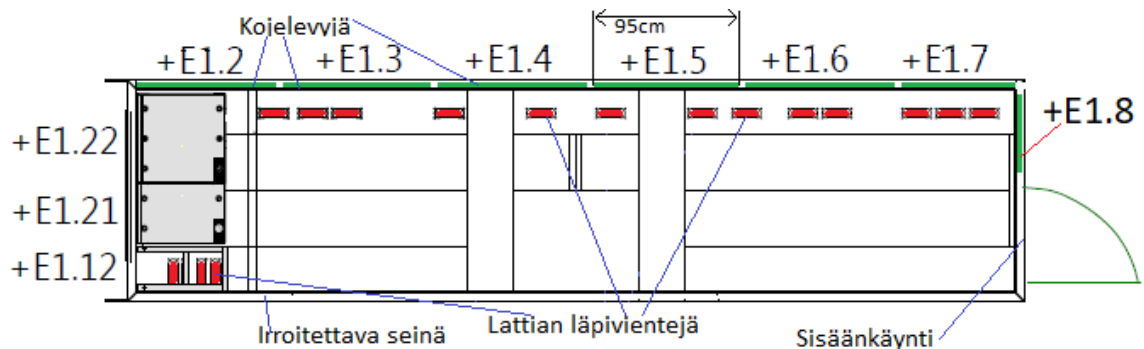
### 5.1 Moduulien määrittäminen ja suunnittelu

Kun muutoksia aiheuttavat asiat oli tunnistettu, aloitettiin uuden sähköhuoneen suunnittelu. Suunnittelun lähtökohtana oli, että sähköhuone suunnitellaan vaativimman mahdollisen sähköhuoneversion mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että kaikki mahdolliset sähköhuoneeseen valittavat komponentit tulee saada sijoitettua kojelevyille toimintojen mukaisesti jaoteltuina. Tämä tarkoittaa, että sähköhuone on suunniteltava sillä perusteella, että asiakas valitsisi sähköhuoneeseen jokaisen valittavana olevista optioista. Tällä periaatteella suunniteltaessa sähköhuoneesta tulee modulaarinen. Jos tilausprosessissa jotain optiota ei valita sähköhuoneeseen, jää tätä optiota toteuttavien komponenttien tila silloin tyhjäksi.

Sähköhuoneen kojelevyt on suunniteltava CSA-standardin mukaisilla komponenteilla, koska tässä standardissa johdonsuojakatkaisijat sekä filterit ovat fyysisiltä mitoilta suurempia kuin IEC- tai NEC-standardissa käytetyt vastaavat komponentit. Suunnittelussa on myös otettava huomioon komponenttiero 8- ja 16-pyöräisen nosturimallin välillä. Myös samanaikaisten siirtoliikkeiden lukumäärä tulee huomioida. Kun sähköhuone suunnitellaan suurimpien komponenttien mukaan, komponenttien vaihdettavuus pienemmiksi säilyy.

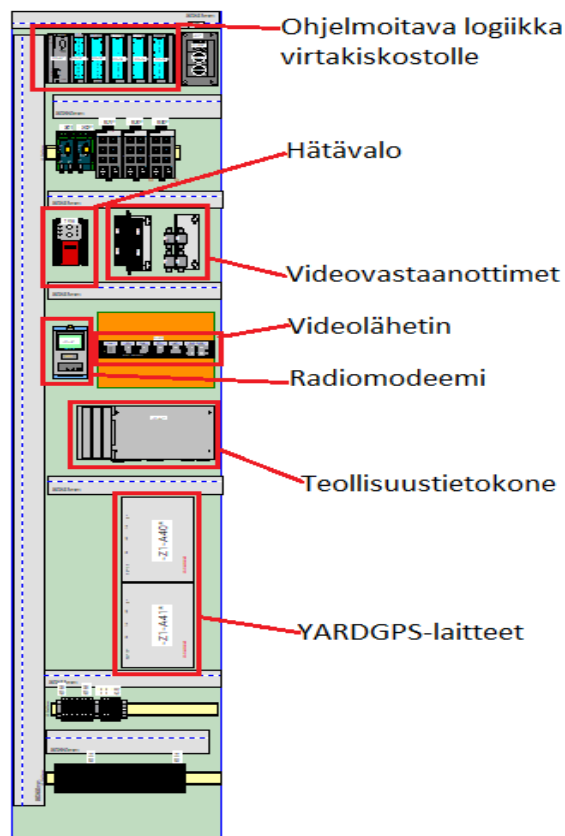
Kojelevyjen suunnittelu toteutettiin Zuken E3.schematic -suunnitteluohjelmalla. Suunnittelu aloitettiin kopioimalla toteutuneista projekteista kaikki mahdolliset käytettävät komponentit saman E3-projektitiedoston layout -näkömään. Tämän jälkeen komponentit yritettiin jaotella kojelevyille toimintojen mukaisesti, mutta se osoittautui vaikeaksi rajallisen kojelevytilan takia. Tämän takia toimintoja päädyttiin jakamaan osiin, jolloin toimintoja toteuttavia komponentteja pystyttiin sijoittamaan useammalle kuin yhdelle kojelevylle. Esimerkiksi pukin siirrosta vastaavat neljä invertteriä haluttiin sijoittaa samalla kojelevylle, mutta tätä ei pystytty toteuttamaan, koska neljä 45 kW:in invertteriä ei mahtunut yhdelle kojelevylle rinnakkain. Kojelevyjen rajapinnat eli riviliittimet suunnitellaan vasta kehitysprojektin myöhemmässä vaiheessa, uusien piirikaaviokuvien piirtämisen yhteydessä. Kojelevyjen suunnittelussa otettiin kuitenkin huomioon riviliittimien viemä tila, ja niille jätettiin tilavaraus kojelevyillä.

Lisätilan saamiseksi sähköhuoneeseen päätettiin luoda +E1.8 kojelevy samalle seinälle sisäänkäynnin kanssa. Kyseinen kojelevy tulee olemaan 209 cm korkea ja 40 cm leveä. Kuvassa 29 on esitetty, missä +E1.8-kojelevy tulee sijaitsemaan.



Kuva 29. Sähköhuone kuvattuna ylhäältäpäin +E1.8-kojelevyn lisäämisen jälkeen. (E3-sähkökuvat).

+E1.8-kojelevy päätettiin toteuttaa pienjännitelevynä, tarkoittaen, että kojelevylle sijoitettiin vain 12...24 VDC jännitteellä toimivia komponentteja. Komponentit siirrettiin +E1.8-kojelevylle viereiseltä kojelevyltä eli +E1.7-kojelevyltä. Tämä mahdollisti myös lisätilan saamisen +E1.7-kojelevylle. Lisätila mahdollistaa komponenttien lisäämisen kojelevylle tulevaisuudessa. Kuvassa 30 on esitetty uusi +E1.8-kojelevy.



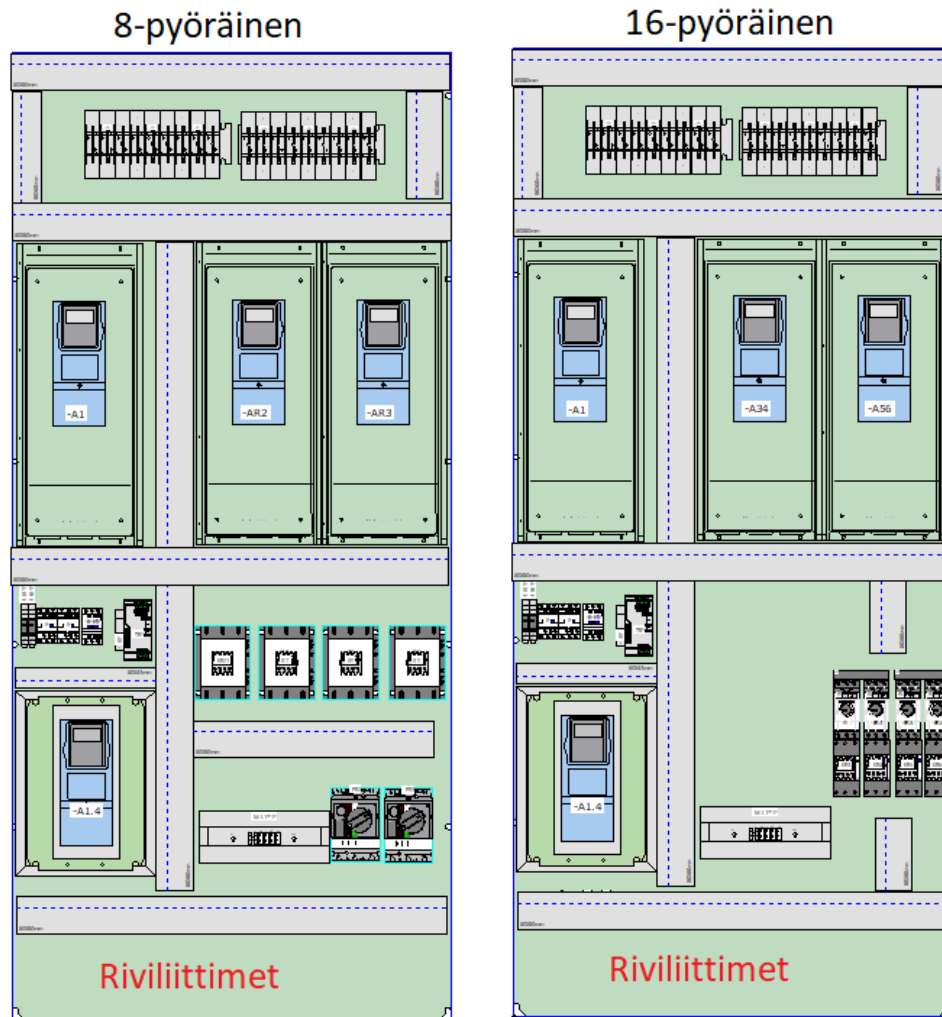
Kuva 30. Layout-piirustus luodusta +E1.8-kojelevystä. (E3-sähkökuvat).

Kun uuden sähköhuoneen kojelevyjen layout-piirustukset oli suunniteltu ja kaikki komponentit oli saatu mahtumaan kojelevyille vaativimman mahdollisen sähköhuoneversion mukaan, on kojelevyn komponenteille luotava optio- ja varianttirakenne. Optio- ja varianttitoiminto E3-ohjelmassa mahdollistaa kojelevyjen suunnittelun asiakkaan vaatimusten mukaisesti yksinkertaisesti vain hiiren painalluksilla ilman suurempaa suunnittelutyötä. Optio- ja varianttirakenne luodaan toimintomoduliperusteisesti, joka tarkoittaa, että optiot ja variantit luodaan nosturin toimintojen mukaisesti siten, että yksi moduuli toteuttaa yhtä toimintoa. Yksittäinen kojelevy ei ole moduuli, vaan moduuli voi jakautua yhdelle tai useammalle kojelevylle. Kuvassa 31 on esitetty E3-ohjelmaan luotu optio- ja varianttivalikko, jolla kojelevyjä voidaan jatkossa suunnitella.

Variants/Options	Description
<input checked="" type="checkbox"/> <b>RTG2018</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>EL04</b>	Sähköinen standardi
<input checked="" type="radio"/> <b>V IEC</b>	IEC standardi
<input type="radio"/> <b>V CSA</b>	CSA standardi
<input type="radio"/> <b>V NEC</b>	NEC standardi
<input checked="" type="checkbox"/> <b>EL02</b>	Ohjausjännite
<input checked="" type="radio"/> <b>V 230V</b>	230V ohjausjännite
<input type="radio"/> <b>V 115V</b>	115V ohjausjännite
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Liikkeet</b>	Samanaikaisten liikkeiden lukumäärä
<input checked="" type="radio"/> <b>V 3L</b>	3 liikettä
<input type="radio"/> <b>V 2L</b>	2 liikettä
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Pyörät</b>	Nosturin pyörien lukumäärä
<input checked="" type="radio"/> <b>V 8P</b>	8 pyörää
<input type="radio"/> <b>V 16P</b>	16 pyörää
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Syöttö</b>	Virransyöttötapa
<input checked="" type="radio"/> <b>V Diesel</b>	Diesलगeneraattori
<input type="radio"/> <b>V BB</b>	Virtakiskosto + apudiesलगeneraattori
<input type="radio"/> <b>V Kela</b>	Kaapelikela + apudiesलगeneraattori
<input checked="" type="checkbox"/> <b>D2R</b>	Verkkosuuntaaja
<input checked="" type="radio"/> <b>V Kyllä</b>	Verkkosuuntaaja
<input type="radio"/> <b>V Ei</b>	Ei verkkosuuntaajaa
<input checked="" type="checkbox"/> <b>HES</b>	Heijauksenestotapa
<input checked="" type="radio"/> <b>V ACM</b>	Active Control Machinery
<input type="radio"/> <b>V Skew</b>	Skew
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Seisontasähkö</b>	Seisontasähkö-pistokkeiden lukumäärä
<input type="radio"/> <b>V 1P</b>	1 pistoke
<input checked="" type="radio"/> <b>V 2P</b>	2 pistoketta
<input type="checkbox"/> <b>Kuomauselin</b>	Hydraulinen kuomauselimen
<input type="checkbox"/> <b>Kamera</b>	Kamerajärjestelmä
<input type="checkbox"/> <b>GPS</b>	GPS-paikannusjärjestelmä

Kuva 31. Kuvakaappaus E3-ohjelmassa luodusta optio- ja varianttirakenteesta. (E3-sähkökuvat).

Kuva 32 havainnollistaa, kuinka +E1.5-kojelevy muuttuu, kun optio- ja varianttivalikosta valitaan joko 8- tai 16-pyöräinen nosturi. Sama periaate pätee myös muille varianteille ja optioille.



Kuva 32. +E1.5-kojelevy 8- ja 16-pyöräisessä nosturissa. (E3-sähkökuvat).

Optio- ja varianttivalikossa on tällä hetkellä valinnat vain sähköhuoneeseen muutoksia aiheuttaville asioille. Näiden valintojen lisäksi valikkoon voi jatkossa luoda valinnat toimintojen mukaisesti myös niille komponenteille, jotka sähköhuoneeseen tulee aina. Tämä mahdollistaisi sen, että uuden projektin suunnittelun aloituksessa näkyisivät kaikki kojelevyt tyhjinä E3-ohjelmassa. Jos kaikki komponentit tuotaisiin kojelevyille optio- ja varianttivalikosta, se antaisi hyvän näkymän siihen, mitä komponentteja mikäkin toiminto tuo kojelevyille.

## 5.2 Sähköhuoneen komponenttien nimeäminen

Jotta RTG-nosturin sähköhuoneen toimintoja toteuttavia komponentteja on helppo tarkastella myös jälkikäteen, on jokaiselle komponentille annettava kolmitasoinen viitetunnus (ennen käytetty kaksitasoista) standardin SFS-EN 81346-1 (Teollisuuden järjestelmät - jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset) mukaisesti. Viitetunnusten tarkoituksena on yksilöidä kiinnostavat kohteet sähköhuoneessa ilman sekaannuksen mahdollisuutta. Kolmitasoinen viitetunnus määrittelee jokaiselle komponentille toiminto-, komponentti- ja sijaintinäkökannan. (SFS-EN-81346-1 2010, 56–58.)

### 5.2.1 Kohteen jäsentelyn periaatteet

Standardi SFS-EN 81346-1 (2010, 38) kertoo, että toiminta-, tuote- ja sijaintinäkökannat ovat tarpeen ja sovellettavissa lähes jokaisessa kohteen (laitoksen, järjestelmän, laitteen jne.) elinkaaren vaiheessa. Sen vuoksi niitä on pidettävä päänäkökantoina, ja niitä on ensisijaisesti käytettävä jäsentelyssä.

*Toimintinäkökanta* kertoo, mitä kohteen odotetaan tekevän tai mitä se todellisuudessa tekee. Toimintänäkökanta käytetään, kun halutaan tuoda esiin kohteen komponenttien toiminnalliset suhteet. Tarkemmin ”toiminnalla” tarkoitetaan kohteen tehtävää ilman, että otetaan huomioon tai tiedetään sen toteutusta.

*Sijaintinäkökanta* kertoo, missä on kohteena oleva aiottu tai todellinen tila. Sijaintinäkökanta käytetään, kun halutaan tuoda esiin kohteen komponenttien tilaa koskevat suhteet. Sijaintinäkökannasta puhuttaessa, jäsentelyn kannalta tarkoitetaan rajattuja tiloja kohteen sisällä eikä tilaa, jonka kohde itse täyttää järjestelmässä.

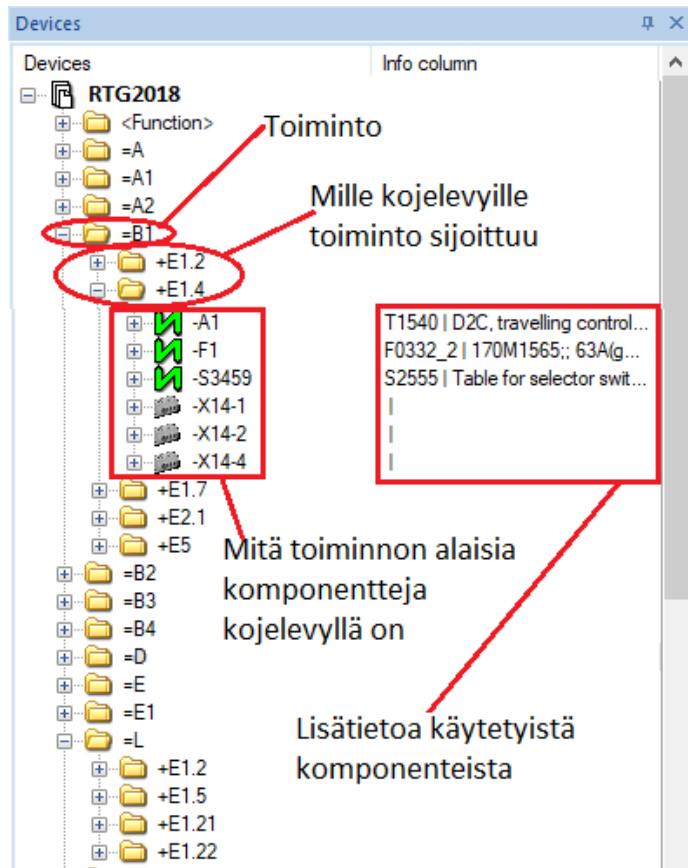
*Tuotenäkökanta* kertoo, millä välineillä kohde tekee, mitä sen on määrä tehdä. Tuotenäkökanta käytetään, kun halutaan tuoda esiin kohteen komponenttien rakenteelliset suhteet eli toisin sanoen kokoonpano. Tuotenäkökannasta käy ilmi tuotteen rakenne komponenttitasolle saakka. Näkökannasta selviää, miten toimittaja on järjestänyt toimitettavat alakohteet suhteessa toimitettavaan tuotteeseen, eli miten muita tuotteita käytetään toimitettavan tuotteen komponentteina. (SFS-EN-81346-1 2010, 26–28.) Liitteessä 1 on havainnollistettu kuvina kaikki kolme näkökanta.

## 5.2.2 Viitetunnusten muodostaminen

Viitetunnuksia voidaan muodostaa seuraavia sääntöjä käyttäen:

- Kohteen määrittelevän viitetunnuksen on muodostuttava etumerkistä sekä siitä seuraavasta joko:
  - Kirjainkoodista, jota seuraa numero tai
  - Kirjainkoodista tai
  - Numerosta.
- Etumerkki, jota käytetään ilmaisemaan viitetunnuksen näkökanta, on oltava:
  - = kun tarkastellaan kohdetta toimintänäkökannasta
  - + kun tarkastellaan kohdetta sijaintinäkökannasta
  - kun tarkastellaan kohdetta tuotenäkökannasta
- Kun käytetään kirjain- ja numerokoodia, numeron on tultava kirjainkoodin jälkeen.
- Itse numeroilla tai niiden ja kirjainkoodien yhdistelmillä ei saisi olla suoraa merkitystä.
- Numerot saattavat sisältää etunollia, mutta niillä ei saisi olla suoranaista merkitystä.
- Kohteen luettavuuden helpottamiseksi on suositeltavaa, että numero- ja kirjainkoodit pidetään mahdollisimman lyhyinä.
- Muistamisen helpottamiseksi suositeltavaa on käyttää viitetunnuksessa kirjainta ja numeroa.
- Kirjainkoodit tulee muodostaa latinalaisista A...Z suuraakkosista, mutta kirjaimia I ja O ei saa käyttää, jos ne on mahdollista sekoittaa numeroihin 1 tai 0.  
(SFS-EN-81346-1 2010, 58–60.)

Kuva 33 näyttää, miltä toimintopuu näyttää E3-ohjelmassa, kun se on muodostettu edellä olevien sääntöjen perusteella.



Kuva 33. Toimintopuu E3-ohjelmassa.

Toimintopuun ylin taso määrittelee toimintonäkökannan, seuraava taso määrittelee sijaintinäkökannan ja viimeinen taso määrittelee tuottenäkökannan. Tällä tavalla muodostetusta toimintopuusta on helppoa nähdä mille kojelevyille toiminnot sijoittuvat sekä mitä toiminnon alaisia komponentteja kojelevyillä on.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää modulaarinen ja täysin testattava sähköhuone Konecranesin vuoden 2018 RTG-nosturiin. Kehitystyö suoritettiin, koska nykyinen tapa suunnitella ja tuottaa asiakasräätälöity sähköhuone oli kallis ja kuormittava.

Kehitystyön onnistumiseksi tärkeintä oli tunnistaa sähköhuoneeseen muutoksia aiheuttavat asiat. Työssä tutkittiin lukuisia aiemmin toteutettuja RTG-projekteja erilaisten asiakasvaatimusten ja tuotteen loppusijoitusmaan aiheuttamien muutosten tunnistamiseksi. Kun erilaiset sähköhuonevariaatiot oli tunnistettu, pystyttiin sähköhuone suunnittelemaan täysin modulaariseksi kokonaisuudeksi. Toinen projektin päätavoitteista eli täysi testattavuus jäi kuitenkin saavuttamatta. Täyttä testattavuutta ei saavutettu, koska uudessa sähköhuoneessa on edelleen komponentteja irrotettavalla seinällä, joka on irti koeajotilanteessa.

Työn aikana todettiin myös, että kehitystyön tuloksena voidaan saavuttaa lukuisia etuja. Näitä etuja ovat lyhyempi läpimenoaika, lyhyempi asennusaika loppusijoitusmaassa, edullisempi lopputuote sekä yhdenmukaiset nimet sähköhuoneen komponenteille projektista riippumatta.

Työn tuloksena onnistuttiin kehittämään konfiguraattori Zuken E3-suunnitteluohjelmaan, jonka avulla sähköhuoneen kojelevyt voidaan jatkossa suunnitella vaivattomasti ja aikaa säästäen. Konfiguraattorina toimii työssä kehitetty optio- ja varianttivalikko. Työn aikana todettiin, että konfiguraattori voidaan luoda myös sähköhuoneen piirikaavioiden piirtämistä varten. Konfiguraattori tullaan ottamaan käyttöön yrityksessä heti, kun se on saatu kehitettyä loppuun asti.

Kehitystyötä täytyy jatkaa monelta osaa. Konecranesin tulee seuraavaksi suunnitella uudet sähköhuoneen piirikaaviot siten, että niitä voidaan hallita optio- ja varianttivalikosta. Piirikaavioiden piirtämisen yhteydessä tulee suunnitella myös kojelevyjen rajapinnat eli riviliittimet. Halutessaan optio- ja varianttivalikkoon voidaan luoda valinnat myös niille komponenteille, jotka sähköhuoneessa on aina. Jos kaikki komponentit tuodaan kojelevyille optio- ja varianttivalikosta, saa sähköhuoneesta helposti hyvän näkymän siihen, mitä komponentteja mikäkin nosturin toiminto tuo kojelevyille.

## Lähteet

Increasing container traffic is pressuring port and hinterland infrastructure.

Verkkoaineisto. 7.2015. Siapartners. <[http://transport.sia-](http://transport.sia-partners.com/sites/default/files/insight_impact_of_big_vessels_on_port_infrastructure_0.pdf)

[partners.com/sites/default/files/insight\\_impact\\_of\\_big\\_vessels\\_on\\_port\\_infrastructure\\_0.pdf](http://transport.sia-partners.com/sites/default/files/insight_impact_of_big_vessels_on_port_infrastructure_0.pdf)>. Luettu 6.1.2019

Konecranes E3 sähkökuvat.

Konecranes intranet. <[electrics.konecranes.com](http://electrics.konecranes.com)>.

Konecranes RTG. 2013. Verkkoaineisto.

<<https://www.konecranes.com/equipment/container-handling-equipment/rubber-tired-gantry-cranes/konecranes-noell-rtg>>. Luettu 12.12.2018.

Martio, A. 2015. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. Espoo: Amartekno.

Operators manual 2016. Sisäinen dokumentti. Konecranes.

Peltonen, H, A Martio, ja R Sulonen. 2002. PDM Tuotetiedon hallinta. Helsinki: Edita Prima Oy.

RTG Power options. 8.6.2012. Verkkoaineisto. Konecranes.

<[https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes\\_power\\_options\\_brochure\\_final.pdf](https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes_power_options_brochure_final.pdf)> Luettu 14.1.2019.

SFS-EN-81346-1. Jäsentelyn periaatteet ja viitetunnukset osa 1: Perussäännöt.

Suomen Standardisoimisliitto. 2010.

Superior Crane Drive Technology DynA Vector II. 14.7.2009. Verkkoaineisto.

<[https://www.konecranes.de/sites/default/files/download/konecranes\\_d2v\\_vector\\_ii\\_driver.pdf](https://www.konecranes.de/sites/default/files/download/konecranes_d2v_vector_ii_driver.pdf)>. Luettu 15.2.2019.

Vuosikertomus 2018. Verkkoaineisto. 3.2019. Konecranes.

<<https://www.konecranes.com/sites/default/files/2019-03/Konecranes-Vuosikatsaus-2018.pdf>>. Luettu 28.3.2019.

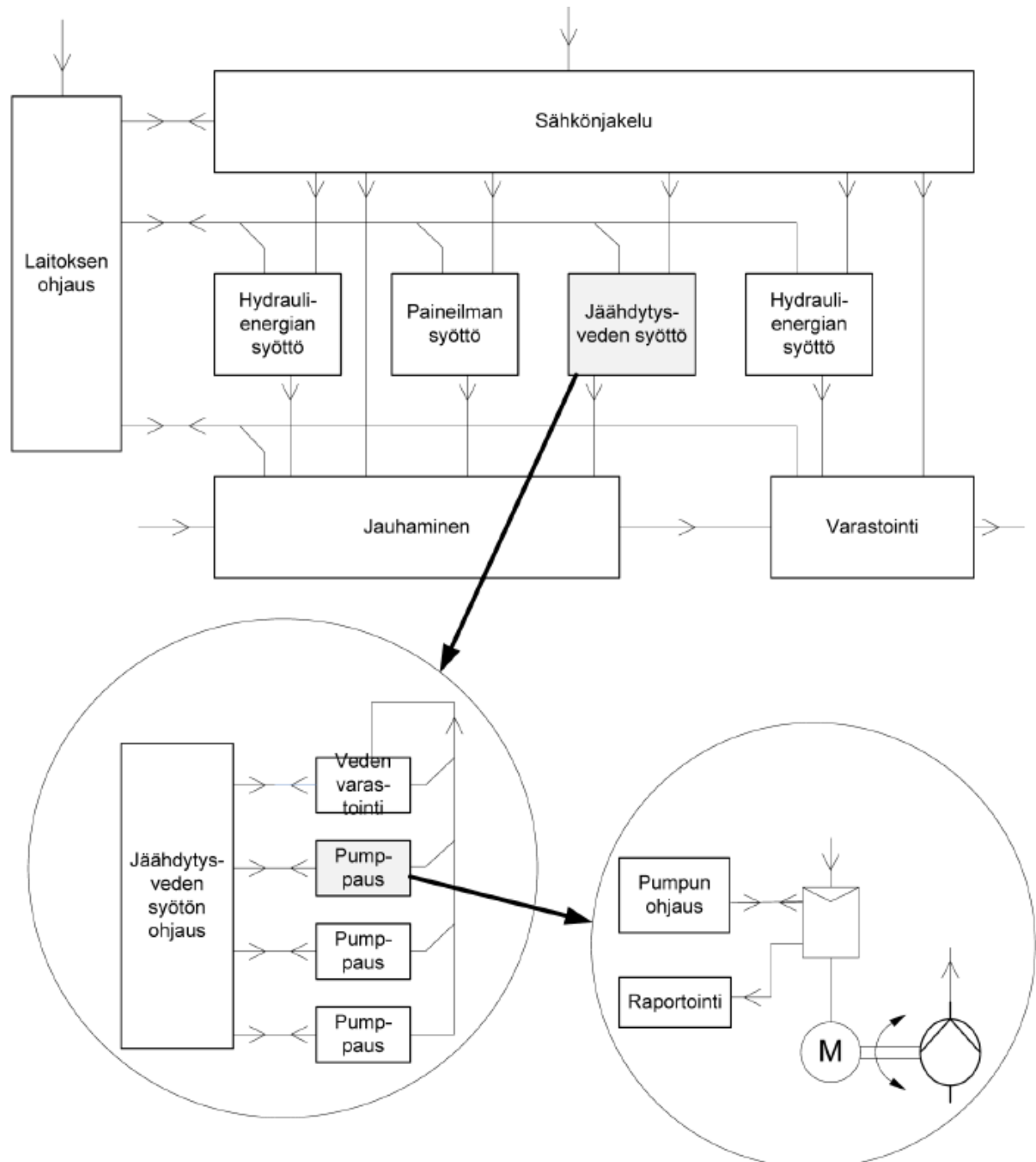
What are the differences between load reactors, dv/dt filters, and sinus filters for Altivar drives? Schneider-Electric 10.4.2015. <<https://www.schneider-electric.us/en/faqs/FA242536/>>. Luettu 19.2.2019.

What is the difference between UL and IEC standard? 9.5.2016. Schneider-Electric. <<https://www.schneider-electric.co.in/en/faqs/FA176723/>>. Luettu 7.3.2019.

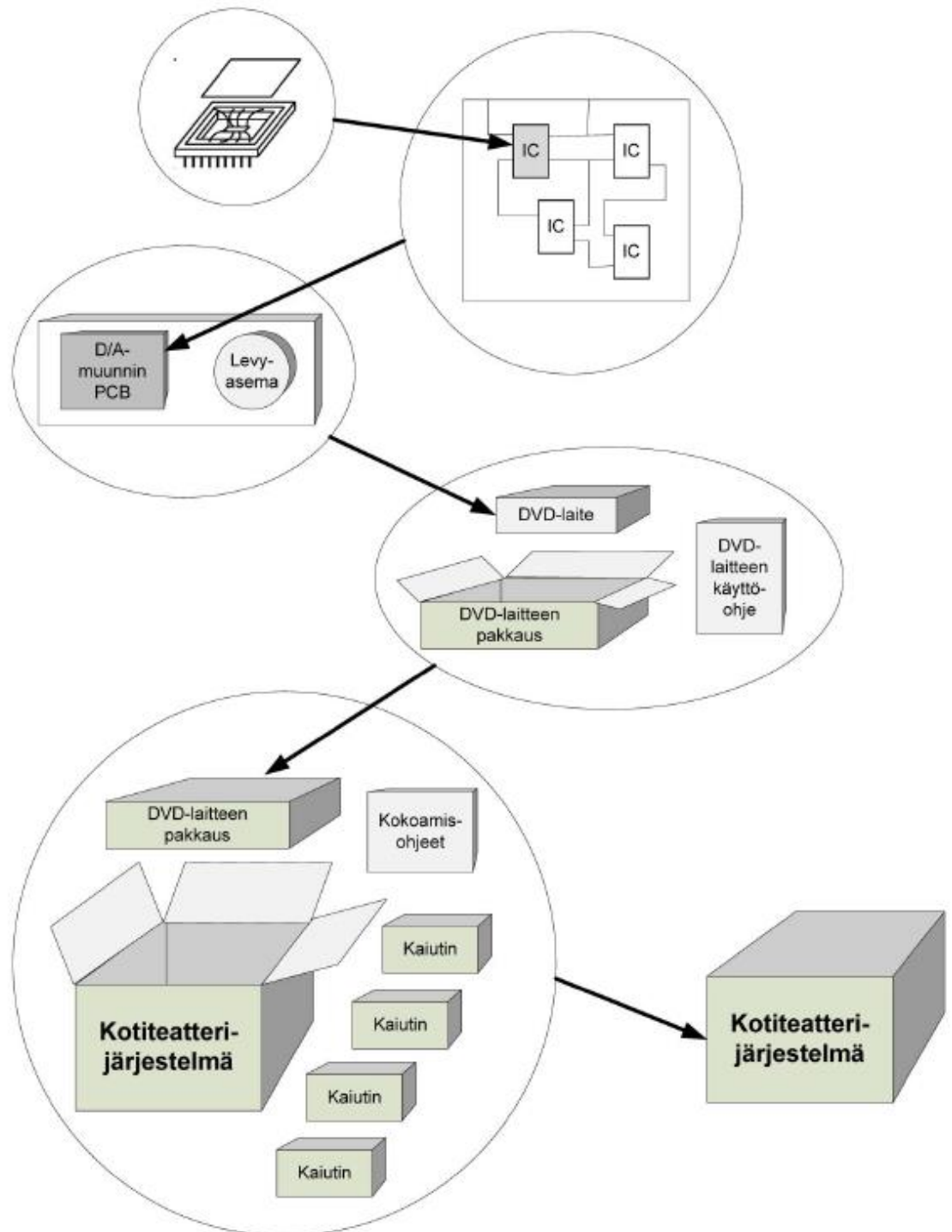
Österholm, J, ja R Tuokko. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Modular Function Deployment. Metalliteollisuuden keskusliitto.

## Kohteen jäsentelyn periaatteet

Havainnollistus toimintonäkökannasta



### Havainnollistus tuotenäkökannasta



## Havainnollistus sijaintinäkökannasta

