

Tutkintotyö

Juha Kenttälä

## **MURSKAINLAITOKSEN MOOTTORIMODUULIN TESTAUSLAITE**

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Sähkötekniikan koulutusohjelma

Automaatiotekniikka

Kenttälä, Juha Petteri

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Työn ohjaaja

Toukokuu 2007

Hakusanat

Julkinen osuus

Murskainlaitoksen moottorimoduulin testauslaite

33 sivua

Jukka Falkman

Metso Minerals (Tampere) Oy

Jorma Mannonen

Murskainlaitos, moottorimoduuli, testaus

## TIIVISTELMÄ

Lokotrack-murskainlaitoksien valmistusprosessia kehitetään jatkuvasti kokoonpanon ja koekäytön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi. Yhtenä osana tässä kehityksessä on murskainlaitoksen moottorimoduulin toiminnan testaus jo ennen sen asennusta kokoonpanoon. Moottorimoduuli on Caterpillarin dieselmoottorin ympärille rakennettu kokonaisuus, joka toimii koko murskainlaitoksen voimanlähteenä. Moottorimoduulien koonta toteutetaan erillään murskainlaitoksen kokoonpanosta, joten niiden erillään testaus on mahdollista toteuttaa ilman kokoonpanojärjestyksen muuttamista.

Tässä työssä käsitellään kyseistä moottorimoduulin koekäyttöä sähköjärjestelmän osalta. Työhön kuuluu sähköjärjestelmän testauslaitteen suunnittelu ja ohjeistus. Testauslaitteella voidaan suorittaa kaikki moduulia koskevat sähköiset testit ja varmistaa sen sähköjärjestelmän toimivuus sekä havaita mahdolliset virheet kytkennöissä.

Moottorimoduulin erillään testaamisen ansiosta saadaan murskainlaitos nopeammin siirtymään kokoonpanolinjalta ulos, koska linjalla ei tarvitse enää suorittaa testejä moottorimoduulin osalta.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical engineering

Automation engineering

Kenttälä, Juha Petteri

Thesis

Supervisor

Orderer

Instructor

May 2007

Keywords

Unconfidential part

Crushingplant engine module testing

33 pages

Jukka Falkman

Metso Minerals (Tampere) Oy

Jorma Mannonen

Crushingplant, engine module, testing

## ABSTRACT

The manufacturing of Lokotrack-crushingplants is continuously improved to make assembly and test-use faster and easier. Testing engine module separately, before it is assembled to Lokotrack is a part of this improvement. Main part of Engine module is Caterpillar diesel-engine, that works as a powersupply for crushingplant. Engine modules are assembled separately from crushingplant assemblyline, so modules can be tested without making adjustments to assemblyorder.

Lokotracks are assembled faster and spend less time in assemblyline, when engine modules are tested separately. This means lower costs and faster production, without large investments. This work handles the issues of testing the electric system in the engine module. Work consists of developing and instructing the device to test the electric system of engine module. All the electric tests of engine module can be performed with the device.

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYSLUETTELO

SANASTO.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Yritys.....	7
1.2 Kivi- ja mineraalimurskaus .....	7
1.3 Leuka- ja karamurskaimet.....	8
1.4 Työn tarkoitus .....	10
2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	11
3 TYÖN ALOITUS .....	12
3.1 Testauslaitteen suunnittelu .....	12
3.2 Tilapäinen ratkaisu testaukseen.....	13
3.3 Testauslaitteen toteutus .....	14
4 TESTAUSLAITE.....	15
4.1 Periaate.....	15
4.2 Rakenne.....	15
4.3 Toiminta .....	17
5. TESTAUS.....	19
5.1 Testauslaitteen valinta ja kytkentä .....	19
5.2 Moottori käynnistämättä tehtävät tarkastukset.....	19
5.3 Moottori käynnistettynä tehtävät tarkastukset .....	20
5.4 Kytkenän purku .....	21
6. TESTAUSKESKUKSEN KOMPONENTIT .....	21
6.1 Ohjausyksiköt.....	21
6.2 Näyttölaite .....	22
6.3 Väylänjakoyksikkö.....	23
7. MOOTTORIMODUULI .....	24
7.1 Rakenne.....	24
7.2 Moottori.....	26
7.3 Sähkökomponenttien sijainti .....	27

8 TULOKSET .....	29
9 TULOSTEN TARKASTELU .....	31
LÄHDELUETTELO .....	32
LIITTEET     Luottamuksellisia	

## SANASTO

Lokotrack	Tela-ajoinen murskainlaitos.
Moottorimoduuli	Caterpillarin dieselmoottorin ympärille rakennettu kokoonpano, joka toimii Lokotrackin voimanlähteenä.
Seula	Materiaalin raekokojen erotteluun tarkoitettu yksikkö.
DCM	Lokotrackin pääohjauskeskuksen ohjausmoduuli.
HCM	Lokotrackin hydrauliohjauskeskuksen ohjausmoduuli.
ECM	Lokotrackin moottoriohjauskeskuksen ohjausmoduuli.
HUB	Väylänjakoyksikkö.
IC	Lokotrackeissa käytettävä automaatiojärjestelmä.
CAN	Kenttäväyläprotokolla.
I/O	Input/Output.
PLCopen	Standardin IEC61131-3 alainen ohjelmoinnin käyttöliittymä.
CoDeSys	Ohjelmointityökalu PLCopen ympäristöön.

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Yritys

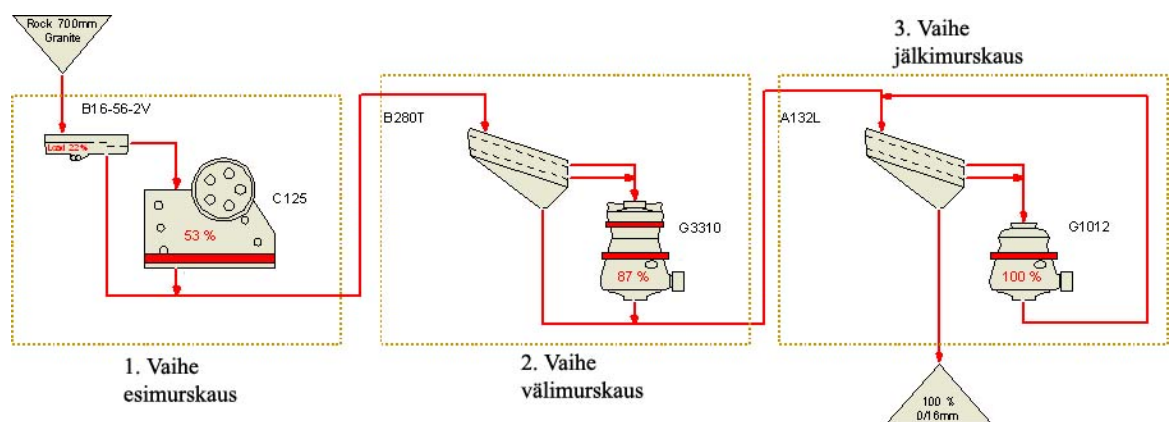
Metso Minerals (Tampere) Oy on Metso Mineralsin haara ja osa Metso konsernia. Metso Minerals on koostunut entisistä Nordbergin ja Svedalan toiminnoista, Metso konsernin ostettua Svedala Industri AB:n vuonna 2001. Metso Minerals tarjoaa teollisuudelle maailman laajuisesti laitteistoja ja ratkaisuja kivi- ja mineraalimurskaukseen sekä metallinkierrätykseen.

Paikallinen toimipiste Metso Minerals (Tampere) Oy sijaitsee Tampereella hatanpään alueella lokomonkadulla. Tampereen toimipisteen päätuotteita ovat leuka- ja karamurskaimet, tela- ja pyöräalustaiset murskainyksiköt, kiinteät ja siirrettävät murskauslaitokset sekä syöttimet, seulat ja kuljettimet, vara- ja kulutusosat. Tampereen toimipiste työllistää 265 työntekijää ja 263 toimihenkilöä. Vuodessa Tampereen tehtaalta lähtee keskimäärin 400 murskainta ja 300 mobilelaitetta pääosin vientiin. Viennin osuus on noin 80 % koko tuotannosta ja tärkeimmät markkina-alueet ovat Eurooppa, Kaakkois-Aasia ja Pohjois-Amerikka. /1/

### 1.2 Kivi- ja mineraalimurskaus

Murskauksen tavoitteena on saada alkutuotteesta halutun kokoista ja laatuista lopputuotetta. Alkutuote käy lävitse monia erilaisia murskausprosessin vaiheita ennen, kuin päästään haluttuun lopputuotteeseen. Halutusta raekoosta ja laadusta riippuu, kuinka laaja murskausprosessi tarvitaan. Murskausprosessi rakennetaan käyttämällä erilaisia murskaimia, syöttimiä, seuloja ja kuljettimia. Prosessi voi olla kiinteästi yhdessä paikassa tai siirrettävissä materiaalin kuljetuksen optimoinniksi.

Esimerkkinä murskausprosessista voidaan käyttää yleisesti käytössä olevaa kolmivaiheprosessia (kuva 1). Alkutuote viedään seulan kautta esimurskaimeen, joka kykenee hienontamaan suuriakin kappaleita. Tarpeeksi pienet kappaleet kulkevat suoraan seulan lävitse seuraavaan murskausvaiheeseen. Välimurskausvaiheessa kappaleet kulkevat jälleen seulan kautta ja liian suuren raekoon omaavat kappaleet hienonnetaan välimurskaimessa. Tämän jälkeen hienonnettu materiaali siirtyy jälkimurskausvaiheeseen, jossa haluttu lopputuote seulotaan erilleen. Liian suuren raekoon omaavat kappaleet kierrätetään jälkimurskaimen kautta uudelleen seulaan, jolloin niistä saadaan haluttua raekokoa.

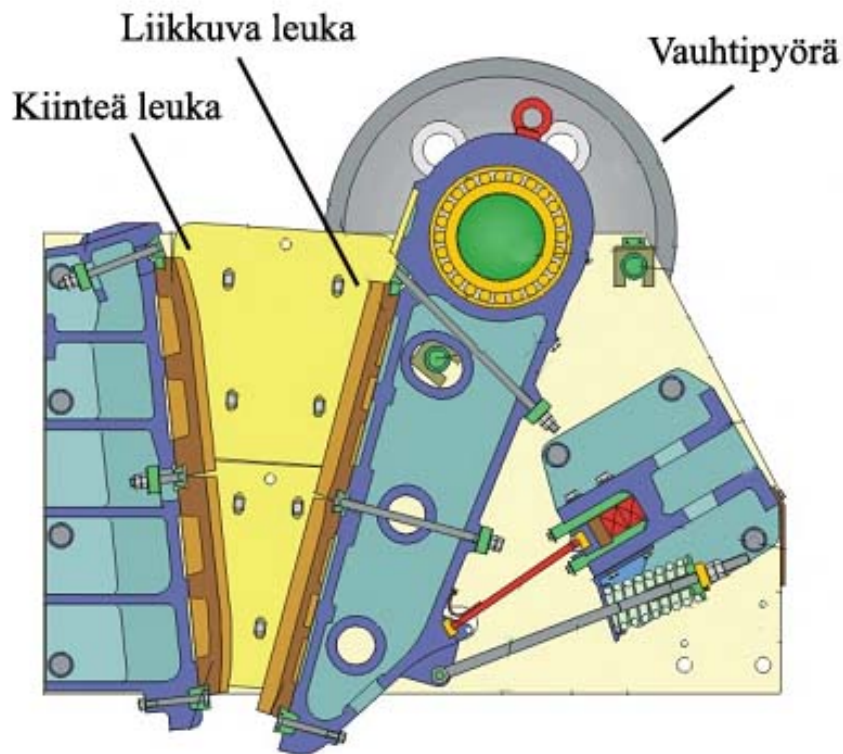


**Kuva 1** Kolmivaiheinen murskausprosessi /10/

### 1.3 Leuka- ja karamurskaimet

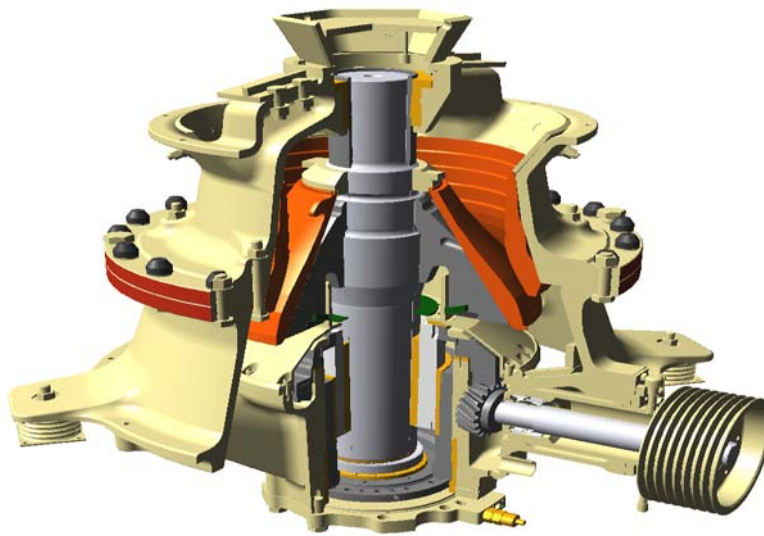
Leukamurskaimet ovat ensisijaisesti käytössä esimurskaimina. Niiden murskausteho perustuu kahden leuan aiheuttamaan puristukseen. Toista leuoista liikutetaan vauhtipyörällä epäkeskoakselin varassa kiinteää leukaa vasten (kuva 2), jolloin aiheutetaan murskaukseen tarvittava puristava voima. Leukamurskaimia käytetään sekä kiinteissä, että liikuteltavissa laitoksissa. Ne sopivat erityisesti kovan ja kuluttavan materiaalin murskaukseen.





**Kuva 2** Leukamurskaimen rakenne /11/

Karamurskaimia (kuva 3) käytetään yleensä väli-, jälki- ja hienomurskaimina. Niiden murskausteho perustuu kara-akselin varassa liikkuvan kartion aiheuttamaan puristukseen. Kartio puristaa materiaalin vaippaa vasten ja aiheuttaa murskaukseen tarvittavan voiman. Välimurskaimena käytetyn karamurskaimen tyypillinen lopputuotteen raekoko on alle 50 mm ja sitä voidaan käyttää raidesepelinä tai jatkokäsitellä. Hienomurskaimena käytetyn karamurskaimen lopputuote on yleensä alle 20 mm ja sitä käytetään rakennusteollisuudessa, asfaltti- ja betonilajikkeissa.

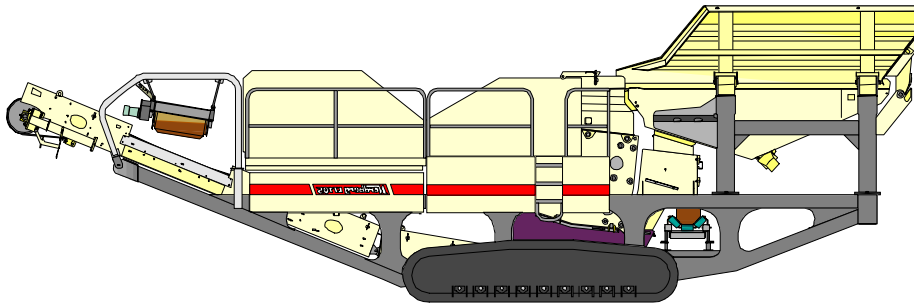


**Kuva 3** Karamurskaimen rakenne /11/

## 1.4 Työn tarkoitus

Metso Minerals (Tampere) Oy valmistaa tela-ajoisia Lokotrack-murskainlaitoksia, joissa murskainyksikkö on sijoitettu telojen päällä olevaan runkoon. Lokotrack-yksiköitä käytetään kiven ja mineraalien murskaukseen silloin, kun halutaan liikuteltavuutta murskausprosessiin. Ne ovat käytännöllisiä erityisesti isoilla avolouhoksilla, kun murskauspistettä tarvitsee siirtää aika ajoin tuotannon parantamiseksi. Lokotrack-yksiköitä valmistetaan vakio- sekä prototyyppituotannossa ja niitä on useita eri tyyppejä. Tyyppi määräytyy sen mukaan, mitä murskainyksikön mallia ja kokoa käytetään. Murskainyksikkö voi olla leuka-, kara- tai iskupalkkimurskain.

Lokotrackin voimanlähteenä käytetään Caterpillarin dieselmoottoria, joka asennetaan erilliseen moottorimoduuliin. Runkoon asennetaan moottorimoduulin ja murskainyksikön lisäksi syötin ja kuljettimia. Nämä muodostavat Lokotrackin perustan (kuva 4), johon liittyy edellisten lisäksi runsaasti muita sähkö-, hydraulikka- ja mekaanisia komponentteja.



**Kuva 4** Lokotrack-murskainlaitoksen malli /2/

Lokotrackin sähköjärjestelmän toimivuus on perinteisesti testattu kokoonpanon lopussa, kun kaikki osat ovat jo paikoillaan. Tämän työn aiheena on testauslaitteen suunnittelu ja ohjeistus, joilla moottorimoduulin sähköjärjestelmän toimivuus voidaan tarkastaa jo ennen sen asennusta murskainlaitokseen. Kyseinen koekäyttö toteutetaan erillisessä tilassa eikä se ole riippuvainen muun kokoonpanon edistymisestä. Tällä tavalla saavutetaan lukuisia etuja, kuten murskainlaitoksen nopeampi kokoonpano, lopputestaus ja koekäyttö.

## 2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Lokotrack-murskainlaitoksien sähköjärjestelmät testataan alustavasti kokoonpanolinjalla laitoksen valmistuttua. Tämä tarkoittaa erillisen koekäyttöohjeen mukaisien tarkastuksien läpikäyntiä ja tuloksien kirjausta koekäyttöpöytäkirjaan. Tässä testauksessa on ollut mukana myös moottorimoduulin sähköjärjestelmä, joka halutaan nyt eriyttää omaksi koekäyttökokonaisuudekseen.

Moottorimoduulin erillään koekäyttämällä saavutetaan runsaasti etuja. Mahdolliset virheet ja puutteet moduulin sähköjärjestelmässä havaitaan aikaisin ja tilanteen korjaaminen on helpompaa ja nopeampaa kuin valmiissa murskainlaitoksessa. Valmis murskainlaitos siirtyy entistä nopeammin kokoonpanolinjalta ulos, kun lopputestauksessa ei enää tarvitse käydä läpi tarkastuksia, jotka liittyvät moottorimoduuliin.

Kokoonpanolinjan lopussa tehtävien alustavien testauksien jälkeen on murskainlaitos perinteisesti siirtynyt ulkotiloihin, joissa on suoritettu lopullinen koekäyttö. Ulkotiloissa suoritettava koekäyttö siirretään suoritettavaksi sisätiloihin ja samoihin tiloihin otetaan käyttöön myös tässä työssä käsiteltävä moottorimoduulin testauslaite.

Edellisessä kappaleessa mainitun koekäyttöohjeen pohjalta suunniteltiin uusi koekäyttöohje, joka koskee pelkästään testausta moottorimoduulin osalta. Tämän uuden koekäyttöohjeen perusteella lähdettiin suunnittelemaan testauslaitetta, jonka avulla saadaan tarkastettua kaikki tarvittavat asiat moduulin sähköjärjestelmästä.

### 3 TYÖN ALOITUS

#### 3.1 Testauslaitteen suunnittelu

Työ aloitettiin kartoittamalla testit, jotka voidaan tehdä kokoonpanosta erillään olevalle moottorimoduulille. Useat Lokotrack-yksikön sähköiset toiminnot ja mittaukset, jotka sijaitsevat eri puolilla yksikköä kulkevat moottorimoduulissa sijaitsevan moottoriohjauskeskuksen kautta. Näiden kyseisien toimintojen ja mittauksien toimintaa ei voida näin ollen testata, kun moottorimoduuli on erillään kokoonpanosta. Kartoitetuista testeistä tehtiin lista, jonka mukaan lähdettiin suunnittelemaan testauslaitetta.

Moottorimoduulin piirikaaviota ja johtosarjojen kuvia tutkimalla määritettiin johtosarjat, jotka moduulilta on tuotava testauskeskukselle. Koska moottorimoduulilta tulevat johtosarjat ovat lyhyet ja tulevat molemmille puolille moduulia, täytyi testauslaitteeseen suunnitella pitkät johtosarjat, jotka mahdollistavat moduulin kytkemisen ilman testauskeskuksen jakamista kahteen osaan. Näin mahdollistettiin myös testauskeskuksen sijainnin muuttaminen, jotta olisi mahdollista saada käyttäjäystävällinen testaus.

LT116 tyypin Lokotrackin piirikaaviota apuna käyttäen lähdettiin suunnittelemaan testauskeskusta. LT116 tyypin piirikaavio soveltui tehtävään hyvin sillä sen moottorimoduuleita tultaisiin testaamaan testauslaitteella ja sen piirikaavio oli hyvin ajantasalla uusien päivityksien ja muutoksien suhteen. Piirikaaviosta ympyröitiin kohdat, jotka täytyisi sisältyä testauskeskukseen. Ympyröityjen kohtien pohjalta piirrettiin uusi piirikaavio, josta selviää testauskeskuksen sisäinen kytkentä sekä testauskeskukselta lähtevien johtosarjojen kytkentä.

Kun testauslaitteen piirikaavio (luottamuksellinen) oli valmis, voitiin suunnitella testauskeskuksen rakenne. Piirikaaviosta tutkittiin minkälaisia komponentteja tarvittiin ja kuinka monta kappaletta. Tutkittiin eri koteloiden valmistajien internet-sivustoja ja valittiin sopivan kokoinen kotelo, johon mahtuisi kaikki tarvittavat komponentit ja piirrettiin keskukselta lay-out piirustus (luottamuksellinen).

### 3.2 Tilapäinen ratkaisu testaukseen

Moottorimoduuleiden erillään testaus aloitettiin jo ennen testauslaitteen suunnittelun valmistumista. Testaus järjestettiin tilapäisesti käyttämällä Lokotrack-yksikön ohjauskeskuksia testauskeskuksena. Koska ohjauskeskukset liitettiin suoraan moottorimodulilta tuleviin johtosarjoihin, keskuksien ainoa sijoituspaikka testien aikana oli lattialla moduulin vieressä. Tämä hidasti moduulin kytkemistä testausta varten ja vaikeutti työskentelyä.

Kun testauslaitteen suunnittelu oli johtosarjojen osalta valmis, tilattiin kyseiset sarjat alihankkijalta ja otettiin käyttöön jo tilapäisessä testausratkaisussa. Johtosarjat kytkettiin ohjauskeskuksilta moottorimoduulin johtosarjoihin ja tämän ansiosta ohjauskeskukset voitiin sijoittaa kauemmaksi moduulista (kuva 5) ja myös moduulin kytkeminen testausta varten nopeutui ja helpottui. Testauslaitteen johtosarjojen käyttö jo tilapäisessä ratkaisussa ennen varsinaisen testauslaitteen valmistumista osoitti johtosarjojen olevan helposti ja nopeasti moduuliin kytkettäviä sekä kytkennällisesti toimivia.



**Kuva 5** Ohjauskeskukset testauspaikalla

### 3.3 Testauslaitteen toteutus

Lokotrackin ohjausyksiköiden ohjelma on tyypistä riippuvainen. Testauslaite on tarkoitettu alustavasti ottaa käyttöön IC500 ja IC600 ohjelmaa käyttävien Lokotrackien moottorimoduulien testaukseen. Koska ohjelman lataaminen ohjausyksiköihin vie aikaa, niin ohjelman vaihtaminen testauslaitteeseen aina testattavan moottorimoduulin tyypin vaihtuessa ei ole kannattavaa. Näin ollen testaukseen otetaan käyttöön kaksi täysin samanlaista testauslaitetta, joista toiseen ladataan IC500 ja toiseen IC600 ohjelma. Testauslaitteiden keskukset sijoitetaan vierekkäin pyörillä liikuteltavan tason päälle, josta niitä on helppo operoida joutumatta olemaan hankalassa asennossa.

Molemmilla keskuksilla on omat johtosarjansa, jotka ovat kierrettynä kerälle keskuksen taakse silloin, kun ne eivät ole käytössä. Pyörillä liikuteltava taso sijoitetaan sopivaan paikkaan testattavan moottorimoduulin läheisyyteen. Testauslaitteiden johtosarjat ovat tarpeeksi pitkät, jotta tason sijoitus onnistuu paikkaan, jossa taso ei ole testaustilanteessa tiellä.

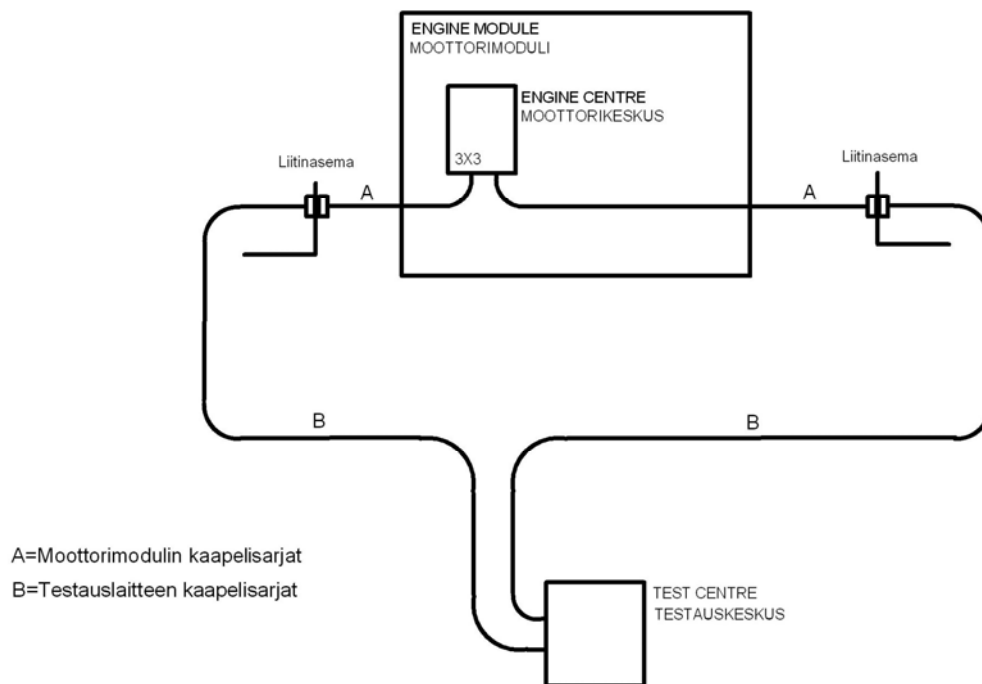
## 4 TESTAUSLAITE

### 4.1 Periaate

Testausvaiheessa testauskeskus toimii Lokotrackin pää- ja hydrauliohjauskeskuksena, jolloin saadaan simuloitua tilannetta, jossa moottorimoduuli olisi jo asennettuna murskainlaitokseen. Valmiissa Lokotrackissä pääohjauskeskuksesta tarkkaillaan ja asetetaan toimintoja ja se on yhteydessä hydraulii- sekä moottoriohjauskeskukseen. Testauskeskus on yhteydessä moottorimoduulin moottoriohjauskeskukseen ja saa tietoa mittauksista ja tapahtumista.

### 4.2 Rakenne

Testauslaite koostuu testauskeskuksesta, kaapelisarjoista ja liitinasemista (kuva 6). Koska testauskeskus simuloi pää- ja hydrauliohjauskeskusta, sisältää se molempien keskuksien ohjausyksiköt ja lisäksi väylänjakoyksikön sekä näyttölaitteen. Moottoriohjauskeskuksen ECM ohjausyksikkö kommunikoi testauskeskuksen DCM ja HCM ohjausyksiköiden kanssa väylänjakoyksikön kautta. Näyttölaitteelta voidaan tutkia mittaus- ja hälytysviestejä moottorimoduulissa sijaitsevilta antureilta sekä muuttaa asetuksia ja parametrejä selkeän valikon ja viiden valintapainikkeen avulla.



**Kuva 6** Testauslaitteen rakenne

DCM ja HCM ohjausyksiköiden kevyt rakenne ja pieni koko mahdollistavat niiden kiinnityksen testauskeskuksen seinään sisäpuolelle (kuva 7). Näin johdotukset ovat hyvin suojattuja ja helposti toteutettavissa.

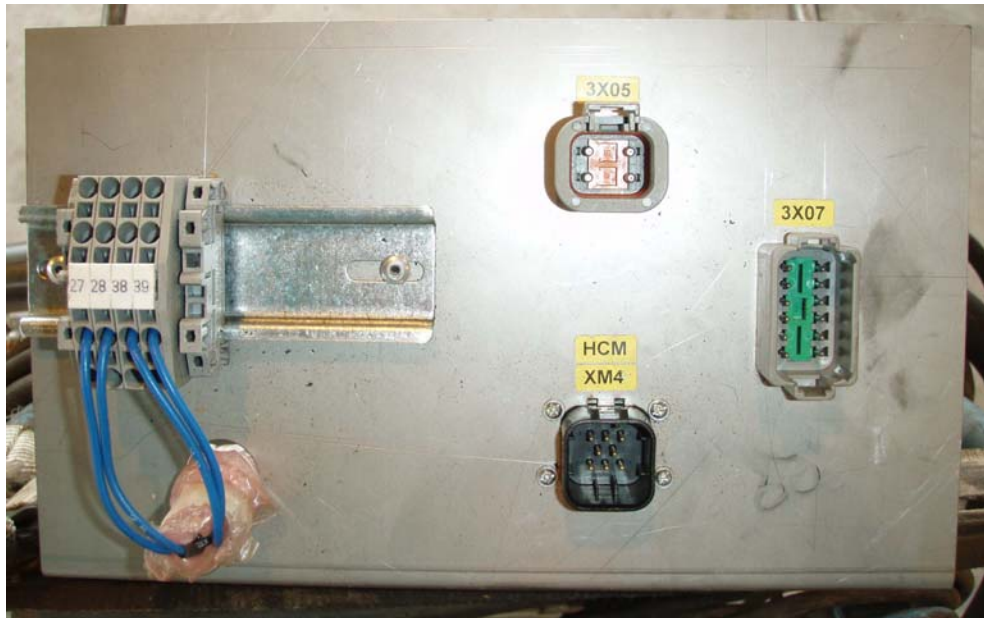


**Kuva 7** DCM ohjausyksikkö sisällä keskuksessa /3/



### 4.3 Toiminta

Testattavan moottorimoduulin johtosarjat kytketään testauslaitteen liitinasemiin. Liitinasemassa (kuva 8) sijaitsevat vastakappaleet moduulin kaapelisarjojen liittimille ja rivi-liittimet, joihin saadaan kytkettyä moduulilta tulevat johtimet, joilla ei ole omaa liitintä. Ilman liitintä olevia johtoja on kuitenkin vain muutamia, joten moduulin testauslaitteeseen kytkeminen ja irrottaminen on vaivatonta ja nopeaa. Liitinasemissa on pienet pidikkeet joiden avulla ne saadaan kiinnitettyä moottorimoduulin runkoon, jolloin kytkentä helpottuu.



**Kuva 8** Liitinasema

Kun moottorimoduuli on kytketty liitinasemiin, valitaan testauskeskuksen näytöltä testattavan Lokotrack-laitoksen tyyppi sen mukaan, minkä tyyppin moottorimoduuli on kyseessä. Tyyppin mukaan määräytyvät tietyt parametrit ja asetukset sekä optiot, jotka kyseisessä tyypissä ovat mahdollisia. Tämän jälkeen aloitetaan moottorimoduulin koekäyttöohjeen (luottamuksellinen) mukaiset tarkistukset ja kirjataan tulokset koekäyttöpöytäkirjaan (luottamuksellinen).

Moottorimoduulin testattavat kohteet ovat:

1. Tukkoisuusanturit (Hydrauliöljyn suodattimet)
2. Hydrauliöljynpinnan anturi
3. Hydrauliöljyn pääventtiili
4. Hydrauliöljyn lämpötila
5. Paineanturit (komponenttipumput ja murskan paine)
6. Moottorin jäähdyttimen nesteen pinta ja lämpötila
7. Äänitorvi
8. Start- ja stop-solenoidi
9. Akkujen jännite
10. Syöttö 24 V DC
11. Hätä-seis-toiminto
12. Tasajännitepääkytkin

Testauskeskukselle tulee tietoa kyseisten kohteiden tilasta ja näyttölaite ilmoittaa mahdollisista hälytyksistä suoraan ruudulle ilmestyvällä tekstilaatikolla (kuva 9).



**Kuva 9** Hälytysilmoitus /4/

Käyttäjä tarkastaa kohteiden tilan ja mittausviestin ohjausyksiköiden tulojen ja lähtöjen avulla. Näyttölaitteelle saadaan valittua näkyviin kaikkien yksiköiden lähtöjen ja tulojen tilat. Koekäyttöohjeesta katsotaan mikä arvo tietyssä lähdössä tai tulossa täytyy olla, jotta kyseinen kohde toimii oikein.

## 5. TESTAUS

### 5.1 Testauslaitteen valinta ja kytkeä

Tarkastetaan moottorimoduulin tyyppi ja valitaan kyseisen tyyppin testaukseen tarkoitettu testauslaite. Koekäyttöopäkirjasta on tarkastettavissa, mitä IC ohjelmaa kyseinen moottorimoduulin tyyppi käyttää. IC500 ohjelmaa käyttävät Lokotrackien LT96, LT106, LT116, LT1213, LT1213NEW, LT1110 sekä LT105 moottorimoduulit ja IC600 ohjelmaa käyttävät Lokotrackien LT200HP, LT200HPS ja LT300HP moottorimoduulit.

Kytetään moottorimoduuli käytettävän testauslaitteen liitinasemiin ja täytetään koekäyttöopäkirjaan testattavan moduulin tiedot, päivämäärä ja testaaja. Tämän jälkeen voidaan aloittaa testaus.

### 5.2 Moottori käynnistämättä tehtävät tarkastukset

Aloitetaan testaus koekäyttöohjeen mukaisesti ensin tarkastamalla kaapeloinnit ja moottoriohjauskeskus silmämääräisesti sekä tasajännitepääkytkimen toiminta ennen jännitteen kytkemistä moottorimoduuliin. Tämän jälkeen kytetään testauskeskuksen avainkytkimestä jännite moottorimoduulin järjestelmään. Tarkastetaan akkujen lepojännite ja moduulissa sijaitsevan äänitorven toiminta, kuten ohjeessa on neuvottu. Äänitorvi antaa katkonaista hälytysääntä aina moottorin käynnistyessä sekä testauskeskuksen nappia painamalla.

Siirrytään näyttölaitteen valintapainikkeilla ikkunaan, josta voidaan seurata ohjausyksiköiden tulojen sekä lähtöjen tilaa. Tarkastetaan, että lähdöt ja tulot vastaavat ohjeessa annettuja ohjearvoja kyseisille kohdille. Tärkeimmät moottori käynnistämättä tehtävät tarkastukset ovat testauskeskuksen ja moottoriohjauskeskuksen hätä-seis-painikkeiden toiminta, dieselmoottorin ilmansuodatin, hydraulikkaöljyn lämpötila, -suodattimet, ja -pinta, moottorin start- ja stop-releen toiminta.

Kyseisten kohtien toiminta tarkastetaan tällä kohtaa vain I/O tasolla ja varsinainen toiminta, kuten hätä-seis-painikkeilla moottorin pysäytys tarkastetaan moottori käynnistettynä tehtävissä tarkastuksissa.

### 5.3 Moottori käynnistettynä tehtävät tarkastukset

Kun on todettu, että molemmat hätä-seis-painikkeet toimivat I/O tasolla moitteettomasti, voidaan käynnistää moottori. Väännetään testauskeskuksen avainkytkin start-asentoon ja pidetään se siellä muutaman sekunnin ajan, kunnes dieselmoottori käynnistyy. Moottorin käynnistyttyä on avainkytkin välittömästi vapautettava jolloin se palautuu run-asentoon.

Näyttölaitteelta voidaan valintapainikkeiden avulla säädellä moottorinkierroslukua. Moottorin käynnistymisen jälkeen tarvitsee mahdollisesti hetkeksi nostaa hieman moottorin kierroksia, jotta saataisiin moottorin käynti tasaiseksi.

Tarkastetaan stop-releen toiminta vääntämällä avainkytkin stop-asentoon, jolloin moottorin tulee sammua muutaman sekunnin viiveellä. Käynnistetään moottori uudelleen ja tarkastetaan, että hätä-seis-painikkeet sammuttavat painettaessa moottorin. Mitataan akkujen latausjännite moottorin käydessä sekä tarkastetaan jäähdytysnesteen pintahälytyksen toiminta, kuten ohjeessa neuvotaan.

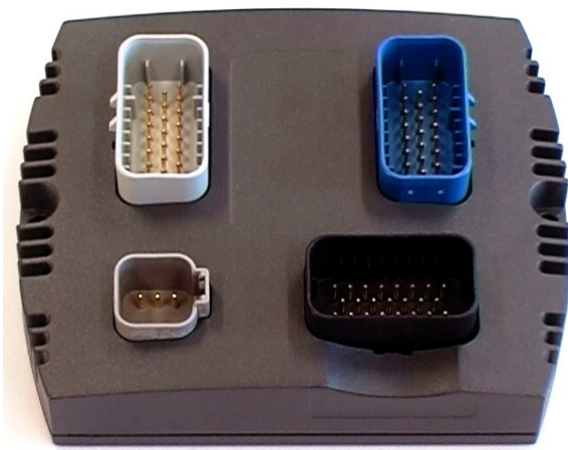
## 5.4 Kytkenän purku

Kun kaikki koekäyttöohjeen testit sähköjärjestelmälle on käyty lävitse ja tulokset kirjattu koekäyttöpöytäkirjaan, suoritetaan mekaaniset ja hydrauliset testit, jotka moduulille on määritetty tehtäväksi. Tämän jälkeen voidaan irroittaa moottorimoduulin johtosarjat liitinasemista ja testattu moottorimoduuli voidaan siirtää kokoonpanolinjalle odottamaan, että se asennetaan osaksi Lokotrack-murskainyksikköä.

## 6. TESTAUSKESKUKSEN KOMPONENTIT

### 6.1 Ohjausyksiköt

Testauskeskuksessa sijaitsevat DCM ja HCM ohjausyksiköt sekä moottorimoduulin moottoriohjauskeskuksessa sijaitseva ECM ohjausyksikkö ovat EPEC Oy:n valmistamia ja tyypiltään 4G 2024 UNIVERSAL I/O MODULE koneenohjausyksikköjä. Ne ovat tarkoitettu käytettäväksi erityisesti liikkuvien työkonien ohjausjärjestelmiin. Kyseiset yksiköt ovat vesi- ja pölytiivisiä, joten ne täyttävät mainiosti toiminnassa olevien murskainlaitoksien ympärillä vallitsevat olosuhteet. Yksiköt ovat CANopen yhteensopivia ja niissä on jokaisessa kaksi erillistä CAN-liitäntää. /5/



**Kuva 10** EPEC UNIVERSAL I/O MODULE /2/

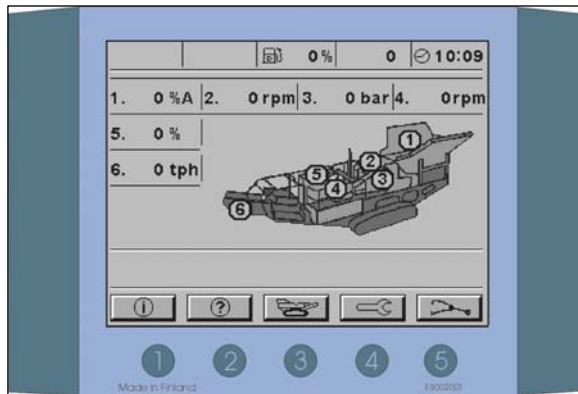
Yksiköissä on käytössä graafinen PLCopen ohjelmointi. PLCopen on maailmanlaajuinen ohjelmoinnin käyttöliittymä, joka on standardin IEC61131-3 alainen. Standardoitu käyttöliittymä mahdollistaa ohjelman kokoamisen eri osista, jolloin ohjelman tekoa voidaan hajauttaa ja saadaan joustavuutta lisättyä. Standardi käsittää viisi eri ohjelmointikieltä, jotka ovat tikapuukaavio, toimintalohkokaavio, ohjelistaus, komentopohjainen ohjelmointi ja toimintataulukko. /12/

Ohjelmointityökaluna käytetään windows-pohjaista CoDeSys ohjelmaa, joka toimii PLCopen ympäristössä. Ohjelma koostuu ohjelmointi, testaus, debugaus ja dokumentointi toiminnoista. Se tukee kaikkia PLCopen standardin ohjelmointikieliä.

Yksikössä on yhteensä 51 I/O pinniä, jotka toimivat digitaali-, analogi-, feedback-, pulssisisääntuloina tai vaihtoehtoisesti digitaali- tai pwm-uloslähtöinä. Käyttäjän ohjelma määrittelee pinnien toiminnan, jolloin saadaan mahdollisimman joustava ja käyttäjäystävällinen yksikkö. Nimellinen käyttöjännite on 24 V DC, joten yksikön käyttöjännite voidaan ottaa muuntamatta moduulin sähkönsyötöstä huolehtivilta akuilta. Toiminta lämpötila on mahdollinen -40 ja +70 celsius asteen välillä. Yksikön (kuva 10) kytkemiseen käytetään helppokäyttöisiä ja tiiviitä AMPSEAL liittimiä. /5/

## 6.2 Näyttölaite

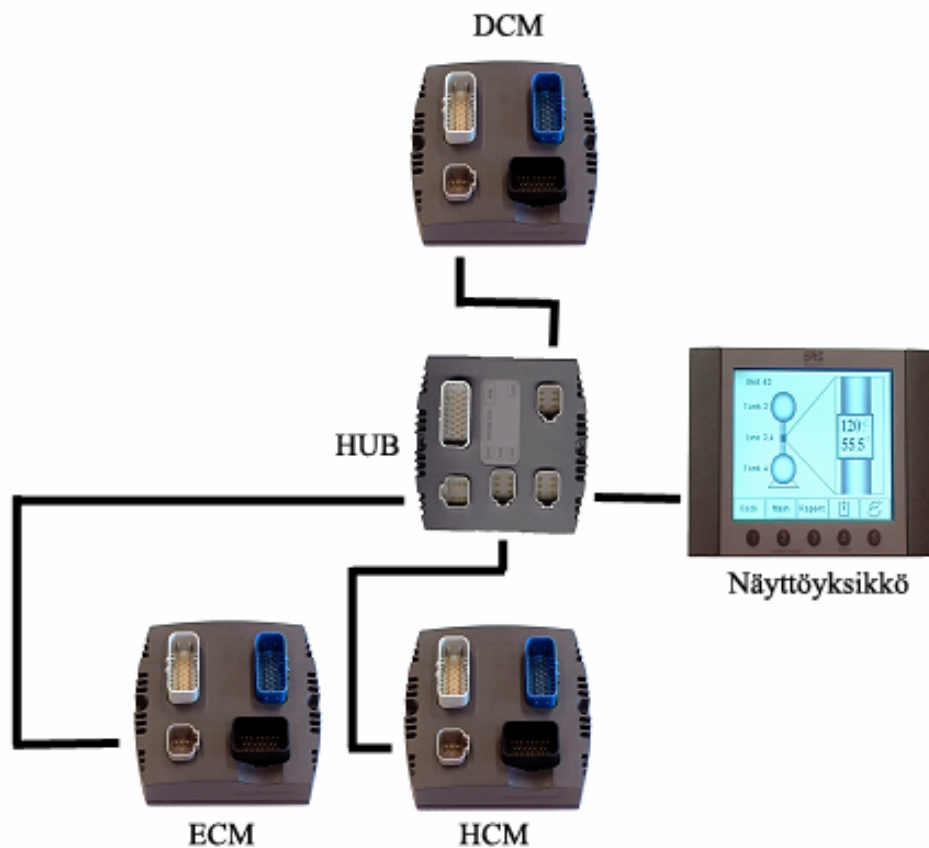
Testauskeskuksen kannessa sijaitseva näyttölaite on EPEC Oy:n valmistama ja tyyppiä 4G 2025 A02. Se on graafinen mikroprosessorilla varustettu näyttöyksikkö, joka on erityisesti suunniteltu olosuhteisiin joissa tärinä, pöly ja vesiroiskeet ovat arkipäivää. Laitteen nimellinen käyttöjännite on 24 V DC, joten erillistä muuntajaa ei tarvita. Laitteessa on viisi valintapainiketta (kuva 11), joiden avulla käyttäjä siirtyy eri näkymien välillä ja asettaa toimintoja. Samanlainen näyttölaite sijaitsee myös murskainlaitoksen pääohjauskeskuksessa, joten erillistä perehdyttämistä näyttölaitteen käyttöön ei tarvita.



**Kuva 11** Valikkonäkymä /4/

### 6.3 Väylänjakoyksikkö

Testauskeskuksessa sijaitseva väylänjakoyksikkö on EPEC Oy:n valmistama 4G 2021 HUB MODULE väylänjakoyksikkö. Kyseinen yksikkö yhdistää ohjausyksiköt ja näyttöyksikön (kuva 12). Sen avulla on mahdollista rakentaa CAN-väylään aktiivinen tähti-verkko, jolloin yhden haaran vikatila ei aiheuta muihin haaroihin ongelmia. Yksikkö jakaa CAN-väylän ja käyttöjännitteen koko ohjausjärjestelmään. Samalla se pystyy valvomaan koko järjestelmän viestiyhteyksiä ja tehonkulutusta sekä havaitsemaan jos jokin verkon haaroista on epäkunnossa. Se on PLCopen ohjelmoitava ja se sisältää muutamia I/O piirejä, joihin on mahdollista kytkeä sen läheisyydessä olevia laitteita. Siinä on kahdeksan mahdollista CAN-väylä kytkentää, jotka ovat CANopen yhteensopivia. /6/



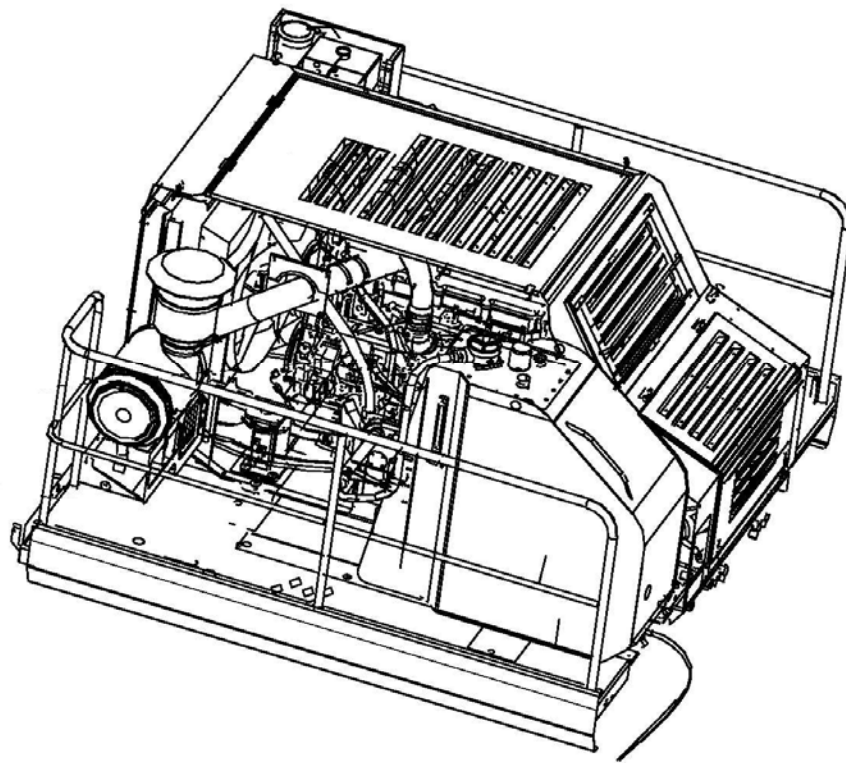
**Kuva 12** Väylänjakoyksikkö yhdistää ohjausjärjestelmän yksiköt

## 7. MOOTTORIMODUULI

### 7.1 Rakenne

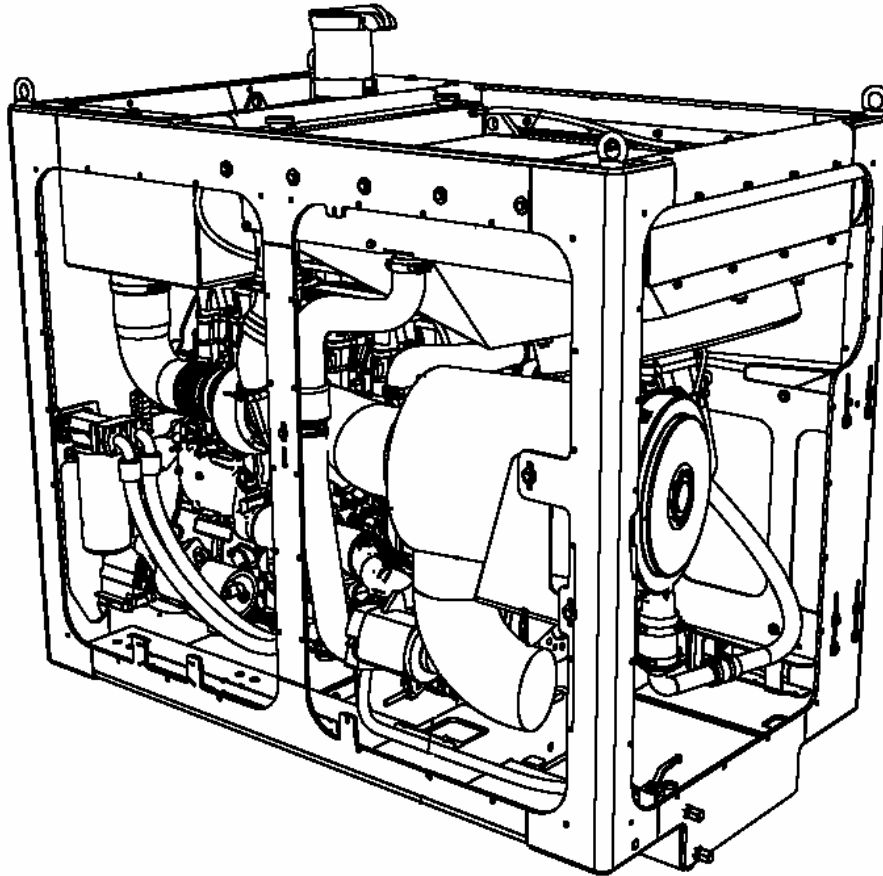
Moottorimoduuli rakentuu Caterpillar dieselmoottorin ympärille, joka toimii koko Lokotrackin voimanlähteenä. Moottori asennetaan metalliseen kehikkoon, johon kiinnitetään myös moottoriohjauskeskus, moottorimoduulin kaapelisarjat, akut ja muut moottoriin liittyvät komponentit, kuten jäähdytin. Moottorin tyyppi ja kehikon malli ovat riippuvaisia Lokotrackin mallista.





**Kuva 13** Moottorimoduuli CAT C13 /7/

Moottorimoduuleiden kehikoita on monta eri kokoa, jotka jakaantuvat kahteen eri malliin. Kuvassa 13 esitetty malli sisältää hoitotasot turvakaiteineen molemmin puolin moduulia. Hoitotasoilla on mahdollista kävellä ja tutkia moottorimoduulin toimintaa myös Lokotrackin ollessa käytössä. Moottorimoduulissa olevat hoitotasot yhdistyvät Lokotrackin runkoon kiinnitettäviin hoitotasoihin, jolloin päästään liikkumaan murskainlaitoksen päällä laajemmalla alueella. Toinen malli on niin sanottu korikehikko (kuva 14), jossa moottorimoduuliin ei kuulu hoitotasoja vaan kaikki moduulin osat ovat sijoitettuna nelikulmionmallisen kehikon sisälle. Tässä mallissa moottorimoduulin toimintaa päästään tutkimaan Lokotrackin runkoon kiinnitetyltä hoitotasolta.



**Kuva 14** Moottorimoduuli CAT C-15 /8/

Moottorimoduuli on käyttövalmis kokonaisuus, joka asennetaan murskainlaitoksen runkoon pulttikiinnityksellä. Tämän jälkeen asennetaan hydrauliletkut laitoksesta moduuliin ja liitetään moduulin johtosarjat laitoksen sähköjärjestelmään.

## 7.2 Moottori

Caterpillarin dieselmoottori, joka hyödyntää Caterpillarin kehittämää ACERT tekniikkaa. Caterpillar on tunnettu kansainvälinen valmistaja, jolla on laaja mallisto työkoneisiin suunnattuja dieselmoottoreita. Kyseiset moottorit täyttävät murskainlaitoksien asettamat kovat vaatimukset tehon, kestävyys ja ympäristön suhteen.

Murskainlaitoksen moottorilta vaaditaan kestävyttä, sillä useimmissa tapauksissa laitos on käytössä lähes taukoamatta. Murskausprosessin pyörittämiseen vaaditaan moottorilta

runsaasti tehoa, joten moottorin tulee toimia luotettavasti suurillakin käyntikiirroksilla ja jatkuvassa rasituksessa. Moottorin koko ja teho ovat riippuvaisia Lokotrackin mallista.

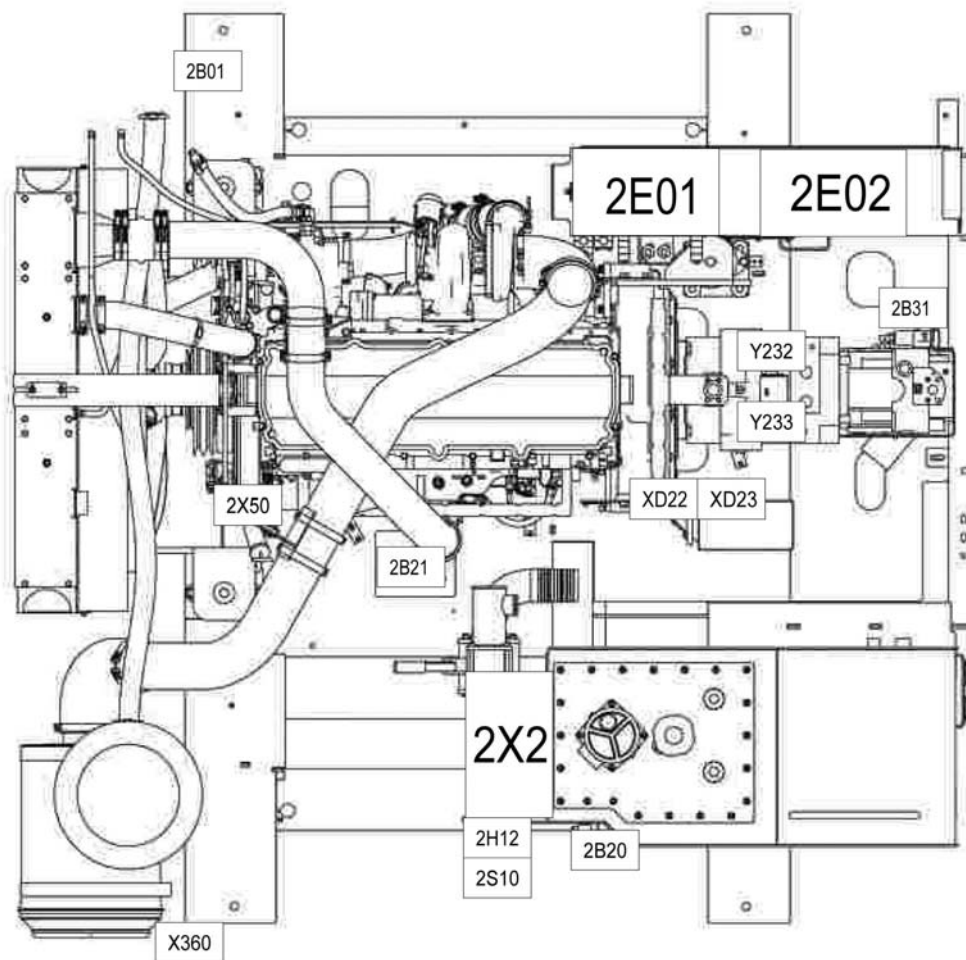
Työkoneiden moottoreiden päästöihin kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota ja päästönormeja tiukennetaan jatkuvasti. Caterpillarin uusimmat dieselmoottorit täyttävät nykyajan vaatimusten mukaiset TIER III normit.

Moottorimoduuleissa käytettyjä dieselmoottoreita:

1. CAT C6.6 ACERT TIER III (168 kW)
2. CAT C9 ATAAC TIER III (224 kW)
3. CAT C13 ACERT TIER III (310 kW)
4. CAT C-15 ATAAC (392 kW)

### 7.3 Sähkökomponenttien sijainti

Sähkökomponentit ja niiden sijainti on moottorimoduulin tyyppikohtainen. Peruskomponentit ovat kaikissa moduuleissa samat, mutta niiden sijainti kokoonpanossa vaihtelee. Kuva 15 havainnoillistaa komponenttien sijainnit, kun kyseessä on LT200HPS murskainlaitoksen moottorimoduuli.



**Kuva 15** Sähkökomponenttien sijainnit /9/

Peruskomponentit ovat akut 2E01 ja 2E02 sekä moottoriohjauskeskus 2X2. Muut komponentit ovat moottorin ja sen laitteiden tilaa ja asetuksia tutkivia ja säätäviä antureita, kytkimiä, mittalaitteita ja venttiileitä. Kaikki sähkökomponentit ovat kytkettyinä moottorimoduulin johtosarjoihin.

## 8 TULOKSET

Työn tuloksena syntyi testauslaite ja ohjeistus testaukseen, joiden avulla saadaan Loko-track-yksiköiden moottorimoduuleiden sähköjärjestelmä testattua erillään kokoonpanosta. Kesällä 2007 on tarkoitus ottaa käyttöön kaksi testauslaitetta, joista toisella testataan IC500 ohjelmalliset moottorimoduulit ja toisella IC600 ohjelmalliset moottorimoduulit. Myöhemmin tullaan ottamaan testauslaite käyttöön myös muiden IC moottorimoduulien testaukseen.

Testauslaite ja ohjeistus on suunniteltu siten, että moottorimoduuleiden testaus voidaan suorittaa testaukseen varatulla paikalla ilman erityisjärjestelyjä. Testauksen ohjeistus on tarpeeksi kattava, että tarvittaessa testauksen voi hoitaa moottorimoduuleihin perehtymätön yksilö. Normaalitilanteessa testaukset suorittaa moottorimoduuleihin perehtynyt asentaja, joka suorittaa sähköjärjestelmän testien ohella myös moduulin hydraulijärjestelmän toiminnan sekä mekaaniset testit.

Testauslaitteella saadaan moottorimoduulit testattua nopeasti ja vaivattomasti, testauslaitteen erilaisten ratkaisujen ansiosta. Testauslaitteen johtosarjat ja liitinasemat (kuva 16), mahdollistavat nopean moduulin kytkemisen, koska moduulin johtosarjoja ei tarvitse kytkeä erikseen keskukseen sisälle vaan liityntä hoidetaan pikaliittimillä.



**Kuva 16** Testauslaitteen johtosarjat ja liitinasemat

Testauskeskus sijoitetaan pyörillä liikuteltavalle tasolle, jolloin sen sijainti voidaan määrittellä niin, ettei se testaustilanteessa aiheuta ylimääräistä vaivaa. Testaustilanteessa testaaja liikkuu testattavan moduulin ja testauskeskuksen välillä, joten keskuksen on tärkeää sijaita lähellä moduulia olematta kuitenkaan tiellä.

Testauskeskus kiinnitetään tasoon sellaiselle korkeudelle, että se on ergonomisesti ajatellen helposti testaajan operoitavissa. Moottorimoduuleita on tarkoitus testata useampi kappale päivässä, joten testauskeskuksen ergonominen käytettävyys on tärkeää.

Testauslaitteen piirustukset, osaluettelot ja ohjeistus dokumentoidaan Metso Mineralsin tietokantaan.

## 9 TULOSTEN TARKASTELU

Moottorimoduulin erillään testaaminen toi mukanaan haasteita ja mahdollisuuksia, joihin pyrittiin testauslaitteella vastaamaan. Työn alussa asetetut tavoitteet saavutettiin ja suunnitellut aikataulut pitivät paikkansa. Testauslaitteella saavutetaan juuri ne hyödyt, joita alunperin lähdettiin tavoittelemaan. Sen avulla saadaan toteutettua nopea ja käyttäjäystävällinen testaus, jonka avulla säästetään aikaa ja kustannuksia.

Testauslaitteen suunnittelussa on otettu huomioon tulevaisuudessa mahdollisesti tulevat laajennus- ja kehitystarpeet. Testauslaitteeseen on helposti tehtävissä pieniä laajennuksia, kuten mittauksien ja säätöjen lisäyksiä sekä ohjelmapäivityksiä. Testauslaitteen käytön aikana vasta pystytään havaitsemaan todelliset kehitystarpeet testauslaitteeseen, testauspaikkaan ja itse testausprosessiin.

Tulevaisuudessa yhtenä kehitysmahdollisuutena olisi, että moottorimoduulin erillään testaus hoidettaisiin kokonaan automatisoidusti ilman testaajaa. Testauslaite suorittaisi määritetyt sähkö- ja hydraulijärjestelmän testit itsenäisesti ja testaajan tehtävänä olisi ainoastaan kytkeä moottorimoduuli testauspisteeseen. Tämä vaatisi kuitenkin suuria muutoksia koko testausprosessiin ja kustannukset saattaisivat nousta liian suuriksi suhteessa saavutettavaan hyötyyn.

## LÄHDELUETTELO

Sähköiset lähteet:

- 1 Metso Minerals (Tampere) Oy, Johanna Kallio. Yritys esittely vierailukierroksia varten, [Powerpoint-diaesitys]. Tampere.
- 2 Metso Minerals (Tampere) Oy. IC Presentation 0203, [Powerpoint-diaesitys]. Tampere.
- 3 Metso Minerals (Tampere) Oy. Keskuskuvat DSCN2137, [JPEG-kuva]. Tampere 10.06.2004.
- 4 Metso Minerals (Tampere) Oy. IC500, [Powerpoint-diaesitys]. Tampere.
- 5 EPEC Oy, EPEC koneenohjausjärjestelmät. 2024 ohjausyksikön tuotesite, [PDF-dokumentti].
- 6 EPEC Oy, EPEC koneenohjausjärjestelmät. 2021 väylänjakoyksikön esite, [PDF-dokumentti].
- 7 Metso Minerals (Tampere) Oy, Esko Hyttinen. Engine module assembly CAT C13, [SPP-dokumentti]
- 8 Metso Minerals (Tampere) Oy, Ville Sännälä. BASIC UNIT C-15 ATAAC, [SPP-dokumentti]
- 9 Metso Minerals (Tampere) Oy, Jussi Kynäslahti. ELECTRIFICATION ENGINE MODULE CAT C13, [SPP-dokumentti]
- 10 Metso Minerals (Tampere) Oy, Keijo Viilo. Crushing process/Finnish, [Powerpoint -diaesitys]. Tampere.



- 11 Metso Minerals (Tampere) Oy, Ilpo Teittinen. Murskausprosessin laitteet, [Powerpoint -diaesitys]. Tampere 2003.
- 12 PLCopen.[www-sivu]. [viitattu 18.05.2007] saatavissa: <http://plcopen.org/>