



Joonas Suoverinaho

Korjauskampanjan suunnittelu Mecalac AX850 -pyöräkuormaajaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

7.3.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Joonas Suoverinaho
Otsikko:	Korjauskampanjan suunnittelu Mecalac AX850 -pyöräkuormaajaan
Sivumäärä:	33 sivua + 1 liite
Aika:	7.3.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Autosähkötekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Pasi Kovanen Tekninen tuki Petteri Kokkonen, RealMachinery Oy

Opinnäytetyössä Mecalac AX850 III B -pyöräkuormaajaan suunniteltiin korjauskampanja. Korjauskampanjan tarve ilmeni koneiden käynnistysongelmien myötä. Käynnistysongelmat johtuivat sähköjärjestelmän suunnitteluvirheestä, joka aiheutti lähes 2 A:n suuruisen lepovirran. Korjauskampanjan suunnittelu tarjosi yritykselle kokonaisvaltaisen ratkaisun viallisten koneiden korjaukseen.

Työ toteutettiin yhteistyössä RealMachinery Oy:n kanssa. Korjauksen suunnittelu alkoi korkean lepovirran tutkimisella. Vian löydyttyä korkean lepovirran korjaukseen suunniteltiin teoreettinen ratkaisu. Teoreettisen ratkaisun pohjalta suunniteltiin korjauksen fyysinen toteutus. Onnistuneesta korjauksesta laadittiin yhtenäinen korjauskampanja, joka sisälsi ohjeet sekä osat vian korjaukseen.

Lopputuloksena korkean lepovirran korjaukselle saatiin toteutuskelpoinen ratkaisu. Kaikki vialliset koneet saatiin rajattua tarkasti sarjanumeron perusteella. Kampanjan suunnittelu lisäsi kansainvälistä yhteistyötä Mecalacin kanssa, mikä vaikutti positiivisesti yhteistyöhön yritysten välillä. Lopputuloksena RealMachinery Oy:lle saatiin luovutettua valmiiksi suunniteltu toteutuskelpoinen korjauskampanja.

Avainsanat: Mecalac AX850, suunnitteluvirhe, lepovirta, korjauskampanja

Abstract

Author: Joonas Suoverinaho
Title: Repair Campaign Design for the Mecalac AX850
Wheel Loader
Number of Pages: 33 pages + 1 appendix
Date: 7 March 2022
Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics Engineering
Supervisors: Pasi Kovanen, Senior Lecturer
Petteri Kokkonen, Technical Support, RealMachinery Oy

The objective of this Bachelor's thesis was to design a repair campaign for the Mecalac AX850 wheel loader. The wheel loaders suffered from starting problems that were connected to the low battery voltage. Due to a design error, approximately two-ampere quiescent current drained the battery. The repair campaign was designed and developed in co-operation with RealMachinery PLC.

First, the main cause of the high quiescent current had to be found out. After that, a theoretical solution was created to solve the high quiescent current problem. Based on the theoretical solution the instructions on how to carry out the actual repair process were created. After carrying out the repair process successfully, it was possible to create a comprehensive repair campaign which included instructions and parts for repairing the fault.

As a result, the quiescent current problem was solved. The final solution was suitable for all the machines included in the repair campaign. In the future, co-operation with Mecalac will be more efficient because of this campaign. In conclusion, the company received a fully designed repair campaign that provides a solution for fixing the problems with the wheel loaders.

Keywords: Mecalac AX850, Design error, Quiescent current, Repair campaign

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Koneen esittely	2
2.1	Tekniset tiedot	3
2.2	Päästöluokat	4
2.3	Sähköjärjestelmä	5
2.4	Hydrauliikkajärjestelmä	6
3	Koneissa havaitut oireet	7
3.1	Koneiden oireiden aiheuttaja	7
3.1.1	Koneiden mittaukset	8
3.1.2	Mittaustulosten tulkinta	9
3.2	Akun varaustilan toteaminen	10
4	Suunnitteluvian havaitseminen	11
4.1	Sähkökaavion tutkinta	11
4.1.1	Sähkökaaviosta puuttuvat komponentit	12
4.1.2	Täydennetty sähkökaavio ja suunnitteluvirheen havainto	14
4.2	HiFlow-venttiili	15
4.3	Viallisten koneiden määrä	16
5	Suunnitteluvian teoreettinen ratkaisu	17
6	Suunnitteluvian korjauksen toteutus	19
6.1	Korjauksessa tarvittavat osat	19
6.1.1	Sähköjohto	19
6.1.2	Sulake	20
6.1.3	Pinnit	20
6.2	Korjauksen toteutus koneeseen	21
6.2.1	Uuden johdon asennus	21
6.2.2	Hi/Lo-kytkimen muutokset	22
6.2.3	Piirilevyn muutokset	24
7	Korjauskampanjan suunnittelu	25

7.1	Korjauskampanjan toteutus koneeseen	25
7.1.1	Osat	26
7.1.2	Ohjeistus	27
7.2	Korjauskampanjan kustannukset	27
8	Korjauskampanjan suunnittelun vaikutukset	29
8.1	Vaikutus koneisiin	29
8.2	Taloudelliset vaikutukset	29
8.3	Yhteistyö tehtaan kanssa	30
9	Yhteenveto	30
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1: Korjauskampanjan ohjeet	

Lyhenteet

PCB	<i>Printed Circuit Board</i> . Piirilevy, joka yhdistää siihen kytketyt komponentit halutulla tavalla kuparikerroksen kautta.
daN	<i>Dekaneuton</i> . Newton on SI-järjestelmän voiman yksikkö, jonka etuliite deka vastaa kymmenellä kertomista.
ECU	<i>Engine Control Unit</i> . Elektroninen ohjainlaite, joka ohjaa moottorin toimintaa.
CAN	<i>Controller Area Network</i> . Tiedonsiirron väylä, joka kehitettiin 1980-luvun puolivälissä.
Ah	<i>Ampeeritunti</i> . Yksikkö, joka kertoo akun kokonaisvarauksen, kun virta kerrotaan purkuajalla.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoite on selvittää Mecalac AX850 III B -pyöräkuormaajien korkean lepovirran aiheuttaja, jonka pohjalta suunnitellaan korjauskampanja. Korkean lepovirran oli todettu aiheuttavan koneisiin jatkuvaa akkujen tyhjenemistä, johon halutaan saada ratkaisu tämän opinnäytetyön avulla. Opinnäytetyö aloitettiin mittauksilla, jotka osoittivat lepovirran olevan lähes kaksi ampeeria. Koneen tutkiminen osoitti korkean lepovirran aiheutuvan sähköjärjestelmän suunnitteluvirheestä. Yrityksen puolesta ongelmaan toivottiin kokonaisvaltaista ratkaisua korjauskampanjan suunnittelun muodossa.

Suunnitteluvirheen korjausta varten on luotava ratkaisu, jonka pohjalta korjauskampanja suunnitellaan yhteistyössä yrityksen kanssa. Tärkeä osa korjauskampanjaa on selvittää, kuinka suurta konekantaa suunnitteluvirhe koskee, mikä määrittelee kampanjan laajuuden. Tavoitteena on luoda yhtenäinen ohjeistus kaikkien viallisten koneiden korjaukseen. Korjauskampanjan suorittaminen tulee parantamaan koneen toimintavarmuutta, mikä vähentää ylimääräisiä korjauskäyntejä sekä vaikuttaa positiivisesti asiakastyytyväisyyteen.

Mecalac AX850 -mallia on myyty pidemmän ajan eri puolelle Suomea, joten korjauskampanja on pystyttävä suorittamaan eri toimipisteiden kautta. Korjauskampanjan suunnittelu tarjoaa mahdollisuuden konekohtaisen tuntemuksen kehitykselle. Opinnäytetyöprosessin aikana pidettiin yhteyttä Mecalacin yhteyshenkilöihin, joka lisäsi kansainvälistä toimintaa yrityksen sekä valmistajan välillä.

Työn tilaajana on RealMachinery Oy, joka on 2010 perustettu valtakunnallinen maanrakennuskoneiden eri palveluihin erikoistunut konetalo. RealMachineryn palvelut kattavat maanrakennuskoneiden maahantuonnin, myynnin, vuokrauksen, varaosat, huollon sekä varustelun. RealMachinery toimii Doosan-kaivinkoneiden, -pyöräkuormaajien sekä -dumpperien maahantuojana. Lisäksi yritys tuo maahan Mecalac-pyöräkuormaajia sekä Ammann-maantiivistyskoneita. (1.)

2 Koneen esittely

Mecalac AX850 III B (kuva 1) on 5000 kg:n painoluokan tieliikennekelpoinen pyöräkuormaaja, joka valmistetaan Búdelsdorfissa Pohjois-Saksassa. Mecalac AX850 on suunniteltu monipuoliseen käyttöön. Kone on kompaktinkokoinen, ja sen nostokyky on hyvä suhteessa työpainoon. Koneen lisähydrauliikka sekä puomin sähköistys mahdollistavat eri lisälaitteiden käytön. Suomessa koneiden käyttö keskittyy pääosin monitoimikoneen tehtäviin, kuten talvikunnossapitooon sekä yleisiin nosto- ja siirtotehtäviin. (2, s. 3–12.)

Keskeisiä Mecalacin ominaisuuksia ovat runko-ohjaus sekä koneen etu- ja takaosan yhdistävä heilurinivel. Heilurinivelen ansiosta koneen takaosan painopiste on saatu heiluriakselin alapuolelle, jolloin rakenne on itsestään stabiloituva. Koneen molemmat akselit ovat varustettu 100 %:n ohjattavilla lukkoperillä, jotka lisäävät koneen maastokelpoisuutta huomattavasti. Kaksi sylinteriä liikuttavat koneen monopuomia, jonka rakenne mahdollistaa hyvän näkyvyyden työlaitteelle sekä suojaa puomin sisällä kulkevaa hydrauliikkaa. (2, s. 11–17.)



Kuva 1. Mecalac AX850 III B (3)

2.1 Tekniset tiedot

Mecalac AX850 III B vm. 2019 tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mecalac AX850 III B:n tekniset tiedot (2, s.15–19; 4, s. 15–23)

MECALAC AX850 III B, 2019	
Työpaino	<i>5050 kg</i>
Moottori	<i>Deutz TD 2.9 L4 (Diesel)</i>
Moottorin maksimiteho	<i>55,4 kW / 2300 rpm</i>
Moottorin maksimivääntö	<i>235 Nm / 1600 rpm</i>
Hydrauliikkajärjestelmän maksimiteho (2300 rpm)	<i>62 l/min (77 l/min), 250 bar</i>
Koneen mitat 0,85 m ³ :n kauhalla (pituus, leveys, korkeus)	<i>5285 mm, 1850 mm, 2470 mm</i>
Nostovoima maanpinnalta	<i>4300 daN (4385 kgf)</i>
Kaatokuorma suorana, 0,85 m ³ :n kauhalla	<i>3700 kg</i>

2.2 Päästöluokat

Direktiivien myötä työkoneiden päästöluokat tiukentuvat jatkuvasti. Mecalac AX850 III B luokitellaan liikkuvaksi työkoneeksi, jolloin koneen pakokaasupäästöt määräytyvät vuonna 1999 voimaan tulleen Stage-luokitusten mukaisesti (taulukko 2). Koneen moottorin teho on alle 56 kW, jolloin päästöluokka on Stage III B. (5.) Mecalacin Deutz-moottorissa on vakiona DOC eli hapettava katalysaattori sekä optio Stage V -luokitukselle. Stage V -luokitus tuli käyttöön moottoreissa, jotka otettiin käyttöön heinäkuun 1. päivän jälkeen vuonna 2019. Stage V -luokituksen saavuttamiseksi moottoriin lisättiin DPF eli hiukkasuodatin. (6; 7, s. 4.)

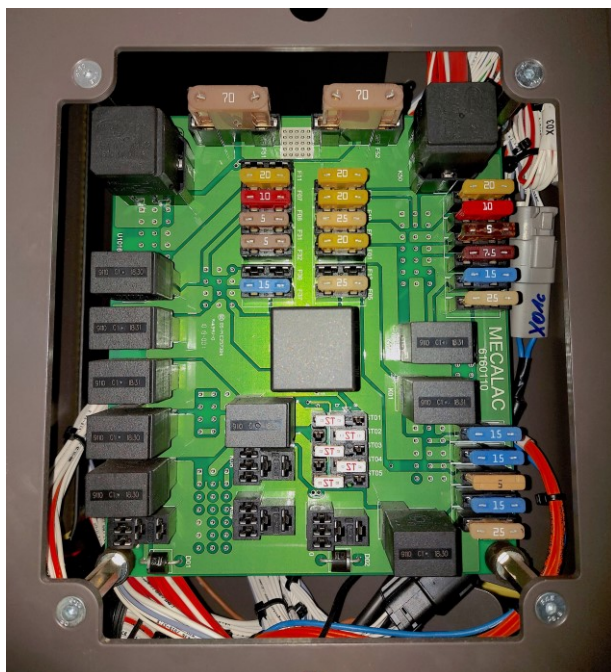
Taulukko 2. Stage-luokitukset (5)

<i>Luokitus</i>	<i>Voimaantulovuosi</i>	<i>Lisätietoa</i>
Stage I	1999	Vain diesel
Stage II	2001–2004	
Stage III A	2006–2007	
Stage III B	2011–2013	
Stage IV	2014	Vain 56–560 kW
Stage V	2019–2020	

2.3 Sähköjärjestelmä

Mecalacin 12 V:n sähköjärjestelmää hallitsevat pääosin Deutz-moottorin ECU, koneen pääohjainlaite sekä mittaristo. Nämä komponentit kommunikoivat keskenään CAN-väylän kautta tiedonsiirtonopeudella 1 Mbit/s. Moottorinohjaus tapahtuu Deutzin oman ECU:n kautta. Koneen pääohjainlaite hallitsee hydraulian toimintoja. Mittaristo toimii väylän rajapintana, jonka kautta voidaan lukea moottorin sekä koneen vikakoodit. Koneen väylässä on kaksi diagnostiikkapistoketta. Molempiin pistokkeisiin saadaan kytkettyä Mecalacin oma diagnostiikkalaite sekä etädiagnostiikan mahdollistava lisävaruste.

Lähes kaikkien komponenttien virransyöttö tapahtuu keskitetyn rele- ja sulake- taulun kautta, joka on toteutettu piirilevyn eli PCB:n avulla (kuva 2). Piirilevyllä on pyritty keskittämään koneen sähköjärjestelmän virransyötön keskeiset komponentit yhteen paikkaan. Piirilevyn virransyöttö jakaantuu pääsulakkeen kautta kahteen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä on suoraan akkuun kytketty virransyöttö KL_30. Toinen ryhmä on virtalukon ohjaama virransyöttö KL_15. (8, s. 91–106.)

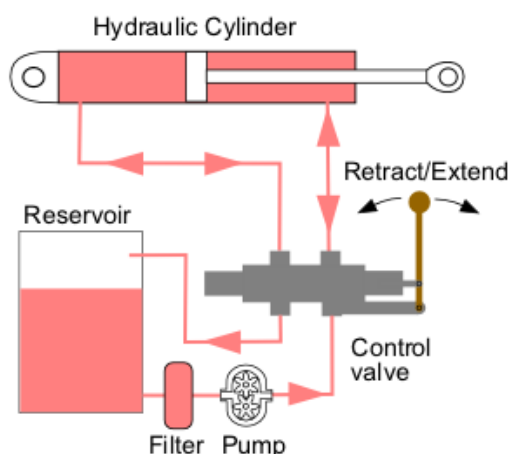


Kuva 2. PCB

2.4 Hydraulikkajärjestelmä

Avoimessa hydraulikkajärjestelmässä hydraulikkaöljy kiertää aina säiliön kautta (kuva 3). Pumppu imee öljyn säiliöstä, jonka jälkeen öljyn virtausta hallitaan eri venttiileillä. Lopuksi öljy palaa takaisin säiliöön paluusuodattimen kautta. (9, s. 3.) Mecalacin avoimen hydraulikkajärjestelmän pääkomponentit koostuvat kahdesta erilaisesta hammasrataspumpusta, kuudesta sylinteristä, 3-osaisesta venttiilipöydästä sekä hydraulikkatankista. Koneen hydraulikkajärjestelmän maksimitilavuusvirta on 62 l/min paineen ollessa 250 bar (2300 rpm). Tilavuusvirta kertoo, kuinka suuri määrä nestettä virtaa minuutin aikana tietyssä poikkileikkauksen kohdassa.

Pumput saavat voimansa koneen moottorista, jotka ovat tuotoltaan 27 cm³/r sekä 9 cm³/r. Luvut kertovat, kuinka monta kuutiometriä pumppu kykenee syrjäyttämään nestettä yhtä kierrosta kohden. Isomman 27 cm³/r -pumpun tuotto kulkee prioriteettiventtiilin läpi koneen ohjauksen sylinterille orbitrolin kautta. Prioriteettiventtiilin toinen lähtö menee 3-osaiselle venttiilipöydälle, joka hallitsee puomin-, pikalukon- sekä kauhansylinterien liikkeitä. Lisäksi pikalukon piiristä haarautuu lisähydraulikka. Pienempi 9 cm³/r -pumppu on käytössä ainoastaan moottorin jäähdyttimen tuulettimelle. (8, s. 25–52; 10, s. 3–4.)



Kuva 3. Esimerkki avoimesta hydraulikkajärjestelmästä (11)

3 Koneissa havaitut oireet

Mecalaceissa havaitut oireet liittyivät koneiden käynnistysongelmiin. Ensimmäiset oireet ilmenivät vuodesta 2019 alkaen. Käynnistysongelmista raportointiin erityisesti pidemmän seisonnan jälkeen, jolloin akkujen huomattiin olevan latauksen tarpeessa. Osa koneista toimi normaalisti, mutta toiset koneet kärsivät jatkuvasti käynnistysongelmista lämpötilasta riippumatta. Oireilevien koneiden kokonaismäärästä ei kuitenkaan ollut tarkempaa tietoa.

Käynnistysongelma oli saatu ratkaistua monessa tapauksessa akun latauksella tai apuvirralla. Muutamaan koneeseen oli asennettu kiinteä akkulaturi, joka helpotti rutiiniksi muodostunutta latausta. Akun lataus ei ollut aina mahdollista, jolloin koneiden akkuja uusittiin huoltohistorian perusteella useasti. Jatkuvasti kuormittuneet akut olivat usein myös syväpurkautuneet, jolloin älylaturi ei kyennyt aloittamaan latausta liian alhaisen napajännitteen takia.

3.1 Koneiden oireiden aiheuttaja

Yritys oli havainnut muutamasta koneesta akkujen tyhjenevän nopeasti, mikä johtui korkeasta lepovirrasta. Lepovirta kertoo koneen sähköjärjestelmän virran kulutuksen lepotilassa, jolloin virtalukossa ei ole avainta. Korkea lepovirta oli saatu rajattua kahdessa tapauksessa vaihtoreleen K05 taakse. Releen K05 ohjauksen oli todettu tapahtuvan 2-asentoisen Hi/Lo-kytkimen kautta. Kytkin sijaitsee ohjaamossa virtalukon takana (kuva 4). Kytkimen asento oli vaikuttanut koneen lepovirtaan, jolloin Hi-asennossa lepovirta oli korkea ja Lo-asennossa matala. Sulakekartasta ilmeni, että K05-rele ohjasi koneen optiota numero 4. Optiosta 4 ei kuitenkaan ollut löydetty lisätietoa edes sähkökaaviosta. Yhdestä koneesta oli poistettu rele K05, jolloin kytkimen asento ei aktivoinut lepovirran aiheuttajaa. Ratkaisu oli ollut kompromissi, koska yksi koneen ominaisuus eli optio 4 poistui käytöstä. Toinen ratkaisu lepovirran hallintaan oli ollut koneen kuljettajan ohjeistaminen Hi/Lo-katkaisijan oikeaoppiseen käyttöön.



Kuva 4. Hi/Lo-kytkin

3.1.1 Koneiden mittaukset

Yrityksen aiempien tutkimusten pohjalta koneet vaativat mittauksia, jotta vika pystyttiin selvittämään kaikkia yksityiskohtia myöten. Tarkempien mittausten kohteeksi valikoitui kolme konetta. Kahdessa koneessa lepovirta oli aiemmin todettu korkeaksi. Kolmas kone oli Stage V-luokituksen moottorilla, jossa samoja oireita ei ollut havaittu. Kolmas kone toimi vertailukohteena kahden oireilevan koneen mittauksille. Mittausten avulla saatiin tarkat arvot lepovirralle sekä K05-releeseen kytketyn komponentin virrankulutus.

Mittaukset koostuivat kolmesta eri vaiheesta, jotka suoritettiin virtalukon ollessa 0-asennossa. Ensimmäisenä mitattiin lepovirta akulta Hi/Lo-kytkimen ollessa Hi-asennossa. Toinen mittaus oli sama, mutta Hi/Lo-kytkin laitettiin Lo-asentoon. Kolmannessa mittauksessa mitattiin K05-releen ohjaavalle komponentille kulkeva virta, jolloin viimeisen koneen kohdalla virrat täytyi olla kytkettynä päälle. Mittaukset suoritettiin FLUKE 115 TRUE RMS MULTIMETER -yleismittarilla. Tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Mittatulokset

<i>Mitattava kone</i>	<i>Lepovirta kytkin Hi-asennossa</i>	<i>Lepovirta kytkin Lo-asennossa</i>	<i>Releen K05 virransyöttö</i>
1. AX850 III B	1,71 A	64 mA	1,52 A
2. AX850 III B	2,08 A	64 mA	1,89 A
3. AX850 V	64 mA	64 mA	1,75 A

3.1.2 Mittaustulosten tulkinta

Taulukon 3 mittaukset varmistivat Hi/Lo-kytkimellä olevan huomattava vaikutus koneen lepovirran suuruuteen. Kolmannessa koneessa vikaa ei aiemmin ollut havaittu, jonka mittaukset todistivat. Tämä varmistui, että kyseinen vika ei kosketa kaikkia kyseisen mallinsarjan koneita. Mittaustulosten vertailukohtana pidettiin autojen tyypillistä lepovirran suuruutta 3–30 mA (12, s. 1105).

Ensimmäisenä lepovirta mitattiin kytkimen ollessa Hi-asennossa, joka osoitti lepovirran olevan koneissa 1 ja 2 olevan 2:n ampeerin tasolla. Kytkimen ollessa Lo-asennossa lepovirta asettui 64 mA:iin. Kolmannessa mittauksessa K05-releen ohjaamalle komponentille saatiin kolme eri lukemaa. Pienet mittauksien eroavaisuudet johtuivat akun eri jännitetasoista sekä releeseen liitetyn komponentin resistanssin muutoksesta ulkolämpötilan suhteen.

Koneiden n. 2 A:n lepovirta kertoi tarkan syyn koneiden käynnistysongelmiin. Kahden ampeerin virta täydellä akkujännitteellä vastasi tehona (kaava 1) 25,2

wattia. Esimerkkinä tehon suuruudelle oli jatkuvasti palava vilkun 21 W:n polttimo.

$$P = U \cdot I \rightarrow 12,6 \text{ V} * 2 \text{ A} = 25,2 \text{ W} \quad (1)$$

AX850-koneissa oli 100 Ah:n huoltovapaa akku. Akkujen Ah-merkintä on määritelty standardin EN 50342 mukaisesti. Standardin mukaan akkua kuormitetaan 20 tunnin ajan $25 \pm \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa, kunnes napajännite saavuttaa 10,5 V:n tason. Tällöin 100 Ah:n akusta saadaan 5 A:n purkuvirralla 20 tunnin aikana 100 Ah:n sähkömäärä. Purkuvirran ollessa pienempi kuin 5 A akusta saatu sähkömäärä on suurempi. Tässä tapauksessa standardiin perustuvan arvion mukaan Mecalacin 100 Ah:n akku kestää 2 A:n kuormitusta n. kaksi vuorokautta, kunnes akun jännite on laskenut lähelle 10,5 V:a. (13, s. 412–418.)

3.2 Akun varaustilan toteaminen

Koneiden huoltovapaan kalsiumseosteisen akun varaustila pystyttiin toteamaan yksinkertaisella napajännitteen mittauksella. Napajännitteen ollessa 12,6 V akun varaustila oli 100 % sekä 12,0 V:n jännitteellä 25 %. Tämä mittaustapa oli nopea keino todeta akkujen varaustilan olevan alhainen. Toinen vaihtoehto olisi ollut erilaisten akkutesterien käyttö, kuten esimerkiksi perinteinen hiilipakka- tai sysäyskuormatesteri. Akun kuormituksen suuruuteen vaikuttavat ulkolämpötila, sisäinen resistanssi sekä akun ikä. Ulkolämpötilan laskiessa akkunesteen tiheys pienenee, mikä vaikuttaa suoraan akun varausasteeseen. Tiheyden muutos on n. 0,07 %/°C. Esimerkkinä 50 Ah:n akun sisäinen resistanssi 20 °C:n lämpötilassa on n. 5–10 mΩ. Lämpötilan laskiessa -25 °C:seen sisäinen resistanssi kasvaa n. 30–35 mΩ:iin. (13, s. 419; 14; 15, s. 281–294.)

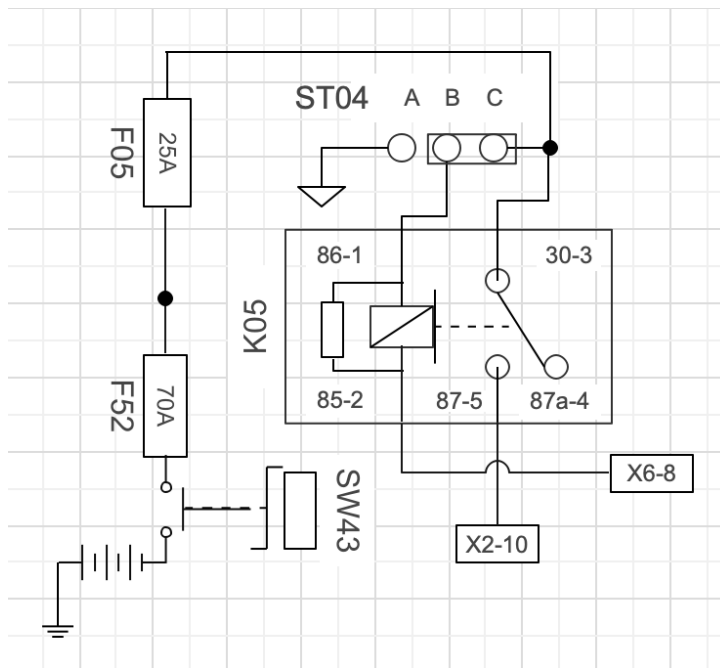
4 Suunnitteluvian havaitseminen

Alkututkimukset varmistivat kahden koneen kärsivän korkeasta lepovirrasta. Seuraava vaihe oli tilannekuvan muodostaminen tarkempien mittauksien ja tutkimusten kautta. Mecalacin sähkökaavion todettiin olevan erilainen muiden valmistajien kaavioihin verrattuna. Sähkökaavion virheetön tulkinta oli edellytys koneen toimintojen ymmärtämistä varten. Tutkinnan myötä sähkökaaviossa havaittiin puutteita. Tavoitteeksi muodostui sähkökaavion puutteiden täydennys, joka tarkoitti koneiden huolellista tutkimista, jotta kaikki komponentit sekä niiden sijainti saatiin selville. Yrityksen pihalla hetkellisesti olleet kolme konetta mahdollistivat tämän vaiheen toteutuksen.

4.1 Sähkökaavion tutkinta

Sähkökaavion tutkiminen aloitettiin optio 4:n kytkennöistä, johon liittyi sulake F05, jumpperi ST04 sekä 5-napainen vaihtorele K05. Sulake F05 sai virran suoraan akulta päävirtakatkaisijan SW43 sekä pääsulakkeen F52 kautta. ST04-jumpperi yhdisti B- ja C-napojen kautta F05-sulakkeen virransyötön releen K05 ohjauksen sisääntuloon 86-1. K05-releen päävirtapiiri oli kytketty F05-sulakkeen kautta napaan 30-3. Releen viidestä navasta käytössä oli vain neljä, koska napa 87a-4 oli tyhjä. (Kuva 5.)

Releen K05 kytkennöissä havaittiin puutteita päävirtapiirin ulostulon navassa 87-5 sekä ohjauspuolen ulostulon navassa 85-2. Näissä kytkennöissä sähkökaavioon oli merkitty ainoastaan PCB:n takana olevien liittimien kirjain-numeroyhdistelmät X2-10 ja X6-8.

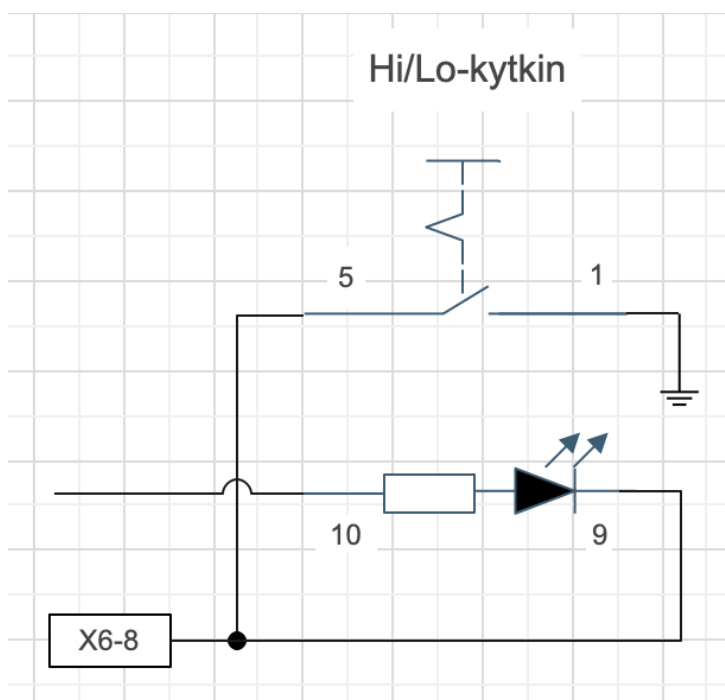


Kuva 5. Optio 4:n virtapiiri

4.1.1 Sähkökaaviosta puuttuvat komponentit

Sähkökaavion tutkimisen jälkeen selvitettiin K05-releen piirtämättömät kytkennät napojen 85-2 ja 87-5 osalta. Rele K05 sijaitsi PCB:llä eli koneen keskiteyssä rele- ja sulaketaulussa. K05 releen navan 85-2-johto lähti piirilevyn taka-puolelta liittimen X6-8 kautta johtosarjan sisälle ja sieltä kaksitoimisen Hi/Lo-kytkimen pinneihin 5 ja 9 (kuva 6). Hi/Lo-kytkimen pinni 1 oli kytketty koneen maadoitukseen. Tämä varmisti Hi/Lo-kytkimen ohjaavan releen K05 navan 85-2 maadoitusta.

Kytkimen liitinpohjan paikat oli numeroitu 1–10. Lisäksi liitinpohjassa oli vapaat paikat A ja B. Hi/Lo-kytkimen käytössä oli pinnit 1, 5, 9 ja 10. Pinnit 1 ja 5 katkaisi niihin liitetyn virtapiirin. Pinnit 9 ja 10 olivat kytkimen vihreälle LED-merkki-valolle.



Kuva 6. Hi/Lo-kytkimen kytkennät

Seuraavaksi selvitettiin K05-releen napaan 87-5 liitetty komponentti, joka lähti PCB:n takaa liittimestä X2-10. Liitin oli malliltaan violetti 15-pinninen AMP MCP 2,8. Johtoa seuraamalla koneen taka-akselin yläpuolelta löytyi hydraulikkajärjestelmään kytketty venttiili, jonka karaa ohjattiin magneettikelalla (kuva 7). Venttiili liittyi optio 4:ään, joka oli nimetty HiFlow-venttiiliksi. Tämä selvisi Mecalacilta saadun hydraulikkakaavion avulla (16). Venttiilin avulla releen K05 navan 87-5 kytkentä saatiin selvitettyä loppuun asti.



Kuva 7. HiFlow-venttiili sähköohjauksella

4.1.2 Täydennetty sähkökaavio ja suunnitteluvirheen havainto

Releen K05 sähkökaavion kytkentöjen selvityksen pohjalta saatiin luotua uusi täydennetty sähkökaavio oikeilla kytkennöillä ja komponenteilla. Sähkökaavion täydennys vaati Hi/Lo-kytkimen sekä HiFlow-venttiilin lisäyksen. Hi/Lo-kytkimessä oli huomioitava merkkivalon virransyöttö, joka tuli virtalukon ohjaavan releen K50 kautta. Täydennetyn sähkökaavion analysoinnin pohjalta huomattiin suunnitteluvirhe, joka aiheutti korkean lepovirran.

Aiemmin todetut puutteet K05-releen napojen 85-2 ja 87-5 kytkennöissä täydennettiin uuteen sähkökaavioon (kuva 8). Releen napa 85-2 oli kytketty Hi/Lo-kytkimen merkkivalon pinniin 9, josta johto haarautui kytkimen pinniin 5. Hi/Lo-kytkimen pinni 1 oli kytketty koneen maadoitukseen, jolloin Hi-asennossa kytkin maadoitti K05-releen navan 85-2 virtapiirin. Lisäksi samalla maadotti Hi/Lo-kytkimen merkkivalon virtapiiri, jolloin merkkivalo syttyi kytkimen ollessa Hi-

ohjattiin Y74-magneettikelalla K05-releen ja Hi/Lo-kytkimen kautta. Kytkimen Hi-asennossa HiFlow-venttiili ohjasi pumpun tuoton koneen 3-osaisen venttiilipöydän käyttöön. Lo-asennossa HiFlow-venttiilin kela ei ollut jännitteellinen, jolloin pumpun tuotto meni suoraan koneen tankkilinjaan. (8, s. 42–43; 14.)

4.3 Viallisten koneiden määrä

Useissa koneissa lepovirran todettiin olevan korkea, mutta tarkempaa rajausta viallisten koneiden kokonaismäärään ei ollut tiedossa. Koneiden tutkinta osoitti, ettei vika ei koskettanut kaikkia mallisarjan koneita. Vika vaikutti olevan riippuvainen koneiden vuosimallista sekä varustelutasosta. Yhdistäväksi tekijäksi korkeaan lepovirtaan todettiin optio 4 eli HiFlow-hydrauliikka.

Yrityksen tietojärjestelmän kautta ilmeni HiFlow-hydrauliikan tulleen lisävarusteeksi vuonna 2019. Tällä tiedolla saatiin rajattua viallisen koneiden alaraja vuoteen 2019. HiFlow-hydrauliikka löytyi myös 2019 loppuvuoden koneista, mutta lepovirran kanssa ei ollut havaittu ongelmia. Tämä rajasi viallisten koneiden vuosimallin vuoteen 2019, mutta tarkennuksia tarvittiin. Vuoden 2019 alun koneiden tarkka malli oli Mecalac AX850 III B sekä loppuvuoden Mecalac AX850 V. Tämä pieni muutos mallin lopussa tarkoitti moottorin olevan Stage V -luokituksen mukainen, jolloin vuosimallin yläraja saatiin selville.

Koneiden sarjanumerot olivat muotoa W09 P 852 07 J B A08 820. Vialliset koneet olivat ainoastaan mallia AX850 III B, joka ilmeni sarjanumerossa koodina P852. Lisäksi koneen vuosimallin täytyi olla 2019, joka ilmeni juoksevan numeron 07 jälkeen kirjaimena J. Näiden pohjalta viallisten koneiden määrä Suomessa saatiin rajattua viiteen koneeseen, joista kolme oli yrityksen vuokrakalustossa.

5 Suunnitteluvian teoreettinen ratkaisu

Suunnitteluvian korjaus alkoi teoreettisen ratkaisun luomisella. HiFlow-venttiilin ohjaus täytyi saada toimimaan ainoastaan koneen virrat päällä. Ratkaisun suunnittelussa oli otettava huomioon tuleva korjauskampanja. Korjauksen oli oltava luotettava sekä koneen omia komponentteja tuli hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

Teoreettinen ratkaisu esitettiin päivitetyn sähkökaavion muodossa (kuva 9). Ratkaisussa pyrittiin muuttamaan K05-releen ohjauksen jatkuva virransyöttö virtalukon ohjaaman releen K50 taakse. Hi/Lo-kytkin ohjasi aiemmin releen K05 navan 85-2 maadoitusta. Maadoituksen ohjauksen myötä releellä pystyttiin ohjaamaan kelaa Y74 ilman avainta. Sähkökaavion perusteella releen K05 ohjauksen navan 86-1 virransyöttöön ei ollut toista mahdollisuutta.

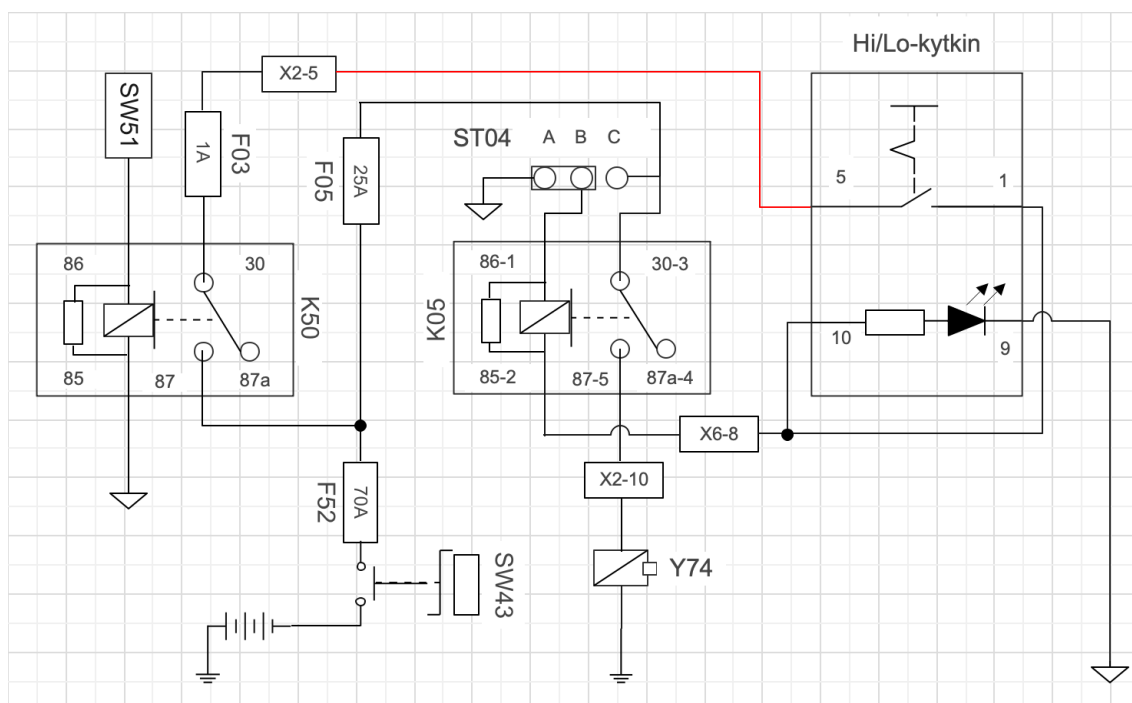
Jumpperin ST04 paikan vaihdolla A:n ja B:n välille saatiin releen K05 napa 86-1 maadoitettua. Tämä tarkoitti, että Hi/Lo-kytkimen kautta oli saatava + 12 V:n virransyöttö releelle K05. Tämä oli mahdollista virtalukon ohjaaman vapaan sulakepaikan F03 avulla. Sulakepaikan F03 liitin X2-5 löytyi piirilevyn takapuolelta. Liittimestä X2-5 saatiin virransyöttö Hi/Lo-kytkimen pinniin 5. Hi/Lo-kytkimen Hi-asennossa pinnistä 1 saatiin PCB:n liittimen X6-8 kautta virransyöttö releen K05 napaan 85-2. Näin ohjaus saatiin toimimaan halutulla tavalla.

Releen K05 keskinäinen napojen vaihto oli mahdollista, koska releessä ei ollut diodia. Diodin tehtävä on vaimentaa releen käämin virrankatkaisun aiheuttama jännitepiikki, joka suojaa muita komponentteja. Diodi on silloin kytkettävä estosuuntaan jännitelähteeseen verrattuna, jolloin jännitepiikki saadaan vaimennettua. Tässä tapauksessa asia ei tuottanut ongelmaa, koska releessä ei ollut diodia. Koneen muissa kytkennöissä vastaavat releet oli maadoitettu myös navasta 86 tai 85, joten ratkaisu oli toimiva. (17, s. 280.)

Hi/Lo-kytkimen merkkivalon pinni 9 siirrettiin suoraan maadoittavaksi. Merkkivalon virransyöttö pinniin 10 haaroitettiin Hi/Lo-kytkimen pinnin 1 johdosta, jolloin merkkivalo syttyi ainoastaan kytkimen ollessa Hi-asennossa. Tämä tarkoitti, että

merkkivalo syttyi ainoastaan, kun rele K05 virroitti kelan Y74. Tästä pystyttiin toteamaan suoraan, toimiiko kelan virroitus, ellei itse rele tai kelan Y74 virtapiiri ollut viallinen.

Hi/Lo-kytkimen merkkivalolle tuli ennen virransyöttö F06-sulakkeen kautta. Tämä piiri oli käytössä koneen katkaisijoiden merkkivaloille sekä eri optioille. Sulakkeen F06 virtapiiri haluttiin pitää omana piirinään ilman muutoksia. Näin Hi/Lo-kytkimen muutokset saatiin selkeästi erilleen koneen muista kytkennöistä.



Kuva 9. Teoreettinen ratkaisu sähkökaavion muodossa

6 Suunnitteluvian korjauksen toteutus

Suunnitteluvian korjaus perustui luvun 5 teoreettiseen ratkaisuun. Tämä tarkoitti muutoksia piirilevyille sekä Hi/Lo-kytkimen johdotuksiin. Tässä vaiheessa oli otettava huomioon tulevan korjauskampanjan suunnittelu, joka asetti erilaisia vaatimuksia. Korjauksen oli oltava yksinkertainen sekä toteutuskelpoinen useampaan koneeseen pelkän ohjeistuksen avulla. Koneen omaa sähköjärjestelmää tuli hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, sekä uusien komponenttien valintaan liittyi kriteerejä yhteensopivuuden varmistamiseksi.

6.1 Korjauksessa tarvittavat osat

Korjauksessa tarvittavat komponentit olivat alkuperäisiä vastaavia, jolloin osat täyttivät koneen suunnitteluvaiheessa luodut kriteerit. Koneen omaa sähköjärjestelmää pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon, joten listaan valikoitui ainoastaan välttämättömät osat korjausta varten. Tarvittavat osat olivat

- sähköjohto, Alstermo H05V-K0.5, 0,5 mm²
- pinni, AMP MCP 0,5 mm² – 1 mm²
- pinni, AMP STD Power Timer 0,5 mm² – 1 mm²
- eristysletku, Topp Cover 4 mm, musta
- laattasulake 1 A.

6.1.1 Sähköjohto

Koneen sähköjärjestelmän pienimmät johdot olivat poikkipinta-alaltaan 0,5 mm². Hi/Lo-kytkimen alkuperäisiin johdotuksiin oli käytetty 0,5 mm²:n kokoisia johtoja. Uuden johdon poikkipinta-ala sekä PVC-eristeen paksuus valittiin alkuperäisten johtojen mukaisesti. PVC-eristeen paksuus oli 2,1 mm. Uusi johto oli tehonkestoltaan kuitenkin ylimitoitettu releen 0,125 A:n kuormaan nähden. Johdon poikkipinta-alan muuttaminen olisi vaikuttanut pinnien sekä liittimien yhteensopivuuteen. Tämän pohjalta ylimitoitus oli tietoinen valinta. Hi/Lo-kytkimen uusi johto

täytti alkuperäisille johdoille annetut vaatimukset, jolloin yhteensopivuuden kanssa ei tullut ongelmia. (18; 19, s. 978.)

Sähköjohdon suojana käytettiin mustaa 4 mm:n ToppCover-eristysletkua, jolla suojaus johtosarjan kylkeen onnistui huolellisesti.

6.1.2 Sulake

Sulakepaikkaan F03 valittiin 1 A:n sulake. Releen K05 käämin virrankulutus oli 0,125 A, joten laattasulake mitoitettiin sen mukaisesti. Mitoituksessa päädyttiin 1 A:n sulakkeeseen, jolloin sulake palaa ennen johdon sulamista tai PCB:n vaurioitumista. Sulakkeen palaminen voi aiheuttaa ongelmia, koska 1 A:n sulake on harvinaisempi kuin 5 A:n. Mikäli vastaavaa sulaketta ei ole heti saatavilla, kone säilyy toimintakunnossa, ainoastaan optio 4 ei ole käytettävissä. Tämän pohjalta sulake täytyy korvata mitoitusten mukaisesti ainoastaan 1 A:n sulakkeella.

6.1.3 Pinnit

Johtoon liitetyissä pinneissä käytettiin kahta eri mallia, jotka valittiin alkuperäisten mukaisesti. Oikeilla pinneillä uusi johto saatiin kytkettyä koneen liitinrunkoihin yhtä varmasti kuin alkuperäiset pinnit. Pinnit olivat malliltaan AMP MCP 0,5 mm² – 1 mm² sekä AMP STD Power Timer 0,5 mm² – 1 mm² (kuva 10).



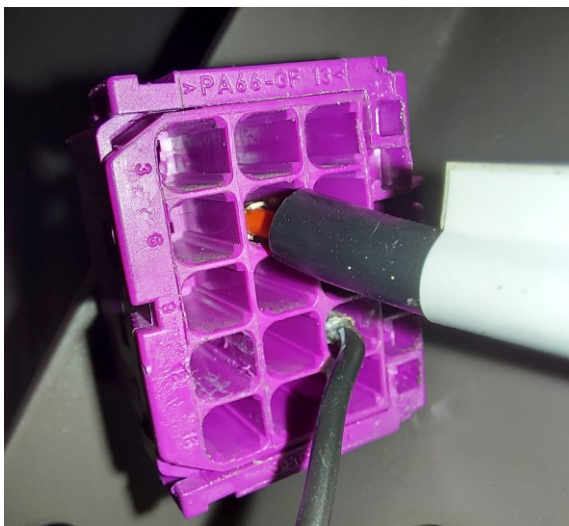
Kuva 10. Pinnit: Ylempi STD, alempi MCP

6.2 Korjauksen toteutus koneeseen

Korjauksen toteutus uuden sähkökaavion pohjalta tarkoitti muutoksia koneen Hi/Lo-kytkimen johdotuksiin sekä PCB:lle jumpperin ja sulakkeen osalta. Lisäksi uusi johto oli vedettävä PCB:ltä Hi/Lo-kytkimelle. Korjauksen oli oltava toteutuskelpoinen useampaan koneeseen tulevan korjauskampanjan suunnittelun myötä. Korjaus toteutettiin yhteen koneeseen, jolloin kaikki yksityiskohdat huomioitiin onnistuneen lopputuloksen varmistamiseksi. Tavoitteena oli yksinkertainen ja selkeä toteutus, joka pystyttiin suorittamaan kirjallisten ohjeiden perusteella.

6.2.1 Uuden johdon asennus

Uusi 0,5 mm²:n punainen johto asennettiin koneen piirilevyn taakse liittimeen X2 paikkaan 5 (kuva 11). Liittimeen asennettiin AMP MCP 0,5 mm² – 1 mm²:n pinni. Johdon toinen pää vedettiin Hi/Lo-kytkimen liitinpohjan lähelle PCB:n takakautta johtosarjaa pitkin. Johto kiinnitettiin huolellisesti nippusiteillä johtosarjan kylkeen. Hi/Lo-kytkimen päähän tuli AMP STD Power Timer 0,5 mm² – 1 mm²:n pinni. Johto jätettiin kytkimen lähelle valmiiksi seuraavaa vaihetta varten.



Kuva 11. Uuden johdon asennus

6.2.2 Hi/Lo-kytkimen muutokset

Hi/Lo-kytkimen johdotuksen muutokset toteutettiin kytkimen alkuperäisten johtojen avulla. Lisäksi kytkimeen asennettiin uusi PCB:ltä vedetty johto, joka oli tuotu valmiiksi kytkimen lähelle (kuva 12). Alkuperäisten johtojen paikat Hi/Lo-kytkimen liitinpohjassa vaihdettiin taulukon 4 mukaisesti uuden kytkentäkaavion osoittamaan järjestykseen. Johdot irrotettiin ensin avaamalla liitinpohjan alaosa. Seuraavaksi johdot irrotettiin yksitellen liittimestä oikean liitintyökalun avulla.

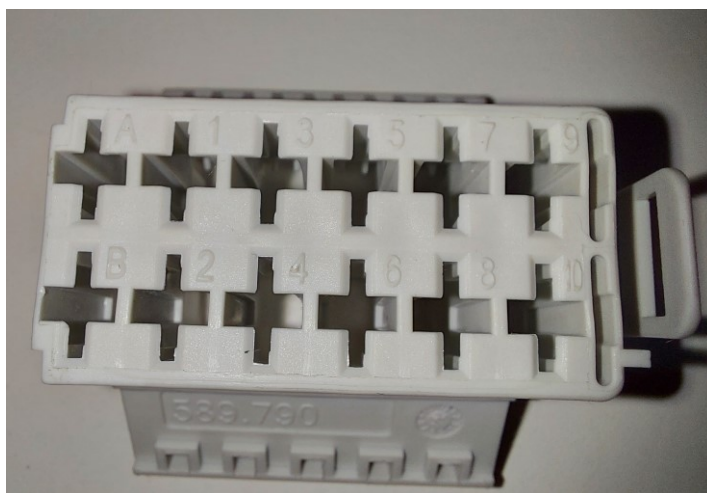


Kuva 12. Kytkinasetelma nostettu ylös

Taulukko 4 osoitti johtojen vanhat sekä uudet paikat. Liitinpohjan pinnien paikat olivat numeroitu välillä 1–10 (kuva 13). Lisäksi liittimessä oli paikat A ja B, jotka eivät olleet käytössä. Vasemman reunan sarakkeella oli Hi/Lo-kytkimen alkuperäinen johdotus. Toisessa sarakkeessa oli johtojen koko ja väri. Oikean reunan sarake kertoi, mihin paikkaan johdot siirrettiin Hi/Lo-kytkimessä.

Taulukko 4. Hi/Lo-kytkimen pinnityksen muutos

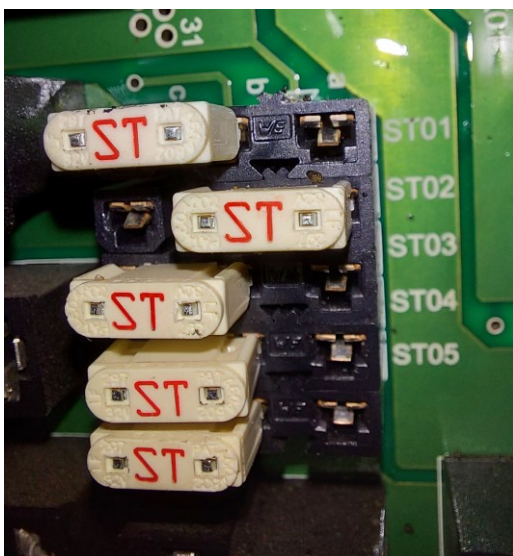
Hi/Lo-kytkimen liitinpohjan pinnien muutos		
<i>Hi/Lo-liittimen vanha pinni</i>	<i>Johdon koko ja väri</i>	<i>Hi/Lo-liittimen uusi pinni</i>
5	0,5 mm ² HA	10
9	0,5 mm ² HA	1
1	0,5 mm ² HA	9
10	0,5 mm ² OR	4 (tyhjä paikka)
-	0,5 mm ² PU	5 (uusi johto)



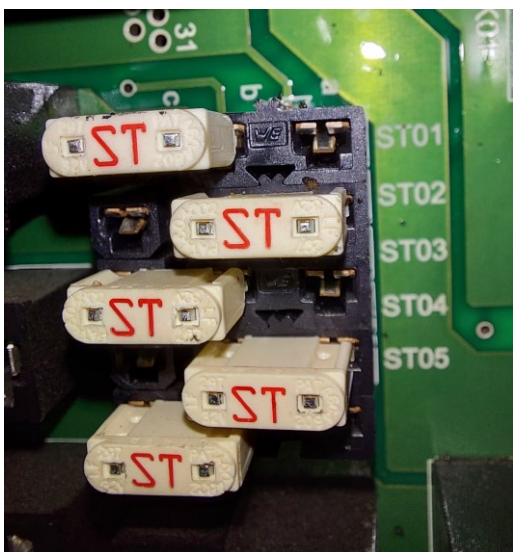
Kuva 13. Liitinpohjan numerointi

6.2.3 Piirilevyn muutokset

Piirilevyssä ST04-jumpperin paikka oli alun perin B:n ja C:n välillä (kuva 14). Jumpperin ST04 paikka vaihtui A:n ja B:n välille, jolla saatiin käännettyä K05 releen ohjauksen kannan virransyöttö maadoitukseen (kuva 15). ST04-jumpperi toimi piirilevyllä ainoastaan kahden navan yhdistämistä varten. Lisäksi piirilevyn lisättiin 1 A:n sulake, paikkaan F03.



Kuva 14. ST04 alkuperäisessä paikassa C:n ja B:n välillä



Kuva 15. ST04 siirretty A:n ja B:n välille

7 Korjauskampanjan suunnittelu

Korjauskampanjan suunnittelun tavoite oli luoda yritykselle ratkaisu viallisten koneiden korjaukseen. Korjauskampanja tarjosi yritykselle kokonaisvaltaisen ratkaisun, joka sisälsi kuvalliset ohjeet sekä osat koneiden korjaukseen. Suunniteluvialla ei ollut negatiivista vaikutusta koneiden turvallisuuteen, joten korjauskampanja suunniteltiin toteutettavan huoltokäyntien yhteydessä. Kampanjan laajuus rajautui viiteen koneeseen, joista kolme kuului yrityksen vuokrakalustoon. Kaikki kampanjaan liittyvät dokumentit tallennettiin yrityksen tietokantaan. Dokumenttien avulla pystytään seuraamaan korjauskampanjan suorittamista sekä keskitettyä korjaukseen liittyvät ohjeistukset sekä sähkökaaviot yhteen paikkaan.

7.1 Korjauskampanjan toteutus koneeseen

Koneen korjaus perustuu luvun 5 teorettiseen ratkaisuun sekä luvun 6.2 fyysiseen toteutukseen. Onnistuneen korjauksen edellytyksenä oli laadukkaasti suunniteltu ohjeistus sekä tarkasti valitut osat. Korjauskampanjan ohjeet ja osat toimitetaan yhdessä laatikossa (kuva 16). Tämän avulla kaikki korjaukset tul- laan suorittamaan yhtenäisesti samoja osia sekä ohjeistuksia käyttäen toimipis- teestä tai tekijästä riippumatta.

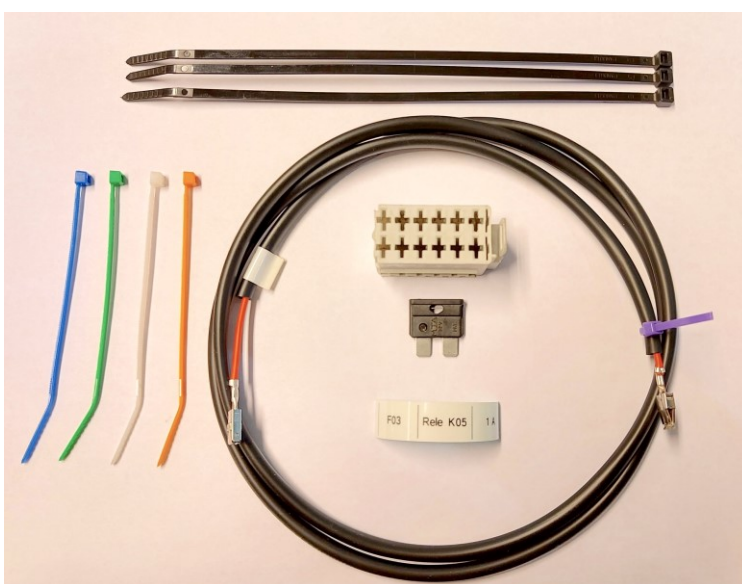


Kuva 16. Laatikon sisältö

7.1.1 Osat

Kaikki korjauksessa tarvittavat osat ja pientarvikkeet toimitetaan laatikon mukana. Osat on tarkasti valikoitu ja esitelty luvussa 6.1. Tarvittavat esivalmistelut on tehty valmiiksi. Sähköjohtoon on asennettu valmiiksi suojaletku. Pinnit on pu-
ristettu valmiiksi johdon molempiin päihin oikeaa työkalua käyttäen. Lisäksi laa-
tikoon lisättiin pientarvikkeet sekä 12-pinninen liitinpohja. Näiden avulla saa-
daan vähennettyä kytkentävirheen riskiä sekä varmistettua pinnien huolellinen
kiinnitys uuteen liitinpohjaan. Mukana tulevat värilliset nippusiteet, jotka varmis-
tavat ohjeiden mukaisen merkkauksen tietyin värein. (Kuva 17.) Kaikki osat lis-
tattuna ovat seuraavat:

- sähköjohto, Alstermo H05V-K0.5, 1 kpl
- pinni, AMP MCP 0,5 mm² – 1 mm², 1 kpl
- pinni, AMP STD Power Timer 0,5 mm² – 1 mm², 1 kpl
- eristysletku, ToppCover 4 mm, musta, 1 kpl
- liitinpohja, 12-paikkanen, 1 kpl
- laattasulake, 1 A, 1 kpl
- nippuside, vihreä, sininen, oranssi ja valkoinen, 1 kpl
- nippuside, musta, 3 kpl
- tarra, sulaketaulun kanteen.



Kuva 17. Mukana tulevat osat

7.1.2 Ohjeistus

Korjauskampanjan ohjeistuksen tavoite on vastata kysymyksiin, mitä konetta korjataan, miksi kone korjataan sekä miten kone korjataan. Laadukkaan ohjeistuksen pohjalta mekaanikko ymmärtää mihin lopputulokseen pyritään. Tämä edellyttää kirjalliset ohjeet, jossa korjauksen vaiheet etenevät kronologisessa järjestyksessä. Kirjallisia ohjeita tukevat kuvat, taulukot sekä sähkökaaviot. Näiden pohjalta korjaus pystytään suorittamaan itsenäisesti toimipaikasta riippumatta.

Korjauskampanjan ohjeistuksen laadinnassa (katso liite 1) käytettiin apuna mekaanikkoa sekä teknistä tukea. Heidän avullansa ohjeistusta saatiin parannettua ja testattua käytännössä. Lopuksi mekaanikko suoritti ohjeistuksen pohjalta korjauksen testikoneeseen onnistuneesti. Asentajan haastattelu osoitti korjauskampanjan ohjeistuksen toimivaksi.

7.2 Korjauskampanjan kustannukset

Korjauskampanjan kustannukset pyrittiin pitämään kohtuullisena. Kustannukset muodostuvat työtunneista sekä materiaaleista. Suoritus aika saatiin optimoitua selkeän ohjeistuksen myötä, josta ilmeni kaikki tarvittava tieto erikoistyökaluineen. Työn kustannukset laskettiin toteutettavan RealMachineryn korjaamoilla, jolloin korjaukselle saatiin kiinteä hinta, koska maasto-olosuhteissa korjauksen kustannukset ovat aina riippuvaisia koneen sijainnista. Taulukossa 5 on eritelty korjauskampanjan kustannukset yhden koneen osalta.

Taulukko 5. Korjauskampanjan kustannus yhteen koneeseen

Korjauskampanjan kustannus yhteen koneeseen (alv 0 %)		
Työ:	Määrä	Hinta
Korjaamotyö	1 h	82 €
Osat:		
Sähköjohto	1200 mm	0,58 €
Liitinpohja	1 kpl	4,92 €
Liitin	1 kpl	0,61 €
Liitin	1 kpl	0,59 €
Suojaletku	1150 mm	0,40 €
Pientarvike	1 kpl	10 €
<i>Hinta yhteensä: 98,60 €</i>		

8 Korjauskampanjan suunnittelun vaikutukset

Korjauskampanjan suorittamisella tulee olemaan suora vaikutus koneen toimintavarmuuteen sekä luotettavuuteen, jolloin turhien korjauskäyntien määrää saadaan vähennettyä erityisesti vuokratilustalon osalta. Korjaus tulee vaikuttamaan positiivisesti myös taloudellisiin tekijöihin sekä asiakastyytyvyyteen. Korjauskampanjan suunnittelun avulla saatiin myös lisättyä Mecalacin konekohtaista tietämystä, mikä vaikuttaa palvelun laatuun ja korjaamon toimintaan nousujohteisesti. Yhteistyö Mecalacin kanssa toi kansainvälistä toimintaa mukaan ja avasi uusia kontakteja yrityksen ja tehtaan väliseen kommunikointiin.

8.1 Vaikutus koneisiin

Korjauskampanjan suorittamisella on suora vaikutus koneiden lepovirran suuruuteen ja käynnistettävyyteen. Lepovirran laskiessa koneiden akkujen jatkuvat lataukset tulevat poistumaan. Korkean kuormituksen poistuminen vaikuttaa koneiden akkujen terveyteen pidentäen niiden elinikää. Tämä tulee vähentämään akkujen syväpurkautumisen riskiä sekä akkujen uusimista. Toimiva kone on käyttäjälle elintärkeä asia, joten korjauksella on positiivinen vaikutus asiakastyytyvyyteen. Erityisesti vuokraustoiminnassa koneiden luotettava toiminta ja vaivaton käyttö on tärkeää vaihtuvien asiakkaiden myötä.

8.2 Taloudelliset vaikutukset

Korjauskampanjan taloudelliset vaikutukset muodostuvat korjauksien konekohtaisista kustannuksista sekä kampanjan tuomista säästöistä. Yhden koneen korjauksen kustannukset ovat pienet, jolloin taloudelliset säästöt turhien korjauskäyntien poistumisen myötä ovat suuremmat. Huoltohistorian lukuisat korjauskäynnit koneiden käynnistysongelmien myötä tarkoittivat kustannuksia koneiden omistajille tai yritykselle. Akkuja vaihdettiin usein ja korjaukset suoritettiin pääosin maastossa. Erityisesti kustannuksia on tullut yrityksen vuokratilustalon koneisiin, jotka vaativat jatkuvaa ylläpitoa toimintavarmuuden varmistamiseksi. Turhat korjauskäyntien poistumiset tulevat vähentämään vuokratilustalon

korjauskustannuksia vaikuttaen suoraan toiminnan kannattavuuteen. Ylimääräiset korjauskäynnit sitoivat kenttähuollon sekä korjaamon resursseja, joka tulee vapauttamaan lisää aikaa palvelulle lyhentäen huollon vasteaikoja.

8.3 Yhteistyö tehtaan kanssa

Tämä työ mahdollisti yhteistyön Mecalacin tehtaan kanssa. Erityisesti Suomessa kansainvälinen toiminta on tärkeää, koska valtaosa maanrakennuskoneiden valmistajista sijaitsee ulkomailla. Kansainvälinen kommunikointi sekä yhteydenpito tehtaan kanssa on tärkeä asia tulevaisuuden toiminnan kannalta. Erityisesti tehtaan ja yrityksen välinen yhteistyö korostuu korjaamotoiminnassa, jolloin loppukäyttäjän tietoa saadaan välitettyä tehtaalle.

Kommunikointi tapahtui sähköpostin välityksellä. Tärkeä huomio oli laadukkaiden sekä informatiivisten viestien lähetys, jotta asia saatiin kerralla hoidettua. Vastausaikojen huomattiin vaihtelevan viikosta tai viikonpäivästä riippumatta, joka aiheutti omat haasteensa. Lopputuloksena apua kuitenkin saatiin sekä tärkeimpänä tekijänä tiedotettua tehdasta havaitusta suunnitteluviasta.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyössä Mecalac AX850 III B -pyöräkuormaajaan suunniteltiin korjauskampanja. Korjauksen suunnittelu alkoi korkean lepovirran tutkimisella. Mittaukset osoittivat käynnistysongelmien johtuvan releen K05 viallisesta kytkennästä. Viallinen kytkentä johtui suunnitteluvirheestä, joka aiheutti koneisiin korkean lepovirran. Vian löydyttyä korkean lepovirran korjaukseen suunniteltiin teoreettinen ratkaisu, joka edellytti koneen sekä sähköjärjestelmän huolellista tutkimista puutteellisen sähkökaavion vuoksi. Päivitetyn sähkökaavion pohjalta suunniteltiin korjauksen fyysinen toteutus.

Teoreettinen ratkaisu sekä korjauksen toteutus toimivat pohjana korjauskampanjan suunnittelua varten. Korjauksen toteutuksessa oli huomioitava kaikki tarvittavat osat sekä varmistettava niiden yhteensopivuus koneen kanssa. Näiden

pohjalta korjauskampanjan suorittamista varten laadittiin kuvalliset ohjeet sekä osalista kaikkine materiaaleineen. Kampanjan laajuus rajaantui viiteen koneeseen.

Lopuksi yritys sai valmiiksi suunnitellun korjauskampanjan, joka oli toteutuskelpoinen kaikkiin viallisiin koneisiin. Työn tavoite saavutettiin eli pitkään vaivaneeseen ongelmaan saatiin haluttu ratkaisu. Tähän mennessä korjaus on toteutettu yhteen koneeseen, joten arvokasta käytännön tietoa on kertynyt. Tulevaisuutta varten yritys sai kasvatettua konekohtaista tietämystä, parannettua koneen luotettavuutta sekä lisättyä yhteistyötä Mecalacin tehtaan kanssa.

Lähteet

- 1 Yritys. Verkkoaineisto. RealMachinery Oy. <<https://www.realmachinery.fi/yritys>>. Päivitetty 2021. Luettu 21.10.2021.
- 2 Tekninen esite Mecalac AX series. 2019. Verkkoaineisto. RealMachinery Oy. <<https://www.realmachinery.fi/downloads/products/t/tk00073/mecalac-ax700-ax850-ax1000-web.pdf>>. Luettu 23.10.2021.
- 3 Mecalac AX850 V. Verkkoaineisto. RealMachinery Oy. <<https://www.realmachinery.fi/Maanrakennuskoneet/Pienet-pyorakuormaajat/Mecalac-AX850>>. Päivitetty 2022. Luettu 21.10.2021.
- 4 AX Series Articulated Loader Operating Manual. 2018. E-kirja. Búdelsdorf: Mecalac Baumaschinen GmbH.
- 5 Työkoneet. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/julkisen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet>. Päivitetty 23.3.2020. Luettu 21.11.2020.
- 6 Data sheet Deutz TCD 2.9. Verkkoaineisto. Deutz AG. <https://www.dieselmotornordic.com/media/57650/datenblatt_2-9_en_web.pdf>. Luettu 2.12.202.
- 7 Frequently asked questions. 2021. Verkkoaineisto. EUROMOT aisbl. <https://www.euromot.eu/wp-content/uploads/2021/02/StageV_FAQ_January-2021_V2.pdf>. Luettu 2.12.2021.
- 8 AX Series Articulated Loader Workshop Manual. 2015. E-kirja. Búdelsdorf: Mecalac Baumaschinen GmbH.
- 9 Hydrauliiikan ja pneumatiikan perusteet. 2020. E-kirja. Länsirannikon Koulutus Oy.
- 10 Hydrauliiikan perusteet. 2002. Verkkoaineisto. Salhydro Oy. <<https://www.salhydro.fi/files/PDF/8.hydrauliiikan-perusteet.pdf>>. Luettu 10.10.2021.
- 11 Hydraulic circuit directional control. 2005. Verkkoaineisto. Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydraulic_circuit_directional_control.png>. Luettu 7.1.2022.
- 12 Konrad, Reif & Dietsche, Karl-Heinz. 2014. Automotive Handbook. 9., uudistettu painos. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH.

- 13 Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 2007. Robert Bosch GmbH. 5., uudistettu painos. E-kirja. Plochingen: Springer Vieweg.
- 14 Dynac premium 60032. Verkkoaineisto. Landport B.V. <https://www.landportbv.com/media/pdfs/LMFV_60032_-_Premium.5c788d.pdf>. Luettu 2.12.2021.
- 15 Juhala, Matti; Lehtinen, Arto; Suominen, Matti & Tammi Kari. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8., uudistettu painos. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.
- 16 Gagji, Bacar. 2021. Tekninen jälkimarkkinoinnin kouluttaja, Mecalac Baumaschinen GmbH, Saksa. Sähköposti 22.9.2021.
- 17 Silvennoinen, Kimmo. 2018. Elektroniikka ja sähkötekniikka. Espoo: Ota-tieto.
- 18 Datasheet. Verkkoaineisto. Amokabel. <https://www.yeint.fi/am-file/file/download/file_id/193432/product_id/221685/?amp=1>. Luettu 12.1.2022.
- 19 Bauer, Horst & Haapaniemi, Heikki (toim.). 2003. Autoteknillinen taskukirja. Bosch. 6., uudistettu painos. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.

Korjauskampanjan ohjeet

RealMachinery

Pvm: 22.1.2022

KORJAUSKAMPANJA

Aihe	Hi/Lo-kytkimen johdotuksen muutos
Merkki	Mecalac
Malli	AX850 III B, 2019

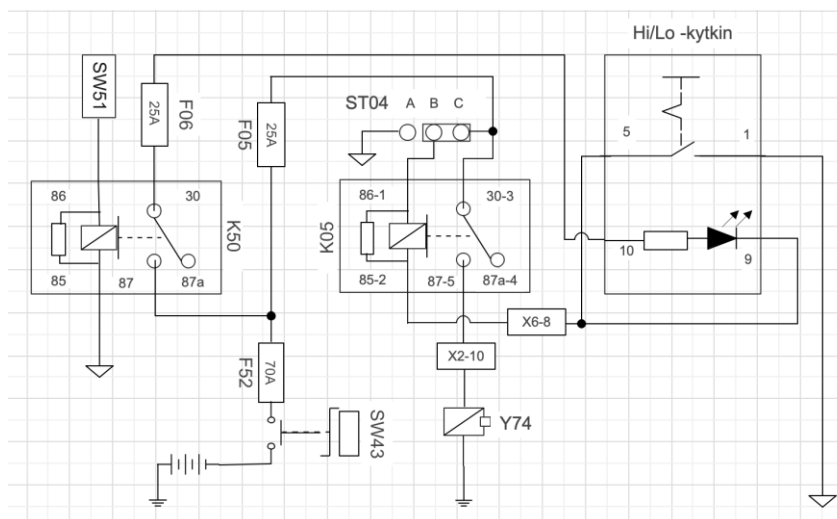
Tarkennukset	
Korjauksen prioriteetti	Suoritetaan korjauskäyntien yhteydessä, ellei häiritse käyttäjää
Osien tarve	Kyllä - Tilataan kampanjan yhteyshenkilöltä
Vanhojen osien palautus	Ei tarvitse palauttaa
Suoritus aika	1 h
Viimeinen suorituspäivä	Ei ole
Kampanjan yhteyshenkilö	Joonas Suoverinaho

ONGELMA:

Optio 4 aiheuttaa koneisiin n. 2 A:n lepovirran, mikäli Hi/Lo-kytkin on Hi-asennossa. Tällöin HiFlow-venttiilin kela Y74 on jatkuvasti virroitunut.

Vian aiheuttaja:

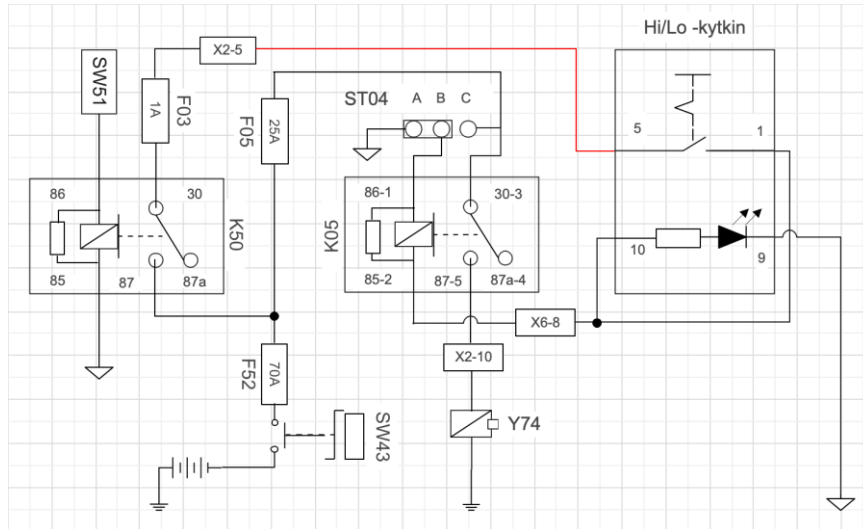
- Releen K05 napaan 86-1 tulee jännite suoraan akulta (KL_30). Hi/Lo-katkasija ohjaa K05 releen navan 85-2 maadoitusta, jolloin rele virroitaa HiFlow-venttiilin virtalukon ollessa 0-asennossa.



Kuva 1. Optio 4:n alkuperäiset kytkennät

RATKAISU:

Hi/Lo-kytkimen johdotus muutetaan ohjaamaan + 12 V jännitettä releen K05 napaan 85-2. Releen napa 86-1 saadaan maadoitettua jumpperin ST04 paikan vaihdolla A:n ja B:n välille. Hi/Lo-kytkimelle vedetään uusi johto piirilevyn liittimestä X2-5, josta kytkimelle saadaan virransyöttö virtalukon ohjaaman sulakkeen F03 kautta (KL_15).



Kuva 2. Hi/Lo-kytkimen muutokset

KAMPANJAAN KUULUVAT KONEET:

Lista saatavilla yhteyshenkilöltä

Hi/Lo-kytkimen johdotuksen muutostyön ohjeistus

VALMISTELUT:

1) TYÖKALUT

- Kuusiokoloavain 5 ja 6 mm
- Liitintyökalu AMP (kaksipiikkinen 2,5 mm leveä)
- Sivuleikkurit
- Ruuvimeisseli, talttapää
- Yleismittari
- Vedenkestävä tussi, musta

2) OSALISTA

Osa	Määrä
Sähköjohto, P = 1200 mm	1
Eristysletku, P = 1150 mm	1
Pinni, AMP MCP 0,5 mm ² - 1 mm ²	1
Pinni, AMP STD Power Timer 0,5 mm ² - 1 mm ²	1
Liitinpohja, 12-paikkanen	1
Laattasulake 1 A	1
Nippuside, vihreä, sininen, oranssi ja valkoinen	1 / per väri
Nippuside, musta	3
Tarra, sulaketaulun kanteen	1

TOTEUTUS:

1. Varmista, että koneessa on Hi/Lo-kytkin

Kytkin näkyy kuvassa 3.



Kuva 3. Hi/Lo-kytkin

2. Kytke koneen päävirrat pois päältä.

Päävirtakatkaisija löytyy oikean sivuluukun takaa. Jätä luukku auki.

3. Sulakkeen ja jumpperin asennus

Irrota sulaketaulun kansi. Vaihda jumpperin ST04 paikka B:n ja A:n välille (kuva 4 ja 5). Tarkista, että rele K05 on paikoillaan (kuva 6). *Huom. releessä ei ole diodia*
Aseta sulakepaikkaan F03 mukana tuleva 1A:n sulake (kuva 6).



Kuva 4. ST04 alkuperäisessä paikassa



Kuva 5. ST04 siirretty B:n ja A:n välille

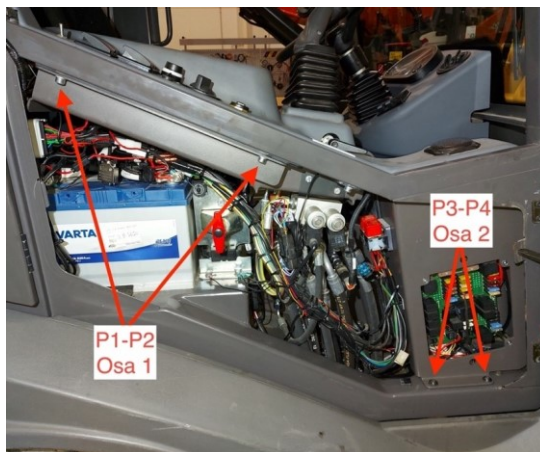


Kuva 6. Rele K05 ja sulake F03

4. Koteloiden irrotus

Irrota seuraavaksi kuvassa 7 näkyvät pultit P1 - P4. Laske suojapelti (osa 1) alemmas, jotta katkaisijoiden pohjat tulevat näkyviin.

Raota piirilevyn rungon alaosaa (osa 2) ulospäin uuden johdon asennusta varten (kuva 8).



Kuva 7. Pulttien kiinnityspisteet



Kuva 8. PCB:n koteloalaosan irrotus

5. U15-X2 -liittimen irrotus

Irrota piirilevyn takapuolelta oikeasta alakulmasta violetti liitin U15-X2 (kuva 9).

Avaa liittimen runkoa uuden pinnin asennusta varten (kuva 10).

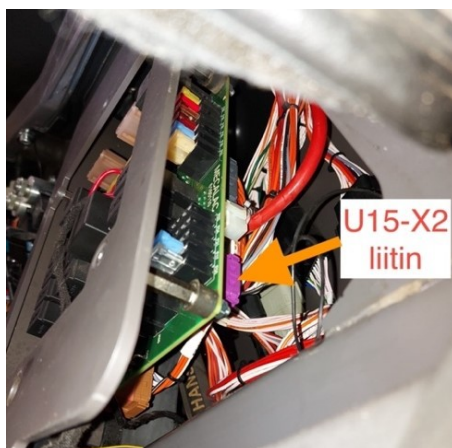
Asenna liittimen U15-X2 numeroituun paikkaan VIISI (5) uusi mukana tuleva johto nro 5a (kuva 11).

Kiinnitä liitin U15-X2 takaisin

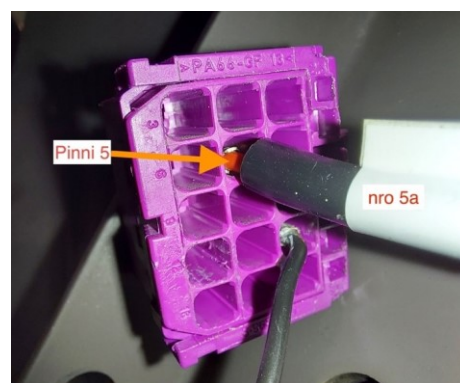


Raota liittimen pohjaa näistä kohdista

Kuva 10. Liittimen pohjan raottaminen



Kuva 9. U15-X2 -liittimen sijainti alhaalta katsottuna



Kuva 11. Uuden johdon asennus liittimen paikkaan 5

6. Uuden johdon veto Hi/Lo -kytkimelle

Vedä johto seuraavaksi Hi/Lo -kytkimelle piirilevyn takaa johtosarjaa pitkin.

Kiinnitä johto nippusiteillä johtosarjan kylkeen paikkoihin K1 - K3 (kuva 12).

Jätä nippusiteet hieman löysälle.



Kuva 12. Uuden johdon kiinnityspisteet

7. Hi/Lo-kytkimen irrotus

Irrota hytin oikean puolen konsolista kolmen kytkimen asetelma, jossa Hi/Lo-kytkin sijaitsee (kuva 13).
Huom. kytkimien keskinäinen järjestys voi olla erilainen, kuin kuvassa.
Nosta kytkimien runkoa varovasti ylöspäin ja irrota liitinpohja Hi/Lo-kytkimestä.



Kuva 13. Kytkinasetelman nosto

8. Johtojen merkkkaus

Merkitse kytkimen liitinpohjan johdot mukana tulevilla värillisillä nippusiteillä taulukon 1 mukaisesti (kuva 14).

Liittimen pinnien numerot näkyvät liitinpohjassa (kuva 15).

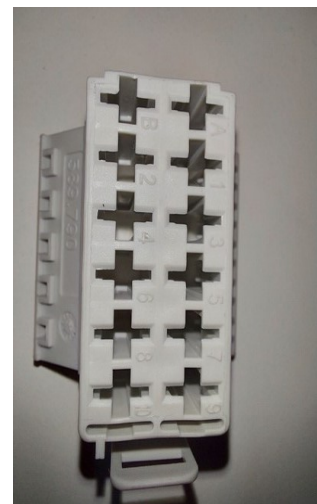
Taulukko 1. Johtojen merkkkaus

Vanhan liittimen pinni	Johtimen poikkipinta-ala ja väri	Johtimeen asennettava nippuside
1	0.5mm ² HA	Vihreä
5	0.5mm ² HA	Oranssi
9	2 x 0.5mm ² HA	Sininen (2 johtoa samaan)
10	0.5mm ² OR	Valkoinen

HA = Harmaa OR = Oranssi



Kuva 14. Merkatut johdot



Kuva 15. Pinnien numerot liitinpohjassa

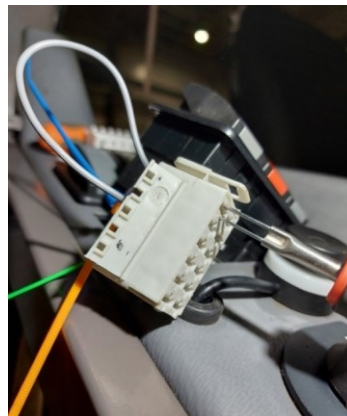
9. Johtojen siirto uuteen liitinpohjaan

Johtojen merkkauksen jälkeen johdot siirretään mukana tulevaan uuteen liitinpohjaan, joka korvaa vanhan liitinpohjan.

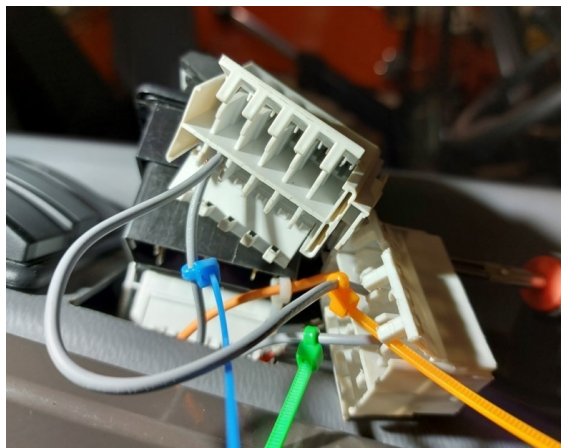
Avaa liitinpohjan alaosan sivut, paina liitintyökalulla pinnit yksitellen ulos (kuva 16). Siirrä johdot heti uuden liitinpohjan pinneihin alla olevan taulukon 2 mukaisesti (kuva 17 ja 18). *Katkaisija ei käytä pinniä nro neljä, mutta valkoisella merkattu johto siirretään uuteen liittimeen siitä huolimatta.*

Taulukko 2. Uuden liittimen johtojen paikat

Johtimeen asennettu nippuside	Uuden liitinpohjan pinni
Sininen	1
Oranssi	10
Vihreä	9
Violetti	5
Valkoinen	4



Kuva 16. Pinnien irrotus



Kuva 17. Pinnien siirto uuteen liitinpohjaan



Kuva 18. Uuden liitinpohjan valmis johdotus

