

Kaapelien ja letkujen ulkopinnan kulumiskestävyyttä määrittävä testilaite

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2023

Markku Niemi

Tiivistelmä

Tekijä(t) Markku Niemi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 27	Valmistumisaika 2023
Työn nimi Kaapelien ja letkujen ulkopinnan kulumista määrittävä testilaite		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Kemppi Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoite on helpottaa hitsauskoneissa ja hitsauspolttimissa käytettävien erilaisten kaapeleiden ja letkujen ulkoisen kulumiskestävyyden testaamista. Tarkoitus on suunnitella ja rakentaa Kemppi Oy:n poltintestauslaboratorion käyttöön laite, jolla pystytään testaamaan halkaisijaltaan eri kokoisia kaapeleita ja letkuja ja jolla saadaan yhdenmukaisia tuloksia ulkopinnan kulumisesta.</p> <p>Laitteen on myös tarkoitus korvata osittain tai kokonaan olemassa oleva testilaite. Testitulokset olemassa olevalla laitteella ovat epätasaiset ja laite vie myös paljon tilaa. Työssä myös tutustutaan hitsauspoltin IEC 60974-7 standardiin ja siinä esitettyihin testeihin, joita sovelletaan letkujen ja kaapeleiden testaukseen.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi kaapeleiden ja letkujen ulkoisen kulumisen kestävyys- den testaamiseen laite, joka nopeuttaa huomattavasti testiin käytettyä aikaa ja vähensi testimateriaalin tarvetta.</p>		
Asiasanat Testilaite, kulumiskestävyys, kaapeli, letku, hitsauspoltin		

Abstract

Author(s) Markku Niemi	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 27	
Title of Publication A test device that determines the wear resistance of the outer surface of cables and hoses		
Degree, Field of Study Mechanical Engineerin		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Kemppi Oy		
Abstract <p>The goal of the thesis is to facilitate the external wear resistance testing of various cables and hoses used in welding machines and welding torches. The aim is to design and construct a device for Kemppi Oy's torch testing laboratory that can test cables and hoses of different diameters and produce consistent results on surface wear.</p> <p>The device is also intended to replace an existing testing device partially or completely, which provides uneven test results and takes up a lot of space. The thesis also explores the IEC 60974-7 standard for welding torches and the tests presented therein, which are applied to the testing of hoses and cables.</p> <p>The result of the thesis is a device for testing the external wear resistance of cables and hoses, which significantly speeds up the testing process and reduces the need for testing material</p>		
Keywords test apparat, abrasion, cable, hose, welding torch		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Hitsauspolttimille suoritettavat testit IEC 60974-7 -standardin mukaan	3
2.1	Vaatimukset ja hitsauspolttimen rakenne.....	3
2.2	Tyypitestin periaate.....	4
2.3	Hitsauspolttiminen lämpöluokitus.....	5
3	Laitteen suunnittelu.....	8
3.1	Korvattava testilaitte	8
3.2	Suunnittelun lähtökohdat	9
3.3	Suunnittelun pohjana käytetyt standardit	9
3.4	Laitteen rakentaminen ja mallinnus.....	11
3.5	Sähköturvallisuus.....	12
3.6	Mekaaninen turvallisuus	13
4	Laitteella suoritettavat testit	15
4.1	Alustavat testit	15
4.2	Mittausepäätarkkuus.....	18
4.3	Kulumisen tarkasteluperiaate.....	19
4.4	Koaksiaalikaapelin testaus.....	21
4.5	Suojaletkun testaus	24
5	Yhteenveto ja pohdinta	26
	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Riskianalyysi

1 Johdanto

Lahdessa sijaitseva Kemppi Oy on vuonna 1949 perustettu teknologia-alan yritys, joka toimittaa kaarihitsauslaitteita, digitaalisia ratkaisuja ja muita kaarihitsaukseen liittyviä palveluita. Kemppi Oy:n (kuva 1) palveluksessa on lähes 800 työntekijää kansainvälisesti 20 tytäryhtiössä. Kemppi Oy ja Kempower Oy muodostavat Kemppi Group Oy:n. (Kemppi 2023.)



Kuva 1. Kemppi Oy (Kemppi 2023)

Työn tavoite on helpottaa hitsauskoneissa ja hitsauspolttimissa käytettävien erilaisten kaapeleiden ja letkujen ulkoisen kulumiskestävyyden testaamista. Tarkoituksena on suunnitella ja rakentaa poltintestauslaboratorion käyttöön laite, jolla pystytään testaamaan halkaisijaltaan eri kokoisia kaapeleita ja letkuja (kuva 2) jolla saadaan yhdenmukaisia tuloksia ulkopinnan kulumisesta.



Kuva 2. Erilaisia testattavia kaapeleita ja letkuja.

Poltintestauslaboratoriossa suoritetaan hitsauspolttimille ja hitsauskoneissa käytettäville lisävarusteille standardien vaatimat mekaaniset ja sähköiset testit. Poltintestauslaboratoriossa tutkitaan myös käytössä vaurioituneita tuotteita ja tehdään tuotekehitystä.

Opinnäytetyössä suunniteltavan laitteen on myös tarkoitus korvata osittain tai kokonaan olemassa oleva testilaitte. Testitulokset olemassa olevalla laitteella ovat epätasaiset ja laite vie myös paljon tilaa. Työssä myös tutustutaan IEC 60974-7 -standardiin ja siinä esitettyihin testeihin, joita sovelletaan letkujen ja kaapeleiden testaukseen.

Työ rajautuu laitteen suunnitteluun, mekaanisen ja sähköisen turvallisuuden määrittämiseen, rakentamiseen ja laitteella suoritettaviin kulutustestien analysointiin. Apuna käytetään Solidworks-mallinnusohjelmaa ja 3D-tulostusta perinteisten valmistusmenetelmien rinnalla.

2 Hitsauspolttimille suoritettavat testit IEC 60974-7 -standardin mukaan

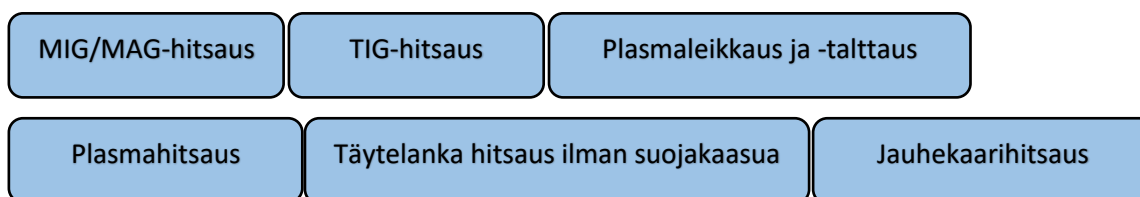
2.1 Vaatimukset ja hitsauspolttimen rakenne

Hitsauspolttimien kattava testaaminen erilaisia mekaanisia ja sähköisiä vaaroja kohtaan on hyvin tärkeää, sillä niihin kohdistuu elinkaarensa aikana mitä erilaisempia käyttötilanteita erilaisissa käyttöympäristöissä. IEC 60974-7 standardi määrittelee turvallisuus- ja rakennevaatimukset hitsauspolttimille kaarihitsauksessa tai vastaavissa prosesseissa. Standardi soveltuu käsin kuljetettujen, mekaanisesti kuljetettujen, nestejäähdytettyjen, moottoroitujen, kelalla olevien ja savukaasun poistolla oleviin hitsauspolttimiin sekä välikaapelikokoonpanoihin (IEC 60974-7 2019.)

Standardissa myös määritetään hitsauspolttimien käyttö olosuhteet. Ympäriöivän ilman lämpötilan tulee pysyä käytön aikana -10–40 °C välillä. Ilmankosteuden 50 % 40 °C ja 90 % 20 °C. Kuljetuksen ja varastoinnin aikana -20–55 °C ilman vaurioita (IEC 60974-7 2019.)

Hitsauspolttimet luokitellaan standardin mukaan seuraavalla tavalla.

Hitsausmenetelmän mukaan



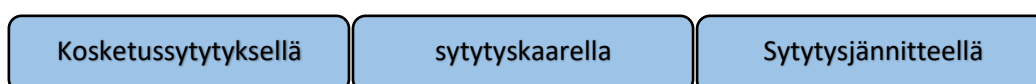
Kuljetusmenetelmän mukaan



Jäähdytystavan mukaan



Kaaren sytytystavan mukaan plasmahitsaus menetelmissä



Standardissa myös esitetään yleisimpien hitsauspolttimien rakenteita. Kuvassa 3 on nähtävillä erilaisia hitsauspolttimia.



Kuva 3. Erilaisia hitsauspolttimia, MIG/MAG ja TIG (Kemppi 2023)

2.2 Tyypitestin periaate

Standardin mukaan tyypitestit tulee suorittaa täysin kokoonpanuille hitsauspolttimille varustettuna välikaapelikokoonpanolla, joka toimitetaan mukana. Seuraavat yksittäiset testit pitää suorittaa järjestyksessä, jotta saavutetaan vaatimukset tyypitestin hyväksynnälle.

Yleinen visuaalinen tarkastus

Tarkistetaan testattava hitsauspoltin tai -kahva ulkoisten vaurioiden tai muiden näkyvien vikojen varalta.

Eristysvastuksen alustava testaus ilman kosteuskäsittelyä

Hitsauspoltin ja 1 m matka välikaapelikokoonpanon molemmista päistä kääritään tiukasti metallifolioon peittäen eristyksen. Kaikki virtapiirit ja johdotukset testataan tasavirralla 500 V. Jännite ei saa johtua mihinkään ulkopinnalla oleviin osiin.

Iskunkestävyyden testaus

Hitsauspoltin pudotetaan 1 m korkeudelta teräslevyn tai vastaavan päälle. Hitsauspoltin tai -kahvan on oltava toiminta kuntoinen testin jälkeen. Testiä voidaan jatkaa 10 cm välein niin kauan, kunnes hitsauspoltin rikkoontuu.

Kuumien kappaleiden kestävyden testaus

Hitsauspolttimien tai välikaapelikokoonpanon pintaan ohuimmalta kohdalta kohdistetaan 1 N voimalla 250 ± 5 °C oleva metallitanko 2 minuutin ajan. Metallitanko ei saa lävistää eristystä ja koskettaa jännitteellisiä osia. Testattava kappale ei saa syttyä tuleen testin aikana.

Suojaus sähköiskua vastaan

Hitsauspolttimen suojaus sähköiskua vastaan määritellään käyttöolosuhteiden ja käyttöjännitteiden mukaan määritettyyn IP-luokkaan Välikaapeli kokoonpanot esimerkiksi määritellään IP 3X-luokkaan.

Eristysvastuksen testaus kosteuskäsittelyn kanssa

Hitsauspoltin tai välikaapelikokoonpano pidetään kosteuskaapissa 48 tuntia 20–30 °C. Käsitteilyn jälkeen suoritetaan sähköneristävyystestaus.

Eristelujuuden kestävyys

Hitsauspoltin kääritään tiukasti metallifolioon. Välikaapelikokoonpano kierretään esimerkiksi metallisen lieriön ympärille. Jännitettä nostetaan maksimiin hitaasti 60 sekunnin ajan. Jännite ei saa johtua sähköisten eristeiden läpi.

Valokaaren syttymisen ja vakautumisen jännitteiden testaus

Hitsauspoltin kääritään tiukasti metallifolioon. Välikaapelikokoonpano kierretään esimerkiksi metallisen lieriön ympärille. Testijännite on 20 % suurempi kuin määritelty valokaaren syttymis- ja vakautumisjännite. Jännite ei saa johtua sähköisten eristeiden läpi.

Yleinen visuaalinen tarkastus

Testien jälkeen suoritetaan visuaalinen tarkastus testatulle kappaleelle.

Muut standardissa mainitut testit voidaan suorittaa missä järjestyksessä tahansa. (IEC 60974-7 2019)

Rutiinitarkastus

Testataan hitsauspolttimen yleinen toiminta.

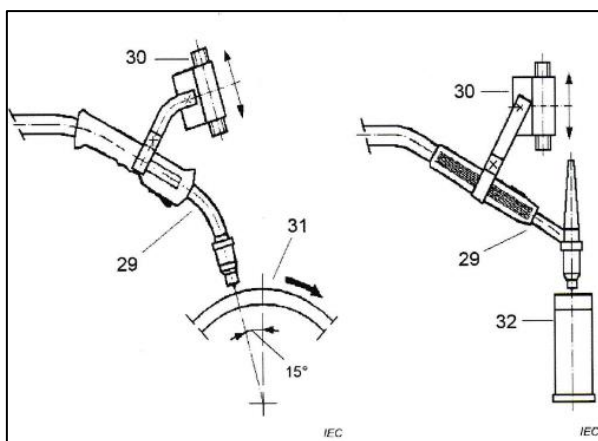
Jäähdytysjärjestelmän paineenkesto

Jäähdytysjärjestelmän osien pitää kestää 0,5 MPa paine 70 °C ilman vuotoja.

2.3 Hitsauspolttiminen lämpöluokitus

Standardi määrittelee hitsauspolttimille raja-arvot nopeudelle lämpötilan nousulle hitsauspolttimen pinnassa. Käsin kuljetettavat hitsauspolttimet testataan minimissään 100 %, 60 % tai 35 % käyttöasteelle. Mekaanisesti kuljetettavat 100 % käyttöasteelle minimissään. Lämpötila saa nousta maksimissaan 30 °C hitsauspolttimen pinnassa ja välikaapelikokoonpanon pinnan lämpötila saa nousta maksimissaan 40 °C (IEC 60974-7 2019).

Kuvassa 4 on esitetty lämpötestin periaate MIG/MAG- ja TIG/plasmahitsauspolttimille.



Kuva 4. Lämpötestin periaate MIG/MAG ja TIG/plasma (IEC 60974-7 2019).

Testin ajaksi lämpötilanmittauslaite on suojattava testissä syntyvältä lämpösäteilyltä ja hitsauspolttimen kiinnitysosat eivät saa vaikuttaa testitulokseen. Nestejäähdytteisissä polttimissa tulee olla sallittu minimi nestekierto testin ajaksi. Testi kestää minimissään 30 min ja jatkuu niin kauan, kunnes lämpötilan nousu vakaantuu 2 °C/h. Hitsauspolttimen on toimittava testin jälkeen normaalisti (IEC 60974-7 2019).

MIG/MAG

Standardi määrittelee MIG/MAG-hitsauspolttimille neljä erilaista lämpötestiä riippuen käytetystä lisäaine tyypistä, lisäaineen koosta ja suojakaasusta. Kaikki MIG/MAG-polttimien testit noudattavat samaa periaatetta.

- Lisäaine
 - Perusaineen mukaan
- Jännitetyyppi
 - DC + tai DC -
- Suojakaasu
 - Perusaineen mukaan
- Poltinputken materiaali
 - Lisäaineen mukaan
- Hitsausvirta ja -nopeus
 - Säädettävä niin, että valokaari on vakaa ja jatkuva hitsisula

TIG

- Elektrodi tyyppi
 - Volframi
- Elektrodin halkaisija
 - Testissä käytetyn hitsausvirran mukaan
- Jännitetyyppi
 - DC –
- Suojakaasu
 - Argon
- Hitsausvirta ja -nopeus
 - Säädettävä niin, että valokaari on vakaa ja jatkuva hitsisula

Plasma

- Jännitetyyppi
 - DC –
- Leikkauskaasu ja virtausnopeus
 - Hitsauspoltin valmistaja määrittää

Standardissa myös määritellään lämpöluokitukset plasmaleikkaus- ja jauhekaarihitsauspolttimille. Kemppi Oy ei valmista kyseisiä malleja, joten niiden erillinen tarkastelu ei ole tarpeellista työn aikana. Kuvassa 5 plasmaleikkauspoltin.

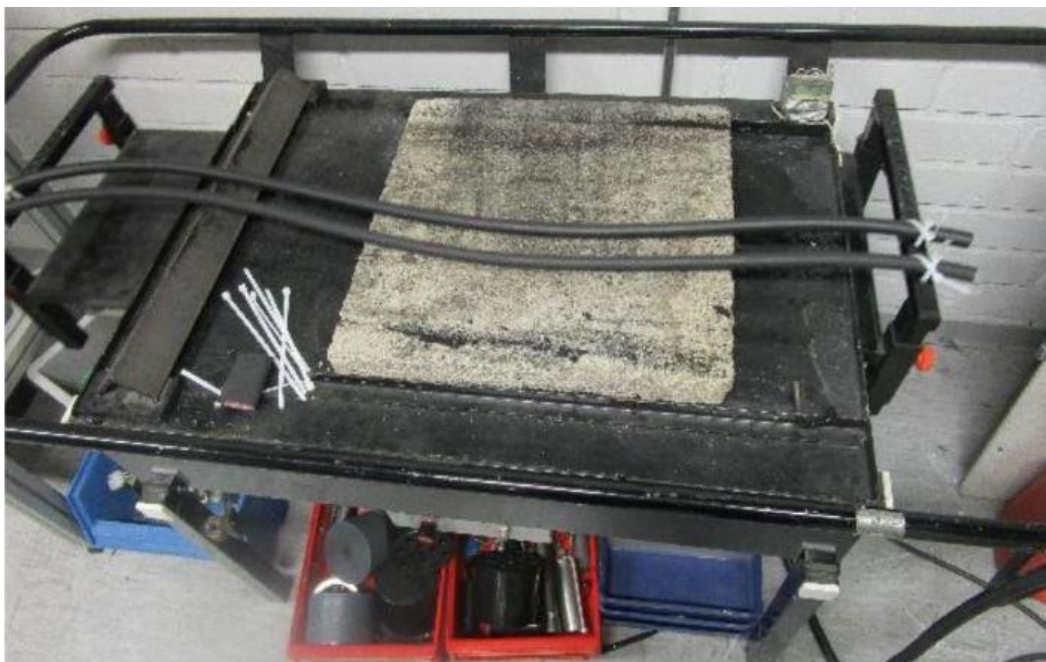


Kuva 5. Plasmaleikkauspoltin. (Webshop, 2023)

3 Laitteen suunnittelu

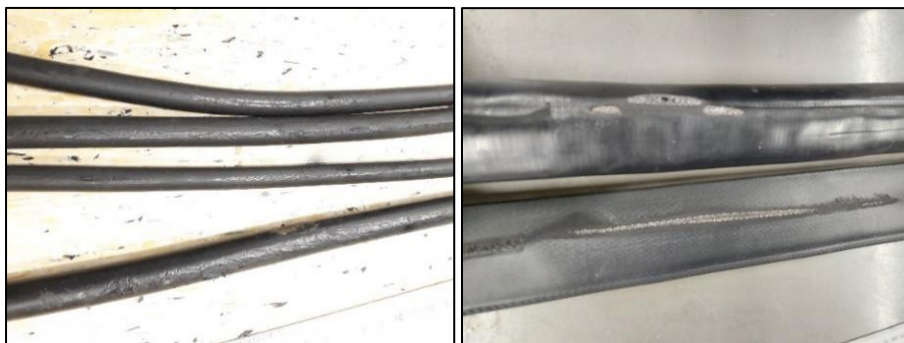
3.1 Korvattava testilaite

Kemppi Oy:llä on olemassa testilaite kaapeleiden ulkoisen kulutuksen testaamiseen. Laite on paljon tilaa vievä (kuva 6) ja laitteella suoritettavien testien testisyklien määrä on normaalisti 100000 sykliä 50–100 sykliä/min. Tästä johtuen testit kestävät useita päiviä.



Kuva 6. Korvattava testilaite.

Testitulokset ovat myös epätasaisia kyseisellä laitteella (kuva 7) ja testikappaleiden pituus on huomattavan paljon pidempi kuin uudessa testilaitteessa. Laitteella testaaminen perustuu kaapeleiden ja letkujen omalla painolla tapahtuvaan kulumiseen. Tämä tuottaa ongelmia varsinkin, jos kyseessä on kevyt kaapeli tai letku. Suojaletkujen sisälle pitää laittaa testin ajaksi paino, joka painaa suojaletkun kulutus pintaa vasten. Tämä tuottaa epätasaisuuksia testissä.



Kuva 7. Korvattavalla testilaitteella saatuja tuloksia.

3.2 Suunnittelun lähtökohdat

Kaapelit ja letkut joutuvat erilaisten kuluttavien voimien ja asioiden vaikutuksen alaiseksi mitä erilaisimmissa ympäristöissä teollisuudessa. On hyvin tärkeää, että kaapelit ja letkut kestävät nämä olosuhteet. Kaapelin tai letkun rikkoontumisella saattaa olla vakavat seuraukset niin laitteille kuin käyttäjille varsinkin, kun kyseessä on hitsauspoltin tai välikaapeli-kokoonpano niissä olevien jännitteiden ja virtojen vuoksi.

Laitteen suunnittelun aluksi tutustuttiin eri valmistajien laitteisiin ja niiden mekaniikkaan. Samalla tutustuttiin valmistajien käyttämiin standardeihin. Valmistajia löytyi muutama kappale, mutta minkään valmistajan laite ei sovellu kaapeleiden testaamiseen. Kuvassa 8 Gibitre Instruments yhtiön valmistama laite, joka soveltuu ainoastaan letkujen testaamiseen. Tämän takia laite pitää suunnitella poltintestauslaboratorion tarpeisiin sopivaksi.



Kuva 8. Gibitre Instruments yhtiön valmistama laite (Gibitre 2023)

3.3 Suunnittelun pohjana käytetyt standardit

Gibitre Instruments viittaa seuraaviin standardeihin valmistamissaan laitteissa, jotka testavat letkujen ulkoista kulumista.

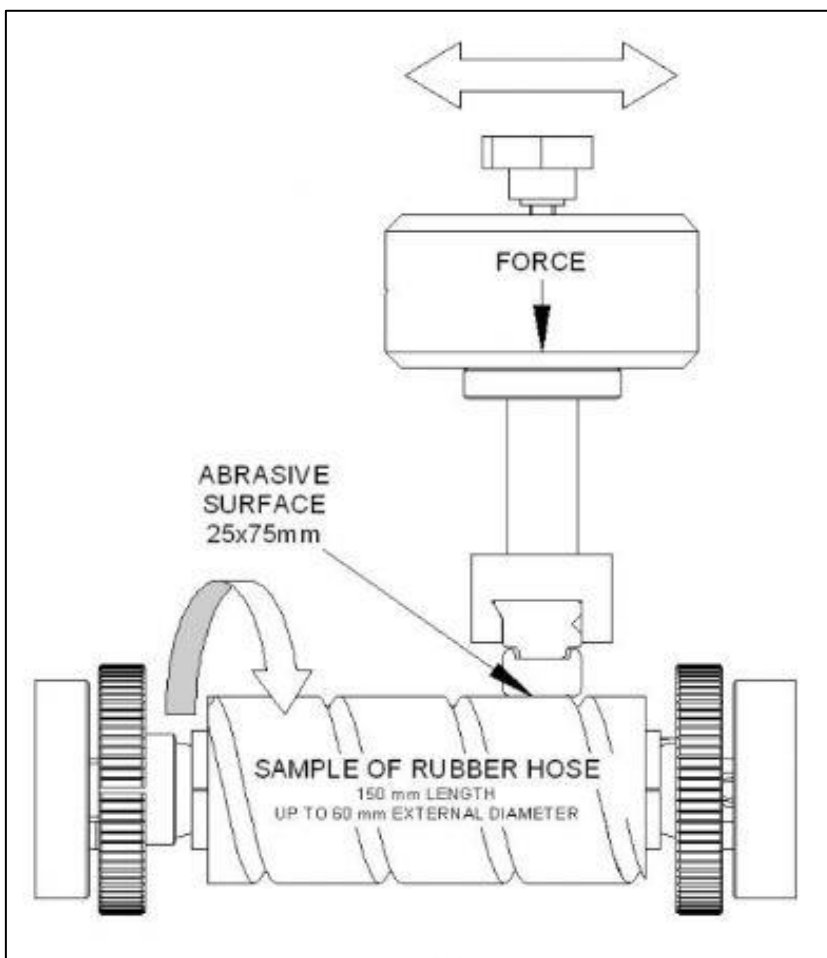
- ISO 6945:1991, Rubber hoses — Determination of abrasion resistance of the outer cover
- ISO/DIS 20444, Rubber and plastics hoses — Determination of abrasion resistance of the outer cover (Gibitre 2023)

Laitteen suunnittelu perustuu soveltavin osin ISO 6945 ja ISO/DIS 20444 standardeihin.

ISO/DIS 20444 standardin mukainen testausmenetelmä

ISO/DIS 20444 standardi määrittää menetelmän kumin ja muovisten letkujen ulkokuoren kulutuskestävyyden määrittämiseen. Menetelmä soveltuu testikappaleille, joiden ulkohalkaisija on 10–100 mm. Menetelmä on tarkoitettu pääasiassa hydraulikkaletkujen testaamiseen, joissa on tekstiili- tai lankavahvistus ja tasainen ulkokuori, sekä muiden vastaavien letkujen testaamiseen. Tässä tapauksessa myös sovelletaan kumipintaisille kaapeleille. (ISO/DIS 20444 2020)

Kuvassa 9 on esitetty laitteen toimintaperiaate, jonka perusteella laitteen on kyettävä liikuttamaan hankausvälinettä kooltaan 75 ± 5 mm edestakaisin koekappaleen pinnassa siten, että testikappale pyörii 78 ± 2 rpm nopeudella, ja edestakainen liike suoritetaan siten, että se liikkuu edestakaisin yhteensä 150 mm matkan samalla syklinopeudella. Yksi sykli vastaa yhtä täyttä edestakaista liikettä. Laitteessa pitää olla tallennusväline syklien laskemiseen. Koekappaleet on tuettava, jotta ne pysyisivät muodossaan testin ajan. Tuki on valmistettu kevyestä metallista tai muovista. (ISO/DIS 20444 2020.)



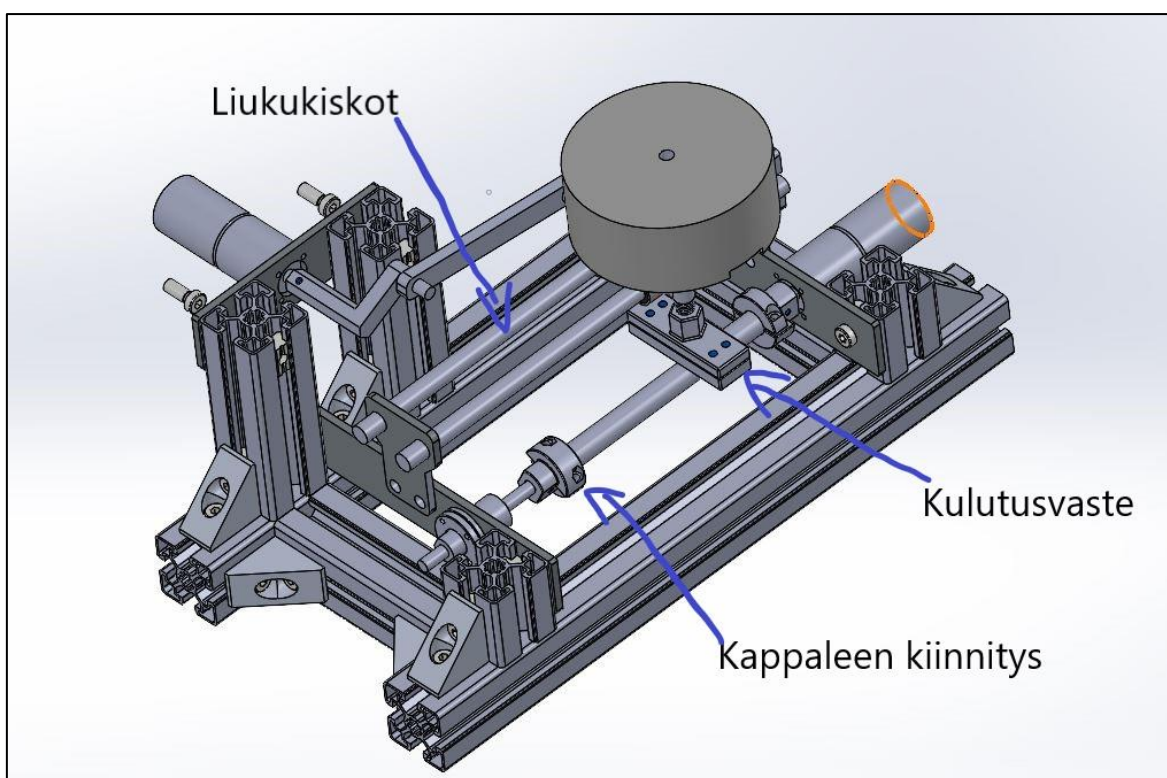
Kuva 9. Laitteen toimintaperiaate ISO/DIS 20444 mukaan (Gibitre 2023)

Testikappaleiden pituus on 140 ± 15 mm ja testierää kohden testataan kolme testikappaletta. Niissä ei saa olla pinnan epätasaisuuksia 0,5 mm enempää tai likaa testattavalla pinnalla. Testikappaleeseen kohdistetaan 45 N voima, jolla kulutus tapahtuu (ISO/DIS 20444 2020)

3.4 Laitteen rakentaminen ja mallinnus

Laitteen yleisrakenne suunniteltiin Solidworks-mallinnusohjelmaa käyttäen ja Solidworksin avulla myös mallinnettiin laitteen mekaanista toimintaa erilaisilla konfiguraatioilla (kuva 10). Joitakin osia toteutettiin 3D-tulostusta käyttäen tämä toi jonkun verran vapauksia osien monimuotoisuuteen. Esimerkiksi kaapeleiden ja letkujen kiinnitysosat laitteeseen valmistettiin 3D-tulostimella.

Laitte rakennettiin pääasiassa Kemppi Oy:ltä löytyvistä materiaaleista. Omalla protopajalla toteutettiin koneistusosat ja levyosat laitteeseen. Laitteen runko valmistettiin vakiokokoisesta alumiiniprofiilista. Laitetta myös kehitettiin samalla, kun alustavia koeajoja tehtiin tämä toi myös muutoksia testauksessa käytettyihin voimiin ja nopeuksiin.



Kuva 10. Laitteen alustava yleisrakenne Solidworks-malli

3.5 Sähköturvallisuus

Laitteen sähköturvallisuus otetaan huomioon standardin SFS-EN 50191 sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö mukaisesti. Standardi soveltuu tilapäisten ja pysyvien testauslaitteistojen käyttöön ja asentamiseen. Standardin mukaisuutta ei tarvitse huomioida, jos jännitteellisten osien koskettamisesta ei aiheudu vaaratilannetta. SFS-EN 50191 -standardissa mainitaan neljä ehtoa, joilla tämä vaatimus täyttyy. (SFS-EN 50191 2011)

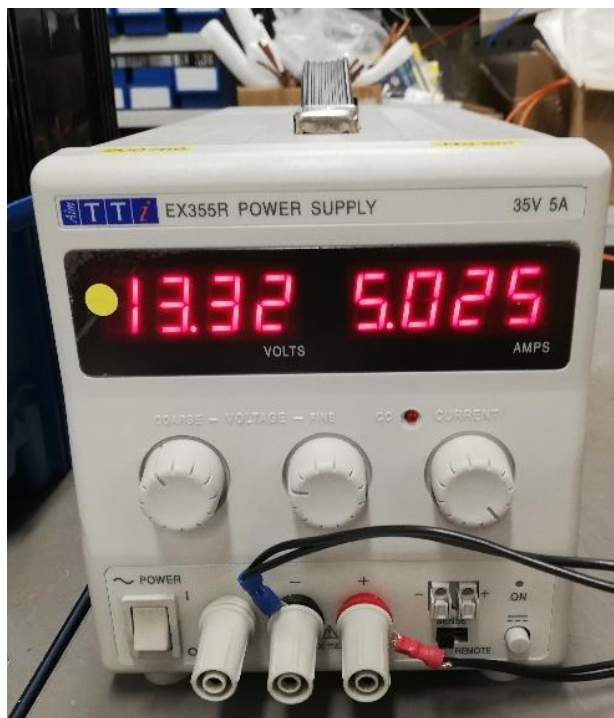
- a) Enintään 500 Hz taajuuksilla jännite ei ylitä tasasähköllä 60 V ja vaihtosähköllä 25 V ja täyttää standardin SFS 6000-4-41:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta mukaisen SELV- tai PELV- järjestelmän vaatimukset.
- b) Enintään 500 Hz taajuuksilla jännite ylittää tasasähköllä 60 v ja vaihtosähköllä 25 V, mutta 2 k Ω ilman induktanssia resistanssin lävitse kulkeva summavirta ei ylitä tasasähköllä 12 mA tai vaihtosähköllä 3 mA
- c) Kansallisesti päätettyjä virta- ja jännitearvoja tulisi käyttää yli 500 Hz. Sallittujen kehovirtojen ja kosketusjännitteiden viitearvoina voidaan käyttää standardin SFS-EN 50191 liitteen A taulukon A.1 arvoja.
- d) Purkausenergia ei ylitä 350 mJ (SFS-EN 50191 2011)

Laitte täyttää kohdan a) ehdon ja sen mukaisesti tarkastellaan standardin SFS 6000-4-41:2022 mukaiset SELV- tai PELV- järjestelmän vaatimukset suojauksen osalta.

Suojausmenetelmä pienoisjännitteellä koostuu kahdesta erilaisesta pienoisjännitejärjestelmästä SELV tai PELV. Menetelmät vaativat.

- Jännitteen rajoittamista 50 V tai 120 V tasajännitettä
- Järjestelmä on suojaerotettu muista kuin SELV- tai PELV-järjestelmien piireistä
- Peruseristys maan ja järjestelmän välillä, kun käytetään vain SELV-järjestelmää.

Laitteen virtalähteenä käytetään EN 61558-2-6 standardin vaatimukset täyttävää suojajännitemuuntajaa (kuva 11) Tämä toteuttaa myös vaaditun vikavirtasuojauksen. (SFS 6000-4-41 2022)



Kuva 11. Virtalähde

Laitte täyttää näiltä osin standardin SFS-EN 50191:2011 ja standardin SFS 6000-4-41:2022 vaatimukset sähköjärjestelmän osalta.

3.6 Mekaaninen turvallisuus

Laitteen turvallisuus otetaan huomioon standardin SFS-EN ISO 12100, Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, 2010 mukaisesti. Standardin perusteella suunniteltava laite on kone, koska siinä on vähintään yksi liikkuva komponentti ja kokoonpantu erityistä toimintoa varten. Tästä johtuen laitteelle on suoritettava riskin arviointi ja riskin pienentämisen arviointi standardin SFS-EN ISO 12100 mukaisesti. (SFS-EN ISO 12100, 2010).

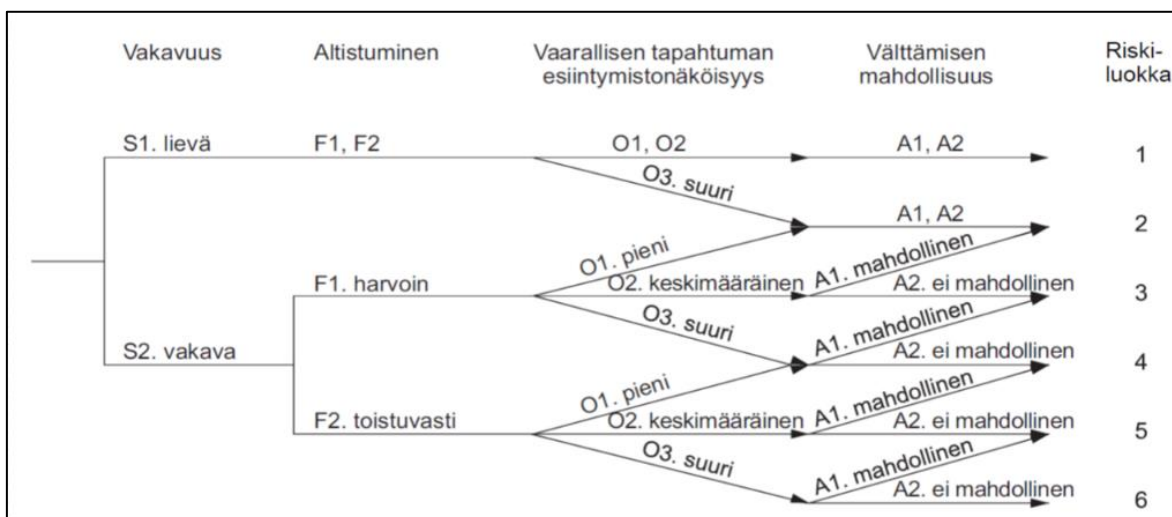
Laitte ei tule kaupalliseen käyttöön, vain Kemppe Oy:n poltintestauslaboratorion omaan käyttöön. Tästä johtuen riskien arvioinnissa käytetään apuna METSA:n riskienarviointityökalua, joka perustuu SFS-EN ISO 12100 standardiin ja tekniseen raporttiin SFS-ISO/TR 14121-2:2013. Riskienarviointityökalu soveltuu uusille koneille ja koneyhdistelmille. Riskienarviointityökalu soveltuu myös modernisointitöihin ja olemassa olevien koneiden riskien arviointiin (METSA, 2023).

Teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2:2013 opastetaan ISO 120100 mukaiseen riskien arviointiin ja esitetään esimerkkejä erilaisista menetelmistä riskien pienentämiseen.

Raportissa esitetään SFS-EN ISO 12100 mukainen riskianalyysi, joka voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan. (METSA, 2023)

- Koneen raja-arvojen määrittäminen, jonka tarkoitus on antaa selkeä kuvaus koneen fyysistä ja mekaanisista ominaisuuksista, suorituskyvystä, ennakoitavissa olevasta väärinkäytöstä ja käyttö ympäristöstä.
- Vaaran tunnistaminen, jonka tarkoitus on antaa kuvaus mahdollisista vaaratilanteista, vaaroista, onnettomuustilanteista ja kuvata miten vaaratilanne johtaa mahdollisesti vahinkoon.
- Riskin suuruuden arviointi, jonka tarkoitus antaa kuvaus vahingon esiintymistodennäköisyydestä, vakavuudesta ja määrittää jokaisesta vaaratilanteesta aiheutuvan riskin suuruus. (SFS-ISO/TR 14121, 2013)

Riskianalyysi suoritettiin (Liite 1.) laitteelle edellä mainittuja menetelmiä ja SFS-ISO/TR 14121-2:2013 riskigraafia (kuva 12) apua käyttäen.



Kuva 12. Riskigraafi (SFS-ISO/TR 14121, 2013)

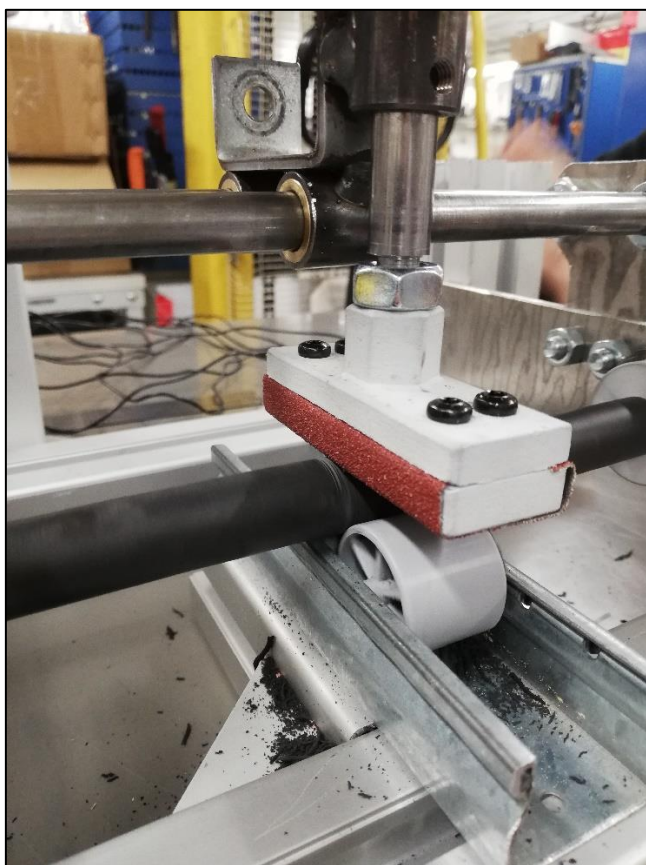
Suurimpana vaarana esiin nousi liikkuvat osat laitteen ollessa käynnissä. Tämän perusteella laitteen ympärille pitää asentaa suojakotelo tai laite sijoitetaan käytön ajaksi valmiiksi olemassa olevaan testauskaappiin.

4 Laitteella suoritettut testit

4.1 Alustavat testit

Kaapelit ja letkut kiinnitetään laitteeseen päistään 3D-tulostetuilla kiinnityspuristimilla. Kaapelit tuetaan tukirullilla testin ajaksi, jotta kaapelit eivät venyisi tai painuisi mutkalle. Letkujen sisälle laitetaan 3D-tulostettu tai muovista koneistettu tukiholkki testin ajaksi, jotta letkut pysyisivät muodossaan.

Laitteella suoritettiin alustavat testit ilman kulutuspinnan edestakaista liikettä pyörivään testikappaleeseen 45 N voimalla kolmen eri valmistajien kaapeleille, joiden ulkohalkaisija on 16 mm. Testissä ajettiin 500 kierrosta ja kulutuspinna käytettiin P80 hiomapaperia. Näiden testien yhteydessä tarkasteltiin kulutuspinnan käyttäytymistä testikappaletta vasten ja laitteen toimintaa kuormituksen alaisena (Kuva 13).



Kuva 13. Alustava testaus pyörivään koekappaleeseen.

Testin perusteella 45 N voima on aivan liikaa ja aiheuttaa hyvin suuren vastuksen moottorille. Liukukiskoihin kohdistui myös suurempi voima kuin oletettiin ja aiheutti taipumaa niissä. Testin perusteella voimaa pudotettiin 10 N:iin ja liukukisko rakennetta vahvistettiin.

Vahvistetulla rakenteella tehtiin alustavat testit pyörivään kappaleeseen, kun kulutuspinta liikkui edestakaisin. Tämän testin yhteydessä havaittiin laitteen rungon vääntyvän hieman. Tämä ongelma korjattiin vahvistamalla runkoa.

Moottorit pyörivät eri nopeuksilla, kun ovat kytkettynä samaan virtalähteeseen. Tämä ei aiheuta ongelmia alustavien testien perusteella. Tarvittaessa käytetään kahta erillistä virtalähdettä, jos on tarve saada moottorit pyörimään samalla nopeudella. Laite toimi muuten toivotulla tavalla (Kuva 14).



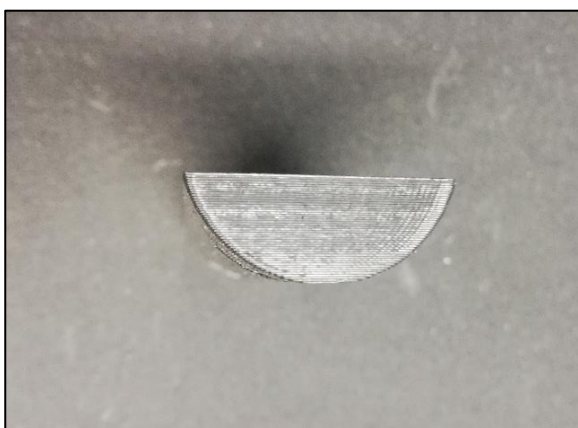
Kuva 14. Alustava testi pyörivään kappaleeseen kulutuspinnan liikkeessä edes takaisin.

Alustavien testien perusteella testeissä käytetään seuraavia arvoja.

- Edestakainen liike
 - 100 ± 5 toistoa/min
- Liikkeiden määrä
 - 500–5000 toistoa
- Testikappaleiden määrä
 - 3 kpl/testi ja tarvittaessa vertailu kappaleet
- Kulutuspinnan koko
 - $25 \times 75 \pm 2$ [mm]
- Kulutuspinta
 - P80 hiomapaperi tai vastaava

- Testikappaleeseen kohdistuva voima
 - 10 ± 1 N
- Testikappaleen pituus
 - 170 ± 10 mm
- Testikappaleen halkaisija
 - 10–60 mm

Alustavien testien perusteella lieriömäinen kulutuspinna (kuva 15) toimii paremmin kuin särmikäs kulutuspinna (kuva 16), koska voima kohdistuu siinä tangentialisesti koekappaleeseen ja samalla poistaa osien linjauksesta syntyviä ongelmia. Särmikäs kulutuspinna taker-tui myös helpommin kiinni varsinkin pehmeämpään materiaaliin ja tämä saattoi aiheuttaa laitteen jumiutumisen.



Kuva 15. Lieriömäinen kulutuspinna

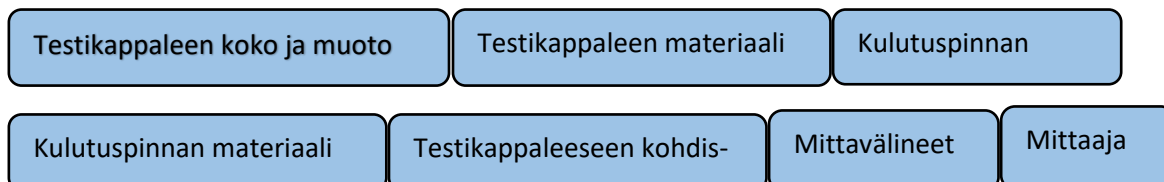


Kuva 16. Särmikäs kulutuspinna

Muun muotoisia tai muusta materiaalista valmistettuja kulutuspinnoja voidaan käyttää, jos halutaan simuloida tarkemmin eri tilanteissa tapahtuvaa kulumista.

4.2 Mittausepätkarkkuus

Mittauksissa syntyy aina epätarkkuuksia ja mittaustuloksia pitää tarkastella kriittisesti, jotta varmistutaan mittausten todenmukaisuudesta. Kulutustesti laitteella tehtävät testit ovat riippuvaisia hyvin monesta muuttujasta, joita ovat esimerkiksi:



Näistä kaikista syntyy mittausepätkarkkuutta testin aikana ja näin ollen testiä ei voi pitää kovinkaan tarkkana mittaustekniikkana, mutta pikemminkin suuntaa antavana menetelmänä ja saatuja tuloksia tulisi verrata jollakin muulla menetelmällä saatuihin kulutuskestävyys testeihin. Alustavien testien aikana suoritettiin erilaisia mittauksia testikappaleille ja samalla kirjattiin ylös eri mittalaitteiden ja mittaustapojen epätarkkuuksia.

Massan mittauksessa käytettiin vaakaa ja sen toleranssiksi on valmistajan tyyppitarrassa määritelty (kuva 17) $\pm 0,2$ g.



Kuva 17. vaa'an tyyppitarra

Vaa'an tarkkuus on riittävä, jos tarvitsee vieläkin tarkempaa mittaustulosta painon osalta, voidaan käyttää kirjevaakaa tai analyysivaakaa, joiden mittatarkkuus on $\pm 0,05$ – $0,005$ g

Ulkohalkaisijan mittauksessa käytettiin digitaalista työntömittaa, jonka tarkkuus on $\pm 0,05$ mm, mutta kaapelien tai letkujen halkaisijat voivat vaihdella $\pm 0,5$ mm. Kaapelien ja letkujen ulkomuoto ei ole täysin pyöreä ja ulkopinta voi painua, jos käytetään liian kovaa voimaa mittaustilanteessa. Ulkohalkaisijan mittauksen toleranssi on määriteltävä testikappale

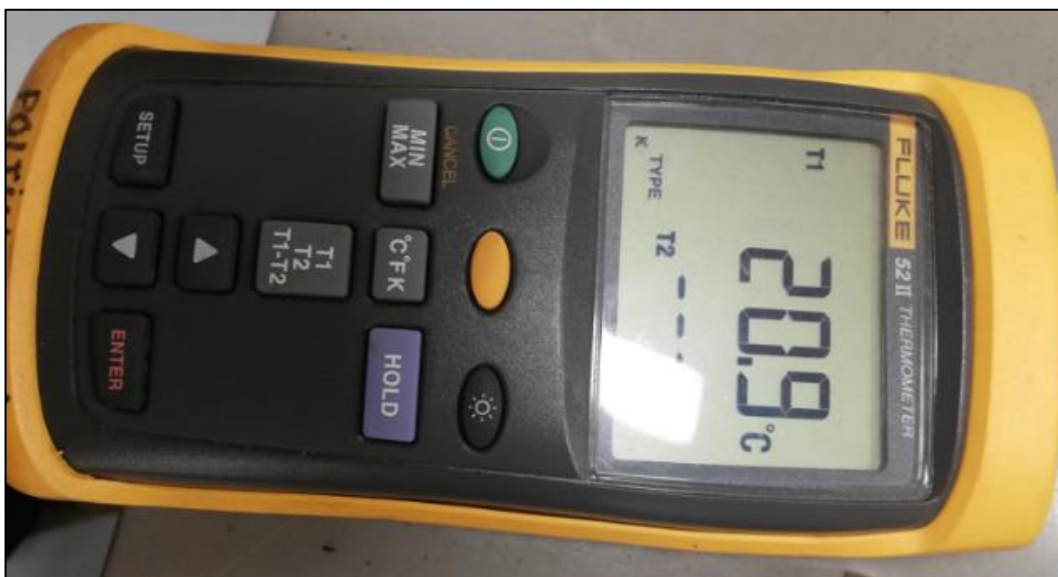
kohtaisesti huomioiden edellä mainitut asiat. Pienillä halkaisijoilla $\pm 0,1$ mm ja isoilla halkaisijoilla $\pm 0,5$ mm. Testin jälkeisessä ulkohalkaisijan mittauksessa pätee samat ehdot.

Testisarja olisi tehtävä aina käyttäen samaa kulutus pintaa, jos kulutus pinta kuluu huomattavasti testin aikana, se vaihdetaan uuteen jokaisen testikappaleen jälkeen. Kulutus pinnan kulumisen vaikuttaa painon poistumiseen testin aikana.

Mittaajan oma tulkinta erilaisista mitoista vaikuttaa saatavaan testitulokseen, jos mittaja tulkitsee testiä ennen aloitusmitan toleranssin ylärajalle ja testin jälkeen lopetusmitan toleranssin alarajalle, ja seuraavan testikappaleen kohdalla toisin päin. Tämän johdosta testisarjan mittaustulokset voivat vaihdella huomattavasti.

4.3 Kulumisen tarkasteluperiaate

Testin aluksi kirjataan ylös päivämäärä, ilman lämpötila FLUKE 52 II thermometerilla (kuva 18.) ja testattavan materiaalin tiedot. Valmistetaan testikappaleet. Testikappaleiden massa ja ulkomitta kirjataan ylös. Kappaleiden punnitukseen käytetään SOEHNLE professional vaakaa (kuva 19.) ja ulkomitta mitataan käyttäen työntömittaa.



Kuva 18. FLUKE 52 II thermometer



Kuva 19. SOEHNLE professional vaaka

Testikappaleet tarkastetaan visuaalisesti pintavaurioiden tai epämääräisten muotojen varalta. Tarvittaessa tehdään laitteen kalibrointi laskurin ja sekuntikellon avulla.

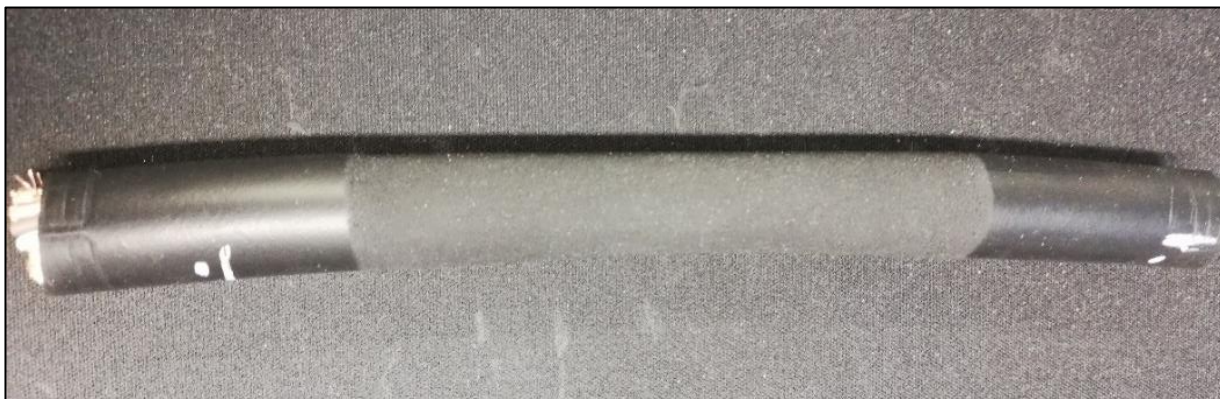
Suoritetaan testi (Kuva 20) jokaiselle testikappaleelle ja kirjataan ylös toistojen ja kierrosten määrä.



Kuva 20. Kulutustesti.

Testin jälkeen kirjataan muuttunut massa ja ulkomitta ylös (kuva 21) ja lasketaan poistuneen massan määrä. Kolmesta mittaustuloksesta lasketaan keskiarvo.

Testikappaleille suoritetaan visuaalinen tarkistus testin jälkeen ja tarvittaessa tehdään muita testejä.



Kuva 21. Testattu koaksiaalikaapeli

Joidenkin letkujen osalta voidaan jättää ulkohalkaisija mittaaminen tekemättä, koska mitaaminen luotettavasti voi olla hyvin hankalaa letkujen ohuen seinämän ja säilytystavasta johtuvan muodonmuutoksen vuoksi. Tällöin tehdään visuaalinen tarkistus ja massan poistumisen mittausta tarvittaessa.

4.4 Koaksiaalikaapelin testaus

Ensimmäinen kulumisen tarkastelu tehtiin Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapelille. Kyseiselle kaapelille oli tehty Kemppi Oy:n vaatimat mekaaniset testit mukaan lukien kulumiskäyttötesti (kuva 22), jota verrataan uudella laitteella saatuihin tuloksiin.



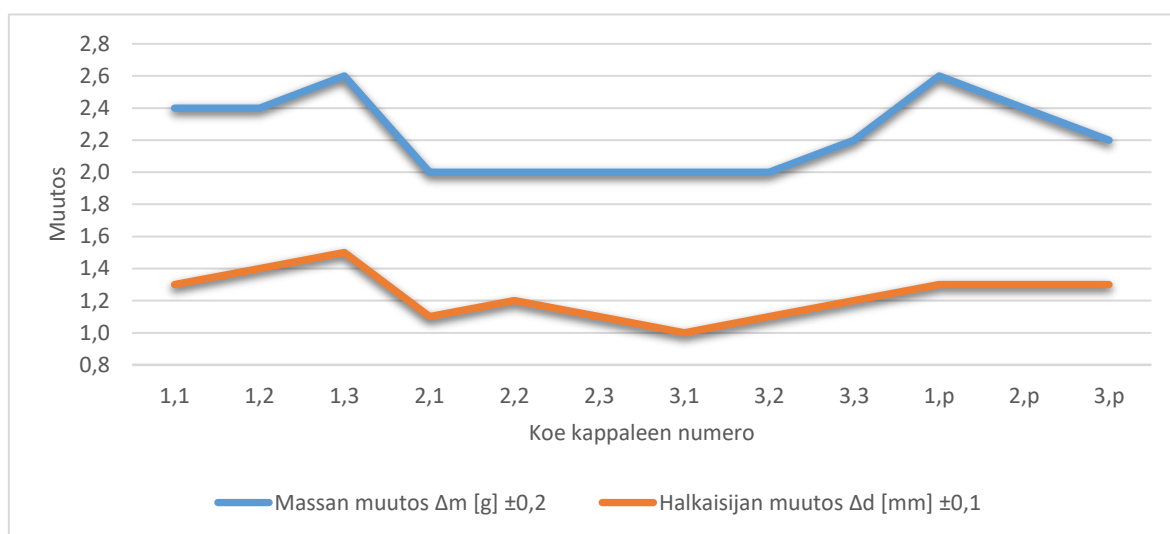
Kuva 22. Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapeli kulumiskoe korvattava laite (Utunen Janne, 2023)

Kaapelille tehtiin kaksi testisarjaa särmikkäällä kulutuspinalla ja yksi testisarjaa pyöreällä kulutuspinalla. Kuvassa 23 on esitetty testisarjojen mittaustulokset. Tärkein arvo on massan poistuminen testikappaleesta.

Kpl num.	Alku massa m_0 [g] $\pm 0,2$	Loppu massa m_1 [g] $\pm 0,2$	Massan muutos Δm [g] $\pm 0,2$	Alku halkaisija d_0 [mm] $\pm 0,2$	Loppu halkaisija d_1 [mm] $\pm 0,1$	Halkaisijan muutos Δd [mm] $\pm 0,1$	Toistojen määrä R_1 [kpl] ± 10	Pyörähdysten määrä R_2 [rev] ± 10
1,1	46,4	44,0	2,4	15,8	14,5	1,3	1000	477
1,2	44,6	42,2	2,4	15,7	14,3	1,4	1000	470
1,3	46,0	43,4	2,6	15,7	14,2	1,5	1000	469
2,1	45,4	43,4	2,0	15,7	14,6	1,1	1000	477
2,2	44,8	42,8	2,0	15,6	14,4	1,2	1000	475
2,3	45,0	43,0	2,0	15,6	14,5	1,1	1000	471
3,1	44,4	42,4	2,0	15,5	14,5	1,0	1000	470
3,2	44,4	42,4	2,0	15,6	14,5	1,1	1000	474
3,3	45,6	43,4	2,2	15,7	14,5	1,2	1000	466
1,p	44,6	42,0	2,6	15,5	14,2	1,3	1000	479
2,p	45,0	42,6	2,4	15,6	14,3	1,3	1000	473
3,p	45,0	42,8	2,2	15,6	14,3	1,3	1000	469
Keskiarvo	45,1	42,9	2,2	15,6	14,4	1,2	1000	473

Kuva 23. Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapeli mittaustulokset.

Tuloksissa on jonkun verran vaihtelua, joka oli odotettavissa alustavien testien aikana tehtyjen huomioiden perusteella. Mittaustulokset näyttävät hyvin yhteneväsiltä ja ovat annettujen toleranssien sisällä paria poikkeusta lukuun ottamatta. Tuloksista myös huomaa miten kulutuspinnan kuluminen vaikuttaa poistuvaan massaun. Kuvasta 24 voidaan nähdä kulumisen ja uuden kulutuspinnan ero hyvin selvästi.



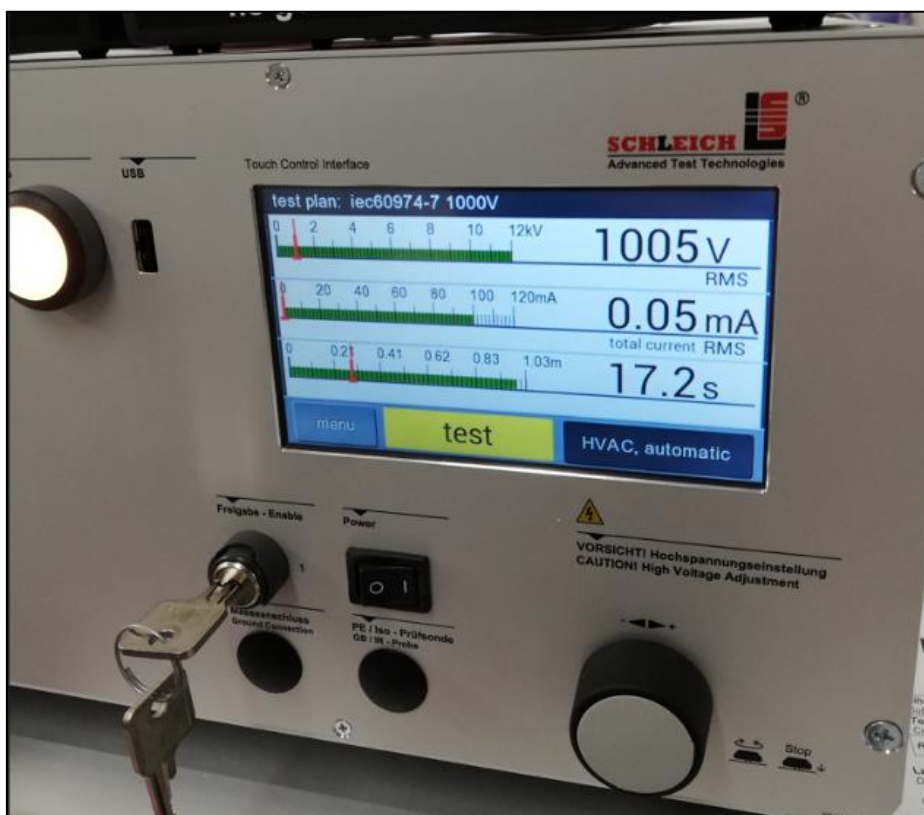
Kuva 24. Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapeli massan ja halkaisijan muutos.

Silmämääräisesti testikappaleista (Kuva 25) on hyvin vaikea sanoa mikä on eniten tai vähiten kulunut.



Kuva 25. Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapeli uudella laitteella testattuna.

Uudella laitteella saadut tulokset ovat verrannollisia vanhalla laitteella saatuihin tuloksiin. Testatuille koaksiaalikaapeleille tehtiin kulutustestin jälkeen eristelujuus testi (kuva 26). Kaapelit läpäisivät testin.



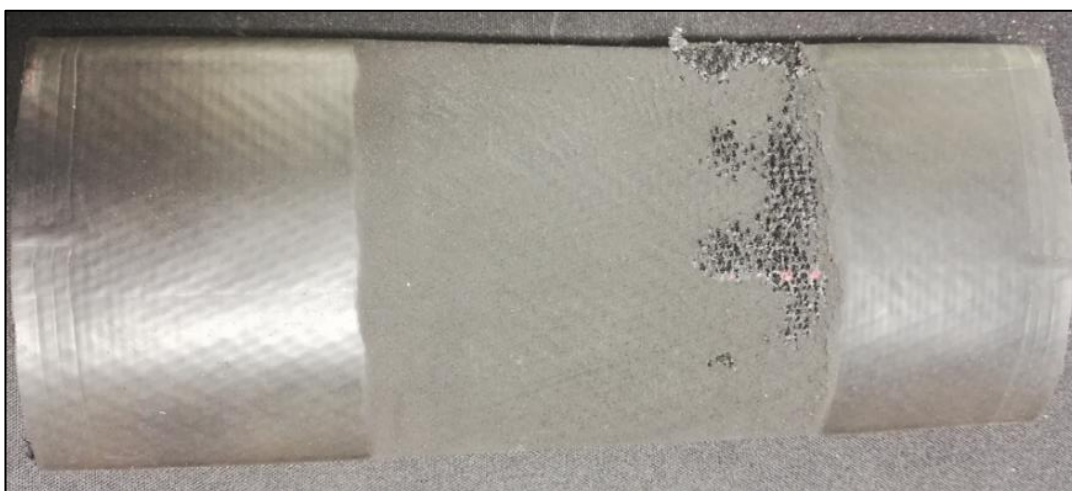
Kuva 26. Huahan AL-coax 20 mm²-koaksiaalikaapelin eristelujuus testi.

Testiaika koesarjaa kohden on 20–30 min ja tämä tuo huomattavasti aika säästöä vanhaan laitteeseen verrattuna.

4.5 Suojaletkun testaus

Toinen kulumisen tarkastelu tehtiin välikaapelikokoonpanossa käytetylle suojaletkulle. Testi suoritettiin kahden eri valmistajan suojaletkuille. Letkun sisähalkaisija on 45 mm ja letkun sisälle pitää laittaa testin ajaksi tukiholkki, jotta suojaletku pysyy muodossaan. Kulutuspin-tana käytettiin pyöreätä päätä ja P 80 hiomapaperia. Molempien valmistajien suojaletkuille tehtiin testisarja yhteensä 6 testikappaletta. Testissä käytettiin eri valmistajien suojaletkuille seuraavia nimiä, valmistaja 1: V1 ja valmistaja 2: V2. Suojaletkuille suoritettiin testien jäl-keen visuaalinen tarkastelu.

V1 valmistama suojaletku (Kuva 27) kesti 700–800 toistoa ennen kuin suojaletkun kudus tuli näkyviin. Kuluminen oli hieman epätasaista, tämä johtui luultavasti suojaletkun muodonmuutoksesta testin aikana.



Kuva 27. V1 valmistama suojaletku.

V2 valmistama suojaletku (kuva 28) kesti 400–500 toistoa ennen kuin suojaletkun kudus tuli näkyviin. Kuluminen oli myös tämänkin letkun kohdalla epätasaista samoista syistä kuin V1 valmistamassa suojaletkussa.



Kuva 28. Toisen valmistajan suojaletku.

Testattavissa suojaletkuissa oli huomattavia eroja kulumisen osalta. V2 valmistamassa suojaletkussa punos on valmistettu lasikuidusta ja tämä kulutti kulutuspintaa huomattavan nopeasti. V1 valmistaman suojaletkussa punos oli valmistettu huomattavasti pehmeämmästä materiaalista kuin lasikuitu.

Testattavien suojaletkujen kumipinta vaikutti myös kulumiseen huomattavan paljon. V1 valmistaman suojaletkun pinta kesti paremmin kulutusta kuin V2 valmistama suojaletkun pinta. V1 valmistaman suojaletkun pinta irtosi kulutuksen vaikutuksesta tasaisina palasina. V2 valmistaman suojaletkun pinta irtosi kulutuksen vaikutuksesta lähes pölynä. Testin perusteella V1 valmistama suojaletku kesti paremmin kulutusta kuin V2 valmistama suojaletku ulkopinnan osalta, mutta V2 valmistama suojaletku kesti kulutusta punoksen osalta.

5 Yhteenveto ja pohdinta

Uuden testilaitteen prototyyppi saatiin toteutettua annetussa aikataulussa ja laitteella saadut tulokset ovat vertailukelpoisia vanhalla testilaitteella saatuihin tuloksiin. Uusi testilaitte on myös huomattavasti nopeampi kuin vanha testilaitte ja tästä saatu ajallinen säästö helpottaa muiden testien aikataulutusta ja toteuttamista. Uudella testilaitteella ei tarvitse käyttää testimateriaalia niin paljon kuin vanhalla laitteella, ja tästä myös syntyy säästöjä materiaalikustannuksissa.

Letkujen ja kaapeleiden ulkoista kulumisen testausta sivuavia standardeja löytyi hyvin niukasti, mutta kaupallisen laitteen toimittajalta löytyi tarvittavat standardit ja niitä soveltamalla saatiin tehtyä Kemppi Oy:n tarpeita vastaava laite.

Laitteen rakentamisen aikana tuli muutama ongelma runko rakenteen ja liukukisko rakenteen kanssa, joita ei osattu ennakoida suunnitteluvaiheessa. Nämä ongelmat korjattiin alustavien testien aikana. Laitteen mekaanista rakennetta voi vielä huomattavasti parantaa eteenpäin kaupallisilla osilla kuten liukukiskoilla, lineaarilaakereilla, nivelvarsilla. Näin saadaan testituloksista vieläkin yhdenmukaisempia ja saadaan korjattua laitteen mekaanisesta rakenteesta johtuvia ongelmia.

Työn aikana tutustuttiin hitsauspolttimien ja -kahvojen rakenteeseen ja niiden erilaisiin tyyppitesteihin, näitä testejä sovelletaan välikaapelikokoonpanoihin, letkuihin ja kaapeleihin myös yksinään.

Laitteen suunnittelun ja rakentamisen aikana poltintestauslaboratorion henkilöstö oli aktiivisesti mukana. Heiltä sai ideoita käytettävyyden kuin yleisrakenteen osalta ja heidän asiantuntemuksensa erilaisten testilaitteiden käytöstä ja kehittämisestä auttoi myös ongelmien tunnistamisessa ja ratkaisemisessa.

Lähteet

Gibitre 2023. Tuotteet. Viitattu 1.2.2023. Saatavissa

https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=AbraTuDri

IEC 60974-7 2019. International standard. Arc welding equipment-part 7: Torches. Viitattu 20.4.2023.

ISO/DIS 20444 2020. Rubber and plastics hoses — Determination of abrasion resistance of the outer cover. Viitattu 25.3.2023.

Kemppi 2023. Yrityksenä. Viitattu 1.2.2023. Saatavissa.

<https://www.kemppi.com/fi-FI/yritys/kemppi/kemppi-yrityksena/>

METSA 2023. Riskianalyysityökalu. Viitattu 20.3.2023. Saatavissa.

<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/riskinarviointityokalu/>

SFS-EN ISO 12100 2010. SFS-EN ISO 12100, Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet. Viitattu 20.3.2023.

SFS-ISO/TR 14121-2:2013 2013. Tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2:2013. Viitattu 20.3.2023.

SFS-EN 50191 2011. SFS-EN 50191 sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö. Viitattu 20.3.2023.

SFS 6000-4-41 2022. SFS 6000-4-41:2022 Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät. Viitattu 20.3.2023.

Webshop 2023. Products. Viitattu 20.3.2023. Saatavissa.

<https://webshop.industriacenter.fi/product/7376/plasmaleikkauspoltin-atc-1torch-sl100-75-61m-esab-7-5206>

Liite 1. Riskianalyysi

Koneen raja-arvot standardin EN ISO 12100:2010 mukaan				
Limit values of the machine according to the standard EN ISO 12100:2010				
<i>OHJE: Luettele tälle välilehdelle kaikki koneen riskinarviointiin vaikuttavat raja-arvot. HUOM: Arvioinnin laajuus on rajattava ja määriteltävä tarkkaan ja tarkasteltavien toimintojen koko vaikutusalue on sisällyttävä arviointiin.</i>				
Sovellettavat standardit:	EN ISO 12100:2010	SFS-ISO/TR 14121-2:2013		
Yleistä, General				
Liikkuvat osat ulkomittojen sisällä				
Tilarajat (ks. 5.3.3), Limits of space (See 5.3.3)				
Ulkomitat 450x320x300 mm				
Pyörivä kappale halkaisija 10-60 mm, nopeus 80-100 r/min				
Pyörivä kampi liikeradan halkaisija 75 mm, nopeus 80-100 r/min				
Käyttäjän vaatima tila käytössä 2x2x2 m				
Käyttäjän vaatima tila huollossa 2x2x2 m				
Aikarajat (ks. 5.3.4), Limits of time (See 5.3.4)				
Testi sykli 10-60 min				
Tarkastus/huoltoväli 40-50 testisykliä				
Muut raja-arvot (ks. 5.3.5), Other limit values (See 5.3.5)				
Laboratoriotila				
Puhdistus tarvittaessa testisyklin jälkeen				
Testattavat materiaalit kumi/muovi				

Toimintakeskeityksen, yön suorittaja- ja yövalvohetimiten riskinarviointi standardin EN ISO 12100:2010 mukaan
Operation-centred operator and working phase specific risk assessment according to the standard EN ISO 12100:2010

OLE: "Suositellut toimintajat" on erillinen suositus riskien poistamiseen tai vähentämiseen, ei arvioivan alustan valittava elementti. Suositeltu toimintajajärjestelmä jätetään jatkotietokenttiin.

Henkilöryhmä: **Konetta käyttävät (ajoneuvooperaattori, m.s.) normaali tuotantomääräiset työt toimintajassa tarkoitettu ihminen.**

Riskinarviointin tyyppi/ t: **Merkittävien**

Päivämäärä **18.4.2023**

Kone: **Kolmitasoinen ajoneuvo**

Machine: **Polttimoajoneuvo**

Korkeus: **Polttimoajoneuvo**

Machine area: **Polttimoajoneuvo**

NOIM ATTENTION	No.	Yövalvotun heikkous-alue	Työvaihe Working phase	Yönaikainen heikkous-tilanne	Vahvistetun vaikutuksen luonne	S	F	O	A	Riskitaso Risk index	Riskin arvio	Standardin toimittaminen Recommended actions	Toimittamien suojelu- ja suojeluvälineiden käyttö	S	F	O	A	Alustava riskin tasokki Residual Risk index	Alustava riskin tasokki Residual risk	Tärkeät ohjeet Important instructions	Riskin tasokki Residual index	Uusi riskitaso New residual index
	1.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	2.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	3.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	4.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	5.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	2	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	6.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	7.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	8.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	9.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	2	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	10.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	2	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	11.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	2	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	12.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	2	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		1	1	1	1	1				
	13.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	2	3	1	5	Suuri	Suuri riski, ei välttämättä välttämättä	Suuri	2	1	1	1	2				
	14.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	2	3	1	5	Suuri	Suuri riski, ei välttämättä välttämättä	Suuri	2	1	1	1	2				
	15.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	2	3	1	5	Suuri	Suuri riski, ei välttämättä välttämättä	Suuri	2	1	1	1	2				
	16.	laboratorilla	Kokous	Yönaikainen Otsakoulu heikkous- tilassa	Yönaikainen	2	1	1	1	2	Vahvistettu	Ei tarvitse toimittaa		2	1	1	1	2				