

Joonas Harju

**KONVERTTEREIDEN PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN  
TOIMINTAVARMUUDEN PARANTAMINEN**

**KONVERTTEREIDEN PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN  
TOIMINTAVARMUUDEN PARANTAMINEN**

Joonas Harju  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty talven 2012 ja kevään 2013 aikana Ruukki Metals Oy:n Raahen terästehtaan terässulatolle. Työ on tehty osana insinööriopintoja Oulun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan ja talouden kampuksella.

Työn ohjaavana opettajana toimi opettaja Kari Penson Oulun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan ja talouden kampukselta. Ruukki Metals Oy:n puolesta valvojana toimi käyttövarmuusinsinööri Sami Pengerkoski. Heille kuuluu erityiskiitos opinnäytetyöhön liittyvästä opastamisesta.

Haluan kiittää niitä Raahen terästehtaan terässulaton käytön, kunnossapidon ja kehityksen toimihenkilöitä, jotka ovat auttaneet opinnäytetyön teon yhteydessä. Lisäksi haluan kiittää niitä terässulaton kunnossapidon- ja tuotannon työntekijöitä, jotka ovat antaneet asiantuntevia ohjeita ja neuvoja opinnäytetyöhön sekä auttaneet vikapuomallin tekemisessä. Heidän lisäksi haluan kiittää muita henkilöitä, jotka ovat olleet avuksi opinnäytetyön tekovaiheessa.

Erityiskiitoksen haluan antaa vielä terästuotannon kehityksessä teknologia-asiantuntijana toimivalle Seppo Ollilalle, sillä hänen asiantuntemuksensa opinnäytetyössä käsitellystä aiheesta auttoi huomattavasti opinnäytetyön valmistumisessa.

Raahessa 14.5.2013

Joonas Harju

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Raahen tekniikan ja talouden kampus  
Kone- ja tuotantotekniikka

---

Tekijä: Joonas Harju

Opinnäytetyön nimi: Konverttereiden pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantaminen

Työn ohjaajat: Kari Penson, Sami Pengerkoski

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013

Sivumäärä: 76 + 7 liitettä

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Ruukki Metals Oy:n toimeksiannosta Raahen terästehtaan terässulaton konverttereiden pudotussondilaitteistoista. Konverttereiden yhteydessä toimivien pudotussondilaitteistojen toimintavarmuus ei ole ollut halutulla tasolla, ja tämän työn tavoitteeksi asetettiin toimintavarmuuden parantaminen. Tätä kautta laitteiden tekemien mittausten onnistumisprosenttia pyrittiin myös kohottamaan halutulle tasolle.

Toimintavarmuuden parantamiseksi kaikki pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyvät tiedossa olevat viat ja häiriöt kerättiin yhteen ja niistä luotiin ELMAS-ohjelmiston avulla vikapuumalli. Laitteiden toimintaan liittyvien häiriöiden ja vikojen keräämiseksi haastateltiin terässulaton henkilökuntaa, selattiin laitteiden tekemiä mittaustuloksia ja käytettiin apuna Ruukin Arttu-tietojärjestelmää. Vikapuumallin tarkoituksena oli löytää jokaisen tiedossa olevan vian juurisyy eli permimäinen aiheuttaja. Vikapuumallin avulla vikoja tarkastelemalla pystyttiin havaitsemaan suurimmat senhetkiset pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyvät ongelmat. Lisäksi työssä käsiteltiin vioista ja häiriöistä aiheutuvia tekijöitä, kuten alhaisesta toimintavarmuudesta koituvia lisäkustannuksia sekä alhaisen toimintavarmuuden vaikutusta teräksen laatuun.

Vikapuumallin avulla pyrittiin löytämään keinoja, joiden avulla pudotussondilaitteistojen toimintavarmuutta pystytään nostamaan kohti haluttua tasoa. Työn lopputuloksena syntyi useita parannuskeinoja, joilla laitteiden toimintavarmuutta pystytään mahdollisesti kohottamaan ja sitä kautta nostamaan myös tärkeää mittausten onnistumisprosenttia. Parannuskeinot liittyvät laitteistojen toimintaympäristöön, laitteistojen suojaamiseen, kunnossapidon kehittämiseen, pudotusrännien kehittämiseen, sondien kehittämiseen sekä laitteistojen puhdistuksen kehittämiseen.

Toimintavarmuutta parantavien keinojen lisäksi työn avulla syntyi jatkokehitysmahdollisuuksia, joiden avulla voidaan testata laitteiden toimintaa ja sitä kautta parantaa toimintavarmuutta entisestään tulevaisuudessa. Jatkokehitysmahdollisuudet liittyvät pääsääntöisesti laitteiston toimintaan liittyviin testauksiin. Testijaksojen avulla laitteistojen eri toimia voidaan tarkkailla ja tarkkailun perusteella harkita muutoksia laitteistojen toimintaan tulevaisuudessa.

---

Asiasanat: toimintavarmuus, pudotussondit, pudotussondilaitteisto, vikapuumalli

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

---

Author: Joonas Harju

Title of thesis: Improving the Reliability of Steel Making Converters' QuiK-Tap Drop In Systems

Supervisor: Sami Pengerkoski, Kari Penson

Term and year of completion: Spring 2013

Number of pages: 76 + 7 appendices

---

This Bachelor's thesis was commissioned by Ruukki Metals steel plant at Raahe Steel Works, concerning the QuiK-Tap Drop In Systems of the steel making converters. QuiK-Tap Drop In System's reliability had not yet reached the desired level. Therefore, the main objective of this Bachelor's thesis was to improve the reliability of the QuiK-Tap Drop In Systems. The aim was to increase the degree of success in measuring with the system.

For improving the reliability of the QuiK-Tap Drop In Systems, all previously discovered flaws and shortages concerning the system's function were collected, and by using the ELMAS-program a fault tree about defects was created. The information on the flaws and shortages was collected by interviewing the staff of the steel plant, examining the results of measurements received by using the system, and applying the information system called Arttu, which is used by Ruukki. The objective of creating a fault tree about the defects was to find the root cause for every flaw and shortage that had been discovered. By examining the shortcomings of the system with the help of the fault tree it was easy to find the most critical problems concerning the function of the QuiK-Tap Drop In Systems. In addition to the shortcomings of the system, this thesis was concerned with the consequences of the low reliability of it, such as extra costs and the effect of the low reliability to the quality of the produced steel. With the help of using the fault tree about defects, an attempt was made to find solutions which could help to increase the reliability of the QuiK-Tap Drop In Systems to the desired level.

As a result of this Bachelor's thesis, a number of solutions were found which could help to increase the reliability of the system, and most importantly, increase the degree of success in measuring with the system. In addition to the means of increasing the system's reliability, several possibilities for further development were discovered, the aim of which is to enable the testing of the system's functionality and in this way to further increase the reliability of the system in the future.

---

Keywords: reliability, drop in sensors, fault tree, steel making converters, QuiK-Tap Drop In System

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 Rautaruukki Oyj	7
1.3 Rautaruukin divisioonat	8
1.4 Raahen terästehtäs	8
1.4.1 Teräksen valmistusprosessi	9
1.4.2 Konvertterit	12
2 PUDOTUSSONDILAITTEISTO	17
2.1 Heraeus Electro-Nite	18
2.2 Pudotussondilaitteistojen käyttö	18
2.3 Pudotussondilaitteistojen tuotantovälineet	21
2.4 Pudotussondilaitteistojen perustoimintaperiaate	24
3 LAITTEEN TOIMINTAVARMUUS	27
4 PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN TOIMINTA JA NIIHIN LIITTYVÄT HÄIRIÖT	31
4.1 Pudotussondilaitteistojen toiminta vuosina 2000 - 2013	32
4.2 Toiminta nykyään	34
4.3 Toimintaan liittyvät häiriöt	35
4.4 Pudotussondilaitteistojen huonon toimintavarmuuden vaikutukset	36
4.4.1 Puhalluksen aikana suoritettavien mittausten vaikutukset	37
4.4.2 Puhalluksen jälkeen suoritettavien mittausten vaikutukset	38
4.4.3 Pudotussondeista kertyvät kustannukset	39
4.4.4 Muut vaikutukset	39
5 VIKOJEN KÄSITTELY ELMAS-OHJELMALLA	41
5.1 ELMAS	41
5.2 Vikapuumalli	42
6 PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN VIAT JA NIIDEN JUURISYYT	46
6.1 Pudotussondilaitteistojen viat ryhmittäin	46
6.1.1 Mekaaniset viat	46
6.1.2 Sähköviat	47

6.1.3 Pneumaattiset viat	48
6.1.4 Sondiviat	48
6.1.5 Muut viat	49
6.2 Vikapuumallin simuloinnin tulokset	49
6.3 A- ja B-tyyppin viat ja niiden juurisyyt	52
6.3.1 A-tyyppin viat ja niiden juurisyyt	52
6.3.2 B-tyyppin viat ja niiden juurisyyt	55
7 TYÖN TULOKSET	57
7.1 Havainnot laitteiden tämänhetkisestä toiminnasta	57
7.2 Pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantaminen	59
7.2.1 Laitteistojen eristäminen	60
7.2.2 Laitteistojen huoltotoimenpiteiden parantaminen	61
7.2.3 Palosuojauksen parantaminen	63
7.2.4 Pudotusrännin kehitys	64
7.2.5 Pudotussondilaitteistojen ja mittasondien säilytyslämpötilan parantaminen	66
7.2.6 Pudotussondien kehitys	67
7.2.7 Pudotussondilaitteistojen käyttöön liittyvä kehitys	67
7.3 Yhteenveto parannuskeinoista	68
8 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	69
9 YHTEENVETO	72
LÄHTEET	74
LIITTEET	76

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Ruukki Metals Oy:n Raahen terästehtaan terässulaton konverttereille. Työ käsittelee terässulaton konverttereilla toimivien pudotussondilaitteistojen alhaista toimintavarmuutta, ja tavoitteena on löytää keinoja pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantamiseksi.

## 1.1 Työn tavoitteet

Työssä tutkitaan Ruukin terässulaton konverttereilla toimivien pudotussondilaitteiden tämänhetkistä toimintavarmuutta ja pyritään löytämään keinoja toimintavarmuuden nostamiseksi. Tällä hetkellä pudotussondilaitteiden toimintavarmuus ei ole halutulla tasolla. Työn tarkoituksena on löytää juurisyyt toimintavarmuuden alhaiseen tasoon samalla tutkien toimintavarmuuden alhaisen tason taloudellisia ja tuotannollisia vaikutuksia. Taloudellisia ja tuotannollisia vaikutuksia tutkiessa keskitytään erityisesti tuotannollisiin vaikutuksiin sekä sondeista ja kunnossapidosta koituviin kustannuksiin syventymättä esimerkiksi epäonnistuneiden mittausten jälkeisiin tuotantohäiriökustannuksiin.

Toimintavarmuutta alentavien tekijöiden juurisyiden löytämisen lisäksi työn tavoitteena on löytää mahdollisia parannuskeinoja, joilla pudotussondilaitteistojen toimintavarmuutta voidaan nostaa kohti haluttua tasoa. Toimintavarmuutta alentavista tekijöistä tehdään myös vikapuumallinnus hyödyntäen ELMAS-ohjelmaa. ELMAS-ohjelmalla pyritään luomaan mahdollisimman tarkka käsitys siitä, mitkä ovat perimmäiset syyt toimintavarmuuden alhaiseen tasoon tällä hetkellä, ja sitä kautta helpottamaan ratkaisujen löytämistä toimintavarmuuden parantamiseksi.

## 1.2 Rautaruukki Oyj

Rautaruukki Oyj on suomalainen pörssiyhtiö, joka toimittaa metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä ja kokonaistoimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle. Ruukki työllistää yhteensä noin 9 000 työntekijää noin 30 maassa, ja sen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Rautaruukki Oyj on perustettu vuonna 1960, ja sillä on useita eri toimipisteitä ympäri Suomea. Vuonna 2011 Rautaruukki Oyj yhtiötettiin liiketoimintojen eri toimintoihin keskittyviin tytäryhtiöihin,



jotka olivat Ruukki Metals, Ruukki Construction ja Ruukki Engineering. Ruukki ja CapManin hallinnoimat rahastot sopivat lokakuussa 2012 yhdistävänsä Komasin ja Ruukki Engineering -divisioonan yksiköitä uudeksi Fortaco-nimiseksi yhtiöksi, mikä toteutui vuoden 2012 lopulla. Fortaco-yritysjärjestelyn myötä Ruukki keskittyy jatkossa rakentamiseen Ruukki Construction ja erikoisteräsliiketoimintaan Ruukki Metals. Ruukilla on vahva asema Pohjoismaissa ja Itä-Euroopassa, mutta kasvun painopiste on kehittyvillä markkinoilla. Rautaruukki Oyj:n hallintoelimiä ovat yhtiökokous, hallitus ja toimitusjohtaja. (Rautaruukki Oyj, 2012, hakupäivä 10.12.2012.)

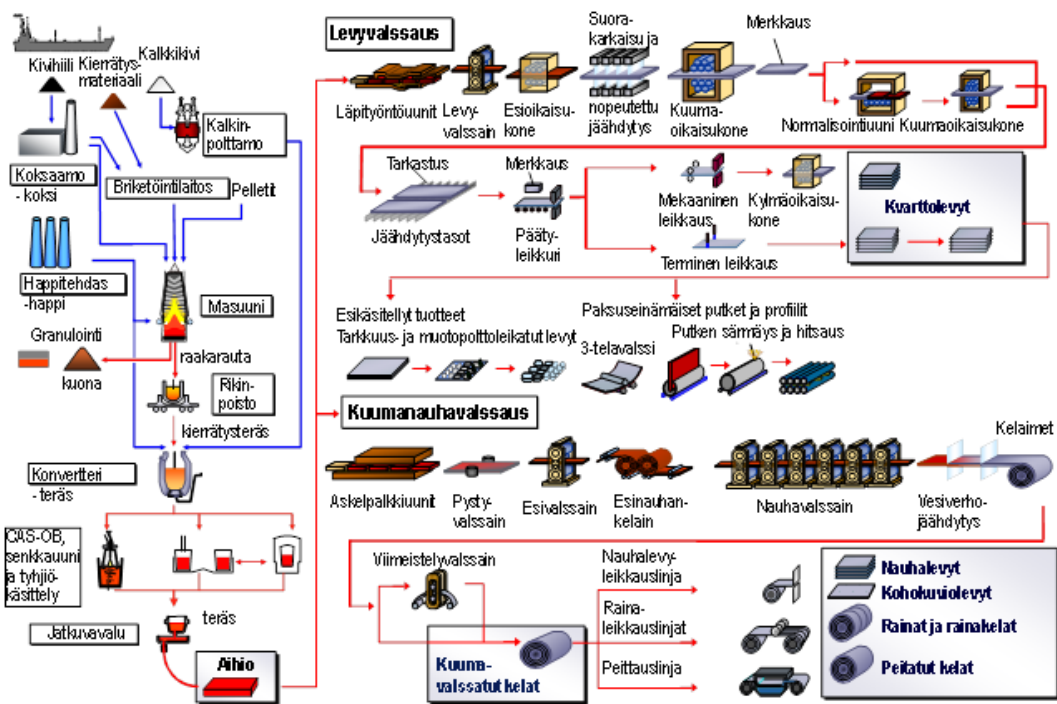
### 1.3 Rautaruukin divisioonat

Rautaruukki Oyj:n toiminta on jaettu kahteen divisioonaan, jotka ovat **Ruukki Metals ja Ruukki Construction**. **Ruukki Metals** on teräsliiketoiminnan divisioona, jonka vastuulla ovat Ruukin terästuotteet ja niihin liittyvät esikäsitteily-, logistiikka- ja varastointipalvelut. Teräsliiketoiminnan keskeiset painopisteet ovat erikoisterästuotteisiin perustuvan liiketoiminnan kehittäminen, kustannustehokkuus sekä markkina-aseman vahvistaminen Pohjoismaissa sekä Baltiassa. **Ruukki Construction** on puolestaan rakentamisen divisioona, joka tarjoaa elinkaari- ja energiatehokkaita teräsrakennusratkaisuja liike-, toimitila- ja teollisuusrakentamiseen, pientaloihin sekä satama- ja väylärakentamiseen. (Rautaruukki Oyj, 2012, hakupäivä 10.12.2012.)

### 1.4 Raahen terästehdas

Ruukin suurimman tuotantolaitoksen Raahen terästehtaan rakentaminen aloitettiin vuonna 1961, ja rautatuotanto aloitti toimintansa yhdellä masuunilla vuonna 1964. Teräksen ja kuumavalssattujen levyjen tuotanto alkoi kolme vuotta myöhemmin 1.8.1967. Ensimmäisenä länsimaisena tehtaana Raahen tehdas alkoi valmistaa terästä uudella kustannustehokkaalla jatkuvavalumenetelmällä. Ensimmäinen jatkuvavalu suoritettiin 31.8.1967. Raakaraudan valmistukseen käytettävistä masuuneista toinen otettiin käyttöön samana vuonna. Vuonna 2009 Raahessa tuotettiin terästä noin 1,9 miljoonaa tonnia ja työntekijöitä tuotannossa oli noin 2 800 henkilöä. Raahen terästehdas on kuulunut Ruukki Metals -divisioonaan helmikuusta 2009 alkaen ja sitä ennen terästehdas kuului Ruukki Production -divisioonaan. Raahen tehtaan tuotanto kattaa standardituotteista vaativiin erikoisteräksiin. Raahen terästehtaalla valmistettava teräs valmistetaan tarvittavista raaka-aineista ja kierrätysteräksestä. Teräksen valmistusprosessi on monivaiheinen prosessi, minkä takia Raahen terästehdas muodostuu useista eri teräksen

valmistukseen liittyvistä laitoksista (kuva 1). Suurimmat näistä laitoksista ovat koksaaamo, kalkkipoltamo, masuunit, terässulatto, valssaamo. Raahen tehtaalla valmistettavat lopputuotteet ovat kuumavalssatut nauhatuotteet, kuumavalssatut levytuotteet ja erilaiset teräksen valmistuksen yhteydessä sivutuotteena valmistettavat mineraalituotteet. (Rautaruukki Oyj, 2012, hakupäivä 10.12.2012.)



KUVA 1. Raahen terästehtaan prosessikaavio (Rautaruukki Oyj, Ruukin teräsluokitus, 04/2012, hakupäivä 12.12.2012)

### 1.4.1 Teräksen valmistusprosessi

Teräksen valmistus tapahtuu raakaraudasta, kierrätysteräksestä tai molempien hyödyntämisestä. Yleisimpänä erona terässulattolalla valmistettavalle teräkselle ja masuuneilla valmistettavalle raakaraudalle voidaan pitää eroa aineiden hiilipitoisuuksissa. Teräksissä hiilipitoisuus on tavallisimmin alle 1 %, kun raakarauta sisältää yleisesti ottaen 4 - 5 % hiiltä. Teräksen valmistusprosessin tarkoituksena on alentaa hiilipitoisuuden määrä halutulle tasolle polttamalla ylimääräinen hiili eli mellottamalla rauta. Toinen olennainen osa valmistusprosessia on onnistua laskemaan raakarautaan malmista liuenneiden teräkselle haitallisten aineiden pitoisuuksia riittävästi. Raakarauta sisältää huomattavasti enemmän teräkselle haitallisia aineita kuin teräksessä voidaan sallia. (Teräskirja 2009, 34.)

Mellotuksessa raudan hiili reagoi sulaan tuodun puhtaan hapen kanssa muodostaen CO-kaasua, joka poistuu prosessista. Tätä vaihetta kutsutaan happipuhallusprosessiksi. Happipuhallusprosessissa käytettävää reaktioastiaa kutsutaan nimellä konvertteri, minkä takia happipuhallusprosessia kutsutaan usein myös nimellä konvertteriprosessi. Konvertteri on sylinterin muotoinen ylöspäin suippeneva ja ylhäältä auki oleva astia, jonka vaippa on terästä ja jonka sisällä on tulenkestävä vuoraus. Konvertterissa tapahtuva prosessi alkaa sulan raakaraudan ja jäädyttävän kierrätysteräksen panostuksella. (Teräskirja 2009, 34 - 35.)

Raakaraudan ja kierrätysteräksen lisäksi seokseen lisätään poltettu kalkki ja mahdolliset fluksiaineet, minkä jälkeen tapahtuu happipuhallus. Happivirran ja mellotuksessa kehittyvän CO-kaasun vaikutuksesta syntyy sulan kuonan, rautapisaroiden ja kaasun muodostama emulsio. Puhalluksen aikana tapahtuvat reaktiot ovat erittäin kiivaita ja lämpötila nousee hyvin nopeasti. Ensimmäisenä seoksessa hapettuu pii, joka muodostaa piioksidia. Myös jonkin verran rautaa ja mangaania hapettuu. Mangaani- ja rautaoksidit edistävät CaO:n eli kalsiumoksidin (kalkin) liukenemistä ja kuonan syntymistä.

Kalkki on erittäin olennainen osa prosessia. Sitä lisätään seokseen niin paljon, että lopullisessa kuonassa kalkin ja piioksidin painosuhde on vähintään 3, mikä tarkoittaa sitä, että kuona on emäksinen. Kuonan ollessa emäksistä edistää se haitallisten epäpuhtauksien kuten fosforin ja rikin siirtymistä kuonaan. Hiilen voimakas palaminen alkaa kuitenkin vasta piin hapetuttua. Kun puhalluksessa on saavutettu teräkselle haluttu hiilipitoisuus ja lämpötila, voidaan puhallus lopettaa. Kun puhallus on päättynyt, kaadetaan valmis sula teräs pois konvertterista konvertteria kallistamalla valusenkkään, minkä jälkeen teräksen seassa oleva kuona kaadetaan puolestaan kuonapataan. Teräksen lämpötila puhalluksen jälkeen on yleensä 1 600 - 1 700 °C. Happipuhallusprosessin jälkeen tapahtuu vielä teräksen seostus teräkselle haluttujen ominaisuuksien perusteella. (Teräskirja 2009, 34 - 35.)

Raahan terässulatolla tapahtuvan prosessin päämääräisenä tarkoituksena on laskea raakaraudalle ominainen n. 4,5 %:n hiilipitoisuus teräkselle ominaiselle 0,03 - 0,45 %:n tasolle sekä seostaa teräs valmistettavan teräslaadun mukaan. Kuvassa 3 on kuvattuna yksinkertaisena kaaviona Raahan terässulatolla tapahtuva teräksen valmistusprosessi. Raakarauda saapuu terässulatolle masuuneilta sulana rautana senkoissa, jotka on tulenkestävästi vuorattu teräksestä valmistettuja kuljetusastioita sulille aineksille. Terässulatolla sula rauta varastoidaan kahteen

mikseriin, joista rautaa panostetaan panostusenkkoihin tuotannon määräämällä nopeudella. Mikserin kapasiteetti on 1 300 tonnia raakarautaa. Tämän jälkeen rauta kaadetaan joko suoraan tai rikinpoiston kautta yhteen kolmesta konverttereista (kuva 2), missä raakarautaan puhalletaan happea, jotta hiilipitoisuus saadaan laskettua teräkselle ominaiselle tasolle. Ennen raakaraudan kaatoa konvertteriin on konvertteriin panostettu tarvittava määrä kierrätysterästä. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Tuomikoski, haastattelu joulukuussa 2012.)

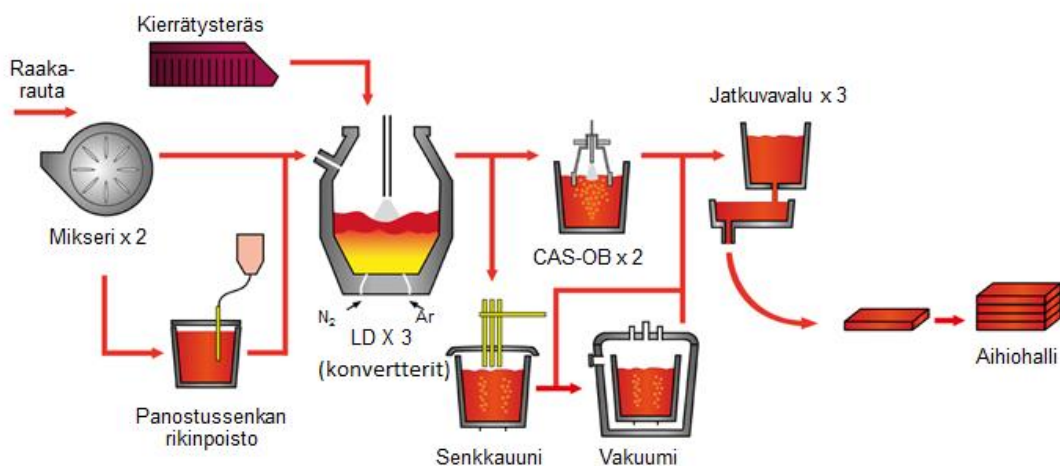


*KUVA 2. Raakaraudan panostus konvertteriin Raahessa (Rautaruukki Oyj, 04/2008, hakupäivä 12.12 2012)*

Konvertterissa sula rauta ja kierrätysteräs prosessoidaan sulaksi teräkseksi. Konverttereilta sulan teräksen matka jatkuu senkkaunikäsittelyyn, vakuumikäsittelyyn tai CAS-OB:n kautta jatkuvavalukoneille, missä sula teräs valetaan jatkuvavalukoneen läpi. Edellä mainittujen prosessien aikana teräkselle suoritetaan erilaisia käsittelyitä sekä seostuksia.

Jatkuvavalukoneilla sula teräs jäähdytetään ja sula teräs muuttuu kiinteäksi teräsaihioksi. Jatkuvavalukoneen loppuosassa teräsaiho polttoleikataan lyhyemmiksi aihioiksi ja siirretään jäähdytyshalliin odottamaan jatkokäsittelyä. Jokainen eri työvaihe sisältää suuren määrän eri

prosesseja ja työvaiheita, jotka määräytyvät halutun teräslaadun mukaan (kuva 3). (Rautaruukki Oyj, Terästuotanto 2012, hakupäivä 12.12.2012.)



KUVA 3. Raahen terässulattolla tapahtuva teräksen valmistusprosessi (Rautaruukki Oyj, Terästuotanto 2012, hakupäivä 12.12.2012)

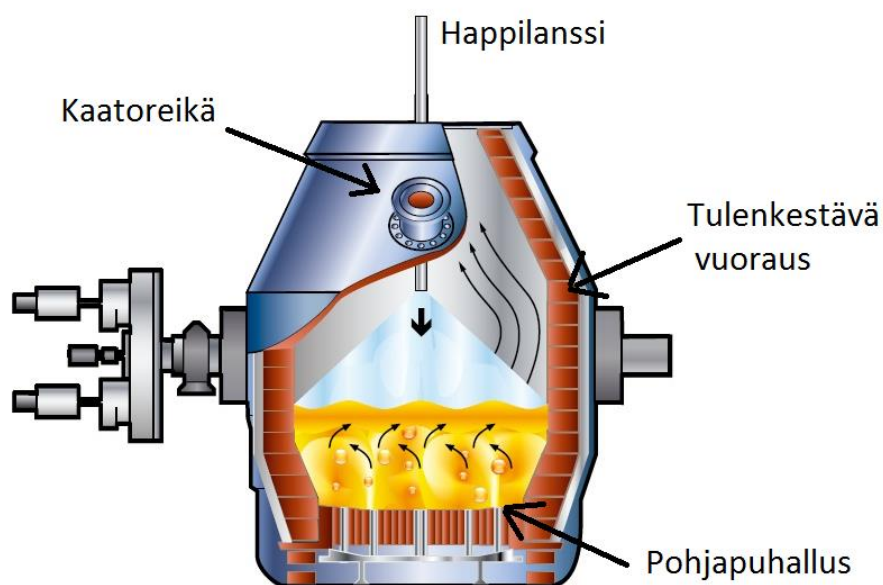
### 1.4.2 Konvertterit

Happipuhallusprosessi käytettävää reaktioastiaa kutsutaan konvertteriksi. Konverttereita on kolmea tyyppiä, ja ne on nimetty kolmen erityyppisen happipuhallusprosessin mukaisesti. Happipuhallusprosessit ovat puolestaan nimetty hapen puhallustavan mukaisesti. Menetelmät ovat LD-menetelmä, OBM- eli pohjapuhallusmenetelmä sekä yhdistelmäpuhallusmenetelmä. Täten voidaan puhua myös LD-konverttereista, OBM-konverttereista sekä yhdistelmäpuhalluskonverttereista. LD-menetelmää pidetään happipuhallusprosessien perusmenetelmänä ja täten konvertterien perustyyppinä. Tässä menetelmässä happipuhallus tapahtuu konvertterin yläpuolelta laskeutuvalla vesijäähdytteisellä putkella eli lanssilla. Lanssin päässä on 3 - 6 reikää, joista happisuihkut suuntautuvat ylääänennopeudella rautasulaan. (Teräskirja 2009, 34 - 35.)

OBM- eli pohjapuhallusmenetelmä puolestaan tapahtuu konvertterin pohjassa olevien suuttimien kautta. Suuttimet ovat kahden sisäkkäisen putken muodostamia rengassuuttimia. Sisäputkesta puhalletaan happea ja ulommasta raosta puhalletaan hiilivetyä, joka sulaa metalliin joutuessaan

hajoaa ja siten jäädyttää ja suojaa suuttimen ympäristöä. Periaatteessa prosessi on samanlainen kuin LD-menetelmässä. (Teräskirja 2009, 34 - 35.)

Yhdistelmäpuhallus on prosessi, jossa on hyödynnetty sekä LD-prosessin että OBM-prosessin hyviä puolia ja ikään kuin yhdistetty nämä kaksi menetelmää (kuva 4). On olemassa OBM-konverttereita, joita on varustettu ylälanssilla, sekä LD-konverttereita, joissa on hyödynnetty pohjapuhallusta. Nykyaikaiset konvertterit ovatkin yleensä erilaisia yhdistelmäkonverttereita, kuten myös Raahen terässulatolla. (Teräskirja 2009, 34 - 35.)



KUVA 4. Yhdistelmäkonvertteri (Teräskirja 2009, 35.)

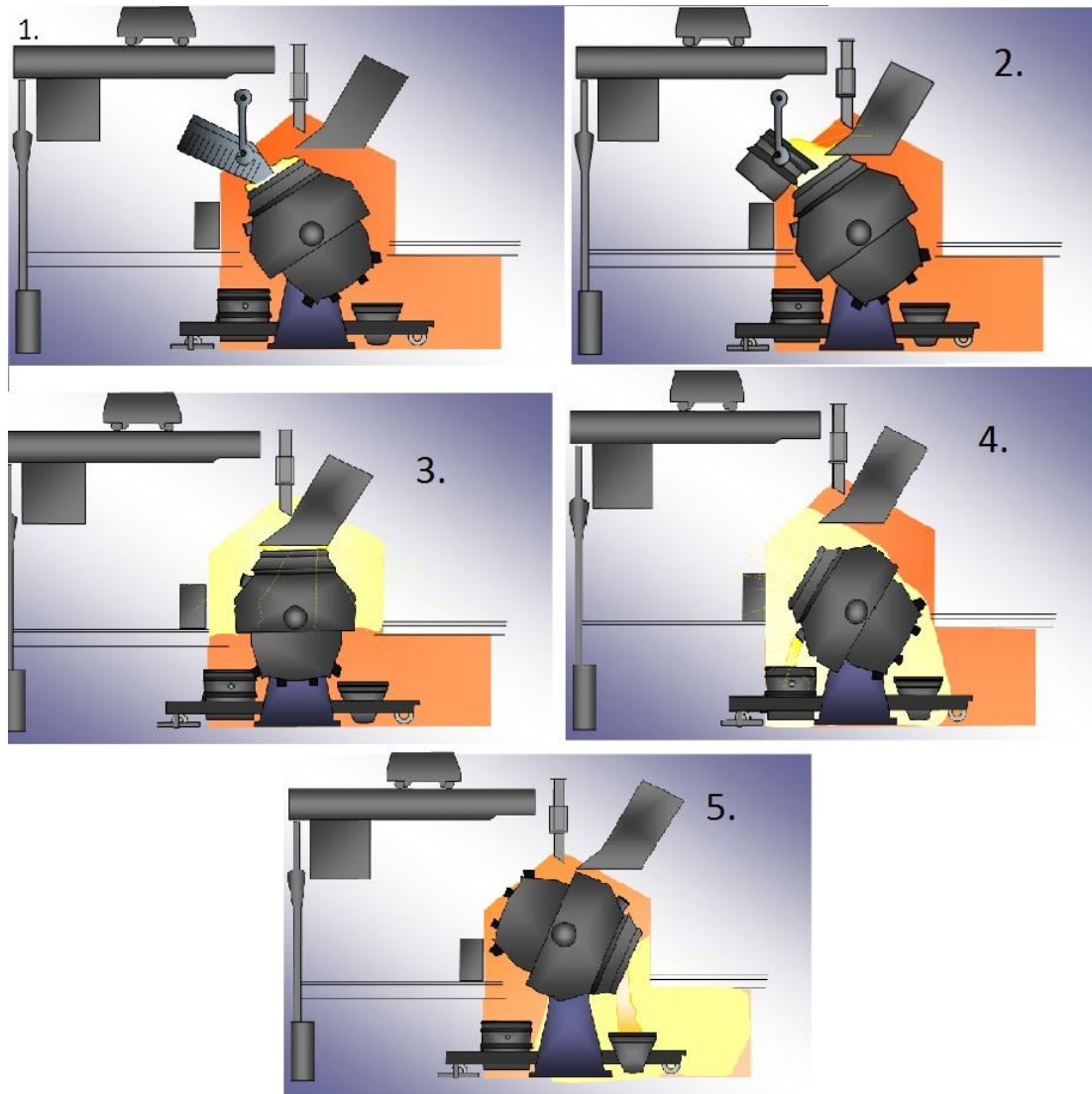
Raahen terässulatolla on kolme yhdistelmäpuhalluskonvertteria, joiden panoskoko on 125 tonnia. Näillä suoritetaan yhteensä 20 000 - 21 000 sulatusta vuodessa. Raahen terässulatolla käytävissä konverttereissa käytetään LD-konverttereiden tapaan konvertterin yläpuolelta laskeutuvaa viisireikäistä happilanssia, jonka kautta tapahtuu hapen puhallus konvertteriin. Lisäksi konverttereilla käytetään myös pohjapuhallusta. Pohjapuhalluksen tarkoituksena ei ole kuitenkaan tässä tapauksessa hapen puhaltaminen konvertteriin, vaan argonin ja typen puhaltaminen pohjassa olevista suuttimista. Argonin ja typen pohjapuhalluksella eli pohjahuuhtelulla pyritään sekoittamaan konvertterissa olevaa sulaa terästä. Pohjan kautta tapahtuvalla sekoittamisella pyritään parantamaan hapen reagoitukykyä konvertterissa. Tällöin konvertterissa tapahtuvaa reaktiota saadaan tehostettua. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

Konvertterissa tapahtuva prosessi alkaa konvertterin kallistuksella, jonka jälkeen konvertteriin voidaan kaataa haluttu määrä kierrätysterästä. Kun kierrätysteräs on panostettu konvertteriin, panostetaan kierrätysteräksen sekaan senkassa oleva raakarauta. Molempien panostus tapahtuu nostureiden avulla. Kun kierrätysteräs ja raakarauta ovat panostettuina konvertteriin, käännetään konvertteri takaisin pystyasentoon, minkä jälkeen aloitetaan happipuhallus. Puhallus kestää yleensä 15 - 20 minuuttia ja sen loppulämpötila on n.1 600 - 1 750 °C. (Tuomikoski, haastattelu joulukuussa 2012.)

Kun puhallus on ohi, suoritetaan tavallisesti käsin tehtävä näytteenotto. Tämän jälkeen konvertteri kallistetaan niin, että sula teräs valuu ulos konvertterin kyljessä olevasta tyhjennysaukosta kuljetussenkkaan. Jotta sulan teräksen pintaan muodostunut kuona ei joutuisi samaan senkkaan itse teräksen kanssa, on konvertteriin asennettu kuonastoppari. Kuonastoppari on laite, joka kuonakameran ja kuonanilmaisimen avulla havaitsee, kun tyhjennysaukkoon alkaa tulla kuonaa. Havaittuaan kuonan tulon tyhjennysaukolle kuonastoppari sulkee tyhjennysaukon puhaltaen suuttimen kautta tyypeä 13 baarin paineella pidättäen kaasun paineella kuonan konvertterin sisällä. Tämän jälkeen konvertteri kallistetaan uudelleen vastakkaiseen suuntaan. Tällöin konvertterissa oleva kuona valuu ulos konvertterin toisella puolella olevaan kuonaseenkkään. Täten varmistetaan valmistettavan sulan teräksen tarvittava laatu ja puhtaus. (Rautaruukki Oyj, Ruukin teräsliiketoiminta 04/2012, hakupäivä 12.12 2012.)

Pudotussondilaitteistoa käytetään konvertteriprosessissa, joko puhalluksen loppuvaiheessa (kuva 5, kohdassa 3.) tai puhalluksen jälkeen (kuva 5, kohdan 3. päätyttyä). Tämä riippuu siitä, mitä tietoja konvertteriprosessista halutaan mitata.





*KUVA 5. Konverteriproessin vaiheet: 1. kierrätysteräksen panostus, 2. raakaraudan panostus, 3. puhallus 4. teräksen kaato konverterista, 5. kuonan kaato konverterista (Rautaruukki Oyj, Konverterit 04/2008, hakupäivä 12.12 2012)*

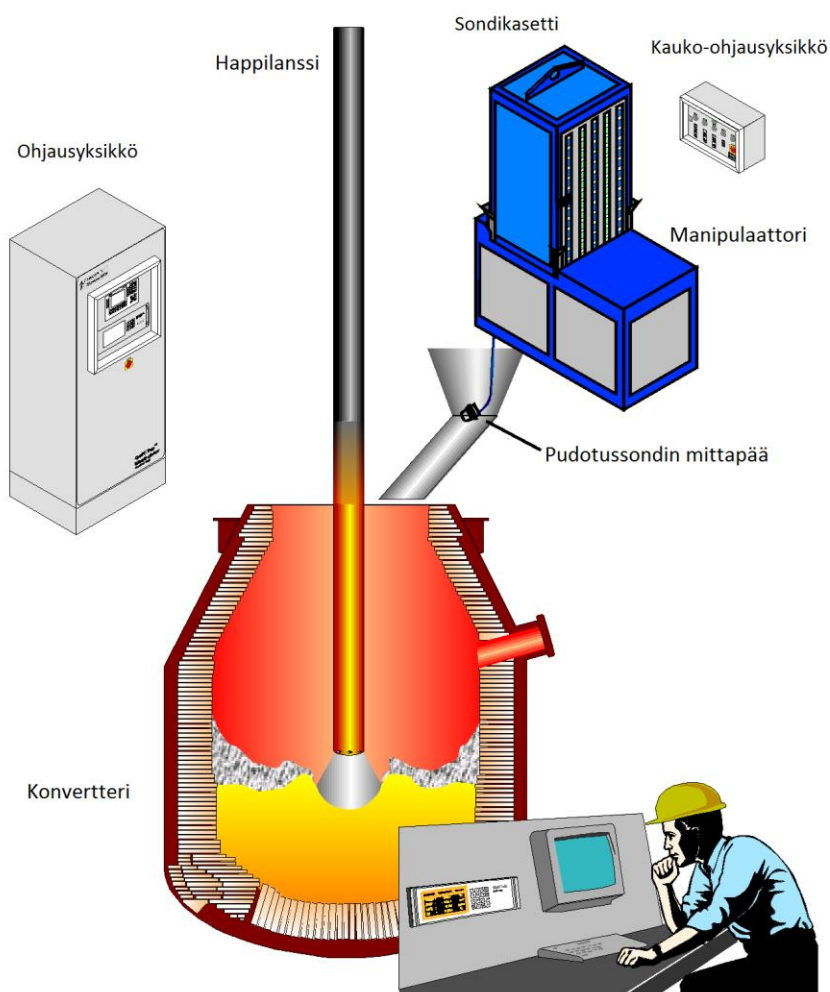
Suorakaatoja pyritään hyödyntämään aina kun se on mahdollista. Suorakaatoja ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään kaikissa tapauksissa, sillä se riippuu valmistettavasta teräslaadusta. Suorakaatoa hyödynnettäessä käytetään sondimittauksessa happi-lämpötilasondeja, jolloin mittaus tapahtuu puhalluksen jälkeen. Tällöin happipuhallus on päättynyt, jolloin teräseoksesta pystytään mittaamaan happipitoisuus sekä lämpötila, joiden avulla voidaan päätellä muita tietoja teräksen ominaisuuksista kuten hiilen, fosforin ja mangaanin arvoja. Mittaustulokset tulevat suoraan ohjaamoon. Jos mittaustulokset vaikuttavat hyviltä voidaan kaato suorittaa ilman erillistä käsin tehtävää näyteenottoa. Normaalkaatoa tehtäessä suoritetaan sondilaitteistolla vain lämpötilamittaus, joka tehdään happipuhalluksen ollessa loppuvaiheessa. Tämän jälkeen



konvertteri joudutaan kallistamaan käsin tehtävää näytteenottoa varten, minkä jälkeen teräksestä otettu näyte lähetetään laboratorioon tutkittavaksi. Laboratoriosta tulevien tulosten perusteella on teräksen kaato mahdollista, jos tulokset ovat halutut. (Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

## 2 PUDOTUSSONDILAITTEISTO

Pudotussondilaitteisto on konverttereilla teräksen lämpötilan ja happipitoisuuden mittaamiseen käytettävä mittauslaitteisto (kuva 6). Sen toiminta perustuu sondianturin eli pommin pudottamiseen sulaan teräkseen, minkä jälkeen anturi lähettää järjestelmään joko lämpötila-arvon tai sekä lämpötila- että happipitoisuusarvon, sondin tyypistä riippuen. Jokaisella konvertterilla on oma pudotussondilaitteistonsa ja niiden toimintavarmuudella on tärkeä merkitys konvertterien puhallusten ohjauksessa. Niillä suoritetaan noin 33 000 sondimittausta vuodessa. Raahan terässulaton konverttereilla käytettävät pudotussondilaitteistot ovat Heraeus Electro-Niten valmistamia Quik-Tap pudotussondilaitteistoja. Niitä on kolme kuten konverttereitakin. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)



KUVA 6. Yksinkertaistettu kuva pudotussondilaitteistojen toimintakokonaisuudesta (Ollila, Prokkola, Rautaruukki Oyj, 2005, hakupäivä 21.1 2013)

## 2.1 Heraeus Electro-Nite

Heraeus Electro-Nite on ollut markkinajohtaja sulaan metalliin liittyvässä mittateknologiassa 1950-luvulta lähtien. Electro-Nite on sulaan metalliin liittyviin mittauksiin ja sensoreihin erikoistunut yksikkönsä. Se on vain yksi osa suurta saksalaista Heraeus Holding GmbH:ta, joka työllistää yhteensä yli 13 000 ihmistä. Heraeus Electro-Nite toimittaa teräs-, rauta-, alumiini-, ja kupariteollisuudelle muun muassa integroituja mittajärjestelmiä, antureita, instrumentointia sekä muita oheislaitteita lämpötilan, hapen, typen ja hiilen mittaukseen. (Heraeus-Electro-Nite 2012, hakupäivä 17.12.2012.)

## 2.2 Pudotussondilaitteistojen käyttö

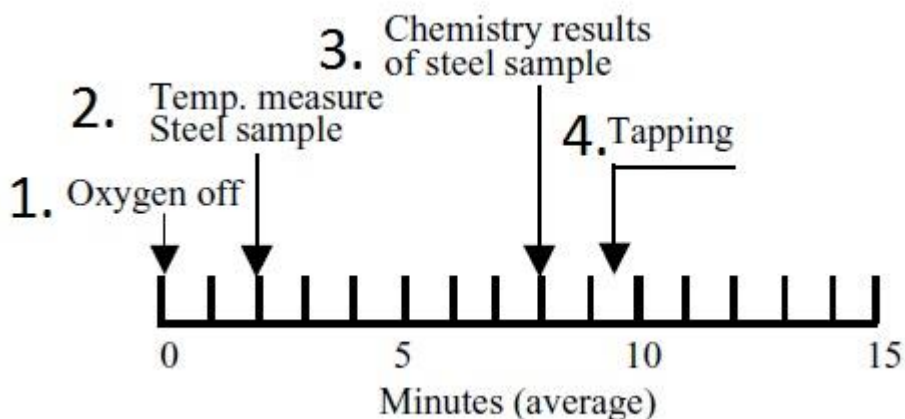
Pudotussondilaitteistoa käytetään yleisesti ottaen konvertterin lämpötilan hallinnan parantamiseksi. Kuten aiemmin mainittu, on mittaussondeja kahta tyyppiä: lämpötilan mittaussondeja sekä lämpötilan- ja hapen mittaussondeja. Näistä lämpötilan mittaussondeja käytetään yleisemmin, mutta myös happi-lämpötilasondeja käytetään paljon. Erona näille kahdelle on se, että lämpötilasondin avulla saadaan mitattua vain pelkkä lämpötilatieto puhalluksesta, happi-lämpötilasondi puolestaan kertoo sulatuksen lämpötilatiedot sekä teräkseen liuenneen hapen määrän, jonka avulla voidaan arvioida sulan teräksen muitakin arvoja. Happi-lämpötilasondit mahdollistavat sen, että voidaan suorittaa niin sanottuja suorakaatoja, joka puolestaan tarkoittaa sitä, että happi-lämpötilasondimittauksen jälkeen sulatus voidaan kaataa suoraan eteenpäin ilman erillistä käsin tehtävää näytteenottoa.

Suorakaatojen käyttäminen riippuu kuitenkin sulatuksesta, sekä vaatii usein onnistuneen happi-lämpötilamittauksen. Lämpötilaa mitattaessa pudotussondimittaus suoritetaan sulatuksen tehtävän puhalluksen loppuvaiheessa. Mittaus suoritetaan yleensä puhalluksen ollessa vielä käynnissä, mutta aivan loppuvaiheessa, koska tämä mahdollistaa sen, että käynnissä olevaa sulatusta voidaan vielä mittauksen jälkeen jatkaa, jos lämpötila ei ole riittävä. Jos puolestaan käy niin, että mittauksen aikana lämpötila on jo liian suuri, käytetään jäähdytykseen pohjahuuhtelua tai lisäaineita.

Kun puhutaan konvertterin normaalikaadosta, tapahtuu lämpötilamittaus ja konvertterin kaato seuraavasti: puhalluksen ollessa loppuvaiheessa annetaan ohjaamosta pudotussondille

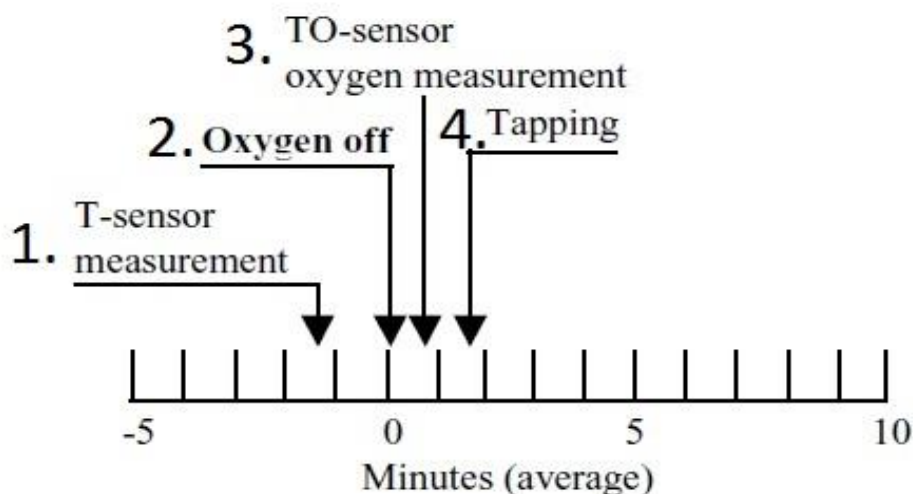
mittauskäsky, jolloin sondi tippuu sulaan ainekseen. Sondin pudottua sulaan teräkseen lähettää se lämpötilatietoa järjestelmään, noin 15 sekunnin ajan. Sondin tekemän mittauksen tulokset nähdään välittömästi ohjaamosta. Tulosten perusteella päätetään se, tarvitaanko sulatukseen vielä lisää lämpöä vai pitääkö sitä mahdollisesti jäähdyttää. Jos sulatukseen tarvitaan vielä lisälämmitystä, käytetään siihen puhallusajan jatkamista tai ferropiitä. Kuitenkin, jos sondimittaus viittaa siihen, että sulatuksen loppulämpötila on liian suuri, pitää sulatuksen lämpötilaa jäähdyttää. Jäähdytys tapahtuu siten, että sulatukseen lisätään erilaisia lisäaineita, jotka laskevat sulatuksen lämpötilaa. Lisäaineena voidaan käyttää esimerkiksi pellettiä tai kalkkia. Kun päätetään, että puhallus voidaan lopettaa, happiventtiili suljetaan. Tämän jälkeen tapahtuu tavallisesti konvertterin kallistus, mikä mahdollistaa käsin tehtävän näytteenoton.

Näytteenotto tehdään konvertteritasolta. Siinä otetaan näytteenottosondilla pieni määrä sulaa terästä, joka jäähmettyy näytemuottiin. Kiinteä näyte lähetetään putkipostia apuna käyttäen laboratorioon, mistä tulee näytteen tulokset reilun viiden minuutin kuluttua. Jos näytteen tulokset vaikuttavat hyviltä, voidaan suorittaa konvertterissa olevan sulan teräksen kaato valusenkaan (kuva 7). (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Tuomikoski, haastattelu joulukuussa 2012.)



KUVA 7. Normaaliin kaadon vaiheet ennen lopullista kaatoa aikajanalla. 1. puhallus lopetetaan 2. lämpötilan mittaus käsin, sekä käsin tehtävä näytteenotto 3. tulokset näytteestä saapuu 4.kaato (huom, ennen vaihetta 1., pudotettu jo aikaisemmin lämpötilamittaussondi) (Ollila S, Lilja J, 2000. Sähköposti. Hakupäivä 24.1 2013)

Suorakaatojen yhteydessä mittausprosessi on hieman erilainen. Suorakaatoa pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon, mutta ne eivät kuitenkaan ole mahdollisia kaikille teräslaaduille. Suorakaatoa tehtäessä suoritetaan sulatukselle tehtävä hapen puhallus normaalisti. Puhalluksen loppuvaiheessa tehdään pudotussondilaitteistolla suoritettava lämpötilanmittaus aivan kuten normaalikaadossakin. Mutta puhalluksen jälkeen konvertterin kallistuksen ja käsin tehtävän näytteenoton sijaan pudotetaan konvertteriin happea ja lämpötilaa mittaava sondi. Sondin tekemän mittauksen tulokset tulevat välittömästi ohjaamoon tutkittavaksi. Tuloksista nähdään sulatuksen lämpötilatiedot sekä sulaan teräkseen liunneen hapen määrä, mistä pystytään arvioimaan myös muita arvoja, kuten hiilen, mangaanin ja fosforin arvoja. Jos mittaustulos vaikuttaa hyvältä, voidaan kaato suorittaa ilman käsin tehtävää näytteenottoa (kuva 8). (Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)



KUVA 8. Suorakaaton loppuvaiheet ennen kaatoa aikajanalla 1. Lämpötilan mittaus pudotussondilla 2. Puhallus lopetetaan 3. Happi-/lämpötilasondin pudotus 4. Kaato (Ollila S, Lilja J, 2000. Sähköposti. Hakupäivä 24.1 2013)

Suorakaato edellyttää kuitenkin sitä, että pudotussondilaitteistojen tekemä mittaus onnistuu ja teräsanalyysin aineiden seostusraajat ovat riittävän väljiä. Kun suorakaatojen tekeminen on mahdollista, saavutetaan sillä useita hyötyjä verrattuna tavalliseen kaatoon. Suurin hyöty ilmenee ajan säästymisenä (vertaa kuvat 7 ja 8), sillä yleisesti ottaen käsin tehtävän näytteenoton jälkeen tulosten saaminen kestää noin kolmesta kuuteen minuuttia. Kun tähän lisätään vielä konvertterin kallistukseen ja näytteenottoon kuluva aika, kuluu puhalluksen lopettamisen ja sulan kaatamisen välillä miltei kymmenen minuuttia. Kun voidaan hyödyntää suorakaatoa, on puhalluksen

lopetuksen ja sulan teräksen kaadon välinen aika huomattavasti pienempi. Suorakaatoa tehdessä kuluu aikaa puhalluksen lopettamisen ja sulan teräksen kaadon välillä vain noin kaksi minuuttia. Tämä tarkoittaa, että suorakaatoa tehdessä voidaan prosessiin kuluva aikaa säästää jopa yli viisi minuuttia. Kun aikaa säästyy, säästetään rahaa ja myös pienille huoltotoimenpiteille syntyy aikaa eli käytön joustavuus paranee. Ajan säästymisen lisäksi suorakaadot säästävät muita konvertteriin käyttöön liittyviä asioita. Esimerkiksi konvertterin vuoraus säästyy. Kun tehdään suorakaato, sula on vähemmän aikaa konvertterissa. Tämä lyhentää kontaktiaikaa tulenkestävän vuorauksen ja sulan välillä. Kontaktiajan lyhentyessä konvertterin vuorauksen kestoikä paranee. (Pärkkä, haastattelu kevät 2013; Tuomikoski, haastattelu joulukuussa 2012; Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

### **2.3 Pudotussondilaitteistojen tuotantovälineet**

Heraeus Electro-Niten valmistama QuiK-Tap -pudotussondijärjestelmä muodostuu useista eri tuotantovälineistä ja niiden välisistä yhteyksistä (liite 1). Pudotusjärjestelmä on suunniteltu tiettyihin toimintatarkoituksiin, jotka ovat: mittasondien käsittely, tietojen keruu, mittauksen visualisointi ja tiedonsiirto muiden järjestelmien kanssa.

Pudotussondilaitteistojen ydin on manipulaattorin ohjausyksikkö. Sen tehtävä on hoitaa kaikki ohjaustoimenpiteet Multi-Labin ja manipulaattorin välillä. Sen integroitu toimintapaneeli antaa käyttäjälle mahdollisuuden itsenäisesti operoida laitetta graafiselta näytöltä ja mahdollistaa järjestelmän liittämisen osaksi käyttäjän omaa käyttöjärjestelmää. Multi-Lab puolestaan on valintataulukolla varustettu mittausyksikkö, missä kaikki viestit, toimintavaiheet, mittaustulokset ja muut tiedot ovat esitettyinä selvästi kirjoitettuna integroidulle näytölle. Manipulaattori on se osa järjestelmää, joka on suunniteltu käsittelemään itse mittasondeja (liite 2). Manipulaattori suorittaa automaattisesti sondin lataamisen kasetista, minkä jälkeen se asettaa sondin pudotusvalmiiseen asentoon, minkä jälkeen se pudottaa sondin mittapään käskyn saatuaan. Manipulaattori käsittelee sondia paineilmasylintereiden avulla. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 7.)

Järjestelmän muita tuotantovälineitä ovat sondikasetti, manipulaattorin kauko-ohjausyksikkö ja sondit. Sondikasetin käyttötarkoitus on toimia manipulaattorin välittömässä läheisyydessä ikään kuin sondien välivarastona, josta manipulaattori automaattisesti saa otettua sondin käsittelyynsä toimintakäskyn saatuaan (kuva 9). Konverttereilla oleva sondikasetti on sijoitettu manipulaattorin

päälle, josta manipulaattori pystyy poimimaan sondeja automaattisesti. Kasettiin mahtuu maksimissaan 75 sondia ja sondien loppuessa panostetaan kasetti uudelleen manuaalisesti. Kasetin uudelleen täyttö tapahtuu niin, että kasetin tyhjentyessä nostetaan sen viereen nosturilla täysi häkillinen uusia sondeja. Tämän jälkeen sondit ladataan kasettiin käsivoimin. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

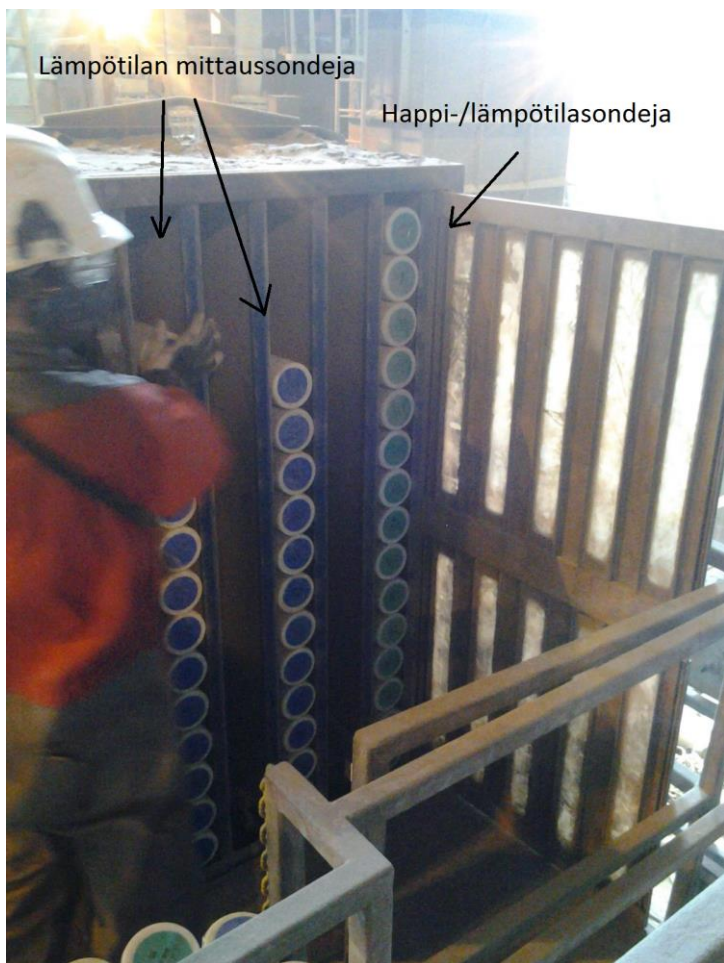


*KUVA 9. Manipulaattori, jonka päällä sondikasetti. Kuva otettu kun laitteisto oli aivan uusi (Ollila, Prokkola, Rautaruukki Oyj, hakupäivä 21.1 2013)*

Kasetissa ja manipulaattorissa on viisi linjaa, joista yleensä yksi tai kaksi on tarkoitettu happilämpötilasondien käyttöön. Loput kolme tai neljä linjaa käytetään pelkän lämpötilan mittaamiseen käytettäville sondeille (kuva 10). Manipulaattorin kauko-ohjausyksikkö on suunniteltu sijoitettavaksi manipulaattorin välittömään läheisyyteen. Siitä voidaan lukea manipulaattorin tila eli



mahdolliset virheilmoitukset sekä antaa manuaalisesti toimintakäskyjä manipulaattorille. Sondit puolestaan ovat mittaukseen käytettäviä antureita. Ne mittaavat lämpötilaa, hapen aktiivisuutta ja/tai likviduslämpötilaa tunkeutumalla sulaan metalliin. Likviduslämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, jonka alapuolella sula teräs alkaa jäähmettyä. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)



*KUVA 10. Kasetin lataus käsivoimin. Kuvassa vain kolme linjaa toiminnassa, koska kaksi muuta ovat häiriössä*

Konverttereilla käytetään kahden eri valmistajan valmistamia sondeja. Käytettävät sondivalmistajat ovat Heraeus Electro-Nite sekä Mekinor (kuva 11). Sondien rakenne muodostuu mittasondin kärjessä olevasta teräksisestä mittapästä, joka pudotetaan sulaan teräkseen mittaamaan joko lämpötilaa tai happipitoisuutta ja lämpötilaa. Mittapää on kiinnitettyä johtoon, joka on pakattu pahvisen putkilon sisään. Pahviputken toisessa päässä on puolestaan



kontaktipää, jonka tarkoitus on muodostaa manipulaattorin sisällä olevan kontaktorin kanssa kontakti, mitä kautta viesti välittyy ohjaamoon.



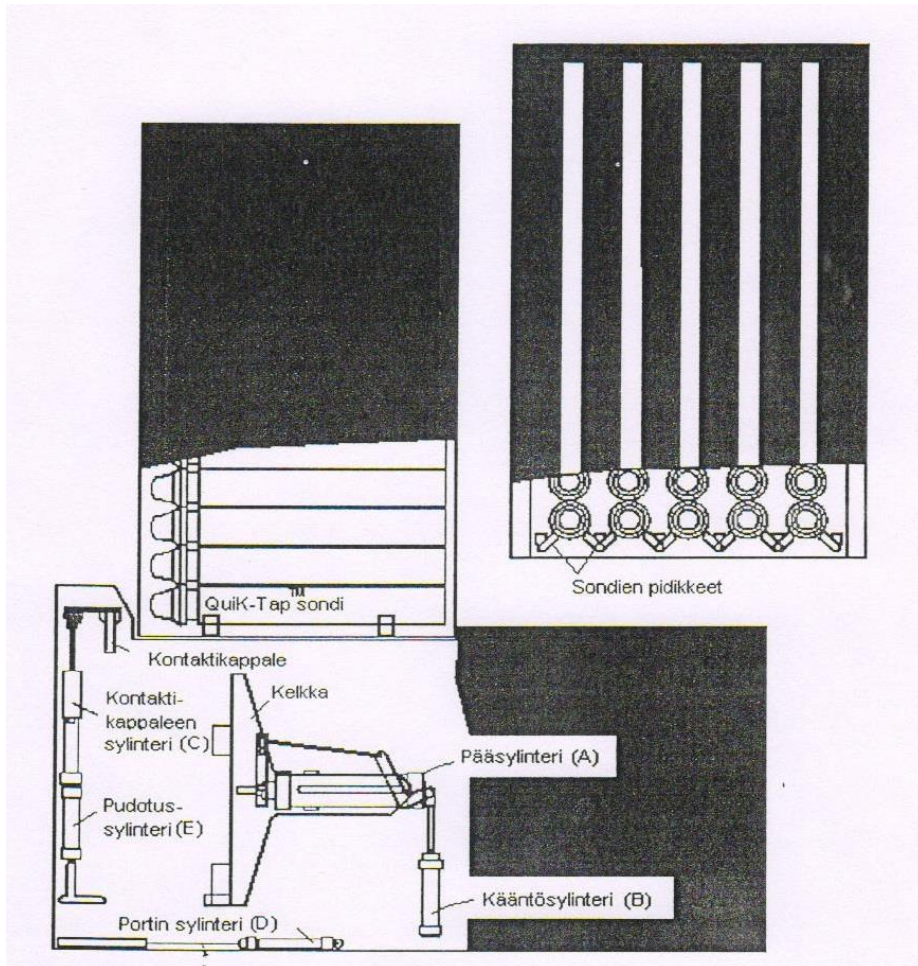
KUVA 11. Mekinorin valmistamia pudotussondeja

## 2.4 Pudotussondilaitteistojen perustoimintaperiaate

Pudotussondilaitteistojen käyttö on mahdollista käsiajolla sekä kauko-ohjauksella ohjaamosta käsin. Laitteistojen ohjaus tapahtuu normaalisti kuitenkin ohjaamosta käsin kauko-ohjatulla ohjausyksiköllä, joka hoitaa kaikki ohjaustoimenpiteet Multi-Labin ja manipulaattorin välillä. Tämän jälkeen manipulaattori hoitaa sondin käsittelyn siten, että mittaus voidaan suorittaa.

Manipulaattorin toiminta perustuu useiden erilaisten paineilmakäyttöisten sylintereiden yhteistoimintaan, joiden avulla manipulaattori pystyy käsittelemään sondeja halutulla tavalla ja irrottamaan lopuksi sondin mittapään, joka suorittaa mittauksen (kuva 12). Laitteistojen portin, eli toiselta nimeltä paloluukun ohjaus tapahtuu myös paineilmasylinterin avulla. Laitteistolle vaaditun

6 - 7 baarin käyttöpaineen löytäminen konverttereilla ei ollut mahdollista paineilmaverkosta, joten laitteisto on kytketty typpiverkkoon ja sieltä paineen rajoittimella laitteistojen käyttöpaine on saatu sopivaksi. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)



KUVA 12. Manipulaattorin nimikkeistö (Heraeus-Electro-Nite 1999, 8)

Pudotussondilaitteistojen toiminta lähtee liikkeelle siitä, kun ohjaamosta annetaan manipulaattorille ohjaussignaali mittauksen aloittamiselle. Kun manipulaattori saa ohjaussignaalin, aloittaa se toiminnan sondin pudottamiseksi (liite 2, osat 1 - 4).

Asentoa, jossa manipulaattori on ennen käskyn saamista, kutsutaan nolla-asennoksi. Ohjaussignaalin saatuaan vetää manipulaattori kääntösyylinterin sisään ja kelkka kääntyy 90°. Seuraavaksi pääsylinteri työntää kelkan ylöspäin, jolloin sondien pidikkeet aukenevat ja yksi sondeista pääsee putoamaan kasetista kelkkaan. Hetken kuluttua kelkka palaa asentoon 2, mutta nyt sondi mukana (liite 3). Tämän jälkeen kääntösyylinteri työntyy ulos, jolloin kelkka kääntyy pystysuoraan asentoon. Sen jälkeen pääsylinteri siirtää sondin pudotusasentoon, jonka jälkeen

laitteistojen kontaktikappale eli kontaktori laskeutuu alas. Kontaktin saatuaan tarkistaa laitteisto sondin toimivuuden. Tämän jälkeen laitteistolle annetaan pudotusmääräys, jolloin Multi-Lab liitetään automaattisesti sondiin ja portti eli paloluukku aukeaa. Portin ollessa auki pudotussylinteri työntää mittauspään sondista irti. Se putoaa alas pudotusränniin ja sitä kautta sulaan teräkseen. (Heraeus-Electro-Nite, 1999, 9 - 12.)

Mittauspää lähettää signaalia järjestelmään noin 15 sekunnin ajan, jonka aikana on saatava onnistunut mittaus. Mittauksen jälkeen sondi tuhoutuu sulaan teräkseen. Kun Multi-Lab ilmoittaa järjestelmälle, että mittaus voidaan lopettaa, kontaktikappale irtoaa sondista. Tämän jälkeen pääsylinteri vetäytyy sisään, ja loppuosa sondin putkesta putoaa samaan ränniin, mihin mittauspää on pudotettu hetkeä aikaisemmin. Myös loppuosa sondin putkesta putoaa sulaan teräkseen. Tämän jälkeen pienellä viiveellä pudotussylinteri vetäytyy sisään ja portti sulkeutuu. Pudotussylinterin vetäydyttyä sisään ja portin sulkeuduttua on manipulaattori jälleen nollassa asennossa. Normaalisissa toiminnassa sekvenssi lataa tämän jälkeen saman kaavan mukaan uuden sondin kasetista mittausasentoon odottamaan mittauskäskyä. Tässä asennossa odotetaan niin kauan, kunnes operaattori tilaa uuden mittauksen. (Heraeus-Electro-Nite, 1999, 9 - 12.)

Laitteessa on viisi erillistä linjaa. Ohjauslogiikka ohjaa mittauksen järjestyksessä jokaisen linjan kautta halutun sondityypin mukaan. Logiikalle on jokaiselle linjalle ohjelmoitu sondityyppi; lämpötila- tai lämpötilahappimittaus. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

### 3 LAITTEEN TOIMINTAVARMUUS

Toimintavarmuus on osa suurempaa kokonaisuutta, käyttövarmuutta, jota kuvaa yleistermi luotettavuus. Käyttövarmuuteen kuuluu toimintavarmuus, kunnossapidettävyys ja kunnossapitovarmuus (kuva 13). (Järviö 2006, 32.)

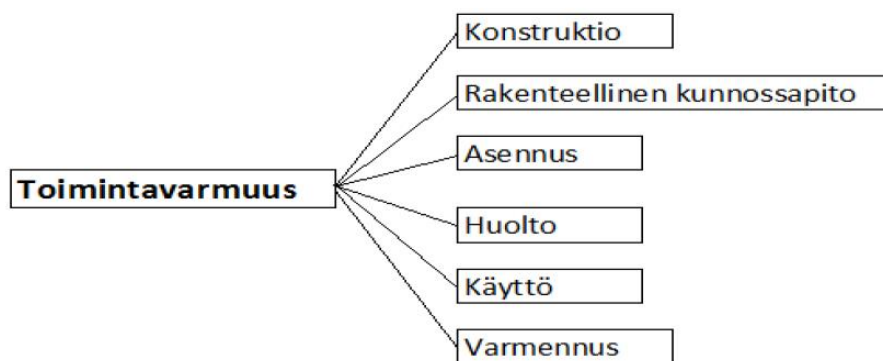


KUVA 13. Käyttövarmuuden kaava (Järviö 2006, 32)

Käyttövarmuus koostuu yleisesti ottaen laitteen kyvystä ja kunnossapito-organisaation kyvystä suorittaa vaadittu toiminto tai tehtävä, määrätyllä hetkellä tai aikavälillä. Toimintavarmuudella tarkoitetaan laitteen kykyä suorittaa vaadittu haluttu toiminto tietyn ajan tietyissä olosuhteissa. Tällöin laitteen omat ominaisuudet korostuvat. Tässä opinnäytetyössä pyritään löytämään puutteita liittyen pudotusondilaitteistojen kykyyn suorittaa onnistunut mittaustoiminto tietyn ajan, tietyissä konverterilla vallitsevissa olosuhteissa. (Järviö 2006, 32.)

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan puolestaan laitteen kykyä pysyä toimintakuntoisena tai olla palautettavissa siihen. Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa laitteelle riittävät kunnossapitotoiminnot. Laitteiden käyttövarmuudella on usein merkittävä rooli silloin, kun arvioidaan laitteiden soveltuvuutta yrityksen valmistusprosessiin. Jo pienikin käytettävyyden heikkeneminen tuotantoprosessissa voi johtaa yrityksessä suuriin lisäkustannuksiin ja tulojen menetyksiin. Jos laitteessa on usein häiriöitä, sen suorituskyky heikkenee ja sen soveltuvuus tuotantoprosessiin on huono. (Järviö 2006, 32 - 33.)

Toimintavarmuus koostuu useista eri tekijöistä, kuten kuvasta 14 ilmenee. Toimintavarmuus koostuu seuraavista tekijöistä: konstruktio, rakenteellinen kunnossapito, asennus, huolto, käyttö ja varmennus. Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrättyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Tämä tarkoittaa sitä, että toimintavarmuuden ollessa hyvä, suoriutuu laite vaaditut toimitut määrättyissä olosuhteissa kuten pitääkin. Toimintavarmuuden ollessa puolestaan huono, laite ei pysty suoriutumaan sille asetetuista tehtävistä määrättyissä olosuhteissa. Tällöin toimintaan liittyy erilaisia häiriöitä ja vikoja kuten pudotusondilaitteistojen toiminnassa tällä hetkellä.



KUVA 14. Toimintavarmuuden kaava (Järviö 2006, 32)

Koska toimintavarmuus on useista eri tekijöistä koostuva osa-alue, tarvitaan sen kehittämiseen laajaa käsitystä laitteen toiminnasta. Tämä tarkoittaa, että toimintavarmuutta parannettaessa, ei voida keskittyä vain yhteen osa-alueeseen, vaan on otettava huomioon useita eri tekijöitä. (Järviö 2006, 32.)

Konstruktiolla tarkoitetaan laitteen materiaaleja, niiden mitoitusta ja rakennetta. Laitteen toimintavarmuutta tarkasteltaessa on siis huomioitava laitteen konstruktion liittyviä tekijöitä. Tällöin on tarkasteltava laitteen valmistuksessa käytettäviä materiaaleja. Ovatko laitteen valmistuksessa käytetyt materiaalit laadultaan, tyypiltään ja ominaisuuksiltaan riittävät halutun toiminnon suorittamiseen. (Järviö 2006, 32.)

Tämän lisäksi on tarkasteltava laitteen mittoja, joilla tarkoitetaan laitteen kokoa ja mittoja. Onko laitteen rakenne mitoitettu esimerkiksi riittävän vankka, jotta suoriutuu halutuista tehtävistä. (Järviö 2006, 32.)



Rakenteella tarkoitetaan laitteen rakenteellisia tekijöitä. On tarkasteltava laitteen rakenteellisia ratkaisuja. Ovatko ne sopivat halutun tehtävän suorittamiseen. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi laitteen muotojen mahdollinen vaikutus laitteen varmaan toimintaan. Jo pelkästään laitteen konstruktiolla on suuri vaikutus laitteen toimintavarmuuteen. Siinä tarkastellaan, onko laite rakenteellisilta ratkaisuiltaan sellainen, että laitteen toiminta on luotettavaa. Rakenteellisella kunnossapidolla tarkoitetaan laitteen luoksepäästävyttä, vian löytämisen helppoutta ja korjauksen helppoutta. (Järviö 2006, 32.)

Luoksepäästävyydellä tarkoitetaan laitteen konkreettista sijaintia, ja sijainnin vaikutusta laitteelle tehtäviin kunnossapitotoimiin. Laitteen sijainnilla voi olla suuri merkitys laitteen kunnossapitoon liittyen, sillä yleensä ahtaissa oloissa kunnossapito vaikeutuu huomattavasti. Luoksepäästävyttä tarkasteltaessa on huomioitava myös turvallisuuden liittyvät asiat, varaosien kuljetukseen liittyvät asiat ja itse laitteen siirtämiseen liittyvät asiat.

Vian löytämisen ja korjaamisen helppoudella viitataan kunnossapidon erityisosaamiseen. Vaaditaanko kunnossapitotöiden suorittamiseen erityisosaamista tai erikoistyökaluja. (Järviö 2006, 32 - 33.)

Asennukseen sisältyy itse asennuksen tekninen suorittaminen, luovutus ja käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelmat ja dokumentaatio. Dokumentaatioiden täytyy olla konekohtaisesti sovitettuja, jotta ei tule väärinkäsityksiä koneiden kesken. (Järviö 2006, 32 - 33.)

Huoltoon kuuluu ennakoiva kunnossapito sekä huollon toteutus. Ennakoiva kunnossapito on kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, joka perustuu koneiden suorituskykyä heikentävien tekijöiden tarkkailuun ja analysointiin. Huolto tulee toteuttaa niin hyvissä ajoin, ettei laiterikkoja pääse syntymään. Huoltoon kuuluu siis ennen kaikkea kohteen suorituskyvyn tarkkailu. (Järviö 2006, 32 - 33.)

Käyttöön sisältyy laitteen käyttöhenkilöstön fyysinen kykeneminen. Tähän luetaan työnantajan järjestämät koulutustilaisuudet laitteelle ja käyttöhenkilöstön motivaatio oppia käyttämään laitetta oikein. (Järviö 2006, 32 - 33.)

Varmennukseen sisältyy saatavuus ja valintatapa. Saatavuudella tarkoitetaan esimerkiksi laitteen varaosien saatavuutta. Valintatavalla tarkoitetaan oikean laitteen valintaa omaan käyttötarkoitukseensa. (Järviö 2006, 32 - 33.)

## 4 PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN TOIMINTA JA NIIHIN LIITTYVÄT HÄIRIÖT

Ensimmäiset pudotussondilaitteistot on otettu käyttöön sulatolla vuonna 2000 kahden vuoden testijakson jälkeen. Pudotussondilaitteistojen käyttö aloitettiin ensin kahdella laitteella 1. ja 2. konverttereilla, minkä jälkeen myös kolmas laite otettiin käyttöön 3. konvertterilla.

Nykyään laitteita käytetään useimmiten niin, että kahden konvertterin ollessa käytössä ja yhden muurauksessa on muurauksessa olevan konvertterin pudotussondilaitteisto verstaalla huollettavana (kuva 15). Tällä tavalla mahdollistetaan se, että jos toinen käytössä olevista sondilaitteista vioittuu niin, että sen käyttö on mahdotonta, otetaan kolmas verstaalla oleva sondilaitteisto käyttöön vioittuneen tilalle. Tämän ansiosta on yleensä aina yksi pudotussondilaitteisto varalla varmistamassa, ettei tulisi hetkiä, jolloin jokin konverttereista joutuisi toimimaan ilman pudotussondilaitteistoa. Siksi pudotussondilaitteistot eivät ole niin sanotusti konvertterikohtaisia, vaan niitä voidaan tarpeen vaatiessa vaihdella konverttereiden kesken. Vaikka pudotussondilaitteistot toimivat useimmiten hyvin pitkiä aikoja tietyn konvertterin yhteydessä, on niitä vuosien saatossa jouduttu vaihtelemaan useampaan otteeseen. Tällainen konverttereiden välillä tapahtuva sondilaitteiden vaihtelu luo myös omat haasteensa konverttereiden välistä mittausten onnistumisprosenttia vertailtaessa ja pudotussondilaitteistojen toimintavarmuutta tutkiessa. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)





*KUVA 15. Pudotussondilaitteiston manipulaattori verstaalla huollettavana*

#### **4.1 Pudotussondilaitteistojen toiminta vuosina 2000 - 2013**

Pudotussondilaitteistojen toiminta vuosien aikana on ollut hyvin aaltoilevaa, kun seurataan esimerkiksi puhallusten aikana tehtyjen mittausten onnistumisprosentteja vuosien saatossa. Pudotussondilaitteistojen haluttu mittausten onnistumisprosentti on 95 %, mitä ei vielä kertaakaan ole saavutettu laitteiden toiminnassa olon aikana.

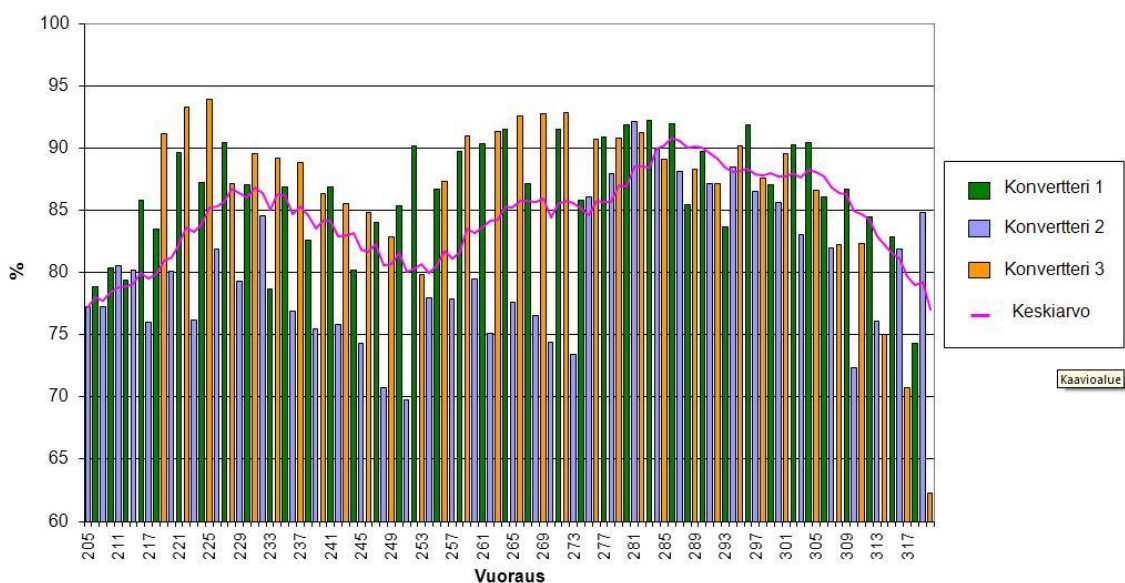
Vuosien 2000 ja 2013 välillä parhain puhallusten aikana suoritettujen mittausten onnistumisprosentti on saatu vuonna 2002 vuorauskampanjan, joiden pituus on 2 - 3 kuukautta, 205 yhteydessä. Silloin onnistumisprosentti 3. konverterilla oli 93,4 %. Esimerkki huonosta toimivuudesta on puolestaan 3. konverterin vuorauskampanjan 320 ajalta, jolloin ensimmäisen kuukauden aikana mittausten onnistumisprosentti oli 64,1 %. 3. konverterin huono onnistumisprosentti lähti kuitenkin huomattavaan nousuun, kun pudotussondilaitteistojen linja 2. korjattiin. 2. linjan korjauksella mittausten onnistumisprosentti saatiin nostettua 3. konverterilla n. 90 %:iin. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Ollila, "tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls", 2013.)

Pudotussondilaitteistoilla tehtävien mittausten tämänhetkinen onnistumisprosentti on noin 77 %. Mittausten onnistumisprosentin koko ajan 2000 - 2013 keskiarvo on puolestaan n. 84 % (laskettu kampanjoiden keskiarvosta, johon on käytetty pelkästään puhallusten aikana tehtyjen mittausten onnistumisprosentteja), mikä on noin 11 prosenttiyksikköä alle halutun. Mittausprosentti käyvä katseltaessa voidaan havaita suuria vaihteluita vuosien saatossa, ja suuria eroja konverttereiden välillä. Tämä viittaa siihen, että vaikkakin sondilaitteistot ovat samanlaisia, on niiden toimintavarmuus eroavaa toisistaan. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Ollila, "tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls", 2013.)

Konverttereilla ja niiden toiminnalla on myös havaittu yhteys mittausten onnistumisprosentteihin. Konvertterikohtaisiin onnistumisprosentteihin vaikuttavia tekijöitä on hyvin vaikea arvioida, sillä muuttujia on todella paljon. Tämän lisäksi on havaittu, että myös vuodenajalla on vaikutusta mittausten onnistumiseen.

Kun onnistumisprosenttikäyriä seurataan, voidaan havaita, että 3. konvertterin onnistumisprosentti oli pitkän aikaa parhain kolmesta, mutta nykyään sen onnistumisprosentti on huonoin (kuva 16). Tähän syynä voi olla esimerkiksi, että konvertterilla käytössä oleva pudotussondilaitteisto on vaihtunut toisen konvertterin pudotussondilaitteeseen tai jokin muu olennainen muutos laitteiden toimintaympäristössä. Vastaavasti 2. konvertterin mittausten onnistumisprosentti alkuaikoina oli huonoin, kun taas tällä hetkellä se on parhain kaikista kolmesta. Yksi merkittävä tekijä, joka vaikutti suoraan mittausten onnistumisprosenttiin, oli pudotusrännin kääntö kyseisen konvertterin kohdalla. Ei kuitenkaan ole varmaa, että mittausten onnistumisprosentin paraneminen johtuisi vain ja ainoastaan pudotuskulman muutoksesta, sillä mittausprosessiin liittyviä muuttujia on erittäin paljon ja niiden vaikutuksia on hyvin vaikea arvioida. Yleisesti ottaen on kuitenkin suhteellisen vaikea löytää perimmäisiä syitä vuosien aikana tapahtuville vaihteluille mittausten onnistumisprosentteissa, sillä ympäristö on haastava ja mittausprosessi sisältää paljon eri muuttujia. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Ollila, "tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls", 2013.)

**Pudotussondin toimivuus vuorauksittain**  
puhalluksen aikainen mittaus



KUVA 16. Puhalluksen aikaisten pudotussondimittausten toimivuus vuorauksittain. Ensimmäisistä mittauksista (vuoraukampanja 205) tähän hetkeen (vuoraukampanja 320) (Ollila, ”tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls”, 2013)

#### 4.2 Toiminta nykyään

Lähivuosina mittausten onnistumisprosentti on ollut vähitellen laskussa. Kolmen viimeisen vuoden aikana tehtyjen mittausten onnistumisprosentin keskiarvo on n. 80 %, mihin on laskettu puhalluksen aikana tehdyt sekä puhalluksen jälkeen tehdyt mittaukset. Tämä on noin 15 prosenttiyksikköä alle halutun tason ja noin neljä prosenttiyksikköä alle laitteiden toiminnan aikaisen keskiarvon. Tämänhetkinen mittausten onnistumisprosentti on noin 77 %. Tämä viittaa siihen, että tällä hetkellä on menossa jälleen huonompi kausi. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

On myös havaittavissa, että laitteiden toimintavarmuus on laskusuunnassa. Tämä ilmenee esimerkiksi kolmen viime vuoden aikaisesta mittausten onnistumisprosentin keskiarvosta, joka on n. 80 %. Mittausten onnistumisprosenttiin vaikuttavien ongelmien lisäksi liittyy pudotussondilaitteistojen toimintaan myös muita erilaisia vikoja ja häiriötiloja, joiden määrä on myös nousussa. Erilaiset viat ja häiriöt turhauttavat henkilöstöä, sillä päivittäiset ongelmat alkavat rasittaa jo liikaakin yleismiestä, kunnossapitohenkilöstöä sekä ohjaamon henkilöstöä.

Edellämainitun sekä useiden muiden eri syiden, esimerkiksi taloudellisten syiden, takia pudotussondilaitteistojen toimintaan on pyrittävä löytämään erilaisia parannuskeinoja, joiden avulla laitteiden toimintaa voitaisiin parantaa. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

### **4.3 Toimintaan liittyvät häiriöt**

Pudotussondilaitteiden mittausten haluttu onnistumisprosentin taso on noin 95 %. Yhdenkään konvertterin kohdalla pudotussondilaitteisto ei ole tavoittanut haluttua toimintavarmuutta niiden toiminnan aikana, kun tarkastellaan mittausten onnistumisprosenttia yhtä muurausjaksoa kohden.

Pudotussondimittauksen onnistumisprosenttiin lasketaan ne mittaukset, joissa mittausprosessi on ehtinyt niin sanotusti alkaa. Sondi on saatu siis siihen asemaan, jolloin pudotussondilaitteistojen kontaktori on saanut yhteyden sondin kontaktipäähän ja yhteys ohjaamoon on muodostunut. Tämän jälkeen, kun aletaan mitata ja mittaus epäonnistuu, vaikuttaa se suoraan mittausten onnistumisprosenttiin laskevasti, sillä tieto epäonnistuneesta mittauksesta tallentuu järjestelmään.

Vaikka usein seurataan vain mittausten onnistumisprosenttia ja siihen vaikuttavia tekijöitä, on pudotussondilaitteiden toimintavarmuudesta puhuttaessa otettava huomioon myös ne ongelmat ja viat, jotka eivät vaikuta suoranaisesti mittausten onnistumisprosenttiin. Tämä johtuu siitä, että laitteen ollessa osittain häiriössä, ei sen toimintataso ole 100 %, vaikka se pystyykin toimimaan muiden linjojen kautta. Tämän takia tässä työssä pyritään käymään myös läpi ne viat, jotka aiheuttavat erilaisia ongelmia laitteiden toiminnassa mittaustapahtuman ulkopuolella, mutta myös samalla syitä ja ratkaisuja niihin vikoihin, jotka näkyvät mittausten onnistumisprosentin laskemisena.

Pudotussondilaitteistojen mittausten onnistumisprosentista puhuttaessa ei siis puhuta koko laitteiden toimintavarmuudesta, sillä mittausten onnistumisprosentti ei kuvaa koko totuutta laitteiden toiminnasta. Periaatteessa viat ja ongelmat voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- A Mittauksen yhteydessä tapahtuvat viat ja ongelmat, jotka aiheuttavat niin sanotun epäonnistuneen mittaustuloksen. Tämä tallentuu järjestelmään ja vaikuttaa mittausten onnistumisprosenttiin laskevasti. Tämän tyylisissä vioissa ongelmana

on se, että sondi ei saavuta sulaa tai sondin mittaama mittauskäyrä on niin epätasainen, ettei siitä löydy luotettavaa mittausikkunaa.

- B Pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyvät muut viat, jotka aiheuttavat häiriötilan laitteistossa mittausprosessin ulkopuolella. Tämän tyylliset viat ilmenevät usein sondilinjojen häiriötiloina tai linjojen tukkiutumisine. Koska tämän tyyllisistä vioista ei jää merkintää järjestelmään eikä niitä voida erikseen laskea, eivät nämä vaikuta mittauksen onnistumisprosenttiin laskevasti, mutta puolestaan vaikuttavat laitteiden toimintavarmuuteen. Tyypillisiä tämän tyyllisiä vikoja ovat esimerkiksi: erilaiset tukokset pudotussondilaitteistojen sisällä, kelkan toimintaan liittyvät ongelmat tai paineilmasylintereiden toimintaan liittyvät häiriöt.

Jaottelun mukaan voidaan siis puhua A-ryhmän vioista sekä B-ryhmän vioista. Näiden kahden ryhmän vikoja ja ongelmia on hyvin vaikea laittaa tärkeysjärjestykseen, sillä molemmilla on omat vaikutuksensa laitteiden toimintaan, joten tässä työssä molempien tyylliset viat tullaan käymään läpi yhtä tärkeinä osina liittyen pudotussondilaitteistojen toimintaan.

#### **4.4 Pudotussondilaitteistojen huonon toimintavarmuuden vaikutukset**

Pudotussondilaitteistot on suunniteltu toimimaan osana konvertteriprosessia niin, että konverttereilla tapahtuvan prosessin lämpötilan hallinta, nykyaikainen sekä laadukas toiminta paranisi. Pudotussondilaitteistojen toimintavarmuus ei kuitenkaan tällä hetkellä vastaa haluttua tasoa.

Toimintavarmuuden alhainen taso aiheuttaa puolestaan erilaisia kustannuksia, sekä vaikuttaa olennaisesti konverttereilla tapahtuvaan prosessiin. Tästä johtuen on tarkasteltava pudotussondilaitteistojen alhaisen toimintavarmuuden vaikutuksia konvertteriprosessiin ja tästä aiheutuvia ylimääräisiä kustannuksia. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

#### 4.4.1 Puhalluksen aikana suoritettavien mittausten vaikutukset

Pudotussondilaitteistoilla suoritetaan mittauksia kahteen eri aikaan: puhalluksen aikana ja puhalluksen jälkeen. Näillä mittauksilla pyritään mittaamaan puhalluksen loppulämpötilaa tai happi-lämpötilatietoja. Puhalluksen aikana tehtävän mittauksen tarkoituksena on mitata puhalluksen loppuvaiheessa oleva lämpötila. Mitattu lämpötilatieto päivittää dynaamisen mallin puhalluksen loppupuolella ja sen avulla pyritään löytämään oikea aika lopettaa happipuhallus ja sitä kautta saavuttamaan puhallukselle oikea loppulämpötila 15 °C tarkkuudella ja oikea hiilipitoisuus. Dynaamisessa mallissa arvioidaan käyrän perusteella, missä vaiheessa loppulämpötila ja hiilipitoisuus ovat sopivat. Dynaaminen malli perustuu edellisten puhalluksien kulkuun, savukaasun lämpötilan mittaukseen sekä pudotussondin avulla tehtävään lämpötilan mittaukseen. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

Jotta lämpötilatiedot saataisiin tarkasti ja ajallaan, vaatii se onnistunutta sondimittausta. Jos käy esimerkiksi niin, että kaksi ensimmäistä lämpötilan mittausta epäonnistuu, on jo liian myöhäistä saavuttaa haluttua loppulämpötilaa ja hiilipitoisuutta sondimittauksen perusteella. Mutta, jos niin pääsee käymään, voidaan puhalluksen oikea-aikaisen lopettamisen arviointiin käyttää pelkkää dynaamista mallia. Tällöin dynaaminen malli on epätarkempi ja antaa pelkästään hiilipitoisuuden. Lämpötila arvioidaan tällöin konvertterioperaattorin tietotaidon perusteella ja panoslaskennan avulla, jolloin riskit lisääntyvät. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu, kevät 2013.)

Epäonnistuneen sondimittauksen jälkeen dynaamista mallia käytettäessä ei voida olla täysin varmoja sen hetkisestä lämpötilasta. Lämpötilatiedon ollessa epävarma voidaan sulatusta joutua jäädyttämään tai lämmittämään vielä varsinaisen puhalluksen jälkeen. Tällöin syntyy lisäkustannuksia jäädytysmateriaaleista, lämmitysmateriaaleista sekä lisäpuhalluksesta. Näiden lisäksi jälkikäteen tehtävä lisäpuhallus heikentää teräksen laatua. Lisäpuhallus tai jäädytys kuluttaa myös lisää aikaa. Loppulämpötilan ja/tai hiilipitoisuuden ollessa pielessä voi siitä seurata laatuun liittyviä ongelmia, suoraan tai lisälämmityksen seurauksena. Näiden lisäksi voi puhalluksen aikana tehtävällä mittauksella olla vaikutus myös konvertterin muurauksen kulumiseen. Kun puhalluksen loppulämpötila nousee liian suureksi, kuluttaa se puolestaan konvertterin muurausta normaalia enemmän. Jos puhalluksen loppulämpötila jää liian alhaiseksi, joudutaan suorittamaan, joko lisäpuhallusta tai tekemään ylimääräistä lämmitystä

senkkametallurgia-asevilla. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

Puhalluksen aikana tehtävien sondimittausten epäonnistumisella on siis yllättävän paljon erilaisia vaikutuksia. Yleisesti ottaen epäonnistunut puhalluksen aikana tehtävä sondimittaus aiheuttaa taloudellisia kustannuksia, konverterin nopeampaa kulumista sekä teräksen laadun heikkenemistä.

#### **4.4.2 Puhalluksen jälkeen suoritettavien mittausten vaikutukset**

Kun pyritään suorittamaan ns. suorakaatoja, käytetään pudotussondilaitteistoa myös puhalluksen jälkeen. Puhalluksen jälkeen tehtäviin mittauksiin käytetään happi-lämpötilasondeja, joiden avulla teräksestä saadaan mitattua teräksen lämpötila sekä happipitoisuus. Näiden tietojen avulla pystytään päättämään teräksen muita arvoja kuten hiilen mangaanin ja fosforin arvoja, minkä ansiosta käsin tehtävää näytteenottoa ei välttämättä tarvitse suorittaa. Tämän takia happi-lämpötilasondimittauksen onnistuminen on tärkeää, jotta suorakaato voidaan suorittaa luotettavasti. Happi-lämpötilasondimittauksen epäonnistuessa suorakaadon suorittaminen vaatii konverterioperaattorilta tietotaitoa, jotta suorakaadon suorittaminen on mahdollista. Tällöin kuitenkin riskit lisääntyvät. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

Nykyään tehtävistä sulatuksista on 25 - 30 % suorakaatoja, ja niitä pyritään hyödyntämään tulevaisuudessa yhä enemmän. Tämän takia pudotussondilaitteisto on erittäin suuressa roolissa, kun puhutaan suorakaadoista. Jos pudotussondilaitteistolla tehtävä happi-lämpötilamittaus epäonnistuu, joudutaan yleensä tekemään sulasta teräksestä käsin tehtävä näytteenotto, mikä vaatii konverterin ns. ylimääräisen kallistuksen sekä laboratorion tulevat näytteen tulokset. Käsin tehtävä näytteenotto ja laboratoriotulosten odottaminen kuluttaa huomattavan määrän aikaa verrattuna siihen, että sulatus olisi pystytty suorittamaan suorakaatomenetelmällä. Ajan säästämisen lisäksi suorakaato säästää myös konverterin vuorausta, sillä kuuma ja hapekas kuona ovat vähemmän aikaa konverterissa, eikä konverteria tarvitse kallistaa käsin tehtävää näytteenottoa varten. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Pärkkä, haastattelu kevät 2013.)

Puhalluksen jälkeen suoritettava sondimittaus on nykyään siis yhä enenevässä määrin käytettävä mittausmenetelmä ja sen onnistumisen tärkeys on kasvussa. Puhalluksen jälkeen suoritettavalla onnistuneella happi-lämpötilamittauksella mahdollistetaan suorakaatojen luotettava suorittaminen, mikä säästää aikaa, konvertterin vuorausta ja sitä kautta rahaa.

#### **4.4.3 Pudotussondeista kertyvät kustannukset**

Konverttereilla suoritetaan vuosittain noin 33 000 sondimittausta, joista n. 21 000 käytetään lämpötilan mittaamiseen ja loput n. 12 000 happi-lämpötilamittauksiin. Lämpötilan mittaussondien hinta tällä hetkellä on 44 €/kpl, ja happi-lämpötilasondien hinta on 48 €/kpl. Tämä tarkoittaa sitä, että pudotussondeihin kuluu vuodessa n. 1,5 miljoonaa euroa. Pudotussondilaitteilla suoritettujen mittausten tämänhetkinen onnistumisprosentti on 77 %. Tämä tarkoittaa sitä, että 23 % käytetyistä sondeista menee hukkaan, kun mittaus epäonnistuu. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana.)

Kun oletetaan, että mittausten onnistumisprosentti olisi 90 % vuoden ajan ja mittausmäärät pysyisivät samana, voitaisiin tällöin saavuttaa jopa n. 190 000€ vuotuinen säästö, jos verrataan tämänhetkiseen 77 %:n mittausten onnistumisen keskiarvoon. Tämä tarkoittaa sitä että, jos pudotussondilaitteistojen toimintaa pystytään tulevaisuudessa nostamaan yli 90 %:iin, saavutettaisiin vuosittain suuria säästöjä jo pelkillä sondeihin liittyvillä kustannuksilla. Tähän laskelmaan on huomioitu vain sondit, jotka suorittavat tai yrittävät suorittaa mittauksen eli ei niitä sondejia, jotka tuhoutuvat tai jumiutuvat mittausprosessin ulkopuolella kelkan käsitellessä niitä manipulaattorin sisällä. Tämänlaisia sondejakin kuluu vuosittain huomattavia määriä periaatteessa turhaan. (Ollila, haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana; Ollila, ”tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls”, 2013.)

#### **4.4.4 Muut vaikutukset**

Pudotussondilaitteistojen toiminnalla on myös muita vaikutuksia. Yksi näistä on kunnossapitoon liittyvät kustannukset. Tähän lasketaan varaosista sekä miestyötunneista laskettavat kustannukset. Näitä kustannuksia kertyy myös huomattava määrä.



Tällä hetkellä pudotusondilaitteistojen osien kuluminen on tavallista nopeampaa johtuen esimerkiksi huonosta pölytiivyydestä, jolloin pöly pääsee laitteiden sisälle aiheuttaen ennenaikaista osien kulumista ja vikaantumista.

Laitteistojen huoltotöihin ja häiriöiden selvittämiseen kuuluu myös suuri määrä miestyötunteja. Pudotusondilaitteiden erilaisia tukoksia ja ongelmia joudutaan ratkomaan miltei päivittäin, jolloin laitteistoille tehdyistä huolloista kertyy suuret miestyötuntikustannukset.

Kunnossapitokustannusten lisäksi pudotusondilaitteiden huono toimintavarmuus turhauttaa konvertterialueen henkilöstöä. Työntekijöiden turhautuminen laitteiden erilaisiin häiriöihin ja vikaantumisiin on helposti huomattavissa. Tästä johtuen motivaatio laitteiden kunnossapitoon, tarkistus- ja lataustehtäviin heikentyy huomattavasti. Konvertterioperaattoreiden asennoituminen erilaisiin häiriöihin pudotusondilaitteiden toiminnassa on myös enemmän tai vähemmän välinpitämätöntä, mikä on ymmärrettävää. Jos laitteiden toimintavarmuus olisi parempi ja siihen liittyvät häiriöt harvinaisempia, puututtaisiin näihin todennäköisesti herkemmin ja suhtautuminen olisi vakavampaa.

Kunnossapito- ja huoltotyöt voivat myös tällä hetkellä kärsiä laitteiden huonosta maineesta ja toimintavarmuudesta. Tällä hetkellä niihin voidaan suhtautua välinpitämättömästi, kun oletetaan että laite ei toimi nyt, eikä varmasti pienillä huoltotoimenpiteillä tule kuntoon. Kun laitteiden toimintavarmuus saataisiin ylemmäksi, muuttuisi henkilöstön suhtautuminen laitteiden käyttöön, häiriötiloihin ja huoltoon todennäköisesti positiivisemmaksi. (Terässulaton käyttö- ja kunnossapitohenkilöt, haastattelut kevät 2013.)

## 5 VIKOJEN KÄSITTELY ELMAS-OHJELMALLA

Yksi olennainen osa opinnäytetyötä on tehdä vikapuumalli hyödyntäen ELMAS-ohjelmistoa. Tämän vaiheen tarkoituksena on kartoittaa pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyviä vikoja ja hakea näille ilmeneville vioille juurisyitä. Vikoja ja niiden syitä tutkimalla voidaan selvittää kriittisimpiä vikoja ja yleisimpiä syitä erilaisille vioille. Tämä helpottaa puolestaan laitteiden toimintavarmuuden kehittämistä.

### 5.1 ELMAS

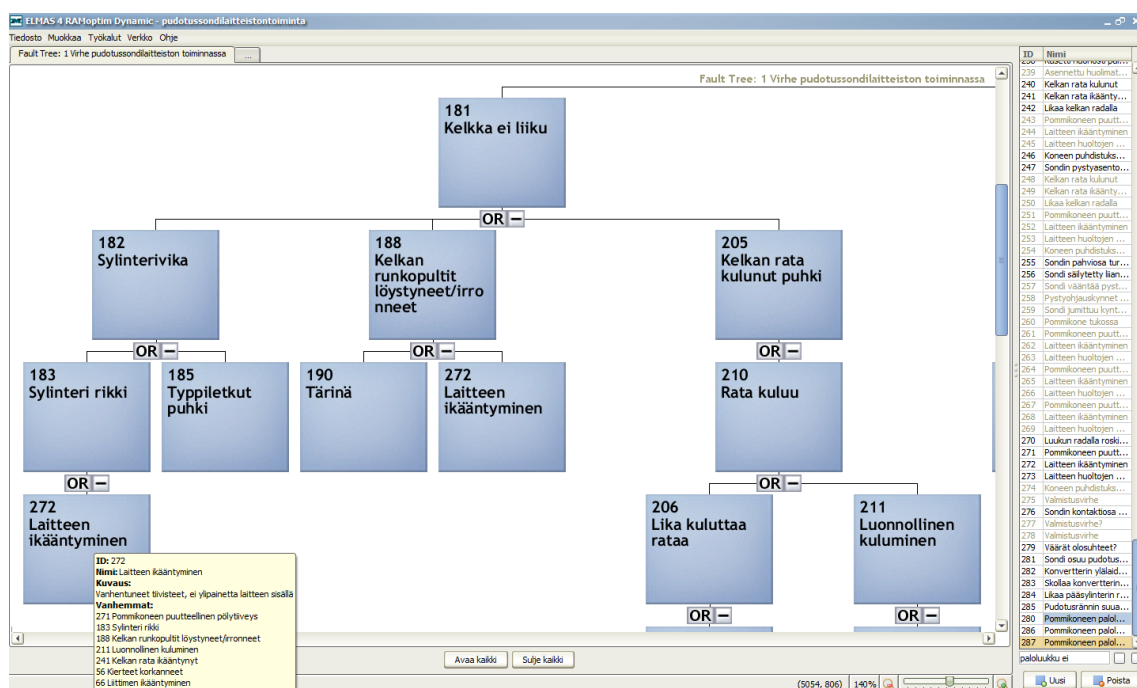
ELMAS (Event Logic Modeling and Analysis Software) on suomalaisen Ramentorin valmistama ohjelmisto tapahtumalogiikan eli tapahtumien välisten loogisten suhteiden, mallinnukseen ja analysointiin. Tapahtumalla voidaan tarkoittaa mitä tahansa asian tai tilanteen muutosta. Tapahtumien suhteiden lisäksi voidaan mallintaa muita tapahtumiin liittyviä ominaisuuksia useilla eri menetelmillä. Luotua mallia voidaan käyttää ymmärryksen parantamiseen ja tiedon jäsentämiseen sekä dokumentointiin. (Ramentor Oy, 2013, hakupäivä 21.1.2013.)

ELMAS-ohjelmistossa käytetään hyvin yleistä mallia, joka soveltuu lähes minkä tahansa kohteen mallintamiseen. Yleensä ollaan kiinnostuneita jonkin laitteen, järjestelmän, prosessin tai muun kohteen vikaantumisista, mutta ELMAS-ohjelmistoa voidaan käyttää joustavasti myös muiden tapahtumien syy-seuraussuhteiden kuvaamiseen ja analysointiin. ELMAS-ohjelmisto tarjoaa kolme erilaista mallityyppiä, joita yhdistelemällä ja hienosäätämällä pystytään mallintamaan hyvin monimutkaisia tapahtumaketjuja:

- vikapuu - fault tree analysis, FTA
- syy-seurauspuu - cause consequence analysis, CCA
- luotettavuuslohkokaavio - reliability block diagram, RBD.

Luotu malli muodostaa kokonaisvaltaisen dokumentin tutkittavan kohteen vikaantumisista. Sen avulla asiantuntijoiden tietämys voidaan koota selkeäksi ja jäsennellyksi kokonaisuudeksi (kuva 17). Tämän jälkeen koko tämä tietämys tai haluttu osa siitä voidaan jakaa eteenpäin esimerkiksi

luomalla siitä tavallisella Internet-selaimella katseltava HTML-raportti. (Ramentor Oy, 2013, hakupäivä 21.1 2013.)



KUVA 17. Esimerkkikuva ELMAS:n avulla tehdystä vikapuumallista liittyen pudotusondilaitteistoon

Osana opinnäytetyötä tehdään vikapuumalli liittyen pudotusondilaitteistojen toimintavarmuutta alentavista tekijöistä. Vikapuumallin tarkoituksena on eritellä erilaiset mittaustapahtumat aikana tapahtuvat virheet ja perimmäiset syyt näille virheille, minkä takia mittaustapahtuma epäonnistuu tai koneessa ilmenee jonkinlainen häiriö. Kun erilaisille toimintavarmuutta alentaville virheille löydetään perimmäiset syyt, helpottaa tämä jatkokehitysmahdollisuuksia, joiden avulla pudotusondilaitteistojen toimintavarmuutta voidaan mahdollisesti parantaa tulevaisuudessa.

## 5.2 Vikapuumalli

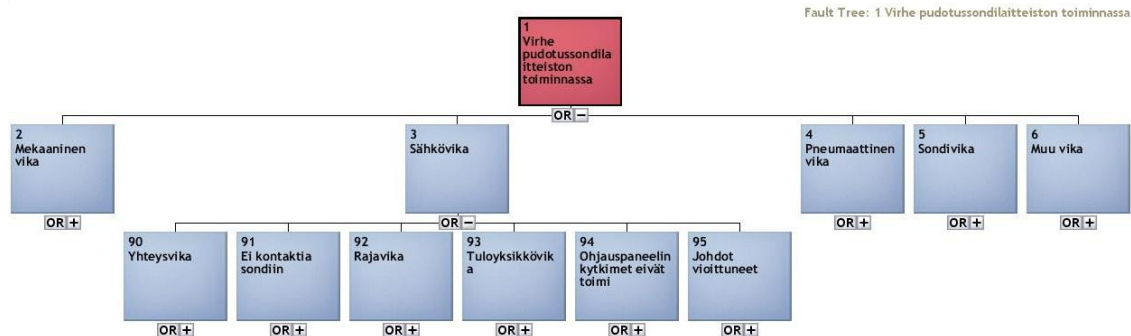
Vikapuumalli on tehty helpottamaan pudotusondilaitteistojen toimintaan liittyvien vikojen ja niiden syiden tutkimista. Vikapuumallin avulla pystytään luomaan selkeä malli, missä erityyppiset viat on eroteltu omiin haaroihinsa ja eri vioille on lähdetty hakemaan juurisyitä. ELMAS-ohjelmiston avulla eri vioille pystytään määrittämään keskimääräiset vikaantumisaajat, vioista koituvat kustannukset, korjaukseen liittyvät kustannukset ja erilaisista huoltotöistä johtuvien seisakkien pituudet. Näiden avulla ELMAS-ohjelmisto pystyy simuloimaan vikapuumallin ja näyttämään

kriittisimmät viat ja niistä johtuvat kustannukset ja muut tiedot. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että tiedetään tietyn laitteen toimintaan liittyvät viat, sekä vikojen korjaamiseen liittyvät tiedot. Tämä edellyttää tarkkaa huoltotöiden dokumentointia.

Pudotussondilaitteistojen vikapuumalliin kerättyjen tietojen ensisijaisena tiedonlähteenä on käytetty sulaton kunnossapitohenkilöstöltä, käyttöpuolen työntekijöiltä, työnjohdolta sekä insinööreiltä haastatteluiden avulla kerättyjä tietoja. Tämän lisäksi tärkeä tiedonlähde oli Ruukin käyttämän Arttu-tietojärjestelmä, johon kerätään esimerkiksi kaikki laitteelle tehtävät huoltotyöt ja vikakorjaukset. Näiden tietolähteiden lisäksi olen käyttänyt omaa päättelykykyäni ja pudotussondilaitteistolla tehtyjen mittausten mittaustuloksia, jotka löytyvät tietokoneen avulla Ruukin järjestelmästä.

Osa vioista on merkattu vikapuuhun, mutta perään on jätetty kysymysmerkki, jos puuhun liitettyä tietoa ei ole voitu osoittaa todeksi. Tällöin merkatun vian syy perustuu enemmänkin oletukseen. Näissä tapauksissa on oletettu, että jokin vika voisi todennäköisesti johtua tietyistä syistä, vaikkei sitä voidakaan todistaa tapahtuneeksi.

Pudotussondilaitteistojen vikapuumallin rakennus perustuu erilaisten ns. laatikoiden yhdistelyyn. Perustana vikapuulle pidettiin tässä tapauksessa yhtä laatikkoa ”Virhe pudotussondilaitteistojen toiminnassa”. Tämän laatikon alapuolelle alettiin kerätä kuvan mukaisesti eri vikoja ja niiden juurisyitä (kuva 18). Tällä tavalla laatikoita yhdistellen ja niiden syitä pohtien päädyttiin tietyn vian aiheuttavaan juurisyihin. Kuvassa näkyvien laatikoiden tietoihin pystytään lisäämään vialle ja tietyille syyille erilaisia lisätietoja, kuten vikaantumisaika, korjausaika, korjaukseen liittyvät kustannukset. Näiden tietojen avulla vikapuu pystytään simuloimaan, jolloin se luo mallin annettujen tietojen perusteella. Tämän mallin avulla voidaan päätellä eri vikojen ja syiden kriittisyyksiä laitteiden toimintaan liittyen. Pudotussondilaitteistojen vikapuuta tehdessä ei kaikkia tietoja pystytty lähellekään käyttämään, koska laitteiden toimintaan liittyvät viat ovat hyvin satunnaisia sekä niiden dokumentointi oli puutteellista.



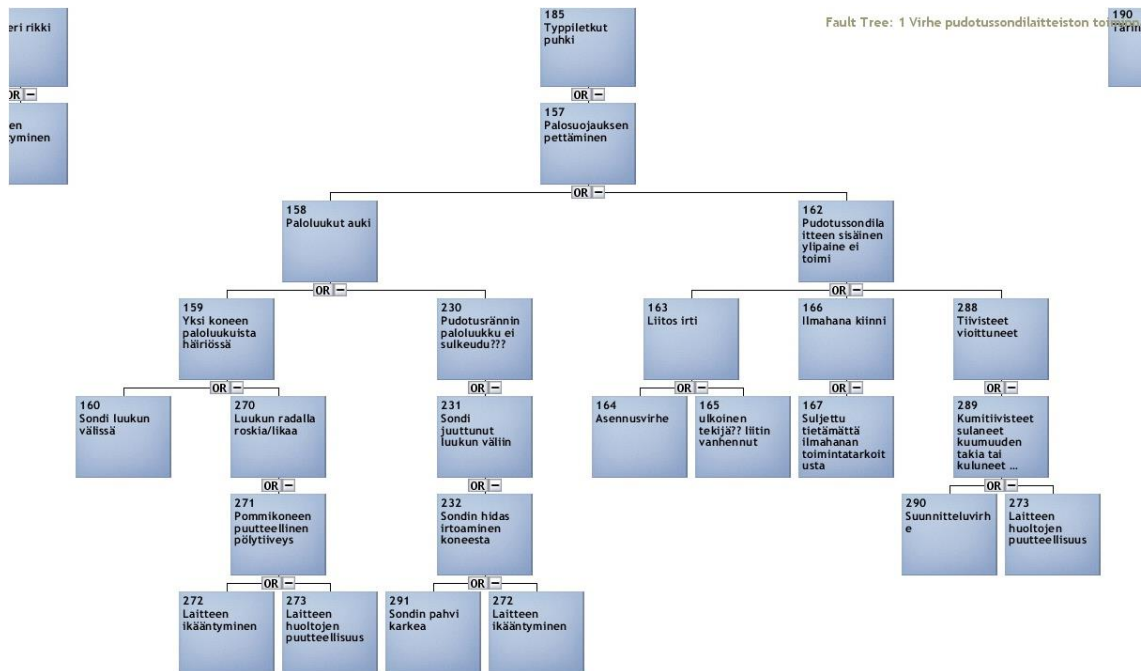
KUVA 18. Vikapuumallin lähtötilanne

Vikojä tutkittaessa havaittiin hyvin nopeasti, että suurin osa vioista on hyvin epäsäännöllisesti tapahtuvia vikoja eli vika pystyy ilmenemään kerran viikossa tahdilla ja yhtäkkiä sitä ei ilmenekään useaan viikkoon. Tämän lisäksi osa vioista on sellaisia, että niitä ei korjata välittömästi, vaan ne korjataan vasta, kun laite saapuu seuraavan kerran huoltoon. Tämän takia vikapuun eri vikoja käsiteltäessä oli vikoihin hyvin vaikea löytää tarkempia tietoja. Epätietoisuutta esiintyi esimerkiksi vikaantumisaikojen ja korjausaikojen suhteen, koska niihin liittyvä dokumentointi puuttui lähes täysin. Arttu-tietojärjestelmään kirjatut korjaus- ja huoltotyöt olivat myös usein kirjattu kovin epäselvästi. Huoltotöihin käytetyt ajat eivät myöskään pitäneet usein paikkaansa, jolloin Artusta kerätyt tiedot olivat myös rajoitetut.

Haastattelujen perusteella kerätyt tiedot liittyen eri vikaantumisiin jäivät myös osittain rajoittuneiksi. Näiden seikkojen vuoksi, vikapuuta tehtäessä vioille oli hyvin vaikea löytää tarkempia tietoja, kuten korjaustöiden kestoa, huoltoihin liittyviä kustannuksia sekä vikaantumisaikoja.

Laitteessa ilmenevät viat pystytään periaatteessa jakamaan kahteen eri tyyppiin, onko vika ilmenevä mittauksen yhteydessä, vai ennen tai jälkeen mittauksen tapahtuva häiriö. Näiden seikkojen takia vikapuumallin simulointi ei anna täysin todellisia tuloksia laitteiden eri vikojen kriittisyystasosta, huoltoajoista yms. Vikapuulle tehdyn simuloinnin lopputulosta voidaankin pitää vain suuntaa antavana.

Vikapuumalli osoittautui todella hyväksi, kun tutkittiin laitteessa ilmenevien vikojen juurisyytä. Tiettyä vikaa tutkittaessa sille alkoi hyvin loogisella ajattelulla löytyä yhä tarkempi ja tarkempi syy ja sitä kautta vian juurisyy usein löytyi (kuva 19). Vikapuumallissa pyrittiin aina löytämään jokaisen vian juurisyy, minkä jälkeen puuta tutkimalla, voidaan hyvin nopeasti löytää yleisimmät vikoja aiheuttavat syyt. Tämän tiedon avulla laitteiden yleisimpiä vikoja voidaan alkaa tutkia tarkemmin ja sitä kautta laitteiden toimintavarmuutta tulevaisuudessa pystytään nostamaan.



KUVA 19. Vian juurisyy

Pudotussondilaitteisto itsessään on kovin pieni laite suuressa tehdasympäristössä. Kun laitteiden vikapuumalli oli valmis, havaittiin että laitteissa on huomattava määrä erityylisiä vikoja, minkä takia vikapuusta syntyi suhteellisen suuri eri vikojen kokonaisuus. Tämä kertoo siitä, että laitteiden toiminta tällä hetkellä ei ole sellaisella tasolla kuin sen pitäisi olla. Erilaiset viat työllistävät henkilöstöä, aiheuttaa lisäkustannuksia sekä vaikeuttaa konverttereiden sulavaa toimintaa. Tämän takia laitteiden toimintavarmuuden parantamiseen on syytä pohtia erilaisia ratkaisuja.

## **6 PUDOTUSSONDILAITTEISTOJEN VIAT JA NIIDEN JUURISYYT**

Pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyy huomattava määrä erilaisia vikoja. Seuraavassa luvussa vikoja ja niiden syitä tullaan käsittelemään vikapuussa olevan jaottelun mukaan sekä vertaillaan, minkälaiset viat aiheuttavat A-tyyppin vikoja, ja mitkä puolestaan B-tyyppin vikoja. Näiden lisäksi vikapuumallin simuloinnin tulokset käydään läpi.

### **6.1 Pudotussondilaitteistojen viat ryhmittäin**

Pudotussondilaitteistojen toimintaan sisältyy useita eri tekijöitä, jotka toiminnallaan vaikuttavat laitteiden toimintaan ja mittausprosessiin. Tämän takia vikapuuta tehdessä laitteiden erilaiset viat ja häiriöt jaoteltiin eri ryhmien mukaan; mekaaniset, sähköiset, pneumaattiset ja sondiviit sekä muut viat. Näille erityyillisille vioittumisille oli omia piirteitä ja niitä käsitellään tässä kappaleessa. Vikojen ja niiden juurisyiden tarkempi tarkastelu onnistuu parhaiten vikapuumallin avulla, josta löytyy tekstiversio osana kirjallista raporttia. (Liite 7.)

#### **6.1.1 Mekaaniset viat**

Laitteiden toiminnan yhteydessä mahdollisesti yleisin vikaantumismuoto on mekaaninen vika. Mekaaniset vikaantumiset laitteiden toiminnassa ovat paloluukkuviat, sondin käsittelykelkan toimintaan liittyvät viat ja muut mekaaniset viat.

Paloluukkuviat tarkoittavat yleensä erilaisia luukkujen aukenemiseen tai sulkeutumiseen liittyviä häiriöitä. Yleisimpiä syitä paloluukuissa ilmeneville vioille ovat laitteiden ikääntyminen, puutteellinen pölytiivetyys ja se, että luukun väliin on jäänyt jumiin sondi tai sondin osa jostain syystä. Paloluukkuviat saattavat aiheuttaa linjan häiriötilaan menemisen tai palosuojaukseen liittyviä puutteita. Laitteiden ikääntymisellä tarkoitetaan tässä työssä vuosien aikana laitteisiin syntyneitä käytöstä syntyneitä kulumista.

Sondin käsittelykelkan viat ovat myös hyvin yleisiä. Sondin käsittelykelkan viat tarkoittavat yleensä jotain vikaa tai ongelmaa, missä sondin käsittelykelkka ei liiku ollenkaan tai se liikkuu

takerrellen. Tämäntyyllisen ongelman yleisimpinä syinä voidaan pitää laitteiden ikääntymistä, laakerivikoja, puutteellista pölytiivyyttä ja erilaisia sylintereiden toimintaan liittyviä vikoja. Kelkan toimintaan liittyvät viat aiheuttavat usein häiriötilan yhdelle pudotussondilaitteistojen viidestä sondilinjasta.

Muut mekaaniset viat käsittävät yleisesti ottaen pudotussondilaitteistojen sisällä olevien erilaisten jousiohjainten tai pudotuskynsien viat. Tällaisia vikoja ovat esimerkiksi sondia pudotusasentoon ohjaavien jousiohjainten vääntymiset, mitkä mahdollistavat myös sondin jumiutumisen kynteen. Tämän tyylliset viat aiheuttavat häiriötiloja linjoittain. Yleisimpiä syitä muille mekaanisille vioille on: sondien valmistusvirheet, laitteiden ikääntyminen, huoltojen puutteellisuus ja laitteiden puutteellinen pölytiivuus.

### **6.1.2 Sähköviat**

Pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyy olennaisena osana myös sähköistä toimintaa, kuten miltei kaikissa nykylaitteissa. Sähkövikojen ja häiriöiden osuus ei mielestäni ole kuitenkaan yhtä olennainen kuin mekaanisten vikojen, vaikkakin niitä ilmenee miltei päivittäin.

Sähköviat ovat useimmiten erilaisia yhteysvirheitä. Useimmiten kyseessä on yhteysvirhe, joka ei aiheuta koko laitteen toiminnan pysähtymistä, vaan aiheuttaa osittaisen häiriötilan, mikä ei estä laitetta toimimasta. Syitä tällaisille vioille on vaikea tietää. Yksi yleisin yhteysvirheen aiheuttaja kuitenkin on tiedossa ja se on erään päivityksen mukana jäänyt jonkinlainen bugi. Se ilmoittaa usein pudotussondilaitteistojen uudelleen latauksen yhteydessä yhteysvirhettä, kun turvakytkin on käytetty 0-asennossa. Tämä ongelma kuitaantuu kuitenkin laitteistojen resetoinnilla.

Muita sähkövikoja ovat: ei kontaktia sondiin, tuloyksikköviat, ohjauspaneelin kytkin viat ja vialliset johdot. "Ei kontaktia sondiin" on myös kovin yleinen ongelma, joka aiheuttaa joskus yhden linjan häiriötilan ja usein epäonnistuneita mittaustuloksia eli tyypin A vian. Kontaktin puuttuminen johtuu usein siitä, että sondi on väärässä asennossa tai, että pudotussondilaitteistojen kontaktorissa on jokin häiriö. Tämän tyylliset viat ovat usein kovin kiusallisia, koska laite luulee kaiken olevan kunnossa, eikä ymmärrä laittaa linjaa häiriötilaan, vaikka siinä onkin häiriö päällä. Yleisesti ottaen sähkövikojen yleisin aiheuttaja on laitteiden ikääntyminen tai laitteiden päivityksen yhteydessä jäänyt bugi.



### 6.1.3 Pneumaattiset viat

Pneumatiikka on tärkeä osa laitteiden oikeaoppista toimintaa, sillä kaikki liikkeet tapahtuvat pneumatiikan avulla. Pneumaattiset viat ilmenevät kuitenkin laitteessa liki päivittäin.

Pneumaattiset viat liittyvät useimmiten pneumatiikkaletkujen pitävyyteen. Laitteiden pneumatiikkaletkut ovat usein kuluneita ja vanhoja, jolloin ne alkavat vuotaa. Tämän lisäksi letkujen liitokset ovat heikkoja ja letkuja saattaa tupsahdella irti itsekseen. Myös pudotusrännistä nousevat kipinät ovat suuri ongelma liittyen letkuihin. Kipinät nimittäin polttavat helposti reikiä vanhoihin letkuihin, jolloin letkuihin aiheutuu vuotoja ja useimmiten ne ovat haastavia korjata.

Yksi pneumaattiseksi viaksi luettava vika on laitteiden sisällä olevan ylipaineen puuttuminen. Tämä puuttuu oikeastaan kokonaan tämänhetkisistä laitteista, koska puutteellisten huoltojen takia, laitteiden kansien tiivisteitä ei ole uusittu, jolloin paine pääsee purkautumaan laitteesta. Ylipaineen tarkoitus olisi pitää mahdolliset kipinät ja laitteiston ulkopuolelta tuleva pöly laitteiden ulkopuolella. Pneumaattisten vikojen yleisin aiheuttaja on laitteiden ikääntyminen, palosuojauksen pettäminen tai ilmaletkujen heikko kunto.

### 6.1.4 Sondiviat

Pudotussondien toiminta on erittäin olennainen osa onnistunutta mittausprosessia. Vioittuneella sondilla ei voida saada onnistunutta mittaustulosta. Tämän takia sondien toiminta on erittäin olennainen osa mittausten onnistumisprosenttia.

Sondivikojen osuutta on erittäin haastava arvioida, mutta varmaa on, että niitäkin ilmenee suhteellisen usein. Etenkin talvella sondien johdot ilmeisesti jäätyvät tai kohmettavat niin paljon, ettei sondin johto oikene riittävästi, jotta se yltäisi sulaan ainekseen asti. Syynä tälle on virheellinen sondien säilytys sekä pudotussondilaitteiden matala lämpötila talvisin. Sondien valmistuksen yhteydessä tapahtuu myös ajoittain virheitä, jotka aiheuttavat esimerkiksi sondin mittapäiden ennen aikaista irtoamista ja sondien toimimattomuutta. Yleisesti ottaen sondien toimintaan liittyvät viat aiheutuvat sondien valmistusvirheistä tai sondien säilytykseen liittyvistä ongelmista.

### **6.1.5 Muut viat**

Muilla vioilla tarkoitetaan tässä tapauksessa pudotuksen yhteydessä ilmeneviä vikoja. Tämä tarkoittaa sitä, että sondi ei joko saavuta sulaa lainkaan tai se ei jostain syystä päädy oikeaan paikkaan.

Pudotuksen yhteydessä voi pudotusränni olla esimerkiksi tukkiintunut jostain syystä, sondi voi pudota happisuihkuun, sondi voi jäädä ilmaan kohmettuneen johdon takia, sondi voi vaurioitua matkalla sulaan tai pudotussondilaitteistojen paloluukku ei aukea. Nämä kaikki viat ovat oikeastaan sellaisia, jotka aiheuttavat A-tyyppin vian eli mittaus tapahtuu, mutta mittaustulos ei ole hyväksyttävä.

Pudotuksen yhteydessä ilmenevien vikojen yleisimpiä syitä ovat mahdollisesti: pudotusrännin suuaukole muodostuva skolla, laitteiden ikääntyminen ja sondien vääränlainen säilytys/käyttölämpötila. Yleisimpien syiden tietäminen on hyvin haastavaa, sillä pudotuksen yhteydessä tapahtuvaa virhettä ei voida päätellä tarkasti mistään, vaan vian syy joudutaan usein päättelemään tai olettamaan tietyksi.

## **6.2 Vikapuumallin simuloinnin tulokset**

ELMAS-ohjelmiston avulla tehdyille vikapuulle olennainen osa on sen simulointi. Simuloinnin avulla voidaan laitteiden toiminnasta ja siihen liittyvistä ongelmista saada perustietoja kuten laitteiden eri vikaantumisaikoja, vikaantumisten tärkeimmät syyt sekä vioista aiheutuvia kustannuksia.

Pudotussondilaitteistojen vikapuumallia tehtäessä saatiin luotua laajahko vikapuumalli, jonka tiedot jäivät kuitenkin osittain puutteellisiksi. Eri vioille ja niiden juurisyille oli hyvin vaikea löytää tarkempia tietoja, kuten vikaantumisaikoja, korjausaikoja ja niihin liittyviä kustannuksia. Tämä johtui siitä, että laitteiden eri vikoja ja korjaustöitä ei ole dokumentoitu oikealla tavalla, minkä takia kaikki tieto perustui enimmäkseen haastateltujen työntekijöiden muistin varaan. Tämän takia osa tiedoista on hyvin suurpiirteistä, ja vikaantumisajat ja muut ovat osittain summittaisia arvioita. Paremmiin suoritetulla vikojen, häiriöiden ja korjaustöiden dokumentoinnilla pudotussondilaitteistojen vikapuun simuloinnin tulokset olisivat olleet tarkemmat.

Simuloinnin tarkasteltavaksi jaksoksi annettiin 10 vuotta, simuloitavia kierroksia asetettiin 1 000 kierrosta, simulointiaskeleksi asetettiin 1 vuosi ja laitteiden alkuiäksi 13 vuotta niiden oikean iän mukaan. Tämän lisäksi oletettiin laitteen toimivuudeksi 100 % tarkasteltavalle jaksolle. Näiden perustietojen mukaan, ohjelmisto alkoi simuloida luotua vikapuumallia niiden tietojen avulla, mitä haastattelujen ja Arttu-tietojärjestelmän avulla saatiin kerätyksi.

Simulointiin käytettiin ELMAS-simulointia, kun toinen vaihtoehto olisi ollut RAMoptim-simulointi. Erona näille kahdelle on se, että RAMoptim-simuloinnilla saadaan mahdollisimman tarkat tulokset, mutta se vaatii käytettävältä tietokoneelta selkeästi enemmän muistia. ELMAS-simulointi käyttää kahdesta simulointityypistä huomattavasti vähemmän muistia ja on huomattavasti nopeampi. Sen antamat tulokset eivät kuitenkaan ole yhtä tarkkoja kuin RAMoptimin. Työssä päädyttiin käyttämään ELMAS-simulointia sen takia, koska vikapuun eri vikojen ja syiden lähtötiedot olivat puutteelliset. RAMoptimilla saatu tulosten tarkkuus olisi periaatteessa mennyt hukkaan tietojen puutteellisuuden takia. ELMAS-simulointi oli myös huomattavasti nopeampi tapa suorittaa simulointi, joten katsottiin sen sopivan tähän työhön paremmin. (Liite 4, liite 5, liite 6.) (Ramentor Oy 2011, hakupäivä 28.4 2013.)

Pudotussondilaitteistojen vikapuumalliin kerättyjen eri vikojen ja niiden juurisyiden tietojen perusteella simuloinnin tuloksista voidaan havaita joitain perustietoja liittyen pudotussondilaitteistojen vikaantumisiin ja niiden juurisyihin, vaikkakin tulokset jäävät suuntaa antaviksi ja hieman puutteellisiksi. Simuloinnin avulla saadut tiedot pudotussondilaitteistojen toimintaan liittyen olivat perustietoja liittyen eri vikojen ja syiden epäluotettavuusprosentteihin. Tämän lisäksi saatiin vikojen ja syiden tärkeyteen liittyvää tietoa, jotka liittyvät eri vikojen ja juurisyiden tärkeysprosenttiin ja lukumäärään.

Simuloinnin tuloksena saatiin laitteiden toiminnan perustietoja liittyen vikaantumisiin ja niiden syihin. Simuloinnin avulla saatiin tuloksia, jotka liittyivät esimerkiksi laitteiden epäluotettavuusprosenttiin (liite 6). Kun laitteiden toimintaa tarkastellaan yhden päivän aikavälillä (simulointijakso 1 d), on koko laitteiden toiminnan epäluotettavuusprosentti päivän ajalta 84 %, mikä tarkoittaa sitä, että yhden päivän aikana, 84 % todennäköisyydellä laitteissa ilmenee jokin vika.

Suurin epäluotettavuusprosentti tietyille vikatyypille osui sähkövian kohdalle, joka sai päivän aikavälin tarkastelulle epäluotettavuusprosentiksi 79 %. Muut viat saivat epäluotettavuusprosentiksi 73 %, mekaaniset viat 71 %, pneumaattiset viat myös 71 % ja sondiviat 22 %.

Simuloinnin tulokset eivät näkemykseni mukaan kuitenkaan ole täysin todellisuutta kuvaavat. Näkemykseni mukaan sähkövikojen osuus on jostain syystä noussut tässä simuloinnissa liian korkeaksi todellisuuteen verraten. Näkemykseni mukaan korkeimmat prosentit kuuluisivat mekaanisille, pneumaattisille tai muille vioille.

Perustietojen lisäksi simuloinnin avulla saatiin tuloksia liittyen vikojen ja erityisesti niiden syiden tärkeyteen. Tässä osiossa tarkastellaan vian juurisyitä ja niiden osuuksia vian aiheuttajina eli käytännössä nähdään, mitkä juurisyöt aiheuttavat eniten ongelmia laitteiden toiminnassa. Näiden tietojen avulla voidaan tutkia, mitä juurisyyn ilmenemistä vähentämällä voidaan vähentää eniten laitteiden toimintaan liittyviä vikoja ja häiriöitä.

Syiden tärkeyden lisäksi voidaan tutkia myös eri vikaantumisten tärkeyttä vikaantumistyyppin mukaan (liite 5). Tämä tieto ilmoittaa, minkä vikatyypin viat aiheuttavat eniten vikaantumiskertoja tarkasteltavalla 10 vuoden ajanjaksolla.

Tulokset olivat periaatteessa samat kuin perustiedoista ilmenneet epäluotettavuusprosentit vikatyypeittäin. Simuloinnin mukaan eniten ilmenee sähkövikoja, joita 10 vuoden ajanjaksolla ilmenee noin 5 800 vikaa, muita vikoja toiseksi eniten n. 4 800 vikaa, pneumaattisia ja mekaanisia suunnilleen saman verran n. 4 500 vikaa ja vähiten sondivikoja noin 900 vikaa. Tässä ilmenee mielestäni sama virhe kuin vikatyypien epäluotettavuusprosentteissa, että sähkövikojen osuus on liian suuri. Tämä simuloinnissa ilmenevä virhe johtuu vikapuun tekovaiheessa annetuista puutteellisista tiedoista liittyen eri vikoihin ja niiden syihin. Kun tarkastellaan puolestaan eri juurisyiden aiheuttamia vikaantumisia simuloinnin tuloksista, saadaan tuloksista mielestäni enemmän totuutta vastaavat kuin eri vikatyypien tärkeyttä tarkasteltaessa (liite 5).

Juurisyiden tärkeyttä tarkasteltaessa simuloinnin mukaan yleisin vian aiheuttava juurisyö on laitteiden ikääntyminen ja toiseksi yleisin juurisyö on laitteiden huoltojen puutteellisuus. Nämä aiheuttavat simuloinnin mukaan yhteensä noin 5 200 vikaantumista kymmenen vuoden aikavälillä

tarkasteltaessa. Mielestäni nämä kaksi juurisyytä ovat yleisimmät vian aiheuttajat todellisuudessakin. Tämän jälkeen listassa olevien juurisyiden osuuksia tutkittaessa ei voida olla täysin varmoja simuloinnin antamien tulosten todenperäisyydestä, mutta niitä voidaan pitää suuntaa antavina.

Vikapuumallin simuloinnin lopputulokset jäävät siis pelkästään enemmän tai vähemmän suuntaa antaviksi, sillä vikapuumallin eri vikojen ja syiden lähtötiedot jäävät useiden eri tekijöiden takia puutteellisiksi. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää yleisesti suuntaa antavina, ja erityisesti juurisyiden tärkeyttä kuvaavat simuloinnin tulokset ovat mielestäni lähellä todellista tilannetta.

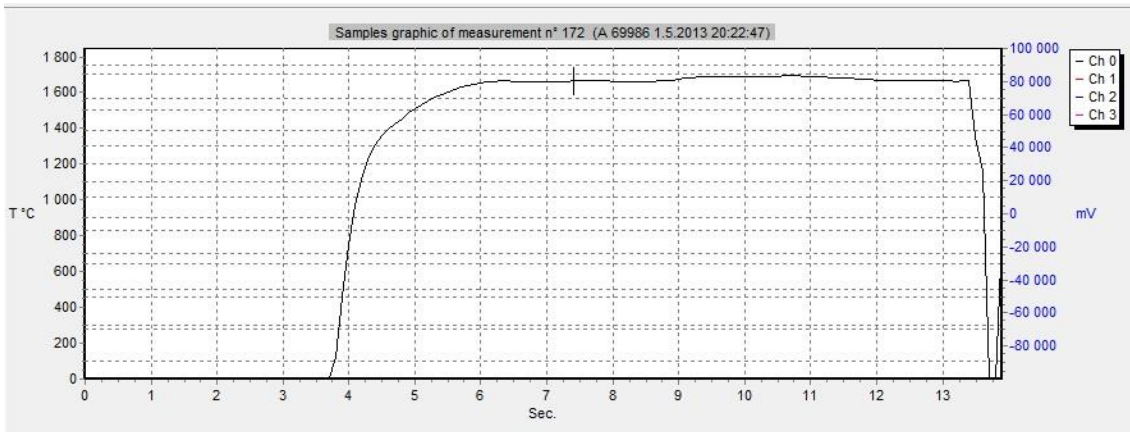
### **6.3 A- ja B-tyyppin viat ja niiden juurisyyt**

Pudotusondilaitteistoissa ilmenevät viat voidaan jakaa A-tyypin ja B-tyypin vikoihin sivun 32 selityksen mukaan. Kun puhutaan pudotusondilaitteistojen toimintavarmuudesta, ovat molemmat vikatyypit otettava huomioon. Molemmille vikatyypeille ovat ominaiset piirteensä ja omat vikaantumiseen johtavat syynsä. Tässä kappaleessa käydään läpi, minkä tyyliset juurisyyt aiheuttavat minkä tyyppisiä vikaantumisia.

#### **6.3.1 A-tyypin viat ja niiden juurisyyt**

A-tyypin vikaantumisessa on kyseessä vika tai häiriö, joka aiheuttaa epäonnistuneen mittaustuloksen. Tämän tyyliset viat vaikuttavat suoraan mittausten onnistumisprosenttiin. A-tyypin vikaantumisessa mittausprosessi on ns. käynnistynyt, mutta jotain menee pieleen sillä välin, kun mittauskäsky on annettu ja sondin pitäisi saavuttaa sula ja antaa mittatulos sulasta teräksestä.

A-tyypin viat rekisteröityvät tietojärjestelmään ja niiden antamia mittauskäyriä voidaan selata myös jälkikäteen historiatiedoista. Mittaustulos näkyy järjestelmässä käyränä, joka näyttää x-akselilla ajan ja y-akselilla lämpötilan. Onnistuneessa mittauksessa (kuva 20) lämpötila lähtee nousuun ja saavuttaa 1 200 - 1 400 °C asteen lämpötilan, josta järjestelmä poimii luotettavan lämpötilatiedon.



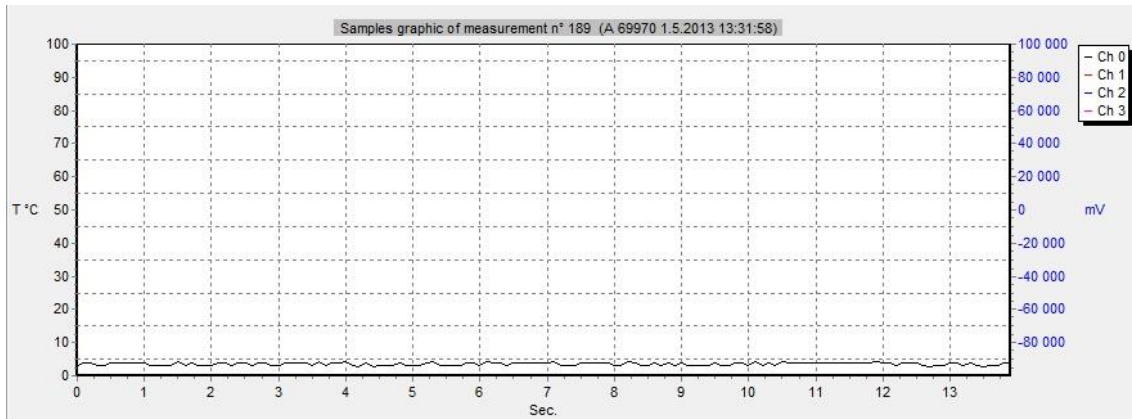
KUVA 20. Onnistuneen mittaustuloksen mittakäyrä järjestelmässä

Kun A-tyyppin vika ilmenee mittauksen yhteydessä, näkyy se poikkeavana mittauskäyränä järjestelmässä. Poikkeavuustyppejä ovat esimerkiksi: lämpötilan nousu ei lähde käyntiin ollenkaan, lämpötilakäyrä hyppii holtittomasti, lämpötilakäyrä hyppää mahdottoman korkeaksi.

Järjestelmän piirtämistä käyristä voidaan tulkita, mikä mittauksessa on mahdollisesti mennyt pieleen. Esimerkiksi, kun mittaus lähtee käyntiin, syntyy kontakti sondiin normaalisti ja sondi mittaa lämpötilaa oikein. Mittauksen päätyttyä huomataan kuitenkin, että lämpötilakäyrä ei ole lähtenyt nousuun tai sen nousu on jäänyt liian alhaiseksi. Tämän tyylisestä mittakäyrästä voidaan tulkita, että sondi ei ole koskaan saavuttanut sulaa. Tällöin kyseessä on ilmeisesti jonkinlainen paloluukuvika, pudotusrännin tukkeuma, sondin johto on kohmeessa, sondi on pudonnut kuonan päälle tai sondi on pudonnut kokonaan ohi konvertterista.

Silloin kun sondin mittaama mittakäyrä pomppii puolestaan holtittomasti, on sondissa ilmennyt jonkinlainen vika tai se on pudonnut happisuihkuun, jolloin mittaus epäonnistuu. Kun mittauskäyrä pomppaa äkillisesti hyvin korkealle, on silloin sondi todennäköisesti osunut happisuihkuun, jolloin järjestelmä ei saa luotettavaa mittatulosta.

A-tyyppin vikaantumiset ovat periaatteessa kriittisempiä kuin B-tyyppin vikaantumiset, sillä A-tyyppin vikaantumiset aiheuttavat itse epäonnistuneen mittauksen (kuva 21). B-tyyppin vikaantuminen aiheuttaa yleensä vain häiriötilan jollain linjalla, jolloin voidaan käyttää seuraavaa linjaa. A-tyyppin vikaantumisen juurisyyt eivät kovin usein ole mekaanisia, pneumaattisia tai sähkövikoja. A-tyyppin vikaantumiset kuuluvat usein "Muut viat" -osioon (liite 7), missä sondi ei saavuta sulaa tai se ei saavuta oikeaa paikkaa sulassa aineksessa.



Kuva 21. Epäonnistunut mittaustulos, missä sondi ei ole saavuttanut sulaa. Voidaan päätellä sondin mittaamasta lämpötilasta ( $< 10\text{ °C}$ )

Toinen merkittävä syy mittausten epäonnistumiseen on sondien säilytykseen liittyvät viat. Tämänätylliset viat esiintyvät useimmiten talvella, jolloin sondeja säilytetään kylmässä ja niiden johdot ilmeisesti kohmettuivat niin, etteivät ne saavuta sulaa.

Myös mekaanisia paloluukkuvikoja ja sähköisiä kontaktorivikoja ilmenee ajoittain. Yleisesti ottaen A-tyyppin viat aiheutuvat: sondin virheellisestä varastoinnista, paloluukun viasta, pudotuskulman virheellisyydestä, sondin väärästä putoamiskohtasta tai sondin valmistusvirheestä. Sondien virheellinen varastointi aiheuttaa sen, että johdon kohmettuessa, sondi jää vain ilmaan roikkumaan, saavuttamatta sulaa riittävän nopeasti.

Paloluukun vikaantuessa voi käydä niin, ettei sondi voi päästä pudotusränniin saakka, kun paloluukku ei toimi oikein ja jää kiinni asentoon estäen sondin putoamisen. Paloluukkuviat puolestaan aiheutuvat useimmiten laitteiden huoltojen puutteellisuudesta tai laitteiden ikääntymisestä.

Sondin virheellinen pudotuskulma ja väärä putoamiskohta ovat lähes sama asia. Tämän tyylisissä tapauksissa, sondi putoaa rännin päästä, muttei putoa halutulla tavalla sulaan teräkseen. Tämänätyllisissä tapauksissa vian syynä on useimmiten skollan muodostuminen, joko konvertertiin tai pudotusrännin suulle. Oletettavasti skollan muodostuminen pudotusrännin suuaukole, voi aiheuttaa sen, että sondin suunta muuttuu putoamisvaiheessa, jolloin se voi osua suoraan happisuihkuun tai ohjautua jopa ohi konverterista. Konverterin ylälaitaan muodostuu myös ajoittain skollaulokkeita, jotka voivat osua sondin putoamisradalle aiheuttaen sen, ettei

sondi saavuta sulaa. Tämän tyylisissä täräyksissä sondit voivat myös mahdollisesti vioittua. Joskus konvertterissa olevan teräksen pintaan muodostuu niin vankka kuonakerros, että sondi jää kuonan päälle saavuttamatta sulaa.

Yksi syy epäonnistuneisiin mittauksiin, on myös sondien valmistukseen liittyvät virheet. Tällöin sondi mahdollisesti on viallinen jo pudotessaan tai sondin johdon oikenemiseen liittyviä ongelmia.

Yleisimmät A-tyyppin vian aiheuttavat tekijät liittyvät sondin varastointiin, skollan muodostumiseen, vikaan sondissa tai paloluukkujen toimimattomuuteen. Juurisyitä tämän tyylisille vioille ovat useimmiten: laitteiden huoltojen puutteellisuus, laitteiden ikääntyminen, pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyys, sondien valmistusvirhe tai sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä.

### **6.3.2 B-tyyppin viat ja niiden juurisyitä**

B-tyyppin vikaantumiset ovat yleisesti ottaen vikoja tai häiriöitä, jotka tapahtuvat mittausprosessin ulkopuolella eli ennen tai jälkeen mittauksen. Tämän tyyliset viat ovat useimmiten erilaisia sondin käsittelyyn liittyviä vikoja, linjojen häiriötiloja aiheuttavia vikoja tai pienehköjä mekaanisia vikoja. B-tyyppin viat eivät vaikuta mittausten onnistumisprosenttiin, sillä ne eivät ehdi rekisteröityä järjestelmään minkäänlaisena mittauksena tai eivät vaikuta mittausprosessiin niin olennaisesti, että näkyisivät mittaustuloksessa. Tämän tyyliset viat aiheuttavat usein sen, ettei sondi päädy oikeaan mittauksen mahdollistavaan asentoon tai sondi tai jokin sen osa jumittaa yhden linjan häiriötilaan.

B-tyyppin vikaantumiset eivät ehkä ole yhtä kriittisiä kuin A-tyyppin viat, mutta ovat olennainen osa laitteiden toimintavarmuutta, ihan kuin A-tyyppin viatkin. B-tyyppin viat ovat enemmänkin vikoja, jotka työllistävät kunnossapitohenkilökuntaa sekä yleisimpiä enemmän. Sillä B-tyyppin viat aiheuttavat huomattavasti enemmän erilaisia tukoksia laitteiden sisällä, mekaanisia vaurioita ja yhteysvirheitä.

B-tyyppin viat ilmenevät häiriönä useimmiten laitteistojen sisällä ja aiheuttavat usein sen, ettei mittausta voida suorittaa tietyltä linjalta. Periaatteessa B-tyyppin viat kattavat kaikki muut viat ja häiriöt, jotka eivät vaikuta mittausten onnistumisprosenttiin. Syitä B-tyyppin vikaantumiselle ovat



usein erilaiset mekaaniset viat, kuten sondin käsittelykelkan toimintaan liittyvät viat, laitteiden sisällä olevien kynsien vääntymiset ja paloluukkuviat.

Muita tyypillisiä laitteissa ilmeneviä vikoja ovat sähköviat ja pneumaattiset viat. Sähköviat aiheuttavat sen, että laitteessa ilmenee jonkinlaisia yhteysvirheitä, kontaktin muodostuminen sondin kautta ei onnistu tai laite ei tunnista tai saavuta sen sisällä olevia rajoja. Pneumaattiset viat ovat myös todella yleisiä vikoja ja ne ilmenevät yleensä erilaisina letkuvuotoina. B-tyyppin vikoja ja häiriöitä ilmenee päivittäin. Syitä tämän tyyllisille vioille on runsaasti, mutta selkeästi yleisimmät syyt tämän tyyllisille vioille ovat laitteiden ikääntyminen ja laitteiden huoltojen puutteellisuus.

B-tyyppin viat ovat usein seurausta pölystä ja muusta liasta, jota ilmenee laitteiden sisällä esimerkiksi sondin käsittelykelkan ja paloluukkujen radoilla. Tällöin pöly aiheuttaa äkillistä kulumista sekä takertelua laitteiden liikkeissä. Laitteiden osien ollessa vanhoja myös erilaiset häiriöt lisääntyvät, kun laitteiden osien kunto ei ole enää uudenveroinen. Myös pneumatiikka letkujen toimintaan liittyvät viat ovat yleensä ikääntymisen seurausta. Vuosien saatossa letkujen pituus on esimerkiksi lyhentynyt huomattavasti, kun letkuja on jouduttu joko ikääntymisen takia tai kipinöiden takia korjaamaan ja lyhentämään. Tämän takia letkuja korjattaessa ja liitettäessä ovat letkut liian lyhyitä, jolloin letkuliittimet napsahtelevat irti toisistaan paineen vaikutuksesta. Letkut ovat myös ajoittain asennettu niin haastaviin taitoskohtiin, että ne ajan myötä rasittuvat ja reikiintyvät luukkuja auottaessa.

B-tyyppin viat aiheutuvat useimmiten laitteiden ikääntymisestä tai laitteiden huoltojen puutteellisuudesta, mitkä aiheuttavat mm. pölytiivisyongelmia. B-tyyppin vioille on ominaista laitteiden sisällä erilaiset häiriötilat, jotka puolestaan työllistävät huomattavasti yleismiestä ja kunnossapitohenkilöstöä, sillä häiriötiloja joudutaan aika ajoin purkamaan laitteiden sisältä. Tämän tyylliset viat eivät kirjaudu järjestelmään mitenkään muuten kuin Arttu-tietojärjestelmään korjaustöitä tehdessä.

## 7 TYÖN TULOKSET

Työn tarkoitus oli tutkia ja parantaa Ruukin terässulaton konverttereilla toimivien pudotusondilaitteiden tämänhetkistä toimintavarmuutta. Tällä hetkellä pudotusondilaitteiden toimintavarmuus ei ole halutulla tasolla, ja työn tarkoituksena oli löytää perimmäiset syyt toimintavarmuuden alhaiseen tasoon samalla tutkien toimintavarmuuden alhaisen tason taloudellisia ja tuotannollisia vaikutuksia.

Työn avulla löydettiin suuri määrä eri tekijöitä, joilla on suoranainen vaikutus pudotusondilaitteistojen toimintavarmuuteen. Tiedon keräämiseen eri toimintavarmuuteen vaikuttavista tekijöistä hyödynnettiin terässulaton henkilökunnan haastatteluiden avulla kerättyjä tietoja sekä Ruukin käyttämää Arttu-tietojärjestelmää. Toimintavarmuutta alentavien merkittävimpien tekijöiden löytämisen helpottamiseksi luotiin pudotusondilaitteiden toiminnasta vikapuumalli, missä kaikki laitteissa ilmenevät viat eroteltiin ja niille pyrittiin löytämään juurisyyt. Juurisyyden avulla oli helppo lähteä tutkimaan, mitkä tekijät aiheuttivat laitteiden toiminnassa toimintavarmuuden alenemista. Vikapuumallin käytön tehokkuutta vähensivät hieman puutteelliset lähtötiedot laitteiden toimintaan liittyvistä vioista ja häiriöistä, sillä laitteiden toiminnassa ilmenevien häiriöiden dokumentointi oli puutteellista.

### 7.1 Havainnot laitteiden tämänhetkisestä toiminnasta

Opinnäytetyön peruslähtökohtana oli se, ettei laitteiden toimintavarmuus tällä hetkellä ole halutulla tasolla ja tavoitteeksi asetettiin toimintavarmuuden parantaminen. Laitteistojen toimintaan tällä hetkellä liittyy päivittäisten epäonnistuneiden mittaustulosten lisäksi huomattava määrä päivittäin tai lähes päivittäin ilmeneviä häiriöitä ja vikoja, jotka työllistävät jatkuvasti terässulaton henkilökuntaa.

Alhaisen toimintavarmuuden vaikutuksia on analysoitu osana työtä ja tuloksista ilmeni, että alhainen toimintavarmuus aiheuttaa huomattavan määrän ylimääräisiä kustannuksia, mahdollista teräksen laadun heikkenemistä, konvertterin ylimääräistä kulumista, ylimääräistä ajan kulumista sekä terässulaton työntekijöiden asenteen huononemista laitteille tehtäviin huoltotoimenpiteisiin ja laitteiden käyttöön liittyen.

Laitteiden alhaiseen toimintavarmuuteen johtavia tekijöitä alettiin kerätä yhteen Arttu-tietojärjestelmästä sekä sulaton työntekijöitä haastatteleamalla. Suurin osa tiedonkeruusta tapahtui työntekijöitä haastatteleamalla. Haastatteluiden perusteella kerättiin yhteen kaikki tiedossa olevat viat, ja niiden juurisyitä alettiin selvittämään vikapuumallia hyödyntäen. Vikapuumallin avulla pystyttiin tämän jälkeen simuloimaan luotu malli ja tulosten perusteella saatiin suuntaa antava kuvaus laitteiden tämänhetkisestä toiminnasta ja siihen liittyvistä kriittisimmistä vikojen aiheuttajista.

Laitteiden toimintaa kuvaa hyvin viime aikojen mittausten keskimääräinen 80 % onnistumisprosentti, mikä ei ole lähellä haluttua tasoa. Tämän lisäksi laitteiden toimintaan liittyy huomattava määrä lähes päivittäin ilmeneviä häiriötiloja ja pienempiä vikaantumisia.

Vikapuumallin avulla saatujen tulosten perusteella saaduista suuntaa antavista tuloksista sekä haastatteluiden perusteella muodostuneen kuvan mukaan laitteiden toimintaan liittyy paljon erityyppisiä vikaantumisia tai toiminnan häiriöitä. Yleisimpiä näistä ovat todennäköisesti pudotuksen yhteydessä ilmenevät viat, jotka kuuluvat vikapuussa ”Muut viat” -ryhmään. Tämän tyyllisiä vikoja on tässä työssä kutsuttu A-tyyppin vioiksi ja niitä ilmenee päivittäin. B-tyyppin eli muita vikoja ja häiriöitä ilmenee myös nykyään huomattavasti enemmän kuin silloin kun laitteet olivat uusia.

A- ja B-tyyppin vikoja vertailtaessa ovat molemmat vikatyypit periaatteessa yhtä kriittisiä, mutta A-tyyppin vikojen vaikutus laitteiden toiminnan kannalta on hieman kriittisempi. Tämän takia A-tyyppin vikoja voidaan pitää hieman kriittisempinä, sillä ne aiheuttavat epäonnistuneita mittaustuloksia, joilla puolestaan on yleensä suuremmat seuraukset kuin B-tyyppin vikaantumisilla.

Vikapuumallin runko perustui erityylisten vikojen mukaiseen erotteluun ja nämä ryhmät olivat: mekaaniset, pneumaattiset, sähkö, sondi ja muut viat. Näihin ryhmiin alettiin kerätä jokainen tiedossa oleva vika ja niille haettiin juurisyitä. Vikapuumallin simuloinnin tuloksena saatiin kriittisimmäksi vikatyypiksi sähköviat, joita simuloinnin mukaan esiintyi eniten. Tämä tulos ei kuitenkaan pidä paikkaansa haastatteluiden ja tehtyjen tutkimusten mukaan. Eniten laitteiden toiminnassa ilmenee häiriöitä mittausten onnistumisprosenttiin liittyen, eli A-tyyppin vikoja, joita ilmenee päivittäin. Näistä suurin osa johtuu, joko muista vioista, tai sondivioista. B-tyyppin vikaantumisia esiintyy puolestaan tasaisesti kaikista vikaryhmistä, mutta haastatteluiden perusteella eniten ilmenee mekaanisia, pneumaattisia ja sähkövikoja. Tyypillisiä B-tyyppin

vikaantumisia ovat: erilaiset tukokset laitteiden sisällä, sondin käsittelykelkan liikkeiden vajuus, ilma- tai typpiletkujen vuodot ja yhteysvirheet.

Vikapuun tekeminen pudotussondilaitteistojen toiminnasta oli suhteellisen suuri urakka, mutta lopulta siitä saatiin suhteellisen tarkka ja kattava kuvaus laitteiden tämänhetkisistä vioista ja niiden aiheuttajista. Vikapuumallin tarkoituksena oli päästä käsiksi vikojen todellisiin aiheuttajiin eli vikojen juurisyihin. Luotua vikapuumallia tarkastelemalla huomaa nopeasti, mitkä juurisyöt ovat ne, jotka aiheuttavat laitteiden tämänhetkiseen toimintaan huomattavan määrän vikoja ja häiriöitä. Näistä yksi oli aiemmin jo mainittu laitteistojen ikääntyminen. Ikääntymisen lisäksi huomattava määrä vioista johtui laitteiden huoltojen puutteellisuudesta. Huoltojen puutteellisuudella tarkoitettiin laitteille huollossa, sekä niiden käynnin aikana tehtäviä huoltotoimenpiteitä, joihin on katsottu myös laitteiden puhdistus. Huoltojen puutteellisuudesta johtuen laitteiden pölytiivetyys on vuosien aikana huonontunut, sillä vaurioituneita tiivisteitä ei ole vaihdettu uusiin eikä manipulaattorien rakenne vastaa enään täysin alkuperäistä. Tästä johtuen laitteiden sisällä on huomattava määrä pölyä ja muuta likaa, jotka aiheuttavat huomattavan määrän laitteissa ilmeneviä häiriöitä, vikoja ja ennenaikaista osien kulumista.

Pudotuksen yhteydessä ilmenevät viat puolestaan johtuvat etenkin talvella sondien ja pommikoneen säilytyksestä liian kylmässä. Tällöin sondin johto on niin kohmeessa ettei sondi saavuta sulaa terästä ajallaan. Tämän lisäksi, pudotusrännin suuaukon skollaantuminen voi olla yksi merkittävä tekijä, joka aiheuttaa paljon epäonnistuneita mittaustuloksia. Muita yleisiä juurisyitä ovat: asennus- ja valmistusvirheet sekä sondien juuttumiset luukkujen väliin.

Yleisesti ottaen laitteiden toiminta tällä hetkellä sisältää suuren määrän vikoja ja häiriöitä, joilla on omat tuotannolliset ja taloudelliset vaikutuksensa. Erityylisten vikojen ja eri juurisyiden tutkiminen onnistuu helpoiten liitteenä löytyvästä vikapuusta, josta saa kattavan kuvan laitteiden toiminnassa ilmenevistä häiriöistä ja vioista.

## **7.2 Pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantaminen**

Työn yksi tärkeimmistä päämääristä oli löytää parannuskeinoja pudotussondilaitteistojen tämänhetkiseen toimintaan. Parannusehdotuksia lähdettiin kehittämään hyvin pitkälti

vikapuumallin kautta eri vikoja ja niiden juurisyitä tutkimalla. Tämän lisäksi parannusehdotuksia kehitettiin terässulaton työntekijöitä haastattelemalla.

Parannusehdotuksia pohtiessa ei ole pyritty löytämään uudenlaista mittausjärjestelmää tai mittausmenetelmiä, vaan on keskitytty pelkästään tällä hetkellä käytössä olevien pudotussondilaitteistoihin ja niiden toiminnan kehittämiseen.

### **7.2.1 Laitteistojen eristäminen**

Pudotussondilaitteistot toimivat tällä hetkellä konverttereiden yläpuolella olevalla tasolla ilman erillistä suojausta laitteistojen ympärillä. Tämän tyylinen toimintaympäristö on erittäin vaativa tämän tyyllisille laitteistoille, joiden toimintaan liittyy huomattava määrä erilaisia liikkeitä ja tarkkoja toimintoja. Talvisin laitteistot joutuvat toimimaan ajoittain erittäin kylmässäkin ilmassa.

Laitteistojen ikääntymisen myötä laitteistojen tiivisteet ovat kuluneet, jolloin laitteistojen sisätila altistuu pölylle ja lialle herkemmin. Konverttereiden ympäristössä likaa ja pölyä on erittäin suuret määrät, jolloin laitteiden altistuminen näille on hyvin todennäköistä ilman kunnollista suojausta.

Pudotussondilaitteistojen eristämällä taattaisiin laitteistolle tasainen toimintaympäristö ympäri vuoden. Eristetyssä ja lämmitetyssä tilassa laitteistot tulisivat toimimaan ympäri vuoden lämpimässä tilassa. Eristys laitteistojen ympärillä takaisi myös sen, että laitteistot altistuisivat pölylle merkittävästi vähemmän kuin tällä hetkellä.

Pöly ja lika ovat yksi merkittävimmistä toimintavarmuutta alentavista tekijöistä. Myös kylmällä ilmalla on havaittu suoranainen vaikutus mittausten onnistumisprosenttiin. Laitteistojen eristämällä molemmista yleisistä vikojen aiheuttajista päästäisiin eroon ainakin osittain. Eristetyn tilan rakentaminen pudotussondilaitteistojen ympärille ei kuitenkaan ole täysin yksinkertaista. Konverttereiden yläpuolinen alue on hyvin ahdas paikka ja sinne uuden rakentaminen ei ole helppoa. Tämän lisäksi rakentamisessa olisi otettava huomioon se, että laitteiden ympärillä on pystyttävä työskentelemään tarpeen vaatiessa laitteille tehtävien erilaisten huoltotoimenpiteiden, puhdistuksen, sondikasetin latauksen, viallisten sondien irrotuksen ja pudotussondilaitteistojen asennuksen takia. Tilan olisi myös oltava sellaista mallia, että sen katto olisi ainakin osittain aukeava tai siinä olisi jokin mekanismi, jotta uudet sondit saadaan toimitettua

nosturilla laitteistojen yhteyteen. Tämä aiheuttaa myös omat haasteensa eristystä toteutettaessa. Tilaa rakennettaessa on otettava huomioon myös se, että mahdolliset konvertterista nousevat kipinät voivat aiheuttaa tulipalovaaran.

### **7.2.2 Laitteistojen huoltotoimenpiteiden parantaminen**

Pudotussondilaitteistojen huollot tehdään tällä hetkellä suurimmaksi osaksi konverttereiden verstaalla kunnossapitohenkilöstön toimesta. Huoltotoimenpiteitä suoritetaan aina silloin, kun kyseisen sondilaitteistojen konvertteri on muurauksessa, jolloin pudotussondilaitteistoa ei tarvita. Huolloissa laitteiden toiminta käydään läpi ja havaitut viat korjataan. Tämän lisäksi laitteiden sisätilat puhdistetaan pahimmista pölyistä paineilmalla. Vaikkakin laitteille suoritetaan huoltotoimenpiteitä, on niissä havaittavissa huomattavia puutteita tällä hetkellä.

Yksi merkittävimmistä puutteista laitteistojen huoltotoimenpiteisiin liittyen tällä hetkellä on laitteistojen puhdistuksen vähyys. Laitteisto toimii erittäin pölyisissä olosuhteissa ja nykyisessä tilassa altistuu huomattavalle määrälle pölyä. Tämän lisäksi sondien pahviosista irtoaa laitteiden sisään pahvia, joka voi aiheuttaa erilaisia ongelmia laitteiden toiminnassa.

Pudotussondilaitteistojen käyttöohjekirjassa suositellaan viikoittain tehtäväksi kontaktorien puhdistus pulloharjalla sekä luukun puhdistus imuroimalla. Kontaktoreja ilmeisesti puhdistetaan silloin tällöin, muttei todellakaan riittävän usein. Luukun imurointia ei tällä hetkellä ole edes mahdollista suorittaa pudotussondilaitteistojen toiminta paikassa.

Pudotussondilaitteistojen puhdistamiseen olisi syytä kiinnittää enemmän huomiota. Tämä vaatii sen, että pudotussondilaitteistojen läheisyyteen on järjestettävä imurointimahdollisuus, mikä mahdollistaa viikoittain suoritettavat imuroinnit, luukun lisäksi laitteistojen sisältä. Säännöllisesti tehtävillä puhdistustoimenpiteillä voitaisiin vähentää laitteistojen ennen aikaista kulumista sekä erilaisten vikojen ja häiriöiden ilmenemistä laitteissa.

Puhdistustoimenpiteiden lisäksi laitteille verstaalla tehtävissä huoltotoimenpiteissä on parannettavan varaa. Nykyään laitteet käydään läpi verstaalla ja niiden liikkeet ajetaan läpi manuaaliajolla. Usein on käynyt kuitenkin niin, että pudotussondilaitteistojen tullessa huollosta takaisin käyttöön ei laitteisto toimikkaan halutulla tavalla, vaan osa linjoista voi olla yhä häiriössä.

Huoltotoimenpiteiden yhteydessä havaittujen puutteiden takia on verstaalla tehtäviä huoltotoimenpiteitä tarkennettava. Laitteistojen tullessa huoltoon on sen toiminta käytävä läpi entistä tarkemmin sekä vikoja korjattava entistä tarkemmin. Tällä hetkellä osa vioista sivuutetaan ainakin osittain huoltojen yhteydessä. Hyvänä esimerkkinä tästä on laitteistojen tiivisteiden viallisuus. Suurin osa tiivisteistä on enemmän tai vähemmän vikaantuneita eikä niitä juuri uusita huoltojen yhteydessä. Kaikki tällaiset toimenpiteet tulisi suorittaa huollossa, jotta laitteiden toiminta paranisi. Laitteistojen ilma- tai tyypiletkuissa on myös usein suuri määrä vikoja ja niitä ei kaikkia korjata verstaalla. Kun laitteiden toiminnassa havaitaan vikoja tai puutteita tulee niihin puuttua heti seuraavassa huollossa. Esimerkiksi vioittuneet ilma- ja tyypiletkut olisi syytä uusia tarpeen mukaan.

Verstaalla tehtävien huoltotoimenpiteiden tarkentamiseksi tulisi laitteilla tehtäviä koeajoja myös kehittää. Vaikka laitteistolle käsiajolla tehdyt koeajot ovat toimineet verstaalla, ei se takaa laitteistojen toimivuutta oikeissa olosuhteissa. Tämän takia, jos vain mahdollista, tulisi verstaalla tehtävistä koeajoista tehtävä mahdollisimman paljon tosi tilannetta vastaavat. Laitteistojen testiajot tulisi tehdä ehdottomasti sondin kanssa niin, että havaitaan laitteiden oikeaoppinen toiminta sondin kanssa. Tämän lisäksi testiajot tulisi tehdä samaan tapaan kuin laitteistojen normaalitilassa, eli liikkeet tapahtuvat automaattisesti eri käskyjen perusteella. Jos laitteisto olisi vielä mahdollista saada Multi-Labin kanssa yhteyteen verstaalla tehtävien koeajojen ajaksi, varmistaisi se laitteiden oikeanlaisen toiminnan myös verstaalta lähdön jälkeen. Tällä tavalla saataisiin varmistettua esimerkiksi se, että kontaktorit toimivat oikealla tavalla ja jokaisella linjalla saadaan yhteys järjestelmään ja laitteiden tekemät liikkeet saavuttaisivat tietyt rajat, jolloin toiminta olisi oikeanlaista.

Laitteille tehtäviä huoltotoimenpiteitä ei tällä hetkellä oikeastaan dokumentoida mitenkään. Arttu-tietojärjestelmään kirjataan eräänlainen kirjaus tehdystä työstä, mutta siitä ei käy ilmi mitä laitteelle tarkkaan ottaen on tehty. Yksi merkittävä kehitys tähän olisi erilaisten huoltotoimenpiteiden dokumentointi. Tässä laitteelle tehdyt huollot ja korjaukset dokumentoitaisiin ja laitteiden yleistä kuntoa voitaisiin kuvailla. Olennainen osa tätä dokumentointia olisi päivämäärät, milloin laitteelle on tehty mitään ja mitä vikoja on havaittu. Dokumentointi on tärkeä osa kunnossapitoa, minkä takia sen suorittaminen olisi ehdotonta. Dokumentointi voitaisiin tehdä esimerkiksi pelkistä verstaalla tehdyistä huoltotoimenpiteistä. Dokumentoinnin avulla laitteiden eri

vikojen vikaantumisaikoja voitaisiin saada selville, mitä kautta laitteelle voitaisiin suorittaa ennakkohuoltotoimenpiteitä.

Pudotussondilaitteistojen käyttöohjekirjan mukaan on kontaktoreiden vaihtoväliksi suositeltu 2 500 mittausta. Tässä tapauksessa olosuhteiden ollessa vielä huonommat ja puhdistuksessa ilmenevien puutteiden takia voisi vaihtoväli olla lyhyempikin. Tällä hetkellä kontaktorit vaihdetaan muutaman kerran vuodessa, mikä on suhteellisen lähellä 2 500 mittauksen suositusta. Kontaktorien vaihtoväliä olisi kuitenkin syytä tarkentaa. Kontaktoreilla tehtävien mittausten määrää voidaan järjestelmästä seurata, sillä sinne rekisteröistyy tieto, siitä kuinka monta mittausta miltäkin linjalta on tehty. Kontaktoreilla tehtävien mittausten määrää voisi esimerkiksi sähkökunnossapidon työjohto seurata ajoittain ja seurannan mukaan kontaktoreiden vaihto voitaisiin suorittaa ajallaan. Tämä takaisi sen, ettei kontaktoreiden ikääntymisestä ilmeneviä ongelmia olisi niin paljoa. Esimerkiksi tällä hetkellä 2. konvertterin pudotussondilaitteistolla yksi linja on jouduttu ottamaan pois käytöstä, koska sillä ei saada kontaktia järjestelmään. Tämä viittaisi hyvin todennäköiseen kontaktorivikaan.

### **7.2.3 Palosuojauksen parantaminen**

Pudotussondilaitteistot ovat yhteydessä pudotusrännin kautta konvertteriin. Tämä mahdollistaa sen, että ilman palosuojauksia konvertterista nousevat kipinät nousevat laitteistojen sisään aiheuttaen johtojen ja etenkin ilma- tai tyypiletkujen palamista. Pudotussondilaitteisto on varustettu paloluukuilla sekä ylipaineella, joiden avulla kipinöiden määrä pyritään minimoimaan. Tämän lisäksi pudotusrännissä on paloluukku ja kaasusuuttimet konvertteriin päin, joilla kipinöiden nousua koneeseen pyritään estämään. Pudotussondin pudotuksen yhteydessä paloluukut jäävät pakostakin auki asentoon, sillä johdon sondille on kuljettava jostain eikä kaasusuuttimien avullakaan pudotussondilaitteistoja ole saatu täysin suojatuksi vaikkakin kaasusuuttimet toimivat ilmeisesti suhteellisen hyvin. Tämän takia laitteistoista on haastavaa tehdä täysin palosuojattuja.

Koska palosuojauksesta ei voida tehdä täysin palosuojattua, olisikin syytä lähteä pohtimaan keinoja, joilla kipinöiden aiheuttamia vahinkoja voidaan minimoida. Paloluukkujen toiminta on yksi olennainen osa laitteiden toimintaa, mutta niissä ilmenee häiriöitä erinäisistä syistä. Kipinöiden päästessä laitteiden sisään aiheuttavat ne usein ilma- tai tyypiletkujen puhkeamisia, joiden takia



esimerkiksi sylintereiden liikkeet eivät ole halutun tapaisia. Yksi olennainen osa palosuojauksen parantamista olisi laitteiden sisällä vallitsevan ylipaineen säilyttäminen, mikä voidaan saavuttaa perusteellisilla huoltotoimenpiteillä. Mutta tätäkin tärkeämpi suojauskeino on pudotusränniin asennetut kaasusuuttimet, jotka toimivat ilmeisesti hyvin. Suuttimet puhaltavat konvertertiin päin kaasua, joka estää kipinöiden nousun pudotussondilaitteistoiden sisään pudotusrännin kautta. Suuttimien toimintaan liittyvät häiriöt johtuvat useimmiten käyttäjien huolimattomuudesta. Tällöin huoltotoimenpiteiden yhteydessä suljettu venttiili on unohdettu avata, kun laitteistot on jälleen otettu käyttöön, mikä mahdollistaa kipinöiden nousun laitteistoille paloluukkujen ollessa auki.

Tällä hetkellä laitteissa olevat ilma- ja tyypiletkut ovat vanhoja, mikä altistaa niitä entisestään kipinöiden aiheuttamille vaurioille. Olisikin syytä miettiä typpi- ja ilmaletkujen perusteellista uusimista. Letkujen tämänhetkisessä toiminnassa on ongelmana myös letkujen sijainti laitteiston sisällä. Ne ovat usein sellaisissa paikoissa, missä niitä ei voida korjata ja ne altistuvat esimerkiksi luukkujen aukaisemisen yhteydessä rasituksille, jotka puolestaan aiheuttavat ajan myötä murtumisia ja letkuvuotoja. Laitteiden ilma- ja tyypiletkujen uusimisen yhteydessä voitaisiin tulevaisuudessa käyttää letkuja, jotka kestäisivät kipinöitä tai tulta. Vaikkakin palosuojatut letkut voivat olla hinnaltaan kalliimpia, olisivat ne käyttöikältään todennäköisesti parempia.

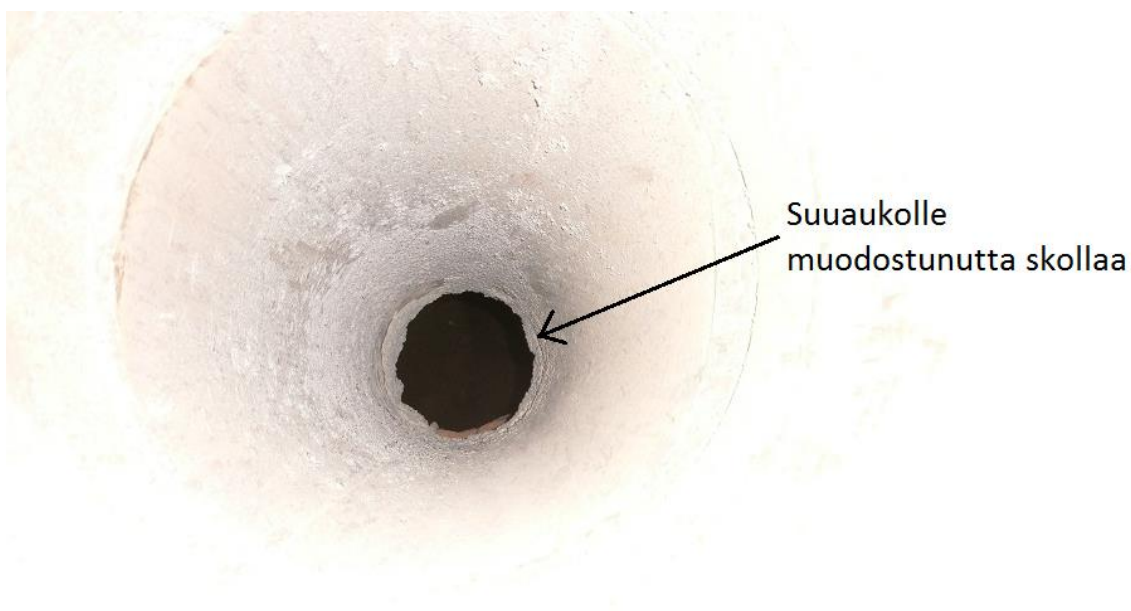
Uusien letkujen asennuksen yhteydessä on syytä huomioida, miten ja mihin letkut asennetaan. Kuten aiemmin mainittu, on tämänhetkisten letkujen korjaaminen joskus mahdotonta ja tietyissä kohdissa ne altistuvat luukkujen aukomisen yhteydessä ylimääräisille rasituksille. Myös letkujen kiinnitykseen on syytä kiinnittää huomiota. Ilma- ja tyypiletkut ovat tällä hetkellä suhteellisen heikossa kunnossa, joten letkujen uusiminen olisi aiheellista. Pudotusrännissä olevien kaasusuuttimien toimintaa olisi syytä jatkossa tutkia hieman tarkemmin. Tällä hetkellä suuttimet toimivat ilmeisesti suhteellisen hyvin ja kipinöitä pääsee pudotussondilaitteistoille vain silloin, kun suuttimien venttiili on kiinni. Suuttimien toiminnasta ei kuitenkaan olla varmoja mutta oletettavasti ne suojaavat pudotussondilaitteistoja hyvin. Olisikin syytä miettiä sitä, voitaisiinko kahdella suutinjärjestelmällä tehdä pudotussondilaitteistoista yhä paremmin palosuojattuja.

#### **7.2.4 Pudotusrännin kehitys**

Vuosien saatossa pudotusrännien toimintaa on pyritty kehittämään eri keinoin. 2. konverterilla päästiin parempiin mittaustuloksiin, kun pudotusrännin pudotuskulmaa muutettiin. Samaisella

konvertterilla pudotusrännin halkaisijaa on myös pienennetty. Pudotusrännin halkaisijan pienentämisellä ei ole saavutettu ilmeisen suurta parannusta. Halkaisijan pienentyminen aiheuttaa puolestaan enemmän pudotusrännin suuaukon skollaantumista johtuvia rännin tukkiutumisia. Tämän takia jatkossa olisi syytä keskittyä pudotusrännin pudotuskulman muutokseen, jos halutaan saavuttaa yhä parempia sondin pudotuskohtia konverttereihin.

Pudotusrännin suuaukolle muodostuva skolla on mahdollisesti yksi tekijä, joka aiheuttaa epäonnistuneita mittaustuloksia (kuva 22). Sondin tippuessa suuaukolla oleva skolla voi muuttaa sondin putoamissuuntaa, jolloin sondi voi päätyä suoraan happisuihkuun aiheuttaen epäonnistuneen mittauksen.



*KUVA 22. Pudotusrännin suuaukko pudotusrännin sisältä kuvattuna*

Pudotusrännin suuaukko sijaitsee pölynpoistohuuvan sisällä, jolloin suuaukolle pääsee muodostumaan skollaa. Skollaa puhdistetaan suuaukolta silloin tällöin, mutta puhdistuskertoja tulisi muuttaa säännöllisemmiksi. Pudotusrännin suuaukon puhdistus voidaan suorittaa tarkistusluukusta, joka sijaitsee suuaukon läheisyydessä. Säännöllisillä suuaukon puhdistuksilla voitaisiin suuaukolla olevan skollan vaikutusta mittausten onnistumisprosenttiin vähentää.

Puhdistuskertojen säännöllistämisen lisäksi pudotusrännin suuaukon alapuolelle voidaan harkita suoja levyä. Suoja levy voisi olla tietynlainen sokeointipelti, joka sulkeutuisi aina kun mittausta ei

tehdä. Sokeointi toimisi esimerkiksi paineilmasylinterillä ja siihen olisi kiinnitetty teräksinen suojaapelti. Suojaapelti avautuisi aina silloin, kun mittausta aletaan suorittamaan. Mittauksen jälkeen suojaapelti ajettaisiin automaattisesti takaisin 0-asentoon suojaamaan pudotusrännin suuaukkoa. Tämä vähentäisi suuaukolle muodostuvan skollan määrää huomattavasti. Täten skollan vaikutusta pudotussondilaitteistolla tehtyihin mittauksiin voitaisiin minimoida. Tämän tyylisen sokean valmistaminen voi kuitenkin olla suhteellisen haastava toteuttaa ja ennen sen valmistamista olisi skollan vaikutuksista mittausten onnistumisprosenttiin saatava varmempia tuloksia.

### **7.2.5 Pudotussondilaitteistojen ja mittasondien säilytyslämpötilan parantaminen**

Kylmällä ilmalla on havaittu olevan suoranaisten vaikutus mittausten onnistumisprosenttiin. Kylmän ilman takia sondien johdot pääsevät kohmettumaan, minkä takia sondien johto ei oikene riittävästi pudotuksen yhteydessä, jolloin mittaustulos jää saamatta. Tämän vuoksi on syytä miettiä keinoja, joilla olosuhteet saadaan paremmiksi.

Sondien säilytys tapahtuu nykyään ulkovarastossa, jossa ei ole lämmitystä. Tämän jälkeen sondit toimitetaan häkeissä konverttereille, missä lämpötila talvisin on yleisesti ottaen sama kuin ulkona. Tämän jälkeen häkit nostetaan pudotussondilaitteistojen läheisyyteen, mistä ne panostetaan kasettiin käsin. Välivarastoina toimivat häkit ovat varustettu lämpöseinillä. Häkkien ollessa kuitenkin aukinaisia toiseen suuntaan ja konverttereilla käyvän huomattavan vedon takia lämpöseinä ei saa lämmitettyä sondeja riittävästi kylmällä ilmalla, jotta niiden toimivuus olisi varmaa.

Kylmällä ilmalla pudotussondit ovat lähes jatkuvasti kylmän ilman vaikutuksen alaisina, mikä aiheuttaa sondien johdon kohmettumista. Pudotussondilaitteistot ovat varustettu lämpövastuksilla, joiden tämänhetkinen sijoittelu ei kuitenkaan auta sondien lämmitykseen juurikaan. Tämän lisäksi laitteistojen huonojen tiivisteiden ja ylipaineen takia lämmin ilma puhaltuu useimmiten ulos laitteesta. Pudotussondilaitteistojen sisällä on käytetty lämpövastusten lisäksi kylmällä ilmalla lisäpuhaltimia lämpötilan nostamiseksi, mutta niillä ei ole uskottu olevan suurta apua. Pudotussondilaitteistojen sisätilan lämmityksen parantaminen ei pelkästään auttaisi ongelmaan, sillä osa sondeista ei ehdi kuitenkaan lämmitä kasetissa niin paljoa, että johto notkistuisi tarpeeksi.

Koska kylmällä ilmalla on havaittu suoranainen vaikutus sondien toimintaan, on sondien säilytys saatava lämmitettyihin tiloihin, jolloin niiden toiminta paranee. Lämmitetty sondivarasto voisi olla esimerkiksi sondin läheisyydessä oleva välivarasto, missä sondit ehtisivät lämmetä ennen kasettiin latausta. Huomioitavaa välivarastoa suunniteltaessa on se, että varasto olisi jotenkin umpinainen, jolloin konverttereilla käyvä veto ei tee lämmityksestä turhaa. Kasetissa ja pudotussondilaitteistossa tulisi myös olla lämmityslaitteet, jotta sondit varmasti toimivat oikein. Lämmityslaitteiden toimivuuden kannalta olennainen osa on tiivisteiden kunnan varmistaminen sekä lämpövastusten oikeanlainen sijoittaminen. Sondien ulkovaraston ei välttämättä tulisi olla lämmitetty, mutta sondien tulisi olla jossain välivarastossa niin lämpimässä, että varmistetaan sondin johdon notkeus mittaushetkellä.

### **7.2.6 Pudotussondien kehitys**

Pudotussondien toiminta on olennainen osa onnistunutta mittaustulosta. Pudotussondien toiminta tällä hetkellä on suhteellisen hyvää eikä suuria kehittämiskohteita ole tiedossa. Yksi asia, johon tulevaisuudessa tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota, on pudotussondien johtojen pituus.

Tällä hetkellä käytetään Mekinorin ja Electro-Niten valmistamia mittasondeja. Näiden välillä on johdon pituuden suhteen kahden metrin pituusero. Mekinorin johto on noin 24 metriä pitkä, kun taas Electro-Nitellä johdon pituus on noin 26 metriä. Kylmällä ilmalla Electro-Niten sondien sanotaan toimivan paremmin kuin Mekinorin, mihin syynä voi olla juurikin johdon pituus vaikka Mekinorin johto on huomattavasti notkeampaa verrattuna Electro-Niten johtoon. Tulevaisuudessa voitaisiin painottaa sondivalmistajille johtojen pituuden lisäämistä ainakin siinä tapauksessa, jos testipudotuksen avulla voidaan todistaa, että johtojen pituudet eivät ole riittävän pitkät niiden käyttötarkoitukseen.

### **7.2.7 Pudotussondilaitteistojen käyttöön liittyvä kehitys**

Pudotussondilaitteistojen heikko toimintavarmuus alkaa näkyä terässulaton työntekijöiden suhtautumisessa laitteiden toimintaan. Laitteiden toiminnassa ilmeneviin vikoihin suhtaudutaan hieman välinpitämättömästi eikä jatkuvasti ilmeneviin häiriöihin jakseta puuttua.

Pudotussondilaitteistojen käyttäjät työskentelevät konvertteriohjaamossa ja heitä kutsutaan konvertterioperaattoreiksi. Konvertterioperaattorit antavat laitteelle mittauskäskyjä tarpeen

mukaan ja tulkitsevat laitteiden antamia tuloksia. Operaattori on yleensä se henkilö, joka havaitsee ensimmäisenä häiriön laitteiden toiminnassa. Ongelmat ilmenevät joidenkin linjojen menemisenä häiriötiloihin. Operaattori voi myös havaita, että jonkin konvertterin jonkin pudotussondilaitteistojen linja ei ole kunnossa. Tämä ilmenee useina epäonnistuneina mittausyrityksinä peräkkäin.

Laitteistojen huonon toimintavarmuuden ja häiriöiden takia ei käytön yhteydessä ilmeneviin häiriöihin mittausten yhteydessä välttämättä reagoida mitenkään. Tiedetään paljon tapauksia, missä operaattori havaitsee, että laitteiden kaikki linjat eivät toimi oikein mutta asiasta ei ilmoiteta yleismiehelle. Yleismiehen kautta tieto etenee tarvittaessa eteenpäin. Operaattorit suorittavatkin usein ns. turhia mittauksia joillain linjalla, vaikka tietävät että kyseinen linja ei toimi oikealla tavalla.

Konvertterioperaattorien ja kentän välistä yhteyttä olisikin saatava paremmaksi. Operaattorilta tulisi välittyä tieto välittömästi eteenpäin, kun havaitaan ongelmia jollain pudotussondilaitteistolla. Nykyään käy kuitenkin usein niin, että operaattori vain ilmoittaa päivän päätteeksi, ettei jokin pudotussondilaitteistojen linjoista ole toiminut koko päivänä kunnolla. Tällöin on jo ehditty tehdä suuri määrä ns. turhia epäonnistuneita mittauksia.

### **7.3 Yhteenveto parannuskeinoista**

Pudotussondilaitteistojen toiminta tällä hetkellä ei ole halutulla tasolla. Laitteistojen tämänhetkiseen toimintaan liittyen on olemassa kuitenkin huomattava määrä erilaisia parannuskeinoja, joita on esitetty osana tätä opinnäytetyötä. Parannuskeinoja toteuttamalla voidaan laitteistojen toimintavarmuutta parantaa tulevaisuudessa.

Parannuskeinojen avulla saatavia hyötyjen määrää on suhteellisen haastavaa arvioida etukäteen, mutta voidaan olettaa, että niitä toteuttamalla laitteissa ilmenevien vikojen ja häiriöiden määrää saadaan laskettua huomattavasti ja mittausten onnistumisprosenttia parannettua.

## 8 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Työssä keskityttiin pudotussondilaitteiden tämänhetkisten vikojen ja häiriöiden keräämiseen ja näiden juurisyiden selvittämiseen. Juurisyiden avulla pyrittiin löytämään keinoja, joilla pudotussondilaitteistojen toimintavarmuutta voitaisiin parantaa. Seuraavassa käydään läpi sellaisia asioita, joita ei opinnäytetyön yhteydessä erikseen käsitelty mutta ne saattaisivat olla keinoja, joilla toimintavarmuutta pystytään parantamaan tulevaisuudessa.

Pudotussondilaitteistojen toiminta ei ole koskaan ollut sillä tasolla kuin sen on haluttu olevan. Laitteiden toiminnan parantamiseksi on tehty muutamia erilaisia toimenpiteitä, joilla toimintaa on pyritty parantamaan. Näitä asioita ovat esimerkiksi pudotusränniin liittyvät kehitysyritykset liittyen pudotuskulmaan ja pudotusrännin halkaisijaan. Pudotussondilaitteistojen pudotusrännin halkaisijaa on 2. konvertterin kohdalla pienennetty. Tällä on pyritty saavuttamaan tarkempaa sondin putoamispistettä sulassa teräksessä. Putoamispisteen paranemista on haastava todeta, onko se parantunut vai ei, mutta halkaisijan pienenemisen johdosta on kyseinen pudotusränni herkempi tukkiutumaan sondeista. Tämän takia jatkossa ei pudotusrännien halkaisijaa kannata lähteä pienentämään. Aikoinaan pudotuskulmaa muuttamalla puolestaan saavutettiin huomattava mittausten onnistumisprosentin paraneminen 2. konvertterilla.

Koska pudotusrännin halkaisijan muutokseen liittyy riskejä ja jos putoamispistettä halutaan tarkentaa ja parantaa tulevaisuudessa, olisi syytä keskittyä ennemminkin pudotuskulman muutokseen. Jos pudotuskulman muutos havaitaan suhteellisen helpoksi toteuttaa, voidaan pudotusrännien pudotuskulman muutoksia yrittää jatkossa useamminkin ja lopulta asettaa kulma siihen, missä parhaat tulokset ovat saatu.

Pudotusränniin liittyvien kokeilujen lisäksi olisi jatkossa syytä toteuttaa kokeilujaksoja sondivalmistajien sondien välillä. Mekinorin valmistaman ja Electro-Niten sondien välillä on havaittu eroavaisuuksia. Sondeja tarkasteltaessa voidaan havaita, että Mekinorin valmistamissa sondeissa johto on huomattavasti notkeampaa, mutta se on puolestaan noin kaksi metriä lyhyempi kuin kilpailevan Electro-Niten sondeissa. Työntekijöiden haastattelujen mukaan Mekinorin sondia käytettäessä erittäin kylmällä säällä lisääntyy epäonnistuneiden mittausten määrä huomattavasti. Näihin syyksi oletetaan johdon kylmenemisen takia tapahtuva johdon

kohmettuminen. Tällöin sondi ei saavuta sulaa terästä ajallaan. Työntekijöiden mukaan Electro-Niten sondi toimii puolestaan kylmällä säällä paremmin. Sondien välisiä eroja on olemassa, mutta niiden todellisia eroja on haastava todeta ilman testaamista.

Sondivalmistajien välisten erojen varmistamiseksi tulevaisuudessa tulisi järjestää testijakso kahden eri valmistajan kesken. Tässä testijaksossa käytettäisiin ensin pelkästään toisen valmistajan sondeja esimerkiksi ensimmäiset 3 viikkoa, jonka jälkeen toisen valmistajan sondeja toiset 3 viikkoa. Tehtyjen mittausten perusteella voitaisiin havaita mahdollisia eroavaisuuksia mittausten onnistumisprosentissa. Huomioitavaa testijaksolle on se, että testi on tehtävä tietyn konvertterin yhteydessä toimivalla pudotussondilaitteistolla, ja sääolosuhteiden tulisi olla mahdollisimman samanlaiset. Näiden lisäksi pudotussondilaitteistojen kontaktorit esimerkiksi voitaisiin vaihtaa uusiin ennen jaksoa, jolloin ulkoisten tekijöiden vaikutus olisi mahdollisimman vähäinen.

Sondien pudottamisen yhteydessä etenkin talvella on johdon pituudella ilmeisen tärkeä vaikutus mittauksen onnistumiseen. Haastatteluiden yhteydessä on myös tullut vastaan se, että Electro-Niten sondien käyttö on suositeltua silloin, kun konvertterin muuraus on kulunut, ja sulan aineksen pinta hieman alempana normaalista. Tämä johtuu Electro-Niten valmistaman sondin johdon pituudesta verrattuna Mekinorin sondiin.

Sondien johtojen käyttäytymistä kylmässä sekä muutenkin pudotuksen yhteydessä tulisi myös testata. Tämä voisi tapahtua muutamilla koepudotuksilla, jotka pitää tehdä silloin kun yksi konvertteri on palautumassa tuotantoon, eli sille on suoritettu uusi muuraus mutta sitä ei ole vielä otettu käyttöön. Tällöin konvertteri ei ole kuuma, jolloin sinne voidaan suorittaa testipudotuksia. Testipudotusten avulla tyhjään konvertteriin voitaisiin tarkastella, kuinka sondi käyttäytyy konvertteriin pudotessaan. Testijakso voitaisiin suorittaa esimerkiksi talvella ja sondeja voitaisiin vaikka erityisesti kylmentää ennen koepudotusta, jolloin nähtäisiin onko johdon kohmettumisella suuri vaikutus mittaukseen. Samalla voitaisiin vertailla myös sondivalmistajien eri sondien käyttäytymiseen liittyviä eroavaisuuksia kylmissä olosuhteissa tai tavallisissa olosuhteissa. Koepudotukset voitaisiin vaikka kuvata erillisillä kameroilla, jotka asetettaisiin konvertterin sisään.

Muita tulevaisuudessa yrittämisen arvoisia koejaksoja voisi olla esimerkiksi kontaktorien iän vaikutuksen tarkastelua laitteiden toimintaan. Tämentylyisessä testissä tulisi uusia tietyn

laitteiston kontaktorit kerrallaan ja kirjata aika ylös. Tämän jälkeen voidaan tarkastella, tapahtuuko mittausten onnistumisprosentissa merkittävää muutosta. Laitevalmistajan mukaan kontaktorit tulisi vaihtaa 2 500 mittauksen välein ja niille tulisi suorittaa viikoittainen puhdistus.



## 9 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö on tehty konverttereiden pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantamiseksi. Työn peruslähtökohtana oli Raahen terästehtaan terässulaton konverttereilla toimivien pudotussondilaitteistojen huono toimintavarmuus. Tämä työ osoittaa erinomaisesti pudotussondilaitteistojen tämänhetkiseen toimintaan liittyvät ongelmat ja niiden aiheuttajat. Toimintaa tällä hetkellä kuvaa suuri laitteiden toiminnasta luotu vikapuumalli, jonka avulla löydettiin vikojen perimmäiset syyt eli juurisyyt. Juurisyytä tarkastelemalla havaittiin, mitkä ovat niitä tekijöitä, jotka aiheuttavat laitteiden toiminnassa eniten häiriöitä.

Laitteiden tämänhetkiset viat voidaan jakaa A- ja B-tyypin vikoihin, joista A-tyypin viat ovat kriittisimpiä, vaikka molemmat vaikuttavat laitteiden toimintaan ja sitä kautta toimintavarmuuteen. Yleisimmät häiriöt ovat laitteiden mittausprosessin yhteydessä tapahtuvia päivittäisiä mittausten epäonnistumisia. Näiden lisäksi laitteiden toimintaan liittyy huomattava määrä erilaisia vikoja, jotka liittyvät lähinnä laitteiston sisäisiin toimintoihin. Nämä viat ja häiriöt ilmenevät laitteissa erilaisina vikoina, tukkiutumisia, liikkeiden takerteluina ja muina häiriöinä. B-tyypin viat työllistävät huomattavasti sulaton henkilökuntaa ja samalla turhauttavat heitä.

Vikapuumallia tutkimalla pystyttiin helposti tarkastelemaan eri vikoja ja häiriöitä ja niiden juurisyytä. Vikapuumallin avulla havaittiin nopeasti, mitkä juurisyyt aiheuttavat eniten vikaantumisia. Vikapuumallin simuloinnin sekä silmämääräisen tarkastelun kautta voitiin havaita, että suurin osa tämänhetkiseen toimintaan liittyvistä vioista aiheutuu laitteiden huoltojen puutteellisuudesta, laitteiden ikääntymisestä sekä sondien ja pudotussondilaitteistojen alhaisesta lämpötilasta. Muita vikojen yleisiä aiheuttajia ovat asennusvirheet, palosuojauksen pettäminen ja sondien valmistusvirheet. Pudotusrännin suuaukolle muodostuva skolla on mahdollisesti myös yksi todella merkittävä vikojen aiheuttaja.

Vikapuumallin avulla saatiin selvitettyä laitteiden toiminnassa ilmenevien vikojen ja häiriöiden juurisyyt, joiden avulla oli helppo alkaa miettiä, millä keinoin juurisyyden ilmenemistä voitaisiin vähentää. Tätä kautta laitteiden toimintaan alettiin hakea eri keinoja, joilla voitaisiin parantaa tämänhetkistä toimintavarmuutta ja samalla mittausten onnistumisprosenttia. Lopputuloksena syntyi huomattava määrä erilaisia keinoja, joiden avulla laitteiden toimintavarmuutta

tulevaisuudessa voidaan parantaa. Esitetyt kehitysehdotukset ovat enemmänkin kehitysideoita kuin tarkkoja suunnitelmia siitä, mitä tulisi muuttaa ja miten. Kehitysideoiden avulla onkin tarkoitus ohjata laitteiden toimintaa tulevaisuudessa entistä parempaan suuntaan. Toimintavarmuutta parantavien kehitysideoiden lisäksi on osana työtä mietitty erilaisia jatkokehitysmahdollisuuksia, joiden avulla toimintaa voitaisiin testata ja sitä kautta parantaa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön avulla on saatu tarkka kuvaus pudotussondilaitteistojen tämänhetkisestä toiminnasta ja siihen liittyvistä erilaisista häiriöistä ja vioista. Siinä on tarkasteltu vikojen ja häiriöiden tuotannollisia ja taloudellisia vaikutuksia. Vioille ja häiriöille on haettu juurisyitä vikapuumallin avulla. Juurisyiden avulla laitteiden toimintavarmuuden parantamiseksi mietittiin erilaisia keinoja, ja lopulta kehitysideoita syntyi huomattava määrä. Näitä kehitysideoita toteuttamalla voidaan laitteissa ilmenevien vikojen ja häiriöiden määrää vähentää sekä mittauksen onnistumisprosenttia parantaa tulevaisuudessa. Toisin sanoen kehitysideoita toteuttamalla voidaan laitteiden tämänhetkistä toimintavarmuutta parantaa tulevaisuudessa.

Työn tulosten perusteella voidaan havaita pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden olevan sillä tasolla, että sille on tehtävä jotain. Pudotussondilaitteistojen tämänhetkistä toimintavarmuutta kuvaa hyvin luotu vikapuumalli, josta voidaan huomata, kuinka suuri määrä erilaisia vikoja ja häiriöitä laitteiden toimintaan liittyy. Tämän lisäksi vikapuumallin simuloinnin suuntaa antavat tulokset kertovat sen, kuinka heikolla tasolla laitteen toiminta on tällä hetkellä. Tätä kuvastaa hyvin simuloinnin avulla saatu 84 %:n epäluotettavuusprosentti.

Pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantamiseksi on syytä harkita esimerkiksi opinnäytetyössä esitettyjä parannusideoita tämän hetken toimintaan, sillä niiden avulla toimintavarmuutta pystytään todennäköisesti nostamaan tulevaisuudessa kohti haluttua tasoa. Opinnäytetyössä esitettyjen parannusehdotusten avulla toimintavarmuutta voidaan todennäköisesti kohottaa jatkossa, mutta toimintavarmuuden saaminen halutulle 95 %:n tasolle vaatii todennäköisesti suurempia toimenpiteitä, kuten laitteistojen täydellisen perushuollon tai laitteistojen uusimisen.

## LÄHTEET

Heraeus-Electro-Nite, QuiK-Tap Sondien pudotusjärjestelmän käyttö-, asennus- ja toimintaohjekirja. 1999. V.2.00 98/279.

Heraeus-Electro-Nite. 2013. Suomi, Finland. Hakupäivä 17.12 2012

[http://heraeus-electro-nite.com/en/locationscontact/suomi/finland\\_suomi.aspx](http://heraeus-electro-nite.com/en/locationscontact/suomi/finland_suomi.aspx)

Järviö, J. 2006. Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10, 3. uudistettu painos, elokuu 2006. Kunnossapitoyhdistys ry. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Ollila, S. Lilja, J. PDF-tiedosto 2000. Direct Tapping of BOF Using an Automated Drop In Sensor System at Rautaruukki OYJ, Raahe Steel Works Finland. Hakupäivä 24.1 2013.

Ollila, S. Prokkola, E. PowerPoint-tiedosto 2005. Rautaruukki Oyj. Pudotussondilaitteistojen käyttökoulutus. Hakupäivä 21.1 2013.

Ollila, S. 2013 Excel-tiedosto. Rautaruukki Oyj. Taulukoita pudotussondilaitteistolla tehdyistä mittauksista, "tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls".

Ollila, S., terästuotannon teknologia ekspertti, Terästuotannon kehitys, Rautaruukki Oyj. 2012 - 2013. Sovittujen tapaamisien yhteydessä suoritettavat haastattelut talven 2012 ja kevään 2013 aikana. Terässulatto, Raahe.

Pärkkä, H., kehitysinsinööri, Terästuotanto, Rautaruukki Oyj. 2013. Sovittujen tapaamisien yhteydessä suoritettavat haastattelut keväällä 2013. Terässulatto, Raahe.

Ramentor Oy. 2013. ELMAS 4 käyttöohje, versio 4.4 2011. Hakupäivä 28.4 2013.

[https://extranet.ramentor.com/webELMAS/ELMAS\\_4\\_Ohje.html](https://extranet.ramentor.com/webELMAS/ELMAS_4_Ohje.html)

Ramentor Oy. 2013. ELMAS- Tapahtumalogiikan mallinnus ja arviointi. Hakupäivä 21.1 2013.

<http://www.ramentor.com/etusivu/tuotteet/elmas/>

Rautaruukki Oyj. 2012. Tietoa yhtiöstä. Hakupäivä 10.12 2012.

<http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/>

Rautaruukki Oyj, intranet. Raahen terästehtaan esittelymateriaalit, Konverterit 04/2008. Sisäinen lähde. Hakupäivä 12.12 2012.

Rautaruukki Oyj, intranet. Raahen terästehtaan esittelymateriaalit, Ruukin teräsliiketoiminta 04/2012. Sisäinen lähde. Hakupäivä 12.12 2012.

Rautaruukki Oyj, intranet. Raahen terästehtaan esittelymateriaalit 2012, Terästuotanto, Raahen. Sisäinen lähde. Hakupäivä 12.12 2012

Rautavaaran koulukeskus. 2013. Teräksen valmistuksen teoretieto. Hakupäivä 08.01 2013.

<http://www.rautavaara.fi/koulut/oppima/metallit/fevalmistus.html>

Teräskirja 2009. 8. painos, Metallinjalostajat ry, Esa Print Oy, Tampere 2009.

Terässulaton käyttö- ja kunnossapitohenkilöiden haastattelut kevät 2013. Rautaruukki Oyj. Terässulatto, Raahen.

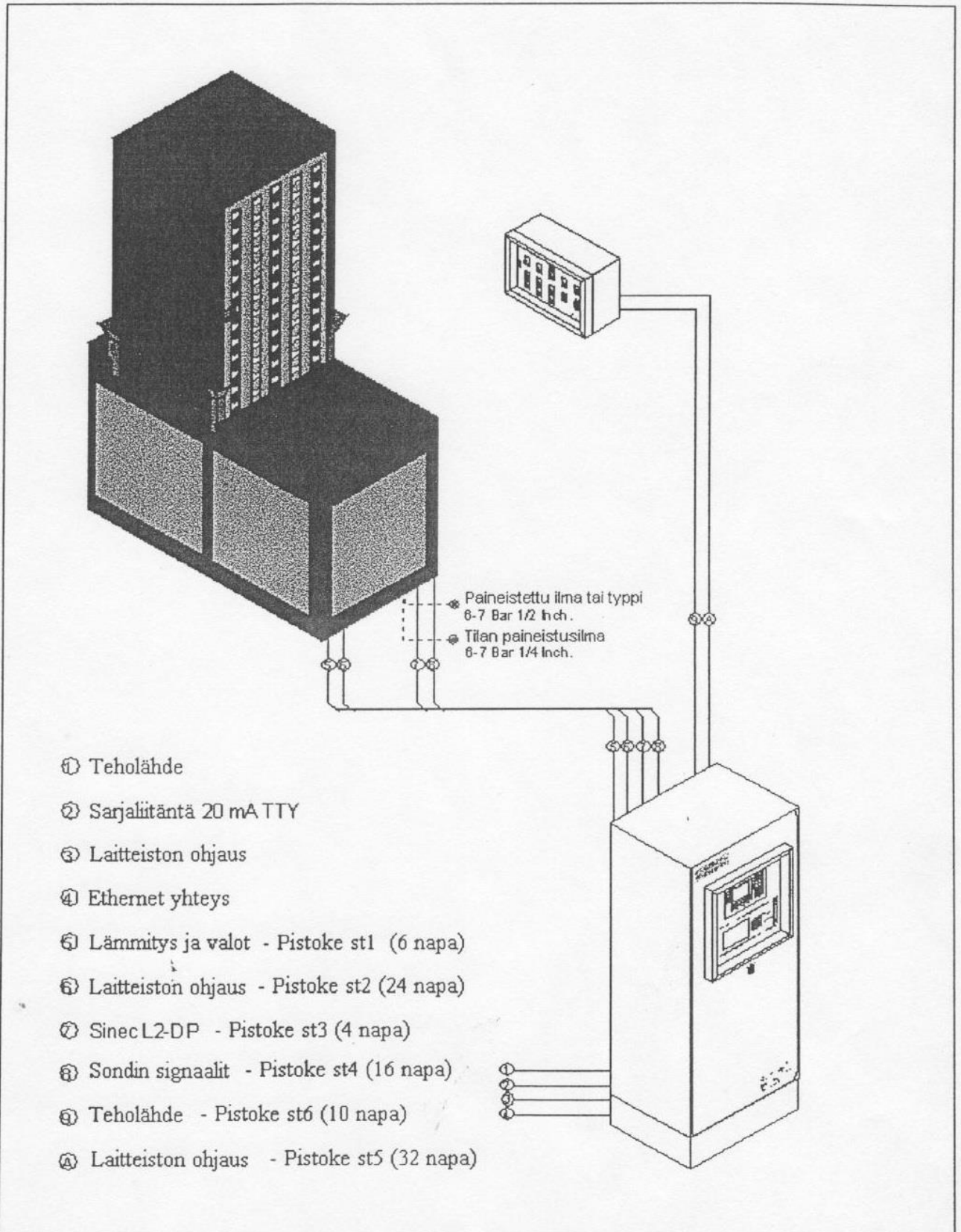
Tuomikoski, H., teräksen valmistuksen kehitysteknikko, Rautaruukki Oyj. 2013. Sovitun tapaamisen yhteydessä suoritettu haastattelu joulukuussa 2012. Terässulatto, Raahen.

## LIITTEET

- Liite 1. Järjestelmän kokoonpano
- Liite 2. Manipulaattorin nimikkeistö ja nolla- tai lepoasento
- Liite 3. Sondilaitteistojen perustoimintaperiaate. Sisältää osat 1 - 5
- Liite 4. Simuloinnin tulokset: Juurisyiden tärkeys
- Liite 5. Simuloinnin tulokset: Vikatyypien tärkeys
- Liite 6. Simuloinnin tulokset: Epäluotettavuusprosentti
- Liite 7. ELMAS-ohjelmistolla luodusta vikapuomallinnuksesta oleva tekstiversio

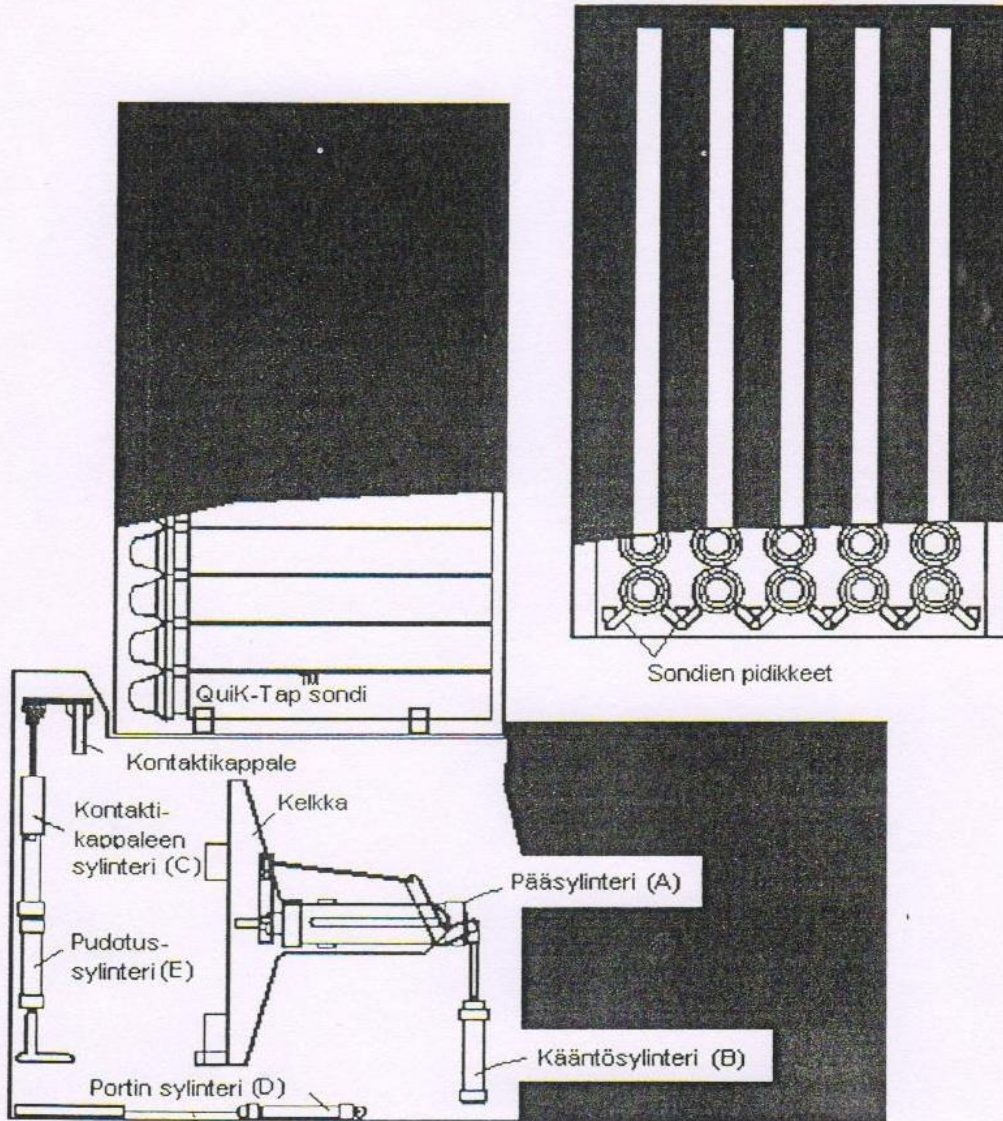
LIITE 1. JÄRJESTELMÄN KOKOONPANO

1. JÄRJESTELMÄN KOKOONPANO





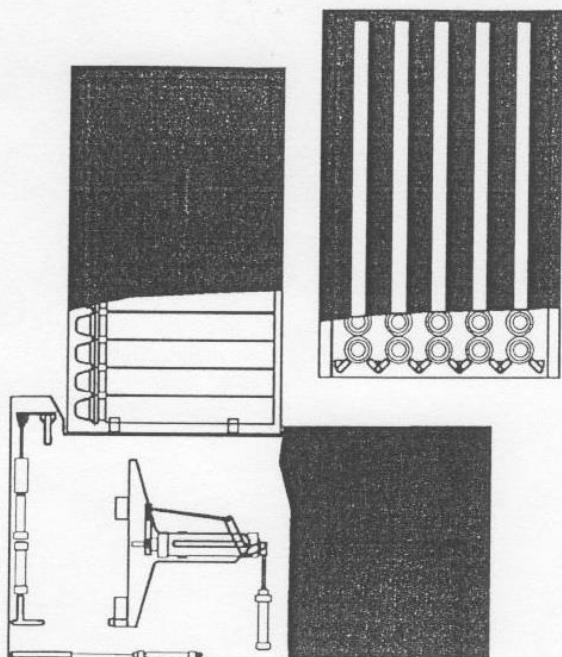
## LIITE 2. MANIPULAATTORIN NIMIKKEISTÖ JA NOLLA- TAI LEPOASENTO



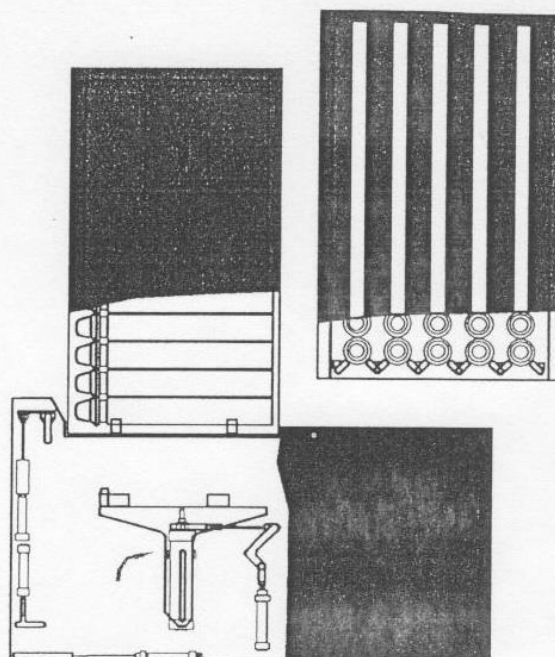
Kuva 2-1 Nimikkeistö

Tämä on joko nolla tai lepoasento:

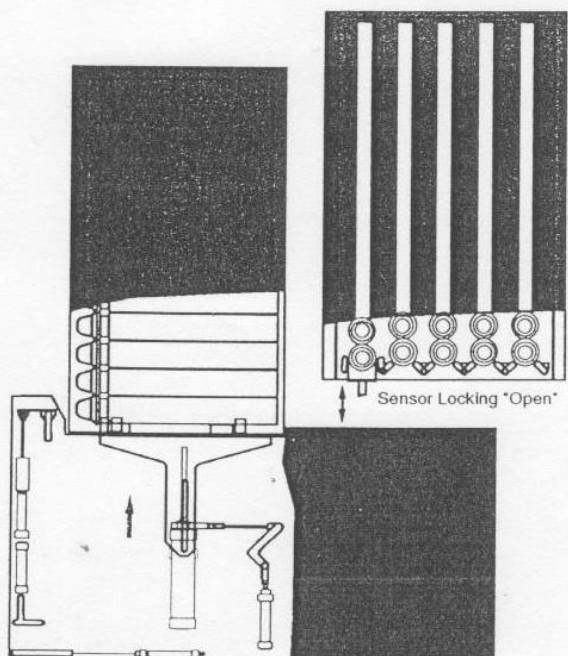
- A on vedettynä sisään
- B on työnnettynä ulos (asettaa kelkan pystysuoraan)
- C on työnnettynä ulos (pitää kontaktikappaleen yläasennossa)
- D on työnnettynä ulos (portti on suljettuna)
- E on vedettynä sisään.
- Ei sondia pudotusvalmiudessa

**Asento 1**

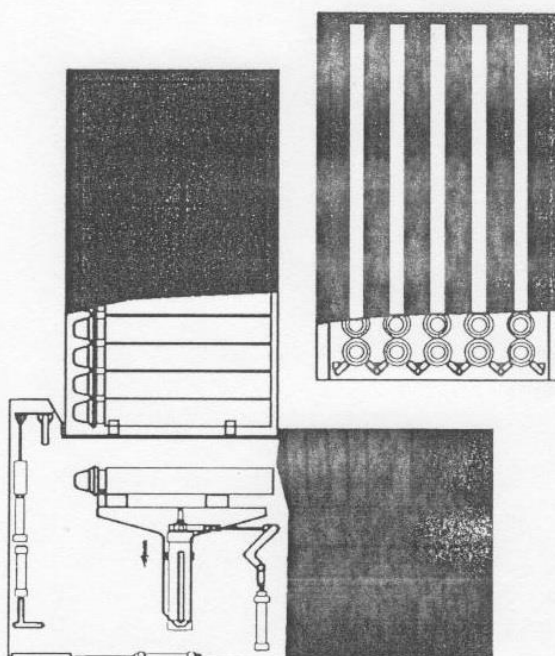
Tämä on nolla tai lepoasento.

**Asento 2**

Kun ohjaussignaali tulee kääntösyyliltä, kelkka kääntyy 90°.

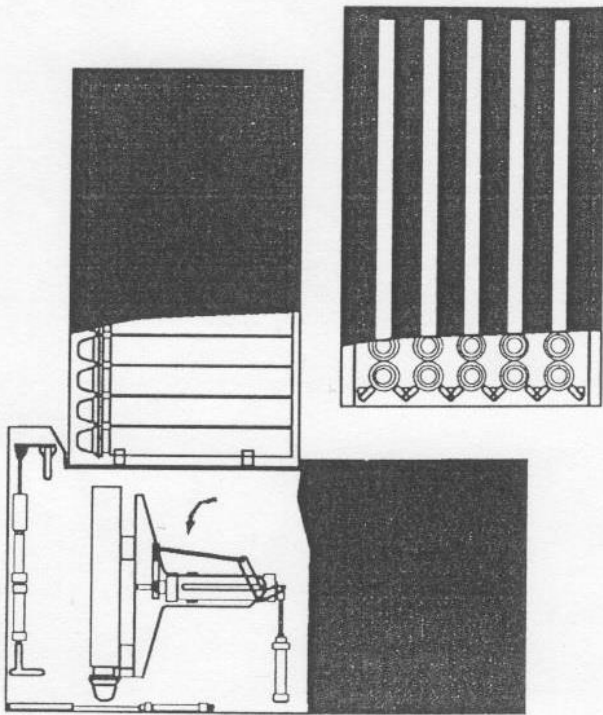
**Asento 3**

Seuraavaksi pääsylinteri työntää kelkan ylöspäin, jolloin sondien pidikkeet aukenevat, ja yksi sondi pääsee putoamaan kelkkaan.

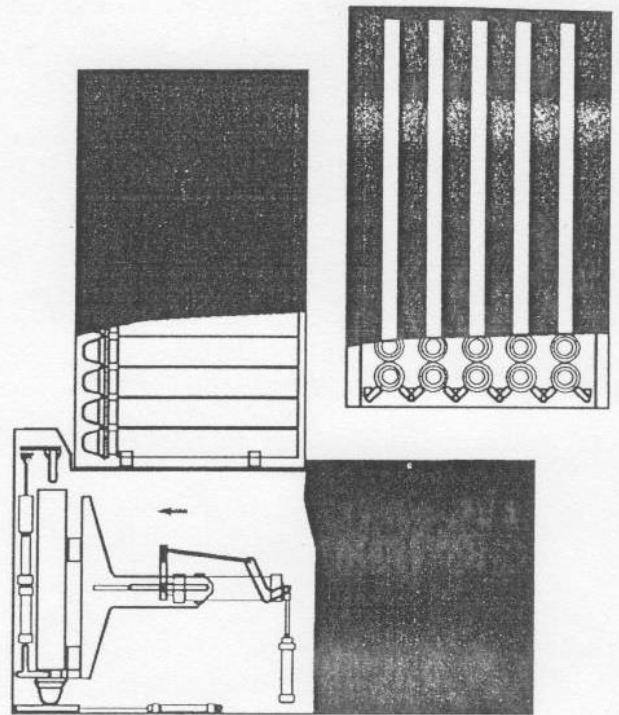
**Asento 4**

Hetken kuluttua kelkka palaa asentoon 2, mutta sondi on nyt mukana.

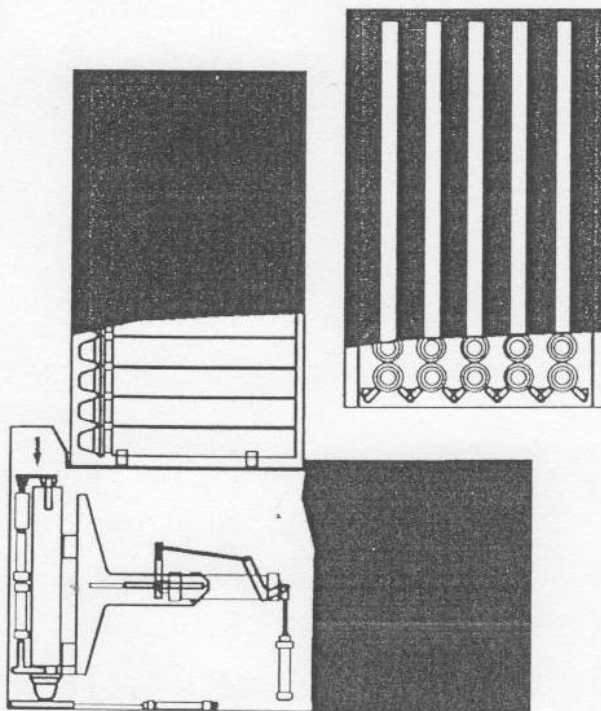


**Asento 5**

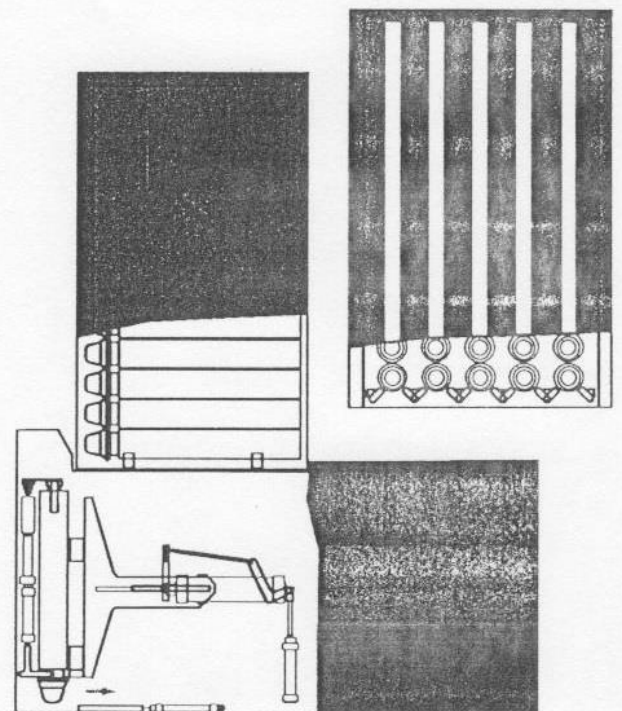
Kääntösylinteri työnny ulos, jolloin kelkka kääntyy pystysuoraan.

**Asento 6**

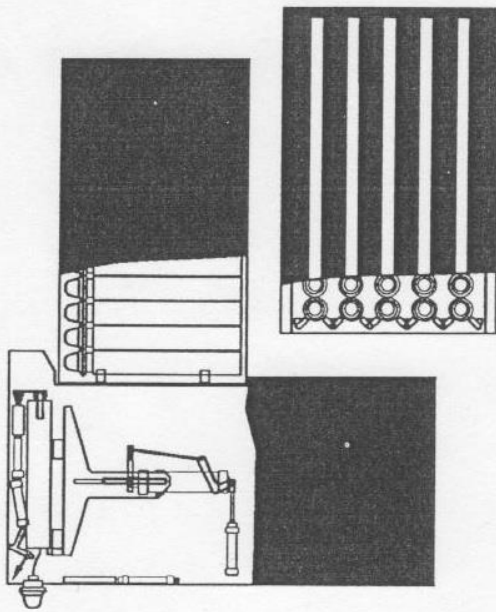
Pääsylinderi vie sondin pudotusasentoon.

**Asento 7**

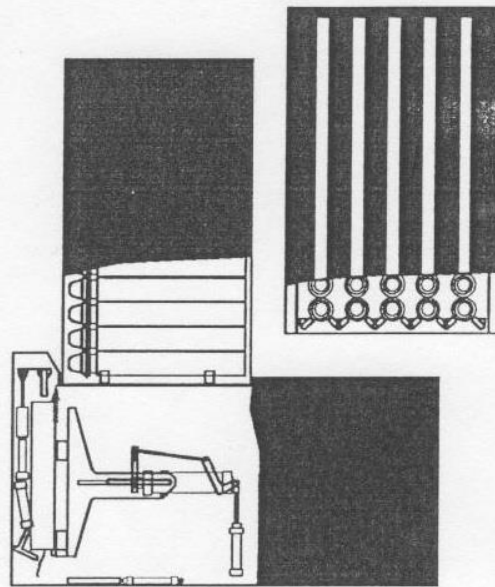
Kontaktikappale laskeutuu alas. Sopivalla hetkellä laitteisto tarkistaa sondin toimivuuden.

**Asento 8**

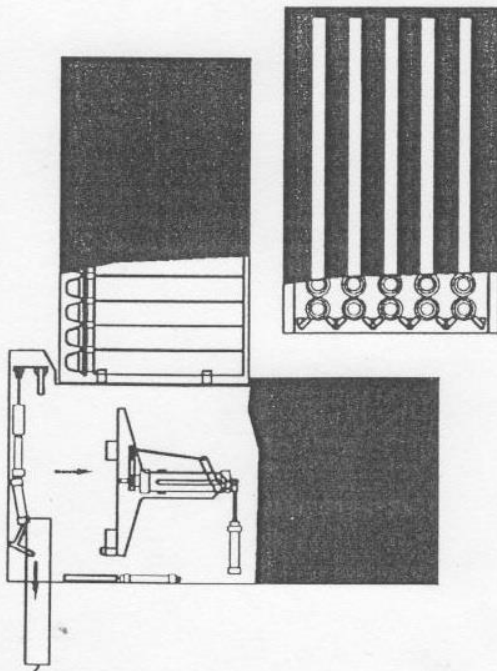
Kun pudotusmääräys annetaan, Multi-Lab liitetään automaattisesti sondiin ja portti aukenee.

**Asento 9**

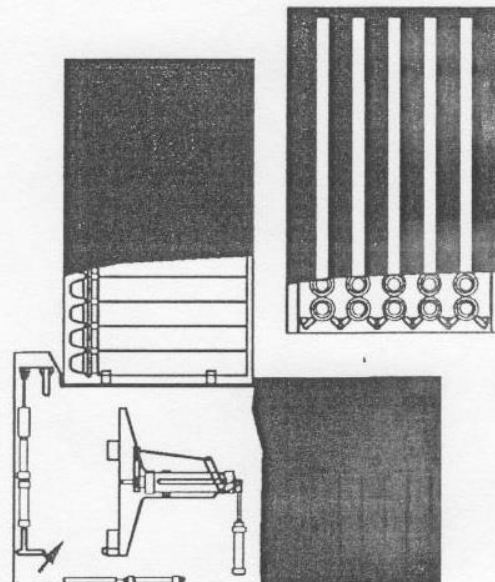
Pudotussylinteri työntää mittauspään sondista irti, ja se putoaa alas.

**Asento 10**

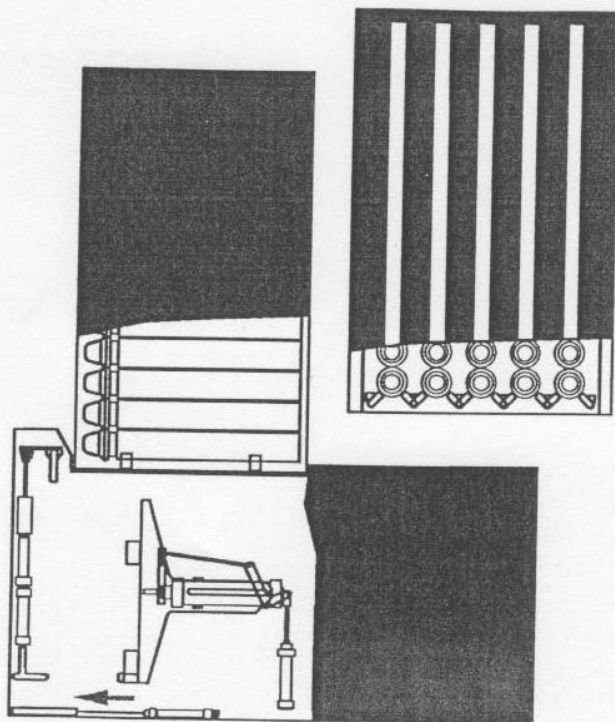
Kun Multi-Lab ilmoittaa järjestelmälle "lopetä mittaus", kontaktikappale irtoaa sondista.

**Asento 11**

Pääsylinteri vetäytyy sisään, ja loppuosa sondin putkesta putoaa.

**Asento 12**

Pienen viiveen jälkeen pudotussylinteri vetäytyy sisään.



**Asento 13**

Lopuksi portti sulkeutuu. Manipulaattori on nyt takaisin nolla ja lepoasennossa.

## LIITE 4. SIMULOINNIN TULOKSET: JUURISYIDEN TÄRKEYS

Dynaaminen: Simulointi

Profilii

Alustus

Simulointi

Tulokset

Raportit

Perustiedot

Ehdollinen

**Tärkeys**

Riskit

Linja

Valinnat Yleinen Vähennys Nousu

**Vähennysmahdollisuus**

Tarkasteltava jakso:

Seurauksen keskim. vikaantuneenaoloaika:

Seurauksen keskim. vikaantumiskertojen lukumäärä:

ID	Nimi	Aika	Aika (%)	Lukumäärä	Lukumäärä (%)
272	Laitteen ikääntyminen	Ei määritelty	Ei määritelty	2 431.842	36.35
273	Laitteen huoltojen puutteellisuus	Ei määritelty	Ei määritelty	1 823.091	27.25
97	Päivityksen yhteydessä jäänyt bugi	Ei määritelty	Ei määritelty	1 216.737	18.18
43	Sondi vääntää pystyasentoa ohjaavat kynnet	Ei määritelty	Ei määritelty	521.926	7.8
37	Sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä	Ei määritelty	Ei määritelty	243.266	3.636
164	Asennusvirhe	Ei määritelty	Ei määritelty	242.972	3.631
45	Sondi jumittuu kynteen	Ei määritelty	Ei määritelty	146.155	2.184
107	Kontaktori vanhentunut	Ei määritelty	Ei määritelty	49.845	0.745
204	Sylinteri ei saa työnnettyä luukkuu auki	Ei määritelty	Ei määritelty	10.079	0.1506
167	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	Ei määritelty	Ei määritelty	5.065	0.0757
96	Häiriötila koneessa	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
145	Johdot vioittuneet vanhenemisen myötä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
27	Käsittely virheellisesti	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
8	Valmistusvirhe	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
30	Väärät olosuhteet?	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
178	Sondi irtaoo liian hitaasti	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
179	Paloluukun nopeuden säätö pielessä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
237	Sondin tiputuskyynnet vanhentuneet	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
224	Toimintamekanismi	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
108	Sylinterin toiminnassa häiriö	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
106	Puhdistuksen puute	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
116	Rajan käyttöikä täyttynyt	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
117	Rajan käyttöikä täyttynyt	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
124	Tuloyksikkö vanhentunut	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
126	Käyttöikä täynnä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
165	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
283	Skollaa konvertterin ylaosassa	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
150	Sondin pahvi luukun välissä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
151	Sondin johto luukun välissä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
190	Tärinä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
218	Koneen puhdistuksen vähyys	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
195	Ei ole huolehdittu kasetin täytöstä	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
246	Koneen puhdistuksen vähyys	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
227	Suunnitteluvirhe	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
256	Sondi säilytetty liian kosteassa	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
279	Väärät olosuhteet?	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
131	Ohjauspaneeli ei polytiivis	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
58	Lian suuri käyttökuormitus?	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
62	Venttiilin ikääntyminen	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
63	Valmistettu liian heiveröiseksi??	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
290	Suunnitteluvirhe	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0
12	...	Ei määritelty	Ei määritelty	0.0	0.0



## LIITE 5. SIMULOINNIN TULOKSET: VIKATYYPPIEN TÄRKEYS

Dynaaminen: Simulointi

Valinnat Yleinen Vähennys Nousu

**Vähennysmahdollisuus**

Tarkasteltava jakso:

Seurauksen keskim. vikaantuneenaoloaika:

Seurauksen keskim. vikaantumiskertojen lukumäärä:

ID	Nimi	Aika $\tau$	Aika (%)	Lukumäärä	Lukumäärä (%)
2	Mekaaninen vika	Ei määritelty	Ei määritelty	4 513.049	67.45
3	Sähkövika	Ei määritelty	Ei määritelty	5 769.552	86.23
4	Pneumaattinen vika	Ei määritelty	Ei määritelty	4 502.97	67.3
5	Sondivika	Ei määritelty	Ei määritelty	911.347	13.62
6	Muu vika	Ei määritelty	Ei määritelty	Result: Ei määritelty	70.93

LIITE 6. SIMULOINNIN TULOKSET: EPÄLUOTETTAVUUSPROSENTTI

Dynaaminen: Simulointi

Käytettävyys Epäluotettavuus Keskim. kestot Simulointijako

Alustus  
Simulointi  
Tulokset  
Raportit

Osien epäluotettavuudet

Aikavälillä: 1.0 d

ID	Nimi	Epäluotettavuus (%)
1	Virhe pudotussondilaitteiston toiminnassa	84.01
3	Sähkövika	79.42
6	Muu vika	72.76
7	Pudotuksen yhteydessä ilmenee vika	72.76
33	Sondi ei saavuta sulaa	72.76
2	Mekaaninen vika	70.96
180	Sondin käsittelykelkan viat	70.96
187	Kelkka ei saa sondia	70.96
4	Pneumaattinen vika	70.88
171	Paloluukuvika	70.88
95	Johdot vioittuneet	70.88
46	Typpi-/ilmavuoto	70.88
162	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	70.88
146	Pommikoneen paloluukku ei sulkeudu	70.88
280	Pommikoneen paloluukku ei avaudu oikein	70.88
181	Kelkka ei liiku	70.88
132	Johdot palaneet	70.88
155	Typpi-/ilmaletku vikaantunut	70.88
147	Sylinterin typpiletkut vialliset	70.88
286	Pommikoneen paloluukku avautuu takerrellen	70.88
287	Pommikoneen paloluukku ei avaudu ollenkaan	70.88
182	Sylinterivika	70.88
157	Palosuojauksen peittäminen	70.88
156	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	70.88
185	Typpiletkut puhki	70.88
221	Muu mekaaninen vika	70.84
91	Ei kontaktia sondiin	69.25
92	Rajavika	68.83
172	Pommikoneen paloluukku sulkeutuu takerrellen	68.83
186	Kelkka liikkuu takerrellen	68.83
240	Kelkan rata kulunut	68.83
247	Sondin pystyasentoa ohjaavat kynnet vääntyneet	68.83
98	Sondi ei oikeassa asennossa	68.83
102	Likaa/roskia kontaktipinnoilla	68.83
118	Raja likaantunut	68.83
288	Tiivisteet vioittuneet	68.83
270	Luukun radalla roskaa/likaa	68.83
205	Kelkan rata kulunut puhki	68.83
194	Likaa kelkan radalla	68.83
242	Likaa kelkan radalla	68.83
99	Kelkan pääsylinterin vajaa liike	68.83
271	Pommikoneen puutteellinen pölytiivisyys	68.83
210	Rata kuluu	68.83
284	Likaa pääsylinterin radalla	68.83
158	Paloluukut auki	68.83

Perustiedot  
Ehdollinen  
Tärkeys  
Riskit  
Linja

# LIITE 7. ELMAS-OHJELMISTOLLA LUODUSTA VIKAPUUMALLINNUKSESTA OLEVA TEKSTIVERSIO

## Fault Tree: 1 Virhe pudotussondilaitteistojen toiminnassa

#	ID	Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7	Taso 8	Taso 9	Taso 10	Taso 11	Taso 12	Taso 13	Taso 14	Taso 15	Nimi	Vikaantu misaika keskimä ärin
1	1	<u>Virhe pudotussondilaitteistojen toiminnassa</u>															Virhe pudotussondilaitteistojen toiminnassa	
2	2	<u>Mekaaninen vika</u>															Mekaaninen vika	
3	171	<u>Paloluukuvika</u>															Paloluukuvika	
4	146	<u>Pommikoneen paloluukku ei sulkeudu</u>															Pommikoneen paloluukku ei sulkeudu	31.0 d
5	147	<u>Sylinterin typpiletkut vialliset</u>															Sylinterin typpiletkut vialliset	31.0 d
6	155	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>															Typpi-/ilmaletku vikaantunut	3.0 d
7	156	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>															Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	31.0 d
8	157	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>															Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
9	158	<u>Paloluukut auki</u>															Paloluukut auki	
10	159	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>															Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
11	160	<u>Sondi luukun välissä</u>															Sondi luukun välissä	
12	270	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>															Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
13	271	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>															Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
14	272	<u>Laitteen ikääntyminen</u>															Laitteen ikääntyminen	1.5 d
15	273	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>															Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
16	230	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>															Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
17	231	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>															Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
18	232	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>															Sondin hidas irtoaminen koneesta	
19	291	<u>Sondin pahvi karkea</u>															Sondin pahvi karkea	
20	272	<u>Laitteen ikääntyminen</u>															Laitteen ikääntyminen	1.5 d
21	162	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>															Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
22	163	<u>Liitos irti</u>															Liitos irti	
23	164	<u>Asennusvirhe</u>															Asennusvirhe	15.0 d
24	165	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>															ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
25	166	<u>Ilmahana kiinni</u>															Ilmahana kiinni	
26	167	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>															Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
27	288	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>															Tiivisteet vioittuneet	
28	289	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>															Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
29	290	<u>Suunnitteluvirhe</u>															Suunnitteluvirhe	
30	273	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>															Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
31	168	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>															Letkut asennettu virheellisesti	
32	164	<u>Asennusvirhe</u>															Asennusvirhe	15.0 d
33	170	<u>Letkut vanhentuneet</u>															Letkut vanhentuneet	3.0 d
34	149	<u>Luukun välissä jotain</u>															Luukun välissä jotain	7.0 d
35	150	<u>Sondin pahvi luukun välissä</u>															Sondin pahvi luukun välissä	

36	<u>151</u>	<u>Sondin johto luukun välissä</u>	Sondin johto luukun välissä
37	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa 5.0 d
38	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys 1.0 d
39	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
40	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus 2.0 d
41	<u>172</u>	<u>Pommikoneen paloluukku sulkeutuu takerrellen</u>	Pommikoneen paloluukku sulkeutuu takerrellen
42	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa 5.0 d
43	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys 1.0 d
44	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
45	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus 2.0 d
46	<u>174</u>	<u>Pommikoneen paloluukku sulkeutuu niin että sondi jumittuu luukun väliin</u>	Pommikoneen paloluukku sulkeutuu niin että sondi jumittuu luukun väliin
47	<u>178</u>	<u>Sondi irtoaa liian hitaasti</u>	Sondi irtoaa liian hitaasti
48	<u>179</u>	<u>Paloluukun nopeuden säätö pielessä</u>	Paloluukun nopeuden säätö pielessä
49	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???
50	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin 1.0 d
51	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta
52	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea
53	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
54	<u>280</u>	<u>Pommikoneen paloluukku ei avaudu oikein</u>	Pommikoneen paloluukku ei avaudu oikein
55	<u>286</u>	<u>Pommikoneen paloluukku avautuu takerrellen</u>	Pommikoneen paloluukku avautuu takerrellen
56	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa 5.0 d
57	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys 1.0 d
58	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
59	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus 2.0 d
60	<u>147</u>	<u>Sylinterin typpiletkut vialliset</u>	Sylinterin typpiletkut vialliset 31.0 d
61	<u>155</u>	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>	Typpi-/ilmaletku vikaantunut 3.0 d
62	<u>156</u>	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä 31.0 d
63	<u>157</u>	<u>Palosuojausauksen pettäminen</u>	Palosuojausauksen pettäminen 25.0 d
64	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki
65	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä
66	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä
67	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa 5.0 d
68	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys 1.0 d
69	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
70	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus 2.0 d
71	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???
72	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin 1.0 d
73	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta
74	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea
75	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen 1.5 d
76	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi
77	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti



78	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
79	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
80	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
81	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
82	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
83	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
84	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
85	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
86	<u>168</u>	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>	Letkut asennettu virheellisesti	
87	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
88	<u>170</u>	<u>Letkut vanhentuneet</u>	Letkut vanhentuneet	3.0 d
89	<u>287</u>	<u>Pommikoneen paloluukku ei avaudu ollenkaan</u>	Pommikoneen paloluukku ei avaudu ollenkaan	
90	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
91	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
92	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
93	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
94	<u>147</u>	<u>Sylinterin typpiletkut vialliset</u>	Sylinterin typpiletkut vialliset	31.0 d
95	<u>155</u>	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>	Typpi-/ilmaletku vikaantunut	3.0 d
96	<u>156</u>	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	31.0 d
97	<u>157</u>	<u>Palosuojaus Pettäminen</u>	Palosuojaus Pettäminen	25.0 d
98	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
99	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
100	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
101	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
102	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
103	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
104	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
105	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
106	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
107	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
108	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
109	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
110	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
111	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
112	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
113	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
114	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
115	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
116	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
117	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
118	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
119	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d

120	<u>168</u>	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>	Letkut asennettu virheellisesti	
121	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
122	<u>170</u>	<u>Letkut vanhentuneet</u>	Letkut vanhentuneet	3.0 d
123	<u>180</u>	<u>Sondin käsittelykelkan viat</u>	Sondin käsittelykelkan viat	
124	<u>181</u>	<u>Kelkka ei liiku</u>	Kelkka ei liiku	0.3 a
125	<u>182</u>	<u>Sylinterivika</u>	Sylinterivika	
126	<u>183</u>	<u>Sylinteri rikki</u>	Sylinteri rikki	
127	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
128	<u>185</u>	<u>Typpiletkut puhki</u>	Typpiletkut puhki	
129	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
130	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
131	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
132	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
133	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskaa/likaa</u>	Luukun radalla roskaa/likaa	5.0 d
134	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
135	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
136	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
137	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
138	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
139	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
140	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
141	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
142	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
143	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
144	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
145	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
146	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
147	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
148	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
149	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
150	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
151	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
152	<u>188</u>	<u>Kelkan runkopultit löystyneet/irronneet</u>	Kelkan runkopultit löystyneet/irronneet	
153	<u>190</u>	<u>Tärinä</u>	Tärinä	
154	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
155	<u>205</u>	<u>Kelkan rata kulunut puhki</u>	Kelkan rata kulunut puhki	5.0 a
156	<u>210</u>	<u>Rata kuluu</u>	Rata kuluu	
157	<u>206</u>	<u>Lika kuluttaa rataa</u>	Lika kuluttaa rataa	
158	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
159	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
160	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
161	<u>211</u>	<u>Luonnollinen kuluminen</u>	Luonnollinen kuluminen	
162	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
163	<u>186</u>	<u>Kelkka liikkuu takerrellen</u>	Kelkka liikkuu takerrellen	
164	<u>194</u>	<u>Likaa kelkan radalla</u>	Likaa kelkan radalla	

165	<u>218</u>	<u>Koneen puhdistuksen vähyys</u>	Koneen puhdistuksen vähyys	
166	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus	1.0 d
167	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
168	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
169	<u>187</u>	<u>Kelkka ei saa sondia</u>	Kelkka ei saa sondia	
170	<u>191</u>	<u>Ei sondeja kasetissa</u>	Ei sondeja kasetissa	
171	<u>195</u>	<u>Ei ole huolehdittu kasetin täytöstä</u>	Ei ole huolehdittu kasetin täytöstä	
172	<u>193</u>	<u>Yläluukku kiinni</u>	Yläluukku kiinni	
173	<u>204</u>	<u>Sylinteri ei saa työnnettyä luukkaa auki</u>	Sylinteri ei saa työnnettyä luukkaa auki	1.0 a
174	<u>181</u>	<u>Kelkka ei liiku</u>	Kelkka ei liiku	0.3 a
175	<u>182</u>	<u>Sylinterivika</u>	Sylinterivika	
176	<u>183</u>	<u>Sylinteri rikki</u>	Sylinteri rikki	
177	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
178	<u>185</u>	<u>Tyypiletkut puhki</u>	Tyypiletkut puhki	
179	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
180	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
181	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
182	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
183	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
184	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus	1.0 d
185	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
186	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
187	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
188	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
189	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
190	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
191	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
192	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
193	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
194	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
195	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
196	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
197	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
198	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
199	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
200	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
201	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
202	<u>188</u>	<u>Kelkan runkopultit löystyneet/irronneet</u>	Kelkan runkopultit löystyneet/irronneet	
203	<u>190</u>	<u>Tärinä</u>	Tärinä	
204	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
205	<u>205</u>	<u>Kelkan rata kulunut puhki</u>	Kelkan rata kulunut puhki	5.0 a
206	<u>210</u>	<u>Rata kuluu</u>	Rata kuluu	
207	<u>206</u>	<u>Lika kuluttaa rataa</u>	Lika kuluttaa rataa	
208	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus	1.0 d

209	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
210	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
211	<u>211</u>	<u>Luonnollinen kuluminen</u>	Luonnollinen kuluminen	
212	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
213	<u>240</u>	<u>Kelkan rata kulunut</u>	Kelkan rata kulunut	
214	<u>241</u>	<u>Kelkan rata ikääntynyt</u>	Kelkan rata ikääntynyt	
215	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
216	<u>242</u>	<u>Likaa kelkan radalla</u>	Likaa kelkan radalla	
217	<u>246</u>	<u>Koneen puhdistuksen vähyys</u>	Koneen puhdistuksen vähyys	
218	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus	1.0 d
219	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
220	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
221	<u>221</u>	<u>Muu mekaaninen vika</u>	Muu mekaaninen vika	
222	<u>222</u>	<u>Sondin tiputuskyynnet vääntyneet</u>	Sondin tiputuskyynnet vääntyneet	
223	<u>236</u>	<u>Sondien mittapäät liian tiukassa?</u>	Sondien mittapäät liian tiukassa?	
224	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
225	<u>237</u>	<u>Sondin tiputuskyynnet vanhentuneet</u>	Sondin tiputuskyynnet vanhentuneet	
226	<u>223</u>	<u>Tiputussyylinterin voimat eivät riitä irrottamaan mittapäätä</u>	Tiputussyylinterin voimat eivät riitä irrottamaan mittapäätä	
227	<u>224</u>	<u>Toimintamekanismi</u>	Toimintamekanismi	
228	<u>225</u>	<u>Liian pieni sylinteri</u>	Liian pieni sylinteri	
229	<u>227</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
230	<u>228</u>	<u>Mittapään vällys liian pieni</u>	Mittapään vällys liian pieni	
231	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
232	<u>238</u>	<u>Kasetti huonosti paikallaan</u>	Kasetti huonosti paikallaan	40.0 d
233	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
234	<u>247</u>	<u>Sondin pystyasentoa ohjaavat kyynnet vääntyneet</u>	Sondin pystyasentoa ohjaavat kyynnet vääntyneet	
235	<u>255</u>	<u>Sondin pahviosa turvonnut/pehmeä?</u>	Sondin pahviosa turvonnut/pehmeä?	
236	<u>256</u>	<u>Sondi säilytetty liian kosteassa</u>	Sondi säilytetty liian kosteassa	
237	<u>240</u>	<u>Kelkan rata kulunut</u>	Kelkan rata kulunut	
238	<u>241</u>	<u>Kelkan rata ikääntynyt</u>	Kelkan rata ikääntynyt	
239	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
240	<u>242</u>	<u>Likaa kelkan radalla</u>	Likaa kelkan radalla	
241	<u>246</u>	<u>Koneen puhdistuksen vähyys</u>	Koneen puhdistuksen vähyys	
242	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus	1.0 d
243	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
244	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
245	<u>3</u>	<u>Sähkövik a</u>	Sähkövika	
246	<u>90</u>	<u>Yhteysvik a</u>	Yhteysvika	
247	<u>96</u>	<u>Häiriötila koneessa</u>	Häiriötila koneessa	
248	<u>97</u>	<u>Päivityksen yhteydessä jäänyt bugi</u>	Päivityksen yhteydessä jäänyt bugi	3.0 d
249	<u>91</u>	<u>Ei kontaktia sondiin</u>	Ei kontaktia sondiin	
250	<u>98</u>	<u>Sondi ei oikeassa asennossa</u>	Sondi ei oikeassa asennossa	1.5 d
251	<u>99</u>	<u>Kelkan pääsylinterin vajaa liike</u>	Kelkan pääsylinterin vajaa liike	
252	<u>284</u>	<u>Likaa pääsylinterin radalla</u>	Likaa pääsylinterin radalla	
253	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivuus</u>	Pommikoneen puutteellinen	1.0 d

254	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	pölytiiveys	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
255	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d	
256	<u>100</u>	<u>Kontaktorin liike vajaa</u>	Kontaktorin liike vajaa		
257	<u>108</u>	<u>Sylinterin toiminnassa häiriö</u>	Sylinterin toiminnassa häiriö		
258	<u>103</u>	<u>Sondi viallinen</u>	Sondi viallinen		
259	<u>276</u>	<u>Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin</u>	Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin		
260	<u>279</u>	<u>Väärät olosuhteet?</u>	Väärät olosuhteet?		
261	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe		
262	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe		
263	<u>101</u>	<u>Kontaktori viallinen</u>	Kontaktori viallinen	0.5 a	
264	<u>107</u>	<u>Kontaktori vanhentunut</u>	Kontaktori vanhentunut	0.2 a	
265	<u>102</u>	<u>Likaa/roskia kontaktipinnoilla</u>	Likaa/roskia kontaktipinnoilla		
266	<u>106</u>	<u>Puhdistuksen puute</u>	Puhdistuksen puute		
267	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d	
268	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d	
269	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d	
270	<u>103</u>	<u>Sondi viallinen</u>	Sondi viallinen		
271	<u>276</u>	<u>Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin</u>	Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin		
272	<u>279</u>	<u>Väärät olosuhteet?</u>	Väärät olosuhteet?		
273	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe		
274	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe		
275	<u>92</u>	<u>Rajavika</u>	Rajavika		
276	<u>113</u>	<u>Raja rikki</u>	Raja rikki		
277	<u>116</u>	<u>Rajan käyttöikä täyttynyt</u>	Rajan käyttöikä täyttynyt		
278	<u>115</u>	<u>Raja säädettävä</u>	Raja säädettävä		
279	<u>117</u>	<u>Rajan käyttöikä täyttynyt</u>	Rajan käyttöikä täyttynyt		
280	<u>118</u>	<u>Raja likaantunut</u>	Raja likaantunut		
281	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d	
282	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d	
283	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d	
284	<u>93</u>	<u>Tuloyksikkövika</u>	Tuloyksikkövika		
285	<u>123</u>	<u>Tulo yksikkö ei toimi</u>	Tulo yksikkö ei toimi		
286	<u>124</u>	<u>Tuloyksikkö vanhentunut</u>	Tuloyksikkö vanhentunut		
287	<u>94</u>	<u>Ohjauspaneelin kytkimet eivät toimi</u>	Ohjauspaneelin kytkimet eivät toimi		
288	<u>125</u>	<u>Ohjauspaneelin kytkimet vikaantuneet</u>	Ohjauspaneelin kytkimet vikaantuneet		
289	<u>126</u>	<u>Käyttöikä täynnä</u>	Käyttöikä täynnä		
290	<u>127</u>	<u>Pöly vikaannuttaa tai lyhentää käyttöikä</u>	Pöly vikaannuttaa tai lyhentää käyttöikä		
291	<u>131</u>	<u>Ohjauspaneeli ei pölytiivis</u>	Ohjauspaneeli ei pölytiivis		
292	<u>95</u>	<u>Johdot vioittuneet</u>	Johdot vioittuneet	30.0 d	
293	<u>132</u>	<u>Johdot palaneet</u>	Johdot palaneet		
294	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d	
295	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki		
296	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä		
297	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä		
298	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskaa/likaa</u>	Luukun radalla roskaa/likaa	5.0 d	
299	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d	

300	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
301	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
302	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
303	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
304	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
305	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
306	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
307	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
308	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
309	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
310	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
311	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
312	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
313	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
314	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
315	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
316	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
317	<u>144</u>	<u>Johdot asennettu virheellisesti</u>	Johdot asennettu virheellisesti	
318	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
319	<u>145</u>	<u>Johdot vioittuneet vanhenemisen myötä</u>	Johdot vioittuneet vanhenemisen myötä	
320	<u>4</u>	<u>Pneumaattinen vika</u>	Pneumaattinen vika	
321	<u>46</u>	<u>Typpi-/ilmavuoto</u>	Typpi-/ilmavuoto	
322	<u>55</u>	<u>Painelähettimen takakansi vuotaa</u>	Painelähettimen takakansi vuotaa	2.0 a
323	<u>56</u>	<u>Kierteet korkanneet</u>	Kierteet korkanneet	
324	<u>58</u>	<u>Liian suuri käyttökuormitus?</u>	Liian suuri käyttökuormitus?	
325	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
326	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
327	<u>60</u>	<u>Venttiili viallinen</u>	Venttiili viallinen	1.0 a
328	<u>61</u>	<u>Paineenhälytys yksikön kansi vuotaa</u>	Paineenhälytys yksikön kansi vuotaa	
329	<u>62</u>	<u>Venttiilin ikääntyminen</u>	Venttiilin ikääntyminen	
330	<u>63</u>	<u>Valmistettu liian heiveröiseksi??</u>	Valmistettu liian heiveröiseksi??	
331	<u>64</u>	<u>Liitos viallinen</u>	Liitos viallinen	
332	<u>65</u>	<u>Liitin rikki</u>	Liitin rikki	
333	<u>66</u>	<u>Liittimen ikääntyminen</u>	Liittimen ikääntyminen	
334	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
335	<u>67</u>	<u>Asennusvirhe?</u>	Asennusvirhe?	
336	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
337	<u>68</u>	<u>Letkuliitokset vuotaa</u>	Letkuliitokset vuotaa	
338	<u>69</u>	<u>Liian lyhyet letkut</u>	Liian lyhyet letkut	
339	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
340	<u>70</u>	<u>Letkut kiinnitetty väärin</u>	Letkut kiinnitetty väärin	
341	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
342	<u>155</u>	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>	Typpi-/ilmaletku vikaantunut	3.0 d
343	<u>156</u>	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	31.0 d

344	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
345	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
346	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
347	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
348	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
349	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
350	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
351	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
352	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
353	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
354	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
355	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
356	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
357	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
358	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
359	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
360	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
361	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
362	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
363	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
364	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
365	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
366	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
367	<u>168</u>	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>	Letkut asennettu virheellisesti	
368	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
369	<u>170</u>	<u>Letkut vanhentuneet</u>	Letkut vanhentuneet	3.0 d
370	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
371	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
372	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
373	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
374	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
375	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
376	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
377	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
378	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
379	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
380	<u>5</u>	<u>Sondivika</u>	Sondivika	
381	<u>19</u>	<u>Mittapää irtoaa liian aikaisin</u>	Mittapää irtoaa liian aikaisin	
382	<u>20</u>	<u>Sondin pään ja pahviosan vällys liian suuri</u>	Sondin pään ja pahviosan vällys liian suuri	
383	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
384	<u>22</u>	<u>Mittapää ei irtoa</u>	Mittapää ei irtoa	
385	<u>23</u>	<u>Mittapään vällys liian pieni</u>	Mittapään vällys liian pieni	

386	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
387	<u>25</u>	<u>Sondi muuten viallinen</u>	Sondi muuten viallinen	
388	<u>27</u>	<u>Käsitelty virheellisesti</u>	Käsitelty virheellisesti	
389	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
390	<u>28</u>	<u>Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin</u>	Sondin kontaktiosa jumittuu kontaktoriin	30.0 d
391	<u>29</u>	<u>Valmistusvirhe?</u>	Valmistusvirhe?	
392	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
393	<u>30</u>	<u>Väärät olosuhteet?</u>	Väärät olosuhteet?	
394	<u>31</u>	<u>Sondin johto liian lyhyt</u>	Sondin johto liian lyhyt	
395	<u>32</u>	<u>Sondin kylmettyessä johto ei oikene riittävän pitkäksi</u>	Sondin kylmettyessä johto ei oikene riittävän pitkäksi	
396	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
397	<u>37</u>	<u>Sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä</u>	Sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä	15.0 d
398	<u>39</u>	<u>Sondin pahviosa turvonnut/pehmeä?</u>	Sondin pahviosa turvonnut/pehmeä?	
399	<u>40</u>	<u>Sondi säilytetty liian kosteassa</u>	Sondi säilytetty liian kosteassa	
400	<u>43</u>	<u>Sondi vääntää pystyasentoa ohjaavat kynnet</u>	Sondi vääntää pystyasentoa ohjaavat kynnet	7.0 d
401	<u>44</u>	<u>Pystyohjauskynnet läpäisee sondin pahviosan</u>	Pystyohjauskynnet läpäisee sondin pahviosan	
402	<u>45</u>	<u>Sondi jumittuu kynteen</u>	Sondi jumittuu kynteen	25.0 d
403	<u>41</u>	<u>Sondin johto solmussa??</u>	Sondin johto solmussa??	
404	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
405	<u>6</u>	<u>Muu vika</u>	Muu vika	
406	<u>7</u>	<u>Pudotuksen yhteydessä ilmenee vika</u>	Pudotuksen yhteydessä ilmenee vika	
407	<u>11</u>	<u>Sondi osuu kuonakerrokseen</u>	Sondi osuu kuonakerrokseen	7.0 d
408	<u>12</u>	<u>Sondi ei läpäise kuonakerrosta</u>	Sondi ei läpäise kuonakerrosta	
409	<u>13</u>	<u>Liiallinen kuonamäärä sulassa?</u>	Liiallinen kuonamäärä sulassa?	
410	<u>9</u>	<u>Mittapää vaurioituu ennen oikeaa mittaustulosta</u>	Mittapää vaurioituu ennen oikeaa mittaustulosta	
411	<u>10</u>	<u>Sondi putoaa happisuihkuun</u>	Sondi putoaa happisuihkuun	
412	<u>14</u>	<u>Väärä pudotuskulma</u>	Väärä pudotuskulma	
413	<u>281</u>	<u>Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan</u>	Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan	
414	<u>285</u>	<u>Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyyys</u>	Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyyys	
415	<u>15</u>	<u>Sondi vaurioituu pudotessaan</u>	Sondi vaurioituu pudotessaan	
416	<u>16</u>	<u>Pudotusrännin väärä kulma</u>	Pudotusrännin väärä kulma	
417	<u>17</u>	<u>Sondi ei kestä rännissä tulevia rasituksia??</u>	Sondi ei kestä rännissä tulevia rasituksia??	
418	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
419	<u>282</u>	<u>Konvertterin ylälaidassa skollaa johon sondi törmää</u>	Konvertterin ylälaidassa skollaa johon sondi törmää	
420	<u>281</u>	<u>Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan</u>	Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan	
421	<u>285</u>	<u>Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyyys</u>	Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyyys	
422	<u>33</u>	<u>Sondi ei saavuta sulaa</u>	Sondi ei saavuta sulaa	4.0 h
423	<u>34</u>	<u>Sondin johto kohmeessa kylmyyden takia</u>	Sondin johto kohmeessa kylmyyden takia	45.0 d
424	<u>36</u>	<u>Sondit liian kylmiä pudotettaessa</u>	Sondit liian kylmiä pudotettaessa	
425	<u>37</u>	<u>Sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä</u>	Sondien ja pommikoneen säilytys liian kylmässä	15.0 d
426	<u>35</u>	<u>Sondin johto liian lyhyt</u>	Sondin johto liian lyhyt	45.0 d
427	<u>8</u>	<u>Valmistusvirhe</u>	Valmistusvirhe	
428	<u>233</u>	<u>Pudotusränni tukossa</u>	Pudotusränni tukossa	25.0 d



429	<u>234</u>	<u>Sondi jumittunut ränniin</u>	Sondi jumittunut ränniin	25.0 d
430	<u>235</u>	<u>Sondin pahvi taittunut osuessa paloluukkuun??</u>	Sondin pahvi taittunut osuessa paloluukkuun??	
431	<u>281</u>	<u>Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan</u>	Sondi osuu pudotusrännin päässä olevaan skollaan	
432	<u>285</u>	<u>Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyys</u>	Pudotusrännin suuaukon puhdistuksen vähyys	
433	<u>283</u>	<u>Skollaa konverterin yläosassa</u>	Skollaa konverterin yläosassa	
434	<u>280</u>	<u>Pommikoneen paloluukku ei avaudu oikein</u>	Pommikoneen paloluukku ei avaudu oikein	
435	<u>286</u>	<u>Pommikoneen paloluukku avautuu takerrellen</u>	Pommikoneen paloluukku avautuu takerrellen	
436	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
437	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
438	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
439	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
440	<u>147</u>	<u>Sylinterin typpiletkut vialliset</u>	Sylinterin typpiletkut vialliset	31.0 d
441	<u>155</u>	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>	Typpi-/ilmaletku vikaantunut	3.0 d
442	<u>156</u>	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	31.0 d
443	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
444	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
445	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
446	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
447	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
448	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys	1.0 d
449	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
450	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
451	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
452	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
453	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
454	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
455	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
456	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
457	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
458	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
459	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
460	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
461	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
462	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
463	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
464	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
465	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
466	<u>168</u>	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>	Letkut asennettu virheellisesti	
467	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
468	<u>170</u>	<u>Letkut vanhentuneet</u>	Letkut vanhentuneet	3.0 d
469	<u>287</u>	<u>Pommikoneen paloluukku ei avaudu ollenkaan</u>	Pommikoneen paloluukku ei avaudu ollenkaan	
470	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskia/likaa</u>	Luukun radalla roskia/likaa	5.0 d
471	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiiveys</u>	Pommikoneen puutteellinen	1.0 d

472 272

Laitteen ikääntyminen

pölytiivetyys

Laitteen ikääntyminen

1.5 d

473	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
474	<u>147</u>	<u>Sylinterin typpiletkut vialliset</u>	Sylinterin typpiletkut vialliset	31.0 d
475	<u>155</u>	<u>Typpi-/ilmaletku vikaantunut</u>	Typpi-/ilmaletku vikaantunut	3.0 d
476	<u>156</u>	<u>Kipinät polttaneet letkuihin reikiä</u>	Kipinät polttaneet letkuihin reikiä	31.0 d
477	<u>157</u>	<u>Palosuojauksen pettäminen</u>	Palosuojauksen pettäminen	25.0 d
478	<u>158</u>	<u>Paloluukut auki</u>	Paloluukut auki	
479	<u>159</u>	<u>Yksi koneen paloluukuista häiriössä</u>	Yksi koneen paloluukuista häiriössä	
480	<u>160</u>	<u>Sondi luukun välissä</u>	Sondi luukun välissä	
481	<u>270</u>	<u>Luukun radalla roskaa/likaa</u>	Luukun radalla roskaa/likaa	5.0 d
482	<u>271</u>	<u>Pommikoneen puutteellinen pölytiivetyys</u>	Pommikoneen puutteellinen pölytiivetyys	1.0 d
483	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
484	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
485	<u>230</u>	<u>Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???</u>	Pudotusrännin paloluukku ei sulkeudu???	
486	<u>231</u>	<u>Sondi juuttunut luukun väliin</u>	Sondi juuttunut luukun väliin	1.0 d
487	<u>232</u>	<u>Sondin hidas irtoaminen koneesta</u>	Sondin hidas irtoaminen koneesta	
488	<u>291</u>	<u>Sondin pahvi karkea</u>	Sondin pahvi karkea	
489	<u>272</u>	<u>Laitteen ikääntyminen</u>	Laitteen ikääntyminen	1.5 d
490	<u>162</u>	<u>Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi</u>	Pudotussondilaitteen sisäinen ylipaine ei toimi	
491	<u>163</u>	<u>Liitos irti</u>	Liitos irti	
492	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
493	<u>165</u>	<u>ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut</u>	ulkoinen tekijä?? liitin vanhennut	
494	<u>166</u>	<u>Ilmahana kiinni</u>	Ilmahana kiinni	
495	<u>167</u>	<u>Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta</u>	Suljettu tietämättä ilmahanan toimintatarkoitusta	2.0 a
496	<u>288</u>	<u>Tiivisteet vioittuneet</u>	Tiivisteet vioittuneet	
497	<u>289</u>	<u>Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana</u>	Kumitiivisteet sulaneet kuumuuden takia tai kuluneet vuosien aikana	
498	<u>290</u>	<u>Suunnitteluvirhe</u>	Suunnitteluvirhe	
499	<u>273</u>	<u>Laitteen huoltojen puutteellisuus</u>	Laitteen huoltojen puutteellisuus	2.0 d
500	<u>168</u>	<u>Letkut asennettu virheellisesti</u>	Letkut asennettu virheellisesti	
501	<u>164</u>	<u>Asennusvirhe</u>	Asennusvirhe	15.0 d
502	<u>170</u>	<u>Letkut vanhentuneet</u>	Letkut vanhentuneet	3.0 d