

TIEDOLLA JOHTAMINEN EHKÄISEVÄSSÄ KUNNOSSAPIDOSSA

Tapaustutkimuksena SSAB-kylmäoikaisukone

Krankkala Mikko

Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka
Tiedolla johtamisen asiantuntija
Insinööri (ylempi AMK)

2023

Kone- ja tuotantotekniikka
Tiedolla johtamisen asiantuntija
Insinööri (ylempi AMK)

Tekijä	Mikko Krankkala	Vuosi	2023
Ohjaajat	Helena Kangastie TtM, Jyri Kivinen FT		
Toimeksiantaja	SSAB Europe Oy		
Työn nimi	Tiedolla johtaminen ehkäisevässä kunnossapidossa Tapaustutkimuksena SSAB kylmäoikaisukone		
Sivu- ja liitemäärä	82 + 17		

Asianmukaisen ja systemaattisesti toteutetun tiedolla johtamisen avulla saadaan tuotannon- ja kunnossapidon tietojärjestelmiin kertynyt data sekä ihmisten hiljainen tieto hyödynnettäväksi kunnossapidon päätöksenteossa. Todennettuun tietoon perustuvien päätöksiä avulla voidaan parantaa kunnossapidon edellytyksiä kohteiden käytettävyyden ja toimintavarmuuden parantamiseen ja pidentää kohteiden elinjaksoja kustannustehokkaasti. Lisäksi tietoa voidaan hyödyntää turvallisuuden ja tuotelaadun parantamisessa sekä kohteiden ympäristövaikutuksien pienentämisessä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää konkreettisia keinoja tiedolla johtamisen hyödyntämiseen ehkäisevässä kunnossapidossa. Konkreettisia keinoja selvitettiin kartoittamalla tiedolla johtamisen nykytilaa, haasteita ja mahdollisuuksia ehkäisevässä kunnossapidossa tapaustutkimuksen keinoin.

Toteutetussa tapaustutkimuksessa hyödynnettiin menetelmätriangulaatiota. Tutkimukseen kerättiin laadullista aineistoa kohteen tuotannon ja kunnossapidon asiantuntijoiden teemahaastatteluilla. Laadullinen aineisto analysoitiin sisälönanalyysin avulla. Lisäksi kerättiin kunnossapidon tietojärjestelmästä vikaantumisdataa, jota analysoimalla selvitettiin merkittävimmät vikaantumiskohteet ja niiden vikaantumiskäyttäytyminen.

Esimerkkitapauksen nykytilassa tietoa tuotetaan, kerätään, jaetaan, analysoidaan ja hyödynnetään erilaisten järjestelmien ja ihmisten välisen vuorovaikutuksen avulla. Haasteita esimerkkitapauksen ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen aiheuttavat erityisesti kunnonvalvontajärjestelmän epävarma toiminta, puutteellinen raportointi ja kohteen pölyisyys. Toisaalta kaikkiin keskeisiin haasteisiin nousi haastatteluissa esille myös parannusmahdollisuuksia, joiden avulla määriteltiin useita konkreettisia kehitysehdotuksia.

Data-analyysin perusteella esimerkkitapauksen vikaantumiset eivät ole aikariippuvaisia. Lisäksi varhaiset vikaantumiset korostuivat hieman useilla kohteilla, joten jaksotetut vaihdot eivät ole kustannustehokas tapa tutkittujen kohteiden kunnossapidossa.

Asiasanat ehkäisevä kunnossapito, kuntoon perustuva kunnossapito, ennakoiva kunnossapito, tiedolla johtaminen, tapaustutkimus, data-analytiikka

Knowledge Management Expertise
Master of Engineering

Author	Mikko Krankkala	Year	2023
Supervisors	Helena Kangastie MSc (Health Sciences), Jyri Kivinen PhD (Informatics)		
Commissioned by	SSAB Europe Oy		
Subject of thesis	Knowledge Management in Preventive Maintenance SSAB Cold Leveller as a Case Study		
Number of pages	82 + 17		

With the help of appropriate and systematically implemented knowledge management, the data accumulated in the production and maintenance information systems and the tacit knowledge of people can be utilized in maintenance decision-making. With the help of decisions based on verified information, the availability and reliability of the objects can be improved and the life cycle of the objects extended cost-efficiently. In addition, information can be used to improve safety and product quality, and to reduce the environmental impact of objects.

The purpose of the thesis was to find concrete ways to utilize knowledge management in condition-based maintenance. Concrete methods were studied by mapping the current state of knowledge management, challenges and opportunities in condition-based maintenance with the help of a case example.

The research was carried out as a case study and it utilized method triangulation. Qualitative material for the study was collected through thematic interviews of the research object's production and maintenance experts. The qualitative material was analyzed using content analysis. In addition, failure data was collected from the maintenance information system, which was analyzed to find out the most significant failure points and their failure behavior.

In the current state of the example case, information is produced, collected, shared, analyzed and utilized with the help of various systems and interaction between people. Challenges to the knowledge-based management of the preventive maintenance of the example case are especially caused by the uncertain operation of the condition monitoring system, incomplete reporting and the dustiness of the site. On the other hand, for all the most critical challenges, improvement opportunities were also brought up in the interviews. Several concrete development proposals were defined with the help of the interviews.

Based on the data analysis, the failures in the example case are not time-dependent. In addition, early failures were slightly more pronounced in several objects, so time-based replacements are not a cost-effective way of maintaining the examined objects.

Key words preventive maintenance, condition-based maintenance, predictive maintenance, data analytics, knowledge management, case study

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	KEHITTÄMISTYÖN YMPÄRISTÖ	10
2.1	SSAB kylmäoikaisukone	10
2.2	Kylmäoikaisukoneen kunnossapito	11
3	VIKAANTUMINEN JA EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	12
3.1	Vika ja vikaantuminen	16
3.1.1	Vikaantumisten aikariippuvuus	17
3.1.2	Vikaantumisten ehkäiseminen	18
3.2	Ehkäisevän kunnossapidon menetelmät	19
3.3	Ehkäisevä kunnossapito SSAB:lla	22
4	TIEDOLLA JOHTAMINEN EHKÄISEVÄSSÄ KUNNOSSAPIDOSSA	24
4.1	Tiedon määrittelyä	24
4.2	Tiedolla johtamisen määrittelyä	25
4.3	Data-analytiikka ehkäisevässä kunnossapidossa	27
4.4	Koneoppiminen ehkäisevässä kunnossapidossa	28
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	30
5.1	Tapaustutkimus	31
5.2	Triangulaatio	32
5.3	Haastatteluaineiston keruu ja käsittely	33
5.4	Haastatteluaineiston sisällönanalyysi	33
5.5	Data-aineiston keruu	35
5.6	Data-aineiston analysointi	35
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET	44
6.1	Tiedolla johtamisen määrittely	44
6.2	Tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa	46
6.3	Tiedolla johtamisen haasteet ehkäisevässä kunnossapidossa	51
6.4	Tiedolla johtamisen mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa	59
6.5	Data-analyysin tulokset	62

7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	71
7.1	Yhteenveto tuloksista.....	71
7.2	Kehitysehdotukset	72
7.3	Luotettavuuden arviointi.....	74
7.4	Oppimiskokemus ja oman osaamisen kehittyminen	77
	LÄHTEET.....	78
	LIITTEET.....	82

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Kunnossapitolajit.....	14
Kuvio 2. Kunnossapitolajien luokittelu.....	15
Kuvio 3. Kunnossapitokustannukset.....	16
Kuvio 4. Vikaantumisten aikariippuvuus.....	18
Kuvio 5. Kuulalaakerin vikaantumisen edistyminen.....	20
Kuvio 6. Tiedon tasot pyramidi.....	25
Kuvio 7. Tiedolla johtamisen prosessi.....	27
Kuvio 8. Analyysin vaiheet.....	30
Kuvio 9. Aineistolähtöisen sisällönanalyysin eteneminen.....	34
Kuvio 10. Merkittävimmät vikaantumiskohteet, vikalukumäärän perusteella.....	37
Kuvio 11. Hydraulikkajärjestelmän merkittävimmät viat ja vikaantuneet komponentit.....	38
Kuvio 12. Merkittävimmät viat/vikaantuneet komponentit.....	39
Kuvio 13. Antureiden merkittävimmät vikaantumiset.....	40
Kuvio 14. Oikaisurullaston merkittävimmät viat/vikaantuneet komponentit.....	41
Kuvio 15. Tiedolla johtamisen määrittely.....	44
Kuvio 16. Tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa.....	46
Kuvio 17. Tiedolla johtamisen haasteet ehkäisevässä kunnossapidossa.....	51
Kuvio 18. Tiedolla johtamisen mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa	59
Kuvio 19. Pääsylinterien vikaantumisten tiheysfunktio.....	63
Kuvio 20. Pääsylinterien vikaantumistaajuus.....	64
Kuvio 21. Hydraulikkavuotojen vikaantumistaajuus.....	65
Kuvio 22. Paksuusmittarin vikaantumistaajuus.....	66
Kuvio 23. Pölynpoiston vikaantumistaajuus.....	67
Kuvio 24. Lämmönvaihtimen vikaantumistaajuus.....	68
Kuvio 25. Paininrullien vikaantumistaajuus.....	69
Kuvio 26. Kompressoriaseman vikaantumistaajuus.....	70
Kuvio 27. Pääsylinterin vikaantumisdatan sopivuus Weibull-jakaumaan.....	76

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, kuinka tiedolla johtamista hyödynnetään teollisen tuotantolaitoksen ehkäisevässä kunnossapidossa. Työn tavoitteena on selvittää tiedolla johtamisen nykytila esimerkkitapauksena toimivan kylmäoikaisukoneen ehkäisevässä kunnossapidossa sekä kartoittaa siihen liittyvät haasteet ja mahdollisuudet. Opinnäytetyön toimeksiantaja on SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaan kunnossapito-organisaatio. Toimeksiantaja käyttää kylmäoikaisukonetta Raahen tehtaan levyvalssaamalla levytuotteiden tasomaisuuden parantamiseen. Kylmäoikaisukonetta kunnossapidetaan valssaamon kunnossapito-organisaation johdolla ja siihen osallistuu levyvalssaamon tuotanto-organisaatio, kunnossapidon keskitetyt toiminnot sekä tarvittaessa ulkopuoliset palveluntarjoajat. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää esimerkkitapausta tutkimalla konkreettisia keinoja tiedolla johtamisen hyödyntämiseen ehkäisevässä kunnossapidossa. Työn tavoitteesta ja tarkoituksesta on johdettu seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millainen on tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa?
- Mitä ovat ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamisen haasteet?
- Miten tiedolla johtamista voidaan hyödyntää ehkäisevässä kunnossapidossa?

Opinnäytetyö toteutetaan tapaustutkimuksena ja aineiston keruussa hyödynnetään triangulaatiomenetelmää, jossa hyödynnetään sekä määrällistä, että laadullista aineistoa ja kirjallisuuskatsausta. Aineiston kerätään haastattelemalla eri prosessialueiden asiantuntijoita sekä analysoimalla tuotannon ja kunnossapidon tietojärjestelmiin kertynyttä dataa. Hyödyntämällä sekä tietojärjestelmään kertynyttä dataa, että käytännön tekijöiden kokemuspohjaista tietoa, pyritään määrittämään suosituksia ja kehitysehdotuksia esimerkkitapauksena toimivan kylmäoikaisukoneen ehkäisevän kunnossapidon kehitykseen. Ehkäisevän kunnossapidon kehityksellä voidaan parantaa sen vaikuttavuutta ja välttää ylihuoltoa. Liian usein suoritettavat ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet sitovat turhaan resursseja ja aiheuttavat kustannuksia. Toimenpiteet lisäävät usein myös vikaantumisen riskiä ja täten ylihuolto voi aiheuttaa myös ylimääräisiä häiriöitä kohteille.

Opinnäytetyön aihe on toimeksiantajayritykselle tärkeä, koska resurssienhallinta, kustannustehokkuus ja kohteiden elinjaksojen hallinta ovat jatkuvia kehityskoh- teita ja vaikuttavat merkittävästi toimeksiantajayrityksen tuottavuuteen ja kannat- tavuuteen. Aihe on toimeksiantajalle myös varsin ajankohtainen, koska vuodesta 2008 käytössä ollut Arttu-kunnossapitojärjestelmä korvataan uudella IFS-Cloud tuotanto-omaisuuden hallintajärjestelmällä vuoden 2023 aikana. Uusi tietojärjes- telmä tuo uusia mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden en- tistä älykkäämpään ohjaamiseen.

2 KEHITTÄMISTYÖN YMPÄRISTÖ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on SSAB Europe Oy. SSAB Europe kuuluu SSAB-konserniin. SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva, johtava, erikoislujien terästen ja niihin liittyvien palveluiden toimittaja. Yhtiöllä on tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa. SSAB:n tavoitteena on tuoda fossiilivapaa teräs markkinoille ensimmäisenä teräsyhtiönä vuonna 2026. (SSAB 2022a.) SSAB Europe on johtava pohjoismainen nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteiden premium-valmistaja. SSAB Europen markkinaosuus pohjoismaissa on noin 40 % ja sen liiketoimintaa edistää ympäristöystävällisten ja tehokkaiden ratkaisujen kasvava kysyntä useilla terästä käytävillä aloilla, kuten auto- ja rakennusteollisuudessa. (SSAB 2022b.)

SSAB:n Raahen tehdas on osa SSAB Europe -divisioonaa ja se on niin sanottu integroitu terästehdas, jossa raakarauta valmistetaan masuuneissa ja toimitetaan sieltä edelleen terässulatolle. Terässulatolla raakaraudasta ja kierrätysmetallista valmistetaan teräsaihioita, jotka toimitetaan kuumavalssaamolle, jossa ne valsaataan joko kvarttolevyiksi tai nauhakeloiksi. Fossiilivapaaseen tuotantoon tähtäävän Hybrit-hankkeen myötä myös SSAB:n Raahen tehtaassa tavoitteena on ottaa käyttöön fossiilivapaa Minimill-pohjainen ohutlevytuotanto vuoteen 2030 mennessä. (SSAB 2022c.)

2.1 SSAB kylmäoikaisukone

Opinnäytetyön aiheeseen perehdytään esimerkkitapauksen avulla. Esimerkkitapaukseksi on valittu kuumavalssaamalla sijaitseva kylmäoikaisukone ja sen ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtaminen. Kylmäoikaisukone laitteena soveltuu tarkoitukseen teknisesti hyvin, koska se sisältää monipuolisesti eri tyyppisiä kunnossapidettäviä kohteita ja järjestelmiä.

Kylmäoikaisukone on japanilaisen laitevalmistajan Steel Plantech Co. toimittama rullaoikaisukone, joka on otettu jatkuvaan tuotantokäyttöön vuonna 2009. Kylmäoikaisukoneella parannetaan asiakkaille toimitettavien levyjen tasomaisuutta poistamalla tai tasaamalla levyyn aiemmissä prosessivaiheissa syntyneitä jännönsjännityksiä ja pitkittäissuuntaisia venymiä. Kylmäoikaisukoneessa on viisi oikaisurullaa alhaalla ja neljä oikaisurullaa ylhäällä. Oikaisutapahtuman yhtey-

dessä levy ajetaan koneen läpi siten, että oikaisurullien välistä rakoa on pienennetty riittävästi, jotta oikaistava levy taipuu ohittaessaan rullat. Koska rullia on useita peräkkäin, tulee levyille useita edestakaisia taivutuksia, jolloin ala- ja yläpinnan väliset jännityserot tasaantuvat. Taivutusten on oltava riittävän suuria, jotta materiaalin myötöraja ylittyy ja saadaan aikaan pysyvä muodonmuutos. (Raudasoja 2014, 13–20.) Teknisesti kylmäoikaisukone on hyvin monipuolinen kokonaisuus, joka sisältää mekaniikkaa, isoja sähkömoottoreita ja muita sähkölaitteita, hydraulikkajärjestelmiä, voitelujärjestelmiä, automaatiojärjestelmän ja kunnonvalvontajärjestelmän. Kohteen teknisen laaja-alaisuuden vuoksi sen kunnossapito edellyttää erittäin monipuolista osaamista ja eri alojen asiantuntijoita.

2.2 Kylmäoikaisukoneen kunnossapito

Kylmäoikaisukonetta kunnossapidetään tehtaan omien kunnossapito- ja tuotanto-organisaatioiden toimesta. Kuumavalssaamolla on oma kunnossapito-osasto, jonka tehtävänä on ylläpitää ja kehittää tuotantolinjojen tuotantokykyä ja kapasiteettia sekä vastata kunnossapitotöiden määrittelemisestä, valvonnasta ja useimmiten myös toteutuksesta. Kuumavalssaamon oman kunnossapito-osaston lisäksi tuotantolinjojen kunnossapitoon osallistuvat lisäksi tuotanto-osastot sekä kunnossapidon keskitetyt toiminnot, joita ovat kunnossapidon kehitys, keskitettykunnossapito, keskuskorjaamo, kiinteistöpalvelu, materiaalipalvelu ja investointipalvelu. Tehtaan omien organisaatioiden lisäksi kunnossapidossa hyödynnetään laajasti ulkopuolisia palveluntarjoajia.

Nykyisin toimeksiantajayrityksessä ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet määritellään tapauskohtaisesti osastojen kunnossapito-organisaatioiden tai projektiorganisaatioiden toimesta. Toimenpiteiden määrittämisessä hyödynnetään tyypillisesti laitetoimittajan huolto-ohjeita sekä kokemuseräistä tietoa ja yleistä laitetuntemusta.

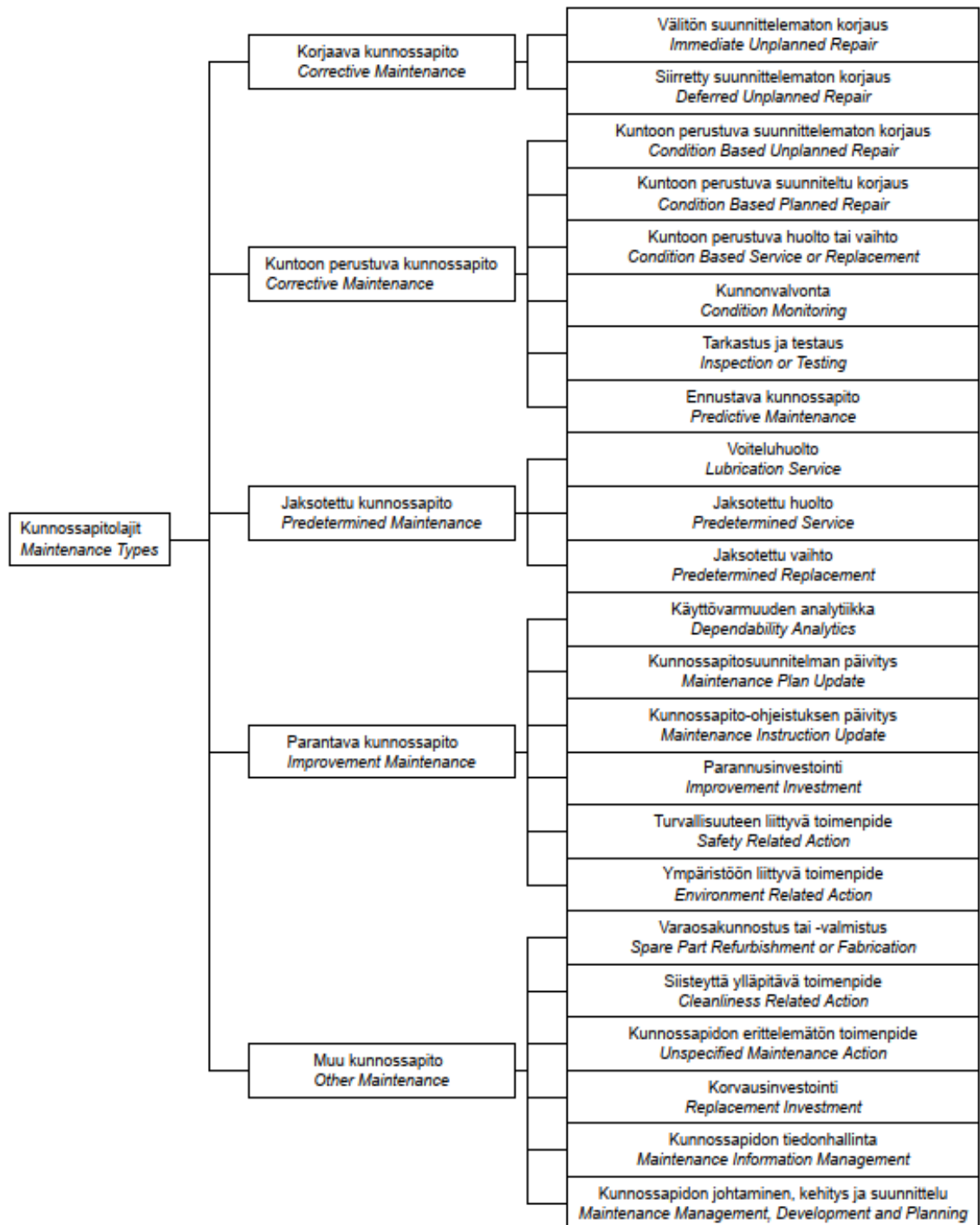
3 VIKAANTUMINEN JA EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO

Kunnossapito ja odotukset kunnossapidon toiminnalle ovat muuttuneet merkittävästi viime vuosikymmenten aikana. Vielä 1940-luvulla on kunnossapidolta odotettu kohteen korjaamista vikaantumisen jälkeen. Nykyään kunnossapidolta odotetaan lisäksi kohteiden käytettävyyden, toimintavarmuuden ja turvallisuuden parantamista, kustannustehokkuutta, parempaa tuotelaatua ja ympäristön huomioimista sekä pidempiä kohteiden elinjaksoja. (Moubrau 1992, 2–3.) Nykyisin kunnossapitoa pidetään tärkeänä tuotantolaitoksen kilpailukykyä parantavana tekijänä eikä pelkkänä kustannustekijänä. Teknologian kehittymisen myötä ovat mahdollisuudet vikojen ja korjauksien hallintaan parantuneet ja johtaneet kehitykseen, jossa pyritään häiriötä ennakoiivaan suunnitteluun ja kunnossapitoon. Ympäristötietoisuuden lisääntymisen myötä on havaittu hyvin huolletun ja kunnossapidetyn laitoksen edut verrattuna huonolla hyötysuhteella ja matalalla käytettävyydellä toimivaan laitokseen. Asianmukaisella huollolla ja kunnossapidolla voidaan jatkaa kohteen elinjaksoa, jolloin elinjakson aikaiset ympäristövaikutukset pienenevät. (Mikkonen 2009, 25.) Asiakastyytyväisyyden saavuttaminen kunnossapidossa edellyttää nykyään korkeaa kohteiden toimintavarmuutta ja käytettävyyttä kustannustehokkailla menetelmillä toteutettuna (Gulati 2013, Preface).

Kohteen käyttäytymiseen sen käytön aikana vaikuttavat kohteen toimintavarmuus, käyttöolosuhteet sekä kunnossapitosuunnitelma (Gulati 2013, 5). Kunnossapitosuunnitelmaan sisältyy kaikki koneen tai laitteen hankintavaiheen tai elinjakson aikaiset kunnossapidolliset asiat. Suomen standardisointiyhdistys SFS ry on standardisoinnin keskusjärjestö, joka vastaa standardoinnista Suomessa lukuun ottamatta sähkö- ja telealaa. SFS ry on eurooppalaisen standardisointijärjestö CEN:n sekä maailmanlaajuisen standardisointijärjestö ISO:n jäsen. (SFS 2022.) PSK Standardisointi ry on teollisuuden ja teollisuutta palvelevien yritysten yhteinen kehitysyksikkö, jonka tavoitteena on tukea jäsenyritysten liiketoimintaa standardisoinnin ja koulutuksen avulla (PSK 2022). Kunnossapitosuunnitelma käsitteen on määritelty standardissa SFS-EN 13306 olevan, jäsenelty ja dokumentoitu työtehtävien joukko, joka sisältää toimenpiteet, menetelmäkuvaukset, resurssit sekä aikataulun, joita kunnossapitoa tehtäessä tarvitaan. (SFS-EN 13306:2017, 2.5). PSK 6201 standardi taas määrittelee kunnossapitosuunnitelman olevan laitteen hankinnan yhteydessä tehtävä ja tarvittaessa päivitettävä

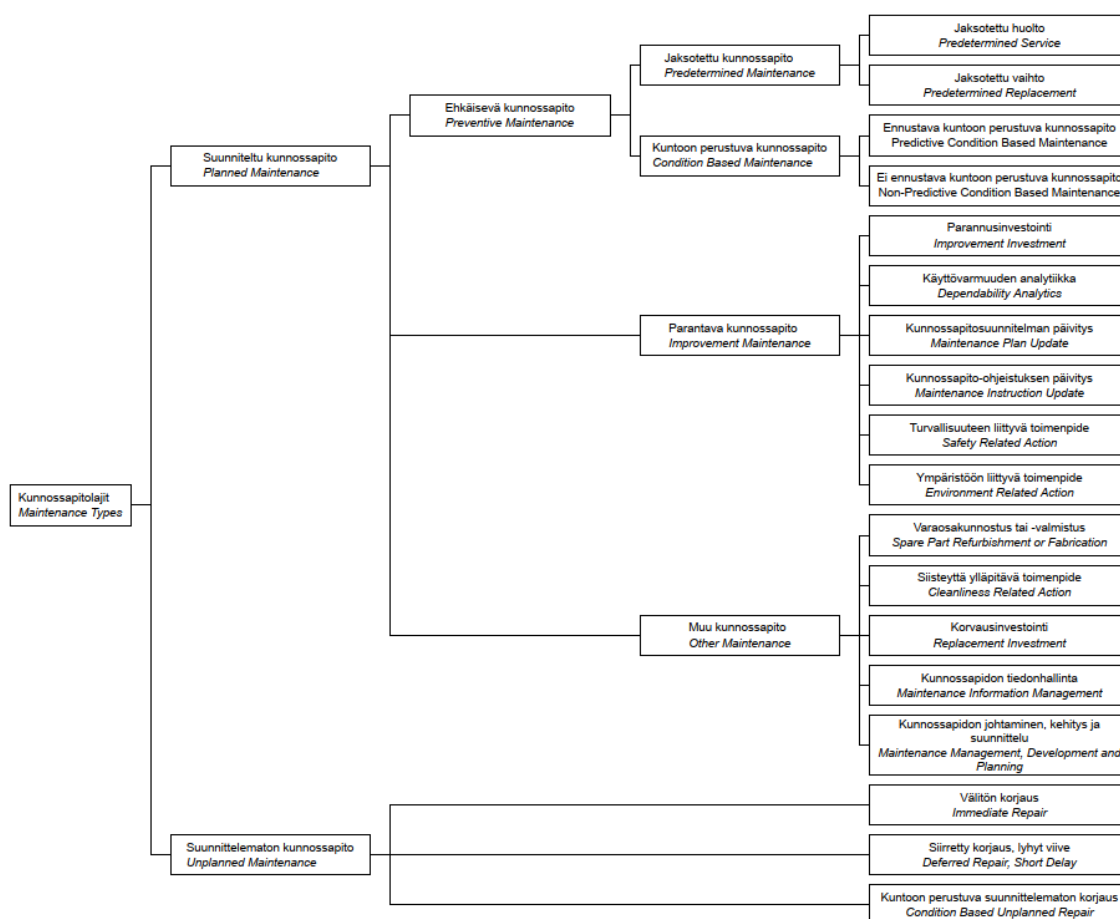
suunnitelma koneen tai laitteen suunnitellusta kunnossapidosta ja häiriökorjauksesta. Kunnossapitosuunnitelmaan sisältyy kunnonvalvontaa vaativat koneet ja laitteet ja se määrittelee valvontakohteet ja käytettävät menettelytavat. Suunnitelma sisältää huolto-ohjeet, varaosasuositukset, huoltojaksot ja -kriteerit. Se selvittää huoltokohteet ja niiden luokse päästävyyden sekä sen, mitkä ovat noudatettavat viranomaisvaatimukset. (PSK 6201:2011, 5.3.3.)

Kunnossapito voidaan jakaa kuviossa 1 esitetyn kaavion mukaisesti kunnossapitolajeihin. Kunnossapidon lajittelua eri kunnossapitolajeihin voidaan hyödyntää kunnossapidon johtamisessa esimerkiksi seuraamalla kunnossapitokustannusten ja kunnossapitoajan jakaantumista eri kunnossapitolajien välillä. (Järviö & Lehtiö 2012, 46-47.)



Kuvio 1. Kunnossapitolajit (PSK 6201:2022, 7)

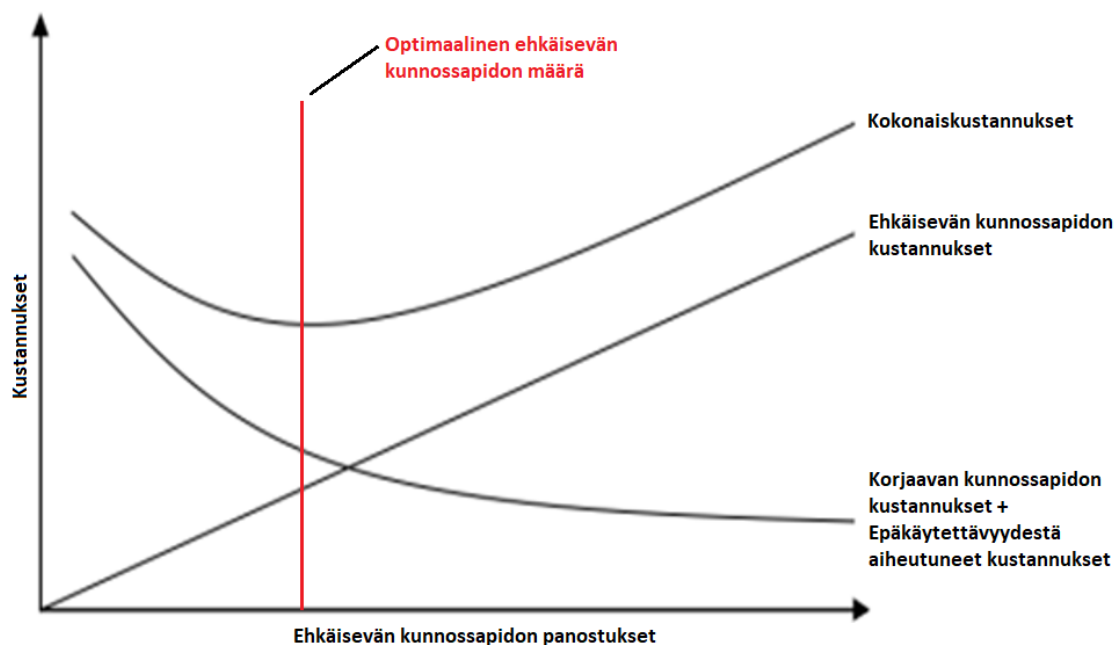
Kunnossapitolajit on lisäksi luokiteltu PSK 6201:2022 standardissa suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon kuviossa 2 esitetyn kaavion mukaisesti. Kunnossapitoajan ja kustannusten jakautumista erityisesti suunnitellun ja suunnittelemattoman kunnossapidon välillä seurataan yleisesti kunnossapidossa. Suunniteltu kunnossapito on useimmiten suunnittelematonta kustannustehokkaampaa ja turvallisempaa ja siksi sen osuuden halutaan tyypillisesti olevan selvästi suurempi.



Kuvio 2. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 6201:2022, O.2)

Kunnossapitokustannusten tarkastelussa tulee huomioida kunnossapidon suorat ja epäsuorat kustannukset sekä tuotannon menetykset. Suoria kunnossapitokustannuksia ovat kunnossapidon toiminnoista aiheutuvat kustannukset, kuten esimerkiksi henkilöstökulut ja kunnossapidon varaosat ja tarvikkeet. Epäsuoria kunnossapitokustannuksia taas ovat kunnossapidon vaikutuksesta muualla ilmenevät kustannukset kuten kunnossapidon sidottu pääoma, kunnossapidon energia-kustannukset ja turvallisuus- ja vahinkokustannukset. Kunnossapidosta tai yllättävistä vikaantumisista aiheutuvat tuotannon menetykset ovat hyvin merkittävä kunnossapidon kustannustehokkuuteen vaikuttava tekijä, joista käytetään nimitystä kuusi suurta hävikkiä. Nämä ovat laitevika-aika, aloitus-, lopetus-

, ja asetusajat, vajaakäynti ja lyhyet seisokit, alentunut nopeus, prosessin aiheuttamat laatuviat sekä laadun aiheuttama vähentynyt tuotto (Laine 2010, 37-38.)



Kuvio 3. Kunnossapitokustannukset (mukaillen Koski 2015, 25)

Ehkäisevän kunnossapidon lisäämisen avulla voidaan optimoida kunnossapidon kokonaiskustannuksia, kuten kuviossa 3 on esitetty. Vastaavasti, jos laitteelle tehdään liikaa ehkäisevää kunnossapitoa alkavat kunnossapidon kokonaiskustannukset lisääntyä, koska korjaavan kunnossapidon ja epäkäytettävyyden kustannussäästöt eivät riitä kattamaan ehkäisevän kunnossapidon panostuksia.

3.1 Vika ja vikaantuminen

PSK 6201-standardi määrittelee vikaantumisen seuraavasti: "Vikaantuminen on tapahtuma, jonka seurauksena kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto päättyy. Vikaantumisen yhteydessä laitteeseen syntyy vika." (PSK 6201:2011, 5.1.2.)

Vika on määritelty PSK 6201 standardissa seuraavasti: "Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa täydellisesti pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia." (PSK 6201:2011, 5.1.2.) John Moubrau on kirjassaan Reliability Centered Maintenance määritellyt vian olevan tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan toimintoa, jonka sen käyttäjä haluaa sen







suorittavan. Lisäksi Moubrau toteaa käyttäjän haluavan sallia kohteen toimintakyvyn heikkenemisen, jolloin kohteen alkuperäisen toimintakyvyn täytyy ylittää käyttäjän kohteelta haluama toimintakyky. (Moubrau, 1992, 45-46.)

3.1.1 Vikaantumisten aikariippuvuus

Vikaantumistaajuutta tai vikaantumisen todennäköisyyttä ajan suhteen on kuvattu jo vuosikymmenien ajan vikaantumiskäyrien avulla. Kuviossa 4 on esitetty aiemmissa tutkimuksissa saadut tulokset vikaantumisten aikariippuvuudesta. Kuviossa esitetyistä tuloksista nähdään, että 71%–93% vikaantumisista tapahtuu satunnaisesti, jolloin aikaan tai käyttömäärään perustuvat kunnossapidon toimenpiteet eivät ole tehokkaita, vaan saattavat pahimmillaan lisätä kohteen vikaantumisia, koska huollon tai vaihdon yhteydessä kohde altistetaan varhaiselle vikaantumiselle, jota esiintyy kohteilla, jotka noudattavat tyyppien A ja F mukaisia vikaantumiskäyriä. (Järviö & Lehtiö 2012, 82-83.)

Varhainen vikaantuminen johtuu yleensä suunnittelu-, materiaali-, valmistus-, tai asennusvirheestä tai virheellisestä luovutuksesta, käytöstä tai kunnossapidosta. Viimeisimmässä sukellusveneille tehdyssä tutkimuksessa (Kuvio 4.) vikaantumiskäyrälle F saatu, selkeästi aiempia tutkimuksia alhaisempi tulos, antaa viitteitä Järviön ja Lehtiön (2012, 80) esiin nostamasta asiasta, että nykyisten laatujärjestelmien käyttö on vähentänyt merkittävästi varhaisia vikaantumisia.

Aikariippuvaisia vikaantumisia esiintyy tyypillisesti yksinkertaisilla kohteilla sekä kohteilla, jotka ovat suorassa kosketuksessa tuotteen tai materiaalin kanssa. Nykyisin kunnossapidettävät kohteet ovat sekä rakenteeltaan, että tekniikaltaan monimutkaisia, jolloin komponenttikohtaiset vikaantumismallit eivät erotu ja kohteiden vikaantumiset ovat usein ajasta riippumattomia ja tapahtuvat satunnaisesti laitteen elinjakson aikana.

Aikariippuvuus	Tyyppi	Vikaantumiskäyrä	UAL 1968	Broberg 1973	MSP 1982	SSMD 1993	SUBMEPP 2001
Aikariippuvaisia	A		4 %	3 %	3 %	6 %	2 %
	B		2 %	1 %	17 %	0 %	10 %
	C		5 %	4 %	3 %	0 %	17 %
	A+B+C		11 %	8 %	23 %	6 %	29 %
Satunnaisia	D		7 %	11 %	6 %	0 %	9 %
	E		14 %	15 %	42 %	60 %	56 %
	F		68 %	66 %	29 %	33 %	6 %
	D+E+F		89 %	92 %	77 %	93 %	71 %

Kuvio 4. Vikaantumisten aikariippuvuus (mukaillen Koski 2015, 26)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan esimerkkitapauksena toimivan kylmäoikaisukoneen vikaantumisten aikariippuvuuksia kunnossapidon tietojärjestelmästä kerättyä dataa analysoimalla ja vertaillaan saatuja tuloksia kuviossa 4 esitettyihin aiempiin tutkimustuloksiin aiheesta. Kohteen vikaantumisten aikariippuvuuksien ymmärtäminen auttaa määrittämään kohteelle oikeanlaisia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä sekä valitsemaan toimenpiteille oikeat ohjaustavat.

3.1.2 Vikaantumisten ehkäiseminen

Vikaantumiset aiheuttavat tuotantokapasiteetin alenemista, nostavat tuotantokustannuksia ja heikentävät toimitusvarmuutta. Lisäksi vikaantumiset aiheuttavat laatupoikkeamia sekä turvallisuus- ja ympäristöriskejä, koska häiriökorjaukset eivät ole yhtä suunnitelmallisia kuin suunnitellun kunnossapidon toimenpiteet. Edellä mainittujen asioiden johdosta nykyään kiinnitetään yhä enemmän huomiota kohteiden käytettävyyteen ja toimintavarmuuteen. (Moubrau, 1992, 3.) Kohteiden käytettävyyttä ja toimintavarmuutta voidaan parantaa ehkäisemällä vikaantumisia.

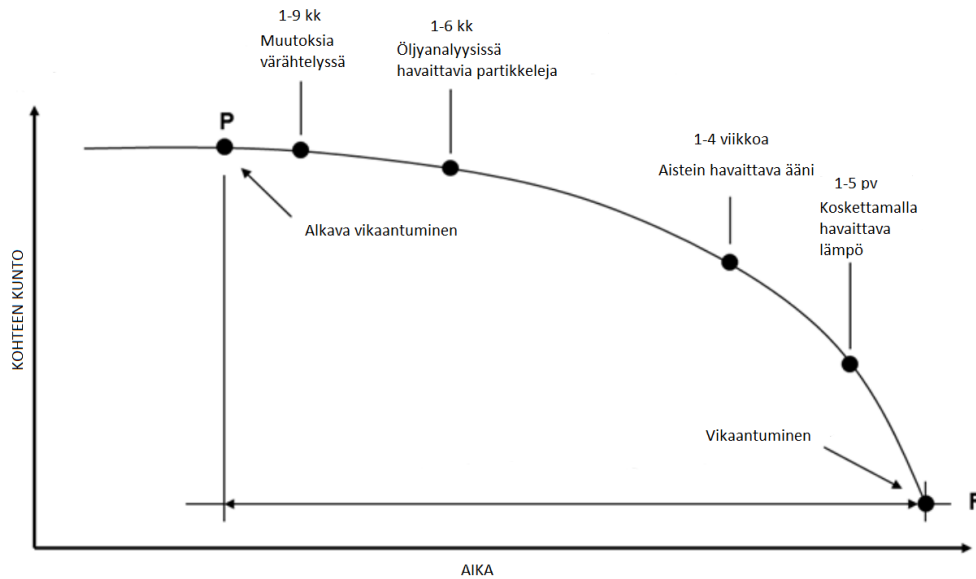
Vikaantumisten ehkäiseminen voidaan aloittaa jo kohteen suunnitteluvaiheessa valitsemalla testattuja ja luotettavia komponentteja sekä huomioimalla kohteen käyttöolosuhteet ja niistä aiheutuvat vikaantumisriskiä kasvattavat tekijät. Seu-

raava vaihe, jossa voidaan merkittävästi ehkäistä kohteen vikaantumisia, on laitteen asennus. Huomioimalla asennuksen yhteydessä kohteen käyttövarmuuden kannalta tärkeät, tarkkuuskunnossapidolliset, puhtauteen ja asennustarkkuuteen liittyvät asiat, voidaan ehkäistä kohteen vikaantumisia. Asennuksen jälkeen kohteen vikaantumisten ehkäisemistä pyritään hoitamaan ehkäisevän kunnossapidon avulla.

3.2 Ehkäisevän kunnossapidon menetelmät

Ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteillä ja menetelmillä seurataan kohteen suorituskykyä ja kuntoa ja pyritään ehkäisemään laitteen vikaantuminen ja laitteen suorituskyvyn aleneminen alle vaaditun tason (Järviö & Lehtiö 2012, 50). Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on ylläpitää kohteen suorituskyky tyydyttävällä tasolla systemaattisten tarkastusten, alkavien vikojen havainnoinnin ja korjauksen, testauksen, mittauksen, säädön ja osien vaihdon avulla siten että vältetään yllättävät vikaantumiset. Ehkäisevällä kunnossapidolla ylläpidettyjen, toimintakuntotietojen ja niiden analysoinnin avulla voidaan määritellä laitteelle tarvittavia korjaavan kunnossapidon toimenpiteitä. (Gulati 2013, 57-58.)

Kuten jo edellä vikaantumisten aikariippuvuutta käsittelevässä alaluvussa käy ilmi, eivät useimmat vikaantumiset ole aiempien tutkimusten perusteella aikariippuvaisia, vaan tapahtuvat satunnaisesti. Useimmat vikaantumiset kuitenkin antavat jonkinlaista havaittavissa olevaa indikaatiota siitä, että vikaantuminen on tapahtumassa tai on alkamassa tapahtumaan. Ehkäisevän kunnossapidon menetelmien avulla voidaan pyrkiä havaitsemaan tätä vikaantumisen antamaa indikaatiota riittävän ajoissa, jotta ehditään välttämään kohteen vikaantuminen ja siitä aiheutuvat haitat. Tätä aikaväliä vikaantumisen antamasta indikaatiosta vikaantumiseen, kutsutaan yleisesti P-F-aikaväliksi ja sitä kuvataan P-F-käyrällä, jossa P= Potential failure, Alkava vikaantuminen ja F= Failure, Vikaantuminen. Alla esimerkki P-F-käyrästä, jossa esitetään kuulalaakerin vikaantumisen edistyminen alkavasta vikaantumisesta vikaantumiseen (kuvio 5).



Kuvio 5. Kuulalaakerin vikaantumisen edistyminen (mukaillen Moubrau 1995, 154)

Kuten luvussa kolme esitetystä Kunnossapitolajien luokittelu -kuvioista (Kuvio 2) nähdään, voidaan ehkäisevä kunnossapito jakaa jaksotettuun kunnossapitoon ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Valinta näiden kahden välillä riippuu kohteesta ja sen vikaantumistavasta sekä käytettävissä olevista resursseista.

Ehkäisevän kunnossapidon käynninaikaisilla kuntoon perustuvan kunnossapidon menetelmillä, kuten kunnonvalvontamittauksella, tuotelaadun seurannalla, prosessiparametrien seurannalla ja analysoinnilla ja ihmisaistein tehtävällä seurannalla voidaan havaita alkavia vikaantumisia. Aikaväli havainnosta vikaantumiseen vaihtelee, menetelmästä riippuen. Tämä on huomioitava menetelmän valinnassa, jotta alkava vikaantuminen ehditään korjaamaan suunnitellusti ennen vikaantumisen tapahtumista. (Moubrau 1995, 144–155.)

Jaksotetussa kunnossapidossa toimenpiteet suoritetaan ennalta määrätyn aikajakson tai kohteen käyttömäärän perusteella. Kohteen toimintakuntoa ei tutkita ennen toimenpiteen suorittamista. (PSK 6201:2022, 7.3.) Jaksotetun kunnossapidon toimenpiteiden valinta vikaantumisen ehkäisemiseksi on perusteltua, mikäli vikaantuminen on aikariippuvaista ja vikaantumisen todennäköisyys kasvaa selvästi, jonkin tietyn aikajakson kuluttua. Jaksotetun kunnossapidon toimenpiteiden valinta on perusteltua myös silloin, kun vikaantuminen kehittyy niin nopeasti, ettei

vikaantumista havaita riittävän ajoissa kuntoon perustuvan kunnossapidon menetelmien avulla tai ne eivät ole kustannustehokkaita suhteessa jaksotetun kunnossapidon toimenpiteisiin.

Jaksotettu kunnossapito sisältää voiteluhuollon, jaksotetun huollon ja jaksotetun vaihdon toimenpiteitä, joiden avulla pyritään ylläpitämään kohteen suorituskyky halutulla tasolla huollon avulla tai palauttamaan suorituskyky uutta vastaavalle tasolle korvaamalla kohde uudella tai huolletulla vaihtoyksilöllä. (PSK 6201:2022, 7.3.)

Kuntoon perustuvan kunnossapidon menetelmien avulla valvotaan kohteen toimintakykyä ja seurataan vikaantumisten kehittymistä. Kehittyville vikaantumisille pyritään määrittämään kuntoon perustuva huolto tai korjaus, ennen vikaantumisen tapahtumista. Kuntoon perustuvan kunnossapidon valvontaa voidaan tehdä sekä määrävälein että jatkuvasti. PSK-standardi 6201:2022 jakaa kuntoon perustuvan kunnossapidon ennustavaan ja ei-ennustavaan. Ennustavaa kunnossapitoa toteutetaan toistuvasta analysoinnista ja kohteen tilan muutoksien seurannasta saataviin ennusteisiin perustuen. (Gulati 2013, 245; PSK 6201:2022, 7.2.)

Kunnonvalvontamittaus on keskeinen ennustavan kuntoon perustuvan kunnossapidon osa-alue, johon kuuluu mm. värähtelymittaus, öljyanalyysit, lämpötilan seuranta, aistinvaraiset tarkastukset sekä sähkötekniset kunnonvalvontamenetelmät. Käytettävien kunnonvalvontamenetelmien valintaan vaikuttavat koneiden ja laitteiden vikaantuvat komponentit sekä todennäköiset vikaantumismekanismit. (Mikkonen. 2009, 162.)

Kunnonvalvonnan taso ja käytettävät menetelmät määritellään tapauskohtaisesti, teknisten-, taloudellisten- ja turvallisuustavoitteiden mukaisesti. Mikäli kohde on todettu kriittiseksi ja kunnonvalvontaa vaativaksi, pyritään sen kunnonvalvontamittaukset suunnittelemaan sellaisiksi, että niiden avulla saadaan riittävän tarkkaa ja reaaliaikaista tietoa kohteen kunnosta ja sen kehityksestä pienemmillä kustannusvaikutuksilla, kuin kohteen vikaantumisista seuraisi. (Mikkonen. 2009, 162-163.)

3.3 Ehkäisevä kunnossapito SSAB:lla

SSAB:n Raahen tehtaan ehkäisevä kunnossapito perustuu ennakkohuoltoihin, jaksotettuihin huoltoihin ja kunnonvalvontaan. Kunnossapidon tavoitteena on kustannustehokas käyttövarmuuden maksimointi, johon pyritään kohteiden käyttöolosuhteiden huolehtimisella sekä vikaantumisten ennakoimisella. (Valtokari 2020, 5-7.)

Vikaantumisia pyritään ennakoimaan, koska suurin osa vikaantumisista tapahtuu ajan suhteen satunnaisesti, eikä määräaikaivaihtoja tai -huoltoja voida koskaan ajoittaa parhaalla mahdollisella tavalla. Ennakoinnissa hyödynnetään kuntoon perustuvan kunnossapidon menetelmiä. Prosessilaitteiden toimintakuntoa seurataan erilaisten mittausten ja tarkastusten avulla. Mittauksia ja tarkastuksia tehdään joko jatkuvasti tai jaksotetusti, riippuen kohteesta. Oikealla mittauksella tai tarkastuksella alkava vikaantuminen havaitaan riittävän ajoissa, että tarvittavat kunnossapitotoimenpiteet ehditään suunnitella ja toteuttaa oikea-aikaisesti. (Valtokari 2020, 8-11.)

SSAB:n Raahen tehtaalla käytetään kaikkia yleisimpiä kunnonvalvontamenetelmiä, kuten mm. värähtelymittausta, aistinvaraista havainnointia, voiteluaineanalyysijä, lämpötilamittausta, aineenvahvuusmittausta sekä ultraäänimittausta. Kunnonvalvonnan käyttö tukee resurssi- ja kustannustehokkuutta, turvallisuutta, suunnitelmallisuutta ja tuotanto-omaisuuden hallintaa, jotka ovat kunnossapidon strategisia tavoitteita. Ennen vikaantumista suunnitellusti ja oikea-aikaisesti tehtävät kunnossapitotoimenpiteet ovat kustannustehokkaampia ja turvallisempia, kuin häiriökorjaukset, sekä mahdollistavat pidemmät laitteiden elinjaksot ja paremman varaosavaraston hallinnan. (Valtokari 2020, 10-14.)

Kriittisille laitteille tehdään määräväleihin pitkän tähtäimen kunnonvalvontasuunnitelmat sekä niihin perustuvat vuosittaiset toimintasuunnitelmat, joiden kunnonvalvontatoimintaa ylläpidetään ja kehitetään. Varsinaisen kunnonvalvontahenkilöstön lisäksi aistinvaraista kunnonvalvontaa suorittavat mm. tuotannon operaattorit tarkastuskierroksien avulla. Operaattoreiden tekemä aistinvarainen kunnossapito on tärkeä osa kokonaisvaltaista kunnonvalvontaa ja tarvittavien apuvälineiden avulla myös erittäin tehokas. (Valtokari 2020, 15-16.)

SSAB:lla hyödynnetään ennakoivassa kunnossapidossa myös data-analytiikkaa ja koneoppimista mm. oikaisukoneen oikaisurullaston kulumisen seurannassa ja kunnossapitotarpeiden ennakoinnissa. (Valtokari 2020, 30-31.)

4 TIEDOLLA JOHTAMINEN EHKÄISEVÄSSÄ KUNNOSSAPIDOSSA

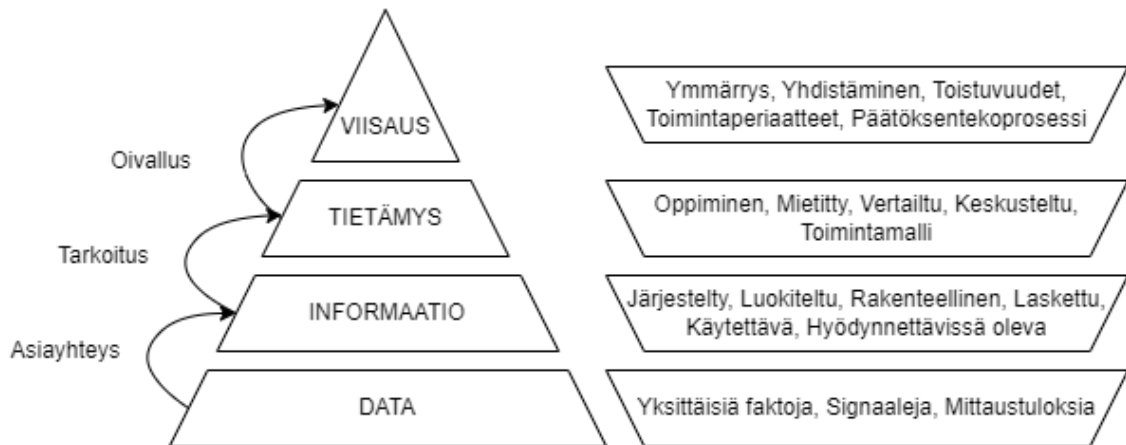
Kirstyneiden asiakasvaatimusten ja lisääntyneen ympäristötietoisuuden myötä, myös tiedon hallinnan merkitys yritysten kilpailutekijänä on entisestään kasvanut. Tiedon merkitys yrityksen menestystekijänä on alettu yleisesti ymmärtää 1990-luvulla, jolloin on syntynyt ns. tietoperustainen lähestymistapa yrityksen toimintaan (engl. knowledge-based view of the firm) (Grant, 1996 109–122). Valmistavassa teollisuudessa asiakasvaatimukset kohdistuvat usein lopputuotteen laadunhallintaan liittyviin asioihin sekä tuotantoprosessin riskienhallintaan, joka osaltaan myös vaikuttaa tuotelaatuun, mutta myös muihin tekijöihin, kuten esimerkiksi henkilöturvallisuuteen tai ympäristöriskeihin. Ehkäisevällä kunnossapidolla on merkittävä vaikutus, tuotantoprosessien riskinhallinnassa. Tiedolla johtamisen avulla voidaan ehkäisevää kunnossapitoa kehittää entistä ennakoivammaksi ja turvallisemmaksi ja vähentää tuotelaatuun, turvallisuuteen tai ympäristöön kohdistuvia riskejä.

4.1 Tiedon määrittelyä

Tiedon tasoja ja eri tasojen ominaisuuksia havainnollistetaan usein kuviossa 6 esitetyllä tiedon pyramidilla. Tieto on jaettu tiedon pyramidissa hierarkkiseen järjestykseen, jossa tiedon arvo kasvaa pyramidin ylemmille tasoille edettäessä. Pyramidin alemmilla tasoilla tieto on taas paremmin käsiteltävissä ja jaettavissa. Tiedon hallinnan keinoilla pyritään siirtämään tietoa eri tasojen välillä ja luomaan samalla uutta tietoa. Data ja informaatio ovat tiedon lajeista eksplisiittisesti esitettävissä ja niitä voidaan käsitellä helposti ohjelmallisesti, kun taas tietämys ja viisaus luokitellaan enemmän hiljaiseksi tiedoksi, joka on vaikeammin hyödynnettävissä, mutta oikeilla menetelmillä myös näitä tiedon lajeja voidaan ainakin osittain siirtää ihmisten välillä eksplisiittisessä muodossa, esimerkiksi Nonakan & Takeuchin esittämän SECI-mallin avulla. (Laihonen ym. 2013, 6-15; Tedeschi 2019, 60.)

Datalla ei ole arvoa ennen kuin se on muokattu käytettävään muotoon ja se on liitetty asiayhteyteen. Asiayhteyteen liitettyä ja hyödynnettävissä olevaa dataa kutsutaan informaatioksi. Tietämyksen tasolle päästään antamalla informaatiolle tarkoitus ja ottamalla se käyttöön. Tietämyksestä taas edetään viisauteen oival-

luksen ja näkemyksen avulla yhdistelemällä tietoa ja tunnistamalla datassa esiintyvät toistuvuudet. Viisauden avulla voidaan määrittellä toimintaperiaatteita ja luoda päätöksentekoprosesseja, jotka perustuvat todennettuun tietoon. Korkeammilla tiedon tasoilla voidaan pienentää päätöksentekoprosessien riskejä. (Tedeschi 2019, 60.)



Kuvio 6. Tiedon tasot pyramidi (mukaillen Tedeschi 2019, 60)

Tiedon hyödyntämisellä voidaan parantaa henkilöstön hyvinvointia ja parantaa tuottavuutta. Uutta tietoa luomalla voidaan saavuttaa uusia innovaatioita. Organisaatioilla on käytettävissään suuri määrä sisäistä ja ulkoista tietoa, mikä saattaa muodostua haasteeksi, jos ei tiedetä mitä tietoa kannattaa ensisijaisesti pyrkiä hyödyntämään. (Laihonen ym. 2013. 6-15.) Tiedolla johtamisen tutkimus keskittyy nykyisin tiedon luomiseen, tallentamiseen, jakamiseen ja soveltamiseen. Tämä voi johtaa siihen, että tutkimuksessa ei tunnisteta organisaatioiden todellista haastetta, eli oikean ja tärkeän tiedon löytämisen ja tunnistamisen ongelmaa. (Virtanen ym. 2015, 50-51.)

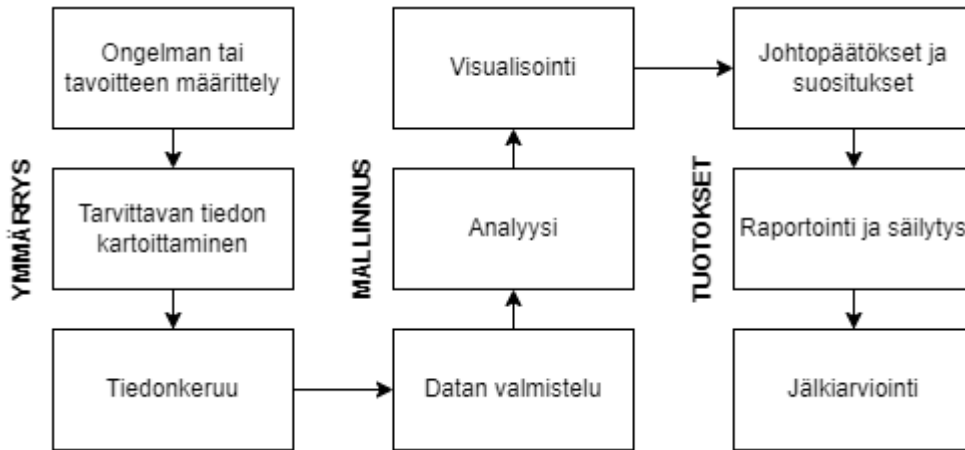
4.2 Tiedolla johtamisen määrittelyä

Tiedolla johtaminen on osa isompaa tietojohdamisen kenttää. Tietojohdaminen voidaan jakaa tiedon johtamiseen ja tiedolla johtamiseen. Tiedon johtaminen tarkoittaa tietämisen johtamista ja tietäjien johtamista, joka sisältää tietovirtojen hallintaan ja käsittelyyn liittyvät asiat. Tiedolla johtaminen on taas hankitun tai luodun tiedon hyödyntämistä päätöksenteon tukena. (Käpylä & Salenius 2013, 7.) Tietojohdaminen kuvataan Tampereen teknillisen yliopiston tietojohdamisen tutkimuskeskus Novin julkaisemassa Tietojohdaminen kirjassa johtamisparadigmana, joka yhdistää tekniikan ja johtamisen. Tietojohdamisen hyödyntämiseen tarvitaan uudenlaista teknistä osaamista sekä uudenlaista johtamisosaamista, jotta osataan

luoda tiedosta arvoa ja hyödyntää sitä liiketoiminnan kehittämiseen. Tietoa voidaan hyödyntää organisaatioissa monilla eri tasoilla. (Laihonen ym. 2013. 6-15.)

Tiedonhallinnan prosessimallin esitetään alkavan tiedon tarpeesta ja päättyvän tiedon hyödyntämiseen organisaation toiminnan kehittämiseksi. Tiedon tarpeen määrittely on olennaisen tärkeää, jotta tiedonhallinnan prosessi toimii halutulla tavalla. Oikeiden tietotarpeiden määrittelyn jälkeen edetään tiedon hankinta vaiheeseen, joka voidaan tilanteesta riippuen tehdä jotain tiettyä yksittäistä tarvetta varten tai sitten jatkuvana tiedonhankintaprosessina. Hankittu tieto varastoidaan ja organisoidaan tietämyksenhallintaprosessin seuraavassa vaiheessa sellaiseen muotoon, että sitä voidaan yhdistää muuhun tietoon ja hyödyntää organisaation toiminnan kehittämiseen. Liiketoimintaprosesseihin yhdistetyn ja organisaation toimintakulttuuriin integroidulla tietojohdamisen prosessilla on mahdollista saada organisaation päätöksenteon tueksi arvokasta tuottavuutta parantavaa tietoa, joka luo organisaatiolle uusia mahdollisuuksia. (Laihonen ym. 2013. 25-27-15.)

Tiedolla johtaminen voidaan nähdä prosessina, joka sisältää tiedon tuottamisen, keräämisen, hallitsemisen, säilyttämisen, analysoinnin ja hyödyntämisen. (Kosonen. 2019. 3.) Tiedolla johtamisen tarkoituksena on luoda ja hallita prosesseja, joiden avulla tieto saadaan oikeille henkilöille oikeaan aikaan. Tiedon avulla voidaan tukea päätöksentekoa prosessia, jonka toimivuus on keskeinen asia johtamisessa. (Ylihurula 2021, 17-18). Kuviossa 7 on esitetty Kososen kuvaama tiedolla johtamisen prosessi (Kosonen 2019, 8). Tuotantoprosesseissa ja kunnossapidon prosesseissa syntyy paljon dataa erilaisiin tietojärjestelmiin ja dokumentteihin. Lisäksi tuotannossa, kunnossapidossa ja tukiprosesseissa toimiville ihmisille syntyy paljon hiljaista tietoa. Tiedolla johtamisen prosessin avulla ja oikeilla menetelmillä ja työkaluilla voidaan saada sekä data että hiljainen tieto hyödynnettävään muotoon ja kehittää sen avulla entistä turvallisempaa, laadukkaampaa ja kustannustehokkaampaa tuotanto-omaisuuden elinjaksojen hallintaa. (Kortelainen ym. 2021, 141.)



Kuvio 7. Tiedolla johtamisen prosessi (mukaillen Kosonen 2019)

4.3 Data-analytiikka ehkäisevässä kunnossapidossa

Tiedonkeruu on usein tuotanto-omaisuuden hallinnassa, jotain tiettyä tarkoitusta tai analyysimenetelmää varten suunniteltua. Osa tiedonkeruusta taas tapahtuu olemassa olevien rutiinien ja raportointikäytäntöjen takia. Vaikka tietoa kertyy paljon eri tietojärjestelmiin, muodostuu sen laatu ja kattavuus usein haasteeksi, koska tarvittavaa tietoa ei ole tallennettu järjestelmiin systemaattisesti tai tieto on vaikeasti hyödynnettävässä muodossa, kuten kirjoitettuna tekstinä tai kuvina. Tästä syystä tietojärjestelmiin tallennetun tiedon lisäksi tarvitaan datan analysoinnissa usein syvällistä näkemystä kohteesta ja asiantuntija-arvioita, jotta datasta saadaan suodatettua siinä esiintyvät systemaattiset virheet. (Kortelainen ym. 2021, 142-143.)

Data-analyysin tavoitteena on kerätyn data-aineiston tietosisällön ymmärtäminen ja tiedon tuottaminen päätöksenteon tueksi. Datan-analysoinnin avulla pyritään ennustamaan kohteen tulevaa käyttäytymistä ja suorituskykyä sekä arvioimaan kohteen tulevaa käyttöikä, tukemaan suunnittelua ja tunnistamaan järjestelmän heikkouksia. Tilastollisten jakaumien avulla kuvatut vikaantumis- ja toipumisajat ovat keskeisiä mallinnuskohteita luotettavuus ja käyttövarmuustarkasteluissa. (Kortelainen ym. 2021, 143.) Tilastollisten jakaumien avulla kuvattujen vikaantumis- ja toipumisaikojen avulla voidaan tunnistaa tutkittavien kohteiden vikaantumismalleja ja suunnitella niiden pohjalta sopivia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä. Laadukkaan vikaantumisdatan ja häiriödatan avulla voidaan tehdä

kustannusperusteisesti oikeassa suhteessa korjaavan-, ehkäisevän-, ja parantavan kunnossapidon toimenpiteitä.

4.4 Koneoppiminen ehkäisevässä kunnossapidossa

Koneoppimisessa hyödynnetään dataa ja algoritmeja. Algoritmi on järjestyksessä oleva yksityiskohtainen kuvaus tai ohje, jonkin tietyn toiminnon suorittamiseksi tai ongelman ratkaisemiseksi (Finto 2022). Koneoppimiseen on kehitetty useita algoritmeja, joita voidaan hyödyntää erilaisten koneoppimisongelmien ja data-aineistojen käsittelyssä (Jordan & Mitchell 2015, 255). Algoritmityyppit voidaan jakaa oppimistyylin perusteella ohjattuun oppimiseen (engl. supervised learning), ohjaamattomaan oppimiseen (engl. unsupervised learning), osittain ohjattuun oppimiseen (engl. semi-supervised learning) ja vahvistettuun oppimiseen (engl. reinforcement learning) (Fumo 2017; Tuominen ym. 2019, 6).

Ohjatussa oppimisessa ihminen antaa koneoppimismallille opetusdatan, joka sisältää lähtötiedot sekä halutun lopputuloksen. Opetusdatan perusteella algoritmi muodostaa funktion, joka yhdistää annetut lähtötiedot haluttuun lopputulokseen mahdollisimman hyvin. Funktion avulla opetusdatan kaltaisesta datasta voidaan ennustaa lopputulokset annettujen lähtötietojen perusteella. (Jordan & Mitchell 2015, 257.) Ohjattua oppimista voidaan hyödyntää esimerkiksi laadun valvonnassa, ennakoivassa kunnossapidossa ja prosessin optimoinnissa (Kortelainen ym. 2021, 172).

Ohjaamattomassa oppimisessa opetusdataan ei anneta lopputulosta, vaan koneoppimismalli pyrkii löytämään siitä hyödynnettävissä olevia toistuvuuksia ja riippuvuuksia. Ohjaamatonta oppimista käytetään tyypillisesti silloin, kun ei tiedetä, mitä datasta ollaan etsimässä tai tutkimassa. (Fumo 2017.) Ohjaamattoman oppimisen avulla voidaan esimerkiksi kategorisoida tietoa ja tunnistaa poikkeamia (Kortelainen ym. 2021, 143).

Osittain ohjatussa oppimisessa pyritään yhdistämään ohjattu oppiminen ja ohjaamaton oppiminen, siten että toisen ominaisuuksia voidaan hyödyntää toisen käytössä (van Engelen & Hoos 2020, 373). Käytännössä osittain ohjattua oppimista hyödynnetään usein luokitteluongelmissa. Luokittelematon data voi tuoda huomattavaa lisäinformaatiota datan ominaisuuksista hyvän luokittelun oppimiseen. Esimerkiksi tilanteessa jossa luokiteltua dataa on hyvin vähän saatavilla, mutta

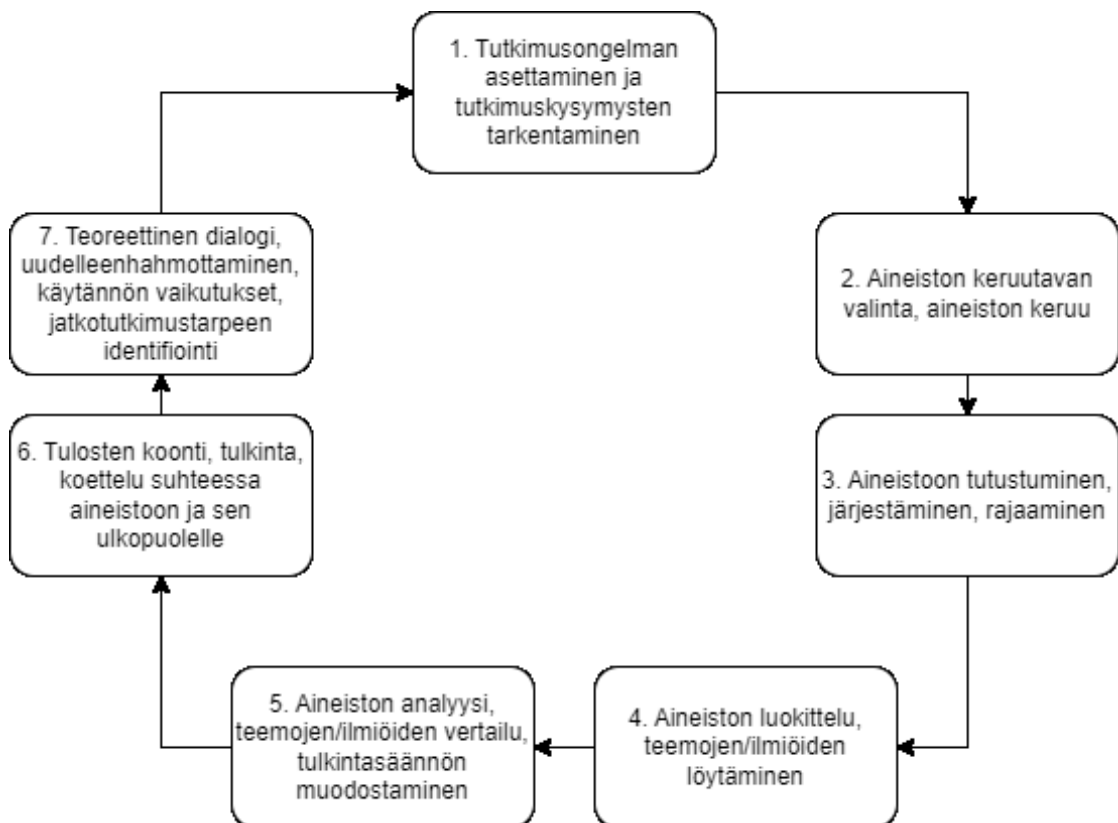
luokittelematonta dataa paljon ja datan numeeristen arvojen jakautumisesta ja ryhmittymisestä on selvästi paremmin tietoa saatavilla. Ohjaamattoman oppimisen ryhmittelyä tehdessä taas, tieto datapisteen tai datapisteiden kuulumisesta tiettyyn luokkaan saattaa olla hyvinkin hyödyllistä. Osittainenkin ohjaus ja lisädata luokitellun datan myötä auttaa.

Vahvistetussa oppimisessa käytetylle algoritmilta annetaan vahvistus siitä, onko sen valitsema toiminto oikea vai väärä, jolloin algoritmi pyrkii maksimoimaan oikeiden valintojen määrän (Fumo 2017).

Tekoäly ja koneoppiminen tarjoavat tuotanto-omaisuuden hallintaan entistä tarkempia työkaluja ennakointiin ja jäljellä olevan käyttöiän arviointiin. Ennusteet kohteen jäljellä olevasta käyttöiästä ja vikaantumisen todennäköisyydestä antavat mahdollisuuden perusteltuihin päätöksiin kohteiden käytössä ja kunnossapidossa. (Khorasgani ym. 2021, 1.) Neuroverkkoihin ja syväoppimiseen perustuvat aikasarjojen ennakointimenetelmät ja niissä käytettävät algoritmit kehittyvät nopeasti ja tarjoavat uusia entistä luotettavampia ja tarkempia tapoja tuotanto-omaisuuden hoitamiseen (Aljawarneh 2022. 1).

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimuksen lähestymistavaksi valittiin tapaustutkimus ja tutkimusaineistona käytettiin asiantuntijoiden teemahaastatteluja sekä esimerkkitapauksesta kerättyä data-aineistoa. Teemahaastattelujen avulla selvitettiin asiantuntijoiden näkemyksiä tiedolla johtamisen nykytilasta, hyödyntämismahdollisuuksista ja haasteista ehkäisevässä kunnossapidossa ja ehkäisevän kunnossapidon kehityksessä. Data-aineiston keruun ja analysoinnin avulla taas selvitettiin edelleen tiedolla johtamisen nykytilaa ja haasteita, sekä kartoitettiin data-aineiston hyödyntämismahdollisuuksia ehkäisevässä kunnossapidossa, esimerkkitapauksen avulla. Ruusuvuori ym. (2010, 8) ovat kuvanneet analyysin vaiheiden etenevän alla olevan kaavion mukaisesti (Kuvio 8), mutta ovat samalla todenneet, etteivät analyysin vaiheet todellisuudessa seuraa toisiaan systemaattisesti, vaan ne limityvät ja tapahtuvat osin päällekkäin.



Kuvio 8. Analyysin vaiheet (mukailten Ruusuvuori ym. 2010, 8)

Asemoitumisekseni tutkija kehittäjänä tutkimukseni laadullisessa osiossa valitsin alun perin Svenssonin esittelemän mallin, jossa tutkijakehittäjä ja käytännön toimijat tekevät läheistä yhteistyötä tutkimuksen aikana. Tutkija-kehittäjän tehtävänä on tässä kehittämisprosessissa ohjailla kehittämistehtävää ja kysymyksenasettelua siten että käytännön toimijoiden oma ongelmanratkaisu kehittyy. Käytännön toimijoiden osallistaminen on tällaisessa työelämän kehittämistehtävässä tärkeää, koska sillä tavoin voidaan ongelmanratkaisutaitojen kehittämisen ohella, edesauttaa varsinaisen muutosprosessin käynnistymistä ja etenemistä. (Svensson 2002, Ramstadin & Alasoinin 2007, 5–6 mukaan.) Ojasalo ym. (2014) mukaan on yleisesti laadullisille menetelmille tyypillistä, että tutkija on tutkimuksen aikana lähellä tutkittavia ja osallistuu heidän toimintaansa, koska lähtökohtana on todellisen elämän kuvaaminen.

5.1 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus on tutkimusstrategia, jonka lähtökohtana on mahdollisimman monipuolisen aineiston kerääminen tutkimuksen kohteesta ja tutkimuskohteen yksityiskohtainen kuvaaminen. Sen päämääränä on lisätä ymmärrystä tutkittavasta tapauksesta. (Laine ym. 2008.) Tapaustutkimuksen tapaus voi olla mikä tahansa rajattu kokonaisuus, joka on konkreettisesti tai teoreettisesti kattava. (Vilkka ym. 2018. 162).

Tapaustutkimus soveltuu hyvin lähestymistavaksi kehittämistehtävään, jossa on tehtävänä tuottaa kehittämis ehdotuksia ja -ideoita. Työelämän kehittämistehtävään tutkimuksen kohteena toimiva tapaus valitaan aina asetettujen tavoitteiden ohjaamana ja se voi olla työelämässä tyypillinen, ainutkertainen tai poikkeava. Tapaustutkimuksen avulla voidaan saada kokonaisvaltaista ymmärrystä tutkittavasta kohteesta sen luonnollisessa toimintaympäristössä. (Ojasalo ym. 2014.)

Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää useita erilaisia menetelmiä monipuolisen ja kokonaisvaltaisen kuvan saavuttamiseksi tutkittavasta tapauksesta. Sitä voidaan tehdä sekä laadullisin, että määrällisin menetelmin ja niitä yhdistelemällä. Erilaiset haastattelut ovat tapaustutkimukselle tyypillisiä menetelmiä, koska tapaustutkimuksen avulla tutkitaan usein ihmisten toimintaa erilaisissa tilanteissa. (Ojasalo ym. 2014.)

Tämän opinnäytetyön tapaustutkimuksessa yhdistyvät sekä määrällinen, että laadullinen aineisto. Laadullinen aineisto kerättiin teemahaastattelujen avulla esimerkkitapauksena toimivan kylmäoikaisukoneen käytön ja kunnossapidon asiantuntijoilta. Määrälliseksi aineistoksi kerättiin kunnossapidon tietojärjestelmästä kaikki esimerkkitapaukselle raportoidut vikaantumiset ja niiden tapahtumisajankohdat. Erilaisten aineistojen tai menetelmien yhdistämistä samassa tapaustutkimuksessa kutsutaan triangulaatioksi (Finto 2022).

5.2 Triangulaatio

Triangulaatio on Finton (2022) määritelmän mukaan erilaisten aineistojen, tutkijoiden, teorioiden, tutkimusmenetelmien, analyysien tai tieteenalojen yhdistämistä samassa tutkimuksessa. Triangulaatio on tapaustutkimuksen vastaus sosiaalisen elämän monimutkaisuuteen. Siinä käytetään toisiaan täydentäviä aineistoja, menetelmiä ja näkökulmia ja sen avulla voidaan korvata menetelmien heikkouksia. (Laine ym. 2007, 23.) Denzinin mukaan triangulaatio on toimintasuunnitelma, jonka avulla ehkäistään henkilökohtaisten ennakkoluulojen vaikutusta tutkimukseen ja saadaan täten parannettua tutkimuksen luotettavuutta (Tuomi & Sarajärvi 2018, 125; viitattu Denzin 1978).

Denzin on jakanut triangulaation aineisto-, menetelmä-, teoria- ja tutkijatriangulaatioihin. Aineistotriangulaatiossa käytetään eri lähteistä ja eri tavoilla kerättyjä aineistoja, jolloin tietystä menetelmästä voidaan saada irti sen koko hyöty. Menetelmätriangulaatiossa taas voidaan käyttää saman menetelmän eri variaatioita tai kokonaan toista menetelmää. Käyttämällä toista menetelmää voidaan täydentää toisen menetelmän puutteita. (Laine ym. 2007, 24.) Menetelmätriangulaatio antaa mahdollisuuden laajentaa ja syventää tutkimuskohteesta saatavaa tietoa ja voi paljastaa, muutoin huomaamatta jääviä ristiriitaisuuksia. Menetelmätriangulaation avulla voidaan lisätä tutkimuksen luotettavuutta (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006.) Tapaustutkimuksessa eniten käytetyt trianguloinnin tavat ovat aineistotriangulaatio ja menetelmätriangulaatio. Aineisto- ja menetelmätriangulaatio ovat sidoksissa toisiinsa, koska kerättävät aineistot vaikuttavat aineiston keruu- ja tutkimusmenetelmiin. (Laine ym. 2007, 24.) Triangulaation avulla voidaan myös lisätä tapaustutkimuksen yleistettävyyttä (Vilkkä ym, 2018). Teoriatriangulaatiossa tutkittavaan kohteeseen sovelletaan useita erilaisia teoreettisia lähestymistapoja, kun taas tutkijatriangulaatiossa tutkimuksen aineistonhankintaan

tai analysointiin osallistuu useampia tutkijoita (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006).

5.3 Haastatteluaineiston keruu ja käsittely

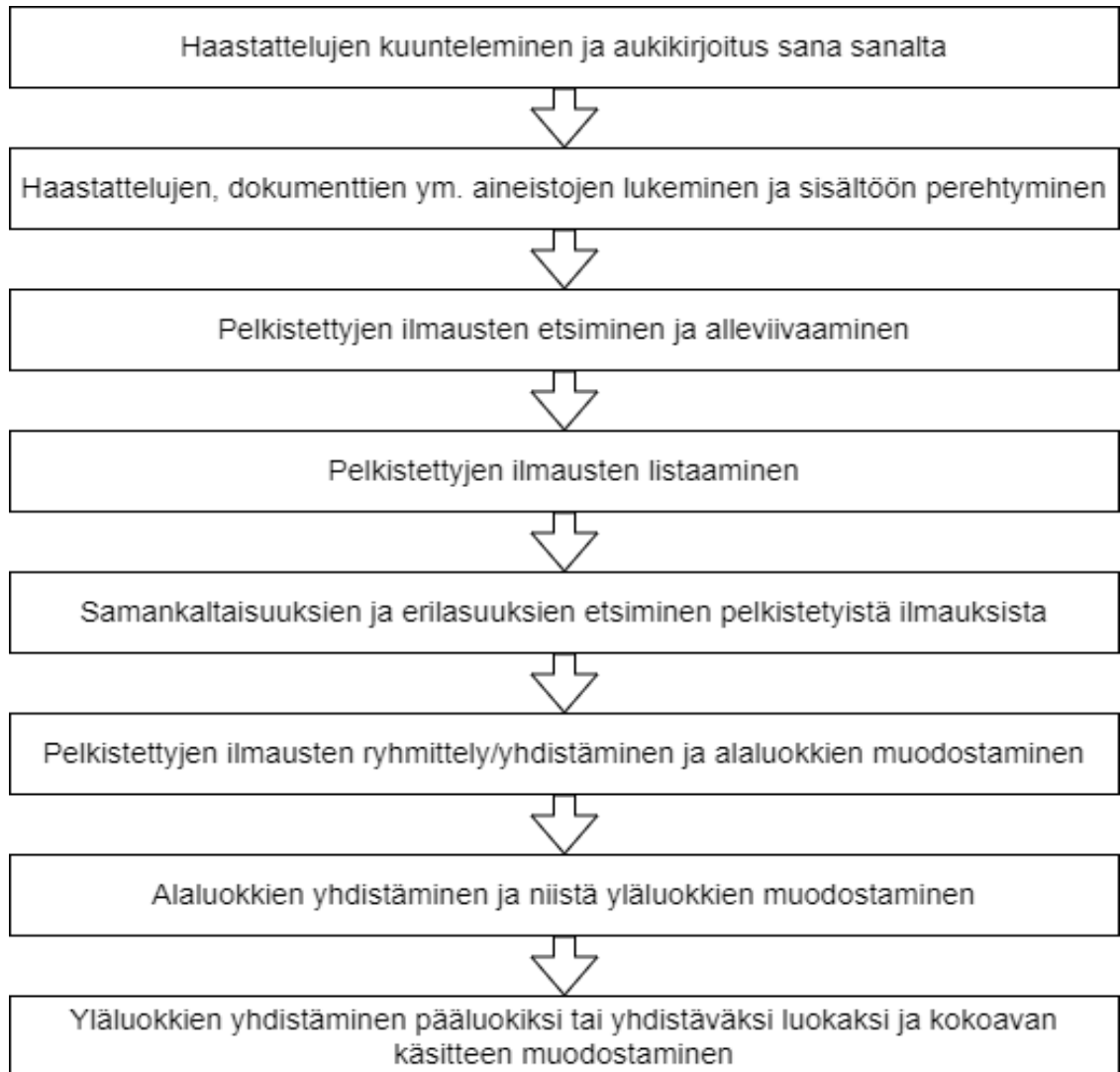
Haastatteluaineiston keruumenetelmäksi valikoitui teemahaastattelu. Haastateltaviksi valittiin yhdeksän esimerkkitapauksen tuotannon- ja kunnossapidon asiantuntijaa, joista kullakin on oma erityisosaamisalueensa. Kaikissa haastatteluissa noudatettiin etukäteen laadittua haastattelurunkoa (Liite 1). Tarvittaessa esitettiin, tarkentavia kysymyksiä ja pyydettiin perusteluja vastauksille. Haastattelujen edetessä alkoi aineisto muuttua kylläiseksi ja täten kaksi viimeistä haastattelua pidettiin lyhennettyinä puhelinhaastatteluina, joilla selvitettiin haastateltavien omaan erityisosaamisalueeseen liittyvät näkemykset tiedolla johtamisen nykytilasta, haasteista ja mahdollisuuksista ehkäisevässä kunnossapidossa.

Teemahaastattelut pidettiin neuvotteluhuoneessa ja kaikki haastattelut tallennettiin Microsoft Teams-ohjelmiston avulla. Teams-ohjelman avulla haastattelut voitiin myös litteroida sanasta sanaan itse ohjelmiston työkalun avulla. Haastattelut litteroitiin myös käsin kirjoittamalla siten, että otettiin mukaan tutkimuksen kannalta oleellisiksi katsotut asiat. Näin litteroitua aineistoa kertyi yhteensä 41 sivua.

5.4 Haastatteluaineiston sisällönanalyysi

Tämän opinnäytetyön laadullisen osion analysoinnissa hyödynnettiin sisällönanalyysiä. Sisällönanalyysi tunnetaan laadullisen aineiston perusanalyysimenetelmänä, jolla voidaan tehdä monenlaista tutkimusta ja analysoida aineistoa objektiivisesti. Aineistolähtöisen laadullisen aineiston analyysiä voidaan kuvata kolmivaiheiseksi prosessiksi. Prosessin vaiheet ovat aineiston pelkistäminen, aineiston ryhmittely ja teoreettisten käsitteiden luominen. Sisällönanalyysin avulla pyritään kuvaamaan aineiston sisältöä sanallisesti ja saamaan sitä myötä vastaus tutkimustehtävään. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 78-94.)

Aineiston pelkistämässä aineistoa tiivistetään tai pilkotaan siten, että ainoastaan tutkimukselle oleellinen sisältö jää jäljelle. Täten muodostettuja pelkistettyjä ilmauksia ja niiden järjestelyä hyödynnetään myöhemmin analyysin ryhmittelyvaiheessa. Tämän opinnäytetyön laadullisen aineiston analysointi toteutettiin Tuomen ja Sarajärven (2018, 91) esittämän etenemismallin (Kuvio 9) mukaisesti.



Kuvio 9. Aineistolähtöisen sisällönanalyysin eteneminen (Tuomi & Sarajärvi 2018)

Käsin tehdyn litteroinnin jälkeen aineistoa luettiin ja aineiston sisältöön perehdyttiin. Aineistosta korostettiin kaikki kiinnostavat alkuperäisilmaukset. Alkuperäisilmaukset kerättiin Microsoft Exceliin. Excelissä luodun taulukon rivit värjättiin vastaajakohtaisesti omilla väreillään. Värjättyjen rivien ansiosta tunnistettiin, jos vastaajan vastauksissa jokin asia esiintyy useaan kertaan sekä voitiin erotella vastaajat toisistaan. Seuraavaksi kerätystä alkuperäisilmauksista luotiin pelkistettyjä ilmauksia. Pelkistettyjen ilmausten ryhmittelyn avulla voitiin luoda alaluokkia ja

alaluokista yhdistäviä tekijöitä etsimällä edelleen yläluokkia. Yläluokista taas yhdistettiin yhdistäviä luokkia ja muodostettiin kokoavat käsitteet (Liite 3). Analyysiyksikkönä sisällönanalyyysissä käytettiin ajatuskokonaisuutta.

5.5 Data-aineiston keruu

Lähtökohtaisesti tarkoituksena oli hyödyntää tuotannonohjausjärjestelmän häiriö- ja vikadataa sekä kunnossapitojärjestelmän työhistoriadataa. Tuotannonohjausjärjestelmän data ei kuitenkaan ollut tarkoitukseen sopivaa, koska sitä ei ollut riittävästi. Vähäinen häiriö- ja vikadatan määrä viittaa siihen, että osa tapahtumahistoriasta on jäänyt raportoimatta järjestelmään. Tuotannonohjausjärjestelmän data olisi ollut erittäin mielenkiintoinen lisä analysointiin, koska sen avulla olisi ollut mahdollista huomioida myöhemmässä vaiheessa vikaantumisten kustannusvaikutukset ja vertailla erilaisten parantavan ja ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Kunnossapitojärjestelmän työhistoriadataa oli riittävästi vikaantumisten aikariippuvuuden analysoinnin toteuttamiseen.

5.6 Data-aineiston analysointi

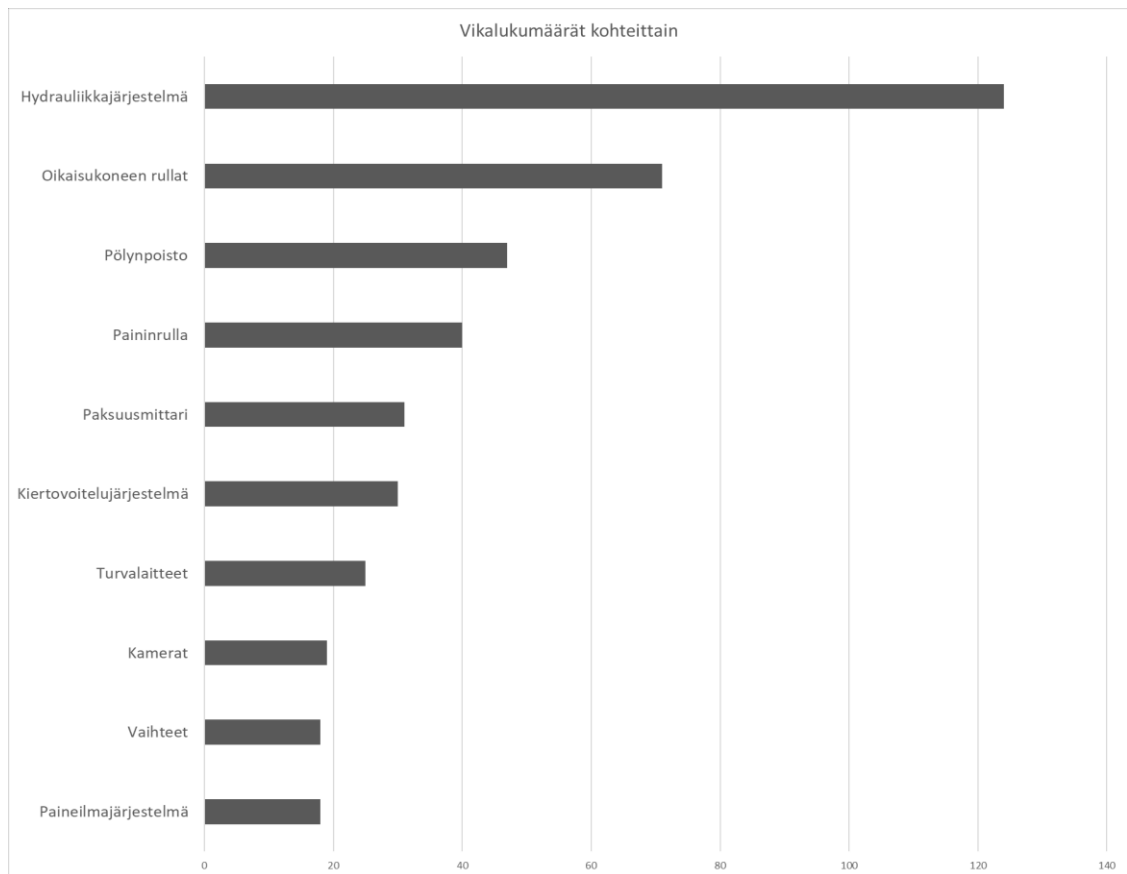
Aineiston analytiikka-visualisointimalliksi valikoitui Aakash Tandelin malli, koska siinä on huomioitu datan valmistelu. Datan valmistelu ja puhdistus on ehdottoman tärkeää, koska vikaantumisten aikariippuvuuden totuudenmukaisen osoittamisen vuoksi datan tulisi olla mahdollisimman täsmällistä. Aakash Tandelin (2017) mukaan datan analysoinnin vaiheet ovat:

- tavoitteen ymmärtäminen
- datan hankinta
- datan valmistelu (tutkinta ja puhdistus)
- datan mallinnus
- tuloksien kommunikointi.

Kunnossapitojärjestelmästä kerätyssä data-aineistossa oli 2470 työtilausta. Työtilaukset on kunnossapitojärjestelmässä luokiteltu erikseen vioiksi ja muiksi töiksi, mutta luokittelu sisälsi niin paljon virheitä, että mukaan otettiin kaikki työt pelkkien vikojen sijaan.

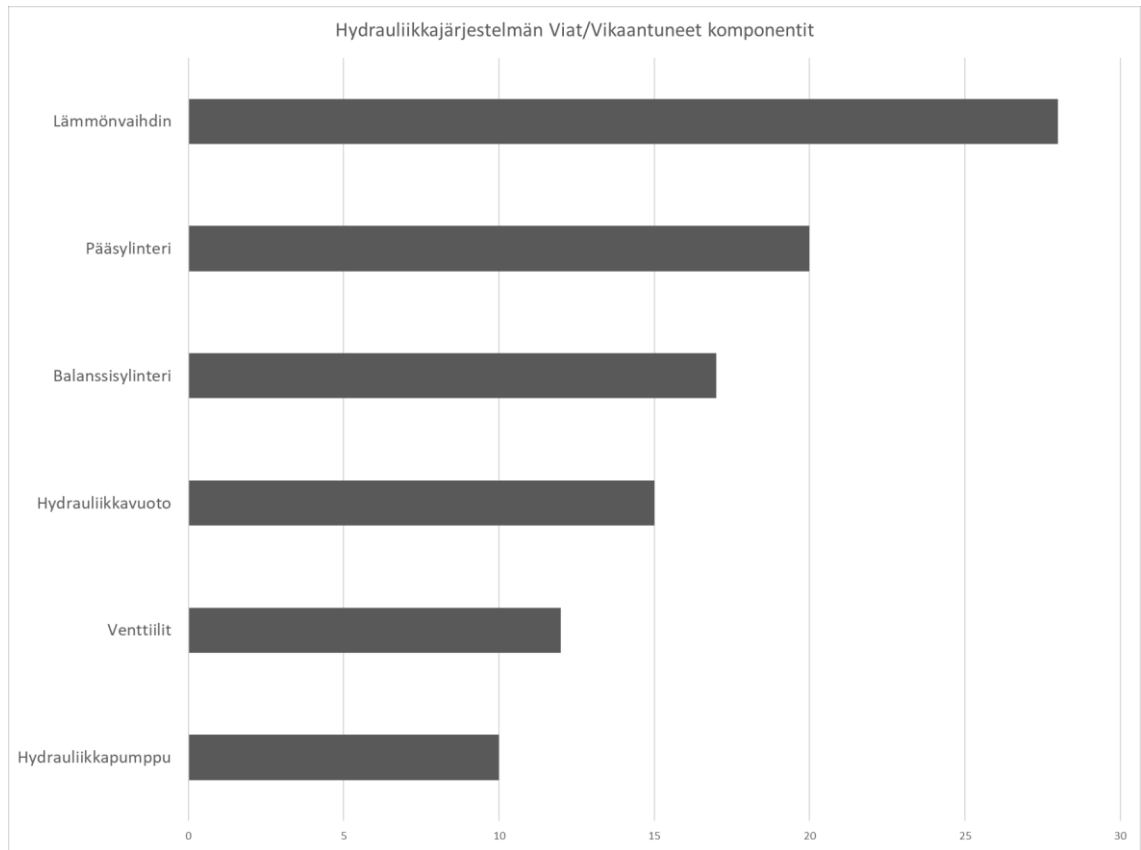
Datan valmistelu aloitettiin luomalla datasettiin uusia sarakkeita datan järjestämisen ja analysoinnin tueksi. Esimerkiksi päivämäärän arvo sarakkeen avulla pystyttiin aina järjestämään datasetti aikajärjestykseen ja saman sarakkeen arvoilla pystyttiin myös määrittämään vikaantumisajat kullekin vialle. Lisäksi datasettiin tehtiin uudet sarakkeet: Kohde, Vikaantunut komponentti/Vika ja Lisätietoa viasta. Näitä uusia sarakkeita hyödynnettiin datan valmistelussa ja myöhemmin analysoinnissa.

Kun Excel-taulukko oli valmisteltu datan käsittelyä varten, ryhdyttiin aluksi poistamaan datasta sellaisia töitä, jotka eivät olleet vikaantumisiin liittyviä. Poistettavat työt löydettiin datasta hakusanojen avulla, eri sarakkeista hakemalla. Esimerkiksi sanan "koneistus" avulla saatiin datasetistä poistettua 20 työtä, koska koneistus sana ei liity oikaisukoneen vikaantumiseen. Kaikki poistettavat työt tarkastettiin, etteivät ne varmasti liity laitteen vikaantumiseen. Valmistelun jälkeen datasettiin jäi 661 viaksi luokiteltavaa työtä. Lopulta datasta tehtiin pivot-taulukkoja sekä tehdyn luokittelun perusteella kuvaajia, jotka järjestettiin vikalukumäärien mukaiseen järjestykseen.



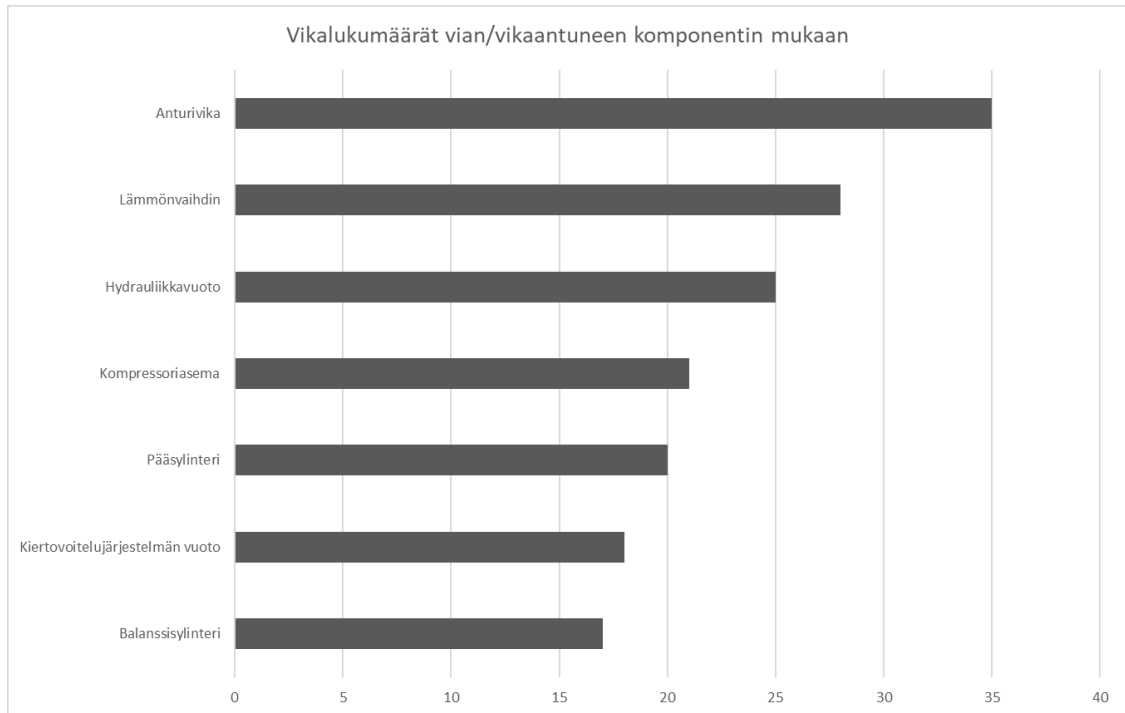
Kuvio 10. Merkittävimmät vikaantumiskohteet, vikalukumäärän perusteella

Kuviossa 10 esitetyistä merkittävimmistä vikaantumiskohteista valittiin tarkempaan käsittelyyn hydraulikkajärjestelmä, oikaisukoneen rullat, pölynpoisto, paininrulla ja paksuusmittari, koska niissä on riittävä määrä vikaantumisia luotettavaan vikaantumisten aikariippuvuuden määrittämiseen. Vikalukumäärältään merkittävin vikaantumiskohde on data-aineiston perusteella hydraulikkajärjestelmä. Hydraulikkajärjestelmä on iso järjestelmä ja sisältää paljon erilaisia komponentteja, joten hydraulikkajärjestelmän tarkempi analysointi kokonaisuutena ei ole järkevää. Kuviossa 11 on esitetty hydraulikkajärjestelmän merkittävimmät viat ja vikaantuneet komponentit.



Kuvio 11. Hydrauliikkajärjestelmän merkittävimmät viat ja vikaantuneet komponentit

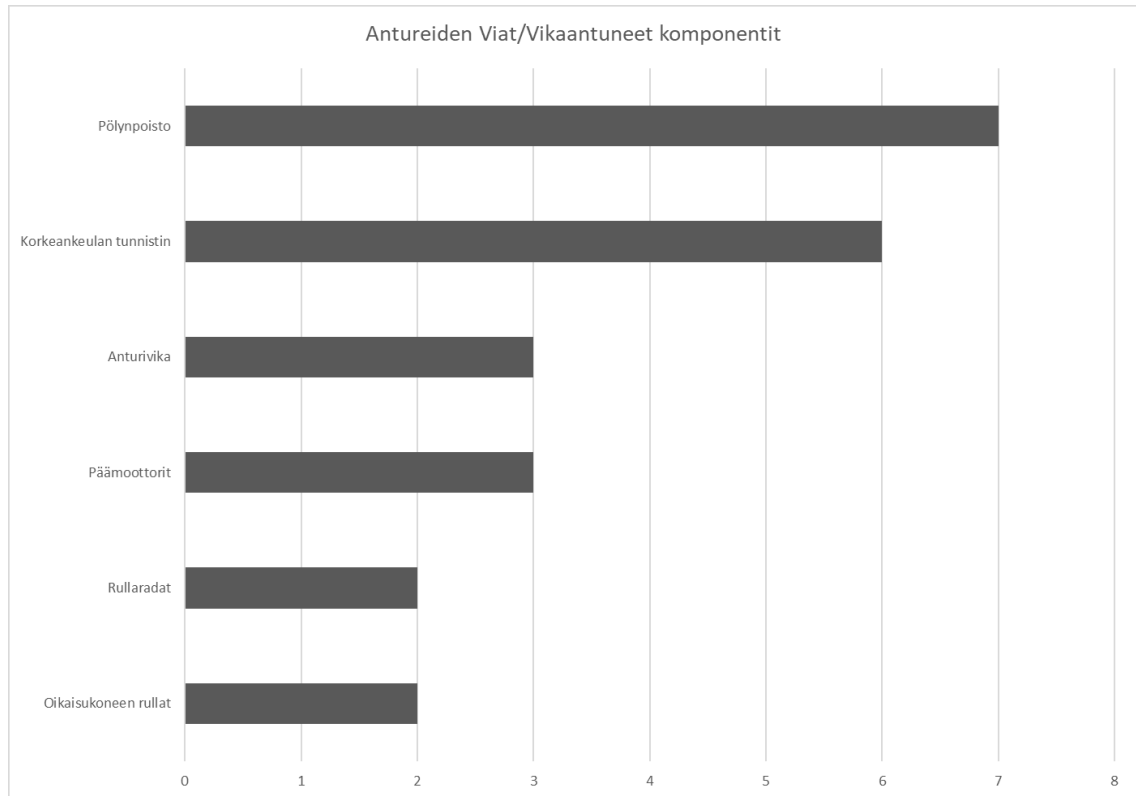
Hydrauliikkajärjestelmän merkittävimmistä vikaantumisista tarkempaan analysointiin valittiin lämmönvaihdin, pääsylinteri ja hydrauliikkavuoto. Kuviossa 11 eivät ole mukana kaikki hydrauliikkavuodot, koska ne on osittain luokiteltu muihin hydrauliikkajärjestelmän vikoihin tai vikaantuneisiin komponentteihin. Tarkemmassa analysoinnissa huomioitiin kaikki hydrauliikkavuodot.



Kuvio 12. Merkittävimmät viat/vikaantuneet komponentit

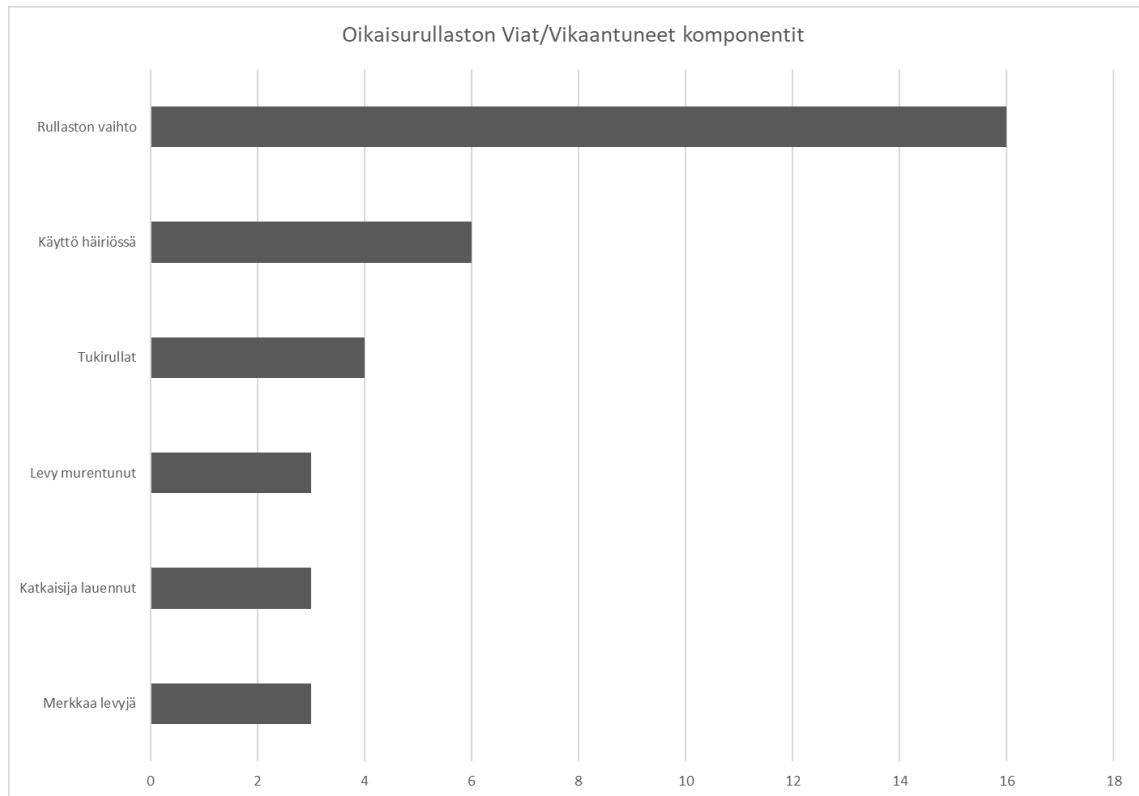
Kuviossa 12 esitetyistä vian/vikaantuneen komponentin mukaan luokitelluista vikaantumisista tarkempaan analysointiin valittiin jo aiemmin mainittujen lisäksi kompressoriasema. Anturiviat olivat jakaantuneet niin isolle joukolle vikoja tai vikaantuneita komponentteja, ettei niistä voinut tehdä luotettavasti tarkempaa analysointia. Kuvioista 13 nähdään, kuinka antureiden vikaantumiset olivat jakaantuneet.

Kiertovoitelujärjestelmä on hydrauliikkajärjestelmän tavoin iso järjestelmä, jonka vikaantumisten tarkempi analysointi kokonaisuutena ei ole järkevää. Toisaalta kiertovoitelujärjestelmässä oli kokonaisuutena ollut sen verran vähän vikaantumisia ja ne olivat anturivikojen tavoin jakaantuneet niin isolle joukolle vikoja tai vikaantuneita komponentteja, ettei kiertovoitelujärjestelmän vikaantumisia voinut analysoida luotettavasti tarkemmalla tasolla.



Kuvio 13. Antureiden merkittävimmät vikaantumiset

Oikaisurullaston selvästi merkittävin vikaantuminen on ollut rullaston vaihto, kuten kuvio 14 nähdään. Rullaston vaihtoja on tehty sekä suunnitellusti, että yllättävien vikaantumisten johdosta. Tässä tutkimuksessa rullaston vaihdot otettiin mukaan myös siinä tapauksessa, että rullaston vaihto oli tehty suunnitellusti. Kuitenkin, koska suurin osa rullaston vaihdoista on tehty suunnitellusti jaksotettuina vaihtoina, ei rullaston vaihdon tarkempi analysointi tilastollisilla menetelmillä ole tarpeellista. On kuitenkin tärkeää tiedostaa, että tällainen määräaikaivaihto tehdään suunnitellusti vuosittain. Rullaston vaihto on kallis kunnossapitotoimenpide ja vaihdon tulisi olla hyvin perusteltu.



Kuvio 14. Oikaisurullaston merkittävimmät viat/vikaantuneet komponentit

Vikaantumisdatan tarkempaan analysointiin ja visualisointiin käytettiin aluksi Microsoft Exceliä paremman ymmärryksen saavuttamiseksi Weibull-menetelmän logiikasta. Ymmärryksen parannuttua ja tulosten vertailun jälkeen analysoinnissa käytettiin Minitab Statistical Softwarea, joka tekee analysoinnin ja visualisoinnin automaattisesti annettujen vikaantumisaikojen perusteella. Excelin ja Minitabin antamat tulokset olivat vertailussa yhdenmukaiset.

Analysoinnin lähtökohtana oli kunnossapidon kentässä aiemmin tehdyt tutkimukset, joissa on todettu vikaantumisten olevan 71%–93% satunnaisia ja tieto siitä, että melkein kaikki ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet omassa kunnossapito-organisaatiossani ovat jaksotettuja huoltoja tai vaihtoja. Laitteen uusinta/osan vaihto tyyppisten ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden suorittaminen määrävälein ei useimmiten ole kustannustehokas tapa tuotanto-omaisuuden hoitamiseen, kuten kuviossa 4 esitetyistä aiempien tutkimusten tuloksista voidaan havaita.

Kuviossa 4 esitettyjen vikaantumisten aikariippuvuutta kuvaavien käyrien taustalla on Weibull-jakauman avulla luodut vikaantumistaajuus kuvaajat ja niiden yh-

distelmät. Weibull-jakauma on yleisesti käytetty ei-vakioisten vikataajuusfunktioiden mallintamiseen. Sitä hyödynnetään tyypillisesti yksittäisten komponenttien riskianalyseissä sekä pisteprosesseissa. (Salo 2007, 5) Weibull-jakauma on yksi tärkeimmistä elinikäjakaumista sovelletussa tilastotieteessä ja sitä hyödynnetään usein luotettavuus- ja selviytymisanalyseissä (Aboura, Agbinya & Eskandarian 2014, 82).

Weibull-jakaumalla on kolme muotoa, joista kutakin voidaan hyödyntää eri asioiden kuvaamiseen. Alla Weibull-jakauman muotojen kaavat:

- Tiheysfunktio (engl. probability density):

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (1)$$

- Kumulatiivinen jakauma (engl. cumulative distribution):

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2)$$

- Selviytymistodennäköisyys (engl. survival probability):

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3)$$

- Vikaantumistaajuus (engl. hazard function/failure rate):

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}, \quad (4)$$

joissa,

β = Weibull-muotoparametri

η = Weibull-skaalaparametri

t = vikaantumisaika. (Wiseman 2011.)

Weibull-kaavojen hyödyntämiseksi on ensin määritettävä Weibull-parametrien arvot. Parametrien arvot määritettiin Excelissä hajontakuvaajan avulla. Hajontakuvaajan x- ja y-akseleiden arvot määritin seuraavien kaavojen mukaisesti:

$$x = \ln(t) \quad (5)$$

$$y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-P}\right)\right), \quad (6)$$

joissa,

t = vikaantumisaika

P = vikaantumiselle Benardin likiarvomenetelmällä laskettu todennäköisyys.

(GVL Engineering - Maintenance & Reliability 2021.)

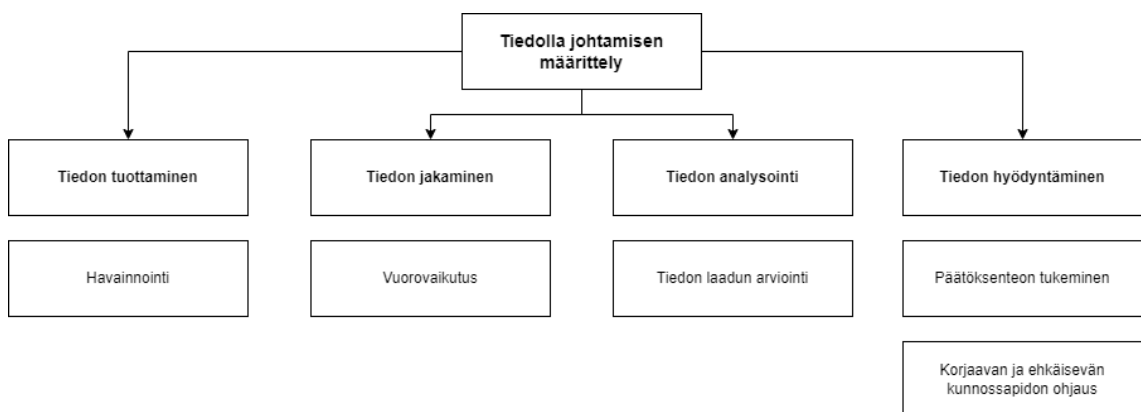
Edellä mainittujen kaavojen avulla luodun hajontakuvaajan trendiviivan yhtälön avulla saatiin määritettyä Weibull-parametrien arvot ja pystyttiin tekemään kuvaajat tiheysfunktioista, selviytymistodennäköisyydestä ja vikaantumistaajuudesta. Liitteessä 4 on esimerkki Weibull-parametrien määrittämisestä sekä kuvaajien laadinnasta Excelissä.

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimuksessa käytettiin sekä haastatteluja että data-analyysiä. Seuraavissa alaluvuissa esitellään haastatteluaineistosta laaditun sisällönanalyysin, sekä vikaantumisdatasta laaditun data-analyysin tulokset. Ensin esitellään sisällönanalyysin tulokset ja sitten data-analyysin tulokset. Sisällönanalyysin tulokset esitetään pääluokittain siten, että kullekin alaluokalle esitetään kootusti, mihin yläluokkiin sen on tunnistettu kyseisessä pääluokassa kuuluvan. Tulosten esittelyssä esiintyvien alkuperäisilmausten avulla on pyritty vähentämään tulosten tulkinnanvaraisuutta ja lisäämään luotettavuutta. Alkuperäisilmausten yhteydessä esitetään kullekin vastaajalle satunnaisesti annettu koodi (H1-H9), jotta voidaan tunnistaa, kuinka esitetyt alkuperäisilmaukset jakautuvat haastateltavien kesken.

6.1 Tiedolla johtamisen määrittely

Haastattelun ensimmäisten kysymysten perusteella selvitettiin haastateltavien alustava käsitys tiedolla johtamisesta ilman annettuja taustatietoja. Vastausten laajuus vaihteli, mutta niistä ilmeni, että tiedolla johtaminen käsitettiin yhdenmukaisesti. Tiedolla johtamisen määrittelyn jakautuminen ylä- ja alaluokkiin haastatteluaineistosta tehdyssä sisällönanalyysissä, on esitetty kuviossa 15.



Kuvio 15. Tiedolla johtamisen määrittely

Haastateltavien vastauksien perusteella tiedolla johtaminen on tiedon tuottamista, jakamista, analysointia ja hyödyntämistä. Haastattelun alussa haastateltavat eivät nostaneet esiin esimerkiksi Kososen (2019, 3) tiedolla johtamisen määrittelyssä mainitsemia tiedon keräämistä ja hallitsemista. Haastattelun edetessä määrittelyt kuitenkin tarkentuivat, kun haastateltaville oli kerrottu kirjallisuuden

määrittely ja asiaa oli käsitelty laajemmin. Tarkentuneet näkemykset selviävät tässä raportissa myöhemmin esitettävistä sisällönanalyysin tuloksista.

”No tietenkin sinä nyt mieleen tulee, että mitä laite vuosien varrella itsestään antaa ulospäin ja kun siitä sitten keskustellaan, niin tieto siirtyy eteenpäin.” (H6)

Alaluokkia ei tiedolla johtamisen määrittelyyn kertynyt paljoa edellä mainituista syistä. Tiedon tuottamisessa kuitenkin nousi esille kohteen havainnointi, jonka avulla koettiin saatavan tietoa hyödynnettäväksi kohteen kunnossapidossa. Haastateltavien mielestä vuorovaikutus keskustelemalla on tärkeä osa tiedon jakamista.

”Tiedon jakamista eri osajien kanssa, joka johtaa sitten toimintaan kohteessa. Tiedonjakamista yleensä.” (H5)

Tiedon laadun arvioinnin tärkeys ja tiedon asianmukainen käsittely koettiin tärkeäksi tiedon analysoinnissa. Tiedon hyödyntäminen erottui aineistosta sillä tavoin, että siihen oli tunnistettavissa useilta vastaajilta yhdenmukaisia näkemyksiä siitä, että tiedolla johtamisen avulla pyritään tukemaan päätöksen tekoa ja ohjaamaan korjaavan ja ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä.

”Pitää myös aina ymmärtää se tiedon käsittely, että tieto on tietyllä tavoin käsitelty. Spekulaatiotakin harrastetaan. Aina olisi hyvä tietää, että mitä tiedetään ja mitä ei tiedetä.” (H2)

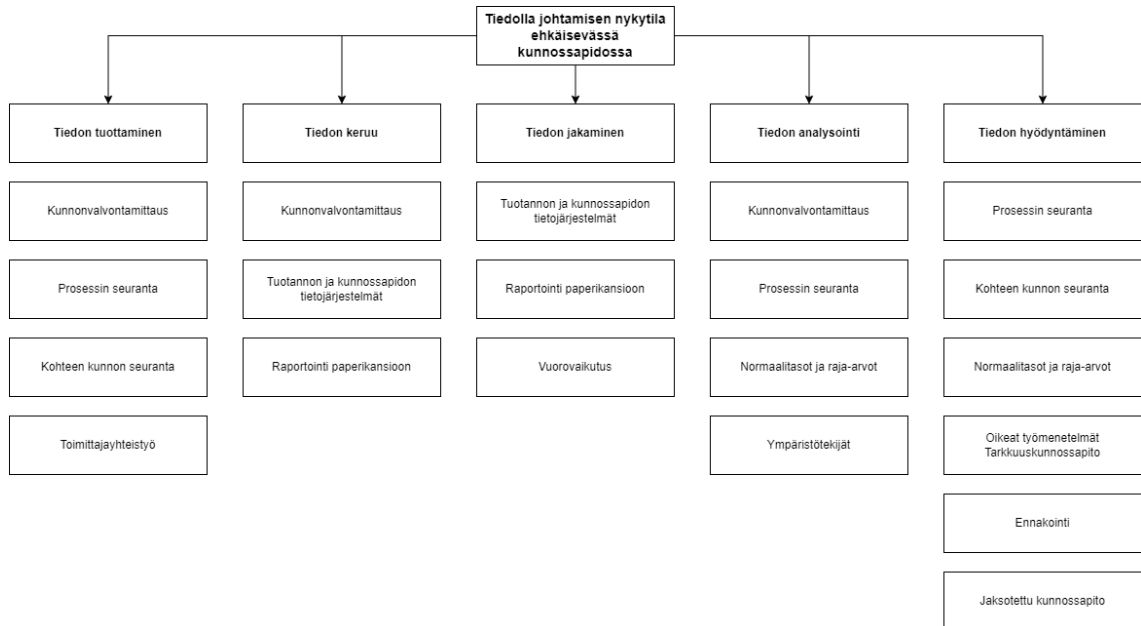
”Minusta tämä olisi tärkeintä, ettei kunnossapitoa jaksotettaisi mutu-tuntumalta, vaan hankittaisiin sitä tietoa, joka sitten ohjaisi tekemään toimenpiteitä esimerkiksi jollain tietyllä jaksolla.” (H5)

Yleisesti ottaen haastateltavien tiedolla johtamisen määrittely oli haastattelun alussa hyvin käytännönläheinen ja yleinen, eikä konkreettisia asioita noussut vielä tässä vaiheessa paljoa esille. Asiat tarkentuivat kuitenkin haastattelujen edetessä. Tarkennukset on esitetty seuraavissa alaluvuissa toisten pääkäsitteiden yhteydessä.

”Tässä kyseisessä koneessa, kun ajatellaan esimerkiksi käynninaikeista ennakkohuoltoa, niin se on hyvin sellaista visuaalista tai kuuntelemista ja kiertelemistä.” (H1)

6.2 Tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa

Haastatteluiden perusteella tiedolla johtamista käytetään ehkäisevässä kunnossapidossa monin tavoin. Kuviossa 16 on esitetty millaisiin ylä- ja alaluokkiin tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa, jakautui.



Kuvio 16. Tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa

”Esimerkiksi pääsylinterin liukuholkkien kuluminen voidaan havaita ainoastaan aistihavainnoin paikan päällä katsomalla.” (H3)

Kunnonvalvontamittauksen koettiin olevan keskeinen osa kunnossapidon tiedolla johtamista, koska sen avulla saadaan tietoa alkavista vikaantumisista. Haastattelujen perusteella kunnonvalvontaa tehdään nykyään aistinvaraisesti havainnoinnalla, kunnonvalvonnan reittimittauksilla, online-mittauksella sekä muilla mittaus- ja valvontajärjestelmillä, kuten öljyanalyysillä ja keskusvoitelujärjestelmän antostimien valvonnalla. Tietoa tuotetaan kunnonvalvontamittauksella sekä kerätään suoraan kunnonvalvontajärjestelmään. Kunnonvalvontajärjestelmässä myös analysoidaan kerättyä tietoa, jotta havaitaan vikataajuudet ja muutokset kohteiden värähtelytasoissa. Kunnonvalvonnan reittimittaukset ja online-mittaukset ovat värähtelymittauksia. Kunnonvalvonnan värähtelymittauksista nousi esille mitattavan kohteen perustietojen ja dokumentaation saatavuuden tärkeys. Värähtelymittaukselle tärkeitä perustietoja ovat pyörimisnopeus ja laakereiden ja hammasvälityksien tiedot. Värähtelymittausten lisäksi kunnonvalvonta tekee myös aineenvahvuus- ja lämpökameramittauksia.

”Tärkein on värähtelymittaus. Kohteesta riippuen on erilaisia mittauksia ja erilaiset vikaantumiset. Esimerkiksi verhokäyrä, ja Peak to Peak.” (H5)

”Laakeritiedot ja hammasvälitykset. Montako hammasta on missäkin vaihteessa. Kun tiedetään laakeritiedot, niin tiedetään myös akselit ja niiden taajuudet.” (H5)

Prosessin seurannan avulla voidaan tuottaa tietoa analysoitavaksi ja hyödynnettäväksi. Operaattorit ja kunnossapitäjät seuraavat tuotannon aikana mm. oikaisupaineita, öljysäiliöiden pinnanmittauksia sekä tuotelaatua. Seurannan avulla saatujen tietojen avulla voidaan havaita öljyvuoja, pumppujen kulumista sekä voidaan tunnistaa hajoamisherkät laadut ja ehkäistä laitevaurioita. Prosessidatan analysointiin käytettävässä, iba-järjestelmässä koettiin olevan hyödyntämätöntä potentiaalia myös ehkäisevän kunnossapidon tarpeisiin. Nykyään iba-järjestelmää hyödynnetään ainoastaan jälkikäteen vikatilanteiden analysoinnissa.

”Joskus käy niin, että kun levy hajoaa, niin se levyn palanen voi mennä työ ja tukirullan väliin. Tuohon olisi hyvä olla joku mittaus, jotta voitaisiin välttää laitteen hajoaminen. Paksuusmittarin läpikin pääsee irrallisia palasia levyn päällä, jotka voivat aiheuttaa tällaista.” (H8)

”Iba-järjestelmissä olisi potentiaalia hyödynnettäväksi. Siellä on signaaleja, joita ei nykyään käytetä muuta kuin vikatilanteiden yhteydessä. Ennakoivasti Iba:n signaaleja ei varmaan käytä kukaan?” (H6)

Kohteen kunnan seurantaan liittyen haastatteluissa nousi esille oikaisurullastojen huoltojen yhteydessä tehdyt havainnot tukirullien laakeroinnin kulumisesta/muokautumisesta sekä hydraulikkahuoltojen yhteydessä tehdyt havainnot servoventtiilien kuluneisuudesta. Toisaalta myös tuotannon aikana tehdyt havainnot mm. kalibrointitarpeen lisääntymisestä ajan saatossa kertovat kulumisen vaikutuksesta koneen toimintaan ja antavat mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon kehittämiseen.

”Tukirullien laakerointien on todettu olleen vikaantuneita, kun rullastoa on huollettu.” (H5)

”Tämä on kyllä helppo havaita tarkastuskierroksella, mutta se edellyttäisi esimerkiksi lasisilmän asennusta vuotolinjaan.” (H3)

Toimittajayhteistyön avulla saadaan tietoa kohteiden asianmukaisesta huollosta ja suunnitelluista elinjaksoista. Tämä on haastattelujen perusteella keskeinen osa ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamista nykyään. Kiireen vuoksi ei kuitenkaan toimittajan suosituksien mukaisia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä

ole viety kunnossapidon tietojärjestelmään, eikä niitä näin ollen tehdä systemaattisesti.

”En tiedä onko tässä kohteessa viety laitetoimittajan ennakkohuoltotöitä järjestelmään. SPCO:n dokumenteissa on ennakkohuollot ja voiteluhuollot, mutta minä en niitä ehtinyt viedä järjestelmään. Ennakkohuollot voisi viedä järjestelmään ja ryhtyä tekemään ja kehittää sitten kun niistä kertyy kokemuksia.” (H3)

Tiedonkeruussa ja jakamisessa keskeisessä asemassa ovat tuotannon- ja kunnossapidon tietojärjestelmät, jonne tuotanto ja kunnossapito raportoivat vioista ja vikojen korjauksista. Lisäksi vuorokunnossapito käyttää kansiota, jonne tulostetaan paperikopiot vikatöiden työmääräimistä. Paperikansion avulla vuorokunnossapito helpottaa vikatöiden löytymistä, koska nykyisellään vikatöitä voi syntyä yhdestä viasta useampia ja oikean työn löytyminen, jolle raportointi on tehty, voi olla hankalaa. Paperikansion avulla jaetaan tietoa eri vuorojen välillä sekä vuorokunnossapidosta päiväkunnossapitoon.

”Kunnossapitajärjestelmästä voidaan löytää aiempien vikatöiden raportteja, joita voidaan hyödyntää kohteen kunnossapidossa.” (H6)

”Tuotannon tietojärjestelmästä selataan myös päivittäin, että mitä vikoja ja häiriöitä on ollut ja sieltä voidaan havaita sellaisia kohteita joihin kannattaa tehdä kunnossapitotoimenpiteitä.” (H6)

Vuorovaikutus koettiin myös keskeiseksi tiedon jakamisessa. Tiedon jakamista keskustelemalla tapahtuu tuotannon ja kunnossapidon välillä ja kunnossapidon sisällä vuorokunnossapidon ja päiväkunnossapidon välillä.

”Edellisten lisäksi vielä tuotanto raportoi kunnossapidolla siitä, jos jokin kohteessa ei toimi halutulla tavalla. Tämä raportointi tapahtuu kasvotusten.” (H1)

Kohteen normaalitasojen ja raja-arvojen ymmärtäminen ja tärkeys tiedon analysoinnissa ja hyödyntämisessä nousivat esille haastatteluissa. Normaalitasot ja raja-arvot ovat haastattelujen perusteella ainakin kahdella tavalla oleellisia kohteen ehkäisevän kunnossapidon näkökulmasta. Kohteen automaatiojärjestelmässä on kohdetta ja henkilöturvallisuutta suojaavia raja-arvoja, jotka ovat oleellisia tuntea. Raja-arvojen tuntemisen avulla osataan yhdistää mahdolliset epäillyt viat niihin sekä tunnistetaan raja-arvoihin vaikuttavat asiat ja osataan ylläpitää niitä oikealla tavalla. Toisaalta normaalitasojen ymmärrys nousi haastatteluissa

esille kohteen pidemmän aikavälin seuranta-asiana, jonka avulla voitaisiin seurata kohteen toiminta-arvojen muutoksia ajan kuluessa ja suunnitella mm. ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä seurannasta saadun tiedon perusteella. Tällaista pidemmän aikavälin toiminta-arvojen seuranta esimerkkitapauksessa ei tällä hetkellä ole, vaikka tekninen valmius siihen olisi.

”Minusta se on koko ehkäisevän kunnossapidon pohja, että ymmärretään että tämän laitteen lähtötila on tämä ja sitä sitten verrataan ajan kuluessa suhteessa käyttötapoihin ja käyttömäärään.” (H2)

”Silloin kun tässä oli se vika päällä, niin siinä meni useita viikkoja ennen kuin se löydettiin ja sitten löytyi sellainen, että korkeapainepiston aikana paine laski tietyn rajan alle liian pitkäksi aikaa ja laite teki hätäaukaisut ja tuotanto keskeytyi. Sitten mekaanikot säätivät pumpun paineet oikeisiin arvoihin ja laite on sen jälkeen toiminut.” (H6)

Ympäristötekijöiden vaikutus tiedon analysointiin vaikuttavana tekijänä nousi esille hydraulikkamoottoreiden pumppujen vikaantumisiin liittyen. Moottoreissa on ollut yllättäviä vikaantumisia nyt lyhyellä aikavälillä, vaikka moottorit ovat verrattain hyvissä olosuhteissa. Ympäristötekijöihin liittyviä asioita nousi haastattelussa esille paljon, mutta ne liittyvät enemmän tiedolla johtamisen haasteisiin, kuin nykytilaan ja niistä kerrotaan lisää seuraavassa alaluvussa.

”Nämä ovat melko hyvissä olosuhteissa. Siellä ei ole pölyä eikä lämpöä eikä vettä, vaan hydraulikkatila on melko puhdas ja viileä.” (H6)

Haastattelujen perusteella oikeiden työmenetelmien ja tarkkuuskunnossapidon avulla voidaan ehkäistä kohteen vikaantumista. Käytännön esimerkeiksi haastateltavat nostivat mm. oikaisurullaston tukirullien muokkautumisen huomioimisen rullaston kunnostuksessa ja rullien asennuspaikkojen määrittämisen mittausten perusteella. Muita esille nostettuja asioita olivat öljyjen puhtaudesta huolehtiminen öljyä lisättäessä tai vaihdettaessa sekä varaosien asianmukainen varastointi.

”Rullastojen rasvapillit pitää täyttää huollon jälkeen rasvalla ja tulpata. Lisäksi rullien pinnat pitää suojata teknoman suojakalvolla, jossa on sisäpinnalla suoja-aine, joka suojaa rullat ruostumiselta.” (H3)

Ennakointi tiedon hyödyntämisen alaluokkana liittyy vahvasti kunnonvalvontamittaukseen. Haastattelujen perusteella kunnonvalvontamittauksen avulla saaduilla tiedoilla ja niiden analysoinnilla voidaan ennakoida vikaantumisia ja korjata alkavat vikaantumiset suunnitellusti ennen kuin ne aiheuttavat häiriöitä kohteen toimintaan.

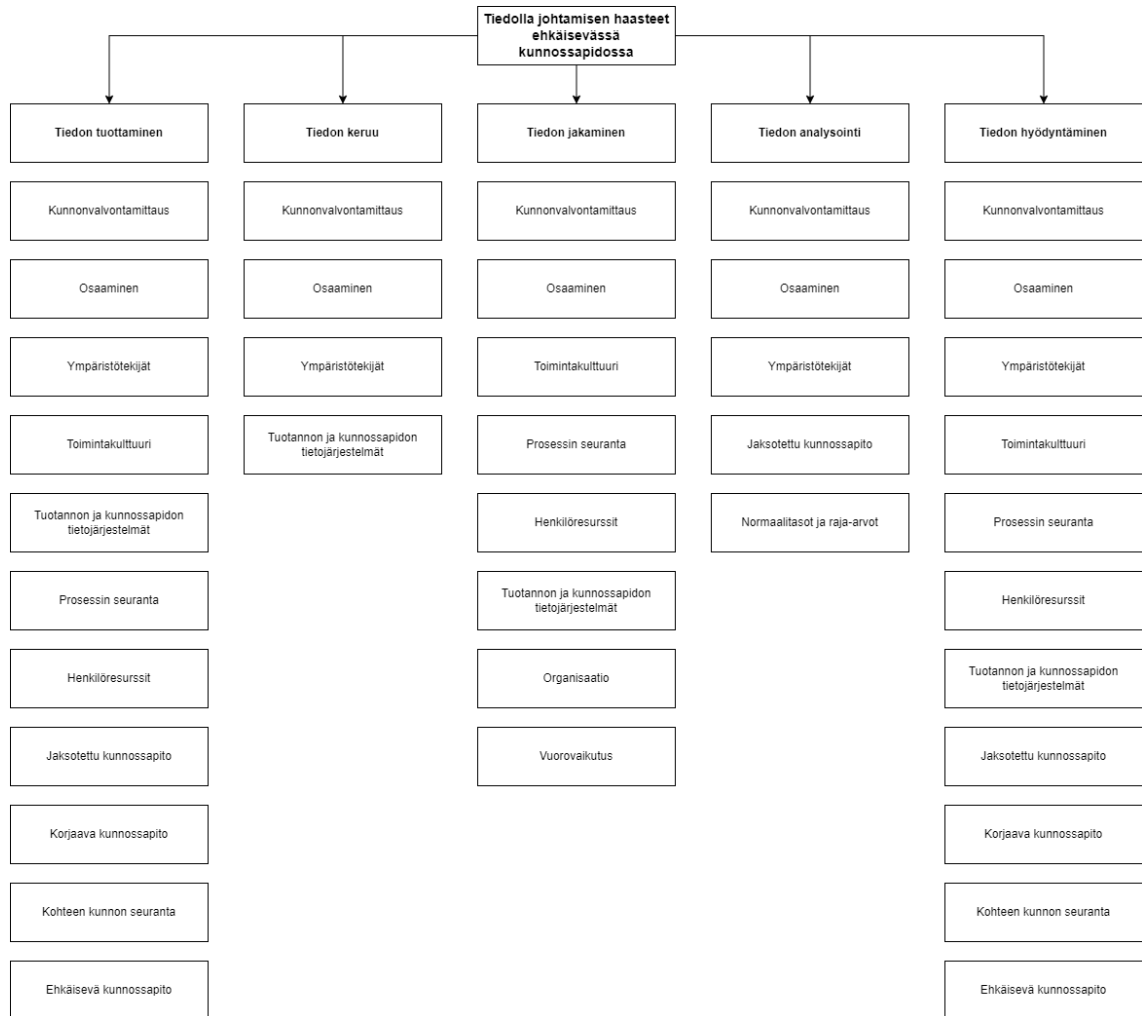
"Isojen remonttien aikataulutukseen esimerkiksi voitaisiin hyödyntää sitä dataa, kun tiedetään toistuvuus ja herkät kohdat." (H4)

Haastatteluissa todettiin kohteen nykyisen ehkäisevän kunnossapidon olevan pääasiassa jaksotettua kunnossapitoa. Muutamille kohteille, kuten alarullaston taivutussylintereille haastateltavat kaipasivat jaksotetun kunnossapidon toimenpiteitä sillä perusteella, että kohteille ei ole tähän mennessä tehty mitään kunnossapitoa. Jaksotettuun kunnossapitoon liittyen nousi enemmänkin asioita esille, jotka sinänsä liittyvät myös tiedolla johtamisen nykytilaan ehkäisevässä kunnossapidossa, mutta on tässä analyysissä luokiteltu tiedolla johtamisen haasteet ehkäisevässä kunnossapidossa-päälukun alle.

"Taivutussylintereille ei ole koskaan tehty mitään, niin pitäisikö jo tehdä jotain?" (H8)

6.3 Tiedolla johtamisen haasteet ehkäisevässä kunnossapidossa

Ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen liittyen nousi haastatteluissa esille myös haasteita. Haasteiden jakaantuminen ylä- ja alaluokkiin on esitetty kuviossa 17.



Kuvio 17. Tiedolla johtamisen haasteet ehkäisevässä kunnossapidossa.

”Suodatinvalvontaan en oikein luota. Me vaihdetaan painesuodattimet joka vuosi, koska suodatinvalvonta ei juurikaan reagoi.” (H1)

Kunnonvalvontamittaukseen liittyen nousi haastatteluissa esille useita kaikkiin tunnistettuihin yläluokkiin vaikuttavia haasteita. Eräänä keskeisimmistä haasteista tiedon tuottamisen kannalta nousi esille kunnonvalvontamittauksien ja kunnonvalvontajärjestelmän epävarma toiminta, joka on ollut niin merkittävää ja jatkunut niin pitkään, että se on vienyt monilta haastateltavilta luottamuksen kun-

nonvalvontamittauksiin. Haastateltavat kokivat, että alkavat vikaantumiset havaitaan aistinvaraisella kunnonvalvonnalla usein aiemmin, kuin kiinteän kunnonvalvontamittauksen tai reittimittausten avulla.

Luottamusta heikentävät lisäksi haasteet tiedon jakamisessa. Kunnonvalvonnan mittauksista ja niiden kehittymisestä ei jaeta systemaattisesti tietoa alueen kunnossapidon vastuhenkilöille, eikä kunnonvalvontamittausten perusteella raportoida nykyään yhtä paljon vikailmoituksia, kuin aiemmin. Kunnonvalvontatietojen jakamiseen tuo lisähaasteita vikaantumisten tapauskohtaisuus ja vikaantumisten vaihteleva kehitysnopeus.

”Aiemmin kunnonvalvonta teki vikatöitä mm. värähtelytason nousemisesta moottoreilla. Nykyään kunnonvalvonnasta ei enää tehdä vikatöitä yhtä paljon kuin aiemmin.” (H3)

Vikaantumisten tapauskohtaisuus vaikeuttaa alkavista vikaantumisista raportointia, koska ei haluta raportoida ns. turhaan, vaan raportoidaan vasta sitten, kun ollaan varmoja, että kohteessa on alkava vikaantuminen. Kunnonvalvontamittausten jakamisessa aiheuttaa haasteita myös useat käytössä olevat järjestelmät ja öljyjen kunnonvalvonnan ja muun kunnonvalvonnan erillisyydet.

”Tukirullien laakerit pyörivät niin hitaasti, että kunnonvalvonnalla ei oikein havaita laakerivaurioita. Rullastoissa olevilla antureilla mitataan koko rakennetta, mutta ei tällä ole koskaan havaittu mitään.” (H5)

Kunnonvalvontatiedon keruuseen aiheuttavat haasteita haastattelujen perusteella rullastojen kunnonvalvontamittauksessa käytössä olevat akustiset anturit, jotka eivät ole toimineet haastateltavien mukaan uutenakaan. Lisäksi haasteita tiedonkeruuseen aiheuttaa kunnonvalvontajärjestelmän siirtyminen pilvipalveluun, johon ei olla oltu valmiita panostamaan, koska järjestelmään on tulossa tulevaisuudessa isompia uudistuksia.

”Kunnonvalvontajärjestelmän siirtymiseen pilvipalveluun on aiheuttanut haasteita ja kunnonvalvontakone on ollut välillä mykkänä eikä tähän ole ryhtytty nyt investoimaan, koska lähiaikoina ollaan kuitenkin uusimassa koko järjestelmää.” (H5)

Kunnonvalvontatiedon analysoinnissa ja hyödyntämisessä haasteina ovat olleet, niin ikään ohjelmistopäivityksiin liittyvät asiat ja lisäksi haasteita on syntynyt, kun kunnonvalvontamittaajien koneita on päivitetty Windows-10 koneiksi, niin sen

myötä ei ole kunnonvalvontamittaukset toimineet pitkään aikaan. Lisäksi hyödyntämisen haasteeksi koettiin puuttuvat mittaukset öljyjen kunnonvalvonnasta, jotka haastateltavat haluaisivat samaan järjestelmään muiden kunnonvalvontamittausten kanssa.

”Kunnonvalvontalaitteet eivät toimi kohteessa, joten niistä ei olla saatu indikaatioita viasta.” (H3)

”Täällä on on-line mittaus, mutta uusien kymppi-koneiden tullessa kunnonvalvontaohjelmistot eivät toimineet niissä eikä on-line mittaus täten toiminut.” (H4)

Kaikki haastateltavat nostivat esille jonkin/joitain osaamiseen liittyviä haasteita ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamisessa. Kunnonvalvontamittauksessa osaamisen haasteita esiintyy mittausten suorituksen ja tulosten tulkinnan yhteydessä. Mittausten suorituksen yhteydessä on tunnettava prosessia sen verran, että osaa tunnistaa oikean mittaussajankohdan ja on osattava tutkia tuotannon tietojärjestelmistä tarvittavat tuote- ja prosessitiedot, jotta voidaan tehdä oikeanlainen mittaus, joka on vertailukelpoinen aiempiin mittauksiin. Tulokset taas ovat haastateltavien mielestä toisinaan hieman häilyviä eikä niiden pohjalta oikein osata sanoa mitä kohteelle pitäisi tulosten perusteella tehdä.

”Joskus ne ovat sillä tavalla häilyviä, että niistä ei oikein tiedä. Tasot ovat korkeat, mutta ei oikein osu vikataajuudet kohdilleen.” (H4)

Tuotannon operaattoreiden laiteosaaminen koettiin myös haasteeksi. Tuotannon operaattoreiden laitteen käyttöön liittyvää osaamista tarvitaan huoltojen ja vikatilanteiden yhteydessä ja erityisesti käyttöönottojen yhteydessä. Haastateltavien mielestä osaaminen on keskittynyt liiaksi tietyille henkilöille ja mm. kalibrointi-osaamisen puute vaikeuttaa laitteen käyttöönottoja.

”Kalibroinnin osaavat henkilöt harvassa, se hidastaa laitteen luotettavaa käyttöönottoa huoltojen jälkeen.” (H7)

”Varmaan sitä osaamista pitäisi tällä kohteella laajentaa. Osaamista pitäisi jakaa useammalle sekä tuotannossa että kunnossapidossa.” (H1)

Tiedon jakamiseen liittyvinä haasteina osaamiseen liittyen haastateltavat nostivat esille tiedon siirtymisen oman talon ulkopuolelle, kun oikaisurullastojen huollot tehdään ulkopuolisen toimittajan toimesta. Haastateltavien mielestä voisi olla hyödyllistä säilyttää tieto ja osaaminen omalla organisaatiolla. Toisaalta koettiin,

että olisi tärkeää saada vikatilanteisiin paikalle sekä sähkö- että mekaanisen kunnossapidon henkilöt, koska tällöin viat ovat yleensä selvinneet selvästi nopeammin, kuin silloin, kun paikalle saapuu vain toinen.

Haastateltavien mielestä keskeisin esimerkkitapauksen ehkäisevään kunnossapitoon haasteita aiheuttava ympäristötekijä on kohteen pölyisyys, joka haittaa kohteen vikaantumisten havaitsemista, kuluttaa kohdetta sekä aiheuttaa turhia hälytyksiä. Rullaston aukon kuluminen on voimakkaampaa koneen vaihtopuolella ja pääsylintereiden liukuohjarit ja itse pääsylinterit vikaantuvat nopeammin laitteen vaihtopuolelta, jossa on selvästi enemmän pölyä, kuin koneen käyttöpuolella. Lisäksi pölyisyys aiheuttaa haittaa kohteessa työskenteleville ihmisille ja ympäristölle.

”Pääsylintereissä on ollut usein vuotoja ja niitä on vaihdettu. Näihin vaikuttaa laitteen pölyisyys ja sen vuoksi vaihtoja on tarvinnut tehdä vain vaihtopuolelle.” (H3)

”Pöly menee tiivisteille ja laakereille, vaikka tässä kohteessa onkin suojauksia sitä varten.” (H5)

Pölyisyyden lisäksi haastateltavat nostivat esille jäähdytysveden laadun, joka on koko tuotantolinjan laajuinen ongelma ja aiheuttaa tässä ja muissa kohteissa lämmönvaihtimien vikaantumisia. Likainen vesi estää käyttämästä kunnollisia suodattimia ja likainen vesi aiheuttaa vuotoja lämmönvaihtimiin. Lämmönvaihtimien vuodot taas aiheuttavat laiterikkoja ja ympäristöriskejä.

Toimintakulttuurista tunnistettiin tiedon tuottamiseen, jakamiseen ja hyödyntämiseen liittyviä haasteita. Tuottamisessa on haastateltavien mielestä haasteena kunnossapidon vastuuhenkilöiden kiire, joka aiheuttaa sen, että kehittämiseen ei ole aikaa. Jakamisen suhteen haasteeksi tunnistettiin voiteluhuollon hyvin itsenäinen toiminta. Voiteluhuoltoa ei ohjata kunnossapidon vastuuhenkilöiden toimesta, eikä tieto siirry voiteluhuollosta alueen vastuuhenkilöille. Kuitenkin keskeisin haaste toimintakulttuurissa vaikuttaisi haastateltavien mielestä olevan sen reaktiivisuus. Haastateltavien mielestä toimintakulttuuri on liian ongelmakeskeinen ja toimintamalli sellainen, että reagoidaan vasta sitten, kun kohde on vikaantunut.

”Tämä meidän toimintatapa on hieman sellainen, että ollaan liian ongelmakeskeisiä ja reagoidaan vasta kun ongelma on kaikkien nähtävissä.” (H2)

Tuotannon- ja kunnossapidon tietojärjestelmiin liittyen haastateltavat tunnistivat haasteita tiedonkeruussa, tuottamisessa, jakamisessa ja hyödyntämisessä. Tiedonkeruussa ja tuottamisessa esille nousseet haasteet liittyvät lähes yksinomaan puutteelliseen raportointiin. Raportoinnin koetaan olevan liian epätarkkaa ja riittämätöntä tai usein olematonta ja raportoinnin koetaan olevan huonoa kaikkien sidosryhmien osalta. Tuotannon koetaan raportoivan vioista liian huonosti ja jättävän raportoimatta kokonaan suoraan tuotantoon vaikuttaviin vikoihin liittymättömät havainnot, joita voitaisiin hyödyntää kohteen ehkäisevässä kunnossapidossa. Kunnossapidon raportoinnin koetaan myös olevan puutteellista, niin vikaan liittyvän raportoinnin, kuin vuosihuoltotöiden raportoinninkin osalta. Myös keskitetyn kunnossapidon raportoinnin puutteet nousivat esille siten, että korjaamalla tehtävistä hydraulikkahuolloista ei koettu saatavan riittävän hyvää raportointia. Kunnonvalvonta koki haasteelliseksi löytää tietojärjestelmistä kunnonvalvontamittauksiin vaadittavat perustiedot, kuten tuotetiedot sekä laakeritiedot ja hammasvälitysten tiedot. Haastattelijoiden mielestä raportoinnin puutteet johtuvat pääosin välinpitämättömyydestä, mutta tuotannon tietojärjestelmästä tunnistettiin myös sellaisia puutteita, jotka estävät kunnollisen raportoinnin.

”Jo olemassa olevalla tiedolla voitaisiin kehittää kunnossapitoa, mutta me olemme aivan liian välinpitämättömiä raportoinnissa, sekä käyttäjät että osa kunnossapitäjistä.” (H3)

Tiedon jakamisessa ja hyödyntämisessä haastateltavat näkivät haasteena sen, ettei ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä ole viety kunnossapidon tietojärjestelmään. Lisäksi tietojärjestelmä on haastateltavien näkemyksen mukaan vanhentunut ja käytettävyydeltään huono. Tiedon hakeminen järjestelmästä edellyttää aiempien tapahtumien muistamista. Mekaanisten ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden työohjeiden koettiin olevan liian epätarkkoja.

”Sinnekin paljon tietoa laitetaan, mutta sinne myös paljon tietoa hukkuu. Jotenkin vähän sellaiselta tuntuu.” (H6)

”Sehän onkin ongelma varsinkin tällä koneella, että se kaikki tieto on vain muutamien ihmisten päällä sisällä.” (H1)

Prosessin seurannassa haasteena nähtiin edellisten prosessivaiheiden huono tai poikkeava laatu, kuten huonosti poistettu polttoraati tai suunniteltua hauraampi materiaali, jotka voivat aiheuttaa vikaantumisia kohteeseen. Polttoraati voi tehdä jälkiä oikaisurulliin ja aiheuttaa pinnanlaatuongelmia. Suunniteltua hauraampi

materiaali taas voi aiheuttaa levyn hajoamisen koneeseen. Hajonneen levyn palaset voivat päätyä työ- ja tukirullien väliin ja aiheuttaa ison laiteaurion. Tämän lisäksi paksuusmittarin koettiin aiheuttavan toisinaan turhiakin hälytyksiä.

”Laitteen sisällä tapahtuvia levyjen murtumisia ja niissä irronneita kappaleita ei kyetä havaitsemaan ennen rullaston ulosottoa ja tarkistamista.” (H7)

Henkilöresurssien niukkuuden ja henkilövaihdosten koettiin haastattelujen perusteella aiheuttavan haasteita tiedon tuottamiseen, jakamiseen ja hyödyntämiseen. Kunnossapidon vastuuhenkilöiden aika ei riitä kehittämiseen eikä tieto siirry esimerkiksi eläköitymisen yhteydessä. Eläköitymiseen varautumisen lisäksi tiedon jakamisen kannalta haasteeksi koettiin yleinen resurssien vähäisyys.

”Tämä on yksi kone monesta ja kapasiteettia pitää pienen porukan jakaa moneen paikkaan, niin siksi tahtoo aina osa asioista jäädä nokan varjoon, kun pitää jo revetä seuraavaan paikkaan.” (H6)

”Tilanne on nykyään sellainen, että vikoja tulee enemmän kuin niitä ehditään korjaamaan.” (H1)

Jaksotetussa kunnossapidossa on haastattelujen perusteella haasteita tiedon tuottamisessa, analysoinnissa ja hyödyntämisessä. Tietoa ei tuoteta tai analysoida riittävästi, jotta sitä voitaisiin hyödyntää kuntoon perustuvien ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden suunnitteluun. Komponenttien vaihtoja oikaisurullaston ja hydraulikkasyylinterien osalta tehdään määräaikaisvaihtona, ilman tietoa kohteen kunnosta. Hydraulikkasyylinterien kohdalla erityisesti tämä koettiin huonoksi käytännöksi, koska haastateltavien kokemus oli, että uudetkin sylinterit voivat vikaantua pian vaihdon jälkeen. Oikaisurullaston määräaikaisvaihdon perusteeksi eivät vastaajat osanneet antaa mitään kuntoon perustuvia syitä, mutta heidän näkemyksensä mukaan vaihto tehdään vuosittain riskinhallinnallisista syistä, koska rullaston vaihto on n. 2-4 vrk mittainen työ ja aiheuttaa isot tuotannon menetykset, jos vikaantuu yllättäen.

”Tehdään sylinterien vaihtoja vaihtamisen ilosta. Joskus voi käydä niinkin, että pitkään paikoillaan ollut sylinteri vaihdetaan uuteen ja se hajoaa heti vaihdon jälkeen, koska vaihdossa on mennyt jokin pieleen.” (H1)

Organisaatiosta nousi haastatteluissa esille jakamiseen liittyvinä haasteina se, että mekaaninen vuorokunnossapito on eri organisaatiossa, kuin osaston kunnossapito sekä se, että pumppujen ja moottoreiden voiteluhuolto on eri tekijöiden vastuulla. Mekaanisen vuorokunnossapidon huonon raportoinnin koettiin voivan

johtua siitä, että he eivät ole samassa organisaatiossa alueen kunnossapidon vastuuhenkilöiden kanssa. Pumppujen ja moottoreiden voiteluhuollossa oli taas tehty sellaisia havaintoja, että joissain kohteissa on ollut voitelupuutteita, joko pumpulla tai moottorilla, koska ovat eri tekijöiden vastuulla, vaikka ovat fyysisesti ihan vierekkäin ja molempien voitelu samalla kertaa olisi järkevää.

”Mekaanisen vuorokunnossapidon huono raportointi voi nykyään johtua siitä, että vuorohuolto ei ole enää alueen kunnossapidon alla.” (H3)

Vuorovaikutuksessa nousi haastatteluissa esiin jakamiseen liittyviä haasteita. Esille nousi haasteita tuotannon ja kunnossapidon vuorovaikutuksessa ja kunnossapidon sisäisessä vuorovaikutuksessa. Tuotannosta kunnossapitoon vuorovaikutuksessa koettiin olleen ongelmia vikatilanteeseen reagoinnissa. Kunnossapidon sisäisessä vuorovaikutuksessa taas koettiin, ettei tieto mene aina perille keskustelemalla, eikä tietojärjestelmän välityksellä.

”Tieto ei saisi näissä tapauksissa pysähtyä, vaan sen pitäisi mennä riittävän pitkälle. Aina se ei ole kuitenkaan mahdollista, vaan joitakin asioita saa sanoa 10 kertaa ja lopulta ollaankin siinä pisteessä, että kohdetta ollaan korjaamassa.” (H6)

Korjaavassa kunnossapidossa haastateltavat nostivat esille tiedon tuottamiseen ja hyödyntämiseen liittyviä haasteita. Korjaavan kunnossapidon varaosapuutteet aiheuttavat haasteita ehkäisevän kunnossapidon tiedon tuottamiseen, koska mm. kunnonvalvontajärjestelmä voi olla pitkiä aikoja vikaantuneena varaosapuutteiden vuoksi. Lisäksi haastateltavat kokivat, että komponenttien määräaikaivaihdot johtuvat korjaavan kunnossapidon vasteaikojen pidentymisestä.

”Komponenttien vaihtoja tehdään kalenteriohjatusti, koska vasteajat ovat kasvaneet, niin pitkiksi, että esimerkiksi rullaston vaihdossa kuluu 3-4 vuorokautta.” (H3)

Normaalitasojen ja raja-arvojen puutteellinen määrittäminen ja seuranta aiheuttavat haastateltavien mielestä haasteita ehkäisevän kunnossapidon tiedon analysointiin samoin kuin kunnonvalvontamittausten tulosten tulkinnanvaraisuuskin. Haastateltavat kokivat, että ymmärrys laitteen elinjaksosta ollaan esimerkkitapauksen kohdalla menetetty, koska ei tiedetä missä elinjaksos vaiheessa ollaan menossa.

”Tämän laitteen suhteen ollaan hieman menetetty ymmärrys laitteen tilasta, koska ei tunnusteta, että missä kohtaa elinkaarta ollaan menossa.” (H2)

Kohteen kunnan seurannassa haastateltavat kokivat isoimmaksi haasteeksi nykyisen seurannan riittämättömyyden. Kuntaa ei haastateltavien mielestä seurata riittävästi, jotta sen avulla voitaisiin kehittää kohteen kunnossapitoa.

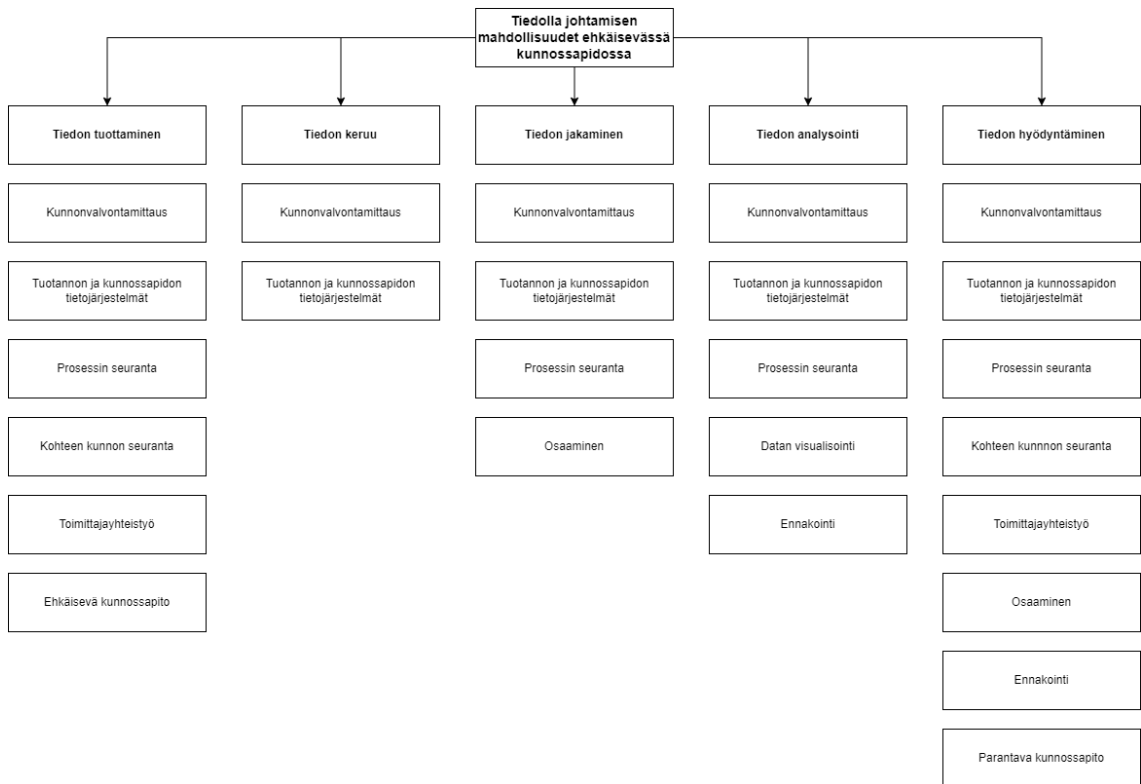
”Kone on toiminut niin hyvin, että sen huollosta on voitu tinkiä ja siten hitaasti kehittyvä mahdollinen yllättävä tapahtuma toimintakyvyssä voi joskus yllättää.” (H7)

Ehkäisevään kunnossapitoon liittyen haastateltavat nostivat esille käytännössä yhden tiedon tuottamiseen ja hyödyntämiseen vaikuttavan haasteen. Haasteena on se, että kohteelle ei tehdä ehkäisevää kunnossapitoa, vaan kohde ajetaan vikaantumiseen ja korjataan. Suurimpana syynä ehkäisevän kunnossapidon puutteelle haastateltavat näkivät kohteen verrattain vähäiset yllättävät vikaantumiset, jonka myötä ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä ei ole koettu tarpeelliseksi.

”Tässä kohteessa on ollut aika vähän yllättäviä vikaantumisia ja se on johtanut siihen, ettei organisaatio ole kokenut tarpeelliseksi rakentaa tähän kunnan seurantaa.” (H2)

6.4 Tiedolla johtamisen mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa

Haasteiden lisäksi nousi haastatteluissa esille myös paljon mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen liittyen. Tiedolla johtamisen mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa haastatteluaineistosta laaditun sisällönanalyysin perusteella, jakaantuvat ylä- ja alaluokkiin kuvion 18 mukaisesti.



Kuvio 18. Tiedolla johtamisen mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa

Kunnonvalvonnasta nousi haastatteluissa esille kaikkiin sisällönanalyysissä muodostuneisiin yläluokkiin liittyviä mahdollisuuksia. Erityisesti tiedon tuottamiseen liittyviä mahdollisuuksia nousi esille useita. Kunnonvalvontajärjestelmän toiminnan parantamisella ja järjestelmän viemisellä pilvipalveluun voitaisiin paremmin taata jatkossa, että mittaukset saadaan paremmin talteen järjestelmään. Kunnonvalvontaan toivottiin myös jatkuvien partikkelimittausten tuomista kunnonvalvontajärjestelmään tukemaan muuta kunnonvalvontamittausta. Hydraulikkavuotojen parempaan havaitsemiseen nähtiin mahdollisuutena vuotolinjan virtausmittaus tai lasisilmä vuotolinjaan, josta voitaisiin tarkastaa mahdolliset sylinterivuodot.

Lämmönvaihtimien vuotojen parempaan havaitsemiseen nähtiin mahdollisuutena vesimittaus öljylinjaan. Nykyisin lämmönvaihtimien vuodot havaitaan öljysäiliön pinnanvalvonnasta. Öljyn sekaan on jo vuotanut paljon vettä, ennen kuin vuoto havaitaan pinnan valvonnan avulla. Pölynpoiston ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamisessa nähtiin mahdollisuutena suodattimien paine-ero- ja virtausmittauksen ja ohjelmoinnin avulla optimoitu suodatinyksikön puhdistussekvenssi. Mittausten avulla puhdistukset voitaisiin ajoittaa sellaisiin hetkiin, kun ei ole tarvetta poistaa pölyä kohteesta, jolloin pölynpoiston toiminta ei häiriinny puhdistuksesta ja puhdistus toimii paremmin. Lisäksi suodattimien vaihtoja voitaisiin ohjata toimivan paine-eromittauksen avulla.

”Paine-eromittauksen avulla tiedettäisiin oikea hetki puhdistukselle ja saataisiin parannettua pölynpoiston toimintaa ja tiedettäisiin milloin suodattimet ovat tarve vaihtaa. Pöly vaikuttaa koneen kulumiseen.” (H3)

Tuotannon ja kunnossapidon tietojärjestelmistä haastateltavat nostivat esille useita mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen. Paremmalla raportoinnilla vioista ja korjauksista sekä vikoihin liittymättömällä raportoinnilla voitaisiin saada ehkäisevässä kunnossapidossa hyödynnettävää tietoa. Lisäksi haastateltavien mielestä tietojärjestelmien dataa olisi tarve analysoida enemmän ja hyödyntää analysoinnista saatua tietoa. Uuden tuotanto-omaisuuden hallintajärjestelmän käyttöönottoa haastateltavat pitivät myös mahdollisuutena mm. raportoinnin ja ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden ohjauksen parantamiseen.

”Onko esimerkiksi uuteen tuotanto-omaisuuden hallinta järjestelmään mahdollista tehdä linkitystä esimerkiksi annostimien valvonnasta, joka generoisi vikatyön, kun jakajat eivät liiku.” (H3)

Prosessin seurantaan liittyen mahdollisuutena nähtiin mm. automaattihäiriöt, joita muualla laitoksessa onkin käytössä. Automaattihäiriön ja siihen liitetyn raportoinnin avulla saataisiin paremmin tietoon yllättävät vikaantumiset ja niihin liittyvät häiriöajat. Mahdollisuuksia nähtiin myös kohteen laaduntuottokyvyn testauksessa, jonka avulla voitaisiin päästä kiinni kohteen kulumisen ja erilaisten toiminta-arvojen muutoksen vaikutuksiin ja suunnitella sillä perusteella kohteen ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä. Myös kohteen tuotannon aikaisessa seu-

rannassa Iba-järjestelmän tai SPC-seurannan avulla, nähtiin mahdollisuuksia esimerkiksi servoventtiilien, hydrauliiikkapumppujen tai pölynpoiston ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden ohjaukseen.

”Iba:han tässä koneella on vasta uusittu. Aiemmin oli historiadataa tallessa vain kuukausi ja oli puhetta, että sitä lisättäisiin. Nyt niitä signaaleita voidaan etänäkin tarkastella ja ottaa sieltä myös ylempään käsittelyyn.” (H6)

”Aiemmin oli mystinen vika, joka johtui hydrauliikkapumpun paineen hiipumisesta ja siitä aiheutuvasta sähköisestä toiminnosta, joka keskeytti oikaisun.” (H6)

Kohteen kunnan seurannassa nähtiin olevan tiedon tuottamiseen ja hyödyntämiseen liittyviä mahdollisuuksia. Oikaisurullaston huollon yhteydessä voitaisiin tutkia rullaston laakereiden kuntoa ja tarvittaessa jatkaa laakereiden käyttöaikaa, mikäli se olisi tutkimusten perusteella mahdollista. Vuosihuoltojen yhteydessä kohteeseen voitaisiin tehdä tarkastusmittauksia kulumiselle alttiisiin kohteisiin ja määrittellä mittausten perusteella tarvittavia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä. Lisäksi haastateltavat kokivat, että ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden avulla voitaisiin havaita ja suunnitella korjaavan kunnossapidon toimenpiteitä.

”Tukirullien laakeroinnin suhteen voisi tarkastaa rullastojen huollon yhteydessä, että voitaisiinko vaihtoväliä jatkaa vai onko tukirullien laakereihin tullut vaurioita.” (H5)

Osaamisen liittyen haastatelijat nostivat esiin jo raportissa aiemmin mainitun asian, että vikatilanteissa olisi hyötyä saada sekä sähkö- että mekaanisen kunnossapidon asiantuntijat paikalle, jotta saataisiin nopeutettua vikatilanteen selviämistä.

”Monesti, kun sekä sähkömies että mekaanikko ja operaattori menevät paikalle, niin hetken päästä kohde on kunnossa. Tällöin ei mene aikaa kiisteelyyn siitä, että kummalle vika kuuluu, vaan se ryhdytään heti korjaamaan.” (H8)

Haastateltavien mukaan datan visualisointi tekee asiat helpommin tunnistettaviksi ja ymmärrettäviksi. Visualisoinnin ansiosta asioiden ymmärtäminen onnistuu ilman erityistä ymmärrystä itse datasta, josta visualisoinnit on tuotettu.

”Se on sitä, että sulle tulee, vaikka kunnanvalvonnasta anturin kautta dataa, jota sitten siirretään jonkunlaiseksi, vaikka visuaaliseksi kuvaajaksi ja siellä on sitten tietämys erilaisista toiminta-arvoista, että mikä on normaalia ja

mikä epänormaalia. Tähän sisältyy tietämystä tai viisautta, että mitkä ne toiminta-rajat ovat.” (H2)

Ennakointiin liittyvät mahdollisuudet tiedon analysoinnissa ja hyödyntämisessä liittyvät lähinnä jo raportissa aiemmin mainittuun kunnonvalvontamittaukseen, prosessin seurantaan ja kohteen kunnon seurantaan. Lisäksi haastateltavat mainitsivat mahdollisuutena käämien eristysvastusmittauksen. Eristysvastusmittauksen avulla voidaan tarkastaa sähkömoottoreiden kuntoa ja arvioida moottoreiden vaihtotarvetta.

”Korjaamalla on sellaiset mittalaitteet, joilla voitaisiin tuollaisten moottoreiden kuntoa arvioida mittaamalla käämien eristysvastusta.” (H6)

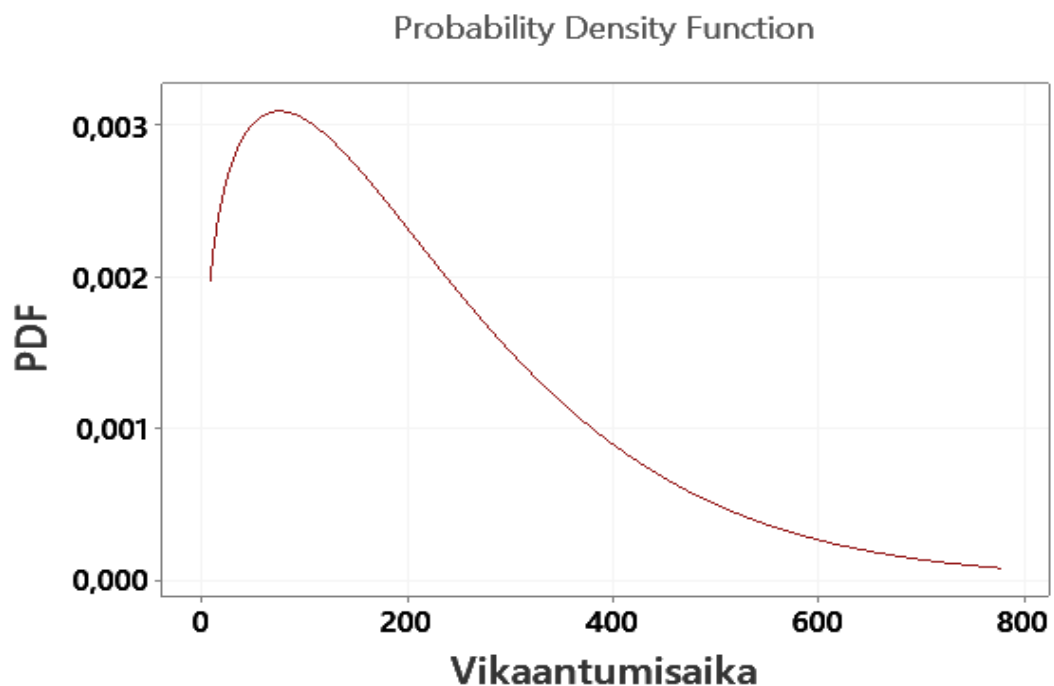
Toimittajayhteistyössä haastateltavat näkivät mahdollisuuksia lähinnä toimittajien laitetoimitusten yhteydessä antamien suositusten ja toimittajien huoltosuunnitelmien viemisessä talteen kunnossapidon tietojärjestelmään. Lisäksi esimerkiksi laakereiden kunnon selvitystä on haastateltavien mukaan aiemminkin hoidettu yhdessä laakeritoimittajan kanssa ja siinä nähtiin mahdollisuuksia jatkossakin.

Ehkäisevässä kunnossapidossa mahdollisuutena nähtiin se, että jos kohteelle luotaisiin ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet, voitaisiin vähentää yllättäviä vikaantumisia, kun taas parantavaan kunnossapitoon nousi haastatteluissa mahdollisuudeksi jo aiemmin raportissa mainitut öljyjärjestelmien lämmönvaihtimet. Vuotavat putkilämmönvaihtimet voitaisiin vaihtaa levylämmönvaihtimiin, jotka haastateltavien kokemuksen mukaan eivät ole yhtä alttiita vuodoille ja toisaalta, jos alkavat vuotaa, niin vuotavat ulospäin, eivätkä vesi ja öljy sekoitu keskenään.

6.5 Data-analyysin tulokset

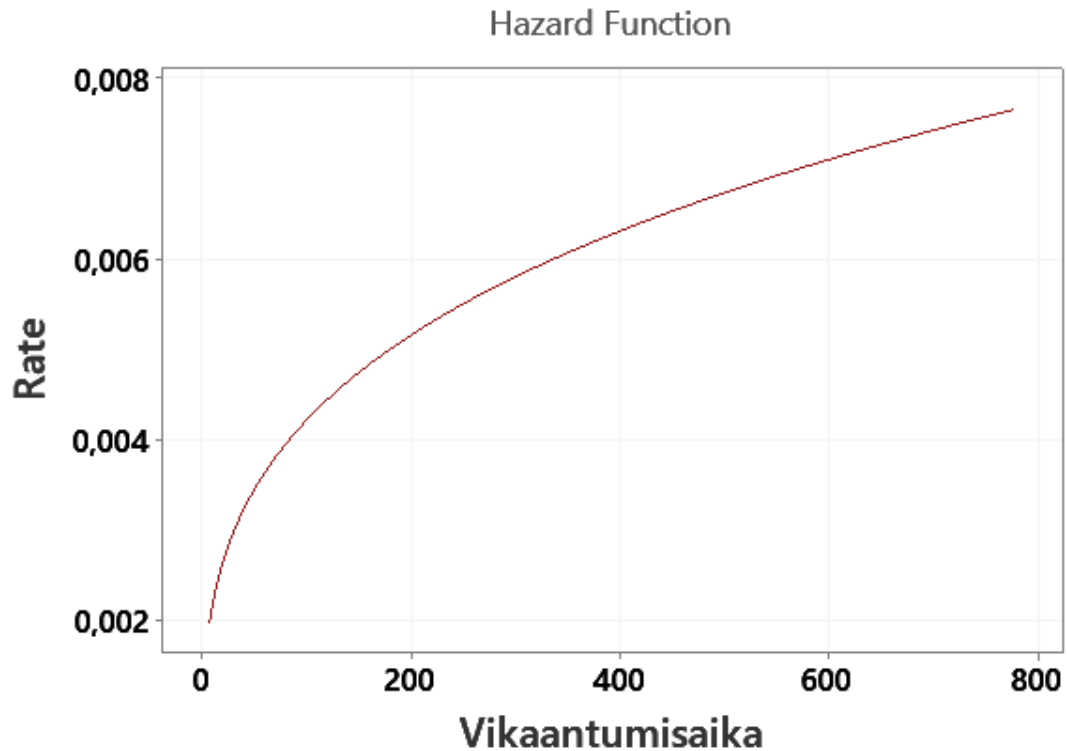
Tarkempaan analysointiin valittiin vikalukumäärien ja kohteen sopivuuden perusteella pölynpoisto, paininrulla, paksuusmittari, lämmönvaihdin, pääsylinterit, hydraulikkavuoto ja kompressoriasema. Seuraavissa kappaleissa esitellään, kunkin valitun kohteen vikaantumisdatan analysoinnin tulokset.

Pääsylinterit ovat suppea kokonaisuus ja niiden osalta on oletettu, että vikaantumisen yhteydessä ne palautetaan alkuperäiseen kuntoon. Vikaantumisaika on täten edellisestä vikaantumisesta vikaantumiseen kulunut aika. Pääsylintereille oli raportoitu 20 vikaantumista tarkastelujaksolla. Pääsylintereiden vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi on esitetty tarkemmin liitteessä 4. Data-aineiston perusteella pääsylinterien vikaantumisilla on nähtävissä aikariippuvuus. Aikariippuvuus voidaan päätellä β -parametrin arvon ollessa suurempi kuin 1, sekä tiheysfunktio- ja vikaantumistaajuuskuvaajien muodoista (Kuvio 19 ja 20).



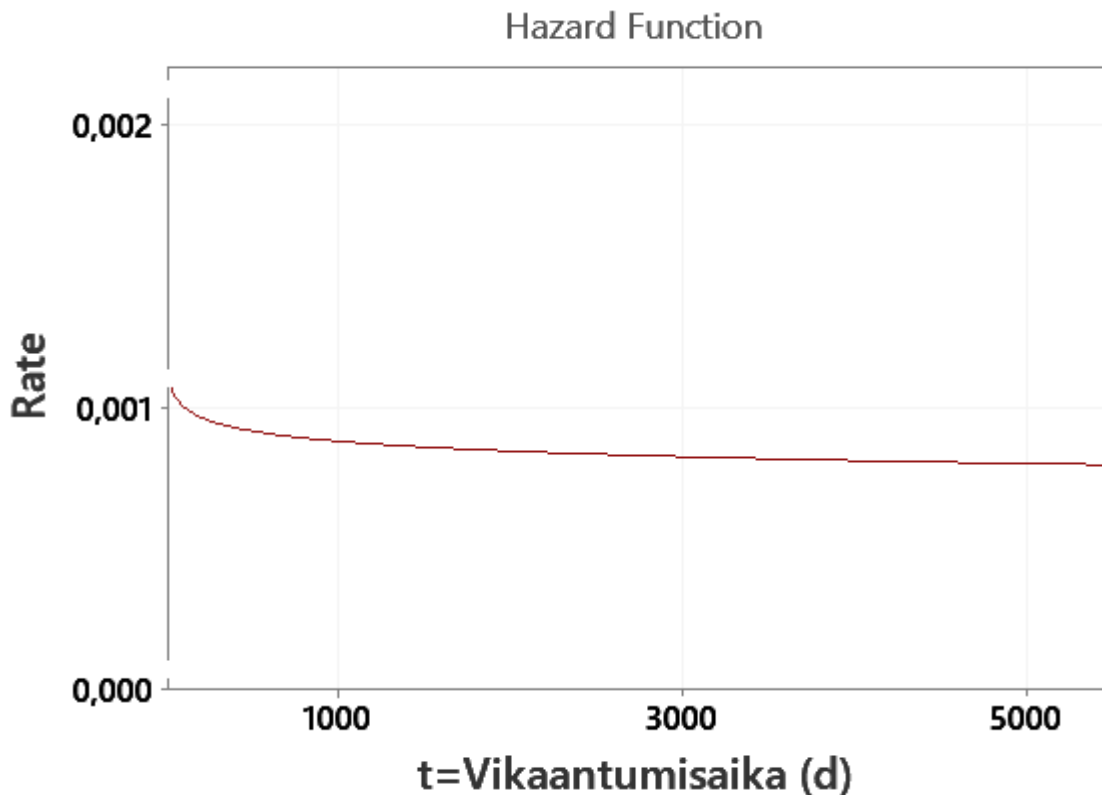
Kuvio 19. Pääsylinterien vikaantumisten tiheysfunktio

Vikaantumistaajuus kasvaa aluksi nopeammin ja hidastuu ajan kuluessa. Tästä voidaan päätellä, että kohteessa on kulumisesta johtuvia varhaisia vikaantumisia. Pääsylinterien selvästi yleisin vikaantuminen on data-aineiston perusteella ollut liukuohjarien kuluminen, joka on ollut yleisempää koneen vaihtopuolella. Haastatteluissa kävi ilmi, että liukuohjareita on alettu jossain vaiheessa voitelemaan satunnaisesti. Voitelun vaikutus on selvästi nähtävissä myös data-aineistossa, koska liukuohjareilla ei ole ollut vikaantumisia vuoden 2016 jälkeen.



Kuvio 20. Pääsylinterien vikaantumistaajuus

Hydrauliikkavuotojen osalta vikaantumisaajat määritettiin jokaiselle vikaantumiselle erikseen vuotavan kohteen perusteella. Hydrauliikkavuodoille oli raportoitu 34 vikaantumista, joiden perusteella sille tehtiin liitteen 4 mukainen vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi. Data-analyysin perusteella hydrauliikkavuodot eivät ole kulumiseen tai ikääntymiseen liittyviä, vaan tapahtuvat satunnaisesti elinjakson aikana. Hydrauliikkavuotojen vikaantumistaajuus-kuvaaja on esitetty kuviossa 21 Varhaiset vikaantumiset korostuvat hieman data-aineistossa, joka viittaa suunnittelu tai asennusvirheisiin tai virheellisiin menettelyihin laitteen käyttöönotoissa.



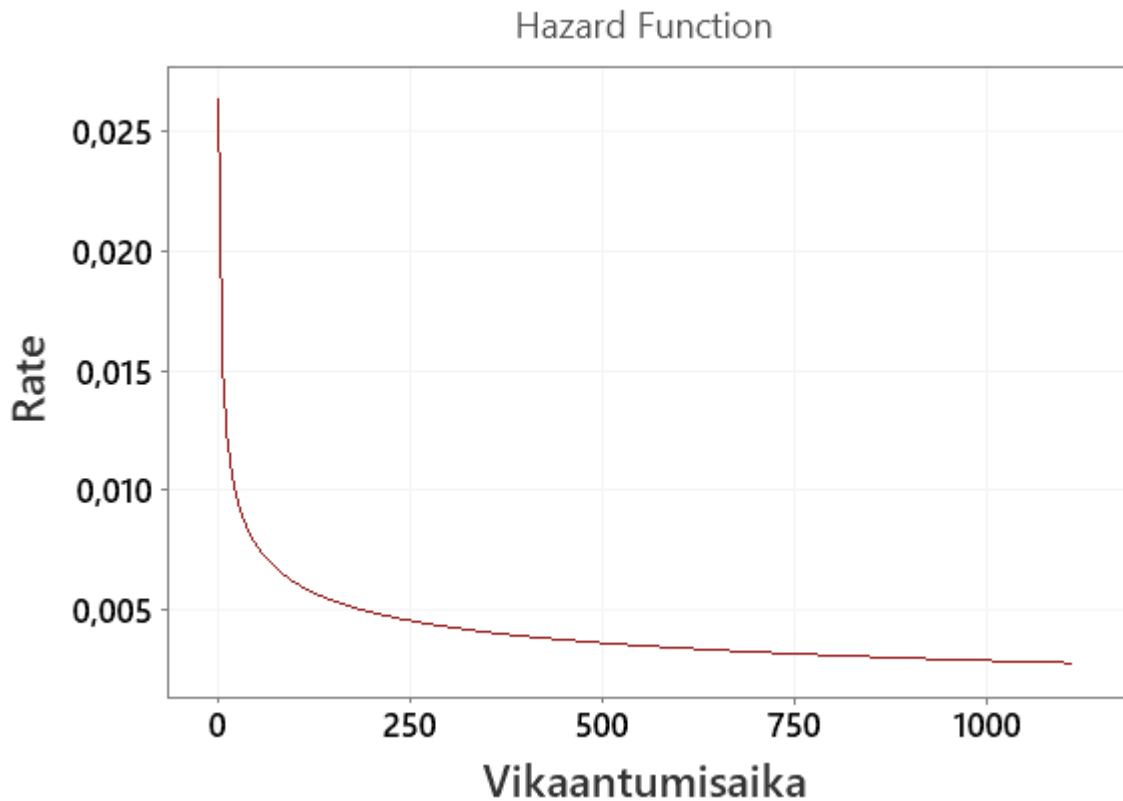
Kuvio 21. Hydraulikkavuotojen vikaantumistaajuus

Paksuusmittari on ennen kylmäoikaisukonetta tuotantolinjalla sijaitseva erillinen laite, jonka kylmäoikaisukoneen pysäyttäneet vikaantumiset otettiin mukaan analysointiin. Paksuusmittarilla varmistetaan, että kylmäoikaisukoneelle saapuva materiaali on fyysisiltä mitoiltaan suunnitellun mukaista ja samalla varmistetaan, ettei levyn päällä kulkeudu oikaisukoneeseen esimerkiksi levyn kappaleita, jotka voivat aiheuttaa kylmäoikaisukoneelle vakavan vikaantumisen.

Paksuusmittarin ensimmäistä vikaantumista ei huomioitu, koska sen vikaantumisaikaa ei voitu määrittää. Muiden vikaantumisten vikaantumisajaksi määriteltiin edellisestä vikaantumisesta kulunut aika. Koska paksuusmittari on melko suppea kokonaisuus, oletettiin, että vikaantumisen yhteydessä kohde palautetaan alkuperäiseen kuntoon. Vikojen raportoinnin avulla ei ollut määritettävissä vikaantumisaikoja yksittäisille vikaantumisille vikamuodon tai vikaantuneen komponentin perusteella.

Paksuusmittarille oli raportoitu 31 vikaantumista, joista 30 huomioidaan liitteen 4 mukaisessa aikariippuvuuden analysoinnissa. Data-aineiston perusteella paksuusmittarin oikaisukoneen pysäyttäneet vikaantumiset eivät ole kulumisesta tai

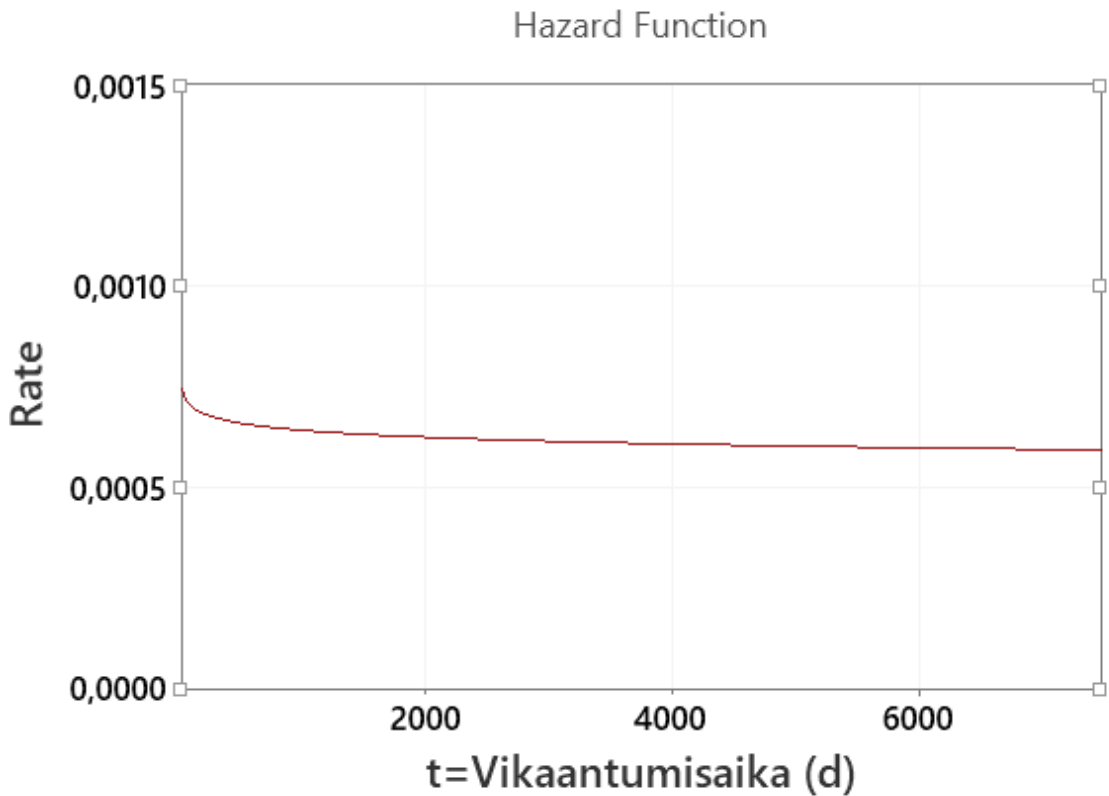
ikäntymisestä johtuvia, vaan tapahtuvat satunnaisesti elinjakson aikana. Kuviossa 22 on esitetty paksuusmittarin vikaantumistaajuus-kuvaaja. Varhaiset vikaantumiset erottuvat selvästi data-aineistosta. Kunnossapidon raportoinnin perusteella merkittävimmäksi vikaantumisten aiheuttajaksi on tunnistettavissa pölyntyneet kamerat ja mittauslaserit.



Kuvio 22. Paksuusmittarin vikaantumistaajuus

Pölynpoisto on melko laaja kokonaisuus, joka sisältää mm. pölynpoistokanavia, kohdepoistolaitteita, anturointia, suodattimia, puhaltimia, yms. Kaikkien yksittäisten vikaantumisten vikaantumisaikat määritettiin erikseen tarkempaa analysointia varten. Jos vikaantuminen oli ensimmäinen kyseiselle vialle tai vikaantuneelle komponentille kohdistuva vikaantuminen, määritettiin vikaantumisaikaksi aika tarkastelun aloitusajankohdasta vikaantumiseen, Jos taas toisaalta kyseiselle vialle tai vikaantuneelle komponentille oli jo kohdistunut vikaantuminen aiemmin, määritettiin vikaantumisaika olemaan aika edellisestä vikaantumisesta vikaantumiseen. Pölynpoistolle oli raportoitu 47 vikaantumista, joiden perusteella sille tehtiin liitteen 4 mukainen vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi.

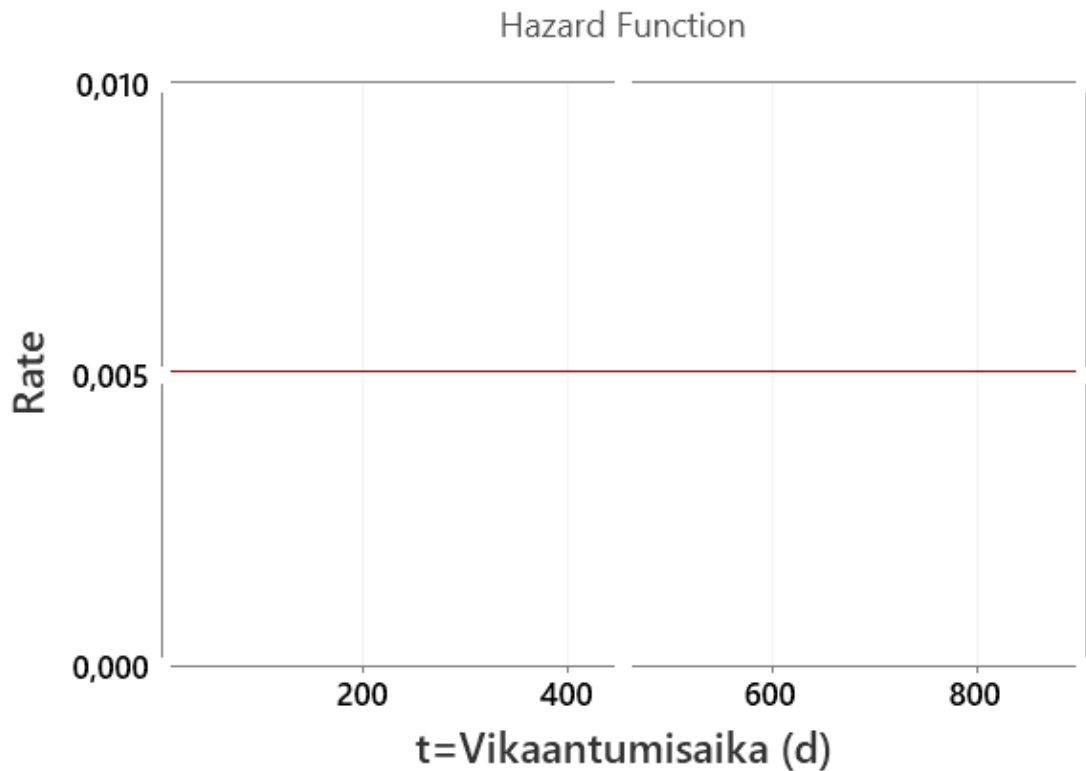
Pölynpoiston vikaantumiset eivät ole data-aineiston perusteella kulumisesta tai ikääntymisestä johtuvia vaan tapahtuvat satunnaisesti elinjakson aikana. Kuviossa 23 on esitetty pölynpoiston vikaantumistaajuus-kuvaaja. Varhaiset vikaantumiset korostuvat hieman data-aineistossa.



Kuvio 23. Pölynpoiston vikaantumistaajuus

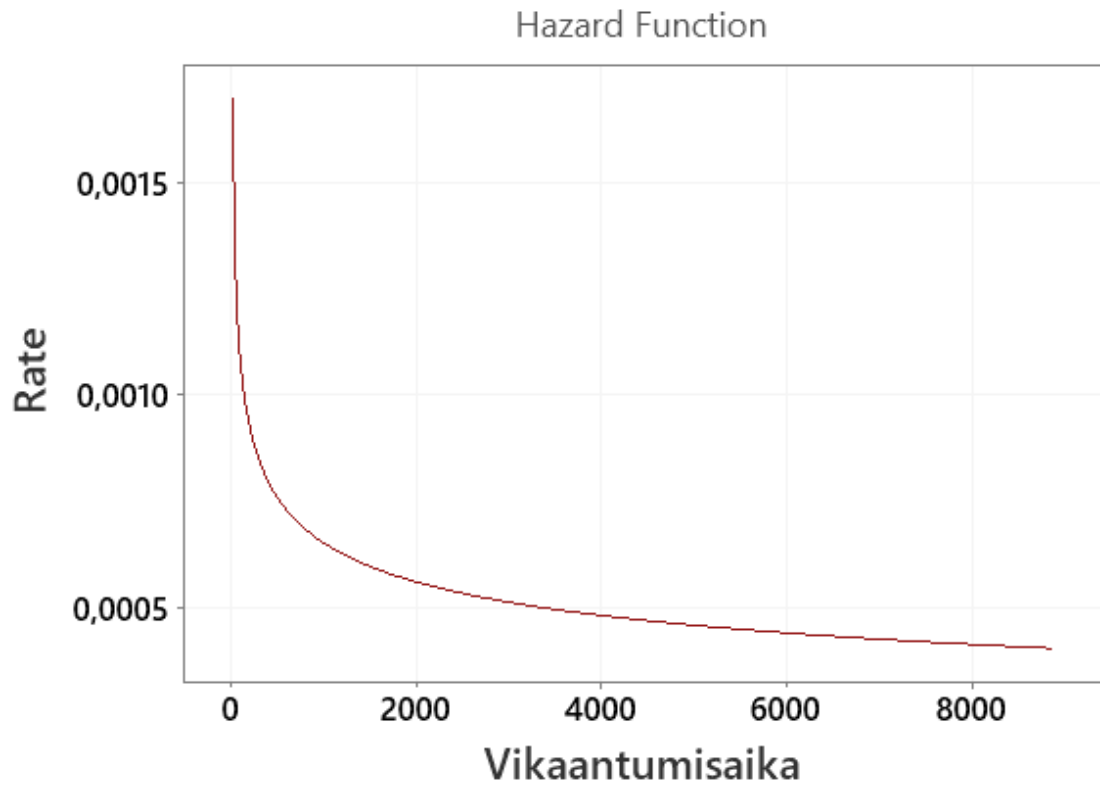
Hydrauliikan lämmönvaihdin on suppea yksittäinen kohde, joten sen osalta oletettiin, että vikaantumisen yhteydessä kohde palautetaan alkuperäiseen kuntoon. Vikaantumisajaksi muodostui täten, aika edellisestä vikaantumisesta vikaantumiseen. Ensimmäisen vikaantumisen vikaantumisajaksi määritettiin aika tarkastelujakson alusta vikaantumiseen. Lämmönvaihtimelle oli raportoitu 28 vikaantumista, joiden perusteella sille tehtiin liitteen 4 mukainen vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi. Lämmönvaihtimien vikaantumiset eivät data analyysin perusteella ole ikääntymiseen tai kulumiseen liittyviä, vaan tapahtuvat satunnaisesti

elinjakson aikana. Vikaantumistaajuus säilyy vakiona ajan kuluessa, kuten kuviossa 24 esitetystä vikaantumistaajuus-kuvaajasta voidaan nähdä.



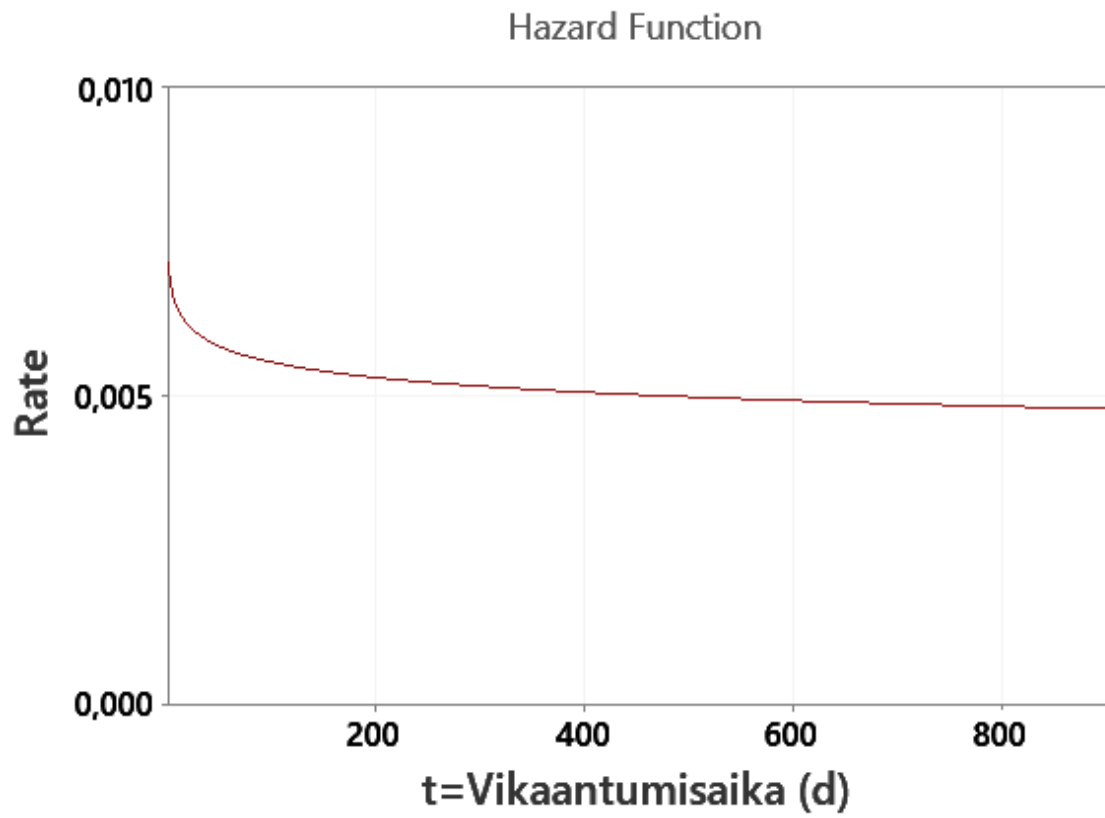
Kuvio 24. Lämmönvaihtimen vikaantumistaajuus

Paininrullat ovat melko suppea vikaantumiskohde, mutta sisältävät kuitenkin sen verran erilaisia vikaantuvia komponentteja, että vikaantumisaikat määritettiin kullekin vikaantumiselle erikseen vian tai vikaantuneen kohteen mukaan. Paininrullille oli raportoitu 40 vikaantumista tarkastelujaksolla, joiden perusteella sille tehtiin liitteen 4 mukainen vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi. Paininrullien vikaantumiset eivät data-aineiston perusteella liity kulumiseen tai ikääntymiseen, vaan tapahtuvat satunnaisesti elinjakson aikana. Varhaiset vikaantumiset korostuvat hieman, kuten kuvion 25 vikaantumistaajuus-kuvaajasta voidaan nähdä.



Kuvio 25. Paininrullien vikaantumistaajuus

Kompressoriaseman vikaantumisten vikaantumisaikat määritettiin vikaantumiskohtaisesti vian tai vikaantuneen kohteen perusteella. Kompressoriasemalle oli raportoitu 21 vikaantumista, joiden perusteella sille tehtiin liitteen 4 mukainen vikaantumisten aikariippuvuuden analysointi. Data-aineiston perusteella kompressoriaseman vikaantumiset eivät liity kulumiseen tai ikääntymiseen, vaan tapahtuvat satunnaisesti elinjakson aikana, kuten kuviossa 26 esitetystä kompressoriaseman vikaantumistaajuus-kuvaajasta havaitaan. Varhaiset vikaantumiset korostuvat hieman data-aineistossa.



Kuvio 26. Kompressoriaseman vikaantumistaajuus

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tiedolla johtamisen nykytila, haasteet ja mahdollisuudet ehkäisevässä kunnossapidossa. Tavoitteen saavuttamiseksi hyödynnettiin sekä laadullista, että määrällistä aineistoa haastatteleamalla esimerkiksi tapauksena toimineen kylmäoikaisukoneen tuotannon ja kunnossapidon asiantuntijoita ja analysoimalla sille raportoitua vikaantumisdataa.

7.1 Yhteenveto tuloksista

Tiedolla johtaminen on monella tavalla osana ehkäisevän kunnossapidon nykyisessä toiminnassa. Tietoa tuotetaan ja kerätään paljon erilaisilla menetelmillä useisiin eri tietojärjestelmiin ja muihin tallennuspaikkoihin. Tiedon jakamista tapahtuu vuorovaikutuksen ja eri tallennuspaikkoihin kerätyn tiedon avulla ja tiedon analysointia tehdään mm. kunnonvalvontajärjestelmässä. Prosessin seurannasta ja kunnonvalvonnasta saatua tietoa hyödynnetään ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden määrittelyssä.

Kunnonvalvontamittauksen epävarma toiminta aiheuttaa haasteita ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen. Järjestelmän epävarma toiminta on jatkunut niin pitkään, että luottamus siihen on heikentynyt. Kohteille, joissa on kunnonvalvontamittaus, tehdään jaksotettuja huoltoja ja vaihtoja. Toinen keskeinen haasteiden aiheuttaja on kohteen pölynpoisto, joka niin ikään toimii epävarmasti ja aiheuttaa kulumista kohteessa, vaikeuttaa vikaantumisten havaitsemista ja aiheuttaa tarpeettomia hälytyksiä.

Raportoinnin puutteellisuus ja epätarkkuus aiheuttavat haasteita ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen. Raportoinnin puutteellisuus erityisesti tuotannon tietojärjestelmän osalta oli tunnistettavissa myös tietojärjestelmän data-aineistosta, joka oli niin suppea, ettei sitä voinut hyödyntää data-analyysissä. Kunnossapidon tietojärjestelmään raportoidusta vikaantumisdatasta laaditun data-analyysin tulokset ovat samansuuntaisia aiempien tutkimusten tulosten kanssa. Vikaantumiset tapahtuvat data-analyysin perusteella enemmän satunnaisesti, kuin määrävälein. Pääsylinterit olivat ainoa kohde, jonka vikaantumisille oli havaittavissa aikariippuvuus ja niidenkin osalta vikaantumiset olivat enimmäkseen liukuohjareiden kulumiseen liittyvää.

Raportoinnin voidaan odottaa parantuvan, kunnossapidon osalta, uuden tuotanto-omaisuuden hallintajärjestelmän käyttöönoton myötä, koska raportoinnin tärkeys on tiedostettu järjestelmän hankinta- ja määrittelyvaiheissa ja sen kehitykseen on panostettu. Lisäksi uudessa järjestelmässä tietojen hakeminen on helpompaa ja järjestelmässä voidaan ryhmitellä tietoja ja muodostaa niistä visuaalisia kuvaajia, ja saada täten parempaa tietoa kohteen tilasta.

Reaktiivinen toimintakulttuuri, kiire ja resurssien puute tunnistettiin myös tiedolla johtamisen haasteiksi ehkäisevässä kunnossapidossa. Haasteet johtuvat osittain edellä mainituista puutteista kunnonvalvontamittausten ja kohteen pölynpoiston toiminnassa sekä vastaavista ongelmista muilla alueilla, mutta myös osaamisessa ja raportoinnissa tunnistetut haasteet voivat aiheuttaa kiirettä ja ongelmakeskeistä toimintaa.

Tiedolla johtamisen mahdollisuudet kytkeytyvät hyvin tiiviisti tunnistettuihin haasteisiin ja niiden korjaamiseen. Kunnonvalvontamittauksen ja pölynpoiston toiminnan parantamisella voitaisiin parantaa ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamista ja vähentää ongelmakeskeisyyttä ja haasteita resurssien- ja ajanhallinnan suhteen. Raportoinnin parantaminen antaisi mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamiseen. Laadukkaampi raportointi ja systemaattiset toimintamallit raportoinnissa, helpottaisivat tiedon jakamista ja hyödyntämistä ja antaisivat mahdollisuuksia tiedon entistä tarkempaan ja hyödyllisempään analysointiin.

7.2 Kehitysehdotukset

Tiedolla johtamisen nykytila, haasteet ja mahdollisuudet voitiin tunnistaa tässä opinnäytetyössä käytettyjen menetelmien avulla. Vastaavia menetelmiä hyödyntämällä voidaan vastaavaa selvitystä tehdä muillekin kohteille ja kehittää parempia tiedonhallintamalleja ja tunnistaa kehityskohteita. Tämän opinnäytetyön tekemisen yhteydessä nousi esille paljon konkreettisia parannuskohteita ja jatkokehityksiä.

Vikaantumisdatan analysoinnin avulla voitiin osoittaa, että vikaantumiset eivät ole aikariippuvaisia. Raportointia kehittämällä voidaan analysointia entisestään tarkentaa. Raportointia voidaan parantaa korjaamalla tuotannon tietojärjestelmästä raportointia vaikeuttavat puutteet ja ottamalla käyttöön automaattihäiriön, jossa

ohjatun raportoinnin avulla saataisiin laadukkaampaa tietoa yllättävistä vikaantumisista ja niiden aiheuttamista häiriöajoista. Laadukkaamman raportoinnin ja sen perusteella tehdyn datan analysoinnin perusteella voitaisiin määritellä optimaaliset ehkäisevän ja parantavan kunnossapidon panostukset sekä tehdä paremmin perusteltuja investointipäätöksiä.

Vikaantumisdata ja haastatteluaineisto osoittavat, että jaksotetut vaihdot eivät ole kustannustehokas tapa tuotanto-omaisuuden hoitamiseen. Kohteet vikaantuvat vikaantumisdatan perusteella satunnaisesti ja haastatteluaineiston perusteella esimerkiksi hydraulikkasyylinterien osalta uudet sylinterit voivat vikaantua yhtä lailla, kuin jo pidempään käytössä olleetkin. Vikaantumisdatassa myös useilla kohteilla on havaittavissa korostumista varhaisessa vikaantumisessa, joten silläkin perusteella määräaikaisvaihoilla käytännössä kasvatetaan vikaantumisrisiä.

Kunnonvalvontajärjestelmän toiminnan parantamisella ja mittaustulosten tulkinanvaraisuuden vähentämisellä, voitaisiin saada kunnonvalvonnasta varmempaa ja luotettavampaa tietoa ja saataisiin palautettua luottamus kunnonvalvontamittausten toimintaan. Kunnonvalvontamittaajien osaamisen kehittämällä, toimintatapojen selkeyttämällä ja henkilövaihdosten paremmalla hallinnalla voitaisiin, niin ikään vahvistaa luottamusta kunnonvalvontamittauksiin ja hyödyntää niitä paremmin ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamisessa.

Uusi 2023 käyttöön otettava tuotanto-omaisuuden hallinta järjestelmä IFS Cloud antaa uusia mahdollisuuksia ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden ohjaukseen. Näitä mahdollisuuksia voidaan hyödyntää esimerkiksi luomalla mittariohjatut ennakkohuollot Hydrauliiikan ja kiertovoitelun öljysäiliöiden pinnan valvontaan, oikaisupaineiden valvontaan, öljynsuodattimien valvontaan, pölynpoiston suodattimien valvontaan ja servoventtiilien seurantaan. Kaikissa em. kohteissa on olemassa olevat mittaukset ja niitä hyödynnetään jo nykyisellään kohteen ehkäisevässä kunnossapidossa. Viemällä mittaukset tietojärjestelmään ja rakentamalla niille sinne oikeat raja-arvot, voidaan parantaa ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamista.

Uuden tuotanto-omaisuuden hallinta järjestelmän käyttöönoton myötä tulee myös parannusta vikatilanteiden hoitamiseen. Uudessa järjestelmässä vikailmoitukset

menevät sähkö- ja mekaanisen kunnossapidon yhteiseen työlistaan. Käytäntö on osoittanut, että kun vikatilanteissa saadaan sekä sähkömies, että mekaniikko paikalle, selviävät vikatilanteet nopeammin.

Oikaisurullaston huollolle olisi tarvetta tehdä jatkoselvitystä. Rullaston huolto tehdään vuosittain, koska sen yllättävää vikaantumista tuotannon aikana pidetään liian isona riskinä, koska rullaston vaihto on pitkäkestoinen työ (2–4 vrk). Rullaston huolto on kuitenkin kallis toimenpide ja olisi syytä selvittää tarkemmin käytetyn rullaston kunto ja arvioida, sillä perusteella, mitä toimenpiteitä rullastolle on tarvetta huollon yhteydessä tehdä ja mitkä ovat toimenpiteiden kustannusvaikutukset. Toisaalta samalla on syytä arvioida olisiko mahdollista jatkaa rullaston käyttöjaksoa.

Jatkossa on syytä tarkastella ja parantaa myös kohteen pölynpoistoa. Pölynpoiston epävarma toiminta ja riittämätön suorituskyky aiheuttavat kohteessa haasteita vikaantumisten havaitsemiseen ja aiheuttavat kohteeseen tarpeetonta kulumista sekä turhia hälytyksiä, kun anturointi ei toimi oikein pölyn vuoksi. Parantamalla pölynpoiston toimintaa ja ottamalla käyttöön asianmukaiset virtausmittaukset ja suodattimien paine-eromittaukset, voidaan parantaa merkittävästi kohteen ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamista.

Kohteen ehkäisevää kunnossapitoa voitaisiin parantaa luomalla jaksotetut toimenpiteet sähkömoottoreiden käämityksen eristysvastusmittauksille sekä pääsylinterien liukuohjareiden voitelulle. Yksittäisenä toimenpiteenä voitaisiin tarkastaa hydraulikkapumppujen säätövarat. Jos pumppujen säädöllä ei enää ole mahdollisuuksia korottaa pumppujen tuottamaa painetta on siihen syytä varautua. Pumppujen ja niiden moottoreiden voiteluhuollossa on tarve selkeyttää toimintatapoja, ettei synny tarpeettomia voitelupuutteita.

7.3 Luotettavuuden arviointi

Tutkimus toteutettiin hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti rehellisyyttä huolellisuutta ja tarkkuutta noudattaen niin tutkimustyössä, kuin tulosten tallentamisessa ja esittämisessäkin (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021). Tutkimusaineistosta laadittiin aineistonhallintasuunnitelma Lapin AMK:n ohjeistuksen mukaisesti (Liite 5.). Haastatteluaineistoa käsiteltiin luottamuksellisesti ja haastateltaville annettiin kaikki tarvittava tutkimukseen liittyvä tieto.

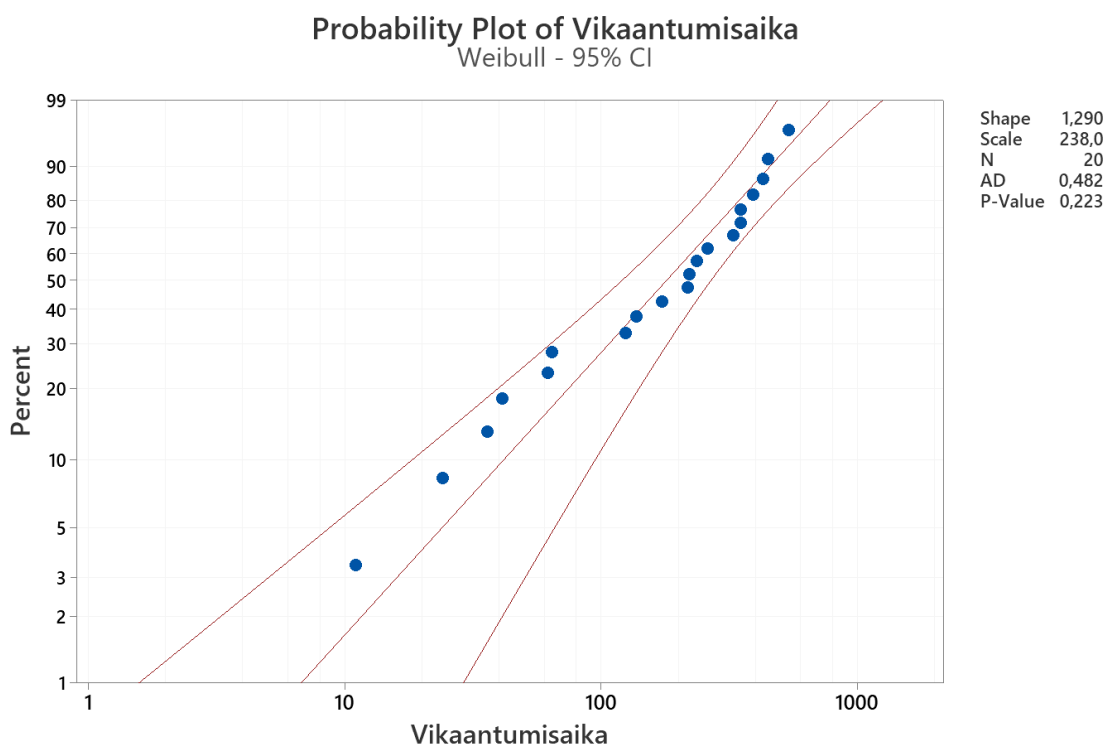
Tutkimuksen luotettavuutta haastatteluaineiston osalta arvioidaan reliabiliteetin ja validiteetin avulla. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tulosten pysyvyyttä ja validiteetilla sitä, että on tutkittu oikeita asioita. Reliabiliteetin kannalta tutkimus on tarkka ja luotettava, jos tutkimustulos on toistettavissa toisen tutkijan toteuttamana ja johtaa edelleen samaan lopputulokseen. Validiteetin kannalta tutkimus on luotettava, kun tutkija on onnistunut kysymysten muotoilussa siten, että ne vastaavat tutkimuskysymykseen ja haastateltavat ymmärtävät ne samalla tavalla, kuin tutkija. (Vilkkä 2007, 149-150.) Tulosten laatua ja luotettavuutta voidaan parantaa kriittisellä tarkastelulla tutkimuksen eri vaiheissa. Kriittisellä tarkastelulla pyritään ehkäisemään eri vaiheissa syntyviä virheitä ja vääristymiä. (Ojasalo ym. 2015, 138.)

Tämän tutkimuksen tutkimusprosessi on kuvattu tarkasti ja kerrottu, kuinka eri tulkintoihin on päädytty ja aineistoa on tarkasteltu kriittisesti eri vaiheissa. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin sekä laadullista että määrällistä aineistoa ja hyödynnettiin triangulaatiomenetelmää, jonka on todettu parantavan tutkimuksen luotettavuutta. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 125; viitattu Denzin 1978.) Haastatteluihin valittiin yhdeksän kohteen tuotannon ja kunnossapidon asiantuntijaa, joista seitsemän ensimmäistä haastateltiin liitteen 2 haastattelurungon mukaisesti. Kaksi viimeistä haastateltavaa haastateltiin lyhennetyillä puhelinhaastatteluilla, koska haastatteluissa esiintyvät asiat alkoivat toistua jo seitsemän pidetyn haastattelun aikana. Puhelinhaastattelujen avulla selvitettiin mahdolliset haastateltavien omaan erityisalaan liittyvät asiat. Osallistujamäärän suhteen tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska asiat ja teemat alkoivat toistua aineistossa.

Data-analyysin luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät. Ensimmäinen tekijä joka heikentää tuloksien luotettavuutta on datan laatu. Ei voida olla varmoja, että analyysissä käytetty data on raportoitu oikein. Datasta voi puuttua tapahtuneita vikaantumisia tai osa vikaantumisista on voitu raportoida väärälle kohteelle. Vikaantumisdata käytiin läpi, ennen analysointia, hyvin yksityiskohtaisesti ja vikaantumisajat määritettiin vikaantumiskohtaisesti parhaan ymmärryksen mukaan, jotta ne vastaisivat todellisuutta ja antaisivat mahdollisimman totuudenmukaisia tuloksia.

Toinen merkittävä data-analyysin luotettavuuteen vaikuttava tekijä on datan määrä. Tehdyssä analyysissä paininrullille ja pölynpoistolle on raportoitu eniten vikaantumisia ja niiden analysoinnin tuloksia voidaan pitää muita luotettavampina. Pieni vikaantumismäärä heikentää analyysin luotettavuutta, koska pienessä määrässä dataa yksikin virheellisesti raportoitu tai määritelty vikaantumisaika vaikuttaa analyysin tuloksiin merkittävästi. Tämän vaikutuksen pienentämiseksi on analyysissä käytetty MLE-parametrien (Maximum Likelihood Estimation) arviointia, koska sen on todettu antavan luotettavampia tuloksia tässä analyysissä käytetyillä vikaantumismäärillä (Jun & Young 2017, 14278).

Lisäksi data-analyysin luotettavuuteen vaikuttaa datan sopivuus analyysissä käytettyyn jakaumaan. Luotettavuuden osoittamiseksi on kunkin analysoitavan kohteen vikaantumisdatan sopivuus Weibull-jakaumaan, tarkastettu Minitab-ohjelmassa. Kuviossa 26 on esimerkki pääsylinterin vikaantumisdatan sopivuudesta Weibull-jakaumaan. Vikaantumisdata ei poikkea tilastollisesti merkittävästi Weibull-jakaumasta (P-arvo>0,05).



Kuvio 27. Pääsylinterin vikaantumisdatan sopivuus Weibull-jakaumaan

7.4 Oppimiskokemus ja oman osaamisen kehittyminen

Tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut monella tavalla omaa osaamistani kehittävä oppimiskokemus. Osaamiseni kehittyi työn aikana erityisesti lähteisiin perustuvassa kirjoittamisessa sekä analyysimenetelmien hyödyntämisessä.

Lähteisiin perustuvaan kirjoittamiseen perehdyin tutustumalla Lapin ammattikorkeakoulun ohjeisiin, muihin opinnäytetöihin sekä lähdekirjallisuuteen. Opinnäytetyön suorittamisen aikana sain parannettua kirjoittamiseni tasoa ja sujuvoitettua itse kirjoittamista sekä lähdeviittausten käyttöä.

Sisällönanalyysin opettelin työn aikana lähdekirjallisuudesta, ohjaavien opettajien tuella. Osaamiseni kehittyi paljon koska tämä oli ensimmäinen tapaustutkimukseni. Sisällönanalyysin pelkistämistä ja ylä- ja alaluokkia sekä kokoavia käsitteitä tulisi seuraavassa tutkimuksessa mieltä entistä tarkemmin ja kriittisemmin. Tutkimuksen aiheen rajaamisessa ja haastattelurungon laadinnassa tulisi myös käyttää kriittisempää otetta ja järjestää tutkimuksen tekemiselle riittävästi kiireetöntä aikaa.

Data-analyysissä käytetyn tilastolliseen jakaumaan perustuvan vikaantumisten aikariippuvuuden analysoinnin osalta osaamiseni kehittyi, niin ikään merkittävästi, koska tein sitäkin ensimmäistä kertaa. Opettelin käytetyt menetelmät lähdekirjallisuutta lukemalla, ohjevideoita katsomalla ja kokeilemalla. Tämän tyyppisessä datan analysoinnissa merkittävimmät tulevaisuuden kehittämiskohteet omassa osaamisessani ovat tehokkaampi ja suoraviivaisempi raaka datan käsittely ja tulosten jatkokäsittely.

Nyt käytetyt menetelmät raakadatan käsittelyssä vaativat paljon aikaa, eivätkä ne sovellu suurien datamäärien käsittelyyn. Tässä tutkimuksessa käytetty data ei ollut sopivaa, mielenkiintoisiksi katsottuihin, jatkokäsittelytapoihin, joilla voidaan saada vielä kuvaavampia tuloksia vastaavantyyppisestä datasta. Kuitenkin, nyt tehdyn analyysin avulla, saatiin vahvistettua aiempien tutkimusten tulokset sekä saatiin tietoa esimerkkitapauksena toimineen kylmäoikaisukoneen merkittävimpien vikaantumiskohteiden vikaantumiskäyttäytymisestä. Parempaa ymmärrystä kohteiden vikaantumiskäyttäytymisestä voidaan hyödyntää tulevaisuuden tuotanto-omaisuuden hallinnassa.

LÄHTEET

- Aboura, K., Agbinya, J. & Eskandarian, A. 2014. Weibull Decision Support Systems in Maintenance. *Organizacija* Vol.47, 81-89. Viitattu 14.1.2023. DOI: 10.2478/orga-2014-0008.
- Aljawarneh, S. 2022. The Application of AI-Based Technology in Computer Network Operation and Maintenance. *Mobile information systems 2022*, 1-10. Viitattu 14.1.2023. <https://www.hindawi.com/journals/misy/2022/2971393/>.
- De Jonge, B. 2021. Weibull distribution; Weibull parameter estimation. Viitattu 27.12.2022. https://www.youtube.com/watch?v=TCjZ_E1jFbU&t=3s.
- Finto 2022. Algoritmi. Viitattu 1.1.2023 https://finto.fi/cer/fi/page/?uri=http%3A%2F%2Ftieteentermi-pankki.fi%2Fwiki%2FClean_Energy_Research%3Aalgorithm.
- Fumo, D. 2017. Types of Machine Learning Algorithms You Should Know. *Towards Data Science*. Viitattu 26.3.2022 <https://towardsdatascience.com/types-of-machine-learning-algorithms-you-should-know-953a08248861>.
- Grant, R. 1996. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. *Strategic Management Journal* 17, Winter 1996, 109–122. Viitattu 28.7.2022 <https://www.proquest.com/scholarly-journals/toward-knowledge-based-theory-firm/docview/225006502/se-2?accountid=27297>.
- Gulati, R. 2013. *Maintenance & Reliability Best Practices*. 2. painos. New York: Industrial Press Inc.
- GVL Engineering - Maintenance & Reliability. 2021. Youtube-video: Weibull plot Using MS Excel. Viitattu 14.1.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=8KvZz-NYEM0A>.
- Jordan, M. I. & Mitchell, T. M. 2015. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science (American Association for the Advancement of Science)*. Vol.349, 255–260. Viitattu 1.1.2023. DOI: 10.1126/science.aaa8415.
- Jun, H. & Young, S. 2017. Comparison of Methods for Estimation of Sample Sizes under the Weibull Distribution. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Vol.12, 14273-14278. Research India Publications. Viitattu 14.1.2023. https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n24_40.pdf.
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012 *Kunnossapito-Tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. 6. painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- Khorasgani, H., Wang, H., Gupta, C, and Farahat, A. 2021. An Offline Deep Reinforcement Learning for Maintenance Decision-Making. Hitachi Industrial AI Lab. Santa Clara, USA. Viitattu 14.1.2023. <https://arxiv.org/pdf/2109.15050v1.pdf>.
- Kortelainen, H., Komonen, K., Laitinen, J., Valkokari, P. ja Hanski, J. 2021. *Tietämysperusteinen elinjakson hallinta*. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint

ry. Viitattu 14.1.2023. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/44305471/Tiet_mysperusteinen_elinjakson_hallinta.pdf.

Koski, J. 2015. Sarjakondensaattorien luotettavuus ja kunnonhallinta. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 14.1.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201510191648>.

Kosonen, M. 2019. Tiedolla johtamisen käsikirja. Kaakkois-suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.1.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-183-5>.

Käpylä, J., & Salonius, H. 2013. Tietojohdajan taskukirja. Tietojohdamisen näkökulmia aluekehittämiseen. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi. Viitattu 14.1.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3103-3>.

Laine, H. S. 2010. Tehokas kunnossapito. Kerava: KP-Media Oy.

Laihonen, H., Hannula, M., Helander, N., Ilvonen, I., Jussila, J., Kukko, M. & Yliniemi, T. 2013. Tietojohdaminen. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi. Viitattu 14.1.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3058-6>.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.

Moubray, J. 1992. Reliability-centered Maintenance. 2. painos. New York: Industrial Press Inc.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät : uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki : Sanoma Pro.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito – Käsitteet ja määritelmät. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK Standardisointi 2022. PSK:n esittely. Viitattu 25.1.2022 <https://psk-standardisointi.fi/psk/yleista/>.

Ramstad, E & Alasoini, T. 2007. Johdanto. Teoksessa Ramstad, E. & Alasoini, T. (toim.) Työelämän tutkimusavusteinen kehittäminen Suomessa. Lähestymistapoja, menetelmiä, kokemuksia, tulevaisuuden haasteita. Tykes-raportteja 53. Helsinki: Työministeriö. Viitattu 16.1.2023. <https://docplayer.fi/108175-Tyoelaman-tutkimusavusteinen-kehittaminen-suomessa-lahestymistapoja-menetelmia-kokemuksia-tulevaisuuden-haasteita.html>.

Raudasoja, M. 2014. Esioikaisukoneen käytön optimointi levyvalssaamalla. Opinnäytetyö, Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.10.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201403143182>.

Ruusuvuori, J., Nikander P., & Hyvärinen M. 2010. Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. Triangulaatio. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. Viitattu 31.10.2022. www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2_3_2_4.html.

Salo, A. 2007. Luento 7 Järjestelmien ylläpito. Teknillinen korkeakoulu. Systemianalyysin laboratorio. Viitattu 12.3.2022. <http://salserver.org.aalto.fi/vanhatsivut/Opinnot/Mat-2.3117/luennot/luento07.pdf>.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS Standardisointi 2022. Etusivu. Viitattu 25.1.2022. <https://sfs.fi/sfs-ry/>.

SSAB 2022a. SSAB lyhyesti. Vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. Viitattu 30.10.2022 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>.

SSAB 2022b. SSAB Europe. Johtava pohjoismainen korkealaatuisten nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteiden premium-valmistaja. Viitattu 30.10.2022 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>.

SSAB 2022c. SSAB:n Raahen tehdas. Viitattu 30.10.2022 <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>.

Tandel, A. 2017. A Data Science Workflow. Towards Data Science. Viitattu 14.1.2023. <https://towardsdatascience.com/a-data-science-workflow-26c3f05a010e>.

Tedeschi, L. 2019. Mathematical Modeling in Ruminant Nutrition: Approaches and Paradigms, Extant Models, and Thoughts for Upcoming Predictive Analytics. Journal of Animal Science 97. Department of Animal Science. A&M University. Texas: College Station. Viitattu 2.11.2022. DOI: 10.1093/jas/skz092.

Tuomi, J., Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021. Hyvä tieteellinen käytäntö. Viitattu 1.1.2023 <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>.

van Engelen, J.E. & Hoos, H.H. 2020. A survey on semi-supervised learning. Mach Learn 109, 373–440. Viitattu 14.1.2023. <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05855-6>.

Valtokari, J. 2020. Ennakoiva kunnossapito ja suunnitelmallisuus kunnossapidossa. Powerpoint-esitys. SSAB Raahe. SteelPro-koulutus.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa: Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi. Viitattu 1.1.2023 <http://hanna.vilka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-mittaa.pdf>.

Vilka, H., Saarela, M. & Eskola, J. 2018. Riittääkö yksi? tapaustutkimus kuvajana ja selittäjänä. Teoksessa R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Keuruu: Otavan kirjapaino, 190–201.

Wiseman, M. 2011 Real meaning of the six RCM curves. Living Reliability. Viitattu 14.1.2023. <https://www.livingreliability.com/en/posts/real-meaning-of-the-six-rcm-curves/>.

Ylihurula, H. 2021. Tiedolla johtamisen malli kumppanuusmallissa toimivassa vesivoimayhtiössä: Esimerkkitapaus välppähäviöiden minimoiminen. Opinnäyetyö, Lapin ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.12.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202104235605>.

LIITTEET

- Liite 1. Aineistotaulukko
- Liite 2. Haastattelurunko
- Liite 3. Esimerkki sisällönanalyysistä
- Liite 4. Esimerkki Weibull-analyysistä
- Liite 5. Aineistonhallintasuunnitelma

LIITE 1. AINEISTOTAULUKKO

Kehittämiskysymys	Aineisto(t), jolla vastataan
Mikä on tiedolla johtamisen nykytila ehkäisevässä kunnossapidossa?	Teemahaastattelut, Data-aineisto
Mitä ovat ehkäisevän kunnossapidon tiedolla johtamisen haasteet?	Teemahaastattelut, Data-aineisto
Miten tiedolla johtamista voidaan hyödyntää ehkäisevän kunnossapidon kehityksessä?	Teemahaastattelut, Data-aineisto

LIITE 2. HAASTATTELURUNKO

Haastatteluteemat ja kysymykset

1. Mitä tiedolla johtaminen mielestäsi on?
 - a. Jatkona kirjallisuuden määrittelyn lukeminen ja asian uudelleen kysyminen?
 - i. Data, Informaatio, Tietämys, Viisaus!!
Tiedolla johtaminen on tiedon tuottamista, säilyttämistä, analysointia ja hyödyntämistä esimerkiksi päätöksenteon tueksi.
 - b. Tähän kysymykseen voisi palata haastattelun lopussa.
2. Kuinka tiedolla johtamista voidaan hyödyntää ehkäisevän kunnossapidon kehityksessä?
 - a. Tähän kysymykseen voisi palata haastattelun lopussa.
3. Kuinka kehittäisit ehkäisevää kunnossapitoa esimerkikohteessa?
 - a. Tähän kysymykseen voisi palata haastattelun lopussa.
4. Kohteen erilaiset tietolähteet.
 - a. Mistä kaikkialta voidaan saada kohteen kunnossapidossa hyödynnettävissä olevaa tietoa?
 - b. Kuinka niitä voidaan hyödyntää kohteen kunnossapidossa?
 - c. Hyödynnetäänkö tietoa nykyisin kohteen kunnossapidossa?
 - d. Onko jotain muita tietolähteitä, jotka kohteesta puuttuvat?
5. Mekaaniset laitteet
 - a. Onko kohteessa jotain tiettyjä säännöllisesti vikaantuvia komponentteja?
 - b. Kuinka varhain tunnistetut vikaantumiset voidaan havaita, ennen kuin ne pysäyttävät tuotannon?
 - c. Voitaisiinko jonkin kohteesta saatavan tiedon perusteella havaita tunnistetut viat aikaisemmin?
 - d. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin ehkäistä vikaantumisen?
 - e. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin tunnistaa alkava vikaantuminen aikaisemmin?
6. Sähkölaitteiden ehkäisevä kunnossapito
 - a. Onko kohteessa jotain tiettyjä säännöllisesti vikaantuvia komponentteja?
 - b. Kuinka varhain tunnistetut vikaantumiset voidaan havaita, ennen kuin ne pysäyttävät tuotannon tai haittaavat tuotantoa liikaa?
 - c. Voitaisiinko jonkin kohteesta saatavan tiedon perusteella havaita tunnistetut viat aikaisemmin?
 - d. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin ehkäistä vikaantumisen?
 - e. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin tunnistaa alkava vikaantuminen aikaisemmin?
7. Hydraulikkajärjestelmän ehkäisevä kunnossapito

- a. Onko kohteessa jotain tiettyjä säännöllisesti vikaantuvia komponentteja?
 - b. Kuinka varhain tunnistetut vikaantumiset voidaan havaita, ennen kuin ne pysäyttävät tuotannon?
 - c. Voitaisiinko jonkin kohteesta saatavan tiedon perusteella havaita tunnistetut viat aikaisemmin?
 - d. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin ehkäistä vikaantuminen?
 - e. Mitä toimenpiteitä tunnistetuille vikaantuville komponenteille voitaisiin tehdä, jotta voitaisiin tunnistaa alkava vikaantuminen aikaisemmin?
8. Voiteluhuolto
- a. Mitä ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä esimerkkikohteen voitelukohteille tehdään nykyään?
 - b. Kuinka erilaisia tietolähteitä voidaan hyödyntää esimerkkikohteen voiteluhuollon kehityksessä?
 - c. Voitaisiinko jonkin kohteesta saatavan tiedon perusteella parantaa kohteen voiteluhuoltoa?
9. Kunnonvalvonta järjestelmien hyödyntäminen kohteen ehkäisevässä kunnossapidossa?
- a. Minkä tyyppistä kunnonvalvontaa esimerkkikohteessa on?
 - b. Mille kohteille esimerkkikohteessa on jatkuva kunnonvalvontamittaus?
 - c. Onko muita (jaksotettuja) mittauksia? Millä perusteella mittauksia suoritetaan?
 - d. Olisiko jotain muuta kunnonvalvontaa, josta olisi hyötyä esimerkkikohteen kunnossapidossa?
10. Mikä olisi mielestäsi tärkeintä kohteen ehkäisevän kunnossapidon kehittämisessä?

Oman data-analyysin käsittely ja mielipiteiden tiedustelu haastateltavilta?

LIITE 3. ESIMERKKI SISÄLLÖNANALYYSISTÄ

Alkuperäisilmaus	Pelkistetty ilmaus	Alaluokka	Yläluokka	Yhdistävä tekijä
Pitää myös aina ymmärtää se tiedon käsittely, että tieto on tietyllä tavoin käsitelty. Spekulaatiotakin harrastetaan. Aina olisi hyvä tietää, että mitä tiedetään ja mitä ei tiedetä.	Tiedon laatu ja ymmärrys tiedon laadusta on tärkeää.	Tiedon laadun arviointi	Tiedon analysointi	Tiedolla johtamisen määrittely
Jos sinä tiedät, että kyseisessä kohteessa on jotain vikaa, niin sen tiedon perusteella johdat työntekijäsi korjaamaan sen vian.	Korjaavaa kunnossapitoa ohjataan vikatiedon perusteella.	Korjaavan kunnossapidon ohjaus		
Minusta tämä olisi tärkeintä, ettei kunnossapitoa jaksotettaisi mututuntumalta, vaan hankittaisiin sitä tietoa, joka sitten ohjaisi tekemään toimenpiteitä esim. jollain tietyllä jaksolla.	Tiedolla johtaminen on tärkeää toimenpiteiden jaksotuksen parantamiseksi.	Toimenpiteiden jaksotuksen parantaminen		
Tiedolla johtaminen. Hmm. Varmaan se on sitä, että jos olet todella perehtynyt aiheeseen ja laitteeseen ja sulla on paljon tietoa ja kokemusta siitä kohteesta, niin sä voit hyödyntää sitä siinä sun johtamisessa. Varmaan se sitä on.	Tiedolla johtaminen on kokemuksen kautta kertyneen tiedon hyödyntämistä johtamisessa.	Kokemuksen hyödyntäminen		
Jos jostain laitteesta kerätään, jotain dataa, vaikka kunnonvalvonta tietoa, niin sitten sen tiedon analysoinnin avulla tehdään jotain päätöksiä sen koneen suhteen.	Tiedolla johtaminen on päätöksentekoa datan-analysoinnin tukemana		Tiedon hyödyntäminen	
Tiedolla johtaminen on tiedon keräämistä tunnustetulla menetelmällä, että pystytään vaikka mittaamaan, jäsentämään tai luokittelemaan sitä ymmärrettävästi. Käytännössä mahdollisimman luotettavilla tunnustetulla tutkimusmenetelmillä kerätään tietoja ja sitä sitten kategorisoidaan, että voidaan osoittaa, että se on luotettavaa, se tieto ja sitä käsitellään tietyllä tavalla standardisoidusti. Keskiössä on tutkija, joka pyrkii objektiiviseen tulkintaan tuloksista. Sitten tällaista kerättyä tietoa käytetään nimenomaan toiminnan suuntaamisessa, kehittämisessä ja organisoimisessa.	Tiedolla johtaminen on tiedon keräämistä, luokittelua, käsittelyä ja hyödyntämistä, jolla suunnataan, kehitetään ja organisoidaan toimintaa.	Päätöksenteon tukeminen		
Johtajan pitäisi tietää kohde ja tekniikka siellä, ettei ole sellainen tekijä johtamassa joka ei tunne kohdetta lainkaan.	Tiedolla johtaminen on sitä, että johtaja tietää ja tuntee kohteen teknisesti.	Tekninen osaaminen		
Tiedon jakamista eri osajien kanssa, joka johtaa sitten toimintaan kohteessa. Tiedonjakamista yleensä.	Tiedolla johtaminen on tiedon jakamista.	Tiedon jakaminen keskustelemalla	Tiedon jakaminen	
Kun oot kerännyt tietoa ja kokemusta siitä laitteesta, ehkä joskus kantapään kautta, niin sä pystyt tavallaan puuttumaan niihin asioihin ennaltaehkäisevästi	Yllättävien vikaantumisten yhteydessä voi saada kohteen kunnossapidossa hyödynnettävää tietoa.	Yllättävien vikaantumisten yhteydessä saatu tieto	Tiedon tuottaminen	
No tietenkin sinä nyt mieleen tullee, että mitä vuosien varrella laite itsestään antaa ulospäin ja kun siitä sitten keskustellaan, niin tieto siirtyy eteenpäin.	Havainnoimalla voidaan saada kunnossapidossa hyödynnettävää tietoa.	Havainnointi		

LIITE 4. ESIMERKKI WEIBULL-ANALYYSISTÄ

1. Käytetään esimerkkinä esimerkkikohteen pääsylinterien vikaantumista-

Vikaantumispäivä	Vikaantumispäivän arvo	Tarkastelun alkupäivä	Alkupäivän arvo
5.3.2010	40242	1.1.2009	39814
24.5.2011	40687	1.1.2009	39814
25.7.2011	40749	1.1.2009	39814
18.8.2011	40773	1.1.2009	39814
22.3.2012	40990	1.1.2009	39814
12.2.2013	41317	1.1.2009	39814
27.1.2014	41666	1.1.2009	39814
21.2.2015	42056	1.1.2009	39814
4.2.2016	42404	1.1.2009	39814
15.2.2016	42415	1.1.2009	39814
31.10.2016	42674	1.1.2009	39814
11.12.2016	42715	1.1.2009	39814
13.2.2017	42779	1.1.2009	39814
21.3.2017	42815	1.1.2009	39814
27.10.2017	43035	1.1.2009	39814
13.3.2018	43172	1.1.2009	39814
4.11.2018	43408	1.1.2009	39814
8.3.2019	43532	1.1.2009	39814
28.8.2019	43705	1.1.2009	39814
15.2.2021	44242	1.1.2009	39814

2. Lasketaan vikaantumisaika kullekin vikaantumiselle. Oletetaan, että kohde palautetaan aina kunnostuksen yhteydessä alkuperäiseen kuntoon, jolloin vikaantumisaika on edellisestä vikaantumisesta vikaantumiseen. Ensimmäisen vikaantumisen vikaantumisajaksi tulee aika, tarkastelun alkupäivästä vikaantumiseen.

Vikaantumispäivä	Vikaantumispäivän arvo	Tarkastelun alkupäivä	Alkupäivän arvo	Vikaantumisaika (d)
5.3.2010	40242	1.1.2009	39814	428
24.5.2011	40687	1.1.2009	39814	445
25.7.2011	40749	1.1.2009	39814	62
18.8.2011	40773	1.1.2009	39814	24
22.3.2012	40990	1.1.2009	39814	217
12.2.2013	41317	1.1.2009	39814	327
27.1.2014	41666	1.1.2009	39814	349
21.2.2015	42056	1.1.2009	39814	390
4.2.2016	42404	1.1.2009	39814	348
15.2.2016	42415	1.1.2009	39814	11
31.10.2016	42674	1.1.2009	39814	259
11.12.2016	42715	1.1.2009	39814	41
13.2.2017	42779	1.1.2009	39814	64
21.3.2017	42815	1.1.2009	39814	36
27.10.2017	43035	1.1.2009	39814	220
13.3.2018	43172	1.1.2009	39814	137
4.11.2018	43408	1.1.2009	39814	236
8.3.2019	43532	1.1.2009	39814	124
28.8.2019	43705	1.1.2009	39814	173
15.2.2021	44242	1.1.2009	39814	537

3. Järjestellään vikaantumiset vikaantumisajan mukaisesti kasvavaan järjestykseen. Piilotetaan taulukosta aiemmin vikaantumisaajan laskennassa käytettyjä sarakkeita, lukemisen helpottamiseksi.

Vikaantumispäivä	Vikaantumisaika (d)	Järjestysnumero
15.2.2016	11	1
18.8.2011	24	2
21.3.2017	36	3
11.12.2016	41	4
25.7.2011	62	5
13.2.2017	64	6
8.3.2019	124	7
13.3.2018	137	8
28.8.2019	173	9
22.3.2012	217	10
27.10.2017	220	11
4.11.2018	236	12
31.10.2016	259	13
12.2.2013	327	14
4.2.2016	348	15
27.1.2014	349	16
21.2.2015	390	17
5.3.2010	428	18
24.5.2011	445	19
15.2.2021	537	20

4. Lasketaan kullekin vikaantumiselle järjestysnumeron ja otoskoon mukainen todennäköisyys/epäluotettavuus käyttämällä Benardin likiarvo menetelmää:

$$P = (\text{Järjestysnumero} - 0,3) / (\text{Otoskoko} + 0,4)$$

Piilotetaan taas aiemmin käytettyjä sarakkeita lukemisen helpottamiseksi.

Vikaantumisaika (d)	Järjestysnumero	P=Todennäköisyys, Benardin likiarvo
11	1	0,034313725
24	2	0,083333333
36	3	0,132352941
41	4	0,181372549
62	5	0,230392157
64	6	0,279411765
124	7	0,328431373
137	8	0,37745098
173	9	0,426470588
217	10	0,475490196
220	11	0,524509804
236	12	0,573529412
259	13	0,62254902
327	14	0,671568627
348	15	0,720588235
349	16	0,769607843
390	17	0,818627451
428	18	0,867647059
445	19	0,916666667
537	20	0,965686275

5. Lasketaan hajonta-kuvaajan x-arvot kaavalla:

$$x = \ln(\text{Vikaantumisaika})$$

Piilotetaan järjestysnumero-sarake lukemisen helpottamiseksi.

Vikaantumisaika (d)	P=Todennäköisyys, Benardin likiarvo	x=ln(Vikaantumisaika)
11	0,034313725	2,397895273
24	0,083333333	3,17805383
36	0,132352941	3,583518938
41	0,181372549	3,713572067
62	0,230392157	4,127134385
64	0,279411765	4,158883083
124	0,328431373	4,820281566
137	0,37745098	4,919980926
173	0,426470588	5,153291594
217	0,475490196	5,379897354
220	0,524509804	5,393627546
236	0,573529412	5,463831805
259	0,62254902	5,556828062
327	0,671568627	5,789960171
348	0,720588235	5,85220248
349	0,769607843	5,855071922
390	0,818627451	5,966146739
428	0,867647059	6,059123196
445	0,916666667	6,098074282
537	0,965686275	6,285998095

6. Lasketaan hajonta-kuvaajan y-arvot kaavalla:

$$y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-P}\right)\right)$$

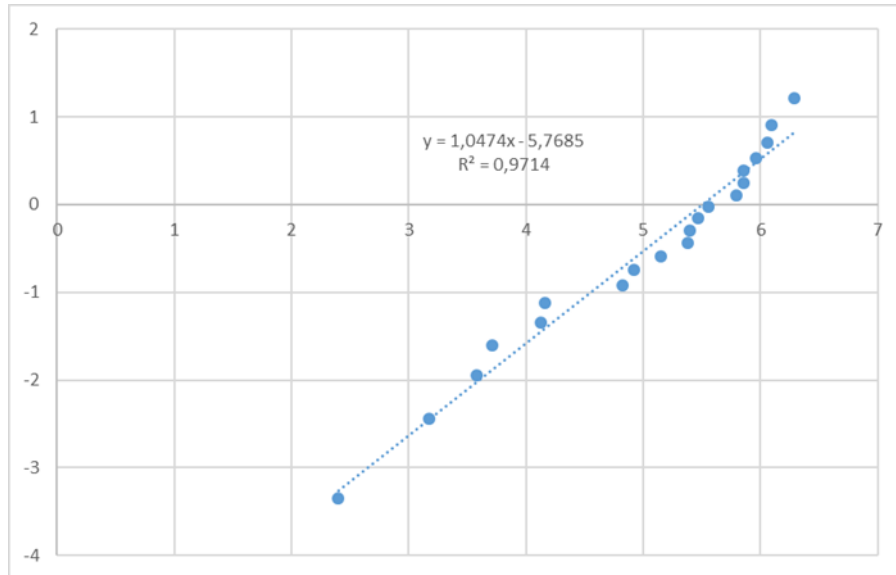
Jossa,

t=vikaantumisaika.

P=vikaantumiselle Benardin likiarvomenetelmällä laskettu todennäköisyys. (GVL Engineering - Maintenance & Reliability.)

Vikaantumisaika (d)	P=Todennäköisyys, Benardin likiarvo	x=ln(Vikaantumisaika)	y=ln(ln(1/(1-Todennäköisyys)))
11	0,034313725	2,397895273	-3,354802509
24	0,083333333	3,17805383	-2,441716399
36	0,132352941	3,583518938	-1,952137671
41	0,181372549	3,713572067	-1,608807204
62	0,230392157	4,127134385	-1,339891087
64	0,279411765	4,158883083	-1,115695152
124	0,328431373	4,820281566	-0,920953918
137	0,37745098	4,919980926	-0,746689513
173	0,426470588	5,153291594	-0,587084006
217	0,475490196	5,379897354	-0,438053654
220	0,524509804	5,393627546	-0,296508894
236	0,573529412	5,463831805	-0,159920103
259	0,62254902	5,556828062	-0,026021058
327	0,671568627	5,789960171	0,107442983
348	0,720588235	5,85220248	0,24300008
349	0,769607843	5,855071922	0,383882124
390	0,818627451	5,966146739	0,534855821
428	0,867647059	6,059123196	0,704227134
445	0,916666667	6,098074282	0,910235093
537	0,965686275	6,285998095	1,21556827

7. Tehdään Excelissä hajontakuvaaja kohdissa 5. ja 6. lasketuista x- ja y-arvoista. Valitaan Excelissä trendiviiva ja trendiviivan yhtälö näkyviin.



8. Määritetään alustavat Weibull-parametrien arvot hajontakuvaajan trendiviivan yhtälön avulla.

Muotoparametri β on trendiviivan yhtälössä x:llä kertoimena oleva luku, eli tässä tapauksessa $\beta = 1,0474$.

Skaalaparametri η lasketaan kaavalla:

$$-\beta \ln(\eta) = -5,7685$$

, jossa arvo -5,7685 on aiemmin tehdyn hajontakuvaajan trendiviivan yhtälön loppuosa.

$$\rightarrow \eta = e^{\left(\frac{5,7685}{\beta}\right)} \approx 246,521$$

9. Lasketaan alustavat Weibull-tiheysfunktion arvot kaavalla:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Jossa,

β = alustava Weibull muotoparametri

η =alustava Weibull skaalaparametri

t=vikaantumisaika. (Wiseman 2011.)

Piilotetaan todennäköisyys sarake lukemisen helpottamiseksi.

Vikaantumisaika (d)	$x=\ln(\text{Vikaantumisaika})$	$y=\ln(\ln(1/(1-P)))$	Tiheysfunktio
11	2,397895273	-3,354802509	0,003527963
24	3,17805383	-2,441716399	0,003486953
36	3,583518938	-1,952137671	0,003394379
41	3,713572067	-1,608807204	0,003349571
62	4,127134385	-1,339891087	0,003144392
64	4,158883083	-1,115695152	0,003124143
124	4,820281566	-0,920953918	0,00252734
137	4,919980926	-0,746689513	0,002406807
173	5,153291594	-0,587084006	0,002095408
217	5,379897354	-0,438053654	0,001760556
220	5,393627546	-0,296508894	0,001739516
236	5,463831805	-0,159920103	0,001631022
259	5,556828062	-0,026021058	0,001485687
327	5,789960171	0,107442983	0,001122624
348	5,85220248	0,24300008	0,001028455
349	5,855071922	0,383882124	0,001024162
390	5,966146739	0,534855821	0,000862063
428	6,059123196	0,704227134	0,000733894
445	6,098074282	0,910235093	0,000682662
537	6,285998095	1,21556827	0,00045993

10. Lasketaan analysoinnissa käytettävät muotoparametrin β ja skaalaparametrin η arvot. Käytetään MLE-menetelmää (Maximum Likelihood Estimation), jota myös Minitab-Statistical Software oletuksena käyttää.

a. Lasketaan 10-kantainen logaritmi tiheysfunktion arvoille. Piilotetaan sarakkeita lukemisen helpottamiseksi.

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Log(Tiheysfunktio)
11	0,003527963	-2,452476024
24	0,003486953	-2,457553942
36	0,003394379	-2,469239648
41	0,003349571	-2,475010865
62	0,003144392	-2,502463325
64	0,003124143	-2,505269051
124	0,00252734	-2,597336365
137	0,002406807	-2,618558712
173	0,002095408	-2,678731307
217	0,001760556	-2,754350265
220	0,001739516	-2,759571644
236	0,001631022	-2,787540257
259	0,001485687	-2,828072721
327	0,001122624	-2,94976567
348	0,001028455	-2,987814515
349	0,001024162	-2,989631173
390	0,000862063	-3,064461236
428	0,000733894	-3,1343666
445	0,000682662	-3,165794161
537	0,00045993	-3,337307835

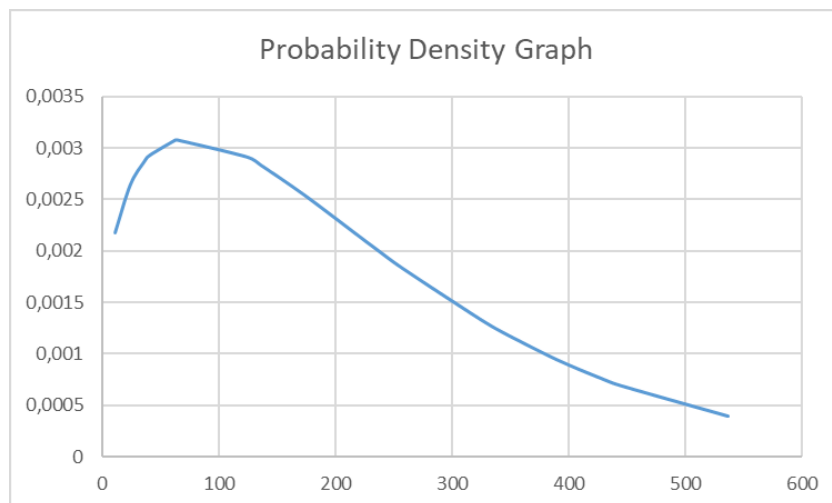
- b. Lasketaan Excelissä aiemmin laskettujen Log(Tiheysfunktio)-arvojen summa.

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Log(Tiheysfunktio)	
11	0,003527963	-2,452476024	
24	0,003486953	-2,457553942	
36	0,003394379	-2,469239648	
41	0,003349571	-2,475010865	
62	0,003144392	-2,502463325	
64	0,003124143	-2,505269051	
124	0,00252734	-2,597336365	
137	0,002406807	-2,618558712	
173	0,002095408	-2,678731307	
217	0,001760556	-2,754350265	
220	0,001739516	-2,759571644	
236	0,001631022	-2,787540257	
259	0,001485687	-2,828072721	
327	0,001122624	-2,94976567	
348	0,001028455	-2,987814515	
349	0,001024162	-2,989631173	
390	0,000862063	-3,064461236	
428	0,000733894	-3,1343666	
445	0,000682662	-3,165794161	
537	0,00045993	-3,337307835	
		$\beta=$	1,0474
		$\eta=EXP(5,7685/\beta)$	246,5209579
		sum of log(tiheysfunktio)	-55,51531531

- c. Käytetään Excelin Solver-työkalua muotoparametrin β ja skaalaparametrin η arvojen hakemiseen. Pyydetään Solver-työkalua maksimoimaan sum of log(tiheysfunktio)-arvoa, muuttamalla β - ja η -parametrien arvoja. Tuloksena saadaan MLE-menetelmällä määritetyt β - ja η -parametrien arvot sekä uusien parametrien arvoilla lasketut tiheysfunktion arvot (De Jonge 2021).

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Log(Tiheysfunktio)	
11	0,002178329	-2,661876558	
24	0,002643889	-2,577756708	
36	0,002870243	-2,542081265	
41	0,0029335	-2,532613933	
62	0,003075328	-2,512108566	
64	0,003081021	-2,511305281	
124	0,002914996	-2,535362074	
137	0,002828192	-2,548491133	
173	0,002547639	-2,593862069	
217	0,002172677	-2,66300475	
220	0,002147025	-2,668162822	
236	0,002011364	-2,696509297	
259	0,001821611	-2,739544474	
327	0,001317897	-2,880118617	
348	0,001183082	-2,926985211	
349	0,001176919	-2,929253337	
390	0,000944253	-3,024911703	
428	0,0007623	-3,117874004	
445	0,000690729	-3,160692179	
537	0,000394276	-3,404199237	
		$\beta=$	1,290397786
		$\eta=EXP(5,7685/\beta)$	238,0297727
		sum of log(tiheysfunktio)	-55,22671322

11. Tehdään Weibull-tiheysfunktion kuvaaja (Weibull Probability Density-Graph) Vikaantumisaika- ja tiheysfunktio-sarakkeiden tiedoilla.



12. Lasketaan kumulatiivisen Weibull jakauman arvot (Weibull Cumulative Distribution) kaavalla:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Jossa,

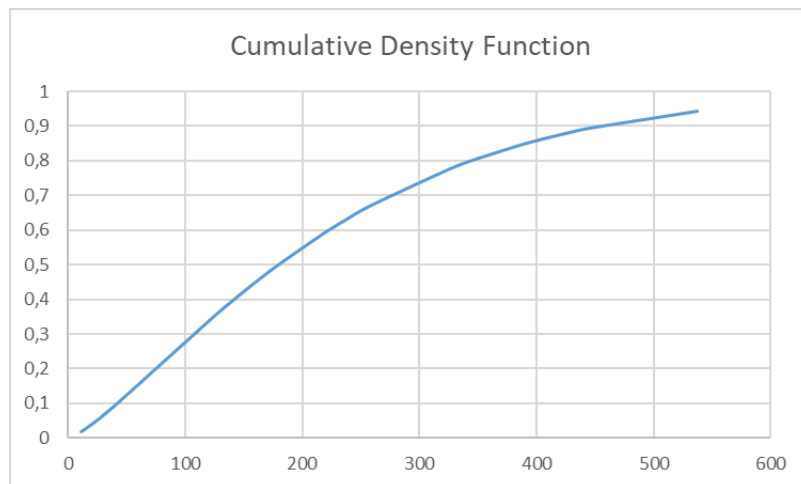
β =Weibull muotoparametri

η =Weibull skaalaparametri

t =vikaantumisaika. (Wiseman 2011.)

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Kumulatiivinen jakauma
11	0,002178329	0,018745985
24	0,002643889	0,050469022
36	0,002870243	0,083678093
41	0,0029335	0,098193543
62	0,003075328	0,161581233
64	0,003081021	0,167737765
124	0,002914996	0,350186038
137	0,002828192	0,387528225
173	0,002547639	0,484426683
217	0,002172677	0,58831158
220	0,002147025	0,594791122
236	0,002011364	0,628055239
259	0,001821611	0,672120131
327	0,001317897	0,778313923
348	0,001183082	0,804556182
349	0,001176919	0,80573618
390	0,000944253	0,849087572
428	0,0007623	0,881413108
445	0,000690729	0,893755594
537	0,000394276	0,942575343

13. Tehdään Weibull-kumulatiivisen jakauman kuvaaja (Weibull Cumulative-Density-Function) Vikaantumisaika- ja Kumulatiivinen jakauma-sarakkeiden tiedoilla.



14. Lasketaan Weibull-selviytymistodennäköisyys kaavalla:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Jossa,

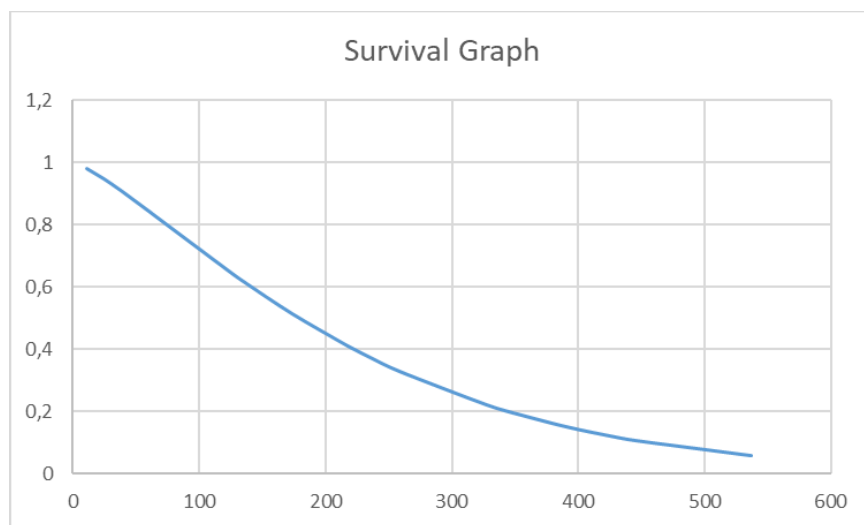
β =Weibull muotoparametri

η =Weibull skaalaparametri

t=vikaantumisaika. (Wiseman 2011.)

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Kumulatiivinen jakauma	Selviytymistodennäköisyys
11	0,002178329	0,018745985	0,981254015
24	0,002643889	0,050469022	0,949530978
36	0,002870243	0,083678093	0,916321907
41	0,0029335	0,098193543	0,901806457
62	0,003075328	0,161581233	0,838418767
64	0,003081021	0,167737765	0,832262235
124	0,002914996	0,350186038	0,649813962
137	0,002828192	0,387528225	0,612471775
173	0,002547639	0,484426683	0,515573317
217	0,002172677	0,58831158	0,41168842
220	0,002147025	0,594791122	0,405208878
236	0,002011364	0,628055239	0,371944761
259	0,001821611	0,672120131	0,327879869
327	0,001317897	0,778313923	0,221686077
348	0,001183082	0,804556182	0,195443818
349	0,001176919	0,80573618	0,19426382
390	0,000944253	0,849087572	0,150912428
428	0,0007623	0,881413108	0,118586892
445	0,000690729	0,893755594	0,106244406
537	0,000394276	0,942575343	0,057424657

15. Tehdään Weibull-selviytymistodennäköisyys kuvaaja vikaantumisaika ja selviytymistodennäköisyys sarakkeiden tiedoilla.



16. Lasketaan Weibull-vikaantumistaajuuden arvot kaavalla:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

Jossa,

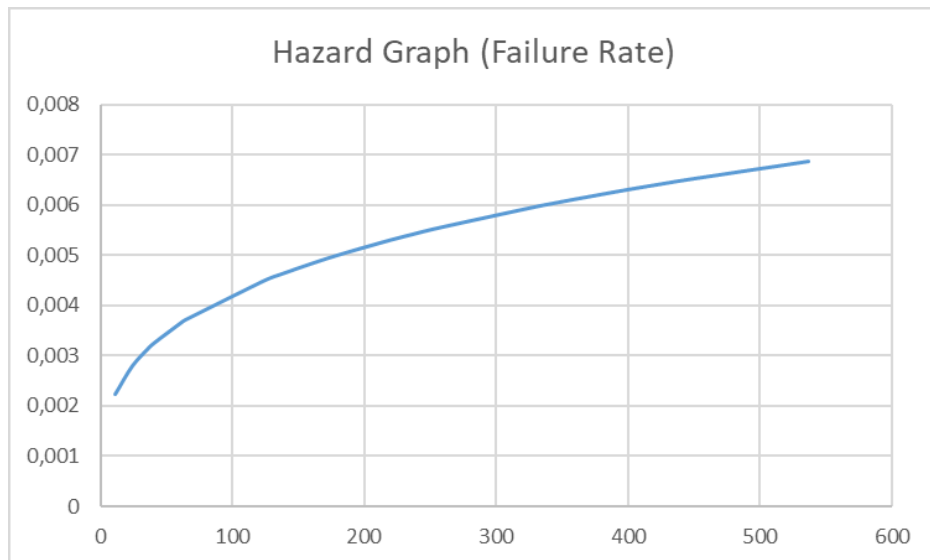
β =Weibull muotoparametri

η =Weibull skaalaparametri

t =vikaantumisaika. (Wiseman 2011.)

Vikaantumisaika (d)	Tiheysfunktio	Kumulatiivinen jakauma	Selviytymistodennäköisyys	Vikaantumistaajuus
11	0,002178329	0,018745985	0,981254015	0,002219944
24	0,002643889	0,050469022	0,949530978	0,002784416
36	0,002870243	0,083678093	0,916321907	0,003132353
41	0,0029335	0,098193543	0,901806457	0,003252915
62	0,003075328	0,161581233	0,838418767	0,003668009
64	0,003081021	0,167737765	0,832262235	0,003701984
124	0,002914996	0,350186038	0,649813962	0,004485893
137	0,002828192	0,387528225	0,612471775	0,004617669
173	0,002547639	0,484426683	0,515573317	0,004941371
217	0,002172677	0,58831158	0,41168842	0,00527748
220	0,002147025	0,594791122	0,405208878	0,005298564
236	0,002011364	0,628055239	0,371944761	0,005407696
259	0,001821611	0,672120131	0,327879869	0,005555725
327	0,001317897	0,778313923	0,221686077	0,005944878
348	0,001183082	0,804556182	0,195443818	0,006053309
349	0,001176919	0,80573618	0,19426382	0,006058355
390	0,000944253	0,849087572	0,150912428	0,006256959
428	0,0007623	0,881413108	0,118586892	0,006428199
445	0,000690729	0,893755594	0,106244406	0,006501323
537	0,000394276	0,942575343	0,057424657	0,006865977

17. Tehdään Weibull-vikaantumistaajuus kuvaaja (Weibull Hazard Function/Failure Rate) vikaantumisaika ja vikaantumistaajuus sarakkeiden tiedoilla.



LIITE 5. AINEISTONHALLINTASUUNNITELMA



TIEDOLLA JOHTAMINEN EHKÄISEVÄSSÄ KUNNOSSA-
PIDOSSA

Tapaustutkimuksena SSAB-Kylmäoikaisukone

AINEISTONHALLINTASUUNNITELMA

Krankkala Mikko

YAMK-Opinnäytetyön aineistohallintasuunnitelma
Tiedolla johtamisen asiantuntija
Insinööri ylempi AMK

2023

SISÄLLYS

1	AINEISTON KUVAUS.....	99
2	AINEISTON DOKUMENTOINTI	99
3	SÄILYTYS JA VARMUUSKOPIOINTI.....	99
4	SÄILYTTÄMISEEN LIITTYVÄT EETTISYYS JA VASTUUKYSYMYKSET	99
5	AVAAMINEN JA PITKÄSÄILYTYS	100

1 AINEISTON KUVAUS

Aion hyödyntää opinnäytetyössäni tilaajan tietojärjestelmien ja kunnonvalvontajärjestelmien dataa. Hankin datan siirtämällä sen Exceliin järjestelmien käyttöliittymistä tai tietokannoista. Tietojärjestelmistä hankittava data-aineisto on opinnäytetyössä esimerkkitapauksena toimivan laitteen vikaantumisiin liittyvää dataa ja se sisältää tiedon vikaantumisajasta ja vikaantuneesta kohteesta.

Lisäksi aion hyödyntää kohteen kunnossapidossa toimivien käytännön toimijoiden asiantuntemusta, ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteiden määrittämisessä. Tämän aineiston aion hankkia haastattelemalla käytännön tekijöitä. Haastatteluun/työpajaan aion määrittellä tietojärjestelmien ja kunnonvalvontajärjestelmien datan perusteella rakenteellisen haastattelun, jossa saan asiantuntijoilta henkilökohtaiset näkemykset heidän mielestään tehokkaista ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteistä. Haastattelussa ei ole tarvetta käyttää haastateltavien henkilötietoja, vaan voin anonymisoida tiedon heti tallennuksen yhteydessä. Kirjaan tulokset haastattelun yhteydessä Excel-tiedostoon.

2 AINEISTON DOKUMENTOINTI

Sekä eri järjestelmistä hankittu data-aineisto, että haastattelujen tulokset tallennetaan Excel-tiedostoihin, jotka nimeän itselleni tunnistettavalla tavalla. Esim. kunnossapitojärjestelmästä hankitun datan sisältävän tiedoston olen nimennyt seuraavasti ”Kylmäoikaisukone 2 – Arttu vikatyöt”.

3 SÄILYTYS JA VARMUUSKOPIOINTI

Säilytän hankittua aineistoa henkilökohtaisessa työpaikan Sharepointissani. Aineistoa ei pääse katsomaan tai käsittelemään kukaan muu kuin minä. Työnantajan Sharepointissa on varmuuskoopiointi ominaisuus, jolloin edelliset versiot ovat saatavilla, jos esimerkiksi työstettävä versio vioittuu.

4 SÄILYTTÄMISEEN LIITTYVÄT EETTISYYS JA VASTUUKYSYMYKSET

Aineistoon ei liity muita henkilötietoja, kuin satunnaisesti esiintyviä henkilöiden nimiä tietojärjestelmistä hankitussa data-aineistossa. Nimet on vaikea poistaa datasta, joten ne ovat mukana aineistossa. Samat tiedot ovat hyvin avoimesti saatavilla tietojärjestelmien käyttöliittymistä erittäin isolle joukolle, joten minun tiedostoon tallentamiseni ei nähdäkseni vaaranna kenenkään yksityisyyttä.

5 AVAAMINEN JA PITKÄSÄILYTYS

Aineisto tuhoetaan välittömästi opinnäytetyöni valmistumisen yhteydessä, koska aineistoon liittyvät päätelmät ja menetelmien kuvaukset esitellään tarvittavalta osin opinnäytetyössäni, jolloin aineistosta ei ole enää merkittävää hyötyä.