jamk.fi

Business Intelligence-työkalujen hyödyntäminen prosessiteollisuuden kunnonvalvonnassa

Ismo Lamminen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2021
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK University of Applied Sciences

jamk.fi

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Päivämäärä
Lamminen, Ismo	Opinnäytetyö, AMK	Marraskuu 2021
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x

Työn nimi

Business Intelligence-työkalujen hyödyntäminen prosessiteollisuuden sähköisessä kunnonvalvonnassa

Tutkinto-ohjelma

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Työn ohjaaja(t)

Ström Markku, Tuukkanen Harri

Toimeksiantaja(t)

Oy Botnia Mill Service Ab

Tiivistelmä

Nykyaikainen kunnossapito käyttää toiminnan tukena sähköisiä kunnonvalvontajärjestelmiä. Nämä järjestelmät tuottavat paljon dataa, jota ei aina hyödynnetä niin paljon kuin olisi mahdollista. Mahdollisia syitä tälle on se, että järjestelmien tehokas käyttö ei ole riittävän helppoa sekä se, että käytetään useita järjestelmiä, jolloin data on hajallaan valmistajien omissa palveluissa ja käyttöliittymissä. Kunnonvalvonnan tuottaman datan määrä on lisääntynyt muun muassa Industrial Internet of Things-anturiratkaisujen yleistymisen myötä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli keskittää Äänekosken biotuotetehtaan operaattoreiden ja kunnossapidon tarvitsemat järjestelmät helposti saataville sekä tutkia yritysjohdon puolelta tuttujen business intelligence-ohjelmistojen käyttöä kunnonvalvontadatan käsittelyyn. Kehittämistutkimus aloitettiin keräämällä aineistoa kunnonvalvonnan teoriasta sekä rajapintojen tekniikoista. Tarkoitusta varten tehdylle työasemalle järjestettiin pääsy tarvittaviin järjestelmiin. Tämän jälkeen selvitettiin vaihtoehtoja visualisointien luomiseksi. Näistä selvitettiin niiden edut sekä rajoitteet käyttötarkoituksessa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltu kunnonvalvonnan työasema. Lisäksi saatiin tietoa business intelligence-ohjelmistojen soveltuvuudesta kunnonvalvonta-datan integroimiseen ja visualisoimiseen. Tuloksena syntyi myös pikaohje ABB Abilityn rajapinnan käytöstä.

Tutkimuksen aikana saatiin käsitys siitä, kuinka tärkeää on, että olennainen tieto on tarpeeksi helposti saatavilla sitä tarvitseville tahoille. Kunnonvalvontadatan laajamittaisella hyödyntämisellä on paljon potentiaalia. Aiheella on paljon kehitysmahdollisuuksia ja vastaavan kaltaisia järjestelmiä tullaan luultavasti ottamaan yhä laajemmin käyttöön.

Avainsanat (asiasanat)

business intelligence, kunnonvalvonta, power BI

Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)

jamk.fi

Description

Author(s)	Type of publication	Date
Lamminen, Ismo	Bachelor's thesis	November 2021
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 51	Permission for web publication: x

Title of publication

Utilizing Business Intelligence tools in electrical condition monitoring of process industry

Degree programme

Bachelor of Engineering, Electrical and Automation Engineering

Supervisor(s)

Ström Markku, Tuukkanen Harri

Assigned by

Oy Botnia Mill Service Ab

Abstract

Modern maintenance uses electronic condition monitoring systems to support its operation. These systems produce a lot of data that is not always utilized as much as would be possible. Possible reasons for this are that the use of these systems is not efficient enough and that the data is scattered in manufacturers own interfaces. The amount of data produced by condition monitoring has increased. One reason for that is the increased popularity of Industrial Internet of Things sensor solutions.

The purpose of the thesis was to provide an easy access to the condition monitoring systems needed by operators and maintenance at Äänekoski bioproduct mill and to study the use business intelligence tools for condition monitoring to support maintenance and control room operators. The development study started by collecting information about the theory of condition monitoring and interfaces. Access to the necessary systems was provided on a workstation dedicated for this purpose. Different software options for creating visualizations and their advantages and limitations were then investigated.

As a result of the thesis, dedicated condition monitoring workstation was built. In addition, information about the suitability of business intelligence softwares for integrating and visualizing condition monitoring data was gained. A quick guide for using ABB Ability API was also created.

In conclusion, it is important that the essential information and data is easily accessible to those who need it. There is much potential for more extensive utilization of condition monitoring data. There are many opportunities for development on the subject, and this kind of system will probably be introduced more and more widely in the future.

Keywords/tags (subjects)

business intelligence, condition monitoring, power BI

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

Lyhenteet **4**

1 Johdanto **5**

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite 5

1.2 Toimeksiantaja 6

2 Tutkimusasetelma **6**

2.1 Tutkimusprosessi 7

3 Ennakoiva kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito **8**

4 Kunnonvalvonta **11**

4.1 Värähtelymittaukset 14

4.1.1 Raja-arvot 19

5 Business Intelligence **20**

5.1 Power BI 20

5.2 Power Query 23

5.3 Grafana 25

6 Rajapinnat **26**

6.1 REST-arkkitehtuurimalli 26

6.1.1 OData-rajapinnat 27

6.2 JSON 29

7 Kunnonvalvonnan työasema **29**

7.1 Lähtökohdat ja tarpeet 29

7.2 Käytännön toteutus 30

7.3 Elset saattolämmitysjärjestelmä 33

7.4 ABB Ability 35

7.4.1 ABB Abilityn OData-rajapinta 37

7.5 Visualisointityökalun valitseminen 38

7.5.1 Power BI 38

7.5.2 Grafana 39

7.5.3 Microsoft Excel ja Power Query 40
7.6 Henkilöstölle tehty kysely 41

8 Johtopäätökset 42
8.1 Kehitysmahdollisuudet 44

9 Pohdinta 45

Lähteet 46

Liitteet 50
Liite 1. Ohje ABB Abilityn OData-rajapinnan käytöstä taajuusmuuttajien tiedonhakuun 50

Kuviot

Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 7501 mukaan 9
Kuvio 2. Kunnossapitolajit SFS-EN 133006 mukaan 9
Kuvio 3. Pf-käyrä 10
Kuvio 4. Laitetason kunnossapitostrategiaan valintatekijät 11
Kuvio 5. Kunnonvalvonnassa hyödynnetään kaikki saatavilla oleva tieto 12
Kuvio 6. Valmet DMM-järjestelmän komponentit 13
Kuvio 7. Valmet DMM-järjestelmä 14
Kuvio 8. Aikatasovalvonta ja varoitus- ja vauriorajat 17
Kuvio 9. Spektrivalvonta ja hälytysrajaspektri 18
Kuvio 10. Varoitus- ja vauriorajat värähtelylle sekä esitys viankehityksestä 19
Kuvio 11. Push-URL ja JSON-malli 22
Kuvio 12. ETL-prosessin vaiheet 24
Kuvio 13. Power Query-kyselyn vaiheet 25
Kuvio 14. Esimerkki Grafanalla luodusta visualisoinnista 26
Kuvio 15. OData mahdollistaa kaikkien asiakasohjelmien voivan hakea tietoa mistä tahansa OData-tietolähteestä yhdenmukaisella tavalla 28
Kuvio 16. Esimerkki OData-kyselystä GET-metodilla 28
Kuvio 17. Esimerkki JSON-objektista joka sisältää kolme nimi-arvo-paria. 29

Kuvio 18. RDP-yhteyden luominen 32
Kuvio 19. Elsetin rajapintaan yhdistäminen Power Queryllä 33
Kuvio 20. Excelillä ja Power Queryllä toteutettu Elsetin lokitapahtumien taulukointi 34
Kuvio 21. ABB Ability Web UI:n perusnäkymä 36
Kuvio 22. Vastaus rajapintakyselyyn 38
Kuvio 23. Excelillä tehdyt kuvaajat ACS880-taajuusmuuttajien lämpötiladatasta 41

Taulukot

Taulukko 1. Värähtelymittauksissa käytettävät suureet ja mittayksiköt 15

Lyhenteet

API	Application Programming Interface
BI	Business Intelligence
JSON	Javascrip Object Notation. Tiedostomuoto rakenteisen ja jäsennellyn tiedon esittämiseen. (Working with JSON 2021)
RCM	Reliability Centered Maintenance
RDP	Remote Desktop Protocol
VPN	Virtual Private Network
VNC	Virtual Network Computing
URL:	Uniform Resource Locator. Useimmille tuttu verkko-osoitteiden esitys-tapana (What is URL 2021)

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite

Ennakoiva kunnossapito on erityisesti paperiteollisuudessa laajalti käytössä oleva kunnossapidon strategia. Oleellinen osa sen toteuttamista on sähköinen kunnonvalvonta. Strategia perustuu siihen, että huollot suunnitellaan kunnonvalvonnan tuottaman tiedon perusteella todettuun laitteen kuntoon pohjaten. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, luku 23.) Nykyisin jalansijaa ovat saaneet erilaiset online-kunnonvalvontajärjestelmät, jotka toimivat ainakin osittain IP-verkossa. Tästä esimerkkeinä ovat muun muassa ABB Ability Smart Sensor, jota käytetään muun muassa sähkömoottoreiden kunnonvalvontaan, sekä Valmet DNA Machine Monitoring. Online-kunnonvalvonnalla tarkoitetaan kiinteää jatkuvasti mittaavaa järjestelmää, jossa ajantasainen tieto on jatkuvasti saatavilla.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli havaittu tarve keskittää hajallaan eri palveluissa ja käyttöliittymissä oleva mittaavan kunnonvalvonnan ja muiden järjestelmien tuottama data helposti saatavaksi valvomohenkilöstön käyttöön. Lähtötilanne oli se, että näihin palveluihin oli pääsy vain toimihenkilöillä toimistoaikana.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimeksiantajan ja sen asiakasyrityksen käyttöön keskitetty kunnonvalvonnan työasema valvomotilaan. Opinnäytetyöhön kuului kunnonvalvonnan palvelujen konfigurointi tätä tarkoitusta varten hankitulle laitteistolle, sekä selvitys datan keskittämisestä kunnonvalvonnan palvelimilta johonkin visualisointityökaluun kuten Power BI-raporttiin tai Grafanaan.

Käytännön toteutuksessa valvomoon tehtiin tätä varten oma työasema näyttöineen, jolle osana opinnäytetyötä asennettiin ja konfiguroitiin tarvittavat palvelut ja ohjelmistot. Tutkimuksellinen tavoite oli selvittää millaisia mahdollisuuksia datan analysoimiselle ja visualisoinnille on käyttäen esimerkiksi Power BI-ohjelmistoa sekä millä tavoin ja millaisissa käyttötilanteissa henkilöstö voi uutta työpistettä hyödyntää.

1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli kunnossapidon palveluyritys Botnia Mill Servicen Äänekosken yksikkö, jonka toimintaympäristö on Metsä Fibren Biotuotetehtaalla. Botnia Mill Service, lyhennettynä BMS, on metsäteollisuuden kunnossapidon palveluyhtiö, jonka omistajia ovat Caverion ja Metsä Fibre. Tärkeimpänä asiakkuutenaan BMS toteuttaa sen strategisen kumppanin Metsä Fibren sellutehtaiden kokonaisvaltaisen kunnossapidon, sekä tarjoaa sille käynnissäpidon sekä projektoinnin ja suunnittelun palvelut. Tavoitteena on varmistaa ja ylläpitää kaikkien Metsä Fibren tuotantolaitosten korkea käytettävyys ja kunnossapitokustannusten hallinta. Toimipaikat ovat Metsä Fibren tehdaspaikkakunnilla Kemissä, Joutsenossa, Raumalla ja Äänekoskella sekä Kuopiossa, Tampereella ja Vantaalla. BMS työllistää Suomessa 380 henkilöä seitsemällä paikkakunnalla. (Botnia Mill Service n.d.)

2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on kehittämistutkimus. Opinnäytetyön tekijän rooli on aktiivinen toimija ja pääasiallinen havaintojen tekijä. Opinnäytetyölle asetettiin tavoitteet, joiden pohjalta muodostettiin tutkimuskysymykset. Nämä toimivat työn toteuttamisen aikana ohjaavana tekijänä kohti päämäärää. Ne myös auttoivat rajaamaan aiheen sopivaan laajuuteen.

Opinnäytetyössä pyrittiin saamaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin(tutkimuskysymykset):

- Kuinka/millä tavoin dataa voidaan kerätä järjestelmistä?
- Miten BI-työkalut, kuten esimerkiksi Power BI soveltuvat teollisuuden kunnonvalvontadatan analysointiin?
- Kuinka kehitettyä ratkaisua ja dataa voisi hyödyntää operaattoreiden ja kunnossapidon työtehtävissä?

2.1 Tutkimusprosessi

Tiedonhaku aloitettiin, kun työn aihe ja alustava sisältö oli määritetty. Todettiin, että tietoperusta tulisi käsittelemään ennakoivaa kunnossapitoa ja kunnonvalvonnan tekniikoita, sekä business intelligenceä ja rajapintoja. Aineistoa kerättiin alan kirjallisuudesta ja standardeista sekä useista internetlähteistä. Tietoperustan muodostavat opinnäytetyön luvut kolmannesta kuudenteen. Kolmas ja neljäs luku käsittelee sähköisen kunnonvalvonnan hyödyntämistä prosessiteollisuuden ennakoivassa kunnossapidossa. Osiossa selvitetään sen teoreettisia ja tutkimustuloksin ja käytännön havainnoin selvitettyjä hyötyjä ja vaikutuksia laitoksen toimintavarmuuteen ja kunnossapitokustannusten hallintaan. Siinä myös käsitellään yleisellä tasolla sähköisen kunnonvalvonnan perusasiat kuten mittauskohteet ja anturitekniikka. Viidennessä luvussa käsitellään business intelligence-ohjelmistoja. Kuudennessa luvussa keskitytään tietoteknilliseen puoleen ja erilaisiin ohjelmointirajapintoihin sekä niihin liittyviin tekniikoihin.

Osana opinnäytetyötä toteutusta haastateltiin toimeksiantajan eli Botnia Mill Servicen henkilöstöä tarpeista tulevalle työpisteelle. Tämä sisälsi muun muassa kysymykset tärkeimmistä valvontakohteista, millaisia käyttötilanteita he näkevät tulevalle järjestelmälle ja mitä käytännön hyötyjä he näkevät järjestelmän olemassaolosta. Tällainen tieto on tärkeää, jotta toteutus vastaisi mahdollisimman hyvin toimeksiantajan ja sen asiakkaan tarpeita.

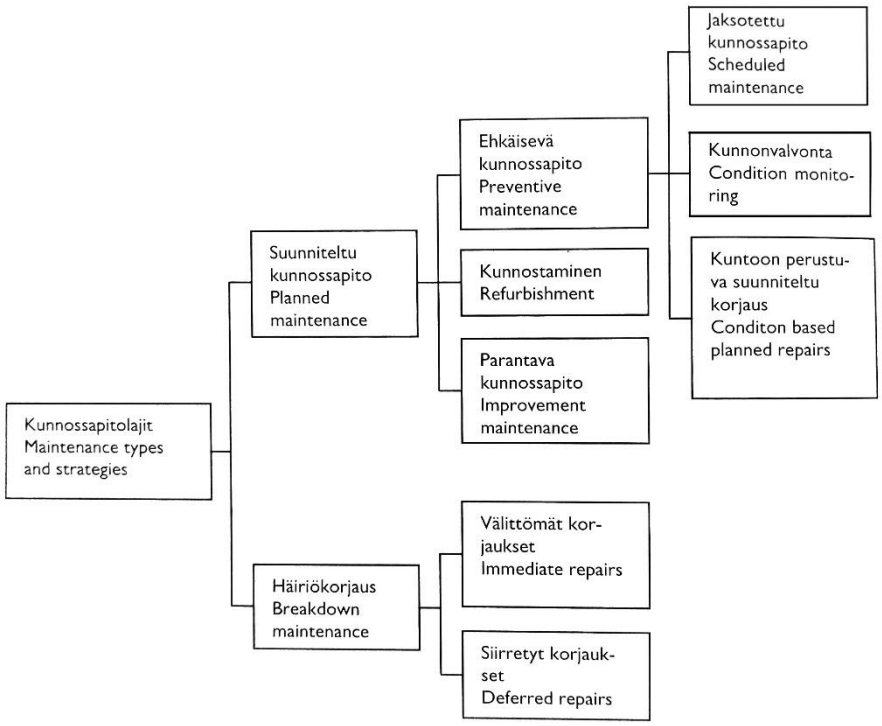
Suuri osa opinnäytetyöstä oli erilaisten ratkaisujen empiiristä tutkimista. Työn aikana tehtiin prototyyppimaisia kokeiluja järjestelmistä kerätyllä datalla. Näin saatuja tuloksia yhdisteltiin teorialähteistä saatuun tietoon, jolloin saavutettiin hyvä näkemys siitä, mitkä vaihtoehdot ovat toimivimpia ja millaisia etuja ja puutteita niillä juuri tässä käyttötapauksessa voi olla. Tällä tavalla hankittu tieto on arvokasta, sillä yleisesti tarjolla olevaa tietoa business intelligence-ohjelmistojen soveltamisesta kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan on toistaiseksi hyvin vähän saatavilla.

Opinnäytetyön tuloksia peilattiin lopuksi tavoitteisiin ja pohdittiin, millaisia vastauksia tutkimuskysymyksiin saatiin. Lisäksi tutkittiin mahdollisia jatkokehitysmahdollisuuksia. Lopuksi arvioitiin opinnäytetyön onnistumista opinnäytetyön tekijän näkökulmasta sekä pohdittiin prosessin vaiheita, haasteita, onnistumisia sekä sitä, mitä prosessissa opittiin ja millaisia kehittämisen kohteita jäi.

3 Ennakoiva kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito

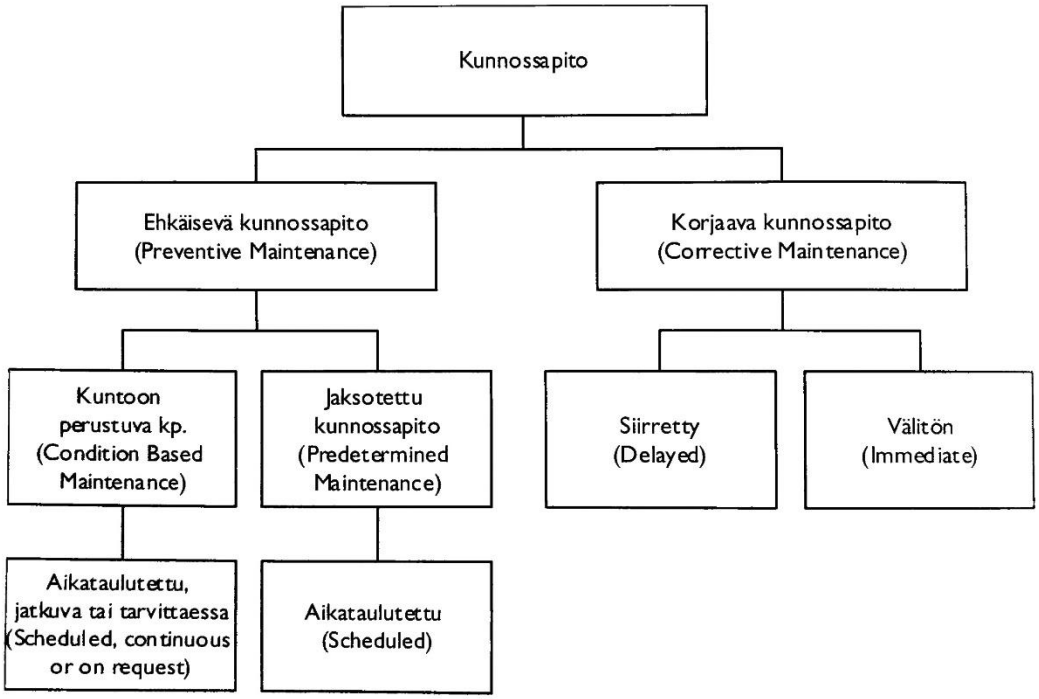
Korkean käytettävyyden eli prosessien jatkuvan toiminnan ylläpitäminen on nykyaikaiselle tuotannolle keskeinen ja tärkeä asia (ABB:n TTT-käsikirja 2000). Tämä edellyttää tehokasta ja toimivaa kunnossapitoa. Kunnossapito määritellään PSK6201(2011, 3. painos, 21) standardissa kokonaisuudeksi sellaisia toimenpiteitä, joilla todetaan kohteen toimintakunto, pidetään kohde halutussa toimintakunnossa tai saatetaan se haluttuun toimintakuntoon.

Kunnossapidosta ja kunnossapitolajeista käytetty termistö on usein kirjavaa ja keskenään päällekkäistä. Kyse on osittain määrittelykysymyksestä, sillä eri standardit määrittelevät kunnossapitolajit eri tavoin (ks. kuviot 1 ja 2). Kunnossapidon terminologiaa määritellään standardeissa SFS-EN 13306 *Kunnossapidon terminologia* ja PSK 6201 *Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät*. Esimerkiksi termit ennakoiva kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito liittyvät vahvasti toisiinsa. Ennakoivasta kunnossapidosta käytetään myös termiä ennustava kunnossapito ja sitä voidaan pitää osana kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, sillä kunnonvalvonta on molemmissa merkittävässä roolissa. Ennustavalla kunnossapidolla tarkoitetaan standardin SFS-EN 13306(2017, 3. painos, 14) mukaan ”kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, jota toteutetaan perustuen ennusteisiin, joita saadaan toistuvista analyyseistä ja tunnetuista tunnusmerkeistä sekä tarkastelemalla kohteen huononemista kuvaavia olennaisia arvoja.” (Mikkonen ym. 2009.)



Kuva 6-1. Kunnossapitolajit (PSK 7501).

Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 7501 mukaan (Mikkonen ym. 2009, 96)

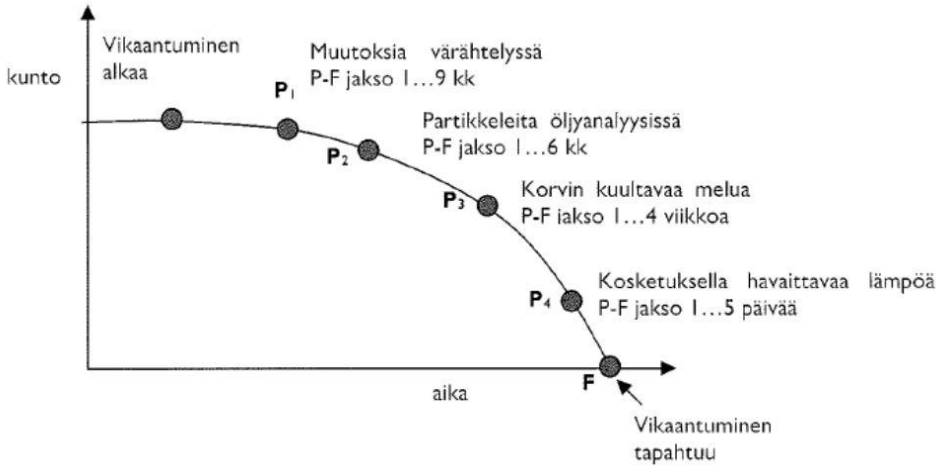


Kuva 6-2. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306).

Kuvio 2. Kunnossapitolajit SFS-EN 133006 mukaan (Mikkonen ym. 2009, 98)

Kuntoon perustuva kunnossapito perustuu kohteen suorituskyvyn ja muiden muuttujien seuraamiseen ja toimimiseen havaintojen perusteella (Mikkonen ym. 2009, 100). Kuntoon perustuva kunnossapito vaatii siis jatkuvaa kunnonvalvontaa. Alkavat viat voidaan havaita mittauksilla ja huolto voidaan suunnitella suoritettavaksi esimerkiksi mitatun värähtelyn ylittäessä ennalta määritetyn raja-arvon.

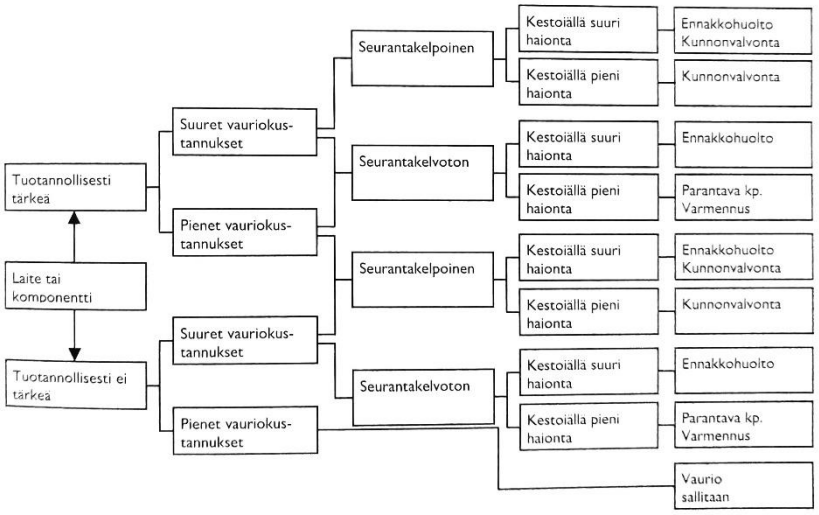
Yhden näkemyksen mukaan ennakoivan kunnossapidon tavoitteena on minimoida tehtävän kunnossapidon määrä toimintavarmuudesta tinkimättä. Keskittämällä kunnonvalvonta ja ennakkohuollot esimerkiksi RCM-menetelmällä (lyhenne sanoista Reliability Centered Maintenance) todettuihin tuotannon ja kustannustekijöiden kannalta kriittisiin kohteisiin, voidaan niin sanotun “tarpeettoman kunnossapidon” määrää vähentää. Havaitsemalla alkava vikaantuminen ajoissa ja reagoimalla siihen, voidaan välttää vaikutukset tuotantoon ja kalliit korjaukset. Tästä esimerkkinä pf-käyrä (ks. kuvio 3), joka kuvaa laakerin vikaantumista. Käyrä kuvaa sitä, kuinka havaittava alkava vikaantuminen (potential failure, P), muuttuu toiminnalliseksi vikaantumiseksi (functional failure, F). (Mikkonen ym. 2009, 75.)



Kuvio 3. Pf-käyrä(Mikkonen ym. 2009, 141)

Laitoksen kunnossapitoa suunniteltaessa määritellään kunnossapidon taso ja toimintatavat laitetasolla perustuen tuotannollisiin, taloudellisiin, ja teknisiin näkökohtiin. Apuna voi olla esimerkiksi RCM-analyysi sekä erilaiset riskienarviointimenetelmät,

kuten vika- ja vaikutusanalyysi. Kuviossa 4 on esimerkki kunnossapitostrategian valintatekijöistä lohkokaaviona esitettynä. (Mikkonen ym. 2009, 123, 128.)



Kuvio 4. Laitetason kunnossapitostrategiaan valintatekijät (Mikkonen ym. 2009, 123)

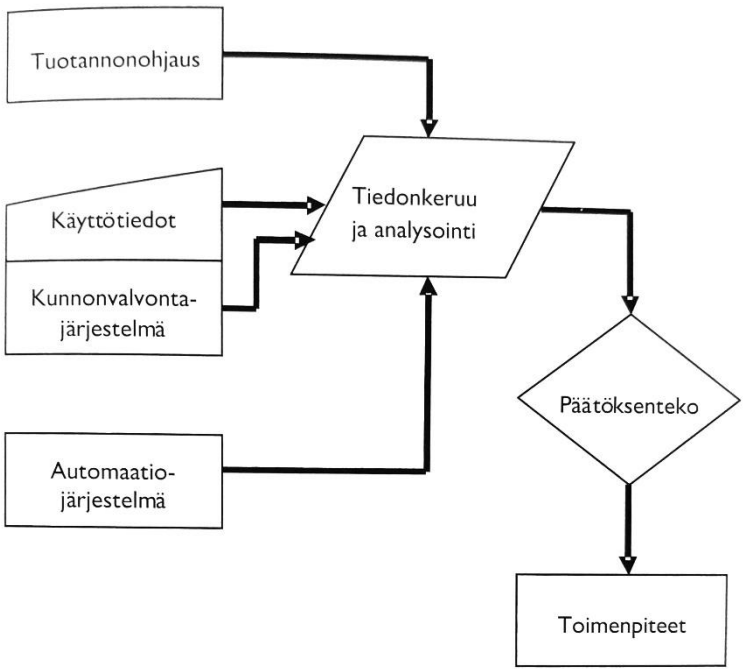
Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito eroaa ennakoivasta kunnossapidosta siten, että siinä huollot tehdään ennalta suunnitellun aikataulun mukaisesti eikä koneen todelliseen kuntoon perustuen kuten kuntoon perustuvassa kunnossapidossa. (Mobley 2002, 3.)

4 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on erottamaton osa kuntoon perustuvan kunnossapidon toteutusta. Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla arvioidaan kohteen kuntoa ja arvioidaan sen kehittymistä. Kunnonvalvonnan tehtävä on tuottaa sellaisia tietoja, että koneita ja laitteita voidaan käyttää keskeytyksettä suunnitellun käyttöjakson ja että huollot voidaan suorittaa ajoissa. Kunnonvalvonnassa pyritään hyödyntämään kaikkia saatavilla olevia tietolähteitä (ks. kuvio 5). (Mikkonen 2009, 119; Knowpulp n.d.)

Kunnonvalvonnassa käytettäviä mittauksia ja menetelmiä ovat värähtelymittaus, sähkövirran spektrianalyysi, lämpötilamittaus sekä erilaiset NDT-menetelmät, kuten endoskooppi- ja stroboskooppitarkistelu, äänimittaukset, akustinen emissio sekä voiteluaineanalyysi, johon kuuluu ferrografia eli kulumishiukkasmittaus. NDT-menetelmillä tarkoitetaan ainetta tuhoamattomia tarkistusmenetelmiä, joita sovelletaan laadunvalvontaan sekä kunnonvalvontaan. Lyhenne NDT tulee englannin kielen sanoista Non Destructive Testing. Myös aistinvaraiset menetelmät ovat hyödyllisiä. (Mikkonen ym. 2009, 428-447; ABB:n TTT-käsikirja 2000, 4-6.)



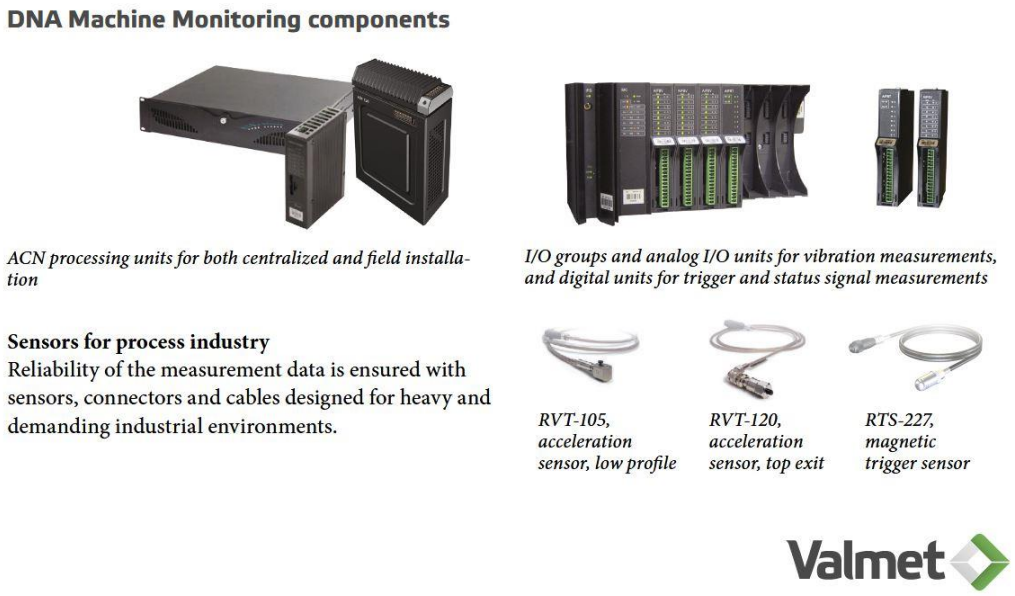
Kuva 7-2. Koneiden kunnonvalvonnassa hyödynnetään kaikki saatavissa oleva tieto (Kokko et al. 2001).

Kuvio 5. Kunnonvalvonnassa hyödynnetään kaikki saatavilla oleva tieto (Mikkonen ym. 2009, 111)

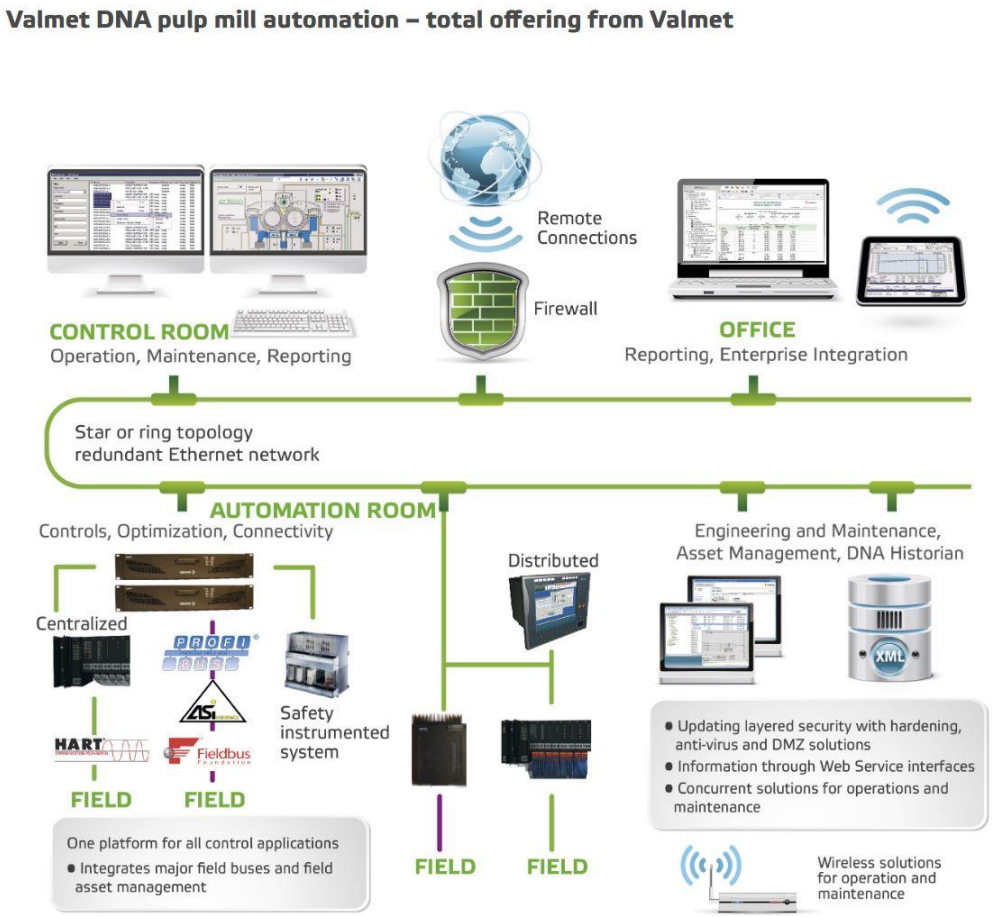
Valmet DNA Machine Monitoring (DMM)

Opinnäytetyön toteutusympäristössä Äänekosken Biotuotetehtaalla koneiden kunnonvalvontaan käytetään Valmet DNA Machine Monitoring -järjestelmää. DMM on Valmetin kehittämä kokonaisvaltainen DNA-automaatiojärjestelmään integroituva ratkaisu laitoksen online-kunnonvalvontaan. DMM-järjestelmää on mahdollista käyttää myös DNA:sta riippumattomasti itsenäisenä stand alone-järjestelmänä. Järjestel-

mällä voidaan havaita muun muassa laakereiden vikoja, voiteluongelmia, epätasapainoisuuksia, resonansseja ja kavitaatiota. DMM-järjestelmän toiminta perustuu koneisiin asennettujen antureiden tuottamaan mittausdataan. Anturit on kaapeloitu I/O-asemille, joille anturidata kerätään ja joissa se käsitellään (ks. kuviot 6 ja 7). Järjestelmä luo hälytyksen, kun mittausarvo ylittää ennalta määritetyt raja-arvot. (Valmet DNA Machine Monitoring Online condition monitoring system for pulp mills 2015.)



Kuvio 6. Valmet DMM-järjestelmän komponentit(Valmet DNA Machine Monitoring Online condition monitoring system for pulp mills 2015)



Kuvio 7. Valmet DMM-järjestelmä(Valmet DNA Machine Monitoring Online condition monitoring system for pulp mills 2015)

4.1 Värähtelymittaukset

Värähtelymittaus on yleisin pyörivien koneiden kunnonvalvonnassa käytetty menetelmä. Tutkittava spektri on tyypillisesti 10Hz alkaen jatkuen korkeintaan 10kHz asti riippuen käytetyistä antureista. Tyypillisesti mitattavia suureita ovat värähtelynopeus, kiihtyvyys ja siirtymä. (Mikkonen ym. 2009, 223, 234-235.) Käytettävät suureet ja niiden mittayksiköt on listattu taulukossa 1.

Yleisimmin mitattava suure värähtelynopeus, jonka yleisesti käytetty yksikkö on mm/s. Värähtelynopeus tarkoittaa kohteen siirtymää tietyssä ajassa. Matemaattisesti ilmaistuna nopeus on siirtymän ensimmäinen derivaatta ajan suhteen ja kiihtyvyys toinen derivaatta ajan suhteen. (Mikkonen ym. 2009, 227-228.)

Taulukko 1. Värähtelymittauksissa käytettävät suureet ja mittayksiköt (PSK 5701 2017)

Suure Quantity	Käytännön mittayksikkö Practical unit	SI-mittayksikkö SI unit	Käyttöesimerkkejä Examples of application
Siirtymä, s Displacement, s	µm	m	Akseliv ärähtely (s_{p-p}, s_p) Shaft vibration (s_{p-p}, s_p)
Nopeus, v Velocity, v	mm/s	m/s	Laakerivärähtely (v_{rms}, v_p) Bearing vibration (v_{rms}, v_p) Tärinärasitus Vibration severity
Kiihtyvyys, a Acceleration, a	m/s², g	m/s²	Laakerin kunto (a_{rms}, a_p) Bearing condition (a_{rms}, a_p)
Taajuus, f Frequency, f	Hz	Hz	Taajuusanalyysi Frequency analysis
Pyörimisnopeus, n Rotational speed, n	1/min, rpm, 1/s	1/s	
Vaihekulma, ϕ Phase angle, ϕ	° (Aste) ° (Degree)	rad	Vektorivalvonta Vector monitoring Tasapainotus Balancing
Jakso, T Period, T	ms	s	Aikatasoanalyysi Time domain analysis

Värähtelymittausta käytetään esimerkiksi paperikoneiden rullien kunnonvalvontaan sekä sähkömoottorien ja pumppujen vikojen havaitsemiseen. Värähtelymittauksella voidaan havaita pyörivien koneiden tyypillisimmät vikamuodot, kuten laakerivauriot, linjausvirheet, epätasapaino, mekaaninen välys, hammaspyörävauriot ja resonanssit. (Knowpulp n.d.)

Värähtelymittausjärjestelmä voi olla kiinteästi koneeseen asennettu, puolikiinteä tai kannettava, jolloin se asennetaan mittausta varten. Puolikiinteässä järjestelmässä anturit ovat kiinteästi asennettuja, mutta mittalaite on kannettavaa mallia. Kiinteä järjestelmä koostuu antureista, anturikaapeleista sekä keskusyksiköstä. Keskusyksiköltä mittausviesti voidaan viedä eteenpäin digitaalisena tai analogisena. Hälytys voidaan viedä releviestinä. (Nohynek & Lumme 1996, 35.)

Yleisimmin käytettävät anturit värähtelymittauksissa (Nohynek & Lumme 1996, 54-59):

- Siirtymäanturi
- Kiihtyvyysanturi
- Nopeusanturi

Kunnonvalvonnan värähtelymittauksissa käytettyjä valvontamenetelmiä on kuvattu standardissa PSK 5706(2015). Niitä ovat:

- Kokonaistasovalvonta
- Tunnuslukuvalvonta
- Spektrivalvonta
- Aikatasovalvonta
- Verhokäyrävalvonta
- Vektorivalvonta
- Profiilivalvonta

Yleisimmin käytettyjä menetelmiä ovat tunnuslukuvalvonta, kokonaistasovalvonta sekä spektrivalvonta (Mikkonen ym. 2009, 282). Seuraavaksi käsitellään yleisimmät värähtelyvalvonnan menetelmät.

Kokonaistasovalvonta

Kokonaistasovalvonnalla tarkoitetaan värähtelyn voimakkuutta kuvaavan kokonaistason valvontaa. Valvottavana suureena käytetään tavallisimmin tehollis- tai huippuarvoa värähtelynopeudesta, -kiihtyvyydestä tai -siirtymästä. Ongelmallista kokonaistasovalvonnassa on, että usein pyörimistaajuudella sallitaan voimakkaampi värähtely, joka voi joillain muilla taajuuksilla olla merkki vakavasta vauriosta. Tämän vuoksi on tärkeää seurata myös muita tunnuslukuja, sekä muutosnopeutta. (Mikkonen ym. 2009, 282, 282; PSK 5706:2015, 2.)

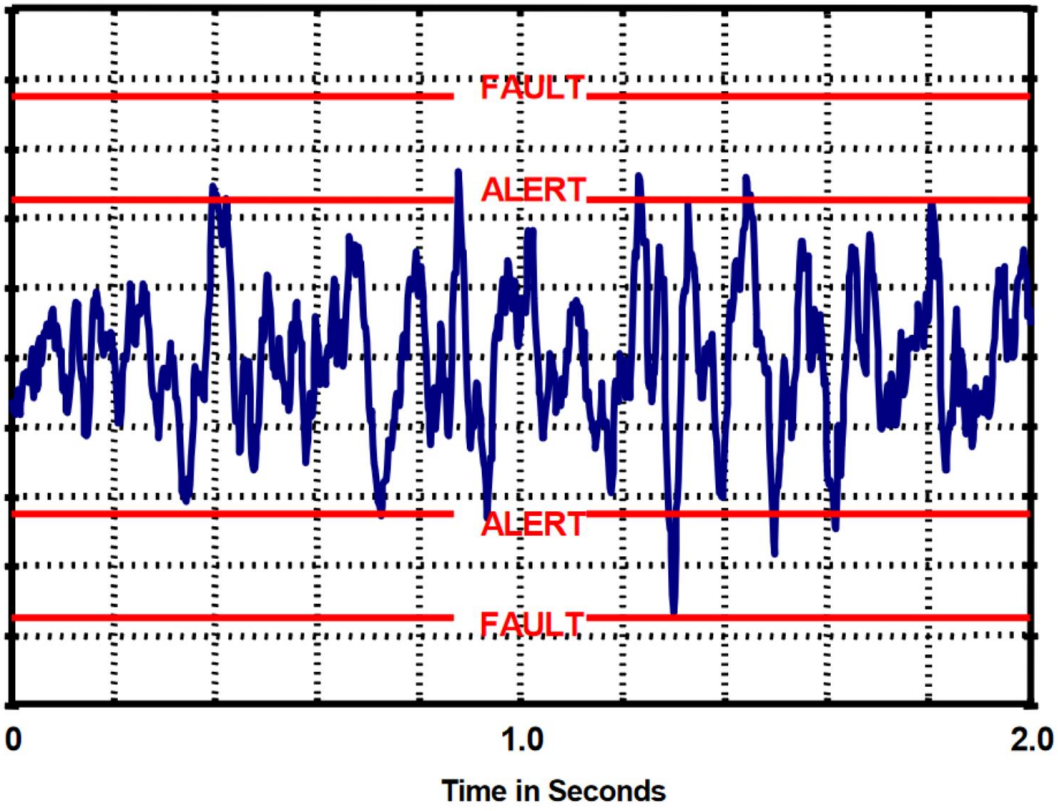
Tunnuslukuvalvonta

Värähtelymittauksista voidaan tehdä erilaisia laskennallisia tunnuslukuja, joiden trendiä seurataan. Sellaista yksittäistä tunnuslukua, jonka kasvu kertoisi suoraan jonkin

vian alkamisesta ei ole olemassa. Siksi tarvitaan useita tunnuslukuja, joiden seurannalla vikoja voidaan kartoittaa. Yleisimmin käytetään valitulta taajuusalueelta laskettuun värinän tehollisarvoon perustuvia tunnuslukuja. (Nohynek & Lumme 2007.) Yleisimpiä tunnuslukuja on listattu standardissa PSK 5706(2015, 3) luvussa 4.2. Tunnuslukuvalvonta.

Aikatasovalvonta

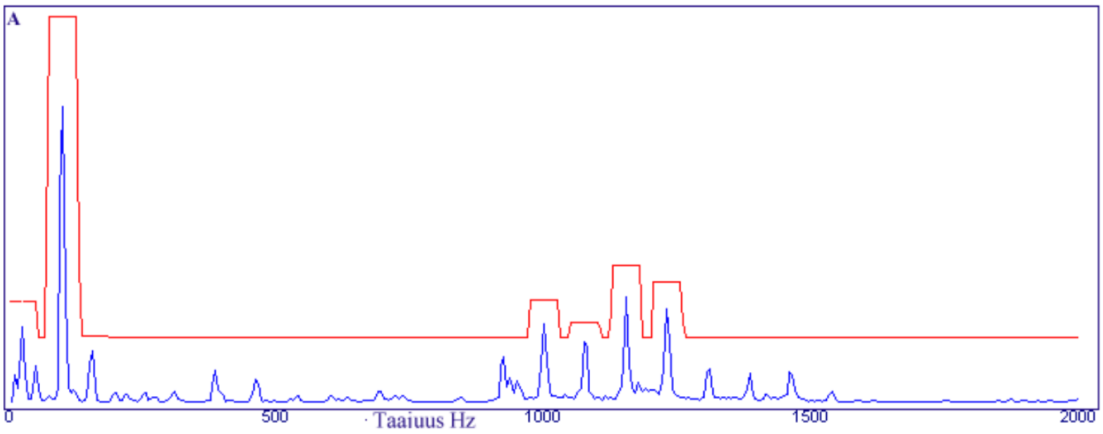
Aikatasovalvonta tarkoittaa yksittäisen mittasuureen signaalin muodon seurantaa aikatasossa. Aikatasosignaalin esitykseen käytetään usein kuvaajaa, jossa vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla signaalin amplitudi. Hälytysrajana voidaan käyttää amplitudiarvoa, kuten kuviossa 8, tai referenssimittausten perusteella tehtyä hälytysrajakäyrää. (PSK5706: 2015, 3; ABB:n TTT-käsikirja 2000.)



Kuvio 8. Aikatasovalvonta ja varoitus- ja vauriorajat (PSK 5706: 2015, 4.)

Spektrivalvonta

Yleisesti käytetty värähtelysignaalin esitystapa kunnonvalvonnassa on taajuustaso eli taajuusspektri, jossa pystyakselilla on signaalin amplitudi ja vaaka-akselilla taajuus. Koneen värinässä on yleisesti useita eri taajuuksia, jolloin taajuusspektristä yksittäiset taajuudet on helppo erottaa. Spektrin laskenta perustuu nopeaan Fourier-muunnokseen eli FFT:hen. Spektrivalvonnassa hälytysrajojen määritys tehdään muodostamalla referenssimittausten perusteella hälytysrajaspektri eli spektrimaski (ks. kuvio 9). Myös taajuuskaistakohtaisia kaistahälytyksiä voidaan käyttää. (ABB:n TTT-käsikirja 2000; Mikkonen ym. 2009; PSK5706:2015.)



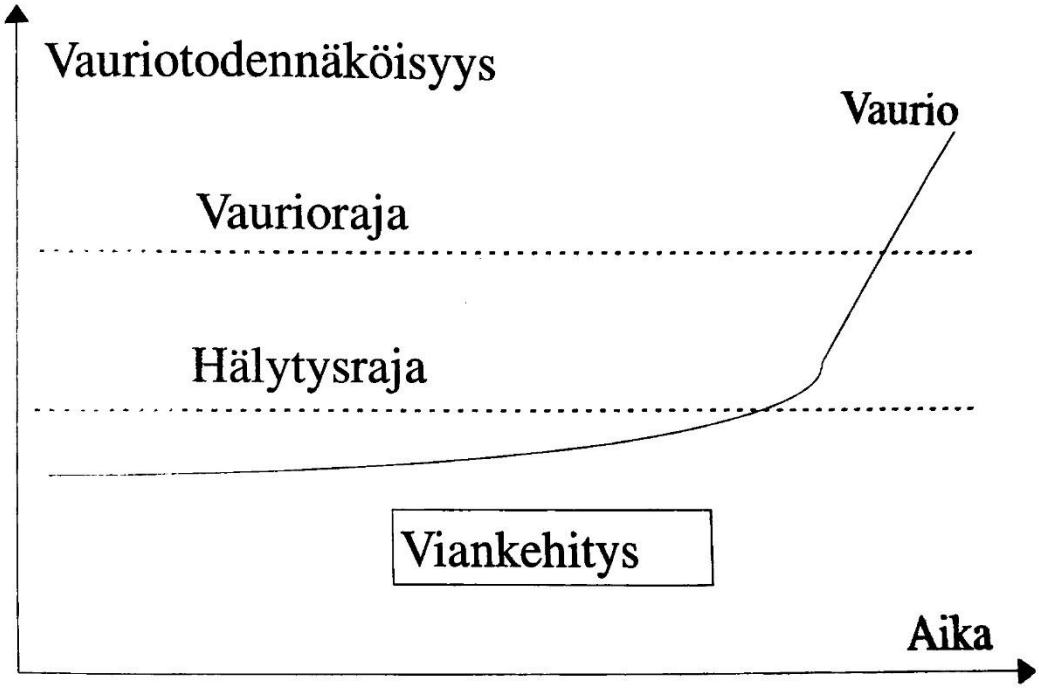
Kuvio 9. Spektrivalvonta ja hälytysrajaspektri (PSK 5706:2015)

Verhokäyrävalvonta

Verhokäyrävalvonnalla voidaan havaita varhaisessa vaiheessa olevia iskumaista herätettä synnyttäviä vikoja. Menetelmän sovelluskohteita ovat esimerkiksi hidaskäyntiset koneet. (PSK 5706, 3. painos, 4.) Esimerkiksi varhaisessa vaiheessa oleva laakerivaurio aiheuttaa niin heikkoa värähtelyä, että se voi peittyä muiden värinöiden alle. Tällaisen havaitsemisessa verhokäyrämenetelmä on luotettavampi muihin menetelmiin verrattuna. Valvontaan käytetään yleensä verhokäyräspektriä. (Mikkonen ym. 2009, 286.)

4.1.1 Raja-arvot

Värähtelyarvoille yleensä määritetään kaksi hälytysrajaa (ks. kuviot 8 ja 10). Alempi raja on varoitusraja ja ylempi on vaurioraja. Varoitusrajan ylittyessä aloitetaan syyn selvitys värähtelyarvojen kohoamiselle. Vauriorajan ylittyminen tarkoittaa suurta riskiä vaurioitumiseen ja edellyttää laitteen pikaista korjaamista tai pysäyttämistä. (Mikkonen ym. 2009, 297.) Esimerkit hälytysrajoista on kuvion 8 aikatasoesityksessä sekä kuviossa 10.



Kuva 13.1 Vian kehityksen arviointi.

Kuvio 10. Varoitus- ja vauriorajat värähtelylle sekä esitys viankehityksestä (Nohynek & Lumme 1996, 131)

Koneiden värähtelytasoa ja raja-arvoja on määritetty muun muassa standardeissa PSK 5704, PSK 5705 sekä ISO 2732. Standardeissa esitettyjä raja-arvoja tulisi soveltaa harkiten, koska koneet ja niiden värähtely ovat yksilöllisiä. Standardien lisäksi raja-arvojen määrittämiseen sovelletaan laitevalmistajien suosituksia sekä kunnonvalvon-

nasta saatua kokemusta. Raja-arvojen lisäksi voi olla hyödyllistä seurata myös värähtelyn tunnuslukujen muutosnopeutta, koska koneen värähtely voi vaatia toimenpiteitä, vaikka raja-arvot eivät ylittyisikään. (Nohynek & Lumme 1996, 111; Mikkonen ym. 2009, 296.)

5 Business Intelligence

Business intelligence, josta saatetaan käyttää suomeksi termiä liiketoimintatiedon hallinta, tarkoittaa yrityksen tekemää tiedon hankintaa ja analysointia liike-elämän päätöksenteon tueksi. Business intelligence tunnetaan yleisesti johdon käyttämänä päätöksenteon apukeinona, mutta yhtä lailla siihen kuuluvia menetelmiä ja työkaluja voidaan hyödyntää myös alemman portaan päätöksenteossa tai esimerkiksi kunnossapidon toiminnan tukena. (Lans 2012, 27-28; Brennan ym. 2017.)

Yksinkertaistettua business intelligence, lyhennettynä BI, tarkoittaa käytännössä tiedon keräämistä lähdejärjestelmistä sekä tämän niin kutsutun raakadatan koostamista ja käsittelemistä yrityksen kannalta käyttökelpoiseen muotoon ja sen jakelua tarvittaville tahoille (Lans 2012, 27-28). Kunnossapidon käytössä business intelligenceä voidaan hyödyntää saamaan kokonaisvaltaisempi ja ajantasaisempi käsitys laitteiden suorituskyvystä ja kunnosta. Tämä voi tarkoittaa muun muassa suuren tietomäärän seulomista ja käsittelyä helpommin hyödynnettävään muotoon. Usein tämä tieto on hajallaan eri järjestelmissä, jolloin sen keskittäminen ja koostaminen on hyödyllistä, sillä muutoin tämä mahdollisesti käyttökelpoinen data jää helposti hyödyntämättä. Tietolähteinä käytetään useimmiten järjestelmien ohjelmointirajapintoja, joista käytetään englanninkielistä lyhennettä API. (Brennan ym. 2017, 2-3.)

5.1 Power BI

Power BI on Microsoftin kehittämä Business Intelligence-ohjelmistopalvelu, joka mahdollistaa tiedon analysoinnin, visualisoinnin ja jakamisen. Power BI:llä tietoa voi

kerätä erityyppisistä lähteistä sekä koostaa ja visualisoida raporteiksi kutsuttuihin näkymiin. Raportit voi jakaa Microsoftin pilvipalveluun (Power BI Desktop) tai paikalliselle Power BI-raporttipalvelimelle (Power BI Report Server), jolloin ne ovat katsottavissa erilaisilla laitteilla esimerkiksi mobiilisti. (What is Power BI 2021.)

Power BI-kokonaisuuteen kuuluu erilaisia osia, joilla on jokaisella omat käyttötarkoituksensa. Näitä osia ovat Power BI Desktop, Power BI Service, Power BI Report Server ja Power BI Mobile (What is Power BI 2020). Lisäksi on Power BI Embedded, joka on tarkoitettu ohjelmistokehittäjille upotettujen raporttien ja visualisointien tekemiseen (What is Power BI Embedded in Azure 2018).

Power BI Desktop on Windowsille ilmaiseksi saatava työpöytäsovellus, jota käytetään raporttien luomiseen. Desktopilla luodut raportit voidaan jakaa joko Power BI Service-pilvipalveluun tai Power BI Report Server raporttipalvelimelle on-premises eli paikallisesti. (What is Power BI 2021.) Power BI Report Servicen käyttäminen vaatii Power BI Premium-lisenssin. Desktop soveltuu heikosti raporttien katseluun, koska se ei mahdollista automaattista raportin tietojen päivittämistä eikä siinä ole erillistä katselutilaa, jossa raportin muokkaus olisi estetty.

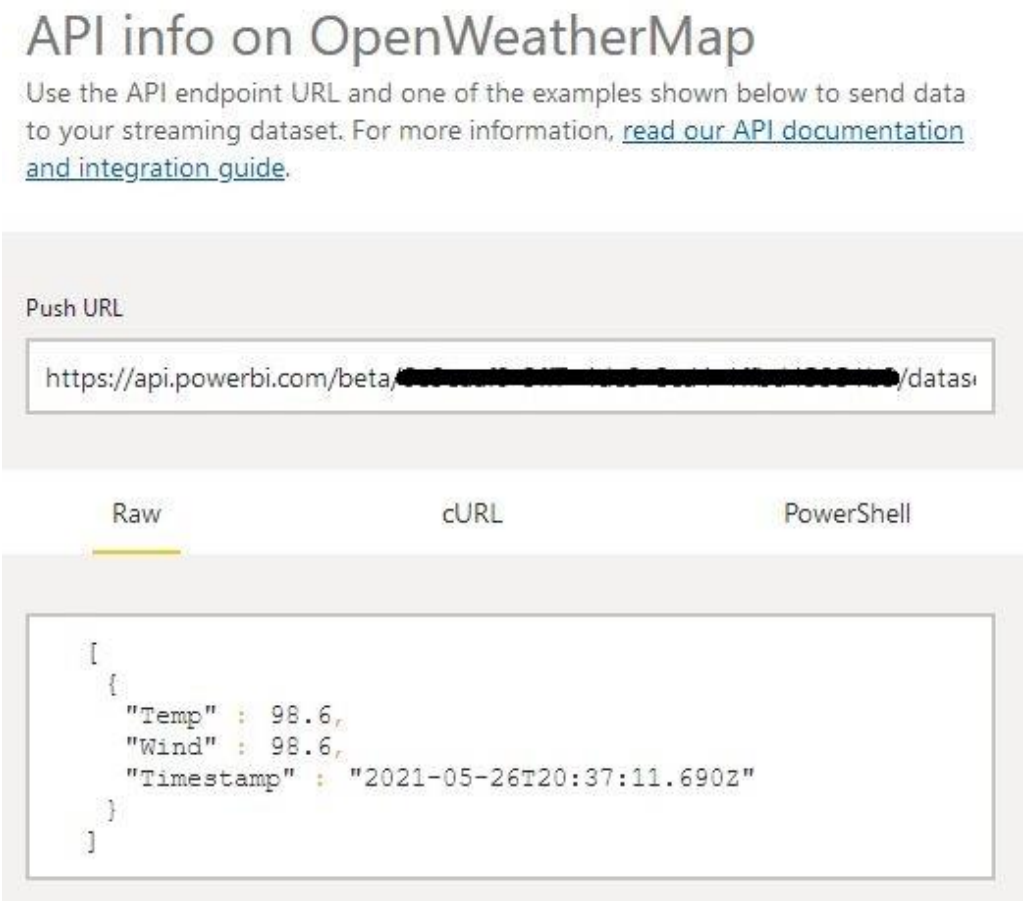
Käytettävästä lisenssistä riippuen, Power BI-mahdollistaa raportin päivittämisen 8 kertaa vuorokaudessa ”Pro”-lisenssillä tai 48 kertaa vuorokaudessa ”Premium”-lisenssillä. Tästä johtuen päivitystiheys rajoittuu joko neljään tuntiin tai kolmeenkymmeneen minuuttiin. (Power BI pricing n.d.)

Jos tietokanta sijaitsee sisäverkossa eli on premises, tarvitaan siihen yhdistämiseksi Power BI On premises data gateway eli paikallinen tietoyhdyskäytävä. Se on yksinkertaistettuna tietokoneohjelma, joka toimii linkkinä on premises-tietolähteiden ja Power BI-palvelun välillä. (What is an on-premises data gateway 2019.)

Power BI:ssä on mahdollista luoda hälytyksiä, jotka ilmoittavat kun jokin seurattavaan dataan kuuluva arvo menee haluttujen rajojen ulkopuolelle. Hälytysilmoitukset näkyvät Power BI-palvelussa. Myös automaattisen sähköpostin asettaminen on mahdollista. (Data alerts in the Power BI service 2021.)

Power BI ja reaaliaikainen data

Power BI:llä voidaan näyttää myös reaaliaikaista dataa. Sen voi tehdä käyttämällä push-tietojoukkoa. Push-tietojoukkoa varten Power BI-servicessä luodaan niin kutsuttu push URL sekä JSON-malli, jota saapuvan datan pitää noudattaa. Tähän push URLiin voi lähettää http POST-metodilla dataa JSON-muodossa aiemmin luotua mallia noudattaen. (Real time streaming in Power BI, 2020.) Esimerkki JSON-mallista ja push URLista on kuviossa 11.



Kuvio 11. Push-URL ja JSON-malli

Lähettämisen voi tehdä esimerkiksi jollain ohjelmointikielellä luodulla skriptillä eli lyhyellä ohjelmalla, joka hakee datan tietolähteestä, muuntaa sen Power BI:ssä luotua

mallia noudattavaan JSON-muotoon ja lähettää sen push URLiin. Ongelmaksi muodostuu se, että uusien seurattavien kohteiden lisääminen vaatii sekä JSON-mallin sekä ohjelmakoodin muuttamista. Seurattavat kohteet, voisi toki lukea esimerkiksi tekstitiedostosta tai laatia työkalu listan päivittämistä varten. Kuitenkaan raporttisivua ei saa automaattisesti päivittymään, vaikka datan saakin, joten tämäkään ratkaisu ei sovi kovin hyvin aikasarjadatalle, koska sivu pitää silti automaattisesti päivittää.

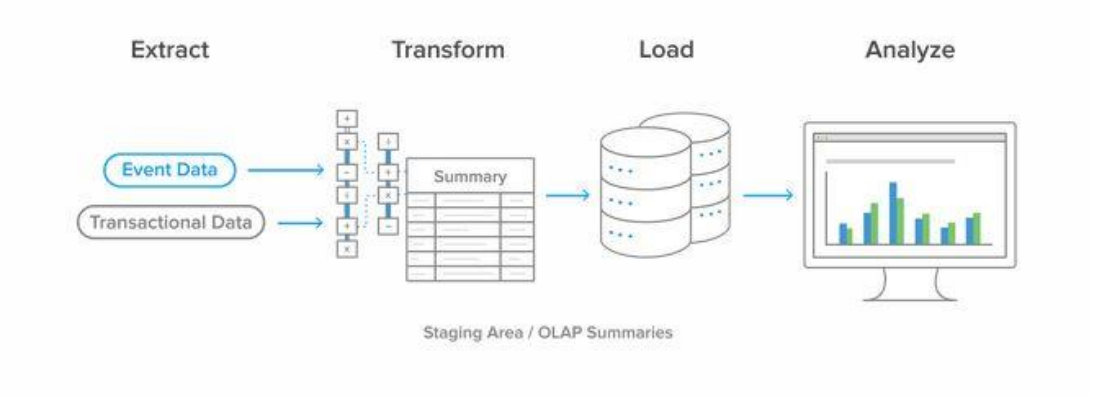
5.2 Power Query

Power Query on Microsoftin kehittämä monialustainen data-analyysityökalu, joka sisältyy oletuksena Microsoftin Excel- ja Power BI-ohjelmistoihin. Power Queryllä voi yhdistää erilaisiin tietolähteisiin, tuoda niistä dataa, muuntaa sen oikeaan formaattiin ja yhdistellä dataa eri lähteistä. Muita Excelin lisäosina toimivia analysointityökaluja ovat Power Pivot tietomallien luomiseen ja Power View tiedon visualisointiin. (Power Query - Overview and Learning n.d.) Tämä teksti käsittelee lähtökohtaisesti Power Queryn käyttöä Excelissä, ellei toisin ole kerrottu.

Microsoftin omassa Power Query-dokumentaatiossa (What is Power Query 2020) väitetään datan hankinnan, käsittelyn ja valmistelun vievän suuren osan ajasta dataa analysoitaessa. Microsoftin mukaan Power Query helpottaa tätä muun muassa tarjoamalla datan hankinnan useista erilaista lähteistä ja tehokkaan käyttöliittymän datan muuntamiseen ja valmisteluun. Christopher Webbin (2014, 1) mukaan Power Queryn tarkoitus on tehdä datan tuomisen ulkoisista lähteistä Exceliin helpommaksi. Power Query tukee useita tietotyyppejä, kuten HTML, JSON, TXT, CSV ja XLSX. Dataa voidaan kerätä useista erilaisista lähteistä kuten SQL-tietokannoista, ERP-järjestelmistä ja verkkolähteistä sekä API-rajapinnoista (Shalomova 2019).

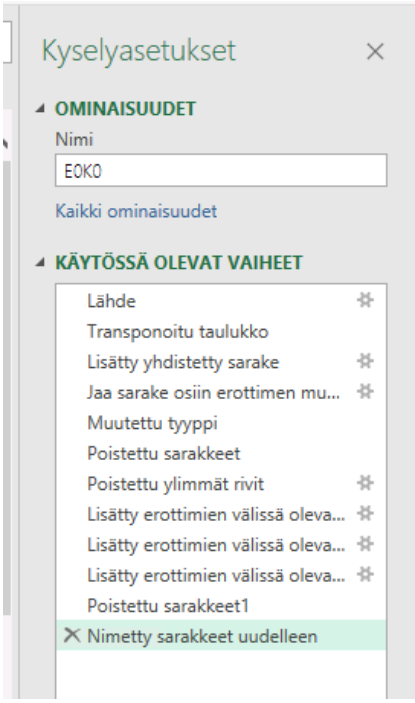
Anna Shalomova(2019) kertoo Power Queryn olevan ETL-työkalu (ks. kuvio 12). ETL tarkoittaa tietojen hakemista lähdejärjestelmästä (Extract), muuntamista oikeaan muotoon (Transform), ja lataamista kohdejärjestelmään (Load), tässä tapauksessa Excel-taulukkoon tai Power BI:hin. Johannes Hovi (2018) kertoo esimerkkinä ETL-prosessin käytöstä ”asiakastietojen integroimisen asiakassovelluksesta (engl. client)

yrityksen keskitettyyn tietovarastoon (engl. data warehouse)”. Vangie Bealin (n.d) mukaan ETL on tärkeä osa Business Intelligense-järjestelmiä (BI).



Kuvio 12. ETL-prosessin vaiheet(ETL Database n.d)

Power Query hakee datan lähteistä käyttäjän määrittelemillä kyselyillä (engl. query). Yhdessä asiakirjassa voi olla useita kyselyitä ja siten useita tietolähteitä. Kysely koostuu useista vaiheista, joita ovat muun muassa tietolähteeseen yhdistäminen sekä tiedon muotoiluun ja muuntamiseen liittyvät toiminnot (ks. kuvio 13). Käyttäjä luo kyselyn Power Query-editorissa. Kyselyiden muodostamiseen Power Query käyttää M-kaavakieltä. Ohjelma luo kaavan automaattisesti tai käyttäjä voi luoda sen itse sekä muokata ohjelman luomaa M-kielistä kaavaa. Kyselyt on mahdollista ajastaa hakemaan tiedot automaattisesti määrätyn ajan välein ja viemään ne asiakirjaan. (Webb 2014.)



Kuvio 13. Power Query-kyselyn vaiheet

5.3 Grafana

Grafana on avoimen lähdekoodin analytiikka- ja visualisointiohjelmisto, joka soveltuu erityisen hyvin aikasarjadatan visualisoimiseen. Grafanalla voi hakea dataa useista erilaisista tietolähteistä ja visualisoida sitä esimerkiksi kuvaajien ja kaavioiden avulla (ks. kuvio 14). Tuettuja tietolähteitä on lukuisia ja niitä voi lisätä kolmansien osapuolten tuottamien laajennusten, pluginien avulla. Tuettuja tietolähteitä ovat muun muassa SQL- ja InfluxDB-tietokannat sekä JSON- ja XML-muotoiset tietolähteet. Tässä työssä tutkittiin Grafanaa ja siihen asennettua Infinity-pluginia Abilityn ohjelmointirajapinnan käyttämiseen ja sen palauttaman JSON-muotoisen datan visualisoimiseen. (Grafana n.d.)

Kuvio 14. Esimerkki Grafanalla luodusta visualisoinnista (Grafana n.d)

Infinity on kolmannen osapuolan luoma Grafanan laajennus, joka lisää tuettujen tietolähteiden määrää. Infinity tukee JSON, CSV, GraphQL ja HTML-tietolähteitä. (Sugumaran n.d.) Opinnäytetyön kannalta oleellinen on JSON-tuki, koska se on työssä tutkittujen rajapintojen käyttämä formaatti.

6 Rajapinnat

6.1 REST-arkkitehtuurimalli

REST (Representational State Transfer) on arkkitehtuurimalli ohjelmistorajapintojen eli API:en (Application Programming Interface) toteuttamiseen. REST-arkkitehtuurin on alun perin määritellyt Roy Fielding väitöskirjassaan vuonna 2000. Siinä määritellään kuusi rajoitetta, joita rajapinnan pitää noudattaa ollakseen REST-arkkitehtuurin mukainen. (What is REST n.d.) Rajoitteet pyrkivät parantamaan rajapintojen suorituskykyä, skaalautuvuutta, yksinkertaisuutta, muunneltavuutta, siirrettävyyttä sekä luotettavuutta (Fielding 2000, 28-37).

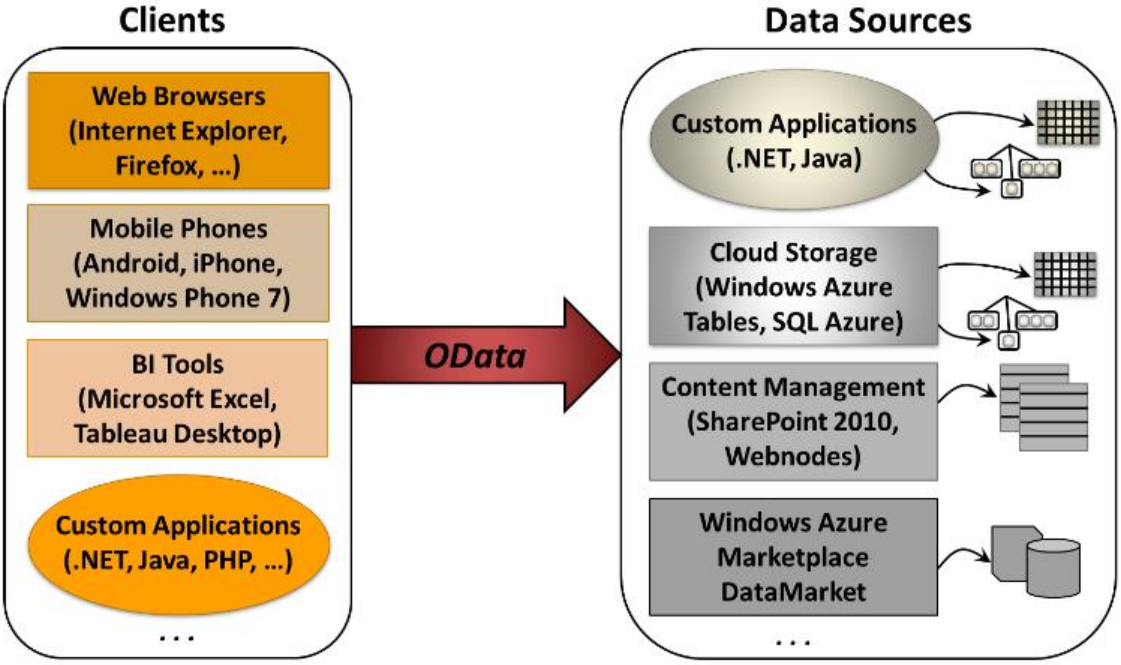
6.1.1 OData-rajapinnat

OData on OASIS:in (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) standardisoima sovellustason protokolla REST-arkkitehtuurin mukaisten rajapintojen toteuttamiseen ja käyttämiseen. OASIS OData-standardin mukaan OData eroaa muista RESTful-toteutuksista siten, että se tarjoaa yhtenäisen tavan kuvata sekä tietoa, että tietomallia. Sen kerrotaan parantavan järjestelmien semanttista yhteentoimivuutta. (OData OASIS standard 2020.)

Toisaalta ServiceStackin verkkosivuilla (Why not OData, n.d) kuvataan ODatan olevan useisiin sovellutuksiin tarpeettoman monimutkainen ja se on pääsyynä siihen, että ServiceStack-ohjelmistokehys (engl. framework) käyttää AutoQueryä rajapintoihin ODatan sijaan. Myös Dagumampan (2020) ottaa esille ODatan monimutkaisuuden, mutta nimenomaan rajapintaa käyttävän asiakkaan näkökulmasta. Hän kuitenkin suosittelisi ODataa esimerkiksi mittausdatan tuomiseen analysointia varten ja muihin käyttötavaltaan avoimempiin kohteisiin, joissa käyttäjä voi hakea dataa haluamallaan tavalla. Molemmissa lähteissä korostetaan sitä, kuinka monimutkaisuus on tässä tapauksessa subjektiivista ja riippuu käyttökohteesta. Yksinkertaiseen käyttökohteeseen ei tulisi heidän mukaansa valita monimutkaista toteutusta rajapinnalle.

Yksi ODatan hyödyistä on tarjota yhdenmukainen ja standardisoitu tapa tiedon välittämiseen erilaisista tietolähteistä erilaisiin asiakasohjelmiin, kuten BI-sovelluksiin (ks. kuvio 15). REST-arkkitehtuuria noudattaen OData käyttää HTTP-metodeja pyyntöjen välittämiseen kohdepalvelimelle. GET-metodia käytetään tiedon lukemiseen palvelimelta. Muita käytettyjä metodeja ovat PUT, MERGE, POST ja DELETE, joita käytetään

palvelimella olevan tiedon muokkaamiseen. (Chappel 2011.) Kuviossa 16 on esimerkki kyselystä valinta- ja lajitteluparametreineen.



Kuvio 15. OData mahdollistaa kaikkien asiakasohjelmien voivan hakea tietoa mistä tahansa OData-tietolähteestä yhdenmukaisella tavalla (Chappel 2011)

```
https://analytics.dev.azure.com/{organization}/{project}/_odata/v3.0-preview/WorkItems?
    $select=WorkItemId,Title,WorkItemType,State,CreatedDate
    &$filter=startswith(Area/AreaPath,'{area path}')
    &$orderby=CreatedDate desc
    &$top=10
```

Kuvio 16. Esimerkki OData-kyselystä GET-metodilla (Connect with data by using Power BI and OData queries 2020)

Opinnäytetyössäni ODataa käytetään kyselyjen tekemiseen kunnonvalvontajärjestelmän tietokannasta. Opinnäytetyössäni protokollavalinta oli valmiiksi tehty ja käyttötarkoitukseen sopiva.

6.2 JSON

JSON on tekstiformaatti rakenteisen ja jäsennellyn tiedon esittämiseen. Se on lyhenne englannin kielen sanoista Javascrip Object Notation (Working with JSON 2021). Siinä tieto on järjestetty objekteihin eli olioihin, jotka sisältävät vaihtelevan nimi-arvo-pareja. Objekti merkitään aaltosulkeilla ja nimi-arvo-parit erotellaan pilkuilla. Kaksoispiste erottaa nimen ja arvon toisistaan. JSON-muodossa oleva tieto on helppo lukea ja jäsennellä ohjelmallisesti. JSON ei myöskään nimestään huolimatta ole sidottu mihinkään tiettyyn ohjelmointikieleen, vaan se on käytetystä kielestä riippumaton formaatti. (ECMA 404:2017, 1-3.) Kuviossa 17 on esimerkki JSON-objektista ja nimi-arvo-pareista.

```
{
"DisplayName": "141P185A-U1",
"AmbientTemperature": 36.43,
"InverterTemperature": 50.80
}
```

Kuvio 17. Esimerkki JSON-objektista joka sisältää kolme nimi-arvo-paria.

7 Kunnonvalvonnan työasema

7.1 Lähtökohdat ja tarpeet

Opinnäytetyön lähtökohtana oli havaittu tarve keskittää hajallaan eri palveluissa ja käyttöliittymissä oleva mittaavan kunnonvalvonnan ja muiden järjestelmien data helposti saatavaksi valvomohenkilöstön sekä kunnossapidon käyttöön. Lähtötilanne oli se, että näihin palveluihin oli pääsy vain toimihenkilöillä toimistoaikana. Ratkaisuna tähän toteutettiin valvomotilaan niin kutsuttu kunnonvalvonnan työasema eli tieto-

kone, jolta on pääsy erilaisiin kunnossapidon hyödyntämiin järjestelmiin. Tämä helpottaa valvomohenkilöstön ja kunnossapidon henkilöiden pääsyä tietoihin, joita he voivat työssään hyödyntää.

Eräs esimerkki mahdollisesta käyttötilanteesta on, että taajuusmuuttajalta tai saattolämmityskeskuksesta tulee summahälytys valvomoon DNA-automaatiojärjestelmän kautta. Kunnossapidon työasemalta voi käydä katsomassa tarkemmin ABB Abilityn tai Elset-saattolämmitysjärjestelmän verkkoselainkäyttöliittymästä mistä on kyse. Valmet DNA-valvomoon tuleva summahälytys on binäärinen, joten siitä ei itsessään selviä, millaisesta viasta on kyse vaan pelkästään sen, että järjestelmä hälyttää viasta.

7.2 Käytännön toteutus

Työ aloitettiin hankkimalla tarvittavat etäyhteydet ja tietotekniset oikeudet. Toimeksiantajalta saatiin käyttöön kannettava tietokone, jolta päästiin VPN- ja RDP-yhteyden kautta yrityksen sisäverkkoon ja siellä oleviin palvelimiin. Alkutilanteessa selvitettiin, mitä palveluja kunnonvalvonnan työasemalle tarvitaan, miten ne toimivat ja miten niihin pääse käsiksi. ABB Ability toimii yrityksen sisäverkossa olevalla palvelimella. Siinä on web-käyttöliittymä, josta dataa ja trendejä voi katsoa selaimella. Elset on Bilfingerin saattolämmitysjärjestelmä jossa on ohjaus- ja monitorointimahdollisuus web-käyttöliittymän kautta samaan tapaan kuin Abilityssä. Valmet FDM ja EAS ovat omilla palvelimillaan joille luotiin RDP-yhteys. Etähteys Valmetin palvelimiin on jatkossa tarkoitus muuttaa Citrixin ADC-palvelua(Application Delivery Controller) käyttäväksi.

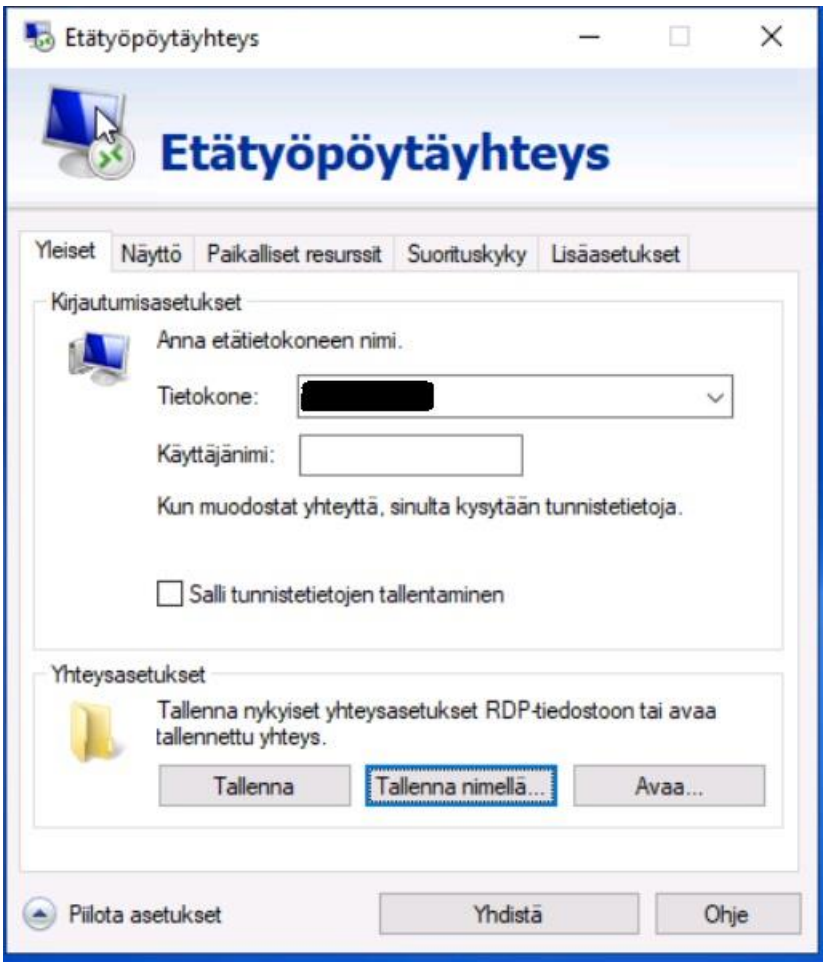
Käytännön toteutus valvomotyöpisteen rakentamiseksi aloitettiin palaverilla, jossa oli läsnä opinnäytetyön ohjaaja toimeksiantajan puolelta sekä asiakasyrityksen Metsä Fibren IT-vastaava. Selvitimme palaverissa tarpeet uudelle valvomotyöpisteelle ja mitä resursseja tarvitaan työn toteuttamiseen. Optiona tulevaisuutta varten oli muun muassa mahdollinen kamerajärjestelmän asentaminen tietokoneelle, joka ohjasi laitevalintaa. Laitevalinta ja fyysinen asentaminen tehtiin Metsä Fibren toimesta.

Pohjatiedon hankkiminen ja aiheeseen syventyminen voitiin aloittaa kun opinnäytetyön tarpeet, vaatimukset ja tavoitteet oli pääpiirteittäin selvitetty. Jotta työ voitiin toteuttaa, oli ensin perehdyttävä käytettäviin järjestelmiin ja niiden käyttämiin rajapintoihin. Lisäksi perehdyttiin BI-työkaluihin kuten Microsoftin Power BI:hin ja Grafanaan. Tietolähteinä toimivat verkkojulkaisut, tieteelliset julkaisut ja alan kirjallisuus ja standardit. Opinnäytetyön teoriapohjassa käsitellään myös ennakoivan kunnossapidon ja kunnonvalvonnan periaatteita. Ne ovat vahvasti sidoksissa työn aiheeseen, sillä työn lopputulos tulee hyödyttämään myös laitoksen kunnossapitoa.

Etäyhteys toteutettiin siten, että kun työasema oli asennettu valvomoon suunnitellulle paikalleen, järjestettiin sille RDP- ja VNC-etäyhteydet asennuksia ja konfigurointia varten. Koneelle avattiin VNC-etäyhteys, siten että ensin avattiin VPN:n yli selaimella yhteys Citrix-palvelimelle josta otettiin etäyhteys niin sanotulle hyppykoneelle, jolloin päästiin yrityksen sisäverkkoon. Tältä hyppykoneelta avattiin VNC-yhteys TightVNC Viewerillä kunnonvalvonnan tietokoneeseen, jolle asennukset tehtiin.

Tärkeimmiksi sovelluksiksi ja palveluiksi tehtaan henkilöstö arvioi ABB Abilityn, Valmetin FDM ja EAS-sovellukset sekä Bilfingerin Elset saattolämmitysten ohjaus- ja monitorointijärjestelmän.

Kun tietotekniset yhteydet ja laitteisto oli hoidettu kuntoon, luotiin kunnonvalvonnan tietokoneen työpöydälle RDP-pikakuvakkeet FDM:lle, EAS:lle ja Valmet Analyzerille (ks kuvio 18). ABB-Abilityle ja Elsetille luotiin Chrome-pikakuvakkeet, jotka vievät niiden web-käyttöliittymiin sisäverkossa olevien palvelimien ip-osoitteiden kautta.



Kuvio 18. RDP-yhteyden luominen

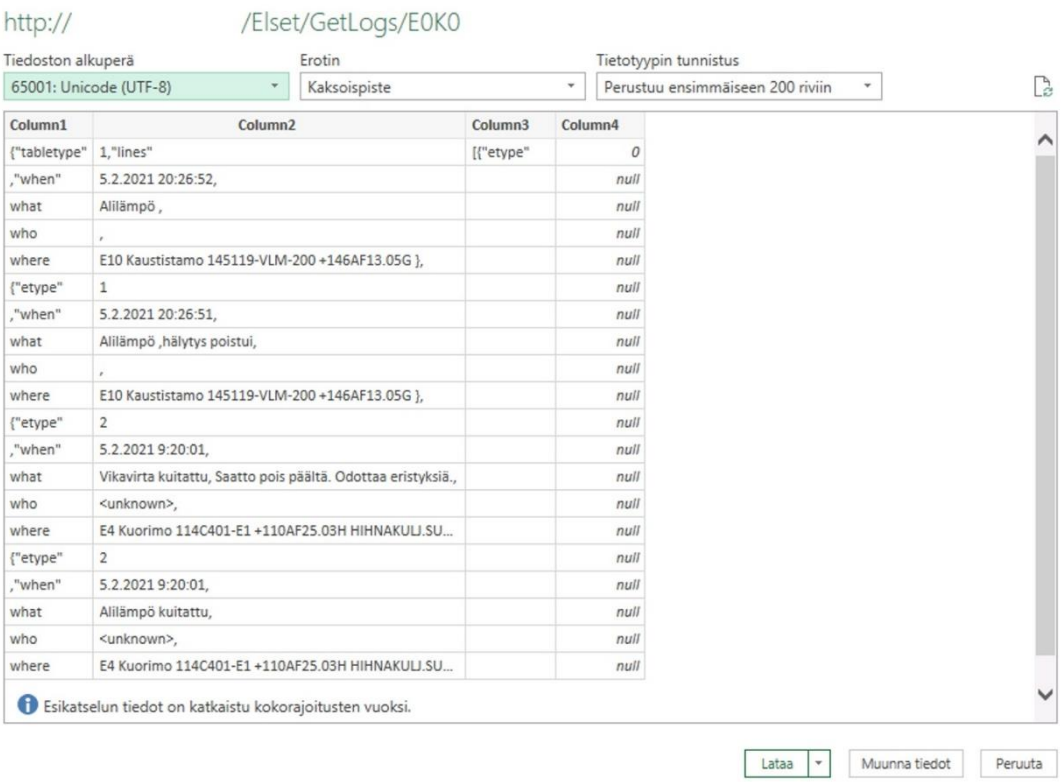
Valmet Field Device Manager

FDM eli Field Device Manager on DNA-järjestelmään kuuluva kenttälaitteiden hallintaan tarkoitettu työkalu. Se koostuu kahdesta komponentista, joista FDM (Field Device Manager) on tarkoitettu kenttälaitteiden konfigurointiin ja CM (Condition Monitoring) jota käytetään kenttälaitteiden kunnonvalvontaan. FDM:llä on mahdollista hallita kaikkia DNA-järjestelmään Profibus ja HART väylillä yhdistettyjä laitteita. (Valmet Field device manage-käyttöohje 2011.)

Näin oli saavutettu ensimmäinen tavoite eli tarvittavien palvelujen ja sovellusten järjestäminen keskitetysti sitä varten perustetulle työasemalle. Työ jatkui selvityksillä kunnonvalvontajärjestelmien rajapintojen ja BI-ohjelmistojen käyttämisestä.

7.3 Elset saattolämmitysjärjestelmä

Elset on Bilfingerin kehittämä saattolämmityksen ohjausjärjestelmä (Saattolämmitys-myynti n.d). Elset saattolämmitysjärjestelmän loki oli yksi datalähteistä, joista tehtiin datan keräämisestä selvitys. Datan keräys toteutettiin sen palvelimelta http-kutsuilla JSON-rajapintaa käyttäen (ks. kuvio 19). Kyselyt tehtiin Excelin Power Query-työkalulla. Lokista on mahdollista erotella omiin sarakkeihin, aika(kellonaika ja päivämäärä), paikka(mikä kenttäkotelo ja piiri) sekä hälytyksen syy(esimerkiksi kontaktorivika tai ylä-/alaraja). Tämä mahdollistaa suodattamisen valittujen kriteerien suodattamisen.

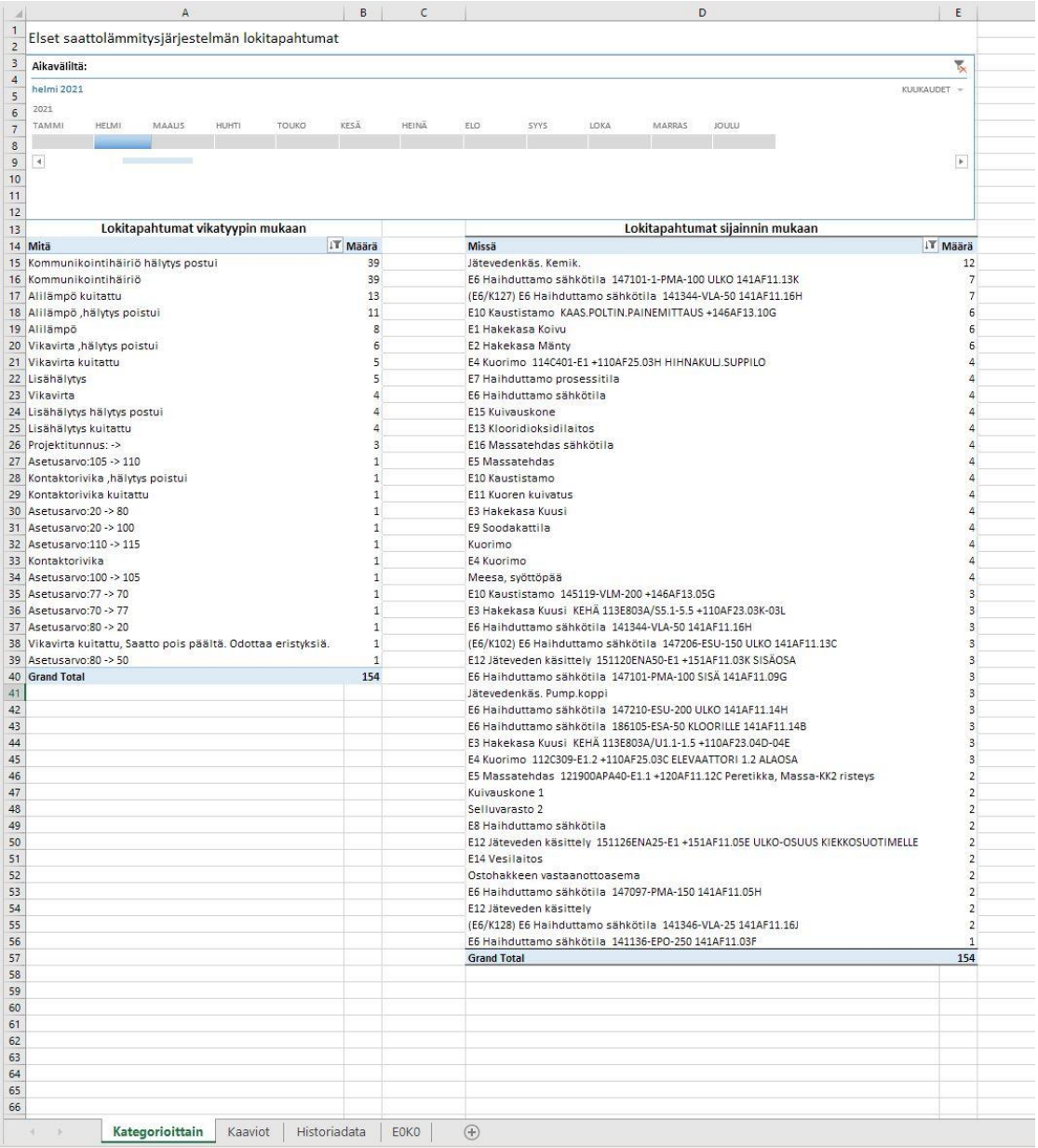


Column1	Column2	Column3	Column4
{"tabletype"	1,"lines"	[{"etype"	0
,"when"	5.2.2021 20:26:52,		null
what	Alilämpö ,		null
who	,		null
where	E10 Kaustistamo 145119-VLM-200 +146AF13.05G },		null
{"etype"	1		null
,"when"	5.2.2021 20:26:51,		null
what	Alilämpö ,hälytys poistui,		null
who	,		null
where	E10 Kaustistamo 145119-VLM-200 +146AF13.05G },		null
{"etype"	2		null
,"when"	5.2.2021 9:20:01,		null
what	Vikavirta kuitattu, Saatto pois päältä. Odottaa eristyksiä.,		null
who	<unknown>,		null
where	E4 Kuorimo 114C401-E1 +110AF25.03H HIHNAKULJ.SU...		null
{"etype"	2		null
,"when"	5.2.2021 9:20:01,		null
what	Alilämpö kuitattu,		null
who	<unknown>,		null
where	E4 Kuorimo 114C401-E1 +110AF25.03H HIHNAKULJ.SU...		null

Kuvio 19. Elsetin rajapintaan yhdistäminen Power Queryllä

Aluksi tehtiin toteutuksesta versio, jossa ajatuksena oli, että Excel työkirjaan tallennetaan historiadata, jota käytetään Power BI:ssä tietolähteenä. Tämä tehtiin siksi, koska Elsetin selainkäyttöliittymän lokisivu näyttää vain 100 viimeisintä tapahtumaa. Excelin käyttö tietolähteenä mahdollistaa siis aiemman tiedon tallentamisen. Power Shell-skriptillä toteutettiin Excel-työkirjan päivittäminen, joka

automatisoitiin Windowsin Task Scheduler-ajastustyökalulla 15 minuutin välein tapahtuvaksi. Opinnäyttetyötä varten toteutettiin lokitapahtumien taulukointi vikatyypeittäin ja sijainnin mukaan (ks. kuvio 20).



Elset saattolämmitysjärjestelmän lokitapahtumat

Aikaväliltä:

helmi 2021

2021

TAMMI HELMI MAALIS HUHTI TOUKO KESÄ HEINÄ ELO SYYS LOKA MARRAS JOULU

KUUKAUDET

Lokitapahtumat vikatyypin mukaan

Mitä	Määrä
Kommunikointihäiriö hälytys postui	39
Kommunikointihäiriö	39
Alilämpö kuitattu	13
Alilämpö ,hälytys poistui	11
Alilämpö	8
Vikavirta ,hälytys poistui	6
Vikavirta kuitattu	5
Lisähälytys	5
Vikavirta	4
Lisähälytys hälytys postui	4
Lisähälytys kuitattu	4
Projektitunnus: ->	3
Asetusarvo:105 -> 110	1
Kontaktorivika ,hälytys poistui	1
Kontaktorivika kuitattu	1
Asetusarvo:20 -> 80	1
Asetusarvo:20 -> 100	1
Asetusarvo:110 -> 115	1
Kontaktorivika	1
Asetusarvo:100 -> 105	1
Asetusarvo:77 -> 70	1
Asetusarvo:70 -> 77	1
Asetusarvo:80 -> 20	1
Vikavirta kuitattu, Saatto pois päältä. Odottaa eristyksiä.	1
Asetusarvo:80 -> 50	1
Grand Total	154

Lokitapahtumat sijainnin mukaan

Missä	Määrä
Jätevedenkäs. Kemik.	12
E6 Haihduttamo sähkötila 147101-1-PMA-100 ULKO 141AF11.13K	7
(E6/K127) E6 Haihduttamo sähkötila 141344-VLA-50 141AF11.16H	7
E10 Kaustistamo KAAS.POLTIN.PAINEMITTAUS +146AF13.10G	6
E1 Hakekasa Koivu	6
E2 Hakekasa Mänty	6
E4 Kuorimo 114C401-E1 +110AF25.03H HIHNAKULJ.SUPPILO	4
E7 Haihduttamo prosessitila	4
E6 Haihduttamo sähkötila	4
E15 Kuivauskone	4
E13 Klooridioksidilaitos	4
E16 Massatehdas sähkötila	4
E5 Massatehdas	4
E10 Kaustistamo	4
E11 Kuoren kuivatus	4
E3 Hakekasa Kuusi	4
E9 Soodakattila	4
Kuorimo	4
E4 Kuorimo	4
Meesa, syöttöpää	4
E10 Kaustistamo 145119-VLM-200 +146AF13.05G	3
E3 Hakekasa Kuusi KEHÄ 113E803A/S5.1-5.5 +110AF23.03K-03L	3
E6 Haihduttamo sähkötila 141344-VLA-50 141AF11.16H	3
(E6/K102) E6 Haihduttamo sähkötila 147206-ESU-150 ULKO 141AF11.13C	3
E12 Jäteveden käsittely 151120ENA50-E1 +151AF11.03K SISÄOSA	3
E6 Haihduttamo sähkötila 147101-PMA-100 SISÄ 141AF11.09G	3
Jätevedenkäs. Pump.koppi	3
E6 Haihduttamo sähkötila 147210-ESU-200 ULKO 141AF11.14H	3
E6 Haihduttamo sähkötila 186105-ESA-50 KLOORILLE 141AF11.14B	3
E3 Hakekasa Kuusi KEHÄ 113E803A/U1.1-1.5 +110AF23.04D-04E	3
E4 Kuorimo 112C309-E1.2 +110AF25.03C ELEVAATTORI 1.2 ALAOSA	3
E5 Massatehdas 121900APA40-E1.1 +120AF11.12C Peretikka, Massa-KK2 risteys	2
Kuivauskone 1	2
Selluvarasto 2	2
E8 Haihduttamo sähkötila	2
E12 Jäteveden käsittely 151126ENA25-E1 +151AF11.05E ULKO-OSUUS KIEKKOSUOTIMELLE	2
E14 Vesilaitos	2
Ostohakkeen vastaanottoasema	2
E6 Haihduttamo sähkötila 147097-PMA-150 141AF11.05H	2
E12 Jäteveden käsittely	2
(E6/K128) E6 Haihduttamo sähkötila 141346-VLA-25 141AF11.16J	2
E6 Haihduttamo sähkötila 141136-EPO-250 141AF11.03F	1
Grand Total	154

Kategorioittain | Kaaviot | Historiadata | E0K0

Kuvio 20. Excelillä ja Power Queryllä toteutettu Elsetin lokitapahtumien taulukointi

Kokeilun jälkeen todettiin Task Schedulerin käyttö on melko epäkäytännöllistä, sillä Elsetin rajapinnasta on myös mahdollista hakea historiadataa pidemmältä aikajaksolta, jolloin tietoja ei erikseen tarvitse tallentaa vaan ne saa haettua

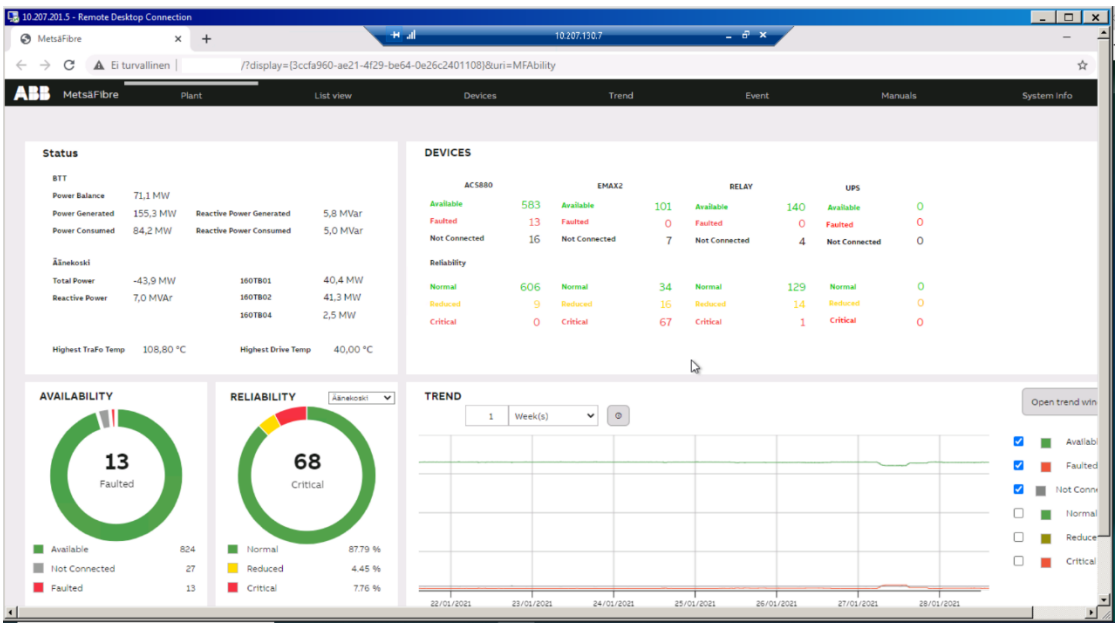
rajapintaan tehdyllä kyselyllä. Tämä vaatii tunnuksia järjestelmään, joten tässä työssä siihen ei työn laajuuden ja aihealueen rajoittamisen vuoksi perehdytty enempää. Sen vuoksi tunnusten puute kierrettiin tallentamalla data Excel-työkirjaan siten, että edelliset tiedot säilyvät. Excel-työkirjaa ei tarvita välivaiheena jos data halutaan viedä Power BI:hin. Kyselyt voidaan tehdä silloin suoraan Power BI:n Power Query-työkalua käyttäen.

7.4 ABB Ability

Toinen datalähde, jonka hyödyntämistä opinnäytetyössä selvitettiin oli ABB Ability. Se on ABB:n kehittämä teknologiakokonaisuus, joka sisältää muun muassa sähköisen kunnonvalvonnan toimintoja ja ratkaisuja. ABB Abilityä käytetään laitteiden kunnon seuraamiseen ja huoltotarpeiden ennakoimiseen. (ABB Ability Electrical Condition Monitoring Quick Quide 2018.)

Järjestelmään kuuluu langatonta yhteyttä käyttäviä ABB Smart Sensor antureita, jotka tekevät muun muassa värähtelymittausta. Lisäksi järjestelmä kerää tietoa ABB:n taajuusmuuttajilta ja katkaisijoilta. Seurattavia suureita ovat muun muassa ohjattavan moottorin nopeus(r/min), teho(kw), vääntö(prosenttiosuus nimellisväännöstä) sekä taajusmuuttajan DC-jännite(V), virta(A) ja lämpötila(°C).

Tärkeäksi käyttökohteeksi Abilitystä tuodulle datalle nähtiin taajuusmuuttajien, kuten ABB ACS880, lämpötilatietojen trendikäyrien koostaminen esimerkiksi Power BI-raporteiksi tai muiksi visualisiksi esityksiksi. ABB Abilityn oman verkkoselainkäyttöliittymän (ks. kuvio 21) kautta usean laitteen tietojen yhtäaikainen seuraaminen on kankeaa ja edellyttää haluttujen tietojen hakemista joka kerta uudestaan.



Kuvio 21. ABB Ability Web UI:n perusnäkymä

Ability käyttää ABB:n kehittämää RTDB-tietokantaa(Real Time Database). Se on aikasarjadataa varten suunniteltu relaatiotietokanta. Järjestelmässä on OData-rajapinta, josta voi hakea http-pyynnöillä tietoa. Rajapintaan tehtyjen kyselyjen tulokset palautetetaan rakenteisena JSON-muodossa. Jokainen laite muodostaa oman objektin joka sisältää joukon nimi-arvo-pareja. Ne sisältävät laitteen tiedot kuten positio ja tyyppi sekä erilaisia suoritusarvoja, kuten lämpötila ja muita tietoja laitteen tilasta.

Microsoft Power BI:tä käytettässä tarvitaan rajapintaan yhdistämiseksi Power BI On premises data gateway, koska datalähteenä käytettävä palvelin sijaitsee sisäverkossa. On premises-datalähteiden käyttämisestä on selostettu aikaisemmin Power BI:tä käsittelevässä luvussa.

Taajuusmuuttajien lämpötiloja seurataan laitteiston riittävän jäähdytyksen varmistamiseksi. Yksittäisen taajuusmuuttajan lämpötilan nousun syynä voi olla puhaltimen vikaantuminen, jäähdytyselementin ripoihin kertynyt pöly tai ongelma laitetilan jäähdytyksessä.

ACS-880-sarjan taajuusmuuttajissa on anturi mittaamassa tuloilman lämpötilaa. Tuloilman lämpötilan tulisi olla korkeintaan 40°C. ACS880-01 -taajuusmuuttajan laiteoppaassa ABB suosittelee tarkastamaan jäähdytyselementit vuosittain ja puhdistamaan tarvittaessa. Puhaltimille suositellaan yhdeksän vuoden vaihtoväliä. Todellinen käyttöikä riippu käyttöajasta sekä käyttöympäristön lämpötilasta ja pölyisyydestä. (ABB ACS880-01 laiteopas 2017, 136-137; ABB ACS880 primary control program firmware manual 2020.)

7.4.1 ABB Abilityn OData-rajapinta

Oleellinen osa opinnäytetyötä oli selvittää, millaista tietoa rajapinnasta on mahdollista hakea, sekä minkälainen tieto olisi hyödyllistä toimeksiantajalle ja muulle laitoksen henkilöstölle. Rajapinnasta haettiin taajuusmuuttajien tietoja, kuten lämpötiloja, sekä vikatietoja. Selvitystä tehtiin tutkimalla ja kokeilemalla käytännössä, miten rajapinnasta tietoa haetaan tekemällä siihen erilaisia kyselyjä ja tutkimalla palvelimen antamia vastauksia. Rajapinta sisältää toimintoja, joilla voidaan valita, suodattaa ja järjestellä tietoa jo rajapintakyselyä tehdessä. Näitä ovat $filter, $select ja $orderby -parametrit, joita käytetään osana palvelimelle tehtävää https-kyselyä.

Esimerkiksi seuraava kysely etsii ACS880-taajuusmuuttajista ne, joiden ympäristön lämpötila ylittää 35°C ($filter-parametri), näyttää niistä vain valitut kentät($select-parametri) ja lopuksi järjestetään tulokset laskevaan järjestykseen AmbientTemperaturen arvon mukaan($orderby-parametri). Kuviossa 22 näkyy palvelimen antama vastaus rajapintakyselyyn.

Esimerkki rajapintakyselystä:
https://ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$filter=AmbientTemperature gt 35 &$select=DisplayName AmbientTemperature, InverterTemperature &$orderby=AmbientTemperature desc

```
{
"@odata.context": "https://[redacted]/odata/$metadata#Path_ABB_Drives_ACS880(DisplayName,AmbientTemperature,InverterTemperature)",
"value": [
{
"@odata.id": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.40%20TALTEENOTTOLINJA.141%20Haihduttamo.141ST01.%2B141AE02.141P185A-U1')",
"@odata.editLink": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.40%20TALTEENOTTOLINJA.141%20Haihduttamo.141ST01.%2B141AE02.141P185A-U1')",
"DisplayName": "141P185A-U1",
"AmbientTemperature": 36.43734359741211,
"InverterTemperature": 50.800453186035156
},
{
"@odata.id": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P016A-U1')",
"@odata.editLink": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P016A-U1')",
"DisplayName": "122P016A-U1",
"AmbientTemperature": 36.12610626220703,
"InverterTemperature": 40.10000991821289
},
{
"@odata.id": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P015A-U1')",
"@odata.editLink": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P015A-U1')",
"DisplayName": "122P015A-U1",
"AmbientTemperature": 35.95926284790039,
"InverterTemperature": 38.416439056396484
},
{
"@odata.id": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.32%20KUIVAAMO%202.231%20Kuivauskone.231ST01.%2B231AE04.231K620A-U1')",
"@odata.editLink": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.32%20KUIVAAMO%202.231%20Kuivauskone.231ST01.%2B231AE04.231K620A-U1')",
"DisplayName": "231K620A-U1",
"AmbientTemperature": 35.543338775634766,
"InverterTemperature": 36.5318489074707
},
{
"@odata.id": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P034A-U1')",
"@odata.editLink": "Path_ABB_Drives_ACS880('%C3%84%C3%84NEKOSKI.BIOTUOTETEHDAS.20%20MASSATEHDAS.122%20Pesem%C3%B6.120ST01.%2B121AE03.122P034A-U1')",
"DisplayName": "122P034A-U1",
"AmbientTemperature": 35.141807556152344,
"InverterTemperature": 32.32478332519531
}
]
}
```


Kuvio 22. Vastaus rajapintakyselyyn

Seuraava kysely palauttaa listan eniten vikaantuneena kuukauden sisällä olleista taajuusmuuttajista sekä näyttää vikaantuneena oloajan prosentteina. Lisäksi tulokset järjestetään laskevaan järjestykseen.

Esimerkki rajapintakyselystä:

https://iposoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$select=DisplayName,%20Faulted1Month%20&$orderby=Faulted1Month%20desc

7.5 Visualisointityökalun valitseminen

Opinnäytetyössä tehtiin selvitystä erilaisista vaihtoehdoista rajapinnoista kerättävän datan visualisoimiseen. Mahdollisista ratkaisuista selvitettiin niiden rajoitteet, sekä mitä etuja ne tarjoavat. Potentiaalisiksi vaihtoehdoiksi jäivät Grafana, Microsoft Power BI sekä Microsoft Excel.

7.5.1 Power BI

Power BI:tä on käsitelty laajasti opinnäytetyön teoriaosuudessa. Power BI:n käyttöä ja sen mahdollisuuksia visualisointiratkaisun toteuttamiseen selvitettiin, mutta sen

suurin ongelma oli hidas päivitysväli raporteille (30 minuuttia) ja siten soveltumattomuus aikasarjadatalle. Myös Power BI:n käyttöönotto ja konfigurointi sisäverkossa sijaitsevalle on premises -datalle oli monimutkaisempaa, jonka vuoksi siihen ei käytetty tässä opinnäytetyössä aikaa ja muita resursseja.

Power BI:n edut käyttökohteessa:

- Mobiiliraportit
- Visualisointeja helppo luoda

Power BI:n heikkoudet käyttökohteessa:

- Ei reaaliaikaista päivitystä datalle ja hidas automaattisen päivityksen tiheys

7.5.2 Grafana

Grafana valittiin vaihtoehdoksi siksi, että se tukee JSON-tietolähteitä, tarjoaa riittävät mahdollisuudet visualisointien luomiseen sekä toimii paikallisesti ilman pilveä. Etuna Power BI:hin nähden on automaattinen datan ja visualisointien päivitys jopa viiden sekunnin välein ja tämän se takia soveltuu hyvin aikasarjadatan visualisoimiseen. Grafanan käyttö ei myöskään vaadi maksullisia lisenssejä.

Grafanan edut käyttökohteessa:

- Toimivuus paikallisesti ilman pilveä
- Tukee JSON-tietolähteitä
- Automaattinen datan ja dashboard -sivun päivitys

Grafanan heikkoudet käyttökohteessa:

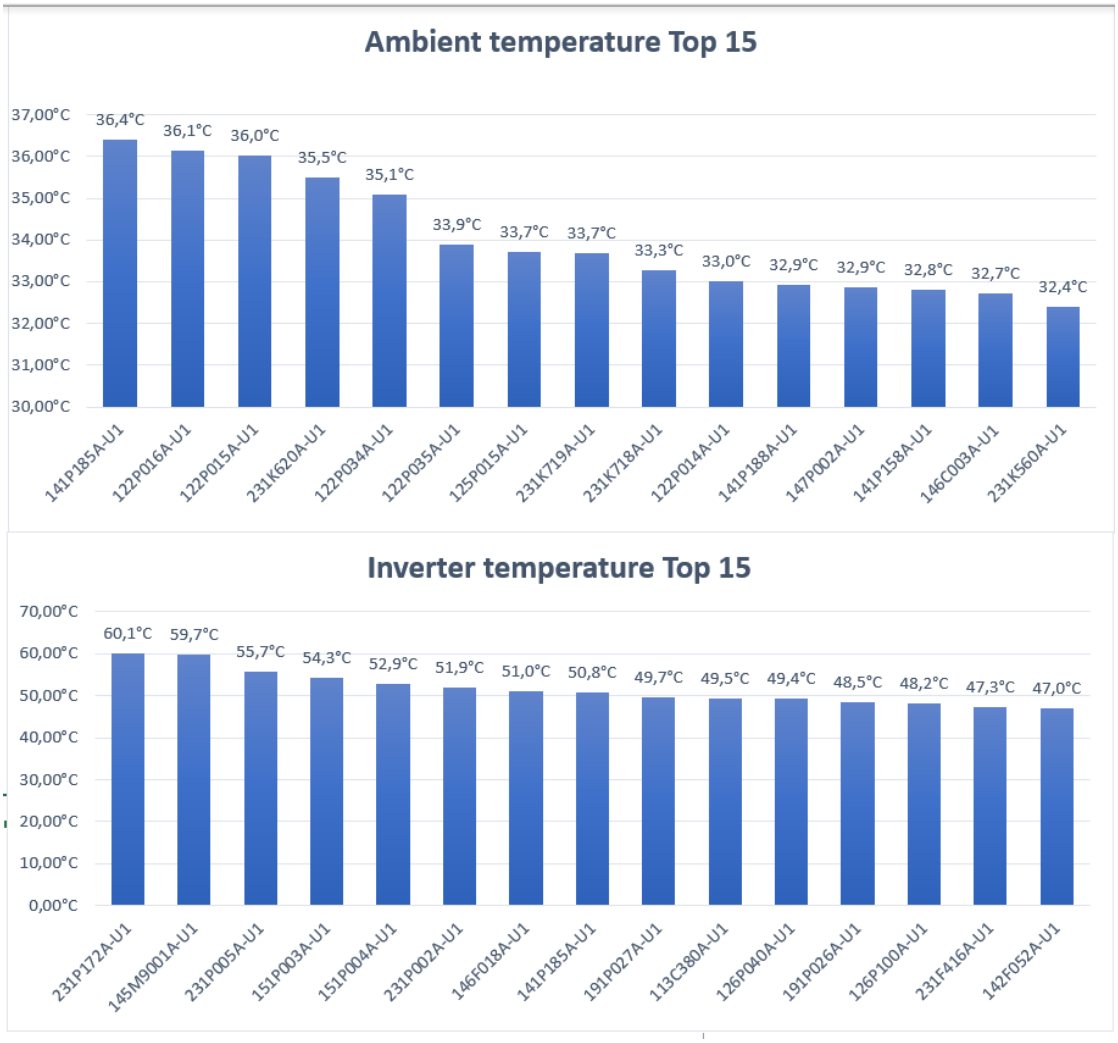
- Toiminnot datan käsittelyyn suppeammat kuin Power BI:ssä

7.5.3 Microsoft Excel ja Power Query

Visualisointeja ja koonteja datasta on mahdollista tehdä myös Microsoft Excelillä. Excel sisältää saman Power Query-työkalun, jota Power BI käyttää tiedon hakemiseen ja käsittelyyn. Tämä tekee Excelistä varteenotettavan vaihtoehdon, kun käyttö on paikallista, eikä mahdollisuutta useilla käyttösijainneille tarvita. Power Queryä on käsitelty tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa, joten tässä keskitytään sen käyttöön juuri tässä opinnäytetyön tapauksessa. Excelissä ei ole automaattista tietojen päivitystä, joskin se on mahdollista toteuttaa epäsuorasti esimerkiksi Power Shell-skriptillä. Tälle ei kuitenkaan ole välttämättä tarvetta, sillä kerätty data ei ole aikasarjadataa tai kovin tiheää päivitysväliä tarvitsevaa.

Exceliä ja Power Queryä käytettäessä voidaan hyödyntää Pivot-taulukoita datan käsittelyyn. Pivot-taulukot ovat Excelin sisäänrakennettu työkalu datan analysointiin, uudelleenjärjestelemiseen ja visualisoimiseen. Sillä voidaan koostaa ja järjestellä halutut tiedot valitusta taulukosta. Pivot-taulukoiden avulla voidaan koostaa taulukoita tai kuvaajia suuremmasta joukosta dataa. (Jelen & Alexander 2018.)

Power Queryllä toteutettua dashboardia toteutettaessa nousi haasteeksi se, että Abilityn palvelin käyttää https-yhteyttä, mutta sillä ei ole SSL-sertifikaattia. Power Query hylkää yhteyden, koska voimassa olevaa SSL-sertifikaattia ei löydy. SSl-sertifikaatin tarkistusta ei saa kierrettyä suoraan Excelistä, joten yhteyttä ei saatu toimimaan. Kuviossa 23 on OData-rajapinnasta tallennetusta datasta tehdyt kuvaajat esimerkkinä datan visualisoimisesta Excelillä.



Kuvio 23. Excelillä tehdyt kuvaajat ACS880-taajuusmuuttajien lämpötiladatasta

7.6 Henkilöstölle tehty kysely

Yhtenä opinnäytetyön osa-alueena oli selvittää henkilöstän tarpeet uudelle työasemalle ja haastatella heitä kunnonvalvonnan järjestelmien käytöstä. Kyselyn otanta oli kaksi henkilöä. Kysely tehtiin sähköpostitse sekä puhelimitse haastattelunomaisesti. Kyselyyn vastanneet olivat Botnia Mill Servicen käynnissäpidon henkilöstöä.

Kysely tehtiin, jotta saataisiin parempi käsitys kunnonvalvonnan roolista ja toteutustavoista tehtaalla. Tarkoitus ei ollut tehdä tilastollista analyysia, johon otanta olisi liian pieni. Yksittäisiä vastauksia ei tuoda esille vaan niitä koottu yhteen ja

tiivistetty. Kysely oli eräs tiedonkeruun metodeista. Vastauksista saaduista tiedoista voitiin kirjoittaa tiviistelmät kysytyistä aiheista.

1. Miten sähköistä (jatkuvaa) kunnonvalvontaa hyödynnetään kunnossapidon suunnittelussa?

   Käytössä ovat ainakin Valmetin DMM kunnonvalvontajärjestelmä, sekä ABB Ability. Myös muita järjestelmäkohtaisia kunnonvalvonnanohjelmistoja on. Järjestelmiä ollaan ottamassa entistä laajemmin käyttöön ja niitä pyritään hyödyntämään entistä enemmän. Abilityn roolista kunnonvalvonnassa ei ainakaan toistaiseksi ole olemassa ohjeistusta tai dokumentaatiota.

   Sähköiset kunnonvalvontajärjestelmät ovat tärkeä ja hyödyllinen apuväline ja sitä hyödynnetään osana kunnossapidon suunnittelua. Esimerkiksi laakerihuollot suunnitellaan mittausten antamaa tietoa hyödyntäen. Vioittunut laite voidaan vaihtaa tai vaihtaa suunnitellusti ja ajoissa. Kunnonvalvonta on siis oleellinen osa laitoksen kunnossapitoa.

2. Millä menetelmilllä kunnonvalvontaa tehdään?

   Osa mittauksista käydään mittaamassa käsin ja osaan kohteista hyödynnetään jatkuvaa kunnonvalvontaa. Mittauksia suoritetaan tehtyihin havaintoihin perustuen sekä määräajoin. Kunnonvalvonnasta vastaa aluehuoltomiehet. He vastaavat käsinmittauksesta ja jatkuvan kunnonvalvonnan seurannasta omilla alueillaan.

8 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tuloksena toteutui suunniteltu kunnonvalvonnan työasema. Lisäksi tehtiin selvitys business intelligence-ohjelmistojen hyödyntämisestä kunnonvalvonta-

datan integroimiseen. Nämä oli asetettu työn tavoitteiksi ja ne kyettiin saavuttamaan. Tuloksena syntyi myös pikaohje ABB Abilityn OData-rajapinnan käyttämisestä taajuusmuuttajien tietojen hakemiseen.

Toimivaa toteutusta kunnonvalvontajärjestelmien datan visualisoinnista ja koostamisesta BI-ohjelmistojen avulla ei saatu. Tämä johtui haasteista tietoyhteyksissä rajapintaa pyörittävän palvelimen ja työaseman välillä. Yrityksestä ja selvitystyöstä huolimatta yhteyksiä ei saatu toimimaan halutusti. Sen takia kysymykseen siitä, miten kehitettyä ratkaisua tultaisiin hyödyntämään, on vaikea vastata muuten kuin spekulatiivisesti. On kuitenkin selvää, että mikäli kokonaisuutta kehitetään eteenpäin, on sillä lukuisia käyttömahdollisuuksia ja hyötyjä sekä kunnossapidon, että valvomon henkilöstölle. Opinnäytetyössä toteutetusta kunnonvalvonnan työasemasta on selviä hyötyjä ja se vastaa niihin tarpeisiin, minkä takia projekti tehtiin.

Tutkimuksen perusteella business intelligencen-työkalujen soveltamisesta kunnossapitoon jäi positiivinen vaikutelma. Eteenpäin kehitettynä aiheella on paljon potentiaalisia hyötyjä toimeksiantajalle sekä sen asiakkaalle Metsä Fibrelle. Vaikka käyttökokemuksia ei tämän työn aikana saatu, niin työn aikana prototyypeiksi luoduista visualisoinneista saatiin positiivista palautetta.

Oleellisimman ja tarvittavimman tiedon keskittäminen luo oikein toteutettuna mahdollisuuksia tehostaa toimintaa. Tärkeimmän ja useimmin tarvitun tiedon täytyy olla helposti saatavissa. Kaikki tieto ei ole tavallisessa käytössä yhtä oleellista, joten tietonäyttöjen ja koontien suunnittelun täytyy olla käyttäjien tarpeet huomioon ottavaa. Myös tiedon saavutettavuus on tärkeää. Tietoa tarvitsevat käynnissäpidon lisäksi myös operaattorit. Tämän takia on tärkeää varmistaa, että tieto on kaikkien sitä tarvitsevien tahojen saatavissa.

BI-työkalujen soveltamisesta kunnonvalvontaan on toistaiseksi melko vähän tietoa julkisesti saatavilla. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että se tulee yleistymään. Osasyitä arvioidulle kehitykselle ovat datan määrän lisääntyminen sekä Abilityn kaltaisten järjestelmien yleistyminen.

Laajemmalla tasolla puhuen voidaan teollisuuden alojen julkaisuja seuraamalla huomata big datan ja Industrial Internet of Thingsin kovan mielenkiinnon kohteena. Ne ovat osa teollisuus 4.0-nimellä kutsuttua niin sanottua neljättä teollisuuden vallankumousta ja tärkeä osa sitä ovat suuret datamäärät ja niiden tehokas hyödyntäminen (Gilchrist 2016, 13. luku). Tämän vuoksi opinnäytetyössä on nähtävissä yhtymäkohtia alan laajamittaiseen kehityskulkuun.

8.1 Kehitysmahdollisuudet

Erilaisia vaihtoehtoja mahdolliselle jatkokehitykselle on lukuisia. Esimerkiksi visualisointien toteuttaminen siten, että se on katseltavissa myös mobiililaitteilla, olisi hyödyllistä, koska silloin tiedot olisivat saatavilla myös esimerkiksi kentällä työskennellessä. Tämä on helppo toteuttaa Power BI:ssä, sillä pilvipalveluun viedyt raportit ovat katsottavissa myös mobiililaitteilla. Grafanassa tämä edellyttäisi Grafana-ohjelman asentamista palvelintietokoneelle palvelinverkkoon.

Myös hälytysten asettaminen on mahdollista ainakin Power BI:tä käytettäessä. Tämä tarkoittaisi sitä, että ohjelmisto antaa ilmoituksen hälytyksestä jonkin mitatun suureen ohittaessa määritetyn raja-arvon tai sen mennessä halutun alueen ulkopuolelle. On myös mahdollista asettaa hälytyksiä useista tiedoista laskemalla muodostetuille suureille. Tapahtuvista hälytyksistä ilmoitetaan Power BI-palvelussa tai halutessa myös sähköpostilla (Data alerts in the Power BI service 2021).

Hälytysten luomisesta Power BI:ssä saadaan se etu, että ne ovat monipuolisemmin asetettavissa kuin järjestelmien omilla työkaluilla sekä se, että saadaan useita järjestelmiä yhdistävä yhtenäinen tapa luoda hälytyksiä. Nämä ovat joustavasti asetettavia ja niitä voitaisiin helposti luoda tiettyä tarkoitusta varten, kuten esimerkiksi väliaikaisesti testauksen ajaksi. Tuotannon kannalta kriittiset hälytykset ovat muualla, muun muassa automaatiojärjestelmässä. Power BI-hälytysten tarkoitus on olla kunnossapidon tukena ja auttavana työkaluna.

Kehitysmahdollisuutena voisi myös tuoda BI-ohjelmistoon dataa useista järjestelmistä. Tämä vaatii aina tapauskohtaista selvitystä ja konfigurointityötä, sillä järjestelmät ja niiden rajapinnat ovat erilaisia. Yhdistämällä useita tietolähteitä voitaisiin luoda useita järjestelmiä yhdisteleviä visualisointeja esimerkiksi vikamääristä. Eräs potentiaalinen tutkimuksen kohde on, voitaisiinko saavuttaa jotain hyödyllistä tuomalla Valmet DNA-automaatiojärjestelmän prosessidataa BI-ohjelmistoon. Kerättävää dataa voitaisiin myös hyödyntää erilaisten analyysien ja ennusteiden tekemiseen laskennallisesti. Näitä tietoja voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kunnossapidon suunnittelussa.

9 Pohdinta

Projektin onnistumista voisi arvioida sillä, miten hyvin lopputulokset vastaavat työlle asetettuja tavoitteita ja sillä pystyttiinkö tutkimuskysymyksiin vastaamaan. Opinnäytetyössä kyettiin saavuttamaan sille asetetut tavoitteet, vaikka toimivaa toteutusta BI-työkaluilla luoduista koonneista ja visualisoinneista ei saatu aikaan. Tärkeimmäksi kuitenkin toimeksiantajan puolelta nähtiin työasema, joka toteutettiin suunnitellusti.

Tutkimuskysymyksiin pystyttiin työssä pääosin vastaamaan. Ainoastaan kysymykseen kehitetyn ratkaisun hyödyntämisestä ei kyetty kunnolla vastaamaan, sillä konkreettista tietoa siitä ei paljoa ole. Työn alussa selvitetyt tarpeet ja suunnitellut käyttökohteet ovat kyllä tiedossa, mutta työn aikana näihin ei juurikaan saatu lisätietoa. Kunnonvalvonnan käytöstä tehty haastattelu kuitenkin antaa tästä epäsuorasti osviittaa, sillä asiat liittyvät toisiinsa.

Tulosten oikeellisuus varmennettiin käytännön kokeilla. Esimerkiksi rajapintojen käyttöä on kokeiltu aidossa käyttöympäristössä havaintoja tehden ja varmistettu toimivuus. Opinnäytetyössä tutkittuja ohjelmistoja kokeiltiin oikeaa järjestelmistä tallennettua dataa käyttäen, jotta yhteensopivuus saadaan varmennettua. Työn tuloksista ja laadituista esimerkeistä kerättiin myös toimeksiantajan kanssa pidetyissä palavereissa palautetta.

Luotettavien lähteiden käyttö oli opinnäytetyön tiedonkeruun lähtökohta. Yhteen asiaan pyrittiin käyttämään useita lähteitä ja lähteiden luotettavuutta tarkasteltiin kriittisesti. Opinnäytetyö käsittelee paljon IT-alan asioita, jonka lähdeaineisto on enimmäkseen englanninkielistä. Tämän vuoksi myös tämän työn lähteistä suuri osa on englanninkielisiä. Standardeja on hyödynnetty lähteinä, sillä ne ovat luotettavina pidettävää, niin sanottua ensimmäisen käden tietoa.

Opinnäytetyön aihepiiri oli melko laaja, koska siinä yhdistyi kunnonvalvonta ja tietotekniikkaan lukeutuvat asiat, kuten rajapinnat, protokollat ja ohjelmistojen toiminta. Tämän vuoksi tietoperustan oli haastava rajata ja useita uusia asioita, joita halusin tietoperustassa käsitellä, ilmeni työn edetessä. Monet asiat eivät olleet minulle entuudestaan tuttuja.

Opinnäytetyötä tehdessäni sain opiskella paljon uusia asioita etenkin IT-asioista, koska ne ovat minulle vieraampia, eikä niitä ei ole opintoihini niin paljoa sisältynyt. Työn aiheen IT-painotteisuus tuotti haasteita ja selvitystyötä. Aihe kuitenkin kiinnostaa minua ja uskon, että voin hyödyntää tässä projektissa oppimiani asioita myös tulevaisuudessa.

Lähteet

ABB Ability Electrical Condition Monitoring Quick Quide. 2018. ABB Oy.

ABB ACS880-01 laiteopas. 2017. ABB Oy.

ABB ACS880 primary control program firmware manual. 2020. ABB Oy.

ABB:n TTT-käsikirja. 2000-07. 2000. Helsinki: ABB Oy. Viitattu 6.3.2021. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatio-labrat/TTT/23_Kunnonvalvonta%20ja%20huolto.pdf.

Beal, V. N.d. ETL – Extract, Transform, Load. Webopedia. Viitattu 6.2.2021. https://www.webopedia.com/definitions/etl/.

Botnia Mill Service. N.d. Oy Botnia Mill Service Ab. Viitattu 6.3.2021. https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/botnia-mill-service/.

Brennan, M., Loustau, P., Lanzara, A. 2017. The Use of Business Intelligence Tools to Drive Asset Performance Management Improvements. Wood group. Viitattu 13.10.2021. https://www.betamachinery.com/assets/pdfs/Technical_Articles/The_Use_of_Business_Intelligence_Tools_to_Drive_Asset_Performance_Management_Improvements.pdf.

Chappel, D. 2011. Introducing ODATA. Chappell & Associates. http://www.davidchappell.com/writing/white_papers/Introducing_OData_v1.0--Chappell.pdf.

Connect with data by using Power BI and OData queries. 2020. Microsoft. Viitattu 15.2.2021. https://docs.microsoft.com/en-us/azure/devops/report/powerbi/odata-query-connect?view=azure-devops.

Dagumampan, R. 2018. Thou shall not do OData and I'll explain why. Blogi. Viitattu 15.2.2020. http://www.rdagumampan.com/post/2018/09/thou-should-not-do-odata-and-ill-explain-why/.

Data alerts in the Power BI service. 2021. Microsoft. Viitattu 19.10.2021. https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/create-reports/service-set-data-alerts.

ECMA 404. 2017. The JSON data interchange syntax. 2. painos. Ecma International. https://www.ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-404/.

ETL Database. N.d. Verkkosivusto. Stitch. Viitattu 2.2.2021. https://www.stitchdata.com/etldatabase/etl-process.

Fielding, R. 2000. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Irvine: University of California. Viitattu 17.2.2021. https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf.

Gilchrist, A. 2016. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Apress.

Grafana. N.d. Verkkosivusto. Grafana labs. Viitattu 17.10.2011. https://grafana.com/grafana/.

Hovi, J. 2018. Data-alan termien selitykset ja kuvaukset. IT-aiheinen blogi. Viitattu 6.2.2021. https://www.arihovi.com/3274-2/.

Jelen, B & Alexander, M. 2018. Microsoft Excel 2019 Pivot Table Data Crunching. Microsoft Press. https://books.google.fi/books?id=TmyBDwAAQBAJ&dq.

Knowpulp. N.d. Kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva kunnossapito. Viitattu 8.5.2021. http://www.knowpulp.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/2_operations/1_monitoring/frame.htm.

Lans, R. 2012. Data Virtualization for Business Intelligence Systems. Elsevier.

Mikkonen, Leinonen, Jantunen, Kokko, Riutta, Sulo, Komonen, Lumme, Kautto, Heinonen, Lakka, Mäkeläinen, Miettinen. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media.

Mobley, R. 2002. An Introduction to Preventive Maintenance. Elsevier https://books.google.fi/books?id=SjqXzxpAzSQC.
Nohynek, Lumme. 1996. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Kunnossapitoyhdistys.

Nohynek, Lumme. 2007. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. KP-Media .

Power BI pricing. N.d. Microsoft. Viitattu 3.5.2021. https://powerbi.microsoft.com/en-us/pricing/.

Power Query - Overview and Learning. N.d. Microsoft. Viitattu 6.2.2021 https://support.microsoft.com/en-us/office/power-query-overview-and-learning-ed614c81-4b00-4291-bd3a-55d80767f81d?ui=en-us&rs=en-us&ad=us.

PSK 5701. 2017. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Käsitteet ja määritelmät. Käytettävät suureet ja mittayksiköt. 5. painos. PSK Standardisointiyhdistys.

PSK 5706. 2015. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. valvontamenetelmät. 4. painos. PSK Standarisointiyhdistys.

OData OASIS standard. 2020. OASIS. Viitattu 11.2.2021. http://docs.oasis-open.org/odata/odata/v4.01/odata-v4.01-part1-protocol.html.

Real time streaming in Power BI. 2020. Microsoft. Viitattu 9.4.2021. https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/connect-data/service-real-time-streaming.

Saattolämmitysmyynti. N.d. Bilfinger Industrial Services Finland Oy. Viitattu 6.3.2021. https://www.is-finland.bilfinger.com/palvelut/saattolaemmitysmyynti/.

Shalomova, A. 2019. Difference Between Power Pivot, Power Query and Power BI. Fluentpro. Viitattu 6.2.2021. https://fluentpro.com/blog/difference-between-power-pivot-power-query-and-power-bi.

Sugumaran. N.d. Grafana Infinity datasource. Verkkosivusto. Viitattu 17.10.2021. https://sriramajeyam.com/grafana-infinity-datasource/.

Valmet DNA Machine Monitoring Online condition monitoring system for pulp mills. 2015. Esite. Valmet Oyj.

Valmet Field device manager-käyttöohje. 2011. Valmet Automation Oy.

Webb, C. 2014. Power Query for Power BI and Excel. Crossjoin Consulting Limited. https://books.google.fi/books?id=ZAH1AwAAQBAJ.

What is an on-premises data gateway. 2019. Microsoft. Viitattu 11.10.2021. https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/connect-data/service-gateway-onprem.

Working with JSON. 2021. Mozilla. Viitattu 22.9.2021. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON.

What is Power BI. 2021. Microsoft. Viitattu 9.4.2021. https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/fundamentals/power-bi-overview.

What is Power Embedded in Azure. 2018. Microsoft. Viitattu 9.4.2021.

What is Power Query. 2020. Microsoft. Viitattu 6.2.2021. https://docs.microsoft.com/en-us/power-query/power-query-what-is-power-query.

What is URL. 2021. Mozilla. Viitattu 22.9.2021. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/What_is_a_URL.

What is REST. N.d. Verkkosivusto. Ei julkaisijaa. Viitattu 17.6.2021. https://restfulapi.net/.

Why not OData. N.d. Servicestack. Viitattu 15.2.2021. https://docs.servicestack.net/why-not-odata.

Liitteet

Liite 1. Ohje ABB Abilityn OData-rajapinnan käytöstä taajuusmuuttajien tiedonhakuun

Ohje Abilityn OData-rajapinnan käyttämisestä

ACS880-mallin taajuusmuuttajat haetaan lisäämällä /Path_ABB_Drives_ACS880 polkuun /odata -osan jälkeen. Esimerkki. https:ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880.

ACS1100-taajuusmuuttajat haetaan vastaavasti Path_ABB_Drives_ACS880-parametrilla. Esimerkki: https:ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS1000.

Tämän jälkeen voidaan lisätä halutut hakusuotimet ja muut parametrit. Rajapintakyselyissä on käytettävissä $filter, $expand $metadata, $top, $skip ja $orderby-toiminnot.

Peruskäytön kannalta oleellisimpien toimintojen käyttö on kuvattu alla. Lisää tietoa saa esimerkiksi Microsoftin materiaalista osoitteesta https://docs.microsoft.com/en-us/odata/concepts/queryoptions-overview sekä OData-verkkosivuilta https://www.odata.org/getting-started/basic-tutorial/.

Hakutoiminnot

$filter

Filter suodattaa tulokset halutun kriteerin perusteella. Hakukriteeri määritetään vertailuoperaattoreilla ja vain hakuehdon toteuttavat objektit sisällytetään tuloksiin.

Vertailuoperaattorit $filter-parametria käytettäessä:

- eq: yhtä suuri kuin
- ne: eri suuri kuin
- gt: suurempi kuin
- lt pienempi kuin
- ge: suurempi tai yhtä suuri kuin
- le: pienempi tai yhtäsuuri kuin

Esimerkki:
https:ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$filter=AmbientTemperature gt 35
antaa tuloksena laitteet, joiden AmbientTemperature on yli 35(°C).

$orderby
Orderby järjestää tulokset halutun tiedon perusteella nousevaan tai laskevaan järjestykseen. Nouseva järjestys valitaan lisäämällä sana *asc* lausekkeen loppuun. Laskeva järjestys lisäämällä sana *desc lausekkeen loppuun.*

Esimerkki:
$orderby=AmbientTemperature desc järjestää tulokset AmbientTemperaturen mukaan laskevaan järjestykseen.

https:ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$orderby=AmbientTemperature desc

$select
Selectillä voidaan valita vain halutut tiedot sisällytettäviksi tuloksiin. Oletuksena palautetaan kaikki. Halutut tiedot kirjoitetaan pilkulla erotettuna.

Esimerkki:
$select=DisplayName, AmbientTemperature, InverterTemperature

$top
Rajoittaa tuloksiin sisällytettävien objektien määrää. Esimerkiksi $top=10, palauttaa vain 10 ensimmäistä objektia.

Esimerkki:
https://ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$filter=AmbientTemperature gt 35 &$select=DisplayName, AmbientTemperature &$orderby=AmbientTemperature desc &$top=100

$skip
Skip jättää halutun määrän objekteja alusta lukien pois tuloksista. Esimerkiksi $skip=10 jättää ensimmäiset 10 objektia pois tuloksista.

Hakutoimintojen yhdistäminen
Useita hakutoimintoja samassa kyselyssä voidaan käyttää käyttämällä et-merkkiä(&) välittömästi ennen uutta parametria.

Esimerkki:
https://ip-osoite/odata/Path_ABB_Drives_ACS880?$filter=AmbientTemperature gt 35 &$select=DisplayName, AmbientTemperature, InverterTemperature &$orderby=AmbientTemperature desc