

# **Vianilmaisinjärjestelmän kehittäminen ja vikojen poiston tehostaminen LWC -konelinjalla**

Olli Makkonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma  
Kunnossapito

Tekijä(t) Makkonen Olli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 26.5.2017
	Sivumäärä 32+9	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Vikojen poistontehostaminen LWC- konelinjalla</b>		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) Seppo Rantapuska, Matti Kurki		
Toimeksiantaja(t) UPM-Kymmene Oyj		
<p>Vianilmaisimia käytetään paperiteollisuudessa havaitsemaan paperin vikoja. Niitä on käytetty jo vuosikymmenten ajan, mutta niiden heikkoutena on ollut niiden heikko kyky ilmaista sekä luokitella vikoja. Vianilmaisinjärjestelmät ovat kuitenkin kehittyneet vuosien saatossa niin tekniikan kuin myös paperintekijöiden ja käyttäjien jatkuvien vaatimusten kasvaessa.</p> <p>Marraskuussa 2015 Kaipolan PK6:n vianilmaisin- ja katkokamerajärjestelmä uusittiin sekä välirullaimelle asennettiin vikaan pysäytysautomaattiikka. Uuden järjestelmän ansiosta paperin vikoja oli mahdollista havaita entistä paremmin. Sain toimeksiantajalta tehtäväkseni kehittää uuden vianilmaisinjärjestelmän vikojen luokittelun oikeellisuutta sekä paperin vikojen poistomenetelmien ja ohjeistuksien päivittämisen välirullaimelle.</p> <p>Vikojen luokittelun kehittämiseksi oli ensin tutkittava millaiset paperin viat luokitellaan väärin ja kerättävä niistä riittävästi dataa neuroverkkoon. Vika datan keräämisen jälkeen oli mahdollista tehdä muutoksia vianilmaisinjärjestelmän luokittelijaan. Luokittelija koostuu neuroverkosta ja päättelyketjusta.</p> <p>Tutkimuksissa havaittiin useita vikatyyppejä, joiden luokittelussa on parannettavaa. Kerätyn vikadatan perusteella luokittelijan neuroverkkoon sekä päättelyketjuun tehtiin muutoksia, joiden ansiosta paperin vikojen luokittelun oikeellisuutta saatiin parannettua. Luokittelijaan tehtyjen muutoksien jälkeen väärin luokitellut viat luokiteltiin uudelleen ja tulosta verrattiin aikaisempaan.</p> <p>Välirullaimelle päivitettiin ja luotiin uusia ohjeistuksia, joissa määritellään kriteerejä vikojen poistamiselle, ohjeistetaan vikojen poistomenetelmiä, laadunhallintaa sekä raportointia.</p> <p>Vikojen luokittelun kehittäminen on jatkuvan kehityksen prosessi, jota voidaan jatkuvasti parantaa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )		
vianilmaisinjärjestelmä, välirullain, neuroverkko, päättelyketju		
Muut tiedot		

Author(s) Makkonen Olli	Type of publication Bachelor's thesis	Date 26.5.2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 32+9	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Improvement of Web Inspection and Defect Removal in LWC- machine</b>		
Degree programme Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Rantapuska Seppo, Kurki Matti		
Assigned by UPM-Kymmene Oyj		
<p>Detection is used in paper manufacturing to detect defects in paper web. The detection systems have been used for decades, however, their weakness has been low indication performance and weak ability to classify defects. Web inspection systems have improved with time due to development in technology and the increasing quality requirements of paper manufacturers and users.</p> <p>In November 2015 the web inspection and web monitoring system at Kaipola PM6 was replaced by a new one and an automatic stop for defects was added to re-reeler. Due to the new system it was possible to detect faults in the paper web better than before. The goal of the thesis was to develop the classifications validity of the web inspection system and update fault eliminating methods and other instructions to the re-reeler.</p> <p>To develop the classification, the misclassified defects had to be inspected and enough samples collected to a neural network. After collecting the defect samples, it was possible to start making changes to the classification. The classifier consisted of a neural network and a tree-like classifier.</p> <p>The studies showed that several types of defects were misclassified. Based on the collected samples, the neural network and classifier tree of the classifier were edited, and the results showed that the validity of the classification had improved. After making the changes in the classifier, the misclassified defects were reclassified using the new classifier, and the result was compared with the previous one.</p> <p>The instructions of the re-reeler were updated and guidelines were created. The instructions defines the benchmarks of the methods eliminating defects and direct how to control quality and report at the re-reeler. The development of defect classification is a continuous process, which can be continuously improved.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  web inspection system, re-reeler, neural network, classifier		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta.....	4
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet, rajaukset ja toteutus .....	4
<b>2</b>	<b>UPM</b> .....	<b>5</b>
2.1	Kaipola PK6 .....	5
<b>3</b>	<b>Vianilmaisimet paperiteollisuudessa</b> .....	<b>5</b>
3.1	Vianilmaisinjärjestelmän rakenne ja toiminta .....	6
<b>4</b>	<b>Valmet Process and Quality Vision</b> .....	<b>7</b>
4.1	Web Monitoring System.....	7
4.2	Web Inspection System .....	7
<b>5</b>	<b>Paperirainan viat</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Vikojen poisto välirullaimella</b> .....	<b>10</b>
6.1	Välirullain.....	10
<b>7</b>	<b>PK6 vianilmaisinjärjestelmä</b> .....	<b>11</b>
7.1	Vianilmaisinjärjestelmä PK6:lla .....	11
7.2	Vikaan pysäytysautomaatiikka välirullaimella .....	12
7.3	Vikaluokat .....	12
7.4	Neural Network .....	13
<b>8</b>	<b>Tutkimusosio</b> .....	<b>15</b>
8.1	Tutkimusmenetelmä .....	15
8.2	Tutkimuksessa havaitut kehityskohteet.....	16
8.2.1	Lähtökohdat.....	17
8.3	Vikojen luokittelun kehittäminen.....	20
8.3.1	Pohjapaperi.....	20
8.3.2	Konepaperi.....	22
<b>9</b>	<b>Vikojen poiston tehostaminen välirullaimella</b> .....	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>24</b>

	2
10.1 Vikojen luokittelu .....	24
10.1.1 Pohjapaperi.....	25
10.1.2 Konepaperi.....	26
10.2 Yhteenveto .....	27
10.2.1 Luokittelun tulokset.....	27
10.2.2 Luokittelijan ominaisuudet.....	29
10.3 Vikojen poiston ja välirullaimen ohjeistukset .....	30
<b>11 Pohdinta.....</b>	<b>30</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>33</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>34</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1. Vianilmaisimen toimintaperiaate.....	6
Kuvio 2. WMS- katkokamerajärjestelmä.....	7
Kuvio 3. WIS -vikakartta .....	8
Kuvio 4. Reikiä ja vaaleita täpliä .....	8
Kuvio 5. Yhdistelmä vikoja ja tummia täpliä .....	9
Kuvio 6. Rynkky sekä päällystevikoja .....	10
Kuvio 7. Välirullain.....	11
Kuvio 8. WIS –käyttöliittymä välirullaimella .....	12
Kuvio 9. Pohjapaperin vikaluokat.....	13
Kuvio 10 . Konepaperin vikaluokat.....	13
Kuvio 11. Neural network -työkalu .....	14
Kuvio 12. Päätelyketjun blockit.....	14
Kuvio 13. Päätelyketju .....	15
Kuvio 14. Pohjapaperin repeämiä .....	16
Kuvio 15. Repeämiksi luokiteltuja pohjapaperin reikiä ja vaaleita täpliä .....	16
Kuvio 16. Konepaperin repeämiä .....	16
Kuvio 17. Harva kohta .....	17
Kuvio 18. Väärin luokiteltuja pohjapaperin vikoja .....	17

Kuvio 19. Pohjapaperin luokittelupuu.....	18
Kuvio 20. Konepaperin luokittelupuu .....	19
Kuvio 21. Väärin luokiteltuja reikiä .....	19
Kuvio 22. Vaalea läntti.....	20
Kuvio 23. Neuroverkon vikaluokat (uudempi oikealla).....	20
Kuvio 24. Uusi pohjapaperin luokittelupuu .....	22
Kuvio 25. halkiviiru .....	23
Kuvio 26. Uudelleenluokittelu työkalu.....	25
Kuvio 27. Uudelleen luokiteltu konepaperin reikä .....	29

### **Taulukot**

Taulukko 1. Pohjapaperista havaitut repeämät.....	26
Taulukko 2. Konepaperista havaitut repeämät.....	27

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta

Vianilmaisinjärjestelmät ovat tärkeä osa paperin laadunvalvontaa. Niitä on käytetty jo vuosikymmenten ajan havaitsemaan paperiradan vikoja. Vanhempien vianilmaisinjärjestelmien heikkoutena on ollut niiden huono vianilmaisukyky, jolloin viat on onnistuttu luokittelemaan vain vaaleiksi tai tummiksi täpliksi sekä rei'iksi.

Marraskuussa 2015 Kaipolan PK6:lle uusittiin vianilmais- ja katkokamerajärjestelmä sekä asennettiin vikaanpysäytysautomaattikka välirullaimelle. Uudella järjestelmällä oli mahdollista havaita paremmin paperirainan vikoja sekä löytää mahdollisten katkojen aiheuttajat.

Vikojen poiston tehostamisella on tärkeä vaikutus niin laadun takaamiseksi asiakkaalle kuin myös konelinjan tuotannon tehokkuuteen.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet, rajaukset ja toteutus

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli kehittää vianilmaisinjärjestelmän luokittelun oikeellisuutta. Luokittelun oikeellisuus ei ollut toivotulla tasolla, jolloin osa vianilmaisimen havaitsemista vioista päättyi väriin vikaluokkiin. Vianilmaisinjärjestelmän luokittelun kehittämiseksi oli ensin kerättävä riittävä määrä aineistoa tutkittavista vioista, jotta vikojen ominaisuuksista saa paremman varmuuden sekä tehtävä muutoksia vianilmaisinjärjestelmän luokittelijaan.

Toisena tavoitteena oli paperin vikojen poistomenetelmien sekä ohjeistusten päivittäminen välirullaimelle. Kyseisissä ohjeistuksissa määritetään kriteerit ja menetelmät vian poistamiselle, ohjeistetaan laadun hallintaa sekä raportointia.

Kolmantena tavoitteena oli selvittää mahdollisten vikojen aiheuttajia. Paperirainan viat voivat johtua hyvin monista eri tekijöistä, eikä kaikkiin vikoihin ole olemassa selvää syytä. Vikojen aiheuttajien selvittäminen vaatii paljon kokemusta ja tietoa paperinvalmistuksesta. Aihe on itsessään niin laaja ja haastava, vaikka sitä rajattaisiin yhteenkin vikaan, että tavoitteesta päätettiin lopulta luopua.

## 2 UPM

UPM on bio- ja metsäteollisuusyhtiö. Yhtiön liikevaihto on 9,8 miljardia euroa ja sen palveluksessa työskentelee globaalisti noin 19 300 henkilöä ja sillä on tuotantolaitoksia 13 eri maassa. Yhtiö muodostuu kuudesta eri liiketoiminta-alueesta, joita ovat: UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Specialty Papers, UPM Paper Europe and North America ja UPM Plywood. (UPM)

### 2.1 Kaipola PK6

Kaipolan PK6 kuuluu UPM Paper Europe and North America liiketoiminta-alueeseen. Kone linja sijaitsee Jämsänjokilaaksossa Keski-Suomessa. PK6:lla valmistetaan vuodessa noin 260 000 tonnia päällystettyä aikakauslehtipaperia. Kone on Valmetin vuonna 1987 toimittama. Paperikone käsittää HHS LB Speed Former –tyyppisen viiraosan sekä Sympress II –tyyppisen puristinosan. Puristinosan jälkeen on esikuivatusosa, jonka jälkeen seuraa konekalanteri. Konekalanterin jälkeen pohjapaperi päällystetään lyhytviipymä tekniikalla OptiBlade –päällystysasemilla. Molempien päällystysasemien jälkeen on IR-kuivaimet sekä yksi höyrykuivatusryhmä. Paperikoneen jälkeen linjassa seuraavana on välirullain, jossa viat poistetaan paperista. Linjaan kuuluu kaksi superkalanteria, kaksi pituusleikkuria, uudelleenrullauskone sekä pakkalinja.

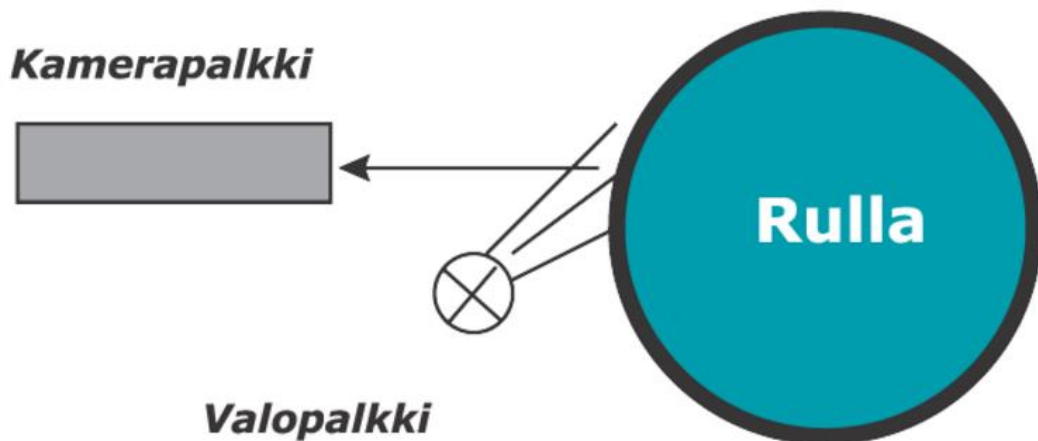
## 3 Vianilmaisimet paperiteollisuudessa

Vianilmaisinjärjestelmiä on käytetty paperiteollisuudessa jo useiden vuosikymmenten ajan. Niitä käytetään paperiteollisuudessa havaitsemaan paperin vikoja, joita ovat esimerkiksi reiät, vaaleat, ja tummat täplät sekä päällysteviirut. Vianilmaisulla on tärkeä rooli paperin laadunvalvonnan kannalta. Ilmaisimien havaitsemat viat ovat näkyviä, eli ne joko heijastavat tai läpäisevät valoa eri tavoin kuin virheetön kohta. Sen lisäksi, että vianilmaisimien havaitsee vian on sen myös luokiteltava vika oikein. Vanhempien vianilmaisinjärjestelmien heikkoutena on ollut niiden huono kyky luokitella vikoja. Tekniikan kehittyessä ja paperintekijöiden ja –käyttäjien vaatimusten kasvaessa ovat myös vianilmaisinjärjestelmät kehittyneet. (Optinen vianilmaisus, knowpap)



### 3.1 Vianilmaisinjärjestelmän rakenne ja toiminta

Vianilmaisinjärjestelmä muodostuu kamerapalkista, valopalkista, tiedonkäsittely yksiköstä, ohjelmistoista sekä oheislaitteista, joita ovat esimerkiksi hälytysvalo, -ääni tai värimerkkain. Paperirataa valaistaan valopalkilla ja kamerapalkki mittaa radasta tulevan valon määrän. (Optinen vianilmaisu, knowpap)



Kuvio 1. Vianilmaisimen toimintaperiaate (Optinen vianilmaisu, knowpap).

Kamerapalkki sisältää monta kameraa ja mittaustavasta riippuen palkki voidaan sijoittaa joko samalle puolelle paperirataa kuin valopalkki (heijastusmittaus) tai eri puolelle rataa (läpimittaus). Useimmiten kamerat ovat hyvin eristetty ja suojattu pölyltä ylipaineistamalla kamerapalkki. (mt)

Valopalkki on koko paperiradan levyinen. Palkin on tuotettava vahva ja tasainen valo tarkasteltavaan paperirataan. Valon määrän ollessa pikselille pienempi kuin vakioarvo (virheetön kohta), pikseli ilmaistaan tummana tai harmaana täplänä. (mt)

Käyttöliittymä on tietokoneohjelmisto, joka kokoaa kameroilta tullutta tietoa ja ilmaisee sen paperintekijöille. Se antaa reaaliaikaista informaatiota paperin vioista, mutta sen avulla voidaan myös tarkastella aikaisemmin valmistuneiden tampoüreiden vikatietoja. Kaikille vikaluokille voidaan asettaa omat toimintonsa, jotka liittyvät esimerkiksi hälytyksiin, raportointityyliin tai värimerkkauksiin. (mt)

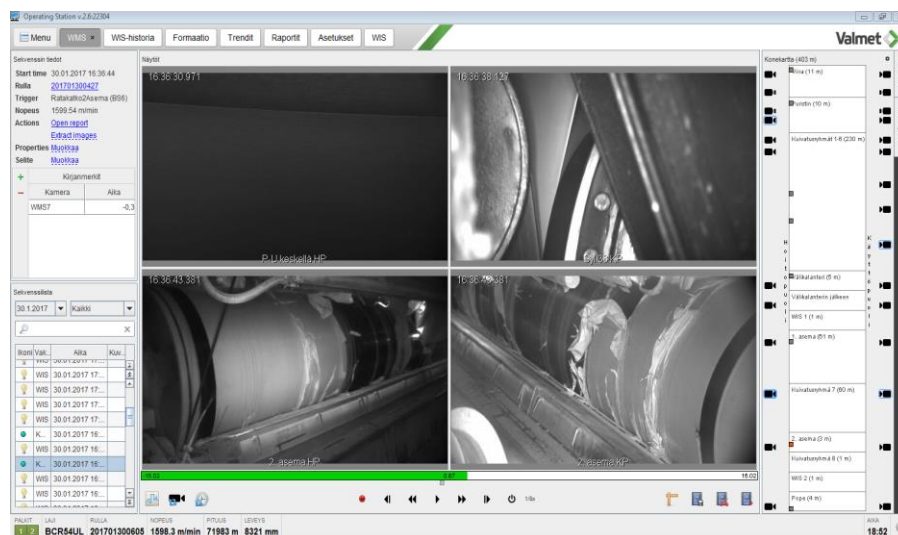
Vikojen ilmaiseminen, luokittelu ja raportointi antavat tärkeää informaatiota paperintekijöille. Haitallisiin vikoihin reagoidaan ja ne poistetaan ennen seuraavaa prosessin vaihetta. Vikakartta toimii lähtökohtana vikojen paikantamiselle, se sisältää kone-rullan vikojen tiedot. (mt)

## 4 Valmet Process and Quality Vision

Process and Quality Vision on Valmetin konenäköjärjestelmä, jota hyödynnetään paperin ja sellun valmistus prosesseissa. Järjestelmä koostuu yhteen integroiduista vianilmaisujärjestelmästä Web Inspection System (WIS) sekä radan valvontajärjestelmästä Web Monitoring System (WMS). (Valmet PQV)

### 4.1 Web Monitoring System

WMS on radan valvontajärjestelmä, joka tallentaa videokuvaa prosessin merkittävistä tapahtumista, kuten esimerkiksi paperin vioista tai ratakatkoista. Tallennettuja tilanteita voidaan uudelleen tarkastella, jolloin käyttäjillä on mahdollisuus löytää nopeasti tapahtuman alkuperä ja tehdä korjaavat toimenpiteet. (Valmet PQV)

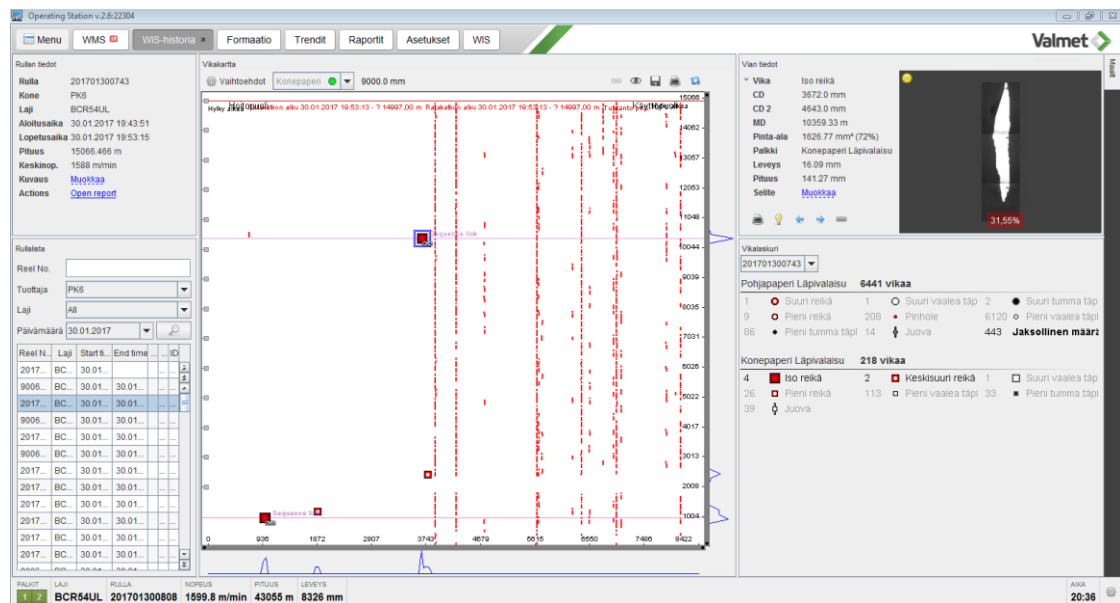


Kuvio 2. WMS- katkokamerajärjestelmä

## 4.2 Web Inspection System

Vianilmaisujärjestelmä WIS antaa tietoa paperin vioista. Järjestelmän tarkoitus on parantaa tuotannon laatua ja tehokkuutta. Se on integroituna radan valvontajärjestelmään, jonka avulla vian syntymä kohta on paikallistettavissa. Vianilmaisujärjestelmä tarjoaa reaaliaikaisen vikakartan, jolloin operaattorien on mahdollista reagoida nopeasti havaittuun vikaan. Järjestelmän muita toimintoja ovat esimerkiksi vikojen luokittelu studio, jatkuvan vian analyysi, vika trendit ja rullien sekä vikojen raportointi.

(Valmet PQV)

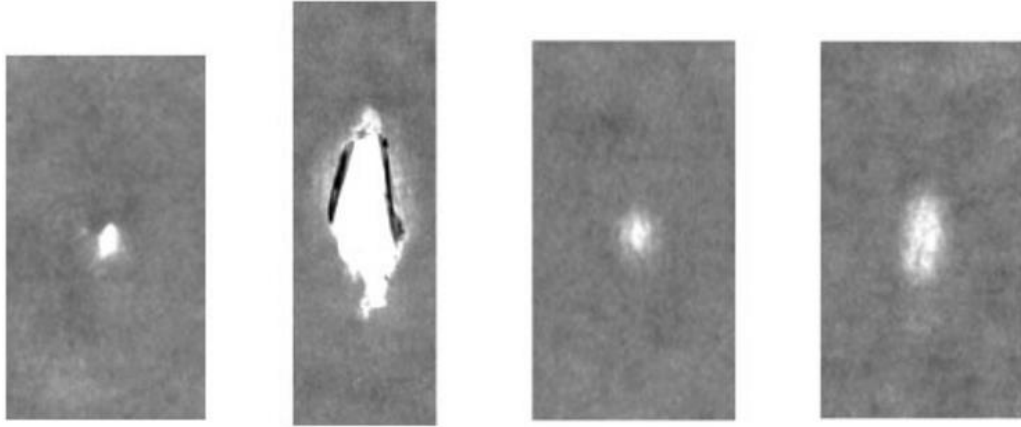


Kuvio 3. WIS -vikakartta

## 5 Paperirainan viat

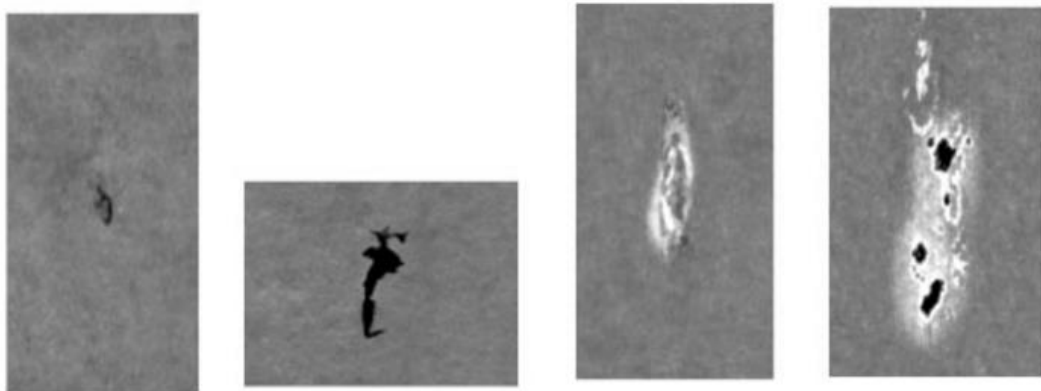
Paperirainassa voi olla monenlaisia vikoja. Ne voivat myös usein olla tyypillisiä joillekin paperikoneille tai paperityypeille. Yleensä viat luokitellaan niiden harmaatasoon perusteella. (Paperirainan viat, knowpap)

Selkeät reiät johtuvat usein viiraviasta. Tumma reuna-alue johtuu monesti vieraasta materiaalista. Vaaleiden täplien koko ja niiden muoto on vaihteleva. Ne saattavat olla peräisin esimerkiksi tippuvasta vedestä, öljystä tai ne voivat olla satunnaisia formaatiovirheitä. (mt)



Kuvio 4. Reikiä ja vaaleita täpliä (Paperirainan viat, kowpap)

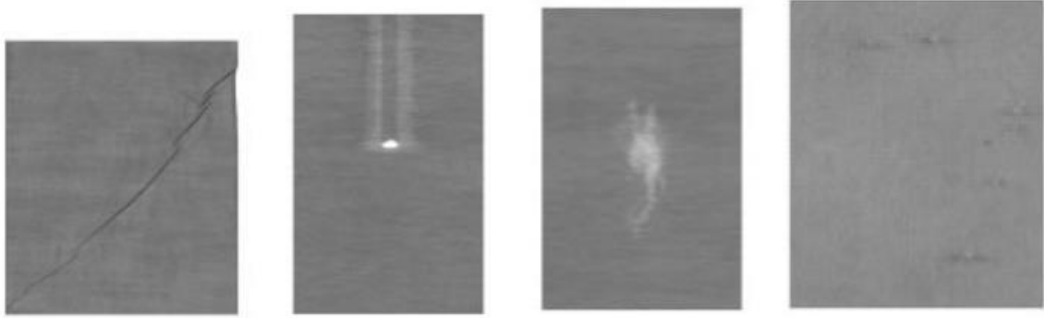
Epäpuhtaudet aiheuttavat tummia täpliä. Ne ovat hyvin usein satunnaisia. Yhdistelmävikoiksi kutsutaan sellaisia vikoja, joista on havaittavissa eri osuuksia samassa viassa, kuten esimerkiksi limatäplät. (mt)



Kuvio 5. Yhdistelmä vikoja ja tummia täpliä (Paperirainan viat, knowpap)

Kosteusprofiilista tai epätasaisesta paperin kireysprofiilista johtuvia ohuita vekkejä kutsutaan rynkyiksi. Niillä on omanlaisensa piirteet, mutta ne ovat usein matalakont-  
rastisia, jolloin niiden havaitseminen on reaaliajassa haastavaa. (mt)

Viirut ovat toistuvia vikoja. Ne voivat olla selkeitä ja pitkiä, mutta myös lyhyitä ja ohuita. Muita päällystysvikoja ovat mm. erilaiset roiskeet sekä päällysteen puuttuminen, jonka ilmaiseminen on vaikeaa heikon kontrastisuuden vuoksi. (mt)



Kuvio 6. Rynkky sekä päällystevikoja (Paperirainan viat, knowpap)

Paperirainan vikoihin kuuluvat myös kalanterihaavat sekä reunaraiset, joista jälkimmäisellä tarkoitetaan paperiradan reunalla olevia vikoja, jotka voivat olla murtumia tai repeytymiä. (mt)

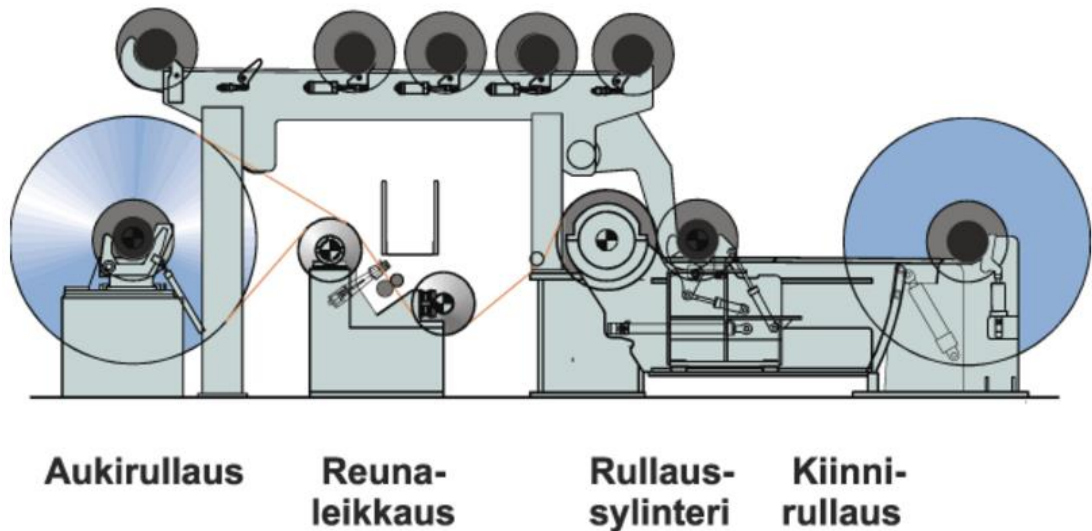
## 6 Vikojen poisto välirullaimella

### 6.1 Välirullain

Välirullaimia on yleensä käytössä tuotantolinjoilla, joilla valmistetaan päällystettyä paperia. Off-machine tuotantolinjalla poistetaan viat ennen pohjapaperin päällystämistä ja On-machine koneella välirullaimella poistetaan viat ennen kalanterointia. (Knowpap-sivusto, välirullain)

Välirullaimen tarkoitus on taata virheettömän paperin pääsy seuraavaan prosessin vaiheeseen. Välirullaimella voidaan poistaa viallinen paperi, paikata reiät sekä leikata reunanauhat. (mt)

Välirullaimella on yksinkertainen rakenne, jossa jokainen tambuuri ajetaan vain yksi kerrallaan. Päänvienti suoritetaan ryömintänopeudella, jonka jälkeen vauhti nostetaan vaadittuun ajonopeuteen. Välirullain pysäytetään vian kohdalle, poistetaan mahdollinen vika, jonka jälkeen rullausta jatketaan. (mt)



Kuvio 7. Välirullain (Välirullain, knowpap)

## 7 PK6 vianilmaisinjärjestelmä

### 7.1 Vianilmaisinjärjestelmä PK6:lla

Kaipolan PK6 vianilmaisinjärjestelmä koostuu kahdesta läpimittaus tekniikkaa käyttävästä WIS- palkista. Ensimmäinen 8- matriisikameran palkki on sijoitettu ennen päällystysasemia ja toinen 16- matriisikameran palkki sijaitsee juuri ennen pope -rullainta. Valopalkeissa käytetään pulssitettuja LED-valaisimia, jolloin ledi palaa vain kun kamera ottaa kuvan. Konepaperin kamerapalkissa on enemmän kameroita, jolloin konepaperin vioista kyetään ottamaan niillä tarkempia kuvia kuin pohjapaperin vioista.

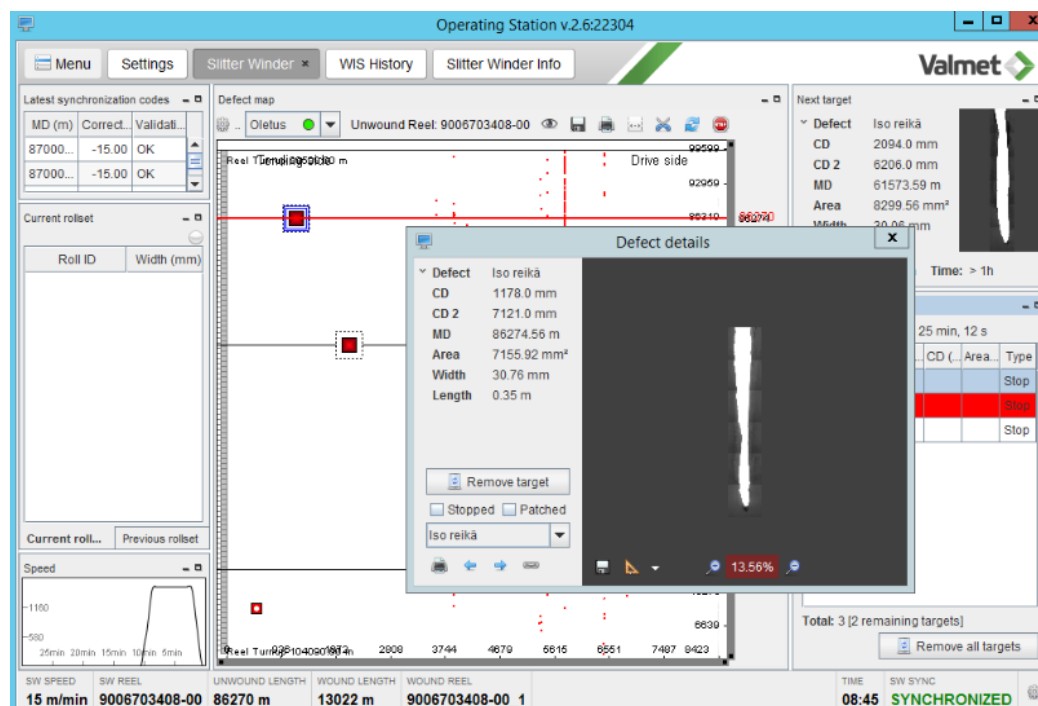
Kahden eri palkin avulla saadaan tärkeää tietoa pohjapaperin vioista sekä myös vioista, jotka päätyvät konepaperiin päällystyksen jälkeen. Lisäksi välirullaimella on käytössä pysäytysautomaatiikka, jolloin välirullain pysähtyy automaattisesti valitun vian kohdalle

Käyttöliittymästä voidaan seurata molempien vikakarttoja yhtäaikaaisesti. Pohja- ja konepaperin vioille on määritelty hyvin samankaltaiset vikaluokat, mutta niiden koluokittelussa ja symboloinneissa on eroja.

## 7.2 Vikaan pysäytysautomaatiikka välirullaimella

Vianilmaisin- ja katkokamerajärjestelmän uusimisen ohella välirullaimelle asennettiin vikaan pysäytysautomaatiikka, jonka avulla välirullain on mahdollista pysäyttää automaattisesti valitun vian kohdalle. Viat valitaan WIS-historiasta välirullattavan konerullan tiedoista. Paperikoneen rullaimella paperiradan reunaan merkataan pituuskoodi, joka luetaan välirullaimella. Pituuskoodin lukija tuo tiedon välirullaimen WIS-käyttöliittymään, jolloin voidaan paikantaa paperin sijainti välirullaimella.

Pituuskoodi on paperiradan reunaan 1000 metrin välein suihkutettu yhtenäinen viiva. Koodi luetaan välirullaimen auki rullauksessa VisiEye- koodinlukijalla. Poistettu vika voidaan merkata paikatuksi tai, että siihen on pysähdetty. Alla olevassa kuvassa on esitetty välirullaimen WIS-käyttöliittymä.



Kuvio

## 8. WIS –käyttöliittymä välirullaimella

### 7.3 Vikaluokat

Molemmille vianilmaisinjärjestelmän palkkien havaitsemille vioille on määritelty omat vikaluokat. Vikaluokkia ovat mm. reiät, tummat tai vaaleat täplät, repeämät tai reunarisat. Järjestelmän havaitsemat vikat ilmaistaan vikakartalle erilaisilla symboleilla. Tässä tapauksessa pohjapaperin repeämää kutsutaan LB-reiäksi ja hyvin pientä

pohjapaperin reikää nimellä pinhole. Palkkien vikaluokat on esitetty alla olevissa kuvissa.

Vikaluokat					
Palkki		Pohjapaperi Läpivalaisu		Ominaisuudet	
				Koko	Hallinnoi
Nimi	Kuvake	Kategoria	Kokoluokittelu	Min	Max
Harva		Harva		40	99 999
Juova		Juova		3	9 999
LB-reikä		LB-reikä		5	999 999
Pieni reikä		Reikä		5	60
Pieni tumma täplä		Tumma		5	60
Pieni vaalea täplä		Vaalea		5	60
Pinhole		Reikä		0	5
Reunarisia		Reunarisia		1	9 999
Rynkky		Halkkiviru		15	9 999
Suuri reikä		Reikä		60	9 999
Suuri tumma täplä		Tumma		60	9 999
Suuri vaalea täplä		Vaalea		60	9 999
Viiru		Viiru		0	0
Öjy		Öjy		3	99 999

Kuvio 9. Pohjapaperin vikaluokat

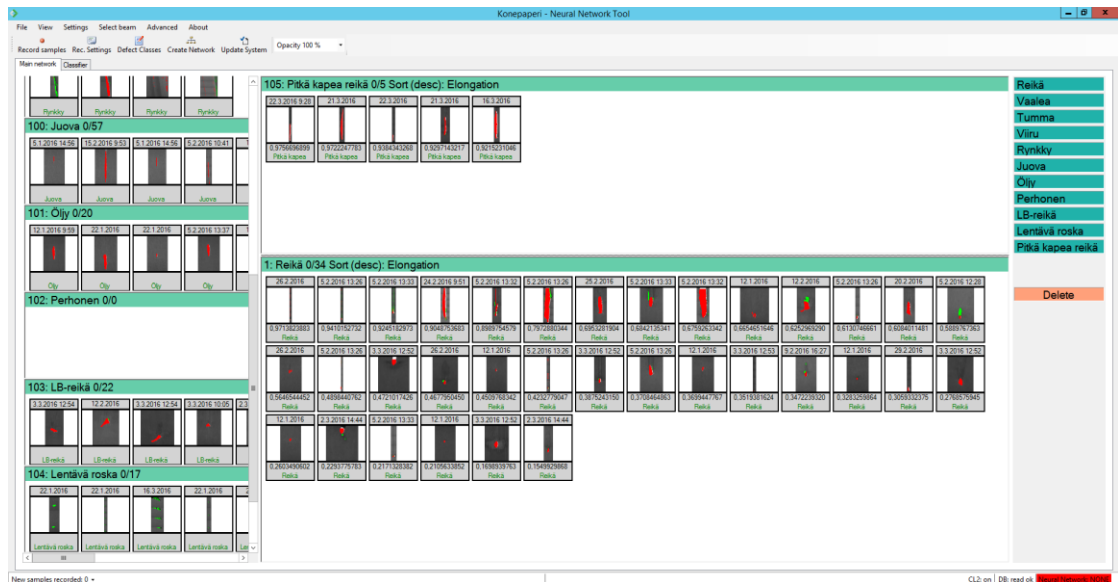
Vikaluokat					
Palkki		Konepaperi Läpivalaisu		Ominaisuudet	
				Koko	Hallinnoi
Nimi	Kuvake	Kategoria	Kokoluokittelu	Min	Max
Halkkiviru		Halkkiviru		1	9 999
Iso reikä		Reikä		500	99 999
Juova		Juova		5	99 999
Keski-suuri reikä		Reikä		60	300
Pieni reikä		Reikä		1	60
Pieni tumma täplä		Tumma		5	60
Pieni vaalea täplä		Vaalea		10	100
Pätkäviiru		Viiru		20	500
Repeämä		LB-reikä		3	99 999
Reunarisia		Reunarisia		10	9 999
Suurehko reikä		Reikä		300	500
Suuri tumma täplä		Tumma		60	9 999
Suuri vaalea täplä		Vaalea		100	9 999
Viiru		Viiru		500	9 999
Öjy		Öjy		0	9 999

Kuvio 10 . Konepaperin vikaluokat

## 7.4 Neural Network

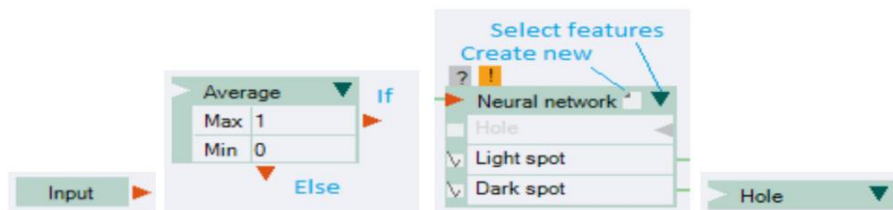
Neural network on WIS- vianilmaisinjärjestelmän luokittelun työkalu. Se muodostuu itse neuroverkosta sekä päättelyketjusta. Vikojen näytteet kerätään neuroverkkoon, jossa ne voidaan lajitella haluttuun vikaluokkaan. Näytteitä voidaan lajitella ja tutkia niiden ominaisuuksien mukaan. Työkalun avulla voidaan testata mihin vikaluokkaan valittu näyte luokitellaan olemassa olevan luokittelupuun sekä myös neuroverkon pohjalta. Neural network- työkalulla on myös mahdollista luokitella konerullien viat uudelleen.



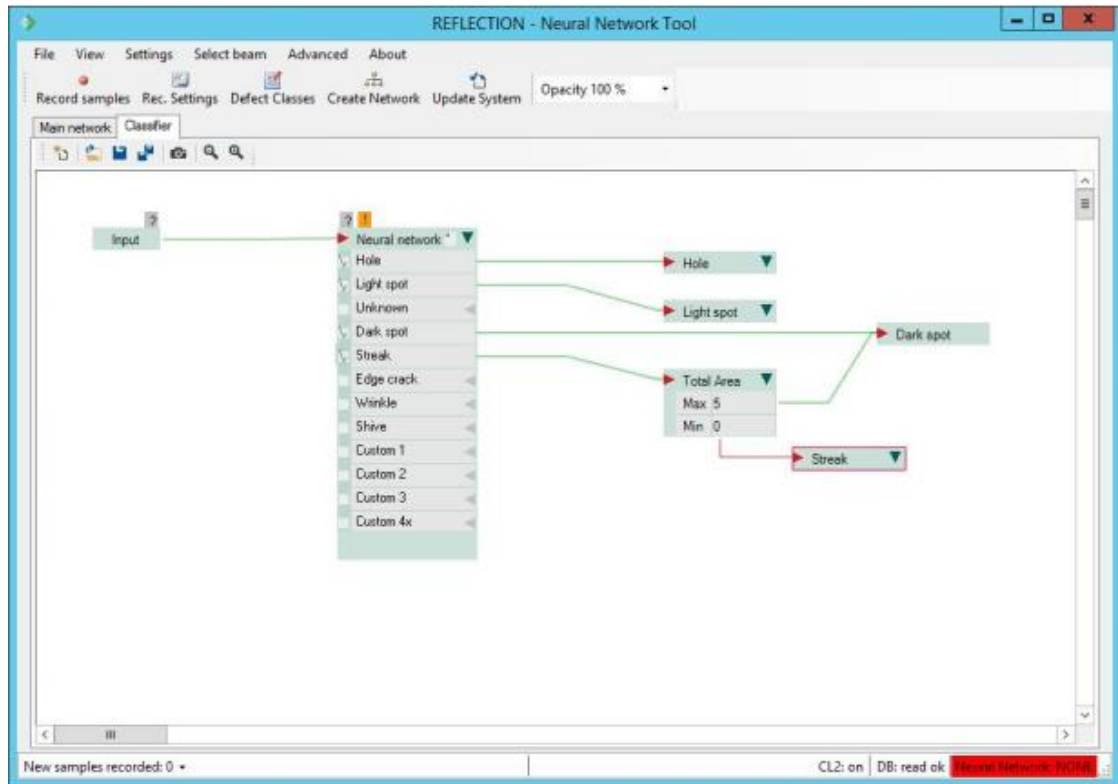


Kuvio 11. Neural network -työkalu

Päätelyketju muodostuu neljästä erilaisesta blockista, joita yhdistelemällä luodaan polku datalle. Input- toimii datan lähtöpisteenä. If- else on kytkin, jolle voidaan määrittää haluttu ominaisuus sekä arvo, jolla ehto toteutuu. If-else kytkimeen valittavat piirteet on esitetty liitteinä opinnäytetyön loppuosassa Neural network on blocki, joka vertaa dataa neuroverkossa oleviin näytteisiin. Class on vikaluokka, joka toimii päätepisteenä datalle.



Kuvio 12. Päätelyketjun blockit



Kuvio 13. Päättelyketju

## 8 Tutkimusosio

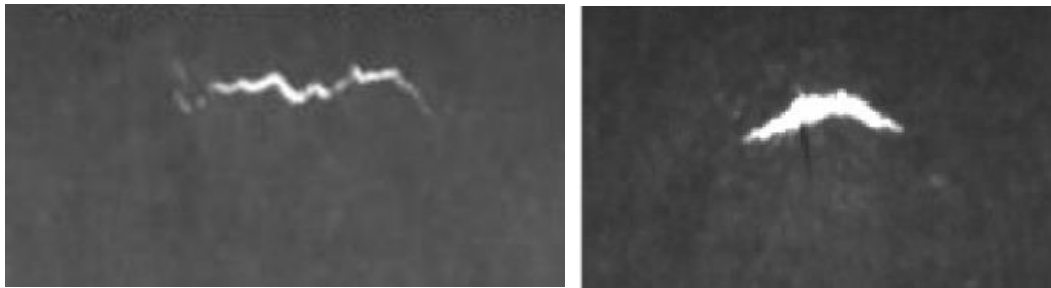
### 8.1 Tutkimusmenetelmä

Vianilmaisjärjestelmän luokittelun kehittämiseksi oli ensin selvitettävä millaisien vikojen luokittelussa on kehitettävää. Ongelmakohtien selvittämisen jälkeen oli kerättävä riittävä määrä dataa kyseisistä vikaluoista, jotta luokittelu voidaan kehittää oikeellisemmaksi. Dataa kerättiin viemällä vikakuvien näytteitä neuroverkkoon. Neuroverkossa on mahdollista tutkia vikojen visuaalisia ominaisuuksia ja vertailla niitä muihin vikaluoikiin. Kun vioista oli kerätty riittävä määrä dataa ja saatu niiden tyypilliset ominaisuudet selville oli mahdollista alkaa tekemään muutoksia luokittelupuhun.

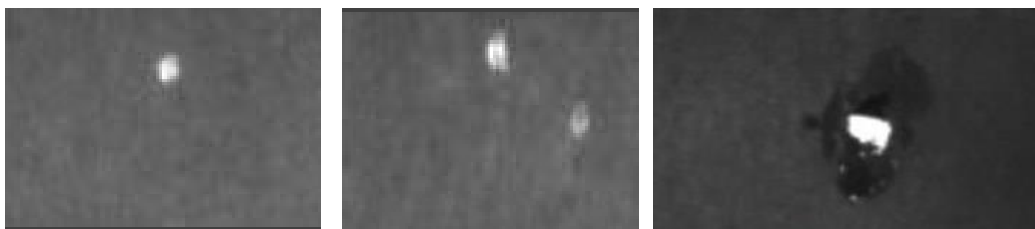
## 8.2 Tutkimuksessa havaitut kehityskohteet

Kehitettävää luokittelun suhteen havaittiin olevan useiden vikatyyppejen kohdalla, kuten reikien, rynkkyjen, harvojen kohtien, vaaleiden täplien sekä erityisesti repeämien kohdalla. Repeämien luokittelu niin pohja- kuin konepaperillekin oli heikko, sillä suurin osa järjestelmän ilmaisemista repeämistä olivat todellisuudessa reikiä, kun taas toisaalta repeämiä oli luokiteltu rei'iksi. Vain hyvin pieni osa palkkien ilmaisemista vioista, jotka oli luokiteltu repeämiksi oltiin luokiteltu oikein.

Repeämien havaitseminen paperista on tärkeää painokoneen ajettavuuden kannalta, jossa ne usein aiheuttavat katkon. Tästä syystä toimeksiantajan puolelta painotettiin repeämien oikein luokittelemisen merkitystä, jolloin kyseisen vian luokittelemisen on otettu tässä opinnäytetyössä erityisesti huomioon.



Kuvio 14. Pohjapaperin repeämiä

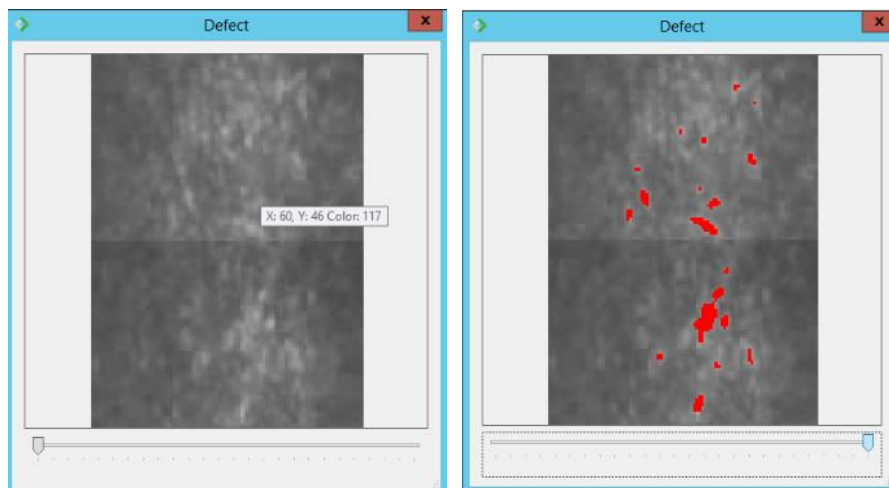


Kuvio 15. Repeämiksi luokiteltuja pohjapaperin reikiä ja vaaleita täpliä



Kuvio 16. Konepaperin repeämiä

Molempien palkkien havaitsemien vaaleiden täplien vikalokasta löytyi satunnaisesti myös reikiä. Toisinaan myös vaaleita täpliä luokiteltiin rei'iksi. Valtaosa harvoiksi kohdiksi ilmaistuista vioista oli pitkulaisia päällystevikoja. Oikea harva kohta sisältää useita vaaleita alueita erillään toisistaan.



Kuvio 17. Harva kohta



Kuvio 18. Väärin luokiteltuja pohjapaperin vikoja

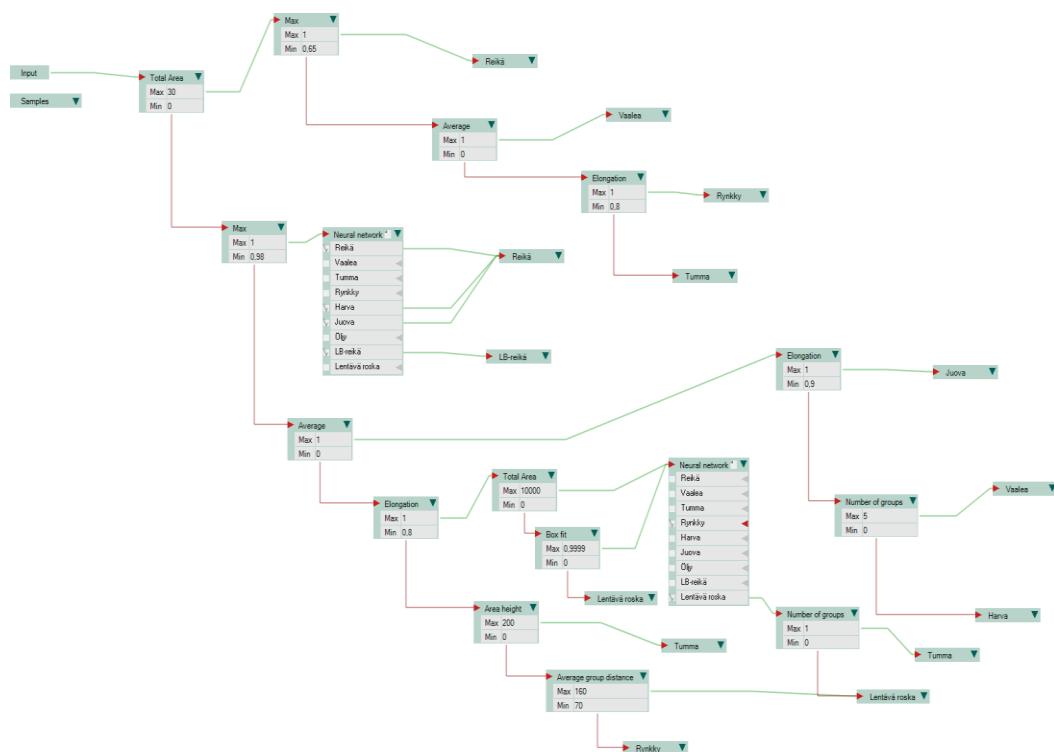
### 8.2.1 Lähtökohdat

Pohjapaperin luokittelussa reikien ja repeämien erottelu oli toteutettu vain yhden pinta-alan, harmaatason ja neuroverkon avulla. Luokittelun ongelmana oli näytteiden vähäinen määrä neuroverkossa sekä vikojen pinta-alan vaihtelevuus, jolloin kaiken kokoisia repeämiä, reikiä ja harvoja kohtia vertailtiin keskenään neural network -blockissa, mikä aiheuttaa väärin luokittelua.

Pohjapaperin vaaleat läntit, jotka luokiteltiin väärin rei'iksi, ovat niin vaaleita, että ne saavat toisinaan saman harmaatason arvon reikien kanssa, jolloin ne päätyvät väärään

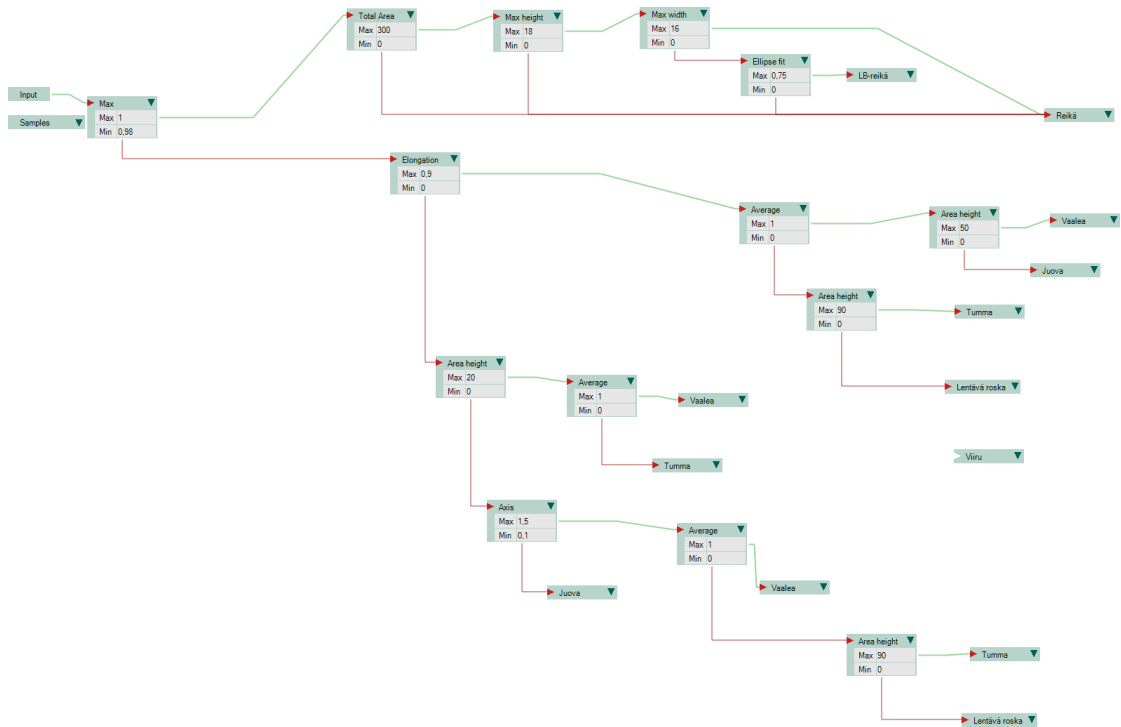
vikaluokkaan. Myös harvojen kohtien harmaatso saa toisinaan arvon 1, jolloin niitä luokiteltiin rei'iksi.

Rynkyistä ei ollut olemassa kunnollista vikadataa. Rynkkyjä kuitenkin esiintyy toisinaan konelinjalla, mutta ne useimmiten aiheuttavat katkon viimeistään päällystys- asemille, jolloin niistä ei kyetä saamaan vikakuvia. Rynkyn vikaluokkaan luokiteltiin useita tummia vikoja, kuten esimerkiksi likaa.



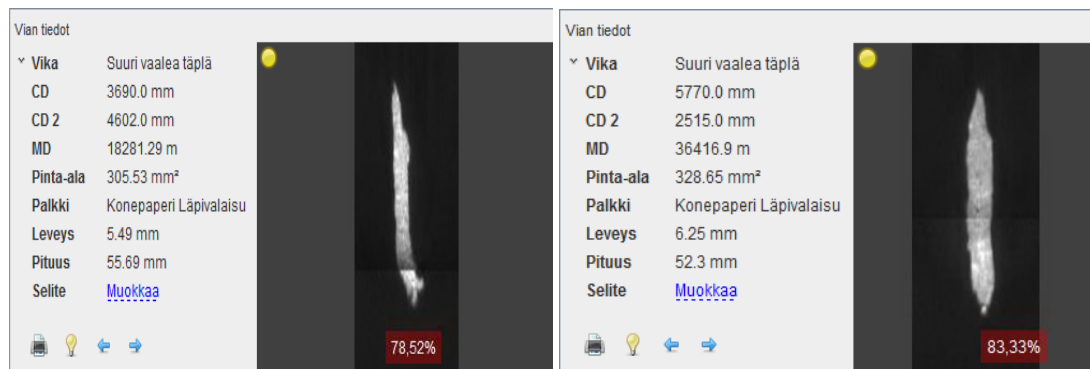
Kuvio 19. Pohjapaperin luokittelupuu

Konepaperin luokittelupuussa repeämien ja reikien erottaminen toisistaan oli toteutettu havaitun vian harmaatason, yhden pinta-alan, korkeuden, leveyden sekä elliptisyyden avulla. Tällaisella toteutuksella suuremmat repeämät luokiteltiin suoraan rei'iksi eikä pinta-altaan pienempienkään repeämien luokittelu ollut vielä riittävällä tasolla.



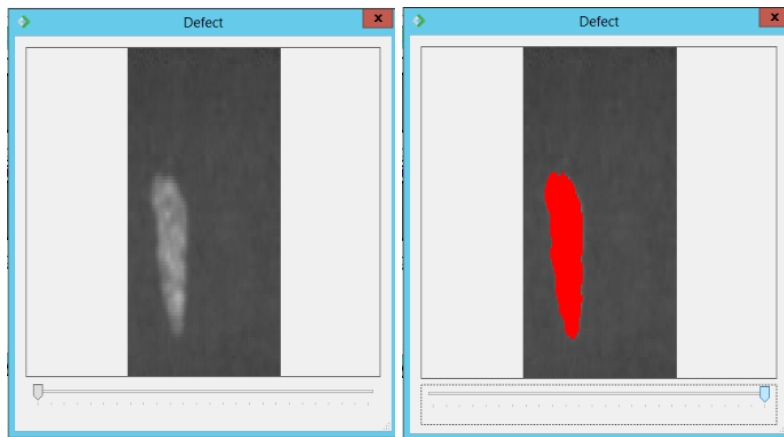
Kuva 20. Konepaperin luokittelupuu

Tutkimuksissa havaittiin myös, että reiäitä luokiteltiin satunnaisesti vaaleiksi täpliksi. Yleensä kaikki reiät saavat täyden harmaatason arvon 1. Satunnaisissa tapauksissa harmaatason arvo jäi vaaditun alle, jolloin reiät luokiteltiin vaaleiksi länteiksi.



Kuvio 21. Väärin luokiteltuja reiäitä

Toisinaan konepaperista havaitut hyvin vaaleat läntit saavat myös arvon 1, jolloin niitä luokiteltiin rei'iksi. Vaaleiden länttien pitkulainen muoto voi muistuttaa joitakin reiäitä, jolloin kyseisten vikojen luokittelu on haastavaa.



Kuvio 22. Vaalea läntti

### 8.3 Vikojen luokittelun kehittäminen

Olemassa oleva vikojen luokittelu ei toiminut vaaditulla tasolla. Luokittelun oikeellisuuden kehittämiseksi oli ensin kerättävä riittävä määrä vikakuvia tutkittavista vi-oista. Kerätyn datan perusteella huomattiin, että molempien palkkien havaitsemien repeämien koko vaihtelee, jolloin neuroverkko- blockin toiminnan luotettavuuden lisäämiseksi ja kyseisten vikojen ominaisuuksien vertailemisen helpottamiseksi neuroverkon repeämien näytteet jaettiin omiin luokkiinsa niiden pinta-alan mukaan. Tällä tavoin Neural network- blockin ei tarvitse vertailla vikoja niin laajalla skaalalla vikoja. Myös molempien palkkien reikien näytteet jaettiin kolmeen ryhmään luokittelun kehittämiseksi.

	Reikä yli 300
	Vaalea
	Tumma
	Viiru
	Halkiviiru
	Juova
Reikä	Öljy
Vaalea	Perhonen
Tumma	LB-reikä 150- 300
Viiru	Lentävä roska
Rynkky	Pitkä kapea reikä
Juova	LB-reikä yli 300
Öljy	LB-reikä 150- 0
Perhonen	Reikä 150- 0
LB-reikä	Reikä 150-300
Lentävä roska	Reikä konepa...
Pitkä kapea reikä	Repeämä

Kuvio 23. Neuroverkon vikaluokat (uudempi oikealla)

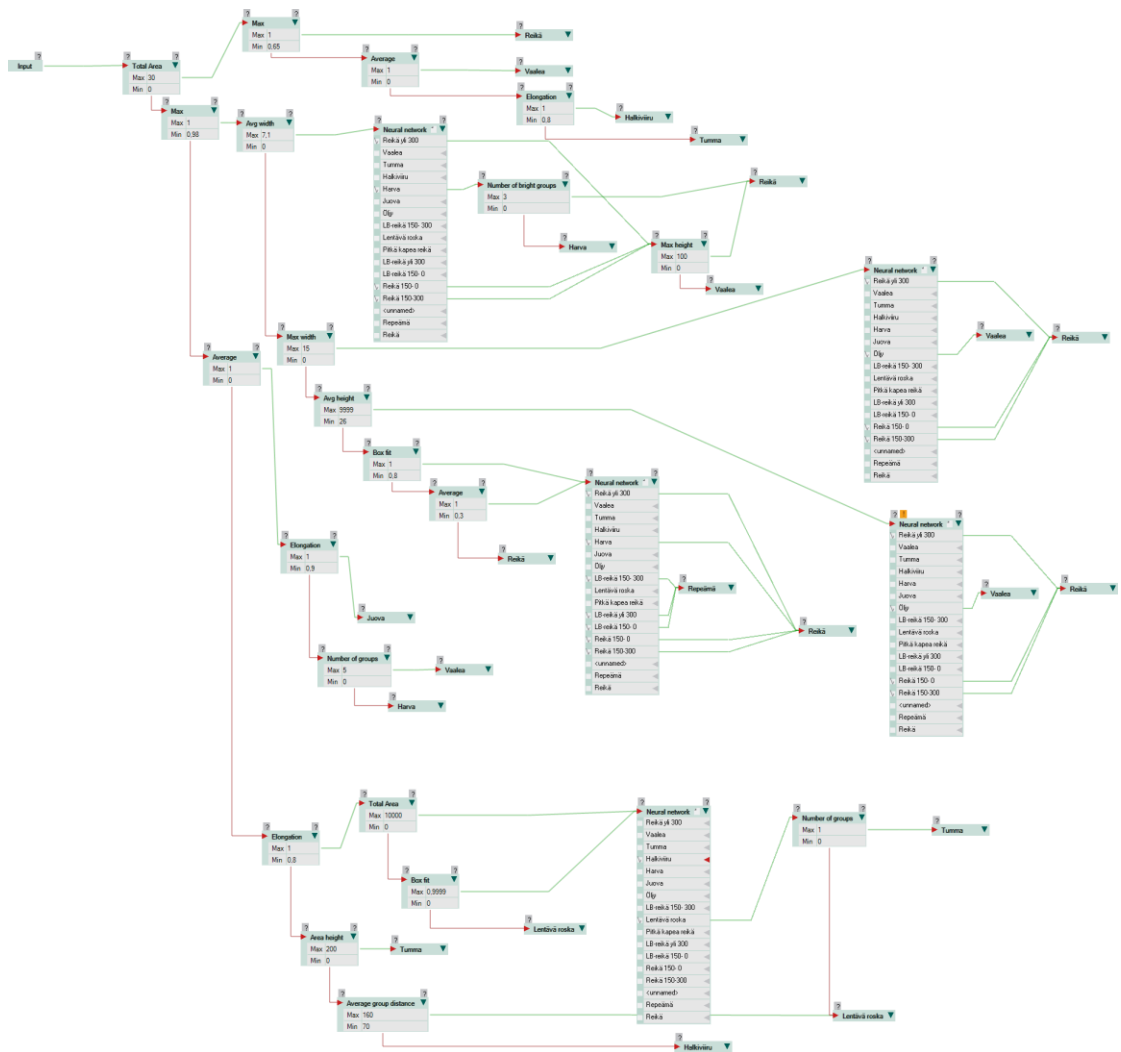
### 8.3.1 Pohjapaperi

Pohjapaperin luokittelupuuhan tehtiin seuraavan sivun kuvan mukaiset muutokset. Repeämien luokitteluun lisättiin ehtoja, joilla voidaan suoraan erotella selkeitä reikiä repeämistä. Repeämät ovat usein poikittaissuunnassa reikiä pidempiä vikoja, jotka eivät ole kovin korkeita, jolloin luokittelupuun ehtoihin lisättiin blockeja, jotka määrittävät vialle vaaditun leveyden ja korkeuden. Joidenkin reikien vikakuvisa saattoi olla tummia alueita, jolloin niiden keskimääräinen harmaataso oli alle arvon 0, kun taas kaikkien repeämien keskimääräinen harmaataso oli aina lähellä arvoa 1. Viimeisenä blockina repeämien luokitteluun käytettiin neural networkia. Neuroverkko vertaa havaitun vian ominaisuuksia kerättyihin näytteisiin, jonka perusteella vika päätyy vikaluokkaansa.

Harvojen kohtien luokittelun kehittämiseksi neuroverkosta karsittiin huonot näytteet ja luokittelupuuhan lisättiin neuroverkko -blocki, joka vertaa reikien näytteitä harvoihin kohtiin. Harvojen kohtien vikakuvat sisältävät useamman vaalean alueen, jolloin luokitteluun lisättiin ehto, joka määrittää näytteestä havaittujen vaaleiden ryhmien määrän.

Vaaleita länttejä luokiteltiin toisinaan rei'iksi. Väärin luokitellut vaaleat läntit ovat usein öljyä tai vettä, joilla on pitkulainen muoto. Luokittelun kehittämiseksi luokittelupuuhan lisättiin kahteen kohtaan neuroverkko -blocki, joka vertaa reikien näytteitä öljy -vikaluokan näytteisiin, jolloin havaitut läntit luokitellaan vaaleiksi täpliksi. Pohjapaperin reiät eivät ole kovinkaan pitkiä, jolloin reikien ja pidempien vaaleiden länttien erottamiseksi toisistaan lisättiin ehto, joka määrittää rei'ille tyypillisen maksimi korkeuden.





Kuvio 24. Uusi pohjapaperin luokittelupuu

### 8.3.2 Konepaperi

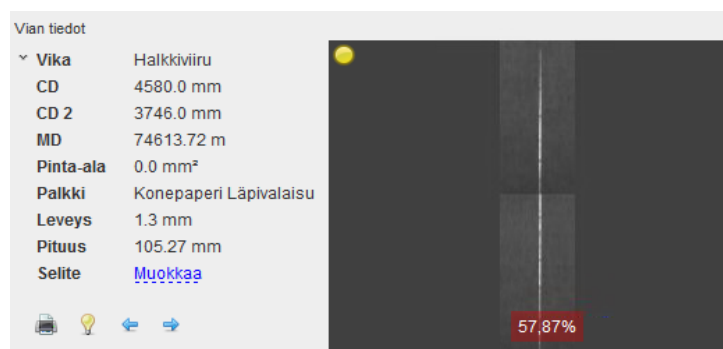
Yhtenä konepaperin luokittelun ongelmana oli reiät, jotka luokiteltiin vaaleiksi täp-  
liksi, koska niiden harmaataso ei täyttänyt vaadittua ehtoa. Harmaatason alarajaa las-  
kettiin arvosta 0,98 arvoon 0,94, jolloin kyseinen ongelma hävisi.

Konepaperin luokittelupuussa repeämiä ja reikiä eroteltiin vain yhden pinta-alan pe-  
rusteella (Total area 300- 0). Konepaperin repeämien vikakuvien ominaisuudet, kuten  
korkeus ja leveys vaihtelivat vielä enemmän kuin pohjapaperista havaittujen, jolloin  
konepaperin luokittelupuuhun luotiin repeämän luokitteluun kolme eri haaraa niiden  
pinta-alan perusteella. Jokaiseen haaraan luotiin useita ehtoja ennen neuroverko -  
blockia, jotta luokittelun toiminnasta saataisiin luotettavampaa.

Myös konepaperin palkki luokitteli toisinaan vaaleita länttejä rei'iksi. Vaaleutensa vuoksi läntit saattavat saada saman harmaatason arvon kuin reikä, jolloin väärin luokittelu tapahtuu. Lisäksi väärin luokiteltujen vaaleiden täplien muoto voi näyttää hyvin samalta kuin jotkin reiät. Konepaperin luokittelussa tätä tapahtuu kuitenkin harvoin, jolloin luokitteluun ei tehty muutoksia tämän osalta.

Rynkkyjen havaitseminen tiedettiin olevan haastavaa, eikä työn aikana ei saatu selkeitä vikakuvia rynkyistä, joiden perusteella olisi voinut tehdä muutoksia luokitteluun sen osalta.

Konepaperin vikojen tutkinnan aikana huomattiin, että pienen reiän vikaluokkaan luokiteltiin pitkiä ja ohuita vekkejä, joissa rata on hetkellisesti halki. Kyseinen vika nimettiin järjestelmään halkiviiruksi ja se vaihdettiin konepaperin rynkyn tilalle. Kyseiselle vialle oli helppo määrittää luokittelu sen visuaalisten ominaisuuksien vuoksi. Konepaperin uusi luokittelupuu on nähtävissä työn liitteistä.



Kuvio 25. halkiviiru

## 9 Vikojen poiston tehostaminen välrullaimella

Vikojen luokittelun oikeellisuudella on suora vaikutus vikojen poiston tehokkuuteen. Havaittujen vikojen täytyy olla luokiteltu oikein, jotta haitalliset viat huomataan ja poistetaan välrullaimella. Viat saattavat aiheuttaa katkon pituusleikkureilla, painokoneilla tai superkalantereilla, jossa ne voivat pilata myös telapakan.

Toisena tämän opinnäytetyön tavoitteena oli paperin vikojen poistomenetelmien ja ohjeistusten päivittäminen välrullaimelle. Välrullaimella on tärkeää olla ohjeet millaiset viat poistetaan. Vian kriittisyys riippuu useasta eri tekijästä, jolloin ei voida

määrittellä aivan tarkasti vaatimuksia vian poistamiselle vaan vian poistamispäätös perustuu myös välirullaimenhoitajan ammattitaitoon.

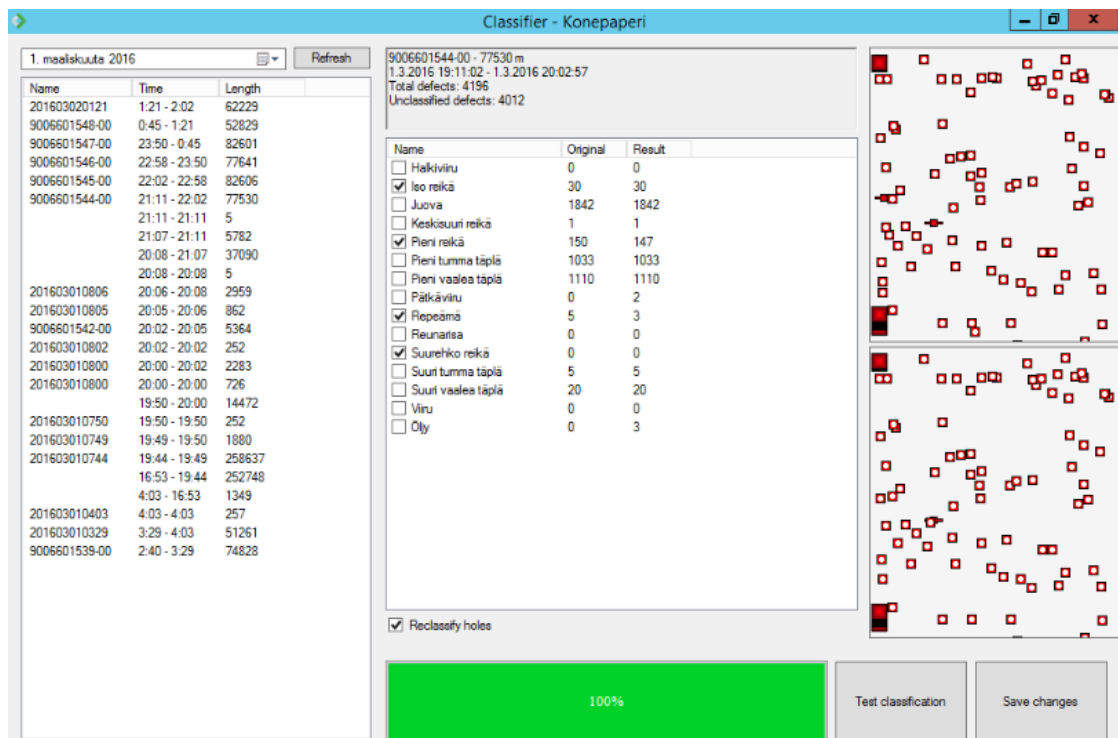
Välirullaimen ohjeistuksissa oli vanhaa tietoa, joka päivitettiin ajan tasalle. Ohjeistukset käsittelevät sitä, millaiset viat poistetaan ja millä menetelmällä sekä ohjeistetaan laadunhallintaa sekä raportointia välirullaimella.

## 10 Tulokset

### 10.1 Vikojen luokittelu

Tuloksien arvioimiseksi oli selvitettävä kuinka suuri osuus vioista luokiteltiin oikein ennen kuin muutoksia luokitteluun on tehty. Vertailuun valittiin kaikista huonoiten luokiteltu vika, joka oli repeämä molemmilla palkeilla. Tutkimusosiossa todettiin, että suurin osa järjestelmän ilmaisemista repeämistä oli todellisuudessa reikiä. Vikahistoriasta valittiin satunnaisesti konerullia, joissa vikoja on ilmaistu repeämänä. Havaituista repeämistä tehtiin taulukko, johon on kerätty ilmaistujen repeämien kappalemäärä sekä selvitetty vikakuvia tutkimalla onko repeämäksi ilmaistu vika oikein luokiteltu.

Palkkien luokitteluihin tehtyjen muutoksien jälkeen samat konerullat luokiteltiin uudelleen Neural Network -työkalun reclassify reels -ominaisuudella. Uudelleen luokittelun jälkeen on huomattavissa, että konerullista ilmaistujen repeämien määrä putosi huomattavasti, koska reikiä ei enää luokiteltu repeämiksi.



Kuvio 26. Uudelleenluokittelu työkalu

### 10.1.1 Pohjapaperi

Alla oleviin taulukkoihin on kerätty pohjapaperin vikakartoista vikoja, jotka ovat ilmaistuu repeäminä. Vasemman puoleisessa taulukossa on konerullista havaitut repeämiksi luokitellut viat ennen luokitteluun tehtyjä muutoksia ja oikeanpuoleisessa taulukossa samat konerullat uudelleen luokiteltuina. Konerullien vikakartoista ilmaistui 236 repeämäksi ilmaistua vikaa, joista oikein oli luokiteltu 7, jolloin oikein luokiteltujen repeämien osuus oli vain 3%. Liian monet pohjapaperin reiät luokiteltiin repeämiksi.

Konerulla	KPL	Oikein	Väärin
9006601535	19	0	19
9006601536	19	0	19
201603011255	9	0	9
9006601538	23	3	20
9006601539	26	0	26
9006601544	1	1	0
9006601550	2	0	2
9006601551	6	1	5
9006601556	4	1	3
9006601562	4	1	3
9006601565	3	0	3

KPL	Oikein	Väärin
0	0	0
0	0	0
0	0	0
3	2	1
1	0	1
1	1	0
0	0	0
0	0	0
1	1	0
1	1	0
0	0	0

9006601580	4	0	4	0	0	0
9006601472	6	0	6	0	0	0
9006601468	24	0	24	0	0	0
9006601465	16	0	16	0	0	0
9006601462	14	0	14	0	0	0
9006601455	14	0	14	0	0	0
9006601451	5	0	5	0	0	0
9006601449	3	0	3	0	0	0
9006601792	3	0	3	0	0	0
9006601794	6	0	6	0	0	0
9006601860	3	0	3	0	0	0
9006601864	4	0	4	0	0	0
9006601950	2	0	2	0	0	0
9006601954	16	0	16	0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>236</b>	<b>7</b>	<b>229</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>Oikein luokiteltu</b>	<b>3 %</b>			<b>71 %</b>		

Taulukko 1. Pohjapaperista havaitut repeämät

Vianilmaisinjärjestelmässä olevan virheen takia pohjapaperin uudelleenluokittelu-työkalu ei toiminut halutulla tavalla, jolloin se luokitteli myös kaikki oikein havaitut repeämät pieniksi rei'iksi. Tuloksien saamiseksi otannan konerullien pohjapaperin viat tuotiin neuroverkkoon, jossa luokittelua testattiin vikapuun avulla, jolloin huomattiin, että luokittelu toimi oikein.

Pohjapaperin luokitteluun tehtyjen muutoksien jälkeen viat tarkastettiin neuroverkossa. Muutoksien jälkeen repeämiksi luokiteltiin enää 7 vikaa, joka osoittaa, ettei pohjapaperin reikiä enää luokiteltu repeämiksi yhtä heikosti kuin ennen. Havaituista repeämistä 5/7 oli oikein luokiteltu. Edelleen pohjapaperin luokittelussa muutama pieni reikä luokiteltiin repeämäksi ja repeämä rei'äksi, mutta luokittelua saatiin tuloksen perusteella kehitettyä huomattavasti.

### 10.1.2 Konepaperi

Konepaperin viat onnistuttiin luokittelemaan uudelleenluokittelu-työkalulla. Repeämiksi ilmaistut konepaperin viat oli luokiteltu hieman alle 18% oikein ennen kuin muutoksia luokittelijaan oli tehty. Luokitteluun tehtyjen muutoksien jälkeen otannan repeämät luokiteltiin lähes 87% oikein.

Konerulla nro.	KPL	Oikein	Väärin
9006601535	5	0	5
9006601536	4	2	2
201603011255	3	1	2
9006601538	3	2	1
9006601539	4	0	4
9006601544	5	2	3
9006601550	5	0	5
9006601551	3	1	2
9006601556	3	2	1
9006601565	5	2	3
9006601580	1	0	1
9006601472	1	0	1
9006601468	7	0	7
9006601465	5	0	5
9006601462	9	0	9
9006601455	6	1	5
9006601451	2	1	1
9006601449	4	1	3
9006601792	3	0	3
9006601794	5	0	5
9006601860	2	0	2
9006601864	2	0	2
9006601950	1	0	1
9006601954	1	0	1
<b>Yhteensä</b>	<b>89</b>	<b>15</b>	<b>74</b>
<b>Oikein luokiteltu</b>	<b>16,85 %</b>		

KPL	Oikein	Väärin
0	0	0
2	2	0
0	0	0
2	2	0
1	0	1
3	2	1
0	0	0
1	1	0
2	2	0
2	2	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1	1	0
0	0	0
1	1	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
<b>15</b>	<b>13</b>	<b>2</b>
<b>86,67 %</b>		

Taulukko 2. Konepaperista havaitut repeämät

## 10.2 Yhteenveto

### 10.2.1 Luokittelun tulokset

Tuloksien perusteella repeämän luokittelua molemmille palkeille saatiin parannettua huomattavasti. Aikaisemmin suurin osa järjestelmän ilmaisemista repeämistä olivat todellisuudessa reikiä. Luokitteluun tehtyjen muutoksien jälkeen havaittujen repeämien oikeellisuus kasvoi molemmilla palkeilla. Edelleen jotkin repeämät ja reiät luokitellaan keskenään väärin, kuten taulukoista ilmenee. Väärin luokittelua tapahtuu helpommin mitä pienempi vika kyseessä on. Otantaan olisi ollut hyvä ottaa mukaan

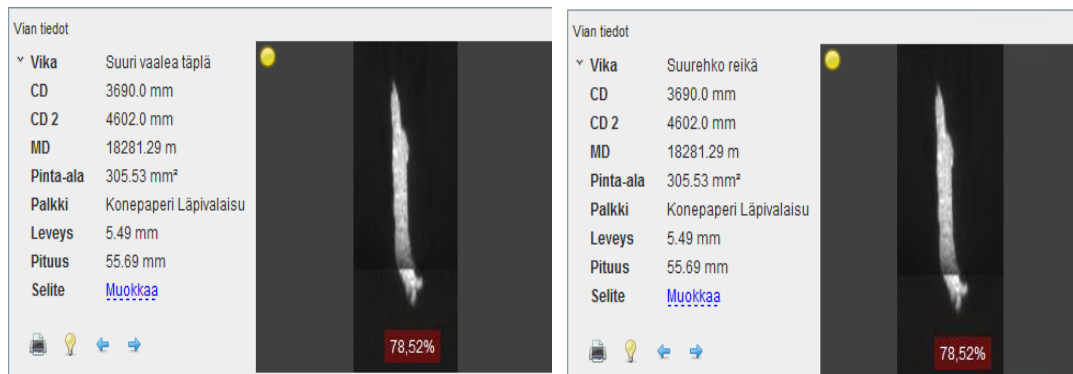
lisää konerullia, joissa olisi ollut oikeiksi havaittuja repeämiä, jolloin olisi todennäköisesti saatu tuloksena vielä parempi luokittelun oikeellisuus. Neuroverkkoon kerättiin työn aikana hyvin kattava määrä repeämien näytteitä. Näytteitä seuraamalla luokittelupuussa lähes jokainen repeämä luokiteltiin oikein.

Ennen luokittelijaan tehtyjä muutoksia useimmat harvojen kohtien näytteet luokiteltiin re'iksi tai vaaleiksi täpliksi. Harvojen kohtien vikakuvien tutkiminen osoitti, että ne sisältävät useamman vaalean alueen, jolloin luokittelijaan lisättiin neuroverkkosekä ehto blocki, joka määrittää minimi määrän havaituille vaaleille alueille. Kyseisillä muutoksilla ja huonoja näytteitä neuroverkosta karsimalla onnistuttiin neuroverkossa olevien näytteiden luokittelu saamaan lähes 60% oikein. Harvojen kohtien luokittelu on kuitenkin todella haastavaa. Tutkimusosion kuvasta 17 ilmenee, että vikakuvassa on havaittujen pikseleiden lisäksi useita muita vaaleita alueita, joiden pitäisi näkyä segmentoituna, jolloin on mahdollista, että harvasta kohdasta havaitaan todellisuudessa vain yksi vaalea pikseli, jolloin vika ilmaistaan edelleen reikänä tai vaaleana täplänä.

Rynkkyjen havaitseminen todettiin teoria osuudessa haastavaksi. Työn aikana ei saatu uutta vikadataa rynkyistä, jolloin niiden luokitteluun ei tehty myöskään muutoksia. Pohjapaperin rynkkyjen luokittelu jätettiin ennalleen, mutta konepaperin rynkyn tilalle luotiin uusi vikalokka, halkiviiru.

Tutkimuksissa havaittiin, että konepaperin pieniin reikiin luokiteltiin halki olevia viiruja. Konepaperista havaitaan paljon pieniä reikiä, jolloin on mahdollista, että kyseinen vika on voinut päätyä asiakkaalle asti. Luokittelijaan luotiin ehtoja, joilla halkiviirut eroteltiin rei'istä. Viivamaisen muotonsa vuoksi kyseinen luokittelu oli helppo toteuttaa.

Konepaperin reikiä luokiteltiin toisinaan vaaleiksi täpliksi, kyseinen väärin luokittelu tapahtui, koska väärin luokiteltujen reikien harmaatase ei saavuttanut vaadittua ehtoa, jolloin ne luokiteltiin vaaleiksi täpliksi. Vaadittua harmaatasoa laskettiin arvosta 0,98 arvoon 0,94. Tämän jälkeen ei suurista vaaleista täplistä havaittu enää työn aikana reikien vika kuvia.



Kuvio 27. Uudelleen luokiteltu konepaperin reikä

Pohjapaperista havaitut vaaleat viat, jotka luokiteltiin rei'iksi onnistuttiin luokittelemaan suurimmaksi osaksi oikein. Suuremmat vaaleat täplät oli helppo luokitella niiden pitkulaisen muotonsa takia, lisäämällä luokittelijaan ehto vian pituuden mukaan, sillä pohjapaperin reiät eivät yleensä ole kovin pitkiä. Väärin luokittelua ilmenee kuitenkin vielä toisinaan joidenkin pienten vaaleiden vikojen kanssa. Vaaleat täplät saavat saman harmaataso arvon kuin reiät eikä niitä voi pinta-alansa puolesta erottaa toisistaan, jolloin niiden luokittelu on haastavaa.

Vika näytteiden määrä neuroverkossa oli työn alkuvaiheessa niin pieni, ettei niiden perusteella voinut tehdä repeämien luokittelusta luotettavaa. Esimerkiksi pohjapaperin repeämistä oli työn alussa vain noin 20 näytettä ja konepaperin repeämistä alle 30 näytettä. Tällä hetkellä neuroverkko sisältää 94 näytettä pohjapaperin repeämistä sekä 116 näytettä konepaperin repeämistä. Näytteiden kerääminen on merkittävässä roolissa vikojen luokittelun kehittämisessä, sillä liian pienellä näytteiden määrällä ei saada riittävää tietoa vikojen ominaisuuksista, jolloin myöskään luokittelua ei voida rakentaa luotettavasti.

### 10.2.2 Luokittelijan ominaisuudet

Luokittelijan alkuperäiset ominaisuudet eivät olleet mielestäni riittäviä, jotta työnantajan vaatimat vikaluokat kyettäisiin luokittelemaan riittävälle tasolle. Luokittelija sisälsi alun perin 38 ominaisuutta. Järjestelmän toimittaja toi luokittelijaan 34 uutta ominaisuutta liittyen vian ympärysmittoihin, havaittujen pikseleiden määriin ja harmaatasoon. Näytteiden mitat ilmaistiin aiemmin vain pikseleinä, mutta vikojen koon hahmottamisen helpottamiseksi ominaisuuksia voi nyt vertailla myös millimetreissä.



Lisäksi neural network- työkaluun lisättiin ohjelmistopäivityksen myötä uusia ominaisuuksia kuten ominaisuuksien vertailu, rullien uudelleen luokittelu sekä näytejoukon testaus.

### 10.3 Vikojen poiston ja välirullaimen ohjeistukset

Välirullaimelle päivitettiin uudet ohjeistukset. Liitoksien eli karvien tekoon oli tullut uusi toimintatapa, jossa liitosteipin molemmat reunat tuli peittää sinettiteipillä. Tämä tieto lisättiin ohjeisiin. Vikojen paikkaamiselle ei ollut aiemmin olemassa ohjeistusta, jolloin välirullaimelle luotiin uusi asiakirja, jossa määritellään kuinka vikojen paikkaaminen suoritetaan ja minkälaiset viat paikataan. Lisäksi välirullaimelle luotiin yksinkertainen ohje kuinka vikaan pysäytysautomaattiikka käytetään, joka on luettavissa liitteistä sekä päivitettiin yleiset ohjeet liittyen välirullaimella tapahtuvaan laadunhallintaan sekä raportointiin.

## 11 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää vianilmaisinjärjestelmän luokittelun oikeellisuutta sekä paperin vikojen poistomenetelmien ja ohjeistusten päivittäminen välirullaimelle. Yhtenä työn tavoitteena oli alun perin myös tutkia paperin mahdollisten vikojen aiheuttajia, mutta aihe itsessään on niin haastava ja laaja, että siitä päätettiin luopua.

Vianilmaisinjärjestelmän luokittelua kehitettiin keräämällä tutkittavien vikojen näytteitä neuroverkkoon sekä muokkaamalla luokittelupuuta. Luokittelun kehittämisen tuloksia saatiin luokittelemalla uudelleen konerullista havaitut viat, jotka oli luokiteltu repeämiksi, jolloin todettiin, että vikojen luokittelun oikeellisuus kasvoi repeämien kohdalla molemmilla palkeilla huomattavasti. Tuloksissa todettiin aiemmin, että luokitteluun tehdyt muutokset paransivat myös reikien sekä vaaleiden täplien luokittelua. Tutkimusosiossa huomattiin myös haitallinen halkiviiru, joka luokiteltiin ennen väärin pieneksi reiäksi.

Kaikkien vikojen luokittelua ei onnistuttu parantamaan. Rynkyistä ei saatu uusia vikakuvia työn aikana, jolloin niiden luokitteluun ei voitu tehdä muutoksia. Harvojen kohtien luokitteluun tehtiin muutoksia, mutta kyseistä vikaa esiintyy todella satunnaisesti paperissa, jolloin muutoksien toimivuudesta ei ole vielä riittävästi näyttöä.

Tulosten varmentaminen jää paikoin ohueksi, mutta on otettava huomioon, että opinnäytetyön alussa vianilmaisjärjestelmä oli varsin uusi, jolloin suurin osa työhön käytetystä ajasta kului kunnollisen vikadatan keräämiseen. Konerullien vikahistoriassa on valtava määrä havaittuja reikiä, joista esimerkiksi repeämien etsiminen vei järkyttävän paljon aikaa. Luokittelun kehittäminen on kuitenkin jatkossa helpompaa, sillä neuroverkko sisältää nyt enemmän näytteitä, jolloin luokittelua on mahdollista toteuttaa luotettavammin.

Vikojen luokittelun kehittäminen osoittautui haastavaksi ja aikaa vieväksi työksi. Aluksi aikaa kului tutustuessa vianilmaisjärjestelmään sekä luokittelijaan. Työn alussa Valmetin kehittäjä opasti järjestelmän toimintoja paikan päällä. Lisäksi paljon aikaa kului vikadatan keräämiseen, sillä tutkittavia vikoja, kuten esimerkiksi repeämiä tai harvoja kohtia ei usein esiinny paperissa, lisäksi vianilmaisoin havaitsee valtavan määrän erilaisia vikoja paperista, jolloin tietynlaisten vikojen etsiminen vääristä vikaluokista vie valtavan määrän aikaa. Lisäksi luokittelun oikeellisuuden kehittämistä hidastivat myös muutamat ohjelmointi virheet vianilmaisjärjestelmässä.

On tärkeää, että vianilmaisimen havaitsemat viat on luokiteltu oikein. Väärin luokiteltu vika saattaa päätyä seuraavaan prosessin vaiheeseen, jossa se voi aiheuttaa katkon. Vikojen luokittelu on jatkuvaa työtä, sillä edelleen jokin järjestelmän havaitsema vika voidaan luokitella väärin. Jatkossa on tärkeää, että jos väärin luokittelua tapahtuu niin siitä informoidaan kehittäjille sekä otetaan näyte neuroverkkoon. Lisäksi käyttäjien olisi hyvä jatkossa seurata vianilmaisjärjestelmän kuntoa enemmän. Esimerkiksi valopalkit keräävät paljon likaa, jolloin palkit olisi syytä puhdistaa tasaisin välein.

Vianilmaisjärjestelmän kehittämiseksi olisi hyvä lisätä neuroverkon näytteisiin tietoa, mistä konerullasta vika on peräisin, sillä se helpottaisi vian etsimistä WIS-historiasta, kun suoritetaan uudelleen luokittelua.

Välirullaimen vikojen poiston seurannan avuksi WIS-käyttöliittymään olisi hyvä tuoda mahdollisuus merkitä pysäytykset paremmin. Tällä hetkellä vika voidaan merkata paikatuksi tai, että siihen on pysähdetty. Liitosten teolle tai leikatuille reunoille ei järjestelmässä ole olemassa tällä hetkellä mitään merkintä tapaa.

Lopputuloksena saavutettiin kuitenkin oikeellisempi luokittelu havaituille paperin vioille sekä välirullaimelle päivitettiin ohjeistukset, joissa määritellään menetelmät ja kriteerit vian poistamiselle, ohjeistetaan raportointia sekä laadunhallintaa. Lisäksi järjestelmän toimittajalle annettiin muutamia kehitysehdotuksia luokittelun parantamiseksi sekä toimittajaa informoitiin vianilmaisinjärjestelmän ohjelmiston virheistä, jolloin myös Valmetin suuntaan tehtiin kehitystyötä.

Oikeellisemmän vikojen luokittelun avulla vikoja voidaan poistaa tehokkaammin, jolloin voidaan estää niiden mahdollisesti aiheuttamat katkot, joka vaikuttaa suoranaisesti konelinjan tehokkuuteen sekä asiakasmenestykseen.

## Lähteet

Optinen vianilmaisu ja vikadiagnoosi. N.d Artikkeli Knowpap sivustolla. Viitattu 6.4.2016

[http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9\\_quality\\_measurements/13\\_paperweb\\_fault\\_diagnosis/frame.htm?zoom\\_highlightsub=vianilmaisn](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/13_paperweb_fault_diagnosis/frame.htm?zoom_highlightsub=vianilmaisn)

Process and Quality Vision. N.d. Artikkeli Valmetin sivustolla. Viitattu 6.4.2016

<http://www.valmet.com/products/automation/valmet-iq-quality-control-system/process-and-quality-vision/>

Vianilmaisu ja vikadiagnoosi. N.d Artikkeli Knowpap sivustolla. Viitattu 6.4.2016

[http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9\\_quality\\_measurements/13\\_1\\_paperweb\\_fault\\_diagnosis/frame.htm?zoom\\_highlightsub=vianilmaisn](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/13_1_paperweb_fault_diagnosis/frame.htm?zoom_highlightsub=vianilmaisn)

Välirullain. N.d Artikkeli Knowpap sivustolla. Viitattu 6.4.2016

[http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper\\_technology/9\\_reeling/7\\_rereeler/frame.htm?zoom\\_highlightsub=v%E4lirullain](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/9_reeling/7_rereeler/frame.htm?zoom_highlightsub=v%E4lirullain)

Yhtiö esittely. N.d. Artikkeli UPM sivustolla. Viitattu 2.4.2017

<http://www.upm.fi/UPM/Pages/default.aspx>



## Liite 2. Vikaan pysäytysautomatiikan hyödyntäminen

Välrullaimella on käytössä pysäytysautomatiikka, jolloin välrullain on mahdollista pysäyttää automattisesti valitun vian kohdalle. Pysäytysautomatiikan hallitsemiseen käytetään välrullaimen WIS- käyttöliittymän leikkuri/ rullain-sivua. Rullattava konerulla valitaan työkalupalkin kansio- kuvakkeesta.



Kuvakkeesta aukeaa lista paperikoneelta valmistuneista konerullista, joista valitaan välrullattava konerulla, jolloin valitun konerullan vikakartta aukeaa. Vikakartalta valitaan tarkastettavat/ poistettavat viat napsauttamalla vikaa kartalla, jolloin vian tiedot aukeavat uuteen ikkunaan. Ikkunassa voidaan lisätä vialle maali painamalla Add target (lisää maali) -painiketta. Maali voidaan lisätä vain kun välrullaimella on vielä aikaa pysähtyä valittuun kohtaan. Raja on normaalisti noin 2000m.

Load reel manually
✕

Reel No.

Producer

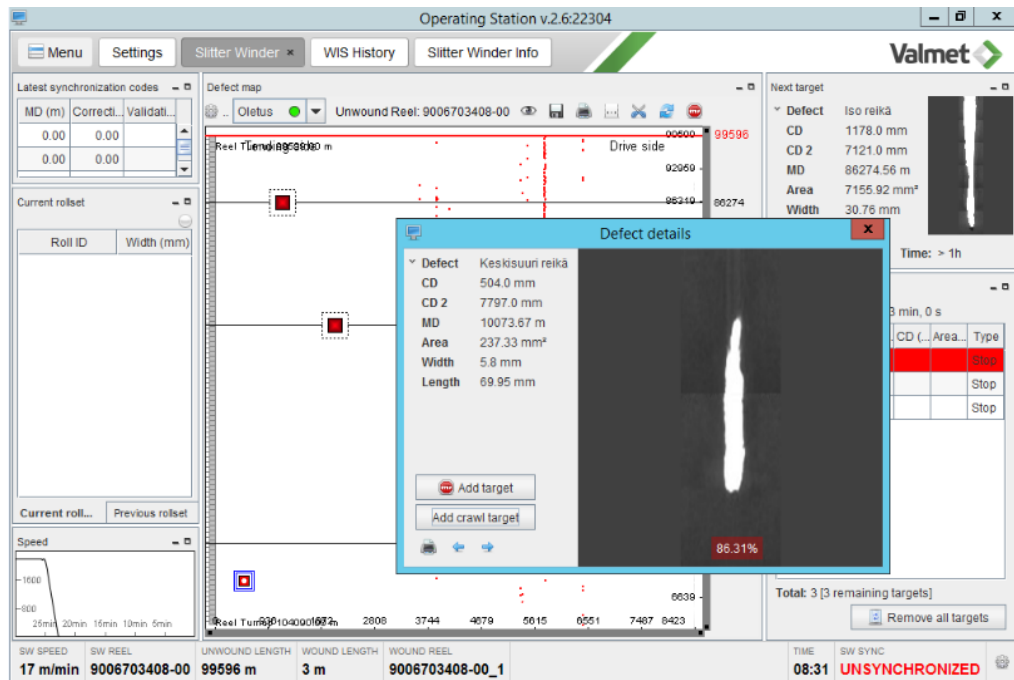
Grade

Date

Start time	Reel No.	
21 Apr - 13:58	201411140744	⏪
21 Apr - 13:47	201411140743	⏩
21 Apr - 13:35	201411140742	⏪
21 Apr - 13:24	201411140741	⏩
21 Apr - 13:13	201411140740	⏪
21 Apr - 13:02	201411140739	⏩
21 Apr - 12:51	201411140738	⏪
21 Apr - 12:40	201411140737	⏩
21 Apr - 12:28	201411140736	⏪

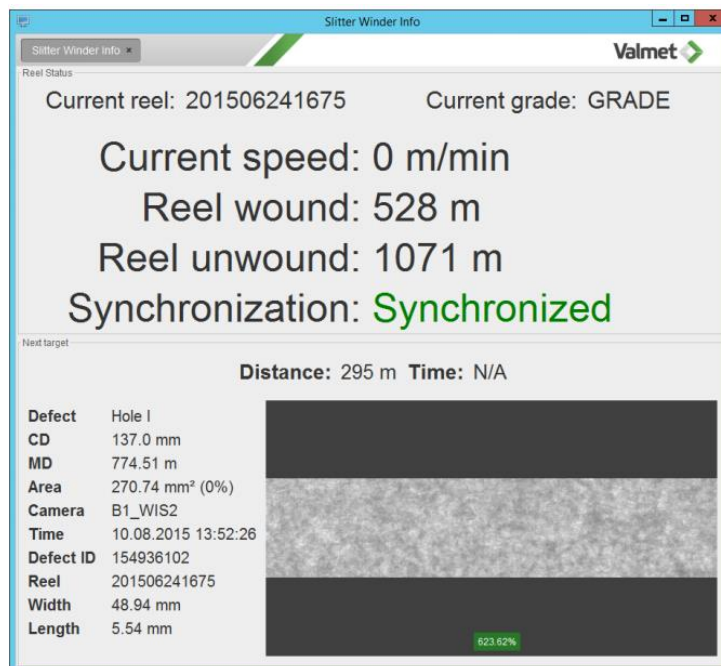
Unwound Reel

Reel



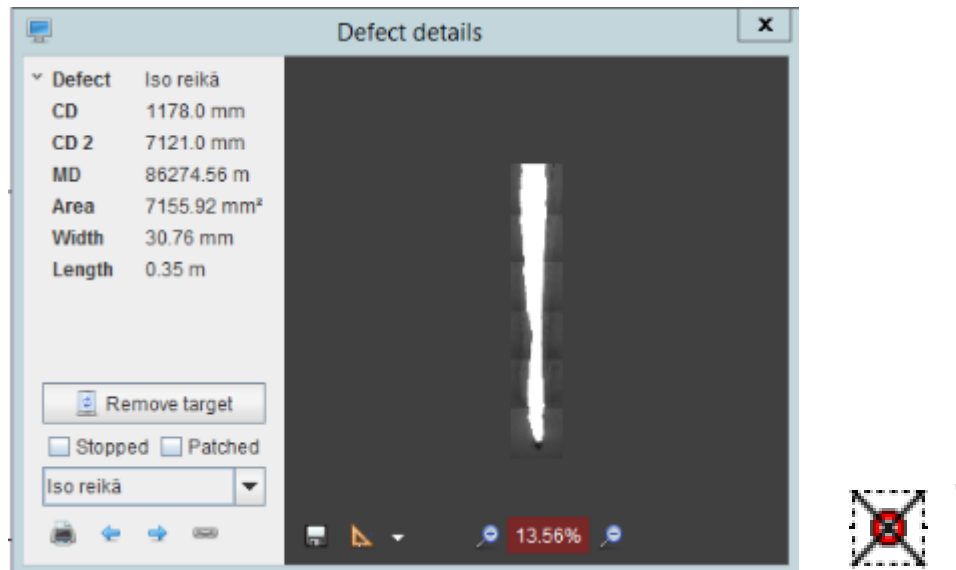
Pysäytysmaalien valitsemisen jälkeen välrullaimen käyttöpaneelista valitaan pysäytystapa painamalla vihreää pysäytystapa painokytäkintä. Tämän jälkeen välrullain voidaan laittaa ajolle.

Operointiasema- valikosta voidaan avata sivu "slitter winder info", josta näkee synkronointitilan, arvioidun ajoajan, pituuden seuraavaan pysäytykseen sekä pysäytyskohdassa tutkittavan vian sijainnin, mitat ja kuvan. Kyseinen sivu on mahdollista vetää erilliselle näytölle, jotta pysäytyksen tietoja voidaan seurata etäämpänä päänäytöstä.



Vialle tehdään tarvittavat toimenpiteet. Tehdyt toimenpiteet merkataan konerullan vikakartalle vikakuva napsauttamalla, jolloin aukeaa alla olevan kuvan mukainen ikkuna. Patched- ruutu valitaan, kun vika on paikattu. Paikattuja

vikoja ilmaistaan vikakartalla rastitetulla kuvakkeella. Ikkunasta voidaan myös luokitella vika uudelleen. Liitos merkataan kuvaan vain pysäytyksenä (stopped).



Kun konerulla on rullattu loppuun järjestelmä ilmoittaa rullauksen päätymisestä.



## Liite 3. Luokittelijan piirteet

## Classifier feature sets

2.3 Feature set		
#	Name	Description
1	Number of groups	Number of defects in image
2	Average group distance	Average distance between closest centers of mass
3	Group distance stdev	Standard deviation of distances between closest centers of mass
4	Average	Average gray level [-1 to 1]
5	Low average	Average gray level of pixels below gray level 0 [-1 to 0]
6	High average	Average gray level of pixels above gray level 0 [0 to 1]
7	Median	Median of gray level [-1 to 1]
8	Stdev	Standard deviation of gray level histogram
9	Skewness	Skewness of gray level histogram
10	Kurtosis	Kurtosis of gray level histogram
11	Min	Minimum gray level [-1 to 1]
12	Max	Maximum gray level [-1 to 1]
13	Total area	Total area of groups [pixels]
14	Average area	Average area of groups [pixels]
15	Area stdev	Standard deviation of group areas [pixels]
16	Box fit	Ratio of bounding box area containing all groups to total area
17	Line fit	Ratio of diagonal line length of bounding box containing all groups to total area (i.e. how well defect fits to a line)
18	Ellipse fit	Ratio of minimum ellipse of bounding box containing all groups to total area (i.e. how well defect fits to an ellipse)
19	Avg box fit	Average of bounding box ratios to areas
20	Avg line fit	Average of bounding box diagonals to areas

21	Avg ellipse fit	Average of ellipse bounding box minimum ellipses to areas
22	Area width	Width of bounding box containing all groups [pixels]
23	Area height	Height of bounding box containing all groups [pixels]
24	Max width	Largest bounding box width [pixels]
25	Max height	Largest bounding box height [pixels]
26	Avg width	Average bounding box width [pixels]
27	Avg height	Average bounding box height [pixels]
28	Bending energy	Average bending energy from curvature spectrum having arc length as measure
29	Bending S2	Variance of curvature spectrum
30	Average curve	Average curve from curvature spectrum
31	Axis orientation	Orientation: when vertical value is near zero (0)
32	Major axis length	Statistically determined length of major axis
33	Minor axis length	Statistically determined length of minor axis
34	Elongation	The object symmetry [0 to 1]. 0 is the 100% symmetrical, 1 is non-symmetric.
35	Hu1	First moment of Hu (area)
36	Hu2	Second moment of Hu (center of mass)
37	Hu3	Third moment of Hu (direction)
38	Hu4	Fourth moment of Hu
39	Hu5	Fifth moment of Hu
40	Hu6	Sixth moment of Hu
41	Hu7	Seventh moment of Hu
42	Number of black groups	Black defect groups
43	Number of dark groups	Dark defect groups
44	Number of bright groups	Bright defect groups
45	Number of white groups	White defect groups
46	Area width (mm)	Width of bounding box containing all groups [mm]
47	Area height (mm)	Height of bounding box containing all groups [mm]

48	Max width (mm)	Largest bounding box width [mm]
49	Max height (mm)	Largest bounding box height [mm]
50	Avg width (mm)	Average bounding box width [mm]
51	Avg height (mm)	Average bounding box height [mm]
52	CD1 (mm)	Cross distance [mm]
53	CD2 (mm)	Cross distance [mm]
54	Black area (mm <sup>2</sup> )	Total area of black pixels
55	Dark area (mm <sup>2</sup> )	Total area of dark pixels
56	Bright area (mm <sup>2</sup> )	Total area of bright pixels
57	White area (mm <sup>2</sup> )	Total area of white pixels
58	Total Area (mm <sup>2</sup> )	Total area of groups
59	Average area (mm <sup>2</sup> )	Average area of groups
60	Inner defect perimeter (mm)	Inner defect perimeter [mm]
61	Inner defect perimeter (px)	Inner defect perimeter [px]
62	Adjacent defect perimeter (mm)	Adjacent defect perimeter [mm]
63	Adjacent defect perimeter (px)	Adjacent defect perimeter [px]
64	Total perimeter (mm)	Total perimeter of defects [mm]
65	Total bright perimeter (mm)	Total perimeter of bright defect areas [mm]
66	Total dark perimeter (mm)	Total perimeter of dark defect areas [mm]
67	Largest defect perimeter (mm)	Perimeter of largest perimeter [mm]
68	Largest defect perimeter [bright] (mm)	Perimeter of largest bright area in defect [mm]
69	Largest defect perimeter [dark] (mm)	Perimeter of largest dark area in defect [mm]

70	Largest defect perimeter	Perimeter of largest perimeter [px]
71	Largest defect perimeter [bright]	Perimeter of largest bright area in defect [px]
72	Largest defect perimeter [dark]	Perimeter of largest dark area in defect [px]

Features 1...41 are available in feature set 2.0.