

Kuumanauhavalssauslinjan sitomakoneiden käytävarmuuden parantaminen

Joel Heikka

Opinnäytetyö

Helmikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Kunnossapito

Tekijä(t) Heikka, Joel	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Helmikuu 2018
	Sivumäärä 74	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kuumanauhavalssauslinjan sitomakoneiden käyntivarmuuden parantaminen		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen, Harri & Kivistö, Hannu		
Toimeksiantaja(t) SSAB Europe Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi SSAB Europe Oy:n Raahen terästehdas. Tavoitteena oli selvittää kuumanauhavalssaamon sitomakoneiden nykytilaa kunnossapidollisesta näkökulmasta, sekä kehittää toimenpiteitä, joilla sitomakoneiden käyntivarmuutta saadaan parannettua. Kunnossapidollisten toimenpiteiden kehittämisen lisäksi tavoitteena oli selvittää myös käyttöhenkilöstön toimintatapoja häiriötilanteissa, jotta niitä voidaan yhtenäistää. Työ kuului osaksi suurempaa projektia, jossa selvitetään kuumanauhavalssauslinjan käyntivarmuutta parantavia tekijöitä.</p> <p>Sitomakoneiden nykytilan selvittäminen aloitettiin keräämällä koneisiin liittyvät häiriöt sekä huollot käytettävissä olevista tietojärjestelmistä. Häiriöt ja huollot käytiin läpi sekä lajiteltiin eri kunnossapitoluokkiin luotettavuuden parantamiseksi. Häiriökirjauksia analysoitiin ELMAS-ohjelmiston avulla, jotta kunkin sitomakoneen kunnossapidolliset tunnusluvut saatiin selville. Lisäksi laitteiden tilaa selvitettiin haastattelemalla kunnossapidon sekä käytön henkilöstöä ja havainnoimalla huoltopäivien aikana koneille tehtyjä huoltotoita.</p> <p>Työn tuloksena saatiin listat kunkin sitomakoneen suurimmista häiriönaiheuttajista tarvittavine kunnossapidollisine toimenpiteineen, joilla käyntivarmuutta saadaan parannettua. Lisäksi tuloksena saatiin kehitysehdotuksia toimintatapojen yhtenäistämiseen sekä laitteiden kehittämiseen, joiden katsottiin parantavan sitomakoneiden käyntivarmuutta. Häiriöhistorian analysointia varten luotuja tiedostoja sekä tietoja voidaan jatkossa käyttää sitomakoneiden käyntivarmuuden seurantaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, käyntivarmuus, toimintatutkimus		
Muut tiedot		

Author(s) Heikka, Joel	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2018
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 74	Permission for web publication: x
Title of publication Improving the reliability of the strapping machines in the hot strip line		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri & Kivistö, Hannu		
Assigned by SSAB Europe Oy		
<p>Abstract</p> <p>The thesis was assigned by SSAB Europe Oy steel factory in Raahe. The goal of the thesis was to determine the current state of the strapping machines in the hot strip mill, from a maintenance perspective and to develop procedures that will help to improve the reliability of the machines. Besides improving the procedures from a maintenance perspective, the goal was also to determine the operators' actions when failures occur. The thesis was a part of a bigger project that concentrates on the reliability of the hot strip line.</p> <p>Determining of the current state of the strapping machines started by collecting all the data on the failures and maintenance actions from all the information systems. Failures and maintenance actions were examined and sorted into different areas of maintenance to improve the reliability of the thesis. The list of the failures was analysed by using a tool called ELMAS, so that all the needed parameters were determined. The current state of the machines was also inspected by interviewing operators and maintenance workers and by observing the maintenance actions.</p> <p>The outcome of the thesis was a list of the most significant reasons that were causing failures and procedures that will improve the reliability. Also, a list of development proposals for standardizing the actions of operators and to how to develop the machines was created. All the documents and data that was created to analyse the failures can be used for monitoring the reliability of the machines in the future.</p>		
Keywords/tags (subjects) Maintenance, reliability, action research		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	6
2	SSAB-konserni	6
2.1	SSAB Europe	7
2.2	Raahen terästehdas.....	7
2.2.1	Kuumanauhavalssaamo	9
3	Tutkimusmenetelmät	15
4	Kunnossapito.....	17
4.1	Kunnossapidon määritelmä ja käsitteitä.....	17
4.2	Kunnossapitolajit	19
4.3	Käyttövarmuus	19
4.4	ELMAS-ohjelmisto	20
4.5	Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä ARTTU	20
5	Opinnäytetyön toteutus	21
5.1	Työn rajaus ja tavoitteet.....	21
5.2	Prosessiin perehtyminen ja laitteiden määrittäminen.....	22
5.2.1	Kelain	22
5.2.2	Kelakuljetin	23
5.3	Sitomakoneet	24
5.3.1	Kelaimen sitomakone	24
5.3.2	Kelakuljettimen sitomakoneet	26
6	Sitomakoneiden nykytila ja vikahistoria	30
6.1	Sitomakoiden ennakkohuoltotyöt.....	31
6.2	Sitomakoneiden ELMAS-analyysi	31
6.2.1	Kelaimen kehäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset.....	32

6.2.2	Kelakuljettimen kehäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset	41
6.2.3	Kelakuljettimen silmäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset.....	48
6.3	Sitomakoneiden häiriöt suhteessa tuotantoon	53
7	Analyysien vertailu	56
7.1	Haastattelujen tulokset	57
8	Työn tulokset.....	58
8.1	TOP-5 häiriöiden tarkastelu ja kunnossapidolliset toimenpiteet	58
8.2	Sitomakoneiden käytinvarmuutta parantavia tekijöitä	64
9	Pohdinta.....	65
	Lähteet	68
	Liitteet	69
Liite 1.	Kelaimen kehäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot	69
Liite 2.	Kelakuljettimen kehäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot	70
Liite 3.	Kelakuljettimen silmäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot	71

Kuviot

Kuvio 1. Raahen terästehdas (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)	8
Kuvio 2. Raahen terästehtaan prosessikaavio (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)	9
Kuvio 3. Teräsaihio (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)	10
Kuvio 4. Askelpalkkiuuni (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)	11
Kuvio 5. Esinauha kelattuna coilboxilla, eli esikelaimella (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)	12
Kuvio 6. Nauhavalssaimet F1-F6	13
Kuvio 7. Valmiita kuumavalssattuja keloja (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.) ..	14
Kuvio 8. Nauhavalssaamon prosessikaavio (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.) .	15
Kuvio 9. Kattavuuden ja syvällisyyden suhde laadullisessa tutkimuksessa (Kananen 2008, 35.)	16
Kuvio 10. Kunnossapitolajit (PSK 7501:201, 32.)	19
Kuvio 11. ARTTU:n linkittyvät järjestelmät (lähdetviit)	21
Kuvio 12. Kelainten 3 ja 4 havainnekuva	23
Kuvio 13. Kelakuljettimen havainnekuva	23
Kuvio 14. Kehäsitomakone	25
Kuvio 15. Kelaimen kehäsitomakoneen vannelukko	26
Kuvio 16. Kehäsitomakoneet 1 ja 2	27
Kuvio 17. Kehäsitomakoneet 1 ja 2	28
Kuvio 18. Silmäsitomakoneet 1 ja 2	29
Kuvio 19. Silmäsitomakoneet 1 ja 2	29
Kuvio 20. Kelakuljettimen KSK:n vannelukko	30
Kuvio 21. Kelaimen kehäsitomakoneen seisonta-ajan kertymä	33
Kuvio 22. Kelaimen kehäsitomakoneen vika-/häiriölukumäärän kertymä	34
Kuvio 23. Vanteenvaihto -häiriön esiintyminen	36
Kuvio 24. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen	36
Kuvio 25. Ei sido automaatilla -häiriö	37
Kuvio 26. Ei toimi -häiriö	37
Kuvio 27. Vanteenohjauspyörät -häiriön esiintyminen	37

Kuvio 28. Testaus/mittaus/päivitys -häiriön esiintyminen	38
Kuvio 29. Kelaimen KSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen	39
Kuvio 30. Kelaimen KSK:n EH-työt ARTTU:n mukaan.....	40
Kuvio 31. Kelaimen KSK:n töiden ja ennakkohuoltotöiden jakaantuminen sekä kertymä	40
Kuvio 32. Kelakuljettimen KSK:n seisonta-ajan kertymä	41
Kuvio 33. Kelakuljettimen KSK:n vika-/häiriölukumäärän kertymä	42
Kuvio 34. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen.....	44
Kuvio 35. Testausta/päivitystä -häiriön esiintyminen.....	44
Kuvio 36. Ei toimi -häiriön esiintyminen	44
Kuvio 37. Sidonta paikka hukassa -häiriön esiintyminen	45
Kuvio 38. Vanteenvaihto -häiriön esiintyminen.....	45
Kuvio 39. Pistin/pistinlukitus -häiriön esiintyminen	46
Kuvio 40. Kelakuljettimen KSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen	46
Kuvio 41. Kelakuljettimen KSK:n EH-työt ARTTU:n mukaan	47
Kuvio 42. Kelakuljettimen KSK:n töiden ja ennakkohuoltotöiden jakaantuminen sekä kertymä	48
Kuvio 43. Kelakuljettimen SSK:n seisonta-ajan kertymä.....	49
Kuvio 44. Kelakuljettimen SSK:n vika-/häiriölukumäärän kertymä	49
Kuvio 45. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen.....	51
Kuvio 46. Vanne karkasi -häiriön esiintyminen	51
Kuvio 47. Ei toimi -häiriön esiintyminen	52
Kuvio 48. Katkoo vannetta -häiriön esiintyminen.....	52
Kuvio 49. Käsivarret kelaan kiinni -häiriön esiintyminen	52
Kuvio 50. Kelakuljettimen SSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen	53
Kuvio 51. 2017 valssatut tonnit.....	54
Kuvio 52. 2017 valssatut kappalemäärät	55
Kuvio 53. Sitomakoneiden häiriöiden kuukausittaiset kertymät 2017.....	55

Taulukot

Taulukko 1. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen.....	35
Taulukko 2. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain.....	35
Taulukko 3. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen.....	43
Taulukko 4. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain.....	43
Taulukko 5. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen.....	50
Taulukko 6. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain.....	50
Taulukko 7. ELMAS-analyysien vertailu.....	56
Taulukko 8. Sitomakoneiden ARTTU-töiden kustannukset.....	57

1 Johdanto

Kunnossapidon merkitys teollisuudessa on muuttunut merkittävästi viimeisimpien vuosikymmenten aikana. Kunnossapito koettiin aikaisemmin välttämättömänä pahana, ylimääräisenä kulueränä joka on pois koneiden tuotantoajasta ja lopulta yrityksen tuloksesta. Nykykäsityksen mukaan kunnossapito niveltyy osaksi yrityksen liiketoimintaa, se nähdään tuotantoa kannattelevana voimavarana ja yhä enemmän ollaankin siirretty korjaavasta kunnossapidosta ennakoivaan kunnossapitoon. Kun kunnossapitoon alettiin panostamaan enemmän resursseja, tuli laitteiden käyntivarmuudesta eräs merkittävä tekijä kunnossapidon mittarina. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää SSAB Europe Oy:n Raahen terästehtaan kuumanauhavalssauslinjan sitomakoneiden nykytila, jotta voidaan ehdottaa toimenpiteitä koneiden käyntivarmuuden parantamiseksi. Opinnäytetyö liittyy osaksi kokonaisuutta, jossa tarkastellaan kuumanauhavalssauslinjan käyntivarmuuden parantamista. Sitomakoneiden käyntivarmuus liittyy olennaisesti koko linjan toimintaan, sillä laitteiden vikaantumiset aiheuttavat vuositasolla ajallisesti merkittäviä linjahäiriöitä, joista osalla on suora vaikutus tuotantoon.

2 SSAB-konserni

SSAB on vuonna 1878 alun perin Domnarvet Järnverkinä toimintansa aloittanut, maailmanlaajuisesti toimiva terästehdas. Yritys on keskittynyt erikoisluihin teräksiin, karikaistuihin ja päästettyihin teräksiin, nauha- levy- ja putkituotteisiin sekä rakentamisen ratkaisuihin. (Tietoja SSAB:stä, SSAB lyhyesti N.d.)

SSAB lyhyesti:

- 57 miljardin kruunun liikevaihto vuonna 2015
- noin 16 000 työntekijää 50:ssä maassa
- vuosittainen teräksentuotantokapasiteetti 8,8 miljoonaa tonnia
- liiketoiminta jakautuu divisiooneihin: SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB Americas, Tibnor ja Ruukki Construction. (Raahen tehtaan esittelymateriaali 2016.)

2.1 SSAB Europe

SSAB Europe on johtava pohjoismainen, korkealaatuisten erikoislujien nauha-, kvarttolevy- ja putkituotteiden valmistaja. Teräksentuotanto tapahtuu neljässä eri toimipaikassa Luulajassa, Raahessa, Hämeenlinnassa ja Borlängessä. Lisäksi Oxelösundissa on tehdas, joka kuuluu SSAB Special Steel –divisioonaan ja Suomen ja Ruotsin alueella on useita erillisiä pinnoituslinjoja ja putkitehtaita. Työntekijöitä on yhteensä noin 6900. Terästehtaiden vuosittainen tuotantokapasiteetti on 4,9 miljoonaa tonnia. Pääasiakassegmentit ovat rakentaminen ja infrastruktuuri, autoteollisuus, teollisuussovellukset, raskas liikenne, energia, rakennuskoneet ja palvelukeskukset. (Tietoja SSAB:stä, liiketoiminta N.d.)

SSAB Europen terästuotteet jakautuvat seuraavasti:

- Kuumavalssatut nauha- ja levytuotteet
 - o Erittäin lujat teräslaadut
 - o Standarditeräkset
- Kylmävalssatut nauhatuotteet
 - o Erittäin lujat teräslaadut
 - o Standarditeräkset
- Putket, paalut ja profiilit
 - o Rakenneputket
 - o Ohutseinäputket
 - o Teräspaalut
 - o Kylmämuovatut teräsprofiilit
- Pinnoitetut
 - o Kuumasinkityt
 - o Maalipinnoitetut

(Raahan tehtaan esittelymateriaali 2016.)

2.2 Raahan terästehdas

Raahan terästehtaan historia lyhyesti:

- Rautaruukki Oy perustettiin vuonna 1960
- Tehtaan rakentaminen aloitettiin ja masuunin ja sintraamon koneistot tilattiin Neuvostoliitosta vuonna 1961
- Ensimmäinen masuuni valmistui ja rautatuotanto alkoi vuonna 1964
- Terässulatto ja karkealevyvalssaamo valmistuivat vuonna 1967
- Kuumanauhavalssaamo valmistui vuonna 1971
- Toinen masuuni käynnistettiin vuonna 1976, 1970-luvun lopulla henkilöstöä yli 7000
- Koksaamon molempien vaiheiden valmistuttua Rautaruukki tuli koksen suhteen omavaraiseksi vuonna 1992
- Rautaruukki otti käyttöön yhtenäisen markkinointinimen – Ruukki

- Ruukki ja ruotsalainen Svenskt Stål AB fuusioituivat SSAB:ksi 2014

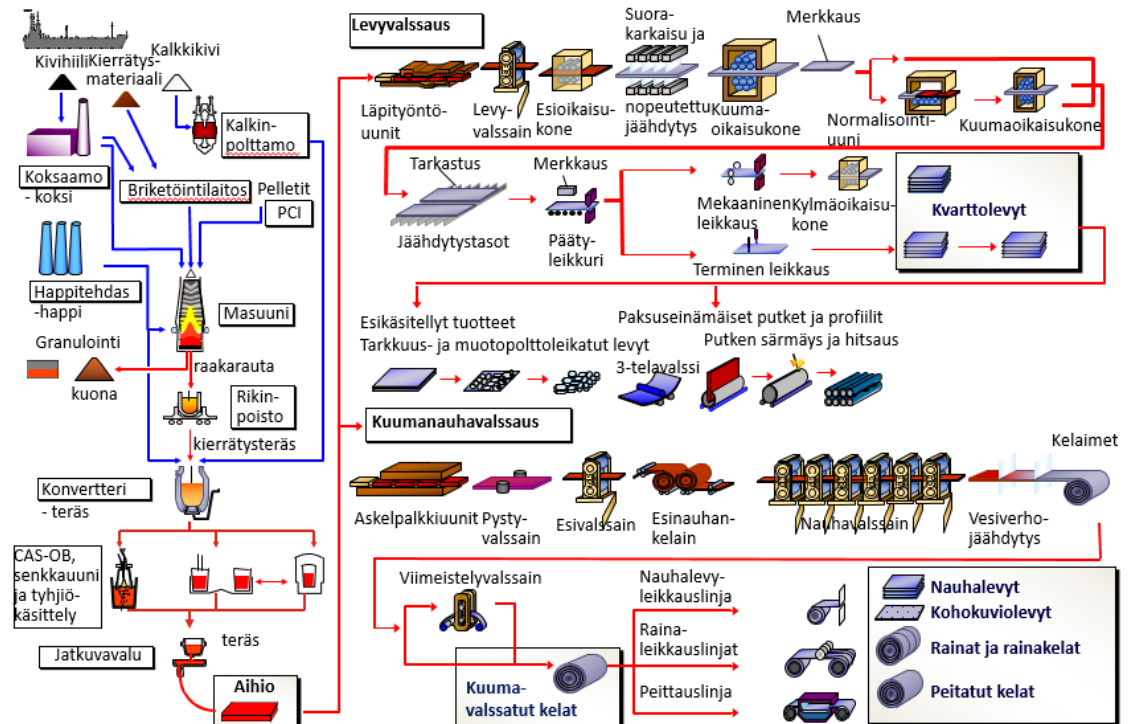
Tehdasalue on pinta-alaltaan noin 500 hehtaaria ja pitää sisällään noin 40 kilometriä teitä, yli 30 kilometriä rautateitä ja oman sataman. Satamassa käy vuosittain yli 500 laivaa ja tehtaalla noin 25 000 rekkaa sekä noin tuhat junaa. Viime vuosina tehtaalla on tehty investointeja yli 200 miljoonalla eurolla muun muassa uuteen ympäristöystävällisempään ja paremman hyötysuhteen voimalaitokseen, turvallisempiin, toimintavarmempiin, paremman tuotoksen ja kustannustehokkuuden tarjoaviin terässulaton konverttereihin ja raaka-ainekustannuksia alentaviin ja kustannustehokkuutta parantavaan hiili-injektioon masuuneille. Kuviossa 1 esitetään Raahen terästehdas. (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)



Kuvio 1. Raahen terästehdas (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

Teräksen pääraaka-aineena käytetään rautamalmia, joka saapuu tehtaalle pellettinä Ruotsista ja Venäjältä. Kivihiiltä tuodaan muun muassa Yhdysvalloista, Kanadasta ja Australiasta. Kalkkia tuodaan Ruotsista. Koksaamalla hiililaadusta valmistettu seos eli koksi siirretään masuuneille, joista saadaan raakarautaa sulaton käyttöön. Sulatolla

raakaraudan sekaan kaadetaan kierrätysterästä sekä tarvittavat lisäaineet, jotta lopputulos on juuri oikea, asiakkaan tilaama teräslaatu. Kuviossa 2 esitetään teräksen synty Raahen terästehtaalla.



Kuvio 2. Raahen terästehtaan prosessikaavio (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

2.2.1 Kuumanauhavalssaamo

Kuumanauhavalssaamolla aihiot muovataan valssaimien avulla keloiksi. Keloja voidaan jatkojalostaa nauhalevyleikkauslinjalla, rainaleikkauslinjoilla sekä peittauslinjoilla.

Kuviossa 3 esitetään jatkuvavalukoneilta tulleita aihioita.



Kuvio 3. Teräsaiho (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

Kuumanauhavalssaamalla aihiot lämmitetään askelpalkkiuuneissa punahehkuisiksi, jotta niiden muovaaminen on helpompaa. Lämmitetyt aihiot lastataan askelpalkkiuuneista rullaradalle, josta ne siirtyvät kohti pystyvalssainta. Kuviossa 4 esitetään askelpalkkiuuni uloslastauksen suunnalta.



Kuvio 4. Askelpalkkiuuni (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

Pystyvalssaimella aihio kavennetaan haluttuun leveyteen ja esivalssilla sopivaan väli-
paksuuteen, jolloin aihioista syntyy esinauha. Esinauha kelataan kelaksi coilboxilla, eli
esikelaimella. Coilboxilta esinauha siirtyy kohti nauhavalssaimia. Kuviossa 5 esitetään
coilboxilla oleva esinauha.



Kuvio 5. Esinauha kelattuna coilboxilla, eli esikelaimella (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

Nauhavalssaimilla esinauha ohjataan kulkemaan kuuden peräkkäisen valssirullaparin lävitse. Yksi valssirulla painaa noin 10 000 kg. Valssirullien nopeudet sovitetaan toisiinsa automaattiohjauksen avulla. Kovasta rasituksesta johtuen valssirullien pinnat kuluvat nopeasti ja ne vaihdetaan keskimäärin kolme kertaa vuorokaudessa. Nauhavalssaimet F1-F6 on esitetty kuviossa 6. Kun esinauha on kulkenut nauhavalssaimien lävitse ja lopullisen tuotteen leveys ja paksuus on saavutettu, nauha jäähdytetään rullaradalla sen kulkiessa kohti kelaimeja.



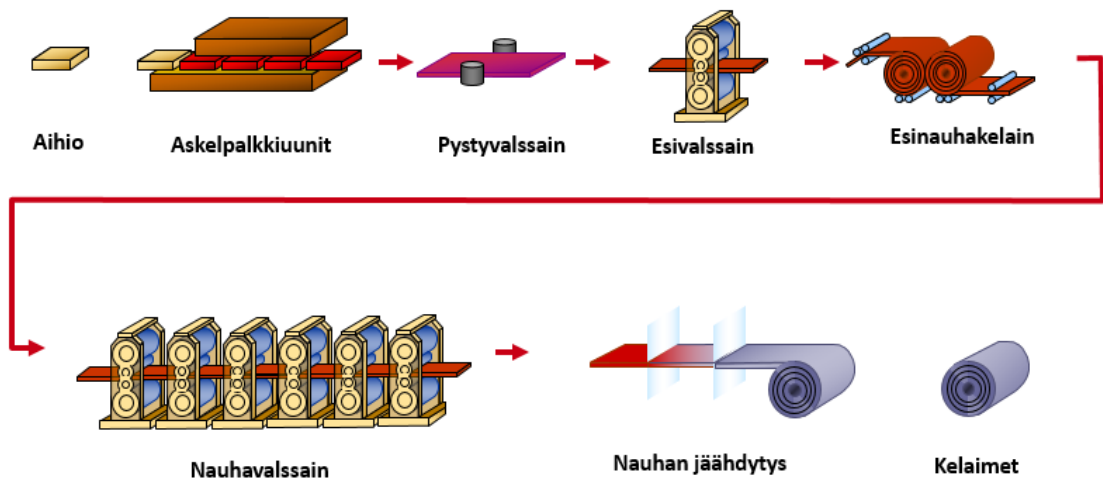
Kuvio 6. Nauhavalssaimet F1-F6

Lopuksi nauha rullataan kelaksi. Esimerkiksi kattopelliksi päätyvän nauhan lämpötila on kelaushetkellä 600-650 celsius astetta. Erikoisteräksen kelauslämpötila on huomattavasti matalampi, se voidaan kelata jopa lähes huoneenlämpöisenä. Valmiin kelan ulkohalkaisija on noin kaksi metriä, painoa voi olla jopa 30 000 kilogrammaa, pituutta jopa 1500 metriä ja paksuutta 1,4 – 22 millimetriä. Kuviossa 7 on kuumavalssattuja, sidottuja ja merkattuja keloja varastossa.



Kuvio 7. Valmiita kuumavalssattuja keloja (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

Kuviossa 8 esitetään teräsaihion kulku kuumanauhavalssauslinjalla ja sen muutos aihioista valmiiksi kelaksi. Aihiot siirtyvät aihiohallista askelpalkkiuunien kautta valssauslinjalle, jossa pystyvalssi ja esivalssi muokkaavat aihioista esinauhan. Esinauha joko kelataan esinauhakelaimella tai ajetaan suoraan nauhavalssaimiin. Nauhavalssaimien jälkeen olevalla rullaradalla terästä jäähdytetään ennen sen kelaamista valmiiksi teräskelaksi.



Kuvio 8. Nauhavalssaamon prosessikaavio (Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016.)

3 Tutkimusmenetelmät

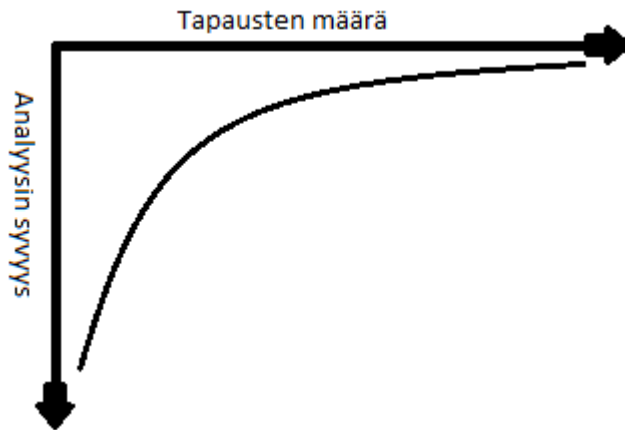
Tutkimusmenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, kvalitatiivisiin eli laadullisiin sekä kvantitatiivisiin eli määrällisiin. Tässä opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, tarkemmin toimintatutkimusta.

Määrällisen tutkimuksen perustuessa lukuihin, laadullinen tutkimus pohjautuu sanoihin ja lauseisiin. Tavoitteena on aiheen syvälinen kuvaaminen, ymmärtäminen ja loogisen kuvan antaminen. Laadullisessa tutkimuksessa aineiston analysointi tapahtuu tutkimusprosessin eri vaiheissa ohjaten aineistonkeruuta ja koko tutkimusta. (Kananen 2008, 24).

Laadullisen tutkimuksen lähtökohtana on kuvata todellista elämää ymmärtäen, että tapahtumilla on yhteys toisiinsa ja kohdetta pyritään tutkimaan mahdollisimman kattavasti. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2007, 157.)

Laadullinen tutkimus sopii käytettäväksi esimerkiksi tilanteessa, jossa tutkittavasta aiheesta tiedetään vain vähän, mutta aihe halutaan ymmärtää syvällisesti luoden siitä samalla kattava kuvaus. (Kananen 2008, 32.)

Laadullisessa tutkimuksessa tapausten määrä ja analyysin syvyys ovat suoraan verrannollisia tutkimuksen lopputulokseen ja työn laatuun. Aineiston laatu on kuitenkin tärkeämpi, kuin sen määrä. Kuviossa 9 havainnollistetaan tapausten määrän ja analyysin syvyyden suhdetta. (Mts. 35.)



Kuvio 9. Kattavuuden ja syvällisyyden suhde laadullisessa tutkimuksessa (Kananen 2008, 35.)

Kanasen (2009, 22-24) mukaan toimintatutkimus alkaa siitä, mihin laadullinen tutkimus loppuu. Laadullinen tutkimus pyrkii ilmiön syvälliseen ymmärtämiseen ja johdonmukaiseen selittämiseen. Toimintatutkimuksella pyritään ongelmaratkaisuun ja muutoksiin.

Toimintatutkimuksessa tutkija osallistuu prosessiin muun muassa havainnoimalla sekä olemalla vuorovaikutuksessa työntekijöiden kanssa. Vuorovaikutuksen tarkoituksena on saada työntekijät sitoutumaan muutokseen. Toimintatutkimuksessa asetetaan ensin tavoitteet joihin tutkimuksella pyritään, sitten tutkitaan aihepiiriä ja tulosten perusteella tehdään muutoksia. (Kananen 2008, 83.)

Haastattelut toteutettiin vierailemalla kussakin viidessä vuorossa haastateltavien normaalin työn ohessa. Haastateltaviksi valikoituivat kunkin vuoron vuorohuoltomiehet, kelaimen ja kelakuljettimen operaattorit sekä kelaimen alueen kunnossapitohenkilöstöä. Ennen haastatteluja työpisteille jaettiin vastauslomakkeita, joissa kerrottiin opinnäytetyöstä ja sen tavoitteista. Lomakkeet sisälsivät valmiita kysymyksiä sitomakoneiden toimintaan liittyen, jotta haastateltavat saivat jo etukäteen pohdittavakseen mahdollisia sitomakoneisiin liittyviä ongelmia. Kutakin henkilöä haastateltiin muutamaan otteeseen, jotta mahdollisia ensimmäisen haastattelun jälkeen mieleen tulleita asioita saatiin kirjattua ylös. Lomakkeissa olleiden valmiiden kysymysten tarkoitus oli herätellä haastateltavissa ajatuksia, jotta haastatteluissa asioita nousisi esiin mahdollisimman laajasti. Haastatteluissa kirjattiin ylös vastauksia valmiisiin kysymyksiin, sekä vapaamuotoisen keskustelun pohjalta tulleita ajatuksia sitomakoneiden ongelmista.

4 Kunnossapito

Yhteiskunta on täynnä erilaisia hyödykkeitä tuottavia prosesseja. Prosessien erilaisuudesta huolimatta niitä kaikki yhdistää termodynamiikan toisen säännön mukaisesti muuttuminen, eli kuluminen. Kun prosessit kuluvat, ne rikkoontuvat. Kunnossapidon avulla pyritään vastustamaan, ennaltaehkäisemään ja hidastamaan prosessien rikkoontumista. (Järviö, Parantainen, Piispa & Åström 2007, 11.)

4.1 Kunnossapidon määritelmä ja käsitteitä

Kunnossapito on määritelty PSK 6201-standardissa seuraavasti:

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. (PSK 6201:2011, 2.)

Standardinmukaisen määritelmän mukaisesti kunnossapidon katsotaan siis pitävän laajalti sisällään kaikki ne toimet, joilla kohde kyetään pitämään tai palauttamaan takaisin tilaan, jossa se kykenee suorittamaan siltä vaaditun toiminnon vaaditulla suorituskyvyllä ja vaaditussa ajassa.

Järviön ja muiden mukaan Moubay (N.d) esittää kunnossapidon määritelmäksi:

Tavoitteena tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden koko elinkaaren aikana ovat:

- Varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys
- Valita ja käyttää kaikkein sopivimpia kunnossapidon menetelmiä, joilla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumista ja vikaantumisen seurauksia
- Saada kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien ihmisten aktiivinen tuki kunnossapidon toimille (Järviö ym. 2007, 15.)

Jotta kaikki kunnossapito-organisaation jäsenet ja muut henkilöt kunnossapidosta keskustellessaan puhuisivat varmasti samasta asiasta samalla nimellä, on useita kunnossapidon käsitteitä määritelty muun muassa standardeissa PSK 6201 sekä SFS-EN

13006. Standardi PSK 6201 määrittelee seuraavia, läheisesti kunnossapitoon liittyviä käsitteitä seuraavalla tavalla:

Kohde: Mikä tahansa osa, komponentti, laite, osajärjestelmä, toiminnallinen yksikkö, välineistö tai järjestelmä, jota voidaan tarkastella erikseen. Kohde voi koostua fyysisistä osista, ohjelmistosta tai molemmista. (PSK 6201:2011, 14.)

Vikaantuminen: Tapahtuma, jonka seurauksena kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto päättyy. (Mts. 14.)

Vähittäisvikaantuminen: Vikaantuminen, joka aiheutuu kohteen kyseessä olevien ominaisuuksien ajan myötä tapahtuvista asteittaisista muutoksista. Vähittäisvikaantuminen voidaan ennakoida etukäteen tapahtuvalla tarkastuksella tai valvonnalla ja se voidaan joskus välttää ehkäisevällä kunnossapidolla. (Mts. 15.)

Vika: Tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa täydellisesti pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia. (Mts. 15.)

Vikamuoto: Tapa, jolla kohteen kykenemättömyys suorittaa vaadittu toiminta ilmenee (Mts. 15).

Häiriö: Aiheuttaa tuotannon menetyksiä ja välittömän korjaustarpeen (Mts. 15).

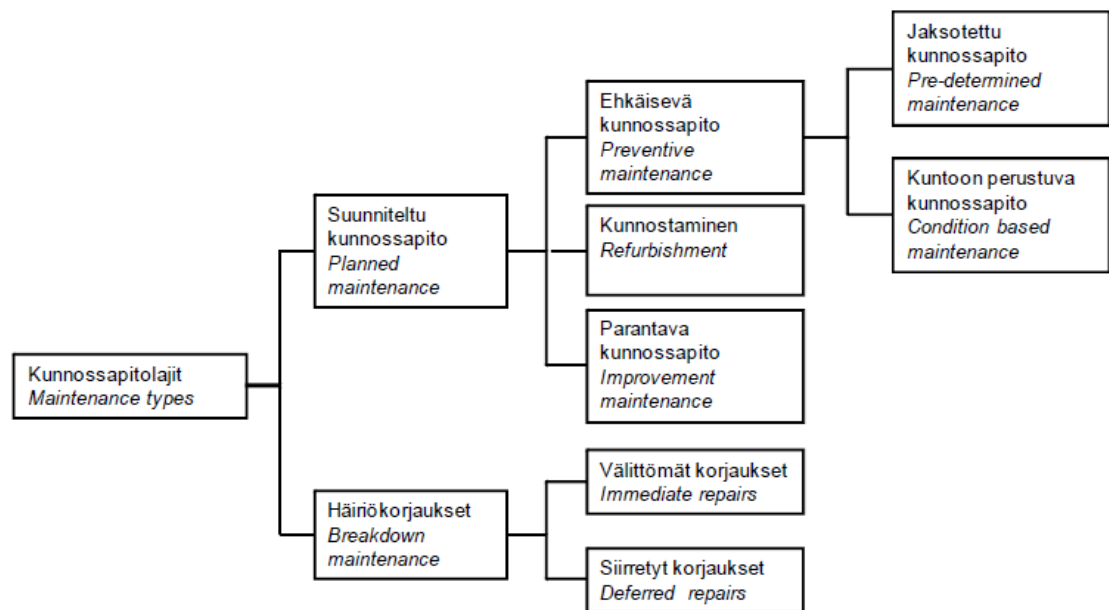
Juurisyys: Tuotantolinjan tai prosessin toimintakelvottomuustilaan johtava syy-seuraus-ketjun käynnistävä heräte. Esimerkiksi laitevika tai henkilöstön aiheuttama. (Mts. 15.)

Suunniteltu seisokki: Suunnitellun seisokin toteutumisesta on tehty päätös riittävän ajoissa siten, että valmistelut seisokkitöiden toteuttamiseksi ehditään tehdä. (Mts. 21.)

Häiriöseisokki: Häiriöseisokki syntyy, kun tuotanto pysähtyy odotta-matta häiriön vuoksi tai ilman riittävää valmistautumisaikaa (Mts. 21).

4.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jaotella suoritettavien kunnossapitotoimenpiteiden mukaan kuvion 10 mukaisesti suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen. Kuviosta voidaan todeta, että sekä suunniteltu kunnossapito, että häiriökorjaukset jakautuvat vielä useampiin osioihin.



Kuvio 10. Kunnossapitolajit (PSK 7501:201, 32.)

4.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuuden määritellään tarkoittavan kohteen kykyä toimia vaadituissa olosuhteissa, vaaditulla suorituskyvyllä vaaditussa ajassa. Käyttövarmuus koostuu kahdesta tekijästä; kohteen kyvystä toimia edellä mainitulla tavalla vikaantumatta, sekä kohteen palautettavuudesta takaisin toimintakuntoon vikaantumisen jälkeen. (Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus Nd.)

Käyttövarmuuteen sisältyy useita aikakäsitteitä, kuten:

- MTTF (Mean Time To Failure) = keskimääräinen vikaantumisaika
- MTTR (Mean Time To Restoration) = keskimääräinen toipumisaika

(Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus Nd.)

4.4 ELMAS-ohjelmisto

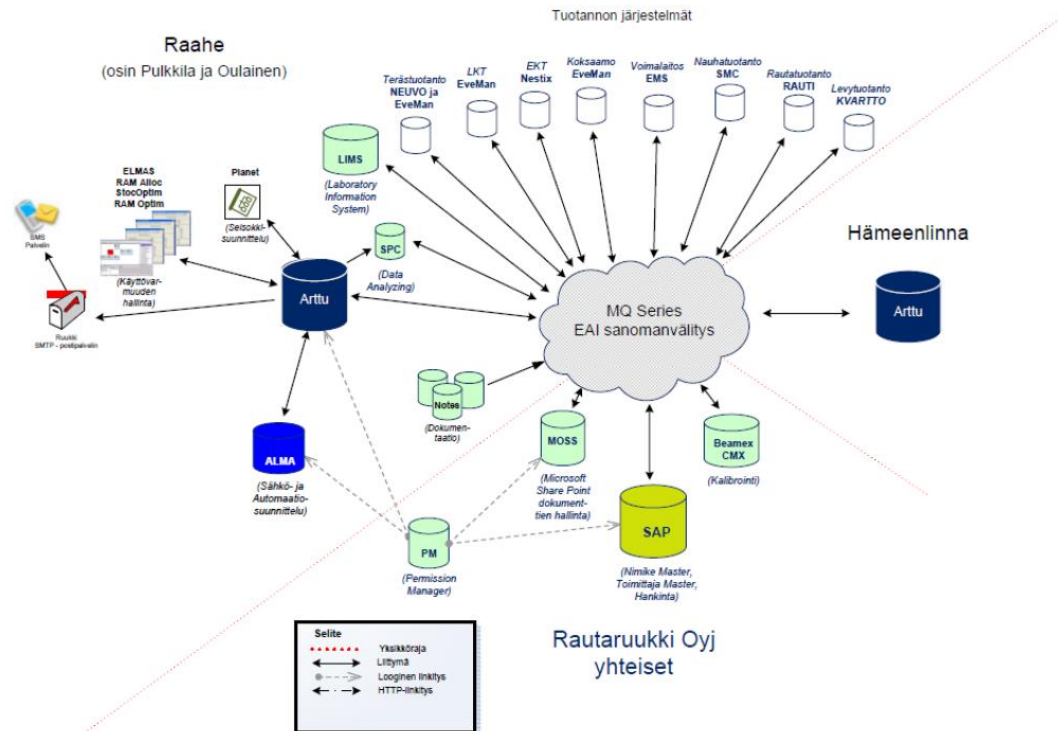
ELMAS (Event Logic Modeling and Analysis Software) on Ramentor Oy:n luoma ohjelmisto tapahtumalogiikan mallinnukseen ja analysointiin. ELMAS-ohjelmiston avulla voidaan tarkastella erilaisten tapahtumien – kuten vikaantumisten – välisiä suhteita. (Elmas – Tapahtumalogiikan mallinnus ja analysointi Nd.)

4.5 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä ARTTU

ARTTU on Solteq Oyj:n tarjoama kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä, jonka keskeisiä käyttöalueita ovat kunnossapidon ohjaus, kunnossapitotöiden, ehkäisevän kunnossapidon, varaston, laitteiden, kustannusten ja resurssien hallinta, sekä tukitoiminnot kuten dokumenttirekisteri. (Kunnossapitojärjestelmän käyttö 2014, 7.)

Raahen terästehtaalla ARTTU:a käytetään kunnossapidon tietojärjestelmänä, jossa sen päätoimintoja ovat muun muassa kunnossapitokortistojen, töiden, materiaalien, seisokkien ja projektien hallinta, sekä kustannusseuranta ja budjetointi.

ARTTU on yhteydessä useisiin muihin tehtaalla käytössä oleviin järjestelmiin, kuten talous- ja henkilöstöhallintoon, hankintatoimen, sähkö- ja automaatio suunnittelun, tuotannon, sekä muihin kunnossapitoa tukeviin järjestelmiin. Havainnekuva esittää kuviossa 11 (Mts. 10.)



Kuvio 11. ARTTU:n linkittyvät järjestelmät (lähdetviit)

Laitteista ja laitepaikoista luoduilla laitekorteilla ylläpidetään tietoja, kuten:

- Tekniset tiedot
- Varaosatiedot
- Dokumenttitiedot
- Työt
- Historiatiedot
- Laittepaikkahierarkia

Laittepaikkoja on noin 82 000 kappaletta ja laitteita noin 50 000 kappaletta. (Mts. 11.)

ARTTU:n tehdyt työt kohdistetaan aina laitepaikoille tai laitekorteille.

5 Opinnäytetyön toteutus

5.1 Työn rajaaminen ja tavoitteet

Opinnäytetyön aiheesta keskusteltiin toimeksiantajan kanssa vuorotyönjohtajien loimittamisen ohella. Sitomakoneiden häiriöt olivat olleet puheenaiheena jo aiemmin, joten päädyttiin miettimään, minkälaisen opinnäytetyön niistä voisi tehdä. Aihe rajattiin alun perin koskemaan kelakuljettimen sitomakoneita, mutta myöhemmin työhön

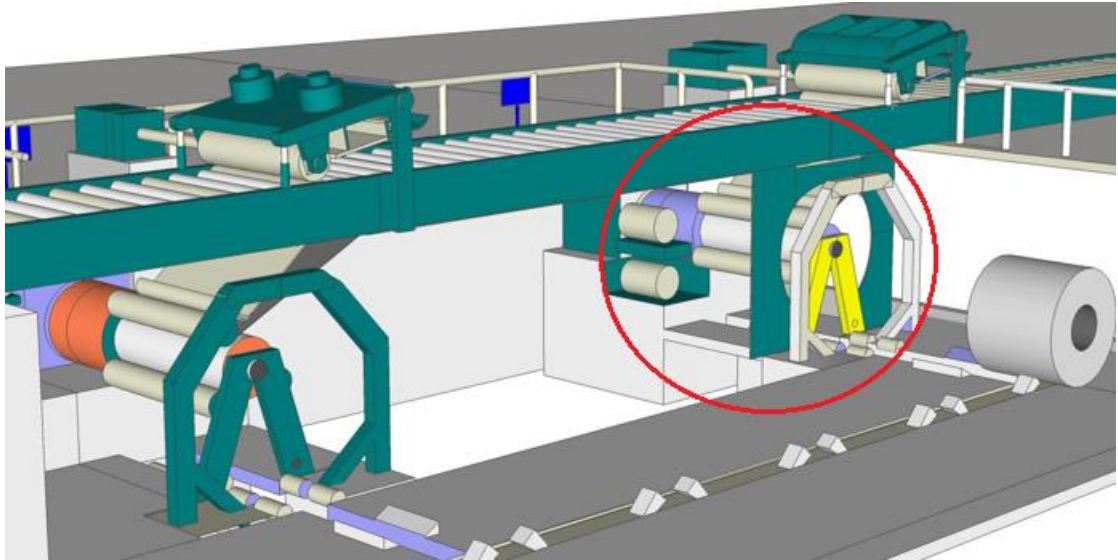
sisällytettiin myös kelaimen sitomakone. Käyntivarmuuden parantamisen osalta aihe rajattiin koskemaan mekaanista puolta, sillä sähkö- ja automaatiopuolta käsitellään toisen projektiryhmän toimesta. Opinnäytetyön sivutuotteena oletettiin syntyvän lista sähkö- ja automaatiopuolen häiriöistä, joka luovutetaan hyödynnettäväksi edellä mainitun projektiryhmän käyttöön. Lisäksi kuumanauhavalssauslinjalla on meneillään koko linjan käyntivarmuuden parantamista koskeva projekti, johon tämä opinnäytetyö liittyy. Sitomakoneiden nykytilan selvittämisen koettiin olevan olennainen osa käyntivarmuuden parantamista, jotta ongelmakohtat ja lähtötilanne tiedetään mahdollisimman tarkasti.

Koska opinnäytetyön ohella koko linjan käyntivarmuutta tarkastellaan suuremmassa mittakaavassa, sisällytettiin opinnäytetyön tehtäviin ongelmanratkaisua, ongelmien esiintuomista käyttöhenkilöstön suunnalta, käyttöhenkilöstön haastattelut sekä kehityssuunnitelman laatiminen.

5.2 Prosessiin perehtyminen ja laitteiden määrittäminen

5.2.1 Kelain

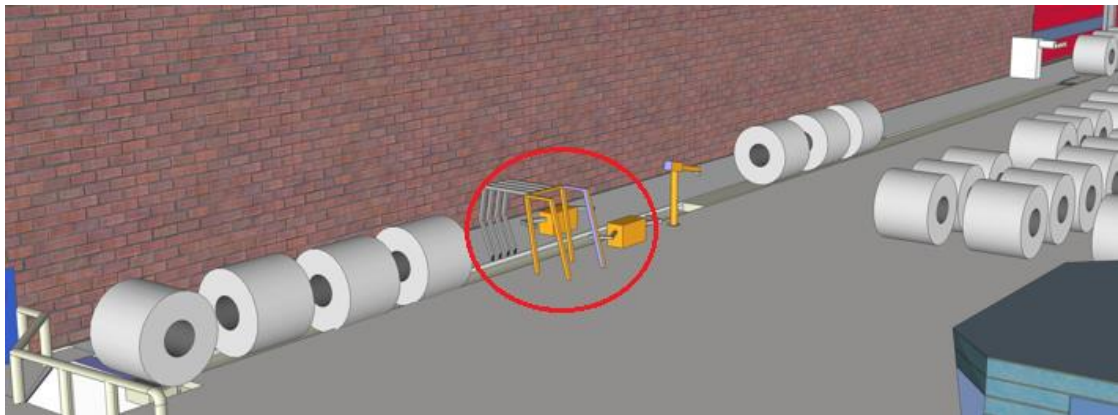
Kuviossa 12 esitetään havainnekuva kelaimesta 3 ja 4. Kelain 4 sijaitsee kuvassa oikealla, punaisella ympyröidyllä alueella. Kuten kappaleessa 2.2.1 Nauhavalssaamo ja kuviossa 3 voidaan todeta, nauha kulkee kelaimelle viimeisen valssituolin jälkeen rullarataa pitkin. Nauha siirtyy kohti kelainta valssin F6 pyörimisen, sekä rullaradalla olevien rullien avulla. Kelauksen alussa nauhan keula ohjataan sivuohjainten, sekä veto- ja käärijärullien avulla tuurnalle. Tuurna pyörii ja nauhasta muodostuu kela. Kun kela on valmis, se siirtyy tuurnalta sitomapöydälle hissivaunulla. C-vaunu siirtää kelan sitomapöydältä pikakuljettimelle, joka kuljettaa kelan kelahissille.



Kuvio 12. Kelainten 3 ja 4 havainnekuva

5.2.2 Kelakuljetin

Kelahissi nostaa kelan pikakuljettimelta kourukuljettimelle, joka näkyy kuviossa 13. Kourukuljettimella kelan pinnanlaatu tarkastetaan, kela sidotaan, punnitaan ja merkataan.



Kuvio 13. Kelakuljettimen havainnekuva

5.3 Sitomakoneet

Kuumanauhavalssauslinjan sitomakoneet sijaitsevat kelaimella ja kelakuljettimella. Kelaimilla 3 ja 4 on molemmilla sitomakoneet, mutta vain 4-kelaimen sitomakone on käytössä. Kelakuljettimen sitomakoneet on kahdennettu.

Sitomakoneiden tarkoitus on sitoa kelat jotta ne eivät aukeaisi kuljetuksen ja varastoinnin aikana.

5.3.1 Kelaimen sitomakone

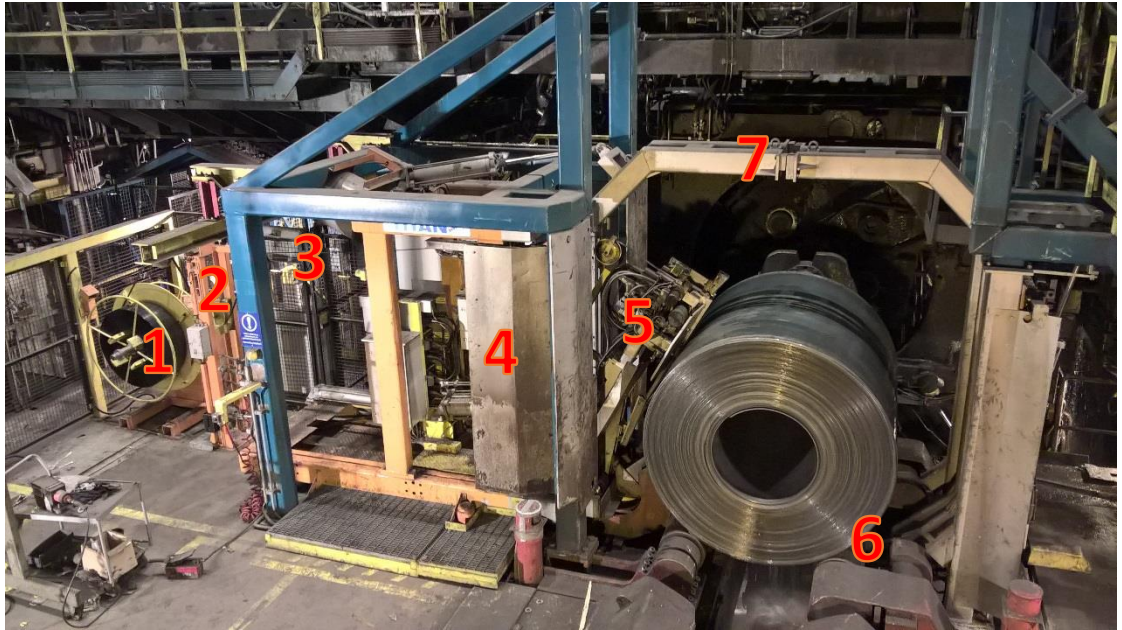
Kelain 4:lla on käytössä Titan Umreifungstechnik GmbH & Co. KG:n valmistama kehäsitomakone, tyypiltään VS32L-SM-SU. Sitomakoneen laitepaikka on 34-23-6-295. Koneessa käytetään 32 mm x 1,00 mm vannetta. Kelaimen sitomakonetta käytetään suorasammutettujen kelojen sitomiseen.

Kuviossa 14 esitetyt sitomakoneen keskeiset komponentit ovat:

1. Vannekela
2. Vannemakasiini ja vanteenohjauspyörät
3. Paikallisohtauspaneeli
4. Lämpösuojapellit
5. Sidontapää, sisältäen hitsauselektrodin JNE
6. Pistin ja vastin
7. Vannekourut ja sitomakoneen kaaret

Kehäsitomakoneen sekvenssit ovat:

1. Lämpösuojien aukaisu
2. Kone työasemaan
3. Pistin eteen
4. Vanteensyöttö
5. Sidontapää eteen
6. Vanteen palautus
7. Kiristys, lukitus, katkaisu
8. Sidontapää taakse
9. Lämpösuojien sulkeminen
10. Pistin taakse



Kuvio 14. Kehäsitomakone

Kuviossa 15 esitetään kelaimen kehäsitomakoneen vanteisiin tekemiä lukituksia. Lukitukset tehdään kolmella pistehitsisaumalla per lukitus.



Kuvio 15. Kelaimen kehäsitomakoneen vannelukko

5.3.2 Kelakuljettimen sitomakoneet

Kelakuljettimella on käytössä kehä- ja silmäsitomakone. Molemmat koneet on kahdennettu. Kehäsitomakoneen laitepaikka on 34-23-6-350 ja silmäsitomakoneen 34-23-6-355. Koneet käyttävät 32 mm x 0,8 mm vannetta. Sitomakoneet tunnistavat automaattisesti kunkin sidottavan kelan ja sitovat niihin tarvittavan määrän vanteita. Koneita ohjataan automaation avulla ja niiden toimilaitteet ovat sähköisiä ja pneumaattisia. Mikäli molempien sitomakoneiden molemmat sitomapäät ovat käytössä, koneet käyttävät sitomapäitä kelasta riippuen joko samanaikaisesti tai vuorotellen. Kelakuljettimen kehäsitomakone sekä silmäsitomakone ovat muuten identtisiä, mutta silmäsitomakone on käännettynä 90° kulmaan suhteessa kehäsitomako-

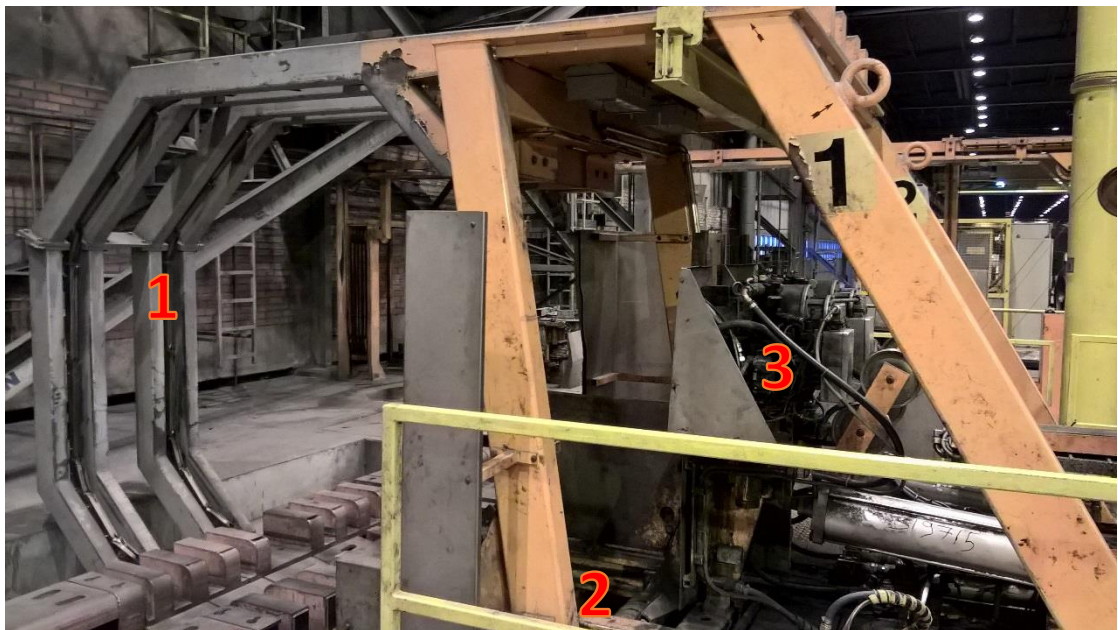
neeseen. Lisäksi kehäsitomakoneen kaaria vastaavan toiminnon hoitavat silmäsitomakoneen käsivarret, ja kehäsitomakoneen sivuttaissiirtoa vastaavat silmäsitomakoneiden alla olevat hydrauliset nostimet.

Kuvioissa 16 ja 17 esitetyt, kehäsitomakoneiden keskeiset osat ovat:

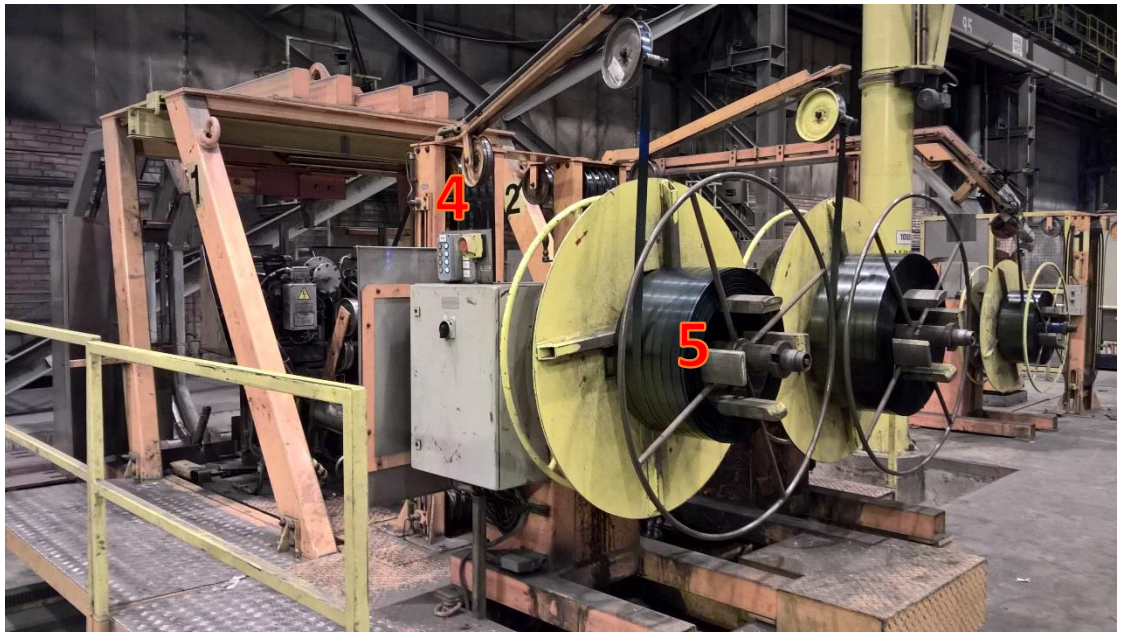
1. Vannekourut
2. Pistin
3. Sidontapää
4. Vannemakasiini
5. Vannekela

Kourukuljetin siirtää kelan sitomapaikalle, jonka jälkeen se palaa takaisin perusasemaan tai etelärajalle noutamaan seuraavaa kela. Sitomakone saa pyynnin tarvittavasta, kullekin kelalle yksilöllisesti reitin mukaan valikoituvasta vannemäärästä. Kehäsitomakoneen sitomissekvenssit ovat:

1. Pää eteen
2. Pistin eteen
3. Vanteensyöttö, vannemakasiinin varaaja ylös
4. Läppä auki
5. Sitomapää kelalle
6. Kiristys, lukitus, katkaisu



Kuvio 16. Kehäsitomakoneet 1 ja 2



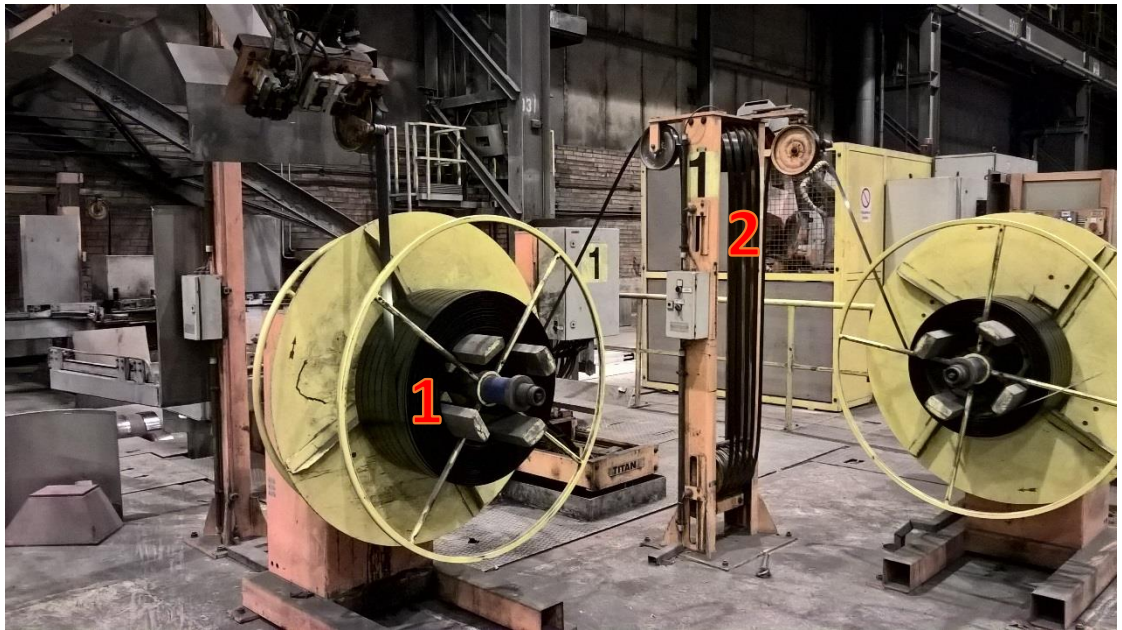
Kuvio 17. Kehäsitomakoneet 1 ja 2

Silmäsitomakoneiden keskeiset osat ovat:

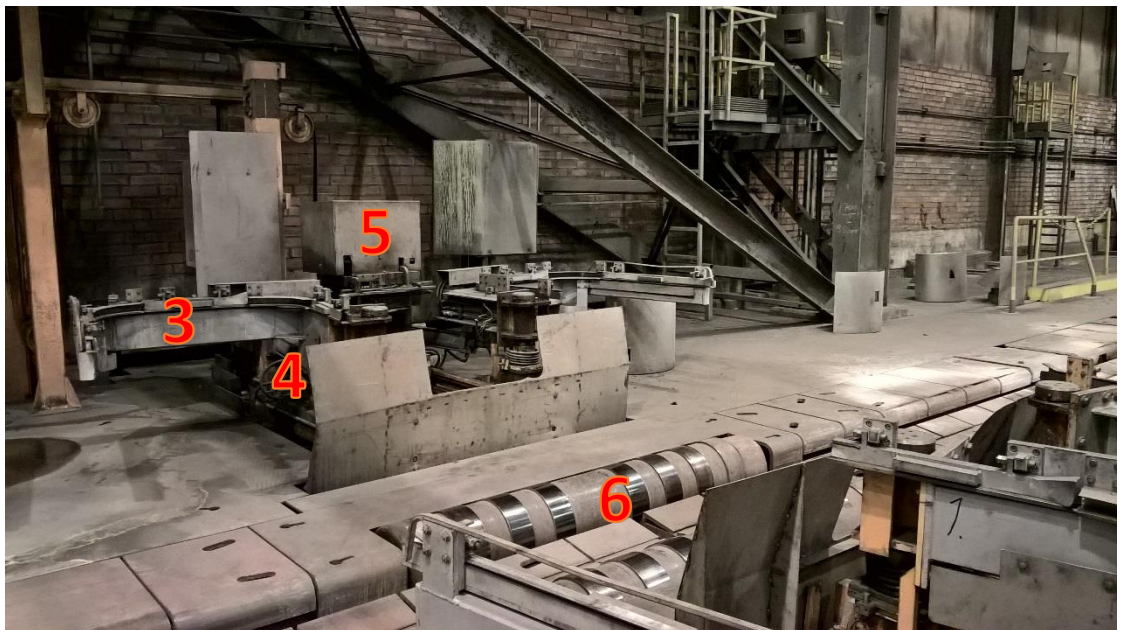
1. Vannekela
2. Vannemakasiini
3. Käsivarret
4. Hydraulinen nostin
5. Sidontapää
6. Pyöritysrullasto

Kourukuljetin siirtää kelan sitomapaikalle, jonka jälkeen se palaa takaisin perusasemaan tai etelärajalle noutamaan seuraavaa kela. Sitomakone saa pyynnin tarvittavasta, kullekin kelalle yksilöllisesti reitin mukaan valikoituvasta vannemäärästä. Silmäsitomakoneen sitomissekvenssit ovat:

1. Koneen nosto
2. Sidontapää eteen kelalle
3. Käsivarret kiinni
4. Vanteen syöttö, vannemakasiinin varaaja ylös
5. Läppä auki
6. Vanteen kiristys, lukitus ja katkaisu



Kuvio 18. Silmäsitomakoneet 1 ja 2



Kuvio 19. Silmäsitomakoneet 1 ja 2

Kuviossa 20 esitetään kelakuljettimen kehäsitomakoneen vanteeseen tekemä lukitus. Kehäsitomakoneiden ja silmäsitomakoneiden lukitukset ovat samanlaisia. Toisin kuin kelaimen kehäsitomakone, kelakuljettimen sitomakoneet tekevät lukitukset painamalla sitomapäässä olevilla hampailla vanteisiin halkiot, jotka estävät vanteen aukeamisen.



Kuvio 20. Kelakuljettimen KSK:n vannelukko

6 Sitomakoneiden nykytila ja vikahistoria

Sitomakoneiden nykytilaa lähdettiin selvittämään tutkimalla ARTTU:n, eli käytössä olevan kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmän tietokannasta löytyneet työt, ennakkohuoltotyöt ja niiden ohjeet sekä SMC:n, eli tuotannon käytössä olevan toiminnanohjausjärjestelmän tietokannasta löytyneet sitomakoneiden häiriöt. Sekä ARTTU:n, että SMC:n tietokannat muutettiin Excel-muotoon, jotta niitä voitiin hyödyntää ELMAS-analyysissa.

6.1 Sitomakoiden ennakkohuoltotyöt

Kelaimen kehäsitomakoneelle sekä kelakuljettimen kehä- ja silmäsitomakoneille on olemassa ennakkohuoltotöitä, jotka löytyvät kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä ARTTU:sta. Sitomakoneiden ennakkohuoltotöitä käydään läpi erillisen projektiryhmän toimesta, joten töiden sisältöön ei tässä paneuduttu tarkemmin.

Kelaimen sitomakoneen ennakkohuoltotyöt, kolme kappaletta:

- Elektrodien vaihto, viikoittain tai 1000 hitsauskerran jälkeen
- Tarkastus/korjaus, kahden viikon välein
- Voiteluhuoltotyöt, 12 viikon välein

Kelakuljettimen kehäsitomakoneiden ennakkohuoltotyöt, kolme kappaletta:

- Ennakkohuolto/tarkastus, viikoittain
- Sivuttaisliikkeen vaihdelaatikon ja hammastankojen tarkastus, 24 viikon välein
- Voiteluhuoltotyöt, 12 viikon välein

Kelakuljettimen silmäsitomakoneiden ennakkohuoltotyöt, kaksi kappaletta:

- Ennakkohuolto/tarkastus, viikoittain
- Voiteluhuoltotyöt, 12 viikon välein

6.2 Sitomakoneiden ELMAS-analyysi

Toimeksiantaja on tehnyt yhteistyössä Ramentor Oy:n kanssa ELMAS-analyysin kelaimen ja kelakuljettimen sitomakoneista vuosien 2015 ja 2016 ajalta. Analyysissä hyödynnettiin tapahtumatietoja ARTTU:n ja SMC:n tietokannoista. Tapahtumatietojen perusteella selvitettiin laitteen käytettävyys, häiriötön käytettävyys, epäkäytettävyys, kustannusten jakautuminen eri kunnossapitolajeille, kriittisimmät häiriötyypit sekä häiriöiden määrän kehittyminen.

Opinnäytetyössä tehtiin ELMAS-analyysi sitomakoneista vuoden 2017 osalta syyskuun loppuun saakka (274 vuorokautta) ja verrattiin sitä edellisen ELMAS-analyysin tuloksiin, jotta havaittiin mahdolliset muutokset.

Jotta vertailu vanhan ja uuden analyysin välillä oli mahdollista, jaettiin SMC:n tietokannoista löytyneet häiriöt häiriöluokkiin ja eri laitteistojen alle liitteissä 1, 2 ja 3 kuvatulla tavalla.

SMC:n tietokannoista löytyi yhteensä 363 merkintää, joista 250 oli häiriöitä ja loput viikoittaisia huoltoseisokkeja ja vanteenvaihtoja.

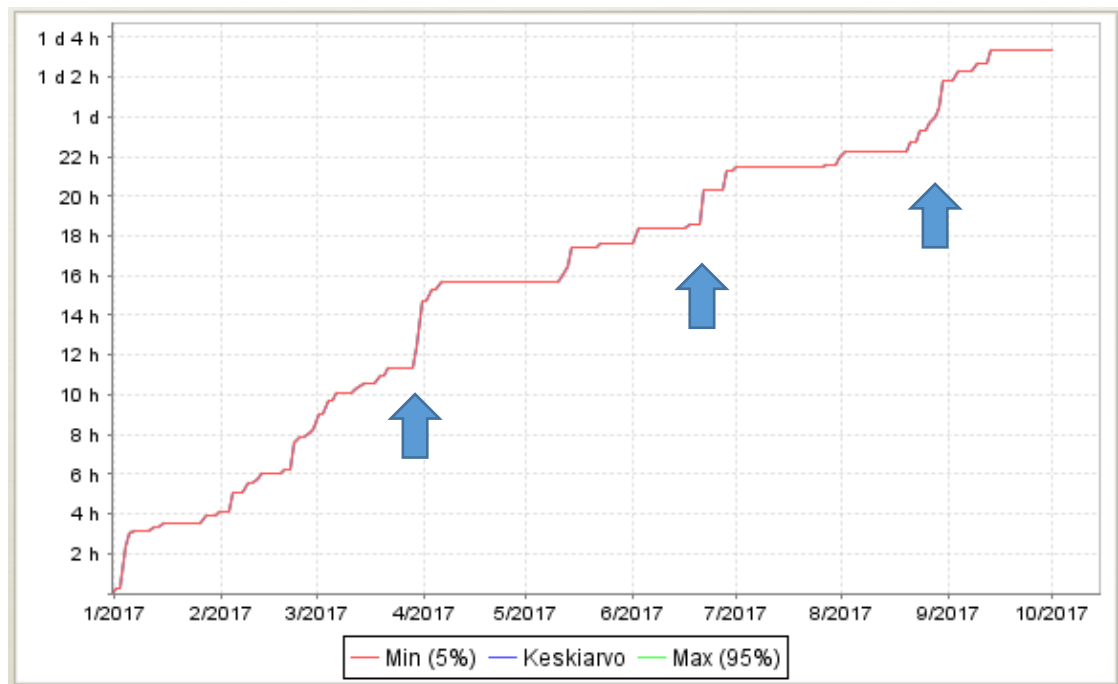
Sitomakoneiden työt ja vikatyöt vuoden 2017 osalta haettiin ARTTU:n tietokannasta. Töitä ja vikatöitä löytyi yhteensä 126 kappaletta. Työt ja vikatyöt jaoteltiin edellisen analyysin mukaisesti eri laitteistoille, sekä viikkohuolloiksi. Töiden kustannukset saatiin ARTTU:n tiedoista valmiiksi jaoteltuina oikeille kustannuspaikoille.

6.2.1 Kelaimen kehäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset

SMC:n tietojen pohjalta tehdyn ELMAS-analyysin mukaan kelaimen kehäsitomakoneen tunnusluvut käsiteltyä ajanjaksolta olivat seuraavat:

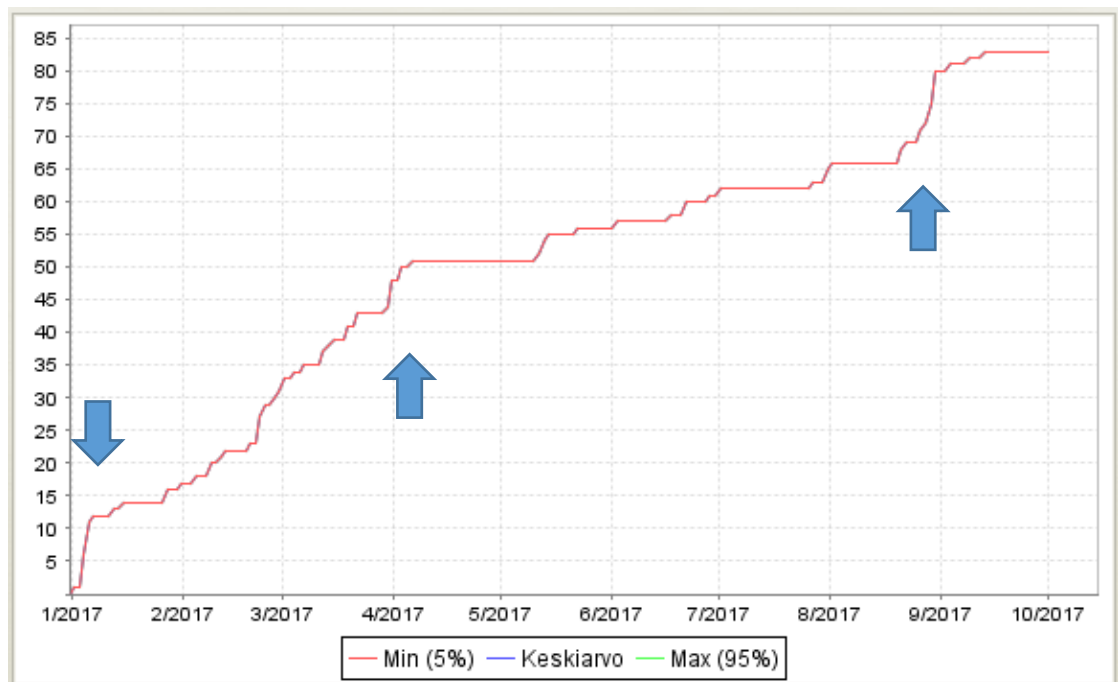
- Käytettävyys:	93,196 %
- Häiriötön käytettävyys:	99,5833 %
- Epäkäytettävyys:	6,804 %
- Vika/häiriölukumäärä:	83 kpl
- Häiriöistä johtuva epäkäytettävyys:	1 d 3 h
- Huoltoseisokeista johtuva epäkäytettävyys:	17 d 12 h
- Epäkäytettävyys yhteensä:	18 d 15 h
- MTTF:	3 d 7 h
- MTTR:	19 min 48 s

Kelaimen kehäsitomakoneen häiriöiden ajallinen kertymä kuviossa 21. Ajallisesta kertymästä havaittiin, että kertymä on kasvanut tasaisesti kolmea piikkiä lukuun ottamatta, joita kuvataan kuviossa sinisillä nuolilla. Seisonta-ajan kertymä ei pidä sisällään vanteenvaihdoista, huoltoseisokeista eikä vuosihuollosta johtuvaa seisonta-aikaa.



Kuvio 21. Kelaimen kehäsitomakoneen seisona-ajan kertymä

Kelaimen kehäsitomakoneen häiriöiden kappalemääräinen kertymä esitetään kuviossa 22. Kappalemääräisestä kertymästä huomattiin sama kuin ajallisestakin, eli muutamana ajankohtana häiriöiden lukumäärät ovat kasvaneet huomattavasti enemmän verrattaessa muuhun simulointijaksoon. Vika-/häiriölukumäärän kertymä ei pidä sisällään vanteenvaihdosta, huoltoseisokeista ja vuosihuollosta johtuvia seisokkeja.



Kuvio 22. Kelaimen kehäsitomakoneen vika-/häiriölukumäärän kertymä

Häiriöajassa ja -määrässä näkyvien piikkien syitä selvitettiin tarkastelemalla liitteessä 1 jaoteltujen häiriöluokkien esiintymisiä simulointijakson aikana. Häiriöiden kestot ja kappalemäärät simulointijakson aikana esiintyvät taulukossa 1. Suurimman epäkäytettävyyden aiheuttajaa, eli vanteenvaihtoa ei käsitelty tässä yhteydessä häiriönä. Häiriöiden yhteenlaskettu aika on 27 h 24 min. Viisi suurinta yksittäistä seisonta-ajan aiheuttajaa muodostaa häiriöaikaa yhteensä 21 h 29 min, joka on 77,8% häiriöiden yhteenlasketusta ajasta.

Taulukko 1. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen

Häiriö	Epäkäytettävyys	Vikojen lukumäärä
Vanteenvaihto	15 h	27
Vanteensyöttöhäiriö	7 h 5 min	17
Ei sido automaattilla	5 h 23 min	24
Sitomakone ei toimi	3 h 43 min	13
Vanteenohjauspyörät	2 h 52 min	5
Testaus/mittaus/päivitys	2 h 16 min	10
Sitomakoneen kaaret	2 h 10 min	3
Hännänpaikointus	1 h 37 min	5
Suojakaasu	1 h 9 min	3
Vannekourut	32 min	1
Vanne karkasi	17 min	1
Vanteenpalautushäiriö	15 min	1
C-vaunu ei liiku	5 min	1

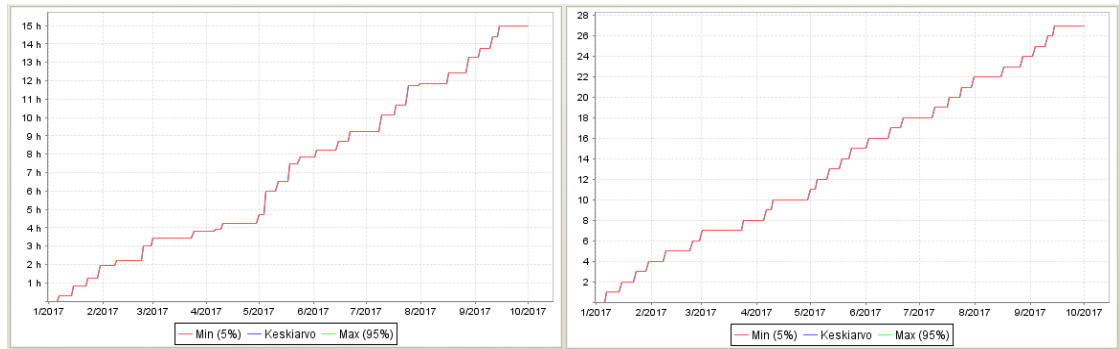
Taulukossa 2 esitetään kelaimen kehäsitomakoneella esiintyneiden häiriöiden jaottelu häiriöluokittain. Suunnitellusta seisokista johtuneita häiriöitä ei otettu huomioon. ATK, PROS ja MEK ovat SMC:ltä valittavissa olevia häiriöluokkia. ATK viittaa tietojärjestelmiin, PROS prosessista johtuviin häiriöihin ja MEK mekaanista vikaantumista johtuviin häiriöihin.

Taulukko 2. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain

Laji	ATK	PROS	MEK
KPL	45	40	25

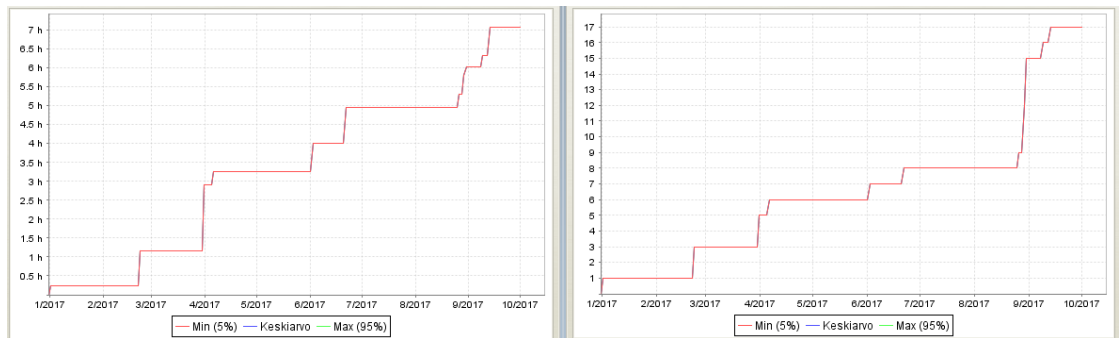
Kuviossa 23-28 esitetään viiden suurimman seisonta-ajan aiheuttajan kertymät.

Kuviossa 23 esitetään vanteenvaihto –häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 33 min 20 s.



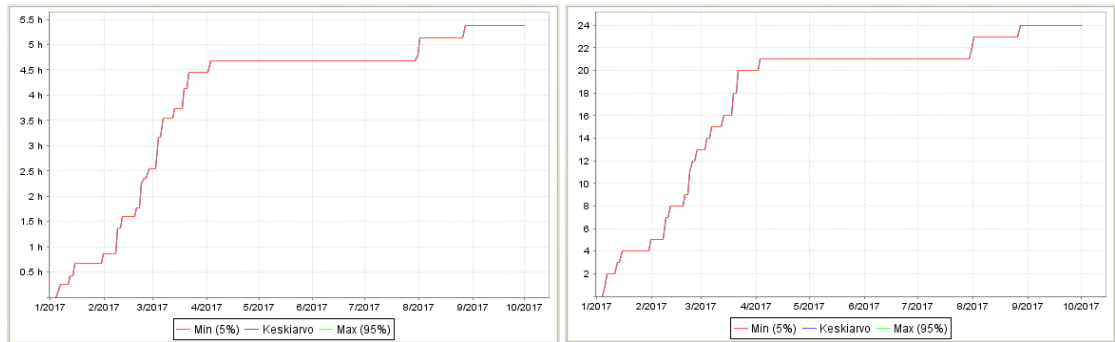
Kuvio 23. Vanteenvaihto -häiriön esiintyminen

Kuviossa 24 esitetään vanteensyöttöhäiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöitä esiintyi ryppäissä, eli sama häiriö on toistunut lyhyen ajan sisään useasti. Häiriöaika keskimäärin 25 min.



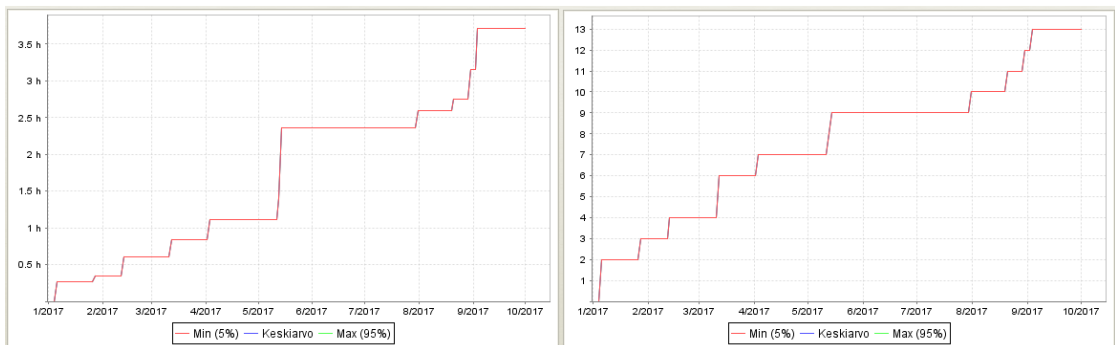
Kuvio 24. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen

Kuviossa 25 esitetään Sitomakone ei sido automaattilla -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriön esiintyminen vuoden ensimmäisen neljänneksen aikana lisääntynyt, jonka jälkeen simulointijakson loppua kohden vähentynyt. Häiriöaika keskimäärin 13 min 28 s.



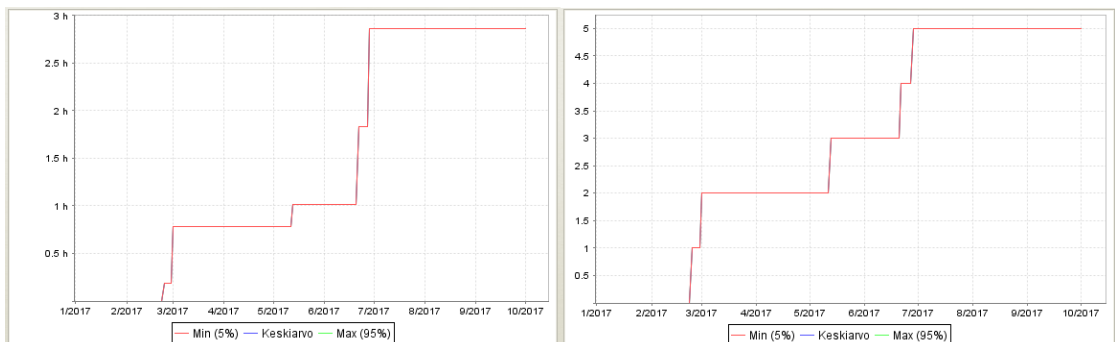
Kuvio 25. Ei sido automaattilla -häiriö

Kuviossa 26 esitetään Sitomakone ei toimi -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriön esiintyminen on alkuvuoden aikana lisääntynyt, mutta simulointijakson loppua kohden vähentynyt. Häiriöaika keskimäärin 17 min 9 s.



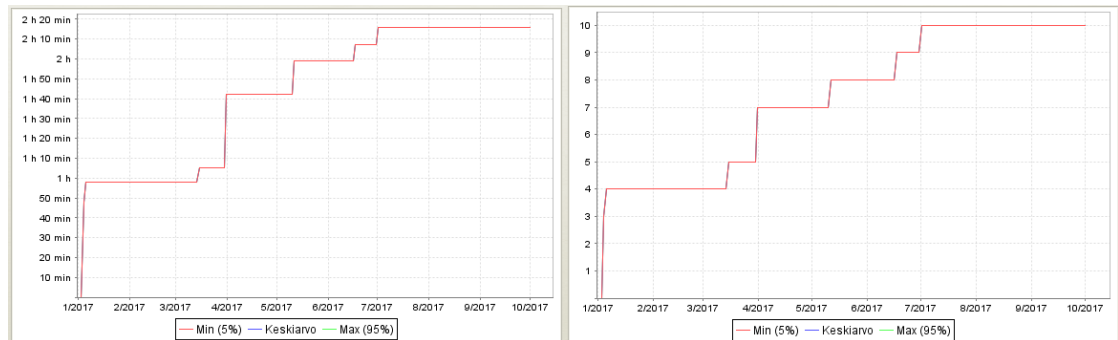
Kuvio 26. Ei toimi -häiriö

Kuviossa 27 esitetään Vanteenohjauspyörät -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 34 min 24 s.



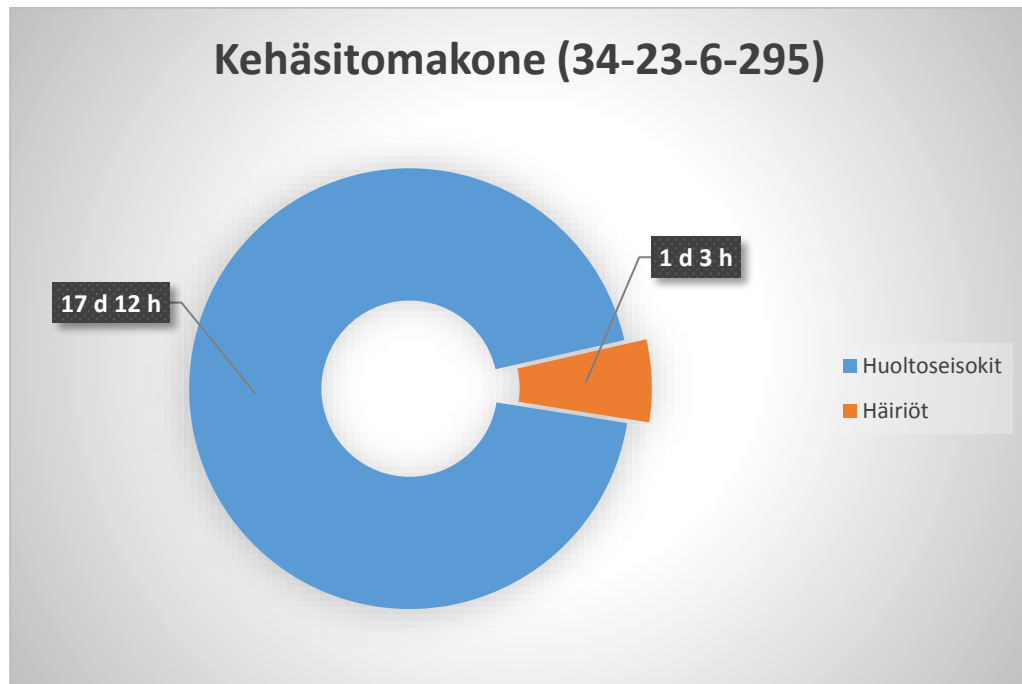
Kuvio 27. Vanteenohjauspyörät -häiriön esiintyminen

Kuviossa 28 esitetään Testaus/mittaus/päivitys -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriökirjausten perusteella häiriötä esiintyi, kun sitomakonetta huollettiin, kalibroitiin, käytettiin häiriötä niin sanottuna varavalona ennen suorasammutettuja tai kaasua tarkistettiin. Häiriöaika keskimäärin 13 min 36 s.



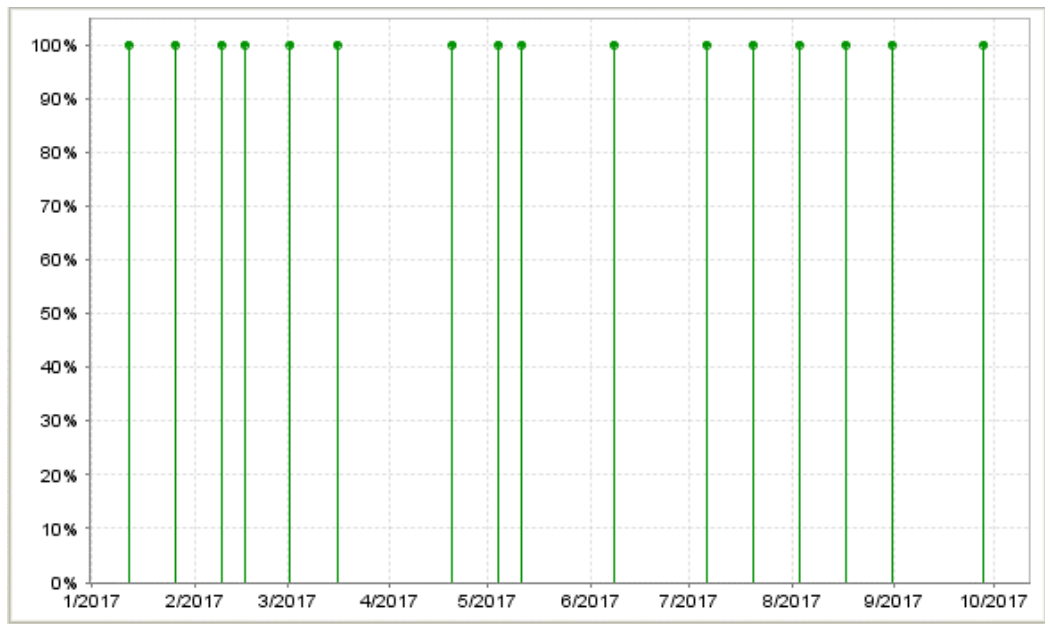
Kuvio 28. Testaus/mittaus/päivitys -häiriön esiintyminen

Kelaimen kehäsitomakoneen epäkäytettävyyksien jakaantuminen viikoittaisista huoltoisokeista aiheutuviin sekä häiriöistä aiheutuviin on esitetty kuviossa 29. Huoltoisokkeihin ei laskettu mukaan vuosihuoltoa.



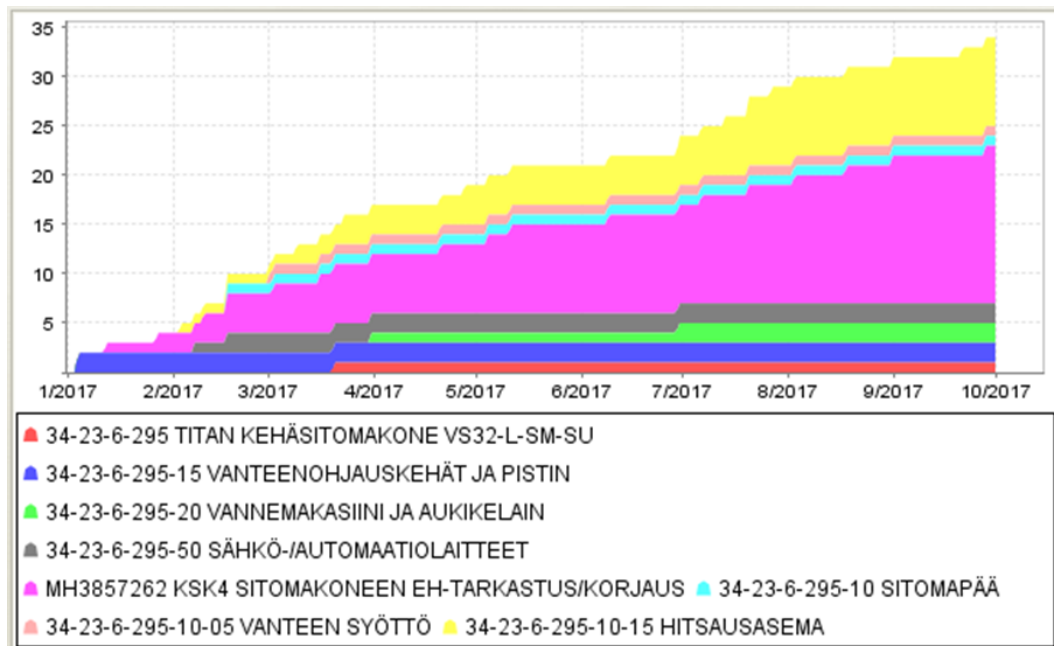
Kuvio 29. Kelaimen KSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen

Kuviossa 30 esitetään ARTTU:n tietokantaan merkityt kelaimen kehäsitomakoneen ennakkohuoltotyöt seurantajakson aikana. Kelaimen kehäsitomakoneen ennakkohuoltotyöt suoritetaan kappaleessa 6.1 mainittujen ajanjaksojen välein, joko yhden, kahden, tai 12:sta viikon välein. Kuviosta 30 havaitaan, että kaikkia ennakkohuoltotyitä ei ole kuitattu suoritetuksi ARTTU:n tietokantaan.



Kuvio 30. Kelaimen KSK:n EH-työt ARTTU:n mukaan

Kuviossa 31 esitetään kelaimen kehäsitomakoneen töiden ja ennakkohuoltotöiden jakaantuminen eri laitteistoille, sekä vikalukumäärän kasvu seurantajakson aikana. Kuviosta havaitaan suurimman osan kertymästä tulevan ennakkohuoltotöistä.



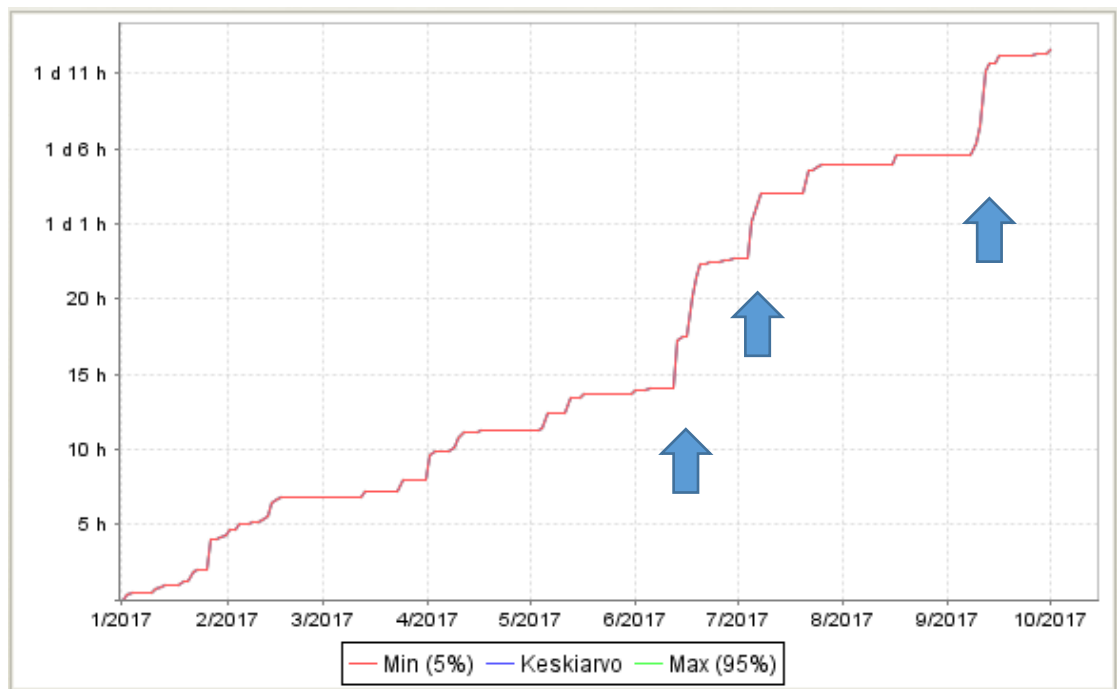
Kuvio 31. Kelaimen KSK:n töiden ja ennakkohuoltotöiden jakaantuminen sekä kertymä

6.2.2 Kelakuljettimen kehäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset

SMC:n tietojen pohjalta tehdyn ELMAS-analyysin mukaan kelakuljettimen kehäsitomakoneen tunnusluvut käsitellyltä ajanjaksolta olivat seuraavat:

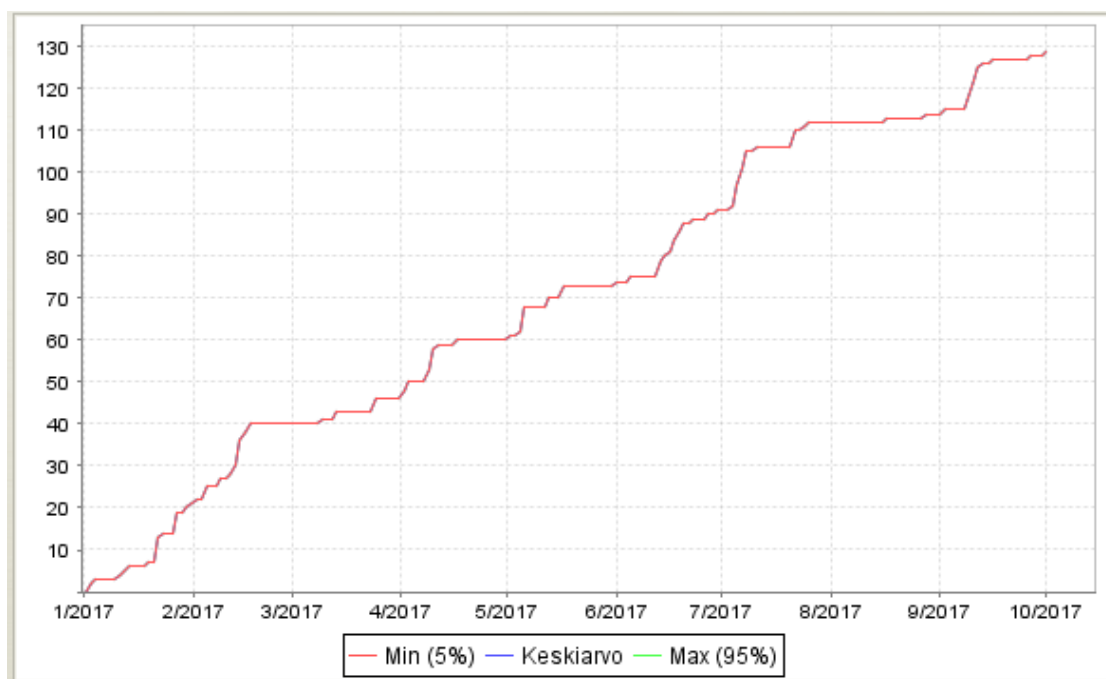
- Käytettävyys:	93,63 %
- Häiriötön käytettävyys:	99,4439 %
- Epäkäytettävyys:	6,37 %
- Vika/häiriölukumäärä:	129 kpl
- Häiriöistä johtuva epäkäytettävyys:	1 d 13 h
- Huoltoseisokeista johtuva epäkäytettävyys:	15 d 22h
- Epäkäytettävyys yhteensä:	17 d 12 h
- MTTF:	2 d 3 h
- MTTR:	17 min

Kelakuljettimen kehäsitomakoneen häiriöiden ajallinen kertymä esitetään kuviossa 30. Ajallisesta kertymästä havaittiin, että kertymä on kasvanut tasaisesti kolmea piikkiä lukuun ottamatta, joita kuvataan kuviossa sinisillä nuolilla. Seisonta-ajan kertymä ei pidä sisällään vanteenvaihdoista, huoltoseisokeista eikä vuosihuollosta johtuvaa seisonta-aikaa.



Kuvio 32. Kelakuljettimen KSK:n seisonta-ajan kertymä

Kelakuljettimen kehäsitomakoneen häiriöiden kappalemääräinen kertymä esitetään kuviossa 31. Kappalemääräisestä kertymästä huomattiin sama kuin ajallisestakin, eli muutamana ajankohtana häiriöiden lukumäärät ovat kasvaneet huomattavasti enemmän verrattaessa muuhun simulointijaksoon. Koska seisona-aika ei ole jokaista häiriötä kohden sama, piikit näkyvät lukumäärällisessä kertymässä osittain erilaisena kuin seisona-ajan kertymässä. Vika-/häiriölukumäärän kertymä ei pidä sisällään vanteenvaihdosta, huoltoseisokeista eikä vuosihuollosta johtuvia seisokkeja.



Kuvio 33. Kelakuljettimen KSK:n vika-/häiriölukumäärän kertymä

Häiriöajassa ja -määrässä näkyvien piikkien syitä selvitettiin tarkastelemalla liitteessä 2 jaoteltujen häiriöluokkien esiintymisiä simulointijakson aikana. Häiriöiden kestot ja kappalemäärät simulointijakson aikana esiintyvät taulukossa 2. Vanteenvaihtoa ei käsitelty tässä yhteydessä häiriönä. Häiriöiden yhteenlaskettu aika on 36 h 37 min. Viisi suurinta yksittäistä seisona-ajan aiheuttajaa muodostaa häiriöaikaa yhteensä 26 h 11 min, joka on 71,51 % häiriöiden yhteenlasketusta ajasta.

Taulukko 3. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen

Häiriö	Epäkäytettävyys	Vikojen lukumäärä
Vanteensyöttöhäiriö	8 h 36 min	24
Testausta/päivitystä	5 h 55 min	8
Ei toimi	4 h 53 min	21
Sidontapaikka hukassa	3 h 55 min	12
Vanteenvaihto	2 h 56 min	12
Pistin/pistinlukitus	2 h 52 min	12
Vanne karkasi	2 h 49 min	20
Vanteenkirstyshäiriö	1 h 52 min	13
Läppä	1 h 49 min	5
Vannemakasiini	1 h 13 min	1
Vanteenlukitushäiriö	1 h 7 min	4
Ei sido automaattilla	53 min	6
Kourukuljetin	29 min	1
Katkoo vannetta	12 min	1
Sitomapää kelaan kiinni	2 min	1

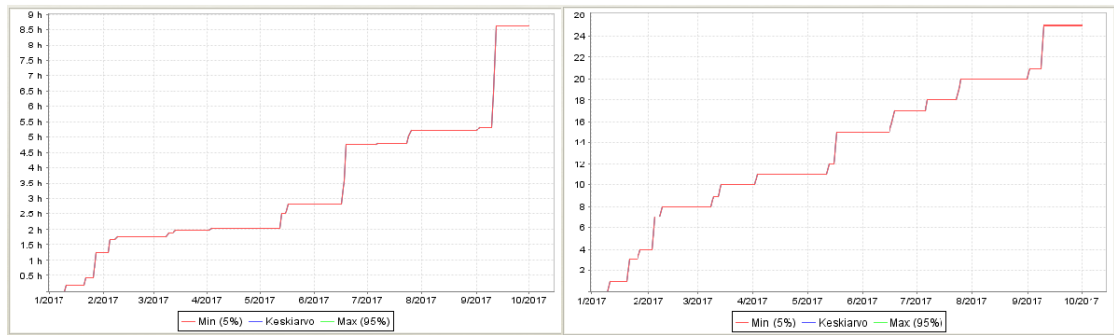
Taulukossa 4 esitetään kelakuljettimen kehäsitomakoneella esiintyneiden häiriöiden jaottelu häiriöluokittain. Suunnitellusta seisokista johtuneita häiriöitä ei otettu huomioon.

Taulukko 4. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain

Laji	ATK	PROS	MEK	SÄ
KPL	36	12	90	3

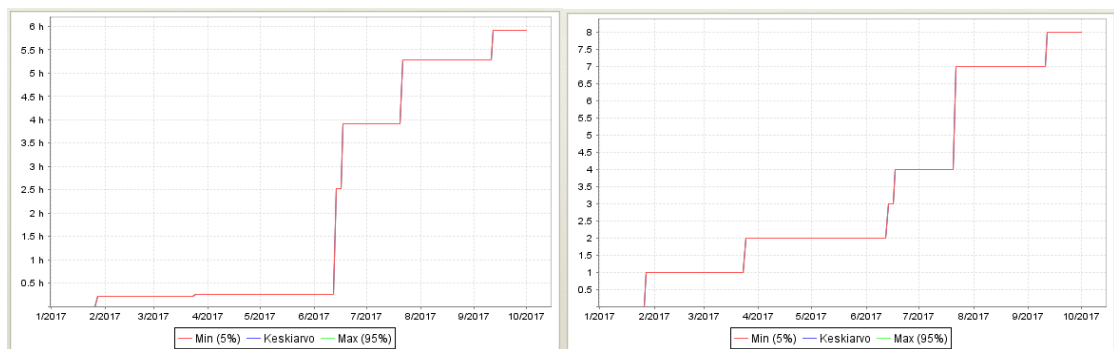
Kuviossa 34-39 esitetään viiden suurimman seisonta-ajan aiheuttajan kertymät.

Kuviossa 34 esitetään vanteensyöttöhäiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 19 min 25 s.



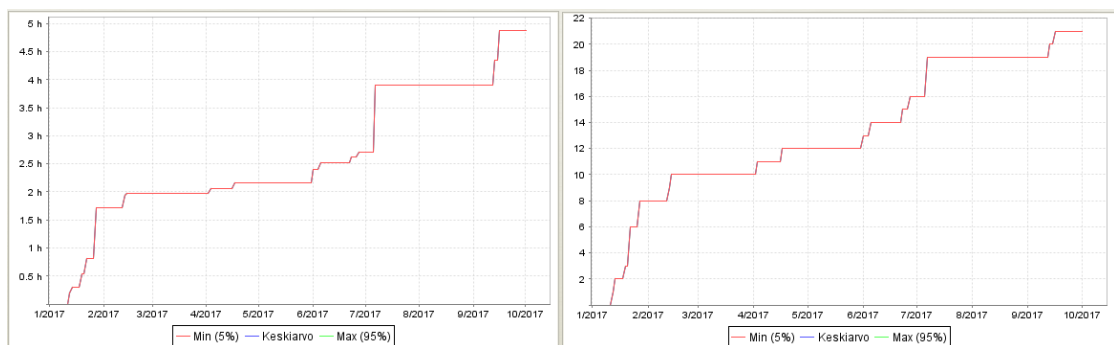
Kuvio 34. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen

Kuviossa 35 esitetään testausta/päivitys -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 44 min 23 s.



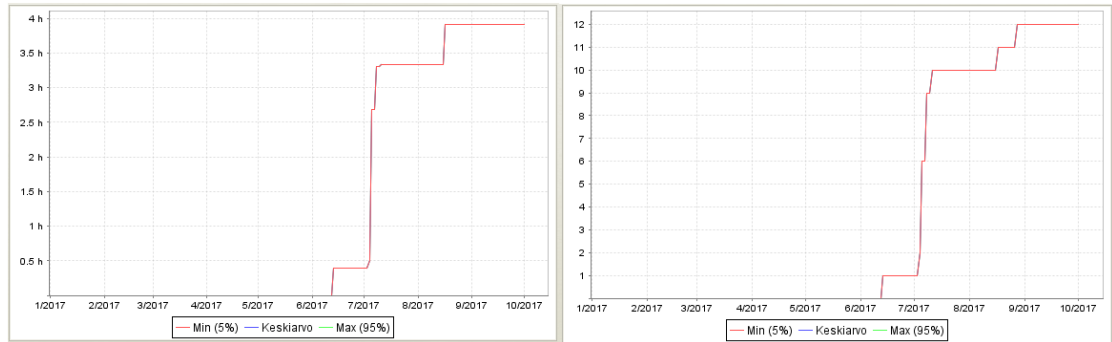
Kuvio 35. Testausta/päivitystä -häiriön esiintyminen

Kuviossa 36 esitetään ei toimi -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 15 min 8 s.



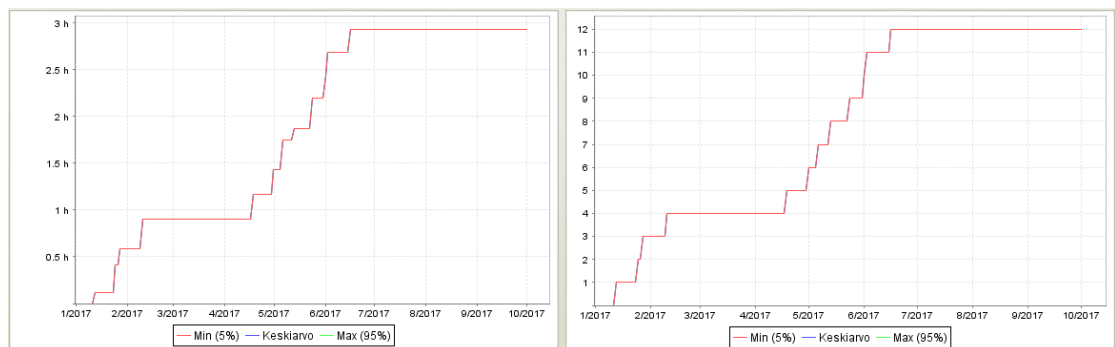
Kuvio 36. Ei toimi -häiriön esiintyminen

Kuviossa 37 esitetään sidontapaikka hukassa -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 19 min 35 s.



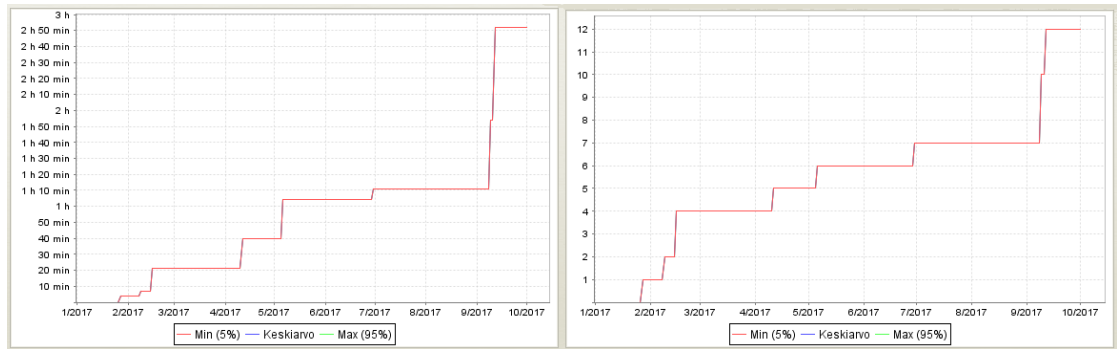
Kuvio 37. Sidonta paikka hukassa -häiriön esiintyminen

Kuviossa 38 esitetään vanteenvaihto -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 14 min 40 s.



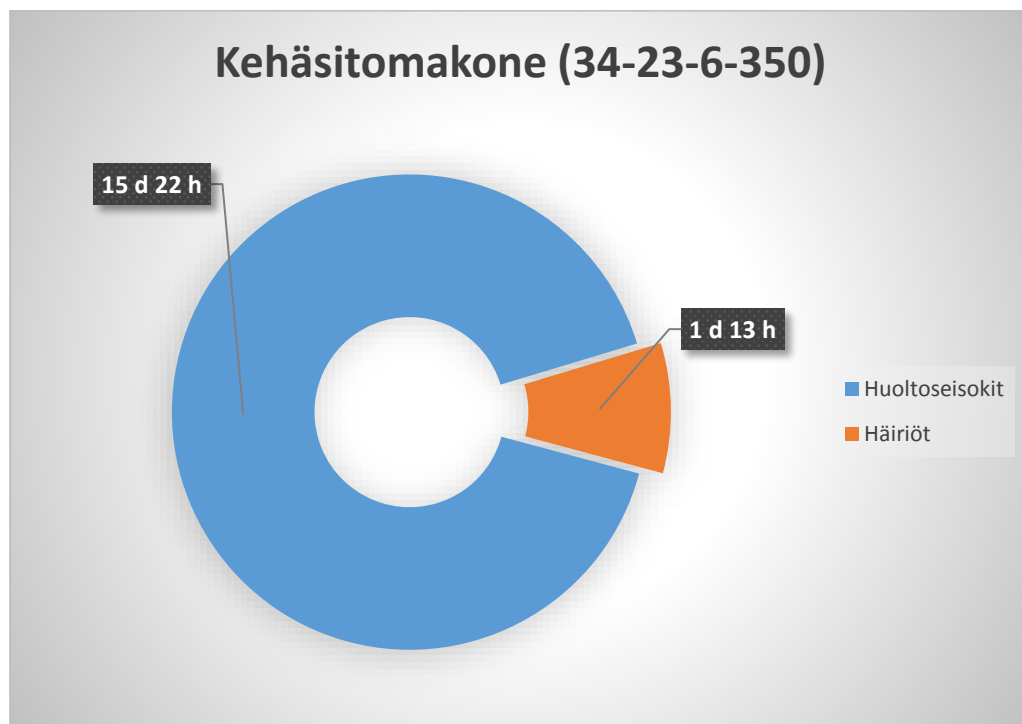
Kuvio 38. Vanteenvaihto -häiriön esiintyminen

Kuviossa 39 esitetään pistin/pistinlukitus -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 14 min 20 s.



Kuvio 39. Pistin/pistinlukitus -häiriön esiintyminen

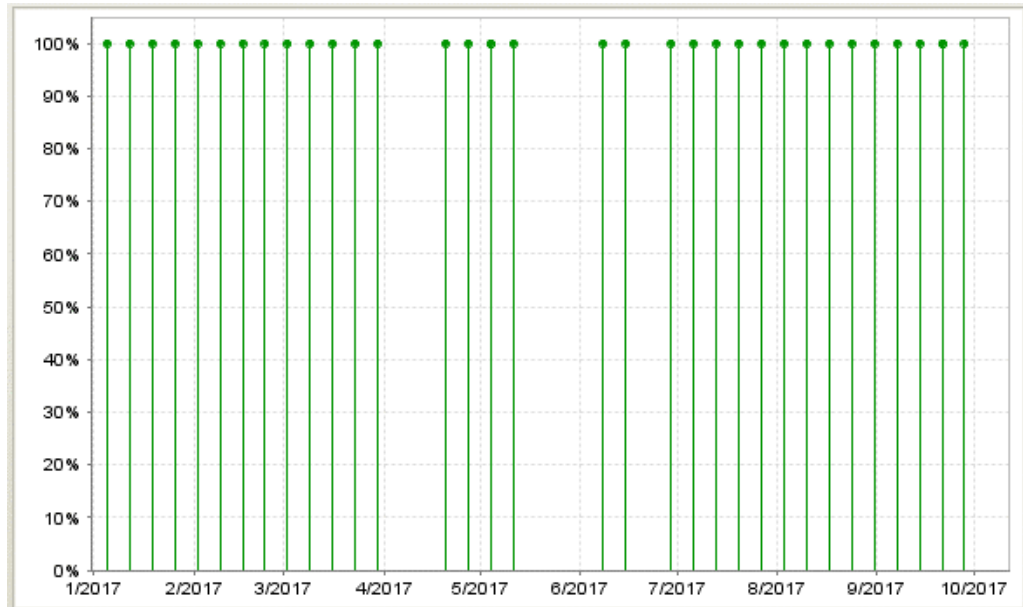
Kelakuljettimen kehäsitomakoneen epäkäytettävyyksien jakaantuminen viikoittaisista huoltoseisokeista aiheutuviin sekä häiriöistä aiheutuviin on esitetty kuviossa 40. Huoltoseisokkeihin ei laskettu mukaan vuosihuoltoa.



Kuvio 40. Kelakuljettimen KSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen

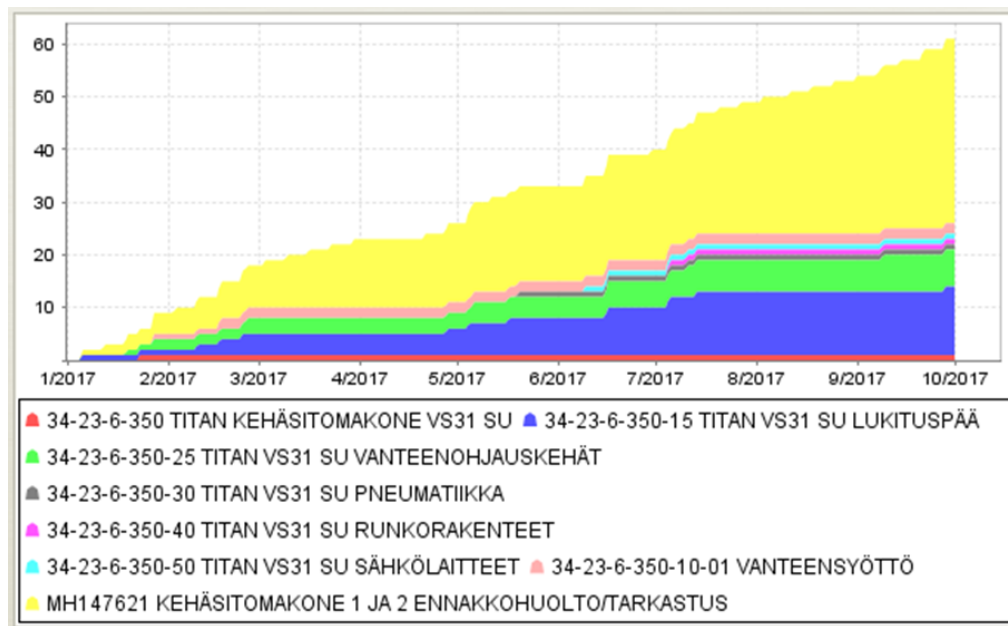
Kuviossa 41 esitetään ARTTU:n tietokantaan merkityt kelakuljettimen kehäsitomakoneen ennakko- ja huoltotyöt seurantajakson aikana. Kelakuljettimen kehäsitomakoneen ennakko- ja huoltotyöt suoritetaan kappaleessa 6.1 mainittujen ajanjaksojen välein, joko

yhden, 24:n, tai 12:sta viikon välein. Kuviosta 41 havaitaan, että lähestulkoon jokaisella viikolla jokin töistä on kuitattu suoritetuksi ARTTU:n tietokantaan.



Kuvio 41. Kelakuljettimen KSK:n EH-työt ARTTU:n mukaan

Kuviossa 42 esitetään kelaimen kehäsitomakoneen töiden ja ennakkohuoltotöiden jakaantuminen eri laitteistoille, sekä vikalukumäärän kasvu seurantajakson aikana. Kuviosta havaitaan suurimman osan kertymästä tulevan ennakkohuoltotöistä.



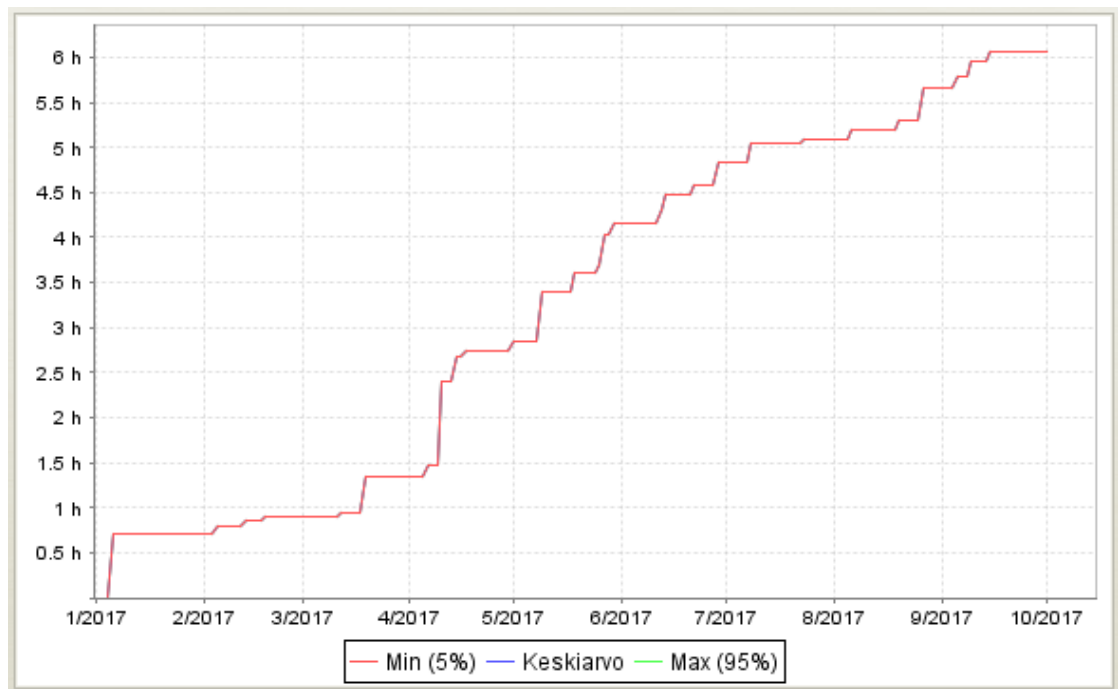
Kuvio 42. Kelakuljettimen KSK:n töiden ja ennakko huoltotöiden jakaantuminen sekä kertymä

6.2.3 Kelakuljettimen silmäsitomakoneen ELMAS-analyysin tulokset

SMC:n tietojen pohjalta tehdyn ELMAS-analyysin mukaan kelakuljettimen silmäsitomakoneen tunnusluvut käsitellyltä ajanjaksolta olivat seuraavat:

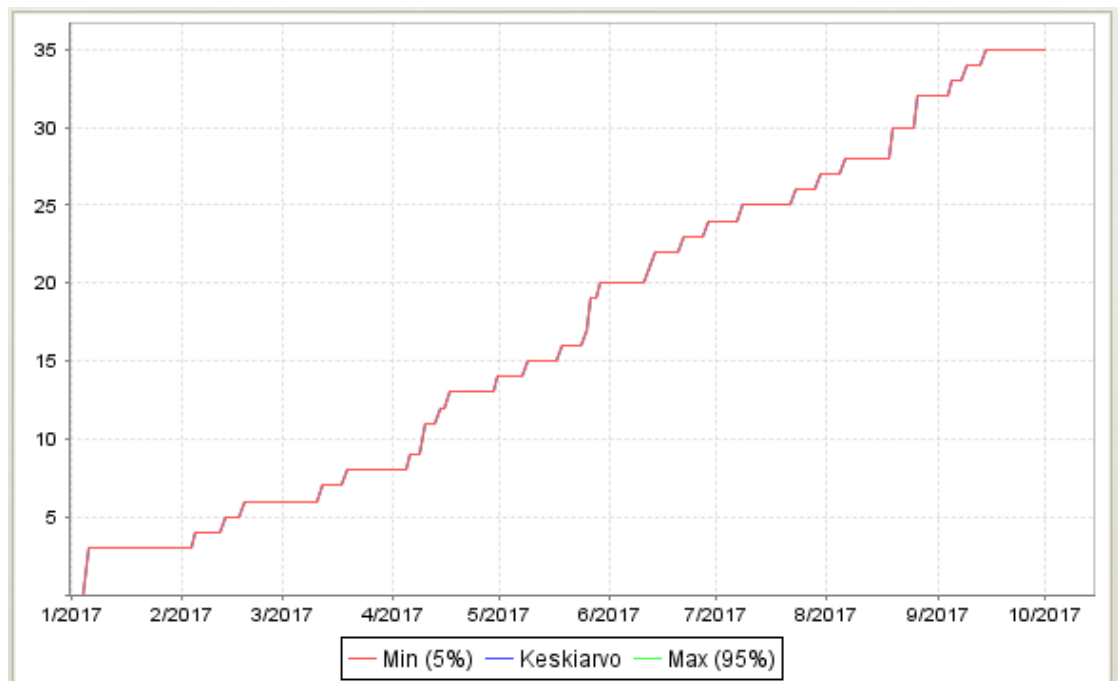
- Käytettävyys:	94,0987 %
- Häiriötön käytettävyys:	99,90775 %
- Epäkäytettävyys:	5,901 %
- Vika/häiriölukumäärä:	35 kpl
- Häiriöistä johtuva epäkäytettävyys:	6 h 4 min
- Huoltoseisokeista johtuva epäkäytettävyys:	15 d 22 h
- Epäkäytettävyys yhteensä:	16 d 4 h 4 min
- MTTF:	7 d 20 h
- MTTR:	10 min 24 s

Kelakuljettimen silmäsitomakoneen häiriöiden ajallinen kertymä esitetään kuviossa 39.



Kuvio 43. Kelakuljettimen SSK:n seisona-ajan kertymä

Kelakuljettimen silmäsitomakoneen häiriöiden kappalemääräinen kertymä esitetään kuviossa 40.



Kuvio 44. Kelakuljettimen SSK:n vika-/häiriölukumäärän kertymä

Häiriöajan ja -määrän kertymää tarkasteltiin liitteessä 3 jaoteltujen häiriöluokkien avulla. Häiriöiden kestot ja kappalemäärät simulointijakson aikana esiintyvät taulukossa 3. Häiriöiden yhteenlaskettu aika on 6 h 4 min. Viisi suurinta yksittäistä seisonta-ajan aiheuttajaa muodostaa häiriöaikaa yhteensä 5 h 44 min, joka on 93,96% häiriöiden yhteenlasketusta ajasta. Toisin kuin kelaimen ja kelakuljettimen kehäsitomakoneilla, kelakuljettimen silmäsitomakoneella vanteenvaihto ei aiheuttanut seisoa-aikaa.

Taulukko 5. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt kestoineen ja kappalemäärineen

Häiriö	Epäkäytettävyys	Vikojen lukumäärä
Vanteensyöttöhäiriö	2 h 58 min	13
Vanne karkasi	54 min	5
Ei toimi	43 min	5
Katkoo vannetta	38 min	3
Käsivarret kelaan kiinni	29 min	5
Vanteenkiristyshäiriö	16 min	2
Ei sido automaattilla	6 min	2

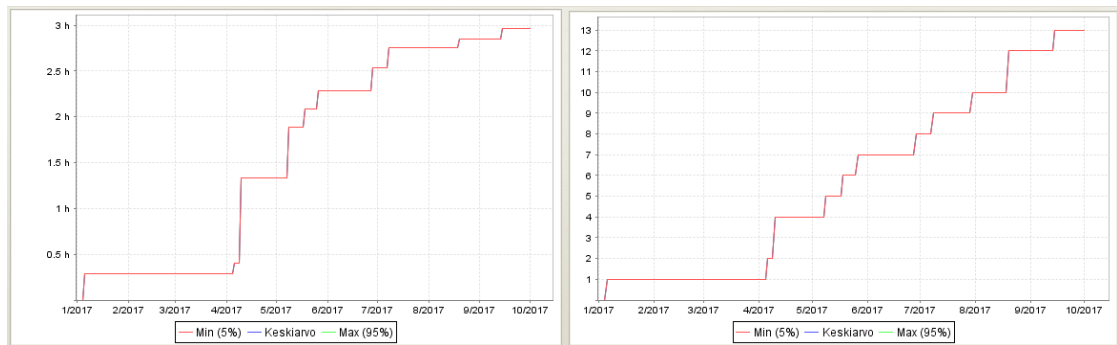
Taulukossa 6 esitetään kelakuljettimen silmäsitomakoneella esiintyneiden häiriöiden jaottelu häiriöluokittain. Suunnitellusta seisokista johtuneita häiriöitä ei otettu huomioon.

Taulukko 6. Simulointijakson aikana esiintyneet häiriöt häiriöluokittain

Laji	ATK	MEK	SÄ
KPL	11	22	2

Kuviossa 45-50 esitetään viiden suurimman seisonta-ajan aiheuttajan kertymät.

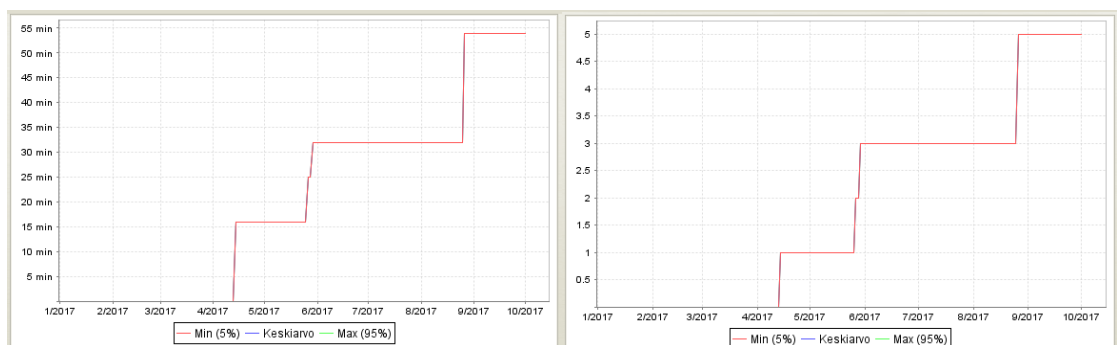
Kuviossa 45 esitetään vanteensyöttöhäiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 13 min 42 s.



Kuvio 45. Vanteensyöttöhäiriön esiintyminen

Kuviossa 46 esitetään vanne karkasi -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana.

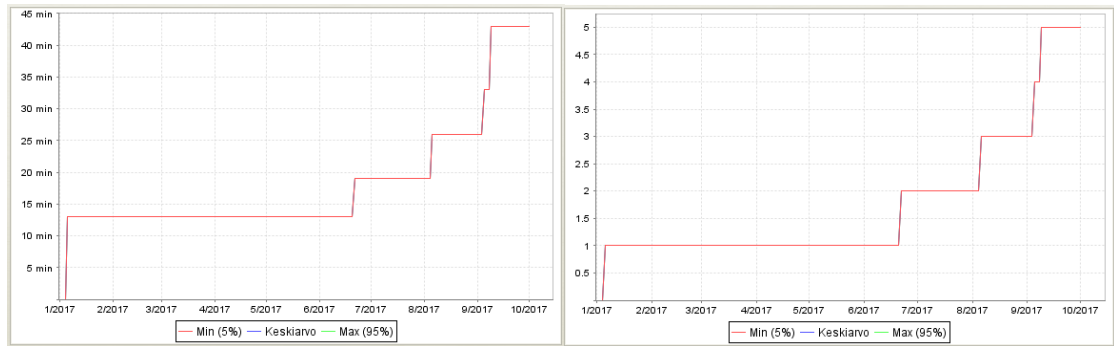
Häiriöaika keskimäärin 10 min 48 s.



Kuvio 46. Vanne karkasi -häiriön esiintyminen

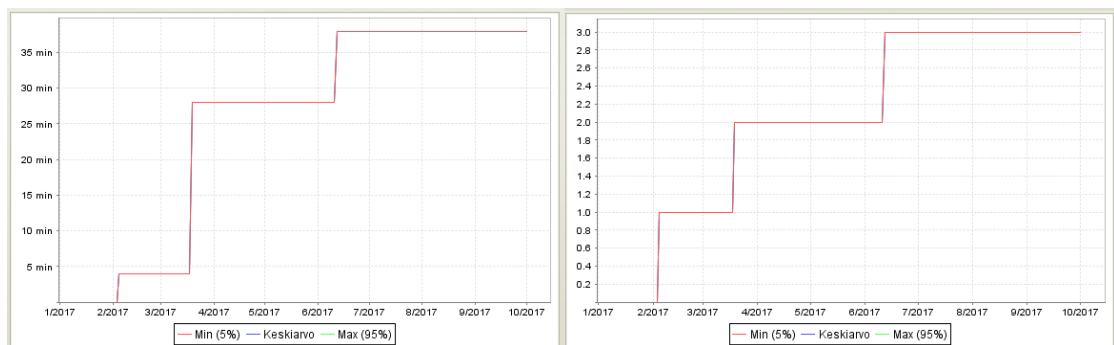
Kuviossa 47 esitetään ei toimi -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriö-

aika keskimäärin 8 min 36 s.



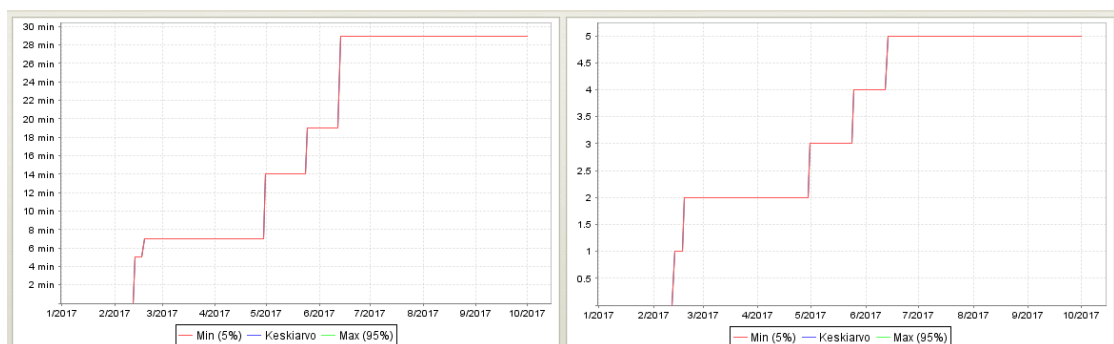
Kuvio 47. Ei toimi -häiriön esiintyminen

Kuviossa 49 esitetään katkoo vannetta -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 12 min 40 s.



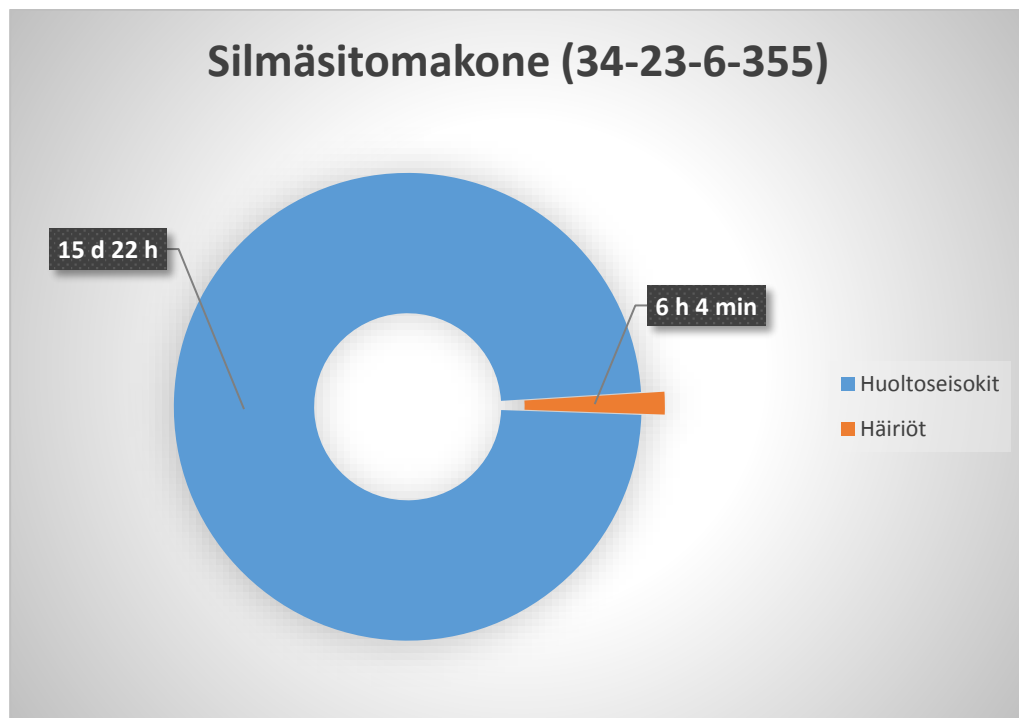
Kuvio 48. Katkoo vannetta -häiriön esiintyminen

Kuviossa 50 esitetään käsivarret kelaan kiinni -häiriön esiintyminen simulointijakson aikana. Häiriöaika keskimäärin 5 min 48 s.



Kuvio 49. Käsivarret kelaan kiinni -häiriön esiintyminen

Kelakuljettimen silmäsitomakoneen epäkäytettävyyksien jakaantuminen viikottaisista huoltoseisokeista aiheutuviin sekä häiriöistä aiheutuviin on esitetty kuviossa 51. Huoltoseisokkeihin ei laskettu mukaan vuosihuoltoa.



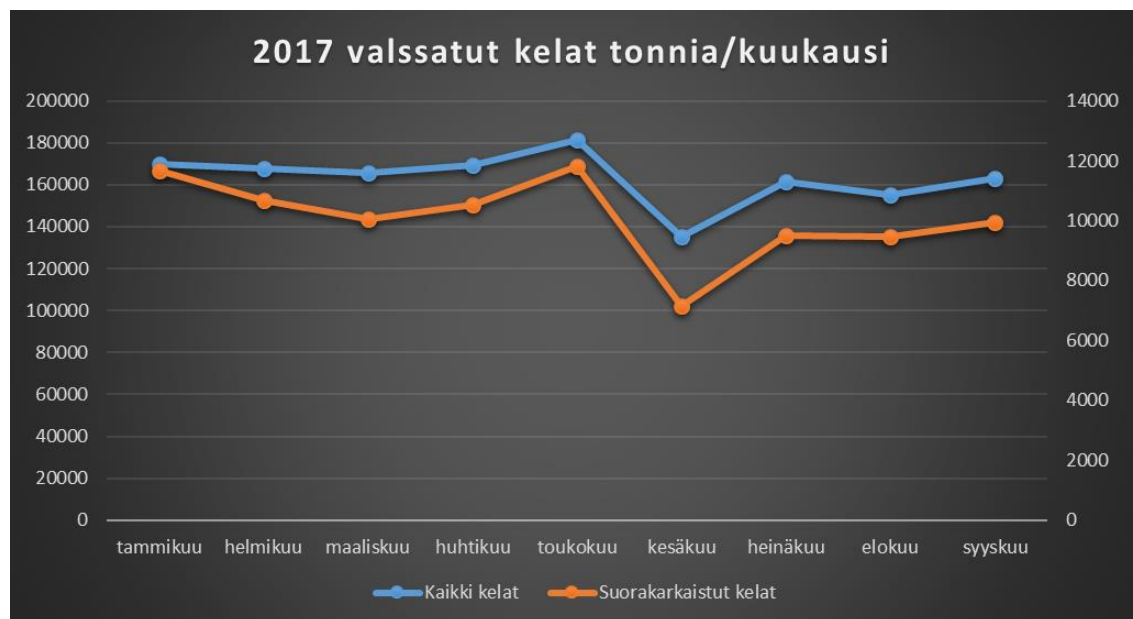
Kuvio 50. Kelakuljettimen SSK:n epäkäytettävyyksien jakaantuminen

6.3 Sitomakoneiden häiriöt suhteessa tuotantoon

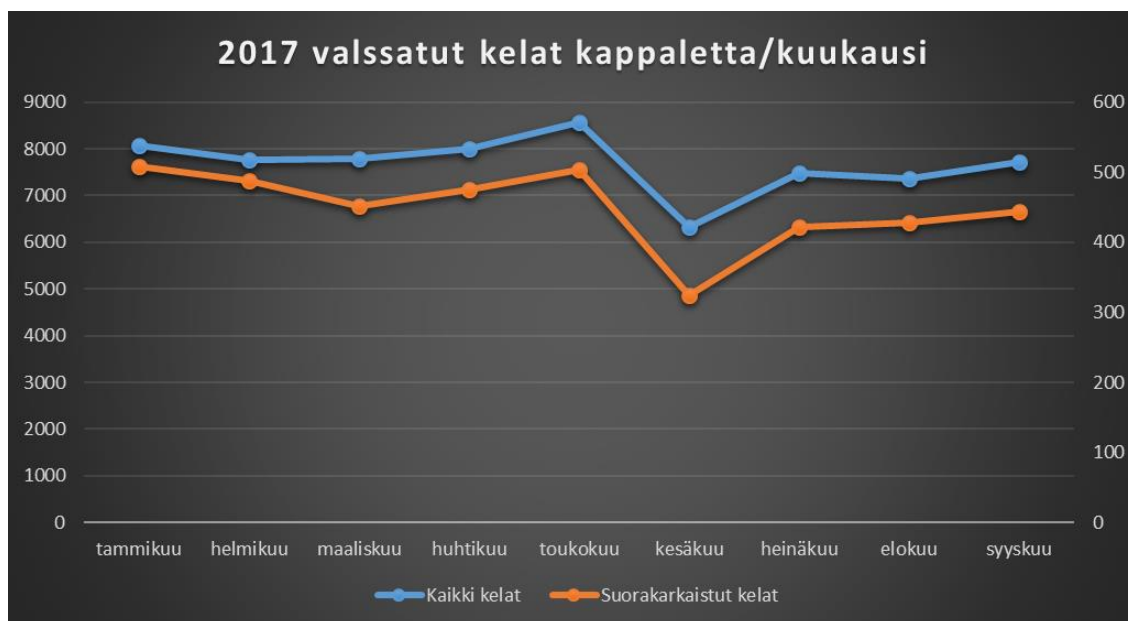
ELMAS-analyysi tarkastelee muun muassa laitteiden käytettävyyttä aikaan sidottuna. Koska kuumanauhavalssauslinjan tuotanto vaihtelee kuukausittain, kuten myös suorakarkaistun teräksen tuotanto ja sitä kautta kelaimen sitomakoneen käyttöaste, päätettiin sitomakoneiden käytettävyyttä tarkastella myös suhteessa tuotantomääriin. Kuukausittaiset tuotantomäärät niin kuumana kelattujen kuin suorakarkaistujen osalta saatiin SMC:ltä. Määrissä saattaa olla muutaman kappaleen heittoja kuukausitasolla, mutta virheiden osuus on niin pieni, ettei se vaikuta analysointiin. Kuvioista 52 selviää valssattu tuotantomäärä tonneittain per kuukausi ja kuvioista 53 selviää tuotantomäärä kappaleittain per kuukausi, molemmat kuviot käsittelevät ajanjaksoa

2017 tammikuu – syyskuu ja sisältävät kokonaistuotannon määrän lisäksi myös suorakarkaistut kelat. Kuvioista voidaan päätellä suorakarkaistujen määrän kehittymisen seuraavan melko tarkasti kokonaistuotannon määrän kehittymistä.

Jokaiseen suorakarkaistuun kelaan sidotaan kelaimen sitomakoneella kelan ominaisuuksista riippuen 6-8 vannetta. Muihin kuin suorakarkastuihin keloihin sidotaan kelakuljettimen kehäsitomakoneella ja silmäsitomakoneella vaihteleva määrä vanteita, riippuen kelan seuraavasta reitistä.

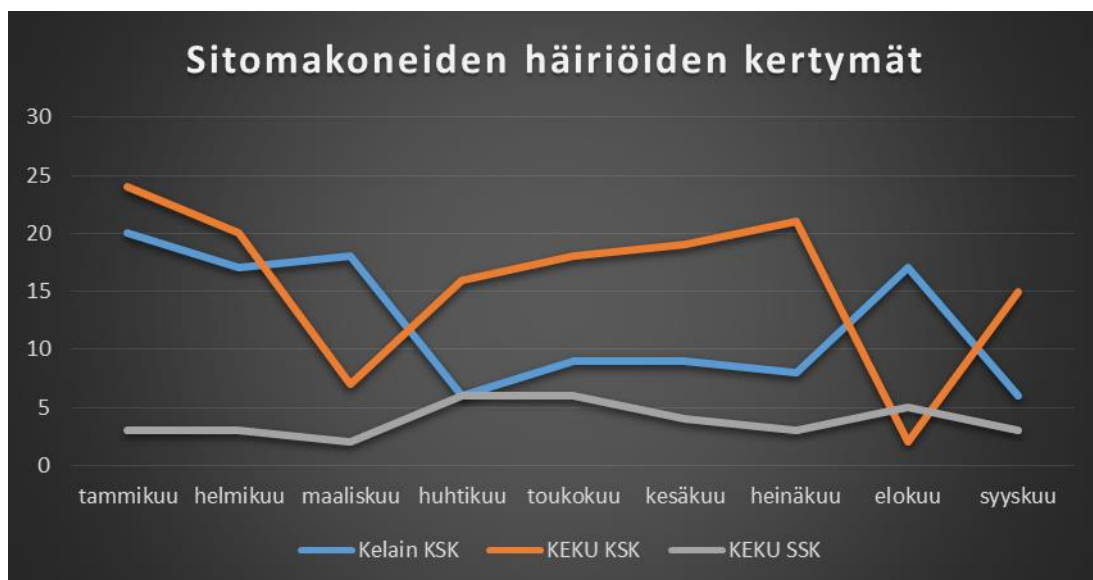


Kuvio 51. 2017 valssatut tonnit



Kuvio 52. 2017 valssatut kappalemäärät

Kuviossa 53 esitetään kelaimen kehäsitomakoneen sekä kelakuljettimen kehä- sekä silmäsitomakoneen häiriöiden kappalemääräiset kertymät kuukausittain 2017 tammikuu – syyskuu väliseltä ajalta.



Kuvio 53. Sitomakoneiden häiriöiden kuukausittaiset kertymät 2017

Vaikkakin tuotantomäärät ja sitomakoneiden häiriöt korreloivat vahvasti, ei pelkästään kuvioita 51-53 vertailemalla voida sanoa niiden välillä olevan suoraa syy-seuraussuhdetta, johtuen monista muista häiriöihin vaikuttavista tekijöistä.

7 Analyysien vertailu

Vuosilta 2015-2016 tehdyn analyysin tuloksia verrattiin vuoden 2017 tammikuu-syyskuu väliseltä ajalta tehdyn analyysin tuloksiin. Analyysien tunnusluvut esitetään taulukossa 7. Vihreä ja punainen pohjaväri indikoivat tilanteen kehittymistä joko parempaan tai huonompaan suuntaan.

Taulukko 7. ELMAS-analyysien vertailu

		Vanha	Uusi
KELAIN KSK	Käytettävyys	93,64 %	93,196 %
	Häiriötön käytettävyys	98,68 %	99,5833 %
	Epäkäytettävyys	6,36 %	6,804 %
	MTTF	1 d 15 h	3 d 7 h
	MTTR	31 min 55 s	19 min 48 s
KEKU KSK	Käytettävyys	95,07 %	93,63 %
	Häiriötön käytettävyys	99,34 %	99,4439 %
	Epäkäytettävyys	4,93 %	6,37 %
	MTTF	1 d 23 h	2 d 3 h
	MTTR	18 min	17 min
KEKU SSK	Käytettävyys	95,55 %	94,0987 %
	Häiriötön käytettävyys	99,82 %	99,9078 %
	Epäkäytettävyys	4,45 %	5,901 %
	MTTF	6 d 10 h	7 d 20 h
	MTTR	17 min	10 min 24 s

Taulukossa 8 esitetään ARTTU:n tietokannasta löytyneet sitomakoneiden kustannukset jaoteltuina töiden ja materiaalien osalta omiin ja vieraisiin.

Taulukko 8. Sitomakoneiden ARTTU-töiden kustannukset

Tunnus	34-23-6-295	34-23-6-350	34-23-6-355
Järjestelmä	Kelain KSK	Kelakuljetin KSK	Kelakuljetin SSK
Kustannukset yht	8 393 €	56 484 €	21 121 €
Oma työ	5 815 €	15 539 €	4 759 €
Oma materiaali	2 283 €	30 679 €	16 362 €
Vieras työ	0 €	0 €	0 €
Vieras materiaali	295 €	10 266 €	0 €

7.1 Haastattelujen tulokset

Haastattelut toteutuivat lopulta kokonaan suullisina, työpisteille jaettuihin vastauslomakkeisiin ei tullut vastauksia. Haastatteluissa esiin tulleita ongelmia, ideoita ja mielipiteitä sitomakoneiden toiminnasta on listattuna alle:

Yleiset

- Sitomakoneet toimivat kaiken kaikkiaan hyvin, kun suhteuttaa häiriöt sitomiskertoihin
- Häiriöiden todelliset juurisytyt jäävät usein epäselväksi, esimerkiksi mikä on aiheuttanut vanteensyöttöhäiriön
- Kelaimen alueen kunnossapitäjien sekä vuorohuoltomiesten ammattitaito nähdään suurena vahvuutena sitomakoneiden häiriötilanteissa

Kelaimen kehäsitomakone

- Paikallisojhauspaneelin käyttö ei ole kaikille tuttua
- Manuaalilla sitoessa kone sitoo kaikki vanteet samaan kohtaan
- Kelaimen päätteen hälyttäessä toimintahäiriötä syy ei yleensä selviä ja häiriölista on tyhjä. Koneen toimintakunto palautuu, kun sitoo yhden vanteen manuaalilla paikallisojhauspaneelistä ja vaihtaa takaisin automaatile
- Ei lähde usein sitomaan automaattilla ensimmäistä suorakarkaistua kela

Kelakuljettimen kehäsitomakone

- Sitomakone ei tunnista suorakarkaistuja keloja automaattisesti, kuumana kelattujen ja suorakarkaistujen kelojen väliin täytyy jättää kourukuljettimelle tyhjä paikka ja ottaa kehäsitomakone pois käytöstä

- Paikallisohejauspaneelit monimutkaisemmat kuin edeltävät paneelit olivat. Mahdollista ajaa sekvenssit väärässä järjestyksessä, joten sidonta vaatii operaattorilta osaamista ja tietoa koneen toiminnasta ja sekvenssien oikeasta järjestyksestä
- Ei aina anna äänihälytystä muun muassa sitomapään jäädessä eteen kelalle
- Paljon vanteensyöttöhäiriöitä, vanne puskee vanteensyöttökouruista ulos
- Jättävät usein sekvenssit kesken ilman selvää syytä
- Sitomakoneet ovat mekaanisesti kuluneita, edellytykset koneiden häiriöttömälle toiminnalle alentuneet

Kelakuljettimen silmäsitomakone

- Kehäsitomakoneen kommentit koskevat soveltuvilta osin myös silmäsitomakonetta
- Hälyttää ilmanpaineen olevan alarajalla, epäily virrehälytyksistä

8 Työn tulokset

Työn tavoitteena oli kehittää kunnossapidollisia toimenpiteitä, joilla sitomakoneiden käyntivarmuutta kyetään parantamaan. Työn edetessä päätettiin keskittyä TOP5-seisonta-aikaa aiheuttaviin häiriöihin. Kappaleessa 8.1 käsitellään TOP5-häiriöitä, ehdotetut kunnossapidolliset toimenpiteet, joilla kutakin häiriötä voitaisiin yrittää poistaa, on listattu häiriöiden alle.

Muita ehdotuksia sitomakoneiden käyntivarmuuden parantamiseksi käsitellään kappaleessa 8.2

8.1 TOP-5 häiriöiden tarkastelu ja kunnossapidolliset toimenpiteet

ELMAS-analyysin avulla sitomakoneiden TOP-5 häiriöiden aiheuttajia tutkittiin tarkemmin SMC:n häiriölistan avulla, jotta saatiin selville mahdollisia häiriöiden yhteisiä tekijöitä. Analyysissä käytettiin samoja, liitteissä 1-3 mainittuja häiriöluokkia ja laitteistoja kuin vuosien 2015-2016 analyysissä, joten TOP5-häiriöitä tarkasteltiin myös edellisen kahden vuoden ajalta, jotta yhteisiä tekijöitä selviäisi enemmän. Osa häiriölistasta löytyvistä yhteisistä tekijöistä on mahdollisuuksien mukaan poimittu edellisiltä vuosilta, mikäli tapaukset ovat toisiinsa verrattavissa.

Kelaimen kehäsitomakoneen TOP-5 häiriöt:

Vanteensyöttöhäiriö

- Neljä tapahtumaa, yhteiskestoltaan 3 h 44 min, joissa vanne oli purkaantunut kelasta tai puolautunut. Johtunut joko virheellisestä vannekelasta tai vannekelan virheellisestä asennuksesta
- Useita tapahtumia, joissa samanaikaisesti toimintahäiriö
- Vanteen loppuminen aiheuttaa vanteensyöttöhäiriön
- Vanne tökkää vannekouruun ja aiheuttaa vanteensyöttöhäiriön

Suuri osa tapauksista olisi voitu ehkäistä asentamalla uusi vannekela oikein ja tarkastamalla uuden vannekelan kunto, jolloin virheelliset olisivat jääneet asentamatta.

Osa häiriöistä ei kuitenkaan ole lajiltaan mekaanisia, vaan sitomakoneen automaatioon viittaavia virhetilanteita.

Sitomakone ei toimi

- Häiriölistalta ei löydy suoranaisia yhteisiä tekijöitä, mutta useat tapahtumat viittaavat sitomakoneen automaatioon. Jättänyt joko sidonnan kesken tai ei ole aloittanut sitomis-sekvenssiä ollenkaan

Tapahtumat luokiteltiin sitomakone ei toimi –häiriöiksi, mikäli häiriöin kuvaus oli puutteellinen tai syytä häiriöön ei tapahtumahetkellä tiedetty. Suurin osa häiriöstä viittaa automaatioon.

Ei sido automaatilla

- Häiriölistasta on pääteltävissä, että suurin osa tapahtumista ajoittuu jaksolla olevan suorasammutettujen niin sanotun potin, eli usean peräkkäin valssatun suorasammutetun kelan sarjan ensimmäiseen kelaan
- Useita tapahtumia, joissa kelaimen päätteen mukaan kone automaatilla, mutta paikallisohjauspaneelin mukaan käsiäjolla
- Sitomakone toimii kuitenkin paikallisohjauspaneelistä käsiäjolla

Kuten edeltävässäkin häiriössä, suurin osa on jäänyt tapahtumahetkellä mysteeriksi. Häiriön kuvauksesta ei löydy tietoa siitä, minkä hälytyksen sitomakone on tilanteessa antanut. Lähestulkoon kaikki viittaavat automaatioon, tai tiedonsiirto-ongelmiin.

Vanteenohjauspyörät

- Kaksi tapahtumaa, joissa hälyttänyt vanteen pää, sekä vannemakasiinihäiriötä
- Tapahtumia vain viisi kappaletta, ei selvää yhteistä tekijää
- Yhdessä tilanteessa häiriö johtui huonosta vannekelasta
- 2015-2016 välisenä aikana kolme tapahtumaa, joissa vanteenohjauspyörän pultti on katkennut
- Häiriöt koskevat joko vanteenohjauspyöriä tai vannemakasiinia

Häiriöiden kuvaukset eivät anna tarkempaa selostusta tapahtumista, jotta syitä kyettäisiin selvittämään.

Testaus/mittaus/päivitys

- Muutama tapahtuma, joissa tuotanto seisautettu sitomakoneen välittömästä korjauksesta johtuen, kalibrointia tai kaasun tarkistamista varten
- Häiriövaloa on käytetty niin sanottuna varavalona, eli valssattu yksi suorasammutettu kela jolla testattu koneen toimintaa, ennen seuraavan aihion uloslastaamista askelpalkkiuunista

Kelakuljettimen kehäsitomakoneen TOP-5 häiriöt:

Vanteensyöttöhäiriö

- Useassa tapahtumassa epäily vanteen tökkäämisestä johonkin, yleensä vannekouruun
- Suurimassa osassa tapahtumista häiriökirjaus ei sisällä tarkentavaa tietoa

Vanteensyöttöhäiriöt vaikuttavat johtuvan vanteen tökkäämisestä esimerkiksi vannekouruun tai pistimeen vanteensyöttö-sekvenssin aikana. Häiriökirjauksista ei aina ilmene, onko vannekouruja tai pistintä korjattu häiriöiden jälkeen, mutta välillä niin on tehty. Usein vanteensyöttöhäiriöt ovat yksittäistapauksia, jolloin esimerkiksi vanteen pää edellisen sitomisen jäljiltä on katkennut huonosti ja/tai taipunut, jolloin vanne ei kulje kuten pitäisi. Kourut ja pistimet tarkastetaan viikoittain huoltoseisokissa ja tarvittaessa ne korjataan tai vaihdetaan kuluneet tai vaurioituneet osat uusiin. Kourujen ja pistinten vaurioitumisia voidaan ehkäistä välttämällä ulkomuodoltaan huonojen (revennyt tai liian pitkällä oleva häntä) kelojen sitomista sitomakoneella. Liian pitkällä olevat hännät tulisi pyörittää kelan alle pyöritysruillastolla ja kelat, joissa on pahasti revennyt häntä, tulisi kelakuljettimen operaattorin toimesta pidättää ja siirtää nosturilla pidätysvarastoon kunnostettavaksi.

Pistimet, vannekourut sekä vanteenohjauspyörät kuluvat, kun vanne kulkee niissä.

Testausta/päivitystä

- Käytännössä kaikki tapatumat viittaavat sitomakoneen välittömään korjaukseen

Sitomakone ei toimi

- Suurimmassa osassa tapahtumista sitomakone on aloittanut sitomissekvenssin, mutta ei ole tehnyt kaikkia liikkeitä loppuun
- Häiriökirjauksissa oleva variaatio mahdollisista syistä todella laaja

Tapahtumat luokiteltiin sitomakone ei toimi –häiriöiksi, mikäli häiriöin kuvaus oli puutteellinen tai syytä häiriöön ei tapahtumahetkellä tiedetty. Suurin osa häiriöstä viittaa automaatioon. Häiriöiden kuvaukset eivät kerro, minkä hälytyksen sitomakone on antanut. Paikallishjauspaneelin sekvenssejä tarkastamalla selviäisi, mikä liike koneelta on jäänyt kesken tai tekemättä, jolloin syytä kyettäisiin selvittämään.

Sidontapaikka hukassa

- Sitomakone hukkaa usein sitomapaikan numero kolme kesken sitomisen, ajo koneella pohjois-eteläsuunnassa yleensä auttaa
- Sitomakone ei löydä haluttua asemaa sivuttaissiirrolla, tai asema johon kone päättyy on väärä, jolloin pistimet tökkäävät. Mahdollisuus ajaa pistimet solmuun

Osa tapahtumista viittaa sivuttaissiirron rajoihin, rajatietoa ei joko tule tai se on virheellinen. Sitomapaikkojen hukkaaminen on toistuvaa. Paikallishjauspaneelin sekvenssejä ja rajatietoja tutkimalla viat eivät selviä, vaatii sähkö/automaatioasentajien resursseja. Syksyn 2017 aikana havaittiin sivuttaissiirtoon ja sen laitteisiin viittaava ongelma, havaintojen mukaan sivuttaissiirron hammastukset eivät olisi keskenään linjassa.

Pistin/pistinlukitus

- Tapahtumia vähäinen määrä, ei yhteistä tekijää

- Noin 63% häiriöajasta viittaa tapaukseen, jossa KSK-1:n pistimen sylinteri jouduttiin rikkoontumisen vuoksi vaihtamaan
- 2015-2016 useita tapahtumia, joissa pistin ei toimi oikein, johtuen joko tökkäämisestä revenneeseen kelan häntään tai kourukuljettimeen ja välitön korjaus on aiheuttanut seisonta-aikaa tai sitomakoneen sivuttaissiirron rajat eivät ole toimineet oikein

Usein pistimeen liittyvissä häiriöissä pistin joko törmää kourukuljettimeen tai pistin ei saa kunnollista kontaktia vastimeen pistin eteen sekvenssin aikana. Kuten ylempänä vanteensyöttöhäiriön kohdalla on mainittu, pistimet vaurioituvat törmätessään liian pitkällä oleviin tai revenneisiin häntiin. Mikäli kourukuljetinta ajetaan kelakuljettimen ohjaamosta hätäajolla alas, pistimet voivat vaurioitua sitomissekvenssin ollessa käynnissä.

Kelakuljettimen silmäsitomakoneen TOP-5 häiriöt:

Vanteensyöttöhäiriö

- Suurimassa osassa tapahtumista sitomakone syöttänyt vanteen väärin, tai ei ole syöttänyt vannetta ollenkaan

Vanteensyöttöhäiriöt johtuvat usein vanteen huonosta kulkemisesta vannekouruissa, johtuen vanteen pään huonosta kunnosta, jolloin vanne karkaa kourusta. Mikäli sitomakone ei syötä vannetta ollenkaan, vika on yleensä vanteensyöttömoottorin syöttöruullan säädössä. Jos sitomakone syöttää vannetta liikaa, sitomapäässä oleva kieli ei tunnista vanteen saapumista ja aloita kiristys, lukitus, katkaisu sekvenssiä vaan jatkaa vanteen syöttämistä. Sitomapään kieltä voidaan säätää, jolloin vanteen tunnistus toimii herkemmin. Sitomapäät huolletaan viikoittain huoltoseisokeissa, jolloin myös kielen toiminta tarkistetaan.

Vanne karkasi

- Vanne karannut sitomapäästä, ei tarkempaa selostetta tapahtumille

Vanne karkaa sitomapäästä mikäli vanteensyöttörulla ei jostain syystä pidä otetta vanteesta. Tapahtumia vähäinen määrä, häiriöt normaalisti yksittäistapauksia. Tilanne korjautuu syöttörullaa säätämällä.

Ei toimi

- Tapahtumia vähäinen määrä
- Sitomakone aloittanut sitomissekvenssin, mutta ei ole tehnyt kaikkia liikkeitä loppuun
- Sidonta-ajanylitys

Tapahtumat luokiteltiin sitomakone ei toimi –häiriöiksi, mikäli häiriöin kuvaus oli puutteellinen tai syytä häiriöön ei tapahtumahetkellä tiedetty. Suurin osa häiriöstä viittaa automaatioon. Häiriöiden kuvaukset eivät kerro, minkä hälytyksen sitomakone on antanut. Paikallisohjauspaneelin sekvenssejä tarkastamalla selviäisi, mikä liike koneelta on jäänyt kesken tai tekemättä, jolloin syytä kyettäisiin selvittämään. Sidonta-ajan ylitykset tulevat, kun sitomakone ei saa sallitussa ajassa rajatietoa, jotta seuraava sekvenssi voitaisiin aloittaa.

Katkoo vannetta

- Tapahtumista ei selviä yhteistä tekijää, epäily vanteen kiristysvoiman virheellisyydestä

Vanteiden katkeamiset johtuvat joko sitomakoneen pneumatiikan vääristä säädöistä, jolloin vannetta kiristään liikaa ja se katkeaa, tai kelan teleskooppisuudesta, yleensä silmäteleskoopista. Kelakuljettimen sitomakoneille testiin tulossa oleva 1,0 mm paksu vanne todennäköisesti vähentää ainakin kelan teleskooppisuudesta johtuvia vanteiden katkeamisia, sillä uusi vanne on sitkeämpää.

Käsivarret kelaan kiinni

- Tapahtumista ei selviä yhteistä tekijää

Häiriökirjauksista ei selviä minkä hälytyksen sitomakone on antanut. Syy on todennäköisesti automaatioissa, mahdollisesti rajoissa tai sidonta-ajan ylityksessä.

Kaikkien sitomakoneiden häiriöitä yhdistää se, että suuri osa sekä TOP5 sisälle, että ulos jäävistä häiriöistä voidaan luokitella automaatioon ja sähköön viittaaviin ongelmiin. Varsinaisia koneissa olevia mekaanisia vaurioita ja vikoja on huomattavasti vähemmän. Muut kuin automaatio/sähkö luokkiin menevät, mekaanisiksi luokiteltavat häiriöt ovat yleensä yksittäistapauksia tai prosessista johtuvia.

Automaatioon liittyvien häiriöiden selvittäminen vaatii mahdollisesti ulkoisia resursseja, sekä tilanteita, joissa mahdollisimman monia sitomakoneiden häiriöitä ilmenee, jotta juurisyyt saadaan selville.

8.2 Sitomakoneiden käyntivarmuutta parantavia tekijöitä

Sitomakoneiden käyntivarmuutta kyetään parantamaan kunnossapidollisten toimenpiteiden lisäksi käytäntöjä muuttamalla.

Ehdotuksia toimenpiteiksi:

Nykytilassa kelaimen kehäsitomakoneen antaessa hälytyksen vanteen määrän alarajalla olemisesta, vannekela joudutaan vaihtamaan välittömästi. Mikäli kelaimen operaattori ja vuorohuoltomies toteavat, että vanne kuitenkin riittäisi sitomaan loput suorasammutetut kelat, hälytyksen ohittamalla säästyttäisiin vanteenvaihdon aiheuttamalta häiriöajalta ja uusi vannekela voitaisiin vaihtaa myöhemmin, sopivassa välissä.

Häiriöhistoriasta löytyi useita tapauksia, jossa joko puolautunut tai väärin asennettu vannekela aiheutti seisonta-aikaa. Vannekelan asentaminen väärin on suhteellisen helppoa, joten käyttöhenkilöstön tarkkaavaisuus asennushetkellä, sekä vanteen kunnon ja oikean vanteen tarkastaminen vähentävät häiriöitä.

Vanteenvaihto aiheutti kelaimen kehäsitomakoneelle 15 tuntia ja kelakuljettimen kehäsitomakoneelle lähes kolme tuntia häiriöaikaa. Seuraamalla kelaimen kehäsitomakoneen vanteen määrää ennen suorasammutettujen kelojen valssaamista ja vaihta-

malla vannekela etukäteen, häiriöaikaa saataisiin vähennettyä huomattavasti. Vanteenvaihdot voitaisiin ajoittaa resurssien puitteissa valssinvaihdon, huoltopäivän tai muiden häiriöiden ohelle.

Kelakuljettimen kehäsitomakoneen vanteenvaihto kyetään tekemään myös normaalin häiriöttömän tuotannon ohessa tyhjentämällä kourukuljetinta sekä käyttämällä varastointia, joka estää kelojen nousun pikakuljettimelta kourukuljettimelle. Lisäksi vannekelan vaihtamisen valmistelu etukäteen lyhentää itse vaihtamistoimenpiteeseen kuluva-aikaa huomattavasti.

Käyttöhenkilöiden syvempi koulutus sitomakoneiden toiminnasta, komponenteista ja häiriötilanteiden selvittämisestä johtaisi häiriöiden tarkempaan tunnistamiseen. Tätä tietotaitoa voitaisiin hyödyntää häiriöiden juurisyitä etsittäessä.

9 Pohdinta

Työn alussa lähtötietoja sitomakoneiden nykytilan selvittämiseen saatiin määrällisesti paljon eri järjestelmistä, lähinnä ARTTU:sta ja SMC:ltä. Suuria muutoksia sitomakoneisiin ei ollut tehty vuoden 2017 aikana, joten materiaalin koettiin olevan luotettava ja soveltuvan hyvin käyttötarkoitukseen. Työn edetessä kävi kuitenkin selväksi, että häiriökirjausten suuren määrän sijaan huomattavasti tärkeämpää oli niiden laatu. Osittain inhimillisistä tekijöistä johtuen häiriökirjauksien laatu vaihtelee todella paljon. Osasta häiriökirjauksista selviää tarkkaan, minkä hälytyksen sitomakone on antanut, mikä häiriön aiheutti ja miten se poistettiin. Osa kirjauksista kuitenkin on puutteellisia, jolloin ainoaksi hyödynnettäväksi tiedoksi jää häiriön kesto. Häiriökirjauksia käsiteltiin usean eri järjestelmän, kuten Excelin ja ELMAS-analyysin avulla, joten näppäilyvirheiden syntyminen suuresta tietomäärästä johtuen oli mahdollista. Tämän ei kuitenkaan katsottu vaikuttavan olennaisesti analyysien ja nykytilan selvityksen luotettavuuteen.

SMC:ltä löytyvien kelakuljettimen häiriöiden määrää sekä kestoa vääristää osittain se, että käyttöhenkilöiden on mahdollista selvittää häiriötilanteita myös ilman linja-

häiriötä. Suuri osa häiriöistä on lyhytkestoisia, joten ne saadaan selvitettyä varastoinnin aikana, jolloin uusia keloja ei nouse kourukuljettimelle. Lisäksi käyttöhenkilöiden tärkeimpänä prioriteettina on palauttaa laitteen toimintakunto mahdollisimman nopeasti jotta tuotanto ei häiriinny, joten häiriöiden todelliset syyt jäävät vähemmän tärkeiksi, joka heijastuu häiriökirjauksissa. Lisäksi kelakuljettimen häiriöaika ei ole kokonaan linjahäiriötä, sillä tuotantoa kyetään jatkamaan useamman kelan valssauksen ajan, ennen ruuhkan syntymistä ja tuotannon hetkittäistä keskeyttämistä. Koska kaikki kelakuljettimen päätteen antamat sitomakoneisiin liittyvät hälytykset eivät aiheuta toimenpiteitä, ollen joko virrehälytyksiä tai nopeita selvittää, erittäin suuri osa hälytyksistä jää täten huomioimatta ja niiden syy selvittämättä. Häiriötilanteissa todellista aiheuttajaa ei aina tunnisteta, joten sama häiriö voi toistua lyhyen ajan sisään useasti, ennen ryhtymistä kunnossapidollisiin toimenpiteisiin.

ARTTU:n töiden, lähinnä ennakkohuoltotöiden kirjauksia tutkiessa huomattiin, että kaikkia töitä ei kuitata esimerkiksi viikkoseisokissa joko ollenkaan, tai usean työn kustannukset kuitataan yhden työn alle. Lisäksi samoista töistä löytyi useita kirjauksia vaihtelevilla kustannuksilla. Usean työn kustannusten kuittaus yhdelle työlle johtuu mitä ilmeisemmin pyrkimyksestä säästää kirjauksiin kuluva aikaa. Täten ARTTU:sta löytyvät konekohtaiset kustannukset sekä kirjattujen töiden määrä verrattuna todelliseen töiden määrään ovat osittain virheellisiä.

Opinnäytetyön edetessä oli tarkoitus seurata sitomakoneiden toimintaa työajan puitteissa ja selvittää ilmeneviä häiriöitä käyttö- ja kunnossapitojen avustuksella. Valitettavasti noin kahden kuukauden aikana päivävuoron työaikaan osui vain muutamia häiriöitä, joista suurin osa jäi tutkimatta, osittain laitteiden nopean toimintakuntoon palauttamisen vuoksi.

Pelkästään häiriökirjauksia tutkimalla ja haastatteluja tekemällä sitomakoneiden vikaantumisten todellisiin juurisyihin paneutuminen on erittäin haasteellista. Koska samat häiriötilanteet voivat johtua useasta eri syystä, perustui juurisyiden pohtiminen jälkikäteen lähinnä parhaimpaan ja todennäköisimpään arvaukseen. Todellisten juurisyiden selvittäminen historiatietoja tutkimalla vaatisi syvempää laitteiden toiminnan tuntemista. Häiriötilanteiden selvittäminen ja juurisyiden tutkiminen onnistuu parhaiten vikaantumishetkellä, ennen laitteen toimintakunnon palauttamista. Tämä vaa-

tii läsnäoloa ja nopeaa reagointia sekä resursseja sekä automaatio/sähkö- ja mekaaniselta kunnossapidolta. Opinnäytetyön edetessä tuli selväksi, että vanhojen häiriökirjausten tutkimiseen käytettiin liikaa resursseja suhteessa käytössä olleeseen aikaan.

Haastattelujen osoittautuivat osittain haasteellisiksi, kun vastauslomakkeisiin ei saatu toivotulla tavalla kommentteja käyttökäyttäjiltä. Kun suullisia haastatteluja tehdään, on usein hankala ottaa kantaa sitomakoneiden toimintaa yleistä tasoa syvemältä, koska edellisestä esimerkiksi edellisestä omalle kohdalle sattuneesta häiriöstä voi olla useita vuorokausia aikaa ja sitomakoneen toiminta häiriötilanteessa on voinut jäädä epäselväksi ja häiriön aiheuttaja selvittämättä.

Kun TOP5-häiriöiden aiheuttajia ja yhteisiä tekijöitä selvitettiin, kävi ilmi, että häiriöiden mahdollinen vähäinen määrä sekä häiriökirjausten laatu vaikuttivat olennaisesti häiriöiden juurisyiden poistamiseen toimenpiteiden kehittämiseen. Tästä syystä myös edellisten vuosien häiriökirjauksia tutkittiin sopivilta osin. Mikäli TOP5-häiriötilanteita olisi ollut opinnäytetyötä tehdessä suurempi määrä, olisi niiden aiheuttajiin ja toimenpiteiden kehittämiseen saatu laajempi ja syvempi näkemys.

Tämä opinnäytetyö kuvaa suurimmilta osin nykytilaa laitteiden osalta, sekä antaa näkemystä siitä, miten jatkossa juurisyiden selvittämisen suhteen tulisi edetä. Haastattelujen ja häiriökirjausten tutkimisella ei mielestäni päästy tarpeeksi syvälle sitomakoneiden sielunelämään, sillä samoille häiriöille on useita eri aiheuttajia, eikä suoraa johtopäätöstä voida tehdä pelkän historiatiedon perusteella, vaan reaaliaikainen seuranta olisi ensiarvoisen tärkeää ja antaisi tarkempaa tietoa häiriötilanteista.

Lähteet

- ELMAS – Tapahtumalogiikan mallinnus ja analysointi. Nd. Esittelyaineisto analysointiohjelmasta. Viitattu 29.9.2017.
<http://www.ramentor.com/etusivu/tuotteet/elmas/>
- Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- Järviö, J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-tieto
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uud. p. Helsinki: KP-Media.
- Järviö, J., Parantainen, T., Piispa, T., Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uud. p. Helsinki: KP-Media.
- Kananen, J. 2008. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kunnossapitojärjestelmän käyttö. 2014. Esittelyaineisto kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä Arttu:sta. Viitattu 29.9.2017.
- Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus. Nd. Käyttövarmuuden teoriaa. Viitattu 17.1.2018. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>
- PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. p. Helsinki: PSK Standardointiyhdistys. <https://janet.finna.fi/>, Tekniikan ala, PSK-standardit.
- Raahen tehtaan esittelymateriaali. 2016. Esittelyaineisto Raahen terästehtaasta. Viitattu 27.9.2017.
- SSAB lyhyesti. N.d. Tietoa yrityksestä SSAB:n verkkosivustolla. Viitattu 27.9.2017.
<http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

Liitteet

Liite 1. Kelaimen kehäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot

Kelaimen sitomakone (34-23-6-295)	
-	Sitomapää
o	Elektrodi
o	Katkaisuterä
o	Liitosyksikköhäiriö
o	Rakenne
o	Sivusiirtohäiriö
o	Sulkumoottori
o	Syöttömoottori
o	Taaksekäntöhäiriö
o	Vanteentunnistusraja
-	Yleisen tason ongelmat
o	Sitomakone ei toimi
o	Sitomakone ei sido automaatilla
o	Sitomakone tippuu paikallisajolle
-	Vanteenkäsittelyhäiriöt
o	Vanteenkiristyshäiriö
o	Vanteensyöttöhäiriö
o	Vanteenpalautushäiriö
o	Vanne karkasi
-	Vannemakasiini
o	Vanteenohjauspyörät
o	Pulssianturi
-	Rakenne
o	Turvaportit
o	Valoverhon kuittaus
-	Muut
o	Sitomakoneen kaaret
o	Testaus/mittaus/päivitys
o	Vannekourut
o	Hännänpaikoitus
o	Pistin ja vastin
o	Sähkö ja automaatio
o	C-vaunu ei liiku
o	Suojakaasu

Liite 2. Kelakuljettimen kehäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot

Kelakuljettimen kehäsitomakone (34-23-6-350)	
-	Sitomapää
o	Ei laskeudu kelalle
o	Läppä
o	Paineilma
o	Painekytin
o	Raja
o	Rakenne
o	Sidontapaikka hukassa
o	Sitomapää kelaan kiinni
-	Yleisen tason ongelmat
o	Ei toimi
o	Ei sido automaattilla
o	Sitoo väärän määrän vanteita
-	Vanteenkäsittelyhäiriöt
o	Vanteenkiristyshäiriö
o	Vanteensyöttöhäiriö
o	Vanteenlukitushäiriö
o	Vanne karkasi
o	Katkoo vannetta
-	Muut
o	Pistin/pistinlukitus
o	Vannemakasiini
o	Sähkö ja automaatio
o	Kourukuljetin
o	Testausta/päivitystä
o	Siirron inventteri

Liite 3. Kelakuljettimen silmäsitomakoneen häiriöluokat ja laitteistot

Kelakuljettimen sitomakone (34-23-6-355)	
-	Yleisen tason ongelmat
o	Ei toimi
o	Ei sido automaattilla
o	Sitoo väärän määrän vanteita
-	Vanteenkäsittelyhäiriöt
o	Vanteenkiristyshäiriö
o	Vanteensyöttöhäiriö
o	Vanne karkasi
o	Katkoo vannetta
-	Muut
o	Käsivarret kelaan kiinni
o	Hännänpaikoitus
o	Käsivarren raja
o	Kouru