

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

**Kylmävalssaamo 2:n S-rullastojen kustannusten optimointi
RAP5-linjalla**

Petri Kuusela

Tuotantotalouden koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamo 2:lla. Työn ohjaajana on toiminut Kemi- Tornion ammattikorkeakoulusta opettaja Tuomo Palokangas ja Outokummun puolelta valvojana toimi RAP5-linjan käyttöinsinööri Pekka Vainio. Suuret kiitokset kuuluvat molemmille asiantuntevasta avusta työn eri vaiheissa. Kiitos kuuluu myös kunnossapitoinsinööreille Niko Alaluusualle ja Einari Fyhrille sekä kunnossapidon työnjohtajille avusta ja tiedonannosta työn aikana.

Kiitokset myös vaimolleni Katjalle ja pojilleni Juliukselle ja Niklakselle, jotka ovat antaneet voimia ja aikaa suorittaa opinnot.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Opinnäytetyön tekijä	Petri Kuusela
Opinnäytetyön nimi	S-rullastojen kunnossapitovälin optimointi RAP5-linjalla
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	3.5.2012
sivumäärä	63 + 9 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Tuomo Palokangas
Yritys	Outokumpu Stainless Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	DI Pekka Vainio

Työ tehtiin Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamo 2:n kunnossapidolle. Rulliin kohdistuneet kunnossapito-, laatu- ja tuotantokustannukset ovat olleet RAP5-linjalla vuosina 2008- 2010 merkittävä kustannusten aiheuttaja.

Työn tavoitteena oli selvittää RAP5-linjan loppuosan S- rullastojen 11 – 14 ja ohjausrullien 19 – 21 optimaaliset vaihtovälit. Tarkoituksena oli löytää tasapaino laaduntuottokyvyn ja rullien kunnossapitokustannusten välille.

Teoriaosassa käsiteltiin kumipäällysteiden ominaisuuksia ja niiden kulumista sekä RAP5-linjan kumioitujen S-rullien ominaisuuksia ja vaatimuksia. Lisäksi vertailtiin eri pinnoitevaihtoehtoja. Empiirisessä osuudessa tarkasteltiin myös historiatietojen perusteella toteutuneita S- ja ohjausrullien vaihto- ja hiontavälejä, häiriötietoja sekä laatutilastoja. Satunnaisten rikkoutumisten osuutta erilaisiin virheisiin ei huomioitu. Käytännönsä esitettiin tyypillisimmät vaurioitumismekanismit ja niiden vaikutukset tuotantotoiminnalle sekä hionnasta ja vaihdosta aiheutuneet kokonaiskustannukset. Lisäksi on arvioitu RAP5-linjan loppuosan S-rullastojen 11 – 14 ja ohjausrullien 19 - 21 optimaaliset kunnossapitovälit ja S- rullaston 14 muutoksen kannattavuus kumioiduista rullista kuiturulliin.

S-rullastojen 11 - 14 optimaaliset hionta- ja vaihtovälit saatiin määriteltyä. Lisäksi S-rullastoille suoritettavien tarkastusten toimenpiteet määriteltiin sekä ajastettiin Kutille malliennakkotyöksi. Lisäksi vertailtiin S-rullasto 14:sta kuiturullan pinnoituskustannusta NBR-rullan hionta- ja vaihtokustannuksiin käyttöiän suhteen.

Asiasanat: kunnossapito, kumiointi, kannattavuus

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Industrial Management
Name	Petri Kuusela
Title	Optimization of Maintenance Interval of the Bridle Rolls of RAP 5
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	3 May 2012
Pages	63 + 9 appendices
Instructor	Tuomo Palokangas, MSc, Ind.Eng.
Company	Outokumpu Stainless Oy, Tornio, Finland
Supervisor from Company	Pekka Vainio, MSc, Mech.Eng.

This study was made for the maintenance functions of Cold Rolling Mill 2 of Outokumpu Tornio Works. Coil related maintenance, quality and production costs have been a remarkable cost factor in RAP5 line in 2008-2010.

The aim of this study was to clarify the optimal change gaps of the bridle rolls 11-14 and the steering rolls 19-21 at the end of RAP5 line. The purpose was to find a balance between the quality productivity and the coil maintenance costs.

This study is made up of two parts. The first is theoretical and includes information about the qualities and scuffing of the rubber coatings. Various coating options were analysed and compared. Furthermore, the change and polishing gaps of the bridle and steering rolls in the past, long term failure data and quality statistics were studied. The share of occasional break downs in the failure data was not included in the study. In the practical part typical damaging mechanisms and their affections on the production were presented. Total costs caused by the polishing and the change were also presented. Additionally, the optimal maintenance breaks of bridle rolls 11-14 and steering rolls 19-21 at the end of RAP5 line were analysed. The profitability of the change of bridle roll 14 from rubber coated rolls to fiber rolls was also evaluated.

The study determined the optimal polishing and change gaps of the bridle rolls 11-14. In addition, the inspection operations of the bridle rolls were defined, and scheduled as a sample preview study for the information system of the maintenance functions. Furthermore, the coating costs of the bridle roll 14's fiber roll were compared with the polishing and change costs of the NBR roll, regarding the usage period.

Keywords: maintenance, rubber coating, profitability

SISÄLLYSLUETTELO

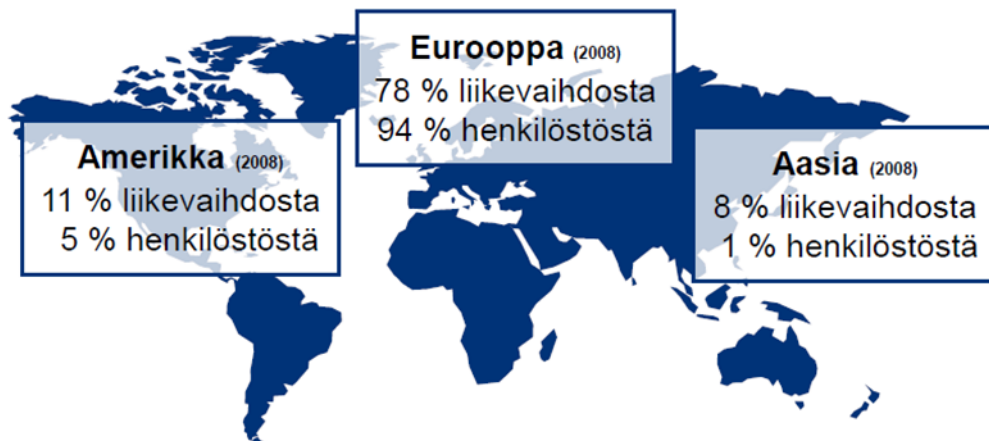
ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. JATKUVATOIMINEN VALSSAUSLINJA – RAP5	3
2.1. RAP5- linjan toiminta	3
2.2. Ruostumattomien nauha- ja levytuotteiden toimitustilat.....	6
3. KUNNOSSAPITO	7
4. TEOLLISUUDESSA KÄYTETTÄVIÄ KUMIOINTEJA	10
4.1. Nitriilikumi	11
4.2. Hydrattu nitriilikumi.....	12
4.3. Kumioinnin kuluminen.....	13
5. S-RULLASTON TOIMINTA.....	15
6. S- JA OHJAUSRULLASTOT RAP5- LINJALLA	17
6.1. Kumioidut S- ja ohjausrullat	18
6.2. S- ja ohjausrullan malliennakkotyö	21
7. S- JA OHJAUSRULLAN KUMIOINNIN VAURIOTYYPIT	23
8. S-RULLAN VIKAANTUMISEN VAIKUTUKSET	24
8.1. Vaikutus laatuun	24
8.2. Vaikutus linjan käytettävyyteen	25
9. S- JA OHJAUSRULLIEN HIONNAT JA VAIHDOT	27
9.1. S-rullien hionnat	27
9.2. S-rullien vaihdot	28
9.3. Ohjausrullien hionnat ja vaihdot	31
10. KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET	33
10.1. Vaihtotyön kustannukset.....	34
10.2. Hiontatyön kustannukset.....	36
10.3. S-rullan pinnoituskustannukset.....	37
10.4. Menetetty tuotantoaika	38
10.5. Yhteenveto kunnossapitokustannuksista	39
10.6. Kunnossapitokustannusten optimointi	41
10.7. S- Rullan luistojen vähentäminen	43
11. S- JA OHJAUSRULLAN PINNOITEVAIHTOEHDOT	45
12. S-RULLASTO 14 KUSTANNUSLASKELMA	46
13. TEHDYT MUUTOKSET JÄRJESTELMIIN	50
14. YHTEENVETO	52
15. LÄHDELUETTELO	55
16. LIITELUETTELO	57

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	kylmävalssaamo
RAP5	Rolling, Annealing, Pickling 5
KUTI	Kunnossapidon tietojärjestelmä
SAKO	SAP koodi
NBR	Nitrile Butadiene Rubber, Nitrilikumi
HNBR	Hydrogenated Nitrile Butadiene Rubber, Hydrattu nitrilikumi

1. JOHDANTO

Outokumpu toimii noin 30 maassa ja työllistää noin 8000 henkilöä, Outokumpu Tornio Works työllistää noin 2400 henkilöä. Vuonna 2010 liikevaihto oli 4,2 miljardia euroa. 78 % liikevaihdosta kuuluu Eurooppaan (vuonna 2008). Yhtiön päätuotteet ovat kylmä- ja kuumavalssatut levyt, nauhat ja putket sekä niiden osat. Outokumpu toimittaa ruostumatonta terästä yli 1400 tuhatta tonnia. Yhtiön päätuotantotilat sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa, Hollannissa, Iso-Britanniassa sekä Yhdysvalloissa. Kuvassa 1 on esitetty Outokummun liikevaihdon ja henkilöstön jakautuminen maailman laajuisesti. /13/



Kuva 1. Outokumpu maailmanlaajuisesti /12/

RAP5-linja (Rolling, Annealing, Pickling) on Outokumpu Tornio Worksin tehtailla kylmävalssaamo 2:lla sijaitseva jatkuvatoiminen linja. Linjaan on integroitu kylmävalssaaminen, hehkutus ja peittäminen. Lisäksi linjaan kuuluvat viimeistelyvalssaaminen ja venytysoikaisu. RAP5-linjalla voidaan tuottaa sekä kuumanauhaa että kylmänauhaa riippuen ajetaanko teräsnauha linjan läpi yhden vai kaksi kertaa. /13/

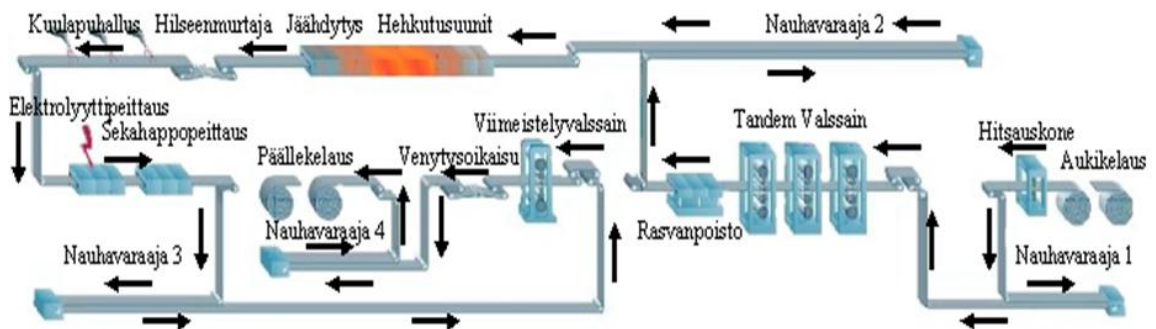
Työn tavoitteena on selvittää RAP5-linjan loppuosan S-rullastojen 11 - 14 ja ohjausrullien 19 - 21 optimaaliset vaihtovälit. Tarkoituksena on löytää tasapaino laaduntuottokyvyn ja kunnossapitokustannusten välille. Tavoitteena oli myös arvioida S-rullasto 14 kumioitujen rullien muutoksen kannattavuus kuiturulliin.

Työn tavoitteena on tarkastella historiatietojen perusteella toteutuneita vaihto- ja hiontavälejä, häiriötietoja ja laatutilastoja. Satunnaisten rikkoutumisten osuutta erilaisiin virheisiin ei huomioida.

2. JATKUVATOIMINEN VALSSAUSLINJA – RAP5

Tornion tehdas on maailman integroiduin terästehdas. Tuotantoketju alkaa Keminmaassa sijaitsevasta kromikaivoksesta ja jatkuu Torniossa ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon sekä kylmävalssaamon prosesseissa. /13/

RAP on lyhenne englanninkielisistä sanoista Rolling, Annealing, Pickling eli suomeksi valssaus, hehkutus ja peittäus. RAP5-linja on kylmävalssaamo 2:lla sijaitseva kuvan 2 mukainen jatkuvatoiminen linja. Kapasiteetti linjalla on yhteensä 1 100 000 t/a, josta kuumanauhaa 750 00 t/a ja kylmänauhaa 350 000 t/a. Nauhan paksuus kuumanauhalla voi olla 1,00- 6,00 mm ja kylmänauhalla 1,00- 3,00 mm nauhan leveyden vaihdella välillä 950- 1650 mm. Rullan paino voi olla maksimissaan 28 000 kg ja halkaisija 2 200 mm. Nauhaa mahtuu linjaan 4 950 m kaikkien varaajien ollessa täynnä. RAP5- linja sijaitsee erillisessä tehdashallissa. Poikkeuksena kylmävalssaamo 1:n prosessiin RAP5:llä voidaan mustaa kuumanauhaa kylmävalssata haluttuun loppumittaan. /13/



Kuva 2. RAP5:n prosessikaavio/11/

2.1. RAP5- linjan toiminta

RAP5 linjalle rullat saapuvat varastosta automaattikuljettimilla varastorampeille (2 kpl) ja siitä edelleen automaattiseen pangenpoistoon ja pään oikaisuun. Tämän jälkeen rullat siirretään askelpalkkikuljettimille, josta rullat siirretään aukikelaimille (2 kpl).

Vuoronperään molemmilta aukikelaimilta tulevat nauhat liitetään toisiinsa laserhitsauskoneella. Hitsattavat päät oikaistaan leikkurilla ja hitsataan täytelankaa apuna käyttäen yhteen. Sauma hiotaan molemmin puolin ja lovetaan reunoista. Saumat valssataan yli tandem-valssaimella. Hitsauksesta nauha ajetaan Varaaja 1:een. Nauha kulkee varaajassa kuudessa kerroksessa ja sitä mahtuu varaajaan maksimissaan 750 metriä. Varaaja 1 toimii puskurina linjan alkupään pujotusten ja saumojen hitsauksen aikana. Varaajan jälkeen tulee Tandem-valssain./13/

Tandem- valssaimella sekä kuuma- että kylmänauhat valssataan haluttuun paksuuteen. Käytössä on kolme valssituolia, joilla nauhaa voidaan ohentaa yhteensä n. 50 %. Valssaimessa olevilla öljynpyyhkijärullilla poistetaan suurin osa valssausöljystä nauhan pinnasta. Loput nauhan pinnalle jääneet öljyt poistetaan rasvanpoistossa. Rasvanpoiston jälkeen nauhan tulee olla kuiva ja öljytön. Tämä on tärkeää, koska valssaimen vetoihin vaikuttava S-rullasto 4 on rasvanpoiston jättöpuolella. Koneellinen pinnantarkastuslaitteisto valvoo pinnanlaatua rasvanpoiston jättöpuolella. S-rullasto 4:lta nauha nousee linjan toiseen kerrokseen varaaja 2:een, joka toimii puskurina Tandem-valssaimen valssinvaihtojen aikana. Vaihdon aikana varaaja 2:sta syötetään nauhaa hehkutusuunille. Varaaja 2:sta pyritään pitämään täynnä, jottei valssin vaihdon aikana tule uuniseisauksia. Varaaja 2:een mahtuu nauhaa maksimissaan 750 metriä./13/

Valssauksessa nauha on muokkauslujittunut ja menettänyt sitkeytensä. Hehkutuksella palautetaan nauhan lujuus, oikea raekoko ja sitkeys jatkokäsittelyä varten. Hehkutuksen jälkeen nauha jäädytetään. Hehkutusuunien ja jäähdytyksen revolverien kannatusrullat vaihdetaan automaattisilla vihivaunuilla. Nauha kulkee jäähdytettyjen kannatinrullien päällä uunissa ja jäähdytyksessä. Jäähdytyksen jälkeen tulee hilseen murtaja, jota käytetään hilsekerroksen rikkomiseen ja tasomaisuuden parantamiseen. Hilseenmurtajan jälkeen tulee kuulapuhallus, jolla puhalletaan teräskuulia apuna käyttäen nauhan pinnasta hilsekerros./13/

Peittausprosessin tarkoituksena on poistaa edeltävissä prosessivaiheissa teräksen pintaan syntynyt hehkutuskerros. Näin saadaan pinnanlaatu ja korroosiokestävyys paremmaksi. Peittaus jakautuu kahteen osaan: elektrolyyttipeittaus, jossa nauhasta poistetaan

epäpuhtaudet tasavirtaa käyttäen sekä sekahappopeittaus, jossa epäpuhtaudet poistetaan happojen avulla. Peittauksen jälkeen nauha pestään ja kuivataan. Peittauksen yhteispituus on 250 metriä./13/

Peittauksen jälkeen nauha menee Varaaja 3:een, joka toimii puskurina viimeistelyvalssaimen valssinvaihdolle. Varaaja 3 pyritään pitämään tyhjänä, jotta valssinvaihtojen aikana pystytään ajamaan hehkutusuuni- ja peittausalueen prosessia normaalisti. /13/

Viimeistelyvalssainta voidaan käyttää sekä kylmä- että kuumanauha-ajossa. Ajettaessa kuumanauhaa voidaan nauhaa ohentaa maksimissaan 10 %. Kylmänauhaa ajettaessa käytössä on vain työvalssit ja tällöin ainoastaan tasomaisuus ja pinnanlaatu paranevat. Venytysoikaisua käytetään vain kylmänauha-ajossa. Tavoitteena on tällöin nauhan oikaisu ja kanottimaisuuden poisto./13/

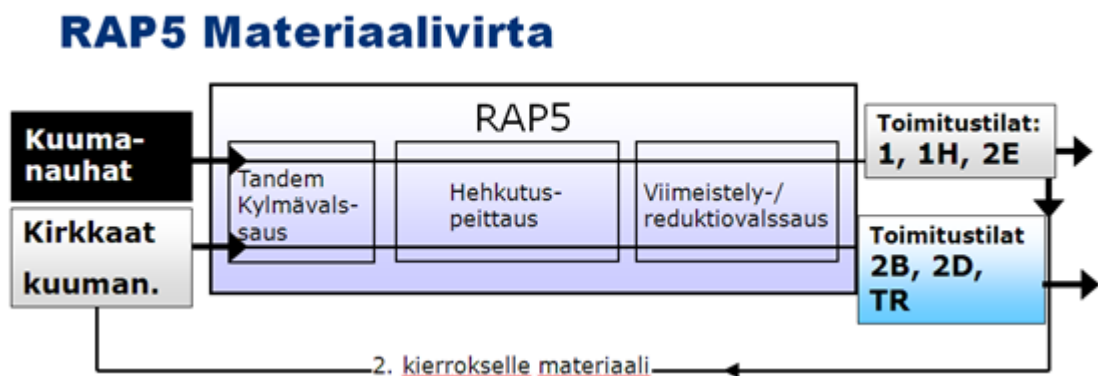
Varaaja 4 toimii viimeistelyvalssaimen valssinvaihtojen ja linjan loppupään puskurina. Varaaja 4 toimii yhdessä Varaaja 3:n kanssa. Varaaja 4:n jälkeen nauha tulee koneelliseen pinnantarkastuslaitteen ja pystytarkastuspaikan kautta leimasinlaitteelle. Tämän jälkeen nauha kulkee linjan loppupään valvomon läpi, jossa nauhan laatu luokitellaan. Nauhan pintaa voidaan vielä tarkistaa visuaalisesti. Päätyleikkuri 3 on seuraavana, eli nauha katkaistaan liikkeestä sauman alueelta ja tämän jälkeen nauhan pää pujotetaan vapaalle päällekelaimelle. Loppupää ei siis pysähdy lainkaan rullanvaihdon aikana, koska käytössä on kaksi päällekelainta ja pujotusnopeudella toimiva leikkuri. Rullat siirretään loppupäästä korkeavarastoon, josta ne siirretään kyva 1:lle tai odottamaan toisen kierroksen ajoa RAP5-linjalla./13/

2.2. Ruostumattomien nauha- ja levytuotteiden toimitustilat

Kuumanauhojen toimitustilalla 1, 1H ja 2E olevat nauhat ajetaan linjan läpi yhden kerran. Kylmänauhojen toimitustilalla 2B, 2D ja TR olevat nauhat ajetaan linjan läpi kaksi kertaa. RAP5- linjan materiaalin reititys ja toimitustilat on esitetty kuvassa 3.

RAP5- linjalla voidaan tehdä seuraavassa esitettyjä tehdastoimitustiloja:

1	Kuumavalssattu, hehkutettu ja peitattu
1H	RAP- tuote, hehkutettu, peitattu ja lujitettu viimeistelyvalssaimella
2E	RAP- tuote, tandem-valssattu, hehkutettu ja peitattu
2B	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu ja viimeistelyvalssattu
2D	Kylmävalssattu, hehkutettu ja peitattu
TR	Kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu ja lujitettu viimeistelyvalssaimella



Kuva 3. Materiaalin reititys ja toimitustilat /13/

3. KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on erilaisten asioiden, kuten prosessien, koneiden, laitteiden, rakenteiden, rakennusten, pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä ympäristö ja turvallisuus hallitaan. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi suoritetaan kunnonvalvontaa, huoltoja, koneiden ja laitteiden korjaamista ja muutoksia. Syntyvät viat on pystyttävä korjaamaan optimikustannuksin. /5/

Kunnossapito voidaan jakaa viiteen eri päälajiin, jotka ryhmittävät kunnossapidon luettavaksi toiminnaksi. Päälajit ovat:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.

PSK 6201- standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

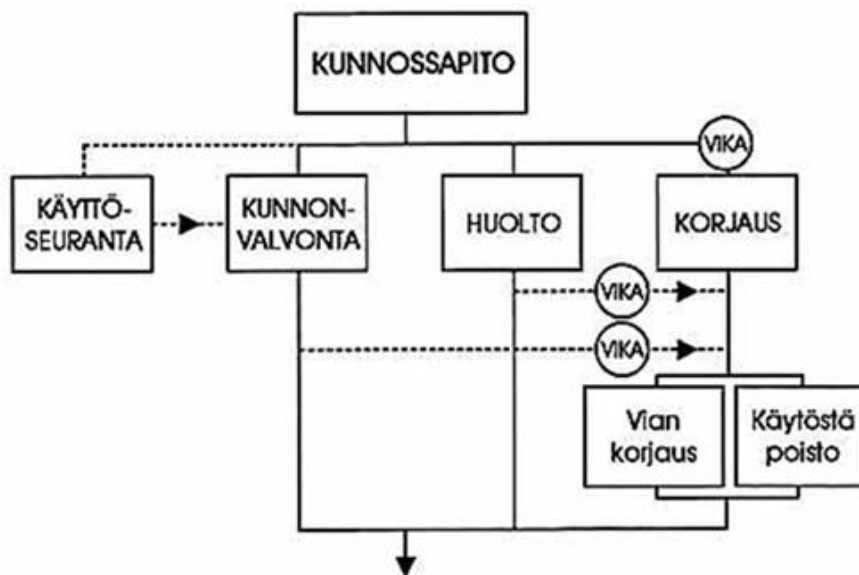
”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen”./1/

SFS-EN 13306- standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

”Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoitteena on vähentää laitteen rikkoutumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä”./5/

Kunnossapito – menestystekijä-verkkosivuilla ehkäisevä kunnossapito määritellään käsittämään kaikki ne tarkastus- testaus- ja huoltotoimenpiteet, joita tehdään ilman, että laitteessa tiedettäisiin olevan vikaa. Käyttöseuranta on kaiken kunnossapitotoiminnan lähtökohta. Käyttöseurantaa suorittavat pääsääntöisesti laitteen käyttäjät. Kunnonvalvonnassa kohteen toimintaa tarkkaillaan ja mitataan joko jatkuvasti tai

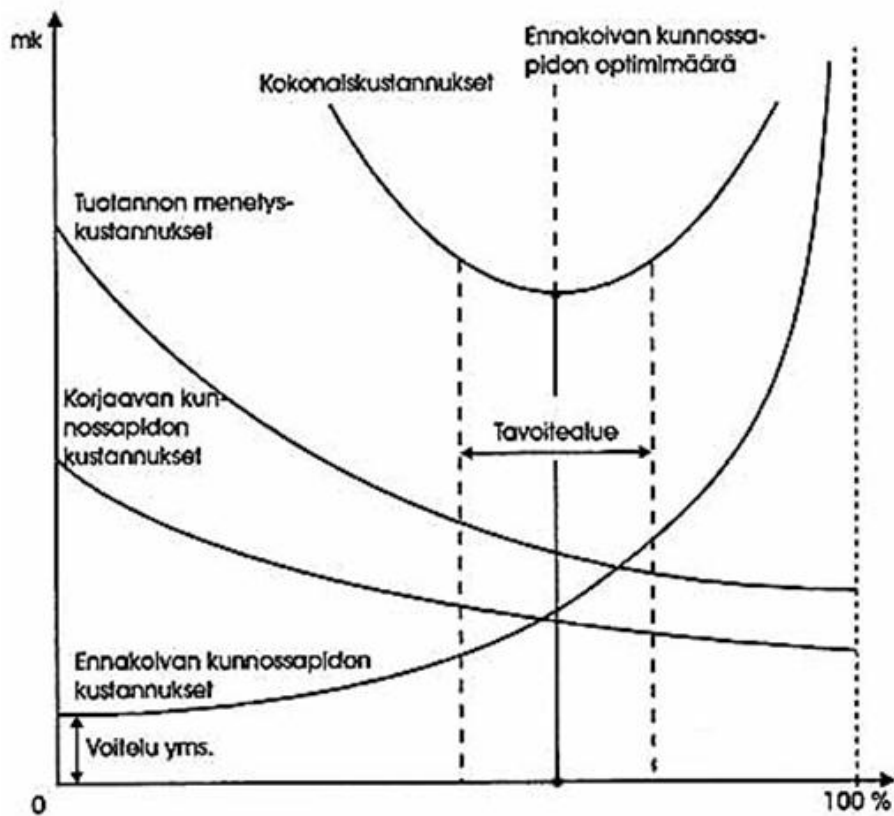
määräajoin. Tavoitteena on alkavan vikaantumisen havaitseminen ja vian korjaaminen ennen kuin se estää kohteen halutun toiminnon toteutumisen. Esimerkkinä mainittakoon laakerien värähtelyjen seuraaminen. Jaksotetut huollot ovat perinteinen käyttöajan, käyttökertojen tai muun vastaavan mukaan jaksottuva huoltotoimenpide, joka tehdään kohteen tilasta riippumatta. Esimerkiksi öljynvaihto on jaksotettua huoltoa. Testaus on kohteen toimintakyvyn tarkastaminen vertaamalla saatuja mittaustuloksia kohteelle spesifioituihin arvoihin. Sisältää myös mittaustuloksiin liittyvät päätelmät. Korjaus on toimenpide, jonka tarkoituksena on poistaa kohteesta paikannettu vika. Vikaantuminen voi olla kokonaisvika, joka estää kohteen kaikki toiminnot tai osittaisvika, joka estää osan kohteen toiminnoista. Käytöstä poisto tarkoittaa osan tai koko kohteen käytöstä poistaminen spesifioidun eliniän täyttymisen, taloudellisesti kannattamattoman korjauksen tai kohteen muutoksen vuoksi. On huomattava, että käytöstä poistaminen sisältää myös käytöstä poistetun kohteen osien asianmukaisen kierrätyksen sen purkamisen jälkeen. Kuvassa 4 on esitetty kunnossapitotoimenpiteet toimintaperiaatteiden tasolla. /6/



Kuva 4. Kunnossapidon jako. /6/

Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä sekä erilaisten seisokkien, myös häiriöseisokkien yhteydessä. Ehkäisevä kunnossapito koostuu kolmesta elementistä, toimintaolosuhteiden vaalimisesta, tarkastuksista ja kunnostamisesta. /5/

Tavanomaisesti teollisuudessa ei tavoitella ehkäisevällä kunnossapidolla täysin varmaa luotettavuustasoa, koska se voi olla liian kallista. Yleensä tavoiteltava luotettavuustaso asetetaan matalammalle. Kuvassa 5 on esitetty ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin. /6/



Kuva 5. Kunnossapidon kokonaiskustannusten muodostuminen

4. TEOLLISUUDESSA KÄYTETTÄVIÄ KUMIOINTEJA

Kumi on materiaali, jonka elastisuus on saavutettu vulkanoinnin avulla. Kun kumia venytetään huoneenlämmössä kaksinkertaiseen pituuteen minuutin ajaksi ja sen jälkeen vapautetaan muuttetusta, liuotinvapaasta tilasta, se vetäytyy takaisin minuutin kuluessa lyhemmäksi kuin 1,5 kertaa alkuperäinen pituus. Teknisten kumien perusosan muodostavat elastomeerit. Elastomeeri on aine, joka venyy vähintään kaksinkertaiseksi ja palautuu nopeasti lähes alkuperäiseen pituuteensa kun venyttävä voima poistuu. Elastomeeriä voidaan venyttää nopeasti jopa 500 – 1000 % pienellä voimalla./3/

Kumin molekyylit on sidottu toisiinsa ristsidoksilla vulkanointireaktiossa. Ennen vulkanointia elastomeeri on heikkoa plastista massaa, jonka ominaisuudet eivät riitä tekemään materiaalista käyttökelpoista konstruktiioihin. Elastomeerien liikkuminen on mahdollista kierukkamaisten ketjujen paikallisen liikkuvuuden ja venyvyyden ansiosta. Materiaalin palauttaminen jännityksen jälkeen alkuperäiseen muotoon johtuu ristsidosten paikallaan pysyvyydestä ja alkuperäisten kierukkamuotojen palautumisesta. Vulkanointi on tapahtuma, jonka aikana molekyyliketjuista muodostuu ristsidonnalla molekyyliverkosto. Kumi saavuttaa sen aikana lopullisen ominaisuutensa. Vulkanointitavat jaetaan rikkivulkanointiin ja muihin vulkanointitapoihin. Rikittömistä menetelmistä merkittävimmät ovat peroksiedeilla vulkanointi, vapaiden radikaalien kiihdyttämällä tapahtuva vulkanointi ja fenolihartseilla tapahtuva vulkanointi. /3/

Kumiointia käytetään rakenteiden suojana kohteissa, jossa vaaditaan suojausta joko kemiallista rasitusta tai mekaanista kulutusta vastaan. Tällaisia kohteita ovat muun muassa erilaiset telojen pinnat eli tässä tapauksessa rullien pinnat. Kumi antaa kemiallisen- ja jäykkä tukirakenne mekaanisen kestävyuden. Kumikerros kiinnitetään tukirakenteeseen liimaamalla tai vulkanoimalla. Elastomeerien kestävyys ympäristöä vastaan tekee niistä käyttökelpoisia ja taloudellisia vaihtoehtoja. Kumimaisuus ei ole kemiallisen aineen tai aineyhdistelmän ominaisuus vaan se johtuu molekyylien ja niiden osien geometrisesta järjestyksestä. Erilaisilla lisäaineilla voidaan kumien lämpökestävyyttä parantaa. Kumeille lämpötilan ylärajan asettavat vanhenemisominaisuudet. Kumi kestää hyvin taivutusta vain

tietyillä lämpötila-alueilla. Korkeissa lämpötiloissa kestävyys heikkenee. Käyttölämpötilan ylärajaan vaikuttaa se, kuinka kauan kumi joutuu korotetussa lämpötilassa olemaan. /3/

Nesteet vaikuttavat kumiseoksiin joko turvottavasti tai kutistavasti, joista turpoaminen on yleisempää. Jos turpoaminen on voimakasta, heikkenevät kumin mekaaniset ominaisuudet samalla kun sen muoto muuttuu. Kumin kemiallinen kestävyys on hyvä. Useimmat kumit kestävät hyvin vettä, suolaliuoksia, happamattomia happoja ja emäksiä. Vahvasti hapettavat aineet aiheuttavat kumiin korroosiota. Kumimateriaalit voivat aiheuttaa korroosiota, jos ne ovat kontaktissa metallia vasten. /3/

Elastomeerien mekaaniset ominaisuudet riippuvat elastomeerien molekyyli­rakenteesta, rakenteen polaarisuudesta sekä elastomeerin kiteytysasteesta. Molekyyli­rakenteen muutoksilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi vetolujuuteen, kovuuteen ja jäykkyyteen. Kiteytymisasteen noustessa materiaalin lujuus kasvaa, mutta samalla sen elastomeeriset ominaisuudet kuitenkin heikkenevät. Kumeissa tapahtuvat elastiset ja plastiset muodonmuutokset eivät riipu pelkästään vaikuttavasta voimasta, vaan niillä on riippuvuussuhde myös voiman vaikutusaikaan. Lisäksi ominaisuuksien pysyvyys kosteusolosuhteissa on epävarmaa. Tästä syystä niillä ei ole yhteistä kitkateoriaa. /3/

4.1. Nitriilikumi

Nitriilikumi (NBR) on butadieenin ja akrylinitriilin muodostama kopolymeeri. Akrylinitriilin pitoisuus on yleensä 20 – 50 %. Valmistusmenetelmänä käytetään emulsiokopolymerisaatiota./3/

Eri akrylinitriilipitoisuuksilla saadaan nitriilikumin ominaisuuksia muutettua huomattavasti. Nitriilikumin on öljynkestävistä kumeista eniten käytetty. Tämä ominaisuus vaihtellee akrylinitriilipitoisuuden mukaan. Kulumiskestävyys, liuotinkestävyys ja kaasun läpäisykyky lisääntyvät nitriilipitoisuuden kasvaessa. Kimmoisuus ja pakkasenkestävyys kuitenkin huononevat. Taulukossa 1 on esitetty nitriilikumin ominaisuuksia./3/

Taulukko 1. Nitriilikumin ominaisuuksia

Ominaisuus	Arvo
Kovuus	85 Shore A \pm 5
Vetomurtolujuus	21 MPa
Käyttölämpötila-alue	-40 - + 120 °C
Kulutuskestävyys	Hyvä/ Erittäin hyvä
Kestävyys happoja vastaan	Hyvä
Tartunta metalliin	Hyvä/ Erittäin hyvä
Muita ominaisuuksia	Hyvä öljynkestävyys

4.2. Hydrattu nitriilikumi

Hydrattu nitriilikumi (HNBR) valmistetaan nitriilikumista pelkistämällä valikoidusti butadieenin kaksoissidokset. HNBR kehitettiin korvaamaan perinteisiä öljynkestäviä kumeja, joilla oli rajoituksia tietyissä käyttöympäristöissä. Lisäksi se on aikaisemmin korvaavina käytettyjä fluoroelastomeerejä edullisempaa./3/

Hydratun nitriilikumin ominaisuudet riippuvat nitriilikumin tavoin akrylinitriilin osuudesta. Jos osuus on 30 – 40 %, on hydrattu nitriili ominaisuuksiltaan merkittävästi parempi kuin nitriilikumi. Hydratun nitriilikumin ominaisuudet paranevat suhteessa tavalliseen nitriilikumiin vetomurtolujuudessa, otsonin-, hapen- ja kemikaalienkestävyydessä. Taulukossa 2 on esitetty hydratun nitriilikumin ominaisuuksia./3/

Taulukko 2. Hydratun nitriilikumin ominaisuuksia

Ominaisuus	Arvo
Kovuus	85 Shore A \pm 5
Vetomurtolujuus	22 MPa (15-30 MPa)
Käyttölämpötila-alue	- 25 - + 150 °C
Kulutuskestävyys	Erittäin hyvä
Kestävyys happoja vastaan	Tyydyttävä

4.3. Kumioinnin kuluminen

Kumin kitkaominaisuudet, kovuus ja kulumisenkestävyys liittyvät läheisesti sen viskoelastiseen luonteeseen. Niillä on siis Hooken lain alainen elastinen ja Newtonin lain alainen viskoosi komponentti elastisessa muodonmuutoksessa. Kumien viskoelastisesta luonteesta johtuen niiden elastinen palautuma on ajasta ja lämpötilasta riippuvaa. Tämä aiheuttaa hysteerisiä pintojen liikkeessa vastakkain. Elastomeerin ja metallin pintojen liikkeessa vastakkain painejakauma ei ole symmetrinen, koska viskoelastisuudesta johtuen kosketuksessa painunut kumin uloke ei palaudu alkuperäiseksi välittömästi kosketuksen lakattua. /3/

Kumin kuluminen voidaan jakaa useaan eri lajiin. Hankaavassa eli abrasiivisessa kulumisessa kovemman materiaalin pinnankarheuden ulokkeet hankaavat pehmeämmästä materiaalista irti kappaleita. Abrasiivinen kuluminen voidaan jakaa myös alalajeihin:

- Naarmuttava kuluminen. Terävät pinnankarheuden ulokkeet liukuessaan repivät kuluva pintaa.
- Väsymiskuluminen. Pintakerros väsyä toistuvan rasituksen johdosta ja aiheuttaa pitkällä aikavälillä pieniä väsymismurtumia.
- Kuluminen lastuamalla. Kitkavoimien vaikutuksesta hiukkaset irtoavat lastuina.
- Pyrolyyttinen kuluminen. Kitkatyö on niin suuri, että pinnan lämpötila nousee ja materiaali alkaa hajota lämmön vaikutuksesta. /3/

Tarttuvassa eli adhesiivisessa kulumisessa pinnat tarttuvat toisiinsa. Liikkeen jatkuessa pinnat erkaantuvat ja jos irtaantuminen tapahtuu eri kohdassa kuin kiinnihitsautuminen, pinnat kuluvat. Kemiaalista kulumista tapahtuu hapettumisen ja hajoamisen vaikutuksesta. Kumin huono lämmönjohtavuus ja lämpökestävyys ovat osatekijöinä sen kemiallisessa kulumisessa. /3/

Kumin väsymistä tapahtuu toistuvan rasituksen seurauksena. Väsyminen voi tapahtua kolmella eri tavalla. Kumin pinnalle muodostuu halkeamia, jotka aiheuttavat kasvaessaan murtumia. Kappale voi myös delaminoitua kerroksiksi. Lämpötilan kasvu kappaleessa

aiheuttaa rakenteellisia muutoksia, joiden seurauksena kappale rikkoutuu. Murtumat tapahtuvat helpoimmin kumin ollessa vetokuormituksen alaisena./3/

5. S-RULLASTON TOIMINTA

Outokummulla RAP5-linjalla S-rullien tarkoituksena on saavuttaa teräsnauhaan eri prosessiosissa haluttu yksikköveto, N/mm². Yksikköveto muunnetaan absoluuttiseksi vedoksi = voimaksi = F (N), kun tiedetään nauhan poikkipinta-ala. Eri prosessiosissa nauhaan vaikuttaa erisuuruinen pitkittäissuuntainen voima. Jotta voimaa voidaan siirtää rullan välityksellä, vaaditaan kitkavoima nauhan ja rullan pinnan välille. Rullan maksimi kitkavoima on riippuvainen nauhan kiertymäkulmasta rullan ympäri sekä rullan ja nauhan välisestä kitkakertoimesta. Maksimivoimaero saadaan laskettua kaavalla 1. Kaava ei huomioi nauhan paksuutta tai ajonopeutta kitkavoimaan vaikuttavina, mutta käytäntö on osoittanut näillä olevan merkittävä vaikutus. Osaltaan tämä voi johtua paksumpien nauhojen karkeammasta pinnasta = parempi kitkakerroin ja korkeilla nopeuksilla nauhaan vaikuttavasta keskipakoisvoimasta, joka keventää nauhan puristusvoimaa rullan pinnalla. S-rullaston vetoero määräytyy rullien lukumäärän, S-rullan kitkakertoimen ja kiertymäkulman perusteella. /2/

Maksimivoimaero määritellään seuraavasti. /14/

(1)

$$\Delta T_{i(\text{MAX})} = T_{i(\text{MAX})} \cdot \left(1 / e^{\mu\theta \frac{\pi}{180}} - 1\right)$$

missä $\Delta T_{i(\text{MAX})}$ on maksimivoimaero, $T_{i(\text{MAX})}$ tulopuolen maksimiveto, μ on kitkakerroin ja θ on kiertymäkulma.

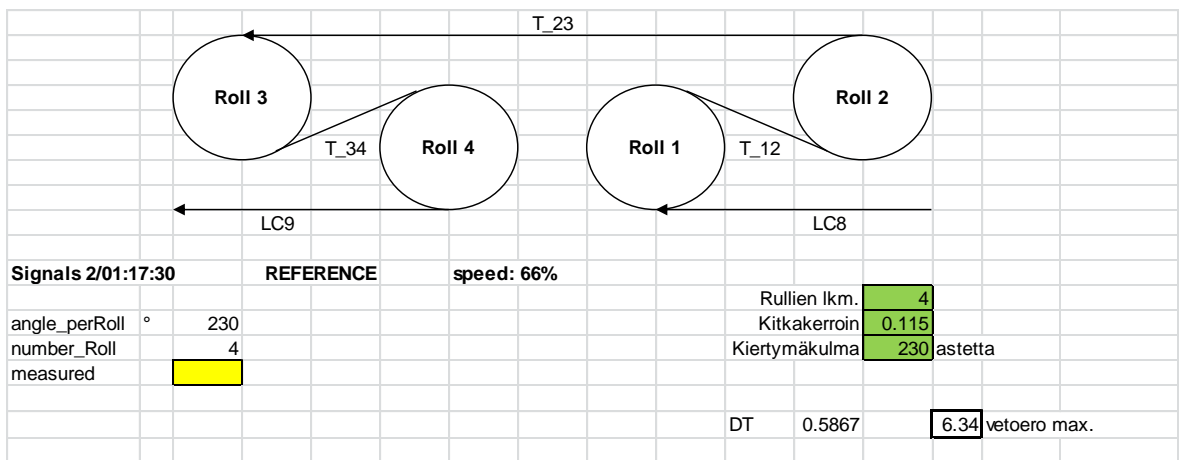
Voimaeron saavuttamiseksi S-rullan akselille on kehitettävä momentti, joka vastaa voimaeron ja rullan halkaisijan tuloa (Nm). Koska momenttia on tuotettava jatkuvasti ja nauhan liikkuessa, vaaditaan tehoa P (W). Teho pyörivillä koneilla on vääntömomentin ja kulmanopeuden tulo. Lähtökohtana on oltava tunnetut arvot: /2/

- 1) yksikkövedolle eri nauhan poikkipinnoilla, eli voimalle
- 2) nauhan ja rullan väliselle kitkakertoimelle

3) nopeudelle

Näistä mitoittaja pääsee määrittelemään vaadittavat kiertymäkulmat ja rullien määrän sekä vaadittavan akselimomentin valitulla rullahalkaisijalla, josta saadaan voimansiirron ja moottorin mitoitus./2/

Kuvan 6 mukaisella laskentataulukolla, voi simuloida rullien lukumäärän, kitkakertoimen ja kiertymäkulman vaikutusta maksimivetoeroon, arvot syötetään vihreisiin soluihin.



Kuva 6. S-rullaston simulointitaulukko.

6. S- JA OHJAUSRULLASTOT RAP5- LINJALLA

Ruostumattoman teräksen jatkuvatoimisella hehkutus-peittäuslinjalla (RAP5) teräsnauhaa kannatellaan eri rullastoilla. Tyypillisimpiä ovat S-rullastot, joilla nauhan vetoa (Liite 1). säädetään sekä ohjausrullastot, joilla nauhaa ohjataan poikittain kulkusuuntaan nähden. Rullastot kuluvat eri laitepaikoilla eri tavalla ja vaihtovälin määrittäminen perustuu visuaalisiin havaintoihin ja joiltain osin kokemukseen. Rullien pinnoite on tavallisesti kumiointi. RAP5 linjalla on yhteensä neljätoista S- rullastoa ja kaksikymmentä yksi ohjausrullastoa (Liite 1). Linjan loppuosan S-rullastoja ovat 11 (Liite 2/1), 12 (Liite 2/2), 13 (Liite 2/3) ja 14 (Liite 2/4). Ohjausrullaston tehtävänä on ohjata nauhaa linjan keskellä tietyllä osaprosessialueella. Linjan loppuosalla sijaitsevat ohjausrullastot 19- 21.

S- ja ohjausrullien uudelleenpinnoitukset ja vaihtotyöt johtavat merkittäviin kustannuksiin ja pidentävät linjan kunnossapitoaikaa, koska vaihtotyö vaatii teräsnauhan katkaisun ja uudelleenliittämisen. Valmisteluaika voi olla useita tunteja pois tuotantoajasta rullaa kohden. Lisäksi vaihtorullien määrä rajaa yhdessä kunnossapitoseisokissa vaihdettavien rullien lukumäärän.

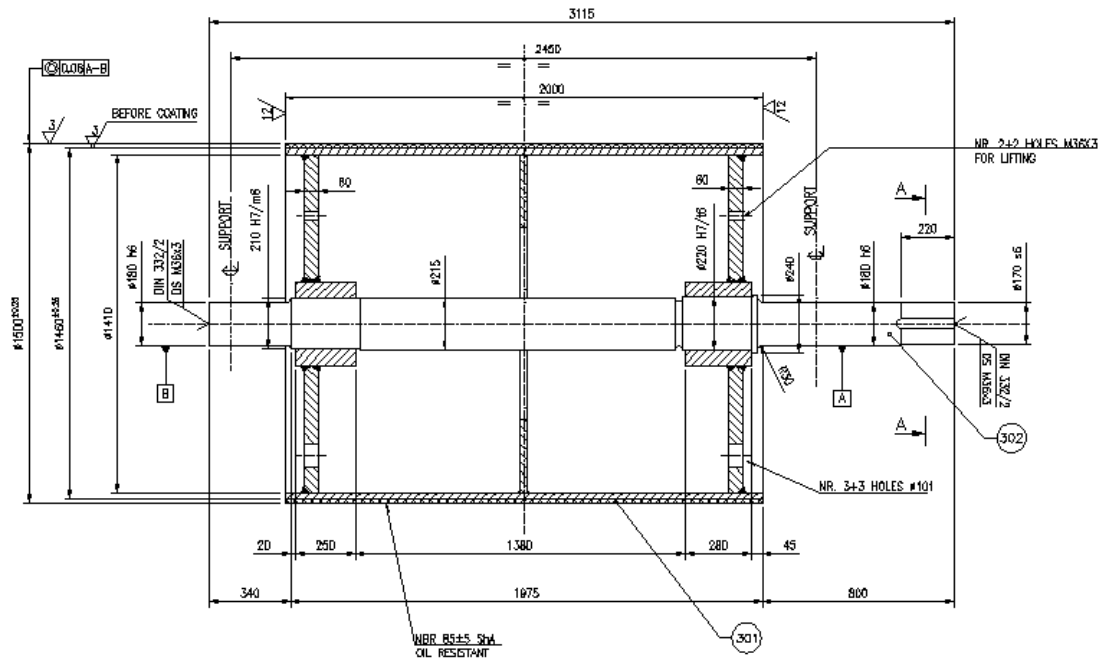
S- ja ohjausrullan kulumisen aiheuttaa useita ongelmia. Tyypillisimmät ongelmat liittyvät ruostumattoman teräksen pinnanlaatuun. Rullan pintaa tarttuvat epäpuhtaudet (esim. teräspartikkelit) aiheuttavat painumia lopputuotteisiin. Lisäksi erilaisten kemikaalien aiheuttama kuormitus ja normaali kulumisen aiheuttavat pinnoitteen kiillottumisen, joka pienentää teräsnauhan ja rullan pinnan välistä kitkakerrointa aiheuttaen luistoa ja tätä kautta teräsnauhan pintaan hankaumanaarmuja. Kiillottuneet rullat hiotaan karheaksi, mikäli pinnoite on muuten kunnossa. Tällä vähennetään rullan kumiointi- ja kunnossapitokustannuksia.

6.1. Kumioidut S- ja ohjausrullat

RAP5-linjan loppuosan S- ja ohjausrullastoilla käytetään NBR- päällysteisiä rullia, koska ne ovat kustannustehokkaita. Ne ovat edullisempia kuin lämmönkestävät rullat (HNBR) ja niitä voidaan käyttää monissa kohteissa. HNBR pinnoitteiset rullat ovat puolestaan kalliita ja niitä käytetään vain erikoisemmissä olosuhteissa, kuten tandem-valsaimen tulopuolella. Pinnoitteella on tärkeä merkitys rullan toiminnassa. Pinnoitteen täytyy kestää mekaanista rasitusta sekä kemiallista kulumista. S- rullastot aiheuttavat teräsnauhaan eri suuruusluokan vetoja, kuten liitteestä 1 nähdään. Näillä rullastoilla kitka on erittäin tärkeä ominaisuus. Suuren vedon alaisia S-rullastoja ovat tulo- ja jättöpuolet tandem- ja viimeistelyvalsaimilla sekä hilseenmurtajalla. Rullan kumioinnilta vaadittavat ominaisuudet vaihtelevat käyttöpaikkojen ja tarkoitusten mukaan. Linjan alkupäässä olevien rullien kumioinnin täytyy kestää karheaa nauhan pintaa. Toisaalta rullan pinnanlaadulla ei ole vielä niin suurta vaikutusta nauhan pinnanlaatuun kuin linjan loppupäässä. Linjan loppuosan rullilta vaaditaan kaikkia hyviä ominaisuuksia. Rullan täytyy olla profiililtaan hyvä, siinä ei saa olla epäpuhtauksia ja sen kitkaominaisuuksien tulee olla kunnossa. S-rullastoilla 11- 14 käytetään ainoastaan NBR pinnoitteella (kuva 7) olevia rullia. Taulukossa 2 on esitelty S-rullan mitat, piirustusnumerot, SAP- koodit sekä toimittajan laatu ja kovuus. Taulukossa 3 on esitetty S-rulla 14 varaosat, SAP- koodit ja piirustusnumerot.

Taulukko 2. S-rullan tiedot

Rullan nimi	Mitat (mm)	Piirustus numero	Sako	Pinnoite	Toimittajan laatu
					kovuus ShA ±5
S-RULLA	2000 x 1460 x 1500	424275	663199	NBR	SUPERWEAR, 85
S-RULLA	2000 x 1460 x 1500	425034	663201	NBR	SUPERWEAR, 85
S-RULLA	2000 x 1460 x 1500	425035	663200	NBR	SUPERWEAR, 85



Kuva 7. S-rullan mitat (NBR pinnoite) /15/

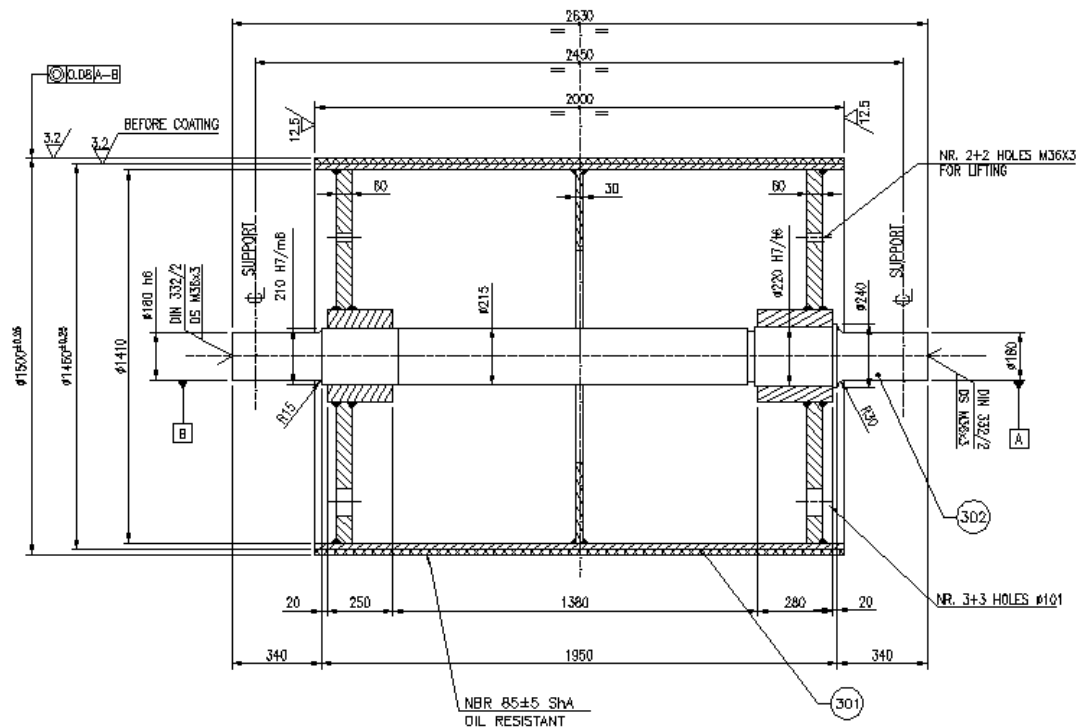
Taulukko 3. S-rulla 14 varaosat/9/

Piirustus nro/ tyyppi	Nimi	Sako
424236	S-rulla 14	
424275	S-RULLA F1500X2000 OK-424275-1	663199
FRB 10/340	OHJAUSRENGAS FRB 10/340	553404
H3140	KIRISTYSHOLKKI H 3140 + KM 40 + MB 40	546953
KM40	AKSELIMUTTERI KM 40	546780
TS 40	SOKKELORENGAS TS 40	643450
ETS 40 4X620	PÄÄTYKANSI ETS 40	636666
SD 3140	LAAKERIPESÄ SD 3140	610910
23140CCKW33	PALLOMAINEN RULLALAAKERI 23140 CCK/W33	606510
LBKT80-515	Moottorin kytkin: KAARIHAMMASKYTKIN LBKT 80- 515	617850
	Rullan kytkin: LBK 180	

Ohjausrullastoilla 20 - 21 käytetään ainoastaan NBR pinnoitteella (kuva 8) olevia rullia. Yhden ohjausrullan massa on 4700 kg. Taulukossa 4 on esitelty ohjausrullan mitat, piirustusnumerot, SAP- koodit sekä toimittajan laatu ja kovuus.. Taulukossa 5 on esitetty ohjausrullan varaosat, SAP- koodit ja piirustusnumerot.

Taulukko 4. Ohjausrullan tiedot

Rullan nimi	Mitat (mm)	Piirustus numero	Sako	Pinnoite	Toimittajan laatu
					kovuus ShA ± 5
OHJAUSRULLA	2000 x 1460 x 1500	424307	526124	NBR	SUPERWEAR, 85



Kuva 8. Ohjausrullan mitat (NBR pinnoite) /15/

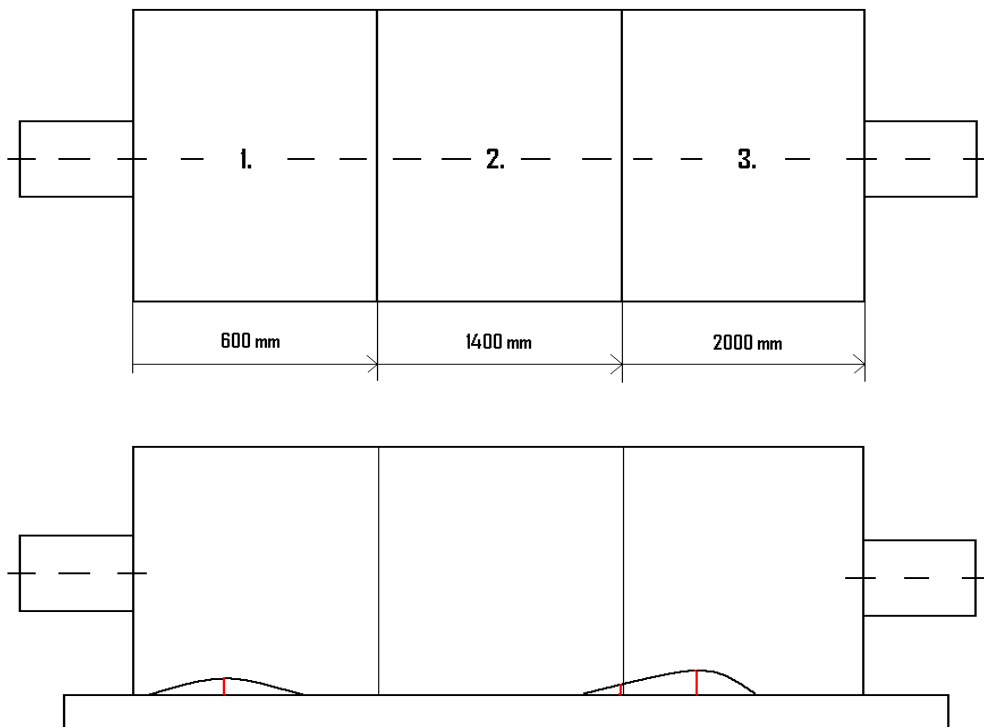
Taulukko 5. Ohjausrulla 11 varaosat/9/

Piirustus nro/ tyyppi	Nimi	Sako
SD 3140	LAAKERIPESÄ SD 3140	610910
23140CCKW33	PALLOMAINEN RULLALAAKERI 23140 CCK/W33	606510
FRB 10/340	OHJAUSRENGAS FRB 10/340	553404
424307-1	OHJAUSRULLA D1500X2000 OK-424307-1	663214
TS 40	SOKKELORENGAS TS 40	643450
ETS 40 4X620	PÄÄTYKANSI ETS 40	636666
H3140	KIRISTYSHOLKKI H 3140 + KM 40 + MB 40	546953

6.2. S- ja ohjausrullan malliennakkotyö

S- ja ohjausrullien kuntoa seurataan mittaamalla pinnoitteen kulumista syntyneiden urien syvyytenä sekä muina pinnan epämuodostumina. Mittauksia suoritetaan kaksi kertaa vuodessa ennen vuosihuoltoseisokkeja. Mittaukset suoritetaan järjestyksessä S- rullasto 1:stä S- rullasto 14:ään sekä ohjausrullastot 1:stä – 21:een. Linjan loppuosan S-rullastojen 11- 14 ja ohjausrullastojen 19 - 21 tarkastus pyritään tekemään lähimpinä seisokkia, koska ne ovat linjan kriittisimmät rullastot. Tarkastuksilla pyritään havaitsemaan kaikki mahdolliset vikaantumiset ennen seisokkia.

Urien syvyys mitataan painamalla lineaari vaakasuoraan rullan pintaa vasten (kuva 9). Rullan pituus on jaettu kolmeen alueeseen, joista kustakin kirjataan ylös suurin poikkeama. Mittauksen lisäksi S- ja ohjausrullille suoritetaan visuaalinen tarkastus, jossa tarkastetaan rullien puhtaus ja pintavauriot. Mittaustaulukko (liite 3 ja 4) on linkitetty liitteeksi kunnossapitojärjestelmästä aukeavaan malliennakkohuoltotyöhön. S-rullilla on kuvien 10 ja 11 mukainen malliennakkohuoltotyö.



Kuva 9. Rullan mittausohje

Malliennakkohuoltotyön käsittely

Tunnus: 0366530 Työn nimi: S-rullien pinnan tarkastaminen

Työ suoritetaan joka seisokissa joka kestää vähintään 3-4 päivää. Työ näkyy huoltolistalla aikaisintaan 3 kuukautta ennen työn laskettua aloituspäivämäärää. Ajoituksesta kopioidaan EH-toitä 22.1.2009 alkaen. Työtä toistetaan kunnes toisin ilmoitetaan.

Kuvaus: Huolto-ohje kuvauksessa tai Lisätiedoissa 3824/4000

Tarkastetaan lineaarilla rullien kuluneisuus.

Perustiedot | Suoratiedot | Ennakkohuolto | Resurssit | Materiaalit | Asiakirjat | Lisätiedot | Työturvallisuus | Mittaukset

Toimenpidetyyppi: 100 Tarkastus K

Huoltoryhmä: K

Huoltoalue: K

Huoltosopimus: K

Huoltokohteen tarkennus:

Viimeisin ajoitettu EH-työ: ti 23.08.2011 07:00

Ajoitetut EH-työt Ajoitus Luokittelu

Lista	Arvo
Toimenpide	Ennakkohuoltotyö
Toimenpide	Muu toimenpide ?
Muu työ?	Kohde tarkentamatta

Reittityö Reittityö

Uusi Hae Sulje Tallenna Tallenna ilman resurssitakistusta Poista Tylosta... Kopioi... Kustannukset... Työn vaiheistus Tee otsikkotyö Tee mallityö Tee työ Tee mallityöstä... Kohteen historia Kulkujistoria... Avaa malliEHtyö Kopioi malliEHtyö Tee IT-työ

Kuva 10. S- rullan malliennakkohuoltotyö/9/

Ajoitus (0366530) S-rullien pinnan tarkastaminen

Ennakkohuoltotyö toistuu

Päivittäin Joka 1 seisokissa, joka kestää

Viikoittain Alle 8h 1 pv 2 pv 3-4 pv yli 4 pv

Kuukausittain Vuosittain Seisokissa Joka seisokissa riippumatta seisokin kestosta

Tunnus	Nimi

Kaikki kohteet

Lisää Poista

Ennakkohuoltotyön ajoitus alkaa to 22.01.2009 ja työt näkyvät huoltolistalla aikaisintaan 3 kuukautta ennen työn laskettua aloituspäivämäärää

Uudelleenajoitus edellinen työ ti 23.08.2011 alkaen

Ajoituksen voimassaolo Ajoitusta ei lopeteta lopetetaan kerran jälkeen lopetetaan Malliennakkohuoltotyö muutettu passiiviseksi

Malliehtyöstä ajastettu seuraava EH-työ: Ajoitetut EH-työt Tallenna Sulje

Kuva 11. S- rullan malliennakkohuoltotyön ajoitus/9/

7. S- JA OHJAUSRULLAN KUMIOINNIN VAURIOITYYPIT

S-rullan ja ohjausrullan pintaan kohdistuu erityyppisiä vaurioita. Tyypillisimmät vauriot ovat kumioinnin ikään perustuvat halkeamat ja kulumat, pinnoitteen irtoaminen vulkanoinnista, pinnoitteen halkeaminen (liite 5, kuva 33) ja nauhan liittämistä johtuvat painumat (liite 5, kuva 34) sekä tuotenuhan sauman repeytymisen vuoksi syntyvät viillot. Liitteessä 5 on esitetty kuvin tyypillisimmät vaurioityypit. S- ja ohjausrullan pintaan syntyvät halkeamat johtuvat pinnoitteen väsymisestä, joka voi johtua pinnoitteen kovettumisesta. Myös revenneet hitsaussaumot viiltävät halkeaman rullan pintaan. Liitteen 5 kuvassa 31 tuotenuha on tehnyt viillon S-rullan pintaan. Liitteen 5 kuvassa 32 näkyy halkeama jonka syvyys on 20 mm. S-rullan pintaan syntyvät painumat johtuvat nauhan katkaisun tai liittämisen yhteydessä sattuneesta vauriosta. Tyypillisesti painuma syntyy kun nauhan vetoliina jää kiinni olevan painorullan taakse samalla kun S-rullia pyöritetään. S-rullastoilla tehtävistä nauhakatkaisuista ja – liittämistä tulee tehdä yleinen työohje työn suorittamisesta linjan operaattoreille. S- ja ohjausrullien kulumista tapahtuu rullan koko leveysalueella kuitenkin niin, että reuna-alueet kuluvat yleensä eniten. Tämä johtuu siitä, kun ajettava nauha liikkuu poikittaissuuntaisesti ajosuuntaan nähden ja nauhan reunat kuluttavat suuren vedon vuoksi rullan pintaa.

8. S-RULLAN VIKAANTUMISEN VAIKUTUKSET

S-rullan vikaantumisella on vaikutuksia tuotenauhan laatuun, linjan kapasiteettiin sekä kunnossapitokustannuksiin. Historiatietojen perusteella laatukustannuksia ei pystytä kohdentamaan yksittäisiin S-rullastoihin, ainoastaan voidaan laskea kuinka paljon laatukustannuksia syntyy kun S-rulla aiheuttaa laatuvirhettä. Laatukustannukset on esitetty suhdelukuna, joka on vertailukelpoinen muiden suhdelukujen kanssa.

8.1. Vaikutus laatuun

S-rullan aiheuttamaa laatueroa, tuotenauhat ohjataan sivuraiteelle, jos sitä ei voida käsitellä seuraavassa prosessivaiheessa ilman korjaavia toimenpiteitä tai siitä ei voida valmistaa alun perin suunniteltua tuotetta. Myös niissä tapauksissa kun tuotenauhan toteutunut käyttötarkoitus on huonompi kuin tavoitekäyttötarkoitus, aiheutuu S-rullasta laatukustannuksia. Sisäisiin laatukustannuksiin luetaan käyttötarkoituksen alenema, sivuraiteelle siirrot, laatukustannukset, sekä ajon keskeytykset. RAP5-linjalla S-rullastojen laatuvirheistä johtuvien käyttötarkoituksen alenemien tai sivuraiteelle siirtojen kustannus on 0,623 yksikköä/h. Tyypillisimpiä reklamaatiokustannusten aiheuttajia S-rullastolla ovat luistosta johtuvat naarmut. Lisäksi rullan pinnan halkeamasta tai painumasta aiheutuvat painumat aiheuttavat reklamaatiokustannuksia. Taulukossa 6 on esitetty naarmusta (virhe 522) aiheutuneiden reklamaatiokustannusten osuus kaikista RAP5 reklamaatioista vuosina 2010 – 2011. S-rullastojen osuutta reklamaatiokustannuksista ei voida tarkasti osoittaa, mutta voidaan todeta että, S-rullaston luistoista syntyvät naarmut aiheuttavat myös reklamaatiokustannuksia.

Taulukko 6. RAP5 reklamaatiokustannukset 2010 - 2011.

Virheen 522 osuus reklamaatioista [%]	
2010	23.0
2011	20.9

8.2. Vaikutus linjan käytettävyyteen

S-rullastojen luistamiset ja vauriot aiheuttavat RAP5- linjan ajonopeuksien laskemisia tai linjapysähdyksiä. RAP5-linjan tuotantotehokkuutta (OEE) laskiessa huomioidaan käytettävyys, nopeuskerroin sekä laatukerroin, jossa kaikilla tekijöillä on yhtä suuri merkitys (kaava 2). Käytettävyys lasketaan yhteensä ferriittisille, kylmä- ja kuumauhoille, jossa huomioidaan ajoaika, joka on todellinen käsittelyaika sekä apuajat, johon lasketaan kaikki prosessin pysäyttäneet häiriöt. Laskennassa ei ole mukana apunauhat. Ajat ovat rullakohtaisia, koska jokainen häiriö kohdistuu sillä hetkellä uunissa olevalle rullalle. RAP5- linjan kokonaistuotantotehokkuus OEE vuonna 2011 oli 53 %. Tulos on saatu kertomalla linjan käytettävyys (=69 %), nopeus (=82 %) ja laatu (=93 %) keskenään. Luvuista huomaa, että käytettävyys heikensi eniten kokonaistehokkuutta. Lisäksi voidaan laskea RAP5- linjan kokonaiskäytettävyys, jossa huomioidaan kalenteriaika ja kaikki prosessiosan pysäyttäneet häiriöt myös apunauhojen aikana. Kaavoissa 3 ja 4 on määritelty käytettävyyden ja kokonaiskäytettävyyden laskentatapa. RAP5-linjan käyntiasteessa huomioidaan kaikki RAP5:llä ajatut rullat, myös apunauhat sekä kaikki häiriöt syystä riippumatta, myös suunnitellut seisokit./1/

Linjakohtainen tuotantotehokkuus määritellään RAP5- linjalla seuraavasti:

$$\text{OEE} = \text{Käytettävyys} \times \text{Nopeus} \times \text{Laatu} \quad (2)$$

Käytettävyys (K), yhteensä kylmä- ja kuumanauha:

$$K = \text{ajoaika} / (\text{ajoaika} + \text{apuaika}) \quad (3)$$

missä

Ajoaika on todellinen käsittelyaika

Apuaika on kaikki prosessiosan pysäyttäneet häiriöt

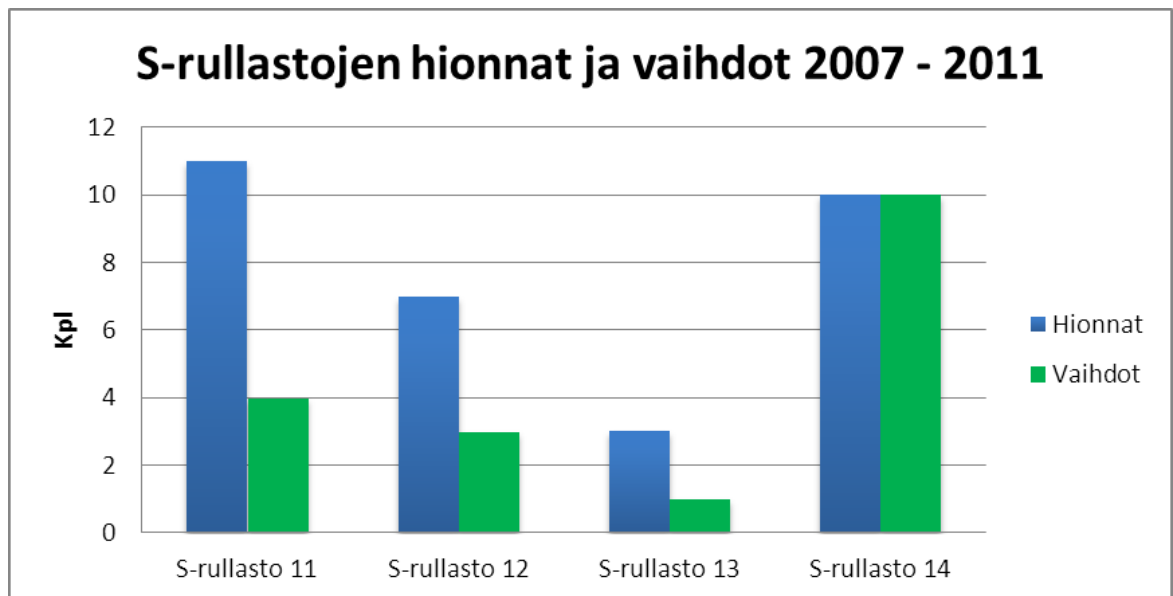
Kokonaiskäytettävyys (K), kaikki ajetut nauhat:

(4)

$$K = (\text{kalenteriaika} - \text{kaikki prosessiosan pysäyttäneet häiriöt}) / \text{kalenteriaika}$$

9. S- JA OHJAUSRULLIEN HIONNAT JA VAIHDOT

Nykyisellään S-rullastojen hionnasta ja vaihdosta tehdään työtilaukset kunnossapidon tietojärjestelmään (KUTI). Jokainen S-rullasto on kokonaisuutena positioitu omana laitepaikkana. Hiottavan tai vaihdettavan rullan tai rullaston työtilaus kohdennetaan oikealle laitepaikalle. Tässä työssä kerätty data S-rullastojen 11 – 14 hionnoista ja vaihdoista on haettu KUTI:n historiatiedoista. Historiatietoihin ei ollut selvästi kirjattu, mikä rulla tai rullat on vaihdettu ja onko samassa yhteydessä muita rullia hiottu. KUTI:lle oli positioitu vain yksittäiset S-rullastot, ei yksittäisiä S-rullia. Kuvassa 10 on esitetty vuosina 2007 – 2011 S-rullastoilla 11 – 14 suoritettut rullien hionnat ja vaihdot. Hionnassa laskettiin kaikkien neljän rullan hionta yhdeksi hionta tapahtumaksi ja vaihdot on laskettu rullakohtaisesti.

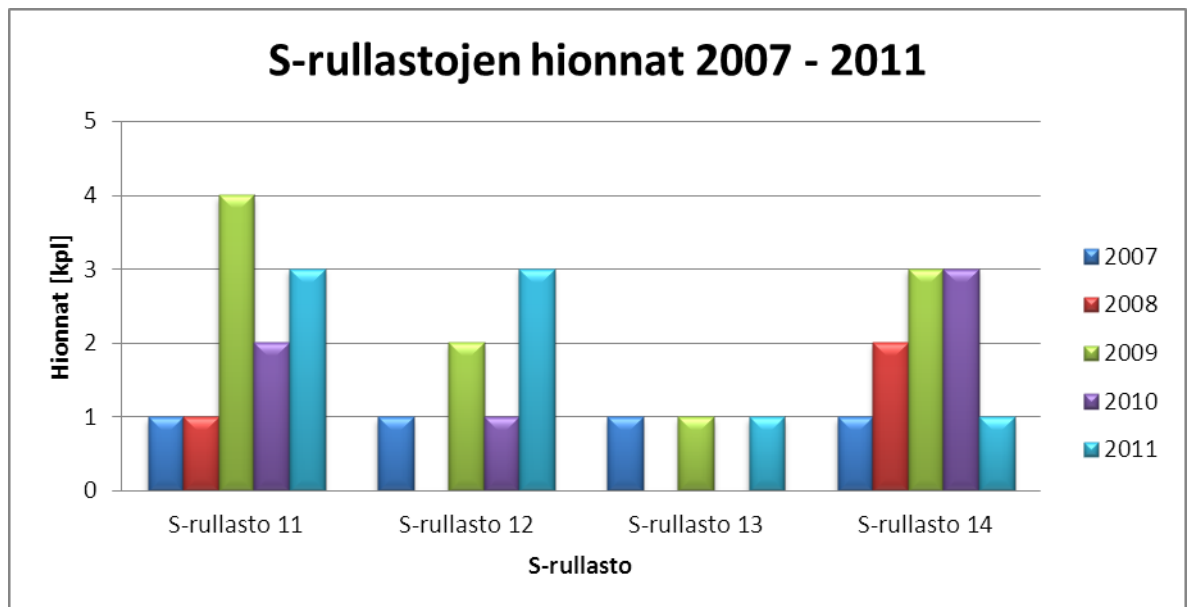


Kuva 10. Vaihtojen ja hiontojen lukumäärä vuosina 2007 – 2011

9.1. S-rullien hionnat

S-rullien hiontaan päädytään niissä tapauksissa kun tuotenuhan pintaan aiheutuu laatuvirheitä tai kyseisellä prosessialueella ei saavuteta haluttuja vetoarvoja (S-rulla

luistaa). Yleisimmät laatuvirheiden aiheuttajat ovat luistot, jotka aiheutuvat joko erilaisten kemikaalien aiheuttamasta kuormituksesta, ikään perustuvasta kumioinnin vanhenemisesta tai rullan normaalin kulumisen aiheuttamasta pinnoitteen kiillottumisesta. Kiillottuneet rullat hiotaan nauhahiomakoneella karheiksi, mikäli pinnoite on muuten kunnossa. Lisäksi S- rullastoja hiotaan, kun rullan pintaan on tarttunut epäpuhtauksia (esim. teräspartikkelit). Myös niissä tapauksissa, kun rullan pintaan on syntynyt pieni vaurio mikä saadaan poistettua hiomalla. Kuvassa 11 on esitetty vuosina 2007 – 2011 suoritettujen S- rullastojen hionnat. S-rullastolla 11 ja 14 olevia rullia hiotaan vuositasolla noin 2 - 3 kertaa kun taas S-rullastoilla 12 – 13 rullia hiotaan noin kerran vuodessa. Vuonna 2008 pinnoitetoimittaja vaihtui, joka voi olla osa syynä kasvaneisiin hiontamääriin yhdessä kasvaneiden laatuvaatimusten kanssa.

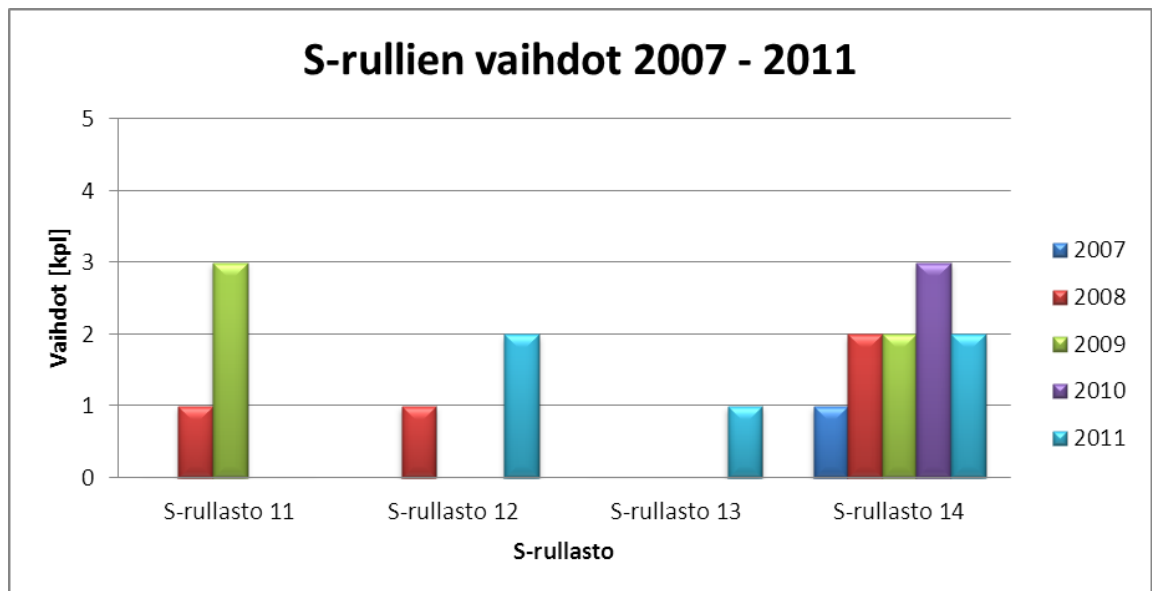


Kuva 11. Hiontojen lukumäärä vuosina 2007 - 2011

9.2. S-rullien vaihdot

S-rullat vaihdetaan, kun rullan pinta on kulunut yli raja-arvon, rullan pinnassa on merkittävä painuma, rullan pintaan on tullut halkeama tai pinnoite on irronnut. Myös niissä tapauksissa S-rullat vaihdetaan, kun nauha luistaa rullan pinnalla eikä hiomalla saada

karhennettua rullan pintaa niin, että luisto loppuisi. Kuvassa 12 on esitetty vuosina 2007 – 2011 suoritettut S- rullien vaihdot. S-rullasto 14:llä rullia vaihdetaan vuositasolla 2 – 3 kertaa, mikä on loppuosan S-rullastoista suurin määrä. S-rullasto 13:lla rullia ei ole vuosien 2007 – 2011 aikana vaihdettu kuin yksi rulla. S-rullasto 11:llä on jokainen rulla vaihdettu kerran vuosien 2007 – 2011 aikana. Vuonna 2008 tehdyllä pinnoitetoimittajan vaihdolla voi olla osa syy kasvaneisiin rullan vaihtoihin. Vuonna 2010 S-rullasto 14:llä kaksi rullaa on vaihdettu pinnoitteen halkeamisen johdosta, mikä viittaisi kumioinnin laatuun. Taulukossa 7 on esitetty S-rullien 11 – 14 rullien vaihdot rullakohtaisesti vuosien 2007 – 2011 aikana.



Kuva 12. Vaihtojen lukumäärä vuosina 2007 – 2011

Taulukko 7. S-rullien vaihdot 2007 - 2011.

S-rullasto 11	2007	2008	2009	2010	2011	Yht.
rulla 1		1				1
rulla 2			1			1
rulla 3			1			1
rulla 4			1			1

S-rullasto 12	2007	2008	2009	2010	2011	Yht.
rulla 1					1	1
rulla 2						
rulla 3		1				1
rulla 4					1	1

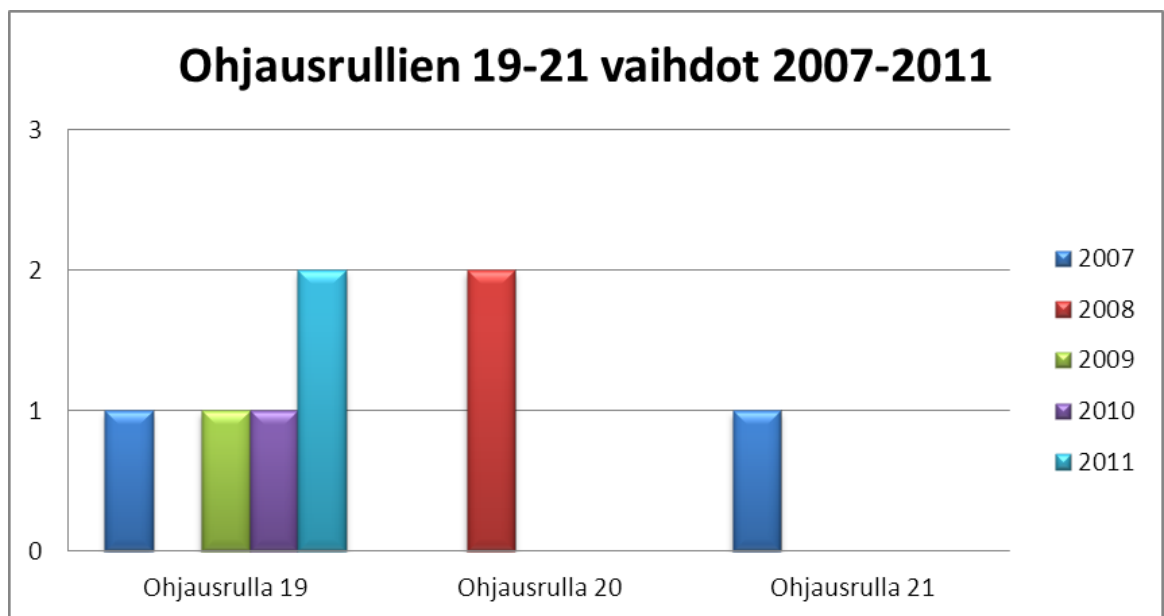
S-rullasto 13	2007	2008	2009	2010	2011	Yht.
rulla 1						
rulla 2						
rulla 3						
rulla 4					1	1

S-rullasto 14	2007	2008	2009	2010	2011	Yht.
rulla 1		1	1	1	1	4
rulla 2	1		1		1	2
rulla 3		1				1
rulla 4				2		2

9.3. Ohjausrullien hionnat ja vaihdot

Ohjausrullastoille tehdään S-rullaston tavoin työtilaukset hionnasta ja vaihdosta kunnossapidon tietojärjestelmään. Myös ohjausrullastot on positiotu kunnossapidon tietojärjestelmään omana laitepaikkana. Hiottavan tai vaihdettavan ohjausrullan työtilaus kohdennetaan oikealle laitepaikalle. Tässä työssä kerätty data ohjausrullastojen 19 – 21 hionnoista ja vaihdoista haettiin KUTI:n historiakannasta.

Vuosien 2007 – 2011 aikana ohjausrullia 19 - 21 ei ollut hiottu kertaakaan. Ohjausrullien 19 – 21 vaihtoja oli suoritettu vuosien 2007 – 2011 välisenä aikana yhteensä kahdeksan kappaletta, joista viisi oli kohdistunut ohjausrulla 19:lle ja kaksi vaihtoa ohjausrullalle 20:lle ja yksi vaihto ohjausrullalle 21:lle. Kaikki vaihdot oli tehty kuluneisuuden vuoksi. Kuvassa 13 on esitetty ohjausrullille 19 – 21 tehdyt rullien vaihdot vuosina 2007 – 2011.



Kuva 13. Vaihtojen lukumäärä vuosina 2007 – 2011

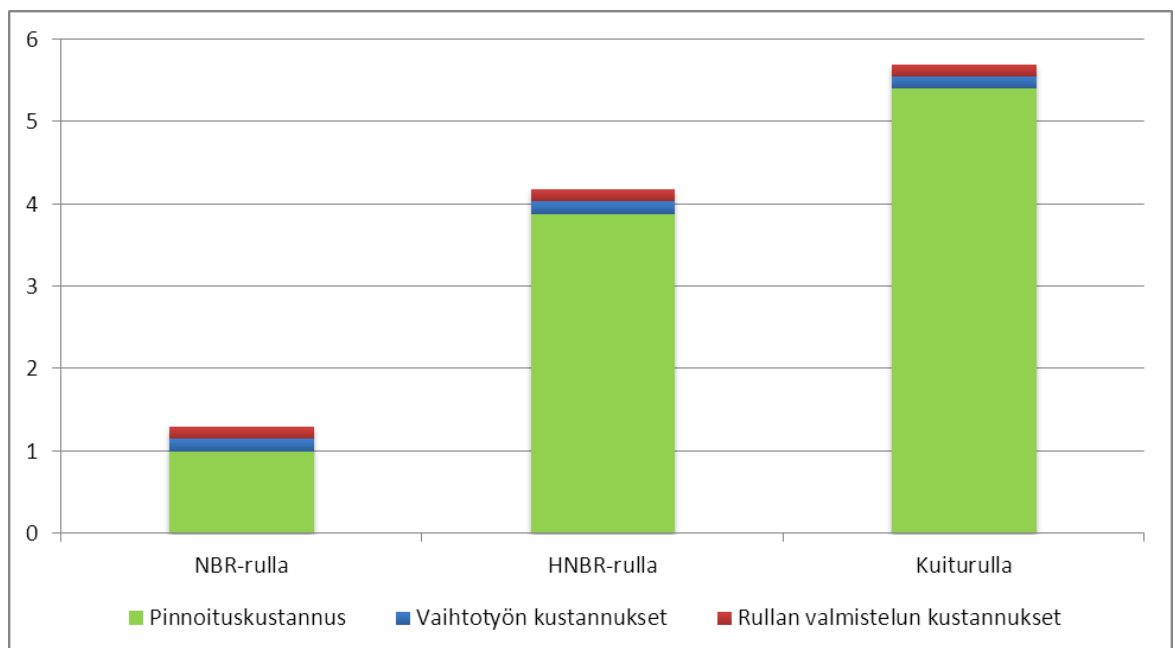
Historiatietojen perusteella ohjausrullat ovat olleet niin kuluneita, ettei hionnalla ole pystytty korjaamaan tilannetta vaan on päädytty rullan vaihtoon. Vaihtojen ja mittausten perusteella voidaan todeta, että ohjausrulla 19:sta vaihdot tehdään kuluneisuuden vuoksi, joten optimaalinen rullanvaihtoväli on kaksi vuotta, vuoro vuosina vaihdetaan rulla 1 ja rulla 2. Ohjausrullien 20 ja 21 vaihdot tehdään myös kuluneisuuden perusteella. Mittaustulosten ja vaihtojen historiatietojen perusteella optimaalinen rullanvaihtoväli on viisi vuotta. Taulukossa 8 on esitetty ohjausrullien 19 – 21 optimaaliset vaihtovälit. Ohjausrullien optimaalisia hiontavälejä ei ole järkevä suunnitella, koska ohjausrullastoilla 19 – 21 ei ole luistoja havaittu suuren vetotason vuoksi. Ohjausrullan kuluneisuuden mittausten perusteella voidaan tehdä tarvittavat päätökset hionnan suorittamisesta. Ohjausrullien hiontoja on mahdollista tehdä, vaikka rullissa ei ole käyttöä. Rullien kuluneisuutta seurataan malliennakkotyön mukaisesti ja näin ollen vaihdot voidaan suorittaa suunnitellusti seisokkien yhteydessä.

Taulukko 8. Ohjausrullien 19 – 21 optimaaliset vaihtovälit

	Vaihtoväli/ rulla
Ohjausrulla 19	24 kk
Ohjausrulla 20	60 kk
Ohjausrulla 21	60 kk

10. KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET

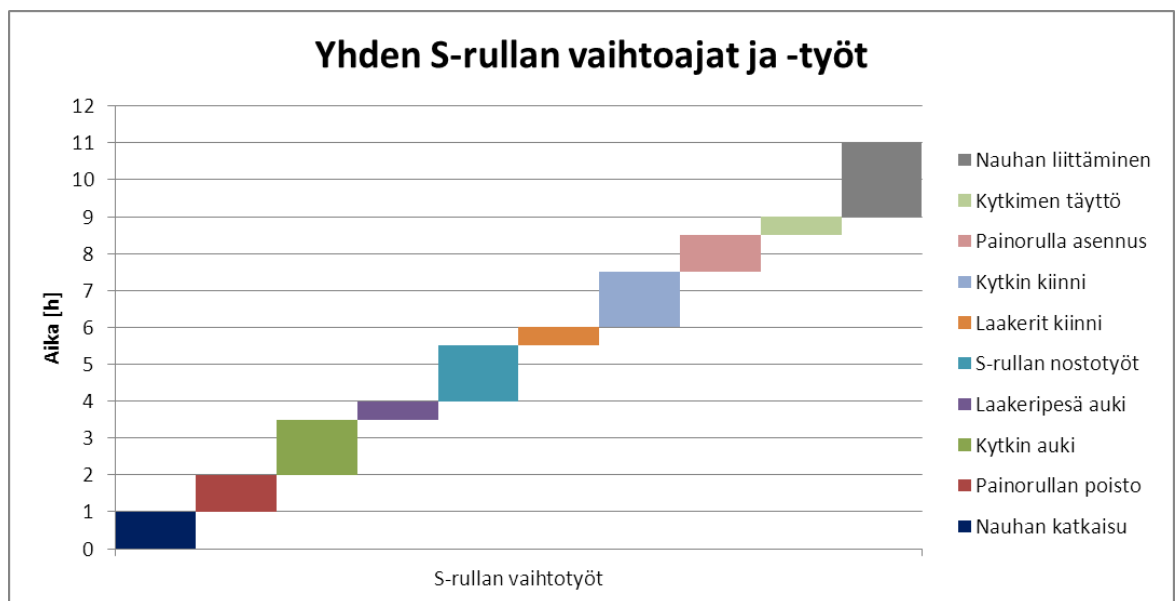
S-rullien kunnossapitokustannuksia selvittäessä oli tarkoitus löytää erilaisten rulliin liittyvien kustannusten suuruus. Kunnossapitokustannukset jaettiin seuraaviin kokonaisuuksiin: vaihtotyö, hiontatyö, S-rullan pinnoitus. Lisäksi tarkasteltiin S-rullan vaihdosta ja hionnasta johtuva tuotantoajan menetys. Suurimmat kunnossapitokustannukset syntyvät S-rullien vaihdosta, joka sisältää S-rullan pinnoituksen ja kunnossapitoasentajien suorittamat työt. S-rullan pinnoituskustannus on merkittävin kustannusten aiheuttaja kun taas valmistelusta ja vaihdosta aiheutuvat kustannukset ovat pinnoitukseen nähden pienet. Kuvassa 14 on vertailtu kuinka paljon ovat yhden S-rullan vaihdosta aiheutuneet kunnossapitokustannukset eri pinnoitteilla. S-rullan valmistelun ja vaihtotyön kustannukset ovat samat riippumatta pinnoitteen tyypistä. Kustannuksia ei ole estetty euroina vaan suhteellisina lukuina. Kaikki suhdeluvut ovat verrannollisia toisiinsa nähden.



Kuva 14. S-rullan vaihdosta aiheutuvat kunnossapitokustannukset.

10.1.Vaihtotyön kustannukset

Nykyisellään S-rullan vaihtotyö suoritetaan seisokkipäivänä tai vaurion sattuessa tuotantokatkoksen aikana. Vaihtotyötä ennen S- rullastolta on poistettava osittain tai kokonaan tuotenauha. Tuotenauhan poistamisen suorittaa RAP5- linjan käytön operaattorit. S- rullan vaihtotyön suorittaa kunnossapidon asentajat (2 - 3 henkilöä) sekä yksi nosturinkuljettaja. Vaihtotyön kesto määräytyy S-rullastosta, S-rullasta, S-rullan valmistelusta sekä tuotenauhan poistamisesta ja liittamisestä S-rullastolla. Nauhan katkaisuun ja liittämiseen kuluu aikaa noin kolme tunti ja S-rullan vaihtotöihin kahdeksan tunti. Kuvassa 15 on esitetty yhden S-rullan vaihtoon liittyvät työt sekä töihin kuluvat ajat.

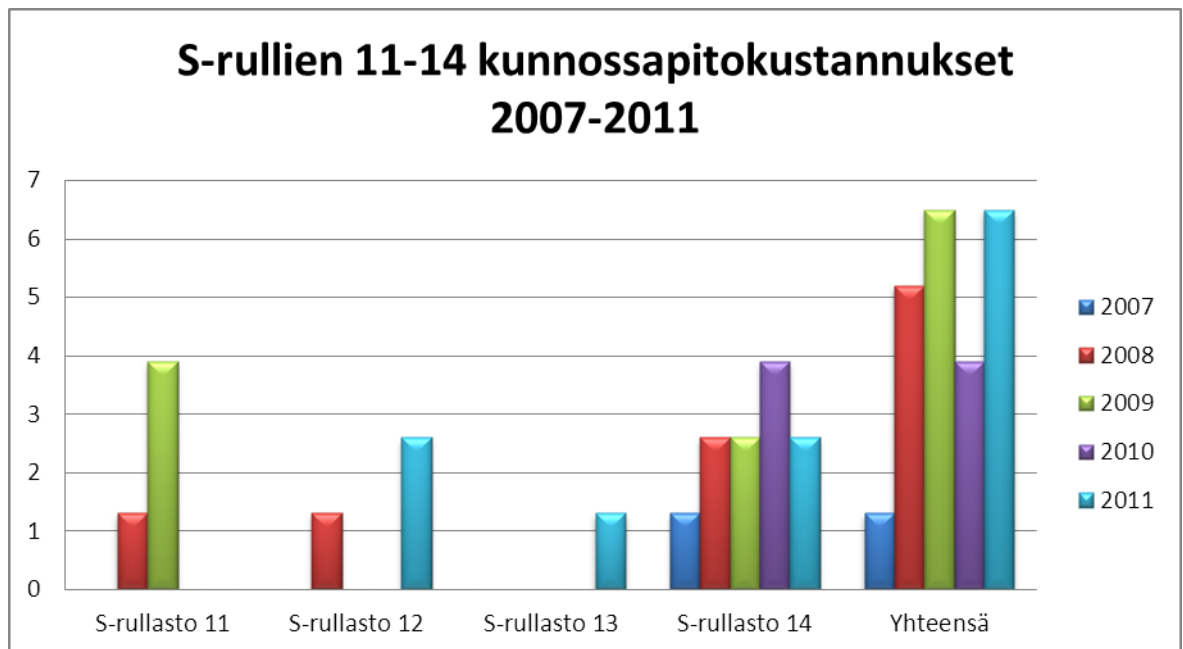


Kuva 15. S-rullan vaihtoajat ja -työt

Kuvassa 16 on esitetty yhden S-rullan vaihtotyöstä aiheutuneet kunnossapitokustannukset. Kuvassa 17 on laskettu S-rullastojen 11 – 14 vuosina 2007 – 2011 aiheutuneet kunnossapitokustannukset. Kustannuksiin on laskettu rullan valmistelu, vaihtotyöhön käytetty asennustyöaika sekä rullan pinnoituksen (NBR) kustannus. Kustannuksessa ei ole huomioitu tuotantokatkoksen, operaattoreiden sekä nosturikuljettajan kustannuksia. Kunnossapitokustannukset ovat suhteellisia lukuja.



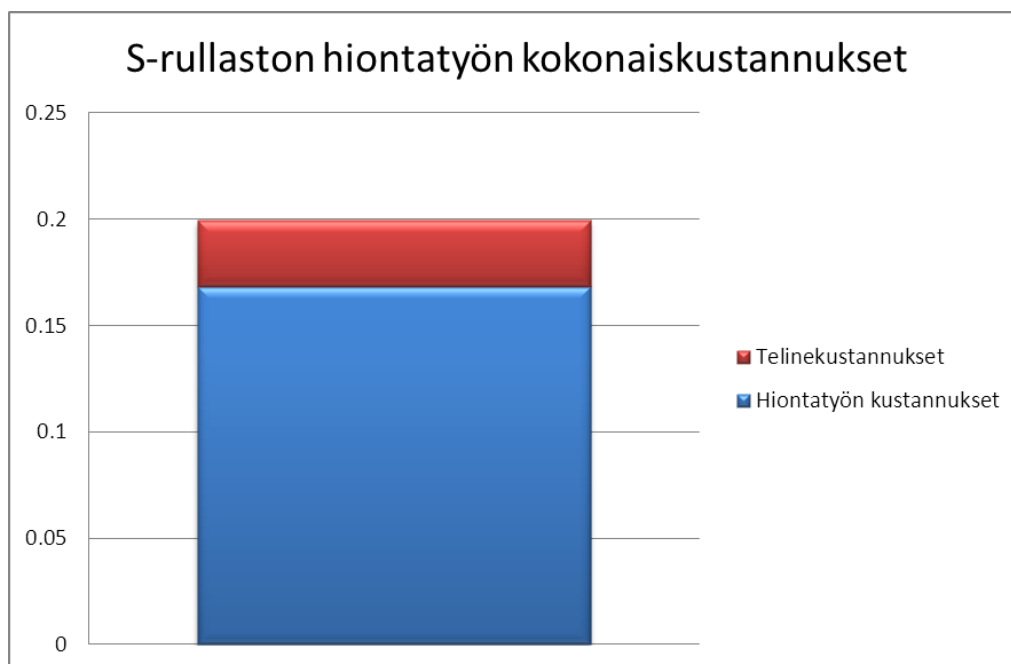
Kuva 16. S-rullan vaihtotyön kunnossapitokustannukset



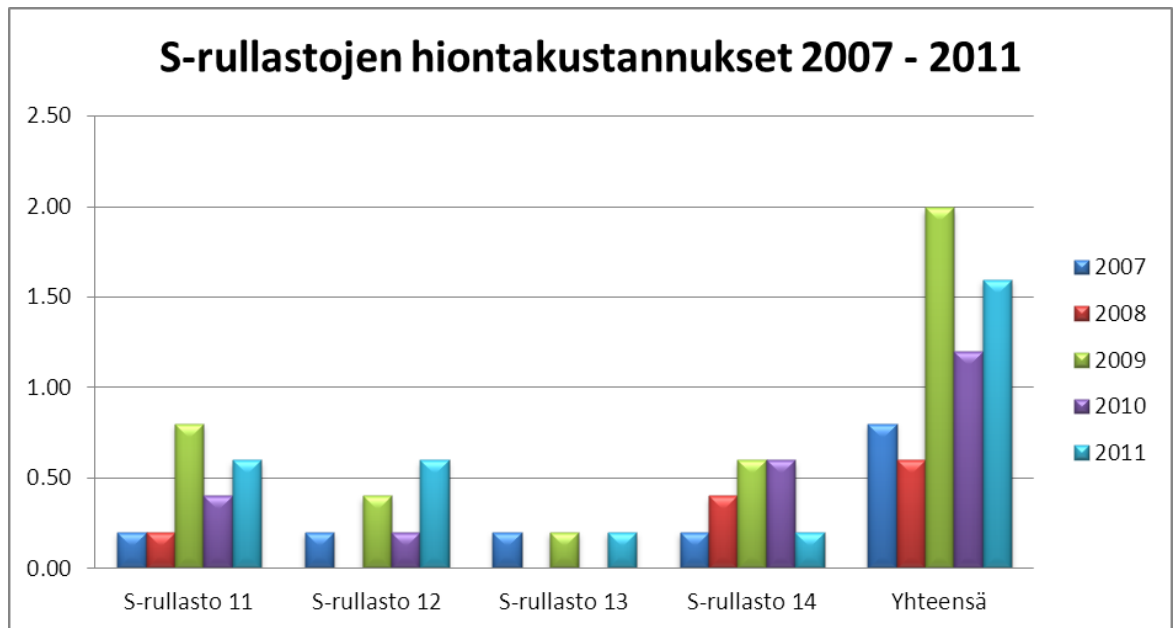
Kuva 17. S-rullien 11- 14 kunnossapitokustannukset 2007- 2011

10.2. Hiontatyön kustannukset

S-rullaston hiontatyö suoritetaan pääsääntöisesti seisokkipäivänä tai poikkeuksena tuotantokatkoksen aikana. Hiontatyötä ennen on S-rullastolta poistettava osittain tai kokonaan tuotenauha. Tuotenauhan poistamisen suorittaa RAP5-linjan käytön operaattorit. S-rullan hiontatyön suorittaa kunnossapidon asentajat (3 henkilöä). Hiontatyön kesto määräytyy S-rullastosta, telineiden rakentamisesta ja purusta sekä tuotenauhan poistamisesta S-rullastolta. Kuvassa 18 on esitetty yhden S-rullaston neljän rullan hiontatyön kunnossapitokustannukset, silloin kun hiontatyötä suoritetaan kuusi tuntia ja hiontatyötä suorittaa kaksi asentajaa. Hiontatyötä ennen suoritetaan telineiden asennus ja lopuksi telineiden purku. Kustannuksessa ei ole huomioitu tuotantokatkoksen ja operaattoreiden kustannuksia. Kuvassa 19 on esitetty vuosina 2007 – 2011 S-rullastojen 11-14 hionnasta aiheutuneet kunnossapitokustannukset. Laskelmassa on käytetty yhden S-rullaston hiontakustannuksena 0,199 yksikköä. Suurin kustannus syntyy hiontatyöhön käytetystä asentajien hionta-ajasta sekä hiontatyötä suorittavien henkilöiden määrästä. Vuosina 2009 – 2011 hiontatyöstä aiheutuneet kunnossapitokustannukset ovat kaksinkertaistuneet aikaisempiin vuosiin nähden.



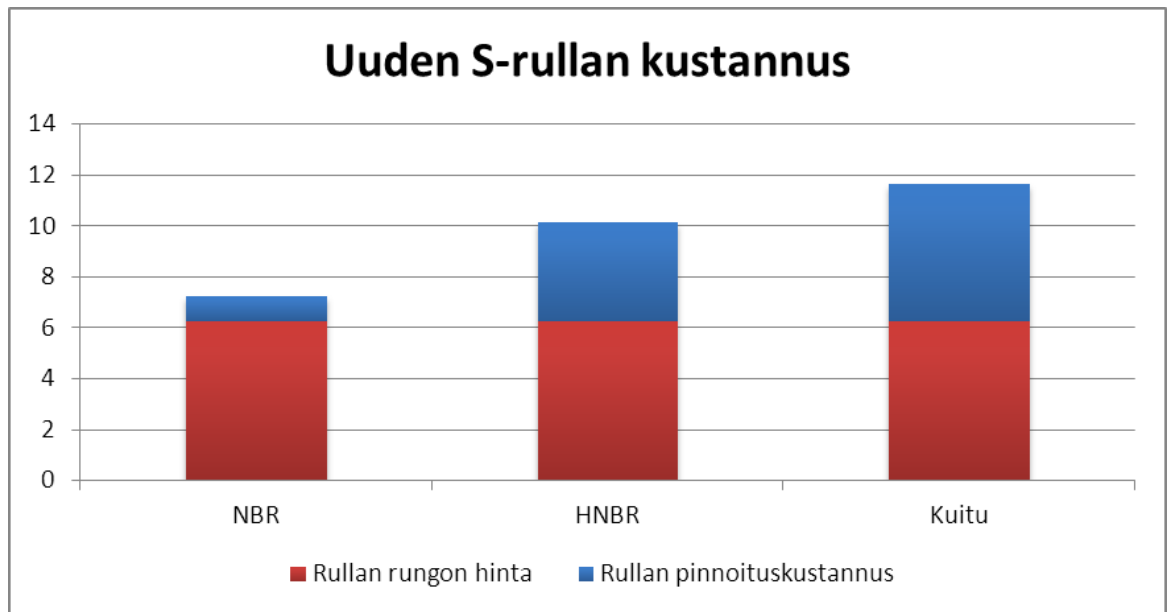
Kuva 18. S-rullaston hiontatyön kokonaiskustannukset.



Kuva 19. S-rullastojen 11 – 14 kokonaishiontakustannukset vuosina 2007 - 2011.

10.3. S-rullan pinnoituskustannukset

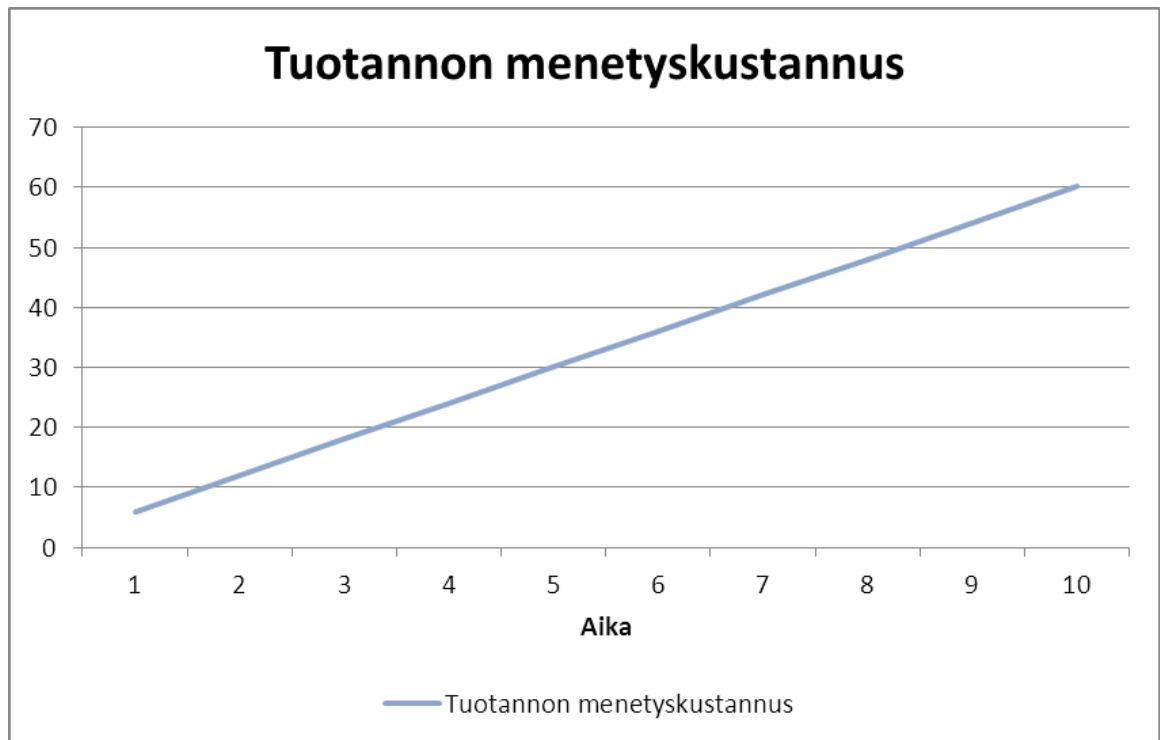
S-rullan uudelleenpinnoitus suoritetaan aina kun S-rulla vaihdetaan. Yleisin syy pinnoitukselle on rullan pinnan kuluminen yli raja-arvon, rullan pinnan halkeaminen, pinnassa on voimakas painuma tai muuten rullan pinta ei ole käyttökelpoinen. S- rullan vaihdon jälkeen S- rulla lähetetään rullatoimittajan luokse uudelleen pinnoitettavaksi. S- rullan pinnoituksen hinta määräytyy voimassa olevan sopimuksen mukaisesti. S- rullan kokonaishinta määräytyy pinnoitteen mukaan. Kuvassa 20 on esitetty eri pinnoitteilla olevien uusien S-rullien hinta. Uuden S-rullan kustannus muodostuu rullan rungon hinnasta sekä pinnoituskustannuksesta.



Kuva 20. Uuden S-rullan kustannus

10.4. Menetetty tuotantoaika

S-rullia vaihdetaan ja hiotaan seisokkien aikana sekä suunnittelemattomien linjan pysähdysten aikana. Jokainen suunnittelematon S-rullien vaihto ja hionta aiheuttaa RAP5-linjalla tuotantokatkoksen. Menetetyn tuotantoajan pituus riippuu hiotaanko vai vaihdetaanko rullia, vaihdettavien tai hiottavien rullien määrästä, S-rullastosta, rullan valmistelusta, nauhan poistamisesta S-rullastolta sekä telineiden tekemisestä ja purusta. Kuvassa 21 on esitetty tunneittain yhden S-rullan vaihdoista aiheutuneet tuotannon arvioidut menetykset yksikköinä ajan suhteen.



Kuva 21. Tuotannon arvioitu menetys yksikköinä ajan suhteen

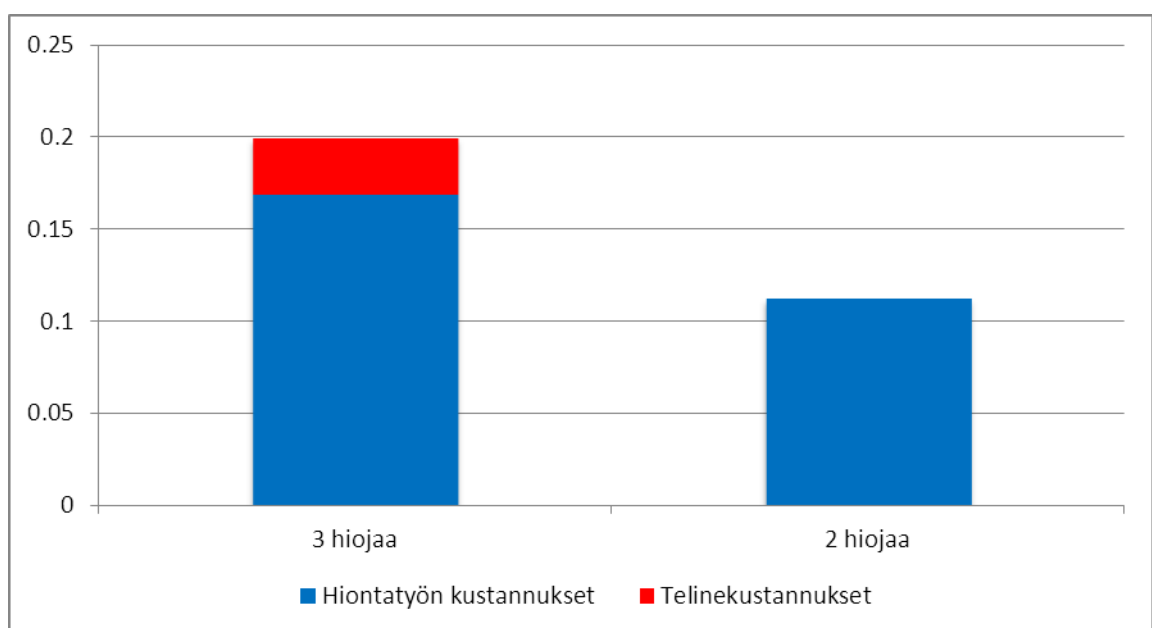
10.5. Yhteenveto kunnossapitokustannuksista

S-rullien vaihdot ovat yleisimmin seisokin pituuden määrittävä työ, joka yleensä pidentää seisokkia, koska vaihtotyö sitoo nosturin ja henkilöstöä muista seisokkitöistä. Lisäksi nauhan katkaisut ja liittämiset tekevät seisokista pidemmän. S-rullien vaihtoja kannattaa yhden seisokin aikana tehdä useampi, mikäli se nosturin, päällekkäisten töiden ja henkilöstömäärän puolesta on mahdollista. Useamman S-rullan vaihto yhden seisokin aikana pidentää seisokkiaikaa mutta se on taloudellisempaa vuositasolla kuin, että peräkkäisissä seisokeissa vaihdetaan yhtä rulla kertaansa ja joudutaan tekemään joka seisokissa nauhan katkaisuja ja liittämisiä. Nauhan katkaisut ja liittämiset hyvin suunnitellusti ja valmistellusti lyhentävät seisokkiaikaa.

Suurimmat S-rullastojen kunnossapidosta aiheutuneista kustannuksista syntyvät tuotannonmenetyksenä, kun S-rullia vaihdetaan tai hiotaan. Kun vaihdot pystytään tekemään suunnitelluissa seisokeissa, suurin kustannus syntyy rullan pinnoituksesta. Tämä

ei kuitenkaan ole merkittävä kustannus, kun sitä verrataan niihin kustannuksiin mitkä syntyvät, jos rullia joudutaan vaihtamaan tai hiomaan kesken tuotannon suunnittelemattomana työnä. S-rullien vaihdosta suurin säästö saadaan, kun vaihtoaika saadaan minimoitua tai saman tuotantokatkoksen aikana tehdään useampi S-rullanvaihto. Tämä edellyttää kuitenkin sen, että useamman S-rullan yhtäaikainen vaihto ei hidasta toisiaan.

S-rullien vaihtokustannukset vuosien 2008 – 2011 välisenä aikana olivat vuositasolla 4,152 – 6,228 yksikköä mikä kustannuksena ei ole niin merkittävä, kun lasketaan, että joudutaan tekemään yksi rullanvaihto ja muiden hionta kesken tuotannon. Tällöin arvioitu tuotannonmenetyskustannus nousee samalle tasolle, kuin koko vuoden rullanvaihtokustannus. Vuosina 2009 – 2011 hiontatyöstä aiheutuneet kunnossapitokustannukset olivat kaksinkertaistuneet aikaisempiin vuosiin nähden. Suurimpina tekijöinä voidaan pitää kasvaneita laatuvaatimuksia sekä rullatoimittajan vaihtoa. Kuvassa 23 on vertailtu kolmen kunnossapidon asentajan ja kahden telineasentajan kustannuksia siihen, että työn suorittaisi kaksi kunnossapidon asentajaa ja telineitä ei tarvitsisi rakentaa kun yhtä S-rullastoa hiotaan. Hiontatyötä suoritettaisiin molemmissa tapauksissa kuusi tuntia.



Kuva 23. S-rullaston hiontatyövertailu

10.6. Kunnossapitokustannusten optimointi

RAP5- linjan loppuosan S- rullastojen 11 – 14 kunnossapitokustannusten optimoinnissa on otettu huomioon S- rullien elinkaari (Kuti), hionta- ja vaihtotyön kustannukset, ennakkohuoltotyöt, telinekustannukset, suunnittelemattomat ja suunnitellut seisokit, käytettävät resurssit sekä tuotantokustannukset.

Historiatietojen perusteella voidaan todeta, että yhden S-rullan elinkaareen vaikuttaa S-rullaston sijainti linjalla, kuluneisuus sekä erilaiset rullan kohdistuvat vauriot. Taulukossa 7 oli esitetty vuosina 2007 – 2011 S-rullien vaihdot rullakohtaisesti. Tästä voidaan todeta, että S-rullastoilla 11:sta ja 12:sta rullat vaihdetaan kuluneisuuden tai luiston perusteella. S-rullasto 13:sta rullia vaihdetaan kuluneisuuden perusteella. S-rullasto 14:sta rullia vaihdetaan kuluneisuuden, luiston sekä erilaisten vaurioiden perusteella, joka on suurin S-rullan vaihdon aiheuttaja.

Vaurioiden ennustaminen on vaikeaa, mutta ohjeistuksilla ja oikeanlaisella toiminnalla pystytään vaurioiden määrää pienentämään. Ohjeen mukaisesti tehdyllä nauhan katkaisulla ja liittämällä voidaan siitä johtuvat vauriot eliminoida. Rullan pinnan halkeamiset eivät myöskään ole ennustettavia, vaan vaurion sattuessa annetaan rullatoimittajalle palautetta sattuneesta vauriosta.

Luistojen seuraaminen HMI:ltä ja siitä saatavan datan perusteella voidaan tulevat rullan hionnat ja vaihdot suunnitella ennakoivasti ja näin ollen ei yllättäviä tuotantokatkoksia S-rullan hionnan tai vaihdon perusteella synny. Kuluneisuuden seuraaminen on ennakkohuoltosuunnitelmassa, jonka perusteella voidaan todeta milloin S-rulla on hionnan tai vaihdon tarpeessa ja näin ollen tästä syystä ei yllättäviä rullan hiontoja tai vaihtoja synny.

Historiatietojen (vaihdot) sekä luistojen ja kuluneisuuden perusteella S-rullastoilla 11:sta ja 14:sta optimaalinen vaihtoväli on kaksi vuotta ja S-rullastoilla 12:sta ja 13:sta optimaalinen vaihtoväli on viisi vuotta. Hiontahistorian perusteella optimaalinen hiontaväli S-rullasto 11:sta ja 12:sta on puoli vuotta mikä kannattaa suorittaa kaksi kertaa vuodessa pidettävissä

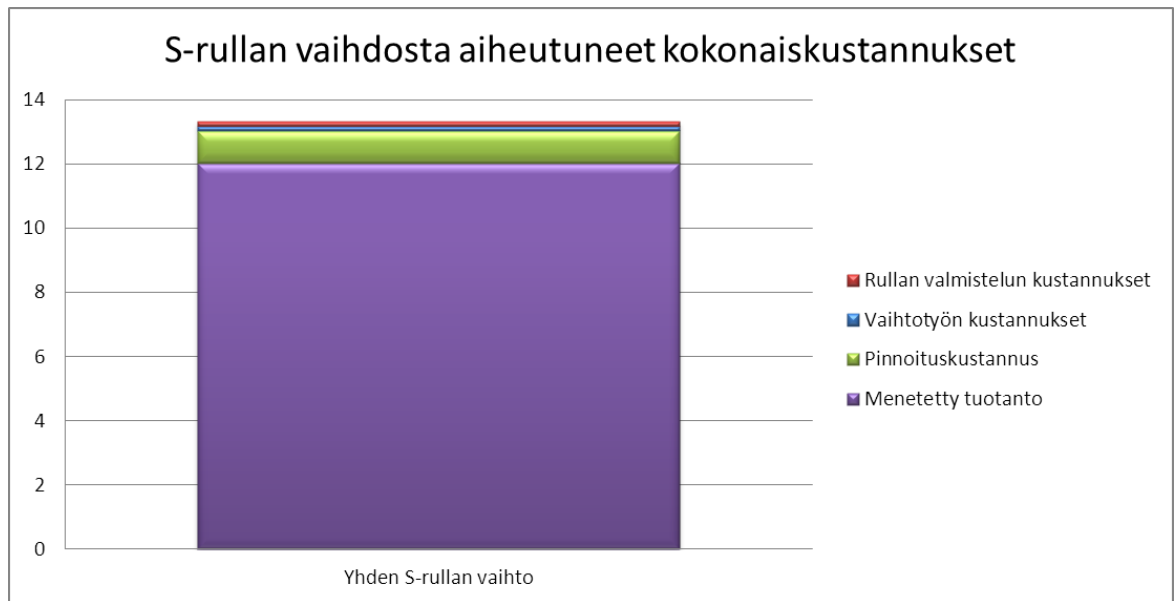
vuosihuoltoseisokeissa, koska tuotenauha katkaistaan joka tapauksessa S- rullastojen 11 – 12 välistä. S-rullasto 13:sta optimaalinen hiontaväli on kaksi vuotta. S-rullasto 14:sta optimaalinen hiontaväli on kerran vuodessa. Lisäksi, joka kerta kun yhdeltä S-rullastolta vaihdetaan rulla, tulee muut rullat hioa, jotta rullien kitkaominaisuudet olisivat likipitään samansuuruiset. Taulukossa 9 on esitetty S-rullastojen 11 – 14 optimaaliset hionta- vaihtovälit.

Taulukko 9. S-rullien optimaaliset hionta- ja vaihtovälit

	Hiontaväli	Vaihtoväli/ rulla
S-rullasto 11	6 kk	24 kk
S-rullasto 12	6 kk	60 kk
S-rullasto 13	24 kk	60 kk
S-rullasto 14	12 kk	24 kk

Hionta- ja vaihtokustannuksia pystytään optimoimaan edellä mainituilla mittauksilla sekä suunniteltuilla hionnoilla ja vaihdoilla. Varastossa tulee olla aina valmiiksi valmistettu rulla, jotta vaihdon tapahduttua ei tarvitse ensin aloittaa rullan vaihtoa rullan valmistelulla. Vaihdettu rulla tulee lähettää välittömästi vaihdon jälkeen uudelleen pinnoitettavaksi ja vararullan valmistelu pitää suorittaa varastossa olevalle rullalle. Telinekustannukset eivät ole vuositasolla merkittäviä mutta S-rullastoille 11:sta – 13:sta voitaisiin suunnitella kiinteät tasot ja näin ollen tasojen rakentamiseen ja purkamiseen käytettyä aikaa saataisiin vähennettyä.

Yksittäisten päiväseisokkien aikana tehdyt rullan vaihdot pidentävät seisokkiaikaa noin kaksi tuntia, kun siihen lasketaan mukaan nauhan katkaisut ennen seisokkia ja nauhan liittämiset seisokin lopussa. Tästä syystä on kannattavaa vaihtaa useampi S-rulla saman seisokin aikana, jos se vain on mahdollista. Kuvassa 22 on esitetty kuinka paljon aiheutuu kokonaiskustannuksia yhden S-rullan vaihdosta, kun vaihtotyö suoritetaan seisokin yhteydessä ja S-rullan vaihto pidentää seisokin kestoa kaksi tuntia.



Kuva 22. S-rullan vaihdosta aiheutuneet kokonaiskustannukset

10.7. S- Rullan luistojen vähentäminen

S-rullastojen luistojen vähentämisellä on suurin vaikutus linjan tuotantokapasiteettiin, laatuun ja kunnossapitokustannuksiin. RAP5- linjan loppuosan S- rullastoilla 11 ja 14 tapahtuu eniten luistoja, johtuen kyseisen prosessiosan vetoeroista ja S-rullaston kiillottumisesta vetoeron vuoksi. Myös rullan halkaisijan pienentyessä yli 2 mm on todettu, että S-rullastolla alkaa luistoja helpommin tapahtua, koska S-rullan akselille on kehitettävä momentti voimaeron saavuttamiseksi (vastaa voimaeron ja rullan halkaisijan tuloa).

Rullien hiontojen jälkeen on tärkeää mitata rullanhalkaisija. Mittaus tulee suorittaa S-rullan moottori- ja operointipuolelta. Halkaisijan pienentyessä yli 1 mm tai uuden S-rullan halkaisijan ollessa yli 1 mm suurempi, tulee uusi halkaisija tieto syöttää Level-2 automaatiojärjestelmään. S-rullan ikääntymisellä on myös vaikutusta S-rullastolla tapahtuvaan luistamiseen. Kumin elastinen palautuminen on ajasta riippuvainen ja se aiheuttaa hystereesiä pintojen liikkeessa vastakkain eikä kosketuksessa painunut kumin uloke palaudu alkuperäiseksi välittömästi kosketuksen lakattua. Tästä syystä S-rulla tulee myös ikään perustuen vaihtaa viiden vuoden välein.

S-rullien pinnantarkastaminen malliennakkohuoltotyön mukaisella työllä sekä HMI:ltä saatavalla luistojen hälytysten seurannalla, pystytään S-rullien kuluneisuutta ja luistoja seuraamaan. Näistä saadun tilaston perusteella voidaan S-rullastoille suunnitella hionnat ja vaihdot. Kun kuluneisuuden tarkastukset tehdään kaksi kertaa vuodessa, ei normaalin kuluneisuuden vuoksi tule suunnittelemtomia S- rullan vaihtoja. Lisäksi HMI:lle tulevat hälytykset ovat seurannassa ja siitä saatavan trendin perusteella tehtävät toimenpiteet vähentävät suunnittelemtomia seisokkeja. HMI:lle tuleviin hälytyksiin tehtiin muutos niin, ettei nollanopeus hälytyksiä enää tule, vaan jokainen luistohälytys on todellinen. S-rullan halkaisija tieto saadaan mittaamalla rullan ympärysmitta. Mittaus suoritetaan S-rullan moottori- ja operointipuolelta.

11. S- JA OHJAUSRULLAN PINNOITEVAIHTOEHDOT

Nykyisellään S- rullastojen 11 – 14 ja ohjausrullien 19 – 21 pinnoitteena käytetään nitrilikumia (NBR). Nykyiset S-rullat ja ohjausrullat voitaisiin korvata kuitupinnoiterullalla tai tandem- alueella käytetyllä HNBR rullalla. Kappaleissa 4.1. - 4.2. on kuvattu eri kumilaatujen ominaisuuksia. S-rullan telan pinnoittaminen ns. rätillä (kuiturulla) on myös mahdollista. Rulla pitää koneistaa ulkomittaan 1470 mm, jolloin pohjalle jää 5 mm:n kerros vanhaa pinnoitetta, johon ajetaan poikittaissuuntaiset urat. Tällä saadaan parempi rätin pysyminen rullassa. Rullan ulkohalkaisija olisi 1510 mm, jolloin rulla voitaisiin koneistaa yhden kerran. Pinnoitus on mahdollista tehdä rätillä, jonka lämpökestävyys on 100 °C tai lämpökestävällä rätillä, jonka kesto olisi jatkuvalla käytöllä 180 °C tai hetkellisesti 200 °C. //

RAP5:llä on ollut käytössä kuiturullapari ohjausrulla 15:sta ja sen tulokset ovat olleet hyviä. Luistoja ja luistosta johtuvia laatuvirheitä (naarmu) ei ole syntynyt. Ohjausrulla 15 kuiturullan kesto (kuluneisuus) on aikaisempiin vuosiin nähden ollut noin kaksinkertainen kuin NBR pinnoitetun rullan. Kuiturullan pinnoituskustannus on noin viisinkertainen verrattuna NBR-rullan pinnoituskustannuksiin. Kuiturullan etuna on sen parempi kitkaominaisuus, jolloin luistamisesta aiheutuvia laatu- ja veto-ongelmia ei ole samassa suhteessa. Hydrattu nitrilikumirulla (HNBR) on kuiturullan tavoin kallis, noin neljä kertaa kalliimpi kuin NBR pinnoitteella oleva rulla. Teorian ja käytännön kokemuksen perusteella HNBR-rullan kitkaominaisuudet eivät poikkea merkittävästi NBR- rullasta.

Pinnoituskustannusten perusteella S-rullastoilla 11 – 14 ei ole kannattavaa vaihtaa NBR-rullan tilalle HNBR- tai kuiturullaa niiden kalliin pinnoituksen vuoksi sekä varastossa olevien rullien määrää jouduttaisiin nostamaan, koska nykyisin NBR-rullan rungolle ei voida suoraan tehdä kuiturullaa. Ohjausrullille 19 – 21 ei ole myöskään järkevää lähteä vaihtamaan rullan pinnoitetta, koska luistoja ja luistosta johtuvia laatuvirheitä ei ole syntynyt.

12. S-RULLASTO 14 KUSTANNUSLASKELMA

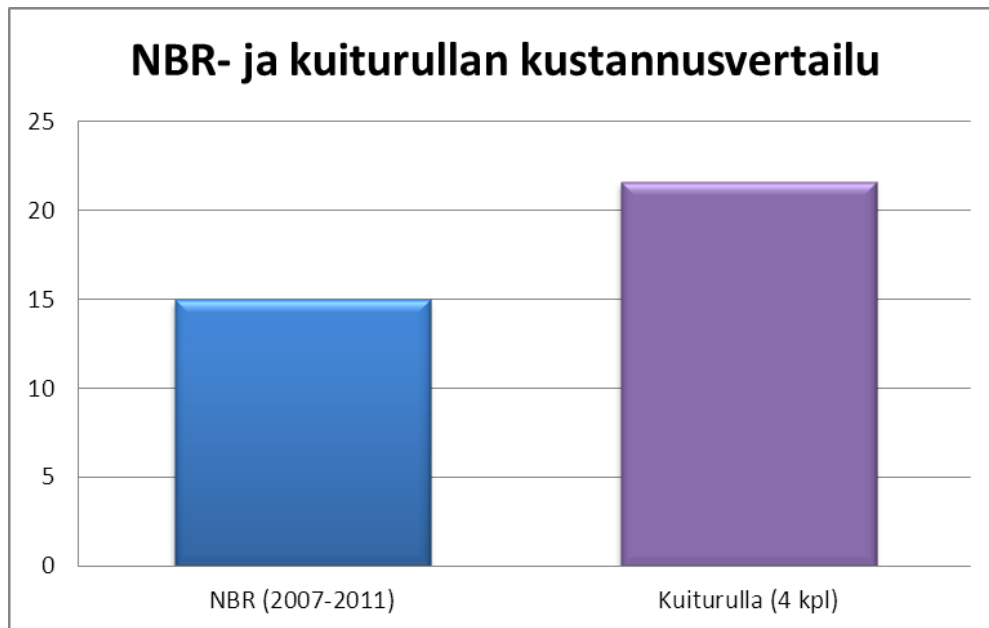
S-rullasto 14 kustannuslaskelmassa on laskettu S-rullaston vaihto- ja hiontakustannukset vuosina 2007 – 2011 sekä NBR rullan ja kuiturullan pinnoituskustannukset. Vaihtokustannukset sisältävät kahden asentajan rullanvaihtotyön tunnit, rullan valmisteluun käytetyn ajan sekä S-rullan pinnoituskustannuksen. Hiontakustannukset sisältävät kolmen asentajan hiontatyön sekä kahden telineasentajan kasaus- ja purkutunnit. Kuvassa 24 on esitetty vaihto- ja hiontakustannukset vuosina 2007 – 2011.



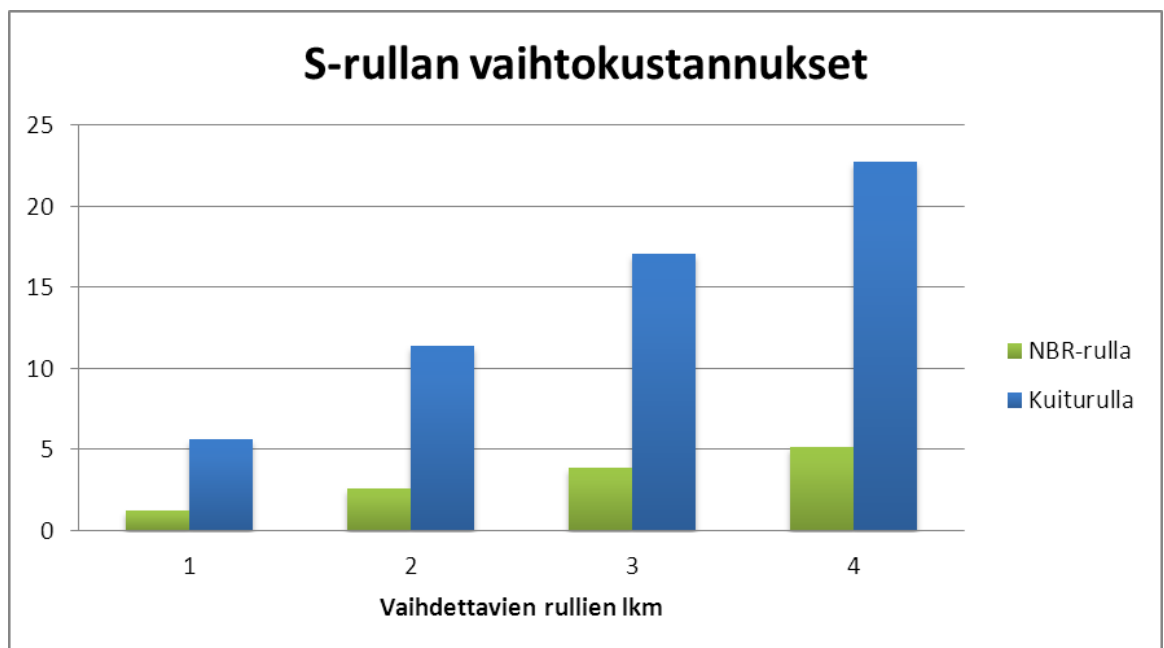
Kuva 24. Vaihto- ja hiontakustannukset 2007 – 2011

Kuvassa 25 on esitetty vuosien 2007 – 2011 S-rullasto 14:sta NBR- pinnoitetun rullan vaihto- ja hintakustannukset sekä neljän uuden kuiturullan pinnoituskustannukset. Kuiturullan pinnoituskustannuksissa ei ole huomioitu rullan vaihtokustannuksia. Kuiturullan pinnoituskustannus on 5,398 yksikköä eli se on yhtä rullaa kohden 4,360 yksikköä kalliimpi kuin NBR-rullan pinnoituskustannus. S- rullasto 14:sta neljän rullan muuttaminen kuiturullaksi maksaa 21,590 yksikköä ja vaihto- ja hintakustannukset ovat

vuositasolla korkeintaan 4,567 yksikköä. Takaisinmaksuaika on siis vähintään viisi vuotta. Tämä edellyttää, että kuiturulla kestää kulumatta ja rikkoutumatta kyseisen ajan. Kuvassa 26 on vertailtu rullakohtaisesti NBR- ja kuiturullan kunnossapitokustannuksia. Kustannukset sisältävät S-rullan pinnoituksen sekä valmistelun ja vaihdon.

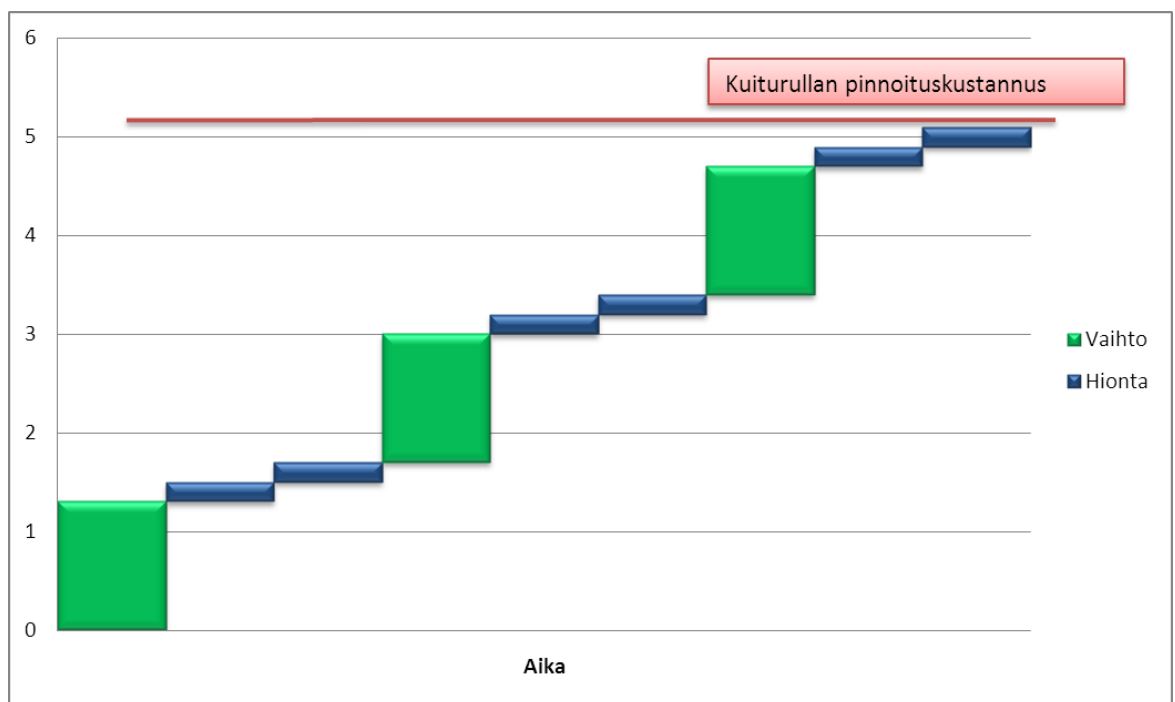


Kuva 25. NBR ja kuiturullan kustannusvertailu



Kuva 26. S-rullan vaihdon kustannusvertailu rullakohtaisesti

S-rullasto 14:llä NBR-rullan vaihtaminen kuiturullaksi ei kustannus mielessä ole kannattavaa, koska yhtä rullaa kohden pelkän pinnoituksen kustannus on 4,360 yksikköä kalliimpi. Lisäksi S-rullasto 14:llä kaikkien neljän NBR-rullan vaihtaminen kunnossapitokustannuksineen on halvempi kuin yhden kuiturullan pinnoituskustannus. Kuvassa 27 on vertailtu kuiturullan pinnoituskustannusta NBR-rullan hionta- ja vaihtokustannuksiin käyttöiän suhteen. NBR-rullaa voidaan hioa kuusi kertaa ja vaihtaa kolme kertaa eivätkä kustannukset nouse kuiturullan pinnoituskustannusten yläpuolelle. Kuiturullan etuna on sen parempi kitkaominaisuus mutta nykyisellään ei S-rullasto 14:llä nauhan luistamisia ole tapahtunut, joten senkään puolesta ei ole kannattavaa vaihtaa NBR-rullia kuiturulliksi. Tuloksena voidaan todeta, että S-rullasto 14:llä on edelleen kannattavaa käyttää NBR-pinnoitettuja rullia. Lisäksi malliennakkotyön mukaisella suunnitelmalla ja luistojen seurannalla NBR-rullan käytöllä saavutetaan suurimmat kustannushyödyt mukaan lukien tuotannonmenetykuskustannukset.

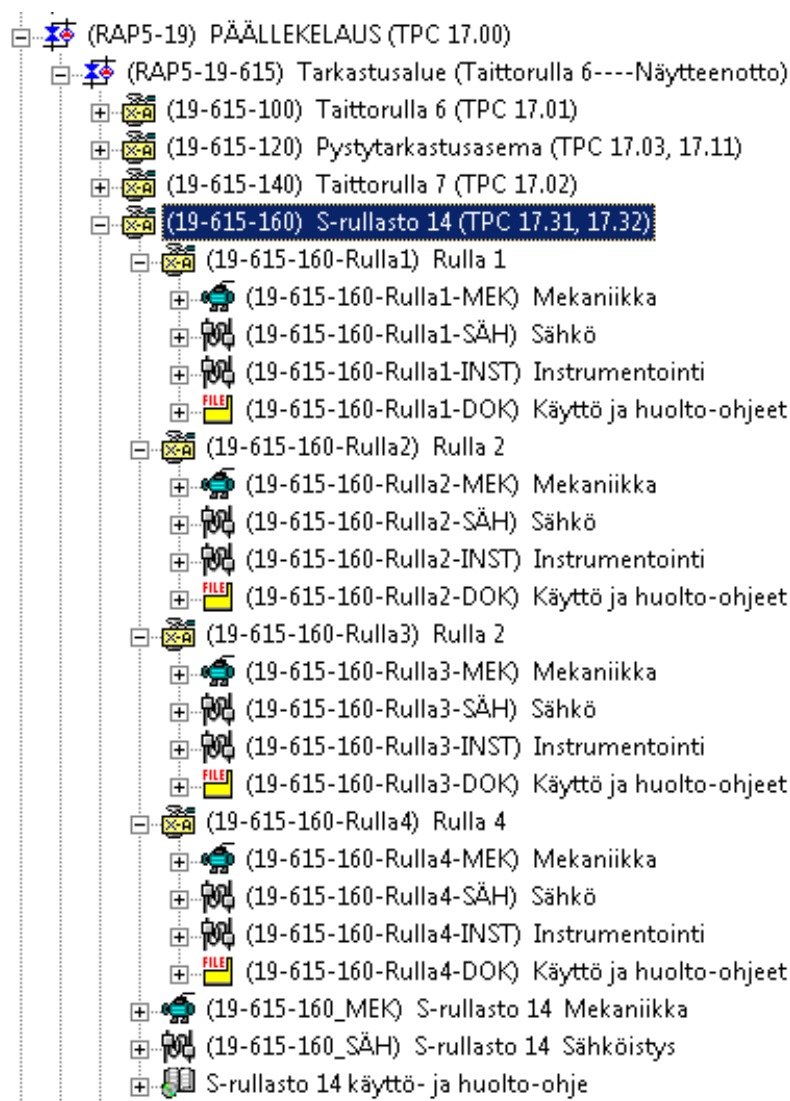


Kuva 27. S-rullan vaihtotyön kunnossapitokustannukset

S-rullasto 14:sta luistoja tyypillisesti esiintyy vain ohuilla nauhoilla (alle 2 mm) ja korkeilla ajonopeuksilla. S-rullasto 14:sta luistojen vähentäminen olisi mahdollista nostamalla päällekelausvetoa ohuilla nauhoilla. Tästä olisi muitakin etuja tiukemman kelauksen muodossa, eikä voimansiirron, moottorin ja käytön osalta mitoitus tule ongelmaksi pienillä poikkipinnoilla.

13. TEHDYT MUUTOKSET JÄRJESTELMIIN

RAP5-linjan kaikille S-rullastoille tehtiin muutos KUTIin, jossa jokaisen S-rullaston yksittäinen rulla positioiditiin omaksi laitepaikaksi. Tällä muutoksella on tarkoitus parantaa historiatietojen keruuta, jotta jokaisesta rullan hionnasta ja vaihdosta jää merkintä oikeaan laitepaikkaan. Kuvassa 28 on esitetty KUTille tehty muutos S-rullasto 14:sta osalta.



Kuva 28. KUTI:lle tehty S-rulla muutos

S-rullastoille 11 - 12 tehtiin 23.11.2011 rullanhalkaisijan mittaus, jolla haluttiin varmistaa, etteivät kyseisillä rullastolla tapahtuvat luistot johdu väärästä rullanhalkaisijan tiedosta. S-rullasto 11:sta rullien 3 ja 4 halkaisijatietoa muutettiin vastaamaan oikeaa Level-2 automaatiojärjestelmään. Kuvassa 29 on esitetty S-rullastoille 11 - 12 tehdyt rullanhalkaisijan mittaustulokset. Luistoja seurattaessa havaittiin, että osa luistoista tapahtui linjan ollessa pysähdyksissä, toisinaan hälytykset olivat nollanopeus hälytyksiä. HMI:lle tuleviin hälytyksiin tehtiin muutos niin, ettei nollanopeus hälytyksiä enää tule, vaan jokainen luistohälytys on todellinen.

Mittauspäivä 23.11.2011

S- rullasto 11	A-linja	B-linja	
Rulla 1	1498.0	1499.6	Halkaisijat mm
Rulla 2	1498.6	1499.2	Halkaisijat mm
Rulla 3	1498.3	1498.9	Halkaisijat mm
Rulla 4	1496.1	1497.6	Halkaisijat mm

S- rullasto 12	A-linja	B-linja	
Rulla 1	1500.8	1500.2	Halkaisijat mm
Rulla 2	1500.2	1500.2	Halkaisijat mm
Rulla 3	1499.6	1499.9	Halkaisijat mm
Rulla 4	1500.5	1501.1	Halkaisijat mm

Kuva 29. S-rullastojen 11 – 12 rullien halkaisijat

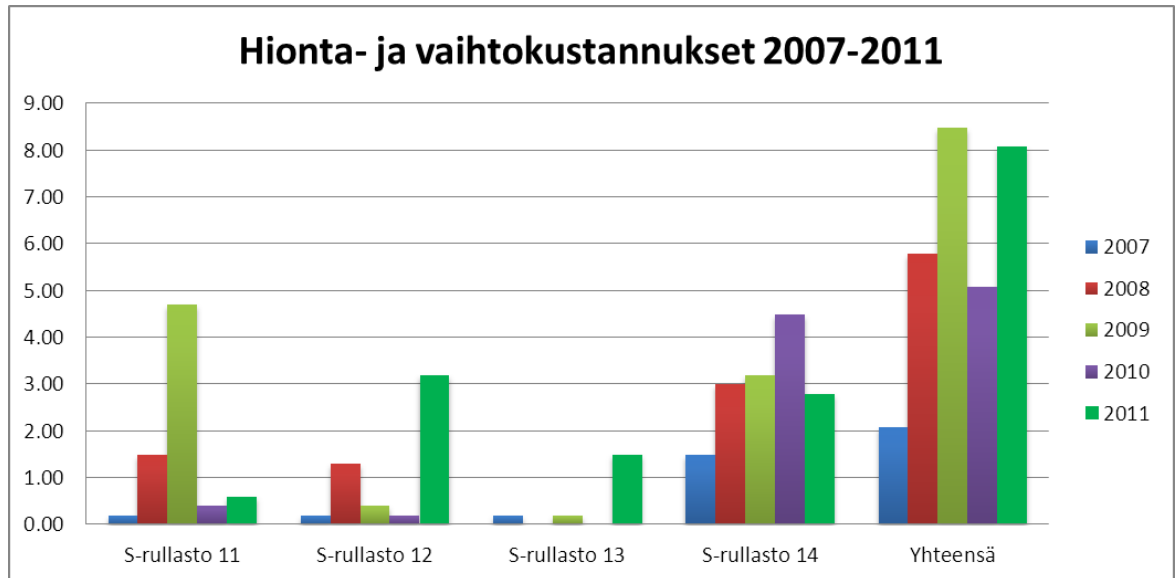
14. YHTEENVETO

Kunnossapidon kustannusten optimointi on jatkuvaa kehitystyötä, jotta kustannuksia pystyttäisiin minimoimaan. Nykyinen kilpailutilanne maailmalla edellyttää tuotantolaitoksilla laitteiden korkeaa käyntiastetta mikä vaatii laitteiden moitteetonta toimintaa. Kunnossapidon tehostaminen antaa siihen nopeat ja parhaat edellytykset. Odottamattomien tuotantopysähdysten vähentäminen on suuri haaste ja näin ollen kunnossapidolle tärkein asia.

Tässä työssä kartoitettiin RAP5-linjan loppuosan S-rullastojen 11 – 14 ja ohjausrullastojen 19 – 21 hionta- ja vaihtotöiden määriä sekä kustannuksia. Hionta- ja vaihtotöiden historiatietojen perusteella tehtiin suunnitelmat S-rullastojen optimaalisista hionta- ja vaihtoväleistä sekä ennakkohuoltosuunnitelmat S- ja ohjausrullastojen kunnonseuraamiseksi. Lisäksi tutkittiin kannattavuutta vaihtaa S-rullasto 14:sta nykyiset NBR- pinnoitetut rullat kuiturulliksi. Laskelmassa vertailtiin nykyisiä S-rulla 14:sta hiontoja ja vaihtoja sekä niistä aiheutuneita kustannuksia, verrattuna kuiturullan pinnoituksen hintaan oletuksena, että kuiturulla kestää ilman hiontaa ja vaihtoa.

Työtä tehdessä kävi ilmi, että S-rullastojen kunnossapidossa on edelleen kehitettävää. S-rullastoille tehtyjen töiden historiamerkintöjä tulisi parantaa ja kohdentaa ne S-rullakohtaisesti. Myös työn tuloksena saatujen laskelmien perusteella S-rullastojen 11- 14 NBR- kumioinnin vaihtamista kuiturullaksi ei ole järkevää kuiturullan kalliin pinnoituksen vuoksi. Tulosten pohjalta S-rullien varastointiin voidaan jatkossa kiinnittää enemmän huomiota, jottei ikään ja olosuhteisiin perustuen ylimääräisiä rullan hiontoja ja vaihtoja syntyisi. Nämä vähentää rulla-, kunnossapito- ja tuotantokustannuksia sekä kunnossapidon ja käynnissäpidon henkilöiden työmäärää. Kiinteiden tasojen rakentamista eri S-rullastoille kannattaa jatkossa selvittää, jotta telineiden rakentamiseen ja purkamiseen käytettyä aikaa saataisiin vähennettyä ja sitä kautta tuotannonmenetyskustannuksia vähennettyä. Lisäksi telineiden asennuksesta ja purusta syntyviä kustannuksia pystyttäisiin alentamaan. S-rullastojen luistoista aiheutuvien laatuvirheiden ja tuotannonmenetyskustannusten pohjalta voidaan laskea, milloin rullasta aiheutuvat kustannukset nousevat suuremmaksi kuin

kunnossapitokustannukset. Kuvassa 30 on esitetty vuosina 2007 – 2011 syntyneet kustannukset S-rullastojen 11 - 14 hionnoista ja vaihdoista.



Kuva 30. S-rullastojen 11-14 hionta- ja vaihtokustannukset vuosina 2007-2011

Työtä tehdessä selvisi, ettei S-rullastoilla ollut selkeitä suunnitelmia ja raja-arvoja, millä perusteella tai milloin S-rullastot tulisi hioa tai vaihtaa. Hionta- ja vaihtotietojen perusteella ennakkohuoltoa voidaan nyt tehdä suunnitelmallisesti. Tämä vähentää yhdellä kertaa vaihdettavien rullien määrää ja näin ollen tuotannonmenetyskustannuksia saadaan vähennettyä. Kutiin tehtyjen muutosten avulla voidaan hionnat ja vaihdot kohdentaa rullakohtaisesti. Tämän avulla on historiatietojen seuraaminen helpompaa. Myös HMI:lle tehdyt muutokset antavat oikeaa tietoa rullien luistoista ja näin ollen turhat hionnat ja vaihdot vähenevät.

Opinnäytetyön aikana ei ollut mahdollisuutta testata erityyppisiä S-rullia linjan loppuosan S-rullastoille. Näitä testauksia olisi jatkossa hyvä kokeilla esimerkiksi S-rullasto 10:lle, jossa on ainoastaan kaksi S-rullaa. Myöskään S-rulla 10 luiston vaikutusta S-rullasto 11 luistoihin sekä päällekelausvetojen vaikutusta S-rullasto 14:sta luistoihin ei ole selvitetty.

S-rullien hionta- ja vaihtohistoria antaa kuvan menneistä tapahtumista. Tulevaisuus ei aina ole läheskään samanlainen kun mennyt aika. Vaatii paljon ammattitaitoa osata ennustaa, milloin ja mitä S- ja ohjausrullia tulisi hioa tai vaihtaa. Turhat hionnat ja vaihdot lisäävät kustannuksia mutta toisaalta tekemätön hionta- tai vaihtotyö lisää kustannuksia enemmän, lähinnä tuotannonmenetyksenä sekä laatukustannuksena. Myös linjan materiaalitalanteella on vaikutusta syntyviin tuotannonmenetykseen. Vähäisen materiaalitalanteen aikana tehdyt hionnat ja vaihdot alentavat laatu- ja tuotannonmenetyksekustannuksia.

15. LÄHDELUETTELO

/1/ Coldweb, [WWW-dokumentti],

<<http://coldweb.cold.tornio.cssdom.com/rap/index.html>>, 10.11.2011

/2/ Fyhr, Einari, RAP5 kunnossapitoinsinöörin haastattelu, Outokumpu Stainless Oy, Tornio, 1.2.2012

/3/ Isotalus, Risto, Hehkutus-peittauslinjalla käytettävien kumioitujen rullien kuluminen, Diplomityö, 2001

/4/ jvm-industries.de, [WWW-dokumentti], <http://www.jvm-industries.de/en/prg_steering_rolls.html> 1.3.2012

/5/ Järviö, Jorma, Kunnossapidon julkaisusarja, N:o 10, 4. Painos, KP- Media Oy 2007.

/6/ Kunnossapito – menestystekijä, [WWW-dokumentti],

<<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito>>, 1.2.2012

/7/ Lauri, Mikko, Outokumpu Stainless Oy, Rättirullapalaverimuistio, 12.12.2005

/8/ Outokumpu intranet,

[http://myoutokumpu.com/pages/Page_____26277.aspx(15.9.2011)]

/9/ Outokumpu, Kunnossapidon tietojärjestelmä, 11.11.2011

/10/ Outokumpu RAP5 koulutusmateriaali, RAP5 S-rullaston vetoerolaskenta, 27.12.2011

/11/ Outokumpu RAP5 tiedosto, RAP5 prosessikaavio, 11.11.2011

/12/ PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät, 2. Painos, PSK Standardisointi, 2003

/13/ RAP5 Esittely, PowerPoint-esitelmä, Outokumpu intranet, 7.7.2011

/14/ Rockwellautomation.com [WWW-dokumentti],
<<http://www.rockwellautomation.com/solutions/global/drivessystems/industries/get/diametersizing.pdf>>, 1.3.2012

/15/ Webdoha, [WWW-dokumentti], <<http://webdoha:81/Ui/>>, 11.11.2011

16. LIITELUETTELO

- LIITE 1 RAP5- linjan vetokaavio
- LIITE 2 S- rullastot 11, 12, 13 ja 14
- LIITE 3 Mittaustaulukko S- rullien tarkastukselle
- LIITE 4 Mittaustaulukko ohjausrullien tarkastukselle
- LIITE 5 S-rullan kumioinnin vauriotyypit

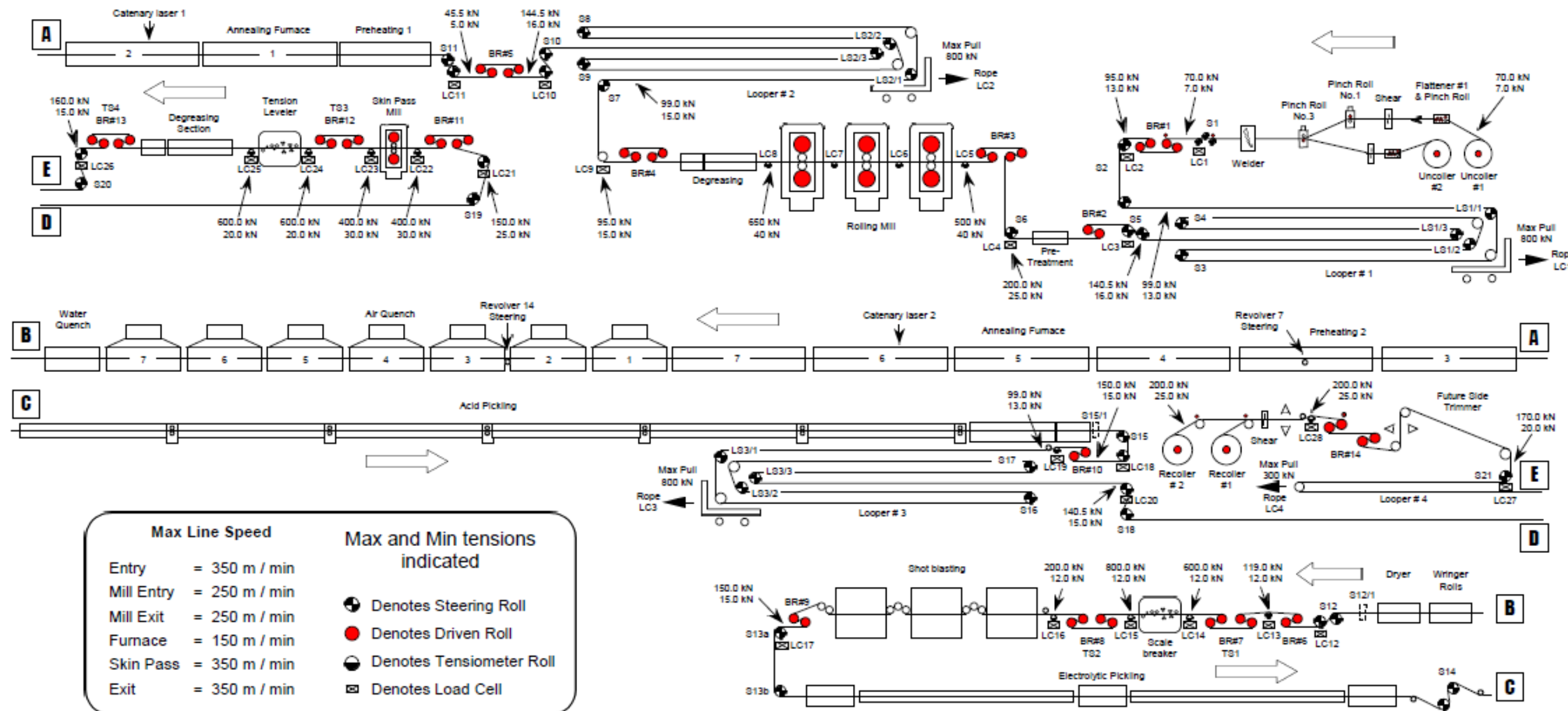
RAP5- linjan vetokaavio



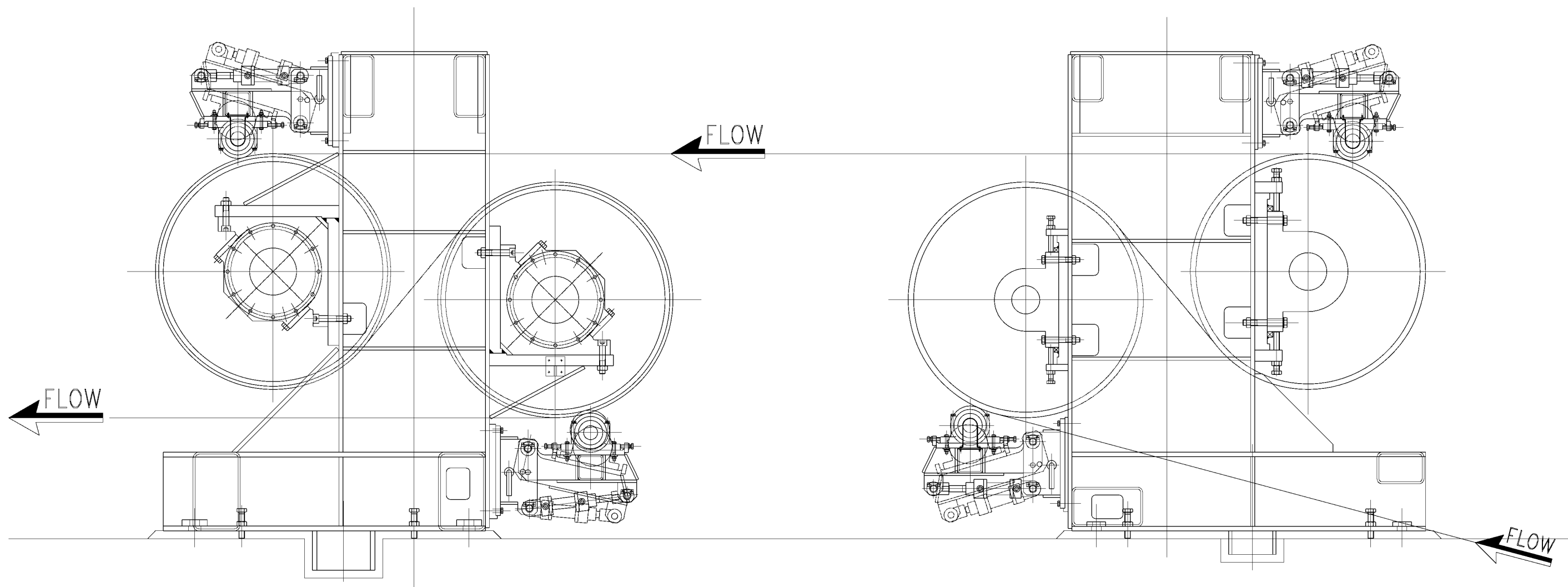
Strip Thickness: 1.0 - 6.0 mm
Strip Width: 900 - 1650 mm

Incoming Material: HR, CR AISI 300-400
Hot Rolled Yield Strength 400-850 N/mm²
Cold Rolled Yield Strength 600-850 N/mm²

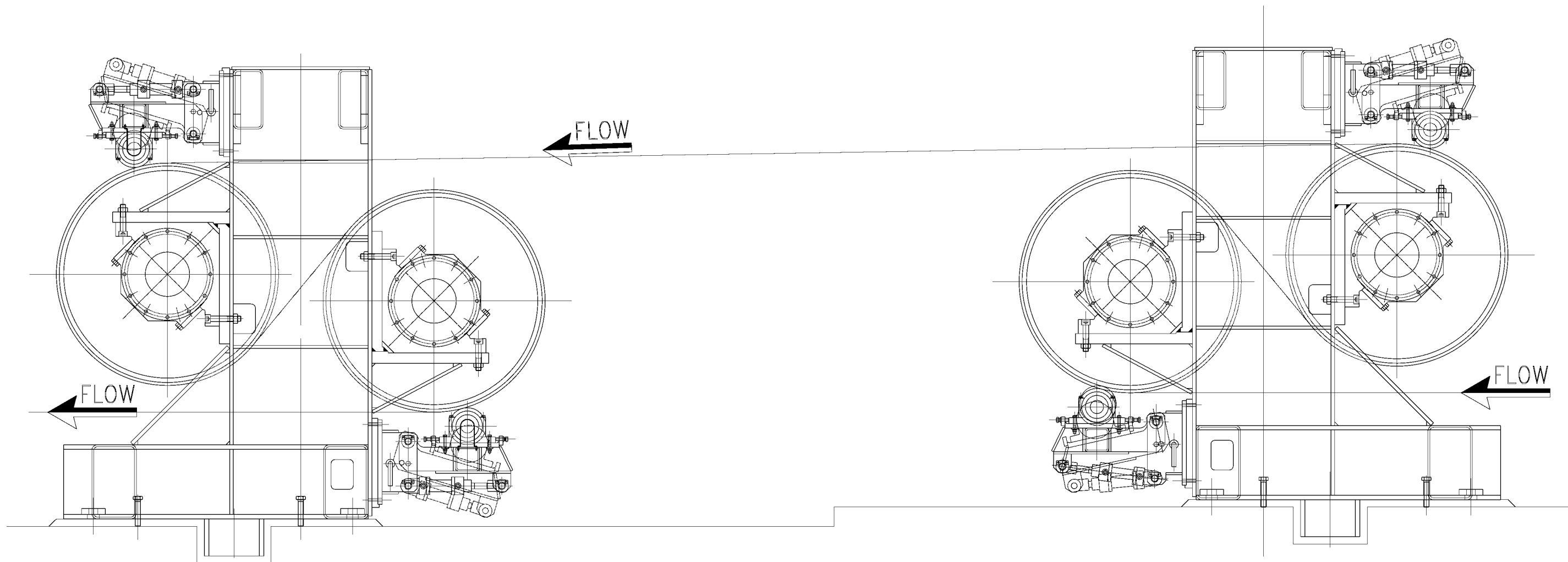
Outgoing Material:
Hot Rolled Yield Strength <400 N/mm²
Cold Rolled Yield Strength <290 N/mm²



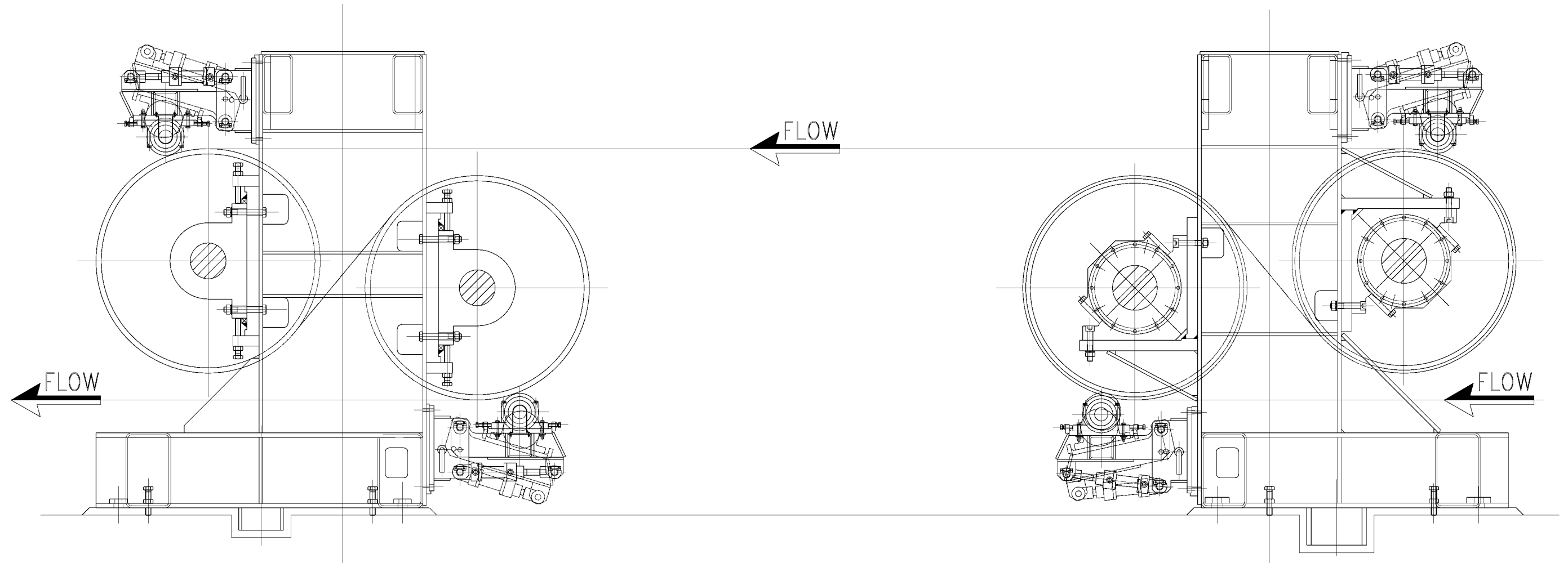
S- rullasto 11



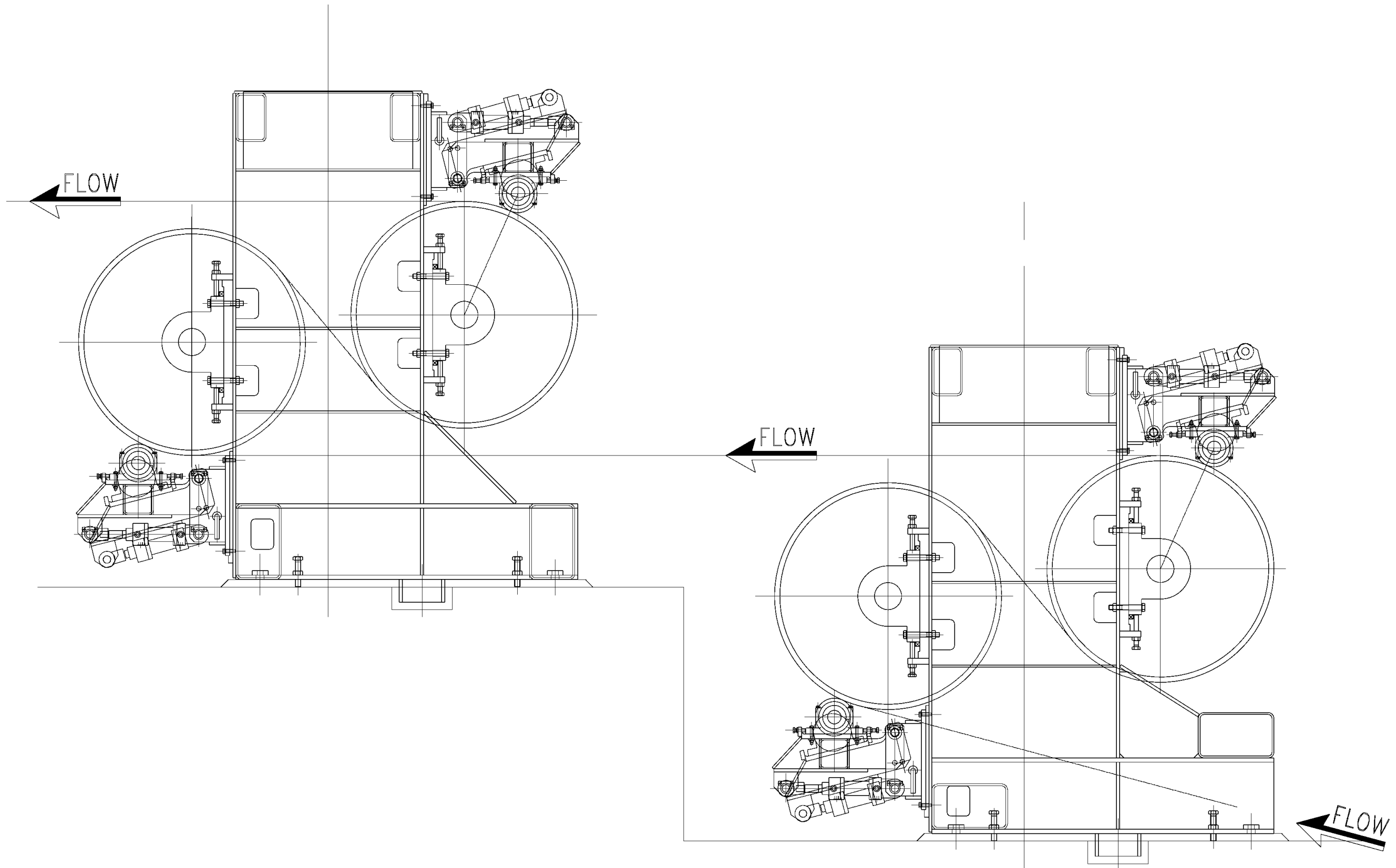
S- rullasto 12



S- rullasto 13



S- rullasto 14



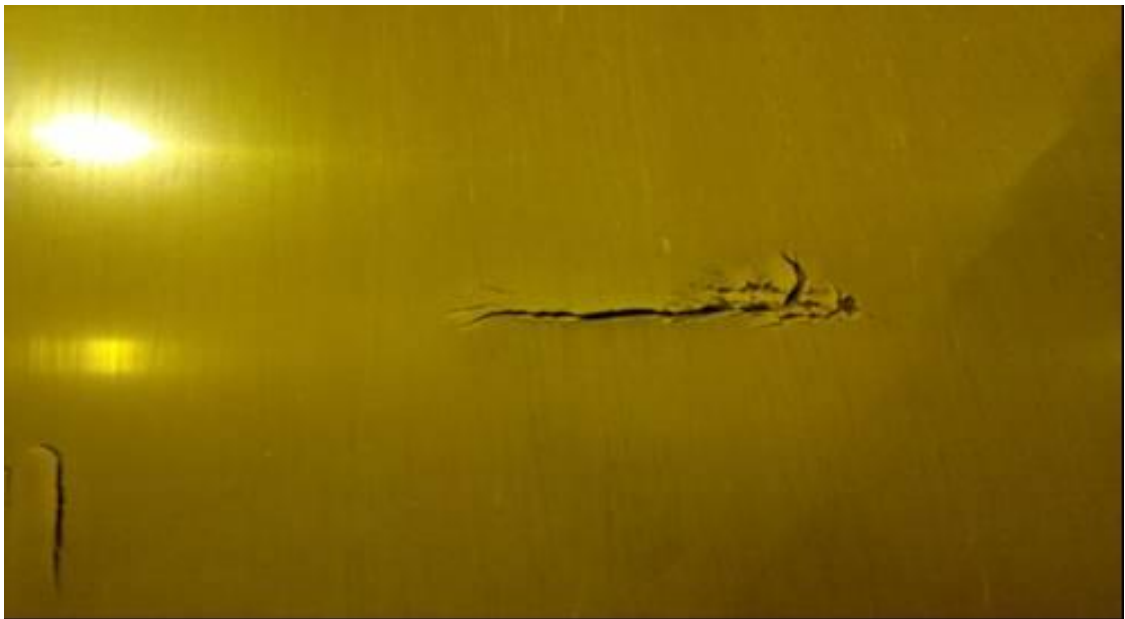
Mittaustaulukko S- rullien tarkastukselle

S-RULLAT	RULLA	MITTAUS 5/2011			HUOMIOITAVAA!
		pvm. 12.5.2011			
S--rullasto 1	1	0.3	-	0.4	viiltoja, kulunut
	2	0.3	0.2	0.2	viiltoja, kulunut
	3	0.2	0.2	0.25	pinta kulunut, rautaa pinnassa
	4	0.3	0.25	0.25	viiltoja pinnassa
S--rullasto 2	1	0.2	0.2	0.2	
	2	0.3	-	0.2	viilto
S--rullasto 3	1	0.3	-	0.3	
	2	0.3	0.1	0.3	
	3	0.2	0.2	0.2	kiiltää
	4	0.4	0.2	0.3	viiltoja
S--rullasto 4	1	0.1	0.1	0.1	
	2	0.15	0.15	0.15	kiiltää, rautaa pinnassa, viiltoja
	3	0.55	0.25	0.5	kiiltää, viiltoja
	4	0.2	0.1	0.25	
S--rullasto 5	1	0.15	0.1	0.15	
	2	0.15	0.05	0.15	
	3	0.2	0.1	0.3	
	4	0.1	0.15	0.3	
S--rullasto 6	1	0.1	0.05	0.05	
	2	0.2	0.1	0.15	
S--rullasto 7	1	0	0.05	0	
	2	0.2	0.2	0.1	kiiltää
	3	0.2	0.25	0.2	
	4	-	-	-	Tosi huono 2-4mm / vaihdetaan
S--rullasto 8	1	0.25	0.15	0.2	
	2	0.2	0.1	0.25	
	3	0.25	0.15	0.15	
	4	0.2	0.2	0.25	
S--rullasto 9	1	-	-	-	Uusi rulla
	2	-	-	-	Hiottu
S--rullasto 10	1				Silmämääräisesti ok
	2				Silmämääräisesti ok
S--rullasto 11	1	0.35	0.25	0.35	pinnassa uria, hiotaan
	2	0.2	0.2	0.2	pinta laikukas, hiotaan
	3	0.15	0.15	0.15	hiotaan
	4	0.5	0.15	0.5	hiotaan
S--rullasto 12	1	0.15	0.15	0.15	
	2	0.1	0.1	0.1	kuluneen näköinen, hiotaan
	3	0.2	0.2	0.2	kuluneen näköinen, pieniä rauta pisteitä, hiotaan
	4	0.4	0.2	0.4	hiotaan
S--rullasto 13	1	0.2	0.2	0.2	hiotaan
	2	0.7	0.7	0.7	pieniä halkeinta, kiiltää, UUELLEEN MITTAUS, ei voitu uudelleen mitata.
	3	0.5	0.3	0.5	viiltoja, kiiltää
	4	0.3	0.2	0.65	viilto pinnassa, kiiltää
S--rullasto 14	1				Vaihdetaan ei mitausta
	2				Vaihdetaan ei mitausta
	3				silmämääräisesti ok
	4				silmämääräisesti ok

Mittaustaulukko ohjausrullien tarkastukselle

OHJAUSRULLAT		MITTAUS 1/2007 pvm. 2.2.2011			HUOMIOITAVAA!
	RULLA				
Ohjausrullasto 1	1	-	-	-	Reunapainauksia, viiltoja
	2	-	-	-	Ylärulla huonokuntoinen silmämääräisesti. Viiltoja, metalli paloja pinnassa
	3	-	-	-	Pieniä viiltoja. Hyvä kuntoinen
Ohjausrullasto 2	1	0.2	0.2	0.2	viiltoja
	2	-	-	-	silmämääräisesti Ok
Ohjausrullasto 3	1	0.25	0.25	0.25	viiltoja
Ohjausrullasto 4	1	0.3	0.2	0.2	nirhaumia, vähän rautaa
Ohjausrullasto 5	1	0.95	0.9	1.35	kiiltää, UDELLEEN MITTAUS
		1.3	-	1.9	
	2	0.75	0.35	0.4	kiiltää, UDELLEEN MITTAUS
Ohjausrullasto 6	1	1	-	0.4	
		0.25	-	0.25	Viiltoja ja metalli muruja. Hyvä kuntoinen
Ohjausrullasto 7	1	-	-	-	Hyvä kuntoinen
Ohjausrullasto 8	1	0.4	0.05	0.4	kiiltää
Ohjausrullasto 9	1	0.25	0	0.15	kiiltää
Ohjausrullasto 10	1	0.2	0	0.2	
	2	-	-	-	Ei pääse mittaamaan. Vaatii telineet
Ohjausrullasto 11	1	0.25	0.1	0.2	
	2	0.15	0	0.15	
Ohjausrullasto 12	1	0.4	0.3	0.4	
	2	1	0	0.3	tosin huono pinta
Ohjausrullasto 13	1	-	-	-	Vaihdettu, uusi rulla
	2	1	0.7	1.2	Pitkittäis halkeamia. Yläkerrasta tippuu rasvaa rullalle.
Ohjausrullasto 14	1				ei mittausta
	2				ei mittausta
Ohjausrullasto 15	1	-	-	-	Silmämääräisesti hyvä
	2	0.25	-	-	Pinta ok
Ohjausrullasto 16	1	-	-	-	metallin muruja pinnassa. Muuten ok
Ohjausrullasto 17	1	-	-	-	Pinta ok
Ohjausrullasto 18	1	0.45	0.2	0.45	Pinta ok
	2	-	-	-	Metallia pinnassa. Muuten ok
Ohjausrullasto 19	1				vaihdetaan ei mittausta
	2				vaihdetaan ei mittausta
Ohjausrullasto 20	1				Silmämääräisesti ok. Ei voi mitata
	2	-	-	-	Pinta ok
Ohjausrullasto 21	1	0.15	-	0.15	Pinta ok

S-rullan kumioinnin vauriotyypit

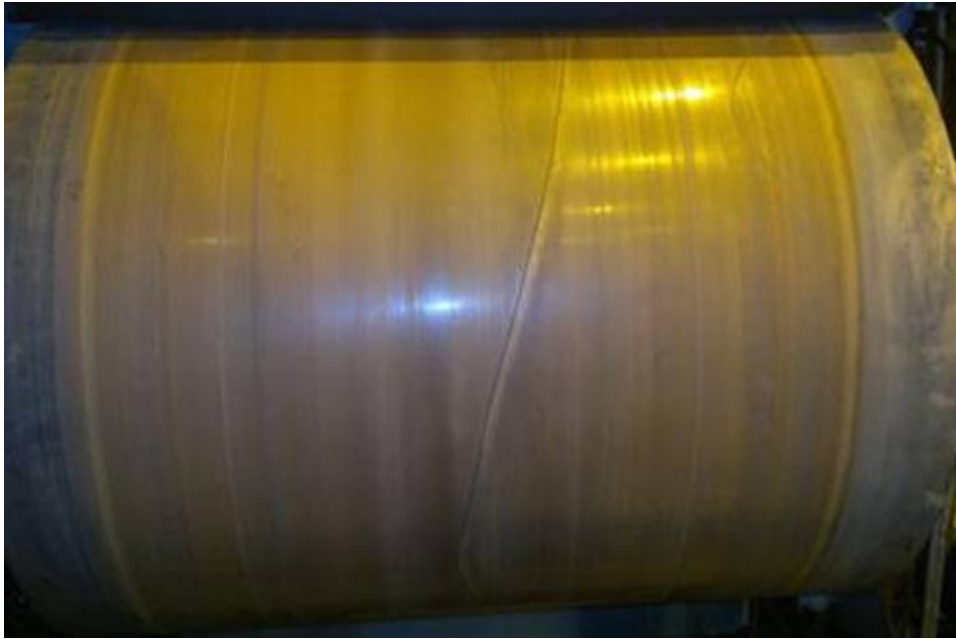


Kuva 31. Halkeamia rullan pinnalla.



Kuva 32. Rullassa 20 mm syvä halkeama.

S-rullan kumioinnin vauriotyypit



Kuva 33. Halkeama rullan pinnassa.



Kuva 34. Painuma rullan pinnassa.