

Tiivistevesijärjestelmän kartoitus

Powerflute Oyj, Savon Sellu

Ville Kauhanen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Kauhanen	
Työn nimi Tiivistevesijärjestelmän kartoitus	
Päiväys	25.2.2012
Sivumäärä/Liitteet	38/48
Ohjaaja(t) lehtori Pertti Kupiainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Powerflute Oyj, Savon Sellu, Technical Manager Riiko Ahonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli tutkia Savon Sellu Oy:n kartonkitehtaalla käytettävien mekaanisten liukurengastiivisteiden tiivistevesijärjestelmää. Tavoitteena oli selvittää kirjalliseen muotoon käytössä oleva tiivistevesijärjestelmä, epäpuhtaan tiivisteveden käytöstä aiheutuvat ylimääräiset kustannukset ja vaihtoehtoja uudeksi tiivisteveden suodatustavaksi. Lisäksi asiakas halusi kaaviokuvan kartonkitehtaalla kulkevasta raakavesiputkilinjasta.</p> <p>Työssä kartoitettiin kartonkitehtaalla sellaiset käytössä olevat liukurengastiivisteet, joissa tiivistevedenä käytettiin ulkoisesta lähteestä johdettua vettä. Kartoituksessa kirjattiin käytetty tiivisteveden määrä sekä olennaiset asiat tiivistevesijärjestelmästä. Näitä tietoja hyödyntämällä koostettiin työssä vaadittavat tiivistevesijärjestelmän dokumentit. Raakavesiputkilinjan kartoitus tehtiin työn loppuvaiheessa seuraamalla linjaa tehtaalla ja kirjaamalla samaan aikaan linjassa olevat toimilaitteet ja haaroitukset.</p> <p>Työn tuloksena määritettiin epäpuhtaan tiivisteveden käytöstä aiheutuvat kustannusarviot sekä tehtiin laskelmat uuden suodatustavan käyttöönottoon liittyvistä kustannuksista. Raakavesiputkilinjasta piirrettiin kaaviokuva, jonka mukaan asiakas pystyi päivittämään vanhentuneen raakaveden PI-kaavionsa.</p>	
Avainsanat tiivistevesi, mekaaninen liukurengastiiviste	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Ville Kauhanen			
Title of Thesis Examination of Sealing Water System			
Date	April 25, 2012	Pages/Appendices	38/48
Supervisor(s) Mr. Pertti Kupiainen, M.Sc., Lecturer			
Client Organisation/Partners Powerflute Oyj, Savon Sellu, Technical Manager Riiko Ahonen			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this project was to examine the sealing water system used for cooling and lubricating mechanical seals at the factory Savon Sellu. The aim was to compile written documents about the sealing water system being used, extra costs caused by the use of unclean sealing water and options for a new method to clean the sealing water. In addition to that, the client wanted a diagram from the raw water pipeline which located in the factory.</p> <p>First, such mechanical seals being used at the factory were examined in which the sealing water was supplied from an external source. Then the amount of sealing water being used and relevant facts about the sealing water system were written down. With the help of this information the required documents about the sealing water system were compiled. The mapping of the raw water pipeline was done at the end of the project by following the pipeline at the board mill and at the same time writing down the existing actuators and branching in the pipeline.</p> <p>As a result of this thesis, costs caused by the use of unclean sealing water were estimated and calculations for the costs of implementing a new filtration system were made. A diagram describing the existing raw water pipeline was made and the client was able to update the outdated raw water PI- diagram according to it.</p>			
Keywords sealing water, mechanical seal			

Alkusanat

Opinnäytetyö on tehty Kuopiossa Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkitehtaalle keväällä 2012.

Haluan kiittää koko Savon Sellun henkilökuntaa aina laitospöytästä eri osa-alueiden johtajiin saakka. Lisäksi erikseen haluan vielä kiittää Technical Manager Riiko Ahosta työn ohjauksesta, kunnossapitimestari Pasi Riikosta tärkeästä työn läpisaattamisesta ja laitosmies Jari Saastamoista tehdaskierroksista. Lopuksi kiitän lehtori Pertti Kupiaista työnohjauksesta.

Kuopiossa 25.4.2012

Ville Kauhanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	SAVON SELLU OY	8
3	TYÖN TAVOITTEET JA SUORITUS.....	9
4	MEKAANINEN LIUKURENGASTIIVISTE	11
4.1	Rakenne ja toiminta	11
4.2	Tasapainotettu ja tasapainottamaton tiiviste.....	13
4.3	Kuluminen	13
4.3.1	Voitelun vaikutus kulumiseen.....	14
4.3.2	Kontaktipaineen vaikutus kulumiseen	14
4.3.3	Liukunopeuden vaikutus kulumiseen	15
4.4	Liukupintojen lämpötila.....	16
4.5	Käyttökohteet	17
5	RAAKAVESI	18
6	TIIVISTEVESI.....	19
7	TYYPILLISIÄ RAAKAVEDEN PUHDISTUSMENETELMIÄ.....	20
7.1	Veden puhdistuksen ensivaihe.....	20
7.2	Flokkaus.....	21
7.3	Raesuodatus.....	21
8	TIIVISTEVESIJÄRJESTELMÄN KARTOITTAMINEN	23
8.1	Käytettävä veden tilavuusvirta.....	24
8.2	Tiivisteveden kulku tehtaalla	26
8.3	Tiivistevedelle asetetut vaatimukset.....	28
8.4	Tiivisteveden käytön vähennys.....	28
8.5	Kustannusten muodostuminen	29
8.6	Suodatustavan valintaperusteet.....	31
9	RAAKAVESIPUTKILINJAN KARTOITUS	33
10	SUOSITUKSET	35
11	YHTEENVETO.....	37
	LÄHTEET	38

LIITTEET

Liite 1 Tiivistevesijärjestelmän kartoitus

Liite 2 Mekaaniset liukurengastiivisteet; SaSe

Liite 3 Höyryn kulutuksen laskenta

Liite 4 Uusi tiivistevesijärjestelmä; kustannusten koostumus

1 JOHDANTO

Ennakoivan kunnossapidon kehittäminen on noussut yhdeksi tärkeimmäksi kunnossapidon osa-alueeksi nykypäivän teollisuudessa. On havaittu, että sitä kehittämällä säästetään korjauskustannuksissa sekä saavutetaan valmistettavan tuotteen hyvä laatu. Ennakoivan kunnossapidon avulla voidaan hyödyntää tuotantolaitteiston kapasiteettia paremmin välttämällä laiterikoista johtuvat tuotantokatkot.

Pumppujen ja erilaisten pyörivien sovellusten tiivistyksen osalta kunnossapidon tarvetta on pystytty vähentämään huomattavasti käyttämällä mekaanisia liukurengastiivisteitä punostiivisteiden sijaan. Mekaanisessa liukurengastiivisteessä tiivistyspinnat liukuvat pyörimällä toisiaan vasten. Pumput ja pyörivät sovellukset ovat laajalti teollisuuden käytössä erilaisissa kohteissa. Tästä syystä mekaaninen liukurengastiiviste on noussut suosituimmaksi pyörivän liikkeen tiivistystavaksi.

Alasajot ja käyttökatkot johtuvat useasti akselitiivisteiden rikkoontumisesta taikka väliaikaisesta vikaantumisesta. Syy tiivisteiden hajoamiseen voi olla mekaaninen, liian ankarat käyttöolosuhteet tai tiivisteessä käytettävän tiivisteveden epäpuhtaus. Epäpuhtas tiivistevesi voi hajottaa tiivisteiden kahdella tavalla. Jäähdytysveden sisältämät epäpuhtaudet saattavat kuluttaa tiivisteiden liukupinnat käyttökelvottomiksi tai tiivistevesiputket tukkeentuvat veden sisältämän orgaanisen aineen takia ja virtaus tiivisteeseen katkeaa, jolloin se rikkoontuu.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, millaisia kustannuksia epäpuhtas tiivistevesi aiheuttaa kartonkitehtaan kunnossapidolle sekä jäteveden ja ohutliemen käsitteilylle. Lisäksi halutaan selvittää, miten olisi järkevintä ja kustannustehokkainta suodattaa vesi kartonkitehtaan tiivistekäyttöön. Lopuksi tehdään kaaviokuva kartonkitehtaan la kulkevasta raakaveden putkilinjasta.

Tämä tutkimustyö tehtiin opinnäytetyönä Savonia-ammattikorkeakoulun Kuopion yksikölle kone- ja tuotantotekniikan insinöörin koulutusohjelmaan. Työnantajana oli Kuopion Sorsasalossa sijaitseva kartonkitehdas Savon Sellu Oy, joka valmistaa aalotuskartonkia elintarviketeollisuuden käyttötarkoituksiin. Asiakkaan toiveesta julkaistavasta raportista ja liitteistä on jätetty pois aiheutuvien kulujen tunnuslukuja.

2 SAVON SELLU OY

Savon Sellu Oy on Kuopion Sorsasalossa sijaitseva kartonkitehdas, joka perustettiin vuonna 1968. Nykyisin tehtaan omistaa emoyhtiö Powerflute, jonka omistukseen tehdas siirtyi vuonna 2005 M-real:ltä.

Savon Sellu Oy:n kilpailuvalttina on laadukkaan kartongin tuottaminen kustannustehokkaasti. Valmistettua kartonkia käytetään kartonkipakkausten keskimmäisenä kerroksena poimutetussa muodossa, jonka molemmiin puoliin on liimattu tasaiset kartonkiliuskat. Keskimmäistä kerrosta kutsutaan flutingiksi.

Savon Sellu Oy on aikanaan rakennettu hyvien kulkuyhteyksien varrelle sen kyetessä hyödyntämään vieressä sijaitsevien vesistön, rauta- ja autotieyhteyksien tarjoamia etuja raaka-aineen ja valmiin tuotteen kuljetuksessa. Valtaosa tuotteesta meneekin Suomen ulkopuoliseen vientiin. Tuote tarjoaa loistavat mahdollisuudet aaltokartonkipakkausten valmistamiseen sen kosteuden- ja lämpötilavaihtelusietokyvyn ansiosta. Nämä ominaisuudet ovat tärkeitä valmistettaessa kuljetuspakkauksia elintarviketeollisuuden käyttöön. Kartongin valmistamiseen käytetään neitseellistä koivukuitua. Valmis kartonki on puhdasta, joten se täyttää elintarviketeollisuuden kuljetusmateriaalin hygieenisyydelle asettamat vaatimukset. Muita tuotteen käyttökohteita ovat elektrooniikka- ja autoteollisuudessa käytettävien komponenttien kuljetuspakkaukset.

Savon Sellulla on käytössä yksi kartonkikone, jonka viiran leveys on 6 600 mm. Koneen nopeus on noin 850 m/min ja kartongin tuotannon kapasiteetti 275 000 tn/v. Vertailun vuoksi tuotannon käynnistymisvuonna kartonkia tuotettiin tuolloin Savon Sellulla 110 000 tn.

Tehdasalueeseen kuuluu kartonkitehtaan lisäksi voimalaitos sekä vesistön äärellä sijaitsevat kuorimo ja hakkimo.

(Powerflute Oyj, Savon Sellu 2012. a.)

3 TYÖN TAVOITTEET JA SUORITUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa asiakkaalla käytössä oleva mekaanisten akselitiivisteiden jäähdytykseen ja voiteluun tarkoitettu tiivistevesijärjestelmä sekä ylimääräisen tiivisteveden käytöstä aiheutuvat kustannukset. Ylimääräistä tiivistevedettä joudutaan käyttämään, koska halutaan välttää orgaanisen aineen aiheuttama tukkeuma tiivistevesiputkistoissa pitämällä virtaus riittävän suurena. Lisäksi tehtiin alustava kustannuslaskelma uudesta tiivisteveden suodatusjärjestelmästä ja sen takaisinmaksuajasta. Mahdollisella suodatusjärjestelmän hankinnalla haluttiin alentaa tiivisteveden kulutusta. Työhön kuului myös kaaviokuvan piirtäminen kartonkitehtaalla kulkevasta raakavesiputkilinjasta.

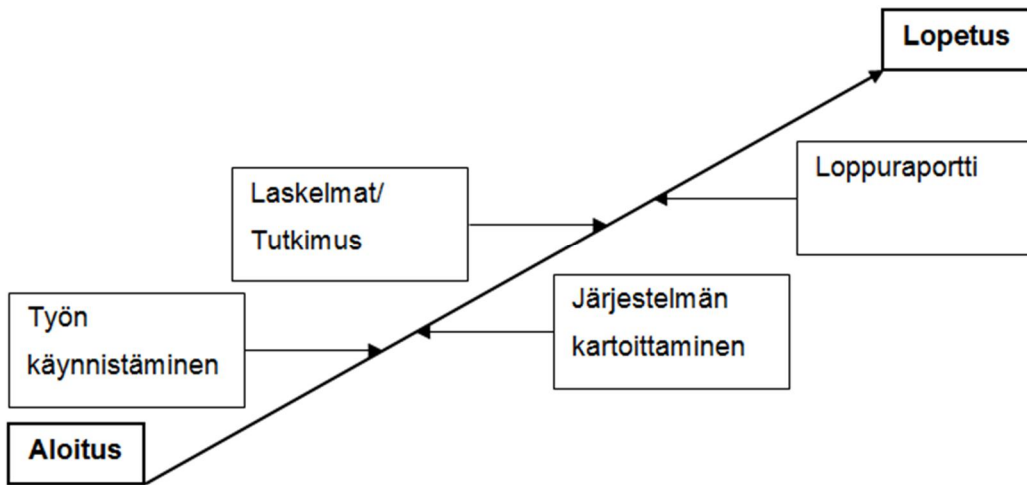
Työn hyväksyttävään suoritukseen kuului seuraavien kirjallisten dokumenttien laadinta, jotka määriteltiin erillisessä vaatimuslistassa:

- työsuunnitelma
- loppuraportti
- nykyisen tiivistevesijärjestelmän kartoitus
- kustannuslaskelma uudesta tiivistevesijärjestelmästä
- raakavesiputkilinjan kartoitus.

Kirjalliset dokumentit koostettiin siten, että liitteet 2, 3 ja 4 tukivat liitettä 1. Tähän raporttiin kaikki dokumentit lisättiin liitteiksi.

Koska tehtävä oli asiakkaan nykytilan selvitys, tiedonhankintamenetelmänä käytettiin henkilökunnan haastatteluja sekä tehdaskierroksia, joiden perusteella koostettiin tarvittavat dokumentit. Hankitun tiedon tueksi opinnäytteen tekijä syventyi tarkemmin mekaanisen akselitiivisteiden ja suodatusmenetelmien teoriaan.

Kuviossa 1 on esitetty työn kulku kaaviona, jossa käytetty aika on jaettuna jaksoihin.



KUVIO 1. Työn kulku

4 MEKAANINEN LIUKURENGASTIIVISTE

Mekaaninen tiiviste voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään. Jaottelu tehdään tiivistettävän aineen vuodon perusteella sen mukaan, onko vuoto radiaalinen tasaisten pintojen välillä vai aksiaalinen sylinterimäisten pintojen välillä. Ensin mainittua tyyppiä kutsutaan tasotiivisteeksi, jossa vuotoa kontrolloidaan aksiaalisten voimien avulla. (Mayer 1977, 1.)

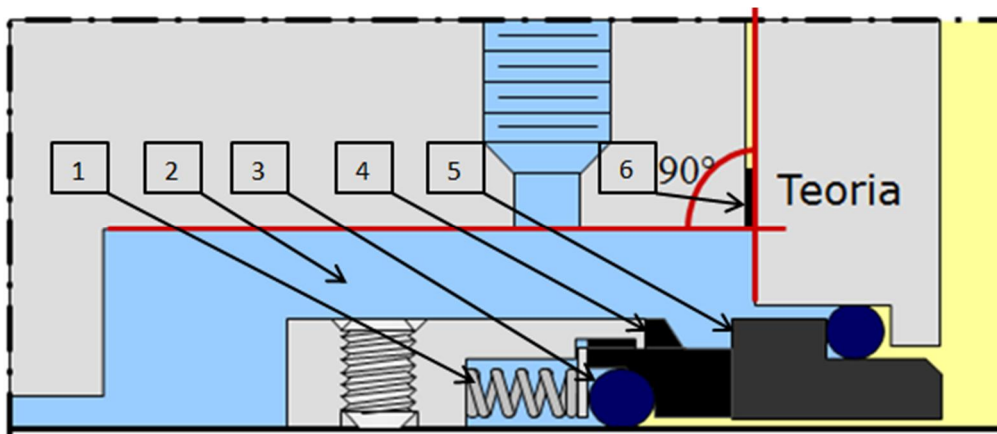
Ensimmäisiä tasotiivisteitä alettiin käyttää noin 1900-luvun alussa paikoissa, joissa oli hankalat tiivistysolosuhteet. Verraten aikaisemmin käytettyihin punostiivisteisiin tasotiivisteiden toiminnallisuutta oli onnistuttu parantamaan. Käyttöolosuhteet olivat kehityksen alussa vähemmän rasittavat verraten nykyisiin käyttöolosuhteisiin. Jäähdytysveden paine oli murto-osa nykyisestä, tiivistettävän aineen lämpötila oli harvoin enemmän kuin 100 °C astetta, liukupintojen nopeus noin 3 m/s ja kiintoainepitoisuus tiivistettävässä aineessa oli vähäinen. Kuitenkaan tuolloin ei vielä pystytty hyödyntämään mekaanisen tasotiivisteiden ominaisuuksia puutteellisen materiaalin ja valmistustekniikan vuoksi. Tämä oli ensivaihe mekaanisen liukurengastiivisteiden kehityksessä. (Mayer 1977, 2 - 3.)

4.1 Rakenne ja toiminta

Mekaanisessa liukurengastiivisteessä on joko yksi tai kaksi kovasta materiaalista valmistettua liukurengasparia. Yksitoimisessa liukurengastiivisteessä on yksi liukurengaspari ja kaksitoimisesta tiivisteestä kaksi liukurengasparia. Parin toisiaan vasten liukuvista renkaista toinen on staattinen ja toinen akselin mukana pyörivä, normaalisti jousella kuormitettu rengas. Sulkupaine liukupinnoille luodaan aksiaalisesti jousivoiman ja hydraulisen voiman avulla. Hydraulisen voiman aiheuttaa joko erillinen tiivisteneste tai tiivistettävä aine tiivisteiden rakenteen mukaan. Nesteen tarkoituksena on myös jäähdyttää, voidella ja johtaa epäpuhtaudet pois toisiaan vasten hankaavilta liukupinnoilta. Tiivisteiden toiminnan kannalta onkin tärkeää, että liukupintojen välinen etäisyys ja väliin jäävä nestekalvo pysyvät haluttuina. Kaikki tiivisteet eivät kuitenkaan välttämättä vaadi nestekalvoa liukupinnoilleen. Aksiaalisen vuodon estämiseksi tiivisteeseen kuuluu myös toisiotiivisteet, jotka ovat yleensä O-renkaita. Kaksitoimisen liukurengastiivisteiden käyttö on tarpeellista, kun tiivistettävä tai sen ympäristöä täytyy suojella sulkunesteen avulla tiivistettävältä aineelta, jota ei voida käyttää voiteluun ja jäähdytykseen sen ominaisuuksien takia. Sulkuneste (vesi, öljy tai jokin muu neste)

johdetaan tiivisteeseen paineettomana tai tarpeen vaatiessa maksimissaan 2 - 3 bariin ylipaineella tiivistettävän aineen paineeseen nähden. Sulkunesteellä on sama tarkoitus kuin tiivistenesteellä. (Airila, Hovi, Nurmi, Piirilä & Pramila 1985, 200 - 202.)

Kuvassa 1 esitettyä yksitoimista tiivistettäkin voidaan käyttää kohteissa, jotka vaativat kaksitoimisen tiivisteiden. Tällöin kuitenkin joudutaan käyttämään erillistä tiivistenestettä. Tiivisteneste johdetaan ulkoisesta lähteestä liukupinnoille, joiden läpi se virtaa tiivistettävän aineen sekaan. Tässä tapauksessa on otettava huomioon nesteen vaikutus tiivistettävään aineeseen. (Brown 1995, 50.)



KUVA 1. Yksitoiminen mekaaninen liukurengastiiviste (Kokkonen. Numerointi* kirjoittaja lisännyt)

*

1. jousi
2. tiivisteneste
3. toisiotiiviste; O-rengas
4. akselin mukana pyörivä liukurengas
5. staattinen liukurengas
6. laippatiiviste

Sulkuvoima W muodostuu yhtälön 1 mukaan liukupinnoille

$$W = W_s + W_h - W_o \pm W_t \quad (1)$$

jossa W = nettosulkuvoima (N)
 W_s = liukurenkaseen kohdistuva jousivoima (N)
 W_h = liukurenkaseen kohdistuva hydraulinen voima (N)
 W_o = liukurenkasiin kohdistuva rajatilanesteen aiheuttama avaava voima (N)
 W_f = liukurenkaseen kohdistuva staattisen tiivistyselementin aiheuttama kitkavoima (N).
 (Mayer 1977, 13.)

Yhtälön lopputuloksen täytyy olla positiivinen, etteivät liukupinnat pääse erkanemaan toisistaan.

4.2 Tasapainotettu ja tasapainottamaton tiiviste

Mekaaniset liukurengastiivisteet voidaan jakaa myös tasapainotettuihin ja tasapainottamattomiin tiivisteisiin hydraulisen voiman vaikutuspinta-alojen perusteella. Tasapainotetussa tiivisteessä hydraulisten voimien vaikutuspinta-ala on tarkoitettu valmistaa siten, että nettosulkuvoimaa saadaan pienennettyä; tasapainottoman tiiviste valmistuksessa tarkoitettu on vastakkainen. Käyttämällä tasapainotettua tiivistettä, voidaan ehkäistä liukupintojen toisiinsa kiinni tarrautumista. Tasapainotetut tiivisteet valmistetaan tyypillisesti pinta-alasuhteella 0,6 - 0,9. Tällaisen tiivisteiden käyttäminen vaatii akseliin olakkeen, joka nostaa osaltaan akselin valmistuskustannuksia. (Mayer 1977, 17.)

4.3 Kuluminen

Liukupintojen vikaantumiseen voi vaikuttaa useat eri tekijät, kuten korroosio, mekaaninen ylikuormitus, terminen ylikuormitus ja kuluminen. Käytettäessä keskenään epäsoivia liukupintamateriaaleja kuluminen voi johtaa nopeasti epäsuotuisiin seurauksiin. Siksi onkin enemmän haitallista käyttää sopimattomia materiaaleja kuin suunnitella tiiviste muutoin toimivaksi. Liukupinnoissa käytettävissä materiaaleissa huokoisuus ei välttämättä ole huono asia niin pitkään, kun huokokset eivät yhdisty toisiinsa.

Materiaalissa olevat huokokset voivat varastoida voiteluainetta, jolloin niistä tulee paremmin voitelevia. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi metallioksidit, grafiittia sisältävät teräkset ja valut. (Mayer 1977, 96.)

4.3.1 Voitelun vaikutus kulumiseen

Liukurengastiivisteiden käyttöikä voidaan pidentää käyttämällä voitelua. Voiteluainetta voidaan käyttää esimerkiksi vettä. Jos käyttöolosuhteet ovat hyvät tiivisteiden käyttöikä on useita vuosia. (Mayer 1977, 114 - 115.)

4.3.2 Kontaktipaineen vaikutus kulumiseen

Kontaktipaineen kasvaessa yleensä myös lämpötila liukupinnoilla kasvaa. Lämpötilan kasvun takia voitelukalvo heikkenee ja kiinteiden pintojen kosketus keskenään lisääntyy, jolloin kulumisen kasvaa. Taulukossa 1 on esitetty eri kontaktipaineiden, materiaaliparien ja tiivistysnesteiden vaikutus kulumiseen. Alla olevasta yhtälöstä 2 nähdään kosketuspaineen P nousun vaikutus kulumista vahvistavana ominaisuutena metallisilla liukurengaspareilla. (Mayer 1977, 113 - 118.)

$$U = \frac{ZPd}{H} \quad (2)$$

missä U = kulumisen irrottama materiaali liukupintaparin pehmeämmästä materiaalista

Z = kulumiskerroin

H = kovuus

P = rajapinnan netto sulkemisvoima pinta-alayksikköä kohti

d = kuljettu etäisyys

(Mayer 1977, 113.)

Yhtälö pätee myös muihin materiaalipareihin.

TAULUKKO 1. Kulumisen nopeus (A, $\mu\text{m}/\text{h}$) ja vaikuttava etäisyys (h, μm) useille eri kontaktipaineille, materiaaliyhdistelmille ja tiivistysnesteille* (Mayer 1977, 123.)

	P, bar	C/S		C/B		R/S		R/I		R/B	
		A	h	A	h	A	h	A	h	A	h
Water	6,5	3,0	3,6	0,1	5,0	0,5	5,2	0,05	2,4	0,4	2,1
	10	6,5	6,1	0,15	5,2	3,2	7,5	0,14	1,3	0,8	5,3
	15	15,0	10,3	0,2	6,2	7,1	12,0	0,12	0,75	4,0	16,0
Diesel fuel	6,5	0,07	2,0	0,6	3,5	0,05	1,8	0,15	1,6	1,2	13,7
	10	0,08	2,2	0,1	3,0	0,6	6,3	0,06	1,05	4,2	21,0
	15	0,15	2,6	0,4	7,2	1,1	3,0	0,28	1,0	8,1	30,0
	20	0,25	6,1	0,7	12,5	2,7	2,8	0,9	2,5	-	-
Mobil- oil- arctic	6,5	0,05	1,7	0,01	4,2	0,01	3,5	0,2	3,1	0,3	8,2
	10	0,2	2,0	0,05	6,0	0,2	1,2	0,08	1,65	0,5	18,5
	15	0,08	0,5	0,09	3,1	0,28	5,7	0,12	5,3	1,1	25,0
	20	0,25	0,55	0,12	0,9	-	-	-	-	-	-

*Arvot perustuvat vähintään kahteen testiin jokaisessa tapauksessa. Kulumisen arvot A pätevät joko hiilelle tai kyllästetyille hartsille. V= 5m/s; C= hiili; S= stelliitti; B= pronssi; R= kyllästetty hartsi; I= valurauta.

4.3.3 Liukunopeuden vaikutus kulumiseen

Tiivistettävän akselin pyörimisnopeuden V kasvattaminen tyypillisesti heikentää liukurenkaiden kestoa. Kappaleessa 4.3.2 esitetty yhtälö 2 voidaan esittää toisessa muodossa seuraavasti (Mayer 1977, 118.)

$$A = \frac{ZwV}{H} \text{ mm/h} \quad (3)$$

jossa A = kulumisen irrottama materiaali liukupintaparin pehmeämmästä materiaalista (mm/h)

Z = kulumiskerroin

w = kovuus (bar)

V = liukunopeus (mm/h)

H = kuljettu etäisyys (m).

(Mayer. 1977, 113.)

Yhtälöstä 3 käy ilmi, että nopeutta V kasvattamalla kulumisen irrottama materiaali U myös kasvaa. Tämä pätee, jos voiteluvaikutus ei lisäänty liukupinnoilla. Kuitenkin joissain tapauksissa ilmiö on käänteinen. Esimerkiksi liukurengasparia grafiitti - fenoli-furfuialkoholi käyttämällä nopeuden kasvattaminen vähentää kulumista. (Mayer 1977, 118 - 120.)

4.4 Liukupintojen lämpötila

Luvuissa 4.3.2 ja 4.3.3 käsiteltyjen kontaktipaineen P ja nopeuden V avulla voidaan muodostaa PV -luku, joka ilmaisee syntyvän lämmön määrään liukupinnoilla.

Lämpötilan saavuttaessa nesteen kiehumispisteen alkaa jäähdytykseen tarkoitettu neste kiehua paikallisesti pois pinnoilta. Tällöin tiivisteestä pääsee höyrytuprahduksia ympäristöön, minkä takia liukupinnat hetkellisesti aukenevat ja kallistuvat päästäten lisää vettä liukupinnoille. Näin sykli jatkaa itsensä toistamista ja höyrytuprahduksia syntyy lisää. Tässä vaiheessa tiiviste ei kuitenkaan ole vielä vaurioitunut pahoin. Jos lämpötila tiivistettä ympäröivässä aineessa kasvaa, tuprahduksien tahti kiristyy niin kauan, kunnes tiiviste alkaa vuotamaan voimakkaasti. Tämä johtaa tiivisteen voitelukalvon täydelliseen menetykseen, jolloin tiiviste kuluu rajusti. Tämä on yleisin syy mekaanisen liukurengastiivisteen vikaantumiseen. (Brown 1995, 58 - 59.)

Tasapainotetuille tiivisteille PV -luku saadaan kertomalla yhtälön 4 avulla laskettu arvo hydraulisen voimien vaikutusalueiden pinta-alasuhteella, joka normaalisti on 0,75. Tasapainottomille tiivisteille PV -luku muodostuu seuraavasti (Brown 1995, 49 - 50.)

$$PV = P \pi \emptyset V \quad (4)$$

jossa P = kontaktipaine (bar)
 \emptyset = tiivisteen kontaktialueen keskihalkaisija (m)
 V = pyörimisnopeus (kierr./s)
 π = pii.
 (Brown 1995, 49.)

4.5 Käyttökohteet

Mekaaninen liukurengastiiviste on yksi insinööriyön taidonnäytteistä. Siitä todisteena alla on lueteltu käyttöolosuhteita, joissa mekaanista liukurengastiivistettä voidaan käyttää (Brown 1995, 44.):

- kaikenlaisille nesteille
- paineissa täydellinen tyhjiö - 80 bar
- lämpötiloissa – 100°C - 840 °C
- akselinopeuksissa 3600 kierr./min (erikoissuunnittelulla jopa korkeammissa nopeuksissa).

Esimerkiksi John Crane Safematic Oy:n valmistamia mekaanisia liukurengastiivisteitä käytetään seuraavilla teollisuuden aloilla. Samat teollisuuden alat pätevät suurelta osin myös muihin tiivistevalmistajiin:

- energian tuotanto
- elintarviketeollisuus
- jäähdytyskompressorit
- kaivosteollisuus ja mineraalien louhinta
- kemian teollisuus
- lääkealan teollisuus
- öljy- ja kaasualan teollisuus
- paperi- ja selluteollisuus
- vesijärjestelmät.

(John Crane Safematic Oy 2012. a.)

5 RAAKAVESI

Raakavedellä tarkoitetaan vettä, josta vesilaitokset ryhtyvät valmistamaan terveydeliset ja tekniset vaatimukset täyttävää käyttövettä esimerkiksi teollisuuden taikka kotitalouksien käyttöön. Suomessa raakavettä otetaan pinta- tai pohjavesistä jatkojalostukseen. Näistä jälkimmäisenä mainittu soveltuu parhaiten juomaveden valmistukseen. (Pasanen 1970, 1 - 2.)

Erilaisia raakaveden puhdistusmenetelmiä käyttämällä tavoitteena on saavuttaa asetettu vaatimustaso mm. alla luetelluille veden ominaisuuksille (Stendahl, 83):

- KMnO_4 - kulutus
- rautapitoisuus
- mangaanipitoisuus
- kloridipitoisuus
- sulfaattipitoisuus
- pH
- sameus
- väri
- haju ja maku
- kuparipitoisuus
- alumiinipitoisuus
- ammoniumpitoisuus
- sinkkipitoisuus.

Esimerkiksi kartonkitehtaan eri prosesseissa ei kiinnitetä kaikkiin lueteltuihin ominaisuuksiin huomiota. Veden käyttötarkoitus määrää minkä ominaisuuden raja-arvon saavuttaminen vaaditaan.

6 TIIVISTEVESI

Mekaanisten yksi- ja kaksitoimisten liukurengastiivisteiden jäähdytys- ja voitelunesteinä käytetään usein vettä. Sitä voidaan käyttää myös tiivistyspaineen luomiseen tiivisteiden liukupinnoille ja epäpuhtauksien huuhteluun pois tiivisteestä. Tästä vedestä käytetään yleisesti nimitystä tiivistevesi. Jotta tiivisteiden häiriötön toiminta olisi mahdollista, ne yleensä vaativat tietyn veden tilavuusvirran aikayksikköä kohti. Tiivistevalmistaja John Crane Safematic Oy:n internetsivuilla on ilmoitettu alla luetellut tiivistevedelle asetetut yleiset laatuvaatimukset mekaanisen liukurengastiivisteiden toiminnan kannalta:

- kiinteiden partikkeleiden määrä: 10 mg/l
 - ei saa sisältää hiovia partikkeleita
- partikkeli koko maks. 50 µm
- silikaatti pitoisuus maks. 10 mg/l
- permanganaatti maks. 30 mg/l
- rautapitoisuus maks. 1 mg/l
- kokonaiskovuus maks. 10°dH.

(John Crane Safematic Oy 2012. b.)

Lisäksi suodatukseen tulevan veden lämpötila ei saisi ylittää 40 °C astetta. John Crane Safematic Oy:n myymässä suodatusjärjestelmässä (Sorvoja. 2012).

7 TYYPILLISIÄ RAAKAVEDEN PUHDISTUSMENETELMIÄ

Raakaveden puhdistukseen on kehitetty useita erilaisia prosesseja. Nämä prosessit koostuvat kuitenkin hyvin usein samoista menetelmistä ja periaatteista. Tämän luvun tarkoitus on esitellä yleisesti käytettyjä veden puhdistusmenetelmiä, joista yhdessä koko puhdistusprosessi voi koostua. Käytettävät menetelmät riippuvat puhdistettavan veden käyttötarkoituksesta.

Puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttaa raakaveden laatu, käytettävissä oleva tila puhdistuslaitteiston rakentamiseen, käyttökustannukset ja rakennuttajayhtiön mieltymykset tiettyyn menetelmään (Binnie & Kimber 2009, 26).

7.1 Veden puhdistuksen ensivaihe

Raakaveden puhdistus alkaa yleensä suurien materiaalien poistamisella vedestä. Poistettavia materiaaleja voivat olla esimerkiksi puun oksat tai vastaavan kokoiset materiaalit, jotka erotellaan pois johtamalla suodatettava vesi säleikön tai verkon lävitse. Tätä menetelmää kutsutaan välppäykseksi. Ensimmäinen suodinverkko on tyypillisesti noin 25 mm:n terästangoista 100 mm:n välein rakennettu erotin. Tässä vaiheessa veden virtausnopeuden ei tulisi ylittää arvoa 0,5 m/s. Kohteen mukaan erottimia voidaan asentaa tarvittava määrä peräkkäin. (Binnie & Kimber 2009, 46.)

Seuraavaksi vedestä poistetaan pienempiä materiaaleja samalla periaatteella kuin edellisessäkin menetelmässä. Tässä vaiheessa erotuskyky on vain tarkempi kyeten poistamaan valittua verkon silmäkokoja suuremmat materiaalit, kuten vedessä olevat vesiruohot, yms. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi ketjukorisuotimia. (Binnie & Kimber 2009, 52.)

Pieneliöiden tuhoamiseksi vedestä veteen sekoitetaan yleensä puhdistusprosessin alkuvaiheessa kemikaalia, kuten esimerkiksi natriumhypokloriittia (NaOCl). Mikäli tämä jätettäisiin tekemättä, vesiputket ja suodattimet saattaisivat tukkeentua puhdistusprosessin myöhäisemmässä vaiheessa.

7.2 Flokkaus

Raakavesi sisältää paljon erilaisia hienojakoisia epäpuhtauksia. Näihin pieniin hiukkasiin vaikuttaa pintakemiallisia voimia, jonka takia hiukkaset pysyvät erillään toisistaan. Hiukkasten poistamiseksi ne täytyy saada yhdistymään erityiseen saostusaineeseen, jolloin hiukkaskoko kasvaa riittävän suureksi erotusta varten. Muodostuneita hiukkasia kutsutaan flokeiksi ja itse menetelmää flokkaukseksi. Ensimmäiseksi menetelmässä hiukkaset täytyy destabiloida saostuskemikaalien ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)$, FeCl , Fe_2SO) avulla. Tällöin hiukkaset sitoutuvat yhteen tiettyjen voimien vaikutuksesta muodostaen suurempia partikkeleita. Vaiheesta käytetään myös nimitystä koagulaatio. Vaihe vaatii toimiakseen tietyn pH-arvon, jota voidaan säädellä esimerkiksi kalkin avulla. Flokkaukemikaalit täytyy sekoittaa nopeatempoisessa sekoitusaltaassa, koska yksittäiset hiukkaset tarvitsevat runsaasti energiaa muodostaakseen suuria ja tiheitä flokkeja. Tämän jälkeen flokit täytyy erottaa veden seasta, joka täytyy tapahtua hidastempoisessa altaassa, jotta hauraat flokit eivät pääse hajoamaan. (Stendahl, 89 - 90.)

Yksi flokkien erotusmenetelmistä on flotaatio, jossa flokit nostetaan pinnalle dispersioveden avulla. Dispersiovesi on ilmakyllästettyä vettä, joka otetaan jo käsitellystä vedestä ja paineistetaan paineilman avulla. Vesi ruiskutetaan suodatukseen tulevan veden sekaan, minkä jälkeen dispersiovedessä olevat ilmakuplat tarttuvat flokkeihin ja nostavat flokit pintaan. Pinnalle kertynyt lietekerros kaavitaan pois koneellisilla kaapimilla. (Stendahl, 103.)

7.3 Raesuodatus

Hiekkasuodatus on hyvin perinteinen veden suodatusmenetelmä, jota on pidetty pitkään suodatusprosessin ydinmenetelmänä. Toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Vesi valutetaan hiekkapatjan tai sopivaksi todistetun massan lävitse painovoimaa hyödyntäen. Hyvälaatuisen suodatustuloksen saavuttamiseksi hiekkasuodattimen täytyy pystyä poistamaan paljon pienempiä partikkeleita, kuin raot suodinaineen rakeiden välillä ovat. Mikäli veden puhdistusprosessin ainoa menetelmä on raesuodatus, saattaa suodatuspatja tukkeentua nopeasti raakaveden sisältämistä epäpuhtauksista, jolloin patjasta tulee läpäisykykenemätön. Tämän estämiseksi flokkaus tehdään ennen raesuodatusta suurimpien partikkeleiden poistamiseksi. (Binnie & Kimber 2009, 141 – 143.)

Raesuodatus perustuu kuuteen eri fysikaaliseen ilmiöön, jotka mahdollistavat epäpuhtauspartikkeleiden kontaktin suodinaineen kanssa ja suodattumisen pois vedenseasta (Pasanen 1970, 3 - 4).

1. Siivilöitymisessä suodinaineen välisiä rakoja suuremmat partikkelit jäävät suodinainekerroksen pinnalle.
2. Sieppausilmiössä suodinaineen rakeet sieppaavat partikkelin pintavoimien avulla itsensä pinnalle. Rakeiden välisissä pienissä raoissa virtaus on laminaarista, jolloin virtausnopeus on pieni ja sieppaus on mahdollista.
3. Diffuusiosta partikkeli liikkuu virtaviivalta toiselle lämpöliikkeen seurauksena ja kohdatessaan suodinaineen, partikkeli tarttuu sen pinnalle.
4. Inertia (jatkuvuus) liikuttaa partikkelia suoraan huolimatta siitä, että esimerkiksi suodinaineen rae kääntäisi virtauksen suuntaa. Partikkeli joutuu suodinaineen kanssa kosketukseen, vaikka virtaus suuntaisi sen suodinaineen rakeesta pois päin.
5. Sedimentaation tapahtuessa partikkelit kulkevat painovoiman vaikutuksesta virtaviivalta toiselle. Virtauksen suunnasta riippumatta partikkelit tarttuvat suodinaineen rakeen yläpinnalle.
6. Hydrodynaaminen tekijä syntyy, kun partikkeli kulkee suodinaineen rakeen ohitse jolloin se on taipuvainen pyörimisliikkeelle. Tämä synnyttää paine-eroja partikkelin ympärillä, jotka työntävät sen kosketukseen rakeen kanssa.

Partikkelin liikkeeseen voi vaikuttaa usea eri ilmiö samaan aikaan.

8 TIIVISTEVESIJÄRJESTELMÄN KARTOITTAMINEN

Työn tutkimusvaihe alkoi tiivistevesijärjestelmän kartoittamisella, johon kuului jokaisen mekaanisen liukurengastiivisteiden käyttökohteen läpikäyminen asiakkaan palveluksessa olevien laitosten kanssa. Laitosmiehet työskentelevät päivittäin eri puolilla tehdasta juuri esimerkiksi tiivisteiden parissa, joten heidän tuntemuksensa tehtaasta oli vähintäänkin riittävä. Tässä luvussa on kerrottu järjestyksessä asiat, jotka selvitettiin osana kartoitusta. Kootut tiedot dokumentoitiin tarkemmin liitteisiin 1 ja 2.

Käyttökohteiden läpikäynnin aikana kerättiin ja taulukoitiin seuraavat tiedot:

- tiivisteelle menevä veden tilavuusvirta
- käyttökohde
- liukurengasparien lukumäärä
- tiivistettävän akselin halkaisija ja sen kierrosnopeus
- käyttökohteen sijainti
- hälytysjärjestelmän käyttö
- vesilinja, mistä tiivistevesi johdetaan tiivisteelle.

8.1 Käytettävä veden tilavuusvirta

Ensimmäinen osa kartoituksessa oli selvittää käytettävä vesimäärä kullakin liukurengastiivisteellä. Selvitys onnistui vain lukemalla tiivisteiden yhteydessä käytettävät virtausvahdit, jotka ilmoittavat tiivisteeseen virtaavan veden määrän litraa minuutissa asteikolla. Virtausmäärät luetteloitiin liitteeseen 2 kuvan 2 mukaiseen taulukkoon. Virtausmäärään tuli suhtautua kriittisesti mahdollisen lukuvirheen ja asteikon mittatarkkuuden takia. Asiakkaalla käytössä olleiden virtausvahtien asteikot olivat tarkkuudella 0,5 l/min. Kuvissa 3 ja 4 on kahden eri valmistajan toimittamat virtausvahdit. Lisäksi kaikilla liukurengastiivisteillä käytetyn yhteenlasketun veden kokonaiskulutuksesta jätettiin pois seitsemän tiivisteiden kuluttama tilavuusvirta virtausvahdin puuttumisen takia.

Massatehdas								
Kohde	Tilavuusvirta (l/min)	Tarvittava tilavuusvirta (l/min)	Akselin Ø mm	Liukurengasparien lkm	Kerros	Vesilinja	Ind.	Rpm.
2- linjan imeytysastian kaksoispystyruuvit (2 tiivistettä)	5 l x 2 kpl	1 l x 2 kpl	120 !	1	5	Rv.	ei	22
1- linja; kaksoisruuvi (2 tiivistettä)	2,5 l x 2 kpl	1 l x 2 kpl	130 !	1	3	Rv.	ei	52
Kuonimon lämminvesipumppu	1,5 l	1 l	50	1	2	Rv.	ei	300-530
Kuiduttimen jakoruuvi	1 l	2 l	140	1	2	Tv.	kyllä	120
1-linja puskusäiliö; purkainruuvi (2 tiivistettä)	1 l + 1,5 l	1 l x 2 kpl	100	1	2	Tv.	kyllä	20-33
1- pesuri; sulputinruuvi (2 tiivistettä)	1,5 l x 2 kpl	1 l x 2 kpl	90	1	2	Tv.	ei	78
1- pesuri; potkuripumppu	3 l	2 l	100 !	2	2	Tv.	ei	1045
2- pesuri; potkuripumppu	arvio: 3 l	2 l	100 !			ei rotametria		935
10- trimmijauhin	4 l	4 l	210 !	1	2	Rv.	kyllä	418
11- trimmijauhin	4 l	4 l	210 !	1	2	Rv.	kyllä	418

KUVA 2. Osa liitteen 2 taulukosta



KUVA 3. John Crane Safematic Oy:n virtausvahti (Ville Kauhanen)



KUVA 4. Chestertonin virtausvahti (Ville Kauhanen)

8.2 Tiivisteveden kulku tehtaalla

Kartonkitehtaalla tiivistevedenä käytettiin voimalaitokselta pumpattua lämmintä vettä sekä raakavettä. Lämminvesi oli noin 51°C asteista voimalaitokselta lähtiessä. Ennen tiivisteille menoa, vesi kulki seuraavat vaiheet lävitse kartonkitehtaan tiloissa. Kuvissa 5, 6, 7 ja 8 on esitetty numeroituna vaiheissa käytetyt laitteet.

1. Karkea suodatus

- Tiivistevesi suodatettiin sihtisuotimella.



KUVA 5. Sihtisuodatin (Ville Kauhanen)

2. Jäähdytys

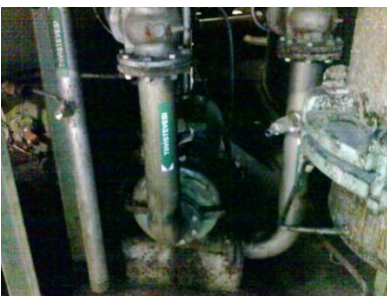
- Jäähdytys lämmönvaihtimella noin 32°C asteeseen.
- Jäähdytyksessä käytettiin raakavettä.



KUVA 6. Lämmönvaihdin (Ville Kauhanen)

3. Paineenkorotuspumppu

- Veden paine nostettiin noin 6-7 bar :iin.



KUVA 7. Paineenkorotuspumppu (Ville Kauhanen)

4. Tarvittaessa tiivisteveden lisäpaineenkorotus

- Paineenkorotuspumpun tarkoituksena oli nostaa tiivisteveden paine riittävän suureksi tiivistettävään aineeseen nähden tietyissä kohteissa.



KUVA 8. Paineenkorotuspumppu (Ville Kauhanen)

8.3 Tiivistevedelle asetetut vaatimukset

Tiivisteveden tavoite on taata riittävä jäähditys, joka riippuu muodostuvan lämmön määrästä liukupinnoilla. Toisekseen tiivistevesiverkoston paineen täytyy olla korkeampi kuin tiivistettävän aineen paine, jotta tarvittaessa tiivisteeseen voidaan luoda korkeampi tiivistyspaine kuin tiivistettävän aineen paine. Lisäksi luvussa 6 esitetyt laadulliset vähimmäisvaatimukset tiivistevedelle on pystyttävä toteuttamaan, mikäli halutaan päästä alennettuun tiivisteveden kulutuksen.

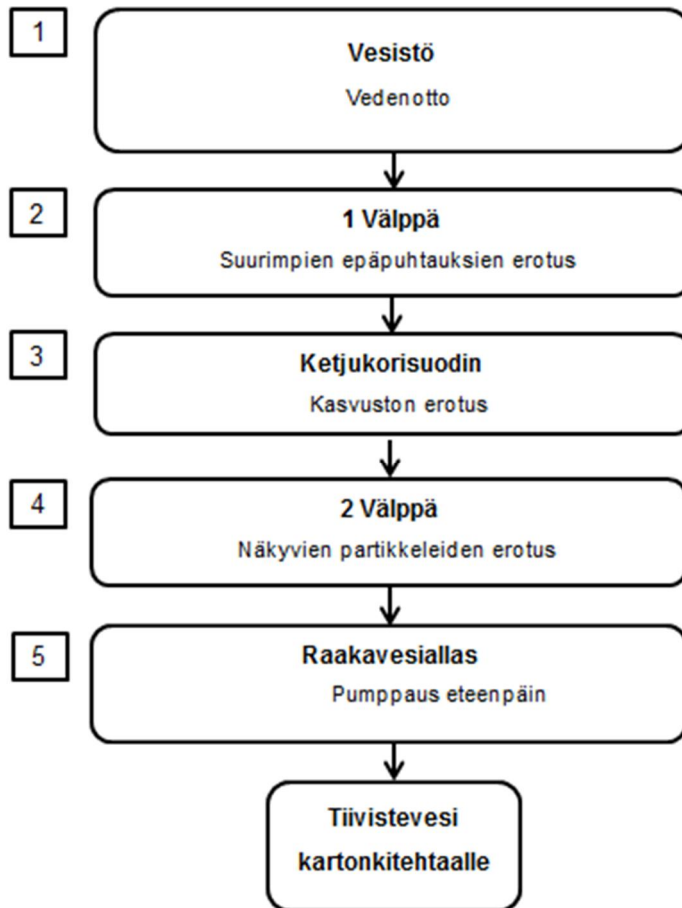
8.4 Tiivisteveden käytön vähennys

Työn tekijä määritti jokaiselle tiivisteelle arvion tarvittavasta tilavuusvirrasta liitteeseen 2 olettaen, että käytössä olisi puhdas tiivistevesi. Tehdyt arviot perustuivat tiivistettävän akselin kierrosnopeuteen sekä akselin halkaisijaan. Tiivistevalmistaja Chesteron:ilta saatua englanninkielistä pdf-tiedostoa käytettiin apuna määrittämisessä. Saadussa tiedostossa tilavuusvirta määritettiin vain akselikoon mukaan.

Arvioiden mukaan tiivisteveden käyttömäärää 71 mekaanisella liukurengastiivisteellä voitaisiin vähentää noin 60 % verrattain alkuperäiseen veden käyttömäärän. 60 % säästön saavuttamiseksi kaksitoimisilla tiivisteillä tulee käyttää termostaattia, joka säätelee veden määrää tiivisteessä lämpötilan mukaan. Termostaattivalmistajan mukaan kyseisellä laitteella voi säästää 90 % tiivisteveden kulutuksessa, mikä huomioitiin tiivisteveden tarvearvioinnissa.

8.5 Kustannusten muodostuminen

Asiakkaalla mekaanisten liukurengastiivisteiden jäähdytys- ja voitelunesteenä käytettiin vettä, joka suodatettiin kuvion 2 mukaisesti.



KUVIO 2. Raakaveden suodatusvaiheet ennen tiivisteessä käyttöä

Kyseisellä tavalla suodatettu vesi ei ole riittävän puhdasta tiivistekäyttöön. Taulukossa 2 on eritelty epäpuhtaan veden käytöstä aiheutuvia kustannuksia ja haittoja tiivistekäyttöön sekä energiankulutukseen. Laskelmat on esitetty tarkemmin liitteissä 1 ja 3. Euromääräiset kustannukset jätettiin esittämättä asiakkaan pyynnöstä. Laskelmat perustuivat tiettyihin oletuksiin ja asiakkaan antamiin lukuihin eri prosesseista. Tästä syystä lasketut kustannukset olivat suuntaa antavia ja euromääräisiä hintoja täytyi pitää viitteellisenä.

TAULUKKO 2. Kustannusten muodostuminen.

Nro.	Kustannuksen syy	Hinta €
1	Ylimääräisen tiivistysveden pumppaukseen kuluva sähköenergia	x €/v
2	Tiivistysveden jäädytyksen pumppaukseen kuluva sähköenergia	x €/v
3	Ylimääräisen tiivistysveden haihdutus ohut liemen seasta	x €/v
4	Tuotteen sekaan pumpatun tiivistysveden lämmitykseen kuluva teho	x €/v
5	Tukkeentuneista putkista aiheutunut tiivisterikko	Asiakkaalla ei ole kerättyä historiatietoa tiivisterikkojen syistä
	Yhteensä	X €/v

Kustannukset 1 ja 2 olivat vuositason pienet. Ne laskettiin yhtälöllä 5, johon nostokorkeudeksi H sijoitettiin pumppuvalmistajan ilmoittama lukema ja tilavuusvirraksi q_v alkutilanteen tiivisteveden käyttömäärän ja arvioidun käyttömäärän erotus. Kaava muodostui seuraavasti

$$P_s = \frac{q_v g H \rho}{\eta} \quad (5)$$

jossa P_s = tehon tarve pumpun akselilta (W)

g = putoamiskiihtyvyyys (m/s^2)

q_v = veden tilavuusvirta (m^3/s)

H = pumpun nostokorkeus (m)

ρ = veden tiheys (kg/m^3)

η = pumpun hyötysuhde

(Karassik, Messina, Cooper, Heald. 2001. 2.20).

Kustannuksesta 3 muodostui suurin. Sen laskennassa otettiin huomioon sellaisten yksitoimisten tiivisteiden kuluttamat ylimääräiset tiivisteveden tilavuusvirrat, joiden läpi virrannut vesi meni voimalaitokselle ohutliemen seassa haihdutukseen. Kustannusta laskettaessa oletettiin, että ylimääräinen tiivistevesi kulkeutui kokonaisuudessaan haihdutukseen. Ohutliemi on kartongin valmistuksessa syntyvää pesunestettä, joka väkevöidään tietyn kuiva-ainepitoisuuden saavuttamiseksi haihduttamalla. Yh-

teenlaskettu ylimääräisen tiivisteveden tilavuusvirta kerrottiin haihdutuksen kustannuksella, joka saatiin käyttöön voimalaitoksen johtajalta.

Kustannukseen 4 vaikuttivat sellaiset yksitoimiset tiivisteet, joiden läpi virranneet ylimääräiset tiivisteveden tilavuusvirrat menivät hakekeittimeen. Keitintä lämmitetään matalapainehöyryllä, jota joudutaan käyttämään enemmän mikäli lämpötila keittimessä tippuu. Kustannus on laskettu liitteissä 1 ja 3, joissa esitetään laskennassa tehdyt oletukset. Matalapainehöyryn valmistuskustannus ja energiasisältö saatiin käyttöön voimalaitoksen johtajalta.

Kustannukseen 5 ei saatu laskettua euromääräistä arviota, koska tiivisterikon syistä asiakas ei kerännyt historiatietoa. Kuitenkin tiedetään, että tiivisterikkoja aiheutuu tiivisteveden saannin katkeamisesta. Rikkoontumisen sattuessa, se aiheuttaa suuren kertaluontoisen kulun sisältäen tuotannon mahdollisen alasajon sekä tiivisteiden varaosakustannukset.

8.6 Suodatustavan valintaperusteet

Tulevaisuudessa käyttöön otettavan veden suodatusjärjestelmän on kyettävä puhdistamaan tiivistevesi luvussa 6 esitetylle tasolle. Työn aikana suodatusvaihtoehtoiksi nousi kaksi eri menetelmää, jotka olivat;

1. suodattaminen voimalaitoksella olemassa olevalla suodatusjärjestelmällä
2. erillisen suodatusjärjestelmän hankinta pelkästään tiivistevedelle.

Yksi vaihtoehto olisi ottaa käyttöön suodattamaton kylmä raakavesi lämpimän raakaveden sijaan tiivistevedeksi kaikille tiivisteille. Kylmän raakaveden käytöstä voisi kuitenkin seurata ongelmia sen epätasalaatuisuuden takia ja sitä käyttämällä ei todennäköisesti päästäisi alennettuun tiivisteveden kulutukseen. Tämän takia sitä ei pidetty varteen otettavana vaihtoehtona.

Hankittavan suodatusjärjestelmän valintaa varten liitteeseen 4 vertailtiin seuraavia asioita;

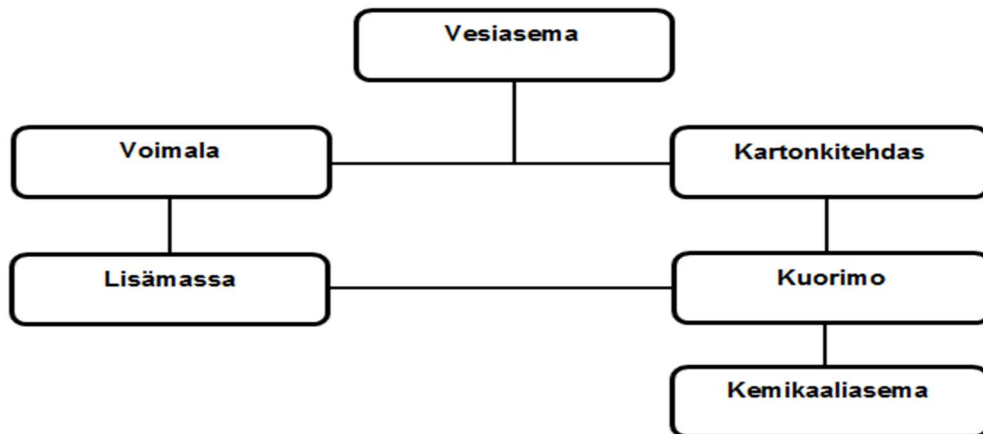
- suodatusjärjestelmien kustannukset
 - hankinta
 - ylläpito
- suodatusjärjestelmien edut ja haitat
 - toiminta vesikatkotilanteessa
 - huollettavuus
 - käyttövarmuus
 - automaatioaste
 - kapasiteetti.

Vertailtujen asioiden tarkoituksena oli antaa asiakkaalle valintaperusteet käyttötarkoitukseen sopivimman suodatustavan hankintaa varten. Asiakas hyödynsi perusteluja parhaalla katsomallaan tavalla.

9 RAAKAVESIPUTKILINJAN KARTOITUS

Erillisenä tehtävänä tiivistevesijärjestelmän kartoituksesta, työhön kuului raakavesiputkilinjan kartoitus ja sen piirtäminen kaaviokuvaksi. Työn tekohetkellä asiakkaalla ei ollut ajan tasalla olevaa PI-kaaviota käytössä olevasta raakavesilinjasta. Kartoituksen piiriin kuului kartonkitehtaalla kulkeva putkilinjasto.

Kuviossa 3 on esitetty raakaveden runkolinjan kulku tehdasalueella. Vesiasema sijaitsee vesistön rannalla, josta raakavesi otetaan käyttöön ja pumpataan eteenpäin. Kartoitus aloitettiin raakavesiputken tulokohdasta kartonkitehtaan tiloihin.

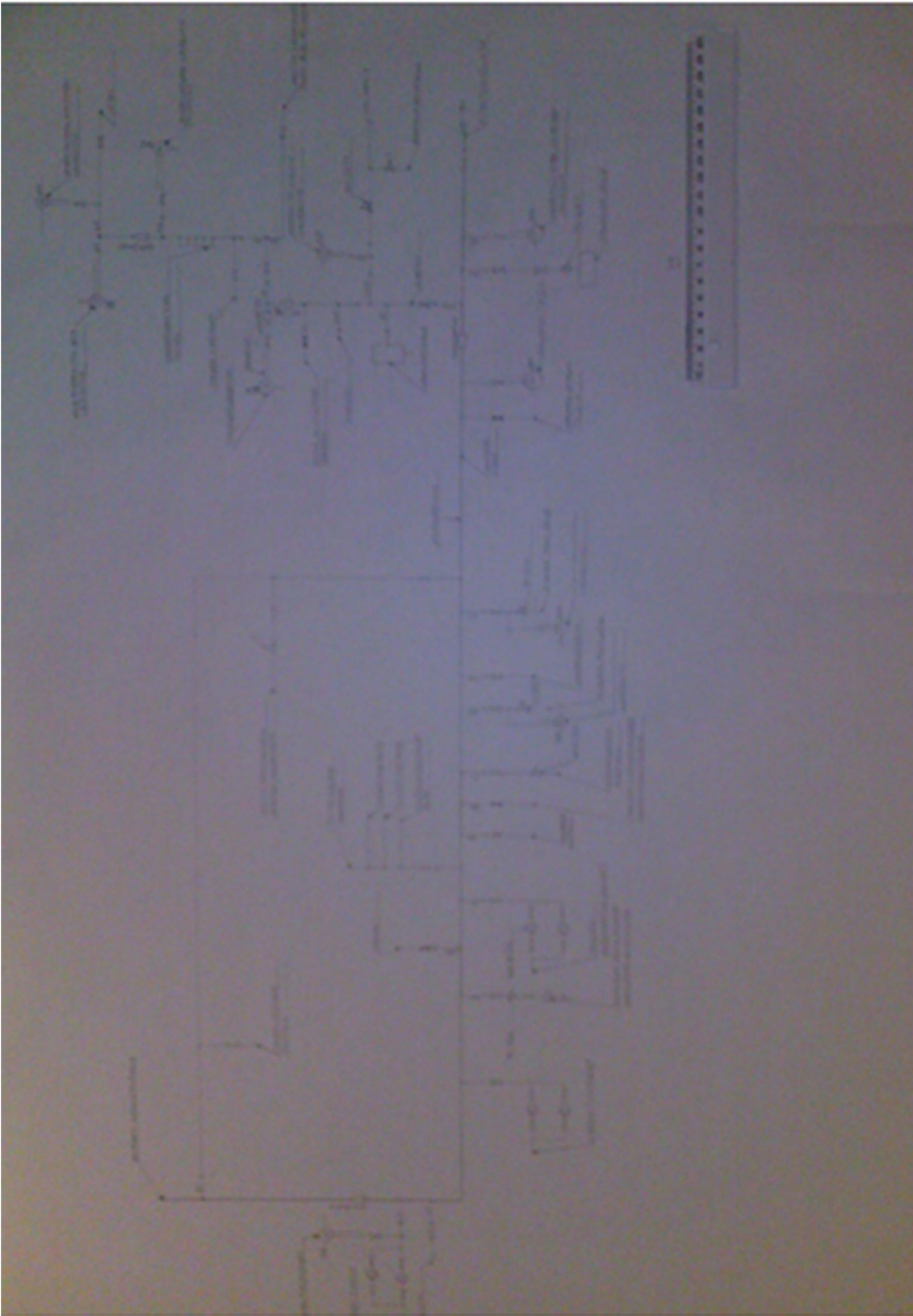


KUVIO 3. Raakaveden runkolinjakaavio. (Powerflute Oy Savon Sellu. b.)

Kartoitustyö eteni alla esitettyjen vaiheiden mukaan;

1. paikoittamalla päälinjan tulokohta kartonkitehtaalle
2. seuraamalla päälinjan kulkua
3. kirjaamalla paperille ylös haarautuvat putkihaarat
4. seuraamalla kukin haara erikseen päättymispisteeseen
5. kirjaamalla paperille venttiilit, toimilaitteet, pumput, yms.
6. mittaamalla putkien koot
7. piirtämällä käsin alustava PI-kaavio paperille, johon merkittiin SFS-EN 10253-4 standardin mukaiset putkien nimelliskoot
8. kaaviokuvan piirtäminen tietokoneella viralliseksi PI-kaavioksi asiakkaan henkilökunnan toimesta.

Kuvassa 9 esitetyn käsin piirretyn kaaviokuvan perusteella asiakas pystyi päivittämään vanhentuneen PI-kaavionsa ajan tasalle.



KUVA 9. Käsin piirretty raakaveden putkikaavio (Ville Kauhanen)

10 SUOSITUKSET

Tällä hetkellä vaikeuksia tiivisteveden käytössä aiheuttavat veden sisältämät orgaaniset aineet ja kiinteät partikkelit, koska ne tukkeennuttavat vesilinjan putket. Kustannusten vähentämiseksi liiallisessa tiivisteveden käytössä lämmin raakavesi täytyisi vaihtaa suodatetuksi kylmäksi raakavedeksi.

Vaihtoehtoina uudeksi tiivisteveden suodatusjärjestelmäksi työn aikana nousi kaksi eri menetelmää, jotka olivat voimalaitoksessa olemassa olevalla järjestelmällä suodattaminen tai erillisen tiivisteveden suodatusjärjestelmän hankkiminen kartonkitehtaalle.

Liitteessä 1 esitettyjen tietojen perusteella voimalaitoksen suodatuskapasiteetissa ei ole varaa suodattaa riittävästi tiivisteveettä kartonkitehtaan tarpeisiin. Tästä syystä sitä ei voi käyttää tiivisteveden suodatukseen kartonkitehtaalle. Tosin työn tekijällä ei ole konkreettista näyttöä kapasiteetin riittämättömyydestä.

Yksi mahdollisuus myös on ottaa kylmä raakavesi käyttöön kaikkiin liukurengastiivisteisiin suodattamatta sitä. Käytettävän kylmän raakaveden laatu on hyvä, mutta työn tekijällä ei ole tietoa, kuinka paljon vesi saisi sisältää orgaanisia aineita ja kiinteitä partikkeleita, jotta tiivistevesiputket eivät tukkeentuisi alhaisilla tilavuusvirroilla. Tämän takia ei tiedetä varmaksi, päästäisiinkö suodattamatonta kylmää raakavettä käyttämällä alennettuun tiivisteveden kulutukseen. Jos tiivistevesijärjestelmää tulevaisuudessa muutetaan jollakin luvussa 8.6 esitetyistä tavoista, on kannattavaa huuhdella tiivistevesiputket ennen uuden järjestelmän käyttöönottoa.

Erillisen tiivisteveden suodatusjärjestelmän toimivuudesta voitaisiin saada puolueetonta loppukäyttäjäkokemusta samalla alueella toimivalta yritykseltä, jonne järjestelmätoimittajan edustaja ehdotti vierailua. Kyseisellä yrityksellä on käytössään vastaavanlainen tiivisteveden suodatusjärjestelmä, joka sopisi Savon Sellu Oy:n tarpeeseen.

Valittavan suodatusjärjestelmän kapasiteetin mitoituksessa on otettava huomioon seuraavia asioita. Koska tiivistevesilinjan vettä käytetään myös punostiivisteissä, on niiden kuluttama vesi laskettava mukaan mitoitukseen sekä samalla on myös pohdittava punostiivisteiden käyttämän veden vähentämisen mahdollisuuksia ja sitä, onko aikomusta tulevaisuudessa ottaa käyttöön uusia mekaanisia liukurengastiivisteitä.

Lisäksi tiivisteveden tarve lisämassatehtaalla täytyy huomioida. Liitteessä 2 tehdyt arviot liukurengastiivisteiden tiivisteveden määristä, tulee tarkistaa alan ammattilaisen kanssa, koska arviot ovat opiskeluvaiheessa olevan työn tekijän määrittämät.

Kerättyjen tietojen valossa uudeksi tiivisteveden suodatusjärjestelmäksi on suositeltavaa hankkia erillinen suodatusjärjestelmä ja suodatettavaksi vedeksi vaihtaa kylmä raakavesi. Kohteille, joissa tiivistevedenä työn tekohetkellä käytettiin suodattamatonta raakavettä, täytyisi tehdä uutta putkilinjaa suodatetun tiivisteveden käyttöön saamiseksi.

11 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää olemassa olevan tiivistevesijärjestelmän toimintaperiaate sekä kartoittaa käytössä oleva raakavesiputkilinjasto. Vaikeaa työssä oli olennaisien tietojen hankkiminen järjestelmästä. Tiedon hankkiminen asiakkaan tiivistevesijärjestelmästä ei olisi onnistunut ilman kartonkitehtaan henkilökuntaa, jolla oli ajankohmainen käsitys järjestelmästä. Henkilökunnan apua käyttämällä onnistuttiin keräämään tiedot, jotka työn tekijä muutti kirjalliseen muotoon. Tehtyjen dokumenttien perusteella järjestelmän toimintaa on nyt helpompi analysoida verrattuna yksittäisten henkilöiden muistikuvaan ja mielipiteeseen järjestelmään liittyvistä asioista.

Ongelmia oli myös projektin hallinnassa. Alkuvaiheessa oli hankalaa luoda dokumentteja pelkän tehtävänannon perusteella, koska siinä ei määritelty tutkimustyön aikana luotavien dokumenttien varsinaista sisältöä. Kuitenkin tiedon karttumisen myötä dokumenttien formaatti alkoi hahmottua. Tärkeää tekijän kannalta olikin pystyä osoittamaan tehdyn työn määrä, jotta asiakas oli tyytyväinen saavutuksiin.

Kolmanneksi vaikeuksia tuotti mekaanisen liukurengastiivisteiden toiminnan ymmärtäminen. Toteutunut riski ei tosin tullut yllätyksenä, koska työntekijän kokemus tiivisteistä oli vähäinen. Vaikkakin tiivisteiden ydintoimintaperiaate on yksinkertaisempi kuin monen muun mekaanisen sovelluksen, sen toimintaan liittyy monia huomioon otettavia asioita. Olennaista oli erottaa tiivisteveden kannalta toimintaan vaikuttavat seikat.

Työn lopputulos oli hyvä oppimisen kannalta. Työ tarjosi paljon uutta tietoa tiivisteistä ja yksittäisen projektin saattamisesta alusta loppuun. Dokumenttien koostaminen opetti asiakkaan kannalta informatiivisten tuotosten tekemistä. Työn aikana tehdyt dokumentit kertovat asiakkaalle tiiviissä muodossa, miten tiivistevesijärjestelmä toimii sekä millaisia vaikutuksia sen nykyisellä käytöllä on tehtaalla. Raakavesiputkilinjasta tehdyn kaaviokuvan perusteella asiakas pystyi tekemään ajan tasaisen PI-kaavion digitaaliseen muotoon. Ajan tasalla oleva raakavesiputkilinjan PI-kaavio on tärkeä osa kartonkitehtaan putkilinjakaavioita. Käsitellyt aiheet ja työtavat antoivat realistisen kuvan insinöörin ammatissa työskentelystä.

LÄHTEET

Airila, M., Hovi, K., Nurmi, L., Piirilä, E., ja Pramila, A. P. 1985. *Koneenosien suunnittelu 4*. Porvoo: WSOY.

Binnie, C. ja Kimber, M. P. 2009. *Basic water treatment fourth edition*. Lontoo: Thomas Telford Limited.

John Crane Safematic Oy. 2012. a. Yrityksen www-sivut. [viitattu 29.3.2012]. Saatavissa: <http://www.johncrane.co.uk>.

John Crane Safematic Oy. 2012. b. *Intelligent Seal Water Control System*. [verkköjulkaisu] [viitattu 29.3.2012]. Saatavissa: http://www.johncrane.co.uk/PDFs/SmartFlow_en.pdf.

Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., Heald, C, C. P. 2001. *Pump handbook third edition*, USA: McGraw-Hill.

Kokkonen, S. KP-Teknik. Microsoft Powerpoint. *Waterless Sealing SystemsFIN*, [viitattu 29.3.2012].

Mayer, E. P. 1977. *Mechanical Seals. Third Edition*. Bristol, England: J. W. Arrowsmith Ltd. 291.

Pasanen, M., Aurola, R., Ettala, H., Kajosaari, E., Leskelä, H., Nikander, I., Tammela, K. ja Kokka, E. P. 1970. *Käyttöveden puhdistus, jatkokäsittely ja valvontatoimenpiteet*, Helsinki: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus.

Powerflute Oyj, Savon Sellu 2012. a. Yrityksen www-sivut. [viitattu 29.3.2012]. Saatavissa: <http://www.powerflute.fi>.

Powerflute Oy Savon Sellu 2012. b. *Toimintaohje VOI-030*.

Sorvoja, J. RE: *Tiivisteveden suodatusjärjestelmä* [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Ville Kauhanen. Lähetetty 10.2.2012 [viitattu 21.3.2012]

Stendahl, K. P. *Vedenkäsittely käsikirja*, Kemira Kemi Ab.