

Elina Rissanen

TUOTANTOLAITOKSEN KÄYTTÖVESIMITTAROINNIN SELVITYS

TUOTANTOLAITOKSEN KÄYTTÖVESIMITTAROINNIN SELVITYS

Elina Rissanen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Energiatekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Elina Rissanen

Opinnäytetyön nimi: Tuotantolaitoksen käyttövesimittaroinnin selvitys

Työn ohjaajat: Timo Kalliomaa ja Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017 Sivumäärä: 38 + 1 liite

Atrian Nurmon tuotantotehdas on Suomen suurin lihavalmistajien tuottaja. Tuotantotehdas kuluttaa vettä suurimmaksi osaksi pesuvesinä tuotantotilojen ja laitteiden puhdistukseen. Veden käytön tehostamiseksi lähtökohta yrityksessä on nykytilanteen selkeä tunnistaminen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää käyttöveden mittaroinnin nykytilanne Atria Suomi Oyj:n Nurmon tuotantotehtaalla. Työssä tutkittiin laitoksen kiinteistönvalvonnan alaisuudessa olevia virtausmittareita. Virtausmittareiden fyysiset sijainnit selvitettiin tuotantolaitoksella, minkä jälkeen kartoitettiin vesilinjoja mittareille. Vesilinjojen oikeellisuutta vertailtiin dokumentointiin ja lopulta piirrettiin mittareista tikapuukaavio. Kaaviosta nähtiin mittareiden alamittaukset ja mittauksen mahdollinen vaikutusalue.

Päävesimittareille tehtiin tarkistusmittauksia kannettavalla ultraäänimittarilla. Saatuja tuloksia vertailtiin kiinteästi asennettujen mittareiden tuottamaan tietoihin sekä pohdittiin asennuksien vaikutusta saatuihin tuloksiin. Tarkistusmittauksien mittausepätaarkkuutena käytettiin ± 5 %:a. Työn edetessä rajattiin tarkempi tarkastelu sikalinjan lämpimien käyttövesien päämittauksiin.

Tarkistusmittauksista saatiin mittareiden oikeellisuudesta tämän hetkinen käsitys. Suurimalla osa mittareista oli alle 10 %:n suhteellinen virhe. Tulos oli hyvää tasoa, sillä mittauksissa mittausvirhettä syntyy aina. Kahdella pääveden virtausmittarilla oli selvästi virhettä enemmän, joten mittarit tulisi siirtää virtauksen kannalta parempaan paikkaan ja tarvittaessa uusia mittari. Sikalinjan päävesimittari todettiin mittauksilla kunnossa olevaksi, mutta +40 °C:n ja steriiliveden virtausmittarit tulisi korvata uudella virtausmittarilla, jotta kulutus saataisiin näyttämään oikein.

Energiatehokkuuden kannalta laitoksella tulisi päivittää vesilinjojen putkikuvat nykyhetkeen ja lähteä sitä kautta kehittämään veden kulutuksen vähentämistä tuotantolaitoksella.

Asiasanat: elintarviketeollisuus, energiatehokkuus, kestäväkehitys, vesi, veden kulutus, virtausmittari

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 ENERGIANHALLINTAJÄRJESTELMÄ	7
2.1 Energiasuunnittelu	7
2.2 Seuranta, mittaus ja analysointi	7
3 VEDEN KÄYTTÖ LAITOKSELLA	8
3.1 Sikalinjan käyttöveden tuotanto	9
3.2 Sikalinjan vesien kulutus	9
3.3 Sikalinjan mittarointi	10
4 MITTAUSLAITTEET TUOTANTOLAITOKSELLA	11
4.1 Sähkömagneettinen virtausmittari	12
4.2 Siipipyörävirtausmittari	14
4.3 Kannettava ultraäänimittari	14
4.4 Virtauksen häiriötekijät	16
5 MITTAUSPISTEET JA NIIDEN KÄSITTELY	18
5.1 Tuotantolaitoksen mittariasennuksia	18
5.2 Ultraäänimittarilla tehdyt tarkastusmittaukset	20
6 SIKALINJAN MITTAROINTI	22
6.1 Mittareiden asennus	23
6.2 Mittaustulokset	26
7 TULOSTEN ARVIOINTI	33
7.1 Mittauksien tarkkuus	33
7.2 Sikalinja	34
7.3 Kehityskohteita	35
8 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38

Liite 1 Mittari tikapuukaavio

1 JOHDANTO

Veden kulutukseen kiinnitetään yrityksissä huomioita entistä enemmän. Kansalliset ja kansainväliset energiasäästötavoitteet edellyttävät yrityksiä energiakustannusten seuraamiseen sekä niiden alentamiseen. Elintarviketeollisuudessa ominaista on runsas lämpimän veden kulutus. Entistä tärkeämmäksi korostuu vesimäärien mittaaminen kulutuspisteissä, jotta veden käytön määrää pystyttäisiin vähentämään.

Atria Tekniikka Oy on Atria Suomi Oyj:n tytäryhtiö, joka vastaa tuotantolaitoksen kunnossapidosta ja huollosta. Atria on suomalainen elintarvikealan yritys, joka on teurastamoteollisuuden markkinajohtaja. Atrian taival alkoi vuonna 1903, jolloin ensimmäinen liha-alan osuuskunta perustettiin Kuopioon. Atria työllistää tällä hetkellä noin 4 270 henkilöä Suomessa, Ruotsissa, Tanskassa, Virossa ja Venäjällä.
(1.)

Etelä-Pohjanmaalla Seinäjoella Nurmossa sijaitsee Atrian Suomen suurin lihateollisuuden keskittymä, Atrian lihakylä. Nurmon tuotantolaitoksella käsitellään siikoja ja broilereita teurastuksesta elintarvikkeisiin. Näiden lisäksi tehtaalta valmistetaan muitakin elintarvikkeita. Tehdasalueella sijaitsee logistiikkakeskus, jossa käsitellään Atrian Suomen kaikkien tuotantolaitosten tuotteet. (1.)

Nurmon tuotantotehdas käyttää tuotannon prosesseissa kylmää vettä ja lämmintä käyttövettä. Kylmää vettä tulee laitokselle kahdesta eri linjasta sekä paikasta: Lappavedeltä puhdistettua pohjavettä ja Nurmon vesilaitokselta pintavettä. Kylmää vettä käytetään koko laitoksessa suurimmaksi osaksi pesuvesiksi. Noin 6 % kylmästä vedestä käytetään tuotantoon suoraan. Lämmintä käyttövettä lämmitetään kolmeen lämpötilaan: +40 °C, +55 °C ja +85 °C. Lämmintä +40 °C:n ja +55 °C:n vettä käytetään pesuvedenä. +55 °C:n vettä hyödynnetään myös käyttövedenä ja +85-asteista käytetään sterilointivedenä lihanleikkausveitsille. Lämmin käyttövesi lämmitetään osittain lämmön talteenotoista saatavalla energialla ja loput tuotantolaitokselle tuotettavalla kaukolämmöllä.

Työssä oli tarkoituksena kartoittaa tämän hetkinen tilanne käyttöveden vesimittaroinissa. Tavoitteena oli rakentaa mittareista tikapuukaavio ja näin ollen selvittää vaikutusalueet ja mahdolliset lisämittaustarpeet. Käytännössä työssä selvitettiin tuotantolaitoksen vesimittareiden paikat ja vesilinjojen reitit mittauspisteisiin. Lisäksi työn aikana kartoitettiin päävesimittareiden oikeellisuutta kannettavan ulträänimittarin avulla ja tutkittiin mittareiden teknisiä asennuksia.

Työn edetessä tikapuu-kaavioon piirtämiseen, rajattiin opinnäytetyö sikalinjan alkuosaan. Sikalinjalla tarkoitetaan linjaa, jossa sika teurastetaan ja leikataan jatkokäsittelyyn.

2 ENERGIANHALLINTAJÄRJESTELMÄ

Energianhallintajärjestelmästä puhuttaessa tarkoitetaan kansainväliseen standardiin ISO 50001 perustuvaa tarkkailua. Standardin tarkoituksena on auttaa yrityksiä kehittämään järjestelmiä energiatehokkuuden parantamiseksi. Järjestelmä perustuu suunnittele-toteuta-arvioi-toimi-rakenteeseen. (2, s. 8.) Atria Oyj on mukana 2017 keväästä alkaen toteuttamassa omaa energianhallintajärjestelmäänsä. Veden mittaroinista saatavat tiedot ovat apuna järjestelmän suunnittelussa.

2.1 Energiasuunnittelu

Suunnittelun tärkein prosessi on energiakatselmuksien toteutus. Standardi määrää pidettäväksi energiakatselmuksia määritellyn ajan kuluttua. Kaikki menetelmät ja kriteerit on tällöin dokumentoitava. Katselmuksessa tulisi analysoida energiankäyttöä ja -kulutusta mittaus- tai muuhun tietoon perustuen. Lisäksi on tiedettävä energiakäytön alueet sekä tunnistettava mahdollisuus energiatehokkuustason parantamiseksi. (2, s. 22, 24.)

2.2 Seuranta, mittaus ja analysointi

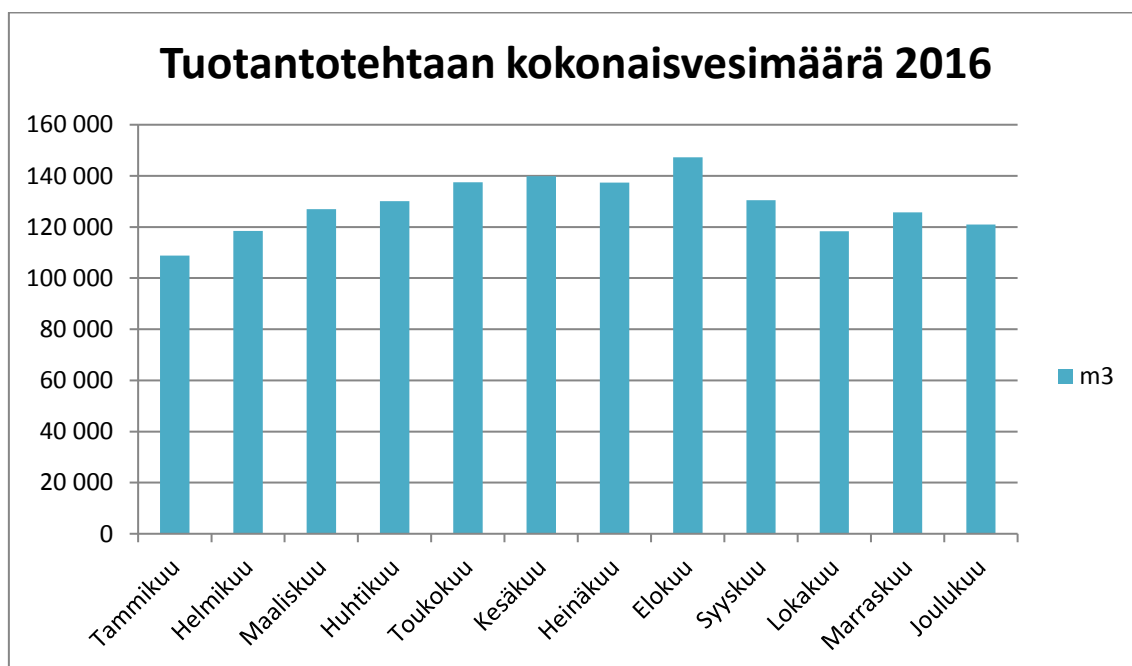
Yrityksen täytyy energiatehokkuustason kannalta seurata, mitata ja analysoida tärkeimpiä ominaisuuksiaan suunnitelluin aikavälein. Näiden ominaisuuksien tulee sisältää energian käytön tulokset, energian käyttöön vaikuttavat keskeiset muuttujat, tavoitteiden saavuttaminen ja todellisen sekä odotetun kulutuksen vertailu. Jotta näihin vaatimukseen pääsisi, tulee yrityksen määrittää säännöllinen katselmointi mittauksin. Mittauksissa käytettävien laitteiden kunto tulee ylläpitää, jotta tuotettava data on tarkkaa ja toistettavuus on mahdollista. (2, s. 28, 30.)

3 VEDEN KÄYTTÖ LAITOKSELLA

Vettä hyödynnetään raaka-aineena, liuottimena, jäähdytys- ja pesuaineena elintarviketeollisuudessa. Elintarviketeollisuudessa vedelle on säädely tarkat laatuvaatimukset. Vedessä voi olla haitallisia yhdisteitä, jotka pilaavat tuotteen. Tästä syystä veden laatu ja määrä ovat tärkeitä tekijöitä ruokateollisuudessa. (3.)

Suomessa voidaan maaperästä saada kahdenlaista vettä. Raakaveden lähde voi tuotantolaitoksella olla pohja- tai pintavesi. Pohjavesi on yleisesti paremman laatuista vettä kuin pintavesi. Pohjavedessä on vähemmän luonnosta peräisin olevia orgaanisia aineita, eikä siinä yleensä ole tautia aiheuttavia mikrobeja. (3.) Tämän vuoksi Nurmon tehtaalla ainoastaan pohjavettä ohjataan raaka-aineisiin. Atrian Nurmon tuotantolaitos saa pohjavetensä Lappavesi Oy:ltä, jonka toiminta tukeutuu elintarviketeollisuuden standardiin ISO 22000. (4.)

Nurmon tehdas kulutti vettä vuonna 2016 noin 1,5 miljoonaa kuutiota. Kulutus on tehtaalla suurimmillaan kesäaikaan. Tämä johtuu siitä, että tuotannon määrät kasvavat sekä laitoksen jäähdytyslaitteisto tarvitsee enemmän kylmää vettä. Kuvasta 1 nähdään kokonaisvesimäärien vaihtelut kuukausittain vuonna 2016.



KUVA 1 Nurmon tuotantotehtaan kokonaisvesimäärä vuonna 2016

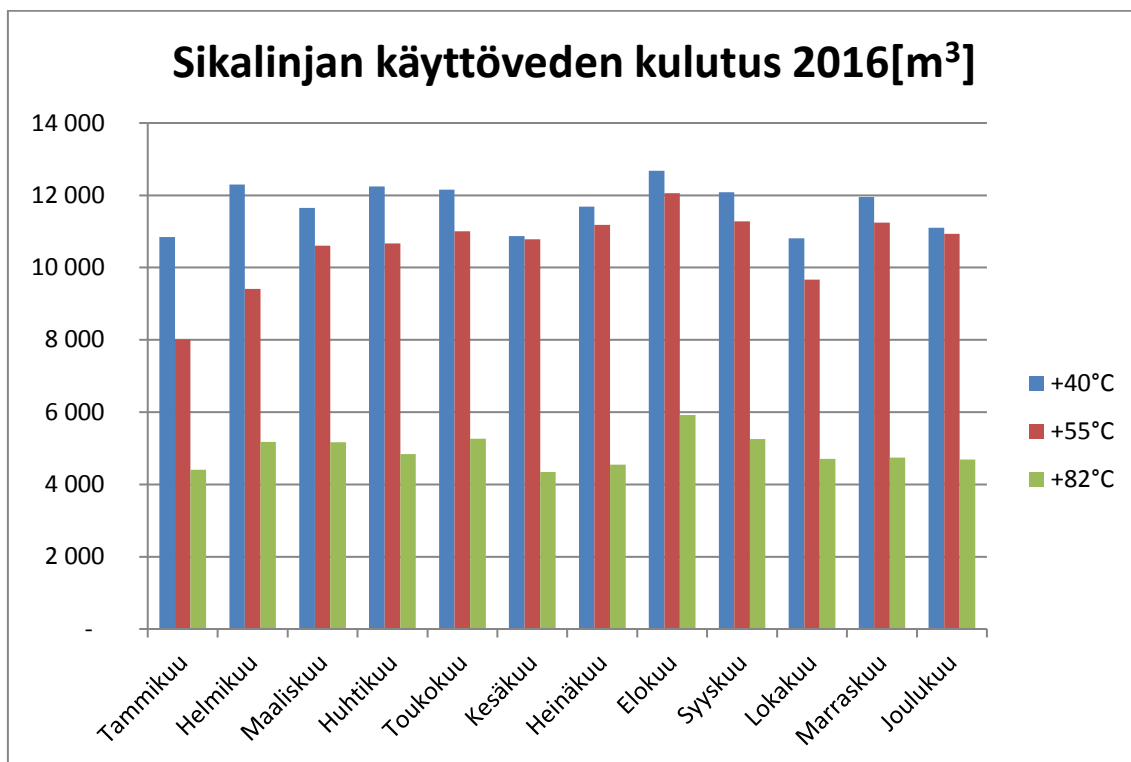
Tehtaan veden kulutuksia tutkittiin sikalinjan alkuosalta tarkemmin. Sikalinjan päävesimittarin kulutuksen raportointi ei vastannut kolmen alamittarin yhteistä kokonaiskulutusta. Virhettä lähdettiin tutkimaan ultraäänimittauksen avulla, jotta päästiin selville, mikä mittaus näyttää oikein ja mikä ei. Tuotantolaitoksen oma kannettava ultraäänimittari oli edellisen syksyn aikana todettu Inspectan tarkastuksissa hyväksi ja oikein näyttäväksi. Ultraäänimittarin tulokset antoivat virtausmittarin toiminnasta vakaan kuvan.

3.1 Sikalinjan käyttöveden tuotanto

Sikalinja käyttää kaikkia lämpimiä lämpötilatasoja. Lämmityksen ensimmäiseksi vaiheeksi kylmä vesi (~6 °C) esilämmitetään ilmavaihto-lämmitysverkostosta palaavalla lämpimällä vesivirtauksella. Tämän jälkeen se lämmitetään toisen kerran noin 20 °C:seen ammoniakkisiirtimiltä tulevalla lämmöllä. Kolmannen kerran vesi esilämmitetään karvanpoistosta saatavalla lämmöllä lämmönsiirtimen avulla. Jotta lopullisiin käyttölämpötiloihin päästään, vesi kiertää vielä kaukolämpösiirtimien lävitse.

3.2 Sikalinjan vesien kulutus

Sikalinjalle tulee kylmää vesilaitoksen pintavettä. Lämmityksien jälkeen saadaan kolmea lämpötilatasoa. Kuvasta 2 nähdään vuoden 2016 lämpimien käyttövesien kulutus kuutioina. Lämmintä +40-asteista ja 55-asteista vettä käytetään pääasiassa tuotantotilojen ja laitteiden pesuihin yöaikaan. Vesiä käytetään myös käsi- ja kasinpesuun, joita laitoksella hygieniasyistä on runsaasti. Yöpesujen vuoksi kaikkien lämpötilatasojen kulutus on runsasta.



KUVA 2 Sikalinjan käyttöveden kulutus vuonna 2016

3.3 Sikalinjan mittarointi

Sikalinjan mittaroinnin jakautuminen nähdään liitteestä 2, mittari-tikapuukaaviosta. Päävesimittari mittaa koko sikalinjan veden kulutusta. Tämän jälkeen mittarointi jakautuu kolmelle rinnan kytketylle mittarille, joista saadaan jokaisen lämpötilatason kokonaiskulutus.

Lämmin käyttövesi +40 °C mitataan vain kerran päävesimittauksella, minkä jälkeen se jakaantuu sikateurastamolle seitsemälle eri kustannuspaikalle. Kustannuspaikka ei ole fyysinen sijainti, vaan laskutukseen liittyvä taso. +55-asteinen lämmin käyttövesi jakautuu leikkaamolle ja kupalisulatukselle, missä ne mitaroidaan erikseen. Leikkaamon mittaus hajaantuu kolmelle rinnan kytketylle mittaukselle. Mittauspisteet ovat sulatusaltaille ja laatikkopakkaamolle sekä painepesuvedelle. +85 °C:n steriilivettä mitataan kerran päävesimittauksella. Sitä käytetään leikkaamossa ja teurastamossa lihanleikkuuveitsien sterilointiin.

4 MITTAUSLAITTEET TUOTANTOLAITOKSELLA

Vesimäärän mittaus on perustieto suunnittelu- ja käyttövaiheessa. Menetelmiä mittauksiin on kehitelty kenttäoloja sekä laboratorio-oloja varten. Veden mittauksissa yleiset hydrauliset suureet ovat virtaama, nopeus ja paine. Näitä suureita voidaan mitata magneettisilla, elektromagneettisilla tai ultraäänimittareilla. (5, s. 59.)

Veden määrän mittauksesta puhuttaessa tarkoitetaan virtausmittausta. Virtausmittauksella tarkoitetaan putkessa tai kanavassa virtaavan nesteen, kaasun tai höyryn virtausnopeuden, tilavuusvirran tai massavirran määrittämistä (6, s. 87). Virtaus pystytään mittaamaan tilavuus- tai massavirtauksena ja määrä puolestaan tilavuus ja massayksikköinä (5, s. 59).

Mittausten ja mittarien luotettavassa vertailussa tarvitaan mittauksien toistettavuutta ja tarkkuutta. Toistettavuudella tarkoitetaan mittarin valmiutta osoittaa samaa arvoa vallitsevissa olosuhteissa. Tarkkuus puolestaan osoittaa mittarin kykyä näyttää oikea arvo. Mittarit toimivat valmistajien antamien toiminta-alueiden mukaisesti. Mittarin toiminta-alue määräytyy ilmoitetusta tarkkuudesta ja toistettavuudesta (kaava 1). Mittarin valmistajat ilmoittavat mittausalueen esimerkiksi 1:5. (6, s.19–20)

$$\text{mittausalue} = \frac{\text{maksimiarvo}}{\text{minimiarvo}}$$

KAAVA 1

Käyttäjän tarkkuudesta ja mittavälineistä syntyy mittausvirhettä. Lopputulos saadaan mittaustuloksista laskettua yleensä jonkin matemaattisen kaavan avulla. Lopputulosta tarkastelemalla voidaan vertailla mittasuureiden lopullista virhettä ja näin ollen perustaa luotettavuus menetelmään. Mittarin suhteellisen mittausvirheen laskemiseen käytettiin kaavaa 2. Yksittäisen mittauksen tavoitteena voidaan suhteellisena tarkkuutena pitää $\pm 10 \%$:a. (6, s.19–20)

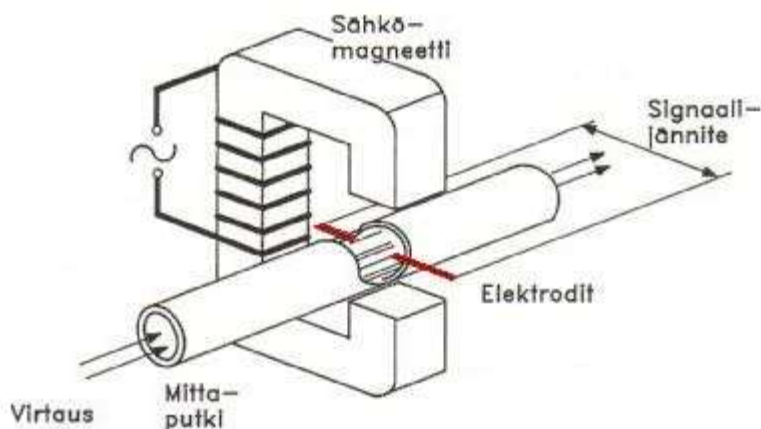
$$\text{suhteellinen virhe} = \frac{\text{virhe}}{\text{tulos}} * 100 \%$$

KAAVA 2

Tuotantotehdas käyttää Honeywell-kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Järjestelmään lähetetään mittauksista virtaviestiä, jota käytetään tiedon siirtoon. Tällöin mittaustietoja voidaan käsitellä samoissa tiedostoissa etäältä käsin. Sähköisissä viesteissä käytetään tasavirtaa, joka on 4...20 mA. Virtausmittarit lähettävät pulssin järjestelmälle aina kun kuutio virtaavaa nestettä on mennyt mittauksen läpi.

4.1 Sähkömagneettinen virtausmittari

Magneettisen virtausmittarin toiminta perustuu induktioperiaatteeseen, jossa johdin liikkuu magneettikentässä siirtäen magneettikentän voimaviivoja ja lopulta induusoiden jännitteen johtimeen (kuva 3). Syntyvä jännite pystytään mittaamaan eristetyn putken sisäpuolelta tai laidoilta elektrodien avulla. Magneettinen virtausmittari tarvitsee sähköä johtavan nesteen virtaavaksi aineeksi. (7, s. 76.)



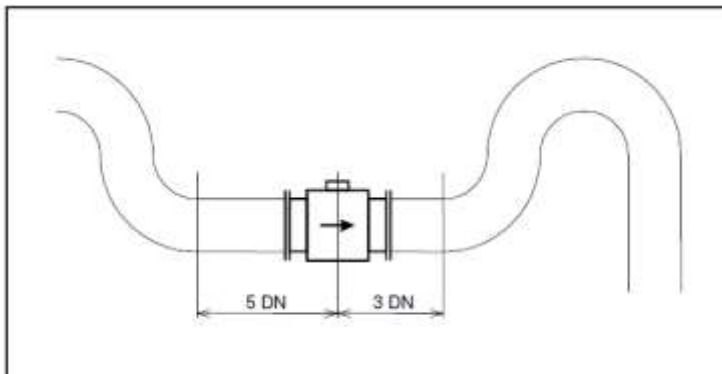
KUVA 3 Sähkömagneettisen virtausmittarin periaate (5, s. 76)

Tuotantotehdas käyttää muun muassa sikalinjalla Arkonin sähkömagneettisia virtausmittareita veden mittauksissa (kuva 4).



KUVA 4 Arkon virtausmittari

Arkonin ohjeissa määritettiin yleinen anturin sijainti putkeen nähden. Anturi tulisi sijoittaa suoralle putkiosuudelle, jossa suoraa putkea tulisi olla ainakin 5 kertaa putken halkaisijaan nähden ennen anturia ja kolme kertaa anturin jälkeen (kuva 5). Mittarin mittausalueeksi on ilmoitettu 0,1 m:stä /s 10 m:iin/s. Mittarin tarkkuudeksi valmistaja antaa $\pm 0,2$ %. (8.)



KUVA 5 Arkon virtausmittarin suoran putkiosuuden etäisyydet (8, s. 8)

4.2 Siipipyörävirtausmittari

Siipipyörämittareita käytetään veden kulutuksen mittaamiseen. Mittareissa virtaus pyörittää mittauskammiossa olevaa juoksupyörää, jolloin virtaus saa siipipyörän liikkeeseen ja poistuu rungon yläosassa olevista aukoista. Näitä mittareita kutsutaan mekaanisiksi virtausmittareiksi, sillä useimmiten mittari on varustettu mekaanisella laskijalaitteella. Siipipyörämittarit lähettävät pulssin automaatiojärjestelmään tietyn vesimäärän virrattua mittauksen läpi. (6, s. 95.) Siipipyörämittareita tuotantolaitoksella on enää käytössä vain muutama virtausmittauksissa (kuva 6).



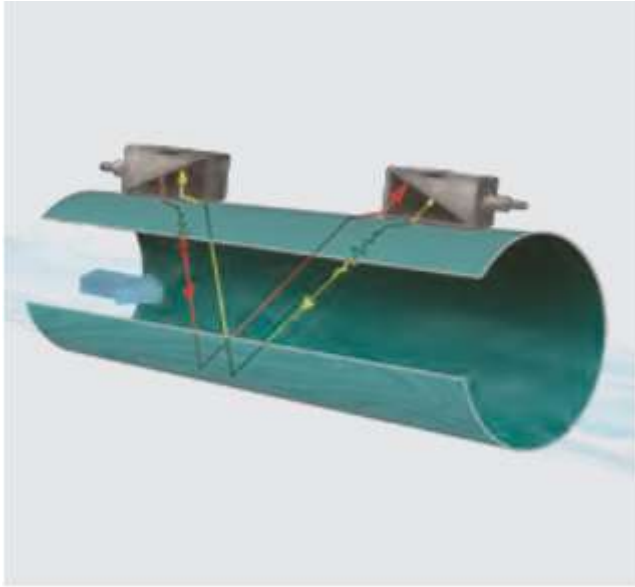
KUVA 6 Tuotantolaitoksen siipipyörävirtausmittari

4.3 Kannettava ultraäänimittari

Ultraäänimittauksella voidaan selvittää liikkuvan kohteen nopeus. Tarkasteltavassa nesteessä kohteeseen suunnattu ääni etenee materiaalissa värähtelynä. Taajuuden muuttuessa heijastuu ääni takaisin anturiin erilaisista epäjatkuuskohtista. (7, s. 81–82.)

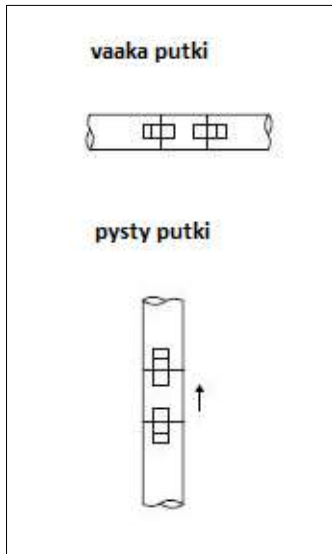
Kannettavaa Fleximin Fluxus F601 -virtausmittaria käytettiin mittaamaan virtaamaa putkesta. Mittauslaite perustuu yhden signaalin lähettämiseen virtaussuuntaan ja toisen vastavirtaan. Virtausnopeus saadaan kulkuajan erotuksena (kuva

7). Mittauslaitteeseen lisätään putkiparametrit ja mitattavan nesteen tiedot ennen mittauksen alkua. Putkiparametreilla, nesteen tiedoilla ja virtaavan aineen nopeudesta laite laskee tilavuusvirtauksen. (9.)



KUVA 7 Kannettavan ultraäänimittarin toimintaperiaate (9, s. 7)

Ultraäänimittauksen tarkkuuteen vaikuttavat olennaisesti mittarin sijoituspaikka ja mitattavan kohteen parametrien tunteminen. Mittarin valmistaja määrittelee ohjeissaan mittausantureiden sijainnin putken ulkopuolelle. Anturit asennetaan vaakaputkessa putken sivuosaan, jotta mahdolliset likahiukkaset ovat putken pohjalla eivätkä tällöin vaikuta signaaliin. Jos taas putki on pystyssä, tulee antureille valita paikka, jossa virtaus on ylöspäin ja putki täynnä virtaavaa ainetta (kuva 8).



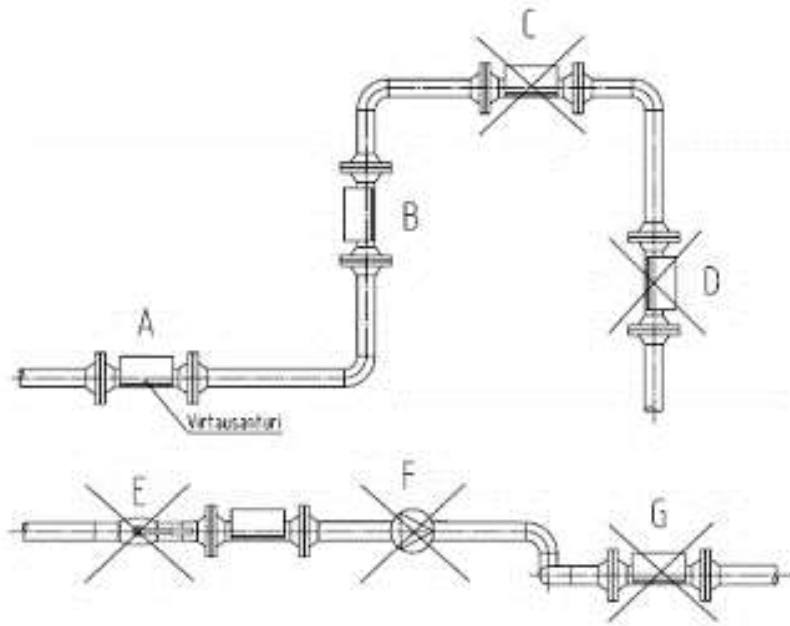
KUVA 8 Antureiden sijainti putkeen nähden (10, s. 17)

Virtauksen tulisi olla täysin kehittynyt antureiden kohdalla. Jotkut elementit putkistossa vaikuttavat virtauksen profiiliin. Näitä ovat muun muassa säätöventtiilit, takaiskuventtiilit, pumput, putkimutkat ja putki pienennykset. On tärkeää, että mittauspiste on valittu riittävän kauas häiriön lähteestä. Mittaustulos voidaan saavuttaa, vaikka suositeltava etäisyys ei täytyisi. Tällöin täytyy kuitenkin pohtia mittauksen tarkkuutta. Mittarin valmistaja Flexim antaa ultraäänimittarille 0,01 ... 25 m/s virtaamalla $\pm 1,6$ %:n lukemasta mittaustarkkuuden $\pm 0,01$ m/s. (9.) Valmistajan mittaustarkkuuteen on mahdoton päästä kenttämittauksilla, sillä mittauksissa tapahtuu aina virhettä. Mittauksen epävarmuudeksi arvioitiin ± 10 %:n virhe mitausta kohden.

4.4 Virtauksen häiriötekijät

Fluidin virtausprofiili vaikuttaa mittaustarkkuuteen. Useat häiriölähteet kuten venttiilit ja putkikulmat aiheuttavat virtausprofiilin muutoksen. Tällöin mittarin ja häiriölähteen välillä täytyy olla riittävä etäisyys virtauksen stabiloitumiseksi. Kuvassa 9 on esitetty virtausanturille sopivia ja epäsopivia asennuspaikkoja. Kuva on otettu kaukolämmön mittaussuosituksista ja sitä voidaan soveltaa vesilinjoiille tuotanto-

laitoksella. Kuvassa E- ja G-kirjaimilla esitetyt pisteet ovat nähtävissä tuotantolaitoksella monessa asennuksessa. E-piste kehottaa, ettei juuri ennen virtausanturia saisi olla sulkuventtiiliä, tai ainakin matkaa tulisi olla 10 kertaa putkikokoon nähden. G-pisteessä puolestaan anturia ei saa asentaa liian lähellä kahta erita-soista putkimutkaa.



KUVA 9 Virtausmittarin asennuspaikka (11, s. 41)

5 MITTAUSPISTEET JA NIIDEN KÄSITTELY

Tuotantolaitoksen vesimittarit kierrettiin työn ensimmäisenä vaiheena läpi. Mittareiden sijainnit laitoksella merkattiin pohjakuviin ja samalla tutkittiin putkiosuuk-sien kulkua päävesilinjoista mittareille. Mittareiden sijainneista piirrettiin tikapuu-kaavio, josta nähtiin virtausmittareiden sidonnaisuudet toisiinsa (liite 1). Mittari-kaavion piirtämisen jälkeen varmistettiin kaavion oikeellisuutta muutamaan ker-taan, jotta työtä pystyttiin jatkamaan. Työssä tarkasteltiin mittareiden asennuksia ja koottiin tekniset tiedot ylös tietokantaan.

5.1 Tuotantolaitoksen mittariasennuksia

Mittarin asennuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota asennuspaikkaan. Joissakin asennuksissa mittari oli sijoitettu hyvin vaikeasti esimerkiksi tuotantotilojen kat-toon tai katon välitilaan, missä mittarin huolto- ja tarkastaminen oli vaikeaa. Suu-rimmaksi osaksi mittarit oli asennettu selkeisiin paikkoihin ja kohtalaisen hyvälle työskentelyetäisyydelle. Huomiota kiinnitettiin asennuspaikassa mittarin lähellä oleviin häiriötekijöihin. Yhtään mittaria ei ollut asennettuna väärään kulmaan, las-kevaan putkeen tai niin, että pumppu olisi ollut ennen mittausta. Ainoat huomiot kiinnittyivät takaisku- ja sulkuventtiileiden etäisyyksiin mittariin nähden. Harvassa tällaisessa asennuksessa täytyi ehto, jossa asennus olisi tehty kymmenkertai-sesti putkikokoon nähden kauemmas mittauksesta (kuva 9).

Esimerkiksi kuvassa 10 on asennettu laitoksen kaupungin veden päävesimittari erittäin huonosti. Mittarin molemmin puolin on putkimutkat ja juuri ennen mittaria sulkuventtiili. Suoraa putkiosuutta ei käytännössä ole laisinkaan, mikä voisi ta-saannuttaa virtauksen ennen anturia. Myöhemmin luvussa 5.2 nähdään taulu-kosta 1 mittarin epätarkkuus.



KUVA 10 Pintaveden päävesimittari

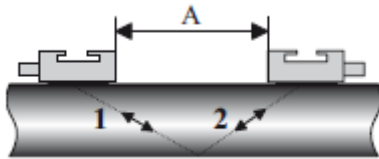
Toiseksi kuvaksi valittiin Chickin virtausmittari (kuva 11). Tämä mittari myös tarkistusmitattiin ultraäänimittarilla, koska ennen mittaria on silmin nähden häiriötekijöitä. Ennen mittausta olevat putkisupistukset ja venttiili vaikuttivat mittaustulokseen. Tarkistusmittaustuloksen virheprosentti on kuitenkin suhteellisen pieni monen häiriötekijään nähden.



KUVA 11 Chickin virtausmittari

5.2 Ultraäänimittarilla tehdyt tarkastusmittaukset

Ultraäänimittarilla tarkastettiin laitoksen päävesimittareita. Ultraäänimittari sijoitettiin parhaaseen mahdolliseen paikkaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Jotta mittaus onnistui, täytyi jokaisessa mittauksessa poistaa putken päältä eriste. Ensimmäiseksi putki puhdistettiin, minkä jälkeen mitattiin ultraäänimittariin kuuluvalla anturilla putken paksuus. Tämän jälkeen mitattiin mittanauhalla putken ulkohalkaisija ja tiedot syötettiin mittalaitteen parametreihin. Parametreihin lisättiin lisäksi putken materiaali, karheus, virtaava fluidi ja sen lämpötila. Veden lämpötilaksi arvioitiin kuusi astetta, eikä putken sisäpinnalle ajateltu olevan karheutta. Parametrien lisäyksen jälkeen siirryttiin mittausvaiheeseen. Antureiden johdin kiinnitettiin mittalaitteeseen. Tietoihin lisättiin vielä ultraääniaaltojen lukumäärä, jonka laite lähetti putkeen. Tähän valittiin parillinen luku, jolloin anturit voitiin asettaa samalle puolelle putkea vierekkäin (kuva 12). Nyt laite laski antureiden välisen etäisyyden ja anturit pystytettiin kiinnittämään putken ulkopinnalle.



KUVA 12 Antureiden etäisyys toisiinsa ja signaalin kulku (10, s. 48)

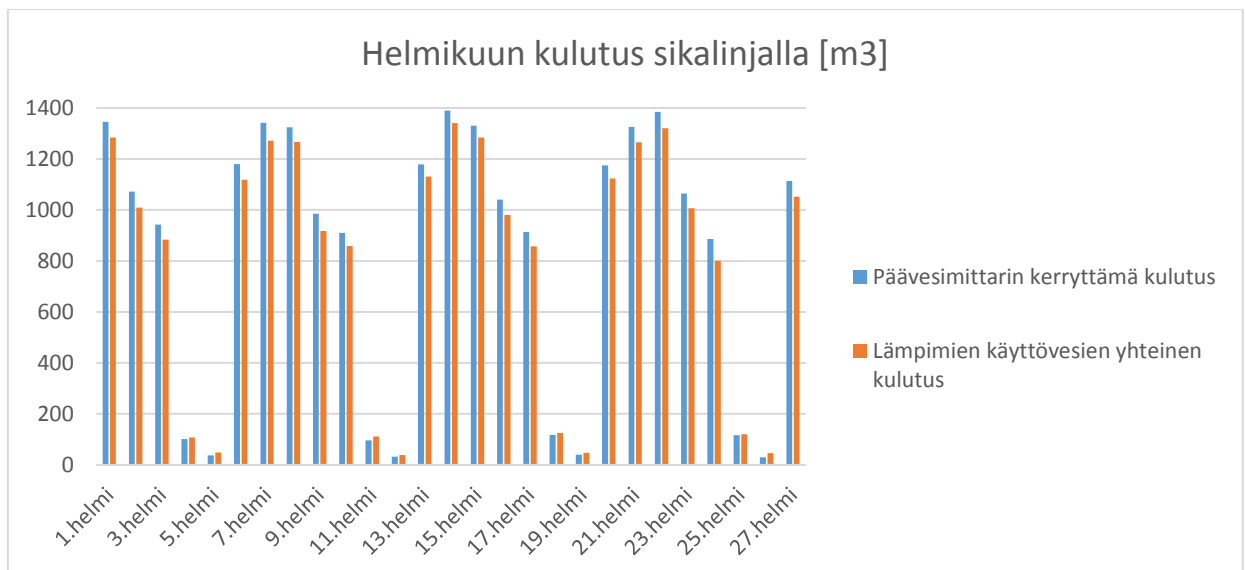
Mittaus suoritettiin yhden täysinäisen päivän ajanjaksona, jolloin saatiin mittarin läpi kulkeutunut vesimäärä kuutiona. Tulosta verrattiin automaatiojärjestelmästä saatavaan tietoon ja laskettiin kaavalla 2 suhteellinen virheprosentti kiinteälle mittarille. Mittaus toistettiin 10 mittarille käyttäen kunkin mittauspisteen parametreja. Mittaustuloksista koottiin taulukko 1.

TAULUKKO 1 Tarkistusmittauksista saadut tulokset sekä suhteellinen virheprosentti

	Mittari	Mittauspäivä	Fleximin laskema kulutus [m ³]	Mittarin laskema kulutus [m ³]	Virhe- prosentti [%]
siipikarja	81 VM	torstai	421	418	-0,6
rehu	6640 VM	lauantai	216	161	-34
pakkasvarasto	9150 VM1	tiistai	1930	1862	-3,7
chick	15121 VM20	lauantai	62,2	65,9	11
logistiikka 1	14121 VM20	torstai	14,13	12,9	-9,5
logistiikka 2	16121 VM20	tiistai	21,05	19,4	-8,5
sikalinja	1204 VM1	maanantai	1175	1179	0,3
sikalinja +85	1206 VM2	torstai	184	117	-57
sikalinja +55	1208 VM3	tiistai	500	530	5,7
sikalinja +40	1210 VM4	perjantai	220,2	280	21

6 SIKALINJAN MITTAROINTI

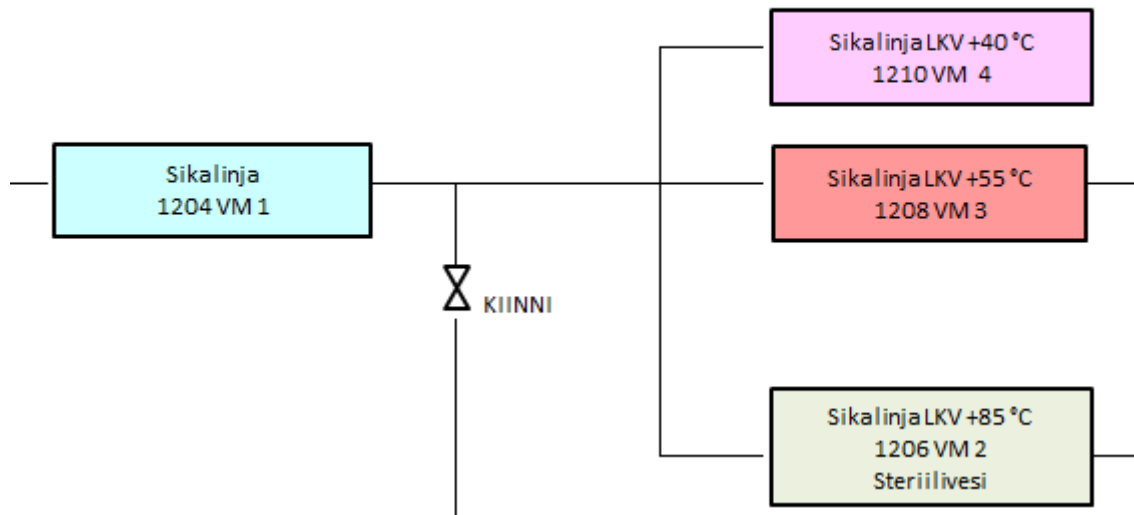
Sikalinjan mittarointia tarkastettiin Flexim-ultraääni-pantamittarilla, jolla haluttiin varmistaa kiinteiden mittareiden oikeellisuutta pantamittarin avulla. Lähtökohtana oli, että jokin tai kaikki mittarit näyttävät väärin, sillä raportoinnista puuttui tasaisesti veden kulutusta. Kuvasta 13 nähdään helmikuun kulutus kuutioina. Kuvassa esitetään päävesimittarin kerryttämä kulutus ja kolmen lämpimän käyttöveden yhteiskulutusta. Sikalinjan päävesimittarin läpi kulkee kaikki lämpimät vedet, jolloin tähän kertynyt vesimäärä tulisi vastata kolmen alamittaroinnin yhteiskulutusta. Raportoinnilla tarkoitetaan tietojärjestelmään kertynyttä kulutusdataa mitauspisteiltä. Vaikka päävesimittarin ja lämpimien käyttövesien yhteiskulutuksen ero prosentteina ei ole viikolla kuin noin 5 %:n luokkaa, on kulutus kuitenkin kuutioina merkittävä. Raportoinnin perusteella jaetaan veden kulutusta osastoittain laskuttamisvaiheessa, joten mikäli mittarin kulutus ei vastaa raportoinnin kulutusta, laskutetaan tällöin väärää loppukäyttäjää.



KUVA 13 Sikalinjan helmikuun kokonaisveden kulutus kuutioina

Mittaukset suoritettiin samalla tavoin ultraäänimittarilla kuin muillekin päävesimittareille. Ultraääni-pantamittari pyrittiin asentamaan parhaaseen paikkaan lämmönjakokeskuksella, jossa kaikki neljä kiinteää mittaria sijaitsi. Ensimmäinen aloitettiin

päävesimittarista, jonka läpi kaikki vesi virtaa sikalinjalle. Tämän jälkeen mittaroi-
tiin kolme muuta lämpimän käyttöveden mittaria. (Kuva 14.)



*KUVA 14 Sikalinjan mittareiden tikapuukaavion alkuosa, johon tarkistusmittauk-
set kohdistuivat*

6.1 Mittareiden asennus

Sikalinjan päävesimittari on asennettu DN125-kokoiseen putkeen, jossa on kaksi sulkuventtiiliä ennen ja jälkeen mittaroinnin sekä putkisupistus ennen mittaria (kuva 15).



KUVA 15 Sikalinjan päävesimittari

Suoraa putkea ennen mittarin anturia, jossa virtaus pystyisi venttiiliin ja supistuksen jälkeen tasaantumaan, täytyisi olla 0,63 m. Samoin mittarin jälkeen tulisi olla 0,38 m suoraa putkea. Nämä mitat saatiin mittarin valmistajan asennusohjeista, joka on suoraan verrannollinen putkikokoon (kuva 5). Taulukosta 2 nähdään mittareiden putkikoko ja suoran putkiosuuden suositusmitta sekä tämän hetkinen toteutuminen. Taulukosta nähdään, että suoran putkiosuuden etäisyys täyttyy kaikissa muissa mittauspaikeissa paitsi päävesimittarin ja +40 asteen lämpötilan kohdalla virtausmittarin jälkeen.

TAULUKKO 2 Suoran putkiosuuden mitta metreinä enne- ja jälkeen virtausmittarin

mittari	putkikoko DN [mm]	etäisyys		toteutuva etäisyys	
		ennen 5xDN [m]	jälkeen 3xDN [m]	ennen [m]	jälkeen [m]
päävesi	125	0,63	0,38	1,00	0,20
+40 °C	100	0,50	0,30	0,55	0,20
+55 °C	80	0,40	0,24	0,53	0,40
+85 °C	80	0,40	0,24	0,65	0,37

+40 °C:n lämpimän käyttöveden virtausmittari oli asennettu lämmönjakohuoneessa virtauksen kannalta haastavaan paikkaan. Kuvasta 16 nähdään mittarin paikka ja virtaussuunta on esitetty nuolen avulla. Ennen mittaria on asennettu takaiskuventtiili ja lisäksi ennen venttiiliä on kaksi mutkaa.



KUVA 16 Sikalinjan +40 °C virtausmittari

Ennen ja jälkeen +55 asteen virtausmittaria suosituspituus suoraa putkea täyttyy. Virtausmittarin valmistaja esittää vain suoran putkiosuuden mitan ennen ja jälkeen mittarin mutta ei ota kantaa häiriötekijöiden etäisyyksiin. Valmistaja mainitsee, että mittauksen eteen ei saisi asentaa venttiiliä, joten on vaikea arvioida ennen mittausta olevien putkisupistuksien ja takaiskuventtiilin vaikutusta suoraan mittaustulokseen. (Kuva 17.)



KUVA 17 Sikalinjan +55 °C virtausmittari

Steriiliveden virtausmittari oli silmällä katsoen asennettu heikkoon paikkaan (kuva 18). Kuitenkin taulukosta 2 huomataan, että suoran putkiosuuden mitat täyttyvät molemmilla puolilla mittaria. Putken mutkien, muuttuva putken korkeusero ja takaiskun mahdollinen vaikutus mittariin selvitettiin tarkistusmittauksella.



KUVA 18 Sikalinjan steriiliveden (+85 °C) virtausmittari

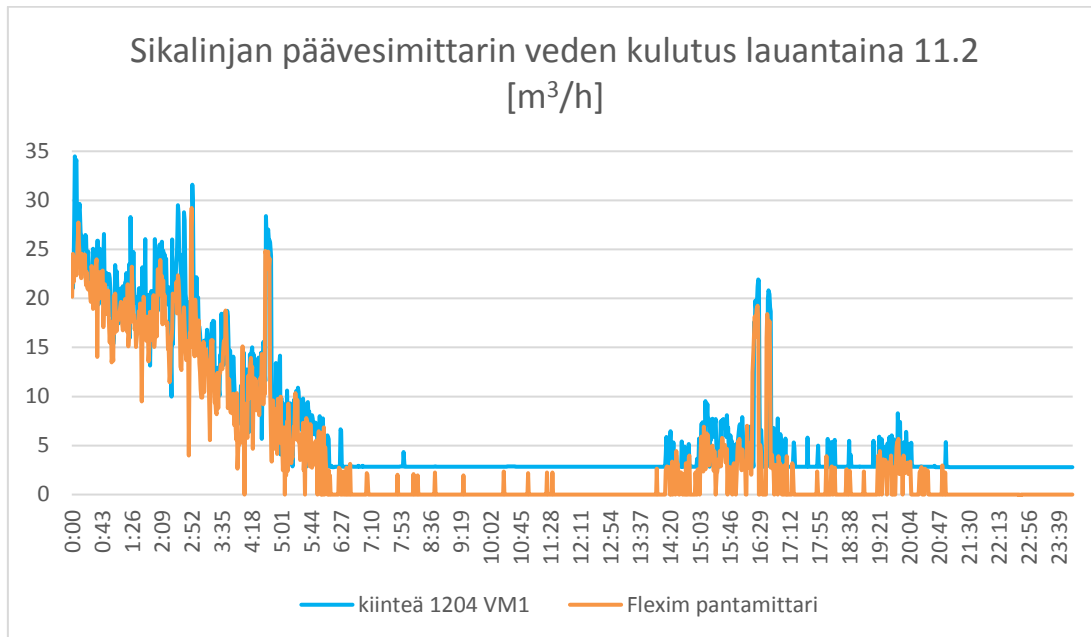
6.2 Mittaustulokset

Kaikille neljälle mittarille saatiin ultraäänimittari sijoitettua parempaan paikkaan verrattuna kiinteästi asennettuihin mittareihin. Kaikille mittauksille laskettiin suhteellinen virheprosentti (taulukko 3), jotta ymmärrettiin helpommin mittarin tuomaa virhettä.

TAULUKKO 3 Suhteellinen virhe prosentteina sikalinjan mittareille laskettu kaavalla 2.

mittari	suhteellinen virhe [%]
päävesi	0,3
+40 °C	21
+55 °C	5,7
+85 °C	-57

Päävesimittarin tarkistusmittaus voitiin asentaa pitkälle suoralle putkiosuudelle mittarin jälkeen. Mittaus suoritettiin perjantaista tiistaihin, jotta saatiin ainakin yhden arkipäivän kulutustieto kokonaan. Arkipäivän ja viikonlopun tietoja voitiin verrata kiinteistöautomaatiojärjestelmän antaman raportin kulutustietoihin. Viikonlopun ylitse tapahtuneesta mittauksesta huomattiin, että kiinteästi asennettu mittari havaitsi virtausta, vaikka pantamittari ei havainnut. Kulutuksen seurannasta piirrettiin Excel-taulukon avulla kulutuskäyrä (kuva 19). Kuvasta nähtiin, että mittarin nollakohta on noin kaksi kuutiota. Virheeksi tätä ei kuitenkaan voi sanoa, sillä mittarin valmistaja on määritellyt virtausmittarille mittausalueen, joka rajoittuu 2,2 kuutioon. Tämä varmistettiin kytkemällä tietokone virtausmittariin kiinni, jolloin tietokone näytti mittarille cutoff-asetuksen kohdalle 2,21 m³. Automaatiojärjestelmästä tutkittiin virtausmittarin hetkelliskulutuksia ja päiväkohtaisia kulutuksia, jotta saatiin selville, kertyikö pulssitietoja järjestelmään virtauksen ollessa cutoff-alueella. Tarkastelun jälkeen huomattiin, ettei virtaus cutoff-alueella lisännyt kokonaiskulutusta järjestelmään.



KUVA 19 Sikalinjan päävesimittarin veden kulutus yhden päivän ajalta kuutioina tuntia kohden

Mittarille laskettiin saatujen päiväkohtaisten kokonaiskulutuksien avulla suhteellinen virheprosentti kaavalla 2. Virhe laskettiin raporteista saatavan lauantain kulutustiedon ja pantamittarin kertymän erotuksena. Virheeksi saatiin $-2,54\%$. Suhteellinen virhe laskettiin vertailuksi myös maanantain kulutustietojen avulla, jolloin veden kulutus on suurempaa suurien yö pesujen vuoksi. Tällöin saatiin virheprosentiksi $0,33\%$.

$$\text{suhteellinen virheprosentti}_{\text{lauantai}} = \frac{(96 - 98)m^3}{96m^3} * 100\% = -2,54\%$$

$$\text{suhteellinen virheprosentti}_{\text{maanantai}} = \frac{(1179 - 1175)m^3}{1179m^3} * 100\% = 0,33\%$$

Pantamittarin kiinnittäminen oli $+40\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilalle haastavaa. Pitkää putki-
osuutta ei ollut, missä virtaus olisi varmasti rauhoittunut. Pantamittari kiinnitettiin
mittarin jälkeen pisimmälle mahdolliselle putkiosuudelle, mutta suora osuus ei

täysin täytännyt Fleximin valmistajan antamia etäisyyksiä. Mittaus kuitenkin suoritettiin torstaista maanantaihin, jolloin saatiin samalla arkipäivän ja viikonlopun veden kulutustieto kokonaan. Kulutustiedoista laskettiin kiinteälle mittarille suhteellinen virheprosentti perjantain kulutuksesta. Virheprosentiksi saatiin 21. Tätä virhettä tulee tarkastella kriittisesti tarkistusmittauksen paikan vuoksi.

Lämpimän käyttöveden +55 °C:n ja steriiliveden virtausmittareille saatiin ultraäänimittari sijoitettua parhaalle mahdolliselle paikalle. Mittaukset suoritettiin samalla tavoin kuin aikaisemmat mittaukset ja ultraäänimittarin keräämää tietoa vertailtiin kiinteään mittarin antamaan kulutukseen. Molemmille lämpötiloille laskettiin suhteellinen virhe kaavalla 2. Taulukosta 3 nähdään mittareiden suhteelliset virheet kiinteään mittariin nähden.

Mittaustulokset osoittivat, että pääveden virtausmittari toimii oikein, koska mittarin virheprosentti pysyi pienenä. Lämpimien vesien mittareissa puolestaan oli suuria eroja. Sikalinjan veden kulutusta kuvaa taulukko 4. Taulukosta nähtiin päävesimittariin kertynyt vesimäärä sekä kolmen lämpimän käyttöveden yhteiskulutus. Kolmantena sarakkeeseen laskettiin näiden kahden erotus.

TAULUKKO 4 Sikalinjan veden kulutus kuutioina päivää kohden helmikuussa

Helmikuun kulutus sikalinjalla [m3]

	Päävesimittarin kerryttämä kulutus	Lämpimien käyttövesien yhteinen	ero
1.helmi	1346	1284	62
2.helmi	1072	1009	63
3.helmi	942	883	59
4.helmi	101	108	-7
5.helmi	37	49	-12
6.helmi	1180	1118	62
7.helmi	1342	1272	70
8.helmi	1324	1267	57
9.helmi	985	918	67
10.helmi	910	859	51
11.helmi	96	111	-15
12.helmi	32	39	-7
13.helmi	1179	1131	48
14.helmi	1390	1340	50
15.helmi	1331	1284	47
16.helmi	1041	980	61
17.helmi	914	857	57
18.helmi	118	125	-7
19.helmi	40	48	-8
20.helmi	1175	1123	52
21.helmi	1326	1265	61
22.helmi	1385	1320	65
23.helmi	1064	1007	57
24.helmi	886	801	85
25.helmi	117	120	-3
26.helmi	30	46	-16
27.helmi	1113	1052	61

Taulukossa 5 on lämpimille vesille helmikuun päivittäinen kulutus. Toisessa sarakkeessa laskettiin virheen aiheuttama muutos jokaiselle lämpötilalle ja kolmannessa sarakkeessa laskettiin helmikuun aikana kulunut todellinen veden määrä summaamalla kaksi edellistä saraketta yhteen.

TAULUKKO 5 Lämpimän käyttöveden kulutus helmikuussa, virheen aiheuttama muutos sekä lisäys.

	Helmikuun kulutus [m ³]			Virheprosentin aiheuttama muutos [m ³]			Helmikuun todellinen kulutus [m ³]		
	+40	+55	+85	+40	+55	+85	+40	+55	+85
				(21%)	(5,7%)	(-57%)			
1.helmi	501,0	542,0	241,0	105,2	30,9	-137,4	606,2	572,9	103,6
2.helmi	426,0	434,0	149,0	89,5	24,7	-84,9	515,5	458,7	64,1
3.helmi	337,0	396,0	150,0	70,8	22,6	-85,5	407,8	418,6	64,5
4.helmi	43,0	65,0	0,0	9,0	3,7	0,0	52,0	68,7	0,0
5.helmi	43,0	6,0	0,0	9,0	0,3	0,0	52,0	6,3	0,0
6.helmi	452,0	422,0	244,0	94,9	24,1	-139,1	546,9	446,1	104,9
7.helmi	496,0	536,0	240,0	104,2	30,6	-136,8	600,2	566,6	103,2
8.helmi	489,0	527,0	251,0	102,7	30,0	-143,1	591,7	557,0	107,9
9.helmi	345,0	410,0	163,0	72,5	23,4	-92,9	417,5	433,4	70,1
10.helmi	306,0	404,0	149,0	64,3	23,0	-84,9	370,3	427,0	64,1
11.helmi	48,0	63,0	0,0	10,1	3,6	0,0	58,1	66,6	0,0
12.helmi	35,0	4,0	0,0	7,4	0,2	0,0	42,4	4,2	0,0
13.helmi	453,0	439,0	239,0	95,1	25,0	-136,2	548,1	464,0	102,8
14.helmi	523,0	572,0	245,0	109,8	32,6	-139,7	632,8	604,6	105,4
15.helmi	499,0	532,0	253,0	104,8	30,3	-144,2	603,8	562,3	108,8
16.helmi	384,0	441,0	155,0	80,6	25,1	-88,4	464,6	466,1	66,7
17.helmi	347,0	364,0	146,0	72,9	20,7	-83,2	419,9	384,7	62,8
18.helmi	53,0	72,0	0,0	11,1	4,1	0,0	64,1	76,1	0,0
19.helmi	41,0	7,0	0,0	8,6	0,4	0,0	49,6	7,4	0,0
20.helmi	449,0	420,0	254,0	94,3	23,9	-144,8	543,3	443,9	109,2
21.helmi	493,0	527,0	245,0	103,5	30,0	-139,7	596,5	557,0	105,4
22.helmi	534,0	541,0	245,0	112,1	30,8	-139,7	646,1	571,8	105,4
23.helmi	396,0	455,0	156,0	83,2	25,9	-88,9	479,2	480,9	67,1
24.helmi	295,0	373,0	133,0	62,0	21,3	-75,8	357,0	394,3	57,2
25.helmi	50,0	70,0	0,0	10,5	4,0	0,0	60,5	74,0	0,0
26.helmi	43,0	3,0	0,0	9,0	0,2	0,0	52,0	3,2	0,0
27.helmi	430,0	397,0	225,0	90,3	22,6	-128,3	520,3	419,6	96,8

Nyt voitiin vertailla kokonaiskulutustietoja keskenään (taulukko 6). Taulukossa ensimmäisessä sarakkeessa on raportointiin kertynyt lämpimän käyttöveden kokonaiskulutus ja toisessa aikaisemmin taulukosta 5 todellisten kulutuksien lämpötilojen summa. Kolmannessa sarakkeessa on kahden ensimmäisen erotus ja erotuksen avulla on laskettu suhteellinen virheprosentti käyttämällä vertailuarvona raportointiin kertynyttä kulusta eli saraketta yksi. Nähdään, että virtausmittareiden virheen kompensoivat melko hyvin toisiaan. Arkipäivinä päästään alle 2 %:n suhteelliseen virheeseen, mikä on hyvä tulos. Viikonloppuisin, jolloin veden kulutus on pienimmillään virhe kasvaa. Tästä voidaan päätellä, että virtausmittareiden suurin virhe tapahtuu pienillä kulutuksilla.

TAULUKKO 6 Lämpimän käyttöveden tulokset.

	LKV yhteensä [m ³]	laskennalla saatu LKV yhteensä [m ³]	LKV erotus [m ³]	LKV suhteellinen virhe%
1.helmi	1284	1283	1	0,1
2.helmi	1009	1038	-29	-2,9
3.helmi	883	891	-8	-0,9
4.helmi	108	121	-13	-11,8
5.helmi	49	58	-9	-19,1
6.helmi	1118	1098	20	1,8
7.helmi	1272	1270	2	0,2
8.helmi	1267	1257	10	0,8
9.helmi	918	921	-3	-0,3
10.helmi	859	861	-2	-0,3
11.helmi	111	125	-14	-12,3
12.helmi	39	47	-8	-19,4
13.helmi	1131	1115	16	1,4
14.helmi	1340	1343	-3	-0,2
15.helmi	1284	1275	9	0,7
16.helmi	980	997	-17	-1,8
17.helmi	857	867	-10	-1,2
18.helmi	125	140	-15	-12,2
19.helmi	48	57	-9	-18,8
20.helmi	1123	1096	27	2,4
21.helmi	1265	1259	6	0,5
22.helmi	1320	1323	-3	-0,3
23.helmi	1007	1027	-20	-2,0
24.helmi	801	808	-7	-0,9
25.helmi	120	134	-14	-12,1
26.helmi	46	55	-9	-20,0
27.helmi	1052	1037	15	1,5

7 TULOSTEN ARVIOINTI

Päävesimittareiden mittauksilla haluttiin tietää mittareiden nykyinen tila, missä selvitettiin mittarin asennuspaikka ja mittauksen oikeellisuus. Tämän kokoisessa laitoksessa täytyi muistaa, etteivät kaikki mittalaitteet voineet olla täysin tarkkoja ja uusia. Vanhoja mittareita korvattiin uusilla koko ajan mutta rajallisesti. Tuotantolaitokselle täytyy tehdä katselmointeja raportointiin perustuen ISO 50001:n. Mikäli raportointi ei vastaa veden käyttöä on vaikea kehittää ja vähentää veden kuluusta.

Työn aikana esille tuli mittava putkiverkosto tuotantolaitoksella. Olemassa oleva putkisto ei vastannut dokumentoitua putkiverkostoa. Tämä vaikeutti verkoston kokonaisuuden hahmottamista ja mittareille kulkevien putkien selvitystä. Työ toteutettiin seuraamalla putkilinjoja kävellen ympäri tuotantolaitosta. Mittareiden sijainnit merkittiin käsin paperisiin pohjakuviin ja samalla tarkistettiin mittareiden tiedot tietokannasta paikkansa pitäviksi.

7.1 Mittauksien tarkkuus

Mittauksissa on aina epävarmuutta, johon vaikuttavat muun muassa mittausvälineet ja menetelmät, mittausten suorittaja ja mittauksen kohde. Tässä työssä mittausepä-tarkkuutta aiheuttaa Flexim-mittauslaite, mittanauhalla mitattava putken halkaisija, mittalaitteen kiinnityspaikka ja mittauksen suorittaja. Mittausepä-tarkkuudeksi voidaan kokonaisuudessa ajatella ± 5 % saadusta mittaustuloksesta. Mikäli kiinteän mittarin kokonaiskokonaiskulutus sopii tähän asteikolle, voidaan todeta, että kiinteä mittari mittaa oikein. Taulukosta 7 nähdään mittaustuloksien mittausepä-tarkkuus sekä punaisella tummennettuna mittarit, jotka eivät sijoitu ± 5 %:n rajan sisälle.

TAULUKKO 7 Mittausepä-tarkkuus

Mittari	Mittausepä-tarkkuus -5% [m ³]	Fleximin laskema kulutus [m ³]	Mittausepä-tarkkuus 5 % [m ³]	Mittarin laskema kulutus [m ³]
81 VM	400,0	421	442,1	418
6640 VM	205,2	216	226,8	161
9150 VM1	1833,5	1930	2026,5	1862
15121 VM20	59,1	62,2	65,3	65,9
14121 VM20	13,4	14,13	14,8	12,9
16121 VM20	20,0	21,05	22,1	19,4
1204 VM1	1116,3	1175	1233,8	1179
1206 VM2	174,8	184	193,2	117
1208 VM3	475,0	500	525,0	530
1210 VM4	209,2	220,2	231,2	280

7.2 Sikalinja

Sikalinjan tarkistusmittauksissa saatiin selville, että päävesimittari näyttää oikein mutta lämpimien käyttövesien mittarit eivät. Suurin virhe tapahtui +85 °C:n lämpötilassa, jossa virhettä oli kiinteään mittariin nähden –57 %, mittari siis mittasi liian vähän. +55 °C:n mittari näytti 5,7 %:n virhettä ja +40 °C:n mittari 21 %:n virhettä.

Lämpimän käyttöveden virtausmittarit on asennettu vuonna 2010, jolloin ne on viimeksi kalibroitu. Päävesimittari on puolestaan uusittu vuonna 2013. Lämpimien vesien mittausvirhe voi siis johtua mittarin iästä ja kalibroimattomuudesta. Asennuksien lähettyvillä olevilla häiriötekijöilläkin on vaikutusta virtausprofiiliin, vaikka mittarin valmistajan suosittelemat suoran putken etäisyydet täyttyvät suurimmaksi osaksi. Oikeisiin mittaustuloksiin lämpimillä vesillä voitaisiin päästä, kun ainakin steriiliveden ja +40 °C:n mittarit vaihdettaisiin uusiin. Mittareita on erittäin vaikea siirtää toiseen paikkaan lämmönjakokeskuksessa. +40 °C:lle ei ole suoria putkiosuuksia muita kuin missä nykyinen mittari sijaitsee. Steriilivesimittarin siirtäminen olisi järkevää, mutta suoran putken osuus on katon rajassa. Putken nousemisen katon rajaan ja sieltä alas tuleminen voi muodostaa suoralle osuudelle

ilmakuplia, jotka häiritsisivät mittausta. Myöskään +55 °C:n mittarille ei löytynyt parempaa mittaustaikaa.

Koska laitoksella ei ole tuotantoa viikonloppuisin, ovat sikalinjan kulutukset tällöin pieniä. Taulukosta 6 huomataan, että viikonloppuisin mittareiden suhteellinen virhe on –10...–20 %: Tästä voidaan päätellä, etteivät virtausmittarit mittaa pieniä virtauksia. Anturin valitaan mitoitusvaiheessa suurimman normaalikulutuksen mukaan, mikä on viikolla mittarista riippuen 20–45 m³/h. Pienillä kulutuksilla virhe näkyy negatiivisena prosenttina ja raportista puuttuvina kulutuksina.

7.3 Kehityskohteita

Tarkistusmittauksista saatiin mitattavalle mittarille päiväkohtainen kulutus, jota verrattiin tietokannan kulutukseen ja näin kootuista tiedoista laskettiin suhteellinen virhe. Virheprosentit näkyvät taulukosta 1. Suurin virheprosentti saatiin Rehulla sijaitsevasta virtausmittarista (kuva 9). Mittari oli tietojen mukaan 3 vuotta vanha ja sijoitettu erittäin huonosti. Tälle mittarille löytyisi melkein vierestä uusi asennuspaikka, jossa olisi suora putkiosuus. Uusimalla mittari ja vaihtamalla paikkaa mittaustulos saataisiin vastaamaan putken läpi kulkenutta virtausta.

Toiseksi tarkemmin käsiteltäväksi mittariksi valittiin Chick-linjan päävesimittari. Tässä virheprosentti oli 11 %. Mittari oli sijoitettu mittauksen kannalta erikoiseen paikkaan juuri kahden putkisupistuksen ja venttiilin jälkeen. Siirtämällä tätäkin mittaria parempaan mittaustaikkaan voitaisiin päästä oikeaan mittaustulokseen. Täytyy kuitenkin muistaa, että virhettä tapahtuu eniten tarkistusmittauksissa mitattajan vuoksi. On tärkeää, että ultraäänimittariin syötetään mitattavan putken oikeat tiedot, jolloin laite laskee virtauksen putken sisällä. Mittauksissa ei esimerkiksi huomioitu mahdollista putken sisäpinnassa olevaa karheutta, joka voisi vaikuttaa mittaustulokseen. Tällöin voidaan ajatella, että suhteellisen virhe prosentin ollessa alle 10 on mittaustulos hyvä.

Veden kulutuksen ja sen mittaroinnin nykytilanteen kartoitus osoittautui ajankohdaiseksi tuotantolaitoksella. Lähtökohtana vedenkulutuksen vähentämiseksi täytyisi tunnistaa nykytilanne. Kulutuksien analysointi ja tarkastaminen vaativat pe-

rehtyneisyyttä aiheeseen. Jotta veden käyttöä voitaisiin tehostaa, täytyisi putkikuvien vastata nykyhetkeä ja ne tulisi olla saatavilla CAD-muodossa, jotta luettavuus olisi jokaiselle asiaan perehtyneelle helpompaa. Putket tulisi olla piirrettynä tasoittain CAD-ohjelmistossa, jotta tarvittaessa vain halutut putket saataisiin näkyviin. Putkikuvien päivittämisen jälkeen voitaisiin mittarit sijoittaa oikeisiin paikkoihin piirustuksissa ja miettiä tämän jälkeen osastoittain ja koneittain veden käyttöä. Vesimittareiden tikapuukaaviota pystyttäisiin tällöin hyödyntämään ja mahdollisesti jatkamaan kaavioita kulutuspiisteeseen saakka. Tällöin myös nähtäisiin mittaroinnin katvealueet tai mahdolliset päällekkäin mittaukset.

Pohjatyön jälkeen päästäisiin toteuttamaan energiansäästötoimia. Toimenpiteet, jotka eivät edellytä suuria investointeja ovat monesti helppoiten toteutettavissa tuotantolaitoksella. Tällaisia toimenpiteitä voisivat olla muun muassa mahdolliset vesipesulaitteiden suutinmuutokset ja vesivirtausmittareiden vuositarkastussuunnitelma ja sen toteuttaminen. Työn aikana myös todettiin, että salaatin ja ruoka-tehtaan tuotantotiloihin voitaisiin lisätä virtausmittari mittaamaan alueiden veden kulutusta. Tällä hetkellä näitä alueita ei laitoksella mitata, vaan ne laskutetaan tietyn matemaattisten laskennan kautta saatujen tietojen pohjalta. Toimenpiteillä voisi olla merkittävä energiansäästöpotentiaali, vaikka sillä ei välttämättä saavutettaisi suuria säästöjä vuositasolla.

8 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää Nurmossa sijaitsevan Atria Oyj:n tuotantolaitoksen käyttövesimittaroinnin tilanne. Tarkoituksena oli paikantaa laitoksella olevien veden virtausmittareiden sijainnit sekä piirtää niistä tikapuukaavio. Kaaviosta haluttiin yksinkertainen ja helposti luettava kokonaisuus, josta pystyi yhdellä kertaa näkemään päävesimittarit ja niiden alamittaroinnin. Työssä tarkasteltiin mittareiden asennuksia sekä pohdittiin häiriötekijöiden vaikutusta mittaukseen. Työn aikana tarkistusmitattiin vesilinjojen päävesimittareita ultraäänimittarin avulla. Työn edetessä rajattiin alue sikalinjan alkuosaan, mistä selvitettiin tarkemmin mittauksien oikeellisuutta putken pinnalle asennettavalla ultraäänimittarilla

Opinnäytetyö antoi mielenkiintoisen ympäristön tutustua elintarviketeollisuuden monimuotoiseen toimintaan ja siihen, kuinka energiaa voidaan isoissa tuotantolaitoksissa säästää. Opinnäytetyössä ei päästy kartoittamaan tarkasti mittaroinnin katvealueita. Työn aikana huomattiin, että aiheeseen vaadittaisiin pidempi perehtyneisyys sekä täydellinen putkiverkoston kartoittaminen. Tähän aika ei kuitenkaan riittänyt. Tämän vuoksi selvitettiin sikalinjan mittarointia tarkemmin, jotta saatiin käsitystä tämän hetkisistä ongelmista mittaroinnissa laitoksella. Sikalinjan mittarien virheet tunnistettiin ja raportoinnille saatiin tukea puuttuvista vesimääristä. Sikalinjan lisäksi tarkastettiin laitoksen muita päävesimittareita ja niiden oikeellisuutta ultraäänimittarin avulla. Tulokset antoivat tietoa mittareiden tämän hetkisestä kunnosta ja veden kulutuksesta.

Entistä tiukemmat kansalliset ja kansainväliset energiansäästötavoitteet luovat yrityksille paineita. Tuotantolaitoksen veden kulutuksen systemaattinen analysointi ja seuranta tehostavat prosessien ja niiden apujärjestelmien sekä kiinteistön veden käyttöä. Jotta tuotantolaitoksen vedenkulutusta voitaisiin vuositasolla pienentää, täytyy veden kulutusta tehostaa käyttämällä vettä taloudellisemmin sekä ottamalla talteen ja uudelleen kierrättämällä käyttökelpoiset vedet.

LÄHTEET

1. Historia. Atria yrityksenä. 2017. Atria Oyj. Saatavissa: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/historia/>. Haettu 13.2.2017.
2. SFS-EN ISO 50001. 2012 Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja käyttöohjeet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.
3. Tuhkanen, Tuula 2008. Veden kierrätys ei saa olla itsetarkoitus. Helsinki: Kehittyvä Elintarvike & Elintarviketieteiden Seura r.y. Saatavissa: <http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/26-veden-kierratys-ei-saa-olla-itsetarkoitus>. Haettu 22.2.2017.
4. Laadun varmistaminen käytännössä. 2016. Lappavesi Oy. Saatavissa: <tp://www.lappavesi.fi/laadun-varmistaminen-kaytannossa.html>. Haettu 23.2.2017.
5. Karttunen, Erkki – Opetushallitus – RIL 1999. Vesihuolto. Tekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.
6. Halko, Pekka – Härkönen, Sakari – Lähteenmäki, Ilkka – Välimaa, Taisto 1998. Teollisuuden mittaustekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab.
7. Pihkala, Juhani – Opetushallitus 2010. Prosessisuureiden mittaustekniikka. Helsinki: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy.
8. Arkon flowmeter 2006. Käyttöohje magneettinen virtausmittari.
9. Fluxus. Nesteiden kosketukseton virtausmittaus ultraäänellä. 2017. Hantor-Mittaus. Saatavissa: http://hantor.fi/wp-content/uploads/2011/03/Fluxus_nesteiden_kosketukseton_virtausmittaus.pdf. Haettu 9.4.2017.
10. Flexim 2010. Käyttöohje ultraäänivirtausmittari Fluxus
11. Suositus K13/2008. Kaukolämmön mittaus. 2008. Helsinki: Energiateollisuus ry. Saatavissa: http://energia.fi/files/589/SuositusK13_2008_KL-mittaus.pdf. Haettu 21.3.2017.

