

Jukka Mahlakaarto

TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON ENERGIAKATSELMUS

TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON ENERGIAKATSELMUS

Jukka Mahlakaarto
Opinnäytetyö
Syksy 2021
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Jukka Mahlakaarto
Opinnäytetyön nimi: Taskilan jätevedenpuhdistamon energiakatselmus
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Energy Audit of Taskila Wastewater Treatment Plant
Työn ohjaaja(t): Jukka Ylikunnari, Sara Alanära
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2021
Sivumäärä: 84

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Taskilan jätevedenpuhdistamolle sähkökulutuksen seurantajärjestelmä. Jätevedenpuhdistusprosessi kuluttaa paljon energiaa, joten energiatehokkuus kiinnostaa jätevedenpuhdistamoita. Kulutusta pyritään hillitsemään optimoimalla prosessin ajotapaa sekä hankkimalla energiatehokkaita laitteita puhdistamolle.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli Taskilan jätevedenpuhdistamon tarve aloittaa energiakulutuksen seuranta korkean sähkökulutuksen vuoksi. Sähkökulutuksen seuranta antaa mahdollisuuden energiasäästötoimenpiteisiin.

Työmenetelmänä käytettiin kirjallisuustutkimusta, henkilöhaastatteluja ja muiden jätevedenpuhdistamoiden energiakulutustietoja ja prosessiratkaisuja. Excel-laskennalla saatiin tuloksia puhdistamoiden energiatehokkuudesta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Taskilan jätevedenpuhdistamolle toimintamalli, jolla kerätään tietoa sähkökulutuksesta käytönvalvojille sekä muille asiantuntijoille ja johdolle. Kerätyllä tiedolla pystytään tulevaisuudessa puuttumaan kulutuksen poikkeamiin nopeasti. Sähköenergiakulutustiedon esittäminen visuaalisesti Valmet-automaatiojärjestelmän inforuudulla olisi helpoin tapa saada tietoon poikkeamat. Sähkökulutuksen seurantaraporteista saadaan todenpohjaista tietoa kulutuksesta, jota pystytään hyödyntämään prosessien optimoinnissa. Taskilan jätevedenpuhdistamolla olevia verkkoanalysointilaitteita ja taajuusmuuttajia voidaan käyttää sähköenergiankulutuksen keräämiseen.

Nykyisessä Valmet-automaatiojärjestelmässä ei ole hyödynnetty energiankulutuksen seuranta laite- prosessi- tai keskustasolta. Opinnäytetyössä kehitetty keräysmalli mittaa sähköenergiankulutustietoja moottorikeskuskohtaisesti tai prosessikohtaisesti tai laitekohtaisesti ja siitä on saatavilla diagrammeja ja muita visuaalisia esittämistapoja puhdistamon henkilökunnalle, asiantuntijoille sekä johdolle. Opinnäytetyössä ehdotetut mallit CaseMK, CaseProsessi ja CaseLaitteet eivät poissulje toisiaan. Niitä voi käyttää itsenäisesti tai ristiin. Jätevedenpuhdistamon energiatehokkuus on tärkeää kuin myös, että lähtevä jätevesi täyttää kaikki määrättyt kriteerit.

Asiasanat: jätevedenpuhdistus, energiatehokkuus, sähköenergia, pumput, kompressorit, ilmastus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENERGIAKATSELMUS.....	8
3	TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO.....	10
4	JÄTEVEDENPUHDISTUS	11
4.1	Tulopumppaus	12
4.2	Välppäys.....	13
4.3	Tasausallas	14
4.4	Hiekanerotus	15
4.5	Flokkaus	15
4.6	Esiselkeytyt	16
4.7	Ilmastus.....	17
4.8	Jälkiselkeytyt	17
4.9	Jälkisuodatus	18
4.10	MBR-prosessi	19
4.11	Purku mereen.....	20
4.12	Kemicond.....	21
4.13	Lietteenkäsittely.....	21
5	TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON ENERGIANKULUTUS.....	23
5.1	Energitase	23
5.2	Taskilan jätevedenpuhdistamon sähkönkulutus ja lämmönkulutus.....	24
5.3	Ainetase.....	27
6	LAITTEISTOKATSAUS	31
6.1	Jätevedenpuhdistamon pumppausjärjestelmä.....	31
6.2	Taskilan jätevedenpuhdistamon tulo- ja viivipumput	34
6.3	Jätevedenpuhdistamon kompressorit.....	35
7	ENERGIATEHOKKUUS	39
7.1	Energiatehokkuus jätevedenpuhdistuksessa	39
7.2	Ilmastusprosessin energiatehokkuus	40
7.3	Energiantehokkuuden mittarit.....	42
8	ENERGIANHALLINNAN KATSELMUKSIA MUILTA PUHDISTAMOILTA.....	50

8.1	Tampereen Vesi	50
8.2	Turun Seudun Puhdistamo Oy	51
8.3	Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy	53
8.4	Kuopion Vesi Oy	54
8.5	HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut)	55
8.5.1	Ilmastus	55
8.5.2	Energiakulutuksen seuranta	57
8.5.3	Energiantuotanto	57
8.5.4	Muut toimenpiteet puhdistamolla	58
8.6	Lahti Aqua Oy	59
9	ENERGIANHALLINTA JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA	62
9.1	Energiatehokkuuden mittaaminen	62
9.2	Energiatehokkuuden seuranta	62
9.3	Energiatehokkuuden analysointi	63
9.4	Energiatehokkuuden raportointi	63
9.5	Energiatehokkuuden johtaminen	64
9.6	Energiaomavaraisuus jätevedenpuhdistamolla	65
10	SÄHKÖNKULUTUKSEN SEURANTA	66
10.1	Kilowattituntimittarit	67
10.2	Taajuusmuuttajat	67
10.3	Verkkoanalysointilaitteet	70
11	SÄHKÖNKULUTUKSEN SEURANTA TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE	71
11.1	Sähkönkulutustiedon kerääminen Taskilassa	71
11.2	Sähkönkulutuksen seuranta Taskilassa	73
12	YHTEENVETO	77
	LÄHTEET	79

1 JOHDANTO

Oulun kaupunki on laatinut kaupunkistrategian Oulu 2026. Ympäristöohjelma on yksi osa tätä strategiaa. Ohjelma koostuu neljästä painopistealueesta, jotka ovat seuraavat: kasvamme kestävästi, toimimme resurssiviisaasti, luonto on voimavaramme ja edistämme ympäristövastuullisuutta. Resurssiviisaassa toiminnassa tavoitteena on tehokas energiankäyttö. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että kaupungin omaa energiakulutusta vähennetään 10,5 % vuoteen 2025 mennessä vuoden 2014 tasosta kunta-alan energiatehokkuussopimuksen mukaisesti. (1.)

Energiatehokkuuden tarkastelu ja sen kehittäminen ovat tärkeitä asioita jätevedenpuhdistamoilla. Energiankäytön tehostamisella on mahdollista vähentää jätevedenpuhdistamon käyttökustannuksia. Energiankäytön tehostamisella on myös mahdollista myötävaikuttaa kestäväan ja ympäristöystävällisempään päivittäiseen toimintaan puhdistamolla. Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden lisäksi tarvitaan myös dokumentoitua tietoa. Jätevedenpuhdistuksen prosessien, kuten ilmastuksen ja pumppauksen energiatehokkuutta edistävästä vaikutuksista tarvitaan tietoa, sillä ne kulluttavat paljon energiaa jätevedenpuhdistuksessa. (2, s. 2.)

Tallennettua tietoa jäteveden prosessien eri ohjaustapojen vaikutuksista puhdistamoiden energiatehokkuuteen ei juurikaan ole saatavana. Lisäksi on haastavaa dokumentoida energiatehokkuustoimien vaikutusta jätevedenpuhdistamoilla. Tämä johtuu siitä, että energiankulutuksen mittaus-tarkkuus rajautuu yleensä vain muutamaaan prosessiin tai sitten koko jätevedenpuhdistamon kattavaan sähkönkulutuksen seurantaan. (2, s. 2.)

Jätevedenpuhdistamon energiatehokkuutta optimoitaessa tärkeä tekijä on energiankulutuksen jakautuminen eri laitteiden ja prosessien välillä. Jotta voidaan tunnistaa merkittävimmät kulutus- ja tätä kautta kehityskohteet, tarvitaan laajaa energiankulutusdataa jätevedenpuhdistamolta. Jätevedenpuhdistamon energiankulutukseen vaikuttavat puhdistamon koko, puhdistusprosessi ja nostokorkeudet. Iso osa puhdistamoiden sähköstä kuluu pumppauksiin ja biologisen puhdistuksen tarvitsemaan ilmastukseen. Jätevedenpuhdistamoilla energiatavoitteet liittyvät tällä hetkellä hyvin pitkälle energiankulutuksen pienentämiseen. Lähtöleveysuudessa tulee kiinnittää huomiota myös päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvan energian käytön lisäämiseen.

Ennen opinnäytetyön aloittamista Taskilan jätevedenpuhdistamon sähköenergiankulutusta oli seurattu ainoastaan päämittarin kokonaiskulutuksen kautta. Lisäksi ilmastuskompressoreiden ja MBR-prosessin kalvosuodatuksen kompressoreiden kulutusta oli seurattu Valmet-automaatiojärjestelmän kautta. Opinnäytetyössä pyritään löytämään energiankulutuksen seurantaan liitettävät laitteet, prosessit tai kokonaisuudet. Taskilan jätevedenpuhdistamolla on asennettuna valmiina laitteita, kuten taajuusmuuttajat ja verkkoanalysoitsijat, joilla voidaan kerätä tietoa sähköenergiankulutuksesta. Nyt laitteet on otettava käyttöön energiankulutuksen seurantaan. Sähköenergiankulutuksen seurantaan tarvitaan tallennettua dataa. Aiemmin Taskilan ongelmana oli se, että sähköenergiankulutustietoja ei ollut kerätty, joten historiantietoa kulutuksesta ei ollut saatavilla. Puhdistamon käyttäjien on tärkeää päästä seuraamaan energiankulutusta valvomohuoneen inforuuduilta, jotta voidaan reagoida mahdollisiin ongelma-kohtiin mahdollisimman nopeasti. Muiden asiantuntijoiden ja johdon tulee olla selvillä puhdistamon energiankulutuskohteista ja kulutetusta energianmäärästä. Opinnäytetyössä energiatehokkuutta käsittelevässä luvussa verrataan suomalaisia jätevedenpuhdistamoita keskenään energiatehokkuuteen liittyvillä mittareilla.

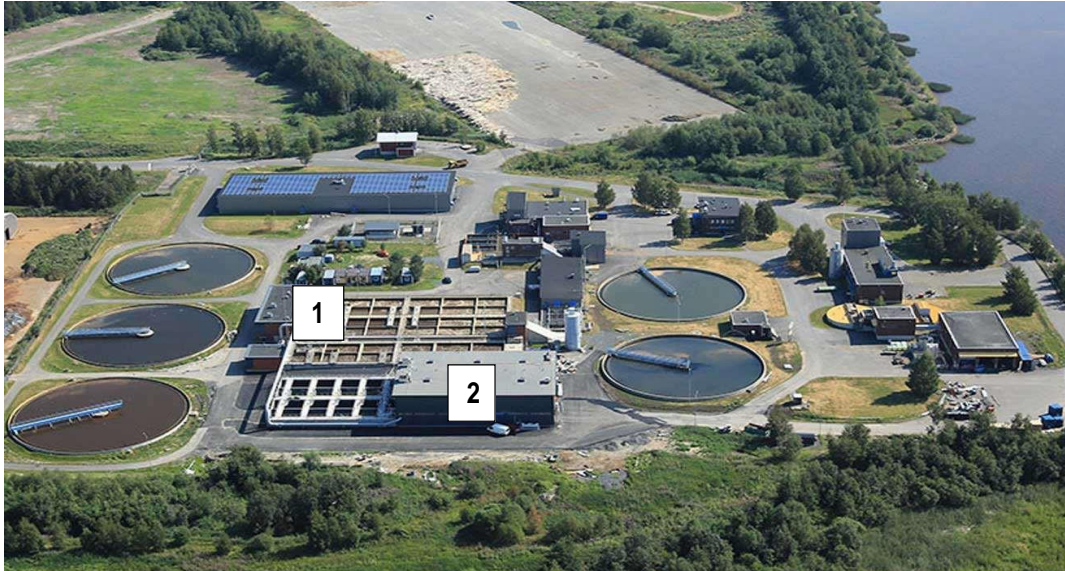
Opinnäytetyössä käytettyinä menetelminä ovat kirjallisuus, nettimateriaali, Oulun Veden Intra, Valmet-automaatiojärjestelmän tiedot, VeRa-järjestelmästä saatu tieto jäteveden virtausmääristä, tutustuminen puhdistamon toimintaan, puhdistamon henkilökunnan haastattelut sekä muiden puhdistamoiden henkilökunnan Teams-haastattelut. Lisäksi hyödynnetään laitevalmistajien tietoja laitteista.

2 ENERGIAKATSELMUS

Energiakatselmuksen tavoitteena on selvittää energiansäästöpotentiaali ja analysoida kohteen energiankäyttö. Katselmuksen tarkoituksena on esittää toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi (3). Yrityksille energiakatselmuksset ovat erinomainen tapa tehostaa energiankäyttöä ja saavuttaa kustannussäästöjä. Katselmuksen tuloksena yritys saa käyttöön energiankäytön tehostamistavoitteet (4). Energiakatselmuksesta haetaan usein tukea suunnitteluun saneerauksen yhteydessä tai rakennettaessa jotain uutta. Energiakatselmuksessa selvitetään laitoksen energiankulutuksen nykytilanne ja energiansäästömahdollisuudet. Jos laitokselle on tehty vuosia sitten energiakatselmus, se kannattaa uusida. Tilanne voi olla muuttunut merkittävästi aiemmasta. Muutoksia ovat esimerkiksi, että jätevesimäärät eivät vastaa suunnitteluajankohdan arvoja, pumput on mitoitettu ylisuuriksi ja pumppujen ominaisuudet ovat kulumisen vuoksi heikentyneet tai taajuusmuuttajakäyttöä on sovellettu virheellisesti. (5.)

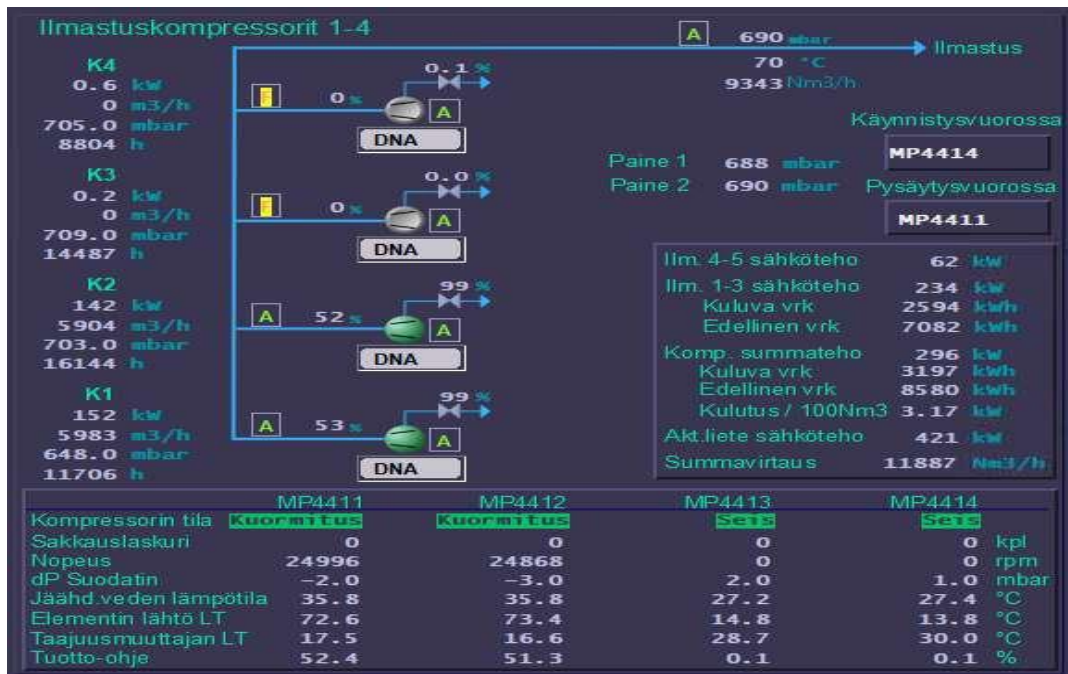
Taskilan jätevedenpuhdistamon energiakatselmuksen tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa jätevedenpuhdistamolle reaaliaikainen prosessivaiheiden energiankulutuksen seurantajärjestelmä, jota voidaan hyödyntää prosessin ajotavan optimoinnissa ja energiatehokkuutta parantavien huolto- ja investointitoimenpiteiden toteuttamisessa. Tavoitteena on löytää oikeat mittarit ja mitauskohteet sähkönkulutuksen seurantaan. Energian seurannasta saatava kulutustieto tulee saada näkyville Valmet-automaatiojärjestelmän inforuudulle, josta tietoa tarvitsevat tahot voivat poimia sen helposti. Kulutustieto saadaan keräyksen yhteydessä myös Valmet-automaatiojärjestelmän historiatietokantaan, josta voidaan poimia kulutustietoa eri aikajaksoille. Katselmuksen pitkäaikaisena tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta hyödyntämällä sähkönkulutustietoja, kun suunnitellaan ja toteutetaan prosessin huoltoja ja laiteinvestointeja. Energiankulutuksen seurannalla voidaan myös tarkkailla laitteiden kuntoa, tunnistaa ongelmatilanteita ja selvittää ne yksikköprosessit, joissa on oikea-aikaisilla huolloilla ja laitteiden uudistuksella mahdollista saavuttaa energiansäästöä.

Kuvassa 1 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamon energiakatselmuksen alkutilanteen energiankulutuksen keräyskohteet. Ilmastuslaitteiden (1) kompressoreista on kerätty järjestelmään kulutustietoa kuten myös MBR-prosessin (2) kompressoreista. Tiedot ovat siirtyneet Valmet-automaatiojärjestelmään. Tässä opinnäytetyössä kerrotaan miten myös muut laitteet/prosessit/moottorikeskukset saadaan mukaan energiankulutuskeräyksen piiriin.



KUVA 1. Taskilan jätevedenpuhdistamon alkutilanteen energiankulutuksen keräyskohteet

Taskilan jätevedenpuhdistamossa on käytössä Valmet-automaatiojärjestelmä. Järjestelmän kautta ohjataan jäteveden prosesseja ja sieltä nähdään myös tietoja esimerkiksi käytettyjen kemikaalien määristä. Järjestelmään on mahdollista kerätä tietoa myös prosessin/puhdistamon energiakulutuksesta. Kuvassa 2 nähdään Valmet-automaatiojärjestelmän ilmastuskompressoreiden kulutustiedot.



KUVA 2. Valmet-automaatiojärjestelmä

3 TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO

Valtaosa Oulun alueen jätevesistä puhdistetaan Taskilan puhdistamolla, joka on Pohjois-Suomen suurin jätevedenpuhdistamo. Yli-lissä on Oulun Vedellä pienempi jätevedenpuhdistamo. Taskilassa käsitellään myös Muhoksen, Utajärven ja Iin jätevedet, jotka johdetaan puhdistamolle siirtoviemäreitä pitkin. Oulun Veden viemäriverkoston pituus on noin 1 300 kilometriä. Taskilan jätevedenpuhdistamo on rakennettu vuonna 1974. Nykyään jätevedet käsitellään Taskilassa ensin kemiallisesti ja sen jälkeen aktiivilieteprosessissa ja sitten jälkisuodatuksessa tai MBR-prosessissa. Puhdistus perustuu kemiallis-biologiseen prosessiin. (6.)

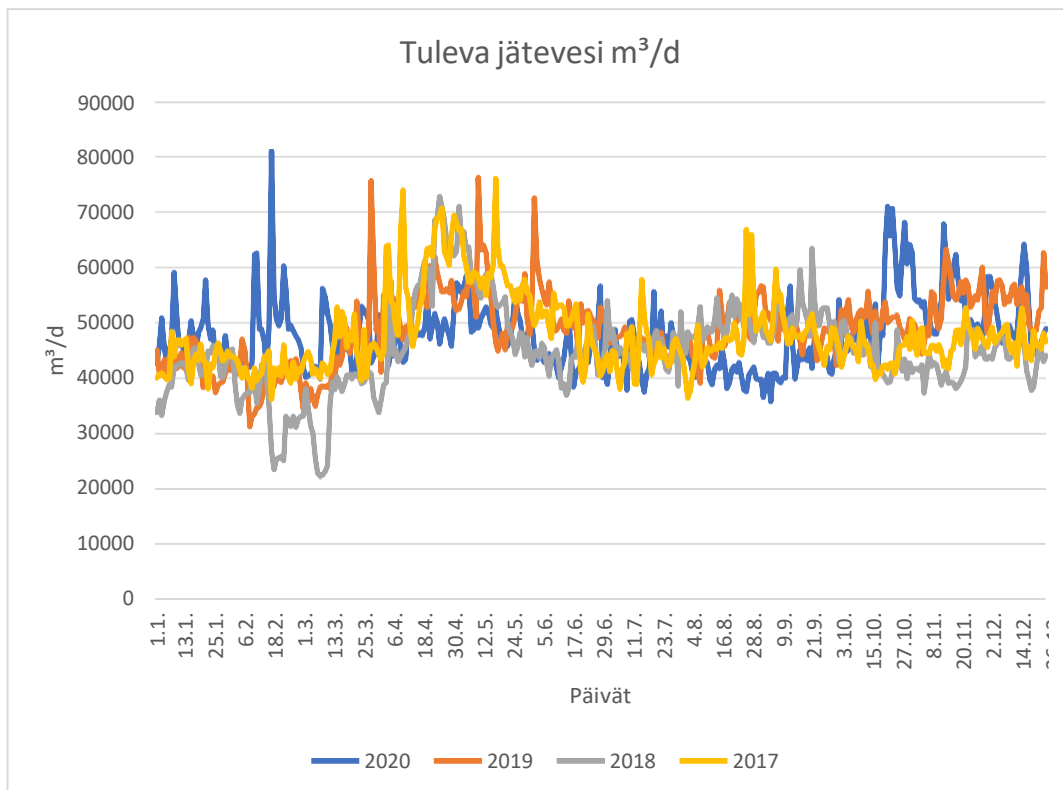
Vuonna 1998 puhdistamolle on rakennettu biologinen suodatinyksikkö. Vuonna 2004 on rakennettu 2-linjainen aktiivilieteosa. Vuonna 2008 on rakennettu kolmas aktiivilietelinja koventuneiden typenpoistovaatimusten myötä. Vuonna 2014 on rakennettu tasausallas tasaamaan tulojäteveden huipuvirtaamapiikkejä sekä vuorokautista virtaamaa laitokselle. Vuonna 2014 on saneerattu laajasti koko laitoksen alkupään prosessia ja jälkisuodatusyksikköä (7, s. 23). Vuonna 2018 on valmistunut MBR-prosessi (kalvobioreaktoriteknikka). Noin 70 % tulevasta jätevedestä johdetaan aktiivilieteprosessiin ja noin 30 % uuteen MBR-prosessiin. Vuonna 2021 Taskilan jätevedenpuhdistamolle on valmistunut uusi lietteenkuivauslaitos (toukokuu 2021). Uusi laitos on kuvassa 3 etualalla näkyvä korkea harmaa rakennus. Vanhasta lietteenkuivaamosta tehdään varastointi- ja kunnossapitotoimintoja palveleva tila, kun uusi laitos toimii moitteettomasti (6).



KUVA 3. Taskilan jätevedenpuhdistamo (6)

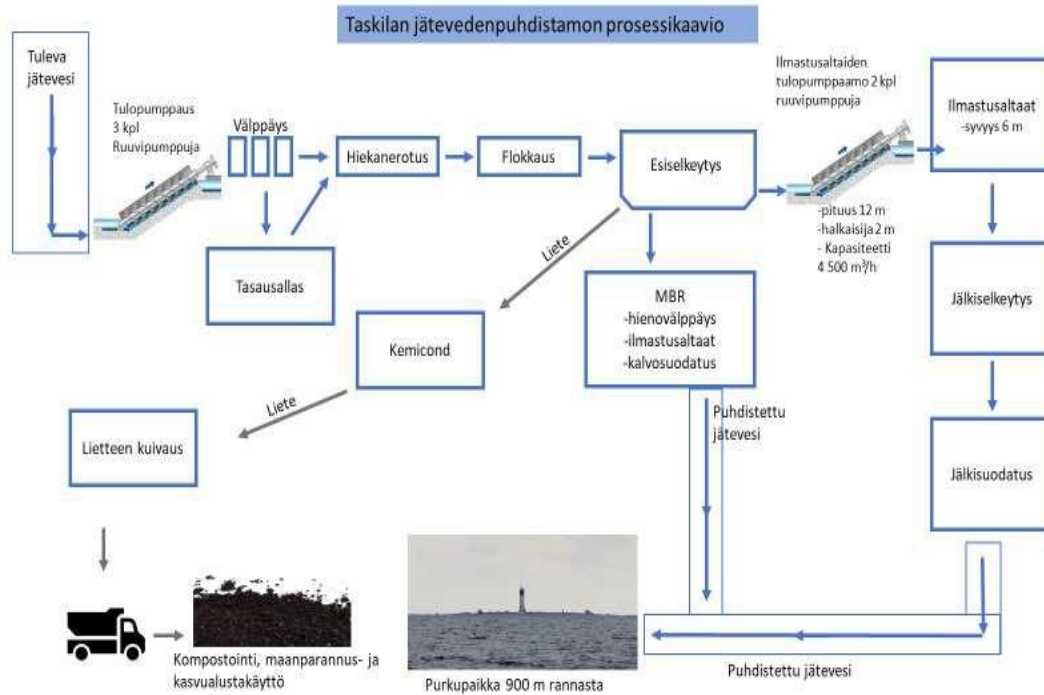
4 JÄTEVEDENPUHDISTUS

Vuonna 2020 Taskilan jätevedenpuhdistamolla puhdistettiin jätevesiä yhteensä noin 17 400 000 m³ (6). Vastaava luku oli vuonna 2019 noin 17 800 000 m³ (8), vuonna 2018 noin 16 400 000 m³ (9) ja vuonna 2017 noin 17 400 000 m³ (10). Kuvassa 4 nähdään jätevedenpuhdistamolle tullut jätevesi vuosina 2017 - 2020.



KUVA 4. Taskilan jätevedenpuhdistamolle tullut jätevesi vuosina 2017 - 2020

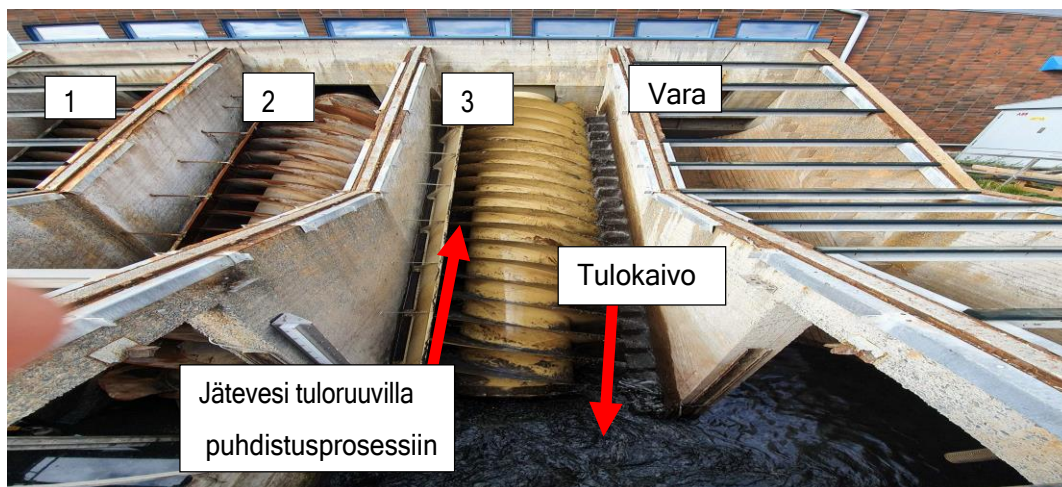
Taskilan jätevedenpuhdistamo on mitoitettu asukasvastineluvulle (AVL) 150 000 (11). Mitoitus on ilmoitettu ympäristöluvussa vuonna 2015 ja se muuttuu vuosittain. Uudemmat luvut ovat mainittuna luvussa 8.3. Asukasvastineluku on biologisesti hajoavien epäpuhtauksien mittayksikkö. Yksikkö vastaa yhden henkilön vuorokaudessa tuottamaa keskimääräistä kuormitusta. Yhdyskuntajätevesiasetuksen (888/2006) mukaan yksi AVL vastaa 70 g BHK7, joka puolestaan vastaa yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/ETY) määrittelemää viiden vuorokauden biokemiallista hapentarvetta (BHK5) 60 g happea (12, s. 27). Kuvassa 5 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamon prosessi-kaavio.



KUVA 5. Taskilan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio

4.1 Tulopumppaus

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on tulopumppauksessa kolme ruuvipumppua. Ruuvipumput siirtävät tulevan jäteveden sekä laitokselle tuotavat sako- ja umpikaivolietteet puhdistusprosessiin. Ruuvipumpuista yleensä yksi on käytössä ja kaksi varalla. Kuvassa 6 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamon kolme tuloruuvipumppua, tulokaivo ja varaus neljännelle pumpulle.



KUVA 6. Tuloruuvipumput

Jos ruuvipumppujen kapasiteetti ei riitä siirtämään kaikkea tulokaivoon tulevaa jätevettä prosessiin, jätevesi ohjautuu ylivuotona tulopumppaamon patoluukkujen yli mereen. Ylivuodolle on tulopumppaamossa virtausmittaus. Kaikki ylivuotava vesi mitataan ja raportoidaan viranomaisille. Tasaustalasta voidaan käyttää tasaamaan virtaamaa tulopumppujen jälkeen. (11.)

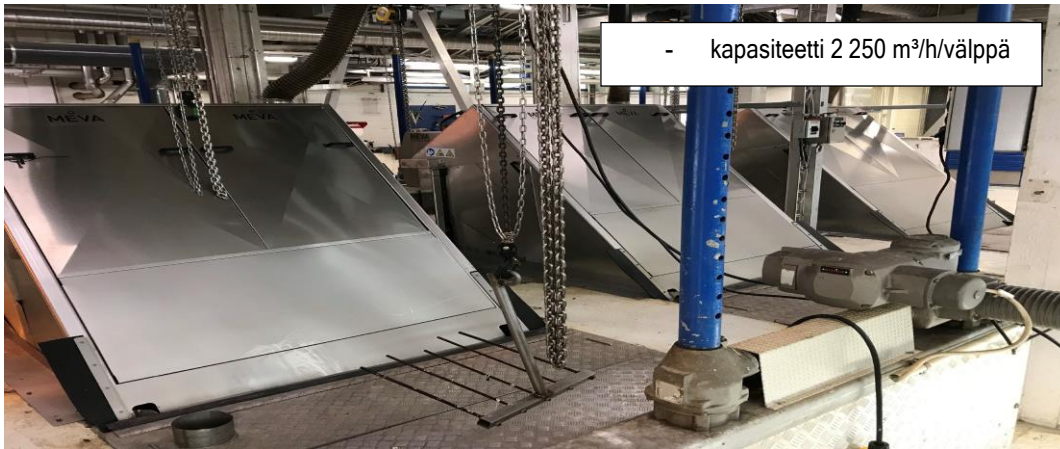
Taulukossa 1 nähdään tulo-ruuvipumppujen tiedot. Niiden mitattua sähkönkulutustietoa ei ollut ennen opinnäytetyötä saatavilla. Nyt sähkönkulutus saadaan kahdesta pumpusta Valmet-automaatiojärjestelmään. Tulo-ruuvipumput kuluttivat tehdyn laskelman mukaan puhdistamon vuotuisesta sähköenergiasta noin 7 % vuonna 2020.

TAULUKKO 1. Tulo-ruuvipumppujen tiedot

Tulo-ruuvi-pumppu	Nimellisteho (kW)	Halkaisija (m)	Pituus (m)	Asennusvuosi	Nostokapasiteetti (m ³ /h)
1	110	1,8	12,25	2020	4 500
2	110	1,8	12,25	2020	4 500
3	90	1,8	12,25	2013	4 500

4.2 Välppäys

Välppäyksessä jätevedestä erotetaan suurimmat kiintoainepartikkelit. Porrasvälppiä on yhteensä kolme, välppien säleväli on 2 mm. Normaalisti kaksi välppiä toimii yhtä aikaa ja yksi on varalla. Porrasvälpiltä kiintoaines kuljetetaan kahdelle välpepesurille. Tämän jälkeen puhdistettu välpe varastoidaan konttiin ja viedään Laanilan ekovoimalaitokselle polttoaineeksi (11). Pestyä ja puristettua välpettä syntyi vuonna 2020 noin 121 tonnia eli keskimäärin 0,33 tonnia välpettä päivässä (6). Kuvassa 7 nähdään jätevedenpuhdistamon kolme välppiä.



KUVA 7. Taskilan jätevedenpuhdistamon kolme tulovalppää

4.3 Tasausallas

Taskilan jätevedenpuhdistamolle on rakennettu tasausallas vuonna 2014. Kuvassa 8 nähdään Taskilan tasausallas ja sen katolle asennetut aurinkopaneelit. Tasausaltaan tarkoituksena on saada jätevesivirtaukset tulemaan tasaisesti prosessiin. Tulevan jäteveden määrän muuttuessa eri vuorokauden- tai vuodenaikoina pyritään tasausaltaan avulla parantamaan seuraavien prosessissa olevien yksiköiden toimintaa. Tasausaltaisiin vesi tulee välppäyksen jälkeen, kun virtaama prosessiin kasvaa liian suureksi. Vesi tulee altaille ylivuotona ylivirtausluukun kautta. Altaille tulee myös jälkisuodattimen pesuvesi. Altaat tyhjenevät painovoimaisesti hiekanerotusaltille. (11.)



KUVA 8. Jätevedenpuhdistamon tasausallas ja katolle asennetut aurinkopaneelit (11)

4.4 Hiekanerotus

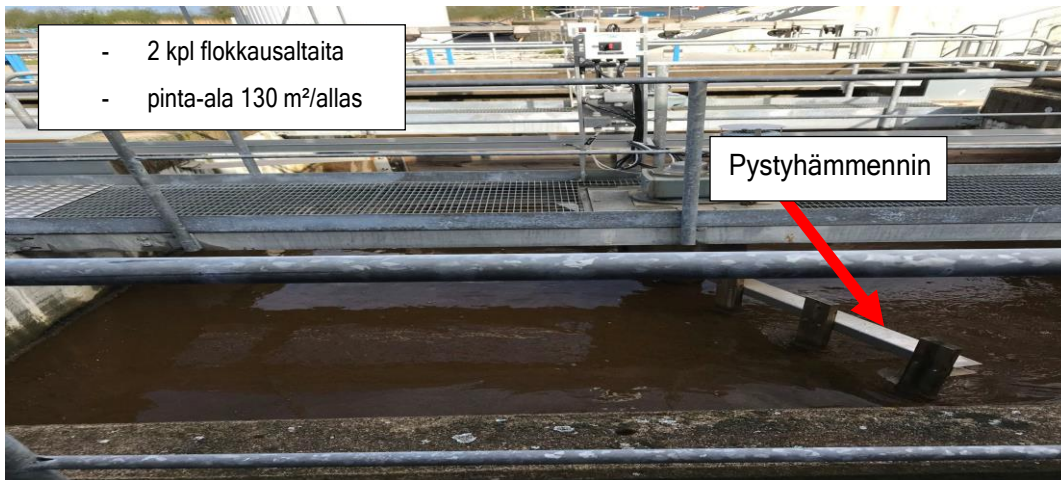
Hiekanerotukseen vesi johdetaan välppäyksen jälkeen. Altaiden ilmastuksen hoitaa kaksi ilmastuskompressoria. Altaissa olevan ilmastuksen avulla hiekka ja muut raskaat partikkelit saadaan laskeutumaan altaan pohjalle. Altaan pohjalle laskeutunut hiekka-vesiseos kuljetetaan pohjalla liikkuvalla laahalla hiekanerotusaltaan tulopäätyyn. Sieltä hiekka pumpataan hiekanerotin ja hiekanpesurin kautta hiekkalavalle. Pumpatusta hiekka-vesiseoksesta erotettu vesi tulee takaisin puhdistusprosessiin. Hiekanerotusaltaiden yhteydessä on öljyn- ja rasvanerotuskaivo. (11.) Kuvassa 9 näkyy hiekanerotusallas.



KUVA 9. Hiekanerotusallas ja nuoli osoittamassa jäteveden kulkusuunnan

4.5 Flokkaus

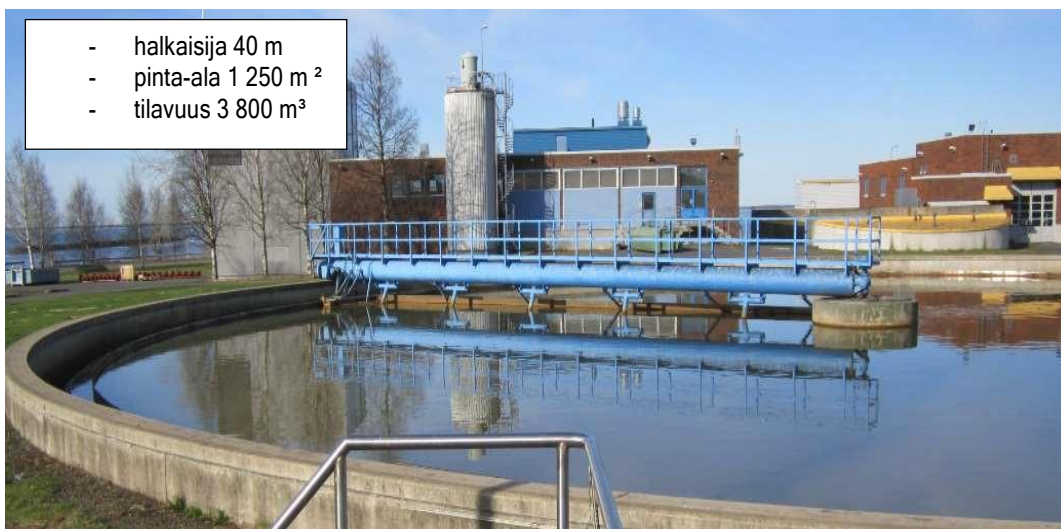
Hiekanerotuksen jälkeen jätevesi johdetaan flokkausaltaille. Flokkausaltaiden tarkoituksena on kasvattaa mikroflokkien kokoa ja muodostumista hämmentimien avulla. Myös ylijäämälietteen sekoittumista on tarkoitus tehostaa ennen seuraavaa käsittelyä eli esiselkeytystä. Flokkausaltaiden loppupäässä hämmentimien pyörimisnopeus hidastuu. (11.) Kuvassa 10 näkyy flokkausallas ja pystyhämmennin.



KUVA 10. Flokkausallas ja pystyhämmennin

4.6 Esiselkeytys

Flokkauksen jälkeen jätevesi johdetaan kahteen esiselkeytysaltaaseen. Jätevesi tulee altaisiin altaan keskiosasta. Altaissa pohjalle laskeutuva liete ohjataan pohjalaahojen avulla kartiomaisten pohjien keskellä oleviin lietteenpumppausyvennyksiin. Syvennyksistä liete pumpataan KemiCond-lietteenkäsittelyyn. Altaassa olevien pintalaahojen avulla altaiden pinnalta poistetaan rasvat ja pintaroskat pintaroskakaivoihin. Pintaliete johdetaan altaasta pintalietekaivoon. Kaivosta liete pumpataan tulopumppaamoon ja takaisin jätevedenpuhdistusprosessin alkuun. Selkeytetty vesi poistuu ylivuotona ilmastusaltaille. (11.) Kuvassa 11 nähdään toinen Taskilan puhdistamon esiselkeytysaltaista.



KUVA 11. Esiselkeytysallas

4.7 Ilmastus

Esiselkeyksaltaista jätevedet ohjataan kokoojakaivoon. Kaivosta vedet johdetaan ilmastusaltaiden tulopumppaamoon. Tulopumppaamosta jätevesi nostetaan kahdella ruuvipumpulla aktiivilieteprosessiin ja erillisillä pumpuilla MBR-prosessiin. Pääsääntöisesti ruuvipumpuista vain toinen on toiminnassa ja toinen toimii varapumppuna. (11.) Taulukossa 2 nähdään ilmastusaltaan tiedot.

TAULUKKO 2. Ilmastusaltaan tiedot

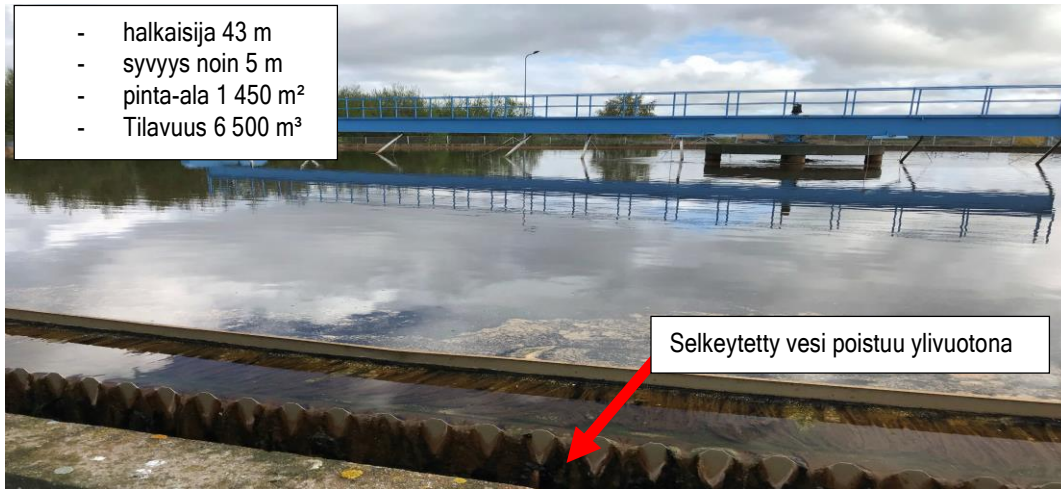
Lohko	Tilavuus (m ³)	Tila	Ilmastus	Sekoitin
1	830	hapellinen / anoksinen	+	+ (Ø 290 cm)
2	830	hapellinen / anoksinen	+	+ (Ø 290 cm)
3	830	hapellinen	+	-
4	1 150	hapellinen	+	-
5	1 250	hapellinen	+	-
6	200	Deoksinen	-	+ (Ø 165 cm)

Aktiivilieteprosessissa ilmastusaltaita on yhteensä 3 kappaletta ja jokainen allas on jaettu väliseinillä 6 lohkokoon. Lohkossa 6 kierrätyslietteestä poistetaan ilma. Sieltä kierrätysliete pumpataan ilmastusaltaan sekoituskammioon. Ilmastusaltaiden lohkojen 1 ja 2 toimintaa voidaan muuttaa prosessin ajotavan mukaan hapelliseksi tai hapettomaksi. Ilmastusaltaiden pohjalla lohkoissa 1 - 5 on yhteensä 6 749 ilmastinlautasta, joiden läpi johdetaan ilmakompressoreilla tuotettu ilma ilmastusaltaisiin. Ilmakompressoreita on yhteensä 4 kappaletta. (11.)

4.8 Jälkiselkeytyks

Ilmastusaltaista jätevesi johdetaan kolmeen jälkiselkeyksaltaaseen. Jätevesi johdetaan altaiden keskustaan. Altaissa on altaiden ympäri vaakatasossa pyörivät pinta- ja pohjakaapimet. Pohjakaapimien avulla pohjalle laskeutunut liete ohjataan lietteenpumppausyvennyksiin. Pumpujen avulla liete pumpataan takaisin ilmastuksen alkuun sekoituskammioon. Pintalietekaavin siirtää pintaliet-

teen poistokouruun, josta se johdetaan poistoputken avulla pintalietekaivoon ja edelleen siitä prosessin alkuun. Jälkiselkeytysaltaassa selkeytetty vesi poistuu ylivuotona jälkisuodatukseen. Altaiden pohjalle kertynyt liete pumpataan palautuslietteenä linjakohtaisesti ilmastuksen alkuun sekoituskammioon. (11.) Kuvassa 12 nähdään jälkiselkeytysallas.



KUVA 12. Jälkiselkeytysallas

4.9 Jälkisuodatus

Jälkiselkeytysaltaista ylivuotona tuleva selkeytetty jätevesi kulkee hienovälppäyksen läpi jälkisuodatuksen tulopumppaamoon. Hienovälppä poistaa jätevedessä olevia kiintoainepartikkeleita. Hienovälppän reikien halkaisija on 3 millimetriä. Jälkisuodatuksen tulopumppaamossa on kaksi ruuvipumppua, joilla jätevesi nostetaan jälkisuodatusaltille. Jälkisuodatuksessa on kuusi jälkisuodatusallasta. Jos jälkiselkeyttimiltä tulee enemmän vettä kuin jälkisuodatinyksikkö läpäisee, vedenpinta nousee jälkisuodattimen tulopumppaamossa. Jos vesi nousee yli 1,6 metrin, ohjautuu se ylivuotona purkuputkeen. Jätevesi tulee suodatinaltille alhaalta päin. Taskilan jätevedenpuhdistamossa on käytössä Degremontin BIOFOR C-suodattimet, joissa suodattimena toimii noin 4 metriä paksu lecasorakerros, jossa rakeen halkaisija on noin 3 millimetriä. (11.) Kuvassa 13 näkyy jälkisuodatusallas.



KUVA 13. Jälkisuodatusallas

4.10 MBR-prosessi

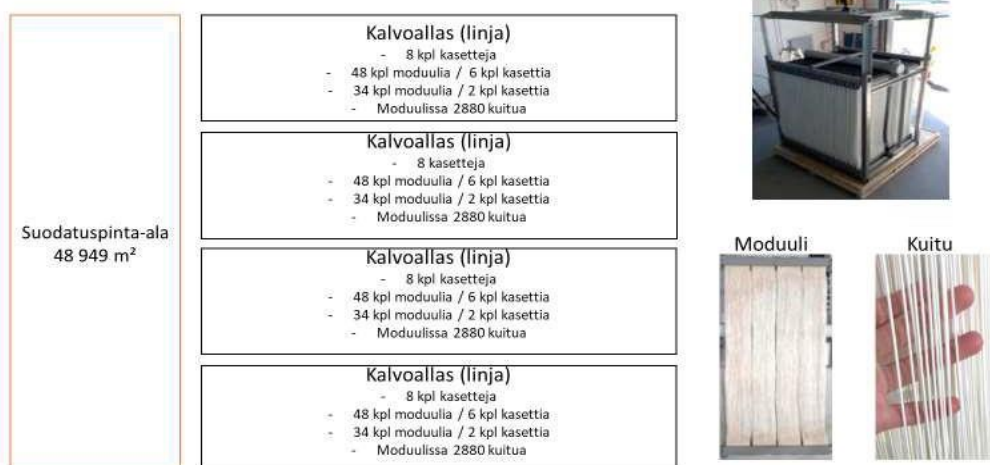
Taskilan jätevedenpuhdistamon MBR-prosessi on valmistunut vuonna 2018. MBR-prosessissa ovat ilmastuslinjat 4 ja 5, hienovälvät ja kalvosuodatus. MBR on lyhennetty englannin kielen sanoista Membrane Bioreactor, suomeksi kalvobioreaktori. Kuvassa 14 on MBR-prosessilaitos sisäpuolelta kuvattuna. MBR-prosessin tarkoituksena on jätevedenpuhdistuksen kapasiteetin lisääminen sekä puhdistuksen ja typenpoiston tehostaminen.



KUVA 14. MBR-yksikkö

MBR-prosessiin jätevesi tulee esiselkeytysaltaista. Jätevesi johdetaan hienovälppäyksen kautta ilmastusaltaille. Hienovälppien reikäkoko on 2 millimetriä ja ne erottavat karkeimman kiintoaineksen jätevedestä. Ilmastusaltailta jätevesi nostetaan kuilupumpuilla MBR-kalvosuodatukseseen ja sieltä edelleen permeaattialtaan kautta purkuputkea pitkin mereen. (11.) Kuvasta 15 nähdään kalvosuodatusaltaiden kokoonpano.

Taskilan jätevedenpuhdistamon MBR-prosessi



KUVA 15. MBR-prosessin kalvosuodatuslaitaiden kokoonpano

Kalvokasetit ovat upotettuina jäteveeseen. MBR-kalvosuodatuksessa on käytössä onttokuitukalvot. Onttokuitukalvojen sisälle luodaan permeaattipumpulla pieni alipaine. Alipaineen avulla vesi imeytään kalvojen ulkopuolelta kuidun sisälle ja edelleen permeaattilinjaan. Jokaisessa linjassa on oma permeaattipumppu sekä permeaatti- ja ilmalinja, jotka yhdistyvät isommiksi runkolinjoiksi. MBR-ilmastusilmakompressoreilla tuotetaan ilmaa kalvoaltaille. Kompressoreita on yhteensä kolme ja niiden teho on 146 kW/kompressori. Ilma ohjataan runkolinjaa pitkin jokaisen MBR-linjan ilmalingaan ja jaetaan sieltä edelleen tasaisesti kasettien alapuolelle. Alapuolelta tuleva kalvoilmastus pitää kalvojen pinnan puhtaana epäpuhtauksista. Epäpuhtauksia ei tule, koska liete on jatkuvassa pyörrevirtauksessa. MBR-yksikkö toimii automaattisesti ohjausjärjestelmän avulla. (11.)

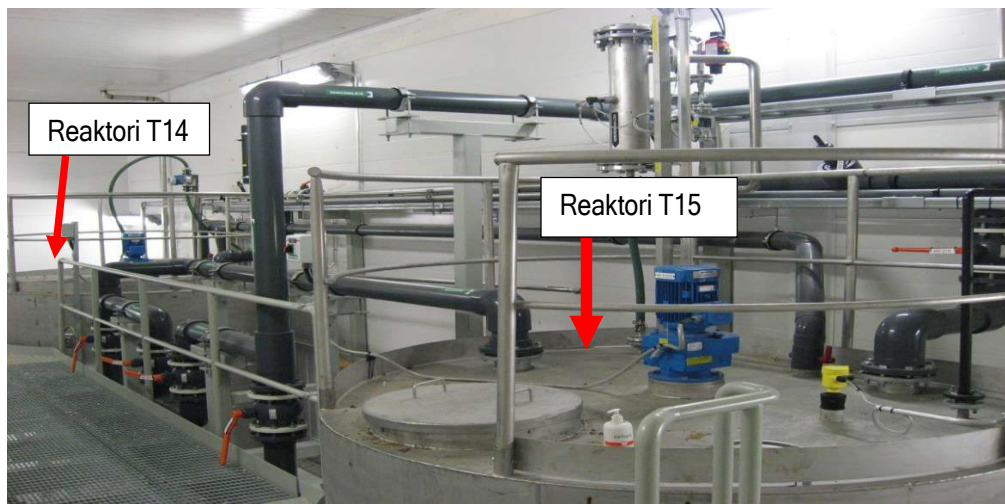
4.11 Purku mereen

Käsitellyt jätevedet johdetaan purkukaivoon ja siitä edelleen purkuputkea pitkin mereen. Puhdistettu jätevesi johdetaan purkuputkea pitkin mereen 900 metrin etäisyydelle rannasta. Purkuputki on alkuosaltaan betoniputkea (Germax-C-1400) pituudeltaan noin 80 metriä. Vedenalaisen osuuden pituus betoni- ja puuputken liitoskohtaan on noin 200 m. Puuputken (halkaisija 1,4 metriä) pituus on noin 700 m. Meressä purkusyvyys putken päässä on 6,5 m. Putken pää on Oulujoesta tulevan virtauksen reunalla, joten se mahdollistaa tehokkaamman laimentumisen meriveteen. Purkuputkeen on mahdollista johtaa myös pelkästään kemiallisesti puhdistettua jätevettä suoraan esiselkeytysaltaista tai jälkisuodatinyksikön tulopumppaamosta ylivuotona tulevaa vettä. (11.)

4.12 Kemicond

Selkeytysaltaista pumpatun lietteen kiintoainepitoisuus on 2 - 6 %. Kemicond-käsittelyssä käytetään vetyperoksidia ja rikkihappoa. Rikkihappo ja vetyperoksidi toimitetaan Oulun Kemiran tehtailta. Rikkihapon väkevyys on noin 70 % ja se varastoidaan HDPE-muovista valmistettuun rikkihapposäiliöön. Vetyperoksidin väkevyys on noin 50 % ja se varastoidaan haponkestävään terässiiseen säiliöön. (11.)

Kemicond-prosessin toimintaperiaate on seuraavanlainen: Liette pumpataan reaktoriin T14 pumpulla. Reaktoriin T14 lisätään rikkihappoa, että haluttu pH-arvo alle 4 saavutetaan. Tämän jälkeen liete pumpataan reaktoriin T15. Reaktorissa T15 lietteeseen lisätään haluttu määrä vetyperoksidia. Reaktorista T15 Kemicond-käsitelty liete pumpataan edelleen pumpulla Kemicond-lietteen tasaus-säiliöön T16. Säiliöstä T16 Kemicond-liete pumpataan edelleen linkokuivaukseen. Kuvassa 16 nähdään vasemmalla reaktori T14 ja oikealla reaktori T15. (11.)



KUVA 16. Reaktorien T14 ja T15 yläosat

4.13 Lietteenkäsittely

Kemicond-käsittelyn jälkeen liete kuivataan lietteenkäsittelylaitoksessa. Vuonna 2020 lietettä kuivaukseen meni yhteensä 5 282 809 kgTS (14 980 kgTS/vrk). Vuonna 2020 Taskilan jätevedenpuhdistamolla syntyi kuivattua lietettä KemiCond-käsittelyssä yhteensä 26 563 tonnia. Käsiteltyä lie-

tettä vietiin pelloille ravinteeksi ja maanparannusaineeksi yhteensä noin 14 364 tonnia. Aumakompostointialueelle Vasikkasuoille kuljetettiin lietettä kompostoitavaksi yhteensä noin 5 928 tonnia. Lisäksi biokaasulaitokseen lietettä vietiin 6 271 tonnia. (6.)

Vuonna 2021 Taskilan jätevedenpuhdistamolle on valmistunut uusi lietteenkäsittelylaitos. Laitoksessa on kaksi dekanterilinkoa ja kaksi ruuvipuristinta suorittamassa lietteen kuivausta. Kuvassa 17 nähdään lietteenkuivaamon ruuvipuristin.



KUVA 17. Lietteenkuivaamon ruuvi

Linkojen ja ruuvien maksimikapasiteetit ovat noin 27 m³/h. Lietteeseen lisätään ennen linkousta polymeeriä parantamaan kuivaustulosta. Lingoilla ja ruuveilla lietteen kiintoainepitoisuus saadaan nostettua noin 25 - 29 kuiva-aineprosenttiin. Linkojen ja ruuvien ohjauskeskukset sijaitsevat paikallisvalvomossa. Lingot pudottavat kuivatun lietteen linkotason alapuolella oleviin silloihin. Kuivattu liete varastoidaan kahdessa lietesillossa. Sillojen tilavuus on 2 * 220 m³ (hyötytilavuus 200 m³). Lietteen haku tapahtuu ajamalla ajoneuvo sillojen alle ja purkamalla kuivattu liete lavalle sillojen sisällä olevilla ruuveilla. Ajoneuvo saadaan lastauksen ajaksi sisätilaan tarvittaessa sulkemalla alatilat. Urakoitsija vie kuivatun lietteen Oulun lähiympäristöön pelloille ravinteeksi ja maanparannusaineeksi. Osa lietteestä viedään myös biokaasulaitokselle mädätettäväksi. Lietteen kuljetuksesta vastaa Kemira Operon Oy:n aliurakoitsija VRJ Pohjois-Suomi Oy. (11.)

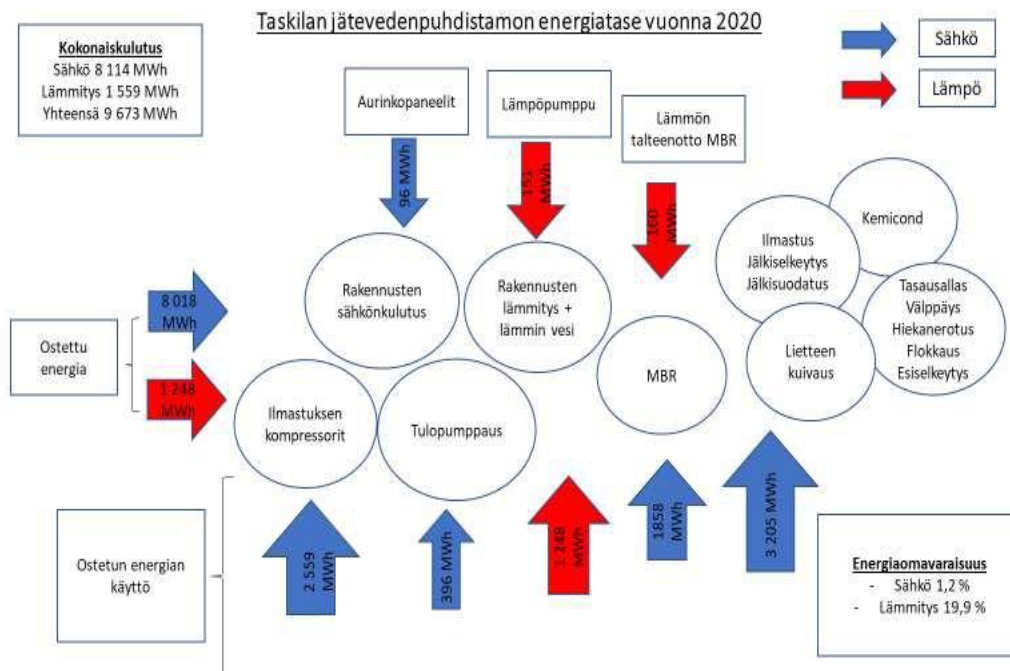
5 TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMON ENERGIANKULUTUS

Taskilan jätevedenpuhdistamon energiankulutus jakautuu lämmönkulutukseen, sähkönkulutukseen ja kemikaalien kulutukseen. Puhdistamolla on omaa energiantuotantoa. Aurinkopaneeleista saadaan sähköä, MBR-prosessin lämmöntalteenotosta lämpöä ja lähtevästä jätevedestä lämpöpumpun avulla lämpöä.

5.1 Energiatase

Energiatase voidaan määritellä siten, että primäärienergia muuttuu prosessissa loppukulutukseksi. Energiataseessa erotellaan primäärienergian hankinta, energiantuotanto, energian muunto, varastomuutokset, raaka-ainekäyttö ja energian loppukulutus (13). Energiataseessa siis kuvataan laitoksella siirtyviä energiavirtoja.

Taskilan jätevedenpuhdistamon energiatase nähdään kuvassa 18. Kuvassa sähköenergia on merkitty sinisillä nuolilla ja lämpöenergia punaisilla nuolilla.



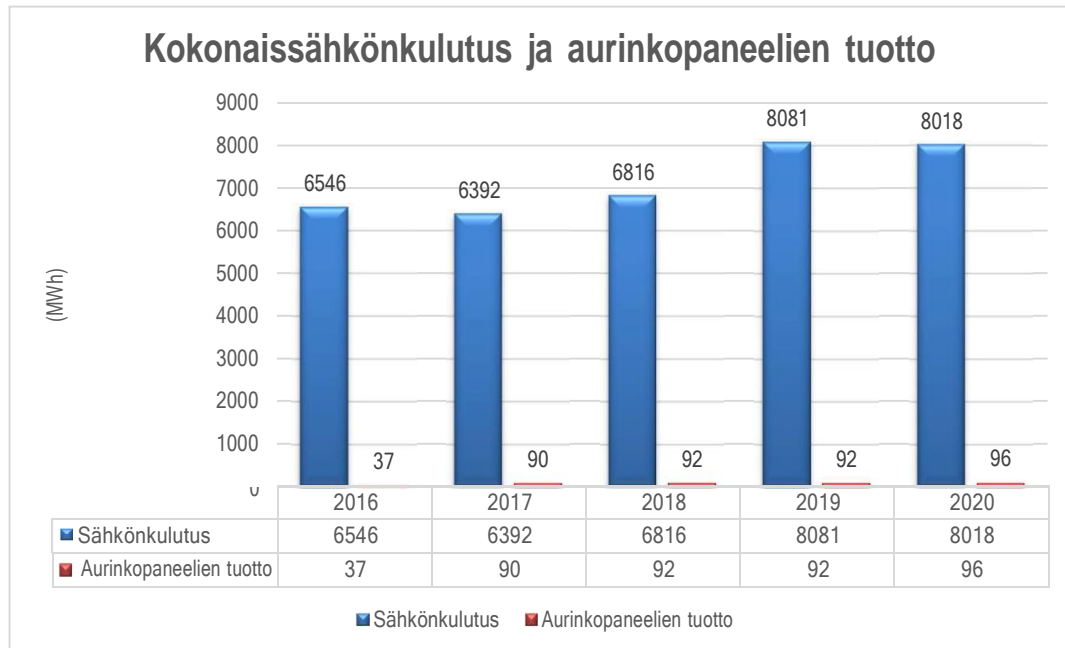
KUVA 18. Taskilan jätevedenpuhdistamon energiatase 2020

Taskilan jätevedenpuhdistamon energiataaseesta on hyvin nähtävissä, että energiaomavaraisuusprosentit ovat hyvin pieniä: sähkössä 1,2 % ja lämmössä 19,9 %. Energiaomavaraisuuden puuttuminen johtuu osaltaan kaukolämmön edullisesta markkinahinnasta sekä siitä, että puhdistamolla ei ole omaa biokaasulaitosta lämmön ja sähkön tuotantoon.

Taseesta nähdään puhdistamolle ostetun energian osuus ja sen jakautuminen eri prosesseihin ja kohteisiin. Kaikista prosesseista ei ole ollut saatavilla kulutustietoa, joten kulutuksen tarkka erittely ei ole ollut mahdollista. Omaa energiantuotantoa puhdistamolta löytyy sähköenergian tuottoon aurinkopaneeleista ja lämpöenergian tuotantoon MBR:n laitoksen lämmöntalteenottolaitteista sekä esikäsitellyn yhteydessä olevasta lämpöpumpusta. Puhdistamolla on tilavaraus toiselle lämpöpumpulle.

5.2 Taskilan jätevedenpuhdistamon sähkönkulutus ja lämmönkulutus

Tasausaltaan katolle on asennettu 404 kappaletta aurinkopaneeleja vuonna 2016. Vuonna 2020 aurinkopaneelit tuottivat 96 MWh (96 000 kWh). Taskilan jätevedenpuhdistamon kokonaissähkönkulutus on ollut vuonna 2020 noin 8018 MWh. Kuvassa 19 nähdään vuosien 2016 - 2020 kokonaissähkönkulutus sekä aurinkopaneelien tuotto kyseisenä aikana.



KUVA 19. Kokonaissähkönkulutus ja aurinkopaneelien tuotto

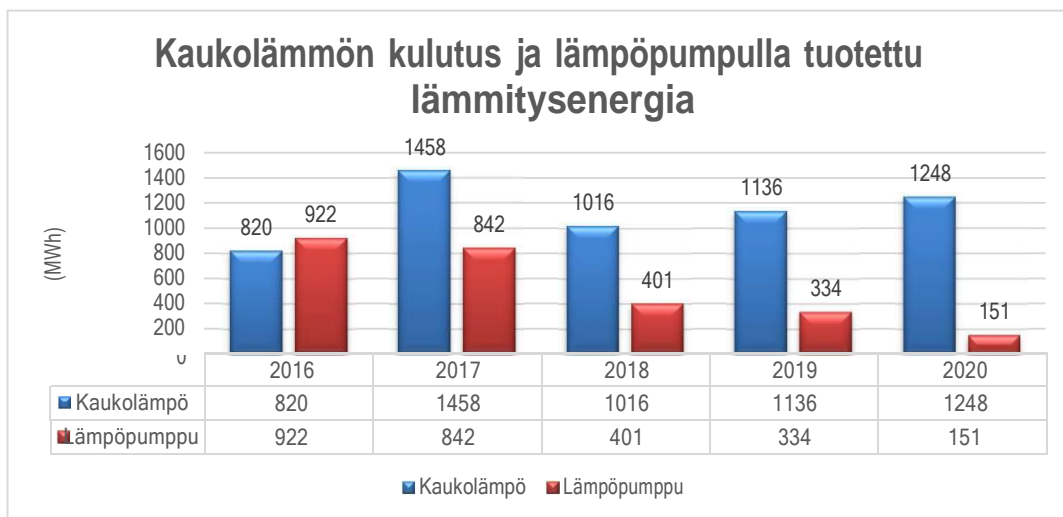
Jos aurinkopaneeleilla haluttaisiin tuottaa esimerkiksi 10 % (kulutuksen ollessa 8 000 MWh, 10 % on 800 MWh) kokonaissähkönkulutuksesta, nykyisten 404 aurinkopaneelin lisäksi tarvittaisiin noin 2 900 aurinkopaneelia. Laskentaesimerkissä on huomioitu se, että uudet paneelit olisivat ominaisuuksiltaan samanlaisia kuin nykyiset. Kuvassa 20 nähdään sähkön kustannukset (€/MWh) vuosina 2016 - 2020.



KUVA 20. Sähkön kustannukset vuosina 2016 - 2020

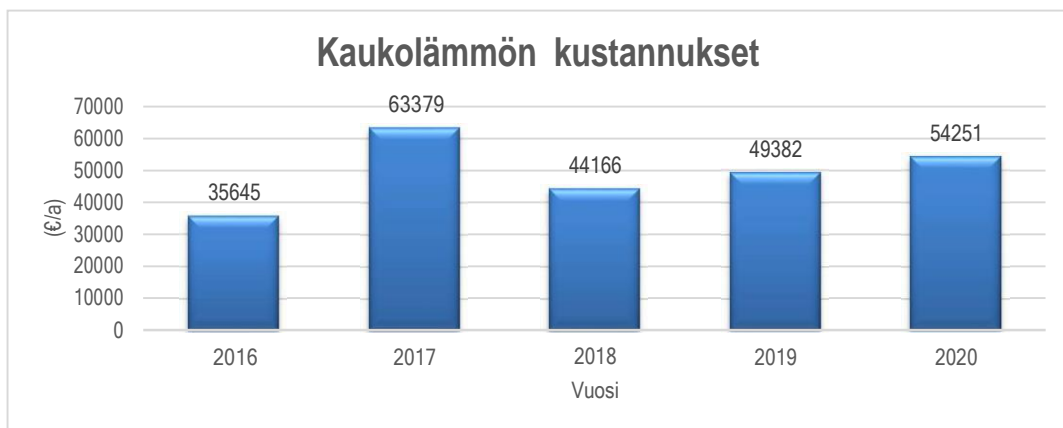
Sähkön hinnaksi laskelmissa on määritely 100 €/MWh. Hintaa on käytetty jokaisena vuotena samana, vaikka todellisuudessa hinta on voinut hieman muuttua vuosien saatossa.

Taskilan jätevedenpuhdistamolla lämmitys hoidetaan kaukolämmöllä. Kuvassa 21 nähdään vuosien 2016 - 2020 kaukolämmön kulutus sekä lämpöpumpulla tuotettu lämmitysenergia.



KUVA 21. Kaukolämmön kulutus ja lämpöpumpulla tuotettu lämmitysenergia

Lämpöpumpulla tuotettu lämmitysenergian määrä on vaihdellut huomattavasti vuosien varrella. Vaihtelu johtuu laitteessa ilmenneistä ongelmista, joten sitä ei ole päästy käyttämään optimaaliseksi. Lämmitysenergian tuoton keskiarvo on ollut vuosina 2016 - 2020 noin 530 MWh. Lämmöntalteenotosta saatava lämpö menee varaajaan, josta se jaetaan lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen. Lämmitysenergian tarve on suurimmillaan talvisaikaan, jolloin saadaan myös hyvin hyödynnettyä lämpöpumpuilla tuotettu lämmitysenergia. Käyttökustannukset lämpöä tuottavasta yksiköstä tulevat lähinnä lämpöpumpun kompressorista sekä jätevesipiirin sekä lämpökytkennän pumppujen kuluttamasta sähköstä. Kuvassa 22 nähdään kaukolämmön kustannukset vuosina 2016 - 2020.



KUVA 22. Kaukolämmön kustannukset vuosina 2016 - 2020

Kaukolämmön hinnaksi laskelmissa on määritetty 43,47 €/MWh. Hintaa on käytetty jokaisena vuotena samana, vaikka todellisuudessa hinta on voinut hieman muuttua vuosien saatossa.

Jätevedenpuhdistamon energiantuotantoa voidaan tarkastella laskennallisilla tunnusluvuilla. Alla on laskelma Taskilan jätevedenpuhdistamon energiantuotannon omavaraisuusasteesta vuosina 2018 - 2020. Omavaraisuusaste on Taskilan jätevedenpuhdistamolla suhteellisen pieni, koska laitoksella ei ole lainkaan omaa biokaasulaitosta (ainoastaan lämmöntalteenotto jätevedestä sekä MBR-laitoksesta). Jätevedenpuhdistamot, joissa on oma biokaasulaitos ovat omavaraisuusasteeltaan 50 % - 100 %. Omavaraisuusaste (%) lasketaan kaavalla 1.

KAAVA 1. Omavaraisuusaste (14, s. 15)

$$\text{Omavaraisuusaste } \% = \frac{\text{Oma energiantuotanto}}{\text{Kokonaisenergiakulutus}} \times 100\%$$

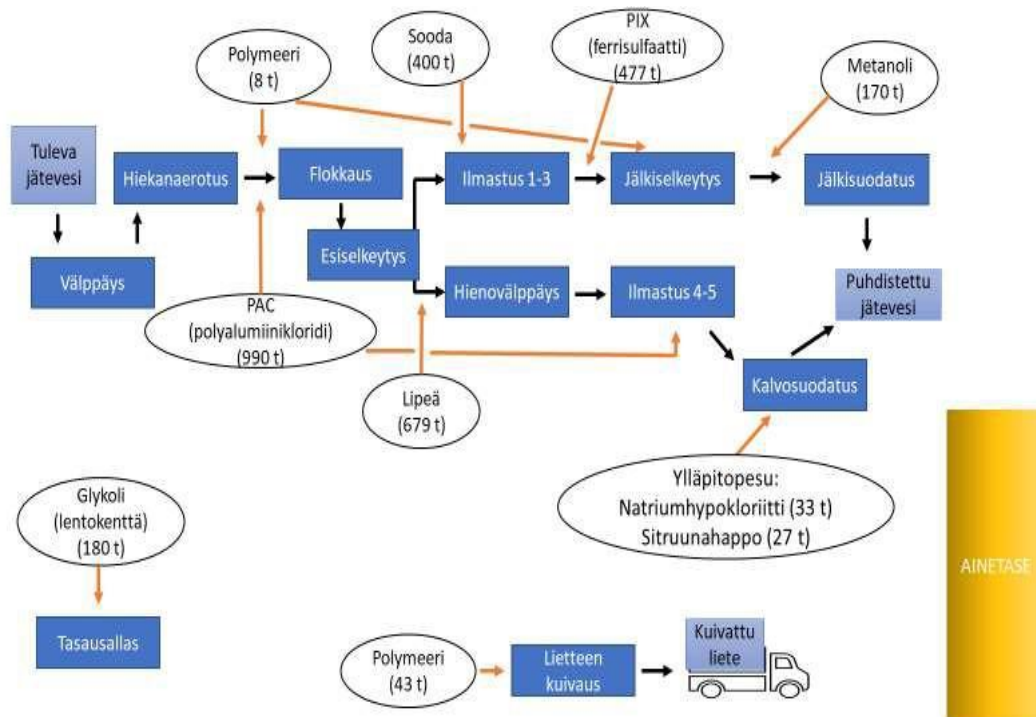
$$\text{Vuosi 2020: Omavaraisuusaste\%} = \frac{407 \text{ MWh}}{9\,673 \text{ MWh}} \times 100\% = 4,2 \%$$

$$\text{Vuosi 2019: Omavaraisuusaste\%} = \frac{426,2 \text{ MWh}}{9\,217 \text{ MWh}} \times 100\% = 4,6 \%$$

$$\text{Vuosi 2018: Omavaraisuusaste \%} = \frac{492,8 \text{ MWh}}{7\,832 \text{ MWh}} \times 100 \% = 6,3 \%$$

5.3 Ainetase

Jätevedenpuhdistuksessa käytetään kemikaaleja hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi. Ainetase antaa tietoa puhdistuksen laadusta. Ainetasetta voidaan käyttää apuna prosessin optimoinnissa. Kuvassa 23 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamolla käytettävät kemikaalit ja niiden annostelukohdat sekä vuoden 2020 määrät jätevedenpuhdistusprosessissa.



KUVA 23. Ainetase Taskilan jätevedenpuhdistamolla

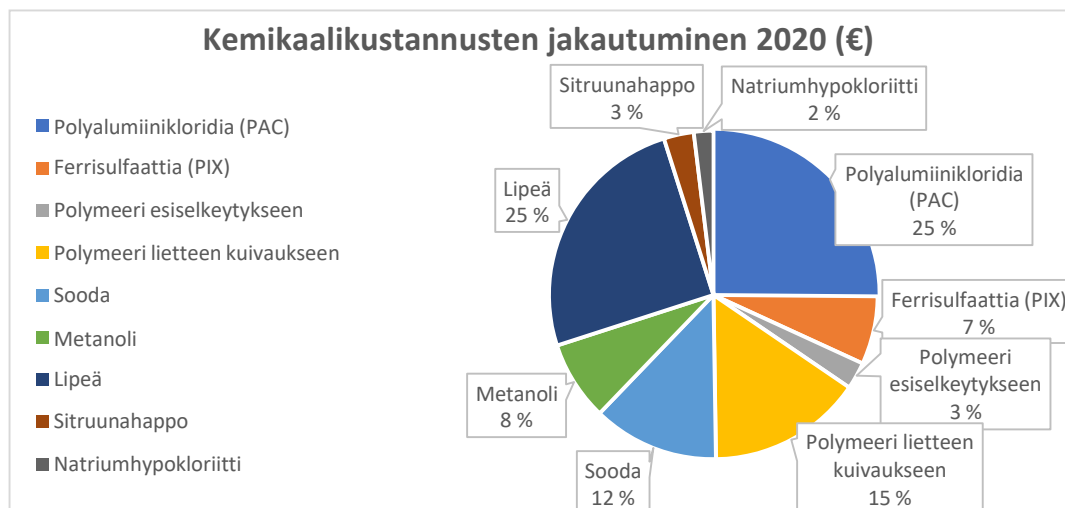
Polyalumiinikloridi annostellaan jäteveden tulovirtaan suhteutetulla säädöllä. Sen tarkoituksena on muodostaa jäteveden kiintoainepartikkelien kanssa mikroflokkeja. Jäteveteen lisätään tarvittaessa polymeeriä ennen flokkausta. Polymeerin tarkoituksena on parantaa flokin rakennetta. Jäteveden joukkoon annostellaan soodaa, jotta veden alkaliteetti pysyy halutulla tasolla aktiivilieteproses-

sisä. Jälkiselkeytykseen annosteltavan ferrisulfaatin määrä mitataan linjakohtaisilla virtausmittauksilla. Tarvittaessa jälkiselkeytykseen menevään jäteveeteen lisätään polymeeriä. Metanolin asetusarvoksi asetetaan esimerkiksi haluttu lähtevän veden nitraattityppipitoisuus (noin 7 mg/l). (11.)

Lipeää käytetään MBR-prosessissa pH:n säätöön. MBR-prosessin ilmastusaltaiden lohkon 6 on mahdollista syöttää saostuskemikaalina polyalumiinikloridia. Syötön tarkoituksena on tehostaa liukoisien fosforin poistamista. MBR-prosessin kalvojen puhtaanapitoon niin ylläpitopesuissa kuin liuotuspesuissa on valittavana joko natriumhypokloriitti tai sitruunahappo riippuen likaantumisesta. Sitruunahappo tehoaa epäorgaaniseen likaan sekä saostumiin. Natriumhypokloriitti tehoaa orgaanisen lian poistoon. Ennen linkousta lietteeseen lisätään polymeeriä parantamaan kuivaustulosta. Lingoilla lietteen kiintoainepitoisuus saadaan nostettua noin 28 kuiva-aineprosenttiin. Oulunsalon lentoasemalta tuleva glykoli tuodaan Taskilassa olevaan glykolin vastaanottosäiliöön. Glykoli soveltuu käytettäväksi myös orgaanisen hiilen lähteenä typenpoistoprosessissa. Muulloin se on kuin laitokselle tuleva jätevesi eli se käsitellään prosessissa. (11.)

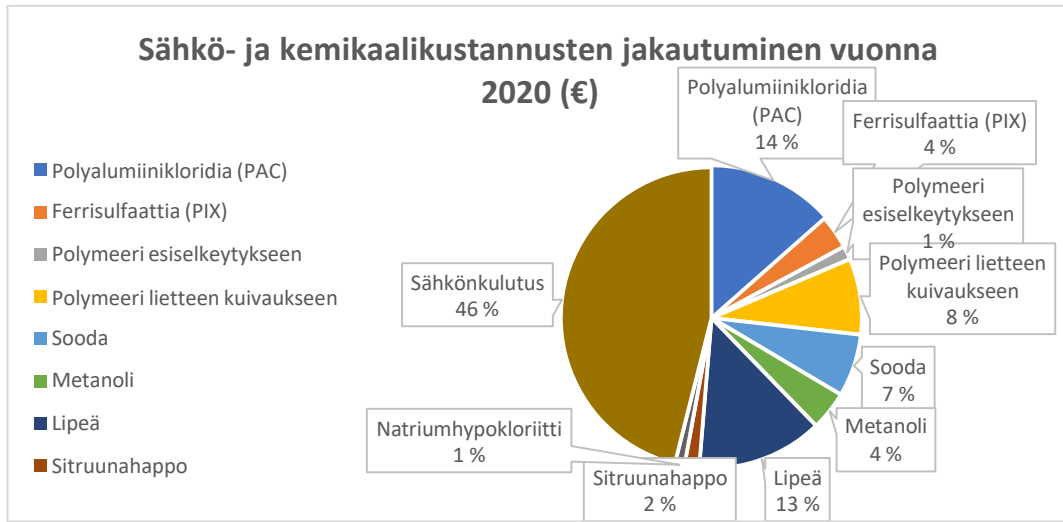
Kemicond-käsittelyssä käytetään vetyperoksidia, rikkihappoa ja lipeää. Vuonna 2020 Kemicondissa käytettiin vetyperoksidia yhteensä 412 tonnia, rikkihappoa 702 tonnia ja lipeää 369 tonnia (6). Kemicondissa käytettävät aineet kuuluvat kokonaissopimukseen, joten niiden erillisiä hintoja ei ole saatavissa. Operon Finland Oy ja Oulun Vesi ovat sopineet sopimuksen hinnoittelun.

Kuvassa 24 nähdään ainekulutuksen jakautuminen Taskilan jätevedenpuhdistamolla. Kuvassa näkyvät prosentiosuudet euromääräisestä kokonaiskulutuksesta vuonna 2020.



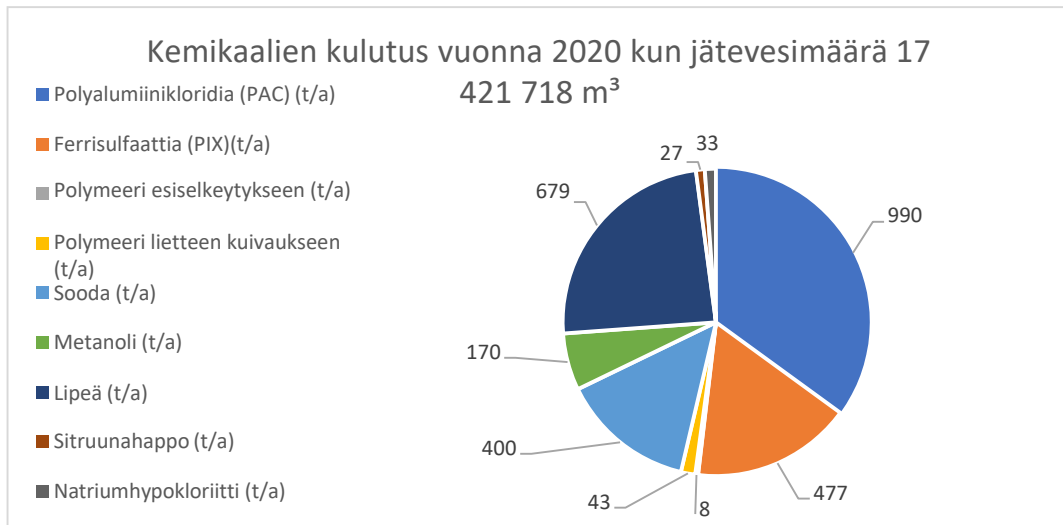
KUVA 24. Kemikaalikustannusten jakautuminen Taskilan jätevedenpuhdistamolla vuonna 2020

Kemikaalien kokonaiskulutuksen euromäärä oli vuonna 2020 noin 940 000 euroa. Se koostuu polyalumiinikloridista (PAC) 235 620 euroa, ferrisulfaattista (PIX) 62 964 euroa, esiselkeytykseen menevästä polymeeristä 25 200 euroa, lietteen kuivaukseen menevästä polymeeristä 142 760 euroa, soodasta 116 800 euroa, metanolista 73 440 euroa, lipeästä 235 537 euroa, sitruunahaposta 27 789 euroa ja natriumhypokloriitista 17 816 euroa. Kuvaan 25 on otettu mukaan sähkönkulutus kemikaalien kulutuksen lisäksi. Sähkön kustannus vuonna 2020 oli 801 800 euroa.



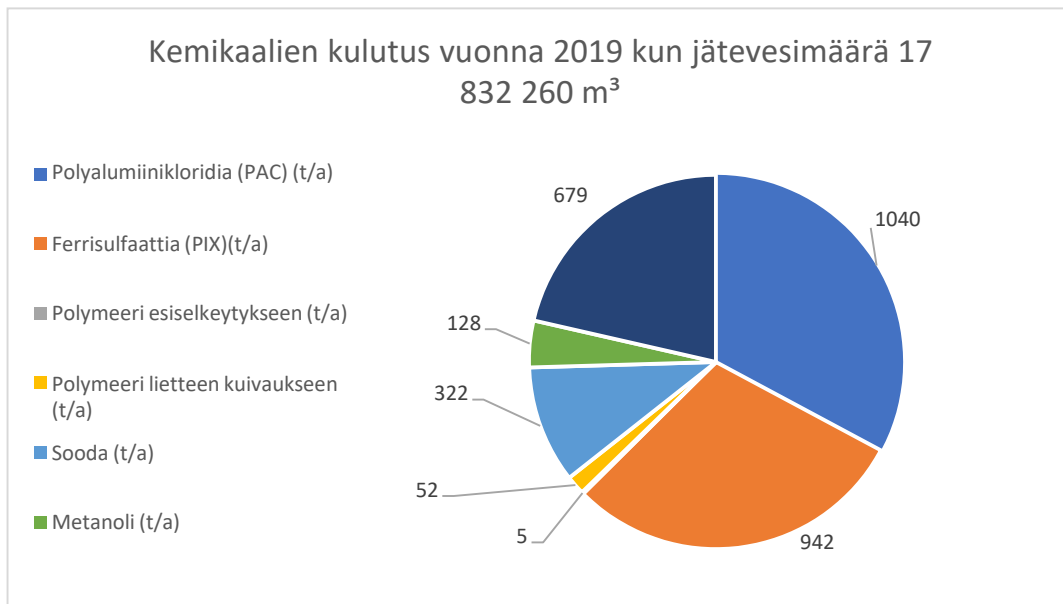
KUVA 25. Sähkö- ja kemikaalikustannukset vuonna 2020

Kuvista 26 ja 27 nähdään vuosien 2019 ja 2020 kemikaalien kulutus ja kyseisen vuoden jätevesimäärä. Jätevesimäärien ero on noin 410 000 m³.



KUVA 26. Kemikaalien kulutus vuonna 2020

Pääsääntöisesti kemikaalien kulutus on pysynyt vakiona vertailuvuosina 2019 ja 2020. Suurin poikkeama tulee ferrisulfaattissa, joka on ollut vuonna 2019 noin 450 tonnia pienempi. Prosentuaalisesti suurimmat muutokset ovat ferrisulfaatin noin 49 %:n pieneneminen vuodesta 2019 vuoteen 2020 sekä metanolin noin 33 %:n nousu vuodesta 2019 vuoteen 2020. Polymeerin määrä on tonneissa vuositasolla pieni mutta nousu prosenteissa vuodesta 2019 vuoteen 2020 on ollut 60 %.



KUVA 27. Kemikaalien kulutus vuonna 2019

6 LAITTEISTOKATSAUS

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on useita eri laitteita jäteveden puhdistusprosessissa. Laitteita ovat esimerkiksi pumput, kompressorit, sekoittimet, välpät, hämmentimet, pesurit, laahat ja kaapimet. Kohdassa muut ovat laskettuina esimerkiksi nostimet, kuljettimet, puhaltimet ja luukut. Taulukossa 3 nähdään laitteiden lukumäärä ja nimellisteho yhteensä sekä keskimääräinen nimellisteho.

TAULUKKO 3 Taskilan jätevedenpuhdistamon laitteistokatsaus

Tyyppi	Lukumäärä (kpl)	Nimellistehot yhteensä (kW)	Keskimääräinen nimellisteho (kW)
Pumput	94	1199	12,8
Kompressorit	9	1453	161,4
Sekoittimet	47	91	1,9
Välpät	16	41	2,6
Hämmentimet	4	5	1,3
Laahat	2	0,7	0,4
Kaapimet	3	2,2	0,7
Lingot + ruuvit	14	182,4	11,4
Muut	119	478	4
Yhteensä	308	3452,3	

6.1 Jätevedenpuhdistamon pumppausjärjestelmä

Jätevedenpuhdistusprosessin kannalta on tärkeää, että vesi tulee mahdollisimman tasaisena virtana puhdistamolle. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, jolloin pumppujen tulee pumpata vettä eri virtaamien mukaan. Laskelmissa on todettu, että Taskilan jätevedenpuhdistamon tulo-pumppaus kuluttaa sähköenergiaa noin 7 % puhdistamon kokonaissähkökulutuksesta. Tulo-pumppauksen kulutus ei ole suurin puhdistamolla mutta kuitenkin sen osuus on merkittävä puhdistamon kokonaiskulutuksesta ja täten myös mahdollinen energiansäästökohde (15, s. 19). Sähkökulutuksen määrään vaikuttavat pumpattavan jäteveden nostokorkeus (Taskilan puhdistamon tulo-pumppauksen nostokorkeus on 8 m) sekä laitokselle pumpattavan veden määrä, joka vaihtelee

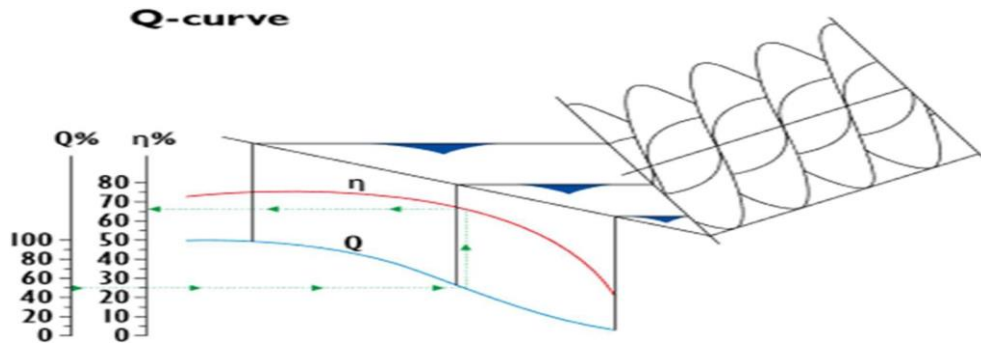
kuukausittain. Taskilan jätevedenpuhdistamolle pumpattavan jäteveden lämpötila on talvisin noin 9 °C ja kesäisin se voi olla jopa 20 °C.

Energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi putkiston energiatehokkuus, pumpun mitoitus, pumppauksen ohjaus, pumppujen moottorit, pumppujen huolto ja kunnostaminen sekä pumppausprosessin toiminnan kartoittaminen ja kehittäminen. Putkiston energiatehokkuudessa on tärkeää pitää pumppauksen määrä mahdollisimman pienenä ja putkiston häviöt tulee minimoida. Pumput tulee mitoittaa parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Pumpun toimintapiste määrittelee pumpun ideaaliset toiminta-arvot. Tässä pisteessä pumpun tehokkuus on maksimissaan. Pumppujen ylimitoitus on suurimpia ongelmia. Arviolta 75 % pumppausjärjestelmistä on ylimitoitettuja. Pumppausta voidaan ohjata eri tavoilla. Tapoja ovat pumppujen jaksottainen käyttö sekä monipumppuohjaus, jossa säästöä tulee, kun useampi tai yksi pumppu pystytään kytkemään pois päältä ja loput pumput toimivat parhaimmalla hyötysuhteellaan. Pumppauksen tehokkain ohjauskeino on nopeussäädetty käyttö. Nopeussäätöä käyttämällä pumppu toimii mahdollisimman tehokkaasti ja oikeilla toiminta-arvoilla. (16.)

Pumppujen moottoreina käytetään pääsääntöisesti sähkömoottoreita. Pumppujen säännöllinen huolto ja kunnostus huolto-ohjelman mukaisesti on tärkeää. Esimerkiksi likaantuminen laskee pumppujen tehokkuutta. Pumpun pinnoittamisella pyritään vähentämään kitkan aiheuttamia häviöitä. Pumppujen iän myötä tulevaa tehon alenemista voidaan vähentää kiinnittämällä huomioita tiivisteiden materiaaleihin sekä pitämällä virtaus mahdollisimman tasaisena. Pumppausprosessin toiminnan kartoittaminen ja kehittäminen parantavat prosessin tehokkuutta. Pumppujen tarpeen kartoitus tulee tehdä säännöllisin väliajoin. Käytössä ilmenneet ongelmat tulee korjata välittömästi. Pumppujen toiminta-arvojen mittaaminen, kuten käyttötunnit ja pumppujen energiankulutus tulee mitata. (16.)

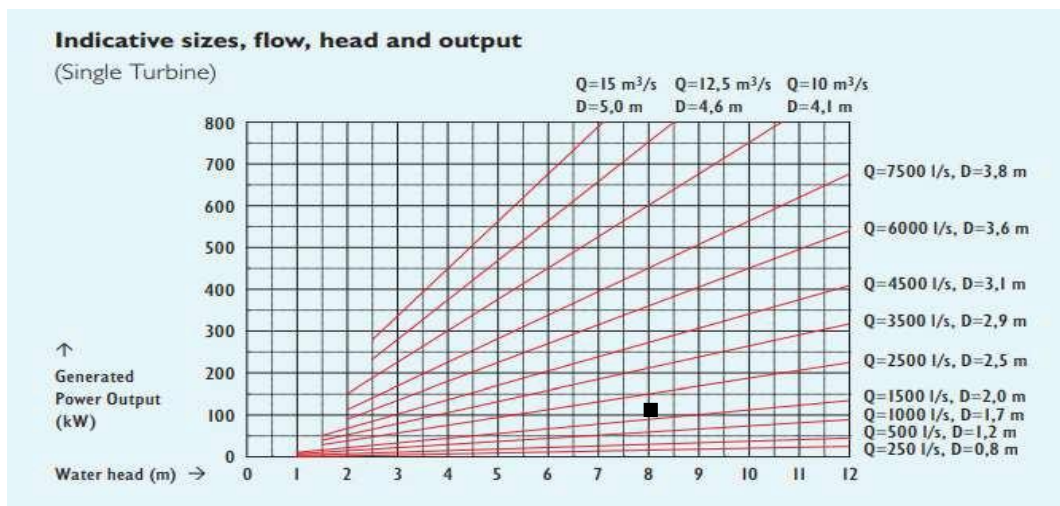
Jätevedenpuhdistamolla käytettävän pumpun tilaa voi helposti seurata mittaamalla sähkömoottorin tilaa. Pumpun toimintapiste saadaan sähkömoottorin pyörimisnopeudesta ja momentista. Tiedot saa esimerkiksi taajuusmuuttajasta. Data siirretään mittauksen jälkeen järjestelmään missä se analysoidaan. (17.)

Kuvassa 28 on ruuvipumppuasennuksen keskimääräinen hyötysuhde täyttöpisteessä. Kaavio kuvaa tasaisen hyötysuhteen käyrän, kun ruuvi toimii 40 - 100 prosentin alueella suunnittelukapasiteetista. Tasainen hyötysuhdekäyrä johtaa merkittäviin energiakustannuksen säästöihin erityisesti yhdessä taajuusmuuttajan kanssa, mikä helpottaa sujuvaa toimintaa.



KUVA 28. Taskilan jätevedenpuhdistamon tuloruuvipumppujen hyötysuhde (18)

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on useita pumppuja jätevesiprosessin eri vaiheissa. Teholtaan isoimmat pumput ovat tulopumppauksen kolme ruuvipumppua. Niiden nimellistehot ovat 110 kW, 110 kW ja 90 kW. Lisäksi löytyy kaksi teholtaan 75 kW olevaa aktiivilietteen ruuvipumppua sekä kaksi kappaletta bioruuveja, joiden nimellisteho on 90 kW/ruuvi. Muut pumput ovat nimellisteholtaan 0,12 - 37 kW. Kuvassa 29 nähdään ruuvipumpun tehon ja nostokorkeuden perusteella laadittu taulukko. Mustalla pisteellä on merkitty Taskilan jätevedenpuhdistamon tuloruuvipumput.



KUVA 29. Spaans Babcock ruuvipumpun suuntaa antava kokotaulukko (18)

6.2 Taskilan jätevedenpuhdistamon tulo-ruuvipumput

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on kolme tulo-ruuvipumppua. Näiden ruuvipumppujen sähkönkulutuksesta ei ollut kerättyä tietoa. Kahdelle pumpulle saatiin sähkönkulutusmittaus päälle kevään 2021 aikana. Pääsääntöisesti pumpuista käy yksi ja kaksi muuta ovat varalla. Pumpun sähkönkulutus (P) voidaan laskea kaavalla 2.

KAAVA 2. Pumpun sähkönkulutus (19, s. 14)

$$P = \frac{\rho * g * Q * H}{\eta} [W]$$

Q = Tilavuusvirta/Vesimäärä (m^3/s)

ρ = pumpattavan nesteen tiheys (kg/m^3)

H = Nostokorkeus (m)

g = putoamisliikkeen kiihtyvyys (m/s^2) η

η = Pumpun hyötysuhde (%)

Esimerkiksi vuonna 2020 jäteveden määrä vuorokaudessa oli 47730,73 m^3 . Tulovesipumppujen nostokorkeus on 8 metriä ja pumppujen hyötysuhteeksi on pumpun esitteessä mainittu 96 %.

$$\frac{997 \frac{kg}{m^3} * 0,55 \frac{m^3}{s} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 8 m}{0,96} = 45035,84 \frac{kg m^2}{s^3} \rightarrow 45036 W = 45,04 kW$$

$$\rightarrow 45,04 kW * 8760 h = 394 550 kWh$$

Tulo-ruuvipumpun sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden voidaan laskea kaavalla 3.

KAAVA 3. Pumpun sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden (14, s. 4)

$$E = \frac{\text{Pumpun sähkönkulutus (kWh)}}{\text{Jätevesi (m}^3\text{)}} \left(\frac{kWh}{m^3} \right)$$

Taulukosta 4 nähdään tulo-ruuvipumpun sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden. Taskilan jätevedenpuhdistamolla on yhteensä kolme tulo-ruuvia siirtämässä jätevettä puhdistusprosessiin.

TAULUKKO 4. Tuloruvipumpun sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden Taskilan jätevedenpuhdistamolla

Vuosi	Jätevesi (m ³)	Pumpun sähkönkulutus (kWh)	Pumpun sähkönkulutus / jätevesi (kWh/m ³)
2020	17 421 718	394 550	0,023

6.3 Jätevedenpuhdistamon kompressorit

Taskilan jätevedenpuhdistamolla nimellisteholtaan suurimmat kompressorit sijaitsevat ilmastuslaitailla ja MBR-prosessissa. Ilmastuslaitaiden kompressoreita on yhteensä neljä kappaletta ja yksittäisen kompressorin nimellisteho on 250 kW eli yhteensä niiden nimellisteho on 1 000 kW. MBR-prosessissa on kolme huuhteluilmakompressoria kalvoaltaille. Yhden kompressorin nimellisteho on 146 kW eli yhteensä niiden nimellisteho on 438 kW.

Ilmastuslaitaiden kompressorit on hankittu vuonna 2018. Kompressoreiden merkki on Atlas Copco ZB 250 VSD. Kyseessä on öljytön turbopuhallin. Kuvassa 30 nähdään ilmastuslaitaan kompressorit.



KUVA 30. Ilmastuslaitaiden kompressorit Atlas Copco ZB 250 VSD

Ilmastuslaitteiden kompressorit käyvät ilmastuslaitteiden happipitoisuuden perusteella. Happipitoisuuden arvo on noin 2,0 - 3,0 mgO₂/l. Työpaineeksi kompressoreihin on asennettu 0,69 bar. Kompressoreista on yleensä kaksi käytössä yhtä aikaan. Kaikki kompressorit ovat yhtä tehokkaita. Taulukossa 5 nähdään kompressorin tekniset tiedot.

TAULUKKO 5. Atlas Copco ZB 250 VSD tekniset tiedot (20)

Kapasiteetti, FAD (l/s)	556 l/s - 3 083 l/s
Kapasiteetti, FAD	2 000 m ³ /h - 11 100 m ³ /h
Työpaine	0,3 bar(e) - 1,4 bar(e)
Moottoriteho asennettuna	100 kW - 250 kW

Ennen ilmastusta olisi mahdollista olla käytössä Kemconnect-järjestelmä, niin jätevesi saataisiin enemmän tasalaatuisena ilmastuslaitteille. Tämä vähentäisi ilmastuskompressoreiden energiankulutusta. (21.)

Vuonna 2020 Taskilan jätevedenpuhdistamon sähkönkulutus oli 8 018 MWh ja 8 081 MWh vuonna 2019. Taulukosta 6 nähdään kompressoreiden kulutus vuodelle 2020 sekä osuus kokonaissähkönkulutuksesta.

TAULUKKO 6. Kompressoreiden sähkönkulutus vuonna 2020

Laite	Vuosi	Kulutus (MWh)	Osuus kokonaissähkönkulutuksesta (%)
Ilmastuslaitteiden kompressorit (4 kpl)	2020	2 559	31,9
MBR-laitoksen kompressorit (3 kpl)	2020	893	11,1

Ilmastuskompressoreiden sähkönkulutus puhdistettua jätevesikuutiota kohden voidaan laskea kaavalla 4.

KAAVA 4. Ilmastuskompressoreiden sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden (14, s.4)

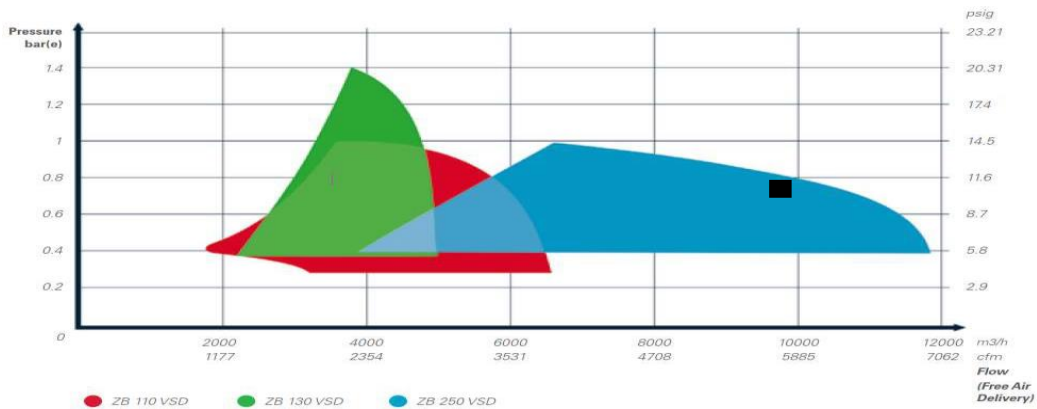
$$E = \frac{\text{Kompressoreiden sähkönkulutus (MW)}}{\text{Jätevesi (m}^3\text{)}} \left(\frac{\text{MWh}}{\text{m}^3} \right)$$

Kompressoreiden sähkönkulutuksen seuranta on aloitettu 18.5.2019. Laskelmissa alkuvuosi 2019 on laskettu loppuvuoden keskiarvolla kertomalla se päivien lukumäärällä. Taulukosta 7 nähdään ilmastuskompressoreiden sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden vuodessa.

TAULUKKO 7. Kompressoreiden sähkönkulutus jätevesikuutiota kohden vuosina 2019 ja 2020

Vuosi	Jätevesi (m ³)	Kompressoreiden sähkönkulutus (MWh)	Kompressorin sähkönkulutus / jätevesi (MWh/m ³)	Kompressorin sähkönkulutus / jätevesi (kWh/m ³)
2020	17 421 718	2 559	0,00015	0,15
2019	17 832 260	2 775	0,00017	0,17

Kuvassa 31 nähdään kompressorin valintataulukko ilman virtauksen ja paineen perusteella. Taskilan jätevedenpuhdistamolla on käytössä kompressorit ZB 110 VSD, ZB 130 VSD ja ZB 250 VSD. Paine kompressorissa 0,69 bar ja ilman virtaama noin 9 729 m³/h (kuvassa 31 kohta näkyy mustalla pisteellä merkittynä).



KUVA 31. Kompressorin valintataulukko virtauksen ja paineen perusteella (22)

Ilmastustehokkuus standardiolosuhteissa lyhennetään kirjaimin SAE (standard aeration efficiency). SAE-arvo on veteen siirretyn hapen määrän ja käytetyn energian suhde. Tyypilliset arvot ovat 1 - 2 kg O₂/kWh mekaanisissa ilmastusjärjestelmissä ja 2 - 8 kgO₂/kWh hienokuplailmastusjärjestelmissä (23). Taskilan jätevedenpuhdistamon SAE-arvo oli vuonna 2020 noin 3,1 kg O₂/kWh.

7 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuuden parantamisella pyritään pienentämään energiankulutusta, vähentämään hiilidioksidipäästöjä ja saamaan aikaan kustannussäästöjä (24). Energiatehokkuuden kautta saatava energiansäästö on tärkeää energian saatavuuden, tuontien energian tarpeen vähentämisen ja energiakustannusten alentamisen kannalta (25). Energiatehokkuus tarkoittaa usein myös uuden tekniikan käyttöönottoa ja uusia toimenpiteitä. Energiankäytön tehostamiseen yritys tarvitsee koko organisaation panosta ja osaamista. Ratkaisujen ja päätösten tueksi tarvitaan mitattua dataa, mitauksista jalostettua tietoa ja energiatehokkuuden tunnuslukuja (26). Energiankulutuksen seuranta on tärkeässä asemassa, että voidaan kehittää olemassa olevia järjestelmiä ja laitteita. Uusi teknologia mahdollistaa energiankulutuksen seurannan entistä tarkemmalla tasolla.

Pumppausprosesseissa kuluu huomattava määrä energiaa. Oikeilla laitevalinnoilla ja säätötapa-ratkaisuilla on mahdollista säästää noin 40 % sähkönkulutuksesta (27, s. 250). Jos pumppujen mitoitus ei ole onnistunut tai se ei vastaa nykypäivän tilannetta, niiden hyötysuhde on huono. Tutkimusten mukaan pumppujen ylimitoitus on yleinen ongelma. Energiatehokkuuden heikentäviä tekijöitä voivat olla pumppujen ikääntyminen, pumppaamojen sisäiset painehäviöt ja huonolla energiatehokkuudella toimivat moottorit (27, s. 251).

7.1 Energiatehokkuus jätevedenpuhdistuksessa

Jätevedenpuhdistamoille on käytössä energiatehokkuutta mittaavia arvoja. Yhdestä tehokkuutta mittaavasta arvosta käytetään lyhennettä KPI (Key Performance Indicator). Taskilan jätevedenpuhdistamolle on määritelty KPI-arvoksi 31 kWh/asukasvastineluku/vuosi. Asukasvastinelukuna käytetään henkilölukumääräistä puhdistuskapasiteettia. Luku on Taskilan jätevedenpuhdistamolla noin 200 000. Tyypillisesti KPI-luku on yli 100 000 asukasvastineluvun jätevedenpuhdistamoille 32 kWh ja alle 10 000 vastineluvun jätevedenpuhdistamoille 44 kWh. Taskilan jätevedenpuhdistamon KPI-arvoa voidaan pitää kohtuullisen hyvänä (15, s. 2). Jätevedenpuhdistamoiden energiankulutukset ovat merkittäviä. Esimerkiksi Yhdysvalloissa veden- ja jätevedenkäsittelylaitokset kuluttavat sähköä 3 - 4 % koko maan sähkönkulutuksesta. Jätevedenpuhdistamoiden energiankulutus on Euroopassa vastaavalla tasolla (28, s. 1). Energia- ja ilmastostrategiat painottavat uusiutuvan energian

käyttöä, kasvihuonepäästöjen vähentämistä ja energian hankinnan omavaraisuuden kasvattamista (29, s. 4).

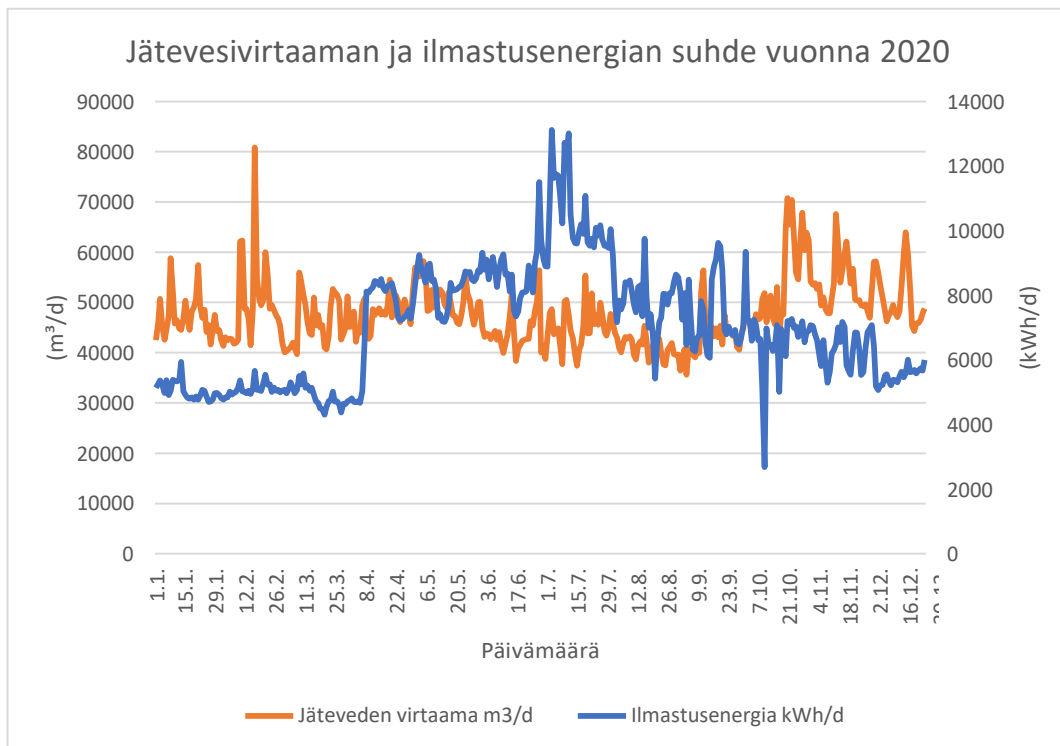
Uudistuvien strategioiden takia on alettu kiinnittämään huomiota myös jätevedenpuhdistuksen energiankulutukseen. Uusilla laitehankinnoilla ja laitteiden säätämällä voidaan säästää paljon energiankulutuksessa. Jätevedenpuhdistamolla energiankulutus koostuu suurelta osin jäteveden siirtämisestä pumppujen avulla puhdistusprosessiin, ilman syöttämisestä jätevetteen sekä lietteen käsittelystä. Ilmastuksen energiankulutuksen on arvioitu olevan noin 55 - 70 % koko laitoksen energiankulutuksesta. Jäteveden pumppausprosessi kuluttaa noin 15 % laitoksen energiankulutuksesta. Jätevedenpuhdistamolla energiaa kuluu myös muihin prosessivaiheisiin sekä puhdistamon perustarpeisiin, kuten lämmitykseen ja valaistukseen (28, s. 1).

Lietteen kuivaus kuluttaa jätevedenpuhdistamoilla energiaa. Sähköenergiaa kuluu lietettä pumpattaessa, tiivistettäessä ja kuivattaessa. Taskilan jätevedenpuhdistamolla liete kuivataan lingoilla ja ruuveilla. Energiankulutus riippuu käsiteltävän lietteen määrästä. Lietteen laadun vaihtelu vaikeuttaa kuivausta edistävän kemikaalin polymeerin optimaalista annostelua. Lietteen parempi sakeuttaminen voisi vähentää esimerkiksi linkousta. Lietteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa lietteen kuljetuskustannuksiin. Kun lietteen kuiva-ainepitoisuus on suurempi, se on myös kevyempää ja kuljetuskustannuksetkin ovat pienemmät. Riittävän kattavilla mittauksilla saadaan tietoa kuivauslaitteen toiminnasta (lingot ja ruuvit) ja pystytään optimoimaan toimintaa, energiankulutusta sekä polymeerien käyttöä. (30, s. 18.)

7.2 Ilmastusprosessin energiatehokkuus

Vaatimukset ammoniumtypen ja kokonaistypen poistosta jätevedenpuhdistamoilla ovat lisääntyneet viime aikoina. Nämä vaatimukset aiheuttavat sen, että jätevedenpuhdistamoiden tulee tulevaisuudessa varautua uusiin määräyksiin uudistamalla laitoksiaan. Biologisen puhdistuksen osuus on suurin jätevedenpuhdistamon energiankulutuksesta. Tämä johtuu siitä, että nitrifikaatiprosessi tarvitsee toimiakseen runsaasti happea ja happi tuotetaan isoilla kompressoreilla (15, s. 21).

Kuvassa 32 näkyy Taskilan jätevedenpuhdistamolle tullut jätevesi vuonna 2020 sekä siihen käytetty ilmastusenergia. Kuvasta on nähtävissä, että ilmastusenergian tarve on suurimmillaan ollut heinäkuun lopussa.



KUVA 32. Jätevesivirtaama ja ilmastusenergia vuonna 2020 Taskilan jätevedenpuhdistamolla

Tehokkaalla esiselkeytyksellä olisi mahdollista vähentää ilmastuksen vaatimaa sähkönkulutusta. Tehostaminen on kuitenkin melko mahdotonta sillä, jos esiselkeytystä tehostetaan, kiintoainetta ei jää riittävästi biologiseen prosessiin. Ilmastuksen sähkönkulutukseen voi vaikuttaa altaassa olevan lietteen ikää lyhentämällä. Tällä saadaan hapenkulutus pienemmäksi ja näin ollen myös kompressorit kuluttavat vähemmän energiaa. (15, s. 23.)

Hapen syöttäminen ilmastusaltaaseen tapahtuu pohjailmastuksena. Altaan pohjassa olevien ilmastuslautasten kalvojen läpi syötetään ilmaa. Altaissa olevien ilmastimien huolto on tärkeää tehdä laaditun huolto-ohjelman mukaisesti. Esimerkiksi jos kalvoreikiä menee tukkoon, kompressorit syöttävät ilmaa entistä enemmän ilmastimien läpi ja tällöin vastapaine kasvaa ilmastimissa. Tämä tilanne aiheuttaa sen, että happianturit ilmoittavat, ettei altaassa ei ole riittävästi happea, jolloin energiankulutus lisääntyy. Ilmastuskompressoreiden energiankulutusta on tärkeää seurata ja tarvittavat huoltotoimenpiteet suoritetaan ajallaan. Ilmastusaltaassa mitataan veden lämpötila, happipitoisuus, veden laatu, ilmastusilman lämpötila sekä ulkoilman lämpötila. Ilmastusaltaiden saostuskemikaalien syöttöä seurataan, jotta veden laatu pysyisi mikrobien kannalta mahdollisimman optimaalisena. (15, s. 23.)

7.3 Energiatehokkuuden mittarit

Tässä luvussa käsitellään muutamia energiatehokkuuden mittareita. Sähkönkulutuksen mittaaminen on tärkeä työkalu jätevedenpuhdistamon energiatehokkuuden arvioimisessa. Taulukoihin on pyritty ottamaan mukaan Taskilan jätevedenpuhdistamon lisäksi muitakin puhdistamoita, jotta saataisiin vertailulukuja sähkönkulutuksen suhteen. Puhdistamoiden luvut eivät aina ole suoraan vertailukelpoisia. Se johtuu esimerkiksi puhdistamoiden maantieteellisestä korkeuserosta sekä siitä että, puhdistusprosessit poikkeavat hieman toisistaan. Jätevesilaitoksia on rakennettu sekä maan pinnalle että maan alle (luolastot). (31.)

Sähkönkulutus käsiteltyä jätevesikuutiota kohden lasketaan kaavalla 5.

KAAVA 5. Sähkönkulutus käsiteltyä jätevesikuutiota kohden (14, s. 4)

$$TL_V = \frac{\text{Sähköenergiankulutus (kW)}}{\text{Tuleva jätevesi (m}^3\text{)}} \quad (\text{kWh/m}^3)$$

Taulukosta 8 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamon sähkönkulutus käsiteltyä jätevesimäärää kohden. Taulukosta on havaittavissa, että sähkönkulutus on kasvanut puhdistamolla, vaikka jätevesimäärät ovat pysyneet lähes samalla tasolla. Yhtenä suurena syynä sähkön käytön kasvuun on ollut MBR-prosessin valmistuminen vuonna 2018.

TAULUKKO 8. Sähkönkulutus käsiteltyä jätevesikuutiota kohden Taskilan jätevedenpuhdistamolla vuosina 2015 - 2020

Vuosi	Sähköenergiankulutus (kWh)	Tuleva jätevesi (m ³)	TL_V (kWh/m ³)
2015	6 115 978	19 702 124	0,31
2016	6 456 133	16 978 443	0,38
2017	6 391 690	17 437 133	0,37
2018	6 815 940	17 120 433	0,40
2019	8 080 794	17 832 230	0,45
2020	8 018 244	17 421 718	0,46

Taulukoita 8 ja 9 vertailemalla voidaan todeta, että Taskilan jätevedenpuhdistamon sähkönkulutus käsiteltäjä jätevesikuutiota kohden on hyvällä tasolla. Tulokset ovat hyvin lähellä suuria Turun ja Helsingin puhdistamoita. Pääsääntöisesti voidaan todeta, että isoilla puhdistamoilla kustannukset ovat pienemmät kuin pienillä puhdistamoilla.

TAULUKKO 9. Sähkönkulutus käsiteltäjä jätevesikuutiota kohden muilla vertailuun otetuilla jätevedenpuhdistamoilla vuosina 2019 - 2020

Vuosi	Puhdistamo	Sähköenergiankulutus (kWh)	Tuleva jätevesi (m ³)	TL_V (kWh /m ³)
2020	Turku, Kakolanmäki	10 201 000	32 587 333	0,31
2019	Turku, Kakolanmäki	10 148 000	34 047 000	0,30
2020	HSY, Viikinmäki	39 818 000	110 000 000	0,36
2019	HSY, Viikinmäki	40 645 000	107 000 000	0,38
2020	Kuopio, Lehtoniemi	7 804 440	10 269 000	0,76
2019	Kuopio, Lehtoniemi	6 560 400	9 240 000	0,71
2020	Lahti, Kariniemi	5 100 099	6 531 000	0,78
2019	Lahti, Kariniemi	4 980 200	6 160 000	0,81

Kansainvälisen instituutin EPRI:n (The Electric Power Research Institute) mukaan energiankulutus käsiteltäjä jätevesikuutiota kohden vaihtelee yleisesti välillä 0,4 - 0,9 kWh/m³. Taulukossa 10 nähdään keskimääräisiä tuloksia sähköenergiankulutukselle jätevesikuutiota kohden eri maissa EPRI:n tutkimuksen mukaan. (32.)

TAULUKKO 10. Sähköenergiankulutus käsiteltäjä jätevesikuutiota kohden maailmalla (30)

Maa	TL_V (kWh/m ³)
Kiina	0,27
Saksa	0,67
Iso-Britannia	0,64
Yhdysvallat	0,45

Sähkönkulutus puhdistamon asukasvastinelukua kohden lasketaan kaavalla 6.

KAAVA 6. Sähkönkulutus puhdistamon asukasvastinelukua kohden (14, s. 4)

$$TL_{PE} = \frac{\text{Sähköenergiankulutus kWh}}{\text{Asukasvastineluku (PE)}}$$

Asukasvastineluku on biologisesti hajoavien epäpuhtauksien mittayksikkö. Se vastaa yhden henkilön vuorokauden aikana tuottamaa keskimääräistä kuormitusta. Yhdyskuntajätevesiasetuksessa jätevesien tarkkailun ja käsittelyn vähimmäisvaatimukset on asetettu asukasvastineluvun mukaisesti. Asukasvastineluku 1 (AVL 1) tarkoittaa orgaanisen, biologisesti hajoavan aineen kuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BOD_{7at}) on 70 grammaa hapetta vuorokaudessa. Asukasvastineluku lasketaan jätevedenpuhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta. (33, s. 10.)

Taulukoista 11 ja 12 nähdään sähköenergiankulutus asukasvastinelukua kohden. Laskelmista on nähtävissä se, että isoimmissa jätevedenpuhdistamoissa sähköenergiankulutus on pienempää jätevesikuutiota kohden kuin pienissä jätevedenpuhdistamoissa. Jätevesien käsittely on yleisesti tehokkaampaa isoissa puhdistamoissa.

TAULUKKO 11. Sähköenergiankulutus Taskilan jätevesipuhdistamon asukasvastinelukua kohden vuosina 2015 - 2020

Vuosi	Sähköenergiankulutus (kWh)	Asukasvastineluku	TL_{PE} (kWh)
2015	6 115 978	196 845	31,1
2016	6 456 133	197 000	31,1
2017	6 391 690	198 000	32,3
2018	6 815 940	200 000	34,1
2019	8 080 794	205 000	39,4
2020	8 018 244	210 000	38,2

Taulukossa 12 nähdään sähköenergiankulutus asukasvastinelukua kohden neljällä muulla jätevedenpuhdistamolla. Mukana vertailussa ovat Kakolanmäki, Viikinmäki, Lehtoniemi ja Kariniemi.

TAULUKKO 12. Sähköenergian kulutus muilla vertailuun otetuilla puhdistamoilla asukasvastinelukua kohden

Vuosi	Puhdistamo	Sähköenergiankulutus (kWh)	Asukasvastineluku	TL_{PE} (kWh)
2020	Turku, Kakolanmäki	10 201 000	310 000	32,9
2019	Turku, Kakolanmäki	10 148 000	340 000	29,8
2020	HSY, Viikinmäki	39 818 000	1 322 486	30,1
2019	HSY, Viikinmäki	40 645 000	1 322 486	30,7
2020	Kuopio, Lehtoniemi	7 804 440	137 200	56,9
2019	Kuopio, Lehtoniemi	6 560 400	137 200	47,8
2020	Lahti, Kariniemi	5 100 099	105 000	48,6
2019	Lahti, Kariniemi	4 980 200	106 000	47,0
2019	Jyväskylä, Nenäinniemi	7 360 200	174 000	42,3

Sähkönkulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD (Chemical Oxygen Demand) kohden lasketaan kaavalla 7.

KAAVA 7. Sähkönkulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD kohden (14, s. 5)

$$TL_{COD} = \frac{\text{Sähköenergiankulutus (kWh)}}{\text{Poistettu COD (kg)}}$$

Sähköenergiankulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD kohden laskelmissa nähdään (taulukot 13 ja 14), että Taskilan jätevedenpuhdistamon vaihteluväli on ollut 0,58 - 0,82 (kWh/kg). Vertailuun otetuilla puhdistamoilla vaihteluväli on ollut 0,49 - 0,80 (kWh/kg). Tuloksissa liikutaan hyvin samoissa lukemissa. Huomionarvoista on kuitenkin se, että Turun Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon tulokset ovat muita puhdistamoita paremmat.

TAULUKKO 13. Sähköenergiankulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD (Chemical Oxygen Demand) kohden Taskilan jätevedenpuhdistamolla vuosina 2015 - 2020

Vuosi	Sähköenergiankulutus (kWh)	COD (kg/a)	TL_{COD} (kWh/kg)
2015	6 115 978	10 546 383	0,58
2016	6 456 133	9 574 133	0,67
2017	6 391 690	10 242 302	0,62
2018	6 815 940	9 985 342	0,68
2019	8 080 794	9 854 051	0,82
2020	8 018 244	10 465 353	0,77

Taulukossa 14 nähdään sähköenergiankulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD kohden. Jätevesipuhdistamoista mukana vertailussa ovat Kakolanmäki, Viikinmäki ja Nenäinniemi.

TAULUKKO 14. Sähköenergiankulutus poistettua kemiallista hapenkulutusta COD (Chemical Oxygen Demand) kohden muilla vertailuun otetuilla jätevedenpuhdistamoilla

Vuosi	Puhdistamo	Sähköenergiankulutus (kWh)	COD (kg/a)	TL_{COD} (kWh/kg)
2020	Turku, Kakolanmäki	10 201 000	19 345 000	0,53
2019	Turku, Kakolanmäki	10 148 000	20 440 000	0,49
2020	HSY, Viikinmäki	39 818 000	50 049 895	0,80
2019	HSY, Viikinmäki	40 645 000	55 809 960	0,73
2019	Jyväskylä, Nenäinniemi	7 052 019	10 849 260	0,65

Sähkönkulutus poistettua biologista hapenkulutusta BOD (Biochemical Oxygen Demand) kohden lasketaan kaavalla 8.

KAAVA 8. Sähkönkulutus poistettua biologista hapenkulutusta BOD kohden (14, s. 5)

$$TL_{\text{BOD}} = \frac{\text{Sähköenergiankulutus (kWh)}}{\text{Poistettu BOD (kg)}}$$

Taulukoista 15 ja 16 nähdään sähkönkulutus poistettu biologista hapenkulutusta BOD kohden Taskilan jätevedenpuhdistamoilla ja vertailuun otetuilla jätevedenpuhdistamoilla. Taskilassa on havaittavissa, että BOD-lukema on kasvanut vuodesta 2015 (1,62) vuoteen 2020 (2,32) 0,7 yksikköä. Taskilan vuoden 2020 lukema on hieman korkeampi kuin vertailuun otetuilla jätevedenpuhdistamoilla. Turun Kakolanmäen puhdistamon lukemat ovat vertailun pienimmät.

TAULUKKO 15. Sähkönkulutus poistettua biologista hapenkulutusta BOD (Biochemical Oxygen Demand) kohden Taskilan jätevedenpuhdistamolla vuosina 2015 - 2020

Vuosi	Sähköenergiankulutus (kWh)	Poistettu (BOD) (kg)	TL_{BOD} (kWh/kg)
2015	6 115 978	3 765 705	1,62
2016	6 456 133	3 596 710	1,79
2017	6 391 690	4 023 030	1,59
2018	6 815 940	3 913 165	1,74
2019	8 080 794	3 901 120	2,07
2020	8 018 244	3 449 980	2,32

Taulukossa 16 nähdään sähkönkulutus poistettua biologista hapenkulutusta BOD kohden. Jätevedenpuhdistamoista mukana vertailussa ovat Kakolanmäki, Viikinmäki ja Nenäinniemi.

TAULUKKO 16. Sähkönkulutus poistettua biologista hapenkulutusta BOD (Biological Oxygen Demand) kohden muilla vertailuun otetuilla jätevedenpuhdistamoilla vuosina 2019 - 2020

Vuosi	Puhdistamo	Sähköenergiankulutus (kWh)	Poistettu (BOD) (kg)	TL_{BOD} (kWh/kg)
2020	Turku, Kakolanmäki	10 201 000	8 030 000	1,27
2019	Turku, Kakolanmäki	10 148 000	8 395 000	1,21
2020	HSY, Viikinmäki	39 818 000	26 034 720	1,53
2019	HSY, Viikinmäki	40 645 000	26 034 720	1,56
2019	Jyväskylä, Nänniemi	7 052 019	4 391 680	1,61

Vuonna 2009 julkaistussa Tuija Tukiaisen tekemässä tutkimuksessa isoimman jätevedenpuhdistamon energiankulutus oli 0,72 kWh/kg poistettua BOD:a kohden. Tutkimuksessa olleiden (6 kpl) puhdistamoiden energiankulutus oli 0,72 - 3,06 kWh/kg poistettu BOD (34, s. 97).

OCP-indeksillä mitataan jäteveden käsittelyn tasoa. Jätevedenpuhdistamoiden OCP-indeksin avulla lasketut tunnusluvut ovat suoraan vertailukelpoisia keskenään, koska menetelmä ei ota kantaa lupamääräyksiin tai purkuvesistöön. OCP-indeksin laskennassa huomioidaan puhdistetun jäteveden biologinen hapenkulutus, kokonaistyyppikuormitus ja kokonaisfosforikuormitus mereen. Kukin parametria painotetaan niiden vesistössä aiheuttaman hapentarpeen suhteessa. Näin ravinteita tehokkaasti poistavat puhdistamot saavat suhteellisesti parempia OCP-indeksituloksia. Laskentatapaa käyttäen voidaan tarkastella päästöjä (t/a). OCP-indeksit lasketaan vesistöön johdetun jäteveden pitoisuuksien tai päästöjen vuosikeskiarvoista kaavalla 15.

KAAVA 9. OCP-indeksi (14, s. 4)

$$OCP = BOD_{7atu} + 18 * N_{kok} + 100 * P_{kok} \quad (\text{kg})$$

jossa,

BOD_{7atu} = biologisen hapenkulutuksen määrä (kg)

N_{kok} = kokonaistypen määrä (kg)

P_{kok} = kokonaisfosforin määrä (kg)

Taulukoista 17 ja 18 nähdään Taskilan puhdistamon ja HSY:n puhdistamoiden Viikinmäen ja Suomenojan OCP-indeksi. Taskilan puhdistamon OCP-indeksi on hyvällä tasolla, kun sitä verrataan HSY:n puhdistamoiden vastaavaan indeksiin.

TAULUKKO 17. Taskilan jätevedenpuhdistamon OCP-indeksi vuosina 2015 - 2020

Vuosi	$BOD_{7\text{atu}}$	N_{kok}	P_{kok}	OCP-indeksi (kg/a)	OCP-indeksi (t/a)
2015	232 870	784 750	13 505	15 708 870	15 709
2016	155 490	753 725	4 745	14 197 040	14 197
2017	202 940	682 915	14 965	13 991 910	13 992
2018	216 810	656 270	11 315	13 161 170	13 161
2019	58 765	568 305	4 745	10 762 755	10 763
2020	126 655	421 575	6 570	8 372 005	8 372

Taulukossa 18 nähdään Helsingin alueen jätevedenpuhdistamoiden OCP-indeksit vuosina 2019 - 2020. Molemmissa puhdistamoissa lukemat ovat lähes samalla tasolla.

TAULUKKO 18. Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoiden OCP-indeksi vuosina 2019 - 2020

Vuosi	Jätevedenpuhdistamo	OCP-indeksi (t/a)
2020	HSY, Viikinmäki	11 202
2019	HSY, Viikinmäki	12 221
2020	HSY, Suomenoja	12 868
2019	HSY, Suomenoja	13 979

8 ENERGIANHALLINNAN KATSELMUKSIA MUILTA PUHDISTAMOILTA

Jätevesipuhdistamoiden välillä vaihdetaan tietoa erilaisista hankkeista, jotka koskevat energiatehokkuutta tai jotain muuta laitokseen liittyvää toimenpidettä. Tiedolla pyritään edistämään puhdistamoiden toimintaa mahdollisimman hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi energiatehokkaasti.

Energiatehokkuustoimien selvittämiseksi haastateltiin kuuden jätevedenpuhdistamon henkilöstöä. Haastattelut tehtiin Teamsilla. Keskustelut pidettiin avoimena ja keskustelun runkona käytettiin seuraavia asioita: sähköenergiakulutuksen seuranta, mitä kulutustietoja kerätään ja miten niitä hyödynnetään, lämmöntalteenotto, biokaasulaitos, energiakulutukseen liittyviä toimenpiteitä ja kokemuksia, laitteisto (taajuusmuuttajat, pumput, kompressorit) ja jätevesiprosessin ajotavan optimointi. Haastattelut tehtiin yhteensä kuudelle jätevedenpuhdistamolle.

8.1 Tampereen Vesi

Tampereen vedellä on tällä hetkellä neljä jätevedenpuhdistamo. Isoin puhdistamo on Viinikanlahden jätevedenpuhdistamo. Vuonna 2025 Tampereelle valmistuu uusi Sulkavuoren puhdistamo. Sulkavuoren jätevedenpuhdistamo korvaa Viinikanlahden ja Raholan jätevedenpuhdistamot. Tampereen jätevedenpuhdistamoilla puhdistettiin jätevettä vuonna 2020 noin 33 000 000 m³. (35.)

Tampereen vedeltä haastateltiin kehityspäällikkö Risto Mäkeä. Jätevedenpuhdistamon sähkönkulutustiedot tallentuvat heidän käytössään olevaan järjestelmään, mutta datan jatkojalostusta ei ole vielä tehty. Sähkönkulutusta Viinikanlahdella on seurattu laskutasolla. Tieto koko laitoksen kulutuksesta saadaan sähköyhtiöltä nykyään tuntitasolla. (35.)

Viinikanlahdella on käytössä neljä esiselkeytysallasta. Laitoksen kapasiteetti on riittänyt hyvin tulleen jäteveden hoitoon. Aktiivilieteprosessiin kokeillaan ilmastusta siten, että mittaus tehdään ammoniumtyyppien perusteella. Kokeilun tuloksia ei ole vielä saatavissa. Viinikanlahdella toimii biokaasulaitos, joka tuottaa vuodessa noin 3 000 MWh sähköä. Sähkön kokonaiskulutus laitoksella on 9 000 MWh vuodessa. Viinikanlahdella biokaasulaitos ei ole aiheuttanut hajuhaittoja ympäristöön. (35.)

Sulkavuoren uuteen jätevedenpuhdistamoon tulee kokonaistypenpoistoprosessi, joten se tulee olemaan edistyneempi kuin Viinikanlahden prosessi. Sulkavuoressa lietteet käsitellään mädättämällä, joten tältä osin energiantuotto on samantyyppinen kuin Viinikanlahdella. (35.)

8.2 Turun Seudun Puhdistamo Oy

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo käsittelee noin 300 000 Turun seudun asukkaan jätevedet sekä lisäksi puhdistamo käsittelee alueen teollisuuden jätevedet. Puhdistettua jätevettä tulee vuorokaudessa noin 90 000 m³. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolta haastateltiin laatu- ja ympäristöpäällikkö Jarkko Laantia, sähkökäytönjohtajaa Esa Malmikarea ja prosessi-insinööri Jouko Tuomea. (36.)

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla pyritään pääsemään mahdollisimman hyvään puhdistustulokseen kustannustehokkaasti. Toiminnoissa huomioidaan optimointi, energiatehokkuus ja hiilijalanjälki. Puhdistamon tukipalvelut kuten lietteenkäsittely ja kunnossapitopalvelut sekä laboratoriopalvelut ostetaan ulkopuolisilta palveluntuottajilta. Energian ja kemikaalien kulutusta optimoidaan ja sovitetaan yhteen puhdistusvaatimusten kanssa. Kakolanmäellä on lämpöpumppulaitos, joka tuottaa energiaa yli kymmenen kertaa enemmän kuin mitä jätevedenpuhdistamo käyttää. Jätevedenpuhdistamo on näin ollen omavarainen energian suhteen. (36.)

Ilmastus kuluttaa 45 % Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon kokonaisenergiasta. Kakolanmäen energiatehokkuusprojektin lähtökohtana oli optimoida ilmastusilman tuottaminen ja käyttö sekä typenpoiston tehostaminen ja näin myös energian säästäminen. Selvittämällä kompressorien hyötysuhteet ja -alueet saadaan kompressoreiden ajotapa energiatehokkaaksi uuteen säätötapaan nähdessä. Lähtötilanteessa ilmastuskompressorien käytössä ei ollut vielä huomioitu optimikäyntialueita tai käyntiaikoja. Kehityshankkeessa optimoitiin kompressorien energiatehokkuutta uudistamalla niiden ajotapaa. Kompressorien käynnistymiskerrat pyrittiin minimoimaan ja käyttämään kompressoreita optimitaajuusalueella. Ohjaus muutettiin pitämään ilmastuslinjassa vakiopainetta mahdollisimman pienellä kompressorien yhteisteholla. Ohjaustavan muutoksella saatiin ominaistehokkuus paremmaksi. (36.)

Ilmastusilman käytön optimoinnilla oli tarkoitus selvittää ilmastusaltaan ammonium- ja nitraattipitoisuuksien mittaamisen mahdollisuus ioniselektiivisellä anturilla. Sen toimintavarmuus todettiin laboratorioanalyysillä. Anturin ylläpitoon riittävät kalibroinnit sekä päivittäiset pesut automaattisella pesujärjestelmällä. Laboratoriomittausten perusteella tavoitehappipitoisuuden ohjausparametrit tallennettiin automaatiojärjestelmään. Ilmastusaltailla ilmantarve on sidoksissa lohko kohtaiseen kuormitukseen sekä tavoitehappipitoisuuteen. Tavoitehappipitoisuus vaihtelee 0,5 - 2,8 mgO₂/l. Optimoinnin tuloksissa havaittiin, että ilmastuksen ilmamäärä suhteessa jäteveden tulokuormaan on ollut pienessä nousussa. Puhdistustulokset ovat parantuneet ja ilmastuksen säätö on painotettu ammoniumtypen poistoon. (36.)

Puhdistamon teknisen veden pumput olivat aiemmin malliltaan jätevesipumppuja. Ne olivat kulu-neet ajan saatossa ja niiden korvaaminen uusilla pumpuilla oli ajankohtaista. Pumppujen uusiminen vastaavilla jätevesipumpuilla olisi ollut kallista. Uusiminen päätettiin ratkaista valitsemalla uusiksi pumpuiksi puhtaan veden pumput, koska teknisen veden mittauksissa kiintoaineen määrä oli ollut vähäistä. Uusien pumppujen yhteishinta oli noin puolet yhden vanhan jätevesipumpun hin-nasta ja energian ja huoltokustannusten säästö oli myös huomattava. Yhtenä energiatehokkuus-projektina tarkasteltiin myös oikosulkumoottoreiden korvaamista kestomagneettimoottoreilla. Kes-tomagneettimoottoreiden etuja ovat korkea hyötysuhde, hyötysuhde pysyy vakiona koko nopeus-alueella, moottori käy viileämpänä, moottoreilla on pienemmät hoitokustannukset ja pidemmät voi-teluvälit. (36.)

Tulopumppauksen energiatehokkuutta ja kapasiteettia parannettiin nostokorkeutta pienentämällä. Paineputket jatkettiin tulokanavan pinnan alle eli tehtiin niin sanottu joutsenkaula. Tulopumppauk-sessa säästettiin energiaa noin 17 %. Kakolanmäen puhdistamolla tehtiin myös hiilijalanjälkilas-kenta. Laskennan suurimmat hiilijäljet tuottivat sähkö 56 %, kalkki 8,6 % ja kaukolämpö 6,2 %. Puhdistamo teki muutoksen, jossa se päätti lopettaa sammutetun kalkin käytön prosessissa ja siir-tyä käyttämään kalsiumkarbonaattia. Se on turvallisempi käyttää, sen ph on stabiili, se ei pölyä, kustannukset ovat pienemmät ja siitä tulee paljon pienempi hiilijälki. Sähkössä puhdistamo on siir-tynyt vuoden 2019 heinäkuusta alkaen käyttämään päästövapaata sähköä. (36.)

Kakolanmäellä mitataan energiamittareilla sähkönkulutusta sekä pääkeskusten verkkoanalysoi-toreilla mitataan virtaa, tehoa ja sähkön laatua. Puhdistamon sisäilman laatua mitataan VOC-antu-reilla ja CO₂-antureilla. Pumppujen ja kompressoreiden taajuusmuuttajilta saadaan mitattua taa-juudet, tehot ja värinät. Virtausmittareilla saadaan tieto jäteveden määrästä. (36.)

Puhdistamo on kehittänyt myös toiveiden tynnyrin, jonne saa laittaa ideoita ja kehityskohteita. Työryhmä käsittelee ideat ja potentiaalisimmat ideat jalostetaan esimerkiksi lopputyönaiheiksi opiskelijoille. (36.)

8.3 Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy

Jyväskylän seudun puhdistamoihin kuuluvat Nenäinniemen puhdistamo ja Korpilahden puhdistamo. Tässä haastattelussa keskityttiin Nenäinniemen jätevedenpuhdistamoon. Nenäinniemen puhdistamo käsitteli vuonna 2020 jätevettä noin 13,6 miljoonaa kuutiota. Käsitellyn jätevesikuution käsittelykustannukseksi tulee 0,52 €/m³. (38.)

JS-puhdistamoilta haastattelin toimitusjohtaja Petri Tuomista. Tieto sähkönkulutuksesta kerätään käytettävissä olevaan järjestelmään, mutta tietoa ei tällä hetkellä jalosteta Excel-muodosta käytävämpään muotoon. Seurantaan tullaan kehittämään tulevaisuudessa. Puhdistamolla on otettu käyttöön vuonna 2018 UV-säteilyyn perustuva hygienisointiyksikkö. Yksiköllä tuhoetaan käsitellyn jäteveden sisältämiä bakteereja, alkueläimiä ja viruksia. Toimintajaksolla 28.3.2020 - 2.12.2020 Päijänteeseen johdettava käsitelty jätevesi täytti EU:n uimavesiluokituksen hyvälle uimavedelle asetetut vaatimukset. Puhdistamolla on käytössä myös kiekkosuodatus. Kiekkosuodatuslaitos käynnistettiin vuonna 2018 yhteensä viidellä 28 kiekon yksiköllä. Vuonna 2020 kiekkosuodatinyksikköjen määrää lisättiin yhdellä. Kiekkosuodatus on tetriärikäsittely-yksikkö, jonne jätevesi tulee jälkiselkeytyksen jälkeen. Tuomisen mukaan kiekkosuodatuslaitos on toiminnaltaan yksinkertainen, kestää hetkittäisiä kiintoainekuormia ja käsittelyn tehot ovat olleet hyvät. Kiekkosuodatuksella voidaan myös korjata häiriintynyttä tilannetta jälkiselkeytyksessä. (37.)

Vuonna 2021 käynnistyy JSPBio+-hanke, jonka tarkoituksena on parantaa lietteenkäsittelyn ja biokaasulaitoksen energiatehokkuutta. Lietteen gravitaatiosakeutus korvataan uudella linkosaakeutuksella. Tämä uudistus vähentää biokaasulaitoksen lämmitysenergian tarvetta kolmanneksen nykyisestä. Pidemmällä aikavälillä tuotettu biokaasu on tarkoitus hyödyntää kaukolämmön tuotannossa. (38.)

8.4 Kuopion Vesi Oy

Kuopion alueen jätevedet käsitellään Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla. Jätevedenpuhdistamolle tulee jätevettä käsittelyyn vuodessa noin 8,7 miljoonaa kuutiota. Kuopion Vedeltä haastateltiin sähköinsinööri Markus Happosta. Lehtoniemellä energiankulutusta mitataan ja data kerätään järjestelmään. Energiankulutuksesta saatavan datan jatkojalostamista kehitetään tulevaisuudessa. (39.)

Jätevedenpuhdistamolla ilmastusta aktiivilietealtailla tehdään tarpeen mukaan ei ”yltäkyllin”. Kuopiossa on alettu miettiä energiankulutusta kustannusten kautta (lämpö, sähkö, lietteen kuljetus). Lehtoniemen omavaraisuus sähkössä on noin 70 - 80 % ja lämmön suhteen laitos on täysin omavarainen. Mittareiden ja instrumenttien huolto ja korjaus tärkeää, jotta saadaan oikeaa tietoa mittauksista ja automaatio pystyy toimimaan oikean tiedon perusteella. Mittausten toimiminen on ensisijaisen tärkeää, että pystytään hallinnoimaan energiakulutusta. (39.)

Sähköliikenteen energiankulutustietoja on kerätty pääkeskustasolla molempiin suuntiin (ostosähkö ja myyntisähkö). Haposen mielestä koko puhdistamon kulutuksen seuranta kannattaa jalkauttaa pääkeskustasolle. Laitekohtainen mittaus on helppoa puhdistamolla. Laitteiden energiakulutus saadaan väylän kautta taajuusmuuttajilta ja prosessilaitteissa on Simocodet (proV-malli). LVI-laitteiden mittaus on järjestetty rakennuskohtaisesti. Puhdistamolle tehdyn remontin yhteydessä Haposen mielestä olisi pitänyt myös lämpöenergia ottaa kulutuksen seurantaan mukaan. Sähkön laatua olisi tärkeää miettiä sähkönkulutuksen lisäksi. Laitekohtainen sähkönkulutuksen seuranta on mahdollista käytössä olevasta järjestelmästä. (39.)

Laitoksen tulopumppausta on pyritty ajamaan optimilla säätöalueella. Jätevesilaitoksen putkien tukkiintuminen on yleinen riesa. Tämä johtuu jäteveden mukana tulevista suurimmista partikkeleista. Tukkeutumisen takia virrankulutus nousee ja virran kulutuksen kasvuun olisi hyvä reagoida ja puhdistaa putket ennen kuin lämpöreleet rikkoutuvat. Tukkeutumisen yhteydessä järjestelmään voisi tulla esimerkiksi hälytys virran kulutuksen muutoksesta. Jos tulevaisuudessa sähkön hinnoitteluun tulee muutoksia esimerkiksi kausihinnoittelu tai aikahinnoittelu, prosessien ajotavan optimointi halvan sähkön hinnan aikaan olisi kannattavaa tehdä. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla on myös mahdollisuus ottaa lämpöä talteen mädätetystä lietteestä. Lämmön talteenotto ei ole käytössä, jos biokaasugeneraattori toimii normaalisti, koska se tuottaa laitokselle riittävästi myös lämpöä. (39.)

8.5 HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut)

HSY:n kaksi jätevedenpuhdistamoa Viikinmäessä Helsingissä ja Suomenojalla Espoossa huolehtivat jätevesien käsittelystä pääkaupunkiseudun alueella. Uusi jätevedenpuhdistamo on valmistumassa vuonna 2022 Espoon Blominmäkeen. Tämä puhdistamo korvaa Suomenojan jätevedenpuhdistamon. Blominmäen uusi jätevedenpuhdistamo on muuten prosessiratkaisultaan samanlainen kuin Viikinmäen puhdistamo paitsi DN-suodatuksen perään tulee kemiallinen saostus ja kiekkosuodatus fosforin poistamiseksi ja lisäksi UV-käsittely hygieniasointiin. Tässä haastattelussa keskityttiin Viikinmäen jätevedenpuhdistamoon. Viikinmäen vedenpuhdistamo hoitaa noin 860 000 asukkaan jätevedet. Keskimääräinen jätevesivirtaama on 280 000 m³/d ja huippuvirtaama on 700 000 m³/d. HSY:ltä haastateltiin projektipäällikkö Anna Kuokkasta ja ryhmäpäällikkö Samppa Lallukkaa. (40.)

8.5.1 Ilmastus

Ilmastintiheys on yksi hapensiirron tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kuinka iso osa ilmastusaltaan pohjan pinta-alasta on ilmastinkalvon peittämä vaikuttaa ilmastuksen tehokkuuteen. Viikinmäellä ilmastintihedyn laajennus on kohdistettu lähinnä niihin lohkoihin missä ilmastusilman kulutus on korkein. Laajennus on tehty kahdella eri tavalla: tihentämällä ilmastinalaa ja toisilla linjoilla on vaihdettu ilmastuslautaset isompiin lautasiin. Uusissa suunnitelmissa ilmastuslautasia on tarpeen mukainen määrä. Ilmastimien määrä harvenee viimeisiä lohkoja kohden ilmastusaltailta. Viikinmäessä ilmastimet puhdistetaan kahden vuoden välein. (40.)

Viikinmäessä ilmastukseen käytetään viittä kompressoria. Yksittäisen kompressorin nimellisteho on 630 kW. Viikinmäessä seurataan prosessin vaatimaa ilmamäärää ja tarkkaillaan ilmastuskompressoreiden tilannetta: pidetäänkö prosessissa kolme kompressoria päällä ja missä vaiheessa neljäs kompressori tulee mukaan ja kuinka kauan se on käytössä. Tehokkainta ilman tuottaminen on, kun kompressoreita on käytössä kolme ja ne käyvät maksimaalisella teholla. Kun toimintaan tulee mukaan neljäs kompressori, tiputtaa se kaikki kompressorit pois optimaaliselta käyntialueelta. (40.)

Viimeisen lohkon ammoniumtyyppipitoisuus ohjaa ovatko lohkot 2 ja 3 ilmastuksella vai ei. Tällä saadaan optimoitua tyyppitulosta ja energiankulutusta. Ammoniumtyyppipitoisuuden ollessa mata-

lalla automatiikka pienentää ilmastusalaa ja kun ammoniumtyppipitoisuus nousee, ilmastusala kasvaa. Kokonaistypen kannalta tämä on myös edullista. Hapetta säädetään dynaamisesti ammoniumin perusteella. Ammoniumarvon tippuessa hapen asetusarvoakin on vara tiputtaa. (40.)

Viikinmäessä ilmastuksessa on käytössä lohko-ohjaus ja hapen asetusarvon säätö. Kahdella linjalla on käytössä vakiohappi ja muilla linjoilla dynaaminen happisäätö (haastattelun aikana dynaaminen happisäätö oli käytössä, koska dynaamista säätöä on haluttu verrata vakiohappipitoisuuteen). Huomio käytössä oli kiinnitetty siihen, että kahdella linjalla missä happiarvot olivat korkealla, alkaliteetit painuivat alemmaksi. Denitrifikaatiotulosta ja alkaliteettia paransi se, että happipitoisuutta ohjataan dynaamisesti ja viimeisimmissä lohkoissa pidetään alhaisempaa happipitoisuutta. Dynaaminen hapensäätö ja lohkokohmainen hapensäätö ovat osoittautuneet hyviksi. Typpioksiduulitutkimuksen ja mallinnuksen kautta on todettu, että ilmamäärän rooli on merkittävä typpioksiduulipäästöissä. Typpioksiduuli on kasvihuonekaasu minkä päästöjä pyritään minimoimaan. Typpioksiduulitutkimuksessa pyritään selvittämään, miten typpioksiduuli muodostuu veteen ja miten se pääsee vedestä ilmaan. Ilmaan päästessään typpioksiduuli muodostuu päästökseksi. Vedessä ollessaan typpioksiduuli voi kulua denitrifikaatiossa pois. Viikinmäessä dynaamista happisäätöä kannatti käyttää, etenkin kun otettiin huomioon myös typpioksiduuli. (40.)

Viikinmäessä on testattu Pekka Vieron tuoteistamaa Aeromatic-ohjausjärjestelmää, joka perustuu ammoniumtyypin pitoisuuteen. Siinä mitataan ammoniumtyppipitoisuutta ilmastuksen keskivaiheilta. Viikinmäellä ohjaus on otettavissa käyttöön yhdelle linjalle. Tällä hetkellä ohjaus ei ole käytössä. Ohjaus on antanut hyviä tuloksia, mutta koska säädössä käytetään mittausanturia mittausarvon ”ryömiminen” on aiheuttanut ajoittain ongelmia säädössä. Puhdistamolla on arvioitu, että kalibrointitarve etenkin, jos säätötapa otettaisiin käyttöön kaikilla ilmastuslinjoilla ei vastaisi saavutettua hyötyä. (40.)

Ilmastusta ohjataan entiseen tapaan viimeisen lohkon analysaattorituloksen perusteella, mitä on sittemmin täydennetty siten, että sillä voidaan ohjata lohkojen ilmastuksen (kyllä/ei) lisäksi myös hapen asetusarvoa. Analysaattorit (suodatuksineen) viimeisimmissä lohkoissa ovat varmatoiminen systeemi. Antureista saadaan dataa noin kerran tunnissa, koska ne mittaavat useaa linjaa vuorotellen. Ilmastusta on mallinnettu ja pyöritelty eri skenaarioita ja eri asetusarvoja typpituloksen ja ilmankulutuksen optimoimiseksi, mutta viime aikoina mallinnus on keskittynyt typpioksiduulipäästöihin. Useimmiten energiaa säästävät toimet parantavat myös kokonaistypitulosta ja typpioksiduulitilannetta. Ilmastimien puhdistus vaikuttaa myös niiden optimaaliseen toimintaan. (40.)

8.5.2 Energiakulutuksen seuranta

Viikinmäellä on käytössä Valmet-automaatiojärjestelmä. Järjestelmään tallentuu dataa jätevesiprosessin eri vaiheista. Järjestelmään on mahdollista räätälöidä energiankulutukseen liittyviä kuvia ja ottaa dataa esiin erilaisina raporteina ja trendikäyriä. Valmetin raportointijärjestelmää kutsutaan nimellä MyCommunity. Esimerkiksi lietteen välivaraston täyttymistä seurataan mittareilta, jotka näkyvät inforuudulla. Järjestelmään on myös tehty KPI-mittareita. Mittareista nähdään esimerkiksi mikä on kuivatun lietteen laatu. Kemikaalien seuranta voisi olla tulevaisuudessa esimerkiksi sellainen, että näytölle tulee punainen pallo mittausarvon viereen, jos mittausarvo ei vaikuta oikealta annettujen kriteerien perusteella. (40.)

Viikinmäen laitosalueella on sähkökeskuksia eri jännitetasoilla. Vuosien 2013 - 2014 aikana on laitoksen alueelle asennettu verkkoanalysointilaitteita. Analysointilaitteita laitoksella on tällä hetkellä noin 60 kappaletta. Niiden avulla on mahdollista toteuttaa sähkökeskustason mittausta. Keskustason mittauksien avulla pääsee hyvin käsiksi koko laitoksen sähköenergiankulutuksen jakaantumiseen eri osa-alueisiin/prosesseihin. Kun näitä eri mittaustapoja (taajuusmuuttajat ja verkkoanalysointilaitteet) yhdistelee keskenään, voidaan erotella mm. valaistuksen sähköenergiankulutusta jne. Jokaisella analysointilaitteella pystytään katsomaan sähköenergian kulutusta ja näin päästään kiinni kulutuksen poikkeavuuksiin. Verkkoanalysointilaitteiden lisäksi on mahdollista katsoa myös taajuusmuuttajien lähtöjen energiankulutusta. Tällä tavalla pystytään menemään myös laitoksen mittauksiin. Verkkoanalysointilaitteet on liitetty keräämään kulutustietoa ilmastuskompressoreista, tulevan jäteveden pumppuista ja lietteen kuivauslingoista. Isoimpien sähkökeskusten kulutustiedot on eritelty. (40.)

8.5.3 Energiantuotanto

Sähköä tuotetaan puhdistamolla muun muassa kahdella ORC-laitteistolla (Organic Rankine Cycle), jotka ovat kaasumootoreiden perässä. Kaasumootoreita on tällä hetkellä neljä kappaletta ja niistä saadaan pääasiallisesti kaikki sähkö mitä puhdistamo vaatii toimiakseen. ORC-laitteet tuottavat sähköenergiaa pakokaasun lämmöstä. Lisäksi kaasumootorit tuottavat lähes kaiken lämpöenergian, mitä puhdistamo tarvitsee. Lisäksi laitokselta löytyy aurinkopaneeleja 257 kWp tehon edestä. Laitoksella on myös lämmöntalteenotto teknisestä vedestä. Muita lämmöntalteenottoja ovat polymerin laimennusveteen liittyvä LTO sekä ilmastusilmakompressoreiden lämmittämästä ilmasta ja

öljystä talteen otettu lämpö. Lämmön suhteen puhdistamo on omavarainen ja saatu ylijäämlämpö menee viereiselle vedenpuhdistuslaitokselle lämmitysvesilinjaa pitkin. Ylijäämä sähköä pystytään toimittamaan vanhan kaupungin vedenpuhdistamolle. Poikkeustapauksissa pieni määrä sähköä menee myös valtakunnan verkkoon. Sähkön syöttäminen valtakunnan verkkoon ei ole taloudellisesti kannattavaa ja lisäksi se on hyvin rajoitettua. Sähköä joudutaan joskus myös ostamaan (huipukulutus), mutta kokonaisuutena jätevedenpuhdistamon energiaomavaraisuus on lähellä 100 %:a. (40.)

8.5.4 Muut toimenpiteet puhdistamolla

Merkittävä energiavaikutus Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla on mädätykseen menevän lietteen koneellinen esisakeutus. Muuten sakeutus tehtäisiin gravitaatiosakeutuksena raakasekalietteestä mutta osa siitä ohjataan nykyään koneellisille esisakeuttimille. Tämä vähentää siitä eteenpäin pumpattavan lietteen määrää ja säästää myös mädätykseen menevän lietteen lämmitysenergiaa koska lämmitystä vaativan lietteen virtaama pienenee. Lisäksi se säästää myös linkoukseen käytettyä energiaa. (40.)

Viikinmäellä on muutettu tulopumppaamon nostokorkeutta. Tuloputki on vedetty veden pinnan alapuolelle ja näin vähennetty nostokorkeutta. Viikinmäellä energiatehokkuus ei ole parantunut ja syynä voi olla, että tuloputki ei aivan täyty tarpeeksi ja loppupäässä ei synny lappoilmioita. On arveltu, että tuloputki ei täytykään matalilla jätevesivirtaamilla tarpeeksi. (40.)

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo on pilotoinut hanketta, jossa rejektivedestä poistetaan typpeä. Veolian Anammoxbakteeriin perustuvaa ANITA™ Mox -kantoaineprosessi vaatii huomattavasti vähemmän happea tai kemikaaleja verrattuna vastaavaan typenpoistoon perinteisellä tekniikalla. Investointi tähän prosessiin maksaa yleensä itsensä takaisin noin kolmen vuoden kuluessa. Pilottiin liittyen puhdistamolla on otettu erilliskäsittelyyn 15 - 20 % (noin 300 kuutiota vuorokaudessa) rejektivesiä. Pilotista saatujen kokemusten perusteella prosessi on toiminut luotettavasti ja näyttää kestävän varsin hyvin rejektiveden suuria kiintoainepitoisuuksien vaihteluita. Kuokkanen arvelee, että tulevaisuudessa kaikki Viikinmäen rejektivedet käsitellään tällä prosessilla. Anammoxbakteeriin perustuvien typenpoiston sovellusten erikoispiirteitä ovat niiden tarvitseman ilmastusenergian paljon pienempi määrä kuin vastaavassa nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessissa. Prosessi ei myöskään tarvitse lisähiilenä käytettyä kallista ja ilmastonäkökulmasta kuormittavaa metanolia. (41.)

Viikimäen luolastossa on uusittu myös valaistusta energiatehokkaammaksi. Käytössä olevia suurpainenatriumvalaisimia on uusittu ja tilalle on laitettu led-valaisimia. Jätevesitulemien vaihteluihin voitaisiin tulevaisuudessa varautua tarkastelemalla sadetutkia ja sitä kautta varautumalla tulovirtaukseen. (40.)

Viikimäessä kaksi vuorottelussa olevaa jäteveden pumpua on ilmoitettu häiriöreservimarkkinoille. Sillä tuetaan kantaverkon taajuutta häiriötilanteessa. Tulopumppuja voidaan optimoida tarpeen mukaisesti. Jos osallistuminen häiriömarkkinareserveille on mahdollista, niin pumput käytännössä sammuvat. Puhdistamossa on iso tulotunneli ja vaikka koko pumpaamo olisi välillä pysähdyksissä, niin puhdistamolle ei tulisi ongelmia. (42.)

HSY on kehittänyt uudenlaisia menetelmiä, joilla jätevedestä saadaan talteen tärkeät ravinteet ja hiili. Tällainen hanke on RAHI-hanke (RAVITA). Ravinteiden talteenoton kehitystyössä lähtökohdiana on ollut fosforiravinnejakeen eriyttäminen lietejakeesta, mikä mahdollistaa ravinteiden kustannustehokkaan ja maksimaalisen talteenoton sekä samalla mahdollistaen jätevesien entistä tehokkaamman puhdistamisen. Vuodesta 2015 alkaen HSY on ollut kehittämässä RAVITA-prosessia, jossa jäteveden sisältämä fosfori otetaan talteen jätevedenpuhdistusprosessin lopuksi. RAVITA-prosessin avulla pyritään saamaan jätevedenpuhdistamolle tulevasta fosforikuormasta talteen jopa 60 %. (40.)

8.6 Lahti Aqua Oy

Lahti Aqualta haastateltiin käyttö- ja työsuojelupäällikkö Anni Meiseriä ja prosessi-insinööri Tapio Kilposta. Toiminta-alue on Kariniemen, Ali-Juhakkalan, Nastolan ja Hämeenkosken jätevedenpuhdistamot. Toiminta-alue kattaa Lahden lisäksi myös Hollolan. Näillä puhdistamoilla käsitellään yhteensä noin 35 000 kuutiota jätevettä päivässä. Haastattelussa keskityttiin Kariniemen puhdistamoon. (43.)

Teknisenä vetenä Kariniemen jätevedenpuhdistamolla käytetään Vesijärven järvivettä eikä puhdistettua jätevettä. Biokaasulaitoksen mädätysreaktorista saatu kaasu poltetaan ainoastaan lämmöksi. Ylijäämälämpö myydään paikalliselle energiayhtiölle kaukolämpöverkkoon lämmönvaihtimen kautta. Kariniemen jätevedenpuhdistamo on lämpöenergian suhteen lähes omavarainen. Oman lämmöntuotannon lisäksi lämpöä ostetaan jonkin verran erityisesti kylminä talvikuukausina.

Puhdistamolla on lämmöntalteenottojärjestelmä lähtevästä vedestä. Puhdistamolla on suunnitteilla rakentaa linkokuivauksen rejektivesien erilliskäsittely. Käsittely tapahtuu Anitamox-menetelmällä. Käsittely on energiataloudellista, koska se vaikuttaa prosessissa ilmastukseen käytettyyn energian määrään. (43.)

Kariniemen osalta energiakustannukset ovat noin 30 % kokonaiskäyttökustannuksista. Ennen energianmittausjärjestelmää tiedettiin vain päämittarista saatu kulutustieto (kokonaiskulutus). Kulutustieto saatiin paikallisen sähköyhtiön Lahti Energian järjestelmästä. Puhdistamon ilmastuskompressoreiden kulutus luettiin manuaalisesti kuukausittain laitteessa olevasta mittarista. Tavoitteena uuden energiamittausjärjestelmän suunnittelussa oli selvittää mihin energiankulutus jakautuu puhdistamolla. Selvityksestä saataisiin poimittua kohteita, minkä jälkeen puhdistamolle voidaan kohdistaa tarvittavia energiatehokkuustoimenpiteitä. Kariniemessä energianmittausjärjestelmässä on 132 mittauskohdetta mistä 99 kappaletta on prosessilaitteita ja 33 kappaletta sähkö- ja prosessikeskuksia. (43.)

Kariniemen puhdistamolle on tehty seitsemän kappaletta energianmittauskeskuksia. Näihin tuodaan suoraan keskuksen kulutustiedot tai sitten yksittäisen laitteen kulutustiedot taajuusmuuttajilta. Osasta taajuusmuuttajia saadaan kulutustieto prosessiasemien kautta suoraan järjestelmään. Jokainen mittauskohde jaoteltiin 16 osaprosessiin, minkä jälkeen jaottelu tehtiin vielä prosessinjakohdaisesti. Tietoja seurataan puhdistamon automaatiojärjestelmän kautta. Tulevaisuudessa ajatuksena olisi omat näkymät saadusta datasta laitosoperaattoreille, kunnossapidolle ja muulle henkilökunnalle. Laitoksessa tapahtuvat poikkeustilanteet olisi hyvä saada infonäytölle esiin jonkinlaisena hälytyksenä. (43.)

Tapio Kilposen lopputyö käsittelee ilmastuksen ammoniumtyppiohjausta. Ilmastus on yleensä jätevedenpuhdistamoiden energiantensiivisin prosessivaihe. Ilmastukseen kuluu noin 30 - 75 % laitoksen sähköenergiasta. Energiankulutukseen vaikuttaa suuresti prosessitapa ja vallitsevat olosuhteet. Käytössä olevilla kompressori- ja ilmastintyypeillä on iso merkitys. Pienilläkin ilmastuksen energiatehokkuutta parantavilla toimenpiteillä on energiataloudellisia vaikutuksia puhdistamolle.

Ilmastuksen tavallisin ohjaustapa perustuu liuenneen hapen mittaukseen. Happipitoisuus pidetään vakiona esimerkiksi PID-säätimillä. Tällainen ohjaustapa on toimiva ratkaisu, mutta se ei kuitenkaan ota huomioon typpikuormituksen vaihteluita. Ammoniumtyppiohjauksessa ilmastusta säädetään ammoniumtyppikuormituksen perusteella. Ammoniumtyppianturit ovat ilmastuksessa viimei-

sessä ilmastetussa lohossa puhdistamalla. Hapen asetusarvoa vaihdetaan vallitsevan ammoniumtyypipitoisuuden perusteella. Etuna happiohjaukseen verrattuna on noin 10 - 15 % pienempi ilmastuksen energiankulutus. Ohjauksessa saadaan myös parempi säätöalue ja nopeampi reagointi kuormituspiikkeihin. (43.)

9 ENERGIANHALLINTA JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA

Tuloksellisen ja tavoitteellisen energianhallintatyön perustana on, että tunnetaan energiakulutuksen jakautuminen prosessi- ja laitetasolle. On tärkeä tietää ja ymmärtää mitkä asiat vaikuttavat energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen. Jätevedenpuhdistamolla vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi jätevesimäärien vaihtelut, vuodenaika, ulkolämpötila, valitut tekniset ratkaisut, prosessien ajotavat (erot käyttäjien ajotavoissa/toiminnassa voivat vaikuttaa energiatehokkuuteen), puhdistusvaatimukset, toimintahäiriöt ja käytettävät kemikaalit.

Tulevaisuudessa jätevedenpuhdistamon energiankulutus voi nousta, kun jätevedestä poistetaan esimerkiksi lääkaineita ja mikromuoveja. Näiden haitta-aineiden poistamiseen on jo tarjolla tekniikoita.

9.1 Energiatehokkuuden mittaaminen

Energiankäytön tehostamisen tärkeimpänä lähtökohtana on se, että kaikki energiatehokkuuteen vaikuttavat suureet mitataan, muuten ei ole mahdollista tehostaa energiankäyttöä. Mittaustarkkuuden osalta on selvitettävä mikä on riittävä ja taloudellisesti järkevä. Mittausmenetelmä ja mittarin sijainti on selvitettävä ennen mittarin hankintaa. Laitteet, joita käytetään mittauksiin, on myös huollettava säännöllisesti ja kalibroitava. Esimerkiksi taajuusmuuttajilta saadaan sähkönkulutustietoja. Energiatehokkuuden mittaamisella on mahdollista reagoida nopeasti prosessissa tapahtuviin muutoksiin (25). Energiatehokkuuden mittauksia jätevedenpuhdistamolla voivat olla esimerkiksi jätevedenpuhdistuksen ja lietteenkäsittelyn energiankulutus (kWh/m^3), oma energiantuotanto (kWh/m^3) ja muu energiankulutus (kWh/m^3) (17).

9.2 Energiatehokkuuden seuranta

Energianhallinnan kannalta on tärkeää pystyä seuraamaan energiankäyttöä. Kokonaisuuden kannalta tulee pyrkiä neliosaiseen systeemiin: tarkan mittaustiedon kerääminen, seurattavien tunnuslukujen määrittäminen, saadun tiedon jalostaminen ja tiedon visualisointi päivittäiseen toimintaan.

Jätevedenpuhdistamon on määriteltävä seuranta laitetasolle, keskustasolle tai prosessitasolle. Puhdistamon eri käyttäjäryhmillä on eri tarpeet järjestelmästä saatavalle tiedolle. Prosessin käyttäjät (käytönvalvojat) tarvitsevat tietoa prosessin optimaalisen toiminnan ylläpitämiseksi, kun taas esimiehet tarvitsevat kokonaisvaltaisempia tunnuslukuja. Kerätyn datan tulee olla riittävän tarkkaa ja ajantasaista, että siihen on mahdollisuus reagoida tarpeen tullen. (44.)

Saatuja energiatehokkuustietoja on mahdollista käyttää hyväksi reaaliaikaisessa prosessinohjauksessa, laitteiden kunnossapidon seurannassa, uusien investointipäätösten teossa ja perusteluissa ja esimerkiksi johdon katsauksissa. Seurantajärjestelmä toteutetaan yleensä osana olemassa olevaa automaatiojärjestelmää. (44.)

9.3 Energiatehokkuuden analysointi

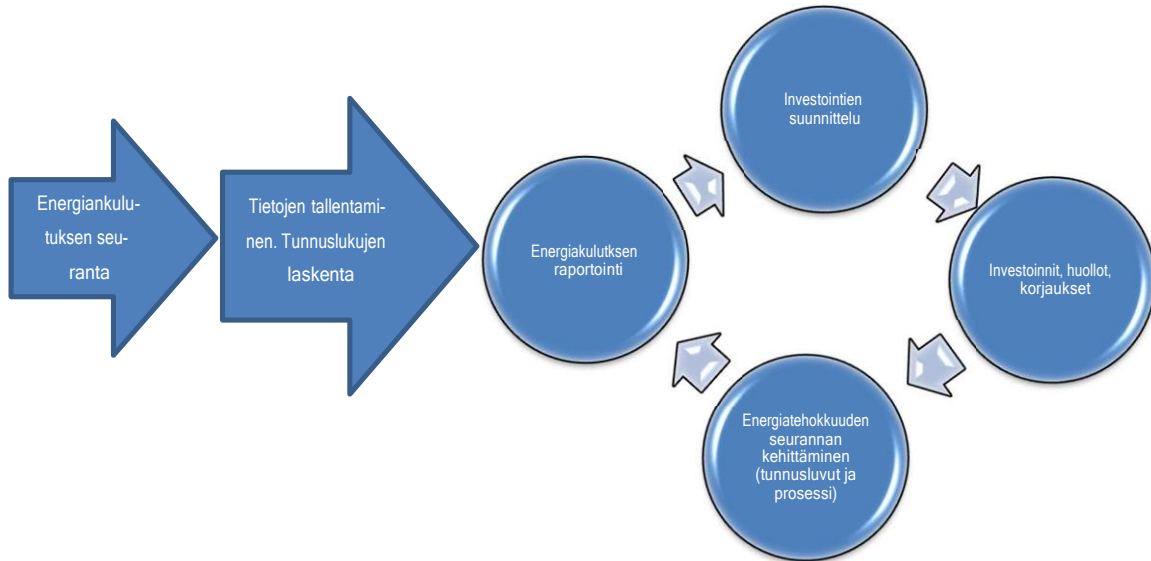
Energiakulutustietojen havainnollinen esittäminen helpottaa toimimaan prosessien muutostilanteissa. Kulutustietoja on helppo seurata pylväskaavioista, diagrammeista jne. Esitystavan selkeyteen voi vaikuttaa esimerkiksi lisäämällä mittareihin ”liikennevalot”. Niistä on helppo huomioida, missä on tapahtunut muutoksia ja ottaa asia hoitoon. Analysointijärjestelmä pystytään usein toteuttamaan olemassa olevaan järjestelmään. Joskus joudutaan päivittämään voimassa olevaa järjestelmää, jotta saadaan halutut toiminnallisuudet näkyviin. Saadun mittaustiedon analysoinnin tekee automaatiojärjestelmä ja antaa ohjeen käyttäjälle. (44.)

9.4 Energiatehokkuuden raportointi

Energiatehokkuuden ja energiankulutuksen raportointi tulee tehdä, jotta tiedetään toiminnan nykytila ja saadaan tietoa investointipäätösten tueksi. Raportointi on tärkeää tuotannon vastaaville ja jätevedenpuhdistamon johdolle. Saatu mittaustieto esitetään käyrinä ja taulukoina. Esittämistapana voidaan käyttää energiankulutuksen jakautumista prosessin sisällä. Energiankulutus kannattaa muuttaa tunnusluvuiksi esimerkiksi sen mukaan, kuinka paljon sähköä kuluu käsiteltyä jätevesikuutiota kohden.

Raportointijärjestelmän tarkoituksena on mahdollistaa energiankulutuksen tavoitteellinen ja pitkäaikainen seuranta. Energiankulutusta tulee seurata tarkasti eri prosesseista. Seurannasta saatu data tulee tallentaa sähköiseen automaatiojärjestelmään. Pitkäaikainen raportointi ja seuranta

mahdollistavat tavoitteiden asettamisen ja toteutumisen seuraamisen. Datan raportoinnin avulla voidaan tunnistaa kehittämiskohteita toiminnassa ja prosessissa. (31.) Kuvassa 33 nähdään raportoinnin eri vaiheet ja sen tärkeys.



KUVA 33. Energiankulutuksen raportointi (mukaiillen Motiva 2018. Energiankulutuksen ja energiatehokkuuden raportointi) (31)

9.5 Energiatehokkuuden johtaminen

Energiatehokkuuden tulisi olla jatkuvaa ja systemaattista työtä eikä vain yksittäisiä energiatehokkuusprojekteja. Jatkuva parantaminen edellyttää energiakäytön seuranta ja sen tuntemista, tietoa energiasäästömahdollisuuksista, kannattavien energiatehokkuustoimien selvittämistä ja toteuttamista, tehokkuuden huomioimista hankinnoissa ja investoinneissa, hyvää energiastrategiaa ja sen toteuttamista. Energiatehokkuuteen tulisi nimetä vastuuhenkilö, joka vastaa toimista. Henkilö toimisi asiantuntijan roolissa kaikissa energian käyttöön liittyvissä projekteissa. Jatkuva energian seuranta ja analysointi nykyaikaisilla digitaalisilla ratkaisuilla on parempi ratkaisu kuin jatkuvat energiakatselmukset. (45.)

Energiatehokkuuden johtaminen on jatkuva prosessi. Ensinnäkin laaditaan suunnitelma, jossa on määritellyt päämäärät ja tavoitteet. Sitten toteutetaan suunnitelma ja nimetään sille vastuuhenkilöt ja kerrotaan resurssit. Sitten arvioidaan tuloksia tavoitteisiin nähden ja raportoidaan. Lopuksi järjes-

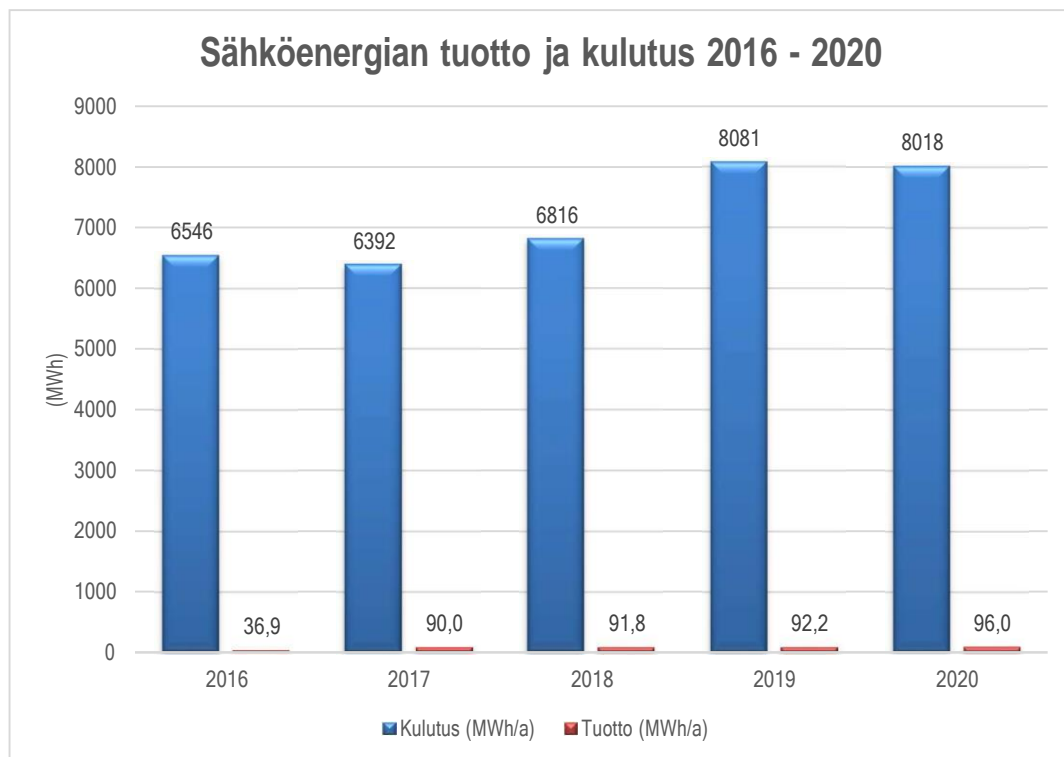
tetään toimenpiteet, joilla mahdollistetaan energiatehokkuutta laitokselle (46). Tulevaisuuden ennakointi asettaa vaatimuksensa energiatehokkuuden johtamiselle. Kiristyviä ympäristövaatimuksia ja energiamarkkinoiden murroksia huomioiden jätevedenpuhdistamon kannattaa pyrkiä energiaomavaraisuuteen, kiinnittää huomiota energiatehokkuuteen ja vähentää typpioksiduulipäästöjä. (45.)

9.6 Energiaomavaraisuus jätevedenpuhdistamolla

Jätevedenpuhdistamoilla on mahdollisuus investoinneilla päästä omavaraiseksi sähkön ja lämmön suhteen. Puhdistamoilla on pyritty ja tullaan tulevaisuudessa pyrkimään omalla energiantuotannolla suurempaan omavaraisuuteen. Puhdistamot voivat perustaa biokaasulaitoksen ja sitä myötä hyödyntää biokaasua lämmöksi ja sähköksi. Aurinkopaneeleilla ja erilaisilla lämmöntalteenottoratkaisuilla saadaan omaan käyttöön sähköä ja lämpöä. Lämpöpumpuilla pystytään tuottamaan lämpöenergiaa esimerkiksi puhdistetusta jätevedestä. Tärkeää on myös se, että kaikki käytössä olevat laitteet ja prosessit ovat energiatehokkaita (45). Energiaomavaraisuus tarkoittaa myös sitä, että riippuvuus ostettuun energiaan vähenee ja toimintavarmuuteen liittyvät asiat eivät ole huolena.

10 SÄHKÖNKULUTUKSEN SEURANTA

Julkiset organisaatiot ovat tehneet energiankulutuksen seurantaan useita vuosia. Kulutusta on seurattu laskutetun määrän mukaan tai hyödyntämällä organisaation sisäisiä energianseurantamittareita. Organisaatiot hyödyntävät seurantatietoja ja laativat niistä tarpeellisia energiankulutukseen liittyviä raportteja. Raporteille pystytään toteuttamaan kulutusvertailua. Energiankulutuksen seurannassa on todettu, että vuosittaisella tasolla yksittäisten kohteiden kulutustiedoissa voi olla suuriakin muutoksia. Muutoksia saattaa syntyä myös tilastoinnin virheistä. Järjestelmän kulutuksessa on ehkä tapahtunut muutoksia ja niistä ei ole tehty vuosien aikana kirjanpitoja. Tämänlaisten muutosten muistelu jälkeenkäpäin on hankalaa, ja siksi välitön dokumentointi on tärkeää. Usein energiankulutuksen seurantaan ei sisällytetä pieniä yksityiskohtaisia kulutusmuutoksia. (47, s. 8.) Kuvassa 34 nähdään Taskilan jätevedenpuhdistamon sähköenergian tuotto ja kulutus vuosina 2016 - 2020.



KUVA 34. Sähköenergian tuotto ja kulutus Taskilan jätevedenpuhdistamolla vuosina 2016 - 2020

10.1 Kilowattituntimittarit

Kilowattituntimittarit ovat tarkoitettu sähköenergianmittaamiseen. Mittarit ovat yleensä kiinteistöjen sähköpääkeskuksissa ja ne mittaavat sähköenergiantuottajalle tietoa laitoksen energiankulutuksesta. Kotitalouksilta mitataan kilowattituntimittareilla yleensä pelkästään pätöteho. Pätöteholla tarkoitetaan työtä tekevää sähköenergiaa eli todellista kulutettua energiaa. Laitoksissa missä loistehon määrä on suuri, myös se mitataan ja laskutetaan. Loisteho kasvattaa näennäistehoa ja näin ollen se täytyy ottaa huomioon laitevalinnoissa. Kuvassa 35 nähdään kilowattituntimittari.



KUVA 35. kWh-mittari (48)

Kilowattituntimittareissa on kaksi magneettia, jotka saavat alumiinikiekon pyörimään. Toinen puoli alumiinikiekosta on magnetoitu, jotta pyörimisnopeus ei kasvaisi liian isoksi. Kiekon pyöriminen on suoraan verrannollinen magneeteista kulkevaan sähköenergianmäärään. Kiekon pyörimisliikkeen avulla hammasrataskoneisto siirtää tiedon mittaristolle. Vanhat mittarit ovat kadonneet lähes kokonaan kiinteistöistä uusien etäluettavien mittareiden myötä. Uusien kilowattituntimittareiden toimintaperiaate on täysin elektroninen ja ne toimivat mikroprosessoriperiaatteella. Tietojen pohjalta mittari pystyy laskemaan kulutetun tehon watteina. Kun mittauksen aikavälit otetaan selville, saadaan lasketuksi kWh-lukema. (47, s. 10.)

10.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on moottorinhajain, joka ohjaa sähkömoottoria. Se muuttaa tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Taajuusmuuttaja toimii kuitenkin usein moottorin nopeuden säätäjänä. Moottorin no-

peuden säätämiseksi syitä ovat esimerkiksi energiansäästö ja järjestelmän tehokkuuden parantaminen, tehon muuntaminen hybridisaatiosovelluksissa, vääntömomentin tai nopeuden mitoittaminen prosessin vaatimusten mukaan, pumpeissa ja puhaltimissa matalampi melutaso, laitteiden mekaanisen rasituksen vähentäminen ja käyttöiän pidentäminen sekä huippukulutuksen leikkaaminen huippukysyntähintojen välttämiseksi. (49.)

Nykyisissä taajuusmuuttajissa on verkko- ja diagnostiikkaominaisuuksia. Näillä ominaisuuksilla, joilla suorituskykyä pystytään hallitsemaan paremmin ja tuottavuutta parantamaan. Taajuusmuuttajan energiansäästö, älykäs moottorinohjaus ja huippuvirranoton vähentäminen ovat seikkoja, jotka pitää huomioida taajuusmuuttajissa. Yleisimpiä taajuusmuuttajien käyttökohteita ovat puhaltimet, pumput ja kompressorit. (49.)

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on pääsääntöisesti kahden tyyppisiä ABB:n valmistamia taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttajien mallimerkinnot ovat AC550-01 ja ACS880-01. Kuvassa 36 näkyvät Taskilan jätevedenpuhdistamolla pääsääntöisesti käytettävät taajuusmuuttajat.



KUVA 36. Taskilan jätevedenpuhdistamon ABB-taajuusmuuttajat ACS880-01 ja AC550-01

Taskilan jätevedenpuhdistamolla yleisimmin ABB:n taajuusmuuttajista käytössä on malli ACS880-01. Taskilan taajuusmuuttaja on seinälle asennettava malli. Vaihtoehtona olisi kaappiin asennettava malli. Taajuusmuuttajan ACS880-01 ominaisuuksia ovat muuttajien välinen liitäntä, etävalvonta, energian optimointi ja energiatehokkuustiedot, irrotettava muistiyksikkö, sovellusohjelmistot tuottavuuteen ja hyvään käytettävyyteen, suora momenttisäätö, monipuoliset turvaominaisuudet ja

lisäksi taajuusmuuttajan sovellusohjelmointi, joten se on helppo integroida PLC-järjestelmiin ja käyttöliittymiin (50, s. 4). Taskilan taajuusmuuttajilla voidaan mitata energiankulutusta, joka voidaan lukea parametreistä tai lähettää bittitietona Valmet-automaatiojärjestelmään. Energialukema ilmoitetaan tyyppillisesti taajuusmuuttajan läpi menneen energian määränä. Energialukema taajuusmuuttajassa ACS880-01 löytyy tyyppillisesti parametriryhmästä 1.

Taajuusmuuttajan energialukema käynnistyy asennuksen käyttöönotossa ja esimerkiksi mallissa ACS880-01 se ei ole nollattavissa. Vanhemmissa taajuusmuuttajissa nollausmahdollisuus on olemassa. Taajuusmuuttajan valmistusajankohta nähdään taajuusmuuttajan tyyppikilvestä (kuva 37). Kilvestä nähdään, että kyseinen taajuusmuuttaja on valmistettu vuonna 2018 ja viikolla 16. Muuttaman taajuusmuuttajan tyyppikilven tarkastelun jälkeen on havaittu, että valmistuspäivän ja käyttöönottopäivän välinen aika on noin kolme kuukautta. Sähkönkulutus olisi mahdollista laskea oletetusta käyttöönottopäivästä lukupäivään asti, mutta tämä ei ole suositeltavaa tuloksen epävarmuuden vuoksi. (51.)



KUVA 37. Taajuusmuuttajan tyyppikilpi mallista ACS880-01

Taajuusmuuttajan sisäänrakennetut energiatehokkuuslaskimet auttavat optimoimaan ja analysoimaan laitteen kulutuksen. Muuttajan kuormitusprofiilitoiminto kokoaa taajuusmuuttajan tietoja kolmen loggerin avulla. Kaksi amplitudiloggeria ja yksi huippuarvologgeria tallentavat tiedot energiankulutuksesta laskimen avulla. Muuttajalta voi seurata tietoa käytetystä energiasta ja hiilidioksidipäästöjä sekä käyttökustannuksia. Kaksi viimeistä tietoa vaativat, että järjestelmään on asetettuja alkuarvoja. (51.)

10.3 Verkkoanalysaattorit

Verkkoanalysaattoreilla pystytään muodostaa täydellisempi kuva mitattavasta kohteesta. Perussuureiden lisäksi voidaan analysoida sähkönlaatua. Verkkoanalysaattoreita on saatavana DIN-kiskoasenteisina tai paneeliasenteisina. Kuten energiamittarit niin myös verkkoanalysaattorit kommunikoivat hyvin ulkoisten järjestelmien kanssa ja erilaisten laajennusmoduulien (esimerkiksi analogiatulot/lähdöt, relelähdöt) ansiosta ne taipuvat ketterästi erilaisiin sovelluksiin.

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on käytössä Socomec Diris A40 -verkkoanalysaattoreita. Niillä saadaan mitattua virtaa, jännitettä, energian kulutusta ja energian laatua. DIRIS A40 -laitteet ovat paneeliin asennettavia mittayksiköitä, jotka varmistavat, että käyttäjällä on pääsy kaikkiin mittauksiin, joita tarvitaan energiatehokkuusprojektien onnistumiseen ja sähköjakeleen varmistamiseen. Kaikki nämä tiedot voidaan analysoida myös etänä ohjelmistoratkaisun avulla. (52.) Kuvassa 38 nähdään Socomec Diris A40 -verkkoanalysaattori.

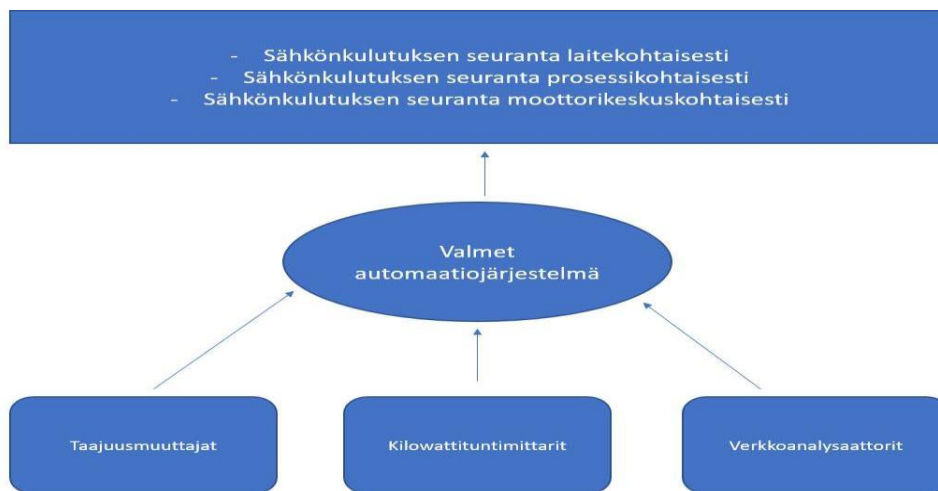


KUVA 38. Verkkoanalysaattori Socomec Diris A 40 (50)

Verkkoanalysaattorin useat katselunäytöt antavat selkeät lukemat ja ovat helppokäyttöisiä. Ne näyttävät suoraan useita mittauservoja, esimerkiksi +/- kWh, +/- kvarh, kVAh, I, U, V jne. Analysaattoriin on saatavana laaja valikoima erilaisia valinnaisia moduuleja, joten tuote voidaan räätälöidä tai päivittää asennuksen jälkeen. Mittauksia on saatavissa esimerkiksi käytetystä energiasta (kWh), reaktiivinen energiasta (kVAh), näennäisestä tehosta (kVAh) ja ajasta (h). Käyttöliittymä analysaattorissa on yksinkertainen. Navigointi näytön valikoissa tapahtuu näppäimiä painamalla. Valikoissa voi muuttaa analysaattorin asetuksia ja tarkastella eri arvoja sähköverkon tilasta. (52.)

11 SÄHKÖNKULUTUKSEN SEURANTA TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on asennettuna sähkönkulutuksen seurantaan tarvittavia mittareita. Puhdistamolta löytyy taajuusmuuttajia, kilowattituntimittareita ja verkkoanalysointilaitteita. Taajuusmuuttajilla ja verkkoanalysointilaitteilla saadaan puhdistamolta tarvittavat sähköenergian kulutustiedot. Sähköenergiankulutusta tulee pystyä seuraamaan olemassa olevasta Valmet-automaatiojärjestelmästä suhteellisen helposti. Sähkönkulutus voidaan näyttää esimerkiksi erilaisina diagrammeina tai mittareina inforuudulta valvomosta ja sieltä on helppo havaita poikkeamat kulutuksessa. Sähkönkulutus tulee myös tallentaa historiantietoihin, jotta voidaan katsoa kulutusta pidemmältä ajanjaksolta. Kuvasta 39 nähdään puhdistamon energiankulutuksen seurannan eri mahdollisuudet.



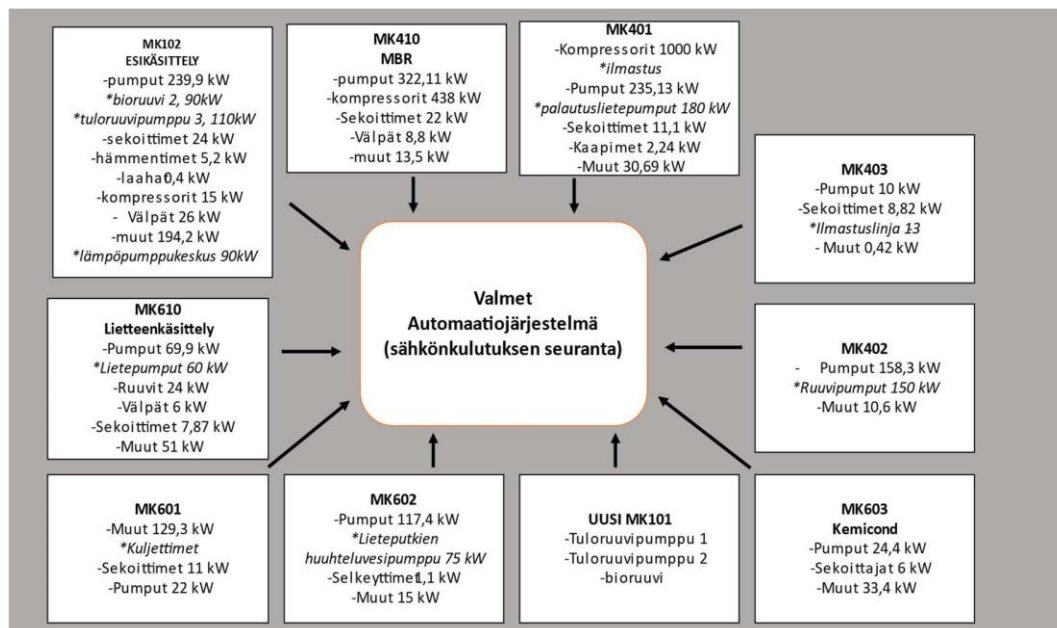
KUVA 39. Energiakulutuksen seurannan mahdollisuudet

11.1 Sähkönkulutustiedon kerääminen Taskilassa

Asiantuntija, joka tuntee puhdistamon Valmet-automaatiojärjestelmän, kertoi kulutuksen seurannan nykytilanteesta. Puhdistamolla olevista taajuusmuuttajista on saatavilla hetkellinen tieto tehosta. Jotta energiankulutuksenlaskenta saataisiin toimimaan, Valmet-automaatiojärjestelmään tulisi lisätä sovelluksia ja laskureita, sillä taajuusmuuttajissa ei kulutustietoja lasketa. Laitetasolta tu-

levia kulutustietoja ei saa tällä hetkellä taajuusmuuttajista, sillä se vaatisi kenttämuutoksia. Muutokset tarkoittavat väyläsovittimien lisäämistä taajuusmuuttajiin. Lisäksi tulee tehdä päätös, mitä kulutustietoja tulevaisuudessa seurataan. Välineet sähkönkulutuksen tiedon keräämiseen ovat valmiina laitoksella. Muutoksia tarvitaan järjestelmän sovellukseen ja raportointiin/tiedonkeruuseen.

Taskilan jätevedenpuhdistamolla on kymmenen kappaletta moottorikeskuksia (MK-keskus). Keskuksen numerot ovat MK101, MK102, MK401, MK402, MK403, MK410, MK601, MK602, MK603 ja MK610. Moottorikeskusten alla on tiettyjä laitteita, jotka palvelevat jätevedenprosessia tai koko puhdistamoa. Puhdistamon pääkaavioista näkyy, mitä laitteita on missäkin MK-keskuksessa. Kuvasta 40 nähdään mitkä kaikki laitteet on sijoitettu tietyn MK-keskuksen alle nimellistehoineen. Prosessilaitteista kaikki nimellistehot ovat nähtävissä kuvassa. Kohdassa muut näkyvät esimerkiksi nostimet, puhaltimet, venttiilit ja kuljettimet. Sähköenergiakulutuksen seuranta voidaan tehdä moottorikeskuskohtaisesti keräämällä kulutustieto verkkoanalysointilaitteilla. Analysointilaitteilta kulutustieto siirretään Valmet-automaatiojärjestelmään.



KUVA 40. Moottorikeskukset Taskilan jätevedenpuhdistamolla

Prosessin käytönvalvojan tulisi nähdä inforuuduilta kaikki prosessista tulevat hälytykset. Vaikka automaatio hoitaisikin muutoksen, valvojan tulisi myös tämä nähdä. Puhdistamon jäteveden prosessin tilannetta seurataan puhdistamon valvomosta ja sitä voi seurata myös tietokoneilta laitoksen ulkopuolelta. Muutoksia prosessin toimintaan voivat tehdä henkilöt, joilla siihen on lupa ja niistä

tulisi ilmoittaa kaikille, jotka tarvitsevat tiedon muutoksesta. Vaihtelevan jätevesimäärän takia kuormitus ja puhdistustulos muuttuvat aina jonkin verran. Muutuvaan jätevesimäärään voidaan varautua rakentamalla isompi tuloallas tai käyttämällä paremmin hyödyksi tasausallasta.

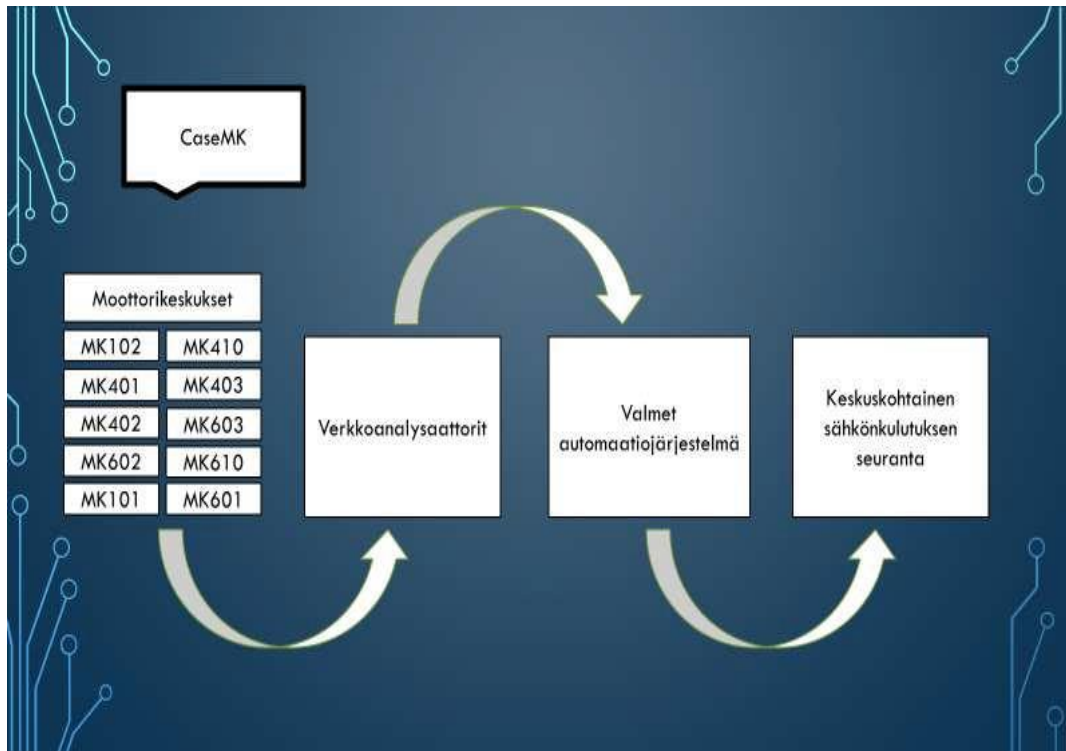
Valmet-automaatiojärjestelmään tulee saada ajantasaista tietoa tehtävistä energianmittauksista. Mittausten avulla pystytään tekemään muutoksia prosessiin. Prosessia seuraamalla voidaan päätellä, milloin toimintoja on lisättävä ja milloin vähennettävä. Energianseuranta automaatiojärjestelmään liitettynä toimii näissä tapauksissa prosessin lisätyökaluna. Jätevedenpuhdistusprosessia tulisi hallita automaatiojärjestelmän kautta. Muutoksia pitäisi pystyä tekemään prosessin toimintaan helposti. Kun puhutaan automaatiojärjestelmästä, nimi viittaa järjestelmään/prosessiin, joka on täysin automatisoitu. Kun prosessi tarvitsee muutosta ohjaukseen, järjestelmä tekee sen automaattisesti siihen asennettujen ehtojen mukaan.

11.2 Sähkönkulutuksen seuranta Taskilassa

Sähkönkulutuksen seurantaan kehitettiin kolme erilaista mallia. Mallit on nimetty opinnäytetyössä CaseMK, CaseProsessi ja CaseLaitteet. Mikään ehdotetuista sähkönkeräystavoista ei sulje pois toista. Keräystapoja voi yhdistellä tai käyttää sellaisenaan.

Kuvassa 41 nähdään yksi mahdollisuus kerätä tietoa sähkönkulutuksesta puhdistamolta. Opinnäytetyössä sen nimeksi on annettu CaseMK. Siinä tieto sähkönkulutuksesta kerätään verkkoanalyysointilaitteiden avulla moottorikeskuksista ja siirretään Valmet-automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmässä saadusta tiedosta muodostetaan trendikäyriä ja tulostietoa keskuksikohtaisesti.

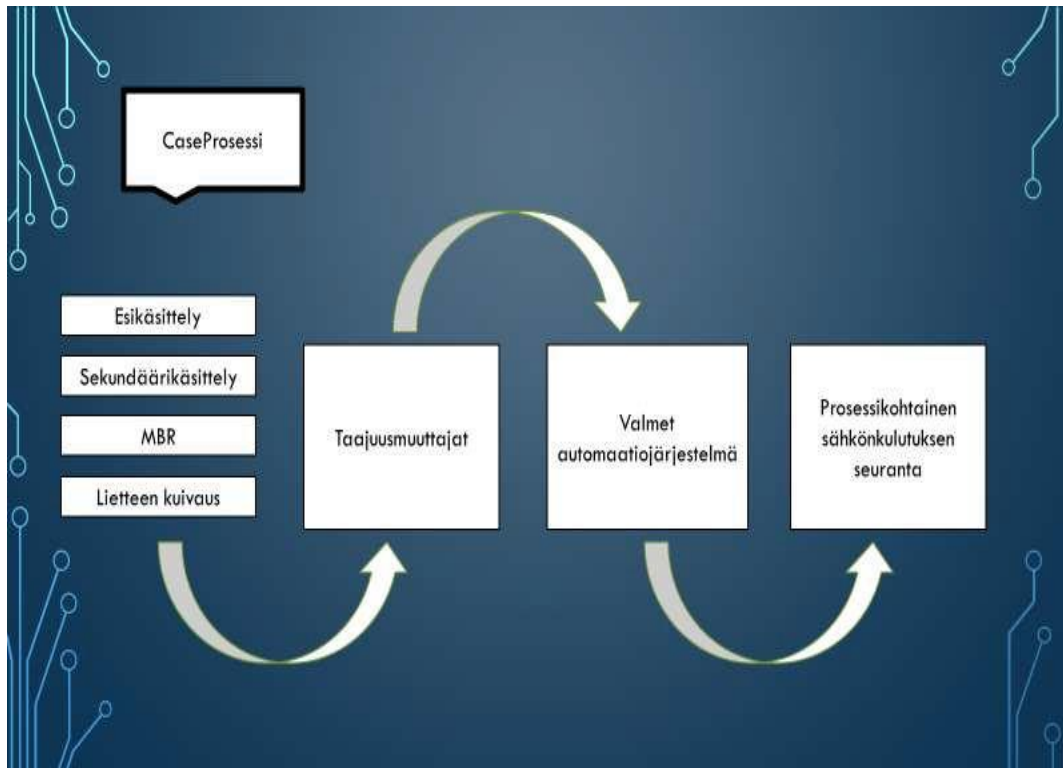
Tämän keräystavan hyvänä puolena on, että se on suhteellisen helppo toteuttaa ja lopputuloksena saadaan keskuksikohtainen sähkönkulutus. Huonoina puolina ovat, että tietoja yksittäisen laitteen sähkönkulutuksesta ei saada helposti selville sekä pitää tietää mitkä laitteet kuuluvat mihinkin moottorikeskukseen. Aiemmin esitetyssä kuvassa 40 nähdään mitä laitteita on sijoitettuna kuhunkin moottorikeskukseen. Kun tiedetään laitteet ja niiden nimellisteho, voidaan laskea prosenttiosuus kokonaisuudesta ja kulutuksesta.



KUVA 41. Sähkönkulutuksen seuranta CaseMK

Kuvassa 42 nähdään toinen mahdollisuus kerätä tietoa sähkönkulutuksesta puhdistamolta. Opin-
näytetyössä sen nimeksi on annettu CaseProsessi. Siinä tieto sähkönkulutuksesta kerätään taa-
juusmuuttajien avulla Valmet-automatiojärjestelmään. Ne laitteet, jotka kuuluvat tiettyyn proses-
siin täytyy tuoda automatiojärjestelmään tiedon luonnin yhteydessä samaan paikkaan (proses-
siin). Automaatiojärjestelmässä saadusta tiedosta muodostetaan trendikäyriä ja tulostietoa. Tällä
tavalla saadaan tietoa prosessikohtaisesta sähkönkulutuksesta mutta myös yksittäisen prosessi-
laitteen sähköenergiankulutuksesta.

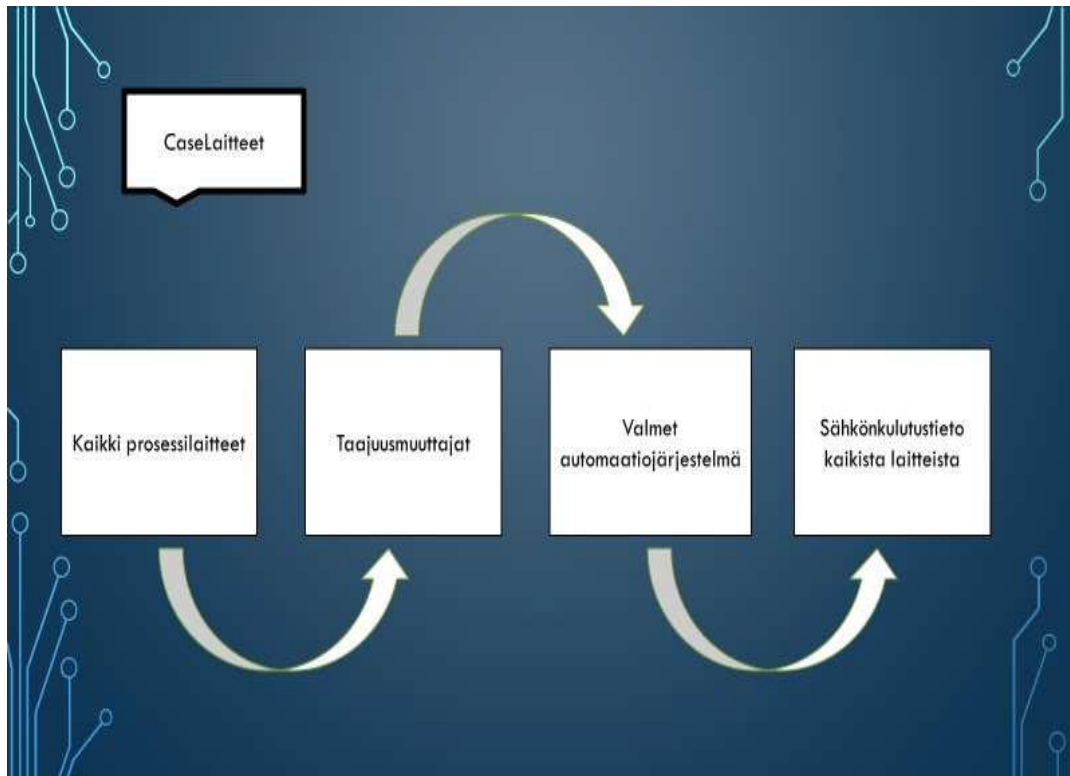
Hyvänä puolena on, että tieto sähkönkulutuksesta saadaan prosessitasolta ja myös prosessia
palvelevien laitteiden tasolta. Kun tätä systeemiä lähdetään rakentamaan, täytyy olla tiedossa
mitkä laitteet kuuluvat mihinkin prosessiin.



Kuva 42. Sähkönkulutuksen seuranta CaseProsessi

Kuvassa 43 nähdään kolmas mahdollisuus kerätä tietoa sähkönkulutuksesta puhdistamolta. Opinnäytetyössä sen nimeksi on annettu CaseLaitteet. Siinä tieto sähkönkulutuksesta kerätään kaikista jätevedenprosessiin osallistuvista laitteista. Esitystapa automaatiojärjestelmässä voi olla yksittäisen laitteen sähkönkulutus tai laitteet voidaan koota myös prosessikohtaisesti. Tällä tavalla saadaan kaikista jäteveden prosessiin osallistuvista laitteista sähkönkulutustieto. Puhdistusprosessista saadaan paljon kulutustietoa ja sieltä voidaan poimia kulloinkin tärkeimmät seurattavat kohteet.

Kaikista keräystavoista tämä vaatii eniten pohjatyötä mutta antaa hyvän lähtökohdan seurantaan. Tulevaisuudessa keräykseen voidaan lisätä uusia laitteita, kun niitä tulee puhdistamolle ja käytöstä poistuneet laitteet poistuvat automaattisesti myös sähkönkulutuskeräyksestä.



KUVA 43. Sähkönkulutuksen seuranta CaseLaitteet

Jotta sähköenergiankulutuksen seuranta on mahdollista toteuttaa myös laitetasolla, taajuusmuuttajien täytyy olla väylässä. Jos taajuusmuuttaja ei ole väylässä, se voidaan liittää väylään uudella kenttäväyläsovittimella. Valmet-automatiojärjestelmässä oleva sovellus määrittelee hyvin pitkälti missä muodossa data saadaan esille ja käyttöön. Valmet-automatiojärjestelmässä sähkökulutustiedon keräämiseen vaaditaan joko Profibus-väylä tai mA-viesti tai energiapulssi. Profibus-väylä eli kenttäväyläsovitin on tapa millä saadaan tietoa sähköjärjestelmän laitteista. Sähköinen viestintäkeino eli virtaviesti (mA-viesti) on yksi mahdollisuus kerätä tietoa. Pulssitekniikalla energiamittarin kosketinlähdestä lähetetään pulssisignaali määrättyä energiankulutusta kohden, esimerkiksi 10 kWh/pulssi.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Taskilan jätevedenpuhdistamolle sähkökulutuksen seurantajärjestelmä. Taskilan jätevedenpuhdistamolla kulutetaan sähköä vuositasolla noin 8 000 MWh. On tärkeää tietää mistä laitteista, prosesseista tai keskuksista sähkönkulutus muodostuu.

Alkukartoituksessa saatiin selville, että Taskilan jätevedenpuhdistamolla seurattiin tietoja /otettiin tiedot talteen sähköenergian kulutukseen neljästä ilmastuskompressorista ja kolmesta MBR-prosessin kompressorista. Sähkönkulutusta tulee seurata koko puhdistamon jätevedenprosessiin käytettävistä laitteista. Opinnäytetyössä kehitettiin kolme erilaista ehdotusta sähkönkulutuksen seurantaan: moottorikeskustaso, prosessitaso ja laitetaso. Näistä mikään ei pois sulje toista vaihtoehtoa vaan seurantatapoja voidaan käyttää myös ristiin. Tietojen keräämistä suositellaan laitetasolla tai minimissään prosessitasolla. Mitä tarkempaa tietoa kulutuksesta saadaan, sitä vähemmän kulutustietoja joudutaan arvuuttelemaan. Kun sähkönkulutuksen seuranta aloitetaan ja dataa saadaan riittävästi, sitä voidaan verrata kuukausi- ja vuositasolla. Vertailussa nähdään poikkeamat helposti ja voidaan puuttua niihin ajoissa esimerkiksi uusimalla laitteistoa tai korjaamalla vioittunut laite.

Energianmittausjärjestelmän laitteet kuten verkkoanalysaattorit ja taajuusmuuttajat ovat jo valmiina puhdistamolla, joten tarvitaan vain laitteisiin tai Valmet-automaatiojärjestelmään liitettäviä komponentteja tai sovelluksia kuten väyläsovittimia. Prosessilaitteista saadaan kerättyä sähkönkulutustieto ja käyntiaikatieto. Esimerkiksi käyntiaikatietoa voi käyttää ennakoitaessa huoltotoimenpiteitä tai mietittäessä laitehankintoja.

Jotta energiatehokkuustoimenpiteitä pystytään tekemään Taskilan jätevedenpuhdistamolla, tarvitaan tarkkaa kulutustietoa. Ehdottamillani keräystavoilla kulutustietoa saadaan Valmet-automaatiojärjestelmään ja sitä voidaan hyödyntää sieltä pitkän ajan tietojen vertailuun.

Opinnäytetyössä haastateltiin Turun, Helsingin, Kuopion, Jyväskylän, Tampereen ja lahden jätevedenpuhdistamoiden henkilökuntaa liittyen energiatehokkuuteen puhdistamoilla. Päällimmäisenä haastatteluissa nousi esille se, että monella puhdistamolla on omaa energian tuotantoa. Näillä puhdistamoilla omavaraisuusaste on korkea. Huomionarvoista oli myös huomata, että sähkönkulutustietoja kerättiin järjestelmään mutta niitä ei hyödynnetty. Osalla kulutustiedot olivat hautautuneet

Exceeliin. Keskusteluissa kävi ilmi, että kulutustiedon seuraaminen tulevaisuudessa nousee merkittävästi ja sitä haluttaisiin kehittää, jotta puhdistamoiden energiantehokkuus paranisi.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää välittömästi. Taskilan jätevedenpuhdistamon täytyy vain tehdä päätös mitä ehdotettua seuranta mallia se lähtee toteuttamaan. Tutkimuksessa kävi ilmi, että käytetyistä kemikaaleista tarkastellaan mahdollisuutta vähentää lipeän kulutusta. Lipeä on kallis kemikaali ja jos sen käyttöä pystytään vähentämään, niin säästetään jätevedenpuhdistamon kustannuksista.

LÄHTEET

1. Oulun kaupunki 2019. Ympäristöohjelma 2026 - kohti hiilineutraalia Oulu. Hakupäivä 16.8.2021. <https://www.ouka.fi/oulu/ymparisto-ja-luonto/ymparistoohjelma>.
2. Pöyry Finland Oy 2019. Turun seudun puhdistamo Oy, jätevedenpuhdistuksen energiatehokkuuden dynaaminen prosessimallinnus. Hakupäivä 3.8.2021. [https://vvy.etapah-tuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1575/LOPPURAPORTTI_Raportti_19122019%20\(ID%2024052\).pdf](https://vvy.etapah-tuma.fi/eTaika_Tiedostot/5/Hanke/1575/LOPPURAPORTTI_Raportti_19122019%20(ID%2024052).pdf).
3. Energiavirasto 2020. Energiakatselmustoiminta. Hakupäivä 15.8.2021. <https://energiavirasto.fi/energiakatselmukset>.
4. Motiva 2020. Energiakatselmus käynnistämisestä seurantaan. Hakupäivä 15.8.2021. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmus_kaynnistamisesta_seurantaan.
5. Motiva 2018. Energiatehokas vesihuoltolaitos. Hakupäivä 16.8.2021. https://www.motiva.fi/files/14867/Energiatehokkuuden_huomioiminen_suunnittelussa_saneerausissa_ja_hankinnoissa.pdf.
6. Oulun Vesi 2021. Vuosikertomus 2020. <https://www.oulunvesi.fi/vuosikertomukset>.
7. Oulun vesihuollon kehittämissuunnitelma vuosille 2015-2030. https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=dd60a48f-5d90-4d1a-b50f-ebd1bf674e6a&groupId=52058.
8. Oulun Vesi. Vuosikertomus 2019. Hakupäivä 18.8.2021. https://issuu.com/city-ofoulu/docs/oulun_vesi_toimintakertomus_2019_issuu.
9. Oulun Vesi. Vuosikertomus 2018. Hakupäivä 18.8.2021. https://issuu.com/city-ofoulu/docs/oulun_vesi_toimintakertomus2018_iss.

10. Oulun Vesi. Vuosikertomus 2017. Hakupäivä 18.8.2021. https://www.e-julkaisu.fi/oulu-vesi_vuosikertomus_2017/mobile.html#pid=1.
11. Oulun Vesi 2021. Taskilan jätevedenpuhdistamon toimintaohjeet. Sisäinen lähde.
12. Laitinen Jyrki, Nieminen Jenni, Saarinen Risto, Toivikko Saijariina 2014. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot: paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Helsinki Edita Prima.
13. Tilastokeskus 2021. Käsitteet, energiatase. Hakupäivä 10.8.2021. <https://www.stat.fi/meta/kas/energiatase.html>.
14. Jussila, Saku 2020. Energian kulutuksen ja tuotannon kehittämistoimet jätevedenpuhdistuksessa. Tampereen yliopisto. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Diplomityö. Hakupäivä 22.9.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202008196556>.
15. Luomanen, Johanna 2015. Jätevedenpuhdistamon energiakäytön tehostaminen Case: Tampere, Viinikanlahti. Lahden ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 1.8.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016092914670>.
16. Motiva 2009. Energiatase ja pumppausjärjestelmä, koulutusmateriaali. Hakupäivä 1.8.2021. https://www.motiva.fi/files/2419/Energiatase_ja_pumppausjarjestelm_a.pdf.
17. Motiva 2018. Energianhallinta: mittarointi. Hakupäivä 1.8.2021. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/vesihuoltolaitos/maat_energiatasekuustoimet/energianhallinta_mittarointi.
18. Spaans Babcock. Archimedan Screw Pump. Tuoteseloste. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.spaansbabcock.com/wp-content/uploads/2018/10/Spaans-Babcock-Screw-Pumps-EN.pdf>.
19. Rouvinen, Satu 2009. Pumppujen energiatalouden mittaaminen ja optimointi. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Energiatase ja pumppausjärjestelmien koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 9.10.2021. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200909044326>.

20. Atlas Copco 2021. Kompressorit Atlas Copco ZB 250 VSD tekniset tiedot. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/products/air-blowers/zb-vsd-oil-free-centrifugal-air-blowers>.
21. Kemira 2020. Kemira KemConnect. Älykästä kemiallista vesienkäsittelyä. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.kemira.com/water/smart-water-treatment/>.
22. AtlasCopo 2021. Öljyttömät turbopuhaltimet. Hakupäivä 18.9.2021. [Öljyttömät ZB VSD+ - turbopuhaltimet - Atlas Copco Finland](#).
23. Xylem 2021. Standardi ilmastustehokkuus (SAE). Hakupäivä 23.8.2021. <https://docplayer.fi/68730362-Ilmastustuotteet-energiatehokkaaseen-biologiseen-kasittelyyn.html>.
24. Energiavirasto. Energiatehokkuus. Hakupäivä 22.8.2021. <https://energiavirasto.fi/energia-tehokkuus>.
25. Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuus. Hakupäivä 23.8.2021. <https://tem.fi/energiatehokkuus>.
26. Motiva 2014. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantarjestelmän hankinta. Opas. https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/teollisuus/energiatehokkuuden_mittaus-ja_seurantajarjestelman_hankinta.10766.shtml.
27. Pulli, Martti 2018. Virtaustekniikka: vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tammertekniikka.
28. Heimola, Joonas 2018. Yhdyskuntajäteveden aktiivilieteprosessiin perustuvien puhdistamoiden energiatehokkuus ja sen kehittäminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö. Hakupäivä 23.8.2021. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26518/Heimola.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
29. Työ- ja elinkeinoministeriö 2016. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Hakupäivä 23.8.2021. <https://tem.fi/energia-ja-ilmastostrategia>.

30. Rautio, Kirsi 2012. Vesihuollon energiatehokkuuden kehittämismahdollisuudet tuotannon-ohjausjärjestelmää hyödyntäen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan kandidaatintyö. Hakupäivä 23.8.2021. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/88006/Kirsi_Rautio_kandidaatinty%c3%b6_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
31. Motiva 2018. Energiakulutuksen ja energiatehokkuuden raportointi, energiatehokas vesihuoltolaitos. Hakupäivä 23.8.2021. [https://www.motiva.fi/files/14873/ENERGIANKULUTUKSEN JA ENERGIATEHOKKUUDEN RAPORTOINTI.pdf](https://www.motiva.fi/files/14873/ENERGIANKULUTUKSEN_JA_ENERGIATEHOKKUUDEN_RAPORTOINTI.pdf).
32. EPRI (The Electric Power Research Institute). Sähköenergiankulutus jätevedenpuhdistuksessa. Hakupäivä 23.8.2021. <https://www.epri.com/>.
33. Ympäristöhallinto 2011. Yhdyskuntajätevesien puhdistuslaitosten päästöjen seuranta ja raportointi - hyvien menettelytapojen kuvaus. Hakupäivä 23.8.2021. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1586/menettelytapakuvaus_30122011.pdf.
34. Tukiainen, Tuija 2009. Vesihuoltolaitosten kasvihuonepäästöt Suomessa. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Hakupäivä 24.8.2021. <https://aaltdoc.aalto.fi/handle/123456789/44770>.
35. Mäki, Risto 2021. Kehityspäällikkö. Tampereen Vesi. Teams-haastattelu 3.6.2021.
36. Laanti, Jarkko 2021. Laatu- ja ympäristöpäällikkö. Malmikare, Esa. Sähkökäytönjohtaja. Tuomi, Jouko. Prosessi-insinööri. Turun Seudun Puhdistamo Oy. Teams-haastattelu 4.6.2021.
37. Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy 2020. Vuosikertomus 2020. Jäteveden käsittelymäärät. Hakupäivä 24.8.2021. https://www.js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2021/06/14629-JSJP-Vuosikertomus-2020_web.pdf.
38. Tuominen, Petri 2021. Toimitusjohtaja. Jyväskylän Seudun Puhdistamo. Teams-haastattelu 8.6.2021.

39. Happonen, Markus 2021. Sähköinsinööri. Kuopion Vesi. Teams-haastattelu 9.6.2021.
40. Kuokkanen, Anne. Projektipäällikkö. Laullukka, Samppa. Ryhmäpäällikkö. HSY. Teams-haastattelu 11.6.2021.
41. Veolia vesiteknologia 2020. HSY näyttää suuntaa: Rejektiviesien käsittely tukee 90 % typpireduktion saavuttamista. Hakupäivä 24.8.2021. <https://vesiteknologia.com/2020/01/20/hsy-nayttaa-suuntaa-rejektiviesien-kasittely-tukee-90-typpireduktion-saavuttamista/>.
42. Fingrid 2018. Häiriöreservimarkkinat. Hakupäivä 20.8.2021. <https://www.epressi.com/media/userfiles/132826/1540387680/reservituotteet-ja-reservien-markkinapaikat.pdf>.
43. Meiseri, Anni. Käyttö- ja työsuojelupäällikkö. Lahti Aqua. Kilponen, Tapio. Prosessi-insinööri. Teams-haastattelu 23.6.2021.
44. Motiva 2018. Energiakäytön seuranta ja analysointi, Energiatehokas vesihuoltolaitos. Hakupäivä 24.8.2021. https://www.motiva.fi/files/14864/Energiatehokas_vesihuoltolaitos_SEURANTA_JA_ANALYSOINTI.pdf.
45. Motiva 2017. Tulevaisuuden ennakointi, Energiatehokas vesihuoltolaitos. Hakupäivä 24.8.2021. https://www.motiva.fi/files/13601/TULEVAISUUDEN_ENNAKOINTI_ENERGIAATEHOKKUUSNAKOKULMASTA_VESIHUOLTOLAITOKSILLA.pdf.
46. Motiva 2018. Energiatehokkuuden johtaminen, Energiatehokas vesihuoltolaitos. Hakupäivä 24.8.2021. https://www.motiva.fi/files/14868/Energiatehokas_vesilaitos_-_energia_tehokkuuden_johtaminen.pdf.
47. Lallukka, Samppa 2014. Jätevedenpuhdistamon energiankulutusseurantajärjestelmä, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Hakupäivä 6.8.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201501111167>.

48. Schneider Electric 2021. Kilowattituntimittari. Hakupäivä 24.8.2021. <https://www.se.com/fi/fi/product/A9MEM3110/iem3110-kwh-mittari-63a-suoramittaus-lk1-pulssil%C3%A4ht%C3%B6-mid/>.
49. Danfoss 2021. Taajuusmuuttaja. Hakupäivä 24.8.2021. <https://www.danfoss.com/fi/fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>.
50. ABB 2015. ABB:n teollisuustaajuusmuuttajat. Hakupäivä 24.8.2021. https://library.e.abb.com/public/cb0da58246ba4a62aaae948d808fcc7d/FI_ACS880_single_drives_3AUA0000124140_RevJ.pdf.
51. Myllylä, Jaakko. ABB Area Sales Manager. Sähköposti 8.6.2021.
52. Diris A40. Verkkoanalysaattori. Tuotekuvaus. Hakupäivä 24.8.2021. https://amperonline.com/wp-content/uploads/2020/11/cat_dirisa40_us.pdf.