

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Sustainability Science and Solutions
Diplomityö 2021

Olli Helppi

**JÄTEVEDENPUHDISTAMON
SUORITUSKYKYMITTARISTON SUUNNITTELU –
TAPAUK: KARINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO**

Tarkastajat: Prof. TkT Risto Soukka, TkT Heli Kasurinen

Ohjaaja: Tekninen Johtaja, Janne Mäki-Petäjä, Lahti-Aqua

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Sustainability Science and Solutions

Olli Helppi

Jätevedenpuhdistamon suorituskykymittariston suunnittelu – Tapaus: Kariniemen jätevedenpuhdistamo

Diplomityö

2021

81 sivua, 14 taulukkoa, 7 kuvaa ja 2 liitettä

Työn tarkastajat: TkT Risto Soukka, TkT Heli Kasurinen

Työn ohjaaja: Janne Mäki-Petäjä, Lahti Aqua

Hakusanat: diplomityö, jätevedenpuhdistus, suorituskyvyn mittaaminen

Moni yritys käyttää suorituskykymittaristoa seuratakseen ja kehittääkseen liiketoimintaansa. Tämän diplomityön tavoitteena on laatia suorituskykymittaristo jätevedenpuhdistamon tarpeisiin. Suorituskykymittariston suunnittelu alustetaan kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdytään yrityksen suorituskyvyn mittaamiseen ja tiedon tarpeeseen sekä jätevedenpuhdistukseen liittyvään tekniikkaan ja lainsäädäntöön. Suorituskykymittariston tunnuslukujen selvittämiseksi haastatellaan kohdeyrityksen asiantuntijoita. Haastattelujen pohjalta laaditaan tunnuslukujoukon aihio, josta valitaan systemaattisesti arvioimalla 42 tärkeintä tunnuslukua mittaristoon sisällytettäväksi. Suorituskykymittariston avulla jätevedenpuhdistamon toiminnasta ja tilasta voidaan tuottaa nopea yleiskuva, jonka avulla toiminnassa tapahtuviin muutoksiin kyetään reagoimaan entistä nopeammin ja puhdistamo koskevia päätöksiä pystytään tekemään aiempaa tehokkaammin. Kariniemen puhdistamon suorituskykymittariston osia sekä sen laatimisessa hyödynnettyjä menetelmiä voidaan soveltaa tulevaisuudessa muiden jätevedenpuhdistamoiden suorituskykymittaristojen suunnittelussa.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT
LUT School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology
Sustainability Science and Solutions

Olli Helppi

Designing a performance measurement system for a wastewater treatment plant – Case: Kariniemi wastewater treatment plant

Master's thesis

2021

81 pages, 14 tables, 7 figures and 2 appendices

Examiner: D.Sc (Tech.) Risto Soukka , D.Sc (Tech.) Heli Kasurinen
Supervisor: Janne Mäki-Petäjä, Lahti Aqua

Keywords: Master's thesis, wastewater treatment, performance measurement

Many companies utilize performance measurement systems (PMS) to track and develop their business. The aim of this master's thesis is to design a PMS for a wastewater treatment plant. The design of the system is outlined with a literary review about business performance measurement, organizational information demand and wastewater treatment technology and legislation. Experts of the target company are interviewed to create a motif of a group of key figures for the PMS. Through systematic evaluation, 42 key figures are chosen from the motif to be included in the PMS. The PMS can produce a quick overview about the state of the wastewater plant, which helps in reacting to changes in the plant operations more quickly than before. The PMS also aids in decision making concerning the wastewater plant. Parts from the PMS designed for Kariniemi wastewater treatment, as well as the methods used in the design, plant can be used to construct similar PMS:s for wastewater treatment plants in the future.

ALKUSANAT

Tähänastisesta elämästäni reilu viidennes on kulunut yliopisto-opintojen parissa. Aikanani opiskelijana olen kokenut joitakin elämäni hienoimmista kokemuksista, sekä tavannut joitakin elämäni hienoimmista ihmisistä. Yksi näistä ihmisistä on kumppanini Ella, jonka läsnäolo vierelläni on auttanut jaksamaan haasteen kuin haasteen edessä. Diplomityön kirjoittaminen on ollut erityinen ja ainutlaatuinen haaste, jota muistelen tulevaisuudessa lämmöllä, mutta jota tuskin tulen kaipaamaan suurella kaiholla. Oppia ei kuitenkaan yhden ihmiselämän aikana ehdi liiaksi kerryttämään; tästäkin urakasta jäi uutta ymmärrystä roppakaupalla kouraan.

Kiitän Profit Software Oy:n ja Lahti Aquan väkeä, sillä he tekivät tämän diplomityön mahdolliseksi ja siten mahdollistivat myös minun saattavan maisterintutkintoni loppuun. Kiitän myös äitiäni tuesta niinä hetkinä, joina tuen tarve oli suuri. Yksi suuri virstanpylväs on nyt saavutettu, ja on aika hypätä kohti uusia kokemuksia.

Lahdessa 25.4.2021

Olli Helppi

TABLE OF CONTENTS

	SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	8
1	JOHDANTO	10
2	SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN YRITYKSESSÄ.....	13
2.1	Yrityksen suorituskyky	14
2.2	Suorituskyvyn mittaaminen	17
2.3	Aineettoman pääoman vaikutus suorituskykyyn	19
2.4	Suorituskykymittarit.....	20
2.5	Suorituskykymittaristot ja mittareiden valinta	23
2.5.1	Balanced Scorecard	24
2.5.2	Suorituskykyprisma.....	28
2.5.3	Navigator	30
3	TIEDON TARVE ORGANISAATIOSSA.....	32
3.1	Tiedon tarve ja mittaaminen eri organisaatiotasolla	32
3.1.1	Tiedon tarve omistajatasolla.....	33
3.1.2	Strategisen tason mittarit	34
3.1.3	Taktisen tason mittarit	35
3.1.4	Operatiivisen tason mittarit	36
3.1.5	Tiedon tarve suoritusportaalla	37
3.2	Mittaaminen ja tiedon tarve yksilötasolla	38
3.3	Tiedon tarve eri yksiköissä.....	39
4	JÄTEVEDEN KÄSITTELY JA PUHDISTAMON SUORITUSKYKY.....	41
4.1	Jäteveden vaikutukset luonnonvesistöihin	41
4.2	Jäteveden käsittelyä koskevat kansalliset vaatimukset	43
4.3	Jätevedenpuhdistamon toiminta	44
4.4	Jätevedenpuhdistamon suorituskyvyn mittaaminen.....	47
5	KOHDEYRITYKSEN ESITTELY	54
5.1	Kariniemen jätevedenpuhdistamo.....	54
5.1.1	Fosforin ja orgaanisen aineen poisto	56
5.1.2	Typen poisto	57
5.2	Jätevedenpuhdistamon toiminnan seuranta.....	57
6	SUORITUSKYKYMITTARISTON RAKENTAMINEN	59
6.1	Suorituskykymittariston karkeiden tavoitteiden määrittely	60
6.2	Tiedonkeruualueen rajaaminen	61
6.3	Mittauksen nykytilan kartoittaminen	62
6.4	Mittaristoa hyödyntävien sidosryhmien tunnistaminen	62
6.5	Sidosryhmien tarpeiden kartoittaminen	63
6.6	Mittariston tarkennettujen tavoitteiden määrittely	64
6.7	Tunnuslukujen arviointi ja tärkeiden tunnuslukujen valinta.....	65
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	75
8	YHTEENVETO.....	77
9	LÄHTEET	78

LIITE I: Operaattorien haastattelun tunnuslukuehdotukset

LIITE II: Johdon haastattelun tunnuslukuehdotukset

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Symbolit

<i>rCOD</i>	kemiallisen hapenkulutuksen vähenemä jätevedestä	
<i>rTSS</i>	kiintoaineen vähenemä jätevedestä	
<i>rCOL</i>	värin vähenemä jätevedestä	
<i>enCLA</i>	perinteisen jätevedenkäsittelyn energiankulutus	[kWh/m ³]
<i>enOZ</i>	otsonointikäsittelyn energiankulutus	[kWh/m ³]
<i>reagOZ</i>	otsonointikäsittelyn reagenssikemikaalien kulutus	[kg/m ³]
<i>reagCLA</i>	perinteisen jätevedenkäsittelyn reagenssikemikaalien kulutus	[kg/m ³]
<i>slPROD</i>	lietteen tuotanto	
<i>slTREAT</i>	jätevedenpuhdistamon kyky vähentää orgaanisen kiintoaineen määrää ja kosteutta stabiloidussa lietteessä	
<i>slDISP</i>	lietteestä talteen otetun energian ja raaka-aineen määrä	
<i>CODcon</i>	jäteveden tulovirtaaman COD-konsentraatio	[mg/l]
<i>VOLinf</i>	puhdistamolle tulevan jätevesimäärän tilavuus	[m ³]

Alaindeksit

act	actual, toteutunut
exp	expected, odotettu

Lyhenteet

avl	asukasvastineluku
BOD, BHK	biological oxygen demand, biologinen hapenkulutus
BOD ₅ , BHK ₅	biologinen hapenkulutus mitattuna 5 vuorokauden yli
BOD ₇ , BHK ₇	biologinen hapenkulutus mitattuna 7 vuorokauden yli
BSC	Balanced Scorecard, tasapainotettu mittaristo
COD, KHK	chemical oxygen demand, kemiallinen hapenkulutus
PAH	polyaromaattinen hiilivety
KPI	key performance indicator, suorituskykyilmais
TSS	total suspended solids, kokonaiskiintoaine
COL	color, väri
VSS	volatile suspended solids, orgaaninen kiintoaine
DM	dry matter, kuiva-aine

1 JOHDANTO

Nykyaikana monet yritykset mittaavat suorituskyykyään erilaisten suorituskyyvyn mittausjärjestelmien tai suorituskyykymittaristojen avulla. Mittaamalla suorituskyykyään yritykset pyrkivät tuottamaan tietoa toimintansa eri osa-alueilta. Mittaamisesta saadun tiedon avulla yritykset pystyvät luomaan tilannekuvia ja ennusteita toiminnastaan, joiden avulla voidaan varmistaa toiminnan jatkuvuus ja toisaalta myös kehittää toimintaa yrityksen tavoitteita aikaisempaa paremmin palvelemaan suuntaan.

Suorituskyykymittaristojen suunnittelua varten on kehitetty erilaisia malleja. Tällaiset mittaristomallit auttavat tarkastelemaan yrityksen toimintaa rajaamalla sitä siten, että toiminnan kannalta oleellisten tunnuslukujen eli mittareiden valitseminen on helpompaa kuin yrityksen ja erehdyksen kautta. Suorituskyykymallin avulla organisaation toimintaa voidaan tarkastella esimerkiksi strategian ja vision tai sidosryhmien tarpeiden pohjalta johdetuista näkökulmista, joista voidaan löytää erilaisia näitä näkökulmia kuvastavia mittareita.

Suorituskyykymittaristoja käytetään laajalti yksityisellä sektorilla erilaisissa voittoa tavoittelevissa yrityksissä ja organisaatioissa. Suorituskyyvyn mittausjärjestelmiä käsittelevä kirjallisuus painottuu yksityisen sektorin organisaatioiden suorituskyyvyn mittaamisen käsittelyyn, mutta suorituskyyvyn mittaamista myös julkisen sektorin organisaatioissa on tutkittu ja sovellettu. Mittaristomallit ovat laadittu sellaisiksi, että niitä on helppo käyttää perinteistä tuotantoketjua hyödyntävien tuotteita tai palveluja valmistavan organisaation suorituskyyvyn mittausjärjestelmän suunnittelussa.

Tämän diplomityön tavoitteena on laatia suorituskyykymittaristo jätevedenpuhdistamon tarpeisiin. Mittaristo suunnitellaan Lahdessa sijaitsevalle Kariniemen jätevedenpuhdistamolle. Mittaristoon pyritään sisällyttämään sellaiset jätevedenpuhdistamon tunnusluvut, jotka auttavat ajamaan laitosta mahdollisimman tehokkaasti puhdistustuloksen ja kustannusten kannalta, ja joiden avulla saadaan selkeä tilannekuva laitoksen toiminnasta. Mittaristoon valitaan sellaisia tunnuslukuja, jotka kuvaavat puhdistamon toimintaa jäteveden tulotunnelin ja purkuvesistön välillä.

Suorituskykymittaristo pyritään suunnittelemaan siten, että se pystytään helposti monistamaan muiden jätevedenpuhdistamojen tarpeisiin.

Suorituskykymittaristoon valittuja tunnuslukuja on tarkoitus visualisoida osana kohdeyritykselle kehitettävää Power BI -raportointijärjestelmää. Suorituskykymittariston raportoinnissa tunnuslukujen laskenta toteutetaan kokoamalla yhteen numeerista tietoa erilaisista yrityksen käytössä olevista tietojärjestelmistä. Suorituskykymittariston raportoinnin tehtävä on tuottaa helposti käsitettävä yleiskuva jätevedenpuhdistamon tilasta ja tehostaa laitosta koskevien päätöksien tekemistä.

Tämä diplomityö koostuu kirjallisuuskatsauksesta sekä empiirisestä osuudesta. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään yrityksen suorituskyvyn mittaamisen teoriaan, tiedon tarpeeseen yrityksessä sekä jätevedenpuhdistamon toimintaan. Kirjallisuuskatsauksen lopussa esitellään case-esimerkki italialaiselle jätevedenpuhdistamolle laaditusta suorituskykymittaristosta. Kirjallisuuskatsauksen aineistona on käytetty vertaisarvioituja tutkimuksia sekä suorituskyvyn mittaamiseen ja jätevedenpuhdistukseen liittyvää tietokirjallisuutta.

Empiirisessä osuudessa laaditaan suorituskykymittaristo Kariniemen jätevedenpuhdistamolle. Suorituskykymittariston suunnittelu on toteutettu monivaiheisena prosessina. Suunnittelun alussa määritellään karkeasti, mihin tarkoitukseen suorituskykymittaristoa tullaan käyttämään ja mitkä vesiyhtiön sidosryhmät hyötyvät mittariston käytöstä. Haastatteleamalla mittaristoa käyttäviä sidosryhmiä mittaristoon sisällytettävästä tunnuslukupöytäkirjasta luodaan aihio, jonka pohjalta tarkennetaan mittaristolle asetettuja tavoitteita. Tämän jälkeen mittaristoaihion tunnuslukuja arvioidaan systemaattisesti, ja karsitaan tunnusluvuista mittaristoon sisällytettäväksi parhaiten tavoitteisiin vastaavat tunnusluvut.

Kohdeyrityksellä ei ole nykyisin käytössään järjestelmää, jonka kautta pystyttäisiin helposti seuraamaan jätevedenpuhdistamon tärkeitä tunnuslukuja ja saamaan nopeasti yleiskuva puhdistamon toiminnasta. Suorituskykymittaristoon on tavoitteena valita sellaiset tunnusluvut, joiden tuottama tiedon avulla laitoksen toimintaa ja siihen liittyvää päätöksentekoa voidaan tehostaa. Suorituskykymittaristo pyritään suunnittelemaan siten,

että se pystytään monistamaan helposti muiden jätevedenpuhdistamoiden tarpeisiin joko kokonaan tai osittain. Suorituskykymittariston suunnittelussa käytetyt menetelmät pyritään valitsemaan siten, että samoja menetelmiä voidaan hyödyntää myös muiden teollisuuslaitosten suorituskykymittaristojen suunnittelussa.

Jätevedenpuhdistamoiden suorituskykyä on tutkittu jonkin verran vertaamalla eri puhdistamoita keskenään, ja tekemällä vertailun pohjalta päätelmiä laitosten toiminnan tehokkuudesta. Kirjallisuutta yksittäisen jätevedenpuhdistamon suorituskyvyn mittaamisesta on sen sijaan saatavilla niukasti. Suomalaisten jätevedenpuhdistamoiden suorituskyvyn mittausjärjestelmistä ei tiettävästi ole julkaistu tutkimuksia. Tämä diplomityö tuottaa siis tietoa erityisesti Suomessa verrattain uudelta tutkimusalueelta, ja siten tuo saataville uusia työkaluja kehittää suomalaisten jätevedenpuhdistamoiden toimintaa.

2 SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN YRITYKSESSÄ

Kun puhutaan mittauksesta, verrataan yritystä usein erilaisiin kulkuneuvoihin. Esimerkiksi auton kojetaulu sisältää erilaisia mittareita, joiden avulla kuljettaja pystyy seuraamaan auton tilaa kunakin ajanhetkenä. Tyypillinen auton kojetaulu sisältää ainakin nopeusmittarin, kierroslukumittarin, moottorin lämpötilamittarin sekä jäljellä olevan polttoaineen määrää ilmaisevan mittarin. Kukin mittari viestii kuljettajalle tärkeitä asioita auton ajamiseen liittyvistä osa-alueista. Vilkaisemalla polttoainemittaria kuljettaja voi tehdä karkean arvion siitä, kuinka pitkän matkan autolla voi vielä ajaa ennen kuin tarvitsee pysähtyä tankkaamaan. Moottorin lämpötilamittari kertoo tärkeää tietoa auton kunnosta: jos mittarin osoitin on punaisella, on auton jäähtyöksessä jotakin vikaa ja auto on korjauksen tarpeessa. Kierroslukumittarista kuljettaja näkee, ajetaanko autoa tehokkaasti oikealla vaihteella ajonopeuteen nähden. Nopeusmittarin avulla kuljettaja puolestaan pystyy suhteuttamaan ajonopeutensa lain mukaisiin nopeusrajoituksiin.

Ajatellaan auton ajamista turvallisesti ja nopeusrajoitusten mukaisesti suorituksena. Suorituksen toteuttamisen kannalta kaikki auton mittarit eivät ole yhtä tärkeitä. Autoa voi kyllä ajaa nopeusrajoitusten mukaisesti ilman polttoainemittaria, mutta tällöin kuljettaja ei voi tietää riittääkö polttoaine vielä ensi viikollakin, vai tyssäkö matka seuraavaan risteykseen. Jos nopeusmittari puolestaan uupuisi, olisi kuljettajan lähes mahdotonta tietää noudattaako hän ajaessaan nopeusrajoituksia ja turvallinen ajaminen hidastelematta olisi vaikeaa. Jos autossa ei olisi lainkaan mittareita, joutuisi kuljettaja arvioimaan nopeutensa katsomalla ikkunasta ohikiitävää maisemaa ja kuuntelemalla moottorin ääntä. Tällainen ajaminen olisi niin hankalaa ja vaarallista, että suurin osa ihmisistä tuskin tahtoisi hypätä mittarittoman auton rattiin. Toisaalta jos autossa olisi yhtä paljon mittareita kuin vaikkapa lentokoneen ohjaamossa, olisi tällöinkin ajaminen erittäin vaikeaa. Suuri osa mittareista viestisi autoilun kannalta täysin epäoleellista tietoa ja kuljettajan keskittymistä häiritsisi ylimääräinen päätöstaakka siitä, seuratako ajokorkeutta, ilmanpainetta vai ajonopeutta. Jotta autoa voidaan ajaa taloudellisesti ja turvallisesti, on tärkeää tietää mitkä mittarit ovat ajamisen kannalta tärkeitä ja sisällyttää auton mittaristoon vain tärkeät mittarit.

Samoin kuin autoilijan tulee mitata ajamistaan, tulee myös yrityksen mitata tekemistään, jotta voidaan varmistaa toiminnan tehokkuus ja jatkuvuus. Yritys ei käytännössä voi toimia

täysin ilman minkäänlaista mittausta. On absurdia ajatella, että voisi olla olemassa yritys, joka ei tiedä paljonko sillä on tuloja, menoja, varallisuutta tai henkilöstöä. Toisaalta yrityksen on vaikea toimia tehokkaasti, jos se mittaa liian montaa asiaa tai asioita, jotka eivät tuota liiketoiminnalle hyödyllistä tietoa.

Erilaiset yritysorganisaatiot ovat rakenteeltaan usein monimutkaisia. Organisaatio voi koostua monesta yrityksestä, joista jokaisella voi olla useita toimintayksiköitä eri paikoissa. Eri yksiköt voivat suorittaa eri tehtäviä, minkä takia yhdestä yksiköstä saattaa olla oleellista mitata eri asioita kuin toisesta. Toisaalta myös erilaisten kokonaisuuksien, kuten koko organisaation, toimintaa on järkevää mitata, jotta pystytään luomaan yleiskäsitys organisaation toiminnasta.

Yritykset ovat keskenään erilaisia ja koostuvat monista erilaisista osista. Tämän takia on usein vaikea selvittää, minkälaisia asioita yrityksen kannattaa mitata ja millä tavalla. Suorituskyvyn mittaamista erilaisissa yrityksissä ja organisaatioissa tutkitaan aktiivisesti, ja mittaustarpeiden selvittämistä varten on kehitetty useita erilaisia malleja. Tässä kappaleessa perehdytään suorituskyvyn määritelmään, suorituskykymittareihin sekä tapoihin selvittää yritykselle tärkeitä mittareita.

2.1 Yrityksen suorituskyky

Suorituskyvylle on esitetty kirjallisuudessa useita määritelmiä. Rantasen ja Holtarin (1999, 3) määritelmän mukaan yrityksen suorituskyky on sen kyky saada aikaan tuotoksia astetuilla ulottuvuuksilla suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. Laitinen (1998, 18) määrittelee suorituskyvyn tarkoittavan yrityksen kykyä maksimoida omistajien hyöty ja tyydyttää riittävästi myös muiden sidosryhmien tarpeet. Lönnqvist ja Mettänen (2003, 20) puolestaan määrittelevät suorituskyvyn mitattavan kohteen kyvyksi saavuttaa asetettuja tavoitteita.

Termejä *suorituskyky* ja *suoritus* käytetään toisinaan synonyymeinä, mutta todellisuudessa termit ovat merkitykseltään erilaiset. Suorituskyky viittaa parhaaseen mahdolliseen suoritukseen, kun taas suoritus kuvaa enemmän jo tapahtunutta tekemistä ja tulosta. Suorituskyvyn määritelmän alle voidaan lukea asioita kuten osaaminen, henkilöstön tyytyväisyys ja organisaation imago. Tällaiset organisaation ominaisuudet eivät

yksiselitteisesti ole seurausta organisaation tekemisestä, joten ne eivät aivan asetu suorituksen määritelmän alle. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 20.)

Puhuttaessa suorituskyvystä on huomioitava kaikki yrityksen tärkeimmät sidosryhmät ja niiden tarpeet. Pelkkä omistajien tarpeiden tyydyttäminen ei riitä, vaikka se usein onkin tavoitteissa etusijalla. On huomioitava myös muiden tärkeiden sidosryhmien, kuten yrityksen johdon, työntekijöiden, asiakkaiden ja viranomaisten tarpeet. Eri sidosryhmät voivat käsittää suorituskyvyn eri tavoin, sillä eri sidosryhmien tavoitteet voivat olla hyvin erilaisia keskenään. Esimerkiksi yliopiston tutkimuksen rahoittaja voi haluta tutkimuksen tuottavan konkreettisia tuotteita, kun taas yliopiston tavoitteena on saavuttaa tieteellisiä tuloksia. Ei riitä, että vain toisen sidosryhmän tarpeet täytetään, vaan sekä rahoittajan että yliopiston tarpeet on huomioitava. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 21).

Organisaation eri tasot käsittävät suorituskyvyn yleensä eri tavoin. Henkilön tai työryhmän tasolla tarkastellaan usein eri asioita, kuin esimerkiksi liiketoimintayksikkö- tai konsernitasolla. Tiimitasolla saatetaan seurata henkilön kehittymistä ja tyytyväisyyttä, kun taas konsernin johtoa kiinnostaa enemmän konsernin liiketaloudellinen tulos. Muutokset yhdellä organisaatiotasolla voivat vaikuttaa myös muihin tasoihin. Suorituskykyä arvioidessa on tärkeää tunnistaa organisaation hierarkkisuus, sekä yksittäisen työntekijän työn vaikutus koko organisaation suorituskykyyn. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 23.)

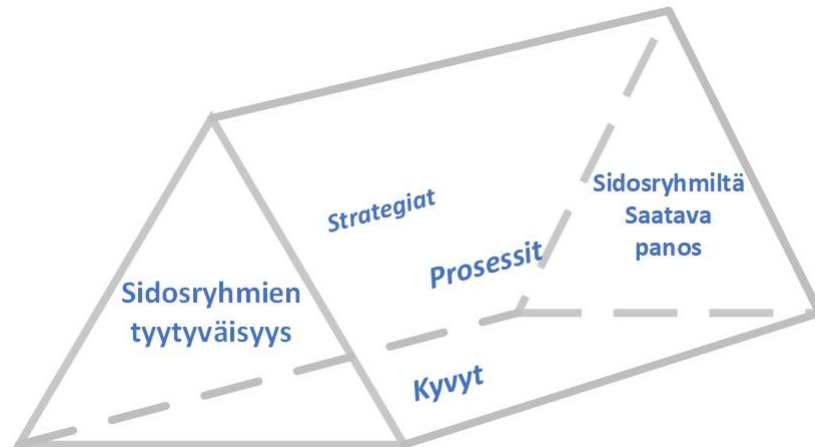
Yrityksen suorituskyvyn arvioimiseksi on kehitetty erilaisia malleja. Suorituskykymallin avulla Yrityksen suorituskyky voidaan jakaa pienempiin osa-alueisiin, jolloin sitä on usein helpompi tarkastella ja mitata. Eräs tunnetuimmista lähestymistavoista on Kaplanin ja Nortonin vuonna 1996 esittämä Balanced Scorecard (BSC). Balanced Scorecard -mallissa suorituskykyä tarkastellaan tavallisesti neljästä näkökulmasta, jotka ovat:

1. Taloudellinen näkökulma
2. Asiakkaan näkökulma
3. Sisäisten prosessien näkökulma
4. Oppimisen ja kehittymisen näkökulma

Taloudellinen näkökulma kertoo, millaisia taloudellisia tuloksia on saavutettava, jotta omistajien tarpeisiin vastataan. Asiakkaan näkökulma vastaa kysymykseen, mitä on tehtävä, jotta asiakas on tyytyväinen yrityksen tarjoamiin palveluihin ja tuotteisiin. Sisäisten prosessien näkökulma tuo ilmi, miten yrityksen sisäiset prosessit täytyy hoitaa, jotta saavutetaan asiakasnäkökulman ja taloudellisen näkökulman tavoitteet. Oppimisen ja kehittymisen näkökulmassa selvitetään, miten osaamista on kehitettävä jatkossa, jotta tulevaisuudessa on mahdollista parantaa sisäisiä prosesseja sekä asiakasnäkökulman ja taloudellisen näkökulman tuloksia. (Lönqvist ja Mettänen 2003, 21.)

Ei riitä, että yrityksen toiminta saavuttaa vain jonkin näkökulman tavoitteet. Jos yritys menestyy esimerkiksi vain taloudellisesti, ei taloudellista menestymistä voida taata myös tulevaisuudessa. Yrityksen tulee pyrkiä saavuttamaan toiminnallaan kaikissa neljässä näkökulmassa asetetut tavoitteet, jotta organisaatio olisi kilpailukykyinen myös tulevaisuudessa. (Lönqvist ja Mettänen 2003, 21.)

Neelyn ja Adamsin esittelemä malli Suorituskykyprisma (Kuva 1) jakaa yrityksen suorituskyvyn viiteen eri näkökulmaan. Suorituskykyprisma-mallissa yrityksen suorituskykyä arvioidaan sidosryhmien tyytyväisyyden, strategioiden, prosessien, kykyjen ja sidosryhmiltä saatavan panoksen näkökulmasta. Sidosryhmät arvioivat yrityksen suoritusta tietyillä kriteereillä, jotka vaihtelevat sidosryhmittäin. Esimerkiksi omistajat, asiakkaat ja viranomaiset arvostavat eri asioita organisaation toiminnassa. Yrityksellä on oltava strategiat, joiden avulla se pyrkii vastaamaan sidosryhmiensä tarpeisiin. Jotta strategiat voidaan saavuttaa, yrityksellä on oltava prosessit strategioiden toteuttamista ja kehittämistä varten. Prosessien toteuttaminen ja kehittäminen puolestaan vaatii kykyä ja osaamista. Tyytyväisyyden lisäksi yrityksen tulee nauttia sidosryhmien tuottamaa arvokasta panosta, kuten asiakkaiden kannattavuutta tai omistajien pitkäjänteisyyttä. (Lönqvist ja Mettänen 2003, 22.)



Kuva 1: Suorituskykyprisma (Neely ja Adams 2001)

2.2 Suorituskyvyn mittaaminen

Neelyn et al. (2005, s. 1228) mukaan suorituskyvyn mittaaminen on prosessi ilmaista toimintaa määrällisesti, missä mittaaminen on määrittämisen prosessi ja toimintaa seuraa suoritus. Markkinoinnin näkökulmasta yrittäjät saavuttavat tavoitteensa, eli suoriutuvat, tyydyttämällä asiakkaidensa tarpeet tehokkaammin ja vaikuttavammin kuin kilpailijansa. Vaikuttavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka kattavasti asiakastarpeisiin vastataan. Tehokkuus puolestaan on mitta siitä, kuinka taloudellisesti organisaation resursseja hyödynnetään, jotta voidaan tuottaa tietty asiakastyytyväisyyden taso. (Neely et al. 2005, s. 1228.)

Yritys voi vaikuttaa sen tehokkuuteen ja vaikuttavuuteen esimerkiksi parantamalla tuotteensa toimintavarmuutta, joka on osa yrityksen laatu-ulottuvuutta. Lisäämällä tuotteen toimintavarmuutta yrityksen vaikuttavuus voi kasvaa, jos saavutetaan suurempi asiakastyytyväisyys. Yrityksen tehokkuus voi myös kasvaa, mikäli paremman toimintavarmuuden myötä liiketoiminnan kulut vähenevät, kun takuukorvauksia vaaditaan vähemmän. Yrityksen suorituskyky on siis sen toiminnan tehokkuuden ja vaikuttavuuden funktio. (Neely et al. 2005, s. 1228 – 1229.)

Suorituskyvyn mittaamisella tarkoitetaan prosessia, jossa toiminnan tehokkuutta ja vaikuttavuutta pyritään ilmaisemaan määrällisesti suorituskykymittareiden avulla. Suorituskykymittari on määrällinen ilmaus toiminnan tehokkuudesta ja/tai vaikuttavuudesta. Suorituskyvyn mittausjärjestelmä on kokoelma suorituskykymittareita, joiden avulla

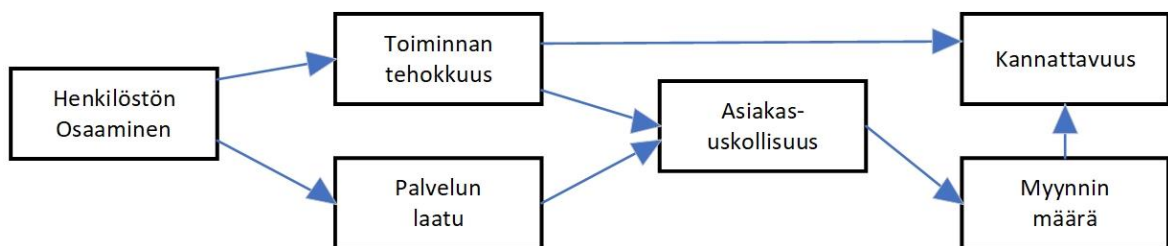
voidaan esittää määrällisesti sekä toiminnan tehokkuutta että vaikuttavuutta. (Neely et al. 2005, s. 1229.)

Menestystekijät ovat yksittäisiä asioita, joita mitataan, kun mitataan suorituskykyä. Menestystekijäksi kutsutaan liiketoiminnallisen menestymisen ja strategian kannalta keskeistä asiaa. Yrityksen menestymisen kannalta erityisen oleellisia liiketoiminnan avainalueita kutsutaan kriittisiksi menestystekijöiksi. Tällaisilla alueilla yrityksen on saavutettava korkea suoritustaso menestyäkseen. Perinteisesti menestystekijät on jaettu taloudellisiin ja ei-taloudellisiin menestystekijöihin. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 24.) Taulukko 1 sisältää esimerkkejä taloudellisista ja ei-taloudellisista menestystekijöistä.

Taulukko 1: Taloudellisia ja ei-taloudellisia menestystekijöitä (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 24)

Taloudelliset	Ei-taloudelliset
Likviditeetti	Asiakastyytyväisyys
Kannattavuus	Laatu
Taloudellinen kasvu	Toimitusaika
Tuotteen valmistuskustannukset	Tuottavuus

Jakamalla menestystekijät syytekijöihin ja seuraustekijöihin voidaan tarkastella menestystekijöiden välisiä syy-seuraussuhteita. Syytekijöiden oletetaan, tai tiedetään varmasti vaikuttavan seuraustekijään jollakin tavalla. Seuraustekijät puolestaan kertovat yleensä liiketoiminnan tavoitteista ja tuloksista. Esimerkiksi henkilöstön osaaminen voi olla syytekijä toiminnan tehokkuudelle, jolloin toiminnan tehokkuus puolestaan on henkilöstön osaamisen seuraustekijä. Menestystekijä voi olla samanaikaisesti sekä syy- että seuraustekijä. Esimerkiksi asiakasuskollisuus voi olla seurausta palvelun laadusta, ja toisaalta syy myynnin korkealle määrälle. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 25.) Kuva 2 esittää esimerkkejä menestystekijöiden välisistä suhteista.



Kuva 2: Menestystekijöiden välisiä suhteita (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 25)

2.3 Aineettoman pääoman vaikutus suorituskykyyn

Aineettoman pääoman katsotaan kattavan kaikki kaiken organisaation pääoman taloudellisia ja fyysisiä tekijöitä lukuun ottamatta. Usein aineettomaan pääomaan viitataan myös termeillä älyllinen pääoma, tietopääoma ja näkymättömät voimavarat. Aineettomaksi pääomaksi luetaan esimerkiksi työntekijöiden taidot, organisaation prosessit ja asiakassuhteet. Yrityksellä on aineettoman pääoman lisäksi myös taloudellista pääomaa sekä fyysistä pääomaa kuten kiinteistöjä ja laitteita. Yrityksen aineeton pääoma liittyy kiinteästi sekä tietoon ja kokemuksiin että asiakkaisiin ja teknologioihin. Aineettomalla pääomalla on usein yrityksen menestymisen kannalta fyysistä pääomaa suurempi merkitys etenkin asiantuntijaorganisaatioissa. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 25.)

Aineeton pääoma voidaan jakaa pienempiin osiin. Aineettoman pääoman osittamiseen on esitetty kirjallisuudessa useita malleja, jotka ovat kuitenkin keskenään melko samankaltaisia. Mallit helpottavat organisaatiota tunnistamaan sen aineettoman pääoman ja ymmärtämään aineettoman pääoman rakenteen. Mallit auttavat myös tunnistamaan, mitkä asiat ovat organisaatiolle tärkeitä ja mitä asioita tulisi kehittää. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 26.)

Lönnqvist ja Mettänen (2003) esittävät aineettoman pääoman jakamiseksi mallin, jossa aineeton pääoma jaetaan kolmeen ryhmään: inhimilliseen pääomaan, suhdepääomaan ja rakenpääomaan. Taulukko 2 esittää aineettoman pääoman kolme ryhmää ja esimerkkejä niiden sisällöstä.

Taulukko 2: Aineettoman pääoman osa-alueet (Lönnqvist ja Mettänen 2003)

Inhimillinen pääoma	Suhdepääoma	Rakennepääoma
<ul style="list-style-type: none"> – tiedot ja taidot – kokemus – koulutus – luovuus ja innovatiivisuus – muut ominaisuudet (esim. Johtajuus ja yrittäjyys) 	<ul style="list-style-type: none"> – suhteet asiakkaisiin ja muihin sidosryhmiin – sopimukset sidosryhmien kanssa – organisaation imago ja brändit 	<ul style="list-style-type: none"> – teknologiat – tietojärjestelmät – tietokannat – toimintoprosessit – arvot ja kulttuuri – johtamisfilosofia – patentit, tekijänoikeudet ja ammattisalaisuudet sekä muut immateriaalioikeudet

Inhimilliseen pääomaan sisältyvät esimerkiksi työntekijöiden taidot, tiedot, koulutus ja kokemus, sekä ongelmanratkaisukyky ja luovuus. Yritys ei voi omistaa inhimillistä pääomaa, koska inhimillisen pääoman omistajia ovat työntekijät. Suhdepääoma puolestaan on usein yrityksen omistamaa. Suhdepääomaa ovat suhteet ja sopimukset eri sidosryhmien kanssa, sekä yrityksen imago ja brändit. Suhdepääoma voi olla myös yksittäisen henkilön omistamaa. Rakennepääomaan kuuluvat yrityksen teknologiat, tietojärjestelmät, tietokannat ja toimintaprosessit. Lisäksi rakennepääomaa ovat myös yrityksen arvot ja kulttuuri. Usein työntekijät luovat rakennepääoman, mutta yritys omistaa sen. Kaikissa yrityksissä on löydettävissä jokaiseen aiemmin mainittuun kolmeen ryhmään kuuluvia asioita. Eri yrityksissä kuitenkin painotetaan eri osa-alueita eri tavoin. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 25 – 26.)

2.4 Suorituskykymittarit

Lönnqvist ja Mettänen (2003) määrittelevät termin mittari tarkoittavan täsmällisesti määriteltyä menetelmää, jonka avulla kuvataan tietyn menestystekijän suorituskykyä. Termin mittari sijasta käytetään toisinaan sanaa tunnusluku. Mittareita voidaan luokitella eri tavoin. Tyypillinen tapa on jakaa mittarit taloudellisiin ja ei-taloudellisiin mittareihin.

Taloudellisten mittareiden pohjana on rahamittainen tieto. Taloudelliset mittarit auttavat yritystä ohjautumaan kohti liiketaloudellisia tavoitteita, sekä valvomaan tavoitteiden toteutumista. Liikevaihto ja käyttökate ovat esimerkkejä taloudellisista mittareista. Ei-taloudelliset mittarit ovat mittareita, jotka eivät perustu rahamittaiseen tietoon. Esimerkiksi toimitusaika, varaston kiertonopeus ja asiakastytyväisyysmittari ovat ei-taloudellisia mittareita. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 31 – 32.)

Sekä taloudelliset että ei-taloudelliset mittarit tuottavat yritykselle oleellista informaatiota. Keskittyminen pelkästään toiseen mittarityyppiin, tai jommankumman liiallinen painottaminen, voi aiheuttaa ongelmia. Suorituskykyään mittaavan yrityksen ei kannata käyttää pelkkiä taloudellisia mittareita, koska niiden tieto on henkilöstölle vaikeatajuista, ne rohkaisevat osaoptimointiin ja saattavat johtaa lyhyen tähtäimen voittojen tavoitteluun. Taloudelliset mittarit ovat kuitenkin tarpeellisia, koska ne kertovat tärkeimmästä liiketoiminnan tuloksesta. Taloudellisten mittareiden käyttöä puoltaa myös se, että ne koetaan luotettaviksi ja niiden tuloksia voidaan vertailla eri organisaatioiden tai yksiköiden välillä. Ei-taloudelliset mittarit eivät ole yleensä yhtä luotettavia ja laskentaperusteiltaan vakiintuneita kuin taloudelliset mittarit. Lisäksi ei-taloudelliset mittarit eivät useinkaan ole vertailukelpoisia eri yritysten välillä. Jotta yrityksissä välttyttäisiin osaoptimoinnilta, on syytä välttää myös pelkkien ei-taloudellisten mittareiden käyttöä. Ei-taloudelliset mittarit ovat kuitenkin tarpeellisia yrityksille. Ne voivat olla työntekijöiden kannalta taloudellisia mittareita konkreettisempia ja helpommin ymmärrettäviä. Ei-taloudelliset mittarit voivat myös selventää tavoitteidensa viestintää. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 31–32.)

On olemassa muitakin tapoja luokitella suorituskykymittareita, kuin pelkkä jako taloudellisiin ja ei-taloudellisiin mittareihin. Suorituskykymittarit voidaan jakaa myös koviin ja pehmeisiin mittareihin, objektiivisiin ja subjektiivisiin mittareihin sekä suoriin ja epäsuoriin mittareihin. Yksittäinen mittari voi kuulua useampaan ryhmään samanaikaisesti. Mittari voi olla esimerkiksi taloudellinen, suora ja kova mittari, tai subjektiivinen, epäsuora ja pehmeä mittari. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 32–34.)

Kovat mittarit perustuvat yksikäsitteisiin lähtöarvoihin, kun taas pehmeät mittarit perustuvat ihmisten asenteisiin, näkemyksiin ja tuntemuksiin. Kovan mittarin pohjana voivat olla esimerkiksi liiketapahtumat ja suoritusmäärät. Taloudelliset mittarit ovat yleensä kovia

mittareita. Erilaiset kyselyt, kuten asiakastyytyväisyyskysely tai henkilöstön tyytyväisyyskysely puolestaan ovat pehmeitä mittareita. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 32–33.)

Objektiiviset mittarit perustuvat määrälliseen informaatioon yrityksen toiminnasta tai sen tuloksista. Subjektiiviset mittarit perustuvat arvioihin mitattavan menestystekijän tilasta. Subjektiiviset mittarit laajentavat objektiivisten mittareiden tuottamaa kuvaa mitattavasta kohteesta ja tuottavat suuntaa antavia viitteitä yrityksen kehittämistarpeiden taustaksi. Taloudelliset mittarit ovat yleensä objektiivisiä ja ei-taloudelliset puolestaan subjektiivisiä. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 33.)

Jos mitattavaa asiaa ei jostain syystä voida mitata suoraan, voidaan mitata mitattavaan asiaan läheisesti liittyvää tekijää. Tällöin on kyse epäsuorasta mittarista. Esimerkiksi tuottavuutta on tyypillisesti vaikea mitata suoraan, joten sitä mitataan välillisesti mittaamalla esimerkiksi työilmapiiriä, odotusaikoja, poissaoloja, virheiden määrää ja henkilöstön vaihtuvuutta. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 33–34.)

Hyvä mittari mittaa johdonmukaisesti sitä menestystekijää, jota on tarkoitus mitata, ilman että mittarin tulokset vaihtelevat satunnaisesti. Lisäksi hyvä mittari on olennainen sen käyttäjän kannalta, ja kustannustehokas. Toisin sanoen hyvä mittari on validi, reliaabeli, relevantti ja käytännöllinen. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 34–37.) Taulukko 3 selventää mittariin liittyviä mittausteoreettisia ominaisuuksia ja niiden vaikutuksia.

Taulukko 3: Mittarin mittausteoreettiset ominaisuudet (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 34–36)

	Selite	Vaikutus
Validiteetti	Mittarin kyky mitata sitä menestystekijää, jota on tarkoitus mitata	Heikko validiteetti on merkki systemaattisesta virheestä.
Reliabiliteetti	Mittarin arvon satunnaisvirhe	Heikko reliabiliteetti tarkoittaa myös heikkoa validiteettia.
Relevanssi	Mittarin olennaisuus käyttäjän kannalta	Epärelevantti mittari ei ole käytännöllinen, eikä sillä ole mittarin käyttäjälle arvoa.
Käytännöllisyys	Mittarin kustannustehokkuus, eli hyöty-vaivasuhde.	Jos mittarin käyttämisestä aiheutuu liikaa vaivaa tai kustannuksia, sen tarpeellisuutta on syytä arvioida.

2.5 Suorituskykymittaristot ja mittareiden valinta

Mittausjärjestelmä eli mittaristo on kokonaisuus, joka muodostuu mittauskohteen kannalta keskeisistä mittareista. Erilaisista mittareista koottu mittaristo auttaa sen käyttäjää saamaan monipuolisen kuvan organisaation tilasta ja tulevaisuuden kehittämistarpeista. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 37). Perinteisesti mittausjärjestelmien avulla on seurattu pääasiassa talouden tunnuslukuja, mutta nykyaikana tehokkaat yritykset mittaavat lisäksi myös muita toimintansa kannalta tärkeitä parametreja. Nykyaikainen mittaristo mittaa toimintaa seuraavien parametrien lisäksi myös toimintaa ohjaavia parametreja. (Kankkunen et al. 2005, 92.)

Yleisesti ajatellaan, että suorituskykymittariston tulisi mitata organisaation suorituskykyä tasapainotetusti. Tasapainotettu mittaristo kuvaa organisaation kilpailuasemaan ja menestymiseen vaikuttavia tekijöitä tasapainoisesti eri näkökulmista. Tasapainotetussa mittaristossa on sekä taloudellisia että ei-taloudellisia mittareita, ja sekä kovia että pehmeitä mittareita. Lisäksi tasapainotettuun mittaristoon on valittu eri aikaperspektiivejä kuvaavia mittareita. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 37.) Termiä tasapainotettu mittaristo käytetään toisinaan Balanced Scorecardin synonyyminä.

Kankkunen et al. (2005) esittävät mittariston tasapainoisuuden arviontiin ABCDE-mallin. Mallin nimi muodostuu seuraavien mittareiden ominaisuuksia kuvaavien englanninkielisten sanojen alkukirjaimista: *alignment*, *balance*, *cascade*, *deployment* ja *evolvment*. *Alignment* tarkoittaa mittareiden yhdenmukaisuutta. Mittaristo on yhdenmukainen, jos sen mittarit on johdettu strategiasta ja strategian toteutumiseen vaikuttavista kriittisistä menestystekijöistä. *Balance*, eli mittareiden tasapaino, tarkoittaa, että mittareiden pitää olla tasapainossa eri sidosryhmien ja aikahorisonttien välillä. *Cascade* tarkoittaa mittausjärjestelmän viemistä organisaatioon. Eri tasoilla olevien organisaatioyksiköiden ja yksilötason mittarit tulee johtaa ylemmän tason päämääristä ja mittareista. *Deployment* viittaa mittausjärjestelmän hyödyntämiseen organisaatiossa. Hyvää mittaristoa käytetään päivittäisessä toiminnassa päätöksentekoon ja johtamiseen. *Evolvment* tarkoittaa mittausjärjestelmän kehittymistä. Mittaristoa tulisi jatkuvasti kehittää ja muokata toimintaympäristön ja strategian vaatimusten mukaisesti. (Kankkunen et al. 2005, 26–27.)

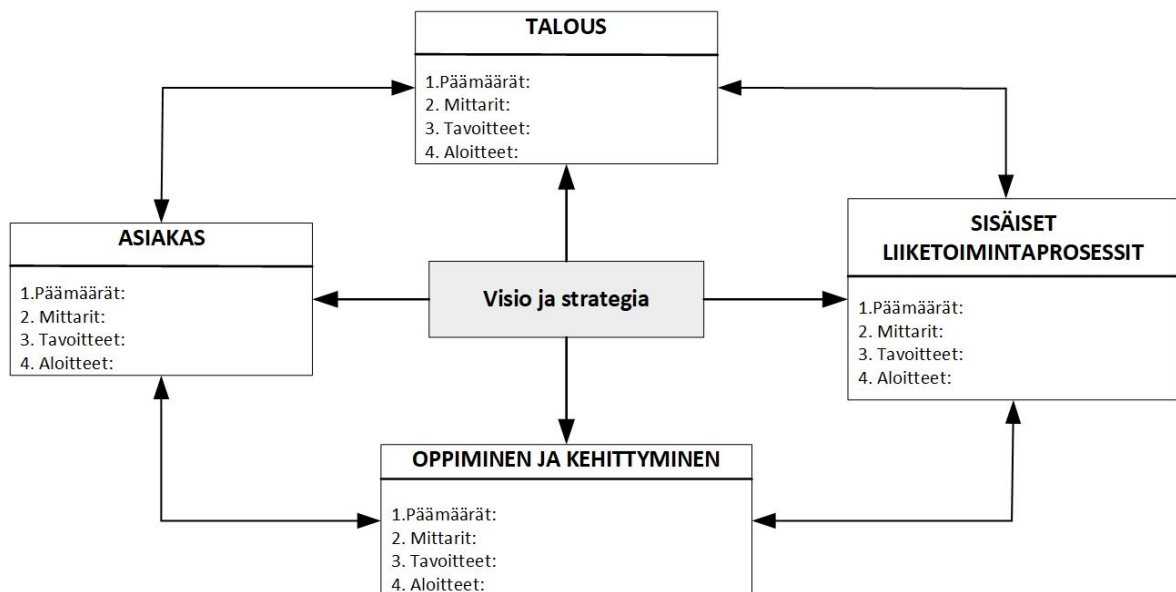
Kirjallisuudessa on esitetty useita erilaisia viitekehyksiä suorituskymittariston suunnittelun tueksi. Tällaisia malleja ovat muun muassa aiemmin esitellyt Balanced Scorecard ja Suorituskymiprisma, sekä Navigator. Eri mittaristomallit saattavat perustaa mittareiden valintaa eri näkökulmiin. Lisäksi valittavien mittareiden määrä vaihtelee eri mittaristomallien välillä.

2.5.1 Balanced Scorecard

Balanced Scorecard-mallissa mittarit johdetaan organisaation visiosta ja strategiasta. Mittaristoon valitaan mittareita tyypillisesti neljästä eri dimensiosta eli näkökulmasta: taloudellisesta näkökulmasta, asiakasnäkökulmasta, prosessinäkökulmasta sekä oppimisen ja kehittymisen näkökulmasta. Näkökulmat voidaan jakaa kolmeen eri aikaulottuvuuteen. Taloudellisen näkökulman mittarit kuvaavat mennyttä aikaa, asiakasnäkökulman ja prosessinäkökulman mittarit nykyhetkeä, kun taas oppimisen ja kehittymisen näkökulman mittarit kertovat tulevasta. Hyvin suunniteltu Balanced Scorecard -mittaristo sisältää sekä kovia että pehmeitä mittareita, joiden avulla saadaan tasapainoisesti tietoa halutuista tuloksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä (Lönqvist ja Mettänen 2003, 38). Balanced Scorecard -mallissa oletetaan, että yrityksen lopullinen päämäärä on kartuttaa

osakkeenomistajien varallisuutta. Tämän päämäärän toteutumista mitataan taloudellisten mittareiden avulla. (Kankkunen et al. 2005, 104.)

Taloudellisen näkökulman mittarit määrittelevät strategian taloudellisen suoritustason. Muiden näkökulmien mittarit ja tavoitteet määräytyvät taloudellisen näkökulman mittareista. Asiakasnäkökulman mittarit mittaavat esimerkiksi markkinaosuuksia, asiakasuskollisuutta, asiakkaiden määrää, asiakastyytyvää ja asiakkaiden kannattavuutta. Sekä jo olemassa olevat että potentiaaliset asiakkaat on huomioitava organisaatiossa. Sisäisten prosessien mittareiden tulisi keskittyä prosesseihin, jotka vaikuttavat eniten asiakastyytyvyyteen ja edelleen taloudellisiin tavoitteisiin. Sisäisistä prosesseista arvoa tuottavat tulisi tunnistaa, ja toisaalta arvoa tuottamattomat eliminoida. Oppimisen ja kehittymisen näkökulman mittarit mittaavat näkökulman nimen mukaisesti organisaation kehittymistä ja oppimista. Tämän näkökulman mittarien tavoitteet johdetaan kolmen muun näkökulman tavoitteista. (Lönqvist ja Mettänen 2003, 39.) Balanced Scorecard -mallin näkökulmia ja niiden välisiä yhteyksiä esittää Kuva 3.



Kuva 3: Balanced Scorecard -mallin näkökulmien linkittäminen visioon ja strategiaan (Kaplan ja Norton 1996, 54)

Balanced Scorecard -mallin mukaan suunnitellun mittariston avulla tulisi kommunikoida työntekijöille organisaation strategiasta ja tavoitteista. Sen sijaan että mittaristo olisi pelkkä johdon käyttämä kontrollijärjestelmä, tulisi sitä käyttää kommunikoinnin, informoinnin ja

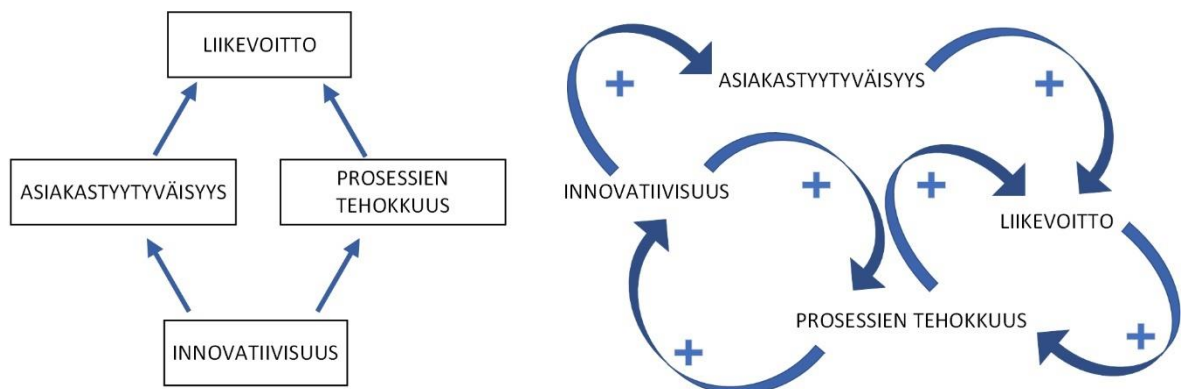
oppimisen välineenä. Balanced Scorecardia on kritisoitu siitä, että mallissa kiinnitetään henkilöstöön liian vähän huomiota. Mallin on myös moitittu olevan jäykkä, koska se sisältää rajoittuneen määrän näkökulmia, mikä saattaa rajoittaa menestystekijöiden valintaa. Henkilöstön painottaminen ei myöskään liity niinkään mittaristomalliin, vaan on enemmänkin organisaatiosidonnaista. Jos henkilöstö on yrityksessä tärkeä, saa se todennäköisesti myös enemmän painoarvoa mittariston suunnittelemisessa. (Lönngqvist ja Mettänen 2003, 39–40.)

Myöskään Balanced Scorecardin neljä näkökulmaa eivät ole ehdottomia. Mallin sisältämiä dimensioita voidaan muokata organisaation tilanteeseen sopivaksi, ja niiden määrää voidaan tarvittaessa lisätä. Esimerkki Balanced Scorecardiin pohjautuvasta muunnetusta mallista on Per Ewingin vuonna 1995 esittämä EVITA -malli. Tässä mallissa sisäisten prosessien perspektiivi on nimetty prosessien ja toimittajan perspektiiviksi, ja malliin on lisätty viides dimensio nimeltä työntekijän perspektiivi. Prosessien ja toimittajan perspektiivissä mitataan asioita, kuten läpimenoaikaa, varaston sitomaa pääomaa, laskutettua myyntiä, tuottavuutta ja toimituksen luotettavuutta. Työntekijän perspektiivissä mitataan muun muassa pätevyyden kehittämistä, sairaspöissaolojen määrää, työntekijätyytyväisyyttä ja joustavuutta. Vaikka Balanced Scorecardin neljä perusulottuvuutta ovat tärkeitä, ei kuitenkaan ole syytä olettaa niiden olevan kattavia kaikkien organisaatioiden suorituskyvyn mittaamiseen. (Laitinen 1998, 286.)

Laajalti tunnistetuista hyödyistään huolimatta Balanced Scorecard -lähestymistapaan suorituskykymittariston suunnittelussa liittyy tiettyjä vajavaisuuksia. Malli ei ensinnäkään tarjoa täsmällistä metodiikkaa yhtiön strategiaa heijastavien mittareiden valintaan, eikä myöskään mittareiden ja strategian välisen suhteen muodostamiseen. Toisekseen vaikka BSC:tä olisi hyödynnetty mittariston suunnittelussa oikeaoppisesti, ei sen avulla saada selville kuvaako mittaristo pätevästi yrityksen strategiaa. BSC ei myöskään kerro, ovatko suorituskykymittarit oikein valittu, tai onko visio niiden valinnan taustalla yksinkertaisesti väärä. Lisäksi BSC:n lähestymistapa on staattinen, koska näkökulmien sisältämien suureiden keskinäiset yhteydet eivät kuvasta niiden välisiä dynaamisia vuorovaikutussuhteita. Perinteisessä Balanced Scorecardissa syy-seurausketjun suunta on alhaalta ylös, eli ainoastaan alemman tason näkökulman suureet vaikuttavat ylemmän tason

näkökulman suureisiin. Tällaisessa syy-seurausketjussa jätetään täysin huomiotta muuttujien väliset takaisinkytkennät. (Bianchi ja Montemaggiore 2008, 180.)

Oletetaan esimerkkitapaus, jossa yrityksessä mitataan oppimisen ja kehittymisen näkökulmasta innovatiivisuutta, prosessien näkökulmasta prosessien tehokkuutta, asiakkaan näkökulmasta asiakastytyväisyyttä ja talouden näkökulmasta liikevoittoa. Syy-seuraussuhteen ollessa alhaalta ylös ajatellaan, että innovatiivisuuden kasvu johtaa kohonneeseen asiakastytyväisyyteen ja prosessien tehokkuuteen, jotka puolestaan johtavat liikevoiton kasvuun. Tämä on niin kutsuttu staattinen lähestymistapa. Mittausjärjestelmän voidaan ajatella olevan myös dynaaminen järjestelmä, jossa eri suureet vaikuttavat toisiinsa positiivisten ja negatiivisten takaisinkytkentöjen kautta. Dynaamisessa lähestymistavassa kohonneen innovatiivisuuden voidaan ajatella kasvattavan asiakastytyväisyyttä ja prosessien tehokkuutta, mikä johtaa edelleen kasvaneeseen liikevoittoon. Kohonnut liikevoitto puolestaan mahdollistaa lisärahoituksen prosessien tehokkuuden kehittämiseksi, ja tehokkaammat prosessit lisäävät organisaation innovatiivisuutta. Staattinen lähestymistapa huomioi ainoastaan, miten muutos yhdessä suureessa vaikuttaa toiseen suureeseen. Kuva 4 havainnollistaa staattisen ja dynaamisen lähestymistavan eroja.



Kuva 4: Staattinen lähestymistapa ja dynaaminen lähestymistapa

Perinteisen BSC:n vajavaisuuksien täydentämiseksi Kaplan ja Norton (1996, 67) ehdottavat BSC:n ja järjestelmädynamiikan mallinnuksen yhdistämistä. Norton (2000, 3) mainitsee järjestelmän dynamiikan huomioivan lähestymistavan olevan täydellinen liiketoiminnan strategian kuvaamiseksi ja arvioimiseksi. On esitetty, että järjestelmädynamiikan simulaatiot

voivat auttaa yritysten johtajia ymmärtämään BSC:n suorituskykyseurainten välisiä dynaamisia suhteita. Simulaatioiden keinoin on mahdollista muodostaa virtuaalinen maailma, jossa erilaisia hypoteeseja voidaan testata ja erilaisten strategioiden vaikutuksia voidaan arvioida ilman riskejä ja kustannuksia, joita samojen asioiden testaaminen tosielämässä tuottaisi. (Bianchi ja Montemaggiore 2008, 180-181.)

Järjestelmädynamiikan ja BSC:n yhdistämisestä voi olla hyötyä erityisesti julkisten palveluiden tuottajille, kuten vesihuoltoyrityksille. Dynamiikan huomioiva lähestymistapa BSC:n muodostamiseen voi auttaa yhtiöitä arvioimaan strategian ja vision johdonmukaisuutta mahdollisten sivuvaikutusten varalta. Dynaamisen lähestymistavan avulla on myös mahdollista rajata suorituskykyseurainta siten, että saadaan valittua pienin mahdollinen määrä seurainta kuvaamaan yhtiön kulkua sen strategisia tavoitteita kohti. Lähestymistapa mahdollistaa myös mitä-jos -analyysin, jonka avulla voidaan saada tietoa mahdollisista tulevaisuuden skenaarioista ja uhista. (Bianchi ja Montemaggiore 2008, 181.)

2.5.2 Suorituskykyprisma

Suorituskykyprisma on kehitetty Balanced Scorecard -mallin jälkeen toisen sukupolven viitekehykseksi suorituskyvyn mittaamiselle. Uusi malli kehitettiin, koska havaittiin tarve paikata perinteisten suorituskyvyn mittaussuunnitelmien vajavuuksia kehittyneessä liiketoimintaympäristössä. (Neely et al. 2001, 6.) Suorituskykyprisma eroaa Balanced Scorecardista oleellisesti siten, että ensin mainitussa suorituskyvyn mittaaminen perustuu vision ja strategian sijasta sidosryhmiin (Neely ja Adams 2001, 3).

Suorituskykyprisma saa nimensä sen viidestä toisiinsa liittyvästä osa-alueesta, joiden voidaan ajatella olevan viisitahkoisen prisman tahkoja. Ensimmäinen tahko kuvaa sidosryhmien tyytyväisyyttä. Tämän tahkon tarkoitus on ohjata organisaatio havainnoimaan mitkä ovat sen sidosryhmiä, ja millaisia tarpeita niillä on. Sidoryhmiä ovat esimerkiksi työntekijät, toimittajat, yhteistyökumppanit, viranomaiset, asiakkaat ja osakkeenomistajat. Balanced Scorecard -mallissa huomioidaan pelkästään kaksi viimeisimmäksi mainittua sidoryhmää. Suorituskykyprisma puolestaan pyrkii ottamaan kaikki sidoryhmät huomioon, kaikki sidoryhmät voivat vaikuttaa organisaation suorituskykyyn ja menestymiseen. (Neely ja Adams 2001, 3.)

Toinen tahko keskittyy strategioihin. Sen olennainen kysymys on: mitä strategioita yritys tarvitsee varmistaa sidosryhmien tyytyväisyyden? Neely ja Adams (2001) toteavat, että yrityksen strategian ainoa tarkoitus on tuottaa arvoa sidosryhmille. Tästä syystä mittareita ei tulisi johtaa strategiasta, vaan niiden perustana tulisi olla sidosryhmien ja niiden tarpeiden tunnistaminen. On mahdotonta kehittää strategioita sidosryhmien tarpeiden tyydyttämiseksi, jos sidosryhmien tarpeita saati itse sidosryhmiä ei ole ensiksi tunnistettu (Neely et al. 2001, 6–7.) Strategioihin liittyvää mittausta tehdään neljästä tärkeästä syystä. Ensinnäkin strategiaa kuvaavia mittareita tarvitaan, jotta yrityksen johto voi seurata toteutetaanko valittuja strategioita käytännössä. Toisekseen mittareiden avulla voidaan viestiä strategioita yrityksen sisällä. Kolmanneksi: mittareiden avulla voidaan rohkaista ja kannustaa strategioiden toteuttamista. Neljäs syy on, että mittareiden tuottamaa dataa voidaan analysoida ja siten tutkia, toimivatko strategiat odotetusti. (Neely ja Adams 2001, 6.)

Kolmannen tahkon aiheena ovat prosessit. Kolmanteen tahkoon liittyy kysymys: mitä prosesseja tarvitaan strategioiden toteuttamiseksi? Suorituskykyprisman kontekstissa prosesseilla tarkoitetaan tyypillisiä liiketoiminnan prosesseja, jollaisia valtaosa organisaatioista käyttää toiminnassaan. Tällaisia prosesseja ovat uusien tuotteiden ja palveluiden kehittäminen, kysynnän luominen, kysyntään vastaaminen sekä yhtiön toiminnan suunnittelu ja johtaminen. Kaikista näistä prosesseista tulisi kyetä tunnistamaan mittareita, joiden avulla yrityksen johto voi käsitellä prosesseihin liittyviä erityisiä kysymyksiä. Kysymykset voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia: toimivatko yrityksen kysyntään vastaamisen prosessit tehokkaasti? Jos eivät, niin miten saadaan selville tehostumusta aiheuttavat prosessin komponentit? (Neely et al. 2001, 7.) Kysymysten avulla kyetään tunnistamaan kehitettäviä yksityiskohtia prosesseissa. Mittareiden avulla puolestaan saadaan käsitys kehityksen tarpeen suuruudesta.

Neljäs tahko kuvaa yrityksen kykyjä. Kyvyt ovat yhdistelmä ihmisiä, käytäntöjä, teknologioita ja infrastruktuuria, jotka yhdessä mahdollistavat yhtiön liiketoimintaprosessien toteuttamisen sekä nyt että tulevaisuudessa. Yrityksen on mahdotonta toteuttaa tai kehittää prosessejaan ilman oikeanlaisia ihmisiä, käytäntöjä ja teknologioita tai oikeanlaista infrastruktuuria. Neljännen tahkon kysymykseksi

muodostuukin: millaisia kykyjä tarvitaan, jotta prosesseja voidaan suorittaa? Vastaamalla tähän kysymykseen yritys voi arvioida onko sillä tarvittavat kyvyt jo olemassa, tai onko olemassa suunnitelmia tarvittavan kyvykkyyden lisäämiseksi. (Neely et al. 2001, 7.)

Viidennen ja viimeisen tahkon aiheena on sidosryhmiltä saatava panos. Yrityksen suhde sidosryhmiinsä on sellainen, jossa organisaatio tuottaa arvoa sidosryhmilleen ja sidosryhmät toisaalta tuottavat panosta yritykselle. Esimerkiksi työntekijät haluavat turvallisen työpaikan, kohtuullisen palkan ja että heidän työnsä vaikutus huomioidaan. Yritys tuottaa työntekijöilleen arvoa täyttämällä työntekijöiden odotukset näillä alueilla. Vastineeksi yritys olettaa, että työntekijät tekevät työnsä, kehittävät asiantuntemustaan, tuottavat ideoita ja pysyvät uskollisena yhtiölle. Tällaisia symbioottisia suhteita on havaittavissa kaikenlaisissa sidosryhmissä, olivat kyseessä sitten toimittajat, asiakkaat, työntekijät, yhteistyökumppanit, sijoittajat tai paikallinen yhteisö. Sidoryhmien ja organisaation vastavuoroisten suhteen tunnistaminen on Suorituskykyprisman erityisominaisuus, jollaista ei ole sisäänrakennettuna aiemmin kehitetyissä malleissa. (Neely et al. 2001, 7.)

Suorituskykyprisma ei anna suorituskykymittariston kehittämiseen tarkkoja ohjenuoria. Se on pikemminkin työkalu, jota johtoryhmät voivat hyödyntää ajattelunsa tukena. Malli toimii runkona, jonka avulla voidaan pohtia liiketoiminnan johtamisen tärkeitä avainkysymyksiä. (Neely et al. 2001, 7.)

2.5.3 Navigator

Navigator-mittaristomallin kehittivät Edvinsson ja Malone vuonna 1997. Malli on tarkoitettu johdon työkaluksi, jonka avulla voidaan myös ohjata ja yhdistää mittareita. Lisäksi mallin avulla voidaan kertoa missä asemassa yritys on, mihin suuntaan se on menossa ja millaisella nopeudella. Navigator muistuttaa Balanced Scorecardia rakenteeltaan ja osa-alueiltaan, mutta BSC:stä poiketen Navigator mittaa yrityksen aineetonta pääomaa. (Lönngqvist ja Mettänen 2003, 40.)

Navigator-mallissa mittarit jakautuvat viiteen näkökulmaan, jotka ovat taloudellinen näkökulma, prosessinäkökulma, asiakasnäkökulma, uudistumisen ja kehittymisen näkökulma, sekä inhimillinen näkökulma. Näkökulmat edustavat paitsi taloudellista

pääomaa, myös aineettoman pääoman eri osa-alueita. Näkökulmat edustavat myös eri aikaulottuvuuksia. Taloudellisen näkökulman mittarit mittaavat organisaation menneisyyttä. Prosessi- ja asiakasnäkökulma kertovat organisaation nykyhetken tilanteesta. Uudistumisen ja kehittymisen näkökulman mittarit kuvaavat sitä, kuinka hyvin organisaatio on varautunut tulevaisuuteen. Toisin kuin hieman joustavammassa BSC:ssä, Navigator-mallin mukaan suunnitellun mittariston tulisi keskittyä edellä mainittuihin viiteen näkökulmaan. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 40–41.)

Taloudellisen näkökulman mittarit ovat yleensä hyvin ja selkeästi määritettyjä. Sijoitettu pääoma ja tulot työntekijää kohden ovat esimerkkejä taloudellisen näkökulman mittareista. Prosessinäkökulmasta voidaan mitata esimerkiksi tietotekniikkaan liittyviä menoja työntekijää kohden ja käsittelyaikaa. Asiakasnäkökulman mittareihin voi lukeutua esimerkiksi markkinaosuus ja menetettyjen asiakkaiden määrä. Uudistumisen ja kehittymisen näkökulman mittarit mittaavat muun muassa työntekijöihin liittyviä asioita, esimerkiksi koulutuskustannuksia työntekijää kohden. Tämän näkökulman mittarit voivat mitata myös tuotekehitystä kuvaavia asioita, kuten patenttihakemusten määrää tai tuotekehityksen resurssien osuutta kokonaisresursseista. Inhimillinen näkökulma vaikuttaa muihin malleihin niiden keskiössä, ja sen mittareita voivat olla esimerkiksi akateemisesti koulutettujen tai yli viisi vuotta samassa työssä olleiden osuus henkilöstöstä. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 40–41.)

Navigator-mittaristoon valittavien mittareiden määrä on suuri verrattuna moniin muihin mittaristoihin. Navigator-mallissa jokaiseen näkökulmaan valitaan kymmeniä mittareita, kun muissa mittaristoissa usein valitaan vain tärkeimmät mittarit. Mittari voi olla Navigator-mallissa tyypiltään joko puhdas lukuarvo, rahallinen määrä tai prosentuaalinen osuus. Vaikka mittaristoon valitaan suuri määrä mittareita, ei siitä käy ilmi mitä tulisi mitata. Toisin sanoen malli ei anna tietoa menestystekijöistä. Navigator-malli ei myöskään kerro, kuinka mittarit tulisi kuhunkin tilanteeseen valita. Sen sijaan Navigator-mallia kehitettäessä on pyritty löytämään yleiset mittarit, jotka mahdollistaisivat esimerkiksi eri organisaatioiden vertaamisen toisiinsa. (Lönnqvist ja Mettänen 2003, 42.)

3 TIEDON TARVE ORGANISAATIOSSA

Yrityksessä saattaa työskennellä suuri määrä henkilöstöä, joka jakautuu erilaisia tehtäviä suorittaviin ryhmiin. Eri ryhmät tarvitsevat työnsä suorittamiseksi erilaista tietoa. Kaikki ryhmät saavat tietoa yrityksen toiminnasta jotakin kautta, mutta aktiivisesti kerättävän tiedon laatu riippuu merkittävästi siitä, millaista tehtävää ryhmä suorittaa. Maalausyrityksessä yksittäinen maalari tarvitsee tietoa esimerkiksi käytettävissä olevista työkaluista, työtehtävien sijainnista sekä siitä, onko maalattava kohde kerrostalon rappukäytävän sisäseinä vai puuomakotitalon terassikaide. Maalari voi selviytyä työstään moitteettomasti tietämättä sen tarkemmin, miten tyytyväisiä asiakkaat ovat yritykseen tai miten paljon yritys teki myyntiä tai investointeja edellisen vuosineljänneksen aikana. Ylimmälle johdolle taas tiedot koko yrityksen taloudesta ja asiakastyytyväisyyden asteesta ovat oleellisen tärkeitä. Tärkeä osa ylimmän johdon tehtävää on olla perillä tämänkaltaisista asioista ja mahdollistaa niiden kehittäminen yrityksen toimintaa edistävään suuntaan. Eri henkilöstötasot ovat esimerkkejä organisaatiossa toimivista ryhmistä, ja eri henkilöstötasot tarvitsevat työssään erilaisia mittareita.

Eri henkilöstöryhmien lisäksi yrityksessä saattaa olla erilaisia yksiköitä. Yksittäisellä yksiköllä on omanlaisensa henkilöstö, infrastruktuuri, laitteisto ja tehtävä. Eri tehtäviä suorittavilla yksiköillä puolestaan voi olla omat yksikkökohtaiset strategiansa. Samankaltaisia yksiköitä voi olla järkevää mitata samanlaisilla mittareilla. Eri yksiköiden tehtävät saattavat myös erota toisistaan paljonkin, jolloin mittaaminen tulee sovittaa kunkin yksikön tarpeisiin.

3.1 Tiedon tarve ja mittaaminen eri organisaatiotasolla

Yrityksissä tehdään päätöksiä usealla tasolla. Päätöksenteon tasoja ovat yrityksen hierarkiatasot, joiden määrään vaikuttaa esimerkiksi yrityksen koko, toiminnan luonne ja organisaatiokulttuuri. Kun yrityksessä valitaan suorituskyvyn mittareita tukemaan päätöksentekoa, on huomioitava mitä päätöstä tehdään, kuka sen tekee ja millä aikajänteellä se tehdään. Suunniteltaessa suorituskykymittaristoa strategiseen päätöksentekoon, on huomioitava organisaation ja mittareiden hierarkkisuus. Eri hierarkiatasojen mittarit muodostavat yhdessä puurakenteen, jossa alemman tason mittarit vaikuttavat ylempien

tasojen mittareiden arvoihin. Eri hierarkiatasojen mittareiden tulisi olla sopusoinnussa keskenään, eli mittareiden ei tulisi johtaa käyttäytymiseen, joka on ristiriidassa yrityksen strategisten tavoitteiden kanssa. (Laitinen 1998, 144.)

Tässä kappaleessa tarkastellaan suorituskyvyn mittaamista Laitisen (1998, 144–145) esittämän esimerkin mukaisesti viidellä eri tasolla, jotka ovat:

1. Yrityksen omistajat
2. Ylin eli strateginen johto
3. Keskijohto eli taktinen johto
4. Alempi eli operatiivinen johto
5. Suoritusporras

Eri tasoilla suoritetaan eri tehtäviä sekä suunnitellaan ja seurataan eri asioita. Tämän vuoksi eri tasoilla tarvitaan yksityiskohtaisuudeltaan ja laaja-alaisuudeltaan erilaista tietoa. Tasoittain vaihtelee myös tarkkailun aikaväli, eli kerätäänkö tietoa esimerkiksi jokaiselta päivältä vai pelkästään puolivuositain. (Laitinen 1998, 144–145). Sekä strategisella, taktisella että operatiivisella tasolla käytetään taloudellisia ja ei-taloudellisia mittareita. Toisinaan mittarit voivat olla yhtäaikaan taloudellisia ja ei-taloudellisia, jolloin niiden arvo voidaan esittää joko rahamääräisenä tai jossakin muussa yksikössä. (Gunasekaran et al. 2004, 82.)

3.1.1 Tiedon tarve omistajatasolla

Laitisen (1998, 144) mukaan yrityksen omistajien tehtävä on luoda puitteet yrityksen visiolle ja siihen perustuvalla toiminta-ajatuksella, sekä delegoida sen toteuttaminen ja seurata toteuttamisen tehokkuutta. Toiminta-ajatuksen luomista varten tarvitaan yksityiskohtaisuudeltaan erittäin karkeaa — visionääristä — tietoa siitä, mihin suuntaan maailma tulee kehittymään yrityksen elinaikana (Laitinen 1998, 146). Omistajat ovat tyypillisesti kiinnostuneita yrityksen taloudellisista mittareista. Balanced Scorecard -mallissakin taloudellisen näkökulman tarkoitus on vastata kysymykseen, millaisia taloudellisia tuloksia on saavutettava, jotta omistajat ovat tyytyväisiä (Lönnqvist ja

Mettänen 2003, 21). Omistajatasolla tarkkailun aikaväli on harva: toiminta-ajatuksen toteutuksesta saatetaan vaatia raportti esimerkiksi kerran vuodessa (Laitinen 1998, 144-145).

3.1.2 Strategisen tason mittarit

Strategisella tasolla mitataan asioita, jotka vaikuttavat ylimmän johdon päätöksentekoon. Strategisen tason mittaustieto liittyy tyypillisesti selvityksiin laajan tason menettelytavoista, organisaatiotason taloussuunnittelusta, kilpailukyvyistä ja organisaation tavoitteisiin sitoutuneisuuden tasosta. (Gunasekaran et al. 2004, 335.) Strategista tietoa käytetään strategisessa päätöksenteossa, ja sitä kerätään laajemmalla alueella kuin taktisen tai operatiivisen tason tietoa.

Ylimpään, eli strategiseen johtoon, kuuluvat esimerkiksi pääjohtaja, toimitusjohtaja ja johtoryhmä. Laitisen (1998, 146) mukaan ylimmän johdon tehtävänä on suunnitella yksityiskohtainen toiminta-ajatus ja yrityksen suoritekohtaiset strategiat toiminta-ajatuksen toteuttamiseksi. Ylin johto myös huolehtii siitä, että organisaation alemmilla tasoilla strategiaa toteutetaan käytännössä. Strategian luomista varten ylin johto tarvitsee laaja-alaista, mutta karkeaa tietoa yrityksen ja sen ympäristön tulevaisuudesta. Tällaista tietoa voivat olla esimerkiksi karkeat ennusteet tietyn toimialan kysyntävolyymien kehitymisestä tulevien vuosien aikana. Seuranta varten ylimmälle johdolle voi riittää harvalla tarkkailuvälillä, esimerkiksi puolivuositain, tuotettu tieto strategian toimeenpanon toteutumisesta organisaatiossa. (Laitinen 1998, 146.)

Ylimmän johdon mittarit johdetaan suoraan strategioista. Mittareissa painottuvat strateginen ja taloudellinen näkökulma operatiivista näkökulmaa enemmän. (Kankkunen et al. 2005, 167.) Taulukko 4 on listattu esimerkkejä strategisen tason mittareista.

Taulukko 4: Toimitusketjuun liittyviä strategisen tason mittareita (Gunasekaran et al. 2001, 83)

Suorituskykymittari	Taloudellinen	Ei-taloudellinen
Tuotantoketjun kokonaiskiertoaika		•
Kokonaisrahavirta	•	•
Asiakkaan jonotusaika	•	•
Asiakkaan kokemus tuotteen arvosta		•
Tulos-tuottavuussuhde	•	
Investoinnin tuottavuus	•	
Palvelujen ja tuotteiden määrä		•
Poikkeamat budjetista	•	
Tilauksen läpimenoaika		•
Ostaja-toimittaja kumppanuusaste		•
Palvelujärjestelmien joustavuus	•	•
Toimittajan läpimenoaika suhteessa teollisuuden standardiin		•
Virheettömien toimitusten määrä		•
Toimituksen läpimenoaika		•
Toimituksen tehokkuus	•	•

3.1.3 Taktisen tason mittarit

Taktinen taso vastaa resurssien kohdistamisesta ja mittaa miten hyvin tavoitteet toteutuvat, jotta strategisella tasolla määritetyt tulokset saavutetaan. Tämän tason mittaukset tuottavat arvokasta tietoa keskijohdon päätöksentekoa varten. (Gunasekaran et al. 2004, 335.) Taktisella tasolla kerätään tietoa alueelta, joka on laajempi kuin operatiivisella tasolla, mutta rajatumpi kuin strategisella tasolla.

Taktinen johto eli keskijohto toimii ylimmän johdon alaisuudessa. Tähän tasoon kuuluvat esimerkiksi talousjohtaja, henkilöstöjohtaja ja tuotantojohtaja. Keskijohto suunnittelee yrityksen voimavarojen hankintaa ja kohdistamista siten, että strategioiden toimeenpano on tehokasta. Käytännössä keskijohto vastaa pitkävaikutteisten tuotannontekijöiden, kuten rahoituksen, käyttöomaisuuden ja henkilökunnan hankkimisesta ja näiden tuotannontekijöiden kohdistamisesta eri toiminnoille. (Laitinen 1998, 146–147.)

Tehtäviensä toteuttamista varten keskijohto tarvitsee keskipitkän tähtäyksen karkeahkoa tietoa yrityksen tasolta. Tällaisen taktisen tiedon avulla keskijohto suorittaa toimenpiteitä, joita strategian toteuttaminen edellyttää. Jos yrityksen on esimerkiksi tuplattava tuotantokapasiteettinsa seuraavan viiden vuoden aikana, suunnittelee keskijohto

tuotantokapasiteetin lisäystä varten tarvittavat tuotantolaitteistoa, henkilökuntaa ja rahoitusta koskevat hankinnat. Suunnittelun lisäksi keskijohto myös seuraa hankittujen voimavarojen riittävyttä ja niiden eri toiminnoille kohdistamisen tehokkuutta. Tehokasta seuranta varten tarvitaan tietoa suhteellisen lyhyellä tarkkailuvälillä, esimerkiksi kuukausittain tai kolmen kuukauden välein. (Laitinen 1998, 146–147.) Esimerkkejä taktisen tason tietoa tuottavista mittareista on esitetty Taulukko 5.

Taulukko 5: Toimitusketjuun liittyviä taktisen tason mittareita (Gunasekaran et al. 2001, 83)

Suorituskykymittari	Taloudellinen	Ei-taloudellinen
Ennustusten tarkkuus		•
Tuotannon kiertoaika		•
Tilausten kirjaustavat		•
Toimitusten laskutuksen tehokkuus		•
Ostotilauksen kiertoaika		•
Prosessin suunniteltu kiertoaika		•
Tuotantoaikataulun tehokkuus		•
Toimittajan kyky reagoida laatuongelmiin		•
Toimittajan aloitteellisuus kustannussäästöissä	•	
Toimitusten luotettavuus	•	•
Kiireellisiin toimituksiin reagointi		•
Jakeluaikataulun tehokkuus		•

3.1.4 Operatiivisen tason mittarit

Operatiivisella tasolla asetetaan tavoitteita, jotka toteutuessaan johtavat taktisten tavoitteiden toteutumiseen. Tämän tason tieto liittyy alemman johdon tekemiin päätöksiin, ja se on yleensä tarkkuudeltaan strategista ja taktista tasoa täsmällisempää. Siinä missä taloudellisen suorituskyvyn mittaaminen on tärkeää strategisen päätöksenteon ja ulkoisen raportoinnin kannalta, päivittäisen tuotannon ja jakelun operatiivisen toiminnan hallinnoinnissa ei-taloudelliset mittarit toimivat yleensä paremmin. (Gunasekaran et al. 2004, 335.)

Operatiivisella tasolla toimii operatiivinen eli alempi johto, johon kuuluvat esimerkiksi osastopäällikkö, laskentapäällikkö ja ylityönjohtaja. Operatiivinen johto vastaa siitä, että toiminnot käyttävät niille kohdistettuja voimavaroja tehokkaasti. Lyhytvaikutteisten tuotannontekijöiden, kuten työvoiman, materiaalien ja energian, hankkiminen toimintojen tarpeisiin on operatiivisen johdon vastuulla. Operatiivinen johto tarvitsee suunnittelunsa

tueksi suhteellisen yksityiskohtaista ja lyhyelle ajanjaksolle suuntautuvaa tietoa toiminnoista. Tällaista operatiivista tietoa voi olla esimerkiksi tieto siitä, kuinka paljon työvoimaa tuotannon toiminnot vaativat seuraavan vuosineljänneksen aikana. Seurantaan varten operatiivinen johto tarvitsee tietoa toimintojen tehokkuudesta lyhyellä tarkkailuvälillä, kuten kerran viikossa tai kahdessa. (Laitinen 1998, 147.) Jotta operatiivisen toiminnan johtaminen olisi tehokasta, ei tarkkailuvälin tulisi olla yhtä kuukautta pidempi (Brandenburg 2018, 120.) Taulukko 6 esittää esimerkkejä operatiivisen tason mittareista.

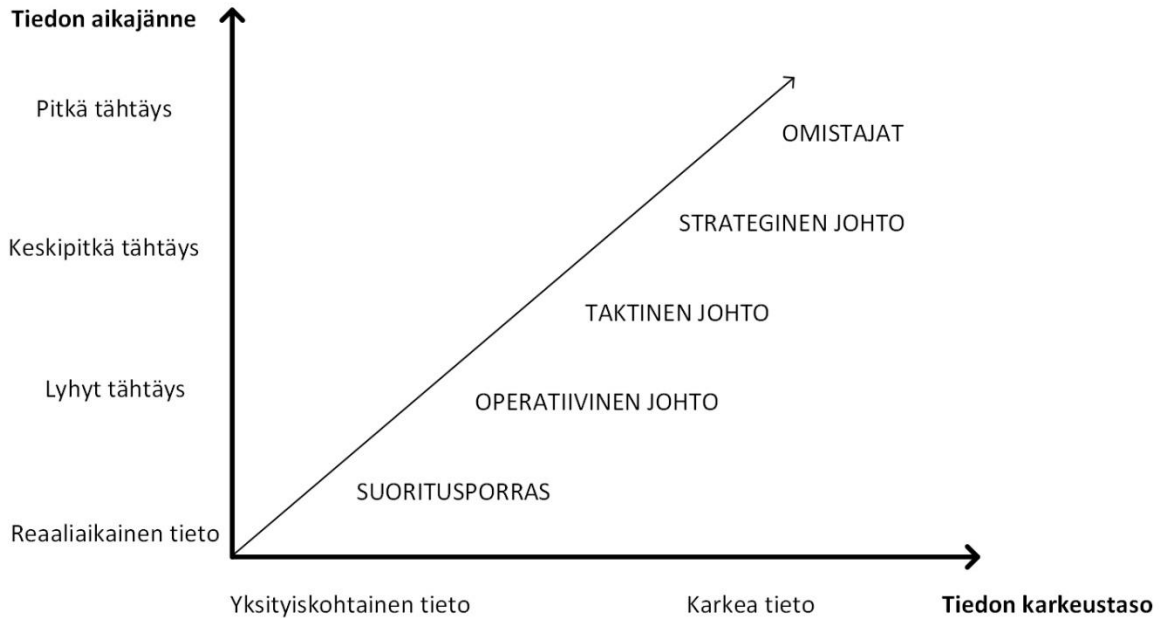
Taulukko 6: Toimitusketjuun liittyviä operatiivisia mittareita (Gunasekaran et al. 2001, 83)

Suorituskykymitari	Taloudellinen	Ei-taloudellinen
Kustannukset käyttötunneittain	•	
Kapasiteetin käyttöaste		•
Varastoon saapuvan tavaran määrä		•
Keskeneräinen tuotanto		•
Hylkytuotteiden määrä		•
Kuljetuksessa olevat valmiit tuotteet		•
Toimittajan hylkäysten määrä	•	•
Toimitusdokumentaation laatu		•
Ostotilausten kiertoajan tehokkuus		•
Toimitusfrekvenssi		•
Kuljettajan luotettavuus		•
Toimitettujen tuotteiden laatu		•
Virheettömien toimitusten määrä		•

3.1.5 Tiedon tarve suoritusportaalla

Hierarkian alimmalla tasolla on suoritusporras, johon kuuluvat esimerkiksi työnjohtajat ja suoritusporras työntekijät. Suoritusportaan henkilöstö suunnittelee ja toteuttaa omat tehtävänsä. Suunnittelua varten tarvitaan lyhyen tähtäyksen pikkutarkkaa tehtävätietoa, kuten paljonko aikaa vie maalata tietty ala viikon aikana tietyn väriseksi. Suoritusportaalla tarvitaan tietoa välittömällä tarkkailuvälillä tehtävien toteutuksen tehokkuuden seuraamista varten. Seurantatiedon avulla suoritusporras voi lisäksi kehittää kykyään suorittaa tehtävistä. (Laitinen 1998, 147–148.)

Tarkkailun aikaväli on sitä lyhyempi, mitä alemmaksi hierarkiatasoilla liikutaan. Kun siirrytään alemmas, kasvaa myös tarpeellisen tiedon yksityiskohtaisuus. Tiedon yksityiskohtaisuuden ja aikajänteen hierarkkisuuutta havainnollistaa Kuva 5.



Kuva 5: Päätöksenteon tasot ja informaatio (Laitinen 1998, 148)

3.2 Mittaaminen ja tiedon tarve yksilötasolla

Organisaatioissa kerätään toisinaan tietoa yksittäisten työntekijöiden suorituksista. Yksilötason mittaaminen taustalla on tyypillisesti joko halu kontrolloida työntekijöiden toimintaa, tai pyrkimys motivoida työntekijöitä. Kontrolloinnin näkökulmasta yksilötason mittaamisella voidaan varmistaa, että työntekijät kantavat vastuunsa työstään. Kun työntekijöitä vaaditaan seuraamaan ja raportoimaan työnsä tuloksia, voidaan yksilön työn laatua arvioida vertaamalla tuloksia yleisesti hyväksytyihin standardeihin. Toisaalta yksilötason mittaus voi myös antaa työntekijöille saavutuksen kokemuksia, kun työntekijät pystyvät osoittamaan mittauksista oman panoksensa yksittäiseen projektiin tai koko organisaation suorituskyykyyn. Yksilötason mittaus voi toimia myös perustana suoritukseen perustuville kannuste- ja palkkiojärjestelmille. Mittaaminen yksilötasolla ei ole aina tarpeellista — joissain tapauksissa siitä voi olla jopa haittaa organisaation suorituskyykyille. (Platts ja Sobótka 2010, 350.)

Se, millä tarkkuustasolla mittausta organisaatiossa suoritetaan, riippuu olennaisesti siitä, miten tarkalle tasolle jokin suoritus voidaan kohdistaa. Jos jonkin suorituksen onnistuminen riippuu täysin jostain yksilöstä, voi silloin olla tarpeellista mitata yksilön suoritusta. (Kankkunen et al. 2005, 161.) Yksilötasolla suoritettava mittaaminen voi kuitenkin heikentää yksilön suoritusta, ja sitä kautta haitata koko organisaation suorituskykyä. Kiinteiden mittareiden mukaisten tulosten vaatiminen voi aiheuttaa yksittäiselle työntekijälle putkinäköä, vähentää kokeilunhalua ja kannustaa osaoptimointiin. Yksilön liiallinen mittaaminen voi johtaa jopa petolliseen toimintaan. (Platts ja Sobótka 2010, 349.)

Suoriutuakseen työstään yksittäinen työntekijä — tai johtaja — tarvitsee paljon erilaista tietoa, jotka eivät välttämättä liity suoranaisesti suorituskyvyn mittaamiseen. Työntekijän on ensinnäkin tunnettava työnsä sisältö ja hallittava tarvittavat taidot, joita työn suorittaminen vaatii. Jotta työtä voi tehdä tehokkaasti, työntekijällä tulisi olla selkeä kuva siitä, mitä hänen tekemältään työltä odotetaan. Jos työntekijä ei tiedä mitä hänen tarkalleen ottaen odotetaan tekevän, hän priorisoi tekemisissään asioita, joiden uskoo olevan tärkeitä. Asiat, jotka työntekijä kokee tärkeiksi eivät kuitenkaan välttämättä ole organisaation kannalta tärkeitä. Tehokkuuden kannalta työntekijän on myös hyvä tietää, mitä vaikutuksia hänen tekemällään työllä on. Jos työntekijä tietää, että hänen tekemänsä työ on tärkeää, hän suoriutuu työstään paremmin. Kehittyäkseen paremmaksi työssään työntekijän on saatava säännöllisesti tietoa työn tuloksista. Työntekijän tulisi saada työtä seuraavalta johtajalta säännöllisesti palautetta, jossa käydään läpi työn laatua ja työntekijän vahvuuksia. (Kirkpatrick 2006, 6–10.)

3.3 Tiedon tarve eri yksiköissä

Organisaation rakenteeseen sisältyy yleensä useita eri yksiköitä. Huonekaluja valmistava yrityksen organisaatioon voi kuulua esimerkiksi tehdas, varasto, jakelu, myynti ja hankinta, henkilöstöpalvelut, sekä johto. Tehtaalla tarvitaan tietoa esimerkiksi käytettävissä olevista valmistusmateriaaleista ja niiden määrästä, sekä siitä millaisia huonekaluja on tilattu valmistettavaksi. Varaston tulee olla perillä mitä huonekaluja varastossa on ja kuinka paljon, jotta osataan tilata oikea määrä tiettyä huonekalua tehtaalta. Jakelun on tiedettävä mitä toimitetaan ja mihin. Myynnille on oleellisen tärkeää tuntea yrityksen tuotevalikoima ja hinnoittelupolitiikka, jotta huonekaluja voidaan myydä kilpailukykyisellä tavalla. Hankinnan puolestaan tulee tietää, mitä materiaaleja minkäkin huonekalun valmistamiseen

tarvitaan, jotta niitä osataan tilata riittävästi tehtaan tarpeisiin. Henkilöstöpalveluilla tulee olla käsitys muun muassa siitä, ketä yrityksessä työskentelee, sekä missä tehtävässä ja minkä suuruisella palkalla. Yrityksen johdon puolestaan on tiedettävä erilaisia asioita kunkin yksikön toiminnasta, jotta organisaation toimintaa voidaan hallita kokonaisuuksien tasolla.

Tehtävät, tavoitteet ja strategiat voivat olla erilaisia eri yksiköiden välillä. Yksikkökohtaista suorituskykyä voidaan mitata yksikkökohtaisten mittareiden avulla. Yksikkökohtaisten mittareiden avulla yksikkö pyrkii saavuttamaan sille asetetut tavoitteet. Yksikön mittareiden tulee kuvastaa yksikön strategiaa ja päämäärää. Jos yksiköillä on eri strategia ja päämäärä, ei niitä voida mitata samoilla mittareilla. Jos yrityksellä sen sijaan on useita samankaltaisia yksiköitä, kuten tehtaita tai myyntikonttoreita, voidaan niitä mitata keskenään samankaltaisilla mittareilla. (Kankkunen et al. 2005, 166.)

4 JÄTEVEDEN KÄSITTELY JA PUHDISTAMON SUORITUSKYKY

Jätevettä muodostuu, kun yhdyskunnat hyödyntävät saatavilla olevaa vettä eri tarkoituksiin. Jäteveden voidaan määritellä olevan asutuksen, teollisuuden ja erilaisten laitosten tuottama yhdistelmä nestemäisiä tai veteen sekoittuneita jätteitä, johon voi olla sekoittuneena myös pohja-, pinta- ja sadevesiä. Jätevesi sisältää tyypillisesti ihmisille ja ympäristölle haitallisia aineita, kuten taudinaiheuttajia ja orgaanista ainetta. Kertynyt käsittelemätön jätevesi voi tuottaa pahanhajuisia kaasuja orgaanisen aineksen hajotessa. Käsittelemättömästä jätevedestä aiheutuvien haittojen takia jätevesi tulee pyrkiä poistamaan välittömästi syntylähteestään ja johtaa käsittelyyn, uudelleenkäyttöön tai levittää ympäristöön kansanterveyden ja ympäristön suojelemiseksi. (Tchobanoglous et al. 2003, 1-2.)

Suomessa muodostuu vuosittain noin 500 miljoonaa kuutiometriä yhdyskuntien jätevettä. Yhdyskuntajätevedet kuormittavat luonnonvesiä aiheuttamalla haitallisia muutoksia niiden tilaan. Jätevedestä aiheutuvien ympäristövaikutusten pienentämiseksi jätevedet käsitellään jätevedenpuhdistamoissa ennen luonnonvesistöihin palauttamista. Jätevesien käsittelyä varten suomessa toimii noin 350 ympäristöluvanvaraista jätevedenpuhdistamoa. (SYKE 2019.)

4.1 Jäteveden vaikutukset luonnonvesistöihin

Yhdyskuntien jätevedenkäsittelyssä syntyy päästöjä pääasiassa vesistöihin. Jätevesien sisältämät epäpuhtaudet aiheuttavat rehevöitymistä, kuluttavat happea ja heikentävät veden laatua ja hygieniatasoa. Yksittäisen jätevedenpuhdistamon aiheuttamaan vesistövaikutuksen suuruuteen vaikuttaa puhdistamon sijainti, kapasiteetti ja puhdistusteho sekä purkuvesistön luonne. (Laitinen et al. 2014, 14.)

Jäteveden mukana luonnonvesistöihin kulkeutuva typpi ja fosfori aiheuttavat rehevöitymistä, joka ilmenee lisääntyneenä levämassan kasvuna ja sen hajoamisen seurauksena lisääntyneestä hapenkulutuksesta. Rehevöityminen samentaa vettä ja vähentää veden virkistyskäyttömahdollisuuksia lisäämällä muun muassa toksisten levien kasvua. Rehevöitymisen seurauksena vähentynyt hapen määrä vesistössä voi aiheuttaa kalakuolemia

ja lisätä sisäistä kuormitusta, eli sedimentoituneiden ravinteiden liukenemista pohjasedimentistä takaisin kiertoon. (Laitinen et al. 2014, 14–15.)

Ravinteiden aiheuttaman rehevöitymisen lisäksi vesistön hapenkulutusta lisäävät jäteveden sisältämät aineet, kuten ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$) ja orgaaninen aines. Ammoniumtyppi kuluttaa happea hapettuessaan nitraatiksi. Orgaaninen aines lisää hapenkulutusta, kun vesistön luontaisesti sisältämät bakteerit hajottavat ja käyttävät ainesta ravintonaan. Orgaanisen aineen määrää jätevedessä kuvataan suurella biologinen hapenkulutus, jota merkitään BHK_7 tai BOD_7 . Hapenkulutusta mitataan myös kemiallisena hapenkulutuksena, jota merkitään KHK tai COD . Kemiallinen hapenkulutus mittaa biologisen hapenkulutuksen lisäksi myös vaikeammin hajoavan aineksen aiheuttamaa hapenkulutusta. (Laitinen et al. 2014, 14–15.)

Kiintoaineella tarkoitetaan jäteveden tai lietteen sisältämän kiinteän materiaalin määrää. Jäteveden sisältämä kiintoaine samentaa purkuvesistöä sekä aiheuttaa rantojen ja pohjasedimentin liettymistä. Kiintoaineesta voi liueta ympäristöön fosforia ja orgaanista ainetta, jotka edesauttavat rehevöitymistä ja lisäävät hapenkulutusta. (Laitinen et al. 2014, 14–15.)

Haitallisia aineita ovat tietoisesti tuotetut kemikaalit tai prosesseissa tahattomasti syntyvät yhdisteet, joilla on todettu tai epäillään olevan haitallisia vaikutuksia ympäristöön tai ihmisiin. Haitallisiksi aineiksi luetaan esimerkiksi PAH-yhdisteet ja dioksiinit, sekä jotkin ympäristössä luonnostaan esiintyvät aineet kuten raskasmetallit. Haitallisia aineita kulkeutuu yhdyskuntien jätevesiin tuotanto- ja palvelutoiminnasta sekä kotitalouksista kemikaalien, kuten lääkkeiden, kosmetiikan ja muiden kulutustuotteiden mukana. Haitallisten aineiden määrää vesistöissä ja niiden vaikutuksia tutkitaan kasvavissa määrin, mutta ei vielä tunneta tarkasti. (Laitinen et al. 2014, 14–15.)

Vaikka jätevedenpuhdistamoiden biologiset prosessit poistavat tehokkaasti taudinaiheuttajia, päätyy vesistöihin käsitellyn jäteveden mukana silti runsaasti tauteja aiheuttavia mikrobeja. Erityisesti viruksia kulkeutuu puhdistusprosessin läpi vesistöihin, joissa ne saattavat säilyä pitkäänkin ja aiheuttaa vesiepidemioita. Suurin osa jäteveden mukana kulkeutuvista mikrobeista ei kuitenkaan säily luonnonvesissä pitkään epäedullisten

kasvuolosuhteiden takia. Biologisesti puhdistettu jätevesi voidaan johtaa suoraan purkuvesistöön, jos purkuvesistön virtaama, veden vaihtuvuus ja alajuoksun käyttötarkoitukset ovat sellaisia, että taudinaiheuttajat eivät aiheuta todennäköistä haittaa. Jos jätevesien purkukohdan läheisyydessä sen sijaan tapahtuu vesistön virkistys- tai hyötykäyttöä, saattaa puhdistetun jäteveden hygienisointi olla tarpeellista. (Laitinen et al. 2014, 16.)

Jäteveden sisältämä ravinnekuorma ja orgaanisen aineen määrä saadaan käsittelyn avulla vähennettyä murto-osaan. Fosforin ja orgaanisen aineen osalta puhdistusteho on 95 % suuruusluokkaa (Laitinen et al. 2014, 14). Typen osalta puhdistusteho on pienempi — vuonna 2017 yhdyskuntien jätevedenkäsittelyssä poistettiin noin 66 % typpikuormituksesta (SYKE 2019). Puhdistuksesta huolimatta yhdyskuntien jätevedet tuottavat merkittävän osan vesistöihin kohdistuvasta ravinnekuormituksesta. Noin 4 % vesistöihin päätyvästä fosforista ja 15 % typestä on peräisin yhdyskuntien jätevedestä (Vesilaitosyhdistys 2020.)

4.2 Jäteveden käsittelyä koskevat kansalliset vaatimukset

Ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi Suomessa on voimassa Ympäristönsuojelulaki (YSL). YSL 27§:n mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa. Tällaiseksi toiminnaksi luetaan yhdyskuntajätevesien käsittely ja johtaminen silloin, kun käsitellään asukasvastineluvultaan vähintään 100 henkilön jätevesiä. (L 2014/527). Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006) määrittelee asukasvastineluvun (av1) yksi sellaiseksi vuorokausikuormitukseksi, jonka biokemiallinen hapenkulutus seitsemän vuorokauden ajalta mitattuna (BHK_7) on 70 g happea (O_2).

Asetuksen 888/2006 mukaan yhdyskuntien jätevedet tulee puhdistaa biologisesti tai vastaavalla tavalla. Jätevedestä tulee käsittelyssä poistaa fosforia, typpeä ja muita aineita siten, että puhdistettu jätevesi täyttää asetuksen liitteen taulukoiden 1 ja 2 vaatimukset. Jätevesien käsittelyvaatimukset eri parametreille on esitetty Taulukko 7.

Taulukko 7: Jätevesien käsittelyn vähimmäisvaatimukset eri parametreille (L 888/2006).

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK ₇)	30	70
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35	90
Kokonaisfosfori	3 (avl < 2000) 2 (avl 2000 – 100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15* (avl 10 000 – 100 000) 10* (avl > 100 000)	70

* Pitoisuusarvot ovat vuosikeskiarvoja. Tyypeä koskevien vaatimusten mukaisuus voidaan varmistaa myös käyttämällä päivittäisiä keskiarvoja. Tällöin jokaisen 24 tunnin kokoomanäytteen kokonaistyyppipitoisuus voi olla enintään 20 mg/l, kun veden lämpötila laitoksen biologisessa prosessissa on vähintään 12°C. Lämpötilarajan asettamisen sijasta voidaan rajoittaa tyypeä koskevien vaatimusten voimassaoloaikaa alueellisten ilmasto-olosuhteiden huomioon ottamiseksi.

4.3 Jätevedenpuhdistamon toiminta

Käsiteltävä jätevesi johdetaan jätevedenpuhdistamolle viemäriverkkoa pitkin. Pääosa puhdistamolle tulevasta vedestä on kotitalouksien, erilaisten laitosten ja teollisuuden tuottamaa likavettä. Sade- ja sulamisvesiä, eli hulevesiä, voidaan johtaa viemäriverkoston alueilta, joilla jätevesille ja hulevesille ei ole erillisiä putkijärjestelmiä. Osa jätevedenpuhdistamolle johdettavasta vedestä on vuotovettä, joka päättyy viemäriverkoston viemäreiden vuotavista liitoksista ja tarkastuskaivoista. Vuotovedet voivat olla ongelmallisia etenkin keväisin lumen sulamisen aikaan, jolloin niiden matala lämpötila haittaa jätevedenpuhdistamon biologisen prosessin toimintaa. (VHVSY 2020a.)

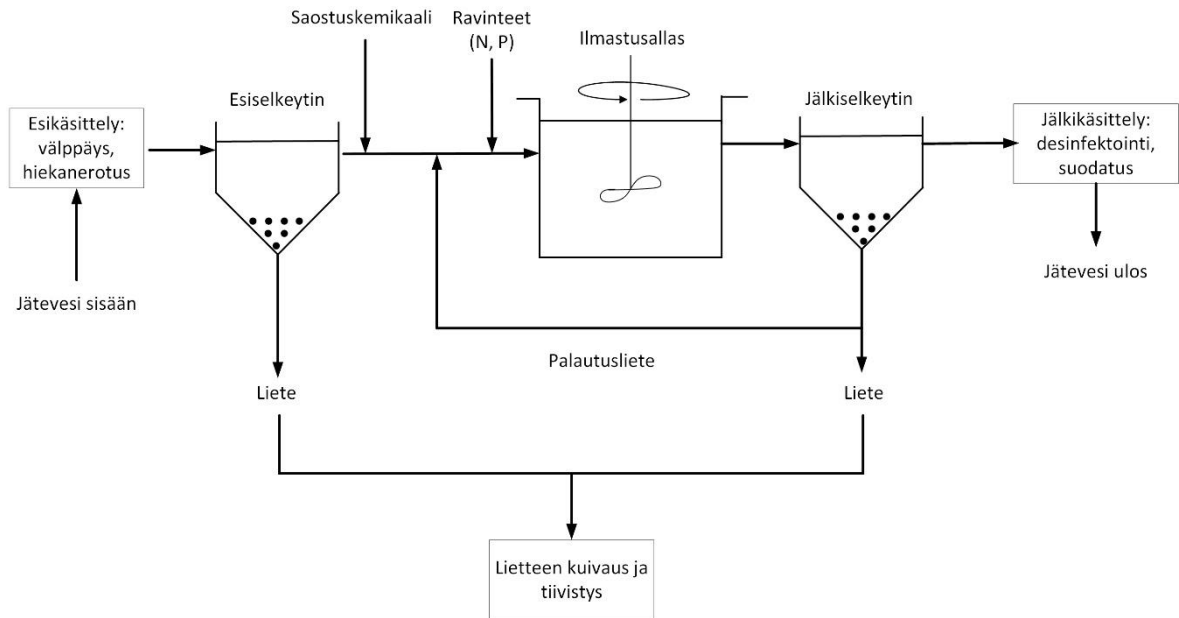
Jäteveden käsittelyssä käytettävät menetelmät vaihtelevat jäteveden laadun ja puhdistusvaatimusten perusteella. Käsittelymenetelmät jakautuvat mekaanisiin, kemiallisiin ja biologisiin menetelmiin. Mekaaniset käsittelymenetelmät perustuvat veden ja sen sisältämien epäpuhtauksien fysikaalisiin ominaisuuksiin. Mekaanisen käsittelyn avulla

poistetaan vedestä kiintoainesta, kuten kuitumaisia epäpuhtauksia ja hiekkaa. Välppäys, hiekanerotus, laskeutus, flotaatio ja suodatus ovat esimerkkejä mekaanisista menetelmistä. Kemiallisia menetelmiä käytetään pääasiassa fosforin poistamiseen. Kemiallisissa menetelmissä puhdistusprosessiin lisätään kemikaaleja kuten rauta- tai alumiinisuoloja, jotka reagoivat jäteveden sisältämien yhdisteiden kanssa. Biologisilla menetelmillä puolestaan poistetaan jäteveden sisältämiä ravinteita ja vähennetään biologisia ja kemiallisia hapenkuluttajia. Biologiset prosessit jakautuvat aerobisiin, eli hapellisissa olosuhteissa tapahtuviin sekä anaerobisiin, eli hapettomissa olosuhteissa tapahtuviin prosesseihin. (VHVSY 2020b.)

Jäteveden käsittelymenetelmät voidaan edelleen jakaa yksikköoperaatioihin ja yksikköprosesseihin. Yksikköoperaatiot perustuvat pääasiallisesti fysikaalisiin voimiin, kun taas yksikköprosessit perustuvat kemiallisiin tai biologisiin reaktioihin. Jäteveden käsittely koostuu useasta vaiheesta, jotka perustuvat erilaisiin yksikköoperaatioihin ja -prosesseihin. Esikäsittelyssä poistetaan jätevedestä suuret fyysiset kappaleet, kuten tekstiiliriievut ja sora, jotka voivat vahingoittaa laitteistoa. Primäärikäsittelyssä poistetaan kelluvaa ja laskeutuvaa kiintoainetta fysikaalisen operaation, kuten sedimentoinnin avulla. Lisäksi pääkäsittelyssä voidaan lisätä jätevedeen kemikaaleja edistämään suspensiossa olevien ja veteen liuenneiden kiintoaineiden poistoa. Sekundäärikäsittelyssä poistetaan valtaosa jäteveden sisältämästä orgaanisesta aineesta biologisten ja kemiallisten prosessien avulla. Tertiäärikäsittelyssä yhdistellään yksikköoperaatioita- ja prosesseja siten, että saadaan poistettua jätevedestä lisää kiintoainetta sekä sellaisia aineita, joita sekundäärikäsittely ei poista merkittävässä määrin. (Tchobanoglous et al. 2003, 11.)

Aktiivilieteprosessi on yksi jäteveden käsittelyssä yleisimmin käytetyistä biologisista prosesseista. Määritelmällisesti aktiivilieteprosessissa on kolme peruskomponenttia: reaktori, kiintoaineen erotus sekä lietteen kierrätys. Reaktori on tyypillisesti ilmastusallas, joka sisältää biologisen käsittelyn mikro-organismit. Kiintoaineen erotus koostuu esi- ja jälkiselkeytyksestä, jotka suoritetaan yleensä laskeutusaltaissa. Erotettu kiintoaine poistetaan laskeutusaltaista lietteenä, josta osa kierrätetään takaisin reaktoriin ylläpitämään biologista prosessia. Aktiivilieteprosessi on useimmiten osa käsittelyketjua, joka sisältää myös fysikaalisia ja kemiallisia esikäsittelyn ja primäärikäsittelyn vaiheita, sekä

jälkikäsitteilyn kuten desinfektioinnin ja suodatuksen. (Tchobanoglous et al. 2003, 661–663.)
Aktiivilietelaitoksen periaatetta esittää Kuva 6.



Kuva 6: Aktiivilietelaitos

Perinteisessä aktiivilietelaitoksen jätevedenkäsittelyprosessissa jätevesi käsitellään kuudessa vaiheessa. Ensimmäisenä jätevesi johdetaan esikäsitteilyyn, jossa jätevedestä erotellaan välppän avulla karkeat kiintoaineet, esimerkiksi roskat, paperit ja tikut. Välppän jälkeen jätevesi ohjataan hiekanerotukseen, jossa jätevedestä poistetaan hiekka laskeuttamalla. Hiekanerotusta seuraa esiselkeytys, jossa erotetaan valtaosa jäteveden sisältämästä kiintoaineesta laskeuttamalla. Esiselkeytyksessä erotettua kiintoainetta nimitetään raakalietteeksi tai primäärilietteeksi. (Promisti 2018.)

Esiselkeytyksestä jätevesi johdetaan ilmastukseen, jossa liukoisessa muodossa olevat ravinteet ja orgaaninen aine saadaan kiinteään muotoon bakteerikasvustona, joka voidaan kerätä pois jätevedestä. Ilmastukseen johdettavaan jäteveeseen lisätään saostuskemikaalia, joka on yleensä ferrosulfaattia, ferrisulfaattia tai alumiinia. (Promisti 2018.) Ilmastusaltaan biologiseen käsittelyyn saapuessaan jäteveden pH:n tulee olla säädetty arvoon 6,5–8 ja veden lämpötilan tulee olla alle 37°C. (Seppälä et al. 2001, 175.) Yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilla veden liian alhainen lämpötila voi koitua ongelmaksi erityisesti sulamisvesien aikaan.

Jälkiselkeytyksessä ilmastuksessa käsitellystä jätevedestä erotetaan liete laskeutusaltaassa, jossa lietemassa laskeutuu saostuskemikaalin avustamana pohjalle ja pinnalle jää puhdistettu jätevesi. Laskeutettua lietettä kutsutaan aktiivilietteeksi tai palautuslietteeksi, ja sitä palautetaan takaisin ilmastukseen. Osa selkeytyksessä erottuneesta lietteestä johdetaan ulos lietekierrosta ylijäämälietteenä. Ilmastusaltaan sisältämän lietemäärän ja vuorokaudessa poistettavan ylijäämälietemäärän suhdetta kutsutaan lieteiäksi. Poistettavan ylijäämälietteen määrä ja lieteikä ovat tärkeitä aktiivilieteprosessin ohjausparametrejä. (Seppälä et al. 2001, 175–176.)

4.4 Jätevedenpuhdistamon suorituskyvyn mittaaminen

Jätevedenpuhdistusprosessien suorituskykyä käsittelevä kirjallisuus keskittyy paljolti teknistaloudelliseen näkökulmaan. Jätevedenpuhdistamoiden suorituskykyä teknistaloudellisen tehokkuuden ja tuottavuuden näkökulmasta on selvitetty muun muassa raporteissa Guerrini et al. (2015) ja Molinos-Senante et al. (2016a) analysoimalla dataa useista jätevedenpuhdistamoista koostuvasta otoksesta. Jätevedenpuhdistamoiden ekotehokkuutta on selvitetty raportissa Molinos-Senante et al. (2016b), jossa on analysoitu 30:sta espanjalaisesta jätevedenpuhdistamosta kerättyä dataa. Jätevedenpuhdistamoiden energiatehokkuutta käsittelee raportti Sabia et al. (2020), jossa esitellään kymmenen jätevedenpuhdistamon tunnuslukuja vertailemalla kehitetty luokittelutyökalu. Artikkelissa Sarraf ja Nejad (2020) on tutkittu 35:n Iranin alueella toimivan vesihuoltoyhtiön suorituskykyä soveltamalla harmaata relaatioanalyysiä yhtiöiden yhteisiin, jo olemassa oleviin Balanced Scorecard -suorituskykymittareihin.

Kaikki edellä mainitut tutkimukset lisäävät yleistä tietämystä jätevesisektorin toiminnasta. Ne kuitenkin perustuvat pitkälti jätevedenpuhdistamoiden keskinäiseen vertailuun, eikä niiden tulokset ole helposti sovellettavissa yksittäisen jätevedenpuhdistamon suorituskyvyn mittaamisen suunnittelussa. Kokonaisvaltaisia jätevedenpuhdistamon suorituskyvyn mittausjärjestelmiä käsittelevien tutkimusten määrä on vähäinen. Yksittäisen jäteveden puhdistamon suorituskyvyn mittausjärjestelmän laatimisesta on tehty ainakin yksi tutkimus, jossa kohdelaitoksena on italialainen Baciacavallon jätevedenpuhdistamo.

Guerrini et al. (2016) käsittelee suurelle italialaiselle jätevedenpuhdistamolle Balanced Scorecard -mallin avulla kehitettyä suorituskyvyn mittausjärjestelmää. Tutkimuksen kohteena oleva GIDA-yhtiön hallinnoima Baciavallon jätevedenpuhdistamo on mitoitettu käsittelemään vuorokaudessa 130 000 m³ jätevettä, jonka keskimääräinen tulokuorma COD:n osalta on 220 mg/l ja BOD₅:n osalta 200 mg/l. Asukasvastineluvultaan 650 000 suuruiselle puhdistamolle saapuva jätevesi on pääasiassa tekstiiliteollisuuden jätevettä. Puhdistamon käsittelyprosessiin kuuluvat esikäsittely, primääriselkeytys, biologinen oksidaatio, sekundääriselkeytys, flokkaus alumiinitrikloridilla, otsonointi sekä puhdistetun jäteveden purkaminen Bisenzio ja Ombrone -jokiin. Puhdistamolla syntyvä liete johdetaan tiivistyksen ja kuivatuksen kautta polttoon. (Guerrini et al. 2016, 3–6.)

Baciavallon jätevedenpuhdistamolle suunniteltu suorituskyvyn mittausjärjestelmä on laadittu Kaplanin ja Nortonin (1992) esittämää Balanced Scorecard -mallia hyödyntäen. Kuten alkuperäisessä BSC-mallissa, myös jätevedenpuhdistamon mittareiden etsimisessä on käytetty neljää eri näkökulmaa, mutta Kaplanin ja Nortonin esittämien alkuperäisten näkökulmien sijaan on käytetty paremmin jätevedenpuhdistamolle sopivia perspektiivejä. Asiakkaan, talouden, sisäisten prosessien ja oppimisen ja kehittymisen näkökulmat ovat korvattu kulujen, tehokkuuden, laadun ja ulkoisen ympäristön näkökulmilla. Näkökulmien pohjalta on tunnistettu yhteensä 17 tunnuslukua. (Guerrini et al. 2016, 3–4.)

Raportissa Guerrini et al. (2016) esitetyistä tunnusluvuista viisi liittyvät kulujen näkökulmaan. Nämä tunnusluvut kuvastavat suoria ja muuttuvia kustannuksia per käsitelty kuutiometri vettä osa-alueilla, jotka ovat energia, reagenssit ja lietteen käsittely. Muut kustannukset, kuten henkilöstö- ja ylläpitokulut sekä omaisuserien arvonalenemat on jätetty analyysissä huomiotta, koska ne eivät vaihtelee käsitellyn jäteveden volyymin tai sen tulokuorman mukana. Vaikka henkilöstö on yksi suurimmista jätevedenpuhdistamon kustannuksista energian ja lietteen käsittelyn ohella, eivät puhdistamon kuormituksen vaihtelut tuota lyhyellä aikavälillä muutoksia henkilöstökuluissa. Kustannuksia kuvaaviksi tunnusluviksi valittiin:

1. ucENcl: Jäteveden ja lietteen käsittelykustannukset, joihin sisältyvät välppäys, primääriselkeytys, aktiivilietekäsittely, sekundääriselkeytys sekä lietteen tiivistys ja kuivaus.

2. ucENoz: Väriin ja surfaktanttien poistamiseen käytettävän otsonointikäsitteilyn kustannukset.
3. ucREAGwa: Kustannukset jätevedenkäsittelyssä käytettävistä kemikaaleista, kuten alumiinikloridista, anionisesta polymeeristä ja hapesta
4. ucREAGsl: Kustannukset lietteen käsittelyssä flokkaukseen ja laskeutukseen käytettävästä kationisesta polymeeristä
5. ucDISP: Lietteen kuljetuskustannukset, kun liete kuljetetaan jätevedenpuhdistamolta kaatopaikalle, kompostointiin, maatalouden käyttöön tai polttoon. (Guerrini et al. 2016, 4–5.)

Puhdistamon kustannukset laskettiin suhteessa käsitellyn jäteveden määrään (€/m³). Vaihtoehtoisesti kustannukset olisi voitu laskea suhteutettuna jätevedestä poistettujen epäpuhtauksien määrään (esimerkiksi €/kgCOD). Kummallakin laskentatavalla on omat etunsa ja rajoitteensa. Esimerkiksi jäteveteen sekoittuneen sadevesimäärän kasvaessa kustannukset kasvavat, jos ne ovat suhteutettu poistettujen epäpuhtauksien määrään. Käsitellyn jäteveden määrään suhteutettuna kustannukset puolestaan pienenevät sadevesimäärän kasvaessa, minkä takia suurempia vuotovesimääriä kokevat viemäriverkostot voivat vaikuttaa kustannustehokkaammilta kuin muut vastaavan kokoiset verkostot. (Guerrini et al. 2016, 5.)

Laatunäkökulman tunnusluvuiksi valittiin kolme mittaria, jotka mittaavat poistotehoa kolmelle eri epäpuhtaudelle: kiintoaineelle (TSS), COD:lle ja värille. Typen poistotehoa ei sisällytetty suorituskyvyn mittausjärjestelmään, koska muut epäpuhtaudet karakterisoivat puhdistamolte tulevaa jätevettä paremmin ja jäteveden sisältämän nitraatin määrä alittaa merkittävästi sille asetetut raja-arvot. Suorituskykyilmaisimien arvot laskettiin seuraavasti:

$$\text{Laatu } (rCOD, rTSS, rCOL) = \frac{RR_{\text{act}}}{RR_{\text{exp}}} \quad (1)$$

missä $rCOD$, $rTSS$ ja $rCOL$ ovat mittarit poistetulle COD:lle, kiintoaineelle ja värille. RR_{exp} on odotettu poistomäärä, joka on laskettu edellisten vuosien keskimääräisenä poistomääränä. RR_{act} on toteutunut kuluvana aikajaksona mitattu poistomäärä. (Guerrini et al. 2016, 5–6.)

Yhtälön (1) esittämällä tavalla laskettuna laatuilmamäärän arvo kasvaa, kun poistetun kiintoaineen määrä kasvaa. Laskenta voitaisiin toteuttaa myös vertaamalla poistomääriä kirjallisuudessa esiintyviin standardeihin, sen sijaan että käytetään vertailukohtana aikaisempien vuosien suorituksia. Baciacavallon tapauksessa yhtiön voidaan arvioida päätyneen käyttämään vertailussa aikaisempien vuosien suoritusta siksi, että kirjallisuuden standardit koskevat yleensä pääasiassa kotitalouksien jätevesiä käsitteleviä laitoksia. Baciacavallon puhdistamon kaltaisille pääasiassa tekstiiliteollisuuden jätevesiä käsitteleville laitoksille on vaikeaa löytää kirjallisuudesta yleisesti hyväksytyjä laadun ja tehokkuuden suorituskystandardeja. (Guerrini et al. 2016, 6.)

Energian ja reagenssien kulutusta ilmaisemaan valittiin kaksi mittaria: toinen ilmaisemaan kulutusta perinteisen puhdistusprosessin aikana ja toinen ilmaisemaan kulutusta otsonointikäsittelyn aikana. Molemmissa tapauksissa energiatehokkuus lasketaan odotetun energiankulutuksen ja toteutuneen energiankulutuksen suhteena seuraavan yhtälön avulla:

$$enCLA, enOZ = \frac{kWh/m^3_{exp}}{kWh/m^3_{act}} \quad (2)$$

Yhtälön (2) avulla laskettujen energiankulutuksen tunnuslukujen arvon kasvaminen ilmaisee kasvanutta energiatehokkuutta, kun taas arvon väheneminen kertoo energiatehokkuuden heikkenemisestä. (Guerrini et al. 2016, 6.)

Otsonikäsittelyn reagenssina käytetään molekyylihuotoista happea (O₂). Reagenssien kulutusta ilmaiseva tunnusluku lasketaan niin ikään odotetun kulutuksen ja toteutuneen kulutuksen suhteena

$$reagOZ = \frac{kg/m^3O_{2,exp}}{kg/m^3O_{2,act}} \quad (3)$$

Jäteveden käsittelyn perinteisessä osuudessa käytettäviä kemikaaleja ovat anioniset ja kationiset polymeerit sekä alumiinikloridi. Perinteisen käsittelyn reagenssien kulutusta ilmaisemaan valittiin tunnusluku, jonka arvo lasketaan eri kemikaalien odotetun kulutuksen ja toteutuneen kulutuksen painotettuna keskiarvona.

$$reagCLA = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} AL_{exp}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} AL_{act}} \times 0.4 + \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} pol\ an_{exp}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} pol\ an_{act}} \times 0.3 + \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} pol\ cat_{exp}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} pol\ cat_{act}} \times 0.3 \quad (4)$$

Yhtälön (4) painokertoimet on valinnut GIDA:n johto. Kertoimet perustuvat kemikaalien suhteelliseen tärkeyteen käsittelyssä. (Guerrini et al. 2016, 6.)

Baciavallon puhdistamon lietteen tuotantoa (slPROD) mitataan poistetun kokonaiskiintoaineen odotetun massan ja toteutuneen massan suhteella. Lietteiden käsittelyn tehokkuutta kuvataan tunnusluvulla slTREAT, joka ilmaisee puhdistamon kykyä vähentää orgaanisen kiintoaineen määrää ja kosteutta stabiloidussa lietteessä.

$$slTREAT = 0.2 \times \frac{\left(\frac{VSS}{TSS}\right)_{exp}}{\left(\frac{VSS}{TSS}\right)_{act}} + 0.8 \times \frac{DM_{exp}}{DM_{act}} \quad (5)$$

missä VSS on haihtuvien orgaanisten kiintoaineiden prosenttiosuus lietteessä ja DM on tuotetun kuiva-aineen prosenttiosuus. Kiintoaineen ja kuiva-aineen osuuksien odotusten ja toteutumien suhteet kerrotaan GIDA:n johdon valitsemilla painokertoimilla. (Guerrini et al. 2016, 6.)

Kolmas raportissa Guerrini et al. (2016, 7) esitelty lietteeseen liittyvä tunnusluku kuvaa lietteestä talteen otetun energian ja raaka-aineen määrää, ja se lasketaan seuraavasti

$$sDISP = \frac{(\% \text{ energiaa talteen} + \% \text{ raaka-ainetta talteen})_{act}}{(\% \text{ energiaa talteen} + \% \text{ raaka-ainetta talteen})_{exp}} \quad (6)$$

Viimeiset kaksi Baciavallon suorituskykyymittariston tunnuslukua liittyvät jäteveden ominaisuuksiin. Mittari CODcon ilmaisee puhdistamolle sisään virtaavan jäteveden COD-konsentraatiota milligrammoina litrassa. Mittari VOLinf puolestaan ilmaisee tulovirtauksen tilavuutta kuutiometreinä. (Guerrini et al. 2016, 7.) Taulukko 8 esittää kaikki Baciavallon puhdistamon suorituskykyymittarit osa-alueittain jaoteltuna.

Taulukko 8: Baciavallon puhdistamon suorituskykyymittaristo (Guerrini et al. 2016, 5)

TALOUDELLISET MITTARIT	Kustannukset (unit costs)		ucENcla	ucENoz	ucREAGwa	ucREAGsl	ucDISP	
	Laatu (quality)		rTSS		rCOD		rCOL	
TEKNISET MITTARIT	Tehokkuus (efficiency)	enCLA	enOZ	reagCLA	reagOZ	sIPROD	sITREAT	sIDISP
	Jäteveden ominaisuudet		CODcon				VOLinf	

Suorituskykyymittariston tunnuslukujen valitsemisen lisäksi raportissa Guerrini et al. (2016) on selvitetty tunnuslukujen välisiä riippuvuussuhteita korrelaatio- ja regressioanalyysin avulla. Analyysissä havaittiin, että kaikkiin kustannusmittareihin vaikuttaa suorasti vähintään yksi tekninen mittari. Lisäksi havaittiin, että kun epäpuhtauksien konsentraatio tulovirtauksessa kasvaa, COD:n ja värin poistoteho heikkenee mikä lisää kustannuksia epäsuorasti. Kustannusmittareihin vaikuttavat laatu- ja tehokkuuden mittarit, joiden arvo puolestaan vaihtelee jäteveden ominaisuuksien perusteella. Havaintojen pohjalta tehtiin johtopäätös, että tulovirtauksen tilavuus ja epäpuhtauskuorma vaikuttavat puhdistamon tehokkuuteen ja puhdistettavan jäteveden laatuun, ja sitä kautta yksikkökustannuksiin. (Guerrini et al. 2016, 11–12.)

Kun tunnuslukujen väliset riippuvuussuhteet oli tunnistettu, kyettiin suorituskykymittariston avulla havaitsemaan heikkous tuotantoprosessissa. Havaittiin, että reagenssien kulutuksen lisääminen ei parantanut puhdistustulosta, mutta kasvatti kustannuksia. Huomattiin myös, että otsonointikäsitelyn hapenkulutus ei riipu jäteveden TSS-pitoisuudesta, minkä takia prosessiin syötetyn hapen määrää kannattaa harkita tapauskohtaisesti esimerkiksi suhteuttamalla se jäteveden poistamista vaativien epäpuhtauksien määrään. (Guerrini et al. 2016, 11–12.)

Guerrini et al. (2016) vahvistaa suorituskyvyn seurantajärjestelmän merkitystä jätevedenpuhdistamon johtamisessa ja operoinnissa. Suorituskykymittariston avulla tuotannon johtajat pystyvät havaitsemaan valintojensa talousvaikutuksia. Talousosasto puolestaan voi mittariston avulla selvittää, mitkä tekijät jätevedessä ja sen puhdistuksessa johtavat heikentyneeseen taloudelliseen suorituskykyyn. Mittaristolla on rooli myös prosessien kehittämisessä, koska mittariston avulla voidaan havaita heikkouksia prosesseissa.

5 KOHDEYRITYKSEN ESITTELY

Lahti Aqua Oy on Lahden kaupungin omistama vesihuolto-yhtiö sekä emoyhtiö konsernissa, johon kuuluvat tytäryhtiöt Aqua Palvelu Oy, Aqua Verkko Oy sekä LABIO Oy. Emoyhtiö Lahti Aqua vastaa vesihuoltotoiminnan suunnittelu-, rakennus- ja kehitystehtävistä, kuten laitosinvestointien suunnittelusta ja toteutuksesta. Emoyhtiö huolehtii Lahden ja Hollolan alueen viemäroinnistä ja jätevedenpuhdistuksesta, sekä vedentuotannosta. Lisäksi emoyhtiön vastuulla on vesilaskutukseen ja rakentajien liittymispalveluihin liittyvä asiakaspalvelu ja konsernia koskeva hallinto ja viestintä. (Lahti Aqua Oy 2021a.)

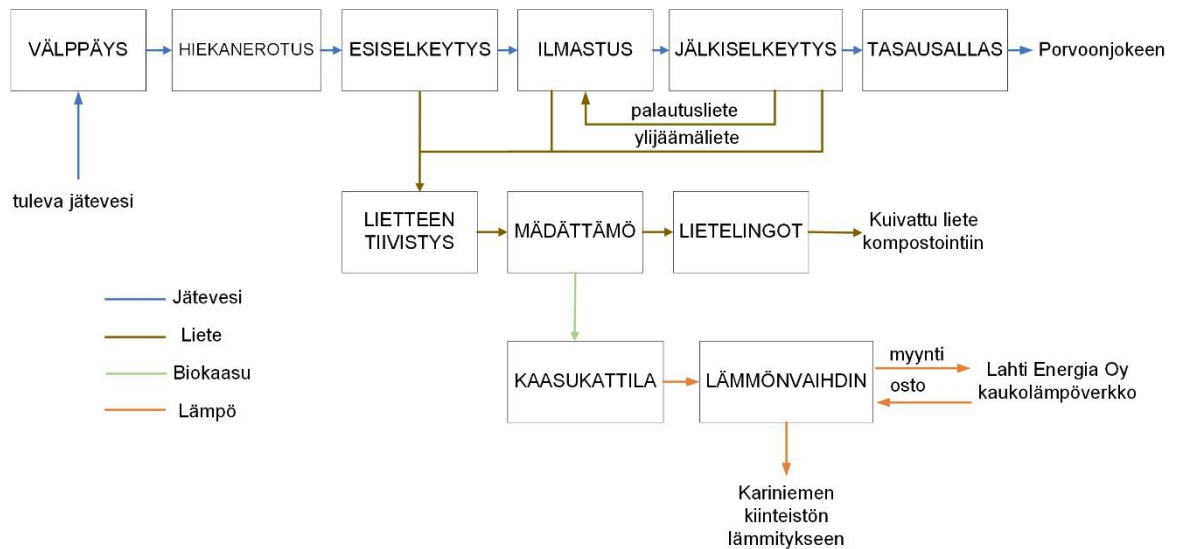
Aqua Palvelu Oy tuottaa vesihuollon operatiivisia käyttö- ja kunnossapitopalveluja, kuten veden jakelun ja viemärointipalvelut. Aqua Verkko Oy omistaa Lahden vesihuoltotoiminnan omaisuuden, tuotantolaitokset ja verkostot. LABIO Oy:n palveluihin kuuluvat biojätteiden ja puhdistamolietteiden käsittelypalvelut. (Lahti Aqua Oy 2021a.)

Lahti Aqua Oy:n alla toimii neljä jätevedenpuhdistamo, jotka sijaitsevat Kariniemessä, Ali-Juhakkalassa, Nastolassa ja Hämeenkoskella. Jätevedenpuhdistamoilla käsitellään yhteensä noin 35 000 m³ jätevettä päivittäin. (Lahti Aqua Oy 2021b.) Jätevedenpuhdistamoiden lisäksi Lahti Aqua hallinnoi vedenottoja Lahden ja Hollolan alueilla, joiden avulla yritys huolehtii kuntien talousvesien tuottamisesta (Lahti Aqua Oy 2021c.)

5.1 Kariniemen jätevedenpuhdistamo

Kariniemen puhdistamo on vuonna 1975 rakennettu luolapuhdistamo, jossa käsitellään Lahden keskustan sekä muiden Salpausselän pohjoispuolisten kaupunginosien jätevedet, sekä osa Hollolan yhdyskuntajätevesistä. Puhdistamolla käsitellään myös teollisuusjätevesiä, joiden merkittävimpiä tuottajia ovat Hartwall Oy:n juomatehdas, Lahden Polttimo Oy:n mallastehdas sekä Suomen Hiiva Oy:n hiivatehdas. Jätevedestä poistetaan puhdistamolla pääasiassa orgaanista ainetta, fosforia, typpeä sekä kiintoainetta käsittelyssä, jonka vaiheita ovat välppäys, hiekanerotus, esiselkeytys, ilmastus, ja jälkiselkeytys. Puhdistettu jätevesi johdetaan tasausaltaan kautta Porvoonjokeen. Tasausaltaan yhteydessä purkuvesistöön johdettava jätevesi hygienisoidaan. Jätevedenkäsittelyssä syntyy lietettä, josta tuotetaan biokaasua kiinteistön lämmitykseen sekä kaukolämpöverkkoon

johdettavaksi. Kuivattu liete kuljetetaan pois laitokselta kompostoitavaksi. Kuva 7 esittää Kariniemen puhdistamon jäteveden- ja lietteenkäsittelyvaiheet yksinkertaistettuna kaaviona. Vuonna 2020 Kariniemen puhdistamon jätevesimäärä oli 6 531 000 m³. Taulukko 9 esittää puhdistamon keskimääräiset tulokuormat samalta vuodelta.



Kuva 7: Kariniemen puhdistamon käsittelyvaiheet

Taulukko 9: Kariniemen puhdistamon keskimääräiset tulokuormat vuonna 2020
(Hämeen ELY-keskus 2021, liitteet 1.1 – 7.1).

	tulokuorma [kg/d]	tulokuorma [mg/l]
BOD	7356	409
Fosfori	143	8
Typpi	1154	64
Ammoniumtyppi	640	36
COD	13130	727
Kiintoaine	5330	296

Kariniemen puhdistamon ympäristölupa velvoittaa käsittelemään jätevedet siten, että vesistöön johdettavan jäteveden pitoisuudet ja käsittelytehot täyttävät taulukossa 10 esitetyt vaatimukset neljännesvuosikeskiarvoina laskettuna muiden kuin typen osalta. Lämpimänä kautena kun laitoksen biologisen prosessin lämpötila on yli 12 °C, vesistöön johdettavan jäteveden kokonaistyyppipitoisuus saa olla enintään 20 mg/l. Vuosikeskiarvona kokonaistypen poistoteho on oltava vähintään 70%. Jätevesi on lisäksi hygienisoitava siten, että aikavälillä huhtikuun alusta marraskuun loppuun fekaalisten koloformien ja

enterokokkien osalta saavutetaan vähintään 90% poistuma verrattuna puhdistamolle tulevan jäteveden mikrobipitoisuuteen. (Vaasan Hallinto-oikeus 2012, 2–3.)

Taulukko 10: Kariniemen puhdistamon ympäristöluvan raja-arvot

	Enimmäispitoisuus (mg/l)	Vähimmäispuhdistusteho (%)
BOD	10	95
Kokonaisfosfori	0,3	96
Ammoniumtyppi	4	80
Kiintoaine	35	90
COD	125	75

5.1.1 Fosforin ja orgaanisen aineen poisto

Puhdistamo on tyypiltään rinnakkaissaostuslaitos, jossa fosforin saostamiseen käytetään ferrosulfaattia. Ferrosulfaattia lisätään jäteveeseen ennen hiekanerotusta ja ilmastuslinjan loppupäässä siten, että lisättävän ferrosulfaatin määrä on 13,5 – 18 kertaa jäteveden sisältämän fosforin määrä. Fosforin saostamiseen tarvittava teoreettinen ferrosulfaatin määrä on yhdeksän kertaa jäteveden sisältämän fosforin määrä. Ferrosulfaattia on todellisuudessa annosteltava enemmän kuin yhdeksän kertaa jätevedestä mitattu fosforin määrä, koska fosforia saapuu jäteveden lisäksi vesiprosessiin emäveden mukana. (Mäki-Petäjä & Meiseri 2012, 25–26.) Jäteveden sisältämästä fosforista suurin osa saostuu esiselkeytyksessä.

Orgaanisen aineen poisto jätevedestä tapahtuu ilmastusaltaassa. Ilmastusaltan toiminta perustuu sen sisältämään aktiivilietteeseen, joka koostuu pääosin bakteereista. Aktiivilietteen bakteerit käyttävät jäteveden sisältämää orgaanista ainetta ja ravinteita ravintona. Ilmastusaltaassa jäteveden sisältämä orgaaninen aines sekä pieni osa typestä ja fosforista muuttuvat bakteerimassaksi eli lietteeksi, jota poistetaan ilmastuksesta ylijäämälietteenä, ettei ilmastuksen lietepitoisuus nouse liian korkeaksi. Orgaanisen aineen hajoamisessa syntyy myös hiilidioksidia. Mitä enemmän orgaanista ainetta laitokselle tulee, sitä enemmän lietettä syntyy ja päinvastoin. Ilmastuksessa syntyvän lietteen määrä riippuu siis voimakkaasti BOD:n tulokuormasta. (Mäki-Petäjä & Meiseri 2012, 10.)

5.1.2 Typen poisto

Kariniemen puhdistamon prosessi on kokonaistypenpoistoprosessi, jossa typpeä poistetaan biologisessa prosessissa hyödyntäen sekä hapellisia että hapettomia olosuhteita. Puhdistamon ilmastusaltaan hapellisissa lohkoissa tapahtuu nitrifikaatio, jossa ammoniumtyppi (NH_4) reagoi hapen kanssa ja syntyy nitraattia (NO_3) ja vettä. Nitrifikaationopeus riippuu lohkon happipitoisuudesta, lämpötilasta ja pH:sta. Kun happipitoisuus ja lämpötila kasvavat, kasvaa myös nitrifikaationopeus. Happipitoisuuden ylittäessä 2,5 mg/l reaktionopeuden kasvu hidastuu merkittävästi, minkä takia ilmastusaltaan happipitoisuutta ei tarkoituksenmukaisesti pidetä arvon 2,5 mg/l yläpuolella. Ideaalinen pH nitrifikaation tapahtumiselle on 7,5 – 8,0. Nitrifikaationopeus laskee nopeasti, jos pH laskee alle 7. Jäteveden pH-arvoa voidaan tarvittaessa korottaa alkalointikemikaalin avulla. Kariniemen puhdistamolla alkalointikemikaalina käytetään soodaa. Nitrifikaationopeus hidastuu myös silloin, kun prosessilämpötila laskee. Lämpötilan laskiessa nitrifikaatiota voidaan nopeuttaa nostamalla lieteikää, lietepitoisuutta tai ilmastuksen hapellisten lohkojen lukumäärää. (Mäki-Petäjä & Meiseri 2012, 11.)

Nitrifikaatiossa syntynyt nitraatti käy ilmastuksen hapettomissa lohkoissa läpi denitrifikaation. Denitrifikaatiossa nitraatti reagoi ilmastusallassa hiilen kanssa synnyttäen typpikaasua, hiilidioksidia, vettä sekä lietettä. Denitrifikaation tapahtuminen edellyttää, että jätevedessä on tarpeeksi hiiltä orgaanisen aineen muodossa. Happi rajoittaa reaktiota voimakkaasti, samoin liian alhainen kokonaiskierrätysuhde. Kokonaiskierrätysuhde on palautussuhteen ja kierrätyslietesuhteen summa. Palautussuhde tarkoittaa jälkiselkeytyksestä takaisin ilmastukseen pumpattavan lietteen virtaaman ja ilmastukseen tulevan jätevesivirtaaman suhdetta. Kierrätyslietesuhde puolestaan on ilmastuksen sisällä kiertävän lietteen virtaaman suhde ilmastukseen tulevan jäteveden virtaamaan. (Mäki-Petäjä & Meiseri 2012, 11–12.)

5.2 Jätevedenpuhdistamon toiminnan seuranta

Kariniemen puhdistamolla on käytössä erilaisia tieto- ja raportointijärjestelmiä, joiden kautta laitoksen toimintaa voidaan seurata ja ohjata. Laitoksen pääasiallisena tietojärjestelmänä voidaan pitää automaatiojärjestelmää, jonka kautta laitoksen prosesseja voidaan ohjata ja

johon laitoksen mittareista kerättävää tietoa johdetaan. Automaatiojärjestelmästä saatavaa automaatiodataa sekä laboratoriotestien tuloksia raportoidaan. Automaatiojärjestelmän päällä toimii käyttöliittymä Grafana, jonka kautta nähdään tietoa laitoksen sähkönkulutuksesta. Lämmön kulutukseen ja tuotantoon liittyvää tietoa nähdään Siemensin talotekniikkajärjestelmän kautta. Edellä mainittujen järjestelmien ohella ylläpidetään Qlik -raportointia, jonka kautta tarkastellaan yksityiskohtaisia tietoja esimerkiksi puhdistamon talousasioista.

Kariniemen puhdistamon käsittelyprosessi sisältää useita online-mittareita, jotka tuottavat jopa sekuntitason reaaliaikaista tietoa prosessien toiminnasta ja tietyistä jäteveden ominaisuuksista, kuten virtaamasta. Tietyistä jäteveden ominaisuuksista, kuten typpi- ja fosforipitoisuudesta, saadaan tietoa viikkotasolla laboratoriotestien tulosten muodossa. Puhdistamon taloutta puolestaan tarkastellaan yleensä kuukausi- tai kvartaalitasolla.

6 SUORITUSKYKYMITTARISTON RAKENTAMINEN

Tässä kappaleessa esitellään vaiheet ja menetelmät, joiden avulla rakennettiin suorituskykymittaristo Kariniemen jätevedenpuhdistamolle. Suorituskykymittaristo on kokoelma puhdistamon toiminnan kannalta tärkeimmistä tunnusluvuista. Laitoksen tärkeitä tunnuslukujen etsimiseksi ei ole aikaisemmin tehty systemaattista selvitystä, eikä laitoksella ole käytössä aiemmin kehitettyä suorituskykymittaristoa.

Kariniemen puhdistamon suorituskykymittariston rakentamisessa ei hyödynnetty Balanced Scorecardin, Suorituskykyprisman tai Navigatorin kaltaista olemassa olevaa mittaristomallia. Mittaristomallien katsottiin sellaisenaan olevan puutteellisia Kariniemen puhdistamon suorituskykymittariston rakentamiseen. Kaikki edellä mainituista malleista perustuvat vahvasti ennalta määritettyihin näkökulmiin, joiden pohjalta tunnusluvut mittaristoon valitaan. Näkökulmat malleihin on valittu siten, että niiden pohjalta voidaan valita yrityksen liiketoimintaa kokonaisvaltaisesti kuvaavia tunnuslukuja. Kariniemen puhdistamon tapauksessa tiedettiin jo suorituskykymittariston suunnittelun alkuvaiheessa, että suorituskykymittaristoon halutaan sisällyttää pääasiassa puhdistamon teknisiä prosesseja ja niiden synnyttämiä kustannuksia kuvastavia tunnuslukuja, koska tällaisten mittarien avulla pystytään luomaan haluttu yleiskuva puhdistamon toiminnasta. Balanced Scorecardin ja Navigatorin näkökulmia asiakkaasta, sisäisestä oppimisesta ja inhimillisyydestä ei katsottu kovin oleellisiksi tarpeellisten tunnuslukujen valinnassa. Myös Suorituskykyprisman kuudesta tahkosta osan katsottiin soveltuvan heikosti mittariston tunnuslukujen valintaan. Esimerkiksi sidosryhmien tyytyväisyyden tai kykyjen ei katsottu olevan kovin oleellisia lähtökohtia suunnitella halutun kaltaista suorituskykymittaristoa muun muassa siksi, että mittaristoon pyrittiin sisällyttämään ensisijaisesti teknisiä prosesseja ja kustannuksia kuvaavia tunnuslukuja ihmisiä kuvaavien tunnuslukujen sijaan.

Vaihtoehtona olisi ollut muokata olemassa olevaa mallia soveltuvaksi paremmin Kariniemen puhdistamon suorituskykymittariston suunnitteluun, tai soveltaa kokonaan uutta menetelmää mittariston kehittämisessä. Tässä työssä päädyttiin soveltamaan kokonaan uutta menetelmää, jossa tunnuslukujen valinnassa hyödynnettiin mittariston tulevien käyttäjien asiantuntemusta. Tässä diplomityössä käsitellään metodiikka tunnuslukujen löytämiseksi, mutta käytännössä suorituskykymittariston yritykselle tuottama lisäarvo syntyy

suorituskykymittariston raportoinnista. Pelkkä tieto siitä mitä tärkeät tunnusluvut ovat ei tuota hyötyä yritykselle, vaan tunnuslukuja on myös pystyttävä visualisoimaan mittariston käyttäjille. Tunnuslukujen visualisointi puolestaan edellyttää, että tunnuslukujen arvot on pystyttävä laskemaan datasta, jota laitoksella ja yrityksessä kerätään. Kappaleen lopussa esiteltyjä tunnuslukuja on määrä visualisoida Profit Software Oy:n Lahti Aqualle tuottamassa kehitteillä olevassa Power BI -raportointijärjestelmässä, joka tulee toimimaan nykyisten järjestelmien ohella.

Suorituskykymittaristoa ei siis kehitetty korvaamaan nykyisiä ratkaisuja, vaan kokoamaan yhteen tietoa eri järjestelmistä, tuomaan tieto helpommin saataville sekä muodostamaan uutta tietoa nykyisellään saatavilla olevasta tiedosta. Suorituskykymittariston rakentaminen jakautui seuraaviin vaiheisiin:

1. Suorituskykymittariston karkeiden tavoitteiden määrittely
2. Tiedonkeruualueen rajaaminen
3. Mittauksen nykytilan kartoittaminen
4. Mittaristoa hyödyntävien sidosryhmien tunnistaminen
5. Sidoryhmien tarpeiden kartoittaminen
6. Mittariston tarkennettujen tavoitteiden määrittely
7. Tunnuslukujen arviointi ja tärkeiden tunnuslukujen valinta

Ensimmäiset viisi vaihetta liittyivät tiedonkeruuseen. Tiedon keräämisen metodina toimivat yrityksen henkilökunnan kanssa toteutetut strukturoimattomat haastattelut. Kahdessa viimeisessä vaiheessa kerättyä tietoa analysoitiin. Suorituskykymittaristoon sisällyttävistä tunnusluvuista tehtiin analyysiin pohjaten päätös viimeisessä vaiheessa.

6.1 Suorituskykymittariston karkeiden tavoitteiden määrittely

Tutkimuksen alussa suorituskykymittaristolle asetettiin karkeat tavoitteet, joiden tarkoitus oli toimia kehyksenä myöhemmin suoritettavalle tiedonkeruulle. Tutkimuksen alulle panevana karkean tason tavoitteena voidaan pitää tavoitetta rakentaa mittaristo, jossa esitetään sellaiset jätevedenpuhdistamon tunnusluvut, jotka:

1. auttavat ajamaan laitosta mahdollisimman tehokkaasti puhdistustuloksen ja kustannusten kannalta
2. tuottavat selkeän tilannekuvan laitoksen toiminnasta

Kun karkeat tavoitteet oli määritelty, voitiin alkaa kerätä tietoa alueelta ja sidosryhmiltä, joiden katsottiin olevan oleellisia karkeiden tavoitteiden saavuttamisen kannalta. Kun sidosryhmien tarpeet oli saatu kartoitettua, suorituskykymittariston tavoitteet määriteltiin uudelleen tarkemmalla tasolla mutta kuitenkin siten, että tarkennetut tavoitteet ovat sopuinnassa karkeiden tavoitteiden kanssa.

6.2 Tiedonkeruualueen rajaaminen

Jätevedenpuhdistusprosessin voidaan katsoa alkavan sillä hetkellä, kun jäteveettä syntyy ja päättyvän silloin, kun puhdistettu jätevesi johdetaan purkuvesistöön. Prosessin alku- ja päätepisteen välillä on useita vaiheita ja paljon erilaista infrastruktuuria. Jätevesi on esimerkiksi johdettava syntypaikalta viemäriverkoston ja sieltä edelleen jätevedenpuhdistamolle. Jätevedenpuhdistamolla jätevesi kulkee lukuisten käsittelyvaiheiden läpi, jotta se saadaan muutettua ominaisuuksiltaan purkuvesistöön kelpaavaksi. Puhdistuksen vaiheiden suuri lukumäärä, vaiheiden keskinäinen erilaisuus sekä puhdistusprosessin päätepisteiden usein suuri maantieteellinen etäisyys aiheuttavat haasteita tiedon keräämiselle. Vaikka kaikista vaiheista olisi teoriassa mahdollista tuottaa jätevedenpuhdistuksen kannalta kiinnostavaa tietoa, käytännössä toteutettava mittaaminen keskittyy jätevedenpuhdistamolla suoritettaviin käsittelyvaiheisiin.

Tässä työssä käsiteltävään suorituskykymittaristoon tuotava tieto on rajattu tietoon, joka on saatavissa suoraan tai laskettavissa mittauksista, joita suoritetaan puhdistamon tuloviemäriin ja purkuvesistön välillä. Jäteveden synty lähteet ja viemäriverkosto muilta osin on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Purkuvesistö huomioidaan siltä osin, joka sijaitsee jätevedenpuhdistamon purkutunnelin välittömässä läheisyydessä ja josta suoritetaan jatkuvaa lyhyen aikajakson mittausta.

6.3 Mittauksen nykytilan kartoittaminen

Kohdeyrityksellä on käytössään erilaisia tietojärjestelmiä, joiden kautta pystytään tarkastelemaan jätevedenpuhdistamoihin liittyvää tietoa. Eniten käytetty järjestelmä on automaatiojärjestelmä, jonka kautta voidaan tarkastella puhdistamoprosessiin integroitujen mittausinstrumenttien tuottamaa tietoa. Järjestelmän kautta voidaan myös raportoida mittausdataa ja laboratoriotestien tuloksia. Automaatiojärjestelmästä on saatavissa laitostason mittaustietoa melko kattavasti, mutta toisaalta järjestelmän kautta on haastavaa saada nopeasti yleiskuvaa puhdistamon tilasta. Automaatiojärjestelmässä mittaustieto on jaoteltu useaan eri kerrokseen. Vaikka järjestelmän käyttäjä tuntisi järjestelmän hyvin, on yksittäinen tieto usein haettava monen kerroksen takaa. Automaatiojärjestelmä ei tue erityisen hyvin usean eri prosessin tietojen tarkastelemista yhtäaikaisesti, esimerkiksi samassa ikkunassa. Tämän takia järjestelmän sisältämien mittaustietojen visualisointia ja laskentaa joudutaan tekemään usein järjestelmän ulkopuolella.

Toinen kohdeyritykselle oleellista tietoa tuottava järjestelmä sisältää tietoa yrityksen sähkön kulutuksesta. Järjestelmästä on löydettävissä kattavaa ja yksityiskohtaista tietoa laitoksen sähkölaitteiden sähkönkäytöstä. Tiedon löytäminen järjestelmästä voi tosin olla käyttäjälle melko hankalaa. Järjestelmä ei myöskään tuota selkeää, yhteen koottua tietoa laitostasolla kiinnostavista prosessikokonaisuuksista, kuten ilmastuksen sähkönkulutuksesta.

Suorituskykymittariston toteutuksessa pyritään hyödyntämään edellä mainitun kahden järjestelmän tuottamaa tietoa. Suorituskykymittaristossa voidaan esittää molempien järjestelmien tuottamia tunnuslukuja ja muodostaa niistä kokonaisuuksia, joiden avulla pystytään saamaan nykyistä kokonaisvaltaisempaa tietoa laitoksen toiminnasta. Suorituskykymittariston suunnittelussa on otettava huomioon mistä järjestelmästä kunkin tunnusluvun visualisointiin tarvittava data on saatavissa, mutta datan raporteille ohjaamiseen liittyvä tekninen toteutus on jätetty tämän diplomityön ulkopuolelle.

6.4 Mittaristoa hyödyntävien sidosryhmien tunnistaminen

Jätevedenpuhdistamon toiminta vaikuttaa useisiin erilaisiin ryhmiin. Puhdistukseen tuleva jätevesi tulee laitokselle jäteveden tuottajilta, kuten kotitalouksilta ja teollisuudelta, jotka

ovat myös jätevesiyhtiön asiakkaita. Tavarantoimittajat tuottavat puhdistamolle puhdistuksessa käytettäviä kemikaaleja, työkaluja ja koneita. Viranomaiset valvovat puhdistamon toimintaa. Ryhmiä, jotka ovat jonkinlaisessa vuorovaikutussuhteessa jätevedenpuhdistamoon, kutsutaan puhdistamon sidosryhmiksi.

Suorituskykymittaristoa suunnittelussa oli oleellista huomioida kuka mittariston tuottamaa tietoa tulee hyödyntämään. Suorituskykymittaristoa ei ole mielekästä suunnitella tuottamaan tietoa kaikille puhdistamon sidosryhmille, koska erilaisten sidosryhmien määrä on suuri ja eri sidosryhmät ovat kiinnostuneita erilaisesta tiedosta. Tässä työssä toteutettavan suorituskykymittariston kohdesidosryhmiksi eli käyttäjiksi rajattiin kohdeyrityksen henkilökunta. Suorituskykymittaristoa ei täten suunniteltaisi sillä ajatuksella, että sen tietoa esitettäisiin yrityksen ulkopuolisille sidosryhmille, kuten asiakkaille tai viranomaisille. Ulkoisia sidosryhmiä ei sisällytetty mittariston käyttäjiin, koska sen ei katsottu olevan olennaista karkeiden tavoitteiden saavuttamisen kannalta.

Mittariston tuottamaa tietoa on tarkoitus hyödyntää kaikilla yrityksen tasoilla, mutta suunnittelussa painotettiin erityisesti operatiivisen ja strategisen tason tarpeita. Operatiivisella tasolla tarkoitetaan tässä sitä osaa yrityksen henkilöstöstä, joka on suorassa vastuussa puhdistamon ajamisesta ja sen prosessien toiminnasta. Operatiivisella tasolla toimivat esimerkiksi puhdistamon operaattorit ja käyttöpäälliköt. Strategisella tasolla puolestaan viitataan laitoksen ylimpään johtoon, johon kuuluu esimerkiksi toimitusjohtaja.

6.5 Sidosryhmien tarpeiden kartoittaminen

Sidosryhmien tarpeet kartoitettiin haastattelemalla yrityksen operatiivisen ja strategisen portaan henkilöstöä. Haastattelut toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa haastateltiin kohdeyrityksen puhdistamoilla työskenteleviä operaattoreita. Toisessa vaiheessa haastateltiin yrityksen johtoa. Haastattelujen tarkoitus oli kartoittaa haastateltavien näkemyksiä siitä, mitkä ovat heitä kiinnostavia ja heidän työnsä kannalta oleellisia tunnuslukuja.

Kummassakin haastatteluvaiheessa esiin nousseet näkemykset tärkeistä tunnusluvuista sisälsivät sekä taloudellisia että ei-taloudellisia mittareita. Operaattoreiden haastattelussa

tuotiin esille pääasiassa puhdistamoprosessiin liittyviä teknisiä suureita. Johdon haastattelussa esiin nostetut tunnusluvut puolestaan keskittyivät kustannuksiin sekä puhdistamon materiaalitaseeseen, eli puhdistamolle tuleviin ja lähteviin aineisiin. Haastatteluissa kerättyjä tunnuslukuehdotuksia esittävät Liite I Taulukko 1 ja Liite II Taulukko 1.

6.6 Mittariston tarkennettujen tavoitteiden määrittely

Suorituskykymittariston karkeita tavoitteita käytettiin tunnuslukuehdotusten keräämisen apuna. Kun tunnuslukuehdotukset oli kerätty, määriteltiin niiden avulla mittariston tarkennetut tavoitteet. Tarkennetut tavoitteet valittiin heijastamaan sidosryhmien tarpeita tarkastelemalla mihin aihealueeseen tunnuslukuehdotukset liittyivät, ja päättämällä tunnuslukuehdotuksista millaisia asioita sidosryhmät halusivat mittariston avulla seurata. Suorituskykymittariston tarkennetuiksi tavoitteiksi valittiin:

1. Energian tuotannon ja energian kulutuksen seuranta
2. Jäteveden laadun ja laitokselle tulevan kuormituksen seuranta
3. Kemikaalien kulutuksen seuranta
4. Kriittisten prosessien toiminnan seuranta, tehostaminen ja ylläpito
5. Kustannusten seuranta
6. Muutoksiin reagointi
7. Lupaehtojen toteutumisen seuranta

Tarkennettujen tavoitteiden 1 – 5 ja 7 voidaan katsoa olevan karkeat tavoitteet esitettynä matalammalla tasolla. Tarkennettu tavoite 6 valittiin sillä perusteella, että haastatteluissa pidettiin tärkeänä verrata puhdistamon toiminnan nykyhetkeä menneisyyteen. Sekä operaattoreiden että johdon näkemys oli, että esimerkiksi kemikaalien ja energian kulutuksen absoluuttisia arvoja kiinnostavampaa on tietää kulutus suhteessa aiemmin toteutuneeseen kulutukseen. Vertaamalla arvoja menneisyyteen voidaan havaita kehityssuuntia, kuten onko kemikaalien kulutus kasvanut vai vähentynyt verrattuna edellisvuoteen tai ovatko tulokuormat keskimääräistä suurempia tai pienempiä. Kun tunnuslukujen kehityssuunnat voidaan havaita, voidaan puhdistamon toimintaa muuttaa tarpeen mukaan. Esimerkiksi jos tulokuorman havaitaan olevan tavanomaista pienempää,

voidaan tulokuorman muutokseen reagoida vähentämällä käsittelyvaiheisiin syötettävien kemikaalien määrää ja samalla säästää kustannuksissa.

6.7 Tunnuslukujen arviointi ja tärkeiden tunnuslukujen valinta

Haastatteluissa kerättyjä tunnuslukuehdotuksia käytettiin alustana varsinaisten raportoitavien tunnuslukujen selvittämisessä. Tunnuslukujen arviointivaiheessa tunnuslukuehdotusten pohjalta löydettiin uusia tunnuslukuja, esimerkiksi tarkentamalla tunnusluku ehdotuksen pohjalta yksiselitteisemmäksi tai laitoksen toiminnan seurannan kannalta järkevämmäksi. Esimerkki tarkennetusta tunnusluvusta on operaattorien haastattelussa esiin tullut *JRS Pharmalta tuleva kuormitus*, joka muutettiin arviointivaiheessa tunnusluvuksi *JRS Pharmalta tulevan jäteveden osuus kaikesta tulevasta jätevedestä*. Arviointivaiheessa tunnuslukuehdotuksia tarkennettiin myös jakamalla niitä osiin. Esimerkiksi *kemikaalien kulutus* -tunnusluku eriteltiin tunnusluvuiksi *Ferrosulfaatin kulutus*, *Soodan kulutus*, *Lipeän kulutus*, *Polymeerin kulutus*, *PAX kulutus* ja *Glyserolin kulutus*. Osa haastatteluissa kerätyistä tunnuslukuehdotuksista, kuten tulo- ja vesistökuormiin liittyvät tunnusluvut, valittiin arviointivaiheeseen sellaisenaan ilman tarkennuksia tai muutoksia.

Arviointivaiheeseen valittuja tunnuslukuja arvioitiin kuuden ominaisuuden perusteella, jotka olivat *oleellisuus*, *saatavuus*, *kompleksisuus*, *uskottavuus*, *yleiskäyttöisyys* ja *kriittisyys*. Arvioitavat ominaisuudet valittiin siten, että niitä arvioimalla saataisiin selville, miten tärkeää tietoa yksittäinen tunnusluku tuottaa puhdistamon toiminnan kannalta, miten helposti tunnuslukua voidaan raportoida ja onko tunnusluku monistettavissa muille puhdistamoille. Taulukko 11 esittää ominaisuuksien määritelmät. Kunkin tunnusluvun jokainen ominaisuus pisteytettiin asteikolla 1 – 3. Korkeampi pistemäärä merkitsi ominaisuuden toteutuvan tunnusluvussa hyvin, matalampi pistemäärä puolestaan tarkoitti, että tunnusluku toteuttaa ominaisuutta heikosti. Taulukko 12 esittää ominaisuuksien pistearvosanojen tarkat selitykset.

Pisteyttämisen jälkeen tunnusluvut valittiin pisteiden perusteella joko sisällytettäväksi raportointiin tai poisluettavaksi siitä. Valinnassa eri ominaisuuksia painotettiin eri tavoin. Kriittisyys ja saatavuus painottuivat ominaisuuksista tärkeimpinä. Vaikka tunnusluku

auttaisi saavuttamaan mittariston tavoitteita, olisi helposti laskettavissa, näyttäisi aina oikeaa arvoa ja olisi monistettavissa usealle puhdistamolle, ei tunnuslukua ole järkevä seurata, jos mittari ei yksinkertaisesti ole tärkeä laitoksen toiminnan kannalta. Toisaalta vaikka muut ominaisuudet saisivat korkeat pisteet, mutta dataa tunnusluvun laskemiseksi ei ole saatavilla, ei tunnuslukua ole mahdollista raportoida.

Yksittäisille tunnusluvuille annettuja pisteitä esittää Taulukko 13. Taulukossa lihavoidulla fontilla kirjoitetut tunnusluvut on valittu sisällytettäväksi raportointiin. Vastaavasti ilman lihavoidintia kirjoitetut tunnusluvut on valittu poissuljettavaksi raportoinnista. Kaikkiaan raportointiin valittiin sisällytettäväksi 42 tunnuslukua. Tunnuslukujen määräksi valikoitui 42 kappaletta, koska kohdeyritys katsoi, että tällä määrällä tunnuslukuja mittaristo ei tuota vaillinaista kuvaa laitoksen toiminnasta olemalla liian suppea, eikä toisaalta myöskään hukuta käyttäjää informaatiotulvaan olemalla liian laava. Raportointiin sisällytettäväksi valitut tunnusluvut kategorisoitiin seitsemään eri luokkaan: jäteveden ominaisuudet, kustannukset, energia, kemikaalit, käsittelyprosessit, lupaehdot ja purkuvesistö.

Taulukko 11: Tunnuslukujen arvioitavat ominaisuudet ja niiden määritelmät

Ominaisuus	Määritelmä
oleellisuus	Miten hyvin tunnusluku auttaa saavuttamaan mittaristolle asetettuja tavoitteita?
saatavuus	Miten helposti tunnuslukuun tarvittava data on saatavissa?
kompleksisuus	Miten monimutkainen tunnusluku on laskea?
uskottavuus	Onko tunnusluvun tuottama tieto todenmukaista?
yleiskäyttöisyys	Onko tunnusluku monistettavissa eri puhdistamoille?
kriittisyys	Onko tunnusluvun tieto välttämätöntä laitoksen toiminnan tai sen seurannan kannalta?

Taulukko 12: Tunnuslukujen ominaisuuksien pisteytyksen määrittely

	oleellisuus	saatavuus	kompleksisuus	Uskottavuus	Yleiskäyttöisyys	Kriittisyys
3	Tärkeä usean tavoitteen kannalta	Kaikki data saatavissa yhdestä lähteestä	Yksittäinen mittausarvo	Mittarin arvoon voi pääsääntöisesti luottaa	Monistettavissa kaikille puhdistamoille	Mittari esittää laitoksen toiminnan tai sen toiminnan seurannan kannalta välttämätöntä tietoa
2	Tärkeä yhden tavoitteen kannalta	Data yhdistettävä useasta lähteestä	Laskettavissa yksinkertaisesti muutamasta mittausarvosta	Mittari näyttää toisinaan väärin, mutta syyt tiedossa	Monistettavissa ainakin kahdelle puhdistamolle	Mittarin tieto voi olla toisinaan hyödyllistä, mutta ei välttämätöntä
1	Ei tärkeä	Datan lähde ei tiedossa	Vaatii monimutkaista tai edistyneempää laskentaa, kuten koneoppimista	Mittari on liian epävarma	Yksilöllinen puhdistamolle	Mittarin tieto on kiinnostavaa, muttei kovin hyödyllistä

Taulukko 13: Tunnuslukujen ominaisuuksien pisteytys

	Oleellisuus	Saatavuus	Kompleksisuus	Uskottavuus	Yleiskäyttöisyys	Kriittisyys
Palautussuhde	2	3	2	3	3	3
Lieteikä	2	3	2	3	3	3
Sisäinen kiintoainekuormitus (rejekti)	2	3	2	3	3	3
Laimennusveden virtaama Porvoonjokeen	3	3	3	3	2	3
Purkuvesistön taustavirtaama	3	3	3	3	2	3
Purkuvesistön happipitoisuus	3	2	3	3	2	3
Puhdistuskustannus jätevesikuutiota kohden	3	2	2	3	3	3
Puhdistamon kokonaiskustannukset	3	2	2	3	3	3
Poiskuljetettavien jakeiden kustannukset	3	2	2	3	3	3
BOD:n poisto suhteessa lupaehtoihin	3	3	2	3	3	3
N poisto suhteessa lupaehtoihin	3	3	2	3	3	3
P poisto suhteessa lupaehtoihin	3	3	2	3	3	3
Laitoksen sähkönkulutus	3	3	3	3	3	3
Kuivatun lietteen määrä	3	3	2	3	3	3
Lämmön tuotanto	3	3	2	3	2	3
Lämmön kulutus	3	3	2	3	2	3
Lämmön myynti	3	3	2	3	2	3
Lämmön talteenotto (LTO)	3	3	2	3	2	3
Analyysitulokset ja reduktiot	3	3	2	3	3	3
Tuloveden virtaama	3	3	3	3	3	3
Ferrosulfaatin kulutus	3	3	3	3	3	3
Soodan kulutus	3	3	3	3	2	3
Lipeän kulutus	3	3	3	3	1	3
Polymeerin kulutus	3	3	3	3	3	3
Ferrosulfaatin kustannukset	3	3	2	3	1	3
Soodan kustannukset	3	3	2	3	1	3
Lipeän kustannukset	3	3	2	3	1	3
Polymeerin kustannukset	3	3	2	3	1	3
Kemikaalien käytön kokonaiskustannukset	3	3	2	3	3	3
Käsittelyvaiheen sähkönkulutus	3	2	2	3	3	2
Kaasuntuotanto lietteestä	3	3	2	3	2	2

	Oleellisuus	Saatavuus	Kompleksisuus	Uskottavuus	Yleiskäyttöisyys	Kriittisyys
Lietteen määrä mädättämöön	2	3	3	3	2	2
Emäveden virtaama	3	3	3	3	1	2
Ferrosulfaatin kulutus poistettua fosforiyksikköä kohden	2	3	2	3	3	2
Polymeerin kulutus kuivattua liettonnia kohden	2	3	2	3	3	2
Sakokaivolietteen vastaanottomäärä	2	3	3	3	2	2
Tulokuorma BOD	3	3	3	3	3	3
Tulokuorma typpi	3	3	3	3	3	3
Tulokuorma fosfori	3	3	3	3	3	3
Vesistökuorma BOD	3	3	3	3	3	3
Vesistökuorma fosfori	3	3	3	3	3	3
Vesistökuorma typpi	3	3	3	3	3	3
PAX kulutus	3	3	3	3	1	3
Glyserolin kulutus	3	3	3	3	1	3
PAX kustannukset	3	3	2	3	1	3
Glyserolin kustannukset	3	3	2	3	1	3
JRS Pharmalta tulevan jäteveden osuus kaikesta tulevasta jätevedestä	3	3	3	3	1	2
Aurinkosähkön osuus kokonaissähkönkulutuksesta	3	2	2	3	2	2
Typen poiston kustannukset	1	2	1	1	3	1
Fosforin poiston kustannukset	1	2	1	1	3	1
BOD:n poiston kustannukset	1	2	1	1	3	1
Myyty energiamäärä per lietekilo	2	2	2	3	2	1
Tuloveden pH	1	3	3	3	3	1
Pumppujen kuluminen	1	1	1	1	3	1
Seuraavan kuukauden ennuste tulevan jäteveden virtaamasta	1	2	1	1	3	1

Palautussuhde ja lieteikä valittiin sisällytettäväksi raportointiin tärkeinä aktiivilieteprosessin toimintaa kuvaavina parametreina. Palautussuhde tarkoittaa ilmastukseen takaisin kierrätettävän palautuslietteen ja ilmastukseen tulevan jätevesimäärän suhdetta. Lieteikä puolestaan tarkoittaa ilmastusaltaan sisältämän lietemäärän ja sieltä vuorokauden aikana poistettavan ylijäämälietemäärän suhdetta.

Jätevedenpuhdistamon tehokkaan toiminnan edellytys on, että tunnetaan käsittelyyn tulevan ja sieltä poistuvan jäteveden laatu. Tulevan jäteveden sisältämien epäpuhtauksien määriä kuvaavat BOD:n, typen ja fosforin tulokuormat. Tulokuormien lisäksi on oleellista tietää tuloveden virtaama, eli kuinka paljon käsittelyä vaativaa jätevettä puhdistamolle saapuu tietyn ajan kuluessa. Kariniemen puhdistamolla mitataan online-mittauksena tuloveden pH-arvo, mutta vain vähän lisäarvoa tuottavana tietona se päätettiin jättää pois raportoitavien tunnuslukujen joukosta.

Jotkin käsittelyvaiheet tuottavat rejektivesiä, joiden mukana jätevedenkäsittelyyn kulkeutuu kiintoainetta. Rejektivesien sisältämä kiintoaine tuottaa puhdistamoprosessiin sisäistä kiintoainekuormitusta. Sisäinen kuormitus on oleellinen käsittelyssä kiertävän jäteveden laatua kuvaava mittari, koska kiintoaine on yksi epäpuhtauksista, joita jätevedestä pyritään poistamaan.

Vesistökuormat kertovat käsittelystä poistuvan jäteveden sisältämien epäpuhtauksien määrät. Vesistökuormia seuraamalla nähdään, kuinka paljon epäpuhtauksia veteen on jäänyt käsittelyn jälkeen. Tieto vesistökuormista on erittäin oleellista toiminnan kannalta, koska on varmistettava käsitellyn veden vastaavan ominaisuuksiltaan puhdistamolle ympäristöluvassa asetettuja lupaehtoja. Analyysituloksista ja reduktioista nähdään, miten paljon mitään epäpuhtautta jätevedestä poistuu käsittelyssä. Absoluuttisten poistumien lisäksi on hyödyllistä tietää myös epäpuhtauksien poistumat suhteessa lupaehtoihin. Suhteuttamalla poistumat lupaehtojen raja-arvoihin voidaan nähdä ylittävätkö puhdistetun jäteveden ominaisuudet niille asetetut raja-arvot.

Kariniemen ja Ali-Juhakkalan puhdistamot laskevat puhdistetun jätevetensä Porvoonjokeen. Ympäristölupa velvoittaa yritystä varmistamaan, että Porvoonjoen taustavirtaama Ali-Juhakkalassa on aina vähintään 1,0 m³/s. Ali-Juhakkalan ja Virenojankosken välisen jokiosan happipitoisuus ei ympäristöluvassa saa laskea alle 4 mg O₂/l. Purkuvesistön taustavirtaamaa ja happipitoisuutta voidaan säädellä johtamalla laimennusvettä

Porvoonjokeen. Jotta lupaehtojen toteutumista voidaan seurata tehokkaasti, päätettiin Porvoonjoen taustavirtaama ja happipitoisuus, sekä Porvoonjokeen johdettavan laimennusveden määrä sisällyttää raportoitavien tunnuslukujen joukkoon.

Jätevedenkäsittelyssä syntyy suuria määriä lietettä. Lietettä toimitetaan ulos puhdistamolta käytettäväksi muun muassa maanparannusaineena. Lietettä hyödynnetään myös laitoksen sisällä biokaasun tuotannossa. Lietteeseen liittyviksi raportoitaviksi tunnusluvuiksi valittiin mädättämölle pumpatun lietteen määrä, kuivatun lietteen määrä sekä tuotetun biokaasun määrä. Kun tunnetaan lietevirta mädättämöön ja tuotetun biokaasun määrä voidaan havaita lietteen laadussa tapahtuvat muutokset, jotka vaikuttavat lietekilosta saatavan biokaasun määrään.

Merkittävä osa jätevedenpuhdistamon kustannuksista aiheutuu jätevedenkäsittelyn käyttämästä energiasta. Käsittelyvaiheet tarvitsevat toimiakseen sähköä, jota ostetaan verkosta. Sähkönkulutuksen seurantaan varten raportoitaviin tunnuslukuihin päätettiin sisällyttää paitsi koko laitoksen sähkönkulutus, myös eri käsittelyvaiheiden sähkönkulutukset. Tieto käsittelyvaiheiden sähkönkulutuksesta helpottaa yksittäisten vaiheiden sähkönkulutuksen optimointia, jonka avulla voidaan lisätä laitoksen energiatehokkuutta ja säästää kustannuksissa. Kariniemen puhdistamolla sähköä tuotetaan myös aurinkokennojen avulla. Aurinkosähköllä tuotetun sähkön osuus sähkönkulutuksesta on kuitenkin pieni, minkä takia se päätettiin jättää pois raportoitavista tunnusluvuista.

Sähkön lisäksi puhdistamo on lämmitettävä, jotta jätevedenkäsittely onnistuu. Lämpöä tuotetaan puhdistamolla polttamalla lietteen mädätyksessä syntyvää biokaasua. Puhdistamo on yhteydessä kaukolämpöverkkoon, johon lämpöä myydään ylituotannon aikana, ja josta toisaalta myös ostetaan lämpöä silloin, kun sisäinen tuotanto ei riitä. Lämpöä otetaan myös talteen lämmön talteenottojärjestelmän avulla. Sekä lämmön tuotanto, kulutus, myynti että talteenotto valittiin raportoitavien tunnuslukujen joukkoon, koska niiden avulla saadaan tietoa laitoksen energiatehokkuudesta ja kustannuksista. Kaasun käyttö jätettiin pois raportoitavista tunnusluvuista, koska tätä seurataan käytännössä lämmön kulutuksen kautta. Myyty energiamäärä lietekiloa kohden päätettiin myös jättää raportoimatta, koska tunnusluku ei tuota lisäarvoa suhteessa tietoon kuivatun lietteen tuotantomäärästä ja lietteestä tuotetusta lämmöstä.

Energian ohella merkittäviä kustannuksia syntyy jätevedenpuhdistamolla käytetyistä kemikaaleista. Kariniemen puhdistamolla käytettäviä kemikaaleja ovat ferrosulfaatti, sooda,

lipeä ja polymeeri. Sekä kemikaalien kulutus että niiden kustannukset valittiin raportoitaviksi tunnusluvuiksi. Kemikaalien kulutus on tunnettava, jotta voidaan laskea niistä aiheutuvat kustannukset kemikaalien hintojen perusteella. Kemikaalien hinnat voivat myös muuttua, eli pelkistä kemikaalien kulutusmääristä ei voida päätellä niistä aiheutuvia kustannuksia, eikä pelkistä kustannuksista ei saada tarkkaa tietoa kulutusmääristä. Absoluuttisten kulutusten lisäksi raportoitavaksi valittiin myös ferrosulfaatin kulutus poistettua fosforyksikköä kohden, sekä polymeerin kulutus kuivattua liettonnia kohden. PAX:n ja glyserolin kulutuksia tai kustannuksia ei valittu raportoitaviksi tunnusluvuiksi, sillä kyseiset kemikaalit eivät ole käytössä Kariniemen puhdistamolla.

Kemikaalien ja energian lisäksi jätevedenpuhdistamolla syntyy myös muita kustannuksia, esimerkiksi laitteiston ylläpidosta ja huollosta, henkilöstöstä ja poiskuljetettavista jakeista, eli hiekasta, välppeestä ja lietteestä. Poiskuljetettavien jakeiden kustannukset valittiin omaksi raportoitavaksi tunnuslukupseksi. Lisäksi raportoitavaksi valittiin puhdistamon kokonaiskustannukset, joihin sisältyvät kaikki jätevedenpuhdistamon muuttuvat ja kiinteät kustannukset. Lisäksi raportoitavaksi valittiin puhdistuskustannus jätevesikuutiota kohden, joka voidaan laskea puhdistamon kokonaiskustannusten pohjalta. Johdon haastattelussa väläytettiin ajatusta kustannusten raportoimisesta poistettua BOD-, typpi- ja fosforikiloa kohden, mutta arvioinnissa ei katsottu tärkeäksi raportoida kustannuksia tällaisten tunnuslukujen avulla.

Lahdessa toimivan hiivatehtaan emävesiä johdetaan Kariniemen puhdistamolle. Emävettä ei johdeta puhdistamolle jatkuvasti, mutta silloin kun sitä johdetaan, halutaan siitä olla puhdistamolla tietoisia. Emäveden johtaminen puhdistamolle on tärkeää raportoida, koska emävedellä on vaikutusta tiettyihin puhdistamolla mitattaviin suureisiin. Viimeinen raportoitavaksi valittu tunnusluku on viemäriverkoston ulkopuolisilta kiinteistöiltä kerättävän sakokaivolietteen vastaanottomäärä. Viemäriverkoston ulkopuolella syntyneitä jätevesiä ei johdeta tulotunnelin kautta puhdistamon käsittelyyn, eikä niitä siten voida mitata käsittelyvaiheisiin integroitujen online-mittausten avulla. Sakokaivoliete vaikuttaa puhdistamon toimintaan, ja sen vastaanottomäärien tehokas seuranta tuottaa yritykselle lisäarvoa.

Haastatteluissa ehdotettiin raportoitaviksi tunnusluvuiksi pumppujen kulumista, ennustetta seuraavan kuukauden tulevan jäteveden virtaamasta sekä vesistövelvoitteiden kokonaistarkastelua. Kaikki kolme päätettiin kuitenkin arvioinnissa jättää pois raportoinnista.

Pumppujen kulumisen seuranta perusteltiin hyödylliseksi, sillä tieto pumppujen kunnosta auttaisi ennakoimaan pumppujen uusimisen tarvetta ja antaisi tietoa laitoksen energiatehokkuudesta. Luotettavan pumppujen kulumista kuvaavan mittarin muodostaminen puhdistamolla kerättävästä tiedosta olisi kuitenkin erittäin haastavaa ja mittarin tuottama lisäarvo yritykselle olisi verrattain pieni, joten mittarin rakentamisen ei katsottu olevan mielekäästä. Seuraavan kuukauden ennuste jätevesivirtaamista todettiin myös hankalaksi mittariksi muodostaa siten, että sen arvo vastaisi todellisuutta. Vesistövelvoitteiden kokonaistarkastelua ehdotettiin tunnusluvuksi johdon haastattelussa, mutta arviointivaiheessa mittari pudotettiin raportoitavien tunnuslukujen joukosta jo ennen pisteytystä, koska sen todettiin olevan liian epämääräinen arvioitavaksi. Haastatteluissa nousi myös esille ajatus jätevedenpuhdistamon hiilijalanjälkeä kuvastavasta mittarista. Hiilipäästöistä kertova mittari tuottaisi arvokasta tietoa yritykselle, mutta sen toteuttaminen ei tämän tutkimuksen puitteissa ole mahdollista, koska Kariniemen puhdistamon hiilijalanjälkeä ei ole vielä määritetty.

Kariniemen puhdistamon suorituskykymittariston tunnusluvut voidaan jakaa seitsemään eri kategoriaan, jotka on esitetty taulukossa 14. Kariniemen puhdistamon ja kappaleessa 4.4 esitellyn Baciavallon puhdistamon suorituskykymittaristoissa on yhtäläisyyksiä. Kumpikin mittaristo sisältää kategorian kustannukset ja jäteveden ominaisuudet, joskin Baciavallon tapauksessa jäteveden ominaisuuksia kuvaava kategoria sisältää kaikista kategorioista vähiten tunnuslukuja, kun taas Kariniemen tapauksessa se on suurin kategoria. Kariniemen mittaristossa jäteveden epäpuhtauspitoisuuksia kuvastavat tunnusluvut on sijoitettu kategoriaan jäteveden ominaisuudet, kun taas Baciavallon mittaristossa ne muodostavat oman kategoriansa. Kumpikin mittaristo sisältää tunnusluvut käsittelyvaiheiden energiankulutuksesta, kemikaalien kulutuksesta, kemikaalien kustannuksista, jäteveden kiintoainepitoisuudesta sekä tuloveden virtaamasta. Baciavallon puhdistamon suorituskykymittaristo ei sisällä tunnuslukuja jäteveden typpi, fosfori- tai BOD -pitoisuudelle tai näiden epäpuhtauksien vähenemille. Sen sijaan Baciavallon mittaristo sisältää tunnusluvut jäteveden COD-pitoisuudelle ja COD:n vähenemälle sekä värin vähenemälle, joita puolestaan Kariniemen mittaristossa ei esitetä. Mittaristojen sisältämien tunnuslukujen määrä on myös erilainen: Kariniemen puhdistamon suorituskykymittaristo sisältää yli kertaa enemmän tunnuslukuja, kuin Baciavallon puhdistamon mittaristo.

On odotettavaa, että Kariniemen puhdistamon ja Baciavallon puhdistamon suorituskykymittaristojen välillä on eroavaisuuksia. Baciavallon puhdistamo käsittelee pääasiassa tekstiiliteollisuuden jätevesiä, kun taas Kariniemen puhdistamolla käsitellään sekä

yhdyskuntajätevesiä että teollisuusjätevesiä eri alojen teollisuuslaitoksilta. Koska puhdistamoilla käsiteltävän jäteveden laadussa on merkittäviä eroja, on ymmärrettävää, että puhdistamoilla halutaan seurata eri asioita. Suorituskykymittaristojen tunnuslukujen valinnassa on myös käytetty eri menetelmiä. Toisaalta puhdistamojen suorituskyvyn seurannassa on myös paljon yhtäläisyyksiä toiminnan ja sijainnin eroista huolimatta.

Taulukko 14: Suorituskykymittariston tunnusluvut luokittain

Jäteveden ominaisuudet	Tuloveden virtaama	Emäveden virtaama	Sakokaivolietteen vastaanottomäärä
	Tulokuorma BOD	Tulokuorma typpi	Tulokuorma fosfori
	Vesistökuorma fosfori	Vesistökuorma typpi	Vesistökuorma BOD
	Analyysitulokset ja reduktiot	Sisäinen kiintoainekuormitus	
Kustannukset	Puhdistuskustannus jätevesikuutiota kohden	Puhdistamon kokonaiskustannukset	Kemikaalien käytön kokonaiskustannukset
	Ferrosulfaatin kustannukset	Soodan kustannukset	Lipeän kustannukset
	Polymeerin kustannukset	Poiskuljetettavien jakeiden kustannukset	
Energia	Laitoksen sähkönkulutus	Käsittelyvaiheen sähkönkulutus	Kaasuntuotanto lietteestä
	Lämmön talteenotto (LTO)	Lämmön tuotanto	Lämmön kulutus
	Lämmön myynti		
Kemikaalit	Ferrosulfaatin kulutus	Soodan kulutus	Lipeän kulutus
	Polymeerin kulutus		
Käsittelyprosessit	Kuivatun lietteen määrä	Lietteen määrä mädättämöön	Lieteikä
	Palautussuhde		
Lupaehdot	BOD:n poisto suhteessa lupaehtoihin	Typen poisto suhteessa lupaehtoihin	Fosforin poisto suhteessa lupaehtoihin
Purkuvesistö	Laimennusveden virtaama Porvoonjokeen	Purkuvesistön taustavirtaama	Purkuvesistön happipitoisuus

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kariniemen jätevedenpuhdistamon suorituskykymittariston oleellinen tehtävä on tuoda yrityksen henkilökunnan saataville tietoa nykyisiä ratkaisuja helpommin, ja toisaalta muodostaa nykyisin saatavilla olevan tiedon pohjalta uutta tietoa. Esimerkiksi tietoa puhdistamon eri käsittelyvaiheiden sähkönkulutuksesta ei ole suoraan saatavilla nykyisellään mistään järjestelmästä, mutta käsittelyvaiheiden sähkönkulutus on mahdollista laskea tunnusluvuksi saatavilla olevasta yksittäisten sähkölaitteiden kulutustiedoista. Suorituskykymittaristo kokoaa pirstaloitunutta ja hajallaan olevaa tietoa yhteen tiiviimmäksi kokonaisuudeksi, jonka ansiosta mittariston käyttäjä pystyy muodostamaan yleiskuvan laitoksen toiminnasta nykyistä nopeammin.

Suorituskykymittariston varsinainen kohdeyritykselle tuottama lisäarvo selviää siinä vaiheessa, kun mittaristo saadaan integroitua osaksi raportointia ja sitä päästään testaamaan. Raportoinnin kannalta mittaristo voi olla järkevä eriyttää kahteen eri osaan, joista toinen tehdään palvelemaan laitosoperaattoreita ja toinen kohdeyrityksen johtoa. Tieto puhdistamon kustannuksista auttaa johtoa tekemään yritystä koskevia strategisia päätöksiä, mutta ei ole varsinaisesti hyödyksi laitosoperaattoreiden päivittäisessä työssä. Toisaalta yksityiskohtaiset tiedot puhdistamon käsittelyvaiheiden toiminnasta ovat tärkeitä operaattoreille, mutta eivät johdolle. On odotettavissa, että suorituskykymittariston tunnusluvut tulevat muuttumaan tulevaisuudessa, kun mittarien käytöstä saadaan kerättyä kokemusta. Käyttökokemusten pohjalta mittaristoon voidaan lisätä uusia tunnuslukuja, tai epäoleellisiksi havaittuja mittareita voidaan jättää raportoimatta.

Suorituskykymittariston tunnuslukujen välisiä riippuvuussuhteita voi olla tulevaisuudessa hyödyllistä selvittää. Riippuvuussuhteiden tunnistaminen voi auttaa esimerkiksi havaitsemaan, millä teknisillä mittareilla on merkittäviä vaikutuksia kustannuksiin, ja miten eri jäteveden ominaisuudet vaikuttavat käsittelyvaiheiden puhdistustehoon. Tunnuslukujen välisten riippuvuussuhteiden tunnistaminen voi siis olla eduksi prosessien optimoinnissa ja puhdistusprosessin heikkouksien havaitsemisessa. Riippuvuussuhteita voidaan tutkia tilastollisten menetelmien, kuten korrelaatio- ja regressioanalyysin avulla.

Tässä työssä esitetty suorituskykymittaristo perustuu suurilta osin puhdistamoprosessissa tehtäviin mittauksiin ja mittausten pohjalta tehtävään yksinkertaiseen laskentaan. Jatkossa

suorituskykymittariston osana voidaan hyödyntää monimutkaisempaan laskentaan, kuten koneoppimiseen perustuvia menetelmiä. Puhdistamon online-mittalaitteet tuottavat suuria määriä dataa, jota on mahdollista hyödyntää koneoppimisalgoritmien harjoittamisessa. Koneoppimista hyödyntämällä voisi olla mahdollista ennustaa esimerkiksi vuodenaikoihin liittyviä vaihteluita tulevan jäteveden määrässä ja laadussa. Ennusteet auttaisivat laitoksen operaattoreita optimoimaan laitoksen toimintaa jätevedessä odotettavien muutosten perusteella, ja sitä kautta ehkäisemään ylimääräisten kustannusten syntyä.

Vaikka tunnuslukumittaristo laadittiin tässä työssä yksittäiselle puhdistamolle, huomioitiin sen suunnittelussa mahdollisuus mittariston monistamiseen myös muille yrityksen puhdistamoille. Suorituskykymittariston monistaminen toisille puhdistamoille on helppoa, sillä valtaosa suorituskykymittaristoon valituista tunnusluvuista ovat suoraan monistettavissa muille laitoksille. Kohdeyrityksen alla toimivat jätevedenpuhdistamot ovat prosesseiltaan ja käsittelyvaiheiltaan samankaltaisia keskenään, minkä vuoksi niiden toiminnan seurannan kannalta oleellisia ovat pitkälti samat tunnusluvut. Jotkin tunnusluvut ovat tarpeellisia ainoastaan osalle puhdistamoista, kuten esimerkiksi ainoastaan yhdellä laitoksella käytössä olevan kemikaalin käyttöä kuvaavat tunnusluvut.

Suorituskykymittariston laatimisessa käytettyä metodiikkaa voidaan hyödyntää muiden jätevedenpuhdistamoiden suorituskykymittariston suunnittelussa, mutta lisäksi myös muunlaisten yritysten tarpeisiin. Tunnuslukujen valinnassa käytetty metodiikka ei rajoitu pelkästään vesihuoltoyritysten tarpeisiin, vaan sitä on mahdollista hyödyntää myös muissa teollisuusyrityksissä tai asiantuntijaorganisaatioissa. On kuitenkin tärkeä huomata, että tässä diplomityössä esitelty tunnuslukujen valintamalli ei pohjautu Balanced Scorecardin tai Suorituskykyprisman tavoin vertaisarvioituihin tutkimuksiin. Tunnuslukujen valinnassa ei hyödynnetty suoraan aikaisemmin kehitettyä mallia, sillä mallien näkökulmat eivät sellaisenaan soveltuneet kehittämään mittaristoa, joka vastaisi jätevedenpuhdistamon suorituskykymittaristolle asetettuihin tavoitteisiin. Yrityksen tai sen osan tärkeiden tunnuslukujen valintaan ei ole olemassa vakiintunutta standardoitua menetelmää, vaan kussakin tutkimuksessa hyödynnettävät menetelmät sekä suorituskykymittariston tunnuslukujen laatu ja määrä riippuvat tutkimuksen tekijästä ja tunnusluville asetetuista tavoitteista. Tässä työssä käytettyjen menetelmien avulla Kariniemen puhdistamon tärkeät tunnusluvut saatiin selvitettyä, joten tutkimuksen tavoitteen voidaan katsoa toteutuneen.

8 YHTEENVETO

Tämän diplomityön tavoitteena oli laatia suorituskykymittaristo Kariniemen jätevedenpuhdistamolle. Suorituskykymittaristoon valittiin 42 tunnuslukua, jotka tuottavat tietoa jäteveden ominaisuuksista, kustannuksista, energiankulutuksesta ja energian tuotannosta, kemikaalien kulutuksesta, käsittelyprosesseista, lupaehtojen toteutumisesta sekä purkuvesistön tilasta. Suorituskykymittariston tunnusluvut valittiin siten, että niiden avulla voidaan tuottaa mittariston käyttäjälle nopea yleiskatsaus puhdistamon tilasta ja toimivuudesta, jotta laitosta voidaan ajaa mahdollisimman tehokkaasti. Mittariston avulla pyritään myös tehostamaan puhdistamoa koskevaa päätöksentekoa.

9 LÄHTEET

Bianchi, C. ja Montemaggiore, G. B. (2008) ”Enhancing strategy design and planning in public utilities through ’Dynamic’ balanced scorecards: Insights from a project in a city water company”, *System Dynamics Review*, 24(2), ss. 175–213. doi: 10.1002/sdr.395.

Brandenburg, M. (2018) ”Design and Implementation of a Measurement and Management System for Operational and Supply Chain Performance”, *IEEE Engineering Management Review*, 46(3), ss. 117–123. doi: 10.1109/EMR.2018.2848968.

Guerrini, A. ym. (2015) ”Measuring the efficiency of wastewater services through data envelopment analysis”, *Water Science and Technology*, 71(12), ss. 1845–1851. doi: 10.2166/wst.2015.169.

Guerrini, A. ym. (2016) ”A performance measurement tool leading wastewater treatment plants toward economic efficiency and sustainability”, *Sustainability (Switzerland)*, 8(12). doi: 10.3390/su8121250.

Gunasekaran, A., Patel, C. ja McGaughey, R. E. (2004) ”A framework for supply chain performance measurement”, *International Journal of Production Economics*, 87(3), ss. 333–347. doi: 10.1016/j.ijpe.2003.08.003.

Gunasekaran, A., Patel, C. ja Tirtiroglu, E. (2001) ”Performance measures and metrics in a supply chain environment”, *Uncertain Supply Chain Management*, 8(1), ss. 93–104. doi: 10.5267/j.uscm.2019.8.003.

Hämeen ELY-keskus. 2021. Ali-Juhakkalan ja Kariniemen velvoitetarkkailutulosten ilmoittaminen ajalta 1.10.2020 – 31.12.2020 sekä ajalta 1.1.2020 – 31.12.2020.

Kankkunen, K., Matikainen, E. ja Lehtinen, L. (2005) *Mittareilla menestykseen, sokkolennoista hallittuun nousuun*. Helsinki: Talentum Media Oy.

Kaplan, R. S. ja Norton, D. P. (1996) ”Linking the balanced scorecard to strategy”, *California Management Review*, (1), ss. 53–79. doi: 10.2307/41165876.

Kirkpatrick, D. L. (2006) ”Improving employee performance through appraisal and coaching”, *Ocean Management*. doi: 10.1016/0302-184x(84)90014-3.

Laitinen, E. K. (1998) *Yritystoiminnan uudet mittarit*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Laitinen, J. ym. (2014) *Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) - Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot, Suomen Ympäristö*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lönnqvist, A. ja Mettänen, P. (2003) *Suorituskyvyn mittaaminen - Tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä*. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Molinos-Senante, M. ym. (2016) ”Eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants using a weighted Russell directional distance model”, *Journal of Cleaner Production*, 137, ss. 1066–1075. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.057.

Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R. ja Hernandez-Sancho, F. (2016) ”Development and application of the Hicks-Moorsteen productivity index for the total factor productivity assessment of wastewater treatment plants”, *Journal of Cleaner Production*, 112, ss. 3116–3123. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.114.

Mäki-Petäjä & Meiseri 2012. Kariniemen puhdistamon prosessikuvaus ja puhdistamon ajo-ohje. Lahti Aqua. 37 s.

Neely, A. ja Adams, C. (2001) ”Perspectives on performance: the performance prism”, *Journal of Cost Management*, 15(1), ss. 7–15.

Neely, A., Adams, C. ja Crowe, P. (2001) ”The performance prism in practice”, *Measuring Business Excellence*, 5(2), ss. 6–13. doi: 10.1108/13683040110385142.

Neely, A., Gregory, M. ja Platts, K. (2005) ”Performance measurement system design: A literature review and research agenda”, *International Journal of Operations and Production Management*, 25(12), ss. 1228–1263. doi: 10.1108/01443570510633639.

Norton, D. P. (2000) ”Is Management Finally Ready For the ’Systems Approach’?”, *Balanced Scorecard Report*, s. 4.

Platts, K. W. ja Sobótka, M. (2010) ”When the uncountable counts: An alternative to monitoring employee performance”, *Business Horizons*, 53(4), ss. 349–357. doi: 10.1016/j.bushor.2010.02.006.

Rantanen, H. ja Holtari, J. (1999) *Yrityksen suorituskyvyn analysointi*. Lahti.

Sabia, G. *ym.* (2020) ”Energy saving in wastewater treatment plants: A methodology based on common key performance indicators for the evaluation of plant energy performance, classification and benchmarking”, *Energy Conversion and Management*, 220(June), s. 113067. doi: 10.1016/j.enconman.2020.113067.

Sarraf, F. ja Nejad, S. H. (2020) ”Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies”, *Evaluation and Program Planning*, 79(December 2018), s. 101762. doi: 10.1016/j.evalprogplan.2019.101762.

Seppälä, M. J. *ym.* (2001) *Paperimassan valmistus*. Opetushallitus.

Tchobanoglous, G., Burton, F. I. ja Stensel, D. H. (2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Book)*, *Chemical engineering*. McGraw Hill Companies, Inc.

(L 2014/527). L Ympäristönsuojelulaki.

L 888/2006. Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä.

Lahti Aqua Oy 2021a. Lahti Aqua -konserni palveluksessanne. [Lahti Aqua Oy:n www-sivustolla]. [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/tietoa-lahti-aquasta/lahti-aqua-konserni/>

Lahti Aqua Oy 2021b. Jätevedenpuhdistus on ympäristönsuojelua. [Lahti Aqua Oy:n www-sivustolla]. [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://www.lahtiaqua.fi/meidan-vetemme/jateveden-puhdistaminen/>

Lahti Aqua Oy 2021b. Hyvälaatuinen pohjavesi vaatii vain vähän käsittelyä. [Lahti Aqua Oy:n www-sivustolla]. [viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://lahtiaqua.fi/meidan-vetemme/vedenkasittely/>

Vesilaitosyhdistys 2020. Ammattiasiaa jätevesistä. [yhdistyksen www-sivustolla] [viitattu 29.12.2020] Saatavissa: <https://www.vvy.fi/vesihuolto/jatevesista-ekspertheille/>

Promisti 2018. Jäteveden käsittely – näin prosessi etenee. [ProMinent-yhtiön blogikirjoitus]. [Viitattu 4.1.2021]. Saatavissa: <https://www.promisti.fi/jateveden-kasittely/>

Yhdyskuntien jätevesien kuormitus vesiin. 2018. Suomen Ympäristökeskus SYKE. [www-sivusto]. [päivitetty 12.12.2019]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi-kartat_ja_tilastot/vesihuolto raportit/Yhdyskuntien_jatevesien_kuormitus_vesiin](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kartat_ja_tilastot/vesihuolto raportit/Yhdyskuntien_jatevesien_kuormitus_vesiin)

Vaasan Hallinto-Oikeus. 2012. Kariniemen puhdistamon ympäristölupa.

VHVSY 2020a. Jätevedenpuhdistus. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. [www-sivusto]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: <http://www.vhvsy.fi/sivut/Jatevedenpuhdistus>

VHVSY 2020b. Yhdyskuntapuhdistamot. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. [www-sivusto]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: <http://www.vhvsy.fi/sivut/Yhdyskuntapuhdistamot>

Liite I Taulukko 1:Operaattorien haastattelun tunnuslukuehdotukset

Tunnusluku	Aihealue	Taloudellinen	Laskennallinen	Suora mittaus
Laitoksen energiankulutus	Energiankulutus ja tuotanto		x	
Ilmastuksen sähkönkulutus	Energiankulutus ja tuotanto		x	
Kaasuntuotanto lietteestä	Energiankulutus ja tuotanto		x	
Lämmön tuotanto, käyttö ja myynti	Energiankulutus ja tuotanto		x	
Myyty energiamäärä per lietekilo	Energiankulutus ja tuotanto		x	
Analyysitulokset ja reduktiot	Jäteveden laatu		x	
Emävesi Kariniemessä	Jäteveden laatu			x
Tuloveden virtaama	Jäteveden laatu			x
Tuloveden pH	Jäteveden laatu			x
JRS Pharmalta tuleva kuormitus	Jäteveden laatu			
Kemikaalien kulutus suhteessa menneeseen toteumaan	Kemikaalien kulutus		x	
Kemikaalien kulutus poistettua fosforyksikköä kohden	Kemikaalien kulutus		x	
Kemikaalien kulutus kuivattua lietekuutiota kohden	Kemikaalien kulutus		x	
Kemikaalien käytön kustannukset	Kustannukset		x	
Aurinkopaneelien sähköntuotannosta saatava säästö	Kustannukset	x		
Sakan vastaanotto	Kustannukset	x		
Kemikaalien ja sähkön kulutuksen kokonaiskustannus	kustannukset		x	
Lietevirta mädättämöön	Lietteen tuotanto		x	
Lietemäärä linkojen läpi	Lietteen tuotanto		x	
Polymeeri ja pax -mittaukset	Lietteen tuotanto			x
Kuivatun lietteen tuotantomäärä	Lietteen tuotanto		x	
Laitokselta lähtevän lietteen määrä	Lietteen tuotanto			
Seuraavan kuukauden ennuste virtaamista	Muutoksiin varautuminen			
Pumppujen kuluminen	Prosessien ylläpito		x	
Palautussuhde	Prosessien ylläpito		x	
Sisäinen kierto/kuormitus	Prosessien ylläpito		x	
Lieteikä	Prosessien ylläpito		x	
Mädättämön kuormitus	Prosessien ylläpito		x	
Laimennusveden virtaama Porvoonjokeen	Vesistöjen tila			x
Purkuvesistön happipitoisuus	Vesistöjen tila			x

Liite II Taulukko 1: Johdon haastattelun tunnuslukuehdotukset

Tunnusluku	Aihealue	Taloudellinen	Laskennallinen	Suora mittaus
Kaasun käyttö	Energian kulutus ja tuotanto	x	x	
Kaasun myynti	Energian kulutus ja tuotanto	x	x	
tulokuorma BOD	Jäteveden laatu			x
tulokuorma typpi	Jäteveden laatu			x
tulokuorma fosfori	Jäteveden laatu			x
Kemikaalien kulutus	Kemikaalien käyttö		x	
Puhdistuskustannus jätevesikuutiota kohden	Kustannukset	x	x	
Kemikaalien käyttökustannukset	Kustannukset	x	x	
Lietteenkäsittelyn sähkönkäytön kustannukset	Kustannukset	x	x	
Typen poiston kustannukset	Kustannukset	x	x	
Fosforin poiston kustannukset	Kustannukset	x	x	
BOD:n poiston kustannukset	Kustannukset	x	x	
Puhdistamon kokonaiskustannukset	Kustannukset	x	x	
Poiskuljetettavien jakeiden kustannukset	Kustannukset	x		
BOD:n poisto suhteessa lupaehtoihin	Puhdistustulos		x	
N poisto suhteessa lupaehtoihin	Puhdistustulos		x	
P poisto suhteessa lupaehtoihin	Puhdistustulos		x	
Purkuvesistön happipitoisuus	Vesistöjen tila			x
Purkuvesistön taustavirtaama	Vesistöjen tila			x
Vesistövelvoitteiden kokonaistarkastelu	Vesistöjen tila		x	
vesistökuorma BOD	Vesistöjen tila			x
vesistökuorma fosfori	Vesistöjen tila			x
vesistökuorma typpi	Vesistöjen tila			x